

Analyse comparative des technologies de traitement des matières résiduelles

Présenté à :



Conférence régionale des élus de l'Estrie

Préparé par :



SM

Les Consultants S.M. inc.

740, 2^e étage, Galt Ouest, Sherbrooke (Québec) Canada J1H 1Z3
Téléphone : (819) 566-8855 - Télécopieur : (819) 566-0224

www.groupe-sm.com

SOMMAIRE EXÉCUTIF

Les technologies de traitement des matières résiduelles qui ont été analysées et comparées sont :

- Compostage : compostage extérieur, compostage intérieur.
- Traitement mécano-biologique : tri-compostage, production de combustibles dérivés de déchets (CDD), réduction et stabilisation.
- Valorisation énergétique : méthanisation, incinération avec récupération de l'énergie, gazéification, pyrolyse.
- Disposition finale : Enfouissement.

L'analyse comparative des technologies, selon la grille d'analyse de la Conférence Régionale des Élus de l'Estrie (CREE) a permis d'obtenir les résultats suivants :

Procédés	Critères positifs	Critères négatifs, incertitudes
Compostage intérieur (1) et compostage extérieur (2)	Prix de revient, immobilisation, échéancier, performance, capacité minimale de traitement.	Utilisation du territoire, variation dans les coûts d'opération et immobilisation.
Gazéification (3)	Retombées économiques, mise en marché, contrôle des nuisances, création d'emplois, analyse de cycle de vie, performance.	Statut commercial différent selon les promoteurs, variation dans les coûts d'opération et immobilisation.
Méthanisation (4)	Caractéristiques des sous produits, analyse de cycle vie, performance, flexibilité	Prix de revient, coût des immobilisations, retombées économiques estriennes
Tri-Compostage (5)	Statut commercial, échéancier, flexibilité.	Mise en marché des extrants, variation des coûts d'immobilisation.

La réduction et stabilisation, la pyrolyse et la production de CDD obtiennent les rangs 6, 7 et 8.



L'analyse de sensibilité a révélé que la pondération accordée à certains critères pourrait modifier le classement final de certains procédés.

Critères qui advantagent la gazéification

- Retombées économiques estrieennes
- Mise en marché des extrants
- Contrôle des nuisances
- Création d'emplois
- Analyse du cycle de vie
- Performance du procédé

Critères qui advantagent la méthanisation

- Mise en marché des extrants
- Caractéristiques des sous-produits
- Performance du procédé

Critères qui advantagent le tri-compostage

- Coût des immobilisations
- Statut commercial
- Échéancier de réalisation
- Flexibilité du procédé
- Capacité minimale de traitement

Critères qui advantagent la réduction/stabilisation

- Prix de revient
- Coût des immobilisations
- Perception du milieu
- Flexibilité du procédé
- Capacité minimale de traitement

L'analyse comparative évalue seulement les technologies de traitement et n'inclut pas les coûts et les contraintes nécessaires pour atteindre la meilleure performance de valorisation de matières résiduelles. Ces coûts et contraintes sont principalement liés aux modes de collectes et à la localisation des infrastructures de traitement. Par exemple :

- Le compostage : coûts d'une seconde collecte, achat des bacs, sensibilisation.
- La gazéification : capacité de traitement, de la présence ou non en amont du procédé d'une collecte séparée des matières compostables, ce qui a une influence sur le type de prétraitement à préconiser.
- La méthanisation : traitement de matières triées à la source ou de déchets ultimes, coûts d'une seconde collecte (au besoin), achat de bacs (au besoin), débouchés pour le digestat.
- Le tri-compostage : capacité de traitement, la mise en place en zone industrielle pourra se faire avec une étape de maturation à l'intérieur, services de proximités performants pour la collecte des RDD, débouchés pour le compost, sensibilisation.
- La réduction et la stabilisation : capacité de traitement, nombre d'installations liée au nombre de lieux d'enfouissement, performance souhaitée.



TABLE DES MATIÈRES

	Pages
1.0 Introduction _____	1
2.0 Méthodologie _____	3
2.1 Critères d'analyses utilisés _____	6
3.0 Évaluation des technologies de traitement des matières résiduelles ____	9
3.1 Compostage extérieur _____	12
3.2 Compostage intérieur _____	14
3.3 Tri-compostage _____	16
3.4 Méthanisation _____	18
3.5 Incinération avec récupération de l'énergie _____	20
3.6 Gazéification _____	22
3.7 Pyrolyse _____	24
3.8 Production de combustibles dérivés de déchets (CDD) _____	26
3.9 Réduction et stabilisation _____	28
3.10 Enfouissement _____	30
4.0 Analyse comparative et interprétation des résultats _____	33
4.1 Résultats des critères économiques _____	33
4.2 Résultat des critères sociaux _____	36
4.3 Résultats des critères environnementaux _____	38
4.4 Résultats globaux _____	40
5.0 Analyse de sensibilité _____	43
6.0 Conclusion _____	45





1.0 INTRODUCTION

Ce document présente la démarche et les résultats de l'analyse comparative des technologies de traitement des matières résiduelles d'origine municipale pour la région de l'Estrie (excluant la MRC du Granit). Plus précisément, les matières résiduelles visées sont les matières compostables et les déchets ultimes.

L'objectif de cette analyse comparative est donc l'évaluation des technologies de traitement des matières résiduelles. Cette analyse s'inscrit dans la volonté régionale de trouver un ensemble de technologies capable de répondre aux besoins de traitement des matières résiduelles qui ne sont pas recueillies par la collecte sélective et ce, pour les prochaines décennies. Elle s'inscrit aussi dans la démarche développée par la Conférence Régionale des Élus de l'Estrie (CREE) permettant aux municipalités de l'Estrie d'analyser les différentes avenues qui s'offrent à elles pour la mise en valeur et l'élimination des matières résiduelles.



2.0 MÉTHODOLOGIE

La première étape consiste à estimer les quantités de matières résiduelles à traiter. Cette estimation a été déterminée pour la région de l'Estrie (excluant la MRC du Granit) à partir de deux documents produits par la Conférence Régionale des Élus de l'Estrie (CREE) produits en 2006.

- *Bilan de la gestion des matières résiduelles en Estrie*, préparé par Monique Clément.
- *Portrait de la gestion des matières résiduelles en Estrie*, préparé par 3RV Environnement.

Le premier document estime entre autre les quantités de matières résiduelles d'origine municipale ou résidentielle. Le second document précise la composition des matières résiduelles d'origine municipale ou résidentielle générées en Estrie.

Des ajustements ont été faits en supposant que les objectifs de la politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008 seront atteints pour les matières recyclables (papier, carton, verre, métal, plastique, sacs plastiques, cartons cirés, contenants tetra pak) et celles visées par les éco-centres (encombrants, mobilier, RDD, etc.). Ainsi, on peut estimer que l'atteinte des objectifs de la politique québécoise des matières compostables (résidus verts, résidus alimentaires) représente environ la valorisation de 32 000 tonnes de matières par année. De plus, les déchets ultimes représentent de 61 000 à 93 000 tonnes par année, tout dépendant de la présence ou non d'un traitement distinct des matières organiques triées à la source.

La seconde étape était de sélectionner les technologies de traitement à analyser. Les grandes familles de technologies de traitement qui ont été comparées sont :

- le compostage extérieur,
- le compostage intérieur,
- la méthanisation,
- le tri-compostage,
- la gazéification,
- la pyrolyse,
- l'incinération avec production d'énergie,
- la production de combustibles dérivés de déchets,
- la réduction et stabilisation
- l'enfouissement.



Une attention particulière a été accordée aux diverses technologies déjà utilisées ou étudiées par les divers intervenants en traitement des matières résiduelles de la région de l'Estrie.

Afin de connaître le plus adéquatement les caractéristiques de chacune des grandes familles de technologies, nous avons consulté plusieurs sources de références parmi lesquelles :

- *New and Emerging technologies applications for residual wastes processing, Technologies review reference manual*, de Macviro et Earth Tech pour le compte de la ville de Toronto
- *Mechanical-biological-treatment : A guide for decision makers processes, policies and markets* de Juniper Consultancy services pour le compte du gouvernement Britannique
- *Long term waste Management plan alternative* de la Salinas Valley Solid Waste Authority en Californie
- *Solid waste management alternative for Delaware* de l'État du Delaware
- *Evaluation of alternative solid waste processing technologies* de la ville de Los Angeles
- *Evaluation of new and emerging solid waste management technologies* de la ville de New York.

Certains documents de la Communauté Métropolitaine de Montréal et de la ville de Montréal ont également été consultés pour valider certaines informations. De plus, certains fournisseurs, promoteurs ou utilisateurs de technologies de traitement de matières résiduelles ont été contactés afin d'obtenir certaines données nécessaires à l'évaluation des technologies. S'il s'agit d'une source d'un fournisseur d'équipement qui est utilisé, celle-ci est indiquée dans le texte.

L'étape suivante est l'évaluation des technologies de traitement. L'analyse porte sur des familles technologiques et non sur des procédés précis et brevetés proposés par des promoteurs. Par exemple, la catégorie « compostage extérieur » inclut le compostage en andains, le compostage en piles statiques, le compostage avec aération forcée et le compostage couvert. Toutes ces approches technologiques ont faits l'objet de recherches et le résultat de ces recherches est examiné au moyen de la grille d'analyse.



L'évaluation des technologies a été effectuée en utilisant la grille d'analyse développée par la CREE. Les résultats de l'analyse sont présentés dans un tableau synthèse selon chaque famille de critères (économique, social et environnemental). Les résultats globaux sont également présentés. L'évaluation globale se fait sur un total de 300 points, qui sont répartis également entre chacune des trois familles de critères. Également, pour s'assurer que les technologies analysées répondent réellement aux principes du développement durable, une note de passage de 50 sur 100 a été mise en place. Les technologies qui atteignent ce résultat pour chacune des trois familles de critères sont considérées comme répondant pleinement aux principes du développement durables édictés par la grille d'analyse de la CREE.

