

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



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

Coordination : Pascale Naquin et Emmanuel Ngnikam

Version de travail – Octobre 2008



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 plus intense du fait des risques pour la santé liés aux amoncellements de déchets en putréfaction et de l'encombrement des rues et des canaux d'évacuation des eaux.

C'est l'absence d'un financement régulier pour la collecte des déchets et pour les traitements afférents qui est la principale cause de ces dysfonctionnements. Pourquoi ? Parce que la majorité de la population n'a pas les moyens de payer une taxe d'enlèvement des ordures ménagères (OM) à la hauteur des coûts réels (achat et entretien de véhicules spécialisés lourds, mise en place de centres de stockage des déchets équipés et bien gérés, salaires).

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

Coordinateur du Réseau de Chercheurs « Environnement et Développement Durable » de l'AUF
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, de France, Cameroun, Haïti, Maroc, Burkina Faso, Madagascar, qui ont travaillé ensemble et contribué à la rédaction et à la relecture de ce document :

Paul Vermande, Pascale Naquin, Fouad Zahrani, Rémy Bayard, Rémy Gourdon, de l'INSA de Lyon ; Emmanuel Ngnikam et Max Ndamé Ngangue de l'ENSP de Yaoundé ; Guy Matejka de l'ENSIL de Limoges ; Anie Bras, Joaneson Lacour, Evens Emmanuel de l'Université Quisqueya de Port-au-Prince ; Bernard Morvan du CEMAGREF de Rennes ; Denis Montange du CIRAD de Montpellier ; Samuel Yonkeu et Lydie Yiougo du 2IE de Ouagadougou, Emilienne Rasoanandrasana de l'Université de Mahajanga ; Hery Rajaomanana de l'ONE à Antananarivo ; Valentin Mouafo, ingénieur consultant à Yaoundé ; Mustapha Brakez du bureau d'étude SEGU de Casablanca ; Roger Tchuenta de l'ONG CIPRE de Yaoundé ; Sandrine Kayap du projet « Assainissement de Yaoundé ».

Sommaire

| | |
|---|----|
| Introduction et remerciements | 2 |
| Sommaire | 3 |
| Contexte et objectif de ce travail | 4 |
| Généralités sur le compost et le compostage | 5 |
| 1. Au préalable : bien comprendre les effets attendus d'une gestion appropriée de la matière organique dans les sols..... | 6 |
| 2. Les autres bonnes raisons pour faire du compost..... | 8 |
| 3. Les différents types d'installations de compostage | 9 |
| 4. Rapide bilan sur le compostage dans les PED..... | 10 |
| 5. Le fonctionnement d'une unité décentralisée de compostage..... | 12 |
| Comment aborder la mise en place d'un projet de compostage..... | 16 |
| pour qu'il soit pérenne ?..... | 16 |
| 1. Les bonnes questions à se poser au départ | 17 |
| 2. La méthodologie proposée..... | 19 |
| 3. Compost : l'étude des besoins et du marché..... | 22 |
| 4. Les gisements de déchets disponibles | 24 |
| 5. L'identification des acteurs..... | 26 |
| 6. L'étude du contexte institutionnel et réglementaire | 27 |
| 7. Le montage administratif et organisationnel de la structure..... | 28 |
| 8. L'étude d'impact environnemental | 30 |
| 9. Le choix de la technologie à mettre en oeuvre..... | 32 |
| 10. Le montage financier : recettes et dépenses potentielles | 38 |
| 11. La formation du personnel – Risques et règles d'hygiène et de sécurité | 40 |
| 12. Communication, animation, sensibilisation..... | 42 |
| 13. La commercialisation du compost | 44 |
| Suivi à mettre en place pour garantir la pérennité de la structure..... | 46 |
| 1. Suivi d'exploitation | 47 |
| 2. Suivi technique | 48 |
| 3. Suivi financier..... | 49 |
| 4. Suivi environnemental, sanitaire et social..... | 50 |
| 5. Suivi de la qualité du compost | 51 |
| 6. Suivi de la commercialisation..... | 52 |
| 7. Suivi de la communication | 53 |
| 8. Suivi de la formation..... | 54 |
| En conclusion... .. | 55 |
| Références bibliographiques | 56 |
| Annexes | 59 |
| Annexe 1..... | 60 |
| Annexe 2..... | 61 |
| Annexe 3..... | 62 |
| Annexe 4..... | 63 |
| Annexe 5..... | 64 |

Contexte et objectif de ce travail

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.

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 Objectifs du Millénaire pour le Développement, engagements semble-t-il si difficiles à tenir...

Divers projets d'implantation de plate-formes décentralisées de compostage, au Maroc, en Haïti, au Cameroun, en Algérie, au Burkina Faso, à Madagascar, en Argentine,... pour lesquels le soutien du CEFREPADE est sollicité, devraient bientôt voir 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.

C'est cette **version de travail** que vous avez aujourd'hui entre les mains. Elle a pour vocation d'évoluer au cours des mois et des années qui viennent, pour s'enrichir grâce aux nouvelles expériences acquises et faire ainsi l'objet d'actualisations régulières. Elle sera aussi rapidement illustrée et mise en page de façon plus conviviale.

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

Pascale Naquin
Coordinatrice du CEFREPADE
pascale.naquin@cefrepade.org

www.cefrepade.org

Généralités sur le compost et le compostage

Denis Montange - Emmanuel Ngnikam – Paul Vermande

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 microorganismes, 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. Au préalable : bien comprendre les effets attendus d'une gestion appropriée 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 ?

Regardons donc quels sont les intérêts des apports de matière organique dans les sols.

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 préhumifiées (composts ou fumiers compostés).

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 microorganismes qui ont alors une grande source d'énergie à leur disposition et utilisent l'azote pour leurs synthèses. Cela entraîne une organisation de l'azote minéral qui ne sera disponible pour les cultures qu'après la mort de ces microorganismes et la minéralisation des corps microbiens (phénomène appelé « faim d'azote »). D'où l'importance du compostage, permettant l'humification préalable de la matière organique.

NUTRITION AZOTEE DES PLANTES

La norme française relative aux amendements organiques (NFU 44-051) stipule que le total N+P₂O₅+K₂O 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.

Ainsi, pour compenser les exportations d'azote d'1 hectare de maïs (4 t /ha de grain exportant 64 kg de N), il faut 140 kg d'urée (46% de N) et, avec un compost contenant 0.3% de N, il faut en apporter entre 21 (si N tout minéral) et 64 tonnes (30% de N minéral dans le compost).

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.

CAPACITE D'ECHANGE CATIONIQUE DES SOLS (CEC) ET AGENT DE CHELATION

Des travaux portant sur un ensemble de sols d'Afrique de l'Ouest ont montré que la 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.

