



Compostage des déchets ménagers dans les pays en développement :

Modalités de mise en place et de suivi d'installations décentralisées pérennes

**Ouvrage rédigé collectivement par
les experts du CEFREPADE**

Centre Francophone de Recherche Partenariale sur
l'Assainissement, les Déchets et l'Environnement

Version août 2012

Compostage des déchets ménagers dans les pays en développement : modalités de mise en place et de suivi d'installations décentralisées pérennes

Introduction et remerciements

Les déchets ménagers sont une préoccupation pour les villes de tous les pays du monde : leur collecte le long des voies urbaines et leur traitement coûtent cher. Dans les villes des **Pays en Développement** (PED), où les décharges ne reçoivent en moyenne que 30 à 50% des déchets produits, la préoccupation est encore plus intense du fait des risques pour la santé liés aux amoncellements de déchets en putréfaction et à l'encombrement des rues et des canaux d'évacuation des eaux.

Alors, peut-on localement, dans sa concession, dans un quartier, dans une petite ville, trouver une solution écologique, économiquement et socialement viable ? Oui, à condition d'aider un peu la nature... Des déchets riches en matière organique, très humides : c'est juste ce qu'il faut pour faire un **compost** qui pourra être utilisé pour cultiver des légumes et des fleurs, pour améliorer la croissance des arbres ou des surfaces herbeuses. En effet, l'utilisation de compost peut améliorer beaucoup les rendements : il garde mieux l'humidité dans le sol, lui redonne de la matière organique et constitue un moyen de lutter contre l'érosion. Ce n'est pas un engrais, mais il permet de diminuer les quantités d'engrais utilisées, en limitant les pertes.

Malgré de nombreuses tentatives de développement du compostage dans les PED, peu de réalisations, pour diverses raisons aujourd'hui bien identifiées, sont réellement opérationnelles aujourd'hui. Nous proposons dans ce guide des méthodes simples, pour que la population, les associations et les responsables administratifs des villes puissent créer, à moindre coût, de petites unités décentralisées.

Des associations de quartiers, des groupes de jeunes, des municipalités ont expérimenté cette méthode avec succès. Ceci a permis d'assainir des zones urbaines tout en procurant du travail à plusieurs personnes pour le traitement des déchets mais aussi pour développer des cultures.

Le compostage des déchets est à coup sûr une bonne solution pour le traitement des déchets ménagers dans les PED : donnons-nous les moyens d'y arriver !

Paul Vermande
Président du CEFREPADE

Nos remerciements vont principalement à l'**AUF**, Agence Universitaire de la Francophonie et à l'**ADEME**, Agence (française) De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, qui ont financé la mise en commun du travail de plusieurs équipes de recherche et experts venant de pays différents. Ce sont près de 25 personnes, experts membres du CEFREPADE, originaires du Burkina Faso, du Cameroun, de France, d'Haïti, de Madagascar, du Maroc, du Togo qui ont travaillé ou travaillent encore ensemble depuis 2007 à la rédaction et à la mise à jour permanente de ce document :

- Rémy Bayard, Rémy Gourdon, Pascale Naquin, Paul Vermande, Fouad Zahrani, INSA de Lyon, France
- Emmanuel Ngnikam et Max Ndamé Ngangue, ENSP ; Valentin Mouafo, ingénieur consultant à Yaoundé ; Roger Tchuenta, ONG CIPRE de Yaoundé ; Sandrine Kayap, projet « Assainissement de Yaoundé », Cameroun
- Guy Matejka et Serge Chambon, ENSIL de Limoges, France
- Anie Bras, Joaneson Lacour, Evens Emmanuel, Université Quisqueya de Port-au-Prince, Haïti
- Bernard Morvan, CEMAGREF Rennes, France
- Denis Montange, CIRAD Montpellier, France
- Samuel Yonkeu et Lydie Yiougo, ZIE Ouagadougou, Burkina Faso
- Emilienne Rasoanandrasana, Université de Mahajanga ; Hery Rajaomanana, ONE à Antananarivo, Madagascar
- Mustapha Brakez, bureau d'étude SEGU de Casablanca
- Gnon Baba, Université de Kara et Edem Koledzi, Université de Lomé, Togo

Sommaire

Introduction et remerciements

Liste des abréviations

Liste des tableaux et des figures

Contexte et objectifs de ce guide

Préambule : les bonnes raisons pour faire du compost

Chapitre 1 : Généralités sur le compostage

1.1 Devenir de la matière organique dans le sol

1.2 Facteurs de contrôle du compostage

1.3 Expériences de compostage dans les PED

Chapitre 2 : Fonctionnement d'une unité décentralisée de compostage

2.1 Espace optimal pour installer l'unité

2.2 Etapes successives du compostage

2.3 Utilisation du compost

2.4 Contraintes et difficultés

Chapitre 3 : Mise en place d'un projet pérenne de compostage

3.1 Questions préalables

3.2 Proposition d'une méthodologie

3.3 Identification des acteurs

Chapitre 4 : Besoins en compost et étude de marché

4.1 Qualité du compost d'ordures ménagères

4.2 Utilisation du compost

4.3 Marché du compost

Chapitre 5 : Etude des gisements de déchets disponibles

5.1 Gisement des déchets solides

5.2 Caractérisation des déchets solides

Chapitre 6 : Etude du contexte institutionnel, réglementaire et traditionnel

6.1 Identification et rôle des organismes

6.2 Collecte et synthèse des informations

6.3 Références internationales

6.4 Usages locaux

Chapitre 7 : Montage administratif et organisationnel de la structure

7.1 Avantages

7.2 Choix d'une forme juridique pour une unité moyenne de compostage

7.3 Choix d'une structure organisationnelle pour une unité moyenne de compostage

7.4 Choix d'un mode d'administration de la plate-forme

Chapitre 8 Choix de la technologie à mettre en œuvre

8.1 Objectif et principe

8.2 Description du procédé étape par étape

Chapitre 9 : Suivi de fonctionnement d'un site de compostage

9.1 Suivi d'exploitation

9.2 Suivi de qualité du compost

9.3 Bilan financier

Chapitre 10 : Etude d'impact environnemental

10.1 Pourquoi réaliser une étude d'impact

10.2 Comment réaliser une étude d'impact

10.3 Suivi environnemental, sanitaire et social

Chapitre 11 : Montage financier

11.1 Recettes potentielles à prendre en compte pour l'analyse financière

11.2 Dépenses à prendre en compte pour l'analyse financière

11.3 Financement carbone

Chapitre 12 : Risques et règles d'hygiène et de sécurité : évaluation et formation

12.1 Cadre légale et réglementaire

12.2 Recommandations

12.3 Formation continue

Chapitre 13 : Communication, animation, sensibilisation

13.1 Les cibles : élus, producteurs de déchets, utilisateurs

13.2 Suivi de la communication

Chapitre 14 : Commercialisation du compost

14.1 Qualité du produit, compost

14.2 Prix de vente

14.3 Communication

14.4 Distribution

14.5 Suivi

-Références bibliographiques

Annexe 1 : Echantillonnage

Annexe 2 : Caractérisation

Annexe 3 : Paramètres du compost

Annexe 4 : Gaz à effet de serre (GES)

Annexe 5 : Coût de production du compost

Liste des sigles et des abréviations

AFD : Agence Française de Développement
AFNOR : Association Française de Normalisation
AUF : Agence Universitaire de la Francophonie
CEFREPADE : Centre Francophone de Recherche Partenariale sur l'Assainissement, les Déchets et l'Environnement
CEC : Capacité d'Echange Cationique
CBC : Combustibles Non Classés
COT : Carbone Organique Total
COV : Composés Organiques Volatiles
ETM : Eléments Trace Métalliques
FCFA : Francs CFA
FFEM : Fonds Français Environnement Mondial
FFOM : Fraction Fermentescible des Ordures Ménagères
GES : Gaz à Effet de Serre
GIC : Groupe d'Intérêt Commun
GIE : Groupe d'Intérêt Economique
INC : Incombustibles Non Classés
MDP : Mécanisme du Développement Propre
MO : Matière Organique
MODECOM : Mode de Caractérisation des Ordures Ménagères
NIP : Note d'identification du Projet
NTK : Azote Total Kjeldahl
OM : Ordures Ménagères
OMD : Objectifs du Millénaire pour le Développement
ONG : Organisation Non Gouvernementale
PED : Pays En Développement
PD : Pays Développés

SA et SARL : Société Anonyme et Société à Responsabilité Limité

SAA : Spectrométrie d'Absorption Atomique

T eqCO₂ : Tonne Equivalent CO₂

Liste des tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif des différents critères de stabilité et de maturité d'un compost

Tableau 2 : Qualité agronomique de plusieurs composts d'ordures ménagères

Tableau 3 : Types et composition des différentes catégories de déchets ménagers

Tableau 4 : Types d'analyses par catégorie de déchets

Tableau 5 : Types de structures juridiques pour l'installation

Tableau 6 : Principaux indicateurs de fonctionnement de la plate-forme

Tableau 7 : Paramètres de suivi de qualité du compost

Tableau 8 : Rapport C/N pour quelques déchets

Tableau 9 : Coûts de réduction des émissions de gaz à effet de serre pour les différents systèmes

Tableau 10 : Variation du coût de production du compost en fonction du lieu de production

Liste des figures

Figure 1 : Schéma de principe d'une installation de compostage

Figure 2 : Evolution de la température pendant la phase de fermentation du compostage et en fonction des retournements R1 et R2

Figure 3 : Démarche méthodologique

Figure 4 : Protocole de tri de déchets

Figure 5 : Description du schéma type du procédé de compostage (5-15 tonnes/j)

Figure 6 : Schéma de l'aire de réception et la zone de tri pour une installation < 5 tonnes/j

Figure 7 : Schéma d'organisation hebdomadaire des andains sur la plate-forme

Figure 8 : Chaîne de compostage à Lomé, Togo

Figure 8 : Schémas de deux plateaux, crible et récepteur

Figure 9 : Trommel du Cemagref Rennes et schémas techniques

Liste des photos

Photo 1 : Sensibilisation au compostage à Lomé

Photo 2 : Confection des andains de l'usine Abis 2, Alexandrie, Egypte

Photo 3 : Tube Dano® de l'usine Abis1, Alexandrie, Egypte

Photo 4 : Criblage final sur l'usine Abis 1, Alexandrie, Egypte

Photo 5 : Tri initial à Lomé, Togo

Photo 6 : Andains en fermentation à Labé, Guinée

Photo 7 : Compost mur et criblé à Labé, Guinée

Photo 8 : Plate-fome de Dschang, Cameroun

Photo 9 : Type de compostage sur la plate-forme de Dschang, Cameroun

Photo 10 : Inauguration de la plate-forme de compostage de Lomé, Togo

Photo 11 : Andains du centre de Lomé, Togo

Photo 12 : Centre de compostage de Lomé, Togo

Photo 13 : Bouteilles de verres récupérées sur le centre de compostage de Lomé

Photo 14 : Sensibilisation au compostage à Lomé, Togo

Photo 15 : Essais d'utilisation du compost sur parcelles agricoles à Lomé, Togo

Photo 16 : Table de caractérisation en PEHD, à trois plateaux

Contexte et objectifs de ce guide



Photo 1 Sensibilisation au compostage à Lomé

En 2005, l'AUF créait le réseau de chercheurs « Environnement et Développement Durable » qui, dès 2006, faisait paraître son 1^{er} appel à collaborations sur le thème : « Outils d'aide à la décision pour une gestion durable de l'environnement ». Dans le cadre de cet appel, un groupe de scientifiques proposait un projet intitulé : « Gestion des déchets urbains et développement durable : aide au développement du compostage dans les grandes villes du Sud ». Au fil des mois et des échanges, deux évidences apparurent :

Ce projet devait se concrétiser par un guide pratique, élaboré par un groupe d'experts forts de leur expérience mais aussi validé sur le terrain, ce qui dépassait le cadre du projet AUF, limité à 2 années.

La nécessité, pour les experts ainsi réunis, de se rassembler autour d'un réseau consacré à l'aide au montage et au suivi de projets dans les PED, relatifs notamment à la gestion des déchets. Car si le besoin et la volonté de faire étaient bien là, les difficultés auxquelles les porteurs de projets étaient en général confrontés avaient tendance à couper court les initiatives.

C'est ainsi qu'a été créé en juillet 2007 le CEFREPADE, Centre Francophone de Recherche Partenariale sur l'Assainissement, les Déchets et l'Environnement, association de droit français mais à vocation internationale.

CEFREPADE

Le compostage des déchets urbains est très vite apparu comme le programme prioritaire à mettre en place, permettant d'associer amélioration de la salubrité et donc de la santé, formation et donc éducation, création et formalisation d'emplois et donc lutte contre la pauvreté,... en droite ligne avec les OMD (Objectifs du Millénaire pour le Développement), engagements semble-t-il si difficiles à tenir...

La majorité des projets d'implantation de plateformes décentralisées de compostage au Maroc, en Haïti, au Cameroun, au Togo, en Algérie, à Madagascar, en Argentine,... pour lesquels le soutien du CEFREPADE est sollicité, a déjà vu le jour. La rédaction d'un guide pratique, présentant une méthodologie d'élaboration et de suivi de projets de compostage, a alors été décidée afin d'assister les porteurs de projets.

A qui s'adresse ce guide ? Aux maîtres d'œuvre et aux maîtres d'ouvrage, aux membres d'ONG ou d'associations de quartiers, aux techniciens des services municipaux et aux chercheurs universitaires.

La **version de ce guide** que vous avez aujourd'hui entre les mains a pour vocation d'évoluer au cours du temps pour s'enrichir grâce aux nouvelles expériences acquises et faire ainsi l'objet d'actualisations régulières.

N'hésitez pas à nous faire part de vos remarques et expériences !

Pascale Naquin
Directrice scientifique du CEFREPADE
pascale.naquin@cefrepade.org
<http://www.cefrepade.org>

Préambule : les bonnes raisons pour faire du compost

Des raisons environnementales...

Moins de déchets en décharge

Dans les centres urbains et même les bourgs ruraux, la production de déchets connaît une croissance de plus en plus forte et les autorités locales n'ont pas toujours les moyens adéquats pour répondre au besoin de propreté urbaine. Par ailleurs, la présence massive des fractions fermentescibles dans ces déchets (60 à 90% selon les villes) fait du compostage une méthode appropriée pour leur valorisation. Si le compostage est bien mené, cela permet de réduire le gisement des déchets à transporter et à mettre en décharge. Cette méthode de traitement permet par ailleurs de réduire les dépôts anarchiques des déchets dans les quartiers peu accessibles, dans la mesure où on a l'opportunité de les traiter en amont, dans des sites décentralisés.

Des déchets biologiquement stabilisés

Le compostage est défini (Mustin, 1986) comme la décomposition biologique aérobie et la stabilisation des substrats organiques : on constate une élévation de la température, reflet de l'activité de très nombreux micro-organismes, pour aboutir à un produit final stable rendant son stockage possible et permettant son utilisation sur les sols sans impact négatif. Le compostage est donc avant tout une technique de stabilisation et de traitement des déchets organiques. Il peut aussi se définir comme un processus biologique assurant la décomposition partielle des constituants organiques des déchets en un produit organique stable, riche en composés humiques, le compost.

Moins de gaz à effet de serre

Le compostage des ordures ménagères se fait par biodégradation des déchets fermentescibles en présence d'oxygène. Cette dégradation aérobie, contrairement à la fermentation anaérobie dans les décharges, ne produit pas de méthane. La dégradation aérobie de la matière organique produit de la vapeur d'eau, du gaz carbonique (émission compensée par la quantité de CO₂ consommée par les plantes lors de la photosynthèse) et

de la chaleur. Une partie de l'azote organique et minéral est convertie en azote oxydé NO₃⁻ lessivable, N₂O purgeable ou en azote gazeux N₂. Par rapport à la mise en décharge, le compostage permet donc de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Des raisons socio-économiques...

Plus de rendement pour les cultures, moins d'engrais

Bien qu'en faibles quantités, le compost apporte des éléments minéraux aux plantes. Couplé aux propriétés structurantes de la matière organique, cela permet d'améliorer le rendement des cultures. Des essais d'ajout de compost sur des cultures ont montré, en fonction des sites, une amélioration du rendement pouvant aller de 50 jusqu'à 100%. Cette amélioration des rendements permet d'augmenter les revenus des agriculteurs et de réduire les efforts à déployer pour le défrichage de nouvelles terres agricoles.

Par ailleurs, le compost ayant la potentialité d'augmenter la capacité de fixation des éléments fertilisants apportés par les engrais, permet ainsi de réduire la quantité totale nécessaire pour une culture.

Des emplois créés

Les besoins en main d'œuvre pour la gestion des déchets est fonction du type de traitement et du degré de mécanisation. Le compostage artisanal, méthode de traitement la plus pourvoyeuse en main d'œuvre, permet de créer trois emplois par tonne/jour de déchets traités (sans compter les emplois créés pendant la phase d'utilisation du compost dans les champs). Il s'agit ici d'une main d'œuvre non qualifiée, constituée de manœuvres non spécialisés. Cela peut ainsi constituer une des solutions au problème d'emploi des jeunes dans les grandes villes et leurs périphéries. Par rapport à la mise en décharge, le compostage artisanal ou industriel permet de créer sept fois plus d'emplois par tonne de déchets traités.

Chapitre 1 : Généralités sur le compostage

Le compostage est un mode de stabilisation et de traitement des déchets organiques biodégradables utilisant le processus naturel de décomposition de la matière organique en présence d'air. Une élévation de la température pendant plusieurs semaines, reflet de l'activité de très nombreux micro-organismes, permet d'aboutir à un produit final stable (stockage possible et utilisation sur les sols sans impact négatif sur l'environnement) : le compost.

Ce premier chapitre a pour objectif de donner un aperçu général sur le compost et le compostage des déchets ménagers, en particulier dans le contexte des pays en développement.

1.1 Devenir de la matière organique dans les sols

Les agriculteurs considèrent généralement qu'un sol riche en matière organique (MO) est un sol fertile, qui donne de bons rendements. Pourquoi ? Peut-on donc résoudre le problème de la fertilisation des cultures en apportant de la matière organique ? Quels sont les intérêts des apports de la matière organique dans les sols ?

1.1.1 Préservation des populations microbiennes dans le sol

L'épandage de compost humifié ne cherche pas uniquement à nourrir directement les végétaux, mais à enrichir le sol pour qu'il demeure un système complexe vivant qui permet

- la dépollution naturelle notamment par les micro-organismes qu'il héberge,
- la survie des organismes fouisseurs qui aèrent sa surface,
- des associations symbiotiques entre les plantes et les micro-organismes.

1.1.2 Conservation du stock humique des sols

Pour conserver le stock humique du sol, on peut essayer de limiter la minéralisation en diminuant par exemple la température du sol par des couvertures végétales mortes ou vivantes. Mais la méthode la plus efficace est d'accroître les apports de MO pré-humifiée (composts ou fumiers compostés). Le compost humifié s'associe aux argiles du sol pour former un complexe argilo-humique :

- ce complexe est hydrophile et retient plusieurs fois son poids en eau ;
- il absorbe les oligoéléments solubles et colloïdaux ;
- l'humus protège les argiles de la dispersion et du désagrègement ; en retour les argiles ralentissent la minéralisation et favorisent l'humification.

La qualité de la MO apportée est un facteur essentiel du stockage du carbone (C) dans le sol et le rapport C/N (carbone sur azote) de cette MO est un indicateur nécessaire mais pas suffisant pour la caractériser. Des travaux ont montré que des matériaux à C/N élevé, comme par exemple la coque d'arachide compostée, peuvent enrichir

sensiblement le sol en C alors qu'à l'inverse, la paille de sorgho, avec un C/N identique mais moins riche en fibres, va induire, une fois incorporée au sol, une minéralisation de la MO et de sa fraction organo-minérale, ce qui conduit à un bilan de C total négatif pour le sol. L'apport de matières organiques très riches en composés carbonés facilement assimilables ou biodégradables entraîne une surconsommation de l'azote du sol par les micro-organismes qui ont alors une grande source d'énergie à leur disposition et utilisent l'azote pour leurs synthèses. Cela entraîne une organisation (transformation en molécules organiques : ie, protéines) de l'azote minéral qui est alors bloqué et qui ne sera disponible pour les cultures qu'après la mort de ces micro-organismes et la minéralisation des corps microbiens (ce phénomène de blocage de l'azote est appelé « faim d'azote »), d'où l'importance du compostage, permettant l'humification préalable de la matière organique.

1.1.3 Rétention de l'eau dans le sol

La matière organique apportée au sol favorise la résistance à la sécheresse des plantes en agissant à deux niveaux : sur les propriétés du sol pour un meilleur enracinement et sur la capacité de rétention d'eau qui est améliorée. Les matières organiques présentent un pouvoir de rétention d'eau qui varie selon la nature de la MO, mouillabilité qui est un facteur important de régulation de la teneur en eau dans le sol. Plus les matières végétales sont humifiées, plus elles retiennent de l'eau ; à titre d'exemple, la paille retient 250 à 260 kg d'eau par 100 kg, le fumier 800 à 850 kg par 100 kg.

1.1.4 Nutrition azotée des plantes

La norme française relative aux amendements organiques (NFU 44-051) stipule que le total $N+P_2O_5+K_2O$ doit être inférieur à 7% (avec $N < 3\%$) mais on est généralement plus près de 1 % de N selon les composants du mélange à composter. De plus, seule une partie de l'azote est de nature minérale (30% environ) et donc facilement assimilable par les plantes.

Cependant, il existe d'autres produits organiques qui sont beaucoup plus riches en azote, comme les fientes de volaille, et qui peuvent être mélangés aux composts de végétaux. Il est difficile de substituer intégralement l'azote minéral par des composts

car les quantités à appliquer à l'hectare seraient beaucoup trop importantes. Par contre, les quantités à épandre seront plus réalistes avec des produits plus riches en azote.

En général, l'agriculteur associe dans ses cultures une fumure organique avec de l'engrais azoté pour diminuer les pertes d'azote et améliorer les réserves azotées du sol.

Des travaux portant sur un ensemble de sols d'Afrique de l'Ouest ont montré que la Capacité d'Echange Cationique (CEC) croît en raison inverse de la taille des fractions, les CEC des fractions de la taille des argiles étant toujours les plus élevées ; de plus, c'est bien la teneur en C qui semble partout gouverner les valeurs de la CEC, y compris dans les fractions fines. Ces travaux soulignent que les amendements organiques compostés, ayant un impact sur le contenu de la fraction de la taille des argiles, contribuent au maintien de la CEC du sol. Le degré d'humification des amendements organiques est donc un déterminant primordial de la CEC, d'autant plus important que le sol est sableux et que la biodégradation est active

1.1.5 Structuration du sol et développement racinaire

La présence de matières organiques dans les sols augmente la porosité (et donc l'aération) du sol et favorise de ce fait l'enracinement (action physique). Il est à noter que le compost doit être enfoui car, s'il est incorporé dans les premiers centimètres seulement, il favorise un enracinement superficiel qui accroît le risque de stress hydrique de la plante en cas de sécheresse. Les apports de matière organique en surface par les couvertures ont une décomposition lente du fait du faible contact entre les éléments végétaux et le sol qui contient les micro-organismes décomposeurs.

1.1.6 Suppression des effets phyto-toxiques

Après l'enfouissement de certains produits organiques peu décomposés comme les pailles, le bois, etc., apparaissent généralement des problèmes de carence en N et/ou de phyto-toxicité liés à la libération d'acides-phénols ; par ailleurs, certains précédents culturaux, en particulier le sorgho, peuvent engendrer dans certaines conditions un effet dépressif sur la culture suivante (allélopathie). Le compostage des pailles, dans le premier cas, et l'apport de fumier, dans le deuxième cas, permettent de lever l'effet de ces facteurs limitants.