De plus, une analyse de sensibilité a été réalisée pour déterminer quel est ou quels sont les critères qui influencent le plus les résultats finaux. L'analyse de sensibilité permet aussi de valider la stabilité des résultats obtenus.



2.1 CRITÈRES D'ANALYSES UTILISÉS

Les critères utilisés pour l'analyse comparative sont ceux qui ont été développées par la CREE en décembre 2006. Ils se divisent en trois catégories, soit les critères économique, social et environnemental, de façon à respecter les principes du développement durable. Les critères et leur pondération sont indiqués dans le tableau suivant.

Critères	Pondération
Critères économiques	100
Prix de revient	30
Coût des immobilisations	15
Statut commercial	15
Échéancier de réalisation	15
Retombées économiques Estriennes	15
Mise en marché des extrants	10
Critères sociaux	100
Contrôle des nuisances résiduelles	22
Santé et sécurité	22
Utilisation du territoire	22
Création d'emploi en Estrie	22
Perception du milieu	12
Critères environnementaux	100
Caractéristiques des sous-produits indésirables	30
Analyse de cycle de vie, incluant bilan énergétique et GES	25
Performance du procédé	25
Flexibilité du procédé	10
Capacité minimale de traitement	10
TOTAL	300



Le tableau suivant présente l'ensemble des critères développés par la CREE ainsi que les échelles d'évaluation et les pointages sur lesquels se basent les résultats de l'analyse comparative.

Critères économiques	Échelles d'évaluation et pointages				
Prix de revient (\$/t)	Moyen de 50 \$	50 à 83 \$	84 à 116 \$	117 à 150 \$	Plus de 150 \$
	30	22,5	15	7,5	0
Coût des immobilisations (\$/t)	Moins de 100 \$	100 à 400 \$	401 à 700 \$	701 à 1000 \$	Plus de 1000 \$
	15	11,3	7,5	3,8	0
Statut commercial	Commercial établi	Semi-commercial	Usine de démonstration	Usine pilote	Laboratoire
	15	12	9	3	0
Échéancier de réalisation	Moins de 2 ans	2 à 3 ans	3 à 4 ans	4 à 5 ans	Plus de 5 ans
	15	11,3	7,5	3,8	0
Retombées économiques estriennes	Conception, fabrication et construction		Fabrication et construction		Construction
	15		7,5		0
Mise en marché des extrants	Marché bien développé		Marché peu développé		Marché non existant
	10		5		0

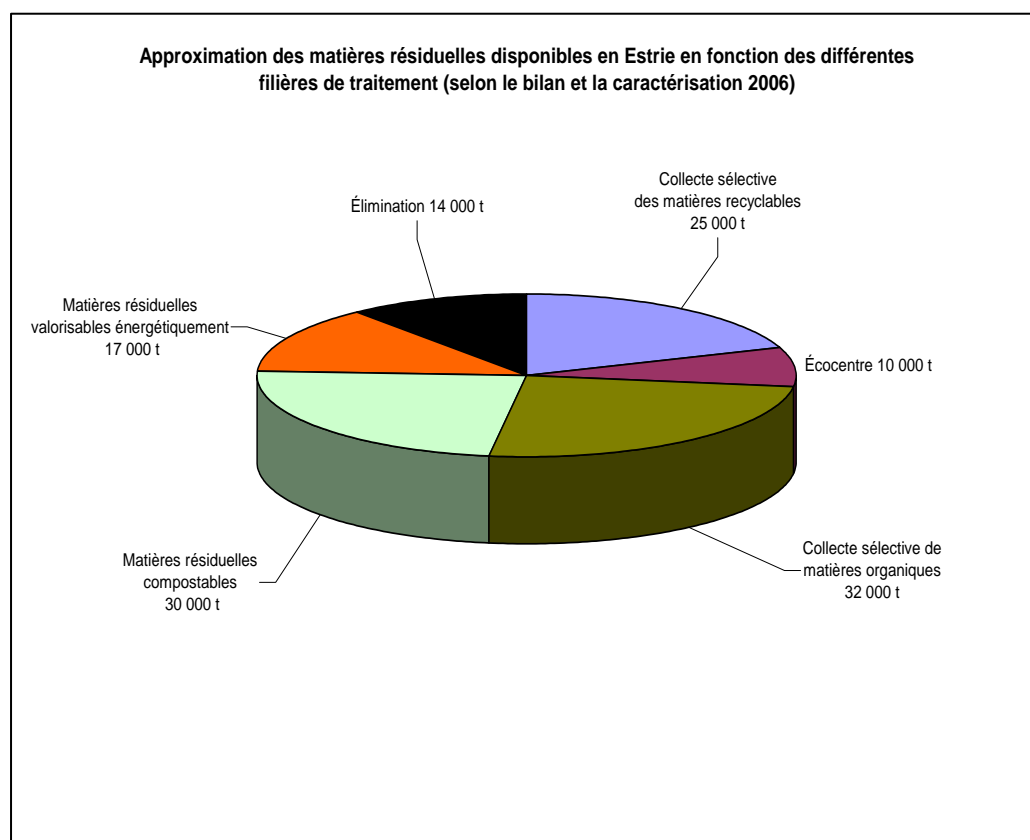
Critères sociaux	Échelles d'évaluation et pointages							
Contrôles des nuisances résiduelles	Très fort		Fort		Moyen	Faible		
	22		14,7		7,3	0		
Risques pour la santé et la sécurité	Très faible		Faible		Moyen	Fort	Très fort	
	22		16,5		11	5,5	0	
Utilisation du territoire	Aucune contrainte		Contraintes mineures		Contraintes majeures		Incompatibilité	
	22		14,7		7,3		0	
Création d'emplois en Estrie (par tranche de 20 000 t)	16 emplois et plus		De 11 à 15 emplois		De 6 à 10 emplois		De 1 à 5 emplois	Moins de 1 emplois
	22		16,5		11		5,5	0
Perception du milieu	Généralement bien perçu			Généralement mal perçu		Perception inconnue		
	12			0		6		

Critères environnementaux	Échelles d'évaluation et pointages									
Caractéristiques des sous-produits indésirables	Petite quantité de sous-produits non contaminés		Grande quantité de sous-produits non contaminés		Petite quantité de sous-produits contaminés		Grande quantité de sous-produits contaminés			
	30		20		10		0			
Analyse de cycle de vie	Impact positif fort		Impact positif faible		Impact négatif faible		Impact négatif fort			
	25		16,7		8,3		0			
Performance du procédé	90% et plus		75% et plus		60 % et plus		45% et plus		30% et plus	
	25		18,8		12,5		6,3		0	
Flexibilité du procédé	Très élevée		Élevée		Moyenne		Faible		Très faible	
	10		7,5		5		2,5		0	
Capacité minimale de traitement	Plus d'une installation peut être mise en place			Nécessite toutes les M.R. de l'Estrie			Nécessite l'importation de M.R.			
	10			5			0			



3.0 ÉVALUATION DES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DES MATIÈRES RÉSIDUELLES

Tel que spécifié précédemment, les technologies évaluées ou analysées s'adressent au traitement des matières compostables et au traitement des déchets ultimes. La figure suivante présente une estimation de la composition du flux de matières résiduelles d'origine municipale généré en Estrie.





Environ 128 000 tonnes de matières résiduelles sont générées. De ce total, on peut estimer que 25 000 tonnes se retrouveront dans la collecte sélective des matières recyclables de façon à répondre aux objectifs de la politique québécoise de gestion des matières résiduelles. Cette hypothèse est réaliste puisque certaines municipalités estriennes ont déjà atteint cet objectif.

De plus, il est supposé que les objectifs de valorisation des RDD, du textile, des encombrants et des résidus de CRD seront atteints grâce à différents services de proximité (éco-centres, cloches pour les textiles, etc.). La valorisation de ces matières représente environ 10 000 tonnes.

En supposant ces deux objectifs atteints, les technologies évaluées lors de l'analyse comparative doivent permettre de gérer en tout ou en partie les 93 000 tonnes de matières résiduelles restantes.

De ce total, on peut estimer que l'atteinte des objectifs de valorisation des matières compostables (résidus verts, résidus alimentaires) représente 32 000 tonnes. Ces matières seraient valorisées grâce à une collecte distincte des matières compostables.

Le reste des déchets ultimes peut être divisé en trois catégories :

- les matières résiduelles compostables (papier, carton, résidus verts, résidus alimentaires) qui n'ont pas été valorisés par la collecte sélective des matières recyclables ou par la collecte sélective des matières compostables. Cette catégorie représente environ 30 000 tonnes
- les matières résiduelles énergiquement (plastiques recyclables, plastiques non recyclables, encombrants, résidus de CRD, bois, caoutchouc, etc.) qui n'ont pas été valorisés par la collecte sélective des matières compostables ou par les services de proximité. Cette catégorie représente approximativement 17 000 tonnes
- les déchets à éliminer, soit les matières qui sont ni compostables, ni valorisables énergiquement (verre, granulats, métaux non récupérables, etc.). Cette catégorie représente environ 14 000 tonnes.

Les capacités de traitement nécessaires pour l'Estrie peuvent être évaluées à partir de ces estimations. De plus, les performances des différentes technologies de traitement des matières résiduelles qui sont présentées lors de l'analyse comparative peuvent être validées à partir cette estimation des matières résiduelles.



Les pages suivantes présentent les résultats de l'analyse comparative réalisée pour chacune des technologies de traitement des matières résiduelles. Dans un premier temps, les faits saillants de l'analyse sont mis en lumière pour les critères économiques, sociaux et environnementaux. Les faits saillants peuvent être aussi bien des points forts que des points faibles qui ont été révélés par l'analyse.

