



**Fiches synthèses**  
**Procédés de compostage extérieur**



## PROCÉDÉS DE COMPOSTAGE EXTÉRIEUR

### Description du procédé

Le compostage est un procédé biologique qui s'effectue dans des conditions contrôlées et qui transforme la matière organique en un produit stable ressemblant à de l'humus. Au cours du compostage, plusieurs microorganismes, dont des bactéries et des champignons, décomposent la matière organique en éléments plus simples. Le compostage est un procédé aérobique, ce qui signifie que les microorganismes ont besoin d'oxygène pour décomposer la matière organique.

Le traitement par compostage extérieur peut être divisé en deux étapes, soit la phase de décomposition rapide et la phase de maturation. La décomposition rapide est également appelée « thermophile ». Durant cette phase, la biodégradation fait augmenter la température à l'intérieur du tas de matières organiques à plus de 45°C. C'est durant cette phase que s'effectue la majorité du travail de décomposition de la matière organique. Cette phase de décomposition s'accompagne d'une réduction du volume de matières organiques. La réduction est imputée à la perte de structure de la matière ainsi qu'à la transformation de la matière sous forme de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et de vapeur d'eau.

La deuxième étape du compostage est la phase de maturation. Cette étape est plus lente et moins intense que la première phase. Cette seconde phase permet de réduire d'avantage la taille des matières organiques.

Le compostage est donc basé sur l'action des microorganismes. Ceux-ci nécessitent des paramètres spécifiques pour se multiplier. Les principaux paramètres du compostage sont le rapport entre le carbone et l'azote, l'aération, l'humidité, la structure et la température. Le respect de ces paramètres influence la durée totale du compostage. Plus les paramètres sont favorables, plus la réaction se fera rapidement. Par contre, plus le niveau de contrôle de ces paramètres est élevé, plus les équipements et les infrastructures utilisées doivent être sophistiquées. Les principales technologies de compostage extérieur sont les suivantes :

– Andains retournés sur aires ouvertes

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. 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.

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 contrôles portatifs. Le retournement de l'andain introduit de l'oxygène, accélère la dégradation 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.



## PROCÉDÉS DE COMPOSTAGE EXTÉRIEUR

### – Piles statiques aérées sur aires ouvertes

Le compostage extérieur en piles statiques à aération forcée comprend l'extraction (négative) d'air à travers une pile de compost et l'agitation. 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. Des agents structurants sont généralement ajoutés pour rendre la pile plus poreuse et pour permettre d'améliorer la circulation de l'air et le contrôle des températures. 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. La méthode des piles statiques à aération forcée est rarement utilisée pour le compostage de matières nécessitant une dégradation physique. Ceci est dû au fait que, contrairement aux andains, les piles statiques ne sont pas retournées fréquemment, ce qui réduit la dégradation physique de la matière. Ce procédé est habituellement employé lors de la phase de mûrissement, soit après que la dégradation des particules (ou leur enlèvement par tamisage) ait eu lieu.

### – Compostage statique aéré et recouvert

Plusieurs technologies correspondent à cette approche. Par exemple, le compostage en pile statique aérée et recouverte peut être 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. Cette approche est différente d'un système de compostage en vase clos, lequel s'opère dans des contenants rigides (contenants en métal et compartiments en béton, par exemple). La phase de compostage active est généralement suivie par une phase de maturation en andain, ce qui permet d'accélérer la décomposition physique des matériaux qui ne se sont pas physiquement dégradés durant la première phase sans agitation mécanique.

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. Une autre approche serait de réaliser le compostage dans une enceinte de béton à trois côtés située à l'extérieur ou sous un abri. Les matières organiques peuvent également être recouvertes d'une toile perméable aux gaz et imperméable à l'eau.

### Intrants

Matières organiques triées à la source (feuilles, gazon, résidus alimentaires)  
Structurants (copeaux de bois, etc.)

### Extrants

Compost de qualité supérieure

### Avantages

- Méthode, technologie et équipements simples.
- Excellent rapport qualité prix.
- Peut être utilisé avec de petites quantités

### Inconvénients

- Matière exposées aux intempéries, donc contrôle difficile de l'humidité et des odeurs.
- Nécessité de capter et traiter les eaux de ruissellement
- Durée de compostage longue.
- Nécessite une grande superficie de terrain.
- Nécessite l'ajout de matériaux structurants.

### Exemples de promoteurs

Les Composts du Québec : [www.composts.com](http://www.composts.com)  
Ferti-Val : [www.ferti-val.com](http://www.ferti-val.com)  
GSI : [www.emsolutions.com](http://www.emsolutions.com)



<b>PROCÉDÉS DE COMPOSTAGE EXTÉRIEUR</b>
<b>Critères environnementaux</b>
<b><u>Caractéristiques des sous-produits</u></b>
Les sous-produits du compostage issu de matières triées à la source sont des matières résiduelles non compostables (verre, plastique, métal, granulats). Ces matières ne sont pas considérées comme des matières dangereuses. Les sites de compostage extérieur produisent également du lixiviat qui doit être traité.
<b><u>Analyse de cycle de vie</u></b>
La mise en place d'une installation de compostage extérieur exige peu de ressources naturelles, principalement pour les techniques d'andains et de piles statiques. De plus, le compostage des matières organiques permet de prévenir la formation de méthane dans les lieux d'enfouissement. Ce procédé consomme peu d'énergie (principalement l'essence de la machinerie lourde pour le retournement périodique de la matière). Ce procédé est généralement implanté en zone rurale et en ce sens, nécessite un transport des matières plus important qu'un procédé situé en zone industrielle.
<b><u>Performance du procédé</u></b>
Le taux de performance dépend du taux de contamination du flux de matières acheminées au centre de traitement. Le taux de contamination est intimement lié à la performance de la collecte des résidus organiques et donc, à ce que les utilisateurs mettent dans les contenants destinés à cette collecte. La contamination est donc en fonction des activités de sensibilisation et de communication. On peut estimer un taux de contamination d'environ 5%, ce qui se traduit par un taux de performance de 95%. Certaines expériences municipales ont montré que le taux de performance peut être encore plus élevé. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Performance de 97,5% des matières organiques triées à la source (Ville de Saint-Bruno, 2003)</li> <li>- Performance de 97,2% des matières organiques triées à la source (Ville de Sherbrooke, 2003)</li> </ul> <p>Un taux de performance de 95% ne signifie pas que 95% des matières organiques générées par les ménages est valorisé et qu'il n'en reste que 5% dans les déchets ultimes. Le taux de performance de 95% signifie seulement que 95% de ce qui est mis dans les contenants destinés au compostage est effectivement valorisable et transformé en compost.</p>
<b><u>Flexibilité du procédé</u></b>
Ce procédé traite généralement des matières organiques (résidus alimentaires, résidus verts) triées à la source. Au Québec, d'autres matières organiques sont également compostées : biosolides papetiers, résidus forestiers, biosolides municipaux, résidus agroalimentaires, fumiers et lisiers, etc. Ce procédé est sans effet sur les matières plastiques, le verre et le métal.



## PROCÉDÉS DE COMPOSTAGE EXTÉRIEUR

### Critères sociaux

#### Contrôle des nuisances

Les systèmes de compostage extérieur ouverts ne permettent pas un contrôle facile des paramètres du compost comme la température et l'humidité, ce qui peut mener à la formation d'odeurs. De plus, pour des raisons de salubrité, le compostage extérieur est peu utilisé pour le traitement de résidus alimentaires. Ou alors, la proportion de résidus alimentaires dans la masse totale à composter est très faible (présence de résidus forestiers ou autres). D'ailleurs, pour des raisons de salubrité, l'état de la Californie interdit le compostage extérieur de résidus alimentaires dans des systèmes ouverts (Conseil canadien du compostage, 2005).

#### Santé et sécurité

La santé et la sécurité des travailleurs dépendent des opérations effectuées, de l'équipement utilisé et du niveau de mécanisation et d'automatisation de la chaîne de traitement. La majorité des opérations se sont à l'aide de machinerie lourde. Les risques inhérents à ce procédé sont davantage liés à l'opération de la machinerie qu'à la manipulation des matières organiques.

La manipulation de matières organiques, par exemple avec une étape de tri manuel, pourrait exposer les travailleurs à différents contaminants comme la poussière, les composées organiques volatiles et à des bactéries. Toutefois, des mesures protectrices simples existent et peuvent être utilisés par les travailleurs, ce qui rend le risque non-significatif. De plus, il n'y a généralement pas de tri manuel dans les installations de compostage extérieur.

#### Utilisation du territoire

Compte tenu du contrôle difficile des paramètres du procédé, le compostage extérieur est généralement implanté en zone rurale. Des sites de compostage sont fréquemment installés à proximité de lieux d'enfouissement, comme dans la MRC du Haut-Saint-François ou dans la MRC du Granit.

Selon Recyc-Québec, la superficie requise pour l'implantation de ce procédé est variable, soit un hectare par tranche de 2 000 à 8 000 tonnes de matières à traiter (Recyc-Québec, 2006).

#### Création d'emplois en Estrie

Selon les données fournies par Ferti-Val, le traitement de 150 000 tonnes de matières compostables a créé 50 emplois, soit 7 emplois par tranche de 20 000 tonnes de matières (Tiré du site web de Ferti-Val, décembre 2006).

#### Perception du milieu

Le compostage extérieur est généralement bien perçu en terme d'approche de gestion des matières organiques, bien que des craintes relatives aux odeurs soient soulevées. Le point sensible est donc la localisation d'une installation de compostage et non le procédé comme tel.



<b>PROCÉDÉS DE COMPOSTAGE EXTÉRIEUR</b>		
<b>Critères économiques</b>		
<b><u>Prix de revient</u></b>		
<p>Selon Recyc-Québec, le prix de revient du compostage extérieur varie de 20 à 40\$ la tonne, selon le procédé utilisé. (Guide sur la collecte et le compostage des matières organiques du secteur municipal, 2006)            Toutefois, les résultats d'un récent appel d'offres de la ville de Longueuil montrent un prix de traitement de 65\$ la tonne (communication personnelle, ville de Longueuil, 2006).            En 2005, le coût du traitement des matières organiques de la ville de Sherbrooke était de 45 \$ la tonne (communication personnelle, ville de Sherbrooke, 2006).</p>		
<b><u>Coûts d'immobilisation</u></b>		
<p>Les coûts d'immobilisation sont très variables, selon les procédés utilisés. Selon Recyc-Québec, ils varient de 50 à 200\$ par tonne traitée (Recyc-Québec, 2006).</p>		
<b><u>Statut commercial</u></b>		
<p>Le compostage extérieur est un procédé de traitement bien connu et maîtrisé. Son statut de développement peut être qualifié de « commercial établi » avec plusieurs centaines d'installations dans le monde et en Amérique. La région de l'Estrie compte d'ailleurs deux entreprises actives dans ce domaine, soit Ferti-Val à Sherbrooke et Les composts du Québec (anciennement GSI) à Bury.</p>		
<b><u>Exemples d'implantation</u></b>		
<b><u>Endroit</u></b>	<b><u>Procédé</u></b>	<b><u>Capacité de traitement (tonnes par année)</u></b>
Ville de Lac-Mégantic	Piles statiques	2 000
Bury (Composts du Québec)	Piles statiques	70 000
Sherbrooke (Ferti-Val)	Piles statiques, piles statiques aérées	150 000
<b><u>Échéancier de réalisation</u></b>		
<p>L'établissement d'un site de compostage extérieur nécessite une autorisation en vertu de l'article 22 de la LQE. L'échéancier de réalisation, incluant les études d'avant-projet et les demandes d'autorisation gouvernementales, est estimé à moins de deux ans.</p>		



**Fiches synthèses**  
**Procédés de compostage intérieur**



## PROCÉDÉS DE COMPOSTAGE INTÉRIEUR

### Description du procédé

Le compostage intérieur est basé sur le même principe et répond aux mêmes paramètres que le compostage extérieur, soit la décomposition biologique de la matière organique dans des conditions contrôlées et en présence d'oxygène. Le compostage intérieur se divise également en les deux mêmes étapes, soit la phase de décomposition rapide et la phase de maturation.

Parce que les opérations se déroulent à l'intérieur d'un bâtiment, dans un environnement stable, les différents paramètres qui influencent les activités des microorganismes comme l'aération, l'humidité et la température peuvent être bien contrôlés, ce qui accélèrent le processus de biodégradation et la vitesse de production du compost. Ce haut niveau de contrôle nécessite toutefois des équipements et des infrastructures sophistiqués.

Les principales technologies de compostage intérieur sont les suivantes :

– Silos-couloirs

Le compostage par silos-couloirs est un système où les matières organiques sont compostées dans de longues allées ou couloirs horizontaux munis de murs en béton. Le tout est aménagé à l'intérieur d'un bâtiment. Un équipement de retournement assure l'aération des matières organiques. Ce retourneur se déplace au-dessus des silos-couloirs. Celui-ci permet à la fois de retourner les matières organiques et de les faire avancer dans le silo-couloir, de façon à permettre le dépôt de nouvelles matières au début du silo. Des systèmes d'aération forcée peuvent également être inclus à travers le plancher du silo-couloir.

Un réseau de distribution d'air est généralement constitué de tuyaux perforés recouverts d'une couche de matériaux granulaires ou d'un plancher d'aération. Le plancher d'aération peut être divisé en zones contrôlées par le système de ventilation qui permet l'aération de l'ensemble des matières selon le stage de compostage.

– Conteneurs ou tunnels en vase clos

Il s'agit de systèmes statiques, dont les deux principales techniques sont l'utilisation de conteneurs ou de tunnels. La matière organique est introduite dans les tunnels et les conteneurs, à l'intérieur desquels elle est soumise à une aération forcée. Dans ces systèmes dits en vase clos, l'aération forcée contrôlée implique la re-circulation d'une partie de l'air de procédé dans le système. La re-circulation et le confinement complet de ces systèmes réduit la quantité d'air à traiter, facilite le traitement et le contrôle des odeurs tout en limitant l'exposition des travailleurs, des équipements et des bâtiments.

L'utilisation de ventilateurs permet l'oxygénation des matières organiques, tout en dissipant la chaleur et l'humidité. L'aération peut se faire de façon positive (air introduite sous les matières organiques) ou de façon négative (air aspirée à travers les matières organiques). Dans les deux cas, l'air du procédé est généralement traité grâce à un biofiltre.

On parle de technique statique puisque que les matières organiques ne sont pas agitées à l'intérieur du conteneur ou du tunnel. L'agitation des matières s'opère seulement lorsque les matières sont déchargées. Comme pour les autres technologies basées sur l'aération forcée, le compostage en conteneurs ou en tunnels en



## PROCÉDÉS DE COMPOSTAGE INTÉRIEUR

vase clos requiert un conditionnement approprié des matières, notamment en ce qui a trait au mélange préalable de matières. Parfois on procède à deux étapes subséquentes de compostage en module fermé. Le temps de rétention des matières dans les tunnels ou les conteneurs est généralement d'environ 10 à 14 jours et peut aller jusqu'à trois (3) semaines.

L'étape de maturation peut ensuite être effectuée avec des andains retournés sur aire ouverte ou avec des piles statiques aérées.

