

# COMPOSTAGE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

## DESCRIPTION DES PROCÉDÉS EXISTANTS



16, rue Northumberland St., Toronto, ON M6H 1P7  
Ph./Tél. : (416) 535-0240 • Fax/Télec. : (416) 536-9892  
Toll Free/Sans frais : 877-571-4769 (GROW)  
Email/Courriel : [info@compost.org](mailto:info@compost.org)  
Website/Site Internet : [www.compost.org](http://www.compost.org)

# SOMMAIRE

Introduction ..... page 2

## **Procédés de traitement biologique en présence d'oxygène**

Andains ..... page 3

Andain couvert à aération forcée ..... page 4

Pile statique à aération forcée..... page 5

Système couvert en pile statique avec aération forcée (différent du système en vase clos)..... page 6

Conteneurs modulaires en vase clos (statique) ..... page 8

Tunnels en vase clos modulaires (tunnels statiques)..... page 10

Aires de compostage en vase clos (agitation mécanique) ..... page 11

Silos verticaux en vase clos ..... page 12

Tambours rotatifs ..... page 13

## **Procédé de traitement biologique en absence d'oxygène**

La digestion anaérobie (DA) ..... page 14

Les coûts des divers procédés..... page 16

*Ce document est une version abrégée extraite d'un rapport produit à la demande du Ministère de l'Environnement de l'Ontario, sur l'état de l'industrie et l'analyse des barrières/défis à relever pour faire avancer la valorisation des matières organiques en Ontario. Ce rapport a été produit par le Conseil canadien du compostage et ses collaborateurs, soient MacViro et l'« Association of Municipal Recycling Coordinators ». Les conclusions et propositions avancées dans ce document sont celles des auteurs du rapport et ne sont nullement endossées par le Ministère de l'Environnement de l'Ontario.*

Le compostage, tel que défini pour les objectifs propres à cette étude, est le procédé géré de façon active de décomposition des résidus organiques issus de la collecte des matières résiduelles municipales. Une variété de systèmes de compostage ont été conçus dans le but de réaliser ce processus de décomposition et d'obtenir un produit de compostage de bonne qualité, et ce, sans créer de nuisances ni pour les individus ni pour l'environnement.

Le compostage est un procédé biologique qui s'effectue de manière optimale lorsque le rapport initial de carbone et d'azote se situe aux alentours de 30:1 et que les taux d'humidité et d'oxygène ainsi que les températures sont rigoureusement observés et contrôlés. Lors du traitement des matières organiques résidentielles, il est crucial de démarrer avec un bon mélange de matières premières et de contrôler de près les taux d'humidité et d'oxygène ainsi que les températures.

Le présent rapport expose 10 technologies de compostage utilisées en Amérique du Nord pour valoriser la portion des matières organiques séparées à la source (MOSS) du reste des matières résiduelles solides du secteur résidentiel. Depuis plusieurs années, les techniques de compostage en andain et en pile statique sont reconnues comme étant les approches les plus simples et les moins dispendieuses pour la transformation des matières organiques d'origine municipale. Alors que cette perception s'avère exacte pour le compostage centralisé des feuilles et des résidus de jardin, aucune de ces technologies ne se révèle véritablement simple et économique lorsqu'on introduit la portion des résidus organiques triés à la source (MOSS). Ceci est d'autant plus notable pour les installations desservant les zones urbaines et les banlieues, qui doivent être situées à une distance raisonnable pour faciliter le transport. Chacune de ces technologies comporte des différences qui ont un impact important au niveau des coûts globaux. Par exemple, un système en andain demandera moins d'investissements initiaux au niveau de l'équipement et de la structure du bâtiment, mais générera des frais d'exploitation et de gestion plus élevés afin de répondre aux exigences en matière d'environnement et de gérer l'aspect des nuisances publiques.

Par conséquent, chaque technologie doit être évaluée en considérant les facteurs suivants :

- Produire un compost de qualité répondant aux exigences agronomiques et
- environnementales en vigueur ;
- maximiser le contrôle des nuisances et des impacts sur la santé publique ; et
- optimiser la capacité de traitement (afin d'obtenir des résultats financiers positifs et de répondre aux obligations du contrat de production).

Cette section décrit et évalue les technologies et systèmes lors de la phase du processus de compostage. Les équipements connexes à l'installation de compostage peuvent inclure notamment, des chargeurs frontaux, des broyeurs, des mélangeurs, des cribles (tamis) et des ventilateurs.