Dans un second temps, cette description est accompagnée par la grille d'analyse et le détail des résultats. La grille inclut la note d'évaluation qui a été donnée à chaque critère, avec les justifications. Dans certains cas, des notes maximales et des notes minimales ont été attribuées. Cette situation est généralement causée lorsque les recherches effectuées ont permis de recueillir des informations qui ne peuvent être contenues dans une seule case de l'échelle d'évaluation établie par la CREE. Par exemple, le coût des immobilisations peut varier à l'intérieur d'une même famille de traitement et ce, pour différentes raisons (prix différents selon les promoteurs, prix différents selon la capacité de traitement, etc.)



3.1 COMPOSTAGE EXTÉRIEUR

L'analyse des critères économiques a permis de mettre en lumière une certaine variabilité dans le critère « prix de revient » et le critère « coût des immobilisations ». Cette variabilité est due au fait qu'il existe différentes approches de traitement dans de cette famille de procédés. Par exemple, le compostage extérieur en andains est la technique la plus simple et qui exige le moins d'infrastructures. Par contre, l'utilisation d'un système d'aération forcée nécessite davantage d'investissements et d'infrastructures, ce qui augmente le prix de revient et le coût des immobilisations. Il en va de même pour les procédés dits « recouverts » comme le compostage réalisé à l'intérieur de sacs d'ensilage en plastique. La variabilité constatée dans l'évaluation de ces critères reflète donc cette réalité.

Au niveau social, l'analyse montre une faiblesse au niveau du contrôle des nuisances résiduelles. Cette faiblesse s'explique par le fait que le compostage est fait à l'extérieur et que les matières sont soumises aux caprices de la météo, ce qui rend difficile le contrôle de paramètres importants du processus de compostage comme la température, le taux d'oxygène et le taux d'humidité. Les mauvaises odeurs sont généralement causées par une défaillance de l'un ou l'autre de ces paramètres. Également ce procédé est celui qui requiert le plus de temps, soit de six (6) à 12 mois selon la technique utilisée et la fréquence des retournements. Cette longue durée fait en sorte que ce procédé nécessite de plus grands espaces (capacité de traitement variant de 2 000 à 8 000 tonnes par hectare, selon Recyc-Québec).

Finalement, l'évaluation des critères environnementaux a démontré que ce procédé génère peu de sous-produits et que ceux-ci ne sont pas contaminés. Par contre, le compostage extérieur génère du lixiviat qui doit être traité. Également, ce procédé est considéré peu flexible puisqu'il agit seulement les matières organiques et qu'il est généralement associé à une collecte distincte. Quant à la capacité de traitement, ce procédé peut être utilisé efficacement pour de petites quantités de matières autant que pour des grandes.

Dans le cadre de cette analyse, la « performance du procédé » est associée à un système de collecte à trois voies comptant une collecte de matières organiques triées à la source (résidus alimentaires et résidus verts). La performance de 90 % est liée à une faible proportion de matières indésirables (moins de 10%) présentes dans le flux de matières compostables recueillies par la collecte et acheminées au lieu de traitement. De plus, ce procédé est aussi efficace avec de petites quantités de matières (2 000 tonnes par années) que les très grandes (150 000 tonnes par année) de sorte que le compostage extérieur pourrait être implanté efficacement de façon centralisée un seul endroit ou bien de façon décentralisée dans chacune des MRC.

Le compostage extérieur est le procédé de traitement qui a obtenu les meilleurs résultats, selon les critères économiques de la grille d'analyse.



Compostage extérieur		Évaluation des critères				Cote	Commentaires
		Résultat maximum		Résultat minimum			
Critères économiques	Prix de revient (\$ / t)	Moins de 50 \$	30,0	50 à 83 \$	22,5	26,3	20 à 40 \$ / t (Recyc-Québec, 2006) 65 \$ / t (Longueuil 2006), 45 \$ / t, (Sherbrooke 2006)
	Coût des immobilisations (\$ / t)	Moins de 100 \$	15,0	100 à 400 \$	11,3	13,2	50 à 200 \$ / t (Recyc-Québec, 2006)
	Statut commercial	Commercial établi	15,0			15,0	
	Échéancier de réalisation	Moins de 2 ans	15,0			15,0	
	Retombées économiques Estriennes	Conception, fabrication et construction	15,0	Construction	0,0	7,5	Promoteurs présents en Estrie
	Mise en marché des extrants	Marché bien développé	10,0			10,0	Compost de catégorie AA (si intrants triés à la source)
Sous total économique						87,0	
Critères sociaux	Contrôle des nuisances résiduelles	Moyen	7,0	Faible	0,0	3,7	Contrôle moyen pour les procédés à aération forcé ou couvert et contrôle faible pour les procédés à andains
	Risques pour la santé et la sécurité	Faible	15,8			16,5	Opérations mécanisées
	Utilisation du territoire	Contraintes majeures	7,0			7,3	Nécessite de grandes surfaces. Préférentiellement implanté en zone rurale
	Création d'emplois en Estrie (nb emplois / 20 000 t)	De 6 à 10 emplois	10,5			11,0	Ferti-Val, Sherbrooke. 50 emplois pour 150 000 tonnes traitées
	Perception du milieu	Généralement bien perçu	12,0			12,0	Le compostage est généralement bien perçu en tant que méthode de traitement
Sous total social						50,5	
Critères environnementaux	Caractéristiques des sous-produits indésirables	Petite quantité de sous-produits non contaminés	30,0			30,0	Flux de matières compostables triées à la source contiennent moins de 10% de contaminants non compostables
	Analyse de cycle de vie (incluant bilan énergétique et GES)	Impact positif faible	16,0			16,0	Peut recevoir environ 31 000 tonnes de matières compostables municipales, prévient la formation de GES
	Performance du procédé	90% et plus	25,0			25,0	Fait référence aux résidus non-compostables (moins de 10%) qui se trouveraient dans le bac destiné au compostage d'une collecte à trois voies
	Flexibilité du procédé	Faible	2,5			2,5	Procédé efficace sur les matières organiques. Généralement associé à une collecte séparée
	Capacité minimale de traitement	Plus d'une installation peut être mise en place	10,0			10,0	Capacité de traitement variant de 2 000 tonnes par année (Lac Mégantic) et plus de 150 000 tonnes (Ferti-Val)
Sous total environnemental						83,5	
TOTAL						221,0	



3.2 COMPOSTAGE INTÉRIEUR

Tout comme le compostage extérieur, le compostage intérieur permet de produire un compost de qualité dans la mesure où les matières collectées sont elles-mêmes de bonne qualité.

L'analyse des critères économiques a permis de mettre en lumière une certaine variabilité dans le critère « prix de revient » et le « coût des immobilisations ». Cette variabilité est due au fait qu'il existe différentes approches de traitement à l'intérieur de cette famille de procédé. Par exemple, le compostage intérieur en silo-couloir est la technique la plus simple et qui exige le moins d'infrastructures. L'ajout de systèmes d'aération augmente les coûts. Également, les systèmes fermés comme les conteneurs ou les bioréacteurs nécessitent davantage d'investissements et d'infrastructures, ce qui augmente le prix de revient et les coûts des immobilisations. Règle générale, un contrôle élevé des paramètres va de pair avec une faible durée du processus et avec un prix de revient et un coût d'immobilisation plus élevés que les autres techniques. La variabilité constatée dans l'évaluation de ces critères reflète donc cette réalité.

Au niveau social, l'analyse montre que contrairement au compostage extérieur, le compostage intérieur permet un meilleur contrôle des nuisances résiduelles. Les odeurs demeurent à l'intérieur du bâtiment par différentes techniques (pression négative, portes à fermeture rapide) et l'air est traité par biofiltre à la sortie du bâtiment. Dans le cas de systèmes fermés, comme à l'intérieur de conteneurs, les contrôles sont encore plus stricts. Ce procédé peut même être implanté dans un milieu industriel, à condition que l'étape de la maturation du compost se déroule à l'intérieur. Finalement, comme le compost est produit plus rapidement que le compostage extérieur, la superficie de terrain nécessaire est plus petite (capacité de traitement d'environ 10 000 tonnes par hectare selon Recyc-Québec).

Finalement, l'évaluation des critères environnementaux a démontré que ce procédé génère peu de sous-produits et que ceux-ci ne sont pas contaminés. Également, ce procédé est considéré peu flexible puisqu'il agit seulement sur les matières organiques et qu'il est généralement associé à une collecte distincte. Quant à la capacité de traitement, ce procédé est généralement utilisé pour de moyennes et de grandes quantités de matières à traiter (plus de 25 000 tonnes par année). Un regroupement de MRC serait donc souhaitable si cette technologie était implantée.

Dans le cadre de cette analyse, le critère « performance du procédé » suppose un système de collecte à trois voies avec une collecte distincte de matières organiques triées à la source (résidus alimentaires et résidus verts). La performance de 90 % est liée à une faible proportion de matières indésirables (moins de 10%) présentes dans le flux de matières compostables recueillies par la collecte et acheminées au lieu de traitement.

Le compostage intérieur est le procédé de traitement qui a obtenu les meilleurs résultats, selon les critères sociaux de la grille d'analyse et aussi selon l'analyse globale.