Les systèmes de compostage en conteneurs ont également l'avantage d'être modulables. Ainsi, de nouveaux conteneurs sont utilisés à mesure que le volume de matières à traiter augmente.

### – Bioréacteurs en continu

Cette catégorie de technologies repose sur l'aération forcée et l'agitation mécanique des matières dans des systèmes fermés modulaires qui fonctionnent en continu, c'est-à-dire que de nouvelles matières peuvent être introduites régulièrement dans le procédé. Ces systèmes impliquent également le captage et le traitement de l'air. Celle-ci est souvent re-circulée partiellement dans le procédé. Ces systèmes comprennent habituellement des dispositifs d'alimentation et d'évacuation mécanisés afin de permettre une alimentation en continue. Parmi les technologies où il y a aération forcée et agitation mécanique, on distingue deux principales variantes, soit les tambours rotatifs et les silos verticaux.

Les technologies de tambours rotatifs sont basées sur un mode d'alimentation en continu et le temps de rétention est court, soit de quelques heures à trois (3) jours. Ces installations possèdent habituellement une grande capacité de traitement. Elles sont très rarement destinées au compostage des résidus municipaux triés à la source, mais plutôt aux opérations de tri-compostage de matières résiduelles mixtes provenant d'une collecte à deux voies (matières recyclables et matières résiduelles mixtes). Quant aux silos verticaux, ceux-ci sont alimentés par le haut à l'aide de dispositifs mécanisés, par exemple des convoyeurs fermés. Le cheminement des matières s'effectue du haut vers le bas où un dispositif d'évacuation mécanisé est situé. Il peut s'agir d'une vis sans fin ou d'un convoyeur. Le temps de rétention dans ces systèmes varie de sept (7) à 28 jours.

### Intrants

Matières organiques triées à la source (feuilles, gazon, résidus alimentaires)  
Structurants (copeaux de bois, etc.)

### Extrants

Compost de qualité supérieure

### Avantages

- Durée du compostage réduite comparativement au compostage extérieur
- Nécessite moins d'espace
- Permet un contrôle des odeurs
- Installation possible dans une zone industrielle
- Possibilité de réduire les distances de transport

### Inconvénients

- Prix de revient plus élevés
- Coûts d'immobilisation plus élevés
- Procédé plus complexe avec davantage de mécanisation

### Exemples de promoteurs

Les Composts du Québec : [www.composts.com](http://www.composts.com)  
Biomax inc (filiale de Conporec) : [www.conporec.com](http://www.conporec.com)



<b>PROCÉDÉS DE COMPOSTAGE INTÉRIEUR</b>
<b>Critères environnementaux</b>
<b><u>Caractéristiques des sous-produits</u></b>
Les sous-produits du compostage issu de matières triées à la source sont des matières résiduelles non compostables (verre, plastique, métal, granulats). Ces matières ne sont pas considérées comme des matières dangereuses.
<b><u>Analyse de cycle de vie</u></b>
La mise en place d'une installation de compostage extérieur exige plus de ressources naturelles qu'un site extérieur (construction d'un bâtiment, nécessite davantage d'équipements). Le compostage des matières organiques permet de prévenir la formation de méthane dans les lieux d'enfouissement. Ce procédé consomme peu d'énergie, L'énergie est nécessaire principalement pour le fonctionnement des équipements de retournement et de transport des matières organiques. Ce procédé peut être implanté en zone industrielle.
<b><u>Performance du procédé</u></b>
Le taux de performance dépend du taux de contamination du flux de matières acheminées au centre de traitement. Le taux de contamination est intimement lié à la performance de la collecte des résidus organiques et donc, à ce que les utilisateurs mettent dans les contenants destinés à cette collecte. La contamination est donc en fonction des activités de sensibilisation et de communication. On peut estimer un taux de contamination d'environ 5%, ce qui se traduit par un taux de performance de 95%. Certaines expériences municipales ont montré que le taux de performance peut être encore plus élevé. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Performance de 97,5% des matières organiques triées à la source (Ville de Saint-Bruno, 2003)</li> <li>- Performance de 97,2% des matières organiques triées à la source (Ville de Sherbrooke, 2003)</li> </ul> Un taux de performance de 95% ne signifie pas que 95% des matières organiques générées par les ménages est valorisé et qu'il n'en reste que 5% dans les déchets ultimes. Le taux de performance de 95% signifie seulement que 95% de ce qui est mis dans les contenants destinés au compostage est effectivement valorisable et transformé en compost.
<b><u>Flexibilité du procédé</u></b>
Ce procédé traite généralement des matières organiques (résidus alimentaires, résidus verts) triées à la source. Au Québec, d'autres matières organiques sont également compostées : biosolides papetiers, résidus forestiers, biosolides municipaux, résidus agroalimentaires, fumiers et lisiers, etc. Ce procédé est sans effet sur les matières plastiques, le verre et le métal.



## PROCÉDÉS DE COMPOSTAGE INTÉRIEUR

### Critères sociaux

#### Contrôle des nuisances

Les systèmes de compostage intérieur permettent un meilleur contrôle des paramètres du compost comme la température et l'humidité, ce qui permet de réduire la formation d'odeurs. De plus, d'autres moyens sont utilisés pour réduire les nuisances comme le captage et le traitement de l'air par biofiltre, le maintien du bâtiment en pression négative, l'utilisation de portes à fermeture rapide, système de sas, contrôles météorologiques.

#### Santé et sécurité

La santé et la sécurité des travailleurs dépendent des opérations effectuées et de l'équipement utilisé. La majorité des opérations sont mécanisées ou se font à l'aide de machinerie lourde. Les risques inhérents à ce procédé sont davantage liés à l'opération de la machinerie qu'à la manipulation des matières organiques.

La manipulation de matières organiques, par exemple avec une étape de tri manuel, peut exposer les travailleurs à différents contaminants comme la poussière, les composés organiques volatiles et à des bactéries. Toutefois, des mesures protectrices simples existent et peuvent être utilisés par les travailleurs, ce qui rend le risque non-significatif. De plus, il n'y a généralement pas de tri manuel dans les installations de compostage intérieur.

#### Utilisation du territoire

Compte tenu du contrôle possible des paramètres du procédé, le compostage intérieur peuvent être localisés en zone industrielle. Selon Recyc-Québec, la superficie requise pour l'implantation de ce procédé est d'environ un hectare pour chaque tranche de 10 000 tonnes de matières à traiter (Recyc-Québec, 2006).

#### Création d'emplois en Estrie

Selon les données fournies par la compagnie Miller group, qui exploite un site de compostage intérieur à Darmouth en Nouvelle-Écosse, le traitement de 25 000 tonnes de matières compostables a créé 13 emplois, soit 10 emplois par tranche de 20 000 tonnes de matières (communication personnelle, 12 décembre 2006)

#### Perception du milieu

Le compostage est généralement bien perçu en terme d'approche de gestion des matières organiques, bien que des craintes relatives aux odeurs soient soulevées. Les craintes sont généralement plus importantes dans le cas d'une infrastructure située à proximité ou dans le périmètre urbain, par exemple dans un parc industriel, d'où l'importance des mesures et techniques de contrôle des nuisances.



<b>PROCÉDÉS DE COMPOSTAGE INTÉRIEUR</b>		
<b>Critères économiques</b>		
<b><u>Prix de revient</u></b>		
<p>Selon Recyc-Québec, le prix de revient du compostage extérieur varie de 45 à 90\$ la tonne, selon le procédé utilisé. (Guide sur la collecte et le compostage des matières organiques du secteur municipal, 2006). Compte tenu des récents coûts associés au compostage extérieur, il apparaît raisonnable de considérer que les coûts du compostage intérieur tendent davantage vers 90\$ que vers 45\$ la tonne.</p> <p>Par exemple, le site de compostage de New Era Farms, en Nouvelle-Écosse affichait un prix de revient de 68\$ par tonne en 1999 (Biocycle Magazine, 1999). Ce prix peut être estimé à environ 80\$ par tonne en 2006.</p> <p>Plus près de chez-nous, Recyc-Québec a estimé à 75\$ par tonne le coût du traitement au site de compostage intérieur de Rawdon (Recyc-Québec, 2004).</p>		
<b><u>Coûts d'immobilisation</u></b>		
<p>Les coûts d'immobilisation sont très variables, selon les procédés utilisés. Selon Recyc-Québec, ils varient de 200 à 500\$ par tonne traitée (Recyc-Québec, 2006).</p>		
<b><u>Statut commercial</u></b>		
<p>Le compostage intérieur est un procédé de traitement bien connu, maîtrisé. Son statut de développement peut être qualifié de « commercial établi » avec plusieurs centaines d'installations dans le monde et en Amérique. Au Québec, on trouve un centre de compostage intérieur situé dans la région de l'Outaouais.</p>		
<b><u>Exemples d'implantation</u></b>		
<b><u>Endroit</u></b>	<b><u>Procédé</u></b>	<b><u>Capacité de traitement (tonnes par année)</u></b>
L'Ange-Gardien, Qc (Composts du Québec)	Silo couloir (Robotcompost)	40 000
Chertsey, Qc (Compo-Recycle)	Tunnel fermé	22 000
Dartmouth, N-E (Miller Composting)	Lit continu (Ebara)	25 000
Halifax, N-E (New Era Farms)	Conteneurs (Stinnes Enerco)	27 500
<b><u>Échéancier de réalisation</u></b>		
<p>L'établissement d'un site de compostage intérieur nécessite une autorisation en vertu de l'article 22 de la LQE. L'échéancier de réalisation, incluant les études d'avant-projet et les demandes d'autorisation gouvernementales, est estimé à environ 33 mois.</p>		



**Fiches synthèses**  
**Procédés de tri-compostage**



## PROCÉDÉS DE TRI-COMPOSTAGE

### Description du procédé

Le tri-compostage est un procédé de traitement qui se rapproche du compostage intérieur par bioréacteur en continu. Contrairement aux autres traitements de compostage qui sont basés sur un gisement où des matières compostables séparées à la source étaient valorisées, le tri-compostage traite des déchets ultimes, généralement d'origine résidentielle. Ce procédé est également appelé « BMT » pour *Biological Mechanical Treatment*, puisqu'il allie une combinaison de traitements biologiques et mécaniques.

Les matières sont généralement accumulées dans une fosse adjacente à l'aire de réception. Les matières sont introduites dans un bioréacteur, par exemple à l'aide d'un grappin installé sur un pont roulant. Les matières passent de trois à cinq jours dans un bioréacteur. Le bioréacteur est une infrastructure fermée, en forme de tunnel où l'environnement est contrôlé et où les matières sont oxygénées et retournées. À la sortie du bioréacteur, on obtient un mélange de compost jeune et de matières inertes (verre, métal, plastique, granulats, etc.) provenant du flux de déchets. Un premier tri est opéré afin de retirer les matières inertes, par exemple, à l'aide d'un tamis rotatif. Le compost est acheminé dans un bâtiment de maturation. Le compost séjourne plusieurs semaines dans l'aire de maturation où il est soumis à une aération forcée. À la fin du processus, on retire à nouveau les matières inertes qui sont demeurées dans le compost.

Toutes les opérations se déroulent dans des bâtiments fermés qui peuvent également être maintenus sous une pression négative. L'air capté est utilisé pour aérer de façon continue le compost en maturation et est ensuite traité dans un biofiltre. Selon les différents systèmes, il se peut que l'étape de maturation se déroule à l'extérieur.

Ce qui distingue le tri-compostage d'une autre installation de compostage en tunnel qui traiterait des matières compostables triées à la source n'est pas tant la technologie de compostage utilisée, mais plutôt l'intrant utilisé (les déchets ultimes non triés) ainsi que la qualité du compost obtenu. L'utilisation de déchets ultimes non triés dans le processus a un effet négatif sur la qualité du compost produit (qualité B).

### Intrants

Déchets ultimes domestiques non triés

### Extrants

Compost de qualité inférieure  
Matières recyclables  
Matières inertes à éliminer

### Avantages

- Durée du compostage réduite comparativement au compostage extérieur
- Nécessite moins d'espace
- Permet un contrôle des odeurs
- Installation possible dans une zone industrielle
- Possibilité de réduire les distances de transport
- Procédé peu sensible aux changements dans la composition du flux de déchets ultimes

### Inconvénients

- Prix de revient plus élevés
- Coûts d'immobilisation plus élevés
- Procédé plus complexe avec davantage de mécanisation
- Compost produit de qualité inférieure (B)
- Difficulté de retirer les contaminants de la matière

### Exemples de promoteurs

Comporec : [www.comporec.com](http://www.comporec.com)

Bedminster International : [www.bedminster.com](http://www.bedminster.com)



## PROCÉDÉS DE TRI-COMPOSTAGE

### Critères environnementaux

#### Caractéristiques des sous-produits

Les sous-produits du tri-compostage de déchets ultimes sont des matières résiduelles non compostables (verre, plastique, métal, granulats, etc.). Certaines de ces matières peuvent être recyclées. Toutefois, elles sont souillées, ce qui peut diminuer leur valeur sur les marchés. Le procédé génère également des résidus inertes qui doivent être enfouis. Conoprec estime que son procédé génère les extrants et sous-produits suivants :

- Compost : 38%
- Recyclage : 14%
- Rejets à éliminer : 25%
- Perte de masse (principalement en eau et en CO<sub>2</sub>) : 23%

(tiré d'un mémoire par Conoprec dans le cadre des consultations publiques sur le projet de PMGMR de la CMM en 2003)

Autre exemple, le procédé Bedminster qui est utilisé par la ville d'Edmonton

- Compost : 29 à 46 %
- Recyclage : 1%
- Rejets à éliminer : 15 à 38%
- Perte de masse (principalement en eau et en CO<sub>2</sub>) : 32%

(tiré d'une réponse de Bedminster à une enquête menée par Juniper Consultants en 2005)

Le compost produit à partir de déchets ultimes est de catégorie B. En moyenne, ce compost se vend 10,50\$ la tonne en vrac, comparativement à 24,50 \$ la tonne pour du compost de catégorie AA (CRIQ, 2003). Les données insuffisantes pour la vente en sac de compost de catégorie B, ce marché étant très peu développé. À titre informatif, le compost de catégorie AA en sac se vend plus de 80\$ la tonne (CRIQ, 2003).

#### Analyse de cycle de vie

La mise en place d'une installation de tri compostage exige un peu plus de ressources naturelles qu'un site de compostage intérieur, compte tenu que des équipements additionnels qui doivent être utilisés pour tamiser le produit final et aussi pour la re-circulation des eaux de procédé.

Le compostage des matières organiques permet de prévenir la formation de méthane dans les lieux d'enfouissement.

Comme ce procédé traite des déchets ultimes, il est efficace sur les résidus verts et les résidus alimentaires, mais aussi les papiers et cartons qui n'ont pas été déposés dans la collecte sélective des matières compostables ainsi que les autres fibres non recyclables (fibres sanitaires, mouchoirs, essuie-tout, etc.). Ce procédé agit donc sur l'ensemble des matières organiques ou compostables présentées dans le flux de déchets ultimes.

Ce procédé est consommateur d'énergie. L'énergie est nécessaire principalement pour le fonctionnement des équipements de compostage (bioréacteur, retournement) et de la machinerie nécessaire au transport des matières organiques dans l'installation.