STRUCTURATION DU SOL ET DEVELOPPEMENT 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 la MO doit être enfouie car, si elle est incorporée dans les premiers centimètres seulement, elle favorise un enracinement superficiel qui accroît le risque de stress hydrique de la plante en cas de sécheresse. Les apports de MO en surface par les couvertures ont une décomposition lente du fait du faible contact entre les éléments végétaux et le sol qui contient les microorganismes décomposeurs.

RETENTION 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 : (1) sur les propriétés du sol pour un meilleur enracinement et (2) avec une capacité de rétention améliorée. En ce qui concerne la rétention de l'eau, les matières organiques présentent un pouvoir de mouillabilité 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.

SUPPRESSION DES EFFETS PHYTOTOXIQUES

Après enfouissement de certains produits organiques peu décomposés comme les pailles par exemple, apparaissent généralement des problèmes de carence en N et/ou de phytotoxicité 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 du carbone contenu dans la matière organique : 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, du fait de la pandémie de grippe aviaire par exemple. Attention donc à la traçabilité des produits entrant dans la composition du compost commercialisé.

2. Les autres 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 subit 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. Dans certaines grandes villes comme Yaoundé, au Cameroun, la production de déchets atteint déjà un ratio de 1 kg par jour et par habitant [Ngnikam, 2006]. 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

R. T. Haug (1980), cité par Mustin (1987), définit le compostage comme la décomposition biologique et la stabilisation des substrats organiques dans les conditions « thermophiles » : on constate une élévation de la température, reflet de l'activité de très nombreux microorganismes pour aboutir à un produit final stable rendant son stockage possible et permettant son utilisation sur les sols sans impact négatif. Pour cet auteur, le compostage est donc avant tout une technique de stabilisation et de traitement des déchets organiques. On peut aussi le 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 gazeux mais ce dernier n'étant pas un gaz à effet de serre, il n'a pas d'effet sur le réchauffement global. Par rapport à la mise en décharge, le compostage permet donc de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Dans les conditions de la ville de Yaoundé, les travaux de Ngnikam ont montré que le compostage, par rapport à la mise en décharge classique, permet une réduction de 1,77 t ECO₂ (équivalent CO₂) par tonne d'ordure ménagère traitée [Ngnikam et al, 2002].

DES RAISONS ECONOMIQUES.

Plus de rendement pour les cultures, moins d'engrais

Bien qu'en faibles quantités, le compost apporte des éléments minéraux aux plantes. Couplé aux effets positifs 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 même industriel permet de créer sept fois plus d'emplois par tonne de déchets traités.

3. Les différents types d'installations de compostage

LE COMPOSTAGE A PETITE ECHELLE OU COMPOSTAGE ARTISANAL

Plusieurs techniques de compostage à petite échelle ont été utilisées, surtout dans les villes des pays en développement. Quelle que soit la méthode, les unités de compostage artisanal utilisent exclusivement des matériels légers (brouette, pelle, fourche, machette, etc.), ce qui réduit les besoins en maintenance. La faible productivité de ces systèmes ne permet de traiter que des quantités limitées de déchets. Le compostage en andain retourné semble être bien adapté à cause des contraintes d'espace souvent rencontrées en milieu urbain.

LES INSTALLATIONS SEMI INDUSTRIELLES

Ces installations sont des adaptations des procédés artisanaux. Ce sont en réalité des installations semi mécanisées qui ont une capacité de traitement plus importante que des unités artisanales. En effet, avec ce procédé, on peut atteindre une capacité de traitement de 50 tonnes d'ordures ménagères par jour. Lorsque les déchets non fermentescibles récupérés peuvent trouver des débouchés sur le marché local, ces installations servent aussi de centres de tri.

Ces installations sont souvent caractérisées par :

- la mécanisation des postes de réception et de transport interne des déchets (manutention par des chargeurs sur pneus ou par des grappins, puis transport par tapis roulants) ;
- le tri manuel des déchets non fermentescibles ;
- la fermentation en andain retourné manuellement ou par des chargeurs sur pneus. Le criblage du compost final se fait à l'aide d'un crible manuel ou électrique.

L'autre caractéristique de ces installations est l'utilisation d'une main d'œuvre importante, surtout au poste de tri qui emploie en général plus des deux tiers du personnel de l'usine [G. Bertolini (1996)]. Ce système ne peut donc être envisagé que là où la main d'œuvre est bon marché.

LE COMPOSTAGE INDUSTRIEL

D'une manière générale, on distingue deux grandes catégories d'installations industrielles de compostage suivant la technique de fermentation utilisée :

- Une fermentation qui s'effectue en andains successifs sur une surface plane, le plus souvent à l'abri de la pluie et du vent. Dans ce système, l'apport de l'air est fait par retournements successifs de la masse ou par aération forcée [Mustin (1987) et Gillet (1985)].
- Une fermentation en système fermé, où il est possible de contrôler les paramètres comme le débit d'air, l'humidité, etc. Les retournements sont remplacés par un brassage permanent ou intermittent des déchets.

Dans certains cas, un broyage est effectué presque au début de la chaîne de traitement. Cela présente l'inconvénient majeur que les éléments indésirables peuvent être broyés et dispersés dans la masse des déchets, ce qui rend leur tri très difficile après cette opération (verre ou plastique par exemple). Bien plus, il y a un risque de diffusion des métaux lourds dans la matière organique à composter, notamment après éclatement des piles et des batteries. Cette pratique est à proscrire absolument lorsqu'on travaille sur ordures ménagères en mélange.

Ces procédés de traitement ne sont souvent pas adaptés à la nature des déchets des villes africaines très humides ou très riches en sable comme c'est le cas des villes côtières et sahéliennes. Plusieurs auteurs s'accordent sur le fait que les usines de compostage installées dans les villes africaines n'ont pas fonctionné plus de 6 ans après leur mise en place. Ce bilan est attribuable en premier lieu à une inadéquation des procédés aux spécificités des ordures ménagères et en second lieu à l'absence d'études de marché préalables à l'utilisation du compost. Enfin, la maintenance et le suivi technique sont en général insuffisants [Rajaomanana (1996) ; Wass et al (1996) et Gillet (1985)].

4. Rapide bilan sur le 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.

LES UNITES DECENTRALISEES : EXEMPLE DU CAMEROUN

Pour répondre à la crise de gestion des déchets qu'ont connu les principales villes du Cameroun entre 1991 et 1998, diverses expériences de compostage artisanal ont été initiées dans les villes du pays [CIPCRE, 1997], [CPSS et AFVP, 1997], [Ndoumbe et al, 1995]. 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.