## PROCÉDÉS DE TRAITEMENT BIOLOGIQUE EN PRÉSENCE D'OXYGÈNE

### Andains

**Description générale :** Compostage extérieur en tas nécessitant une aération mécanique, généralement effectuée à l'aide d'un retourneur d'andain, afin d'optimiser le processus de compostage. Les installations de compostage en andain utilisant un retourneur enjambeur (retourneur qui opère placé sur le dessus de la pile) sont limitées par la hauteur du retourneur. D'autres technologies de retournement, comme les retourneurs avec convoyeurs à bandes élévateurs, effectuent le retournement par le côté et par conséquent, la hauteur de la pile devient moins contraignante. Cependant, de façon générale, la hauteur de la pile doit normalement être limitée à 3 ou 4 mètres afin d'optimiser le procédé de compostage en andain.

Les MOSS destinées à être compostées sont parfois mélangées d'avance avant d'être mises en andain et d'autres fois, elles sont superposées en couches (habituellement sur un lit de résidus d'élagage broyés, de copeaux ou de sciure de bois, par exemple) pour ensuite être mélangées à l'aide du retourneur. Afin de contrôler les émissions d'odeurs lorsque les résidus alimentaires des MOSS sont frais, certains responsables d'installations de compostage forment les andains et attendent ensuite quelques jours ou une semaine avant le premier retournement des piles. Dans certains cas, les andains sont recouverts d'une couche de résidus d'élagage broyés, qui agit en tant que biofiltre durant ce stade initial.

Dans un andain, le contrôle de la température et les taux d'oxygène sont gérés par l'agitation mécanique. La température de l'andain et le taux d'oxygène doivent être relevés par un opérateur du site à l'aide d'appareils de contrôle portatifs. Le retournement de l'andain introduit de l'oxygène, accélère l'altération physique des matières premières et permet d'ajuster le taux d'humidité à un niveau optimal. En effet, de nombreux retourneurs d'andain sont munis d'un arroseur permettant d'augmenter l'humidité tout en retournant l'andain. En général, la vitesse du procédé de compostage peut être gérée en fonction de la fréquence des retournements. Des retournements fréquents permettent aux particules de se décomposer plus rapidement et offrent de meilleures conditions pour le procédé de compostage qui se voit ainsi accéléré. Ceci permet à une installation de compostage en andain d'augmenter sa capacité de traitement annuelle.

Le coût approximatif de traitement des OSS par compostage en andains non couverts est de 70 \$/tonne (Rapport de Halton Region, MacViro, 11/04).

Comme les MOSS sont habituellement compostées avec des agents structurants tels que des résidus de bois déchiquetés, elles représentent une matière première supplémentaire pour les procédés de compostage en andain qui utilisent des résidus d'élagage déjà existants. Aux États-Unis, un bon nombre d'installations traitant des résidus d'élagage ont ajouté le flux des résidus alimentaires préconsommation (comme les produits d'épicerie périmés, par exemple) à leurs matières premières acceptées.

Cependant, la réglementation peut-être plus restrictive lorsqu'un site de compostage utilise des résidus organiques résidentiels ou des résidus alimentaires postconsommation. L'État de la Californie, par exemple, exige que les MOSS ou les matières premières postconsommation soient soumises à une première phase de compostage dans un système clos<sup>1</sup>, afin d'éviter tout contact direct avec l'aire de traitement (pour contrôler le lixiviat) et de réduire la présence d'agents pathogènes. Ces exigences ont rendu la première phase de compostage des MOSS en andain non couvert inacceptable en Californie. La phase de mûrissement peut, quant à elle, être réalisée en andains extérieurs.

### Andain couvert à aération forcée

**Description générale :** Un système d'andain couvert à aération forcée est essentiellement un système hybride entre l'andain traditionnel et la pile statique à aération forcée. Il fait usage à la fois d'un système d'aération forcée (offrant un contrôle plus direct des taux d'oxygène et de la température) et d'un système d'agitation de la pile, qui accélère la dégradation physique des matériaux à composter et, par conséquent, le processus de compostage. Les installations qui utilisent un système d'andain couvert à aération forcée sont habituellement aménagées dans un bâtiment et l'aire de compostage comporte des tranchées d'aération recouvertes de grilles. L'air récupéré du procédé est dirigé vers un biofiltre situé à l'extérieur du bâtiment. Peu ou pas d'installations utilisent exclusivement le système d'andain couvert à aération forcée pour le compostage des OSS. Habituellement, le système d'andain couvert à aération forcée est opéré à la suite d'un premier traitement des matières à l'intérieur de tambours rotatifs (le temps de rétention dans le réacteur rotatif est généralement de 3 jours) ou en vases clos.