En conclusion, il est important de connaître la qualité de la matière organique contenue dans les composts : les déchets de bois riches en lignine se décomposeront plus difficilement que les pailles plus riches en cellulose. Il faut distinguer aussi les matières organiques d'origine animale (fientes de poules, fumiers de bovins, lisiers,...) des produits d'origine végétale (composts de déchets verts, pailles, écumes de sucrerie) : les produits animaux sont généralement plus riches en azote minéral que les matières organiques végétales et ont des effets de fertilisation plus rapides mais aussi plus fugaces. L'amélioration de la structure du sol sera moins marquée. Le potentiel humus des produits animaux est très faible. De plus, il faut faire très

attention dans l'utilisation des composts contenant des produits d'origine animale, pour des raisons sanitaires liées au risque de présence de pathogènes. Une attention doit donc portée à la traçabilité des produits entrant dans la composition du compost commercialisé.

1.2 Facteurs de contrôle du compostage

Le processus de compostage se réalise en plusieurs phases dont la première est la fermentation, une dégradation rapide de la matière organique fraîche et facilement biodégradable en molécules moins complexes comme les sucres ou les polymères. La seconde phase, la maturation, plus lente, correspond à la mise en jeu des processus d'humification. Les procédés de compostage consistent à optimiser l'activité des micro-organismes en régulant les paramètres principaux (température, humidité et aération) et en améliorant la qualité du substrat à composter.

Les principaux paramètres de suivi et de contrôle du procédé sont la température, la teneur en eau (40-60%), la teneur en matière organique, l'azote total, le rapport C/N, le pH et l'oxygène

1.3 Expériences du compostage dans les PED

Il ne s'agit pas ici de présenter les opérations passées ou actuelles de manière exhaustive, mais de s'arrêter sur quelques exemples caractéristiques.

1.3.1 Les unités décentralisées : exemple du Cameroun

L'initiative est venue de l'Ecole Nationale Supérieure Polytechnique en 1992, où à partir d'un site pilote réalisé au sein du campus, des essais de compostage ont été menés, permettant ainsi une bonne maîtrise des paramètres techniques et scientifiques, indispensable pour le développement du système [Ngnikam et al, 1993]. Les autres expériences ont été développées par les ONG, d'abord dans le quartier Messa Carrière à Yaoundé. Cette expérience, qui s'est fondée sur la participation financière des populations, a été très fructueuse. En effet, dans un délai assez court, les partenaires du projet sont parvenus à atteindre l'un des objectifs de l'opération à savoir le recrutement de 4 jeunes rémunérés à 20 000 FCFA/mois pour 4 heures

de travail par jour. Cette somme était supportée par la population dont les déchets étaient collectés et traités dans la compostière. Chaque ménage bénéficiaire payait une somme forfaitaire de 200 FCFA par mois (0,30 Euro) [Ndoumbe et al, 1995]. En 1995, la ville de Yaoundé comptait 15 sites de compostage mis en place avec l'appui de divers bailleurs de fonds dont le PNUD et la Coopération française. Après Yaoundé, des projets de compostage ont été développés à Bafoussam où huit sites de compostage ont été installés, puis à Bafang, Nkongsamba, Garoua et enfin Maroua en 2004.

En dehors de quatre sites à Bafoussam et de Maroua, toutes les expériences de compostage ci-dessus n'ont pas survécu longtemps après l'arrêt des subventions des bailleurs de fonds qui avaient permis leur mise en œuvre. Les facteurs ayant contribué à l'arrêt de ces projets ont été :

- La courte durée de financement, n'ayant pas permis la consolidation du projet sur le terrain.
- L'inadéquation entre le coût de production et les prix de vente du compost dans certaines localités. La perte observée était de 12 000 FCFA par tonne de déchet traité à Bafoussam, où toute la production annuelle de compost était vendue, mais où l'activité était déficitaire à cause des charges de fonctionnement élevées.
- L'insuffisance, dans le cas de Yaoundé, de la surface agricole susceptible d'utiliser le compost issu des sites de compostage. En effet, à Yaoundé, le coût de production du compost (6300 FCFA¹/tonne d'ordure) était inférieur au prix de vente (7500 FCFA/tonne) [Ngnikam, 2000]. Le problème d'écoulement du compost a été l'un des facteurs d'échec (8 tonnes écoulées par mois contre une production de 180 tonnes par mois) [Ngnikam et al, 1998]. Ce décalage était aussi dû aux conditions climatiques de Yaoundé. En effet, le broyage du compost ne pouvait se faire en saison des pluies à cause de l'humidité ; de ce fait, les opérations de broyage et de vente étaient concentrées uniquement sur trois mois de l'année (de janvier à mars) [Ngnikam et al, 1998].
- Le manque de soutien de la part des autorités municipales.
- La mise en place par l'Etat d'un programme de collecte de déchets à haute intensité de main d'œuvre (le Programme Social d'Urgence) qui ramassait les déchets sans demander de contrepartie financière aux ménages a été l'une des causes d'arrêt des activités de compostage artisanal à Yaoundé

1.3.2 Les unités industrielles

Dans les P.E.D, les usines de compostage présentent souvent des technologies provenant des pays industrialisés, sans aucune adaptation aux conditions locales.

En considérant les informations tirées de la bibliographie et celles de l'analyse des procédés de compostage dans les P.E.D, il apparaît que les réacteurs verticaux ou horizontaux sont peu employés et présentent deux inconvénients majeurs : un investissement élevé et une utilisation d'équipements sophistiqués posant des problèmes de maintenance. Les deux procédés fréquemment rencontrés sont la mise en andains et le tube rotatif. La première solution doit être différenciée de la mise en andain traditionnelle à petite échelle, action réalisée par les O.N.G ou les associations de quartiers. A une échelle industrielle, l'apport d'air se fait par retournement mécanisé ou par aération forcée. La main d'œuvre nécessaire est abondante pour conduire ces différentes opérations. Le procédé en andain est généralement plus long que la fermentation accélérée en tube rotatif, qui conditionne mieux le déchet pour le traitement via un meilleur déchiquetage et une homogénéisation complète des déchets.

La chaîne de traitement est très complexe, du fait du grand nombre d'étapes et des multiples méthodes de fermentation. Cette diversité permet certes l'adaptation de cette filière à tous les déchets biodégradables, mais elle demeure une difficulté dans le choix de la chaîne de production de compost la mieux adaptée aux conditions locales dans les villes des P.E.D.

L'analyse du fonctionnement de ces usines montre que les dysfonctionnements qui apparaissent sont d'origines diverses : difficultés de commercialisation du compost (compost qui, de plus, est souvent de mauvaise qualité), qui obligent l'usine à fonctionner en régime intermittent, problèmes de renouvellement des équipements lors de pannes (pour des raisons économiques ou car le personnel n'a pas les moyens techniques ou les compétences pour intervenir), odeurs nauséabondes,... Les causes de dysfonctionnements ou d'arrêts d'usines ne sont pas toujours spécifiques aux procédés de fermentation employés, ni aux pays concernés (Charnay, 2005). En effet, certaines causes comme des problèmes politiques ou des difficultés de commercialisation sont liées au contexte socio-économique du lieu d'implantation de l'usine [Zurbrugg (2003 b)]. Il est évidemment nécessaire de les minimiser, notamment en réalisant une étude de marché concernant les débouchés du compost [Grossman, 2004].

¹ 1 euro = 655,9568 FCFA, cette parité n'est pas variable dans le temps.

Des unités de compostage industriel ont été installées, mais 100 à 130 arrêtées, d'autres avec des problèmes, par exemple :

A l'Ile Maurice où l'usine d'une capacité de 40 tonnes/jour construite en 1965 a arrêté ses activités en 1970 à cause de la mévente du compost, non pas par manque de débouchés mais en raison de la qualité de celui-ci. Le manque d'études préalables était à l'origine de cet échec.

Au Sénégal, une usine a été installée à Dakar et a fermé deux ans plus tard. La présence de sable dans les ordures a altéré les broyeurs pour lesquels il n'y avait pas de pièces de rechange.

Au Brésil, certaines unités de compostage ont résisté plus longtemps, à cause d'une recherche permanente de qualité/prix et d'une publicité soutenue auprès des utilisateurs de compost. L'usine de Sao-Paulo par exemple a multiplié ses résultats de vente par six entre 1978 et 1988, en réduisant le prix de vente du compost de 22 à 5 \$ la tonne et en faisant une publicité auprès des cultivateurs [Guaraldo (1987)] cité par [Rajaomanana (1996)].



Photo 2 : Confection des andains de l'usine d'Abis 2, Alexandrie, Egypte

Remarque : Le cas de l'Egypte est particulier, car le marché du compost est très déficitaire compte tenu de la demande d'amendement organique pour les nouveaux territoires. A Alexandrie, trois usines de compostage traitent par jour environ 1000 tonnes de déchets.



Photo 3 : Tube Dano® de l'usine Abis1, Alexandrie, Egypte



Photo 4 : Criblage final sur l'usine Abis 1, Alexandrie, Egypte

Autres exemples :

- Bangalore (Inde), 500 T/j : 60% capacité, marché limité
- Caju (Rio de Janeiro Brésil), 1000 T/j : 2 ans de fonctionnement, odeurs
- Istanbul (Turquie), 1000 T/j : fonctionnement, nature des déchets
- Etat de Tabasco (Mexique), 500 T/j : jamais mis en fonctionnement

Dans les usines de compostage d'ordures ménagères implantées dans les pays en développement, outre les problèmes d'exploitation et les problèmes techniques, c'est la mévente du compost qui constitue l'une des raisons essentielles de l'échec de ces usines, due en grande partie à sa mauvaise qualité et à une mauvaise étude marché.

En résumé, les principales raisons de ces échecs successifs sont :

- Mauvaise évaluation des débouchés,
- Choix du procédé : système mal adapté à la nature des déchets,
- Non prise en compte des conditions locales (économiques et politiques).

Chapitre 2 : Fonctionnement d'une unité décentralisée de compostage

Une unité décentralisée de compostage est une unité artisanale, gérée par une association locale, les habitants d'un quartier ou par les services techniques municipaux, impliquant fortement les populations concernées. C'est à ce type d'unité qu'est consacré ce guide pratique (cf figure 1 : schéma type d'une installation artisanale).

Le chapitre suivant traitera de tout ce qu'il faut faire pour se donner les plus grandes chances de réussite. Mais avant cela, il est important de savoir comment fonctionne une unité de compostage.

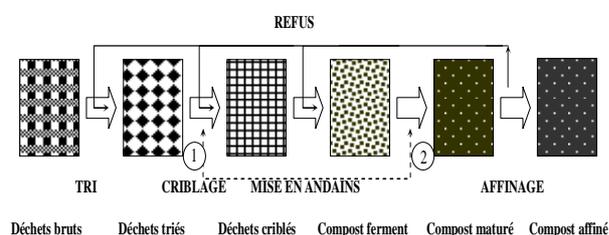


Figure 1 : Schéma de principe d'une installation de compostage

2.1 Espace optimal pour installer l'unité

La dimension de l'espace dépendra des quantités de substrats à traiter (voir les chapitres suivants).

L'unité de compostage devra être **protégée par une clôture** pour que les animaux ne viennent pas y divaguer et s'alimenter.

Il est indispensable d'avoir **accès à un point d'eau à proximité**, pour pouvoir arroser le compost en cours de fermentation durant les périodes sèches.

Enfin, il est recommandé d'avoir un terrain bénéficiant d'un peu d'ombre pendant une partie de la journée pour éviter une évaporation trop forte et pour le bien-être des ouvriers.

Il faut prévoir que des lixiviats pourront s'échapper des tas de compost en fermentation et qu'il faut éviter qu'ils contaminent le sol ou les eaux disponibles à proximité (ruisseaux, nappe phréatique,...) : pour cela, on peut mettre de grandes feuilles de plastique en dessous des tas, faire un système de rigoles pour récupérer ces liquides qui ruisselleront.

Remarque : dans certains cas de conditions climatiques particulières, une partie de la plate-forme peut être couverte permettant éventuellement la récupération de l'eau de pluie.

2.2 Etapes successives du compostage

2.2.1 Tri des substrats à composter

Il est relativement facile de composter des substrats issus des végétaux et qui sont totalement organiques : les déchets verts de jardinage et d'élagage des arbustes, les résidus de cultures, les déchets des marchés...

Mais le plus souvent, les unités de compostage doivent traiter des ordures ménagères. Il est indispensable alors **d'éliminer au maximum les substances qui ne sont pas des matières fermentescibles et sont indésirables dans le cycle de compostage**. Ce sont principalement les matières plastiques, les verres, les métaux, les matériaux minéraux grossiers, les produits chimiques, les piles et batteries. On peut laisser du papier et du carton à condition de les fragmenter en morceaux de faibles dimensions (ils permettent d'absorber une partie de l'eau s'il y en a trop). Un bon compost ne doit pas avoir de verre, ni de matières plastiques pour être bien accepté par les agriculteurs. Les matériaux indésirables sont mis en tas dans un coin de la compostière et évacués régulièrement vers une décharge. Les matériaux dangereux (batteries, piles, peintures, déchets médicaux,...) doivent être stockés dans des conditions sécurisées. Certains matériaux peuvent être valorisés lorsque les filières locales existent.



Photo 5 : Tri initial à Lomé, Togo

2.2.2 Confection des andains

Les matières fermentescibles triées sont mises en tas de 1,5 à 2 m de hauteur que l'on appelle des andains. **Les andains** peuvent être ronds, en forme de cônes ou allongés sur toute la longueur de l'espace.

Le mieux est de constituer ces tas par couches successives, séparées éventuellement par des branchages ou des copeaux de bois qui auront pour rôle de faciliter la circulation de l'air à l'intérieur du

tas (rappel : le compostage est une fermentation aérobie qui nécessite de l'air pour oxyder la MO facilement dégradables). Si les substrats mis en tas ou en andains se compriment facilement, la présence de branchages est indispensable, mais s'ils contiennent suffisamment d'éléments structurants (pailles, tiges, éléments ligneux...), on se contente d'empiler les substrats jusqu'à la hauteur désirée.



Photo 6 : Andains en fermentation à Labé, Guinée

2.2.3 Contrôles à effectuer

L'humidité des substrats doit toujours être au minimum de 50% pendant la fermentation pour que les micro-organismes puissent

vivre, consommer la matière organique facilement dégradables et se reproduire. Les déchets frais ont souvent une humidité supérieure : il faut veiller à ce que l'aération puisse bien avoir lieu, sinon on aurait une fermentation anaérobie qui produirait des mauvaises odeurs.

Il faut mesurer la température tous les 2 ou 3 jours avec un thermomètre ou une canne thermométrique en métal reliée à un lecteur numérique (échelle de 10 à 100°C) et établir la courbe d'échauffement. Celle-ci doit avoir à peu près l'allure de la courbe donnée ci-après. Pour obtenir une **bonne hygiénisation du compost**, pour qu'il ne contienne plus de bactéries pathogènes susceptibles de donner des maladies ni de graines donnant naissance à des mauvaises herbes, il faut que la température de l'andain reste supérieure à 65°C pendant au moins 5 jours entre la première et la deuxième semaine. **La période de stabilisation ou de maturation du compost** va se faire à une température voisine de 35°C pendant quelques semaines (voir l'allure générale de la courbe d'évolution de température au cœur d'un andain ci-dessous).

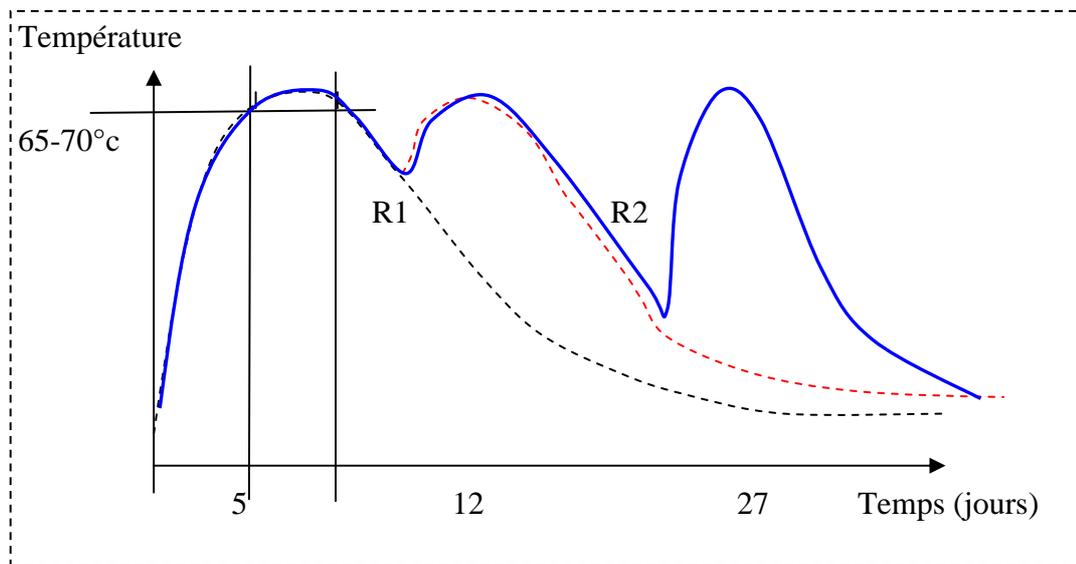


Figure 2 : Evolution de la température pendant la phase de fermentation du compostage et en fonction des retournements R1 et R2

2.2.4 Retournement des andains

Il faut retourner les andains au moins 4 fois tout au long de la fabrication du compost qui durera 3 à 4 mois sous un climat chaud : 3 fois pendant les 2 mois de fermentation à température élevée puis une fois au cours des 2 mois de maturation (NB : pour certains substrats comme les restes de cuisine, très rapidement biodégradables, 3 retournements sont nécessaires au cours du 1^{er} mois). On le fera en s'efforçant à chaque fois de mettre au centre du tas la fraction de substrat qui

était à l'extérieur, pour que l'oxygénation soit la plus complète possible et atteindre un bon niveau de stabilisation.

Lors d'un retournement, il est possible de faire des contrôles, notamment de l'humidité. Il faut noter que la température va remonter après le premier ou le deuxième retournement.

2.2.5 Tamisage

Le compost avant l'utilisation peut être tamisé à une maille de 10 mm environ, surtout s'il fait l'objet d'une commercialisation ou d'une utilisation dans des pots de fleurs. **Le refus de tamisage**, c'est-à-dire la fraction qui ne passe pas à travers le tamis ou le grillage, peut être ré-introduit sur un nouveau tas de compost dont il favorisera la fermentation par ensemencement des micro-organismes qui sont encore présents sur ces refus.



Photo 7 : Compost mur et criblé à Labé, Guinée

2.3 Utilisation du compost

Il est recommandé de faire à proximité immédiate du site de compostage un jardin de démonstration pour montrer les performances obtenues avec le compost mature. En général les visiteurs ou les acheteurs potentiels du compost sont assez intéressés par un tel jardin où l'on peut planter aussi bien des légumes que des fleurs sans utiliser d'engrais ou très peu ; des comparaisons sont possibles dans ces démonstrations en aménageant aussi des plates-bandes témoins sans compost et d'autres avec une fertilisation minérale recommandée.

Les quantités à mettre varient beaucoup : depuis 1 kg jusqu'à 10 kg par m² selon l'usage (voir les ouvrages spécialisés pour cela ou demander conseil à des agronomes) et la qualité du compost.

Pour la commercialisation du compost il est recommandé de le vendre à proximité immédiate du lieu de fabrication compte tenu du coût du transport et

du fait que sa valeur marchande n'est pas très élevée (teneurs faibles en éléments fertilisants N, P et K). Mais il est possible de s'associer ou de le vendre à des marchands d'engrais pour en faire un produit à plus forte valeur commerciale.

2.4 Contraintes et difficultés

- **Organisation et encombrement de l'espace** : il est indispensable de bien organiser l'espace dans l'unité de compostage. Une surface bien délimitée doit être réservée aux refus, c'est-à-dire tout ce qui n'est pas susceptible d'être composté. Le tri des matières plastiques, celui des cartons et des papiers ou encore du verre, peut donner lieu à des actions rémunératrices de récupération si des entreprises sont présentes dans le secteur. Les refus sont évacués régulièrement ou dès qu'une gêne apparaîtra.
 - **Un abri sécurisé** doit être installé soit sur le site soit à proximité pour recevoir les outils, les vêtements, les documents nécessaires pour suivre le bon fonctionnement de l'unité de compostage.
 - **Le tri des déchets urbains est long, difficile et fatigant** : pour éviter de le faire sur le sol, il est utile de mettre en place un plateau solidement implanté d'une hauteur de 1,2 m environ, d'une largeur de 0,8 à 1 m et d'une longueur variable suivant le nombre de travailleurs ; cela permet le tri des déchets en gardant la station debout. Les employés à ce poste ne devraient pas travailler plus de 5 heures par jour ou permuter sur d'autres tâches. Il faut également essayer de travailler à l'ombre (choisir un terrain arboré, mettre des ombrières ou planter des arbres à croissance rapide).
 - **Attention aux animaux en divagation** (nécessité d'une clôture), aux serpents qui viennent se chauffer dans le compost en cours de maturation, aux insectes que l'on n'élimine jamais complètement mais que de bons retournements éloignent.
 - **Les grosses pluies** risquent de modifier le processus du compostage et de lessiver le compost.
-

Chapitre 3 : Mise en place d'un projet pérenne de compostage

La création et la gestion d'installations artisanales de compostage dans une stratégie de lutte contre la pauvreté impliquent préalablement un travail d'étude de faisabilité. Ce travail renvoie aussi bien aux domaines classiques de développement urbain (analyse des institutions locales, sociologie, urbanisme, assainissement, etc.) qu'aux domaines de la gestion d'entreprises (marketing, production, organisation, gestion, finances, etc.).

Le compostage pratiqué à l'échelle artisanale garde encore une dimension écologique et sociale susceptible de motiver de nombreux acteurs parmi lesquels les ONG et les groupes de la base. La rentabilité aléatoire et les risques financiers de la filière du compostage qui font encore que peu d'entrepreneurs privés osent s'y lancer tout au moins seuls, ne doivent nullement constituer une entrave majeure.

Malgré les expériences du passé, les perspectives de développement du compostage comme filière de gestion des ordures ménagères et de promotion de développement durable restent bonnes dans les pays en développement. L'environnement actuel commande tout simplement la prise en compte de l'émergence de nouvelles formes de collaboration entre les municipalités, la société civile et les petits opérateurs formels/informels.

Ce chapitre se veut un outil destiné aux porteurs de projets, pour qu'ils aient tous les éléments leur permettant de mettre en place un projet de compostage pérenne.

3.1 Questions préalables

Le montage et la mise en œuvre d'un projet de compostage, comme tout autre projet de développement, mérite qu'on s'assure de sa durabilité. Les réponses à quelques questions clés que nous avons identifiées ici permettront aux porteurs de projets de s'assurer qu'ils répondent à un besoin réel et qu'ils seront durables. Les questions sont répertoriées à chaque étape de la vie d'un projet :

1. Avant le montage ;
2. Pendant le montage du projet ;
3. Pendant la mise en œuvre du projet.

Etape 1 : Avant le montage du projet

Question n°1 : Qui est le porteur du projet ? Quelles sont les institutions et/ou personnes à impliquer dans le projet ?

Il s'agira à travers cette question d'analyser les différentes parties prenantes : le promoteur du projet, les partenaires, les associés, les bénéficiaires, afin de préciser clairement le rôle de chacun pendant la phase de montage du projet et de sa mise en œuvre.

Voici quelques éléments subsidiaires qui pourront aider au choix des parties prenantes à cette étape de réflexion :

- Définir la représentativité des différents interlocuteurs et déterminer s'ils sont des acteurs aptes à prendre des décisions en matière de gestion des déchets ;
- Vérifier si la préoccupation du porteur correspond bien à un enjeu national ou local ;
- Vérifier si cette idée de projet correspond à une priorité pour le développement de la ville ou de la région.