Compostage intérieur		Évaluation des critères				Cote	Commentaires
		Résultat maximum		Résultat minimum			
Critères économiques	Prix de revient (\$ / t)	50 à 83 \$	22,5	84 à 116 \$	15,0	18,8	45 à 90 \$ / t (Recyc-Québec, 2006) 75 \$ / t (Rawdon 2004), 68 \$ / t, (Halifax 1999) (estimé à 80\$ la tonne en 2006). Compte tenu des résultats des recherches, le 45\$/t n'a pas été considéré
	Coût des immobilisations (\$ / t)	100 à 400 \$	11,3	401 à 700 \$	7,5	9,4	200 à 500 \$ / t (Recyc-Québec, 2006)
	Statut commercial	Commercial établi	15,0			15,0	
	Échéancier de réalisation	2 à 3 ans	11,3			11,3	
	Retombées économiques Estriennes	Conception, fabrication et construction	15,0	Construction	0,0	7,5	Promoteurs présents en Estrie
	Mise en marché des extrants	Marché bien développé	10,0			10,0	Compost de catégorie AA (si matières compostables triées à la source)
Sous total économique						72,0	
Critères sociaux	Contrôle des nuisances résiduelles	Fort	14,0	Moyen	7,0	11,0	Contrôle moyen pour les procédés ouverts (silo-couloir). Contrôle fort pour les systèmes fermés (conteneurs, bioéacteur)
	Risques pour la santé et la sécurité	Très faible	21,0			22,0	Traite généralement des matières organiques triées à la source. Opérations automatisées
	Utilisation du territoire	Contraintes mineures	14,0			14,7	Peut être implanté en milieu industriel
	Création d'emplois en Estrie (nb emplois / 20 000 t)	De 6 à 10 emplois	10,5			11,0	13 emplois pour 25 000 tonnes traitées (Miller Group, Halifax, 2006)
	Perception du milieu	Généralement bien perçu	12,0			12,0	
Sous total social						70,7	
Critères environnementaux	Caractéristiques des sous-produits indésirables	Petite quantité de sous-produits non contaminés	30,0			30,0	Flux de matières compostables triées à la source contiennent moins de 10% de contaminants non compostables
	Analyse de cycle de vie (incluant bilan énergétique et GES)	Impact positif fort	25,0	Impact positif faible	16,0	20,5	Peut recevoir environ 31 000 tonnes de matières compostables municipales, prévient la formation de GES
	Performance du procédé	90% et plus	25,0			25,0	Fait référence aux résidus non-compostables (moins de 10%) qui se trouveraient dans le bac destiné au compostage d'une collecte à trois voies
	Flexibilité du procédé	Faible	2,5			2,5	Procédé efficace sur les matières organiques. Généralement associé à une collecte séparée
	Capacité minimale de traitement	Plus d'une installation peuvent être mises en place	10,0	Nécessite toutes les M.R. de l'Estrie	5,0	7,5	Capacité de traitement variant de 22 000 tonnes par année (Rawdon) à 40 000 tonnes (L'Ange-Gardien), ce qui correspond à une installation pour la région. Deux plus petites installations peuvent être mises en place (regroupement de MRC), avec toutefois un effet négatif sur les coûts.
Sous total environnemental						85,5	
TOTAL						228,2	

3.3 TRI-COMPOSTAGE

L'analyse des critères économiques a permis de mettre en lumière une certaine variabilité dans le « coût des immobilisations ». Cette variabilité s'explique par les économies d'échelles liées à la capacité de traitement des infrastructures. Plus la capacité de traitement est élevée, plus le coût d'immobilisation à la tonne est bas.

Également, le tri-compostage de déchets ultimes d'origine résidentielle permet de produire un compost de qualité moyenne équivalent à la cote B de la norme CAN/BNQ 0413-200. Le compost issu de déchets ultimes d'origine résidentielle contient généralement des métaux lourds comme le plomb et/ou le cuivre à des taux qui correspondent à la cote B de la norme du BNQ.

Selon une enquête de l'Association québécoise des industriels du compostage (AQIC) effectuée en 2003, le compost de catégorie B en vrac se vend en moyenne plus de deux fois moins cher que le compost de catégorie AA. De plus l'étude révèle que le marché du compost en sacs (beaucoup plus lucratif que la vente en vrac) n'est pas développé pour le compost de catégorie B.

Pour ce qui est des critères sociaux, l'analyse montre que le tri-compostage permet un certain contrôle des nuisances résiduelles. Les odeurs demeurent à l'intérieur du bâtiment par différentes techniques (pression négative, portes à fermeture rapide) et l'air est traité par biofiltre à la sortie du bâtiment. Ce procédé peut même être implanté dans un milieu industriel, à condition que l'étape de la maturation du compost se déroule également à l'intérieur du bâtiment.

Finalement, l'évaluation des critères environnementaux a démontré que ce procédé génère une grande quantité de sous-produits et que ceux-ci ne sont pas contaminés. Les sous-produits sont constitués de matières non-compostables et non recyclables présentes dans le flux de déchets ultimes. Les quantités et les proportions des sous-produits peuvent varier en fonction du type de collecte. Également, ce procédé est considéré très flexible puisqu'il permet de traiter des déchets ultimes. De plus, d'autres matières organiques, comme des biosolides municipaux, peuvent y être traitées. Quant à la capacité de traitement, ce procédé est généralement utilisé pour de moyennes et de grandes quantités de matières. Dans le cadre de cette analyse, le critère « performance du procédé » s'appuie sur un système de collecte à deux voies et offre une performance de traitement d'environ 75 %.

Compte tenu de la quantité de déchets ultimes à traiter (environ 100 000 tonnes) et des capacités de traitement des technologies analysées (35 à 100 000 tonnes), une ou deux installations de tri-compostage pourraient être mises en place, ce qui nécessiterait le regroupement de plusieurs MRC.

Le tri-compostage est le procédé de traitement qui a obtenu les meilleurs résultats, selon les critères environnementaux de la grille d'analyse.

Tri Compostage		Évaluation des critères				Cote	Commentaires
		Résultat maximum		Résultat minimum			
Critères économiques	Prix de revient (\$ / t)	84 à 116 \$	15,0			15,0	Environ 100 \$/t (Sorel, 2005), 85 \$/t (Edmonton 2006)
	Coût des immobilisations (\$ / t)	100 à 400 \$	11,3	701 à 1000 \$	3,8	7,6	301 \$/t (Mariposa, Ca, 2006), 384 \$/t (Edmonton, 2001), 714 \$/t (Conporec Albany, 2006), 700 \$/t (Conporec Australie 2006). Selon la proposition de Conporec, 850 à 500 \$/t (pour 20 000 à 100 000 t)
	Statut commercial	Commercial établi	15,0			15,0	
	Échéancier de réalisation	2 à 3 ans	11,3	3 à 4 ans	7,5	9,4	
	Retombées économiques Estriennes	Construction	0,0			0,0	Présence de promoteurs québécois, mais pas en Estrie
	Mise en marché des extrants	Marché peu développé	5,0			5,0	Marché peu développé pour le compost de catégorie B
Sous total économique						52,0	
Critères sociaux	Contrôle des nuisances résiduelles	Fort	14,0	Moyen	7,0	11,0	Contrôle fort dans le bioréacteur et contrôle moyen lors de la phase de maturation (si maturation à l'extérieur)
	Risques pour la santé et la sécurité	Moyen	10,5			11,0	Traite des déchets ultimes. Procédé en partie automatisé, plusieurs manipulations
	Utilisation du territoire	Contraintes mineures	14,0			14,7	Peut être implanté en milieu industriel
	Création d'emplois en Estrie (nb emplois / 20 000 t)	De 6 à 10 emplois	10,5			11,0	Estimation comparable au compostage intérieur
	Perception du milieu	Généralement bien perçu	12,0	Généralement mal perçu	0,0	6,0	Perception variable, mauvaise expérience au début de l'exploitation du site de Sorel-Tracy, situation améliorée par la suite
Sous total social						53,7	
Critères environnementaux	Caractéristiques des sous-produits indésirables	Grande quantité de sous-produits non contaminés	20,0			20,0	Résidus non compostables (verre, métal, plastique, granulats, encombrants, RDD, etc.) présents dans le flux de déchets ultimes
	Analyse de cycle de vie (incluant bilan énergétique et GES)	Impact positif fort	25,0	Impact positif faible	16,0	20,5	Peut recevoir l'ensemble des déchets ultimes. Préviend la formation de biogaz d'environ 60 000 tonnes de matières compostables municipales
	Performance du procédé	75% et plus	18,8	60 % et plus	12,5	15,7	Performance associée à la quantité de matières compostables dans le flux de déchets ultimes. Environ 25 000 tonnes à éliminer sur les 99 000 tonnes de déchets ultimes municipaux produits
	Flexibilité du procédé	Très élevée	10,0			10,0	Traite des déchets ultimes, peut nécessiter un léger prétraitement du flux de matières, peut être utilisé pour d'autres matières organiques (boues municipales)
	Capacité minimale de traitement	Plus d'une installation peut être mise en place	10,0	Nécessite toutes les M.R. de l'Estrie	5,0	7,5	Capacité de traitement variant de 35 000 tonnes par année (Sorel, Albany) plus de 250 000 tonnes (Edmonton). Une capacité de traitement de 35 000 tonnes nécessiterait le regroupement de MRC. Une seule installation de plus grande capacité permettrait des économies d'échelle.
Sous total environnemental						74,0	
TOTAL						179,7	

3.4 MÉTHANISATION

La méthanisation est généralement associée au traitement de matières organiques triées à la source, comme c'est le cas à Dufferin et à New Market, près de Toronto. Par contre, de plus en plus d'essais sont faits pour traiter des déchets ultimes non triés, notamment en Espagne.

L'analyse des critères économiques a permis de mettre en lumière une certaine variabilité dans le critère « prix de revient » mais surtout au niveau du « coût des immobilisations ». En effet, il existe non seulement une grande différence des coûts en fonction de la capacité de traitement, mais également entre les différents procédés. Les coûts d'immobilisation peuvent varier du simple au double, pour une installation de capacité de traitement moyenne (30 000 tonnes par année), selon le procédé utilisé. Pour ce qui est de la mise en marché des extrants, le biogaz peut être utilisé pour produire de la vapeur et/ou de l'électricité. L'importance de ces revenus dépend de la valeur de l'énergie alternative pour les utilisateurs.