<sup>1</sup> un système clos ne signifie pas qu'un système fermé à l'intérieur d'un bâtiment doit être installé. Par exemple, des sacs « Ag-Bag » peuvent être utilisés pour contenir les matières pendant la première phase de compostage, avant qu'elles soient placées en andains à l'extérieur.

## Pile statique à aération forcée

**Description générale :** Le compostage en pile statique à aération forcée comprend l'injection (positive) et l'extraction (négative) d'air à travers une pile de compost de forme trapézoïdale. L'agitation a lieu seulement lorsque les piles sont combinées ou lorsque celles-ci sont déplacées dans un endroit différent pour la phase de mûrissement. Afin de mieux gérer les odeurs, les piles sont souvent recouvertes d'une couche de compost fini ou de copeaux de bois, qui est ensuite incorporée à l'ensemble du tas lorsque les piles sont déplacées. La méthode des piles statiques à aération forcée a été développée au début des années 1970, principalement pour le compostage des boues provenant d'usines d'épuration des eaux usées municipales. Dans le cas des biosolides, un agent structurant doit être ajouté pour rendre la pile plus poreuse et permettre d'améliorer la circulation de l'air et le contrôle des températures. Les copeaux de bois sont considérés comme étant le meilleur agent structurant (même si ces dernières années, des expérimentations ont été conduites avec des pneus déchiquetés), lesquels sont récupérés grâce à un système de tamisage et réintroduits dans le mélange initial de la pile. Un des avantages du compostage en pile statique à aération forcée est la possibilité de récupérer l'air du procédé pour traiter les odeurs (habituellement à l'aide d'un biofiltre).

Les opérations de piles statiques à aération forcée extérieures doivent avoir recours à l'aération négative (extraction de l'air par le dessous de la pile) dans le but de le rediriger vers un système de contrôle des odeurs. Le système de piles statiques à aération forcée intérieures peut utiliser l'aération positive, en acheminant l'air récupéré du bâtiment vers un système de contrôle des odeurs.

La méthode des piles statiques à aération forcée est rarement utilisée pour le compostage de matières nécessitant une dégradation physique (ainsi que biologique). Ceci est dû au fait que, contrairement aux andains, les piles statiques ne sont pas retournées fréquemment. Par conséquent, les piles statiques à aération forcée demeurent encore aujourd'hui la méthode de prédilection utilisée pour composter des biosolides ou des matières de consistance et d'homogénéité similaires. Il y a quelques installations traitant des déchets solides séparés à la source et mixtes qui utilisent les piles statiques pour la seconde phase de compostage. Cette technique est habituellement employée lors de la phase de mûrissement, soit après que la dégradation des particules (ou leur enlèvement par tamisage) ait eu lieu.

Tel qu'il a été mentionné, les piles statiques à aération forcée sont rarement utilisées seules pour le compostage des MOSS. Elles sont plutôt utilisées lors de la seconde phase de compostage (la maturation) dans le but de capturer et de traiter les odeurs. Le principal désavantage à l'utilisation de cette méthode pour le compostage des MOSS est l'absence d'agitation mécanique qui, par conséquent, ralentit la désintégration physique des matériaux.

## Système couvert en pile statique avec aération forcée (différent du système en vase clos)

**Description générale :** Lorsque les installations de compostage ont commencé à utiliser les sacs d'ensilage pour le compostage, appelés « pods », il est devenu difficile de classer clairement ce type de système. Cette technologie est essentiellement un procédé de compostage en pile statique avec aération forcée réalisé dans des sacs d'ensilage en plastique (polyéthylène). L'air est injecté dans le sac et en ressort par des petites ouvertures situées sur les côtés du sac. Dans son enquête annuelle sur les installations de compostage, *BioCycle*, magazine sur le compostage et le recyclage des matières organiques ([www.biocycle.net](http://www.biocycle.net)), a commencé à étiqueter cette technologie « système couvert en pile statique avec aération forcée », afin de la distinguer du système de compostage en vase clos, lequel s'opère dans des contenants rigides (contenants en métal et compartiments en béton, par exemple). Aux États-Unis, un certain nombre d'installations de compostage de matières organiques séparées à la source (provenant essentiellement des industries et des commerces, mais également des MOSS) utilisent cette technologie par ensilage puisqu'elle propose un contenant de rétention à un coût moindre que celui des vases clos rigides. La phase de compostage active est généralement suivie par une phase de compostage en andain permettant d'accélérer la décomposition physique des matériaux (notamment la portion des feuilles et des résidus de jardin) qui ne se sont pas physiquement dégradés durant la première phase sans agitation mécanique. Les sacs peuvent être placés sur une surface compactée (non pavée) tout en répondant aux exigences propres au compostage des MOSS. Les différentes matières sont préalablement mélangées et chargées dans les sacs à l'aide d'un bélier mécanique ou d'un rotor du genre tarière. Généralement, les sacs sont placés sur une pente légère de manière à ce que le lixiviat puisse s'écouler à une des extrémités et être traité subséquemment.