Finalement, ce procédé peut être implanté en zone industrielle.



PROCÉDÉS DE TRI-COMPOSTAGE
Critères environnementaux
<u>Performance du procédé</u>
<p>Selon Conporec, le tri-compostage permet d'obtenir un taux de performance de 75% dans un contexte de gestion où seulement la collecte sélective des matières recyclables est offerte.</p> <p>Selon Bedminster, le procédé permet une performance de 62 à 84%. La performance du procédé est directement influencée par le contenu en matières organiques du flux de déchets ultimes.</p>
<u>Flexibilité du procédé</u>
<p>Ce procédé traite les déchets ultimes non triés. Comme il s'agit d'un procédé de compostage, celui est actif seulement sur les matières organiques (résidus alimentaires, résidus verts, papier et carton) contenues dans les déchets ultimes. Règle générale, les installations de tri-compostage sont également équipées pour recevoir et traiter des biosolides municipaux. Ce procédé est sans effet sur les matières plastiques, le verre et le métal et les autres matières inorganiques.</p>



## PROCÉDÉS DE TRI-COMPOSTAGE

### Critères sociaux

#### Contrôle des nuisances

Tout comme les systèmes de compostage intérieur, les installations de tri-compostage permettent de contrôler certains paramètres de la formation du compost comme la température et l'humidité, ce qui permet de réduire la formation d'odeurs. De plus, d'autres moyens sont utilisés pour réduire les nuisances comme le captage et le traitement de l'air par biofiltre, le maintien du bâtiment en pression négative et l'utilisation de portes à fermeture rapide, de système de sas ou de contrôle météorologique.

De plus, le contrôle des nuisances sera maximal si l'étape de maturation du compost a lieu elle aussi à l'intérieur.

#### Santé et sécurité

La santé et la sécurité des travailleurs dépendent des opérations effectuées et de l'équipement utilisé. La majorité des opérations sont mécanisées ou se sont à l'aide de machinerie lourde. Les risques inhérents à ce procédé sont davantage liés à l'opération de la machinerie qu'à la manipulation des matières organiques.

La manipulation de matières organiques, par exemple lors du nettoyage d'équipement, peut exposer les travailleurs à différents contaminants comme la poussière, les composées organiques volatiles et à des bactéries contenues dans les déchets ultimes. Toutefois, ces contaminants peuvent facilement suivi et contrôlés. De plus, des mesures protectrices simples existent et peuvent être utilisés par les travailleurs, ce qui rend le risque non-significatif.

#### Utilisation du territoire

Compte tenu du contrôle possible des paramètres du procédé, le tri-compostage peut être localisé en zone industrielle, à condition que l'étape de maturation ait lieu à l'intérieur. Selon les dimensions de l'usine de Conporec à Delaware County, la superficie requise pour l'implantation de ce procédé est d'environ un hectare pour chaque tranche de 20 000 tonnes de matières à traiter (Biocycle Magazine 2006).

#### Création d'emplois en Estrie

Compte-tenu de la similitude des équipements nécessaires entre le compostage intérieur et le tri-compostage, on peut estimer que le nombre d'emplois créés sera comparable, soit environ 10 emplois par tranche de 20 000 tonnes de matières traitées.

#### Perception du milieu

La perception du tri-compostage est difficile à évaluer. Au Québec, on ne compte qu'une installation de tri-compostage, opérée par Conporec à Sorel-Tracy. Les craintes soulevées par le milieu avoisinant sont principalement liées aux odeurs. Par exemple, à ces débuts, Conporec a été confronté à plusieurs problèmes et de nombreuses plaintes. Depuis, malgré l'amélioration de son système, il semble que la compagnie traîne un peu malgré elle ce faux-départ à Sorel-Tracy.



## PROCÉDÉS DE TRI-COMPOSTAGE

### Critères économiques

#### Prix de revient

Selon les données contenues dans le PGMR de la MRC du Bas-Richelieu, on peut estimer un prix de revient de 100 \$ la tonne (PGMR de la MRC du Bas-Richelieu). Une donnée supplémentaire a été obtenue auprès de la ville d'Edmonton, qui estime à 85\$ la tonne, le prix de revient de son infrastructure de tri-compostage (ville d'Edmonton, 2006).

#### Coûts d'immobilisation

Par exemple, l'installation de Bedminster à Edmonton a nécessité un investissement de 96M \$ en 2001 pour une capacité de traitement de 250 000 tonne par année, ce qui équivaut à 384 \$ par tonne (tiré d'une réponse de Bedminster à une enquête menée par Juniper Consultants en 2005). Une telle capacité de traitement n'est cependant pas nécessaire en Estrie et nécessiterait l'importation de matières résiduelles.

Autre exemple, Conporec a récemment construit une usine de tri-compostage à Delaware County, près d'Albany dans l'état de New York. Cette infrastructure a nécessité un investissement de 25 M \$ en 2005, pour une capacité de traitement de 35 000 tonnes par année, ce qui équivaut à 714 \$ par tonne (Conporec 2006). Conporec a également annoncé en 2006 un projet d'implantation d'un centre de tri-compostage en Australie, au coût de 70 M \$, pour une capacité de traitement de 100 000 tonnes par année, ce qui équivaut à 700\$ par tonne (Conporec 2006).

Aussi, certaines estimations ont été fournies par Conporec à la MRC du Val-Saint-François, les coûts d'immobilisation varient de 500 à 600 à 850 \$ par tonnes pour des capacités de traitement de 100 000, 50 000 et 20 000 tonnes par année (Conporec 2006).

#### Statut commercial

Le tri-compostage intérieur est un procédé de traitement bien connu et maîtrisé. Son statut de développement peut être qualifié de « commercial établi » avec plusieurs dizaines d'installations dans le monde. Au Québec, on trouve un centre de tri-compostage, soit à Sorel-Tracy (Montérégie).

#### Exemples d'implantation

<u>Endroit</u>	<u>Procédé</u>	<u>Capacité de traitement (tonnes par année)</u>	<u>Année d'ouverture</u>
Sorel-Tracy, Qc (Conporec)	Bioréacteur continu	35 000	1993
Edmonton, Ab (Bedminster)	Bioréacteur continu	285 000	2000
Delaware County, NY (Conporec)	Bioréacteur continu	35 000	2005

#### Échéancier de réalisation

L'établissement d'un site de compostage intérieur nécessite une autorisation en vertu de l'article 22 de la LQE. Selon Conporec, le délai d'implantation serait de 18 mois, suivant la signature du contrat. En ajoutant à ce chiffre les études d'avant-projet et les demandes d'autorisation gouvernementales, le choix d'un site, etc., l'échéancier serait de deux à quatre ans.



**Fiches synthèses**  
**Procédés de méthanisation**



## PROCÉDÉS DE MÉTHANISATION

### Description du procédé

La méthanisation, également appelé compostage anaérobie, ou digestion anaérobie, permet de produire du compost, mais le principal intérêt de ce procédé est la production et la valorisation de biogaz. La méthanisation est la transformation biologique des matières organiques en absence d'oxygène.

Le procédé résulte de l'action de micro-organismes qui convertissent les matières riches en carbone en biogaz. Le biogaz produit avec ce procédé est composé principalement de méthane et de gaz carbonique. La composition exacte varie selon les matières qui sont méthanisées. Le biogaz peut alors être utilisé comme combustible ou alors servir à la production d'électricité. Ce procédé agit seulement sur les matières organiques. Toutefois, la méthanisation ne s'applique pas aux résidus verts ligneux comme les branches et le bois.

Il existe plusieurs façons ou technologies pour transformer le carbone organique en méthane en modifiant les paramètres des matières dans lesquels les différents micro-organismes effectuent la transformation. Les variables qui influencent le travail des micro-organismes sont :

- la température du procédé

La méthanisation peut être réalisée de façon thermophile (> 45°C) ou mésophile (35 à 40°C). Les procédés thermophiles ont l'avantage d'assurer une meilleure destruction des pathogènes présents dans les matières.

- le taux d'humidité des matières

Les matières peuvent être sèches ou humides. Dans le cas de procédés humides, les matières sont généralement broyées et transformées en une pâte liquide. Quant aux procédés secs, les matières sont conditionnées pour atteindre un taux de siccité de 15 à 40 %.

Ce procédé agit seulement sur la portion biodégradable des matières. Le rendement de cette approche dépend donc grandement de la composition du gisement à traiter de sorte que la digestion anaérobie s'applique mieux aux gisements riches en matières compostables qu'aux gisements pauvres. En Amérique, les deux seules infrastructures de méthanisation fonctionnant à grande échelle se trouvent dans la région de Toronto. Ces installations traitent des matières compostables triées à la source.

La méthanisation émerge en Europe, principalement en Allemagne. Quant au procédé de méthanisation des déchets ultimes, des essais ont lieu actuellement en Espagne dans des usines de grande capacité de traitement, mais les résultats de ces essais ne sont pas encore publics.

### Intrants

### Extrants

Matières organiques triées à la source  
ou  
Déchets ultimes domestiques non triés

Biogaz, Digestat  
Matières inertes à éliminer  
Matières recyclables (si l'intrant est composé de déchets ultimes)



<b>PROCÉDÉS DE MÉTHANISATION</b>	
<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procédé qui maximise la production de biogaz</li> <li>- Peut être utilisé pour d'autres matières organiques (biosolides municipaux, lisiers)</li> <li>- Nécessite moins d'espace que le compostage extérieur</li> <li>- Permet un contrôle des odeurs</li> <li>- Installation possible dans une zone industrielle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prix de revient élevé</li> <li>- Coûts d'immobilisation élevés</li> <li>- Procédé complexe</li> <li>- Procédé sensible aux changements dans la composition du flux de déchets ultimes</li> <li>- Le digestat doit subir une étape de maturation (compostage extérieur) avant d'être utilisé</li> <li>- Procédé peu efficace pour le traitement des feuilles et du bois</li> </ul>
<b>Exemples de promoteurs</b>	
<p>BTA : <a href="http://www.bta-technologie.de">www.bta-technologie.de</a> (procédé utilisé par Halton Recycling à New Market et par la ville de Toronto)</p> <p>Dranco : <a href="http://www.ows.be">www.ows.be</a></p> <p>Linde KCA : <a href="http://www.linde-kca.com">www.linde-kca.com</a></p> <p>Valorga: <a href="http://www.valorgainternational.fr">www.valorgainternational.fr</a></p> <p>Bedminster International: <a href="http://www.bedminster.com">www.bedminster.com</a></p>	



## PROCÉDÉS DE MÉTHANISATION

### Critères environnementaux

#### Caractéristiques des sous-produits

Les sous-produits de la méthanisation de déchets ultimes sont des matières résiduelles non compostables (verre, plastique, métal). Ces matières peuvent être recyclées. Toutefois, elles sont souillées, ce qui peut diminuer leur valeur sur les marchés. Le procédé génère également des résidus inertes qui doivent être enfouis. La portion organique des matières est transformée en « digestat » au terme de la méthanisation. Ce digestat est l'équivalent d'une forme de compost immature. Ce digestat doit donc subir une étape de maturation, généralement par un compostage en andains, avant de pouvoir être valorisé.

#### Analyse de cycle de vie

La mise en place d'une installation de méthanisation requiert plus de ressources naturelles qu'un site de tri-compostage, compte tenu que des équipements de traitement des matières, de captage et de valorisation des biogaz formés.

Le compostage des matières organiques permet de prévenir la formation de méthane dans les lieux d'enfouissement.

Ce procédé est un producteur d'énergie et peut être implanté en zone industrielle, ce qui réduit les distances de transport.

#### Taux de performance

Le taux de performance sera variable, en fonction de la composition des intrants. Si les intrants proviennent d'une collecte de matières organiques triées à la source, le taux de performance sera comparable à la performance du compostage, soit environ 95%. Toutefois, si les intrants sont composés de déchets ultimes, on peut estimer que le taux de performance sera comparable au tri-compostage, soit environ 75%, dans la mesure où le digestat issu du procédé subit une étape de maturation pour devenir du compost qui sera valorisé.

Le biogaz issu de la méthanisation est généralement composé de :

- Méthane (CH<sub>4</sub>) 45 à 65 %
- Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) 25 à 45 %
- Vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O) 6 %
- Hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) Traces

#### Flexibilité du procédé

Ce procédé traite les matières organiques (résidus alimentaires, papier et carton) contenues dans les déchets ultimes. Ce procédé ne s'applique pas aux résidus verts ligneux comme les branches. Les feuilles et le gazon sont difficilement valorisables par méthanisation. La ville de Toronto traite ces matières par compostage aérobie.

Ce procédé est sans effet sur les matières plastiques, le verre et le métal.



## PROCÉDÉS DE MÉTHANISATION

### Critères sociaux

#### Contrôle des nuisances

Tout comme les autres systèmes fermés et à l'intérieur, les installations de méthanisation permettent de contrôler certains paramètres du procédé comme la température et l'humidité, ce qui peut réduire la formation d'odeurs. Pour opérer de façon optimale et minimiser les risques de formation d'odeurs, la composition des matières doit respecter un certain ratio de carbone/azote. Les procédés humides sont généralement plus performants. De plus, d'autres moyens sont utilisés pour réduire les nuisances comme le captage et le traitement de l'air par biofiltre, le maintien du bâtiment en pression négative et l'utilisation de portes à fermeture rapide.

#### Santé et sécurité

La santé et la sécurité des travailleurs dépendent des opérations effectuées et de l'équipement utilisé. La majorité des opérations sont mécanisées et automatisées de sorte que les risques inhérents à ce procédé sont davantage liés à la réception et à l'introduction des matières dans le procédé.

Les risques liés à la manipulation des matières organiques sont considérés non significatifs.

L'opération d'un site de méthanisation comporte certains risques, compte tenu de la production et la valorisation de biogaz.

#### Utilisation du territoire

Compte tenu du contrôle possible des différents paramètres du procédé, la méthanisation peut être localisée en zone industrielle. Selon Recyc-Québec, la superficie requise pour l'implantation de ce procédé est d'environ un hectare pour chaque tranche de 20 000 tonnes de matières à traiter.

#### Création d'emplois en Estrie

Selon les informations obtenues auprès de la ville de Toronto, l'installation de Dufferin emploie 12 personnes, pour une capacité de traitement de 25 000 tonnes par année. Ceci correspond à 10 emplois par tranche de 20 000 tonnes (Anne Weathley, 2006).

D'après les informations fournies par Canada Composting à la ville de New York, une infrastructure de méthanisation d'une capacité de 100 000 tonnes emploierait 25 personnes. Cela correspond 7 emplois par tranche de 20 000 tonnes traitées (Ville de New York).

#### Perception du milieu

Comme il s'agit d'une technologie peu répandue et généralement inconnue du public, il est difficile de déterminer la perception du milieu.

En Ontario, l'installation de Dufferin, opérée par la ville de Toronto fonctionne sans générer de plaintes la majorité du temps. Par contre, l'installation de New Market, opérée par la compagnie Halton Recycling a généré tellement de plaintes que la municipalité poursuit la compagnie devant les tribunaux pour que l'installation soit déclarée « nuisance publique » et qu'elle soit fermée.