Question n°2 : Quels sont les besoins prioritaires auxquels pourra répondre le futur projet ?

- Une unité de compostage pourra répondre à un besoin de dépollution : dans ce cas la rentabilité de l'unité peut se mesurer uniquement par rapport au tonnage des déchets traités dans les conditions techniques et environnementales acceptables ;
- Une unité de compostage pourra aussi répondre à un besoin d'amendement organique et d'autres produits valorisables : dans ce cas, son montage financier devra s'appuyer sur une étude économique classique ;
- Une unité de compostage pourra aussi répondre à un double objectif de dépollution et de production d'amendement organique.

Question n°3 : Comment le projet s'articule-t-il avec la politique nationale de gestion des déchets ?

Il faut étudier l'articulation du projet avec la politique ou stratégie nationale de gestion des déchets si elles existent. Sinon, vérifier si le projet est en adéquation avec le plan de développement municipal ou régional.

Question n°4 : Quelle sera la taille de l'unité ?

La taille de l'unité sera retenue en fonction des besoins d'amendement organique à couvrir ou des quantités de déchets à traiter si l'objectif de dépollution est privilégié. Dans tous les cas, il faut faire un compromis entre les besoins en amendement organique et l'objectif de dépollution qui est souvent privilégié par les élus locaux. On peut envisager de créer, à la place d'une seule unité centralisée, un certain nombre de petites unités dans

différents points de la zone de production de déchets. Cela peut permettre aussi la prise en compte des coûts d'approche des matières organiques dans le coût total du traitement.

Question n°5 : Comment choisir le type de matériel ?

Le choix du type de matériel est fonction de la taille de l'unité, du niveau de développement technologique local et de la nature des déchets en présence. Le promoteur du projet devra s'assurer qu'il existe une filière d'approvisionnement en pièces détachées pour les matériels choisis et qu'il existe des personnels dans la région ou le pays capables d'assurer la maintenance des équipements retenus.

Question n°6 : Quel sera le coût de ce service ?

Quel que soit l'objectif visé par le projet, il faut avoir une maîtrise du coût du service en vue d'avoir les éléments pour l'évaluation de la rentabilité économique et financière. De la couverture du coût de service par les parties prenantes dépendra la durabilité du projet. A cette étape, il faut tenir compte des amortissements et des charges d'exploitation :

- L'amortissement des investissements est variable en fonction du type d'équipement à mettre en place et du montage administratif envisagé (régie directe, affermage, concession, etc...);
- Les charges d'exploitation doivent prendre en compte : les charges fixes (salaires, assurances, etc.) et les charges variables (consommables, maintenance, frais généraux, etc.).

Question n°7 : Quelles sont les recettes potentielles ?

- La vente des matières recyclables est-elle possible, et si oui, quelle pourra être son importance dans la trésorerie de l'entreprise ?
- La vente de compost : à quel prix ? Pour couvrir quel besoin ? Quelle est la norme de qualité exigée par les consommateurs ?
- L'économie potentielle réalisée dans la collecte et le transport (on évite notamment à la collectivité le transport de la matière organique vers la décharge, souvent éloignée) pourra-t-elle être intégrée dans la trésorerie de l'unité ? Si oui, de quelle manière ?
- Pourra-t-on tenir compte des coûts de dépollution (gaz à effet de serre non émis ?).

3.2 Proposition d'une méthodologie

Un projet de compostage ne peut réussir que s'il est mené avec méthode, en prenant bien en compte tout ce qui peut influencer sur sa réussite. Voici

Question 7 bis : La collecte ou la pré-collecte des déchets est elle assurée ?

Etape 2 : Pendant le montage du projet

Question n°8 : Quels sont les éléments économiques à prendre en compte ?

- Comment le service de collecte est-il effectué et avec quel budget ?
- Existe-t-il un marché pour le compost dans la région ?
- Ce marché est-il rentable ? Est-il durable ?
- Quels pourront être les freins au développement du marché de compost ou de produits valorisables ?
- Quelle est l'influence des facteurs extérieurs sur l'évolution de ce marché (saisons, autres événements...)?

Question n°9 : Quels sont les éléments à prendre en compte dans le montage financier ?

- Quelles formes d'amortissement utiliser (technique ou financier) ?
- Doit-on prendre en compte les coûts indirects de dépollution dans l'analyse ?
- Le projet permet-il de réaliser des économies dans la collecte et le transport des déchets ?

Question n°10 : Quel partenariat développer ?

- Partenariat public / privé ?
- Partenariat public / public ?
- Montage entièrement privé ?

Etape 3 : Pendant la mise en œuvre du projet

Question n°11 : Une étude expérimentale pilote est-elle nécessaire ? oui

- △ Choix du flux de déchets
- △ Choix de la période de temps

Question n°12 : Quels indicateurs de suivi choisir ?

- △ Indicateurs de fonctionnement
- △ Indicateurs de performance

Question n°13 : Bilan CO2 dans l'optique des crédits carbone dans le cadre du MDP

ici résumées les grandes lignes de la démarche méthodologique qui feront l'objet ensuite d'un développement plus approfondi.

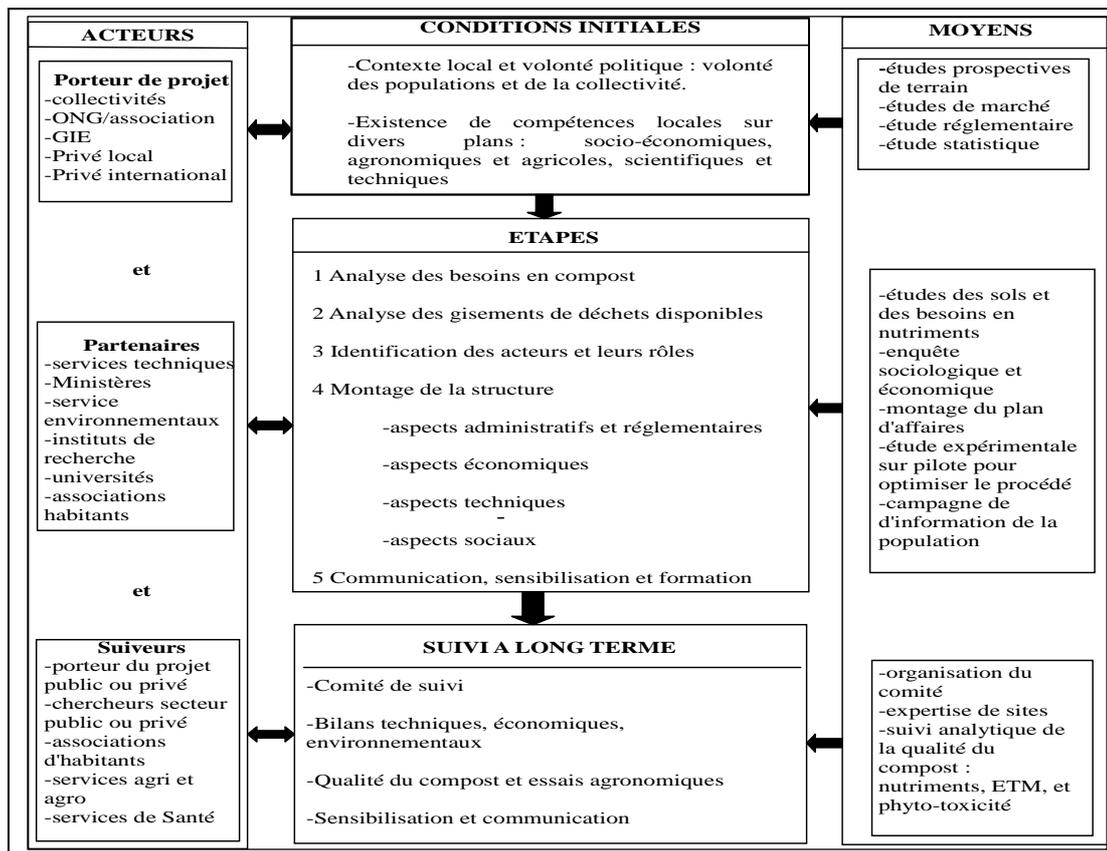


Figure 3 : Démarche méthodologique

3.2.1 Les conditions de départ à rassembler

Un contexte initial propice :

Volonté locale et non projet imposé

Atmosphère saine entre les acteurs

Une volonté et un appui politiques,

-il s'agit de mettre en place un outil de service public,

-la responsabilité incombe aux pouvoirs publics qui doivent veiller au bon déroulement de toute la chaîne,

-c'est aux manques de volonté et d'appui politiques que beaucoup d'échecs sont à imputer.

Des compétences diverses,

-le problème est complexe,

-qui dit durable, dit à minima économiquement soutenable, socialement équitable et acceptable pour l'environnement.

Des étapes à respecter

-elles sont interdépendantes et que de la réponse à une question dépend la suite de la démarche.

3.2.2 Les étapes à respecter

Nous avons résumé ci-dessous, un peu comme dans un pense-bête, les différentes étapes nécessaires. Ces étapes sont ensuite présentées en détail dans les chapitres suivants.

Besoins des sols (végétalisation, lutte contre l'érosion, amélioration de la rétention en eau).

Besoins pour l'agriculture (types de cultures, surfaces exploitées, amendements et engrais minéraux et organiques utilisés).

Étude de marché détaillée : quelles qualités, quelles quantités, pour qui et à quel prix ?

L'analyse des gisements de déchets disponibles (nature, quantités, localisation, modes de collecte)

• Déchets ménagers : Étude approfondie indispensable de leur composition par type d'habitat ou niveau socio-économique : teneur en matière fermentescible (peut varier de 5 à 80%), en matières potentiellement recyclables, en éléments indésirables (déchets dangereux des ménages et des entreprises, déchets inertes comme le sable). Étude des quantités produites par habitant et par type d'habitat. Organisation de la collecte, mode de traitement et d'élimination.

• Autres gisements de déchets organiques produits sur le secteur et devenir : déchets de l'agriculture et de l'élevage, déchets des industries agro-alimentaires,...

• Autres déchets produits sur le secteur et devenir (cela permet de savoir s'il y a un risque de contamination par des déchets autres lors de la collecte).

L'analyse du besoin en compost

L'identification des acteurs et de leurs rôles

• Acteurs publics : organismes chargés des déchets et de l'agriculture (ministères, syndicats, organismes publics), collectivités territoriales, centres de recherche, laboratoires, éventuels bailleurs de fonds.

• Acteurs privés : entreprises de collecte et de traitement, ONG (locales, nationales, internationales), centres de recherche, laboratoires, bureaux d'études.

Associer dès le départ pour chaque volet les acteurs susceptibles de devenir des partenaires: c'est la meilleure garantie que l'on pensera à tout et cela permet de se répartir le travail.

Le montage de la structure : aspects administratifs, réglementaires, économiques, techniques et sociaux

Bien planifier cette phase. Se fixer des objectifs, des délais, sinon elle dure vite très longtemps.

Aspects administratifs et réglementaires

Connaître les possibilités offertes en fonction du pays, les avantages et inconvénients de chaque type de structure.

Connaître la réglementation applicable en matière de gestion des déchets et d'utilisation d'amendements organiques .

Aspects économiques

Réfléchir très en amont au montage financier (plusieurs options possibles).

Établir la trame du budget prévisionnel de l'opération : besoins en investissement et en fonctionnement, liste des postes à envisager de recettes et de dépenses.

Actualiser ce budget au fur et à mesure de l'avancement du projet (conséquences des choix faits).

Aspects techniques

En fonction du débouché réaliste du compost (t/an) : nature et quantité des déchets pris en charge (t/j) : déchets ménagers, en mélange ou collecte sélective des biodéchets ; autres déchets organiques (⇒ besoin ou non de broyeurs selon leur nature).

Choix d'une technologie adaptée (différente si 5 ou 50 t/j ; mécanisation plus ou moins poussée).

Devenir des fractions non compostables : élimination en décharge ou valorisation partielle envisagée (mode de tri ?) ?

Aspects sociaux

Nombre d'emplois nécessaires (responsables, ouvriers).

Niveaux de qualification pré-requis, besoins de formation.

Prise en compte du secteur informel (coopération, intégration ?).

Choix de la nature des contrats de travail.

Règles d'hygiène et sécurité, conditions de travail.

La communication, la sensibilisation, la formation

Quelles cibles ?

-Personnel : prévoir les modules de formation nécessaires.

-Agriculteurs, pépiniéristes, paysagistes: nécessité de sensibiliser les futurs utilisateurs du compost.

-Grand public : les sensibiliser, surtout si leur collaboration est nécessaire (tri en amont, pré-collecte,...).

Riverains des centres de regroupement et de traitement : présenter le projet pour anticiper les problèmes et prévoir les mesures compensatoires liées aux nuisances possibles.

Enfants, pour préparer l'avenir.

Quels moyens ?

Formation après le recrutement.

Parcelles témoin (avec et sans compost, avec d'autres amendements) ; vente de petits plants en pots/mottes de compost ; diffusion des informations scientifiques et techniques (qualité des composts, influence sur les rendements, doses appliquées,...) : pour cela, une expérience pilote préalable, ouverte aux visites, peut être menée sur une petite quantité de déchets (appui possible sur un lycée agricole).

Réunions de quartiers, interventions dans les écoles.

Presse, radio, télévision locale.

3.2.3 Le suivi à long terme

Il ne doit pas y avoir de projet et d'objectifs visés, sans très rapidement une première évaluation des objectifs atteints pour un éventuel recadrage et un suivi permanent pour éviter les dérives.

Comité de suivi associant toutes les parties prenantes pour évaluer les résultats tous les 6 mois puis tous les ans.

Des bilans : technique, financier, social, environnemental et sanitaire.

Un suivi permanent de la qualité du compost et des essais sur parcelles

Un suivi en termes de sensibilisation et de communication, pour améliorer le système en permanence

En conclusion, cette démarche peut sembler lourde mais elle conditionne la durabilité des projets : il y a trop d'exemples d'opérations avortées, il ne faut plus reproduire cela.

C'est une approche qui nécessite une bonne coordination. Il faut impérativement un chef de projet motivé, l'implication forte de partenaires aux compétences complémentaires et un soutien politique sans faille.

3.3 Identification des acteurs

Elle sera effectuée pendant toute la durée de la vie du projet. A chaque étape d'intervention, les acteurs et les rôles qu'ils peuvent jouer vont évoluer.

Remarque : la collectivité publique (municipalité) a dans ses attributions réglementaires la gestion des déchets ; elle est donc incontournable dans tout schéma de gestion.

3.3.1 Le porteur de projet

*Le porteur de projet est généralement celui qui est à l'origine du projet de compostage. En fonction des objectifs, le porteur de projet de compostage peut être :

*Une **collectivité publique décentralisée** : en fonction des contextes administratifs et du niveau de décentralisation dans le pays, une collectivité publique décentralisée peut être : une commune, un syndicat de communes, une communauté urbaine, une région ou un département. Dans chaque pays, ces collectivités sont régies par les lois de décentralisation (voir les lois de juillet 2004 pour le Cameroun).

*Une **ONG ou association**. La définition légale des ONG diffère selon les contextes nationaux. Dans la plupart des pays francophones, la loi sur les associations découle de la loi 1901 en France. Dans ce cas, une association déclarée peut avoir directement un statut d'ONG. Les ONG étrangères ont besoin d'une autorisation du ministère de l'intérieur du pays hôte pour exercer sur ce territoire.

*Un **Groupe d'Initiative Commune ou Groupe d'Intérêt Economique** : dans la plupart des pays en développement les GIC et les GIE ont une structure qui leur permet de travailler comme entreprise, mais avec une forte réduction des impôts sur leur activité. Ce statut est intermédiaire en attendant que la structure prenne son envol, et évoluer vers une entreprise privée. Les membres de GIC ou de GIE sont autorisés à se répartir les bénéfices à la fin de l'exercice.

*Une **entreprise privée** : l'entreprise privée peut prendre plusieurs statuts en fonction des objectifs poursuivis par les promoteurs (entreprise individuelle, SARL, SA, etc.).

3.3.2 Les partenaires du projet

Les acteurs ci-dessous cités peuvent être partenaires dans les projets de compostage

*Les **ministères techniques** : dans la plupart des pays en développement, plusieurs ministères techniques ont un rôle à jouer en matière de gestion des déchets, de la pollution et création des établissements classés. Voici à titre d'exemple les ministères que l'on pourra associer au montage et à la réalisation d'un projet de compostage : les ministères en charge de : (i) développement urbain (politique de salubrité publique), (ii) la santé (hygiène et salubrité), (iii) industries (autorisations diverses pour la création d'une unité industrielle), (iv) environnement (normes de rejets), (v) agriculture (qualité du compost, utilisation du compost produit), etc.

*Les **instituts de recherche** : pour la fourniture des données nécessaires pour les études préalables, la réalisation des études, le suivi des impacts du projet pendant la mise en œuvre.

*Les **partenaires techniques et financiers** : financement des investissements, mise à disposition de fonds de roulement, formation, etc.

*Les **représentants de la population** : si leur participation est sollicitée à quelque niveau que ce soit, il est indispensable des les associer très en amont du projet. Selon les objectifs visés et les contextes, on peut faire appel à d'autres catégories de partenaires.

Chapitre 4 : Besoins en compost et étude de marché

4.1 Qualité du compost d'ordures ménagères

Le compost est essentiellement utilisé comme amendement organique pour améliorer la qualité des sols et les rendements de production des cultures. Il doit correspondre à des standards de qualité répondant eux-mêmes aux exigences des consommateurs et du marché. En l'absence de critères de qualité et de systèmes d'assurance qualité définis par la législation des P.E.D, ceux réglementés dans les P.D sont quelques fois pris comme référence (par exemple la norme 44 051 régissant les composts).

La qualité obtenue est surtout conditionnée par la nature des produits initiaux et le suivi des paramètres physico-chimiques durant le compostage. Il est indispensable de tenir compte de certaines exigences pour ne pas porter préjudice à la commercialisation du produit comme : -le caractère inoffensif du point de

vue pathogène (pas de vecteurs de maladie des humains ou des plantes, pas de graines d'adventices), -la compatibilité avec les plantes, -l'absence d'impuretés (plastiques, verres...), -la teneur en matières fertilisantes (N, P, K, Ca), -la teneur en polluants potentiels (métaux lourds), -le suivi de la qualité

Il faut également s'assurer d'avoir des matières organiques de qualité, disponibles toute l'année ou au moins pendant toute la période de production car la principale qualité demandée à un compost, en plus de sa composition et de sa teneur en éléments fertilisants, c'est l'homogénéité de tous les lots commercialisés car les doses d'apport sont calculées en fonction de leur teneur en éléments fertilisants.

Tableau 1 : Récapitulatif des différents critères de stabilité et de maturité d'un compost (Charnay, 2005)

Critères	Paramètres
Critères physiques	odeur, couleur, aspect (terreau homogène), absence de reste végétal ou autres débris non bien décomposés), température
Critères chimiques	rapport C/N, capacité d'échange cationique CEC, pH, analyse des substances facilement biodégradables (sucres, acides aminés, phénols etc), des fibres, éléments trace métalliques..
Critères microbiologiques et enzymatiques	activité de phosphatase alcaline, indicateurs des micro-organismes : phospholipides, mesure de biomasse, métabolisme latent évalué par le l'activité respiratoire AT4 et/ou la capacité d'auto-échauffement CAE
Test de germination	évaluation de la phyto-toxicité résiduelle (taux germination des graines, longueur des racines) sur Cresson «Lepidium sativum L. » et Ray grass «Lolium perenne L. » ou d'autres plantes tests.

Tableau 2: Qualité agronomique de plusieurs composts d'ordures ménagères (Charnay., 2005)

		Mali	Guinée	Bénin	France	Espagne
	Unité					
pH	U pH	8,5	8,5	7,8	8	7,5
K₂O	mg/g MS	10,6	10,9	6,2	0,8	5,8
CaO	mg/g MS	90	57,5	54,6	3,4	/
MgO	mg/g MS	4,6	7,5	3,6	0,5	/
P₂O₅	mg/g MS	0,92	10,5	45,8	0,4	9,6
C/N	/	16,8	13,6	17,6	14,7	9,2

4.2 Utilisation du compost

4.2.1 En fonction du type de cultures et d'agriculture

Un compost de bonne qualité peut être utilisé pour amender les sols et fertiliser la plupart des cultures. Cependant, étant données les grandes quantités à épandre pour apporter les doses d'éléments fertilisants nécessaires pour la culture, on considère généralement plus rentables les

utilisations en localisé (lors de la plantation de plantes pérennes) ou sur de petites surfaces, en particulier pour le maraîchage en agriculture périurbaine. Ces cultures qui sont réalisées avec un turn-over très rapide des plantes et une occupation du sol généralement sur toute l'année selon les conditions climatiques demandent un « support de culture » riche, bien drainant permettant un enracinement facile. Un apport important de matière organique permet de maintenir de telles conditions édaphiques, tout en conservant les éléments fertilisants apportés par des engrais minéraux associés.

Un apport de compost sera très utile quand le sol cultivé est peu fertile, sableux ou trop lourd ; ce sol a besoin d'une amélioration de la « capacité d'échange cationique » qui permettrait de tamponner le pH pour une meilleure nutrition des plantes en éléments minéraux ; l'apport d'engrais minéraux seuls dans ces conditions entraînerait beaucoup de pertes (i.e. volatilisation d'ammoniac, lixiviation de nitrates, dénitrification, ...).

4.2.2 En fonction des utilisateurs

Le compost est utilisé dans de nombreuses exploitations agricoles, en particulier :

- quand les engrais minéraux ne sont pas disponibles ou qu'ils sont trop cher,
- parce que la matière organique et les éléments fertilisants sont disponibles et gratuits et qu'il n'y a pas d'animaux sur l'exploitation pour valoriser au mieux les résidus organiques (on le fabrique avec les résidus de ses propres cultures ou les fumiers de son élevage),
- parce que le lieu de fabrication du compost est proche et que le coût de transport est réduit (i.e. compost d'ordures ménagères pour l'agriculture périurbaine, fumier composté pour une exploitation mixte élevage / agriculture),
- parce que l'exploitation est mécanisée ou comporte beaucoup de main d'œuvre et que l'application de grandes quantités de matières organiques ne pose pas de problèmes,

4.3 Marché du compost

4.3.1 Etude de marché

Si l'on doit commercialiser un compost, il faut vérifier le marché que l'on veut atteindre. En effet, si les principaux utilisateurs cultivent pour une auto consommation, ils auront beaucoup de mal à financer l'achat d'intrants extérieurs, organiques ou minéraux. De plus, s'ils ont peu d'argent, ils risquent de privilégier les engrais minéraux qui ont un effet immédiat. Par contre, si les utilisateurs vendent une grande partie de leur production, ils pourront financer l'achat d'intrants allogènes.

Mise à part la concurrence entre deux composts d'origine diverse, la seule concurrence est entre le compost et les engrais minéraux. Les engrais minéraux sont disponibles toute l'année, ils sont efficaces, car les éléments fertilisants sont généralement tout de suite disponibles pour les cultures, et ils sont concentrés, ce qui permet de transporter de petites quantités pour fertiliser de grandes surfaces. Cependant, mal utilisés, ils peuvent entraîner des pertes plus ou moins polluantes, en particulier pour les engrais azotés (volatilisation, dénitrification, lixiviation...).