Le sac d'ensilage en polyéthylène est d'une longueur de 60 mètres, mais perd environ 1,5 mètre de chaque côté une fois rempli. Le plus petit sac d'ensilage mesure 1,5 mètre de diamètre. Un sac d'ensilage rempli peut contenir approximativement 150 m<sup>3</sup> de résidus ou 70 tonnes de matières premières. Le plus grand sac mesure 3 mètres de diamètre et contient environ 380 m<sup>3</sup> ou 180 tonnes. On peut réduire la taille des sacs en découpant et en clampant le grand sac à l'aide d'une bande scellée également utilisée pour refermer les sacs de pleine grandeur de façon étanche.

Un autre procédé de système de compostage couvert en pile statique avec aération forcée a été introduit en Europe, il y a plus d'une dizaine d'années. La technologie utilise une membrane couvrante brevetée qui est perméable aux substances gazeuses, mais qui retient les émissions d'odeurs. Les piles sont formées sur une surface de béton munie de tranchées d'aération. Un dispositif d'enroulement automatique déroule la membrane sur les piles. La membrane est ensuite scellée au sol à la base des piles, empêchant ainsi l'air de s'échapper. L'air est soufflé à travers les piles. Les particules odorantes, contenues dans la condensation formée là où la surface de la pile rencontre la membrane, sont capturées et réinjectées dans la pile. Cette dernière agit en fait comme un biofiltre désintégrant les particules odorantes. Une fois les exigences en terme de durée, de température et de réduction des agents pathogènes atteintes, le compostage peut être finalisé en andains extérieurs. Seulement quelques installations de compostage traitant (ou autorisées à traiter) des MOSS ont commencé à utiliser la technologie de couverture à l'aide de la membrane.



Cette technique semble efficace en ce qui a trait à la gestion des odeurs et reçoit ainsi l'approbation des régulateurs de la qualité de l'air locaux et des citoyens avoisinants.

Équipement de compostage pour système couvert en pile statique avec aération forcée (différent du système en vase clos) : Le système de sac requiert les sacs, le système d'aération, de l'équipement pour remplir les sacs et du matériel pour mélanger les matières premières au préalable. Le système de couverture à l'aide d'une membrane est vendu en trousse et inclut la membrane de couverture, le dispositif d'enroulement, l'équipement de contrôle et d'aération. Une surface de béton (avec tranchées d'aération ou tuyauterie en plastique) est requise.

Avec l'utilisation des sacs en plastique ou de la membrane, un bâtiment n'est pas nécessaire et réduit ainsi l'investissement initial. Dans certains cas, les installations préfèrent faire mûrir le compost dans un bâtiment séparé de type grange afin de garder les matières au sec et d'optimiser ainsi le tamisage du produit final. Un avantage des sacs d'ensilage est qu'une installation de compostage peut traiter un volume considérable de matières sans les coûts d'investissement liés à l'achat de plusieurs contenants en vase clos ou à la construction d'aires de béton supplémentaires. (À l'inverse, les sites à surface limitée peuvent ne pas avoir la capacité d'utiliser cette façon de contenir les piles). Même si l'investissement initial de la technologie de couverture à l'aide d'une membrane est plus élevé que celui des sacs, le système permet à l'installation de contrôler les odeurs, ce qui est de la plus grande importance, tant du point de vue des nuisances que de la perception du public. Une des raisons principales pour lesquelles les responsables de la santé et de la qualité de l'air de l'État de Washington ont approuvé cette technologie pour le compostage des MOSS était justement qu'elle permettait le traitement des émissions.