LES UNITES 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.

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

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 différents équipements. 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 déchetage 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. 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].

Des unités de compostage industriel ont été installées 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 [Colardeau (1976)].
- Au Sénégal, une usine a été installée à Dakar en 1968 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)].

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.

5. Le 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 une petite municipalité, impliquant fortement les populations concernées. C'est à ce type d'unité qu'est consacré ce guide pratique.

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 artisanale de compostage.

RECONNAISSANCE D'UN ESPACE POUR INSTALLER L'UNITE

La dimension de l'espace dépendra des quantités de substrats à traiter (voir les chapitres suivants). Cependant on peut dire qu'au **minimum 400 m²** sont nécessaires pour traiter entre 500 et 1000 kilos de déchets par jour.

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 liquides pourront s'échapper des tas de compost en fermentation (on les appelle des lixiviats) 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.

TRI DES SUBSTRATS A 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 agricoles, 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 un compost** : ce sont principalement les matières plastiques, les objets en verre, les métaux, les matériaux minéraux grossiers, les produits chimiques, les piles et accus... 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 ou un centre d'enfouissement technique. 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.

En vue d'établir le **bilan matière, les matières fermentescibles** sont pesées dans de grands récipients (poubelles ou bidons) et les poids sont notés sur un cahier de suivi de la compostière. A défaut de bascule, on peut aussi compter le nombre de récipients déversés, récipients dont on mesurera le volume et que l'on pèsera à vide et à plein au moins au démarrage pour avoir une idée de la masse moyenne de matière contenue dans chacun d'entre eux

En première approximation, une tonne de matière organique donne, après compostage, 330 kg de compost à 30% d'humidité (le tiers du poids initial).

CONFECTION DES ANDAINS ET SUIVI DU PROCESSUS DE COMPOSTAGE

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. (rappelons que le compostage est une fermentation aérobie qui nécessite que l'air puisse oxyder la MO facilement dégradable). 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.

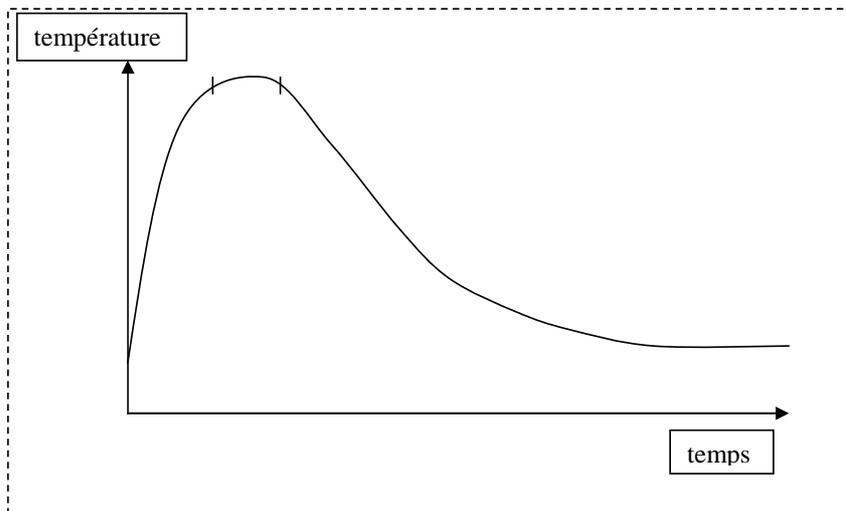
L'oxydation des substances organiques facilement biodégradables résulte de la consommation de ces substances par **des microorganismes, présents naturellement** dans ces substrats-déchets. Leur respiration produit du gaz carbonique et dégage de la chaleur exactement comme pour l'activité humaine. On peut voir de la vapeur d'eau se dégager des tas si ceux-ci sont suffisamment importants.

La reproduction et la multiplication de ces micro-organismes se font à des vitesses très rapides. Ceci nécessite **la présence de substances azotées**. Il faudra donc veiller à apporter suffisamment d'azote dans le tas de déchets à composter, éventuellement par des déjections animales ou des restes de nourriture.

CONTROLES A EFFECTUER

L'humidité des substrats doit toujours être d'environ 50% pendant la fermentation pour que les micro-organismes puissent vivre, consommer la matière organique facilement dégradable 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).



Pour un suivi scientifique minimal :

- Prendre un échantillon représentatif (environ 100 g) et déterminer **l'humidité** au laboratoire par chauffage à l'étuve à 105 °C jusqu'à poids constant (pesées avant et après le chauffage).
- Détermination de la **matière organique totale** : prendre un échantillon représentatif d'environ 10 g (celui qui a servi à déterminer l'humidité par exemple) et le calciner à 550°C pendant 4 heures (pesée avant et après la combustion).
- Déterminer le **pH** du substrat en mettant une quantité (environ 50 grammes de matières fraîches) dans 100 ml d'eau distillée. Faire 3 mesures de pH. Suivre l'évolution du pH au cours de la fermentation. Il doit toujours rester proche de la neutralité, donc de la valeur 7.

Ces déterminations sont indispensables pour le démarrage d'un essai et pour tout nouveau substrat utilisé. Elles pourront être renouvelées à plusieurs stades de la fermentation.

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.

La maturation n'est pas nécessaire pour les composts qui seront utilisés en arboriculture. Elle est par contre indispensable pour les cultures de légumes et de fleurs, sinon leur croissance sera perturbée (rapide au début, on observe ensuite un affaiblissement de la plante).

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.

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.

Si on dispose d'un broyeur et surtout si on veut commercialiser le produit obtenu, il est conseillé de soumettre le compost mûr à une opération de broyage : celle-ci permettra de n'avoir pratiquement plus de refus au tamisage et elle donnera un aspect très fin au produit final. Par contre, cela n'est possible qu'en absence de plastiques.

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).

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.

QUELQUES CONTRAINTES ET DIFFICULTES

- **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. Pour éviter cela, on peut mettre de grandes feuilles de bananiers dans les pays où il y en a (elles peuvent servir aussi à faire de l'ombre sur les tas) ou prendre tout simplement des feuilles en matière plastique et les étendre sur les andains quand les pluies arrivent.

Comment aborder la mise en place d'un projet de compostage pour qu'il soit pérenne ?

Rémy Bayard – Mustapha Brakez - Anie Bras - Evens Emmanuel - Guy Matejka - Denis Montange - Bernard Morvan - Valentin Mouafo - Emmanuel Ngnikam - Pascale Naquin - Hery Rajaomanana
Emilienne Rasoanandrasana - Roger Tchuente - Samuel Yonkeu - Sandrine Kayap

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.