Le compost n'apporte pas seulement des éléments fertilisants. Il va améliorer progressivement le sol s'il est mis en quantité suffisante. Il est bien évident qu'apporter 1 tonne de compost par hectare, quelle que soit sa qualité, ne représentera aucune amélioration des conditions du sol (on considère qu'il y a environ 2000 tonnes de terre cultivée par hectare). On peut envisager d'appliquer ce compost de manière localisée, par exemple dans le trou de plantation pour des arbres dans un verger. Dans ces conditions, ce n'est pas l'effet fertilisant qui est recherché mais l'effet amélioration de la structure du sol. On peut même l'envisager comme étant un support de culture dans les cas où le sol est de très mauvaise qualité. Les cultures maraîchères sur des sols très organiques sont un des principaux cas de ces cultures « hors sol ».

4.3.2 Prix du compost d'ordures ménagères

Il est très difficile de fixer un prix pour un compost quand on ne connaît pas les teneurs en matière organique et en éléments fertilisants contenus dans le produit. Généralement, le prix du compost est fonction du contenu en éléments fertilisants disponibles dans le produit. Les composts qui sont issus des fractions fermentescibles des ordures ménagères, des boues de stations d'épuration ou des déchets verts urbains ne doivent pas supporter le surcoût dû à la collecte de ces déchets. Cette partie de leur coût doit être prise en charge par les redevances payées pour l'élimination de ces déchets par les producteurs de ces déchets, que ce soient les personnes vivant en ville, les entreprises agroalimentaires ou les compagnies de retraitement des eaux usées. Cela devrait permettre une diminution du prix de vente des composts. Sans cette prise en charge d'une partie des coûts de fabrication par les producteurs de déchets, le prix de vente du compost ne peut pas être concurrentiel par rapport aux engrais minéraux, surtout si l'on ne tient pas compte de l'effet amendement des composts.

Chapitre 5 : Etude des gisements de déchets disponibles

Indispensable pour tout plan de gestion de déchets solides urbains, l'étude du gisement de déchets, les caractéristiques des déchets collectés et la composition de leur part biodégradable sont nécessaires pour évaluer le potentiel de production d'un compost de qualité.

5.1 Gisement de déchets solides

Les déchets urbains qui peuvent être compostés sont ceux qui sont biodégradables ; mais ils sont souvent en mélange avec d'autres déchets solides parfois recyclables mais aussi toxiques. On peut trouver des ordures ménagères, notamment la fraction fermentescible des OM (FFOM), les déchets des marchés (restes de fruits et légumes), les déchets verts (tontes et déchets d'élagage des arbres).

D'autres bio-déchets tels les boues de vidange ou les résidus d'élevage sont compostables à condition qu'ils soient pré-traités. Tous proviennent des ménages, des marchés et de la voirie municipale.

Il est nécessaire dans un premier temps de connaître leur localisation ; il faut donc quantifier le gisement potentiel par quartiers (ou secteurs sociaux d'habitat). Une campagne de mesure est nécessaire pour être au plus près de la production (kg/j/ménage ou kg/j/habitant) ; la sectorisation de la ville est souvent nécessaire, comme celle réalisée à Nouakchott, Mauritanie (Alouéimine et al, 2006) pour l'identification des gisements de déchets.

La masse minimale d'échantillon à prélever par secteur, en vue de la caractérisation, peut être par exemple donnée par la relation du **test de Student** (voir annexe 1). Elle est obtenue après quartage d'une masse plus élevée, représentative du flux que l'on cherche à caractériser (Rea et al, 1997 ; Salant et al, 1994 ; Couty et al, 1997). Plus la masse des échantillons sera élevée, plus la précision sur la teneur en éléments peu présents sera bonne.

5.2 Caractérisation des déchets

La caractérisation des échantillons comprend deux aspects, physique et chimique : le premier concerne le tri granulométrique et par catégories, le deuxième la composition chimique.

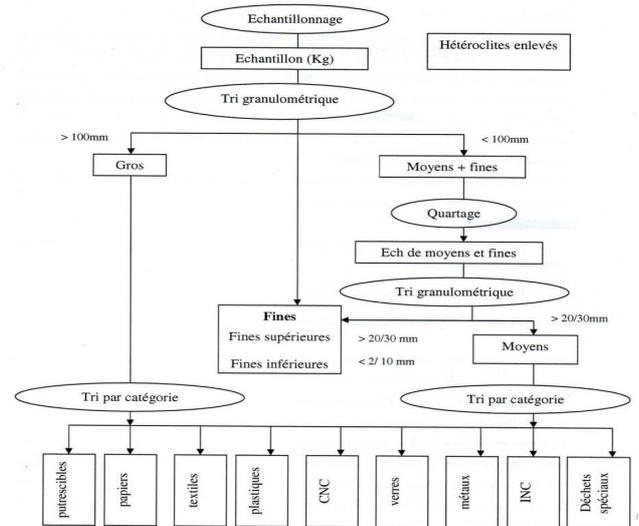


Figure 4 : Protocole de tri de déchets

5.2.1 Tri physique

Il peut être réalisé sur déchets secs ou sur déchets bruts donc humides (cf normes françaises AFNOR).

*Tri par taille

Le tri commence par les déchets *hétéroclites* habituellement non rencontrés. Ensuite, des cribles plans (table de tri) ou cylindriques (trommel) permettent de séparer 3 fractions : **>100mm, 100-20 mm et <20mm**, selon la norme française. Cette séparation granulométrique permet de faciliter le tri par catégories : on trie la totalité de la fraction >100mm, 1/8 de la fraction 20-100mm et pas du tout (sauf si on veut mieux la caractériser) la fraction <20mm, très difficile à trier.

Les dimensions d'une table de tri se trouvent en annexe 2.

Remarque : la taille des mailles de criblage peut être différente en fonction des cas.

*Tri par catégories :

Au niveau européen, une nomenclature de tri en 13 catégories a été établie. Elle permet de classer tous les matériaux rencontrés dans les OM dans une catégorie bien définie, sans catégorie « divers » comme on peut le voir souvent. Seuls les éléments fins forment une catégorie hétérogène en termes de nature de matériau (cf tableau suivant)

Tableau 3 : Types et composition des différentes catégories de déchets ménagers

Catégories	Composition
1-Putrescibles	Restes de cuisine, déchets de jardin, autres
2-Papiers	Emballages, journaux, magazines, imprimés, autres
3-Cartons	Emballages plats, ondulés
4-Composites	Emballages alimentaires - lait, jus de fruit, café, beurre
5-Textiles	Sacs, vêtements, lingerie
6-Textiles sanitaires	Couches culottes, serviettes, lingettes, mouchoirs autres
7-Plastiques	Films PE et PP, bouteilles et flacons PET, autres en PVC, PS
8-CNC	combustibles non classés : bois, cuir, caoutchouc, charbon de bois, autres
9-Verres	Emballages et autres-
10-Métaux	Emballage ferreux et aluminium, autres
12-Dangereux	piles, peintures, solvants, déchets de soins...
13-fines	< 20 mm (voire < 8 ou 2 mm)

Déchets fermentescibles donc compostables plus ou moins rapidement : putrescibles, papiers, cartons certains CNC et fines (<20 mm) quand il n'y a pas trop de sable.

Déchets indésirables : plastiques, textiles, verres, métaux, INC, dangereux.

5.2.2 Composition chimique

Plusieurs paramètres sont indispensables : l'humidité (H%), la matière organique totale (MOT), le carbone organique total (COT), l'azote total (NTK) et le rapport C/N, et la teneur en métaux (ETM). Ces mesures doivent être effectuées sur les catégories spécifiques indiquées dans le tableau ci-après.

Les différentes méthodes d'analyse sont indiquées en annexe 3.

La caractérisation des déchets (gisement, tri par tailles et par catégories) est une donnée essentielle qui doit être réalisée périodiquement en fonction des saisons climatiques et touristiques, la composition des déchets collectés pouvant varier très fortement et ainsi modifier les performances des unités de traitement.

Tableau 4: Types d'analyses par catégorie de déchets

Catégories	H %	MOT %	C/N	ETM mg/g MS
1-Putrescibles	X	X	X	X
2-Papiers	X	X	X	X
3-Cartons	X	X	X	X
4-Composites	X			
5-Textiles	X			
6-Textiles sanitaires	X	X	X	X
7-Plastiques	X			
8-CNC	X	X	X	X
9-Verres	X			
10-Métaux	X			
11-INC	X			
12-Déchets dangereux	X			X
13-Fines	X	X	X	X

Chapitre 6 : Etude du contexte institutionnel, réglementaire et traditionnel

Deux domaines d'activités économiques sont principalement concernés par le compostage : celui des déchets et celui de l'agriculture. Ce sont des domaines qui sont normalement réglementés dans tous les pays. Pour tout projet de compostage, il est donc nécessaire de connaître la réglementation existante dans le pays, son application et les organismes institutionnels qui sont chargés de la faire respecter.

Deux possibilités alors :

- Il existe déjà des textes et/ou des documents récents et fiables auxquels on peut se référer et qui font la synthèse des textes ;
- Il n'y a pas de documents de synthèse : il faut alors rechercher par soi-même les informations.

6.1 Identification et rôle des organismes institutionnels

- contacter les Ministères en charge de l'Environnement et de l'Agriculture et identifier avec leur aide les services de l'État concernés (nationaux et locaux)

- représenter sur un schéma les relations entre les organismes concernés et leurs rôles respectifs (élaboration de la réglementation, contrôle, aide, responsabilité,...)

6.2 Collecte et synthèse des informations

- recueillir auprès des services nationaux et locaux concernés textes de lois, décrets d'application, réglementant la gestion des déchets, la fabrication et l'utilisation d'amendements organiques
- faire la part des choses entre les textes existants et l'obligation faite de les respecter (absence fréquente de décrets d'application)

Clarifier le contexte réglementaire en vigueur, qui permettra de mettre en place, sans risque vis à vis de la loi, une installation de compostage de déchets et d'écouler sans obstacle le compost produit.

Chapitre 7 : Montage administratif et organisationnel de la structure

7.1 Avantages

Les unités de compostage sont avant tout des organisations qui mobilisent des ressources (humaines, financières et matérielles) et mènent des activités pour des objectifs et dans un environnement bien précis. Elles opèrent en effet dans un contexte régi par des lois et réglementations auxquelles elles doivent se conformer, et se développer. C'est sans doute ce qui rend important le montage administratif et organisationnel dans le processus de mise en place des dites unités dans la recherche des réponses aux questions qui suivent : Quelle forme juridique choisir ? Quelle structure organisationnelle ? Que va-t-on administrer dans l'unité ? Avec quoi va-t-on administrer l'unité de compostage ? Quel dossier administratif pour l'unité de compostage ? Quelles formalités administratives pour la légalisation de l'unité de compostage ?

7.2 Choix d'une forme juridique pour une unité moyenne de compostage

La forme juridique à choisir dépend de plusieurs paramètres : la nature de l'activité,

l'environnement juridique et politique, la taille du projet, le capital nécessaire, etc.

Dans beaucoup de pays francophones, la forme juridique choisie peut être : l'entreprise individuelle, l'association/ONG, la société coopérative ou mutuelle, la société à responsabilité limitée ou la société anonyme. Les critères qui peuvent orienter le choix de la forme juridique de l'unité de compostage sont la facilité du processus de création/légalisation, les avantages fiscaux, la flexibilité dans le mode de gestion, etc.

7.3 Choix d'une structure organisationnelle pour une unité moyenne de compostage

L'unité de compostage peut adopter une structure organisationnelle complète ou standard, une structure simplifiée ou une structure très simplifiée. Cela dépend de ses promoteurs mais aussi et surtout de la phase de sa courbe de vie

Tableau 5 : Types de structures juridiques pour l'installation

Structure standard (complète)	Structure simplifiée	Structure très simplifiée
Un organe délibérant (Assemblée Générale)		Un Organe délibérant qui joue en même temps le rôle de contrôle (Assemblée Générale)
Un organe délibérant qui joue en même temps les rôles de contrôle et de suivi et d'exécution	Un organe de contrôle (Conseil d'Administration, Conseil de Surveillance, Comité de Contrôle)	
Un organe exécutif (Direction, Délégation, Secrétariat général, etc.)	Un organe exécutif (Direction, Délégation, Secrétariat général, etc.)	
Cette structure est plus adaptée à la phase de maturité de l'unité	Cette structure est plus adaptée à la phase de la croissance de l'unité	Cette structure est plus adaptée à la phase de lancement de l'unité

7.4 Choix d'un mode d'administration de l'unité de compostage

Dans l'unité de compostage, les outils qui peuvent participer à une administration performante sont entre autres les organes démocratiquement élus et fonctionnels, des administrateurs et du personnel compétents, des textes de base adaptés et adoptés, des règles et procédures appropriées.

7.4.1 Dossier administratif pour l'unité

Le dossier administratif doit contenir les éléments suivants : les statuts, la convention, le règlement intérieur, la liste des membres (association) ou du

personnel (PME), le dossier du personnel, les conventions de financement ou de marché

7.4.2 Légalisation de l'unité

Elle passe par les étapes suivantes : -élaboration des textes de base, -adoption de ces textes, -désignation du responsable de la structure, -constitution du dossier de reconnaissance juridique, soumission du dossier de reconnaissance juridique. Sans un montage administratif et organisationnel adéquat, le succès en termes de performance et de durabilité ne peut pas toujours couronner l'unité de compostage mise en place.

Chapitre 8 : Choix de la technologie à mettre en œuvre

8.1 Objectif et principe

Le procédé doit répondre d'une part au besoin de traitement des déchets et de production d'amendement organique de qualité et, d'autre part, correspondre à la situation socio-économique et climatique de la zone d'activité concernée. Le retour d'expérience sur le compostage en PED souligne que les installations de haute technicité sont rapidement inexploitable faute de moyens pour les entretenir.

Face à ce constat, la garantie de pérennité et de succès d'une installation de compostage implique le développement de technologies simples, nécessitant peu d'investissements et de maintenance. Ainsi, ce guide propose deux configurations dont le degré de technicité est lié aux tonnages d'OM à traiter :

Plate-forme de compostage d'au maximum 5 tonnes/j

Plate-forme de compostage d'au maximum 15 tonnes/j

Il doit s'agir d'une d'installations disposant d'un équipement simple nécessitant un faible investissement et un coût d'entretien réduit. Le principe des procédés de compostage d'ordures ménagères à faible coût se résume par une configuration de base en 5 étapes élémentaires (*cf.* figure) :

***Etape 1 : réception du déchet** avec la possibilité d'un **stockage temporaire** ;

***Etape 2 : tri primaire** en vue d'une valorisation matière (papiers, cartons, plastiques, verres, métaux,...) et énergie (bois,...) et/ou en vue de l'élimination d'éléments indésirables (piles, pots de peinture, toners, bombes aérosols,...) ;

***Etape 3 : phase de fermentation** permettant la biodégradation de la matière organique hautement fermentescible aux environs de 60 à 65°C ;

***Etape 4 : affinage** par criblage ou tamisage du produit issu de la fermentation ou du produit après maturation

***Etape 5 : phase de maturation + stockage** conduisant à la stabilisation biochimique de la matière organique (humification).

Remarque : L'affinage peut être réalisé soit après l'étape de fermentation, soit après l'étape de maturation, en fonction de l'humidité du produit à cribler.

La valorisation agricole des produits en tant qu'amendement organique reste souvent problématique principalement en raison des piètres performances des opérations de tri, mises en évidence d'une part par la présence d'éléments solides indésirables et, d'autre part, par les fortes teneurs en ETM. L'étape de tri primaire de certaines fractions problématiques telles que les piles et le verre, ainsi que l'étape d'affinage, sont nécessaires pour l'obtention d'un compost de qualité.

Enfin, la configuration de base doit être adaptée à la nature du gisement à traiter (ordures ménagères et autres gisements comme les déchets agricoles) et à la quantité de déchets à traiter (fonction de la taille du périmètre concerné et du marché du compost).

N.B. : Dans certains cas, on pourra envisager un tri à la source des déchets par les ménages : en séparant au départ les matières organiques humides du reste, on élimine la phase de tri primaire ; on facilite également le tri des matières recyclables tout en améliorant leur qualité (beaucoup moins souillés). Mais cela nécessite l'implication, difficile à obtenir de la population.

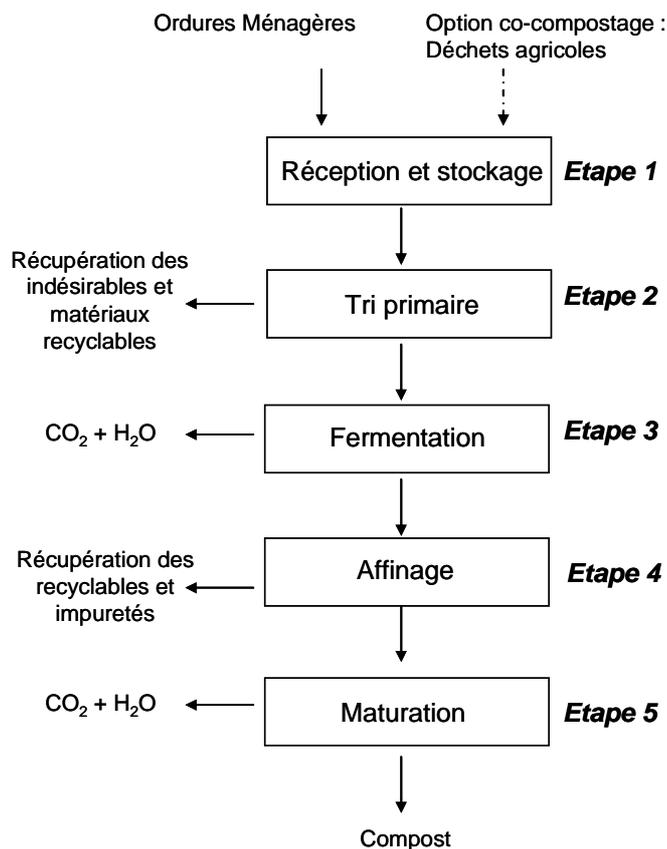


Figure 5 : Description du schéma type du procédé de compostage (5-15 tonnes/j)

8.2 Description du procédé étape par étape

Étape 1 : Réception :

Installation < 5 tonnes/j :

La zone de déchargement des camions, carrioles ou brouettes peut-être par exemple constituée d'une rampe d'accès menant vers une plate-forme de dépôt des déchets. Cette plate-forme, d'environ 20 m², est surélevée de 1 m afin de faire tomber les déchets sur les tables de tri manuel situées de part et d'autre de la plate-forme :

Il faut prévoir la mise en place de caniveaux de drainage et la collecte des eaux de ruissellement et leur stockage avec celles issues de la zone de fermentation. L'installation doit comprendre également une zone de stockage temporaire de déchets réceptionnés sur deux jours d'activité.

Installation < 15 tonnes/j :

Les camions déchargent leur contenu sur une aire de réception couverte d'environ 200 m². Les déchets sont poussés à l'aide d'un chargeur puis à la pelle vers une petite fosse de 4 à 5 m², située à la base d'un convoyeur et munie d'une petite trémie d'alimentation (simple capotage de 60° de pente) orientant les déchets sur le tapis. Les déchets sont transportés sur une bande de 40 cm de large, inclinée au maximum à 23 degrés. Arrivés au sommet, ils tombent directement sur le tapis de tri. Tout comme l'installation < 5 tonnes/j, la plate-forme doit disposer de la place nécessaire au stockage de deux jours d'apport de déchets, correspondant à 30 tonnes, soit environ 100 m³, nécessitant une surface de 200 m².

Étape 2 : tri primaire :

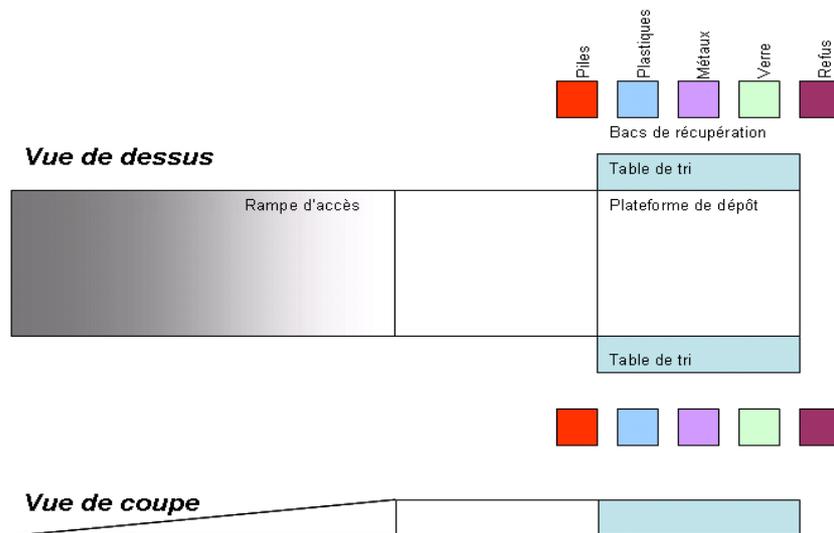


Figure 6: Schéma de l'aire de réception et la zone de tri pour une installation < 5 tonnes/j

Installation < 5 tonnes/j :

Le tri primaire est réalisé manuellement sur les déchets présents sur la plate-forme de dépôt. Deux tables de tri statiques sont disposées de part et d'autre de la plate-forme (cf figure précédente). Une première phase consiste à ouvrir tous les sacs et à retirer les films plastiques et quelques hétéroclites de la chaîne de tri. Le tri primaire vise ensuite à récupérer un certain nombre de fractions (choisies au préalable en fonction du contexte : indésirables et/ou recyclables) dans des bacs distincts : les piles et autres éléments dangereux (déchets de soins, pots de peinture,...), qui devront être éliminés dans des conditions satisfaisantes à défaut de filière spécifique, les métaux (ferreux et non ferreux), les plastiques (ou seulement certains d'entre eux), le verre, le bois,... et les refus grossiers (chaussures, composites divers, indésirables,...). Les déchets ainsi collectés sont ensuite stockés temporairement dans des casiers spécifiques localisés dans la zone dite de stockage temporaire des refus et recyclables. La matière restante, destinée à la mise en fermentation, est évacuée à l'aide de brouettes disposées en bout de table de tri.

- Dimension des tables de tri : longueur = 5 m, largeur = 0,8 m, hauteur = 0,8 m
- Nombre d'opérateurs : 10 dont 8 pour le tri et 2 pour les manutentions diverses,
- Bacs de tri : 2 par fraction, de volume adapté à chaque fraction (faible volume pour les déchets dangereux, grand volume pour les plastiques souples) ;
- Casiers de stockage des fractions triées : casiers de différentes tailles selon les fractions et leur fréquence de collecte ;
- Déchet à composter : 4 tonnes/j de déchets à composter, correspondant à environ 12 m³/j, soit environ 70 m³ par semaine de 6 jours ;
- Refus et recyclables: environ 1 tonne/j.

Installation < 15 tonnes/j :

La zone de tri est surélevée par rapport au niveau du sol de sorte que les fractions triées tombent directement dans des bacs de récupération posés à même le sol.