## PROCÉDÉS DE MÉTHANISATION

### Critères économiques

#### Prix de revient

Selon Recyc-Québec, le prix de revient de la méthanisation varie de 80 à 120\$ la tonne, selon le procédé utilisé et la capacité de traitement. (Guide sur la collecte et le compostage des matières organiques du secteur municipal, 2006). De plus, la ville de Toronto estime le prix de revient de son installation Dufferin Facility à 130\$ la tonne. À cet endroit des sacs de plastique sont utilisés pour la collecte des matières organiques et l'utilisation de ces sacs augmente toutefois le prix de revient

#### Coûts d'immobilisation

Tout d'abord, selon la FCM, un investissement de 22 M \$ est nécessaire pour une capacité de traitement de 50 000 tonnes de matières organiques triées à la source par année, soit 440 \$ par tonne (FCM, 2004)

Ensuite, l'exemple de Dufferin Facility à Toronto, qui a coûté 10 M \$ en 2001, pour une capacité de traitement de 25 000 tonnes par année, ce qui équivaut à 400\$ par tonne (Ministère de l'environnement de l'Ontario, 2004)

De plus selon la compagnie Organic Waste Systems, le coût des immobilisations est d'environ 16.5 M \$ pour une capacité de traitement de 25 000 tonnes par année, ce qui équivaut à 660 \$ par tonne. (tiré d'une réponse de Organic Waste Systems à un appel de qualification la ville de New York en 2004)

Selon André Giroux, de la ville de Laval, qui a participé au 10<sup>e</sup> congrès mondial sur la digestion anaérobie tenu à Montréal en 2004, les coûts des récentes installations européennes varient aussi beaucoup. Par exemple : 346 \$ la tonne pour Barlecone Ecoparc 2 (Espagne), 480 \$ la tonne pour Varennes-Jarcy (France), 541\$ la tonne pour Braunschweig (Allemagne) et 727 \$ la tonne pour Heppenheim (Allemagne) et 1 000 \$ la tonne pour Calais (France). Barcelone et Varennes-Jarcy ont des capacités de traitement de 100 000 tonnes et plus. Pour les autres, la capacité est en moyenne de 30 000 tonnes par année. (information colligée par André Giroux lors du 10<sup>e</sup> congrès mondial sur la digestion anaérobie, 2004).

Finalement, Recyc-Québec estime que les coûts d'immobilisation reliés à cette technologie varient de 400 à 700\$ par tonne traitée (Recyc-Québec, 2006).

#### Statut commercial

La méthanisation est un procédé de traitement bien connu et maîtrisé pour le traitement de matières organiques triées à la source. Son statut de développement peut être qualifié de « commercial établi » avec plusieurs dizaines d'installation dans le monde, principalement en Europe. Selon les informations recueillies par André Giroux, on comptait 87 usines de méthanisation en Europe en 2004 et de nouvelles usines sont implantées au rythme de 7 par année. En Amérique du Nord, les deux principales infrastructure de méthanisation sont situées près de Toronto, soit à Dufferin et à Newmarket.

Quant au traitement de déchets ultimes non triés, on compte moins d'installations et le statut commercial peut difficilement être considéré au même titre que le traitement de matières triées à la source. Par contre, il est important de souligner que de plus en plus d'installations de méthanisation des déchets ultimes sont construites.



<b>PROCÉDÉS DE MÉTHANISATION</b>			
<b>Critères économiques</b>			
<b><u>Exemples d'implantation</u></b>			
<b><u>Endroit</u></b>	<b><u>Procédé</u></b>	<b><u>Capacité de traitement (tonnes par année)</u></b>	<b><u>Année d'ouverture</u></b>
Dufferin Facility, On (Ville de Toronto)	BTA	25 000	2002
Newmarket, On (Halton Recycling)	BTA	120 000	2000
Barcelone Ecoparc 2	Valorga	240 000	2004
Varenes-Jarcy	Valorga	100 000	2002
Braunschweig		24 000	1997
Heppenheim	Linde BRV	33 000	1999
Calais	Linde KCA	27 000	
<b><u>Échéancier de réalisation</u></b>			
L'établissement d'une infrastructure de méthanisation nécessite une autorisation en vertu de l'article 22 de la LQE. L'échéancier de réalisation, incluant les études d'avant-projet et les demandes d'autorisation gouvernementales, est estimé à environ trois à quatre ans.			



## **Fiches synthèses**

### **Procédés d'incinération avec récupération de l'énergie**



## PROCÉDÉS D'INCINÉRATION AVEC RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE

### Description du procédé

L'incinération de déchets ultimes est une technique bien établie qui est utilisée depuis plus de 100 ans et qui permet de récupérer une partie de l'énergie produite lors de la combustion des déchets ultimes. Les plus grandes installations d'incinération ont une capacité de traitement de plus de 500 000 tonnes par année. Il existe toutefois des installations de plus petite envergure comme à Lévis (25 000 tonnes par année)

Au sens strict du terme, l'incinération signifie seulement l'action de brûler des matières dans un environnement avec un excès d'oxygène. Les traitements thermiques, par l'action de la combustion, réduisent le volume et la masse des déchets et conduisent à leur minéralisation. La combustion avec excès d'air, permet de réduire de 70 % environ la masse des déchets et leur volume de 90 %.

Tous les systèmes d'incinération doivent comporter un système de contrôle de la pollution de l'air, de façon à rencontrer les exigences du REIMR. Un tel système est généralement constitué des éléments suivants : un système de refroidissement des gaz de combustion, un système d'épuration des gaz acides, l'extraction des métaux lourds et un collecteur de poussières. Il faut également gérer les cendres qui subsistent après l'incinération.

Par contre, il est possible de modifier ce traitement pour récupérer la chaleur produite lors de la combustion pour produire de la vapeur. Cette vapeur peut être utilisée pour chauffer des bâtiments ou encore pour produire de l'électricité. La production de l'électricité nécessaire au fonctionnement de l'installation d'incinération est économiquement intéressante. Toutefois, la vente des excédents d'électricité n'apporte pas de bénéfice notable si elle est faite au prix du marché. En revanche, si des clients sont intéressés à acheter la vapeur, ceci diminuerait grandement les coûts d'opération de l'installation.

On peut identifier 3 grandes familles de procédés d'incinération des résidus ultimes

- Incinération des résidus ultimes non conditionnés

L'incinérateur classique est constitué d'une ou de plusieurs grilles. Dans ce cas, les matières parcourent le four en descendant. Le passage d'une grille à l'autre est réalisé par un ensemble de racleurs rotatifs mus par un arbre central vertical. Ce four travaille à contre courant : le déchet descend tandis que les fumées montent. Il a donc un bon rendement thermique.

Les matières sont brûlées dans des conditions où on ne retrouve pas assez d'oxygène pour produire une combustion complète. Les gaz résultant de cette combustion s'élèvent dans une chambre de combustion secondaire, plus riche en oxygène, où se produit une oxydation complète des gaz de combustion.

Les installations d'incinération de déchets ultimes non conditionnés présentes au Canada ont une capacité de traitement variant entre 400 et 850 tonnes par jour (.

- Incinération en four rotatif

Les systèmes d'incinération en four rotatif sont utilisés depuis un demi-siècle pour le traitement et la gestion des matières résiduelles d'origine résidentielle. L'incinérateur est composé du four rotatif cylindrique, légèrement incliné par rapport à l'horizontale, dont le revêtement interne est réfractaire. À la sortie du four se trouve une chambre de combustion secondaire.



## PROCÉDÉS D'INCINÉRATION AVEC RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE

Les matières résiduelles sont introduites de façon discontinue dans le four rotatif, où elles sont brûlées. La température du four est d'environ 850 degrés Celsius et le temps de séjour est généralement de 30 minutes. La légère inclinaison combinée au mouvement de rotation du four permet la descente et le brassage des matières en facilitant la combustion. La fumée ou les gaz sont ensuite traités dans la chambre de combustion secondaire, où la température se situe à plus de 1 000 degrés Celsius.

Le four rotatif est un outil très polyvalent car il permet de traiter simultanément une très grande quantité de déchets boueux, pâteux, liquides mais également solides. Toutefois, les coûts d'entretien et d'exploitation de ce type de four sont élevés et la qualité de la combustion dépend grandement de l'état du matériel réfractaire à l'intérieur du four.

Les fours rotatifs sont également munis de systèmes de contrôle de la pollution de l'air.

- Incinérateur en atmosphère raréfié

Les incinérateurs en atmosphère raréfiée fonctionnent à peu près selon le même principe qu'un incinérateur classique. La principale différence se situe au niveau des systèmes de contrôle de la quantité d'oxygène qui sont beaucoup plus performants et plus élaborés.

De plus, la chambre secondaire comporte des brûleurs auxiliaires, de même que des injecteurs d'air riche en oxygène pour maintenir la température de la chambre secondaire à plus de 1 000 degrés Celsius.

L'incinération en atmosphère raréfiée nécessite également un système de contrôle de la pollution de l'air et on peut y ajouter une chaudière pour la récupération de la chaleur.

<u>Intrants</u>	<u>Extrants</u>
Déchets ultimes non conditionnés	Chaleur et/ou vapeur et/ou électricité Cendres volantes Mâchefers Résidus d'épuration des gaz
<u>Avantages</u>	<u>Inconvénients</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Produit de l'énergie (chaleur, vapeur, électricité)</li> <li>– Réduit le volume et le tonnage des matières résiduelles</li> <li>– Peut être implantée en zone industrielle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Génère des cendres et des mâchefers</li> <li>– Génère des dioxines et des furanes</li> </ul>
<u>Exemples de promoteurs</u>	
Von Rolls Inova : <a href="http://www.vonrollinva.ch">www.vonrollinva.ch</a> (incinérateur de Québec et l'ancien incinérateur de Montréal) Ebara : <a href="http://www.ebara.ch">www.ebara.ch</a> Foster-Wheeler : <a href="http://www.fwc.com">www.fwc.com</a>	



## PROCÉDÉS D'INCINÉRATION AVEC RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE

### Critères environnementaux

#### Caractéristiques des sous-produits

On estime généralement qu'une tonne d'ordures ménagères incinérée conduit à la production de : 230 à 250 kg de mâchefers, 25 à 40 kg de résidus d'épuration des fumées, 20 à 22 kg de métaux ferreux et 0,5 à 1,5 kg de métaux non ferreux (ADEME, 2002).

#### Analyse de cycle de vie

On peut estimer que la mise en place d'une installation d'incinération avec récupération d'énergie requiert autant de ressources naturelles qu'un site de méthanisation.

L'incinération des matières résiduelles permet de prévenir la formation de méthane dans les lieux d'enfouissement tout en produisant de l'énergie sous forme de chaleur. Cette chaleur peut être utilisée pour produire de vapeur et/ou de l'électricité.

L'incinération des matières résiduelles génère toutefois du CO<sub>2</sub>, qui est un gaz à effet de serre.

Ce procédé est un producteur d'énergie et peut être implanté en zone industrielle, ce qui réduit les distances de transport.

#### Performance du procédé

Selon l'expérience de l'incinérateur de la ville de Québec, l'incinération de matières résiduelles domestiques permet de réduire d'environ 70% le tonnage de matières et le volume de 90% (CMQ, 2004).

L'incinération des déchets ultimes génère de l'énergie. Selon l'ADEME, le contenu énergétique des déchets ultimes du secteur municipal avoisine 2 300 kWh par tonne (ADEME, 2002). La chaleur dégagée par la combustion des déchets ultimes est récupérée au niveau de la chaudière sous forme de vapeur. La vapeur ainsi produite peut être valorisée selon trois voies :

- production de chaleur uniquement comme alimentation d'un réseau de chauffage urbain ou privé
- production d'électricité uniquement par le biais d'une turbine à condensation
- production combinée d'électricité (par une turbine à contre-pression) et de chaleur

#### Flexibilité du procédé

L'incinération des matières résiduelles avec récupération de l'énergie est un procédé qui offre une très grande flexibilité de traitement. L'incinérateur est peu ou pas influencé par la composition du flux de matières résiduelles domestiques. Les procédés d'incinération peuvent également traiter certains biosolides municipaux dont la siccité est faible.

La production énergétique d'un incinérateur peut être influencée par le contexte de gestion des matières résiduelles dans lequel il est implanté. Par exemple, une collecte sélective performante, qui retire une grande proportion des plastiques du flux de déchets ultimes peut réduire la quantité d'énergie produite. Par contre, un système qui retire le métal et le verre, qui sont des matières inertes, de même que les résidus verts et les résidus alimentaires, qui sont riches en eau, aura un effet positif sur la quantité d'énergie produite.



## PROCÉDÉS D'INCINÉRATION AVEC RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE

### Critères sociaux

#### Contrôle des nuisances

Selon l'ADEME, on estime généralement qu'une tonne d'ordures ménagères génère 5 200 m<sup>3</sup> de fumées, qui contiennent des polluants qu'il faut capter, tels les poussières, métaux lourds, les dioxines ou les oxydes d'azote. L'équipement pour le traitement des fumées peut comporter plusieurs modules :

- le dépoussiérage, la neutralisation des gaz acides, le traitement des dioxines et furanes, le traitement des oxydes d'azote.

Au Québec, l'INSPQ estime que le risque de cancer relié aux dioxines et aux furanes s'avère souvent non négligeable. Les incinérateurs rejettent aussi des métaux lourds comme plomb, le cadmium et le mercure. L'INSPQ estime que le cadmium peut présenter des risques de cancer dans quelques cas (INSP, 1994).

#### Santé et sécurité

Malgré l'amélioration des systèmes anti-pollution et de nettoyage des gaz, l'opération d'un incinérateur de déchets ultimes d'origine résidentielle comporte certains risques pour les voisins. Il y a des risques associés à la santé par la production de dioxines et à la dispersion de métaux lourds.

Quant aux opérations internes, la majorité de celles-ci sont mécanisées. Les risques inhérents à ce procédé sont davantage liés à l'opération de la machinerie qu'à la manipulation des matières organiques.

#### Utilisation du territoire

Compte tenu du contrôle possible des différents paramètres du procédé, un incinérateur peut être localisée en zone industrielle. De plus, la localisation doit tenir compte de la proximité de clients potentiels pour la vente de la vapeur. Par exemple, l'incinérateur de Québec est situé à proximité d'une grande papetière.

#### Création d'emplois en Estrie

Les incinérateurs sont généralement conçus pour traiter de grandes quantités de matières résiduelles. Par exemple, la capacité de traitement de l'incinérateur de Québec est d'environ 280 000 tonnes par année. Cet incinérateur emploie 84 personnes, soit l'équivalent de 6 emplois par tranche de 20 000 tonnes de matières traitées (Delisle, ville de Québec). De l'autre côté du fleuve, à Lévis, l'incinérateur de la ville, d'une capacité de traitement de 24 000 tonnes, emploie 24 personnes, ce qui correspond à 20 personnes par tranche de 20 000 tonnes de matières traitées (Simard, ville de Lévis).

Dans le cas de l'Estrie, en supposant une installation ayant une capacité de traitement d'environ 100 000 tonnes, on peut estimer que le nombre d'emplois créés sera d'environ 60, soit environ 12 emplois par tranche de 20 000 tonnes traitées.