## Conteneurs modulaires en vase clos (statique)

**Description générale :** Les systèmes de compostage en conteneurs ont l'avantage d'être modulables ; des conteneurs individuels sont ajoutés à mesure que le volume augmente. Le nombre d'unités ou modules détermine l'échelle des opérations. Cette catégorie de systèmes en vase clos utilise une méthode de compostage statique, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'agitation mécanique pendant que les matières sont dans le conteneur ou dans le tunnel. Au lieu de cela, l'agitation est opérée quand les matières sont déchargées. Des ventilateurs fournissent l'oxygène et dissipent l'humidité et la chaleur. Dans la plupart des cas, l'air est introduit à la base de la matière et passe à travers la masse de compost jusqu'à une zone supérieure située tout en haut. Dans d'autres situations, l'air est aspiré à travers la matière. Dans l'un ou l'autre de ces modes d'aération (positive ou négative), l'air du procédé est traité à travers un biofiltre, habituellement situé dans un conteneur séparé. Différents systèmes commerciaux de conteneurs sont actuellement utilisés pour le traitement des MOSS. Les variations entre les différents systèmes commerciaux ont trait au type et à la taille des conteneurs, ainsi qu'aux systèmes accessoires comme les systèmes de contrôle, l'équipement de chargement et de gestion du lixiviat.

Certains systèmes ont été modélisés à partir, ou même formés avec, des conteneurs en acier pour le chargement des déchets solides, ce qui fournit une enceinte durable, qui est modulable et mobile. Une fois que les conteneurs sont remplis, ils sont connectés à la tuyauterie centrale d'alimentation en air. Les matières sont compostées en lots. Dans le procédé classique, les conteneurs sont d'abord remplis. Après une certaine période, allant de 10 jours à trois semaines par exemple, les conteneurs sont déchargés afin que leur contenu puisse être mélangé et le taux d'humidité ajusté, si nécessaire. Certaines installations utilisent le mécanisme de vidange des conteneurs sur les camions à ordures pour décharger les conteneurs. Au fil des ans, les fabricants de conteneurs en vase clos ont modifié les systèmes d'aération, de gestion du lixiviat et d'isolation, afin d'optimiser le processus de compostage et de pouvoir opérer durant toute l'année. Les stratégies d'aération et de contrôle du procédé pour ces unités peuvent être polyvalentes et très techniques. Elles peuvent comprendre des contrôles par ordinateur (à la fois sur le site et à distance), vérifiant plusieurs paramètres du procédé, la variation du débit et la direction de l'air, ainsi que la recirculation de l'air. Dans les installations classiques, les matières restent dans les conteneurs durant approximativement 3 semaines et demie et doivent ensuite être traitées davantage dans des andains ou des piles statiques à aération forcée.

Les conteneurs modulaires sont situés à l'extérieur, supprimant ainsi le besoin d'un bâtiment équipé d'un système de contrôle des odeurs pour la phase la plus active de compostage. Cependant, la plupart des sites de compostage utilisant cette technologie ont un bâtiment à la fois pour la phase de mûrissement et pour le déchargement des conteneurs (afin d'éviter cette période source d'odeurs et d'opérer malgré les intempéries climatiques). Par conséquent, il y a toujours cette nécessité d'investir dans la construction d'un bâtiment et dans le traitement des odeurs. Avec sa possibilité d'ajuster le mélange de départ et de recharger le conteneur, le compostage en lot peut aider à optimiser le flux moyen du procédé (à l'inverse de certaines technologies, comme celle des aires d'agitation ou des piles statiques à aération forcée, où ceci est impraticable si ce n'est impossible).

En contrepartie, ces opérations nécessitent plus de travail et d'équipement. Certaines installations peuvent employer le même type de camion utilisé pour la collecte des conteneurs à déchets.

Un seul système d'aération et de biofiltration peut accommoder plus de 20 conteneurs. Chaque conteneur supplémentaire augmente les économies réalisées en répartissant les coûts fixes liés à l'aération et au système de contrôle du procédé, au biofiltre, au mélangeur, au déchargeur de conteneurs et autres appareils de manutention des matières. Alors que les conteneurs peuvent être utilisés tout au long du procédé de compostage des MOSS, les installations ne les utilisent généralement que durant la phase active du procédé. Ils réservent habituellement le contrôle accru du procédé et le traitement intense de l'air pour cette période où les matières premières en compostage sont hautement fermentescibles. Ceci réduit le nombre total de conteneurs nécessaires, diminuant ainsi les coûts initiaux. Tout comme les méthodes de piles statiques à aération forcée, l'utilisation de conteneurs pour le traitement des MOSS ne fournit pas l'agitation mécanique permettant de désagréger physiquement les particules. Par conséquent, afin d'accélérer le temps global de compostage (et d'augmenter ainsi la capacité de production), les installations utilisent l'agitation mécanique durant la phase finale du procédé de compostage.