1. Les bonnes questions à se poser au départ

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 ?).

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 ?

2. La méthodologie proposée

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

LES CONDITIONS DE DEPART A RASSEMBLER

Un contexte initial propice :

Volonté locale et non projet imposé
Atmosphère saine entre les acteurs

Une volonté et un appui politiques

Parce qu'il s'agit de mettre en place un outil de service public
Parce que la responsabilité incombe aux pouvoirs publics qui doivent veiller au bon déroulement de toute la chaîne
Parce c'est aux manques de volonté et d'appui politiques que beaucoup d'échecs sont à imputer

Des compétences diverses

Parce que le problème est complexe
Parce que, qui dit durable, dit a minima économiquement soutenable, socialement équitable et acceptable pour l'environnement

Des étapes à respecter

Parce qu'elles sont interdépendantes et que de la réponse à une question dépend la suite de la démarche

LES ETAPES A 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.

L'analyse du besoin en compost

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 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'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, ... : sensibiliser les futurs utilisateurs du compost.

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

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 ; 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.

PREVOIR LE SUIVI A 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 terme 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. Compost : l'étude des besoins et du marché

POURQUOI FAIRE DU COMPOST DE BONNE QUALITE ?

Faire du compost à partir des déchets biodégradables permet de résoudre, au moins partiellement, les problèmes liés à leur gestion : pollution olfactive par rapport aux voisins, pollution de la nappe phréatique du fait des écoulements de la masse de matière en fermentation, incendies liés à la production de méthane par fermentation...

On peut aussi vouloir faire du compost parce que l'on veut vendre aux agriculteurs **un amendement organique ou un engrais organique pour une production agricole** améliorée.

Une chose est sûre : il ne faut pas se lancer dans la fabrication de compost sans s'assurer au préalable qu'un débouché stable existe pour celui-ci. En effet, l'équilibre financier des unités de compostage ne peut espérer être atteint que si le compost peut se vendre en quantité et à un coût suffisants.

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 d'un compost, en plus de sa composition et de sa teneur en éléments fertilisants, c'est son homogénéité.

Si on veut fidéliser une clientèle, il est tout à fait indispensable de maintenir une qualité des produits qui seront commercialisés. On peut donc s'inspirer des critères de la norme française NF U44-051, sans en avoir toutes les contraintes réglementaires d'analyses régulières qui renchérissent le prix du produit final. L'intérêt de la normalisation est la protection de l'acheteur du produit, mais aussi une bonne publicité pour le producteur qui indique, en respectant cette norme, qu'il s'engage sur la qualité des produits qu'il met en vente.

POURQUOI UTILISE-T-ON DU COMPOST ?

On utilise du compost :

- 1/ parce que l'on n'a pas d'engrais minéral disponible ou qu'il est trop cher,
- 2/ parce que la matière organique du compost est gratuite (on le fabrique avec les résidus de ses propres cultures) et qu'on n'a pas d'animaux pour consommer les résidus organiques,
- 3/ parce que l'on a l'habitude d'utiliser du compost, du fumier ou les résidus de culture,
- 4/ parce que le lieu de fabrication du compost est proche et que le coût de transport est réduit,
- 5/ parce que l'on a accès à beaucoup de main d'œuvre peu chère et que l'application de grandes quantités de matières organiques ne pose pas de problèmes,
- 6/ parce que le sol cultivé est peu fertile ; 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.

POURQUOI N'UTILISE-T-ON PAS DE COMPOST ?

1/ le compost est de mauvaise qualité :

Il apporte ou propage des graines de mauvaises herbes et des maladies des plantes.

L'apport de matières organiques crée une faim d'azote pour les cultures, car le compost est très pauvre en azote et mal décomposé. Il n'y aura donc pas d'azote minéral pour la croissance de la culture, c'est ce que l'on appelle une faim d'azote.

2/ la production de compost se fait loin de la parcelle de l'utilisateur et le coût de transport est trop important par rapport à la quantité d'éléments fertilisants apportés. En effet, comme les composts sont peu riches en NPK, il faut transporter de grandes quantités pour remplacer les engrais minéraux. En plus de cela, les composts sont généralement humides, ce qui fait que l'on paye aussi le transport de l'eau.

Il est indispensable de connaître la quantité d'azote disponible dans la matière organique appliquée. C'est pour cela que la norme française pour les composts demande maintenant que soit indiqué le potentiel de minéralisation du carbone et de l'azote.

3/ l'utilisateur a peu de main-d'œuvre disponible pour appliquer le compost (cf. ci-dessus : les quantités à épandre sont importantes pour fertiliser une parcelle sans engrais minéral). On touche du doigt un des problèmes liés à l'utilisation du compost quand on est dans une agriculture non mécanisée. Ce qui est réalisable sur de petites surfaces, comme les jardins de cases par exemple, est beaucoup plus difficile à envisager quand on travaille en grandes cultures.

4/ les résidus de culture sont récupérés pour d'autres usages (i.e. protéger le sol de l'érosion, faire des clôtures ou faire du feu) ou bien sont donnés à manger aux animaux. Dans ces conditions, on peut envisager de composter les excréments des animaux qui ont déjà digéré une partie de la matière organique.

5/ il n'y a pas de tradition d'utilisation de la matière organique dans la zone, comme par exemple dans certaines zones d'élevage extensif.

CAPACITE DES UTILISATEURS A ACHETER LE COMPOST

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. 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 qui peut exister est entre le compost et les engrais minéraux. Les engrais minéraux sont disponibles toute l'année, ils sont efficaces, car les éléments fertilisants sont tout de suite disponibles pour les cultures, et ils sont concentrés, ce qui permet de transporter de petites quantités pour fertiliser de grandes surfaces.

Il est à noter que les composts produits localement à partir de résidus locaux peuvent être carencés en un élément fertilisant si les résidus sont eux-mêmes carencés. Il est difficile de corriger une carence dans ces conditions sans organiser un transfert de fertilité par une concentration des résidus dans une zone particulière : exemple du fumier des vaches récupéré à l'étable ; alors que les vaches sont nourries sur une vaste zone de pâturages, ces fumiers sont ensuite utilisés dans les champs plus petits, beaucoup plus près de la ferme et la fertilité de ces champs résulte du fait que les éléments fertilisants contenus dans l'alimentation des animaux proviennent d'une zone plus vaste.

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 ne représentera aucune amélioration des conditions du sol (on considère qu'il y a environ 2000 tonnes de sol cultivé par hectare). On peut envisager de l'appliquer de manière localisée, comme 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. Les 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.

GISEMENT DE DECHETS 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 prétraités.