#### Perception du milieu

Au Québec, l'incinération des matières résiduelles n'est pas très bien perçue. L'incinérateur des Carrières de Montréal, situé dans le quartier Rosemont a fermé ses portes en 1993 à la suite de nombreuses plaintes des citoyens. Les systèmes de contrôle de pollution se sont avérés inefficaces. À Québec, la PGMR de la communauté métropolitaine prévoit la fermeture de son incinérateur en 2024.

Par contre, la production d'électricité et de vapeur par les procédés dits de « cogénération » est mieux perçue et ne suscite généralement pas de réactions négatives. Ces procédés utilisent généralement des matières organiques (résidus forestiers) ou du gaz naturel. On trouve plusieurs usines de « cogénération » au Québec. Par exemple, Kruger à Sherbrooke, Transcanada à Bécancour et Bowater à Senneterre.



## PROCÉDÉS D'INCINÉRATION AVEC RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE

### Critères économiques

#### Prix de revient

Le prix de revient d'un incinérateur dépend grandement de la capacité de traitement de celui-ci. Généralement, plus la capacité de traitement est élevée, plus le prix de revient à la tonne est faible.

Par exemple, Burnaby Incinerator, à Burnaby près de Vancouver, traite 720 tonnes par jour de matières résiduelles non conditionnées dans son installation d'une capacité de 260 000 tonnes par année, pour un prix de revient de 65\$ la tonne (FCM, 2005)

À Brampton en Ontario, KMS traite 140 tonnes par jour (51 000 tonnes par année) de matières résiduelles non conditionnées, dans un four à atmosphère raréfié, pour un prix de revient de 100\$ la tonne (FCM 2005)

À Oshawa, le four rotatif, de GM Autoplex, traite 50 tonnes par jour (18 000 tonnes par année), pour un prix de revient oscillant entre 125 à 150\$ la tonne (FCM, 2005).

#### Coûts d'immobilisation

En France, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) estime que le coût d'immobilisation d'un incinérateur est d'environ 3,6 millions d'euros par tonne traitée à chaque heure. Dans le cas de l'Estrie, une capacité de traitement de 100 000 tonnes par année correspondrait à environ 11,4 tonnes à l'heure, soit un coût d'immobilisation estimé de 41 millions d'euros soit l'équivalent d'environ 62 M \$ canadiens (ADEME, 2003).

L'état du Delaware aux États-Unis estime quant à lui que les coûts d'immobilisation d'un incinérateur d'une capacité de 100 000 tonnes par année oscilleraient de 45 à 55 millions de dollars américains soit environ 53 à 64 M \$ canadiens (Delaware, 2006).

#### Statut commercial

Ce procédé peut être qualifié de commercial établi puisqu'on trouve des centaines d'installations réparties à travers le monde, principalement en Europe (Suisse, Danemark, Pays-Bas). Aux États-Unis, on compte plus de 80 installations d'incinération de matières résiduelles domestiques, et quelques unes au Canada et au Québec (Québec, Lévis, Iles-de-la-Madeleine).

#### Exemples d'implantation

<u>Endroit</u>	<u>Procédé</u>	<u>Capacité de traitement (tonnes par année)</u>
Québec, Qc	Matières non conditionnées	280 000
Burnaby, C-B	Matières non conditionnées	260 000
Oshawa, On	Four rotatif	18 000
Brampton, On	Atmosphère raréfiée	51 000

#### Échéancier de réalisation

L'établissement d'une infrastructure d'incinération des matières résiduelles avec récupération de l'énergie nécessite un décret en vertu de l'article 31.1 de la LQE et est soumis au processus d'évaluation des impacts environnementaux. L'échéancier de réalisation, incluant les études d'avant-projet et les demandes d'autorisation gouvernementales, est estimé à environ 58 mois.



**Fiches synthèses**  
**Procédés de gazéification**



## PROCÉDÉS DE GAZÉIFICATION

### Description du procédé

La gazéification est un procédé qui décompose les matières volatiles en un gaz synthétique (syngaz) sans qu'il n'y ait combustion des matières. Ce gaz résultant est constitué de monoxyde de carbone, d'hydrogène, de dioxyde de carbone et d'azote. La décomposition a lieu dans un environnement où on retrouve une faible quantité d'oxygène. Il y a une oxydation partielle des éléments gazeux en présence d'oxygène à une température oscillant de 600 à plus de 1 000°C selon les procédés (et pouvant atteindre jusqu'à 2 000°C). Le gaz généré peut alors être utilisé dans des chaudières ou bien épuré et utilisé dans des turbines à chambre de combustion.

Les matières volatiles pouvant être gazéifiées incluent les matières compostables, le papier, les fibres sanitaires, le plastique et le bois. Les procédés de gazéification sont plus performants quand la quantité de matières compostables présente dans le flux est faible. En effet, ces matières contiennent beaucoup d'eau et nuisent au procédé.

Certaines matières comme les métaux ferreux et le verre doivent être retirées du flux de matières résiduelles domestiques afin de constituer une matière première convenable au traitement. Également, les résidus doivent être secs (15 à 20% d'humidité) et doivent être broyés de façon à ce que le flux de matières soit plus homogène et texturés pour que la matière atteigne la dimension et la densité appropriée au traitement.

Ainsi, ce type de technologie peut s'inscrire dans une approche de gestion des matières résiduelles basée sur le principe des 3R-V-E puisqu'il est complémentaire à la collecte des matières recyclables et la collecte des matières compostables.

#### – Gazéification en lit fixe

La gazéification en lit fixe a lieu dans une grande chambre d'incinération de forme cylindrique dont le fond est recouvert de sable et de silice. De l'air est injecté à faible vitesse à travers le sable. La présence du sable a un effet positif sur le transfert de la chaleur de l'air vers les matières à traiter.

#### – Gazéification en lit fluidisé

Quant à la gazéification en lit fluidisé, l'air est injecté à travers le lit de sable avec une grande vitesse. Par exemple, quand un flux (gazeux ou liquide) est introduit à travers un lit de particules solides, le fluide voyage à travers le lit en empruntant les espaces libres entre les particules. Lorsque la vitesse du flux est faible, le lit de particules demeure fixe.

Par contre, lorsque la vitesse du flux augmente, il se crée une force aérodynamique qui entraîne les particules du lit vers le haut, à l'opposée de la force gravitationnelle, ce qui force le lit à occuper un plus grand volume alors que les particules s'éloignent les unes des autres. En augmentant encore la vitesse du flux jusqu'à une certaine valeur critique, cette poussée verticale égale la force gravitationnelle, de sorte que le lit de particules se trouve en suspension dans le flux. À ce point précis, on dit que le lit de matières est fluidisé, puisqu'il se comporte comme un fluide (gazeux ou liquide). La fluidisation du lit permet d'utiliser les grains de sable pour transporter l'air et la chaleur vers les matières à traiter. Les matières sont entraînées à travers le lit de sable par le mouvement de convection de l'air et des particules de sable, ce qui permet de maximiser le contact entre l'air et les matières à traiter.



## PROCÉDÉS DE GAZÉIFICATION

- Gazéification au plasma

La torche à plasma est un équipement permettant la production d'un jet de gaz à haute température. Le plasma est produit en faisant passer de l'air dans un courant électrique. Le résultat est un jet de gaz surchauffé, appelé plasma. Celui-ci peut atteindre une température de 8 000 °C. Au contact de ce jet de gaz, les matières résiduelles se décomposent en molécules simples. Le processus est réalisé dans un environnement contrôlé et complètement fermé. L'utilisation de torches à plasma permet de réduire le temps de séjour des matières résiduelles dans la chambre de gazéification. Les matières produites sont un gaz synthétique combustible et un résidu inerte stable.

### Intrants

Déchets ultimes conditionnés

### Extrants

Gaz synthétique (syngaz)  
Résidus inertes (métaux, verre, granulats)  
Résidus d'épuration des gaz

### Avantages

- Produit de l'énergie (vapeur, électricité, biocarburant)
- Taux de performance très élevé
- Produit peu de sous-produits dangereux
- Excellent rendement énergétique
- Génère moins de GES que l'incinération

### Inconvénients

- Prix de revient élevé
- Coût des immobilisations élevé
- Peut nécessiter un prétraitement pour réduire la quantité d'humidité
- Pas de marché actuellement pour le résidu solide

### Exemples de promoteurs

Ebara corporation: [www.ebara.ch](http://www.ebara.ch)  
Énerkem: [www.enerkem.com](http://www.enerkem.com)  
Interstate waste technologies: [www.interstatewastetechnologies.com](http://www.interstatewastetechnologies.com)  
Omnifuel: [www.downstreamsystems.com](http://www.downstreamsystems.com)  
Plasco Energy Group : [www.plascoenergygroup.com](http://www.plascoenergygroup.com)  
GEM America: : [www.gemamericainc.com](http://www.gemamericainc.com)



## PROCÉDÉS DE GAZÉIFICATION

### Critères environnementaux

#### Caractéristiques des sous-produits

Les sous-produits générés par ce procédé sont des métaux, une fraction solide ainsi que des sous-produits du nettoyage du syngaz.

La fraction solide est stable et, selon le procédé utilisé, elle peut être vitrifiée. En Europe et au Japon, ce résidu solide peut être utilisé comme agrégat ou matériel de remblai dans la construction de routes.

Le syngaz doit être épuré avant d'être valorisé. Les sous-produits du nettoyage du syngaz contiennent des métaux lourds. Ces sous-produits représentent environ 2-4% de la quantité de matières traitée (tiré d'une réponse de Omnifuel à un appel de qualification de la ville de Los Angeles en 2005)

Les sous-produits de la gazéification peuvent être résumés ainsi :

- Résidus solides inertes : 10 à 30 % de la quantité traitée
- Résidus de nettoyage du syngaz : 3 % de la quantité traitée

(tiré des réponses de Ebara, Omnifuel, Interstate Waste Technologie, Enkawave en réponse aux appels de qualification des villes de Los Angeles, New York et Toronto)

Le gaz produit par la gazéification des déchets ultimes peut être valorisée selon 4 voies :

- production de chaleur uniquement comme alimentation d'un réseau de chauffage urbain ou privé
- production d'électricité uniquement
- production combinée d'électricité et de chaleur
- production de biocarburant (certains procédés : méthanol et/ou éthanol).

#### Analyse de cycle de vie

On peut estimer que la mise en place d'une installation de gazéification requiert autant de ressources naturelles qu'un site de méthanisation ou d'incinération.

La gazéification des matières résiduelles permet également de prévenir la formation de méthane dans les lieux d'enfouissement tout en produisant de l'énergie sous forme de chaleur. Cette chaleur peut être utilisée pour produire de vapeur et/ou de l'électricité.

De plus, la gazéification offre une meilleure performance énergétique que l'incinération des matières résiduelles, tout en générant moins de CO<sub>2</sub>.

Ce procédé est un producteur d'énergie et peut être implanté en zone industrielle.



## PROCÉDÉS DE GAZÉIFICATION

### Critères environnementaux

#### Performance du procédé

Le taux de performance varie selon les différents procédés utilisés. Règle générale, on peut estimer un taux de performance variant de 70 à 85%, selon le type de gazéification. (tiré des résultats de l'appel de qualification de la ville de Toronto en 2004)

Certains procédés produisent un résidu solide vitrifié qui peut potentiellement valorisé comme agrégat dans la construction de route, qui ferait augmenter le taux de diversion à 95%. Il n'existe toutefois pas de norme ou de marché pour la réutilisation de résidus solides vitrifiés au Québec.

Le syngaz est généralement composé de :

- Hydrogène : 25 à 42 %
- Monoxyde de carbone : 25 à 42 %
- Dioxyde de carbone : 10 à 25 %

(tiré d'une réponse de Interstate Waste Technologie en réponse à l'appel de qualification de Los Angeles)

#### Flexibilité du procédé

Ce procédé traite les matières organiques (résidus alimentaires, papier et carton) contenues dans les déchets ultimes ainsi que les matières plastiques. La gazéification est sans effet sur le verre, le métal et les granulats.

La gazéification est un procédé sensible à l'homogénéité du flux de matières à traiter et aussi au contenu en humidité. Ainsi, le flux de matières doit être broyé de façon à obtenir une granulométrie régulière. De plus, une unité de gazéification qui serait implanté dans le cadre d'un système de collecte à deux voies pourrait devoir faire un prétraitement supplémentaire, par exemple un compostage, pour réduire la quantité de matières organiques et surtout la teneur en eau.

Par contre, ce prétraitement ne serait peut-être pas nécessaire dans un système de gestion à trois voies où environ 50 à 60 % des résidus verts et résidus alimentaires ne se retrouvent pas dans le flux de déchets.

Finalement, le syngaz produit à partir de déchets ultimes peut servir à la production d'électricité. Toutefois, de nouvelles avenues sont explorées pour valoriser le syngaz, par exemple, la transformation du gaz en biocarburant comme l'éthanol.



<b>PROCÉDÉS DE GAZÉIFICATION</b>	
<b>Critères sociaux</b>	
<b><u>Contrôle des nuisances</u></b>	
Les installations de gazéification des matières résiduelles sont généralement pourvues d'un système de contrôle des odeurs. Les odeurs sont générées seulement lors de la réception et de l'entreposage des matières. Les odeurs peuvent être contrôlées par biofiltre. On trouve également des systèmes d'épuration des gaz produits et des poussières (bag house).	
<b><u>Santé et sécurité</u></b>	
La santé et la sécurité des travailleurs dépendent des opérations effectuées et de l'équipement utilisé. La majorité des opérations sont mécanisées et automatisées de sorte que les risques inhérents à ce procédé sont davantage liés à la réception et à l'introduction des matières dans le procédé. Les risques liés à la manipulation des matières organiques sont considérés non significatifs	
L'opération d'un site de gazéification comporte certains risques, compte tenu de la production et la valorisation de syngaz. Toutefois, la gazéification a lieu dans un environnement fermé, sans contact direct avec l'extérieur. De plus, la production de syngaz ne conduit pas à la formation de dioxines et de furanes. Finalement, les résidus solides sont des matières inertes non dangereuses. Les risques liés à la santé et la sécurité peuvent donc être considérés inférieurs à ceux liés à l'incinération.	
<b><u>Utilisation du territoire</u></b>	
Compte tenu du contrôle possible des différents paramètres du procédé, la gazéification peut être localisée en zone industrielle.	
<b><u>Création d'emplois en Estrie</u></b>	
Selon la compagnie Ebara, l'implantation d'une unité de gazéification pourvue d'une capacité de traitement de 40 tonnes par jour (15 000 tonnes par année) créerait 15 emplois. (tiré d'une réponse de la compagnie Ebara à un appel de qualification de la ville de New York en 2004) Compte tenu des économies d'échelle liées à des unités ayant une plus grande capacité de traitement, on peut estimer un ratio de 15 emplois par tranche de 20 000 tonnes de matières traitées.	
<b><u>Perception du milieu</u></b>	
Comme il s'agit d'une technologie peu répandue et généralement inconnue du public, il est difficile de déterminer la perception du milieu. Il est toutefois possible qu'une installation de gazéification soit associée à l'incinération. En effet, les deux procédés impliquent une dégradation par la chaleur et les deux procédés peuvent générer de l'électricité. De plus, visuellement, ces deux installations se ressemblent. Aux deux endroits, on trouve une grande cheminée. La différenciation peut être difficile à faire pour le public. Toutefois, le fait de produire un biocarburant à partir des déchets ultimes (chose que l'incinération ne peut faire) permettrait de différencier facilement les deux procédés. On peut estimer qu'il en résulterait une image plus positive de la gazéification.	