Quant aux critères sociaux, l'analyse montre que la méthanisation permet un certain contrôle des nuisances résiduelles. Les odeurs demeurent à l'intérieur du bâtiment par différents procédés (pression négative, portes à fermeture rapide) et l'air est traité par biofiltre à la sortie du bâtiment. Ce procédé peut être implanté dans un milieu industriel. Ainsi, au niveau de la perception, l'expérience de Toronto offre les deux extrêmes, soit une installation bien perçue (Dufferin) et une autre qui est plus mal perçue (New Market). Bien que ce ne soit pas la technologie qui soit en cause, mais bien la gestion de l'installation, une mauvaise gestion peut engendrer des effets négatifs sur la perception qu'en ont les gens.

Finalement, l'évaluation des critères environnementaux a démontré que ce procédé génère une grande quantité de sous-produits et que ceux-ci ne sont pas contaminés. Les sous-produits sont constitués de digestat, qui est une forme de compost non-mature. Le digestat doit subir une dernière étape de maturation avant d'être valorisé. Cette étape est généralement faite à l'extérieur du site de méthanisation, avec des andains. Également, ce procédé est considéré flexible puisqu'il permet de traiter des matières organiques triées à la source ou des déchets ultimes. À Toronto, les deux installations traitent des matières organiques collectées dans des sacs de plastique. Quant à la capacité de traitement, ce procédé est généralement utilisé pour de moyennes et de grandes quantités de matières (plus de 25 000 tonnes par année).

Compte tenu de la quantité de matières compostables triées à la source (32 000 tonnes) et des capacités de traitement des technologies analysées (plus de 25 000 tonnes), une installation de méthanisation pourrait être mise en place, ce qui nécessiterait le regroupement de plusieurs MRC. Dans le cas du traitement de déchets ultimes, les capacités de traitement des technologies analysées étaient en moyenne de plus de 100 000 tonnes par année, ce qui correspond à la quantité de déchets ultimes générés dans la région. Encore une fois, une installation centralisée pourraient voir le jour.

Méthanisation		Évaluation des critères				Cote	Commentaires
		Résultat maximum		Résultat minimum			
Critères économiques	Prix de revient (\$ / t)	84 à 116 \$	15,0	117 à 150 \$	7,5	11,3	130 \$/t (Dufferin, 2006), 80 à 120 \$/t (Recyc-Québec, 2006) (le chiffre de 80\$ n'a pas été considéré dans l'analyse)
	Coût des immobilisations (\$ / t)	401 à 700 \$	7,5	701 à 1000 \$	3,8	5,7	440 \$/t (FCM, 2004), 400 \$/t (Dufferin, 2004), 660 \$/t (Organic Waste System, 2005), 1 000 \$/t (Calais, 2006). Coûts variés selon les procédés, pour une même capacité de traitement
	Statut commercial	Commercial établi	15,0	Semi-commercial	12,0	13,5	Statut commercial établi pour le traitement de matières organiques triées à la source, statut semi-commercial pour le traitement de déchets ultimes
	Échéancier de réalisation	3 à 4 ans	7,5			7,5	
	Retombées économiques Estriennes	Construction	0,0			0,0	Pas de projet en Estrie pour le traitement de déchets ultimes municipaux ou résidentiels
	Mise en marché des extrants	Marché bien développé	10,0	Marché peu développé	5,0	7,5	Marché développé pour la transformation du biogaz en électricité et pour la transformation du digestat en compost de qualité, marché peu développé pour le digestat de déchets ultimes
Sous total économique						45,5	
Critères sociaux	Contrôle des nuisances résiduelles	Fort	14,0	Moyen	7,0	11,0	Contrôle fort dans le réacteur et contrôle moyen dans la phase d'entreposage des matières
	Risques pour la santé et la sécurité	Moyen	10,5			11,0	Procédé automatisé, production de biogaz
	Utilisation du territoire	Contraintes mineures	14,0			14,7	Peut être implanté en milieu industriel
	Création d'emplois en Estrie (nb emplois / 20 000 t)	De 6 à 10 emplois	10,5			11,0	Environ 10 emplois par tranche de 20 000 t (ville de Toronto, 2006)
	Perception du milieu	Généralement bien perçu	12,0	Généralement mal perçu	0,0	6,0	Bonne expérience à Dufferin, Mauvaise expérience à New Market
Sous total social						53,7	
Critères environnementaux	Caractéristiques des sous-produits indésirables	Petite quantité de sous-produits non contaminés	30,0	Grande quantité de sous-produits non contaminés	20,0	25,0	Petite quantité de résidus non dégradables présents dans le flux de matières compostables triées à la source (moins de 10%), grande quantité de résidus non dégradables présents dans le cas de traitement de déchets ultimes
	Analyse de cycle de vie (incluant bilan énergétique et GES)	Impact positif fort	25,0			25,0	Peut recevoir l'ensemble des déchets ultimes. Préviend la formation de biogaz d'environ 60 000 tonnes de matières compostables municipales ou 31 000 tonnes de matières triées à la source, nécessite peu de transport
	Performance du procédé	90% et plus	25,0	60 % et plus	12,5	18,8	Performance de 90% pour le traitement de matières organiques triées à la source et de 60% dans le cas de déchets ultimes
	Flexibilité du procédé	Très élevée	10,0	Moyenne	5,0	7,5	Procédé efficace sur les matières organiques. Peut être associé à une collecte de déchets ultimes. Peut aussi traiter des biosolides municipaux
	Capacité minimale de traitement	Nécessite toutes les M.R. de l'Estrie	5,0			5,0	Capacité de traitement de 25 000 t par année à Dufferin et New Market. De plus grosses installations en place en Europe (100 000 t) pour les déchets ultimes
Sous total environnemental						81,3	
TOTAL						180,5	

3.5 INCINÉRATION AVEC RÉCUPÉRATION DE L'ÉNERGIE

L'analyse des critères économiques a permis de mettre en lumière une certaine variabilité dans le « prix de revient ». Cette variabilité est due aux différentes capacités de traitement et aux économies d'échelle qui y sont reliées. L'analyse montre que l'« échéancier de réalisation » a un impact négatif sur l'incinération, en lien avec le processus d'autorisations environnementales. L'établissement d'une installation d'incinération de matières résiduelles (selon le règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles (REIMR), le terme « matières résiduelles » inclut les ordures ménagères et les boues provenant d'ouvrages municipaux) nécessite un décret en vertu de l'article 31.1 de la Loi sur la qualité de l'environnement.

Quant aux critères sociaux, l'analyse montre que l'incinération permet un certain contrôle des nuisances résiduelles comme les odeurs et les fumées générées lors de la combustion. Toutefois, ce procédé produit des dioxines que les systèmes de traitement les plus efficaces ne peuvent éliminer complètement. Il en résulte un risque pour la santé et la sécurité plus élevé que les autres techniques de traitement. De plus, les contraintes associées à l'utilisation du territoire sont jugées supérieures aux autres procédés de traitement compte tenu des risques à la santé (qui suppose une zone tampon plus importante). Finalement, l'incinération de déchets ultimes est généralement mal perçue au Québec. Montréal a fermé l'incinérateur des Carrières en 1993 et la ville de Québec, dans son PGMR, prévoit cesser les opérations du sien en 2024. Ce n'est pas l'incinération qui est mal perçue, mais bien l'incinération de déchets ultimes. La différence est importante puisque plusieurs projets de co-génération énergétiques ont vu le jour au Québec, principalement pour la valorisation de biomasse forestière (Kruger à Bromptonville).

Finalement, l'évaluation des critères environnementaux a démontré que ce procédé offre une bonne performance de traitement (réduction de 70 % du poids et de 90 % du volume) ainsi qu'une grande flexibilité puisqu'il traite des déchets ultimes, que ceux-ci nécessitent un faible prétraitement et que le procédé peut accepter des variations dans le flux de matières à traiter et ce, autant en terme de quantité que de composition des matières. Toutefois, l'incinération génère une grande quantité de sous-produits et que ceux-ci sont contaminés, comme les mâchefers, les cendres de grille et les cendres volantes. Contrairement au Règlement sur les déchets solides, le Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles précise que les cendres volantes peuvent parfois avoir les caractéristiques d'une matière dangereuse et nécessiter une gestion distincte.

Suivant le modèle de l'incinérateur de Lévis et sa capacité de traitement de 25 000 tonnes par années, deux ou trois installations pourraient voir le jour, ce qui nécessiterait le regroupement de MRC. Toutefois, d'importantes économies d'échelles seraient réalisées en centralisant les activités en un endroit. La localisation devra tenir compte de la proximité d'utilisateurs potentiels pour l'énergie produite (vapeur).