## Tunnels en vase clos modulaires (tunnels statiques)

**Description générale :** Les systèmes de compostage en tunnel sont essentiellement des conteneurs aérés munis d'une ventilation par aération forcée à travers un sous-plancher, d'une circulation interne de l'air et habituellement d'un biofiltre. Les tunnels sont chargés à partir d'une extrémité et sont gérés en lots une fois le tunnel rempli. Plusieurs tunnels peuvent être utilisés afin d'opérer de façon quasi continue. Les dimensions du tunnel varient considérablement. Dans les multiples installations nord-américaines utilisant les tunnels pour transformer les boues d'usines d'épuration des eaux usées ou les biosolides, les matières sont chargées et déchargées en utilisant des chargeurs frontaux.

Équipement de compostage en tunnel : tunnels, système d'aération, biofiltre et équipement de chargement/déchargement (généralement un chargeur à traction avant).

Les systèmes en vase clos modulaires ont la faculté de faire plus que simplement composter les MOSS. Comme dans le cas des autres systèmes en piles statiques, utiliser des tunnels statiques pour le traitement des MOSS ne fournit pas l'agitation mécanique permettant de physiquement désagréger les particules. Par conséquent, afin d'accélérer le temps global de compostage (et d'augmenter ainsi la capacité de production), les installations utilisent l'agitation mécanique durant la phase finale de compostage. De plus, ces systèmes servent seulement à réaliser le processus initial de décomposition de la matière. Le produit issu de ces tunnels n'est pas un produit de compostage stable; il reste toujours la nécessité de procéder à une phase de maturation, qui est généralement effectuée dans une installation séparée de compostage en andain.

## Aires de compostage en vase clos (agitation mécanique)

**Description générale :** Les aires d'agitation compostent les matières dans des « silos horizontaux » formés de longues allées munies de murs en béton. Un équipement de retournement se déplace au-dessus des lits et fait avancer les matières. À chaque retournement, l'aération forcée est fournie à travers le plancher du couloir; le haut du couloir est ouvert. Ainsi, techniquement parlant, un couloir n'est pas un système en vase clos, mais il est tout de même classé dans cette catégorie car il est habituellement (du moins pour le compostage des matières organiques résidentielles) contenu dans un bâtiment. La plupart des systèmes sont opérés en utilisant un mode d'aération positive (l'air est injecté à travers la pile) afin d'éviter que le lixiviat s'accumule dans les conduits d'aération et réduise ainsi le débit d'air. Pour limiter l'air du procédé devant être traité pour les odeurs, certains systèmes ont des rideaux de plastique autour du périmètre des aires de compostage. Dans certains cas, il y a un plafond suspendu au dessus des aires pour contenir davantage les odeurs. Ceci réduit les niveaux moyens d'ammoniacque dans l'ensemble du bâtiment et permet aux opérateurs de travailler sans risque autour du périmètre des aires de compostage, notamment lors des opérations de chargement et déchargement, par exemple. Cette pratique permet également de contenir l'humidité et l'ammoniacque qui s'échappent des matières en compostage et qui contribuent à la corrosion du bâtiment.

Toutes les aires d'agitation opèrent dans un mode similaire. Les matières premières sont mélangées et chargées à l'extrémité avant du silo. Commençant à l'extrémité où s'opère le déchargement, le retourneur se déplace le long du couloir vers l'extrémité de chargement. À chaque passage, la matière est déplacée vers l'arrière du couloir, jusqu'à ce que les matières soient finalement déchargées en tant que compost qui a atteint les exigences de temps et de température en ce qui concerne l'élimination des agents pathogènes. La matière est déplacée d'une distance de 2 à 4 mètres à chaque rotation, selon le type de retourneur utilisé. La longueur du couloir et la fréquence du retournement déterminent la période de compostage à l'intérieur du couloir (généralement une période de 10 à 28 jours). Les dimensions des couloirs individuels varient selon les systèmes commerciaux avec des profondeurs allant de 1 à 2,4 mètres et des largeurs de 1,9 à 3,8 mètres. La longueur des couloirs s'étend habituellement sur environ 60 à 90 mètres. La plupart des installations utilisent plusieurs couloirs et un seul retourneur. Les installations plus volumineuses (qui se sont agrandies en ajoutant des couloirs de compostage supplémentaires) peuvent parfois avoir recours à deux unités d'agitation ou plus. Certaines technologies font appel à un seul lit formé d'un unique et large couloir de 7,4 à 12 mètres de largeur et 30 mètres de longueur, par exemple. Un pont roulant soutient et déplace le retourneur le long du lit en formant des bandes.