## PROCÉDÉS DE GAZÉIFICATION

### Critères économiques

#### Prix de revient

Le prix de revient est fortement influencé par la capacité de traitement de l'installation. Tout comme l'incinération, des économies d'échelles peuvent être réalisées avec une installation d'une grande capacité. De plus, la valeur de la revente d'électricité ou du biocarburant aura également un grand impact sur le prix de revient. De plus, les prix varient d'un promoteur à l'autre.

Ainsi, la compagnie GEM America estime un prix de revient d'environ 88 \$ par tonne, pour une capacité de traitement de 146 000 tonnes par année.

(tiré d'une réponse de GEM America à un appel de qualification de la ville de New York en 2005)

De son côté, le promoteur Interstate Waste Technologie estime 131 \$/t le prix de revient de son procédé, pour une capacité de traitement de 100 000 tonnes par année

(tiré d'une réponse de IWT à un appel de qualification de la ville de Los Angeles en 2005)

Finalement, la compagnie Ebara estime à 149 \$ par tonne le prix de revient d'une installation de 100 000 tonnes par année.

(tiré d'une réponse de Ebara à un appel de qualification de la ville de Los Angeles en 2005)

#### Coûts d'immobilisation

Les coûts d'implantation d'une installation de gazéification sont relativement élevés, mais des économies d'échelle peuvent être réalisées.

Selon Interstate Waste Technologies, on peut estimer un coût des immobilisations de 480 \$ par tonne à traiter (capacité de traitement annuelle)

(tiré d'une réponse de IWT à un appel de qualification de la ville de New York en 2005)

Également, la compagnie Ebara estime le coûts des immobilisations de son procédé à environ 858 \$ par tonne, pour une capacité de traitement de 100 000 tonnes annuellement.

(tiré d'une réponse de Ebara à un appel de qualification de la ville de Los Angeles en 2005)

Aussi, un investissement de 75 à 100 M\$ est nécessaire pour une installation de 100 000 tonnes par année, soit l'équivalent de 750 à 1000 \$ par tonne traitée (Delaware, 2006).

#### Statut commercial



## PROCÉDÉS DE GAZÉIFICATION

### Critères économiques

L'application de la gazéification au traitement de matières résiduelles domestiques est relativement récente. Il existe donc relativement peu d'entreprises actives dans ce créneau d'activités. Ainsi, le statut commercial de ce procédé varie d'une entreprise à l'autre. Par exemple, le procédé de la compagnie Ebara a un statut commercial, avec plusieurs installations au Japon. Quant à Énerkem, son procédé peut être qualifié de démonstration à Sherbrooke et de semi-commercial au Royaume-Uni.

D'autres compagnies comme Plasco Energy Group et GEM America opèrent ou opéreront sous peu des usines de démonstration, dont une à Ottawa (Plasco).

### Exemples d'implantation

<u>Endroit</u>	<u>Procédé</u>	<u>Capacité de traitement (tonnes par année)</u>
Kawaguchi City, Japon (Asahi Clean Center)	Ebara	168 000
Seki City, Japon (Clean Plaza Chuno)	Ebara	60 000
Chiba, Japon	IWT (thermoselect)	103 500
Romsey, R-U	GEM America	10 000
Londres, R-U	Enerkem	100 000 (pas en operation)
Sherbrooke, Qc	Enerkem	100 à 150 kg/heure
Ottawa, On	Plasco Energy Group	30 000

### Échéancier de réalisation

L'établissement d'une infrastructure de gazéification nécessite un décret en vertu de l'article 31.1 de la LQE et est soumis au processus d'évaluation des impacts environnementaux seulement si la quantité d'électricité produite est supérieure à 10 MW. Dans le cas d'une infrastructure de capacité inférieure, un certificat d'autorisation en vertu de l'article 22 de la LQE est requis et l'échéancier de réalisation, incluant les études d'avant-projet et les demandes d'autorisation gouvernementales, est estimé entre 3 et 5 ans.



**Fiches synthèses**  
**Procédés de pyrolyse**



## PROCÉDÉS DE PYROLYSE

### Description du procédé

La pyrolyse est la destruction d'un corps organique par la chaleur, mais sans qu'il n'y ait de combustion. On parle alors d'un « craquage » de la matière. Contrairement à la gazéification, la réaction a lieu dans un environnement privé d'oxygène. L'absence d'oxygène mène à la formation d'un syngaz dont les constituants sont différents d'un syngaz produit par gazéification (présence d'oxygène). De plus, la pyrolyse a lieu à des températures beaucoup plus faibles que la gazéification (entre 400 et 750°C). Cette réaction thermique en l'absence d'oxygène et à température modérée, conduit à une décomposition des matières organiques. Celles-ci ne brûlent pas, et donnent un composant solide (coke), un gaz chaud et éventuellement des liquides (huile, vapeur d'essence, eau).

Les matières sont généralement prétraitées pour améliorer les résultats de la pyrolyse. Le prétraitement consiste en des étapes de séchage, d'enlèvement des métaux et de broyage afin d'obtenir une matière résiduelle plus homogène. Pour schématiser le procédé, le traitement d'une tonne de matières résiduelles devrait produire environ 400 kg de gaz (hydrogène 15%, monoxyde de carbone 20%, dioxyde de carbone 39%, méthane 12% et gaz d'hydrogène et de carbone 14%). La composition du gaz peut varier en fonction de la composition des matières résiduelles. Aussi, le procédé produit 240 kg de coke et environ 160 kg d'autres matériaux (métaux, sels, résidus inertes). L'huile synthétique est constituée à partir des gaz. Quant au coke, celui-ci peut être utilisé comme combustible. Toutefois, le coke contient une charge importante de métaux lourds et doit être valorisé avec prudence et précautions.

Le coke généré par le procédé peut être valorisé directement sur le site. On parle alors d'une installation intégrée. Lors de l'étude pour la mise en place de ce type de traitement, il faut prévoir la prise en charge du coke par des entreprises en aval.

### Intrants

### Extrants

Déchets ultimes conditionnés

Syngaz  
Coke  
Composés liquides  
Résidus d'épuration des gaz

### Avantages

- Produit de l'énergie
- Performance élevée
- Produit peu de sous-produits dangereux
- Excellent rendement énergétique
- Le résidu solide pourrait éventuellement être valorisé
- Génère moins de GES que l'incinération

### Inconvénients

- Technologique en développement (pour le traitement de déchets ultimes)
- Prix de revient élevé
- Coût des immobilisations élevé
- Pas de marché pour le résidu solide

### Exemples de promoteurs

WasteGen Uk : [www.wastegen.com](http://www.wastegen.com)



<b>PROCÉDÉS DE PYROLYSE</b>
<b>Critères environnementaux</b>
<b><u>Caractéristiques des sous-produits</u></b>
<p>Le coke doit être lavé, refroidi et déchloré avant de pouvoir être utilisé ou éliminé. Le procédé permet une bonne récupération des métaux qui ne sont ni oxydés ni volatilisés ainsi qu'une récupération aisée du chlore. De plus, il n'y a pas de formation de dioxine pendant la réaction de pyrolyse puisque celle-ci a lieu en absence d'air. Par contre, il y a formation de dioxine dans la suite du procédé (lors de la combustion du coke par exemple). Le procédé génère 30 % moins de rejets gazeux comparativement à l'incinération à grille classique et moins de sous-produits solides résidus de combustion.</p> <p>Selon la compagnie Wastegen UK, environ 700 m<sup>3</sup> de gaz de pyrolyse peuvent être produits par tonne de déchets ultimes traités. Ce gaz est composé</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- hydrogène (15%)</li> <li>- monoxyde de carbone (20%)</li> <li>- dioxyde de carbone (39%)</li> <li>- méthane (12%)</li> <li>- carbones hydratés (14%).</li> </ul>
<b><u>Analyse de cycle de vie</u></b>
<p>On peut estimer que la mise en place d'une installation de pyrolyse requiert autant de ressources naturelles qu'un site de méthanisation ou d'incinération.</p> <p>La pyrolyse des matières résiduelles permet également de prévenir la formation de méthane dans les lieux d'enfouissement tout en produisant de l'énergie sous forme de chaleur. Cette chaleur peut être utilisée pour produire de vapeur et/ou de l'électricité.</p> <p>De plus, la pyrolyse offre généralement une meilleure performance énergétique que l'incinération des matières résiduelles, tout en générant moins de CO<sub>2</sub>.</p> <p>Ce procédé est un producteur d'énergie et peut être implanté en zone industrielle.</p>
<b><u>Performance du procédé</u></b>
<p>Le taux de performance d'une installation de pyrolyse peut être estimé à environ 70% (Ville de Toronto). Ce taux peut atteindre 90% si le « coke » est valorisé énergétiquement. En effet, le coke contient 25% de carbone et peut donc être brûlé.</p>
<b><u>Flexibilité du procédé</u></b>
<p>Ce procédé traite les matières organiques (résidus alimentaires, papier et carton) contenues dans les déchets ultimes ainsi que les matières plastiques. La pyrolyse est sans effet sur le verre, le métal et les granulats.</p> <p>Pour optimiser la performance du procédé, il est nécessaire de procéder à un prétraitement du flux de matières résiduelles, généralement un broyage.</p>



<b>PROCÉDÉS DE PYROLYSE</b>	
<b>Critères sociaux</b>	
<b><u>Contrôle des nuisances</u></b>	
<p>Les installations de gazéification sont généralement pourvues d'un système de contrôle des odeurs, utilisé lors de la réception et de l'entreposage des matières.</p> <p>On trouve également des systèmes d'épuration des gaz produits et des poussières (bag house).</p>	
<b><u>Santé et sécurité</u></b>	
<p>La santé et la sécurité des travailleurs dépendent des opérations effectuées et de l'équipement utilisé. La majorité des opérations sont mécanisées et automatisées de sorte que les risques inhérents à ce procédé sont davantage liés à la réception et à l'introduction des matières dans le procédé.</p> <p>Les risques liés à la manipulation des matières organiques sont considérés non significatifs.</p> <p>L'opération d'un site de pyrolyse comporte certains risques, compte tenu de la production et la valorisation de syngaz. Toutefois, la pyrolyse a lieu dans un environnement fermé, sans contact direct avec l'extérieur. De plus, la production de syngaz ne conduit pas à la formation de dioxines et de furanes. Finalement, les résidus solides sont des matières inertes non dangereuses. Les risques liés à la santé et la sécurité peuvent donc être considérés inférieurs à ceux liés à l'incinération.</p>	
<b><u>Utilisation du territoire</u></b>	
<p>Compte tenu du contrôle possible des différents paramètres du procédé, une installation de pyrolyse peut être localisée en zone industrielle.</p>	
<b><u>Création d'emplois en Estrie</u></b>	
<p>Selon la compagnie Wastegen UK, une installation de 200 000 tonnes par année créerait environ 58 emplois, soit 6 emplois par tranche de 20 000 tonnes.</p>	
<b><u>Perception du milieu</u></b>	
<p>Comme il s'agit d'une technologie peu répandue et généralement inconnue du public, il est difficile de déterminer la perception du milieu.</p> <p>Il est toutefois possible qu'une installation de pyrolyse soit associée à l'incinération.</p>	



<b>PROCÉDÉS DE PYROLYSE</b>		
<b>Critères économiques</b>		
<b><u>Prix de revient</u></b>		
<p>Il existe peu de données disponibles sur les installations de traitement des déchets ultimes par pyrolyse. Toutefois, comme ce procédé se rapproche de la gazéification, on peut estimer que le prix de revient est comparable. Par conséquent, le prix de revient net d'une installation de pyrolyse pourrait varier de 88 à 149 \$ par tonne traitée (voir gazéification).</p> <p>Le prix de revient est également fortement influencé par la capacité de traitement de l'installation. De plus, la valeur de la revente d'électricité aura également un grand impact sur le prix de revient.</p>		
<b><u>Coût des immobilisations</u></b>		
<p>Encore une fois, on peut estimer que le coût des immobilisations de la pyrolyse est comparable à la gazéification. Certains procédés de traitement utilisent d'ailleurs une combinaison de pyrolyse et de gazéification. Ainsi, on peut estimer que le coût des immobilisations peut varier de 480 à 858 \$ par tonne à traiter, soit un investissement de 48 à 86 M\$ est nécessaire pour une installation de 100 000 tonnes par année (voir gazéification).</p>		
<b><u>Statut commercial</u></b>		
<p>L'utilisation de la pyrolyse est principalement en développement pour le traitement des déchets ultimes. Selon les recherches effectuées, une seule compagnie traite avec succès et à grande échelle des déchets ultimes par pyrolyse. Celle-ci est présente en Allemagne. On observe également beaucoup de développement au Japon en regard de la pyrolyse. Il faut préciser que la pyrolyse est parfois utilisée de pair avec d'autres techniques comme la gazéification au sein d'une même chaîne de traitement.</p> <p>Le statut commercial de ce procédé peut donc être considéré comme semi-commercial.</p>		
<b><u>Exemples d'implantation</u></b>		
<b><u>Endroit</u></b>	<b><u>Procédé</u></b>	<b><u>Capacité de traitement (tonnes par année)</u></b>
Burgau, Allemagne	Wastegen UK	36 000
Hamm, Allemagne	Wastegen UK	100 000
<b><u>Échéancier de réalisation</u></b>		
<p>L'établissement d'une infrastructure de pyrolyse nécessite un décret en vertu de l'article 31.1 de la LQE et est soumis au processus d'évaluation des impacts environnementaux seulement si la quantité d'électricité produite est supérieure à 10 MW. Dans le cas d'une infrastructure de capacité inférieure, un certificat d'autorisation en vertu de l'article 22 de la LQE est requis et l'échéancier de réalisation, incluant les études d'avant-projet et les demandes d'autorisation gouvernementales, est estimé à entre 3 et 5 ans.</p>		