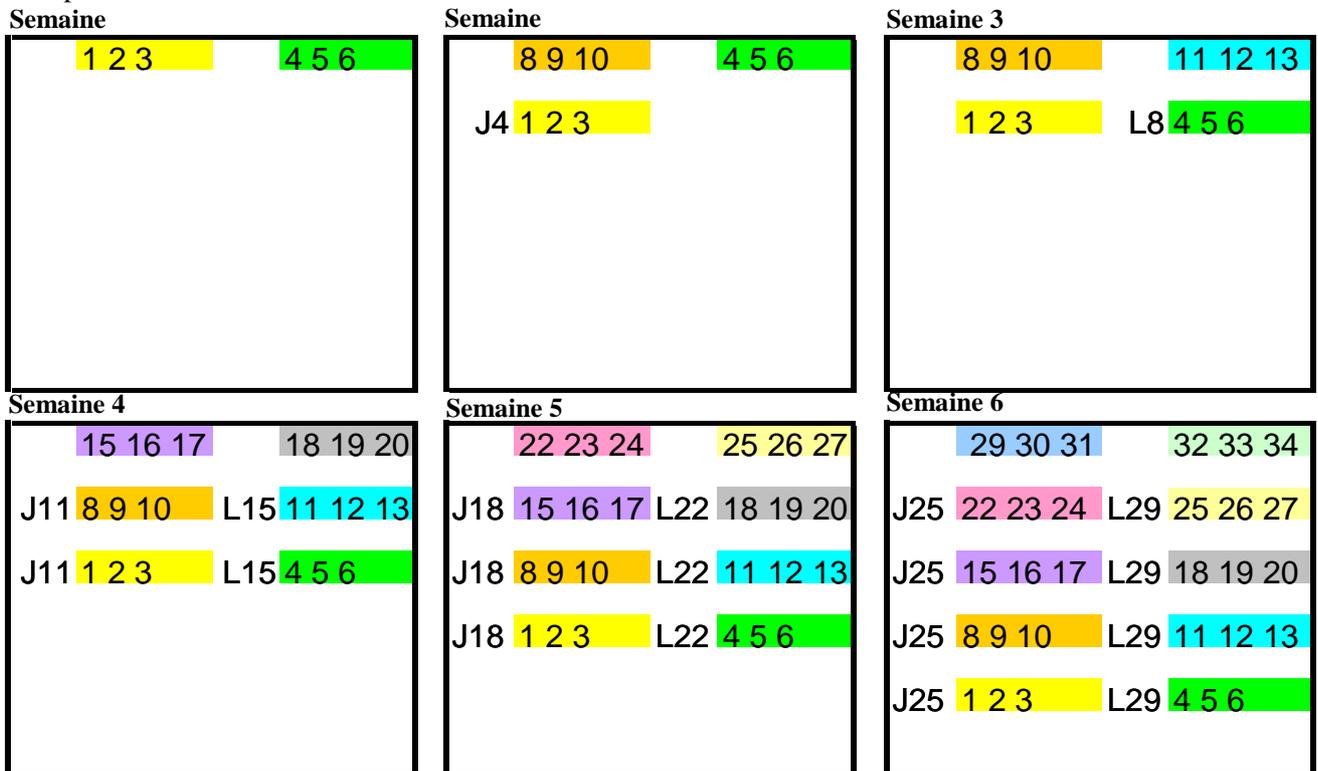
À l'arrivée des déchets sur la table de tri (tapis transporteur), un premier opérateur ouvre les sacs et répartit les déchets uniformément sur le tapis. 10 à 12 trieurs sont répartis de part et d'autre du tapis et d'ouvertures destinées à faire tomber les déchets dans les bacs de récupération en contrebas. En bout de tapis, la matière à composter tombe sur une aire de réception et est reprise par un chargeur. Si possible, une poulie magnétique est placée avant la chute en bout de tapis pour récupérer les métaux ferreux qui auraient échappé aux trieurs.

- Dimension minimale de l'aire de tri : longueur 10m, largeur 4 m, cette aire pourra être simplement couverte sans bardage ;
- Dimension des tables de tri : longueur = 10 m, largeur = 1 m ;
- Nombre d'opérateurs : 2 x 5 ou 6 ;
- Bacs de récupération : à adapter en fonction des fractions triées (1 ou 2 par fraction) ;
- Casiers de stockage des déchets collectés : casiers de différentes tailles selon les catégories de déchets et la fréquence d'enlèvement (on peut aussi envisager que les déchets triés tombent directement dans des bennes de collecte qui sont enlevées lorsqu'elles sont pleines : cela évite donc le stockage intermédiaire sur place) ;
- Plate-forme de récupération de la matière brute à composter : 60 m² ;
- Déchet à composter : environ 12 tonnes/j de déchets à composter, correspondant à environ 35 m³/j, soit environ 200 m³/semaine de 6 jours ;
- Refus et recyclables : environ 3 tonnes/j.

Étape 3 : phase de fermentation :

La fermentation est réalisée sur environ 30 jours en condition d'aération passive, c'est-à-dire sans dispositif permettant le contrôle de l'apport d'air. Le cycle de retournement et déplacement des andains permet le brassage et l'homogénéisation de la matière et optimise son aération.

La figure ci-dessous illustre un mode opératoire possible : activité sur 6 jours par semaine et retournements les lundis (L) et jeudis (J), chaque bloc de couleur représentant un andain correspondant à 3 jours d'activité.



J 32 : Evacuation du 1er andain

J 36 : Evacuation du 2ième andain

Figure 7 : Schéma d'organisation hebdomadaire des andains sur la plate-forme

Le nombre, la dimension et le rythme de retournement des andains doit faciliter ces opérations. Le 1^{er} retournement doit se faire assez rapidement (au plus tard après 4 jours), les suivants peuvent être hebdomadaires. Le cycle de retournement le plus simple à suivre est le suivant :

4 retournements : $R_1 = J4$ ou $J5$ (décalage à cause du dimanche) ; $R_2 = J11$; $R_3 = J18$; $R_4 = J25$.

En fin de fermentation, l'andain est alors déplacé vers la plate-forme de maturation. Dans le cas du compostage sous climat tropical ou équatorial, la fermentation sous toiture (ou bâche a minima) est fortement conseillée afin d'éviter une trop forte humidification du déchet. Un apport trop important d'eau nuit à l'aération de la matière.

Les lixiviats issus de la zone de fermentation doivent être drainés par des caniveaux parallèles aux andains pour ensuite être collectés dans un bassin ou bac de rétention avec les lixiviats issus de la zone de réception des déchets entrants. Les jus peuvent être

récupérés afin d'humidifier les déchets au cours de la fermentation ou de la maturation si nécessaire.

Installation < 5 tonnes/j :

- Taille des andains trapézoïdaux : 36 m^3 (longueur = 9 m, largeur à la base = 3 m ; hauteur = 2 m, largeur au sommet = 1 m, soit $4 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire) correspondant à trois jours d'activité ;

- Nombre d'andains : 10 ;

- Retournement à la pelle (besoin de main d'œuvre supplémentaire pour cela 2 jours par semaine) ;

- Largeur des espaces de circulation entre 2 andains : 2 m ;

- Surface de la zone de fermentation : au minimum 600 m^2 (20 m x 30 m) ;

- Production d'environ 3 tonnes par jour de compost, soit environ 8 m^3 de matière à maturer par jour.

Installation < 15 tonnes/j :

- Taille des andains trapézoïdaux : environ 100 m³ (longueur = 12 m, largeur à la base = 6 m ; hauteur = 2 m, largeur au sommet = 2 m) correspondant à trois jours d'activité ;
- Nombre d'andains : 10 ;
- Retournement au chargeur ;
- Largeur des espaces de circulation entre deux andains : 4 m ;
- Surface de la zone de fermentation : environ 2000 m². (50 m x 40 m) ;
- Production de 8 à 9 tonnes par jour, soit environ 25 à 30 m³ de matière à cribler par jour.

Etape 4 : Affinage par criblage du produit issu de la fermentation

L'affinage est réalisé sur le produit avant ou après maturation à l'aide d'un crible rotatif (si possible à entraînement motorisé) à simple maille < 15 mm, voire de préférence < 10 mm (en fonction surtout de l'humidité du produit, qui peut ne pas passer au travers du crible si celle-ci est trop élevée). Les dimensions du crible dépendent du flux de déchets. Dans le cas de déchets ménagers, on préférera des trous ronds. La vitesse périphérique est couramment de 60 cm par seconde.

Installation < 5 tonnes/j :

- Crible rotatif simple maille de longueur = 2 m et de périmètre = 3 m, alimentation par moteur thermique ou électricité. A défaut pour de très petites quantités un crible plan à forte pente pourra suffire ;
- Alimentation manuelle du crible ;
- Production d'environ 2 t/j de matière à maturer ;
- Production d'environ 0,4 t/j de refus de criblage.

Installation < 15 tonnes/j :

- Crible rotatif simple maille de longueur = 3 m et de périmètre = 4 m ;
- Alimentation du crible par trémie remplie au chargeur ;

- Production d'environ 6 t/j de matière à maturer ;
- Production d'environ 1,5 t/j de refus de criblage.

Etape 5 : phase de maturation + stockage :

La maturation, qui doit durer au moins 8 à 12 semaines, peut être réalisée soit en andains (le plus simple), soit en casiers de stockage couverts, ces derniers permettant d'empêcher la ré-humidification du produit et de préparer ainsi sa commercialisation. L'espace de maturation-stockage doit être dimensionné sur la base de trois mois d'activité. On préconise généralement un retournement par mois.

Nous ne proposons ici que l'option en andains :

Installation < 5 tonnes/j :

- Taille des andains trapézoïdaux : 160 m³ environ (longueur = 40 m, largeur à la base = 3 m ; hauteur = 2 m ; largeur au sommet = 1 m) correspondant à 1 mois d'activité ;
- Nombre d'andains : 3 ;
- Largeur des espaces de circulation : 3 m ;
- Surface de la zone de maturation : minimum 600 m² ;
- Production de 2 tonnes de compost par jour, soit environ 6 m³.

Installation < 15 tonnes/j :

- Taille des andains trapézoïdaux : 1 000 m³ environ (longueur = 120 m, largeur à la base = 6 m ; hauteur = 2 m ; largeur au sommet = 2 m) correspondant à 3 mois d'activité ;
- Nombre d'andains : 10 ;
- Largeur des espaces de circulation : 4 m ;
- Surface de la zone de maturation : minimum 2 000 m² ;
- Production de 6 tonnes de compost par jour, soit environ 18 m³.

Chapitre 9 : Suivi de fonctionnement d'un site de compostage

Il ne suffit pas de mettre en place une unité de compostage en respectant toutes les préconisations faites précédemment pour garantir sa pérennité. Il est indispensable de suivre un certain nombre d'indicateurs pour savoir si les objectifs fixés sont atteints et anticiper les difficultés. Il peut s'agir d'un suivi continu pour quelques paramètres clé du fonctionnement de l'installation, à un suivi plus espacé pour des paramètres destinés à l'optimiser.

9.1 Suivi d'exploitation

Tableau 6 : Principaux indicateurs de fonctionnement de la plate-forme

Objectif	Indicateur	Fréquence	Méthode
Caractérisation des déchets entrants	Composition par catégorie de matériau en % sur déchets bruts entrants	campagne initiale approfondie puis ponctuelles saisonnières (1 par an min.)	Cf Chapitre 5 : Etude du gisement de déchets
Quantité de déchets entrants	Kg ou m ³	continue	Pesée ou conversion volume / masse (mesure masse volumique moy.)
Rendement moyen en compost	T/T déchets entrants	continue	Pesée compost post maturation, à mettre en regard des déchets entrants correspondants
Rendement en recyclables (global et par matériau)	T/T déchets entrants	continue	Pesée
Taux de refus (tri et criblage)	T/T déchets entrants	mesures ponctuelles	Pesée
Taux de MO fermentescible dans les refus	T / T de refus de tri ou de criblage	mesures ponctuelles	Tri et pesée
Suivi de la fermentation	Température	quotidienne	thermométrie
Suivi de la fermentation	Humidité	A chaque retournement	A la poignée ou au laboratoire (méthode normalisée)
Gestion des lixiviats (le cas échéant)	Volume produit (M ³)	Selon pluviométrie	Volumétrie (recueil continu)
Consommation énergétique	KWh et/ou L de carburant / T déchets entrants	mensuelle	Lecture de compteur
Consommation en eau	M ³ /T de déchet entrant	mensuelle	Lecture de compteur
Besoins en personnel (si possible par poste)	Heures de travail / T de déchets entrants	mensuelle	Relevés d'heures de travail

Un bilan au moins trimestriel doit être établi par le responsable du site ou un observateur extérieur.

La prise en compte de ces données indicatrices régulièrement collectées conduit à un réajustement continu et à

Le tableau ci-dessous résume, pour les objectifs fixés, l'indicateur à mesurer, la fréquence et la méthode préconisée. Les valeurs obtenues doivent être comparées aux valeurs attendues (d'après les prévisions ou la bibliographie).

9.2 Suivi de la qualité du compost

Avant de commercialiser le compost, il est indispensable de s'assurer de sa qualité. Il se doit d'être hygiénisé et de contenir des matières humiques susceptibles d'améliorer la qualité agronomique des

sols. Il ne doit pas contenir de substances dans des teneurs susceptibles de présenter un risque de contamination des plantes ou de l'environnement. Le tableau ci-dessous indique les paramètres principaux à suivre pour s'assurer de la qualité d'un composts.

Tableau 7: Paramètres de suivi de qualité du compost

Suivi qualité compost	Paramètre à mesurer	Fréquence	Méthode
Humidité	Teneur en eau / matière brute	A chaque tas	Séchage en étuve à 105°C
Densité vrac	T / M ³	A chaque tas	Mesure en seau, sans tassement
Maturité	Capacité d'auto échauffement (CAE)	A chaque tas	Montée en température en vase Dewar ou thermos
Maturité	Phytotoxicité	Saisonnnière	Observations sur la croissance, germination petites graines sensibles (ex : cresson)
Teneur en matière organique	Teneur en MOT	Saisonnnière	Perte au feu par calcination à 550°C
Teneur en éléments fertilisants	N Total, P ₂ O ₅ , K ₂ O	Saisonnnière	Méthodes normalisées
Impuretés	Teneur en verre et plastiques	Saisonnnière	Séchage, criblage et tri ou méthode normalisée (NF U 44 164)
Teneur en sels et acidité	Conductivité et pH	Saisonnnière	Conductimétrie et potentiométrie
ETM, Eléments trace métalliques	Hg Cd Cr Cu Zn Pb Ni	Annuel	Sur échantillon moyen annuel, par SAA

9.3 Suivi technique

Le suivi technique vise à analyser et à optimiser le fonctionnement des dispositifs techniques (infrastructures, matériels) mis en place à chaque étape du processus. Il relève les causes éventuelles des dysfonctionnements imputables à chaque opération. Pour ce suivi technique- la meilleure méthodologie à adopter est celle de l'expertise du procédé de compostage ainsi que de l'exploitation de la plateforme. Cette expertise doit comprendre ainsi :

- le bilan matière de l'ensemble du procédé ;
- le bilan énergie et consommables ;
- le bilan financier.

9.4 Bilan financier

Le bilan financier présente, telle une photographie, les biens et liquidités formant l'actif de l'exploitation à une date donnée. L'état des résultats analyse la rentabilité en confrontant les recettes (ou produits) aux dépenses (ou charges).

Parmi ces dernières, figurent les **coûts liés à l'exploitation** (entretien du site, des installations et du mobilier, achat du matériel consommable, dépenses liées à l'eau et l'énergie, salaires et frais généraux de gestion, d'imposition, de marketing, de vente, etc.) et les **coûts d'investissement**, faisant souvent intervenir l'amortissement pour les biens amortissables. Ce sont, entre autres, les dépenses pour l'acquisition et l'aménagement du site d'exploitation, l'achat du matériel mobile et de transfert (véhicules, tapis ou vis

de transfert, autres) et les honoraires pour les études de faisabilité et d'ingénierie.

Selon le contexte, **les recettes** regroupent la vente de compost, la vente de matériaux de récupération, les subventions d'ordre privé et/ou public et le service environnemental à la collectivité. Quand elles sont supérieures aux dépenses, l'exploitation enregistre des profits. Le cas échéant, ce sont des pertes. Des déficits de financement ou de mévente du compost peuvent conduire à des problèmes de disfonctionnement comme cela a été rapporté en Chine dans les années 80 (Wei, 2000) ou à la fermeture progressive de l'exploitation, voire sa mutation en décharge sauvage comme en Algérie (Grossmann, 2003).

Classiquement, les entreprises établissent leur bilan financier annuellement. Cependant, il est risqué d'attendre la fin de la 1^{ère} année pour évaluer la rentabilité de l'unité de compostage. Très vite, et surtout en cas de faibles réserves de trésorerie, il faut s'assurer de la bonne rentrée des recettes (en particulier des aides de la collectivité et des subventions, dont le versement anticipé aura été négocié). Il faut vérifier que les dépenses soient raisonnables par rapport aux dépenses prévisionnelles prévues lors du montage du projet dans le cadre de l'étude de faisabilité économique. Bien sûr, cela ne donne pas une vision réelle de ce que sera le bilan après un an, mais permet de s'assurer qu'il sera possible de s'acquitter des charges d'exploitation régulièrement.

Etude de cas

□ Plate-forme de Dschang (Cameroun)

Le projet de compostage des OM dans la ville de Dschang s'inscrit directement dans le programme phare du CEFREPADE : « Gestion des déchets urbains et développement durable : aide au développement du compostage dans les grandes villes du Sud », dont les principaux enjeux sont les suivants :

-Amélioration des conditions environnementales et sanitaires par la réduction de la quantité d'OM dans les quartiers et leur hygiénisation ;

-Augmentation des rendements agricoles par la régénération des sols, la résistance à l'érosion et la rétention d'eau grâce à l'apport d'humus par le compost ;

-Economies réalisées sur le transport des OM, les investissements à réaliser sur la décharge municipale et les intrants agricoles ;

-Création d'emplois pour la fabrication du compost.

La première phase consista en une étude de marché, réalisée sur un échantillon de 200 ménages sélectionnés au hasard dans les 27 quartiers de la ville. Il en résulte que **la majeure partie de la population possède des terres cultivables, généralement pauvres, et pour lesquelles elle applique une quantité importante d'engrais chimiques.** La plupart des personnes interrogées utilise aussi les résidus de récolte, déjections animales et déchets ménagers, soit épandus directement dans les sillons ou au pied des bananiers, soit gardés dans une fosse ou un sac jusqu'à décomposition suffisante. **Rares sont les cultivateurs familiaux avec les méthodes de compostage, mais presque tous comprennent les avantages** en matière de restructuration des sols, production saine et de qualité, et économie sur les engrais chimiques. Pour satisfaire à leurs attentes, le compost devrait être vendu en magasin, par sac de 50 kg, à environ 1000 FCFA. Des **formations** pour fabriquer son propre compost devraient être proposées régulièrement (démonstrations sur site, Groupe d'Initiative Commune, radio, etc.).

L'objectif est de traiter dans un premier temps une tonne de déchets par jour, pour atteindre 2 tonnes par jour fin 2010. Ce site sera alimenté par un apport direct des déchets par les ménages des environs (majorité de minicités étudiantes) et les déchets qui seront collectés par le personnel dans un rayon de 1 km à l'aide de pousse-pousse et brouettes. Le site de 3000 m² sera aménagé comme suit :

-zone de réception et pesage des déchets - table de tri (on tentera de recycler les matières qui peuvent l'être) - zone de fermentation en andains (tas de 2 à 5 m³) - zone de maturation - zone de tamisage et mise en sacs - hangar de stockage du matériel et du compost prêt à la vente – zone d'expérimentation du compost sur cultures locales



Photo 8 : Plateforme de Dschang, Cameroun



Photo 9: Type de compostage sur la plate-forme de Dschang, Cameroun

En termes d'organisation, les instances en charge de ce projet seront :

Un **Comité de Pilotage** composé d'agents communaux et des partenaires dont le rôle consiste en la coordination et le suivi du projet (une dizaine de personnes); une **Cellule d'Exécution**, composée d'une dizaine de personnes à recruter au sein des associations et populations locales, pour la production, promotion, vente du compost. Aujourd'hui (mars 2010), la première phase du projet a débuté avec le recrutement des ressources locales et une première partie du financement accordé par le FFEM. En parallèle, un travail débute portant sur le bilan carbone de l'opération, qui permettra de chiffrer la quantité d'émissions de gaz à effet de serre (méthane en particulier) évités grâce au compostage de la matière fermentescible au lieu de sa mise en décharge.

□ Cas de la plate-forme de Lomé (Togo)

La communauté urbaine de Lomé se trouve noyée dans des difficultés de gestion des déchets ménagers. En dépit du nouveau projet intitulé « projet PEUL (*Projet Environnement Urbain de Lomé*) », que pilote la municipalité de Lomé, on constate que le taux de collecte est rarement performant (environ 35%), si ce n'est dans certains quartiers privilégiés. Un réseau constitué de chercheurs, de membres d'ONG et d'agriculteurs tente de promouvoir le compostage décentralisé dans les quartiers en vue de maîtriser ce flux de déchets qui s'accumulent dans les dépotoirs intermédiaires.

Pour déterminer tous les éléments nécessaires aux paramétrages techniques du compostage, une première caractérisation physique des déchets a été réalisée sur deux saisons et sur deux ans sur le site de la décharge de Lomé et auprès des ménages; elle a aussi permis de connaître la composition du gisement, sachant qu'une telle étude n'a jamais été réalisée au Togo et plus précisément à Lomé. Dans le cadre de l'étude, l'échantillonnage a tenu compte de plusieurs paramètres : - le nombre de centres de transit, - le nombre d'habitants desservis par chaque centre de transit et - le nombre de tonnes entrant sur la décharge. Sur la plate-forme de compostage une caractérisation physique ce fait chaque mois. Actuellement les déchets arrivant sur la plate-forme ont permis de distinguer trois grands types de constituants : - compostables 30 % (putrescibles et papiers cartons), - recyclables 0,5 % (métaux, papiers-cartons et plastiques récupérables), - refus 1 (textiles, piles, bouteilles avec 90% du refus 1) 29%, - refus 2 (majoritairement du sable avec 9-10% de matière organique). Des études de réduction de sable sont en cours afin d'augmenter la part des putrescibles.

La conception d'une plate-forme doit s'appuyer d'abord sur les résultats de caractérisation des déchets et de l'expérimentation du procédé selon les conditions du milieu, mais aussi elle doit intégrer tous les aspects politiques et socio-économiques, ce qui est donc le cas de Lomé.



Photo 10: Inauguration de la plate-forme de Lomé, Togo

Dans cette ville la plateforme est installée sur le centre de transit qui reçoit des ordures ménagères de la pré-collecte. Un modèle de plate-forme informel et dans un premier temps artisanal a été choisi pour traiter un flux journalier de 5 T/j, ce qui correspond à environ 24 % du flux total de déchets collectés par l'ONG.

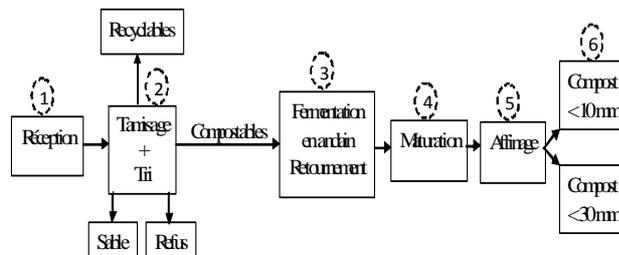


Figure 8: Chaîne de compostage à Lomé, Togo

Cette première expérience pilote va ensuite être poursuivie en augmentant les capacités du centre ou en dupliquant la plate-forme dans d'autres quartiers et dans d'autres villes du Togo (Cas de la ville de Kara en tractation avec Gevalor pour la mise en place). Les matériaux recyclables comme la ferraille, les gros papiers-cartons et certains plastiques (fûts, films) seront au maximum triés en fonction de leur taille qui doit permettre un tri manuel. Le compost produit est livré aux agricultures périurbaines dont le maraîchage. Ce projet de centre de tri-compostage informel décentralisé a permis également la création d'emplois pour les jeunes du quartier après leur formation (environ 17 employés à ce jour). Par ailleurs, le projet s'appuie sur les activités de recherche du laboratoire de l'université qui apporte des améliorations technologiques pour les différentes étapes du compostage comme par exemple le le retournement, le tri des ordures, l'aération des andains pendant la fermentation, l'affinage du compost produit ou le contrôle du procédé tout le long de la filière dans le but de la préservation de la qualité du produit.