Équipement de compostage pour les aires d'agitation : L'équipement approprié dans une cuve de compostage en vase clos agité est généralement composé d'un agitateur et d'un design pour l'aération. Les fournisseurs offrent des aires de diverses largeurs et hauteurs; certaines sont abritées dans des structures fabriquées en métal tandis que d'autres le sont dans des structures en tissu. Toutes les installations compostant des MOSS traitent l'air du procédé à travers un biofiltre. Les matières à composter peuvent être mélangées avant d'être chargées dans les aires; la plupart des installations font mûrir les matières dans une structure séparée (ouverte sur les côtés ou close). Dans certaines installations, on retrouve un système d'aération forcée durant la phase de maturation.

## Silos verticaux en vase clos

**Description générale :** Les silos verticaux utilisés pour le compostage des MOSS sont aérés de manière passive, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'aération forcée. La matière est plutôt contenue à la verticale dans des « cages » faites de grillage qui permettent à l'air de passer au travers de la pile. Les cages peuvent être hautes (de 3,7 à 4,3 mètres de hauteur, par exemple) et longues, mais elles ont généralement un diamètre limité à environ 1,25 mètre. Ainsi, le cœur de la masse de compostage est à, tout au plus, deux pieds de la zone d'air qui entoure la cage.

Plusieurs technologies de silo vertical ont été commercialisées dans les années 1980 pour le compostage des biosolides d'origine municipale. Contrairement aux cages décrites précédemment, ces silos verticaux sont des vases clos fabriqués en acier qui sont chargés par le dessus à l'aide de convoyeurs. L'aération est forcée à travers la masse en compostage. Un système, qui est d'ailleurs toujours commercialisé en Amérique du Nord, a été élaboré à partir d'une technologie de « lances d'air » brevetée, avec des « tubes » d'aération en plastique rigide traversant verticalement l'intérieur du silo. La plupart des installations ont deux silos, un pour la phase de compostage active et le second pour la phase de maturation. La matière est transférée d'une unité à l'autre au moyen d'un convoyeur.

Les installations de compostage des biosolides utilisant les technologies de silos verticaux ont eu à relever le défi d'un approvisionnement constant en air à travers l'ensemble de la masse de compostage. Par conséquent, plusieurs de ces installations étaient ennuyées par des problèmes d'odeur. À l'instar des autres systèmes de compostage statique étudiés dans le présent document, le manque d'agitation mécanique peut ralentir la décomposition physique des matières en compostage. La matière à composter est digérée à l'avance et devrait ainsi être composée de particules de tailles relativement uniformes quelque peu dégradées (le manque d'agitation mécanique n'étant plus un problème de cette façon). Lorsque le voisinage est relativement près, l'incapacité à contenir et traiter l'air du procédé (quand les silos sont situés à l'extérieur afin de tirer avantage du débit d'air) peut s'avérer être un défi pour les sites utilisant cette technologie.

## Tambours rotatifs

**Description générale :** Un bon nombre de systèmes de compostage des déchets solides en Amérique Nord utilisent un tambour rotatif (aussi appelé digesteur) durant la première phase de compostage. Les tambours rotatifs ne constituent qu'une étape d'un procédé complet de compostage. Ils doivent être utilisés en tandem avec une autre méthode de compostage. Les tambours rotatifs sont populaires, car ils servent à plusieurs activités : mélanger, réduire la taille sans déchiqueter et trier. Durant la période de rétention de trois jours (pré-compostage), le processus de compostage est engagé, permettant la dégradation des matières hautement fermentescibles, comme les résidus alimentaires. De l'air est introduit dans le tambour pour aérer la matière; l'air du procédé est habituellement traité à l'aide d'un biofiltre. À mesure que la matière sort du tambour, elle passe à travers un tamis, permettant d'enlever les contaminants. L'utilisation des tambours rotatifs permet une meilleure capacité à trier les contaminants, tout spécialement le plastique, étant donné qu'il n'a pas encore été réduit en de fines particules pouvant passer à travers le système de tamisage sans être interceptées.

Une distinction importante entre les tambours rotatifs et les conteneurs en vase clos est que les tambours ne sont utilisés que pour la phase initiale de compostage. La plupart des installations possédant des conteneurs en vase clos n'utilisent les tambours que pour la première étape, moment où le contrôle du procédé est critique; utiliser des conteneurs pour l'ensemble du processus de compostage serait coûteux.

Équipement pour tambour rotatif : Essentiellement, le tambour est un équipement complet en lui-même qui remplace les broyeurs ou les déchiqueteurs, ainsi que l'équipement de mixage au site de compostage. Des convoyeurs sont requis pour les matières entrantes et sortantes du tambour.