Incinération avec récupération de l'énergie		Évaluation des critères				Cote	Commentaires	
		Résultat maximum		Résultat minimum				
Critères économiques	Prix de revient (\$ / t)	50 à 83 \$	22,5	84 à 116 \$	15,0	18,8	65 \$/t (Burnaby, 2005), 100 \$/t (Brampton, 2005), 125 à 150 \$/t (Oshawa, 2005). Dépend de la capacité de traitement	
	Coût des immobilisations (\$ / t)	401 à 700 \$	7,5			7,5	Selon ADEME (2003), environ 410 \$/t, selon état du Delaware (2006), de 530 à 640 \$/t. Dans les deux cas, installation de 100 000 tonnes par année	
	Statut commercial	Commercial établi	15,0				15,0	
	Échéancier de réalisation	4 à 5 ans	3,8				3,8	Nécessite un processus d'audience publique
	Retombées économiques Estriennes	Construction	0,0				0,0	Pas de projet en Estrie pour le traitement de déchets ultimes municipaux ou résidentiels
	Mise en marché des extrants	Marché bien développé	10,0				10,0	Production d'électricité et/ou de vapeur
Sous total économique						55,1		
Critères sociaux	Contrôle des nuisances résiduelles	Fort	14,0	Moyen	7,0	11,0	Fort contrôle des odeurs, contrôle moyen de la fumée générée par la combustion	
	Risques pour la santé et la sécurité	Élevé	5,3			5,5	Combustion des déchets génère des dioxines, des furanes et des métaux lourds	
	Utilisation du territoire	Contraintes majeures	7,0			7,3	Peut être implanté en zone industrielle, avec une zone tampon supérieure aux autres procédés pouvant être mis en zone industrielle. Nécessite la proximité d'utilisateurs potentiels pour valoriser la vapeur	
	Création d'emplois en Estrie (nb emplois / 20 000 t)	16 emplois et plus	21,0	De 6 à 10 emplois	10,5	16,5	Dépend de la capacité de traitement. Lévis, 20 emplois par tranche de 20 000 tonnes. Québec, 6 emplois par tranche de 20 000 tonnes	
	Perception du milieu	Généralement mal perçu	0,0				0,0	Mauvaise expérience de la ville de Montréal
Sous total social						40,3		
Critères environnementaux	Caractéristiques des sous-produits indésirables	Grande quantité de sous-produits contaminés	0,0			0,0	Les sous-produits (mâchefers et de cendres volantes) représentent environ 30% du tonnage initial traité	
	Analyse de cycle de vie (incluant bilan énergétique et GES)	Impact positif fort	25,0	Impact positif faible	16,7	20,8	Peut recevoir l'ensemble des déchets ultimes. Préviend la formation de biogaz d'environ 60 000 tonnes de matières compostables municipales (papier, résidus verts, etc.), nécessite peu de transport, génère du CO2	
	Performance du procédé	60 % et plus	12,5			12,5	Procédé qui réduit d'environ 70% le tonnage de matières à éliminer	
	Flexibilité du procédé	Très élevée	10,0			10,0	Traite des déchets ultimes, prétraitement minime	
	Capacité minimale de traitement	Plus d'une installation peut être mise en place	10,0	Nécessite toutes les M.R. de l'Estrie	5,0	7,5	Capacité de traitement de 24 000 tonnes par année à la ville de Lévis. Nécessiterait le regroupement de MRC. Généralement, incinérateur conçus pour de grandes capacités, procédé sensible aux économies d'échelle	
Sous total environnemental						50,8		
TOTAL						146,2		

3.6 GAZÉIFICATION

L'analyse des critères économiques a permis de mettre en lumière d'importantes variabilités dans le « prix de revient », le « coût des immobilisations » et le « statut commercial ». En effet, il existe une grande différence des coûts en fonction de la capacité de traitement. De plus, des facteurs extérieurs au traitement, comme le prix de revente de l'électricité, influencent le prix de revient. Également, le statut commercial diffère d'un promoteur à l'autre. Des entreprises comme Ebara et Interstate Waste Technologies ont des statuts commerciaux établis, tandis que des compagnies comme Plasco Energy Group ou Énerkem sont considérées comme semi-commercial ou démonstration (pour le traitement de déchets ultimes).

Quant aux critères sociaux, l'analyse montre que la gazéification permet un fort contrôle des nuisances résiduelles et des gaz. Les odeurs sont générées principalement lors la réception des matières. La phase de traitement ne génère pas d'odeurs et la transformation des matières résiduelles en syngaz ne produit pas de dioxines et de furannes. Ce procédé peut être implanté dans un milieu industriel. Au niveau de la perception, la gazéification est un procédé relativement nouveau (pour le traitement de déchets ultimes) et peu connu, la perception du milieu est donc difficile à évaluer. Il y a des risques que la gazéification soit associée à l'incinération puisque les deux infrastructures se ressemblent et que les deux produisent de la vapeur et/ou de l'électricité. Toutefois, il est possible de raffiner davantage le syngaz produit de façon à le transformer en biocarburant. La production de biocarburant à partir de déchets ultimes aurait sans doute un impact positif sur la perception de cette technologie.

Finalement, l'évaluation des critères environnementaux a démontré que la gazéification génère une grande quantité de sous-produits et que ceux-ci ne sont pas contaminés. Les résidus solides issus de la gazéification sont stables et inertes, contrairement à l'incinération. De petites quantités de sous-produits contaminés sont également générées. Ceux-ci proviennent des opérations de nettoyage du syngaz avant sa valorisation.

Il existe également des différences dans la quantité de sous-produits générés, selon la nature du procédé utilisé (gazéification sur lit fixe, sur lit fluidisé, plasma). Quant à l'analyse de cycle de vie, la gazéification est le procédé qui a l'impact le plus significatif sur la production de GES, puisqu'il prévient la formation de biogaz, génère de l'énergie et ce, en produisant moins de CO₂ que l'incinération.

Finalement, la gazéification est un procédé moins flexible que l'incinération car un prétraitement rigoureux doit être effectué pour rendre le flux de matières le plus homogène possible. Également, si le flux contient une trop grande quantité de matières organiques, une étape de séchage ou de compostage peut être ajoutée au prétraitement

Gazéification		Évaluation des critères				Cote	Commentaires
		Résultat maximum		Résultat minimum			
Critères économiques	Prix de revient (\$ / t)	84 à 116 \$	15,0	117 à 150 \$	7,5	11,3	88 \$/t (procédé GEM America), 131 \$/t (procédé IWT), 149 \$/t (procédé Ebara), Prix varie grandement en fonction de la capacité de traitement et du prix de revente de l'électricité produite.
	Coût des immobilisations (\$ / t)	401 à 700 \$	7,5	701 à 1000 \$	3,8	5,7	480 \$/t (procédé IWT), 858 \$/t (procédé Ebara). Prix varie grandement en fonction de la capacité de traitement et du prix de revente de l'électricité produite.
	Statut commercial	Commercial établi	15,0	Usine de démonstration	9,0	12,0	Le statut du procédé dépend du promoteur
	Échéancier de réalisation	3 à 4 ans	7,5	4 à 5 ans	3,8	5,7	
	Retombées économiques Estriennes	Conception, fabrication et construction	15,0	Construction	0,0	7,5	Promoteur présent en Estrie
	Mise en marché des extrants	Marché bien développé	10,0			10,0	Marché développé pour la vente d'électricité
Sous total économique						52,2	
Critères sociaux	Contrôle des nuisances résiduelles	Fort	14,0			14,7	Fort contrôle des odeurs et des gaz, système fermé, produit final stable
	Risques pour la santé et la sécurité	Moyen	10,5			11,0	Procédé automatisé, production de syngaz
	Utilisation du territoire	Contraintes mineures	14,0			14,7	Peut être implanté en milieu industriel
	Création d'emplois en Estrie (nb emplois / 20 000 t)	De 11 à 15 emplois	15,8			16,5	Environ 15 emplois par tranche de 20 000 t (Ebara, 2004)
	Perception du milieu	Perception inconnue	5,0			6,0	Procédé peu connu
Sous total social						62,8	
Critères environnementaux	Caractéristiques des sous-produits indésirables	Grande quantité de sous-produits non contaminés	20,0	Petite quantité de sous-produits contaminés	10,0	15,0	Petites à grandes quantités de sous-produits solides stabilisés (10 à 25% selon les procédés) et petites quantités de résidus d'épuration du gaz (environ 3%)
	Analyse de cycle de vie (incluant bilan énergétique et GES)	Impact positif fort	25,0			25,0	Peut recevoir l'ensemble des déchets ultimes. Préviend la formation de biogaz d'environ 60 000 tonnes de matières compostables municipales, nécessite peu de transport, génère de l'énergie, génère moins de CO ₂ que la combustion
	Performance du procédé	90% et plus	25,0	60 % et plus	12,5	18,8	Performance maximale si un débouché est trouvé pour les résidus inertes stables ou vitrifiés. Performance minimale d'environ 70% si les résidus inertes sont éliminés. Performance varie selon le procédé utilisé.
	Flexibilité du procédé	Moyenne	5,0			5,0	Traite des déchets ultimes, nécessite un prétraitement pour uniformiser le flux de matières (granulométrie, humidité), procédé sensible à la variation de la quantité de matières
	Capacité minimale de traitement	Nécessite toutes les M.R. de l'Estrie	5,0			5,0	Capacité de traitement allant de 47 000 tonnes par année (Tokushima) à plus de 168 000 tonnes (Kawaguchi City). Mise en place improbable de deux installations en région (une pour Sherbrooke et une pour les MRC). Une seule installation de plus grande capacité permettrait des économies d'échelle. Pourrait nécessiter l'importation de M.R.
Sous total environnemental						68,8	
TOTAL						183,8	

3.7 PYROLYSE

L'analyse des critères économiques a démontré que la pyrolyse est le procédé qui est le moins bien établi commercialement pour le traitement de déchets ultimes. Ainsi, peu de données sont disponibles, autant pour le prix de revient et les coûts liés à l'immobilisation. Chez certains promoteurs, la chaîne de traitement comprend une étape de pyrolyse et une étape de gazéification. Pour cette raison et aussi compte tenu de la ressemblance entre les deux procédés, il est estimé que les coûts associés à la pyrolyse sont semblables et comparables à ceux de la gazéification. On peut donc présumer une certaine variabilité du « prix de revient » et du « coût des immobilisations » due aux différentes capacités de traitement mais aussi aux différents promoteurs.

Quant aux critères sociaux, tout comme la gazéification, l'analyse montre que la pyrolyse permet un fort contrôle des nuisances résiduelles et des gaz. Les odeurs sont générées principalement lors la réception des matières et non durant le traitement de celles-ci. Ce procédé peut être implanté dans un milieu industriel. De plus, au niveau de la perception, la pyrolyse est aussi un procédé relativement nouveau pour le traitement de déchets ultimes et peu connu, la perception du milieu est donc difficile à évaluer.