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) ; aussi sectorisation de la ville est primordiale, comme celle réalisée à Nouakchott, Mauritanie (Alouéimine et al, 2006, voir figure ci-après).

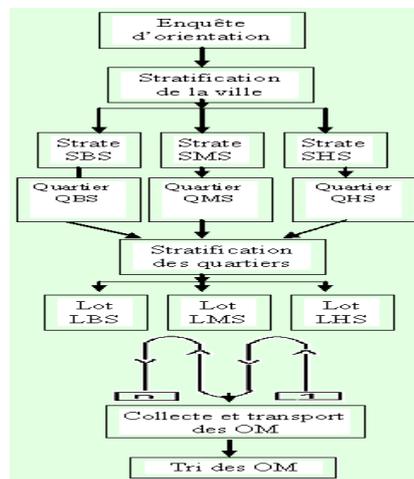


Schéma d'échantillonnage des OM

CARACTERISATION DES DECHETS

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.

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

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 terme de nature de matériau.

| Catégories | S/Catégories |
|---------------------|--|
| Putrescibles | Restes de cuisine, déchets de jardin, autres |
| Papiers | Emballages, journaux, magazines, imprimés, autres |
| Cartons | Emballages plats, ondulés |
| Composites | Emballages alimentaires - lait, jus de fruit, café, beurre |
| Textiles | Sacs, vêtements, lingerie |
| Textiles sanitaires | Couches culottes, serviettes, lingettes, mouchoirs autres |
| Plastiques | Films PE et PP, bouteilles et flacons PET, autres en PVC, PS |
| CNC | combustibles non classés : bois, cuir, caoutchouc, charbon de bois, autres |
| Verres | Emballages et autres- |
| Métaux | Emballage ferreux et aluminium, autres |
| INC | incombustibles non classés : pierres, porcelaine, briques,... |
| Dangereux | pires, peintures, solvants, déchets de soins... |
| fines | < 20 mm (voire < 8 ou 2 mm) |

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 lourds. 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.

| Catégories | H% | MOT% | C/N | Métaux lourds |
|-------------------|----|------|-----|---------------|
| Fermentescibles | X | X | X | X |
| Papiers | X | X | X | X |
| Cartons | X | X | X | X |
| Plastiques | X | | | |
| Composites | X | | | |
| Métaux | X | | | |
| Textiles | X | X | X | X |
| Verres | X | | | |
| Céramiques | X | | | |
| Bois | X | X | X | X |
| INC | X | | | |
| CNC | X | X | X | X |
| Eléments fins | X | X | X | X |
| Déchets dangereux | X | | | X |

5. L'identification des acteurs

L'identification des acteurs 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.

QUI PEUT ETRE 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 :

1. 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).
2. 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.
3. 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.
4. une entreprise privée : l'entreprise privée peut prendre plusieurs statuts en fonction des objectifs poursuivis par les promoteurs (entreprise individuelle, SARL, SA, etc.).

QUI PEUT ETRE PARTENAIRE 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.

6. L'étude du contexte institutionnel et réglementaire

Deux domaines 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.

IDENTIFIER LES ORGANISMES INSTITUTIONNELS ET LEUR ROLE

- 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,...)

RASSEMBLER LES 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)

SYNTHETISER LES INFORMATIONS

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.

7. Le montage administratif et organisationnel de la structure

POURQUOI UN MONTAGE ADMINISTRATIF ET ORGANISATIONNEL ?

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 ?

QUELLE FORME JURIDIQUE CHOISIR POUR UNE UNITE 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.

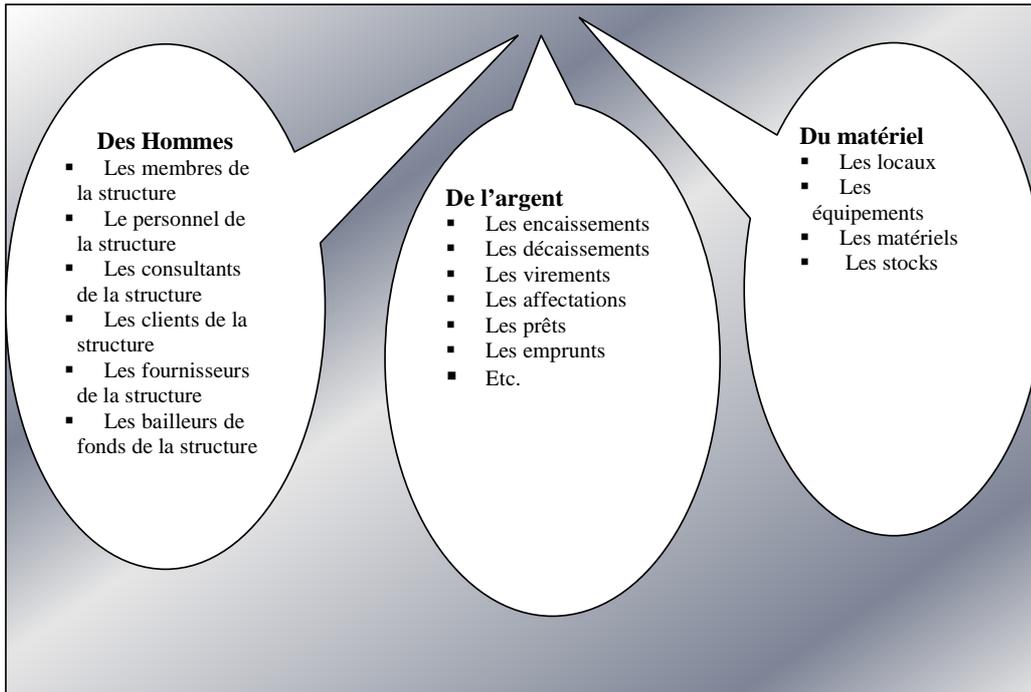
Dans beaucoup de pays francophones, la forme juridique choisie peut être : l'entreprise individuelle, l'association/ONG, la société coopérative ou mutuelle, la société à responsabilité limitée ou la société anonyme. Les critères qui peuvent orienter le choix de la forme juridique de l'unité de compostage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

QUELLE STRUCTURE ORGANISATIONNELLE POUR UNE UNITE 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.

| Structure standard (complète) | Structure simplifiée | Structure très simplifiée |
|---|--|---|
| ▪ 1 organe délibérant (Assemblée Générale) | | ▪ 1 Organe délibérant qui joue en même temps le rôle de contrôle (Assemblée Générale) |
| ▪ 1 organe délibérant qui joue en même temps les rôles de contrôle et de suivi et d'exécution | ▪ 1 organe de contrôle (Conseil d'Administration, Conseil de Surveillance, Comité de Contrôle) | |
| ▪ 1 organe exécutif (Direction, Délégation, Secrétariat général, etc.) | ▪ 1 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 |

QUE VA-T-ON ADMINISTRER DANS L'UNITE ?