## PROCÉDÉ DE TRAITEMENT BIOLOGIQUE EN ABSENCE D'OXYGÈNE

### La digestion anaérobie (DA)

**Description générale :** La digestion anaérobie (DA) est la biodégradation des matières organiques en absence d'oxygène. Durant le processus, du biogaz contenant du méthane et du dioxyde de carbone est produit. Ce biogaz peut être utilisé comme un combustible générant de l'énergie. La matière obtenue après la digestion est de la matière organique partiellement stabilisée, qui peut alors être compostée pour produire du compost.

Équipement pour la digestion anaérobie : Équipement spécialisé comportant un système de réduction en pâte pulvérisant ou transformant les intrants en matière première de taille uniforme pour la chambre ou le silo de digestion anaérobie. Les fournisseurs offrent des systèmes de diverses capacités de traitement, avec la possibilité d'injecter du liquide directement (du fumier, des boues, etc.). Des systèmes de digestion anaérobie en une et deux étapes sont offerts, étapes durant lesquelles les solides sont séparés des liquides et traités dans un système séparé. Toutes les installations qui utilisent la DA pour transformer les MOSS traitent l'air du procédé à l'aide d'un biofiltre. Les matières sont habituellement préalablement mélangées avant d'être chargées dans les silos; l'ensemble du mûrissement de la matière est opéré dans une structure à part (ouverte sur les côtés ou close). Dans certaines installations, une aération est opérée durant la phase de mûrissement.

La digestion anaérobie comporte un certain nombre d'avantages, incluant :

- La génération d'énergie : Le biogaz produit durant la DA fournit un combustible pour la génération de chaleur et d'électricité, remplaçant ainsi l'utilisation des combustibles fossiles. La DA peut être un producteur d'énergie net. Contrairement au compostage qui exige la consommation d'énergie pour fournir l'aération nécessaire à l'activité microbienne.
- Des avantages environnementaux : Les émissions de gaz à effet de serre sont réduites par le biais du traitement des déchets par digestion anaérobie, à la fois grâce à la suppression des émissions produites par les combustibles fossiles et à la capture du carbone dans les déchets qui, autrement, aurait été libéré dans l'atmosphère en tant que CO<sub>2</sub> (compostage) ou CH<sub>4</sub> (enfouissement).

Les inconvénients de la digestion anaérobie comprennent :

- Le coût : La digestion anaérobie est considérablement plus coûteuse que le compostage aérobie. Les économies réalisées au niveau de la taille peuvent faire baisser les coûts pour les usines de plus grande envergure, mais on peut s'attendre à ce que le coût soit dans une gamme de prix comparable à celle de l'incinération et du traitement thermique avancé.



- Antécédents de la technologie : Bien que la digestion anaérobie ait eu du succès en Europe, cette technologie doit faire ses preuves en Amérique du Nord. Il y a eu élaboration de sites de démonstration et quelques essais à des installations à grande échelle. Le succès de la digestion anaérobie dépend directement d'un certain nombre de facteurs comprenant la qualité de la matière première, les prix liés à l'électricité et les marchés du produit final; les conditions en Amérique du Nord pour ces facteurs diffèrent de celles en Europe.

- Problèmes liés aux odeurs : Puisque la digestion anaérobie traite la partie biodégradable du flux des déchets (la partie qui se décompose), les odeurs provenant d'une usine de DA sont un élément à considérer sérieusement. Bien que la perception du public de la digestion anaérobie soit généralement positive, les périodes odorantes d'une usine ayant recours à la DA peuvent faire tourner l'opinion publique locale contre l'usine. Une usine qui est conçue et qui opère de façon à diminuer les émissions d'odeur ne devrait pas avoir de problèmes majeurs d'émanations, mais c'est un point qui doit être pris en compte lors de la planification et du choix de l'emplacement d'une usine.

Les deux premiers inconvénients sont relativement importants. En dépit des avantages de la DA, le fait que son utilisation soit coûteuse et pas encore complètement prouvée en Amérique du Nord en fait une option moins accessible actuellement que le compostage aérobie.

## Les coûts des divers procédés

Les gammes de frais financiers présentées ci-dessous sont par tonne produite, en prenant pour acquise une production minimum d'au moins 50 000 tonnes par année.

- Compostage en andain : de 40 à 60 \$ par tonne produite
- Compostage en andain couvert : de 100 à 150 \$ par tonne produite
- Compostage aérobie en vase clos : de 300 à 500 \$ par tonne produite
- Digestion anaérobie : de 500 à 700 \$ par tonne produite