Photo 11: Andains du centre de Lomé, Togo

Mais le choix d'une filière pérenne de compostage est avant tout du ressort du politique. A Lomé, en absence de compostage qui s'explique par le préjugé négatif pour ce type de valorisation, la population renfloue les bas-fonds par les ordures pour les viabiliser, alors que plusieurs ONG en charge de la pré-collecte des ordures pourraient, avec la participation des ménages, intégrer le compostage dans leur chaîne d'élimination des ordures. Les autorités locales en vue de répondre aux nouvelles directives ont redéfini leur politique de gestion des ordures pour ne pas se limiter à la simple collecte et au transport vers la décharge et intégré le compostage. La mairie de Lomé s'est engagée dans cette politique de gestion des déchets et a donné son autorisation à l'ONG ENPRO en mettant à sa disposition un terrain de 3000 m² qui avait servi à la construction du centre de tri-compostage. Dans le cadre du projet Africompost la mairie a promis de mettre à disposition de l'ONG un terrain d'une superficie de 2 hectares à côté du centre d'enfouissement technique de Lomé. Dans les nouvelles perspectives de valorisation par compostage, l'ONG ENPRO avait déposé une « Note d'Identification de Projet (NIP) » au niveau du ministère

Financement AFD/FFEM

Ce projet vise à mettre en place une unité de compostage des déchets dans le 5^{ème} arrondissement de Lomé. Le projet permettra l'amélioration des conditions de vie de la population par le renforcement de la collecte des déchets et leur valorisation par compostage. Il contribuera également à la lutte contre le changement climatique en permettant d'éviter les émissions de méthane produites habituellement par les déchets mis en décharge. Ce projet visera à assurer au bout de deux ans la pérennité de l'unité de compostage à travers la présentation d'un dossier VCS pour l'obtention des crédits carbone. Le projet prévoit en outre la sensibilisation et la formation des populations à l'utilisation du compost, pour en assurer la vente.

GEVALOR, ONG Française avec qui sont développés d'autres projets tels que Africompost et Projet Togo-Cameroun est le responsable du dossier crédit-carbone. Le montage d'un dossier crédits-carbone a déjà été initié à travers la Note d'Identification de Projet (NIP ou PIN). Elle constitue la première étape de la validation d'un dossier carbone qui sera probablement rédigé suivant les normes VCS. Pendant la durée du projet, le dossier correspondant, PD (Project Document).

de l'Environnement et a obtenu la lettre de non objection dans le but de pouvoir monter par la suite un dossier crédits carbone. Le dossier PDD est en cours de rédaction avec l'appui de Gevalor. Ce dossier viendra soutenir ce projet pour une période de 10 ans renouvelable deux fois, ce qui est un atout pour pérenniser le centre.

Dans le cadre du financement carbone le taux d'oxygène à l'intérieur des andains doit être au dessus de 8% pour éviter une décomposition anaérobie alors que la littérature indique 5%. Deux types de retournement sont souvent conseillés dans la littérature : chaque jour ou une fois par semaine. Le premier est presque impossible sur les plate-formes semi-industrielles où le retournement est manuel. Le second garantit pas une décomposition aérobie comme l'exige le bailleur. Une étude menée conjointement à Mahajanga (Madagascar) et à Lomé a permis de mettre en place une nouvelle méthode de retournement moins fastidieuse et garantissant un taux d'oxygène au dessus de 8% tout au long du processus de compostage.



Photo 12: Centre de compostage de Lomé, Togo

Perspective sur la plate-forme : Projet de valorisation des bouteilles en granulat (Projet soumis aux Ecoles des Ingénieurs à travers « Entrepreneur en Afrique »)



Photo 13 : Bouteilles récupérées sur le centre de compostage de Lomé

Chapitre 10 : Etude d'impact environnemental

10.1 Une étude d'impact environnemental : pourquoi ?

La loi cadre des pays ou le Code de l'Environnement soumet à autorisation préalable l'exploitation d'installations qui présentent des risques importants pour l'environnement. L'obtention de cette autorisation nécessite la constitution d'un dossier comportant en particulier une étude d'impact et une étude de dangers. Sur la base des avis émis sur ces études, l'autorité compétente prend un arrêté d'autorisation d'exploiter qui précise les conditions d'exploitation de l'installation. Les installations de traitement des déchets sont soumises aux dispositions de la loi.

L'étude d'impact environnemental d'une installation de compostage vise à réglementer son activité et son mode de fonctionnement, à limiter les quantités des divers polluants rejetés dans l'air et dans l'eau, à réglementer l'élimination des rejets, à fixer des niveaux limites de bruit, précisant éventuellement certaines caractéristiques des équipements utilisés, imposant des dispositifs matériels et les consignes nécessaires à la sécurité, à prescrire des conditions d'aménagement et à déterminer éventuellement des distances d'éloignement.

10.2 Une étude d'impact environnemental : comment ?

L'étude d'impact lors de sa première phase aborde une description du programme d'aménagement pour l'accueil de l'installation, une présentation du projet ainsi qu'une information succincte de la recherche menée et de la détermination du site de l'activité prévue en tenant compte des impératifs d'un développement intégré et durable de la région d'implantation.

10.2.1 Description générale du projet aborde : la justification de la nécessité du projet, type et importance y compris les différentes variantes vérifiées et la justification du choix retenu ; la description des principales caractéristiques structurelles concernant la conception et le fonctionnement y compris les options évaluées ; la description de l'état des technologies appliquées, normes et standards de construction, dimensions, fonctions, superficies nécessaires au projet (y compris servitudes).

10.2.2 Description des installations

Elle est essentielle pour la suite de l'évaluation. Elle permet en effet d'identifier et caractériser les sources potentielles de rejet dans l'environnement ainsi que les moyens techniques qui sont mis en œuvre pour les limiter. A cette étape, il s'agit : d'identifier la nature et l'origine des matières réceptionnées pour le traitement en compostage, de rappeler la nature du procédé de compostage mis en œuvre, de dresser la liste des différentes opérations de l'installation et pour chacune d'entre elles de décrire les modalités de fonctionnement.

10.2.3 Description de l'état actuel de l'environnement de la zone totale d'impact du projet. Son évolution prévisible en son état sans le projet est nécessaire pour identifier et évaluer toutes les conséquences possibles ou éventuelles qu'aura le projet sur l'environnement.

Cette description concernera :

- l'homme et l'habitat** (proximité du projet par rapport à des agglomérations et exploitations particulièrement sensibles aux nuisances) ;
- la faune et la flore** (structures biologiques végétales et animales et leurs polluo-sensibilités ; habitats naturels ; biodiversité) ;
- les sols** (type et nature, polluo-sensibilité, géologie, texture, perméabilité, sensibilité hydrologique et écologique des sols environnants) ;
- les eaux** (eaux souterraines : qualité, profondeur, vitesse et direction d'écoulement, sensibilité ; état naturel des cours d'eau et des plans d'eau et polluo-sensibilité, qualité, relation avec les eaux souterraines) ;
- le climat/atmosphère** (direction prédominante du vent par saison, pluviométrie, humidité, température, nature et importance de la pollution atmosphérique ; microclimat) ;
- le paysage** (morphologie, éléments dominants et/ou particuliers, condition visuelle, particularités écologiques, zones d'importance particulière à valeur récréative) ;
- le patrimoine culturel et les autres espaces à valeurs exceptionnelles** (éléments, groupes d'éléments et espaces à valeur classées ou exceptionnelles ou uniques ou encore jugés à valeurs à préserver et qui sont exposés au risque d'impacts négatifs liés directement ou indirectement à des modifications ou à l'évolution de l'environnement).

10.2.4 Identification et l'évaluation des impacts sur l'environnement concernent les effets potentiels

négatifs et positifs. Elle se fera par un examen de l'ensemble du projet ainsi que de ses éléments constitutifs, de l'ensemble des activités et aménagements par phase de réalisation et leur confrontation avec les composantes de la zone d'action du projet.

En **phase de construction** et pour ce qui est de l'homme et de l'habitat, les impacts potentiels seront : la consommation, dégradation ou disparition de surfaces à vocation d'habitat ou de récréation ; pour la faune et la flore : l'altération de la richesse biologique et de la diversité des espèces, des menaces et préjudices pour les divers habitats ; pour les sols : consommation des terres par des constructions et des servitudes, modification de la structure des sols (tassement par exemple), incidences sur la productivité des sols cultivés ; pour les eaux souterraines : impact sur la qualité des eaux en fonction de l'apport des substances polluantes, nocives, toxiques en provenance de substances résiduelles ; pour les eaux de surface : impact sur la disponibilité de l'eau au niveau des cours et des plans d'eau, apport de poussières nocives dans les eaux de surfaces ; pour l'atmosphère/climat : émissions sonores causées par les véhicules de transport et autres engins ; pour le paysage : modification du paysage, perturbation du réseau des repères visuels de l'espace, pertes et détériorations causées aux particularités écologiques de la zone et aux espaces réservés à la vocation récréative ; pour les conditions sociales, culturelles et socio-économiques : préjudices causés par les travaux à la condition sociale et culturelle des hommes résidant et/ou agissant à l'intérieur du périmètre d'étude ; pour le patrimoine culturel et autres monuments : risques de destruction d'ensembles architecturaux, urbanistiques et des quartiers historiques ainsi que des sites ou des monuments historiques, culturels et archéologiques, dégradation des formes historiques d'exploitations de sols.

En **phase d'exploitation** les impacts pourront concerner la situation socio-économique et son développement : création d'emploi, amélioration de la production agricole, préservation de la qualité de l'environnement par le traitement des déchets solides ménagers, réduction de risque de maladies liées à l'insalubrité ; les refus de compostage issus des

De plus, le compost apporte des nutriments pour la croissance des plantes et améliore les propriétés physiques des sols.

Sur le plan social, le suivi se réalise également à l'aide d'indicateurs fiables pouvant être facilement

étapes de tri et de criblage ; les rejets liquides : eaux de percolation issues des aires de fermentation, de maturation et de stockage ; eaux de ruissellement du site ; les émissions atmosphériques : l'émission de poussières, l'émission de gaz due à la volatilisation de composés contenus initialement dans les matières en compostage et à l'activité des microorganismes : COVNM, méthane, oxydes d'azote, composés soufrés,... ; les agents biologiques : présence possible de germes pathogènes dans le compost et les ambiances des sites (*Salmonella sp.*, *Enterobacter sp.*, *Klebsiella sp.*), de champignons (genres prédominants : *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium* et *Rhizopus*).

Par rapport à ces différents impacts potentiels, des **mesures d'atténuation**, mesures visant à éviter, limiter ou compenser tout impact majeur négatif sur l'environnement, doivent être proposées. Il faudra décrire les mesures de substitution pour les cas d'interventions prioritaires dans l'écologie et dans le paysage dont il n'est pas possible de contrebalancer les effets. Une estimation de la superficie nécessaire aux mesures de compensation et, au besoin, de substitution, ainsi que leur emplacement est indispensable.

Une estimation sommaire des incidences financières des mesures de protection, de compensation et/ou de substitution, y compris un échéancier préliminaire conforme au planning requis pour les travaux de réalisation seront élaborés.

10.3 Suivi environnemental, sanitaire et social

Le développement du compostage influe positivement ou négativement sur certains indicateurs environnementaux, sanitaires et sociaux. Pour que la filière soit pérenne, il faut impérativement que sur ces aspects là, le bilan global soit positif.

Un effet positif attendu du compostage est de réduire les impacts environnementaux et sanitaires liés à une mauvaise gestion des déchets : mise en décharge sauvage, rejets à la mer, brûlage des déchets...

observés sur le terrain. En effet, la création d'emplois, l'augmentation du nombre d'agriculteurs qui achètent le compost,... sont des paramètres de suivi assez pertinents à prendre en compte. Toutefois, une enquête auprès de la population reste l'un des moyens les plus fiables pour mesurer l'impact social du projet.

Il est parfois difficile de faire valoir ces effets positifs, dont la portée n'est pas évidente à évaluer, face aux effets négatifs, toujours plus faciles à mettre en évidence. C'est pourtant indispensable. Il faut pour cela que l'étude de l'état initial de l'environnement faite lors de l'étude d'impact permette d'évaluer les améliorations apportées par une meilleure gestion des déchets.

La production de compost peut **générer des problèmes** environnementaux, sanitaires et de sécurité : pollution de l'eau et de l'air, odeurs, poussières, bruit, développement d'insectes, attraction d'oiseaux et de rongeurs, incendies et autres accidents. Ces risques peuvent être réduits sinon évités par une conception et une mise en opération adaptées de l'exploitation.

Le problème de la poussière est contrôlable par l'addition d'eau. Les polluants chimiques associés aux odeurs sont principalement les mercaptans (R-HS), l'ammoniac (NH_3) et l'hydrogène sulfuré (H_2S). Non odorant mais puissant gaz à effet de serre, le méthane associé à l'émission de ces substances est aussi un point négatif du compostage. Ces dégagements proviennent généralement d'une mauvaise aération des andains conduisant à des fermentations anaérobies. On y remédie en aérant les andains régulièrement et en rajoutant si nécessaire du structurant (branches, écorces,...) pour ménager la présence d'air au sein des déchets.

Les opérations les plus susceptibles de provoquer une **nuisance sonore** sont le broyage (broyeurs), le retournement (chargeurs) et le transport (tapis, véhicules et engins lourds). Si ces nuisances sont importantes, il faut veiller à équiper le personnel de casques adaptés.

Les opérations les plus susceptibles de provoquer une **nuisance sonore** sont le broyage (broyeurs), le retournement (chargeurs) et le transport (tapis, véhicules et engins lourds). Si ces nuisances sont importantes, il faut veiller à équiper le personnel de casques adaptés.

Le développement d'insectes est souvent associé à un déficit de conditions thermophiles pendant la fermentation. En effet, les insectes, les oiseaux et les rongeurs ne semblent pas être attirés par les installations de compostage bien conduites.

Les gestionnaires de l'unité doivent travailler à offrir un **espace sécuritaire aux travailleurs**, en réduisant l'exposition éventuelle aux pathogènes et aux substances dangereuses contenues dans les déchets à composter, aux excès de bruit, en s'assurant que les équipements sont conçus et maintenus de façon à prévenir des cas de blessures, et en offrant des séances de formation pour le personnel sur la santé et la sécurité au travail.

Chapitre 11 : Montage financier

La mise en place d'une unité de compostage quelle que soit sa taille est une opération industrielle. Comme toute opération de cette nature, il est important de réaliser une étude de faisabilité économique pour permettre un montage financier correct.

11.1 Recettes potentielles à prendre en compte dans l'analyse financière

Une unité de compostage permet de produire du compost et des produits valorisables pouvant être revendus. La fonction de dépollution de l'unité peut intervenir dans le bilan économique uniquement dans le cas où l'unité percevrait une taxe spécifique sur la quantité de déchets traités. Autrement, la vente d'amendement organique constitue une des principales ressources financières des unités de compostage.

Les éléments à prendre en compte dans l'analyse économique sont :

11.1.1 Vente du compost : le prix du compost dépend de sa qualité : degré de maturité, teneurs en éléments minéraux, en matière organique, en eau, en éléments indésirables, granulométrie. Le prix final du compost sera fixé en fonction de l'offre et de la demande, et en particulier de la concurrence avec d'autres matières organiques.

11.1.2 Vente des matières recyclables : certains composants triés lors du compostage peuvent être recyclés. Si la situation économique locale le permet, ces produits peuvent être vendus aux entreprises locales. La valeur de revente d'un produit ou d'un matériau récupéré est fonction des conditions locales et du moment, de la nature et de l'état du matériau. Ainsi, la valeur à la tonne des bouteilles en verre est très supérieure à celle du verre cassé. Pour le même matériau, on distingue les qualités "nobles", c'est-à-dire non souillées, des qualités "basses". Les produits issus des ordures ménagères appartiennent à cette dernière catégorie. Dans l'ensemble, la vente des produits recyclables ne représente qu'un apport marginal dans la trésorerie de l'entreprise, d'autant que les matériaux les plus intéressants sont souvent retirés en amont.

11.1.3 Economie réalisée sur le transport et la mise en décharge des déchets : Le traitement par compostage des ordures ménagères permet de valoriser sur place la fraction fermentescible, qui représente 80 à 90% du gisement des ordures ménagères brutes dans certaines villes des PED. L'unité de traitement permet de traiter

cette fraction, qui aurait dû être transportée et mise en décharge.

Ce facteur peut intervenir dans l'analyse économique d'une unité de traitement des ordures ménagères dans la mesure où, en fonction de la situation géographique de l'unité, il est possible de réduire les distances de transport des déchets par rapport à une situation de référence et que le bénéfice de la dépense ainsi évitée revient bien à l'unité.

11.1.4 Le coût de la dépollution : Le compostage permet de réduire la quantité de déchets mis en décharge, la quantité de lixiviats qui pourrait être libérée à partir de la putréfaction de la matière, et réduit surtout considérablement les émissions de méthane, puissant gaz à effet de serre. Si le tri préalable est efficace et permet de détourner de manière conséquente le gisement de matière organique fermentescible, le compostage permet de réduire très fortement la production de méthane (voir en annexe 4).

11.2 Dépenses à prendre en compte pour l'analyse financière

Plusieurs éléments sont à prendre en compte dans l'analyse financière d'une unité de compostage.

11.2.1 Amortissement des investissements : on distingue l'amortissement financier de l'amortissement technique. La durée d'amortissement technique correspond à la durée de vie du matériel ou des équipements, tandis que l'amortissement financier doit se caler par rapport aux échéances de remboursement des emprunts. La période d'amortissement est variable suivant la nature des investissements. L'amortissement entre dans l'évaluation du prix de revient d'un produit sous forme d'annuités calculées en fonction de la durée de vie de l'investissement (durée d'amortissement) et il tient compte de la majoration pour frais financiers correspondants (voir annexe 5).

11.2.2 Charges d'exploitation : on distingue les frais fixes et les frais variables.

11.2.2.1 Les charges fixes comprennent :

- Les frais de personnel et la main d'œuvre : salaires mensuels majorés des charges sociales comprenant : l'assurance maladie et autres, les allocations familiales, les congés payés, ainsi que les avantages et primes divers ;

- Les assurances diverses (hormis les assurances du personnel), les impôts et taxes, etc.;
- Les vêtements et les outils de travail pour le personnel des chantiers, des stations de transferts, des unités de traitement, de l'atelier et de la station service ;
- Les frais de jouissance du garage et de ses services (électricité, eau de lavage, produits d'entretien, désinfection, etc.).

11.2.2.2 Les charges variables sont constituées de la somme des paramètres suivants :

- la maintenance, qui peut être estimée en pourcentage des coûts d'investissement ;
- les matériels et produits consommables ;
- les frais généraux, ainsi que les frais divers de gestion.

Dans le cas d'une unité de compostage, ces charges peuvent comprendre : les matières structurantes, les bâches plastiques pour la couverture des tas, les sacs pour emballage, l'eau et l'énergie, les pneumatiques, les lubrifiants (huiles, graisses), les batteries pour les automobiles, etc.

La méthode recommandée pour la prise en compte des charges variables consiste à dégager un coefficient global comprenant la totalité de ces frais et à l'affecter aux différents postes des charges fixes (pas aux charges d'amortissement). Dans le cas où le service est concédé ou affermé à une entreprise, celle-ci applique un coefficient supplémentaire représentant sa marge bénéficiaire

11.3 Financement carbone

Le compostage, en permettant la décomposition aérobie de la fraction organique des ordures ménagères, supprime les émissions de méthane, gaz pris en compte dans le changement climatique, avec une équivalence de 21 par rapport au CO₂. Il est possible de valoriser financièrement cette suppression des réductions d'émissions à travers les financements carbone qui, après la vérification effective de leur tonnage à travers des méthodes de calcul définies par les Nations unies dans le MDP (mécanisme de développement propre) peuvent être attribuées au projet. Notons que l'effet réel du méthane pour les années critiques du changement climatique correspond plutôt à une équivalence de l'ordre de 80 à 100 pour un horizon à 15 ou 20 ans, l'équivalence de 21 étant basée sur un horizon à 100 ans.

Pour définir ces tonnages de réductions, on compare, année par année, le tonnage de méthane (converti en équivalent CO₂, appelé CO_{2e}) qui aurait été émis en absence du projet de compostage (scenario de la ligne de base), au tonnage de méthane résiduel et de CO₂

émis par le projet (scenario de projet) : les réductions d'émissions sont donc constatées et valorisées à terme échu, même si dans certains cas, il est possible de les valoriser à l'avance par des ventes anticipées des réductions futures.

L'attribution des financements carbone est soumise à un certain nombre de règles qui permettent d'assurer la réalité des réductions d'émissions qui seront ensuite valorisées, soit dans le marché réglementaire (MDP =mécanisme de développement propre) qui correspond à des contraintes imposées à des émetteurs de GES (gaz à effet de serre) qui dépassent les quotas auxquels ils ont droit, soit dans le marché volontaire où les acheteurs sont des organismes ou des individus qui souhaitent encourager, sans y être contraints, des projets qui conduisent à des réductions d'émission dans les pays du Sud.

Les principaux standards dans le marché volontaire sont le VCS (Verified Carbon Standard, voir www.v-c-s.org) et Gold Standard (www.cdmgoldstandard.org) qui vient de s'ouvrir en juin 2012 aux projets qui, à partir des ordures ménagères produit soit de l'énergie, comme le captage de méthane sur décharge, avec conversion au moins partielle en énergie, soit un bien utilisable, avec impact positif sur le développement durable, comme le compostage (voir <http://www.cdmgoldstandard.org/the-gold-standard-launches-its-new-rules-and-requirements-v2-2>).

Gold Standard accorde une importance particulière aux aspects «développement durable», qui sont l'objets de contrôles attentifs, notamment à travers des consultations formalisées des parties prenantes. Il permet aussi la prise en compte de petits projets (réductions d'émissions inférieures à 10 000 tonnes de CO_{2e} par an) qui ne doivent pas obligatoirement être soumis à un organisme habilité, mais peuvent être validés en interne, et facilite les approches pour les pays les moins avancés.

D'une façon générale, les projets doivent répondre à un certain nombre de conditions, et notamment la condition d'additionnalité qui suppose en particulier que sans financement carbone le projet ne peut pas se réaliser et que par ailleurs, il doit permettre d'aller plus loin que ce qui est imposé par la législation ou la pratique locale. De ce fait, il est en général nécessaire de prendre en compte la possibilité d'un financement carbone, dès le début de la conception d'un projet et pour cela de connaître de façon suffisamment précise la composition des déchets, qui est à la base des calculs de réductions d'émissions.

Pour chacun des standards, il sera nécessaire, avant le démarrage du projet, de calculer les émissions

généralisées en absence du projet (ligne de base) et celles qui seront produites par le projet, chaque calcul de déroulant conformément aux protocoles de calcul définis dans le cadre CDM et d'établir un dossier correspondant, suivant un format défini pour chaque standard. Le dossier devra être validé par un organisme commercial habilité, appelé entité opérationnelle désignée (EOD en français, DOE en anglais), avec possibilité dans le cas des petits projets Gold Standard d'une validation interne. Ensuite, chaque année le responsable du projet devra faire vérifier les calculs correspondant aux réductions d'émissions de l'année écoulée, toujours par le biais de l'entité opérationnelle désignée. Cette vérification permettra de négocier des réductions d'émissions suivant le marché réglementaire ou volontaire correspondant au standard suivant lequel ont été faites les validation et vérification.

Les protocoles de calcul MDP, appelés « methodologies », sont disponibles sur le site du MDP. Ils évoluent dans le temps et peuvent être consultés sur le site <http://cdm.unfccc.int/methodologies/index.html>.

On y distingue les protocoles pour des projets de petite échelle et pour des projets grande échelle, la distinction étant basée sur le niveau de la réduction d'émissions (+ ou - de 60 000 tonnes de CO_{2e} durant toute la durée de la période de comptabilisation, en principe 7 ans, renouvelable deux fois). Les premiers sont un peu moins contraignants que les seconds et conviennent pour le traitement des déchets d'une ville d'environ 200 000 habitants.