Finalement, l'évaluation des critères environnementaux a révélé que la pyrolyse génère une grande quantité de sous-produits et que ceux-ci ne sont pas contaminés. Comme les résidus solides issus de la gazéification, ceux issus de la pyrolyse sont stables. De petites quantités de sous-produits contaminés sont également produits et proviennent des opérations de nettoyage du syngaz. Quant à l'analyse de cycle de vie, la pyrolyse a également un impact significatif sur la production de GES, puisqu'elle prévient la formation de biogaz, génère de l'énergie et ce, en produisant moins de CO₂ que l'incinération. Finalement, il s'agit d'un procédé moins flexible que l'incinération car un prétraitement rigoureux doit être effectué pour rendre le flux de matières le plus homogène possible.

Pyrolyse		Évaluation des critères				Cote	Commentaires
		Résultat maximum		Résultat minimum			
Critères économiques	Prix de revient (\$ / t)	84 à 116 \$	15,0	117 à 150 \$	7,5	11,3	Peu de données disponibles. Supposé égal à la gazéification
	Coût des immobilisations (\$ / t)	401 à 700 \$	7,5	701 à 1000 \$	3,8	5,7	Peu de données disponibles. Supposé égal à la gazéification
	Statut commercial	Semi-commercial	12,0	Usine de démonstration	9,0	10,5	Procédé peu développé pour le traitement de matières résiduelles domestiques
	Échéancier de réalisation	3 à 4 ans	7,5	4 à 5 ans	3,8	5,7	
	Retombées économiques Estrieennes	Construction	0,0			0,0	Pas de projet en Estrie pour le traitement de matières résiduelles
	Mise en marché des extrants	Marché bien développé	10,0			10,0	Marché développé pour la vente d'électricité
Sous total économique						43,2	
Critères sociaux	Contrôle des nuisances résiduelles	Fort	14,0			14,7	Fort contrôle des odeurs et des gaz, système fermé, produit final stable
	Risques pour la santé et la sécurité	Moyen	10,5			11,0	Procédé automatisé, production de syngaz
	Utilisation du territoire	Contraintes mineures	14,0			14,7	Peut être implanté en milieu industriel
	Création d'emplois en Estrie (nb emplois / 20 000 t)	De 6 à 10 emplois	10,5			11,0	Environ 6 emplois par tranche de 20 000 tonnes selon Wastegen UK.
	Perception du milieu	Perception inconnue	5,0			6,0	Procédé peu connu
Sous total social						57,3	
Critères environnementaux	Caractéristiques des sous-produits indésirables	Grande quantité de sous-produits non contaminés	20,0	Petite quantité de sous-produits contaminés	10,0	15,0	Petites à grandes quantités de sous-produits solides stabilisés (5 à 20% selon les procédés) et petites quantités de résidus d'épuration du syngaz (environ 2 à 10%)
	Analyse de cycle de vie (incluant bilan énergétique et GES)	Impact positif fort	25,0			25,0	Peut recevoir l'ensemble des déchets ultimes. Préviens la formation de biogaz d'environ 60 000 tonnes de matières compostables municipales, nécessite peu de transport, génère de l'énergie, génère moins de CO ₂ que la combustion
	Performance du procédé	90% et plus	25,0	60 % et plus	12,5	18,8	Performance maximale si un débouché est trouvé pour les résidus inertes stables ou vitrifiés. Performance d'environ 70% si les résidus inertes sont éliminés. Performance varie selon le procédé utilisé.
	Flexibilité du procédé	Moyenne	5,0			5,0	Traite des déchets ultimes, nécessite un prétraitement pour uniformiser le flux de matières (granulométrie, humidité)
	Capacité minimale de traitement	Nécessite toutes les M.R. de l'Estrie	5,0			5,0	Capacité de traitement allant de 36 000 tonnes par année (Burgau) à 100 000 tonnes (Hamm). Mise en place improbable de deux installations (une pour Sherbrooke et une pour les MRC). Une seule installation de plus grande capacité permettrait des économies d'échelle.
Sous total environnemental						68,8	
TOTAL						169,3	

3.8 PRODUCTION DE COMBUSTIBLES DÉRIVÉS DE DÉCHETS (CDD)

L'évaluation des critères économiques révèle que peu de données sont disponibles quant au prix de revient et aux coûts d'immobilisation. Comme la production de combustibles dérivés de déchets (CDD) est un procédé qui se rapproche brièvement du tri-compostage, il est estimé que les coûts sont comparables. Également, la production de CDD est un procédé de traitement des déchets ultimes pratiquement inexistant en Amérique du Nord, de sorte qu'il n'existe aucun marché par la revente de ce combustible dont la valeur calorifique est inférieure au charbon. Les quelques entreprises qui utilisent ce procédé le font pour leur compte et valorise le CDD dans leurs propres installations.

Quant aux critères sociaux, l'analyse montre que la production de CDD permet un bon contrôle des nuisances. Toutefois, le produit final n'est pas totalement stable et ne peut être entreposé durant de longues périodes sans causer des nuisances. Ce procédé peut être implanté dans un milieu industriel. Ainsi, au niveau de la perception, la production de CDD est aussi un procédé relativement inconnu, la perception du milieu est donc difficile à évaluer.

Finalement, l'évaluation des critères environnementaux a révélé que la production de CDD génère une grande quantité de sous-produits et que ceux-ci ne sont pas contaminés. Ces résidus sont principalement des métaux, du verre, des granulats et d'autres matières inertes qui ne peuvent être valorisées énergétiquement. Quant à l'analyse de cycle de vie, ce procédé a un impact significatif sur la production de GES, puisqu'elle prévient la formation de biogaz et que son produit permet la production d'énergie. La façon dont seront valorisés les CDD aura une influence sur la quantité de CO₂ généré (incinération ou gazéification). Finalement, il s'agit d'un procédé flexible qui permet le traitement de déchets ultimes qui peut s'adapter aux collectes à deux ou à trois voies.

Production de combustibles dérivés de déchets		Évaluation des critères				Cote	Commentaires
		Résultat maximum		Résultat minimum			
Critères économiques	Prix de revient (\$ / t)	84 à 116 \$	15,0			15,0	Supposé comparable au tri-compostage
	Coût des immobilisations (\$ / t)	401 à 700 \$	7,5			7,5	Supposé comparable au tri-compostage
	Statut commercial	Commercial établi	15,0			15,0	Principalement en Allemagne et au Japon
	Échéancier de réalisation	2 à 3 ans	11,3	3 à 4 ans	7,5	9,4	
	Retombées économiques Estriennes	Construction	0,0			0,0	Pas de projet en Estrie pour le traitement de matières résiduelles
	Mise en marché des extrants	Marché inexistant	0,0			0,0	Marché inexistant pour la vente de CDD au Québec ou en Amérique du Nord
Sous total économique						46,9	
Critères sociaux	Contrôle des nuisances résiduelles	Fort	14,0	Moyen	7,0	11,0	Contrôle fort lors du procédé, produit final pas totalement stable
	Risques pour la santé et la sécurité	Moyen	10,5			11,0	Traite des déchets ultimes. Procédé en partie automatisé, plusieurs manipulations
	Utilisation du territoire	Contraintes mineures	14,0			14,7	
	Création d'emplois en Estrie (nb emplois / 20 000 t)	De 1 à 5 emplois	5,3			5,5	Environ 4 emplois par tranche de 20 000 t (Herhof, 2004)
	Perception du milieu	Perception inconnue	5,0			6,0	Procédé peu connu
Sous total social						48,2	
Critères environnementaux	Caractéristiques des sous-produits indésirables	Grande quantité de sous-produits non contaminés	20,0			20,0	Résidus non valorisables énergétiquement (verre, métal, granulats) présents dans le flux de déchets ultimes
	Analyse de cycle de vie (incluant bilan énergétique et GES)	Impact positif faible	16,7			16,7	Prévient la formation de biogaz, nécessite peu de transport, génère un produit combustible dont le pouvoir calorifique est inférieur au charbon. La quantité et la qualité de l'énergie produite dépendront de la méthode de valorisation (incinération, gazéification, pyrolyse).
	Performance du procédé	60 % et plus	12,5	30% et plus	0,0	6,3	Le taux de détournement élevé est conditionnel à la valorisation énergétique du CDD
	Flexibilité du procédé	Élevée	7,5			7,5	Traite des déchets ultimes, procédé peu influencé par la composition du flux de déchets
	Capacité minimale de traitement	Plus d'une installation peut être mise en place	10,0	Nécessite toutes les M.R. de l'Estrie	5,0	7,5	Capacité de traitement variant de 20 000 tonnes par année (Rügen, Allemagne) jusqu'à plus de 180 000 tonnes (Mertesdorf, Allemagne)
Sous total environnemental						58,0	
TOTAL						153,1	

3.9 RÉDUCTION ET STABILISATION

Contrairement aux autres procédés présentés précédemment, la réduction et la stabilisation des déchets ultimes ne vise pas la production d'un produit valorisable, ayant une valeur ajoutée ou qui est destiné à la revente. Comme son nom l'indique, ce procédé a pour objectif de réduire la quantité de matières à éliminer et de la stabiliser en décomposant partiellement les matières organiques du flux de déchets. Il ne s'agit donc pas d'un procédé de valorisation, mais plutôt d'un prétraitement à l'enfouissement qui permet de prolonger la durée de vie d'un lieu d'enfouissement et de prévenir la formation de biogaz.