AVEC QUOI VA-T-ON ADMINISTRER L'UNITE 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.

Quel dossier administratif pour l'unité de compostage ?

- Les textes de base (statuts, convention, règlement intérieur)
- La liste des membres et/ou du personnel
- Le dossier du personnel
- Les conventions de financement ou de marché

Quelles formalités administratives pour la légalisation de l'unité ?

- Élaboration/adoption des textes de base
- Désignation des responsables 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 terme de performance et de durabilité ne peut pas toujours couronner l'unité de compostage mise en place.

8. L'étude d'impact environnemental

UNE ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL : POURQUOI ?

La loi cadre des pays ou 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.

UNE ETUDE 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.

La 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).

La description des installations 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.

La description de l'état actuel de l'environnement de l'entière zone 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) ; **paysage** (morphologie, éléments dominants et/ou particuliers, condition visuelle, particularités écologiques, zones d'importance particulière à valeur récréative) ; **patrimoine culturel et 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).

L'identification et l'évaluation des impacts sur l'environnement concernent les effets potentiels négatifs et positifs. L'identification des impacts 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.

Les impacts, suivant les différentes phases du projet, pourront concerner en **phase de construction** et pour ce qui est de *l'homme et de l'habitat* : 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 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 micro-organismes : 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.

9. Le choix de la technologie à mettre en oeuvre

OBJECTIF ET PRINCIPE

Le choix du procédé à mettre en œuvre conditionne la réussite d'un projet de compostage d'ordures ménagères. 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) :

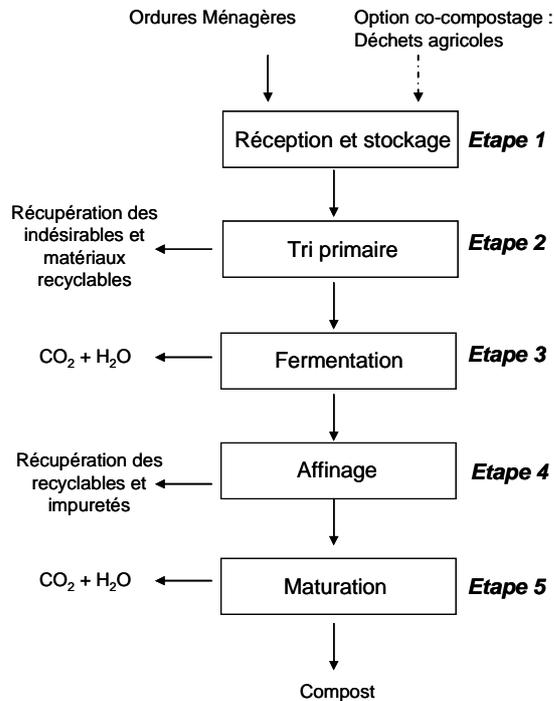
- Etape 1 : **réception du déchet** avec la possibilité d'un **stockage temporaire** ;
- Etape 2 : **tri primaire** en vue d'une valorisation matière (papiers, cartons, plastiques, verres, métaux,...) et énergie (bois,...) et/ou en vue de l'élimination d'éléments indésirables (piles, pots de peinture, 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 du produit issu de la fermentation ;
- Etape 5 : **phase de maturation + stockage** conduisant à la stabilisation biochimique de la matière organique (humification).

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 Eléments Traces Métalliques. 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, pas toujours facile à obtenir, de la population.

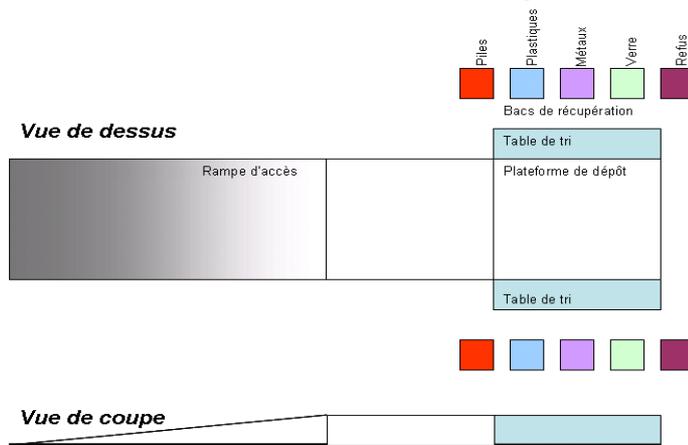


Description

Etape 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.

Etape 2 : tri primaire :

Estimation du taux d'écartement de refus et recyclables : 20% de la masse entrante.

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 ;
- Nombre d'opérateurs : 10 dont 8 pour le tri et 2 pour les manutentions diverses, sur la base d'environ 600 kg par trieuse et par journée de 6 heures de tri ;
- 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.

A l'arrivée des déchets sur la table de tri (tapis roulant), un premier opérateur ouvre les sacs et répartit les déchets uniformément sur le tapis. 10 à 12 trieuses sont réparties 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 trieuses.

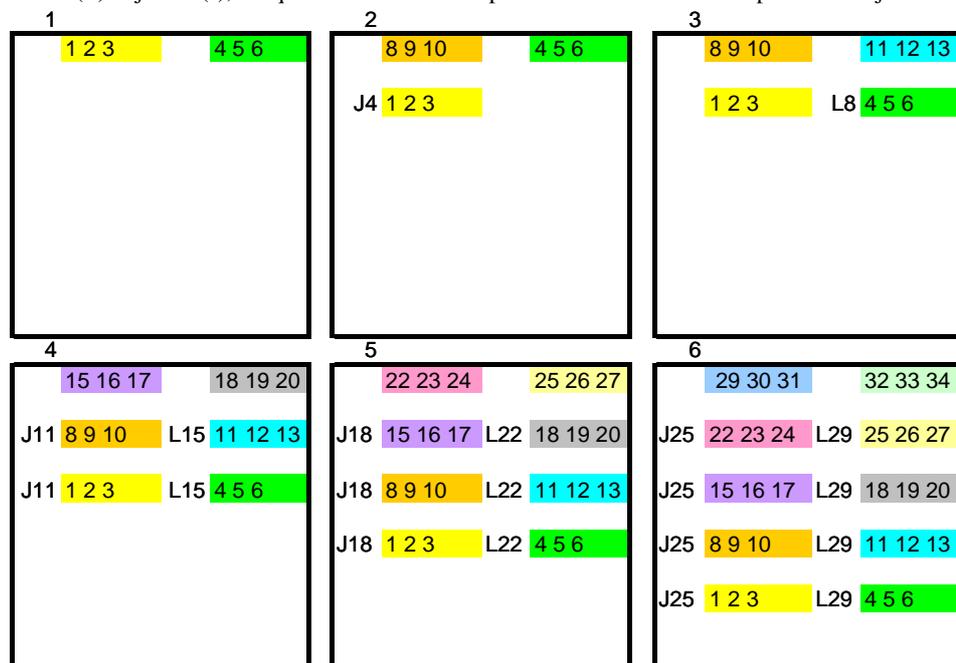
- Dimension minimale de l'aire de tri : longueur 10m, largeur 4 m, cette aire pourra être simplement couverte sans bardage ;
- Dimension des tables de tri : longueur = 10 m, largeur = 1 m ;
- Nombre d'opérateurs : 2 x 5 ou 6 ;
- Bacs de récupération : à adapter en fonction des fractions triées (1 ou 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 : évacuation 1er andain

L 36 : évacuation 2ème andain

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.