A la date où ce document est écrit (juin 2012), l'approche générale pour un projet de compostage de petite taille est décrite dans le protocole AMS III F, version 11 et les modes de calcul des émissions, en absence de compostage et dans le procédé de compostage sont décrits respectivement dans les outils méthodologiques AM tool 04, version 6 et AM tool version 1, disponibles sur le même site. Ce dernier outil, entré en vigueur en mai 2012 pénalise fortement les projets de compostage, dans la mesure où il faut maintenant prendre en compte, dans les émissions liées au compostage, celles correspondant à N₂O (équivalence avec CO_{2e} égale à 310) alors que ce gaz n'est pas pris en compte dans les émissions de la ligne de base. D'une façon générale, par ailleurs, les protocoles définis sont peu favorables aux projets de compostage, dans la mesure où dans la ligne de base, les émissions de méthane sont calculées avec une cinétique d'ordre un, ce qui décale dans le temps la constatation des réductions d'émissions dues au compostage et de ce fait également les produits financiers correspondants.

A l'heure actuelle, Gold Standard adopte pour les projets de compostage les protocoles MDP, mais est ouvert à la définition de nouveaux protocoles qui

nécessiteront d'être dûment approuvés par Gold Standard.

Les valorisations des réductions d'émissions, surtout dans le marché volontaire se font à des niveaux très variables qui dépendent à la fois de la conjoncture économique et aussi de l'image du projet. Actuellement des projets dans les pays africains les moins avancés voient leurs réductions mieux valorisées que celles de projets, localisés par exemple en Chine.

Pour plus de détails voir sur le site <http://www.gevalor.org/documentation> le document « Financements carbone pour les projets de recyclage des déchets dans les PED »

Chapitre 12 : Risques et règles d'hygiène et de sécurité

Les personnels recrutés exercent des métiers caractérisés par :

- Un nombre d'emplois relativement élevé,
- Une échelle hiérarchique réduite,
- Des tâches multiples et diversifiées,
- Des risques nombreux et étendus,
- Un suivi permanent en mode opérationnel,
- La mesure de résultat sur objectif.

La qualification requise pour effectuer les différentes tâches de tri et de compostage est fonction du travail à exécuter. Mis à part les techniciens de laboratoire et chauffeurs d'engins, aucune qualification préalable n'est nécessaire aux exécutants dans les métiers de tri-compostage, hormis une formation très stricte portant sur l'hygiène et la prévention des risques infectieux. Cette formation doit être complétée par des méthodes de travail adaptées permettant d'éviter tout risque.

Par contre, le responsable du site doit être capable de gérer des situations très variées : gestion de ressources humaines, approvisionnement en déchets entrants, évacuation des refus et recyclables, vente du compost, pannes mécaniques, problèmes dans le déroulement du tri et du compostage, gestion des nuisances, relations avec les riverains, la presse, les visiteurs,... Il est donc indispensable qu'il suive une formation (dans un centre de formation dispensant ce type d'enseignement ou au sein d'une unité de compostage fonctionnant de manière satisfaisante) ou qu'il ait déjà une bonne expérience en matière de suivi d'unités de compostage.

Le détail de la formation ne sera pas donné, seuls quelques points seront mis en exergue

12.1 Cadre légal et réglementaire

Code du travail

Lois relatives à l'hygiène, la sécurité et la médecine du travail

Arrêtés ministériels fixant la liste des activités où les travailleurs sont fortement exposés aux risques professionnels

12.2 Recommandations

12.2.1 Types de risques

- Risque lié aux surcharges lors de la précollecte et du transport

- Risque lié à la manipulation d'engins mécaniques ou outils manuels
- Risque lié à la contamination lors de la manipulation des déchets
- Risque lié à la circulation routière (lors de la livraison)
- Risque lié à l'exploitation des installations (transfert, déchetterie ou CET)

12.2.2 Obligations de l'entreprise

L'entreprise doit assurer pour l'ensemble du personnel :

- des actions de sensibilisation et de formation,
- une information efficace et contrôlée,
- la fourniture d'équipements et de matériels pour l'exécution des tâches de secours, par le biais :
 - d'un affichage sur tout le site des consignes de sécurité,
 - de la remise à tout le personnel du règlement intérieur de l'entreprise,
 - de la mise à disposition d'équipements de sécurité accessibles (extincteurs, fosses à sable)
 - de trousse de pharmacie pour assurer les premiers soins en cas d'accident.

En terme d'hygiène, le personnel reçoit toutes les vaccinations nécessaires et en particulier antitétanique. Il est assujéti aux visites préventives de la médecine du travail et toute facilité lui est offerte pour s'y rendre.

12.2.3 Locaux sociaux

Les locaux sont desservis en eau, bien aérés, équipés de vestiaires munis d'armoires métalliques de rangement pour le personnel, de douches, de lavabos, de sanitaires, ainsi qu'une pièce principale équipée du nécessaire permettant au personnel de prendre ses repas, et si besoin d'une salle de prière. Ces locaux sont régulièrement nettoyés autant que de besoin par le personnel, de manière à être toujours maintenus en bon état de propreté.

Ils sont également équipés des moyens suivants :

Local de nettoyage – Point d'eau – Trousse à pharmacie (sanitaires)

Local dépôt des effets de travail et sécurité (vestiaires)

Téléphone

Numéros d'urgence (médecin, pharmacie, centre de secours, gendarmerie, pompiers)

Affichage des consignes accident-incendie

Extincteurs, stocks de sable

Des moments de pause sont aménagés afin de permettre des ruptures journalières du rythme de travail

12.2.4 Elaboration d'un document relatif aux risques rencontrés sur une plate-forme

La formation continue permet l'identification des risques de l'exploitation, ces derniers devant faire l'objet d'actions de prévention appropriées à leur maîtrise. Là encore, c'est par un travail en groupe bien encadré, où chacun peut s'exprimer librement, que l'on avance le mieux. Les exploitants de plate-formes ont à adapter les outils aux employés, notamment en ce qui concerne le choix judicieux des équipements et des méthodes de travail

12.3 Formation continue

Le personnel doit comprendre les étapes et les techniques du compostage pour comprendre ce qu'on lui demande de faire. Il doit être convaincu de l'importance de produire un compost de qualité.

L'expérience acquise au cours de l'exploitation permet aux ouvriers de maîtriser les outils essentiels, d'analyser les problèmes les plus courants et de trouver des solutions pratiques. Des rencontres régulières en groupe permettent d'échanger de manière plus formelle qu'au quotidien et d'identifier les points sur lesquels il est nécessaire de revenir pour une meilleure réalisation des tâches confiées.

Chapitre 13 : Communication, animation, sensibilisation : évaluation et risques

Comme tout projet de développement mis en œuvre au profit d'une population donnée, la réussite d'une unité de compostage exige l'implication des bénéficiaires. En effet, la participation des bénéficiaires dans la réalisation d'un projet est une démarche parfois longue et fastidieuse (période de concertation, de discussion...). Cependant, elle demeure un **passage** obligatoire, car elle influe sur « la faisabilité, la réalisation et enfin sur la pérennité » dudit projet. Cette démarche, relevant plutôt du domaine social, doit être considérée comme étant le cadre relationnel incluant les différents acteurs du projet. Elle fait intervenir trois outils fondamentaux : la communication, la sensibilisation et la motivation. La grande question reste toutefois celle-ci : « Comment dans la pratique arriver à impliquer la population ? »

Pour y répondre de façon concrète, on se réfère à la figure ci-dessous pour répondre consécutivement à quatre questions sous-jacentes, à savoir : communiquer, sensibiliser, motiver : Qui ? Dans quel objectif ? Quand ? Comment ?

Les acteurs : toute personne ou entité susceptible de jouer un rôle dans la réalisation du projet ou qui y trouve son intérêt.

Elus locaux /Notables : maire, député, religieux, président d'association, chefs de quartiers,...

Producteurs de déchets : habitants, entreprises, centres hospitaliers, restaurants,...

Utilisateurs potentiels du produit fini : agriculteurs, ménages, mairie,...

13.1 Cibles

13.1.1 Elus locaux / Notables

Dans quel objectif ?

Avant d'approcher tel ou tel type d'acteur, en tant que promoteur du projet il faut se fixer un but clairement défini. Le but visé est le suivant : informer et convaincre du caractère bénéfique du projet en rapport avec le développement de la zone, pour obtenir un soutien officiel et concret. Pour aboutir, on peut utiliser les arguments suivants : réduction des quantités de déchets à mettre en décharge, amélioration de la propreté urbaine, création d'emplois,...

Quand ? Avant le démarrage (prises de contact préliminaires) et au cours de l'exécution du projet.

Comment ?

Sous forme d'atelier ou de réunion de travail. Favoriser les échanges, limiter au maximum le jargon professionnel, ne pas donner l'impression d'imposer le projet à la collectivité.

13.1.2 Producteurs de déchets

Dans quel objectif ?

Obtenir leur collaboration pour la bonne marche des opérations (main-d'œuvre, pré collecte par apport volontaire le cas échéant, tri à la source,...).

Quand ?

Avant, pendant et après la mise en route du projet.

Comment ?

En informant (communiquer) - en responsabilisant (sensibiliser) et enfin en incitant à participer (mobiliser). Comment s'y prendre ?

Pour savoir comment « communiquer, sensibiliser, motiver » les producteurs de déchets, il est impératif d'avoir certaines informations préalables sur le niveau de connaissance de la population vis à vis du compostage et sa sensibilité par rapport à la gestion des déchets.

Pour cela, on peut recourir soit :

- à une *observation directe* sur le terrain (état de salubrité de la ville : présence ou non de tas d'ordures sur la voie publique, espace libre, voies d'eau; pratiques de rejet, présence d'animaux,...)
- une mini enquête par questionnaire simple avec des questions fermées
- Partant des informations recueillies, les moyens nécessaires à la communication, la sensibilisation et la motivation de la population sont à adapter en fonction du contexte. Ils peuvent être, suivant les cas :
- Les media : radio, télévision,
- Les institutions et associations : églises, écoles (les enfants), marchés,
- Les associations de base dans les quartiers de la ville,
- Les supports visuels tels des banderoles, affiches murales, posters, maillots, des mises en scène,
- Les structures communautaires disponibles (ou favoriser leur création).

Quelques éléments sensibilisateurs et mobilisateurs :

- Attirer l'attention sur les risques sanitaires liés aux mauvaises pratiques de gestion des déchets
- Mettre l'accent sur la nécessité de mieux gérer les déchets
- Présenter le compostage comme un moyen simple d'améliorer l'environnement urbain

14.1.3 Utilisateurs potentiels du produit fini

Dans quel objectif?

Leur proposer un amendement organique de qualité

Quand?

Avant, pendant et après

Comment ?

Motiver : les cultivateurs à acheter le produit, la mairie pour mieux entretenir les espaces verts, les ménages pour une meilleure croissance des plantes ornementales.

Stratégies de motivation à adapter au contexte : présentation de la qualité du compost (résultats des analyses). Atelier sur les résultats d'expérimentations (plantes sans et avec ajout de compost). Séances de démonstration (dosage compost/ engrais).



Photo 14: Sensibilisation au compostage à Lomé, Togo



Photo 15: Essais d'utilisation du compost sur parcelles agricoles à Lomé, Togo

13.2 Suivi de la communication

Communiquer autour d'une plate-forme de compostage est fondamental si l'on veut qu'elle soit bien acceptée par la population et assurer la vente du compost. Il faut bien sûr beaucoup communiquer avant et au démarrage du projet. Mais il ne faut oublier de continuer à le faire régulièrement, surtout

si des problèmes apparaissent (nuisances, mévente,...).

Si le message est bien passé, continuer l'opération de sensibilisation et de communication par les mêmes méthodes et organiser des journées portes ouvertes pour montrer les bons résultats obtenus.

Si le message n'est pas bien passé, revoir les méthodes de communication auprès du grand public s'il participe au tri sélectif des bio-déchets et/ou à la pré-collecte : enquêtes pour comprendre les obstacles puis adaptation des méthodes en fonction des résultats : porte à porte, réunions de quartier, distribution de seaux et de bacs, publications municipales, opérations portes ouvertes, invitation de la presse, visites des écoles.

Collectivités : organisation de visites, de journées techniques, élaboration de plaquettes et fiches pratiques.

Utilisateurs potentiels de compost : appui d'organismes reconnus, communication autour de la qualité du compost (résultats à l'appui sur papier et sur cultures)

Chapitre 14 : Commercialisation du compost

Le succès et la pérennité des unités moyennes de compostage dans les PED sont sans nul doute tributaires de la capacité à commercialiser efficacement le compost produit.

Commercialiser efficacement le compost, c'est surtout élaborer et mettre en œuvre un plan d'action commercial en adéquation avec les exigences du milieu dans lequel ce compost est produit et destiné à l'utilisation. Quel produit offrir ? A quel prix ? Quel type de communication autour du compost ? Quel canal de distribution suivre ?

14.1 Qualité du produit, compost

Il s'agit de fabriquer et rendre disponible un produit qui réponde aux attentes des consommateurs que sont les agriculteurs, les maraîchers, les horticulteurs, les sylviculteurs, etc. La présentation du compost en termes de normes, granulométrie, couleur, taux d'humidité, poids, aspect physique, composition, degré de maturité, mais aussi l'utilité, la forme, les usages, le conditionnement et l'emballage sont des éléments essentiels que recherchent les consommateurs du compost.

14.2 Prix de vente

Le prix de vente du compost fait partie des éléments clés de la commercialisation. Il peut motiver ou freiner le consommateur dans sa décision d'acheter. Il peut également permettre de récupérer les clients du concurrent ou les non encore consommateurs pour élargir le marché de l'unité de compostage. Le prix de vente peut être déterminé en fonction de critères objectifs (considération du coût de production) ou subjectifs (considération du comportement du consommateur de compost, produits concurrents). Plusieurs éléments accessoires vont participer à la caractérisation du prix de vente du compost : le rabais, le niveau de crédit, le délai de paiement, le mode de paiement, le service après vente, etc.

14.3 Communication

La situation du marché des amendements organiques aujourd'hui dans les PED est caractérisée par une vive concurrence des déjections animales et l'existence d'autres produits de substitution au compost.

Dans ce contexte, l'unité de compostage n'a pas à attendre que ses produits soient achetés spontanément.

Des efforts constants doivent être déployés pour communiquer au public les informations sur le compost fabriqué et commercialisé, son importance, ses avantages et ses caractéristiques.

La communication commerciale sur le compost doit alors permettre de mettre en contact direct l'unité de compostage, le maillon de la distribution et les consommateurs finaux de ce produit. Elle doit permettre d'atteindre les utilisateurs réels et potentiels et de leur donner les raisons pour lesquelles ils doivent choisir le compost d'ordures ménagères et non autre chose. Les techniques à utiliser doivent être la publicité, la promotion des ventes et les relations publiques.

14.3.1 La publicité

En tant que technique à utiliser pour informer le public sur le compost en vue de créer le besoin dans l'esprit des consommateurs et les convaincre d'acheter, **la publicité** vise à informer, persuader et à maintenir la demande en compost. Pour être efficace, le message publicitaire doit être simple, court et lisible à distance, bien illustré, captivant, de nature à susciter l'intérêt, étudié pour convaincre, diffusé au moment propice et au lieu le mieux indiqué. Les canaux à utiliser pour diffuser le message publicitaire peuvent être les journaux, la télévision, la radio, les catalogues, les prospectus, les posters et les panneaux.

14.3.2 La promotion des ventes

La promotion des ventes du compost est un ensemble de techniques que l'unité de compostage pourra utiliser exceptionnellement pour accroître les ventes du compost sur une courte période. La promotion des ventes doit être essentiellement indicative (à l'achat du compost) et doit avoir un effet temporaire bien qu'elle puisse, dans certains cas, maintenir la demande du compost et permettre d'acquérir de nouveaux clients. Pour la commercialisation du

compost, la promotion des ventes vise à compléter les efforts de la publicité, inciter les consommateurs à acheter plus de compost, apporter le compost plus près des utilisateurs, encourager les ventes dans des points de vente, lutter contre la concurrence en rendant le compost plus attrayant. Les techniques à utiliser pour la promotion des ventes du compost sont les offres spéciales de compost, les jeux et concours autour du compost et les offres de cadeaux (calendrier, agenda, T-shirt, stylo, etc.) liés au compost.

Les relations publiques sont des actions que l'unité de compostage doit entreprendre pour créer et maintenir une bonne relation avec son public. La finalité est de former et de préserver aux yeux du public une image bonne et attrayante de l'unité de compostage. Elles peuvent consister en dîners d'entreprise, journées portes ouvertes sur l'unité de compostage, conférences de presse, activités sociales de l'unité de compostage, etc.

14.4 Distribution

La distribution est le processus qui englobe toutes les opérations nécessaires pour offrir le compost aux utilisateurs. Elle comprend la collecte, le transport, le stockage et la mise à disposition du compost aux utilisateurs finaux. L'unité de compostage peut utiliser le canal direct ou le canal indirect pour la distribution du compost.

Dans le canal direct, l'unité de compostage assure elle-même l'apport du compost au consommateur final sans avoir à passer par des intermédiaires de vente.

Dans le canal indirect, l'unité de compostage utilise 1 ou 2 niveaux intermédiaires (grossistes, demi-grossistes et détaillants) pour que le compost arrive aux consommateurs finaux.

Quel que soit le canal de distribution choisi, des dispositions doivent être prises pour que le consommateur final ait du compost en quantité demandée, quand il en a besoin et au lieu indiqué.

14.5 Suivi

De multiples interrogations peuvent se poser au sujet de la commercialisation du compost, surtout si celle-ci rencontre des difficultés : politique commerciale, structures d'encadrement et moyens mis en œuvre adéquates, circuits de distribution adaptés, ... ? Un bilan après les 3 premiers mois d'activité puis semestriel est nécessaire afin d'agir au plus tôt en cas de problème.

14.5.1 Analyse de la demande

Etude des marchés locaux, régionaux et nationaux.

Enquête auprès des utilisateurs potentiels ou déjà clients (agriculteurs, collectivités et habitants) : sont-ils satisfaits, bien informés, réticents, ...

La demande, variable en fonction des saisons, doit être comparée aux capacités de production et de stockage de la plate-forme.

14.5.2 Analyse des circuits de commercialisation

Cette analyse a pour but d'identifier et d'évaluer les différents circuits de distribution :

*Les consommateurs achètent directement le compost sur la plate-forme de production :

Ce circuit de distribution convient clairement mieux aux exploitants de la plate-forme car il permet de s'affranchir des frais de transport. Il faut néanmoins s'assurer qu'il ne présentera pas à la longue une lassitude des clients si celle-ci est éloignée et qu'il n'est pas un obstacle à la venue de nouveaux clients.

*L'exploitant de la plate-forme se charge de la livraison directement aux consommateurs :

Le surcoût généré par le prix du transport ne risque-t-il pas de rendre le produit cher ? Comment optimiser le coût (regroupement de clients par exemple) ?

*Commercialisation du compost par une entreprise intermédiaire :

Ce mode de distribution est intéressant puisque l'entreprise fait appel à ses propres moyens pour la publicité et la commercialisation du compost. Par contre, le prix de vente est généralement plus faible pour l'exploitant du fait des quantités importantes achetées et de la marge de l'entreprise.

Si le compost s'écoule sans difficultés et que la plate-forme est assez proche de ses clients potentiels, il est évident que la vente directe sur la plate-forme est la meilleure solution, même si elle doit mobiliser du personnel. Par contre, si le compost se vend mal, sans que cela soit dû à sa mauvaise qualité, il est important de réfléchir à un mode de distribution mieux adapté.

14.5.3 Analyse des moyens mis en œuvre sur la plate forme

Il est important de s'assurer que les ressources humaines impliquées dans la partie commercialisation du compost (responsables de la politique commerciale, vendeurs) sont bien adaptées. Il est rarement possible d'engager de gros moyens sans mettre en péril la rentabilité de l'activité globale. Il faut donc trouver des moyens économiques pour assurer la commercialisation : vente en vrac ou en sacs.

Conclusion...

Comme nous l'avons dit au début, ce document est évolutif, utilisé sur le terrain, testé, critiqué, corrigé, complété, validé... dans le cadre des projets que nous suivons de par le monde.

Nous comptons aussi sur vous pour nous faire part de vos propres expériences. Notre site internet est le relais de l'évolution permanente de ce document. Son ambition est d'aider les porteurs de projets à mettre en place des unités de compostage pérennes.

Le compostage artisanal dans les pays en développement, ça marche !

Mais il faut absolument comprendre que ça ne marche pas tout seul, que ce n'est pas simple, qu'il faut procéder avec méthode, sagesse et détermination. Ensemble, c'est sûr, nous allons trouver les clés qui permettront de multiplier à l'infini les projets, pour un monde plus sain et plus digne... pour tous.

Références bibliographiques

Chapitre 1 : Généralités sur le compostage

ADJAME N. *Contribution de la gestion et du traitement des déchets ménagers par compostage dans les conditions tropicales : Etude de cas de quelques quartiers de la ville de Cotonou – Bénin.* Mémoire Ingénieur, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse) : Institut du Génie de l'Environnement, 1994. 68 p.

ANONYME. Bilan des installations de traitement des ordures ménagères dans les villes marocaines. Chapitre 3, les installations de compostage, 1995, p 35-67.

ANONYME. *La valorisation des déchets ménagers : installation de compostage pour déchets biologiques de Medemblick, Pays-Bas, rapport d'un voyage d'études.* In : La lettre du Cadre Territorial : La valorisation des déchets ménagers, 1994. 27 p., réf 126 – 92-L.

BAMBARA A.R. La collecte des ordures ménagères par les communautés de base à Wodogo : Du projet pilote aux micro-projets. *Info CREPA (Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement)*, Oct – Nov – Dec 1994, n°6, p 7-10.

BAMBARA A.R. Le centre de traitement des ordures ménagères de Tohoué. *Info CREPA (Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement)*, Oct – Nov – Dec 1994, n°6, p 11-12.

BRULA P., NAQUIN P. et PERRODIN Y. *Etude bibliographique des rejets des différentes techniques de traitement de résidus urbains. Vol.2 : Le compostage et la méthanisation.* Lyon (France) : INSAVALOR Division POLDEN, ADEME (Angers), 1995 (b). 74 p.

CHARNAY F. Compostage des déchets urbains dans les Pays en développement : élaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost. Thèse de doctorat. Université de Limoges. Ecole Doctorale Sciences – techniques – Santé. Octobre 2005. 277 pages.

CIPCRE. *Projet pilote de compostage décentralisé des ordures ménagères dans la ville de Bafoussam:* (CIPCRE), 1997. 70 p. Rapport d'exécution de projet (non publié).

CPSS et AFVP. *Rapport de clôture du projet de compostage des ordures ménagères et maraîchage périurbain à Garoua.* Garoua : AFVP, Mission Française de Coopération, 1997. 36 p + annexes.

TANAWA E., DJEUDE TCHAPNGA H.B., NGNIKAM E., WETHE J. La propreté urbaine dans une grande ville d'Afrique centrale : le cas de Yaoundé au Cameroun. In : Henri Botta, Chantal Berdier et Jean Michel Deleuil « enjeux de la propreté urbaine », presses Polytechniques universitaires Romandes. Lausanne (Suisse), janvier 2002, chapitre 8. Pages 125 à 144.

ENSP, 1995. Les conditions de promotion de l'emploi des jeunes : une approche basée sur le recyclage des déchets et la production de l'habitat à Yaoundé au Cameroun. Projet "Jeunes - Ville - Emplois " N° 040 446 DEV/HER, Yaoundé, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique. 170 pages.

GILLET R. *Traité de gestion des déchets solides et son application aux pays en voie de développement.* Copenhague : PNUD, OMS, 1985, Vol.1. 397 p.