## **Fiches synthèses**

### **Procédés de production de combustible dérivé de déchets**



<b>PROCÉDÉS DE PRODUCTION DE COMBUSTIBLE DÉRIVÉ DE DÉCHETS</b>	
<u>Description du procédé</u>	
<p>Le traitement mécanique pour la production de combustible dérivé des déchets consiste à sécher ou composter partiellement les matières résiduelles pour obtenir un produit final combustible susceptible de remplacer les combustibles fossiles traditionnels comme le charbon.</p> <p>Les matières sont acheminées dans une fosse de réception. Les indésirables comme les grosses pièces métalliques sont alors retirées. Les matières sont ensuite acheminées dans un déchiqueteur ayant une faible vitesse, mais une grande puissance de couple. La rotation lente du déchiqueteur réduit le matériel à des particules d'environ 20 cm de longueur.</p> <p>Ensuite, les matières sont chargées dans des espaces de déshydratation où elles sont soumises à une source de chaleur externe ou à l'action aérobique des bactéries. Les matières sont séchées et stabilisées à un taux d'humidité inférieur à 12%. Le séchage des matières facilite la séparation mécanique des matières à l'aide de tamis ou de classificateur pneumatique (air classifieur). Les métaux non ferreux sont retirés à l'aide d'aimant et de séparateur à courant de Foucault. Le tri des matières peut également avoir lieu au début du procédé. La partie restante des matières est principalement constituée de papiers, de cartons, de matières organiques, de plastiques, de bois et de textiles. Cette portion constitue le combustible dérivé des déchets. Le combustible est ensuite comprimé, transformé en agglomérat (en forme de cubes ou de boulettes) pour faciliter son transport et vendu comme substitut au charbon (par exemple dans les cimenteries ou les moulins à papier.). Cette technologie est principalement utilisée en Europe et au Japon.</p> <p>Le marché des combustibles dérivés de déchets est très peu développé en Amérique. Les endroits qui produisent des CDD le font généralement pour leur propre compte et possèdent un centre de production d'énergie. Très peu de CDD est vendu sur les marchés car il s'agit d'un produit plutôt marginal dans le contexte nord-américain. Généralement, les RDF ne sont pas utilisés seuls, mais en combinaison avec une autre source d'énergie, soit le bois ou le charbon.</p>	
<u>Intrants</u>	<u>Extrants</u>
Déchets ultimes	Combustible dérivé de déchets Matières recyclables (verre, métal) Autres résidus inertes (granulats)
<u>Avantages</u>	<u>Inconvénients</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permet un contrôle des odeurs</li> <li>- Installation possible dans une zone industrielle</li> <li>- Possibilité de réduire les distances de transport</li> <li>- Procédé peu sensible aux changements dans la composition du flux de déchets ultimes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessite un moyen de valorisation énergétique des CDD produits</li> <li>- Marché des CDD inexistant</li> </ul>
<u>Exemples de promoteurs</u>	
<p>Ambienteco : <a href="http://www.ambienteco.com">www.ambienteco.com</a>            Herhof : <a href="http://www.herhofenvironmental.com">www.herhofenvironmental.com</a>            Ecodeco : <a href="http://www.ecodeco.it">www.ecodeco.it</a>            Nehlsen : <a href="http://www.nehlsen.de">www.nehlsen.de</a></p>	



## PROCÉDÉS DE PRODUCTION DE COMBUSTIBLE DÉRIVÉ DE DÉCHETS Critère environnementaux

### Caractéristiques des sous-produits

Les sous-produits issus d'un procédé de CDD sont comparables à ceux issus du tri-compostage, à l'exception des matières plastiques qui ne sont pas rejetés dans les installations de CDD. Les sous-produits sont donc résidus inertes, stables et non dangereux comme le verre, le métal et les granulats.

Selon la compagnie Herhof, la production de CDD se décompose de la façon suivante :

- Perte en vapeur : 30 %
- CDD : 50 %
- Matières inertes : 15 %
- Métaux : 5 %

(tiré d'une réponse de Herhof à une enquête menée par Juniper Consultants en 2005)

La production de CDD implique toutefois la valorisation de CDD par incinération, gazéification ou pyrolyse. Cette valorisation générera des sous-produits propres au procédé de valorisation utilisé.

Selon le American Plastic Council, les RDF conventionnels possèdent une valeur calorifique de 14 300 Btu par kilogramme, comparativement au charbon dont la valeur calorifique varie de 19 800 à 26 400 Btu par kilogramme.

### Analyse de cycle de vie

La mise en place d'une installation de tri compostage exige un peu plus de ressources naturelles qu'un site de compostage intérieur, compte tenu que des équipements additionnels de tri doivent être utilisés. Le compostage des matières organiques permet de prévenir la formation de méthane dans les lieux d'enfouissement.

Ce procédé est consommateur d'énergie, mais le CDD généré permet de produire de la chaleur et/ou de l'électricité. Ce procédé peut être implanté en zone industrielle, ce qui réduit les distances de transport.

### Performance du procédé

La production stricte de CDD permet un taux de performance de 30 à 35%, résultant de la réduction de masse (H<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub>) attribuable au compostage.

Toutefois, l'intérêt de produire du CDD est de l'utiliser et de le valoriser pour produire de l'énergie. Une fois valorisé pour produire de l'énergie, la performance du procédé se situe à environ 75%.

Le marché est toutefois inexistant au Québec pour les combustibles dérivés de déchets. Il existe toutefois des acheteurs potentiels en région, par exemple les papetières. Les CDD pourraient également être valorisés sur place pour produire de l'énergie, en combinaison avec un autre procédé (incinération, gazéification, pyrolyse).

### Flexibilité du procédé

Ce procédé traite les déchets ultimes non triés. Comme il s'agit en partie d'un procédé de compostage, celui est actif sur les matières organiques (résidus alimentaires, résidus verts, papier et carton) contenues dans les déchets ultimes. À la différence du tri-compostage, la production de CDD conserve également les matières plastiques car celles-ci ont un bon pouvoir calorifique. Ce procédé est sans effet sur le verre, le métal et les autres matières inorganiques.



<b>PROCÉDÉS DE PRODUCTION DE COMBUSTIBLE DÉRIVÉ DE DÉCHETS Critère sociaux</b>	
<b><u>Contrôle des nuisances</u></b>	
<p>Tout comme les systèmes de compostage intérieur et de tri-compostage, les installations de production de CDD permettent de contrôler certains paramètres de la formation du compost comme la température et l'humidité, ce qui permet de réduire la formation d'odeurs. De plus, d'autres moyens sont utilisés pour réduire les nuisances comme le captage et le traitement de l'air par biofiltre, le maintien du bâtiment en pression négative et l'utilisation de portes à fermeture rapide.</p>	
<b><u>Santé et sécurité</u></b>	
<p>La santé et la sécurité des travailleurs dépendent des opérations effectuées et de l'équipement utilisé. La majorité des opérations sont mécanisées ou se sont à l'aide de machinerie lourde. Les risques inhérents à ce procédé sont davantage liés à l'opération de la machinerie qu'à la manipulation des matières organiques.</p> <p>La manipulation de matières organiques, par exemple lors du nettoyage d'équipement, peut exposer les travailleurs à différents contaminants comme la poussière, les composées organiques volatiles et à des bactéries contenues dans les déchets ultimes. Toutefois, ces contaminants peuvent facilement être suivis et contrôlés. De plus, des mesures protectrices simples existent et peuvent être utilisées par les travailleurs, ce qui rend le risque non-significatif.</p>	
<b><u>Utilisation du territoire</u></b>	
<p>Compte tenu du contrôle possible des paramètres du procédé, la production de CDD peut être localisée en zone industrielle. La compagnie Herhof estime à 0,065 m<sup>2</sup> par tonne traitée par année la superficie nécessaire à l'implantation d'un tel site. (tiré d'une réponse de Herhof à une enquête menée par Juniper Consultants en 2005)</p> <p>Quant à la compagnie Nehlsen, elle estime la superficie nécessaire à 0,2m<sup>2</sup> par tonne traitée par année (tiré d'une réponse de Nehlsen à une enquête menée par Juniper Consultants en 2005).</p>	
<b><u>Création d'emplois en Estrie</u></b>	
<p>Selon la compagnie Herhof, une installation de 85 000 tonnes, pourrait créer 14 emplois créés, soit l'équivalent de quatre (4) emplois par tranche de 20 000 tonnes de matières traitées (tiré d'une réponse de Herhof à une enquête menée par Juniper Consultants en 2005)</p>	
<b><u>Perception du milieu</u></b>	
<p>Comme il s'agit d'une technologie peu répandue et généralement inconnue du public, il est difficile de déterminer la perception du milieu. Il est toutefois possible qu'une installation de production de CDD soit associée au tri-compostage.</p>	



<b>PROCÉDÉS DE PRODUCTION DE COMBUSTIBLE DÉRIVÉ DE DÉCHETS Critères économiques</b>		
<b><u>Prix de revient</u></b>		
Compte-tenu de la similitude des opérations entre la production de CDD et le tri-compostage, on peut estimer un prix de revient similaire, soit variant de 85 à 100\$ par tonne (voir tri-compostage).		
<b><u>Coûts d'immobilisation</u></b>		
Les coûts d'immobilisation peuvent également être comparés à ceux du tri-compostage, soit de 300 à 850 \$ par tonne traitée (voir tri-compostage).		
<b><u>Statut commercial</u></b>		
La production de CDD possède un statut de développement commercial en Allemagne, en Italie et au Japon. Dans ces deux pays, la production et la valorisation de CDD est bien implantée depuis plusieurs années et on y compte de nombreuses installations. Toutefois, le marché de la revente des CDD est inexistant au Japon, de sorte que les producteurs utilisent pour leur propre compte des CDD qu'ils produisent.		
Ce procédé de traitement est pratiquement inexistant en Amérique du Nord.		
<b><u>Exemples d'implantation</u></b>		
<b><u>Endroit</u></b>	<b><u>Procédé</u></b>	<b><u>Capacité de traitement (tonnes par année)</u></b>
Cavaglia, Italie	Ecodeco	120 000
Castellon, Espagne	Ecodeco	70 000
Mertesdorf, Allemagne	Herhof	180 000
Osthessen, Allemagne	Herhof	220 000
Rugen, Allemagne	Nehlsen	20 000
Peel, Ontario	Ambianteco	(à venir, début des opérations prévu septembre 2007)
<b><u>Échéancier de réalisation</u></b>		
L'établissement d'une infrastructure de production de combustibles dérivé de déchets nécessite un certificat d'autorisation en vertu de l'article 22 de la LQE. L'échéancier de réalisation, incluant les études d'avant-projet et les demandes d'autorisation gouvernementales, est estimé entre deux et quatre ans, soit une durée comparable au tri-compostage.		



## **Fiches synthèses**

### **Procédés de réduction et stabilisation**



## PROCÉDÉS DE RÉDUCTION ET STABILISATION

### Description du procédé

La réduction et la stabilisation de matières résiduelles s'apparente au compostage ou au tri-compostage. Il s'agit d'un procédé associé à la famille des « BMT » *Biological Mechanical Treatment*, puisqu'il allie une combinaison de traitements biologiques et mécaniques pour traiter les matières résiduelles.

Le procédé de réduction et la stabilisation consiste faire subir un prétraitement aux matières résiduelles, avant de les enfouir, dans le but de prévenir la formation de biogaz. Ce prétraitement est généralement une étape de compostage aérobie du flux de déchets ultimes de façon à dégrader les matières organiques comme les résidus alimentaires, les résidus verts, le papier et le carton dans un environnement riche en oxygène, plutôt que les laisser se dégrader dans le lieu d'enfouissement, dans un milieu anaérobie qui conduit à la formation de biogaz. Ce faisant, on réduit le volume et le tonnage de matériel à enfouir et le matériel enfouit n'est plus propice à la formation de biogaz. Il est dit stable.

La réduction a généralement lieu à l'intérieur d'un bâtiment et utilise des techniques semblables aux techniques conventionnelles de compostage intérieur, soit les silos couloirs, les tunnels ou les bioréacteurs. Les matières résiduelles peuvent être broyées afin d'optimiser la réaction de réduction. La réduction ne comporte généralement qu'une seule phase, qui correspond à la phase de compostage active. Il n'y a pas de maturation du flux de déchets ultimes avant de l'enfouir.

Ce type d'infrastructure se trouve généralement sur le site même d'un lieu d'enfouissement et est opéré par le propriétaire du site. Contrairement au tri-compostage, ce procédé ne vise pas la production de compost ou le tri du flux de matières résiduelles (bien que certaines grosses pièces recyclables facilement identifiables puissent être retirées du flux) mais seulement la réduction et la stabilisation des matières. Avec son action de réduction, ce procédé permet également d'allonger la durée de vie d'un site d'enfouissement.

### Intrants

### Extrants

Déchets ultimes non conditionnés

Déchets ultimes stabilisés

### Avantages

### Inconvénients

- Peu coûteux
- Préviend la formation de biogaz.
- Permet l'allongement de la durée de vie des lieux d'enfouissement.

- S'adresse presque exclusivement aux propriétaires de lieux d'enfouissement.
- Matières produites peu valorisables (destinées à l'enfouissement)

### Exemples de promoteurs

Biomax inc. [www.conporec.com](http://www.conporec.com)  
GSI Environnement [www.emsolutions.com](http://www.emsolutions.com)



PROCÉDÉS DE RÉDUCTION ET STABILISATION
Critères environnementaux
<u>Caractéristiques des sous-produits</u>
Les procédés de réduction et la stabilisation ne produisent pas de sous-produits autres que les déchets ultimes stabilisés. Certains procédés peuvent également générer des eaux de procédés. Celles-ci peuvent être traitées grâce aux équipements en place sur le lieu d'enfouissement pour les eaux de lixiviation.
<u>Analyse de cycle de vie</u>
La mise en place d'une installation de réduction et de stabilisation exige un peu moins de ressources naturelles qu'un site de compostage intérieur, compte tenu que seulement la phase active du compostage est réalisée. La réduction et la stabilisation des matières organiques permettent de prévenir la formation de biogaz dans les lieux d'enfouissement. Ce procédé est consommateur d'énergie. Ce procédé est généralement implanté sur les lieux d'enfouissement.
<u>Performance du procédé</u>
Le taux de performance de ce procédé correspond à la perte en eau et en gaz carbonique que subit le flux de déchets ultimes durant la réduction. Ce taux de performance est d'environ 30%, mais peut varier, selon la composition du flux de déchets ultimes. Un flux riche en matières organiques aura un taux de performance légèrement supérieur à 30%.
<u>Flexibilité du procédé</u>
De par sa fonction première, ce type de procédé est somme toute très flexible. Il agit toutefois seulement sur les matières organiques.



<b>PROCÉDÉS DE RÉDUCTION ET STABILISATION</b>	
<b>Critères sociaux</b>	
<b><u>Contrôle des nuisances</u></b>	
<p>Les principales mesures de contrôle des nuisances touchent la salubrité (vermine) des lieux puisque les déchets ultimes ne sont pas directement enfouis. De plus, tout dépendant de la quantité à traiter et de la capacité de traitement, des matières peuvent être entreposées avant le traitement. Généralement, les systèmes de contrôle des odeurs ne sont pas toujours nécessaires compte tenu de l'emplacement relativement isolé de ces installations.</p>	
<b><u>Santé et sécurité</u></b>	
<p>La santé et la sécurité des travailleurs dépendent des opérations effectuées et de l'équipement utilisé. La majorité des opérations sont mécanisées ou se sont à l'aide de machinerie lourde. Les risques inhérents à ce procédé sont davantage liés à l'opération de la machinerie qu'à la manipulation des déchets ultimes.</p> <p>La manipulation de déchets ultimes, par exemple lors du nettoyage d'équipements, peut exposer les travailleurs à différents contaminants comme la poussière, les composées organiques volatiles et à des bactéries contenues dans les déchets ultimes. Toutefois, ces contaminants peuvent facilement être suivis et contrôlés. De plus, des mesures protectrices simples existent et peuvent être utilisées par les travailleurs, ce qui rend le risque non-significatif.</p>	
<b><u>Utilisation du territoire</u></b>	
<p>La mise en place d'un procédé de réduction et de stabilisation des déchets ultimes sur un lieu d'enfouissement n'a aucun impact sur l'utilisation du territoire, dans la mesure où cette utilisation est déjà limitée par la présence même du lieu d'enfouissement.</p>	
<b><u>Création d'emplois en Estrie</u></b>	
<p>Compte tenu de la similarité entre ce procédé et le compostage intérieur, on peut estimer que le nombre d'emplois créés sera équivalent, soit environ 10 emplois par tranche de 20 000 tonnes de matières traitées.</p>	
<b><u>Perception du milieu</u></b>	
<p>L'ajout d'un procédé de réduction et de stabilisation à un lieu d'enfouissement est généralement perçu de façon positive.</p>	



## PROCÉDÉS DE RÉDUCTION ET STABILISATION

### Critères économiques

#### Prix de revient

Comme les procédés de réduction et de stabilisation s'apparentent au compostage intérieur, avec quelques étapes en moins, on peut s'attendre à ce que le prix de revient à la tonne de la réduction soit légèrement inférieur.