Estimation du taux de réduction de la matière en fin de fermentation : 30%.

Installation < 5 tonnes/j :

- Taille des andains trapézoïdaux : 36 m³ (longueur = 9 m, largeur à la base = 3 m ; hauteur = 2 m, largeur au sommet = 1 m, soit 4 m³/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 m² (20 m x 30 m) ;
- Production d'environ 3 tonnes par jour de compost, soit environ 8 m³ 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.

Estimation du taux de refus de crible : 20%.

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.

Estimation du taux de réduction de matière au cours de la maturation : 10%.

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.

10. Le montage financier : recettes et dépenses potentielles

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.

LES RECETTES POTENTIELLES A PRENDRE EN COMPTE DANS L'ANALYSE FINANCIERE D'UNE UNITE DE COMPOSTAGE.

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 :

La 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.

La 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.

L'économie 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.

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).

LES ELEMENTS A PRENDRE EN COMPTE DANS LES DEPENSES.

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

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).

Les charges d'exploitation : on distingue les frais fixes et les frais variables.

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.).

Quant aux charges variables, elles 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. La formation du personnel – 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.

Nous n'entrerons pas ici dans le détail de cette formation. Nous mettons juste en exergue quelques points importants.

CADRE LEGAL

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 **RISQUES LIÉS AUX ACTIVITÉS DE PRÉCOLLECTE-TRI-COMPOSTAGE**

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)

RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES

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 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.

LOCAUX SOCIAUX

En terme de mesures d'hygiène et de sécurité, 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

DES EQUIPEMENTS ET VETEMENTS INDIVIDUELS

- un gilet fluorescent (période été / période hiver)
- une tenue de travail, spécifique à chaque poste et adaptée à la température
- une paire de bottes munie d'une semelle anti-dérapante, anti-perforation et protégeant contre l'écrasement
- une paire de chaussures de sécurité
- une paire de gants souples et renforcés
- un masque anti-poussière
- des lunettes de protection
- un casque de chantier et des bouchons anti-bruit pour les postes le nécessitant

Ces équipements sont strictement personnels et sont entretenus pour préserver toute leur efficacité. Ils font l'objet d'un remplacement immédiat, dès lors qu'ils sont dégradés, abîmés (masques et gants notamment). Ceux qui le nécessitent sont nettoyés régulièrement.

Chaque personnel reste toutefois responsable de la bonne tenue de ses équipements, la bonne tenue des équipements de protection individuelle étant un critère de qualité.

STAGES DE SECOURISME

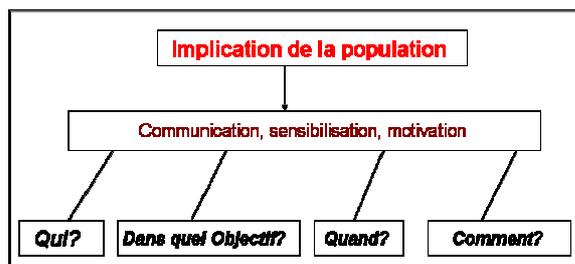
Tout ce qui concerne la sécurité directe (gestion des incidents et accidents) doit faire l'objet de stages pour tout le personnel, visant à transmettre les notions minimales de secourisme propres à la profession, à savoir :

- La position latérale de sécurité (PLS),
- Les points de compression en cas d'hémorragie externe,
- Le bouche-à-bouche en cas d'arrêt de ventilation,
- La protection de l'accidenté,
- Le déclenchement des secours.

12. Communication, animation, sensibilisation

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 ?



QUI ?

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,...

LES 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.

LES PRODUCTEURS DE DECHETS

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

LES 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).

13. La 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 ?

QUEL COMPOST DESTINE A LA COMMERCIALISATION ?

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.

QUEL PRIX DE VENTE POUR LE COMPOST D'ORDURES MENAGERES ?

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 délais de paiement, le mode de paiement, le service après vente, etc.

LA COMMUNICATION COMMERCIALE AUTOUR DU COMPOST

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.

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.

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.

LA DISTRIBUTION DU COMPOST D'ORDURES MENAGERES

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.

Suivi à mettre en place pour garantir la pérennité de la structure

Anie Bras – Rémy Gourdon – Joaneson Lacour – Pascale Naquin
Lydie Yiougo - Fouad Zahrani

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. 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 une amélioration des performances générales de l'exploitation, garants de sa pérennité.

1. Suivi d'exploitation

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

| 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.) | Voir § Gisements 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 |

2. 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 de dysfonctionnement imputables à chaque opération.

DES EXEMPLES DE PROBLEMES TECHNIQUES POSSIBLES

Les dysfonctionnements survenant lors des opérations amont (réception et tri) sont souvent liés à la nature des gisements de déchets (présence d'éléments indésirables, dangereux, granulométrie, humidité) et à leur collecte. Les stratégies de communication/sensibilisation, de choix des gisements et des technologies adaptées s'avèrent importantes à ce niveau.

Pendant les phases de fermentation et de maturation, des difficultés peuvent apparaître si les outils et engins de manutention sont mal adaptés aux volumes et masses à manipuler.

Le crible destiné à l'affinage est également un appareillage technique qui nécessite un minimum d'entretien pour fonctionner correctement. C'est encore plus vrai si un broyeur est utilisé sur le site.

COMMENT ANTICIPER ET REGLER LES PROBLEMES ?

En amont, il faut faire appel à des technologies les plus simples possibles si on ne dispose pas de moyens suffisants pour garantir une réparation aisée et peu coûteuse.

Un entretien régulier de toutes les parties techniques de l'installation est indispensable. Pour cela, il faut absolument disposer d'un budget de fonctionnement pour la maintenance des appareillages. Un dysfonctionnement technique banal peut être à la base de l'échec d'une opération de compostage.