GILLET R. *Traité de gestion des déchets solides et son application aux pays en voie de développement.* Copenhague : PNUD, OMS, 1985, Vol.2. 537 p.

MOUAFO V. Etude de faisabilité de la production et de la commercialisation du compost d'ordures ménagères à Maroua et dans les environs, Enviro Protect, Maroua, 2004

MUSTIN M. *Le compost, gestion de la matière organique.* Paris : François Du Busc, 1987. 954 p.

NDOUMBE N'KOTTO. H., NGNIKAM, E. & WETHE, J. Le compostage des ordures ménagères : l'expérience du Cameroun après la dévaluation du franc CFA. *Bulletin Africain Bioressources Énergie Développement et Environnement*, 1995. Dakar, n°4, p 4-10.

NGNIKAM E., 2000. Evaluation environnementale et économique de systèmes de gestion des déchets solides municipaux : analyse du cas de Yaoundé au Cameroun. Thèse de doctorat STD, LAEPSI, INSA de Lyon. Lyon, mai 2000. 355 pages.

NGNIKAM E., ROUSSEAUX P., TANAWA E., GOURDON R., 2002 : Multicriteria analysis for environmental assessment of solid waste management systems in tropical african cities : case study of Yaoundé (Cameroon). *Journal of decision systems*, vol 11, n°3-4/2002. December 2002, p. 479 – 498.

NGNIKAM E., ROUSSEAUX P., TANAWA E., RIEDACKER A., GOURDON R., 2002 .: Evaluation of the potentialities to reduce greenhouse gases (GHG) emissions resulting from various treatments of municipal solid waste (MSW) in moist tropical climates : application to Yaounde. *Waste Management & research*, vol 20, N°6, december 2002. Pages 501 – 513.

NGNIKAM E., NDOUMBE N'KOTTO H., WETHE J. *Mise en place de dix compostières dans les quartiers de Yaoundé : animation et participation de la population.* Réseau Africain du Compost, compte rendu de la première conférence, Avril 20 –24 1995 à Dakar (Sénégal). Ed. M. Seck Dakar, 1997. p. 31-60.

NGNIKAM E., VERMANDE P., ROUSSEAUX P. Traitement des déchets urbains. Une unité de compostage des ordures ménagères dans un quartier à habitat spontané à Yaoundé – Cameroun. *Cahiers Agriculture*, 1993, n°2, p 264-269.

NGNIKAM E., VERMANDE P., TANAWA E., WETHE J. Une démarche intégrée pour une gestion des déchets solides urbains au Cameroun. *Déchets Sciences et Techniques*, 1997, n°5, p 22-34.

PSEAU et PDM. Gestion durable des déchets et de l'assainissement urbain. Cosne-Sur-Loire : IMP Graphic, mars 2004. 191 pages.

SOLTNER D. *Les bases de la production végétale : Tome 1 : Le sol et son amélioration* Collection Sciences et Techniques agricoles 465 pages

TA T.T. Pour une gestion efficace des déchets dans les villes africaines : les mutations à conduire. *Les Cahiers du PDM (Programme de Développement Municipal)*, Janvier 1998, n°1. 59 p.

TANAWA E. et NGNIKAM E. programme «gestion durable des déchets et de l'assainissement urbain », comment aller plus loin dans le cas du Cameroun ? Acte de colloque organisé à Yaoundé du 2 au 4 novembre 2003. Yaoundé, février 2004. 123 pages.

Chapitre 5 : Etude du gisement de déchets disponibles

ADEME. "MODECOM: Méthode de caractérisation des ordures ménagères." (1993)

AFNOR, normes :

**XP X30-408*: déchets ménagers et assimilés, caractérisation d'un échantillon de déchets ménagers (2007)

**NF EN 14899* : Déchets : guide d'élaboration de procédure d'échantillonnage (1996)

**NF EN 13654-1* : Amendements du sol et supports de culture : 1 : Méthode de Kjeldahl modifiée (2002)

**NF EN 15169* : Caractérisation des déchets : détermination de la perte au feu des déchets, boues et sédiments (2007)

**NF EN 13137* : Caractérisation des déchets : dosage du carbone organique total dans les déchets, boues et sédiments (2001)

**NF EN 13657* : Caractérisation des déchets : digestion en vue de la détermination de la part des éléments solubles dans l'eau régale contenus dans les déchets (2003)

**NF U44-051* : Amendements organiques : dénominations, spécifications et marquage (2006)

ALOUÉIMINE S., MATEJKA G., ZURBRUGG ET EL MOKHTAR M. : Caractérisation des déchets urbains de Nouakchott, partie 1 : conception d'une nouvelle méthodologie d'échantillonnage des déchets ; partie 2 : quantification sectorielle des flux et composition, *Revue Francophone d'Ecologie Industrielle*, déchets, décembre 2006

COUTY F., DEBORD J. ET FREDON D. "Probabilités et Statistiques." Edition Dunod, Paris, 1999, p105-120

REA L. AND PARKER R.A. : *Designing and conducting survey research –a comprehensive guide*, 2nd edition Josse-Bass Inc. Publishers, San Francisco, 1997

SALANT P. AND DILLMANN D.A: *How to conduct your own survey.* John Wiley & Sons Inc., Toronto, 1994

Chapitre 9 : le choix de la technologie à mettre en œuvre

MORVAN, B. ; BLANQUART, J-P. & LE SAOS, E. Essais de performances de l'usine de traitement par compostage des ordures ménagères de Launay Lantic – Rapport d'essais réalisés du 23 septembre au 14 octobre 2004. Rapport CEMAGREF – SMITOM de Launay-Lantic. 31 p., 2004

ABOULAM, S. Recherche d'une méthode d'analyse du fonctionnement des usines de tri-compostage des déchets ménagers. Fiabilité des bilans matière. Thèse de doctorat. INP-ENSAT, en collaboration avec le CEMAGREF. 123 p., 2005

AFNOR. Norme NF U44-051 Amendements organiques – Dénomination, spécifications et marquage, 2005.

Chapitre 10 : Suivi de fonctionnement d'un site de compostage

WEI Y.-S., FAN Y.-B., WANG M.-J. & WANG J.-S. Composting and compost application in China. Resources, Conservation and Recycling 30: 2000, 277-300.

GROSSMANN J. Mesures d'urgences pour une remise à niveau de la station de compostage de Blida. Rapport de la coopération technique algéro-allemande entre le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE) et la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH - Programme Gestion de l'Environnement. Mars 2003. 56p

Chapitre 12 : le montage financier

CIPCRE. Projet pilote de compostage décentralisé des ordures ménagères dans la ville de Bafoussam: (CIPCRE), 1997. 70 p. Rapport d'exécution de projet (non publié).

CPSS ET AFVP. Rapport de clôture du projet de compostage des ordures ménagères et maraîchage périurbain à Garoua. Garoua : AFVP, Mission Française de Coopération, 1997. 36 p + annexes.

NGNIKAM E., ROUSSEAU P., TANAWA E., ARTHUR RIEDACKER ET GOURDON R. : Evaluation of the potentialities to reduce greenhouse gases (GHG) emissions resulting from various treatments of municipal solid waste (MSW) in moist tropical climates : application to Yaounde. Waste Management & research, vol 20, N°6, december 2002. Pages 501 – 513.

WAAS, E., ADJADEME, N., BIDAUX, A. et al. Valorisation des déchets organiques dans les quartiers populaires des villes africaines. Genève, Suisse : Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique; Module 7 Développement et Environnement. Etude réalisé par ALTER EGO en collaboration avec le CREPA, l'IAGU et SANDEC, 1996. P 30-50.

Chapitre 14 : la commercialisation du compost

OUABO J.C. et MBANGWANA L. Commerce pour tous, Tome I et II, Editions Manu – ouest, Yaoundé, Cameroun

IMPEY B. Guide pratique de marketing et de promotion des publications sur le développement agricole et rural

MANSILLON G., DUBOIN J.P., HANAK J., RIVIERE M., SEGUY S. ET LAUGINIE J.M. Mercatique : action commerciale, Fouchier, 31, rue de Fleurus – 75006 Paris France, juin 2001

HIAM A. ET SCHIEWE C.D. MBA Marketing, Nouveaux horizons, Maxima, Paris France, 1994

Annexes

Annexe 1 Echantillonnage

Statistiques et test de Student

Test de Student

Le « test de Student » sera utilisé pour valider ou non la méthode. Il repose sur un principe simple : faire un choix entre plusieurs hypothèses possibles sans disposer d'informations suffisantes pour que le choix soit sûr. Une hypothèse initiale, notée (H_0), est posée. La valeur prise par cette variable aléatoire est calculée à l'issue de l'expérience ; en fonction de cette information l'hypothèse est validée ou non. Si le résultat obtenu conduit à accepter (H_0), le risque d'erreur est noté α qui représente la probabilité de se tromper quand (H_0) est écartée. Ce risque est fixé par l'utilisateur du test.

L'hypothèse est la suivante : si la variable X suit une loi normale alors la variable aléatoire « t » suit la loi de Student au degré de liberté $(n_1+n_2)-2$. Pour valider l'hypothèse, elle est comparée avec la valeur trouvée dans la table de Student, n_1 et s_1 étant la moyenne et l'écart type des résultats de la méthode normée, n_2 et s_2 la moyenne et l'écart type des résultats de la méthode testée.

Δ	n	N	t
5%	80	100	1,96
5%	152	250	1,96
5%	217	500	1,96
5%	254	750	1,96
5%	278	1000	1,96
5%	333	2500	1,96
5%	357	5000	1,96
5%	370	10000	1,96
5%	381	40000	1,96
6%	73	100	1,96
6%	129	250	1,96
6%	174	500	1,96
6%	197	750	1,96
6%	211	1000	1,96
6%	241	2500	1,96
6%	253	5000	1,96
6%	260	10000	1,96
6%	265	40000	1,96
7%	66	100	1,96
7%	110	250	1,96
7%	141	500	1,96
7%	156	750	1,96
7%	164	1000	1,96
7%	182	2500	1,96
7%	189	5000	1,96
7%	192	10000	1,96
7%	195	40000	1,96

La valeur commune de l'écart type est estimée par :
$$\sigma = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Le « t » de Student se calcule alors :

$$t = \frac{x_1 - x_2}{\sigma \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

La conclusion dépend de la valeur du « t » ainsi calculée. Si « t » est inférieur au « t » lu sur la table de Student, alors l'hypothèse (H_0) est confirmée pour le risque α égal à 0,05. L'hypothèse sera donc validée si la valeur du « t » calculée est inférieure à celle du « $t_{\infty} = 1,96$ » lue dans la table de Student. Le tableau ci-dessus, présente les tailles minimales d'échantillon, n, à prélever d'un nombre N d'une population donnée, pour un facteur de risque α égal à 0,05 ou un niveau de confiance de 95% de sûreté, pour un facteur de Student de 1,96 et pour différentes incertitudes $\Delta = 5\%, 6\%, 7\%$

$$n = \frac{t^2 p(1-p)N}{(t^2 p(1-p) + (N-1)\Delta^2)}$$

avec $t = 1,96$ pour ∞ degrés de liberté et un facteur de risque $\alpha = 0,05$
 les valeurs de t sont données par des tables
 $p = 0,5$ (erreur de deuxième espèce)

1^{er} Cas : table de tri

Exemple de table de tri



Photo 15 : Table de caractérisation en PEHD, à trois plateaux

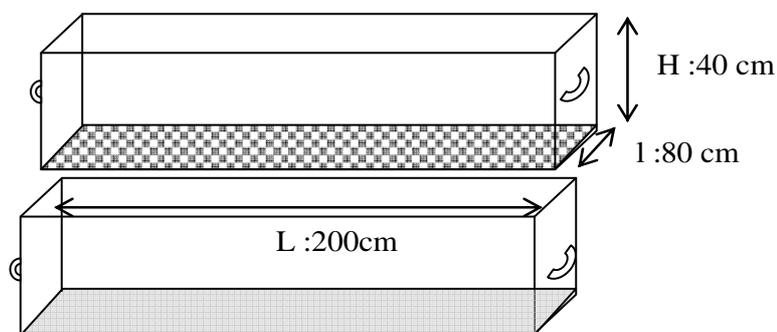


Figure 8 : Schémas de deux plateaux, crible et récepteur

Plateau : L : 200cm, H : 40 cm, l : 80 cm Matériau : tôle, aluminium ou PEHD
 2 plateaux cribles : mailles rondes $\phi = 100\text{mm}$ $\phi = 20\text{mm}$ 1 crible simple pour $\phi = 8\text{mm}$
 1 plateau récepteur : plein

2^{ème} Cas : Trommel

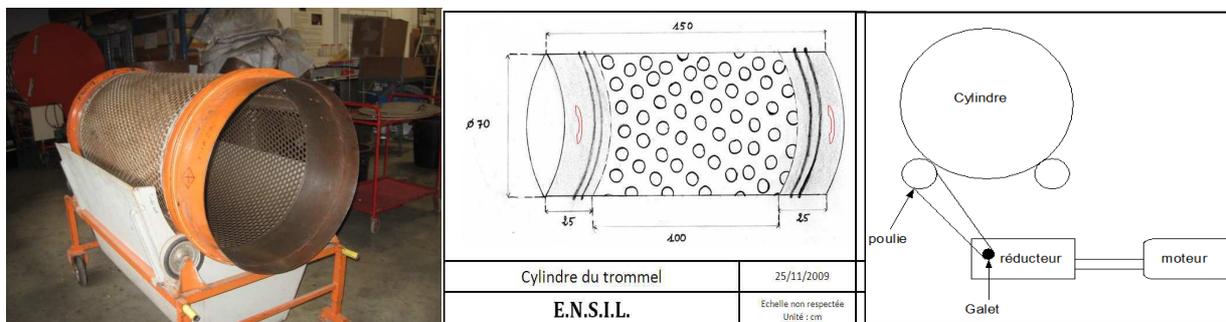


Figure 9 : Trommel du Cemagref Rennes et schémas techniques

Annexe 3 Paramètres du compost

Méthodes analytiques

Acidité, pH

Principe de la méthode : mise en suspension de l'échantillon dans l'eau ou dans une solution de KCl (20g dans 100ml)

Norme : NF ISO 10-390 (1994);

Equipements nécessaires : pHmètre avec sonde pH, balance de précision à ± 1 mg, dessiccateur

Teneur en eau, humidité : H% (/MB)

Principe de la méthode : Evaporation de l'eau jusqu'à poids constant dans une étuve ventilée à 80°C

Norme : XP X30-408 (2007)

Equipements nécessaires : Etuve ventilée à $\pm 0,5^\circ\text{C}$, balance de précision à ± 1 mg, dessiccateur

Teneur en matière organique : MO% (/MS)

Principe de la méthode : Perte de masse par calcination d'un échantillon à 550°C jusqu'à poids constant

Norme : NF EN 15169 (2007)

Equipements nécessaires : Four 600°C minimum, balance de précision à ± 1 mg, dessiccateur

Teneur en carbone organique: COT, mg C/ Kg (/MS)

Principe de la méthode : Dosage du CO₂ après oxydation du carbone organique et acidification pour éliminer le carbone minéral

Norme : NF EN 13137 (2001)

Equipements nécessaires : COT mètre

Teneur en azote total : NTK, mg N/ Kg (/MS)

Principe de la méthode : méthode Kjeldahl modifiée, dosage des ions ammonium après minéralisation (catalysée, à chaud, en milieu acide)

Norme : NF EN 13654-1 (2002)

Equipements nécessaires : minéralisateur (matras ou micro-onde)

Teneur en métaux : ETM, mg/Kg (/MS)

Principe de la méthode : dosage des métaux (Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn) à l'état de trace (ETM) par spectrométrie d'absorption atomique (four ou flamme) ou par ICP après digestion de déchets dans l'eau régale (HNO₃/HCl).

Norme : NF EN 13657 (2003)

Equipements nécessaires : minéralisateur micro-ondes ou matras, spectromètre d'absorption atomique (four ou flamme), ICP

Tableau 8 : Rapport C/N pour quelques déchets

Types de déchets fermentescibles	C/N	C %	N %	C/N
Gazon coupé	12-15	46	3,4	13,5
Feuilles	40-80	20	0,5	40,0
branches, copeaux	200-800	48	0,1	480,0
sciure	200-500	40	0,1	400,0
ordures ménagères	34-80			
légumes	11-13			
fruits	20-49	48,5	1,4	34,6
graisses		73	0,4	182,5
papiers-cartons		43,4	0,3	144,7
fumier	10-20	20-120	2-6	
boues anaérobies	15-20	15-40	1-2	

Réduction des émissions de GES suite au Compostage des OM.

Tableau 9 : Coûts de réduction des émissions de gaz à effet de serre pour les différents systèmes
[Ngnikam, 2002].

	Réduction de GES (t ECO ₂)	coût de traitement (€/t d'OM)	coût additionnel (€/t d'OM)	Coût de réduction de GES (FCFA/t ECO ₂)
Collecte et mise en décharge	0	15	0	0
Collecte, mise en décharge avec récupération de 50% de méthane	1,05	19	4	3,8
Collecte, mise en décharge avec récupération de 70% de méthane	1,35	17,7	2,7	2
Collecte, compostage et mise en décharge de refus	1,77	28	13	7,34
Collecte, méthanisation et mise en décharge de refus	2	46,8	31,8	15,9

Le coût de réduction des émissions de gaz à effet de serre de chaque système est calculé en prenant le système 1 comme référence. Ainsi la mise en décharge avec récupération de biogaz et sa valorisation pour la production d'électricité apparaît comme la solution qui permet de réduire les émissions de GHG à faible coût. En fonction de l'efficacité de la récupération, le coût de réduction peut varier entre 2 €/tCO₂E, si 70% du potentiel de méthane est récupéré pour produire de l'électricité en substitution aux combustibles fossiles et 3,8 €/tCO₂E, si par contre le système mis en place ne permet de récupérer que 50% du potentiel, si l'électricité produite est vendue à 31 FCFA/kWh. Le compostage industriel apparaît comme une solution intermédiaire, puisqu'il permet de réduire les émissions de GHG à un coût de 7,3 €/tCO₂E, soit environ trois fois le prix de réduction des émissions du système 2. La méthanisation en réacteur apparaît comme la solution la plus

défavorable sur le plan économique, avec un coût de réduction des émissions de 15,9 €/tCO₂E.

Fort de cette analyse, nous pouvons affirmer que le projet de compostage est éligible au mécanisme de développement propre. Ce mécanisme de flexibilité de la convention cadre sur le changement climatique pourra apporter un effet de levier aux projets de compostage des ordures ménagères. Le compostage à petite échelle, tel que nous l'avons pratiqué dans les villes camerounaises, permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre à un coût plus faible. Cette solution devient bénéfique dans le cas où l'on prend en compte dans l'analyse l'ensemble des coûts évités, notamment la réduction des coûts de collecte et de transport des déchets au cas où les unités soient installées non loin des habitations [Ngnikam, 2000].

Analyse des facteurs pouvant influencer le coût de production de compost

Une analyse comparative des comptes d'exploitation des différents projets de fabrication de compost artisanal dans les villes du Cameroun nous a permis d'avoir des données sur le coût de production de compost artisanal et d'avoir des données comparatives pour trois contextes différents : le cas des grandes villes, le cas des villes secondaires de la région forestière et de la savane et le cas des villes secondaires de la zone sahélienne.

Nous avons noté une différence significative entre les coûts de production lorsque l'on passe d'un projet réalisé d'une ville à l'autre. Notre souci est de faire une analyse de ces différents coûts et de définir, par site, quel est le coût optimal de production du compost. Parmi les facteurs de variation de coûts, nous avons noté :

- le rendement de compostage, c'est-à-dire le rapport entre la masse de déchets traités et la quantité de compost produit. Ce rapport est assez faible à Garoua (17,5%) et moyen à Bafoussam et à Yaoundé (30%). La présence de sable et de cendres en grande quantité dans les ordures de Garoua (35% du poids) explique ce faible

rendement ;

- le rendement du personnel de compostage, c'est-à-dire la quantité de déchets triée par manœuvre et par jour. Elle est en moyenne de 540 kg d'ordures ménagères par jour à Yaoundé, alors qu'à Bafoussam elle n'est que de 170 kg d'ordures par jour, et 250 kg par employé par jour à Garoua. Cette différence significative entre les rendements des composteurs et des travailleurs est due aux charges de collecte et de transport. A titre

d'exemple, alors que la distance moyenne de transport est de 500 m à Yaoundé, elle peut aller jusqu'à 2 km à Bafoussam et 4 km à Garoua. La moyenne obtenue pour les projets similaires est de 476 kg d'ordures par composteur à Ouagadougou et 329 kg par composteur à Cotonou [WAAS et al, 1996].

Le tableau ci-dessous donne le coût actuel de production du compost par ville avec les différentes fluctuations que nous avons notées plus haut.

Tableau 10: Variation du coût de production du compost en fonction du lieu de production
(Ngnikam et al, 1995 ; CIPCRE, 1997 ; CPSS et AFVP, 1996).

Rubriques	Yaoundé	Bafoussam	Garoua
Production mensuelle de compost (tonne)	180	76,7	16
Charges variables (emballage, eau, carburant, marketing, magasin, transport de compost, etc.)	1.532.200	1.107.785	272.515
Charges fixes (salaires, assurance, etc.)	1.720.000	3.238.650	771.600
Amortissement et renouvellement de petits matériels	926.835	480.055	254.983
Transport de refus	340.000	115.050	40.000
Total des charges (FCFA/mois)	4.503.035	4.941.540	1.339.098
Coût de revient (FCFA/tonne de compost) (avec emballage)	25.017	64.430	83.695
Coût de revient du compost sans emballage (FCFA/tonne)	20.967	60.430	78.195
Coût de traitement des O.M ² (FCFA/tonne d'O.M)	6.300	18.130	13.700
Prix de vente avec emballage (FCFA/tonne de compost)	30.000 FCFA	60.000 FCFA	60.000 FCFA

² Pour obtenir le coût de traitement des ordures ménagères nous avons multiplié pour chaque site le prix de revient du compost par le rendement de compostage.

On remarque une variation importante entre les coûts de production de compost dans les différentes villes où les projets ont été conduits (21.000 FCFA/tonne à Yaoundé, contre 60 000FCFA à Bafoussam et 78 000 FCFA/tonne à Garoua) ; la main d'œuvre est le facteur principal qui grève les coûts à Garoua et à Bafoussam. Le coût de revient du compost obtenu à Yaoundé est voisin de celui obtenu lors des essais à Ouagadougou (20.567 FCFA/tonne de compost) et Cotonou (19.100 FCFA/tonne). Par conséquent, des possibilités de réduction des coûts existent pour les villes de Bafoussam et de Garoua. Il faut dire que les charges d'encadrement sont élevées (44% des charges fixes à Garoua) à cause du caractère pilote de ces projets.

De plus, près de 60% du temps du personnel et du matériel sont utilisés pour les opérations de pré-collecte et de transport, qui devraient être indépendantes du traitement. Les coûts obtenus à Yaoundé traduisent à peu près le

coût de traitement par compostage artisanal, car dans ce contexte, la distance de collecte et de transport est inférieure à 1 km, la moyenne étant de 500 m pour les 15 sites décentralisés qui ont été implantés dans cette ville.

Nous retenons pour la suite de nos calculs un coût de traitement des ordures par compostage artisanal de 6.300 FCFA/tonne, dont un coût de revient du compost de 21.000 FCFA/tonne (compost fin < 8 mm).

En ce qui concerne les recettes, actuellement, le compost produit se vend à 30.000 FCFA/tonne (45 €) à Yaoundé et 60.000 FCFA/tonne dans les deux autres villes. Ce prix de vente est nettement au-dessus de la valeur commerciale du compost obtenu, si on se réfère à sa seule valeur fertilisante, c'est-à-dire aux éléments fertilisants majeurs que sont l'azote, le phosphore et le potassium (NPK).