L'expérience du projet pilote de la MRC du Haut-Saint-François avec un prix de revient de 60\$ la tonne pour l'opération du bioréacteur confirme cette hypothèse. Ce prix de revient à la tonne est en effet inférieur au prix obtenus par les installations de compostage intérieur d'Halifax (80\$) et Rawdon (75\$).

#### Coûts d'immobilisation

Les coûts d'immobilisation de la réduction et de la stabilisation devraient également être inférieurs à ceux du compostage intérieur.

Les coûts d'immobilisation sont très variables, selon les procédés utilisés. Selon Recyc-Québec, ils varient de 200 à 500\$ par tonne traitée (Guide sur la collecte et le compostage des matières organiques du secteur municipal, 2006). Le coût d'une installation de réduction et de stabilisation devrait se situer dans la fourchette inférieure, soit environ 200 \$ par tonne traitée.

À titre comparatif, le projet pilote de la MRC du Haut-Saint-François a eu un coût d'immobilisation équivalent à environ 360 \$ par tonne traitée. Toutefois, la modernisation des installations jumelé à une augmentation de la capacité de traitement (12 000 à 20 000 tonnes annuellement) permettraient de ramener les coût d'immobilisation entre 127 et 202 \$ la tonne de matières traitées.

#### Statut commercial

Cette technologie peut être considérée comme ayant un statut commercial, compte tenu que les procédés et techniques utilisés se rapprochent généralement de ceux employés pour le compostage.

#### Exemples d'implantation

<u>Endroit</u>	<u>Procédé</u>	<u>Capacité de traitement (tonnes par année)</u>
Bury, Qc	Bioréacteur (GSI)	Environ 5 000 (lors du projet pilote)
Halifax, Nouvelle-Écosse	Silos couloirs	155 000

#### Échéancier de réalisation

L'établissement d'une infrastructure de réduction et de stabilisation nécessite un certificat d'autorisation en vertu de l'article 22 de la LQE. L'échéancier de réalisation, incluant les études d'avant-projet et les demandes d'autorisation gouvernementales, est estimé à environ 33 mois, soit une durée comparable au compostage intérieur.



**Fiches synthèses**  
**Procédés d'enfouissement**



## PROCÉDÉS D'ENFOUISSEMENT

### Description du procédé

Le Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles (REIMR) est entré en vigueur le 19 janvier 2006. Ce règlement donne suite à plusieurs actions prévues à la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008 dont l'un des objectifs est de s'assurer que les activités d'élimination des matières résiduelles s'exercent dans le respect des personnes et la protection de l'environnement. Ainsi, le REIMR dicte des normes d'étanchéité, de captage et de traitement du lixiviat et de captage et de traitement des biogaz.

Le REIMR remplace graduellement l'actuel Règlement sur les déchets solides (RDS). La mise en œuvre du REIMR s'étalera sur trois ans et aura des effets importants pour toutes les municipalités du Québec en ce qui a trait à la gestion de leurs matières résiduelles ainsi que pour les exploitants, municipaux et autres, d'installations d'élimination des matières résiduelles.

Le REIMR ne reconduit pas certaines normes de distances séparatrices entre les installations d'élimination des matières résiduelles et certains immeubles, équipements ou usages du RDS. Il prévoit cependant que les LET doivent être munis d'une zone tampon de 50 mètres autour de l'activité même et il renferme des normes de localisation relatives à la protection des installations de captage des eaux de surface ou souterraines, des zones inondables, des zones à risques de mouvement de terrain et des zones à fort potentiel aquifère. Bien que les nouvelles exigences applicables aux installations d'élimination permettent d'assurer la qualité de l'environnement, elles n'éliminent pas pour autant les nuisances générées par ces installations à l'extérieur du site.

De fait, les citoyens redoutent généralement les effets dommageables tels les poussières, les odeurs, les bruits, la dégradation du paysage, la circulation de camions, la présence d'animaux ou d'oiseaux indésirables, lesquels comportent des risques pour la santé ou sont des nuisances qui peuvent justifier des contraintes à l'utilisation du sol dans les secteurs environnants. Ils craignent que les activités d'enfouissement affectent leur santé, leur quiétude, contribuent à l'enlaidissement ou à la détérioration de leur cadre de vie, ou à la diminution de la valeur foncière de leur propriété. Dans la mesure du possible, les citoyens ne doivent pas être exposés aux inconvénients liés à la présence de tels sites de même que le développement ou l'efficacité de ces activités essentielles à la collectivité ne doivent pas être compromis par la croissance urbaine.

Les pistes de solution résident dans la planification spatiale de ces installations et dans la réglementation ou la prohibition des usages, des constructions et des ouvrages à proximité de ces installations afin d'éviter l'empiètement et le rapprochement d'usages incompatibles. Ces responsabilités incombent aux municipalités locales et régionales qui possèdent les outils d'aménagement et d'urbanisme ainsi que les pouvoirs de réglementer nécessaires pour planifier la localisation optimale de ces installations par rapport au milieu récepteur. De plus, elles peuvent mettre en place des mesures d'harmonisation des usages et de contrôle de l'utilisation du sol à proximité du site. À cette fin, les municipalités doivent faire une estimation du niveau de nuisance et de la capacité du milieu à l'accepter afin de délimiter des zones de contraintes et d'adopter les mesures réglementaires les mieux appropriées pour régir et encadrer l'implantation des sites d'enfouissement, tels les usages permis et les distances d'éloignement à respecter.



<b>PROCÉDÉS D'ENFOUISSEMENT</b>	
<u>Description du procédé</u>	
<u>Intrants</u>	<u>Extrants</u>
Déchets ultimes non-conditionnés	Lixiviats Biogaz
<u>Avantages</u>	<u>Inconvénients</u>
Prix de revient bas Coût des immobilisations bas Grande flexibilité Bonne capacité minimale de traitement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Échéancier de réalisation long</li> <li>- Perception du milieu</li> <li>- Nécessite de grandes surfaces</li> <li>- Incompatibilité pour l'utilisation du territoire</li> <li>- Impact négatif sur l'analyse de cycle de vie</li> </ul>
<u>Exemples de promoteurs</u>	
Waste Management : <a href="http://www.wastemanagementcanada.com">www.wastemanagementcanada.com</a> Société de gestion des matières résiduelles du Val-Saint-François : <a href="http://www.val-saint-francois.qc.ca/sgrm/sgrm.html">www.val-saint-francois.qc.ca/sgrm/sgrm.html</a> Régie intermunicipale de gestion des déchets solides de la région de Coaticook MRC du Haut-Saint-François	



## PROCÉDÉS D'ENFOUISSEMENT

### Critères environnementaux

#### Caractéristiques des sous-produits

Les sous-produits de l'enfouissement sont du lixiviat ainsi que des biogaz. Le lixiviat est le résultat de l'eau qui percole à travers un matériau. Dans ce cas-ci, on parle de déchets ultimes et le lixiviat se charge de polluant organiques, minéraux et métalliques.

De plus, l'enfouissement de déchets ultimes génère des biogaz par la dégradation des matières organiques en absence d'oxygène. Les biogaz des lieux d'enfouissement sont composés principalement de méthane.

#### Analyse de cycle de vie

Les procédés d'enfouissement consomment généralement de l'énergie de trois façons. Tout d'abord, le carburant utilisé par la machinerie et l'équipement utilisé pour compacter et recouvrir les matières. Ensuite, le système de captage et de recirculation du lixiviat. Et finalement, le système de captage des biogaz, si celui-ci est maintenu en pression négative dans le but d'optimiser le captage.

De plus, les lieux d'enfouissement dégagent des biogaz, surtout si les matières enfouies contiennent des matières organiques non stabilisées. Avec l'entrée en vigueur du REIMR, les lieux d'enfouissement technique doivent être pourvus d'un système permettant de capter tous les biogaz produits dans les zones de dépôt des matières résiduelles et de les rejeter dans l'environnement ou de les diriger vers une installation de valorisation ou d'élimination.

De plus, les biogaz captés dans les lieux d'enfouissement ayant une capacité maximale supérieure à 1 500 000 m<sup>3</sup> ou dès qu'un lieu d'enfouissement reçoit 50 000 tonnes de matières résiduelles ou plus par année doivent être éliminés au moyen d'équipements qui assurent une destruction thermique.

Les sites qui détruisent les biogaz ont donc un impact plus faible sur la production de GES que les sites n'ont pas à le faire.

#### Performance du procédé

Le critère de performance du procédé s'applique difficilement à l'enfouissement, puisqu'il s'agit d'un traitement ultime. Toutefois, on peut noter qu'une certaine partie des matières acheminées à un lieu d'enfouissement peuvent être triées et retirées du flux de déchets. Il s'agit par exemple de grosses pièces métalliques. Par contre, ce type de matières est relativement rare dans les déchets ultimes d'origine municipale.

#### Flexibilité du procédé

L'enfouissement est un procédé très flexible qui permet le traitement de déchets ultimes avec peu ou pas de prétraitement et ce, sans égard à la composition du flux de matières.



<b>PROCÉDÉS D'ENFOUISSEMENT</b>
<b>Critères sociaux</b>
<b><u>Contrôle des nuisances</u></b>
<p>Les lieux d'enfouissement sont tenus de capter les biogaz générés par la dégradation des matières organiques en absence d'oxygène. En effet, s'ils ne sont pas captés, les biogaz peuvent migrer dans le sol avant d'être libérés. De plus, les lieux d'enfouissement doivent capter et traiter le lixiviat avant son rejet dans l'environnement. Finalement, les déchets ultimes doivent être recouverts à tous les jours de façon à éviter ou limiter la dispersion des matières par le vent et/ou les animaux.</p>
<b><u>Santé et sécurité</u></b>
<p>Au niveau des travailleurs, comme les opérations sont mécanisées, les risques sont reliés à l'opération de machineries lourdes. Quant aux risques associés aux nuisances, les biogaz contiennent du méthane, qui peut être explosif s'il est grande concentration. Le captage des biogaz empêche ou réduit le risque de migration de biogaz.</p> <p>Les principaux impacts sur la santé seraient liés aux odeurs. Les impacts sont toutefois difficiles à mesurer puisque la tolérance vis-à-vis des odeurs désagréables diffère considérablement selon les personnes. Pour certaines, une légère odeur désagréable peut déjà constituer une forte nuisance, alors qu'elle n'est pas source d'inconfort pour d'autres.</p> <p>De plus, les symptômes rapportés par des personnes exposées aux odeurs sont aigus dans leurs manifestations, limités dans le temps et de nature subjective. Par exemple, il peut s'agir de réaction nocive sur l'humeur, troubles du sommeil, perte d'appétit ou nausées (Proulx, 1994).</p>
<b><u>Utilisation du territoire</u></b>
<p>De toutes les technologies abordées, l'enfouissement est celle qui requiert la plus grande superficie et les plus grandes zones tampons. La mise en place d'un lieu d'enfouissement est faite dans des endroits généralement isolés. Ce type d'activité peut avoir des impacts négatifs sur les propriétés voisines (perte de valeur foncière) et se veut une contrainte majeure, voire une incompatibilité au développement de d'autres activités en périphérie du site.</p>
<b><u>Création d'emplois en Estrie</u></b>
<p>De toutes les technologies analysées, l'enfouissement est celle qui génère le moins d'emplois, soit moins de 1 emploi par tranche de 20 000 tonnes traitées.</p>
<b><u>Perception du milieu</u></b>
<p>L'enfouissement est généralement mal perçu. Les gens craignent des effets dommageables cités précédemment comme les poussières, les odeurs, les bruits, la dégradation du paysage, la circulation de camions, la présence d'animaux ou d'oiseaux indésirables.</p>



<b>PROCÉDÉS D'ENFOUISSEMENT</b>	
<b>Critères économiques</b>	
<b><u>Prix de revient</u></b>	
<p>Les nouvelles exigences du REIMR ont pour impact d'augmenter le prix de revient de l'enfouissement. Les prix indiqués n'incluent pas la redevance à l'enfouissement.</p> <p>Aux Îles-de-la-Madeleine, le prix de revient est estimé à 94 \$ par tonne (André Simard et associés, 2006).</p> <p>À Saguenay, il est estimé à 66 \$ par tonne (Ville de Saguenay, 2006).</p> <p>A Saint-Narcisse-de-Rimouski, le prix de l'enfouissement dans un LET est de 80 \$ par tonne (Municipalité de Saint-Narcisse-de-Rimouski, 2006).</p>	
<b><u>Coûts d'immobilisation</u></b>	
<p>Dans une étude de André Simard et associés, la municipalité des Îles-de-la-Madeleine estime le coût des immobilisations de son LET à environ 6 millions de dollars, soit l'équivalent de 72 \$ par tonne (capacité totale d'enfouissement de 82 000 tonnes).</p> <p>Dans le rapport du BAPE, le coût des immobilisations du LET de Saint-Cyrille-de-Lessard près de Montmagny est estimé à 18 millions de dollars, soit l'équivalent de 20 \$ par tonne (capacité totale d'enfouissement de 885 000 tonnes)</p>	
<b><u>Statut commercial</u></b>	
<p>On peut considérer que l'enfouissement possède un statut commercial établi. Au Québec, on comptait 61 lieux d'enfouissement sanitaire en janvier 2006, avant l'entrée en vigueur du REIMR. Depuis, environ une vingtaine de ces lieux ont été transformés en LET.</p>	
<b><u>Exemples d'implantation</u></b>	
<b><u>Endroit</u></b>	<b><u>Capacité de traitement totale (tonnes)</u></b>
Îles-de-la-Madeleine	82 000 (1 640 tonnes par année)
Saint-Cyrille-de-Lessard (Montmagny)	885 000 (35 000 tonnes par année)
<b><u>Échéancier de réalisation</u></b>	
<p>L'établissement d'une infrastructure de réduction et de stabilisation nécessite un certificat d'autorisation en vertu de l'article 22 de la LQE. L'échéancier de réalisation, incluant les études d'avant-projet et les demandes d'autorisation gouvernementales, est estimé à environ 62 mois.</p>	