Un cahier de maintenance doit être tenu à jour. Il indique, poste par poste, le planning à suivre et les opérations à effectuer pour assurer celle-ci.

Il est impératif également de tenir un cahier journal sur lequel tous les problèmes (techniques et autres) sont indiqués, d'autant plus s'il n'y a pas à demeure sur le site un cadre pouvant gérer ces difficultés dès leur survenue. Si un même problème se répète régulièrement, il faut agir rapidement avant qu'il ne devienne un point critique pour le bon fonctionnement de l'installation.

3. Suivi 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 dysfonctionnement 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).

QUAND FAIRE UN BILAN FINANCIER ?

Classiquement, les entreprises établissent leur bilan financier annuellement, autour de la date anniversaire de la création de leur activité. 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 aussi vérifier le caractère raisonnable des dépenses, en les comparant 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.

4. 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...

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 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'ammoniaque (NH₃) et l'hydrogène sulfuré (H₂S). 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.

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.

EN RESUME

Faire le bilan des améliorations sanitaires, environnementales et sociales liées à la mise en place du compostage (amélioration de la gestion des déchets et donc de la salubrité, emplois créés ou formalisés, amélioration de la qualité des sols, des rendements de culture,...).

Faire également le bilan des problèmes liés à son développement (plaintes de riverains, difficultés de travail, maladies professionnelles et accidents enregistrés,...).

Proposer des solutions d'amélioration.

5. 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 compost.

| Suivi qualité compost | Paramètre à mesurer | Fréquence | Méthode |
|---------------------------------|---|--------------|--|
| Humidité | Teneur en eau / matière brute | A chaque tas | Séchage en étuve à 105°C jusqu'à masse constante |
| 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 | Saisonnière | Observations sur la croissance, germination petites graines sensibles (ex : cresson) |
| Teneur en matière organique | Teneur en MOT | Saisonnière | Perte au feu par calcination à 550°C jusqu'à masse constante |
| Teneur en éléments fertilisants | N Total, P ₂ O ₅ , K ₂ O | Saisonnière | Méthodes normalisées |
| Impuretés | Teneur en verre et plastiques | Saisonnière | Séchage, criblage et tri ou méthode normalisée (NF U 44 164) |
| Teneur en sels et acidité | Conductivité et pH | Saisonnière | Conductimétrie et potentiométrie (1/5 en milieu aqueux) |
| Eléments traces métalliques | Hg Cd Cr Cu Zn Pb Ni | Annuel | Sur échantillon moyen annuel, par spectrométrie |

6. Suivi de la commercialisation

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.

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.

ANALYSE DES CIRCUITS DE DISTRIBUTION

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.

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 avec enlèvement par les acheteurs ; facturation et encaissement si possible par le personnel chargé des opérations de compostage.

7. Suivi de la communication

Comme nous l'avons vu dans le chapitre « communication, animation, sensibilisation », 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 SEMBLE ETRE BIEN PASSE

Continuation de l'opération de sensibilisation et de communication par les mêmes méthodes.

Organisation de journées portes ouvertes pour montrer les bons résultats obtenus.

SI LE MESSAGE N'EST PAS BIEN PASSE

Revoir les méthodes de communication auprès :

Du grand public s'il participe au tri sélectif des biodéchets et/ou à la précollecte : 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.

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

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

8. Suivi de la formation

La qualité du compost dépend du niveau de responsabilisation et de la rigueur des employés eux-mêmes (trieurs, composteurs, contre-mâtres,...) plus que de facteurs extérieurs. L'objectif de ce suivi sera donc de renforcer la formation reçue à l'embauche, d'accentuer la responsabilisation, en insistant sur l'importance de chacun pour le fonctionnement pérenne de l'unité. Il en va du maintien de l'emploi de tous.

FORMATION CONTINUE SUR LE COMPOSTAGE

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.

ELABORATION D'UN DOCUMENT RELATIF AUX RISQUES PROFESSIONNELS RENCONTRES SUR LA PLATE-FORME

Les risques professionnels sont fréquents dans les activités industrielles. Le suivi de formation du personnel doit insister sur la politique de prévention des risques, sur les conditions de travail et de gestion de la sécurité.

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.

En conclusion...

Comme nous l'avons dit au début, ce document n'est pas abouti : c'est une version de travail qui va à présent être utilisée sur le terrain, pour être testée, critiquée, corrigée, complétée, validée... Nous allons le faire dans le cadre de la dizaine de projets que nous lançons et suivons de par le monde. Nous comptons aussi sur vous pour nous faire part de vos propres expériences. Notre site internet sera 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

Références bibliographiques du chapitre : Généralités sur le compost et 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.
- CHARNEY 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.
- MOUAFU 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 efficiente 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.

Références bibliographiques du paragraphe : les gisements 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

Références bibliographiques du paragraphe : le choix de la technologie à mettre en oeuvre

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

Mise en forme : Puces et numéros

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.

Références bibliographiques du paragraphe : 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.

Références bibliographiques du paragraphe : 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

Références bibliographiques du paragraphe : le suivi financier

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.

Annexes

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)

Exemple de table de tri

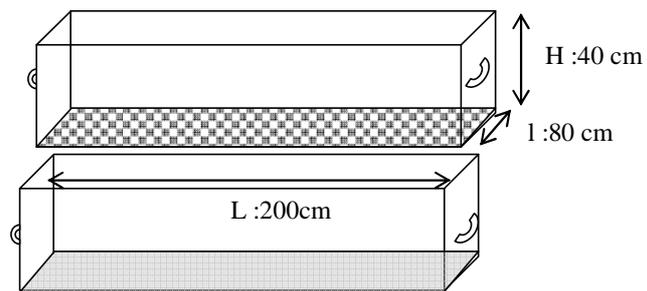


Table de tri : schémas de deux plateaux, crible et récepteur

Plateau : Longueur : 200cm Hauteur : 40 cm Largeur : 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

Méthodes analytiques

Teneur en eau, humidité : H%

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%

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 total : COT, mg C/ Kg

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

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-ondes)

Rapport C/N : données habituelles 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 | 18 | 0,2 | 480,0 |
| sciure | 200-500 | 40 | 0,2 | 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 |
| luniers | 10-20 | 20-120 | 2-6 | |
| boues anaérobies | 15-20 | 15-40 | 1-2 | |

Teneurs en métaux lourds : MET, mg/ Kg

Principe de la méthode : dosage des métaux (Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn) à l'état de trace (MET) 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

Réduction des émissions de GES suite au Compostage des OM.

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 €/CO₂E, 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.

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).