L'évaluation des critères économiques révèle que peu de données sont disponibles quant au prix de revient et aux coûts d'immobilisation. Comme la réduction et la stabilisation est un procédé qui se rapproche brièvement du compostage intérieur, il est estimé que les coûts sont comparables. Également, ce procédé peut être implanté dans un délai assez court, soit moins de trois (3) ans.

Quant aux critères sociaux, l'analyse montre que la réduction et la stabilisation fait face à des contraintes majeures quant à l'utilisation du territoire, due au fait que ce procédé est généralement implanté à proximité d'un lieu d'enfouissement. La mise en place de cette technique de traitement est généralement bien perçue en tant que prétraitement à l'enfouissement.

Finalement, l'évaluation des critères environnementaux révèle que la réduction et la stabilisation ont un impact positif sur la production de GES en prévenant la formation de biogaz. Également, ce procédé en est un très flexible qui permet le traitement de déchets ultimes et qui peut s'adapter aux collectes à deux ou à trois voies. Ce procédé nécessite peu de prétraitement et peut être mis en place dans plusieurs lieux d'enfouissement. Compte tenu de la nature même et des objectifs de ce procédé, qui tend d'avantage vers la diminution des nuisances que vers la valorisation des déchets ultimes, ce procédé se trouve désavantagé par les critères caractéristiques des sous-produits et performance du procédé.

Réduction et stabilisation		Évaluation des critères				Cote	Commentaires
		Résultat maximum		Résultat minimum			
Critères économiques	Prix de revient (\$ / t)	50 à 83 \$	22,5			22,5	Estimé comparable au compostage intérieur
	Coût des immobilisations (\$ / t)	100 à 400 \$	11,3			11,3	Estimé comparable au compostage intérieur
	Statut commercial	Commercial établi	15,0	Semi-commercial	12,0	13,5	Statut commercial dépend du promoteur
	Échéancier de réalisation	2 à 3 ans	11,3			11,3	
	Retombées économiques Estriennes	Conception, fabrication et construction	15,0	Construction	0,0	7,5	Promoteur présent en Estrie
	Mise en marché des extrants	Marché inexistant	0,0			0,0	
Sous total économique						66,1	
Critères sociaux	Contrôle des nuisances résiduelles	Moyen	7,0			7,3	Odeurs générées tout le long du procédé.
	Risques pour la santé et la sécurité	Moyen	10,5			11,0	Traite des déchets ultimes. Procédé en partie automatisé, plusieurs manipulations
	Utilisation du territoire	Contraintes majeures	7,0			7,3	Généralement situé près d'un lieu d'enfouissement
	Création d'emplois en Estrie (nb emplois / 20 000 t)	De 6 à 10 emplois	11,0			11,0	Estimé comparable au compostage intérieur
	Perception du milieu	Généralement bien perçu	10,0			12,0	Expérience de la MRC du Haut-Saint-François
Sous total social						48,7	
Critères environnementaux	Caractéristiques des sous-produits indésirables	Grande quantité de sous-produits non contaminés	20,0			20,0	Ne génère aucun sous-produit autre que les déchets ultimes stabilisés
	Analyse de cycle de vie (incluant bilan énergétique et GES)	Impact positif faible	16,7			16,7	Peut recevoir l'ensemble des déchets ultimes. Préviend la formation de biogaz d'environ 60 000 tonnes de matières compostables municipales, nécessite un transport sur de grandes distances
	Performance du procédé	45% et plus	6,3			6,3	Performance peut être optimisé avec un tri sommaire du flux de déchets ultimes. Par exemple, récupération des métaux ferreux. Matériel stabilisé peut être en partie utilisé comme matériel de recouvrement. Nécessite l'utilisation d'un lieu d'enfouissement
	Flexibilité du procédé	Très élevée	10,0			10,0	Traite les déchets ultimes, peut nécessiter un prétraitement minime
	Capacité minimale de traitement	Plus d'une installation peuvent être mise en place	10,0			10,0	Peut être mise en place comme prétraitement aux lieux d'enfouissement
Sous total environnemental						63,0	
TOTAL						177,8	

3.10 ENFOUISSEMENT

Il s'agit d'un lieu de disposition finale des déchets ultimes. Les lieux d'enfouissement techniques sont régis par le règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles, qui remplacera progressivement le règlement sur les déchets solides. Les lieux d'enfouissement sanitaires ont jusqu'à janvier 2009 pour se conformer à la nouvelle réglementation ou pour cesser leurs activités.

Contrairement aux autres procédés présentés précédemment, l'enfouissement des déchets ultimes ne vise pas la production d'un produit valorisable. Bien que des biogaz provenant des lieux d'enfouissement puissent être captés et valorisés, pour produire par exemple de l'électricité (Projet Gazmont, ancienne carrière Miron), ce type de projet est plutôt une approche réactive face à un problème et non d'un procédé de valorisation énergétique.

L'évaluation des critères économiques révèle que l'enfouissement obtient de bons résultats pour le prix de revient, les coûts d'immobilisation et pour le statut commercial. Toutefois, il est désavantagé par l'échéancier de réalisation (recherche de site, procédure du BAPE) et la mise en marché des extrants.

Quant aux critères sociaux, l'analyse montre que l'enfouissement fait face à des incompatibilités quant à l'utilisation du territoire, dues aux grandes surfaces qui sont nécessaires. De plus, ce procédé est généralement mal perçu et souffre du syndrome « pas dans ma cours ». Aussi, l'enfouissement est la technologie qui génère le moins d'emplois.

Finalement, l'évaluation des critères environnementaux révèle que l'enfouissement offre une très grande flexibilité ainsi qu'une capacité minimale de traitement suffisamment basse pour que plus d'une installation puissent être mises en place dans la région. Toutefois, l'enfouissement produit des biogaz et des lixiviats qui doivent être captés et traités, ce qui a un impact négatif sur l'analyse de cycle de vie. De plus, c'est le procédé qui offre la plus faible performance, ce qui est compréhensible puisqu'il ne s'agit pas d'une technologie de valorisation mais bien d'élimination.

Enfouissement		Évaluation des critères				Cote	Commentaires
		Résultat maximum		Résultat minimum			
Critères économiques	Prix de revient (\$ / t)	50 à 83 \$	22,5	84 à 116 \$	15,0	18,8	66 \$/t (Saguenay, 2006), 80 \$/t (Rimouski, 2006), 94\$/t (Iles-de-la-Madeleine, 2006)
	Coût des immobilisations (\$ / t)	Moins de 100 \$	15,0			15,0	20 \$/t (St-Cyrille-de-Lessard, 2005), 72 \$/t (Iles-de-la-Madeleine, 2006)
	Statut commercial	Commercial établi	15,0			15,0	
	Échéancier de réalisation	Plus de 5 ans	0,0			0,0	Recherche de site, processus d'audience publique
	Retombées économiques Estriennes	Conception, fabrication et construction	15,0	Construction	0,0	7,5	Présence d'entrepreneurs et de régies municipales
	Mise en marché des extrants	Marché inexistant	0,0			0,0	Lieux d'enfouissement généralement isolés, difficile de valoriser les biogaz (sauf par production d'électricité)
Sous total économique						56,3	
Critères sociaux	Contrôle des nuisances résiduelles	Moyen	7,0			7,3	Nuisances associées aux odeurs et à la vermine. Se déroule totalement à l'extérieur
	Risques pour la santé et la sécurité	Moyen	10,5			11,0	Traite des déchets ultimes. Procédé mécanisé
	Utilisation du territoire	Incompatibilité	0,0			0,0	Nécessite un endroit relativement isolé et de grandes zones tampons
	Création d'emplois en Estrie (nb emplois / 20 000 t)	Moins de 1 emplois	0,0			0,0	
	Perception du milieu	Généralement mal perçu	0,0			0,0	
Sous total social						17,3	
Critères environnementaux	Caractéristiques des sous-produits indésirables	Petite quantité de sous-produits contaminés	10,0			10,0	Production de biogaz et de lixiviat
	Analyse de cycle de vie (incluant bilan énergétique et GES)	Impact négatif faible	8,3			8,3	Ne prévient pas la formation de biogaz, nécessite du transport sur de grandes distances. Impact négatif faible des LET compte tenu que les biogaz sont captés et brûlés
	Performance du procédé	30% et plus	0,0			0,0	Traitement ultime, pas conçu pour valoriser les matières. Peut y avoir le tri de certaines matières comme les grosses pièces métalliques
	Flexibilité du procédé	Très élevée	10,0			10,0	
	Capacité minimale de traitement	Plus d'une installations peuvent être mises en place	10,0			10,0	Au Québec, la capacité des lieux d'enfouissement varie de moins de 25 000 t par année à plus de 500 000 t
Sous total environnemental						38,3	
TOTAL						112,9	

4.0 ANALYSE COMPARATIVE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Dans un premier temps, les résultats de l'analyse comparative sont présentés en fonction de chaque grande famille de critères (économiques, sociaux, environnementaux). Pour qu'une technologie réponde aux critères du développement durable, elle doit obtenir un résultat de 50% ou plus. Chacun des tableaux présente la note moyenne de l'évaluation, de même que les résultats minimal et maximal.

Une grande variation entre le résultat minimal et le résultat maximal met en lumière une incertitude dans l'évaluation. Cette incertitude peut, par exemple, être liée à d'importantes différences de prix de revient et de coûts des immobilisations, selon la capacité de traitement. Lorsque des incertitudes ont été révélées, la cause de celles-ci est indiquée. La représentation graphique des résultats de l'analyse permet d'identifier rapidement les technologies

Dans un second temps, les résultats globaux sont présentés dans un tableau synthèse. De plus, un tableau résume les points forts et les points faibles de chaque technologie de traitement. Les résultats sont d'abord présentés sous la forme d'un tableau et ensuite sous la forme d'un graphique

4.1 RÉSULTATS DES CRITÈRES ÉCONOMIQUES

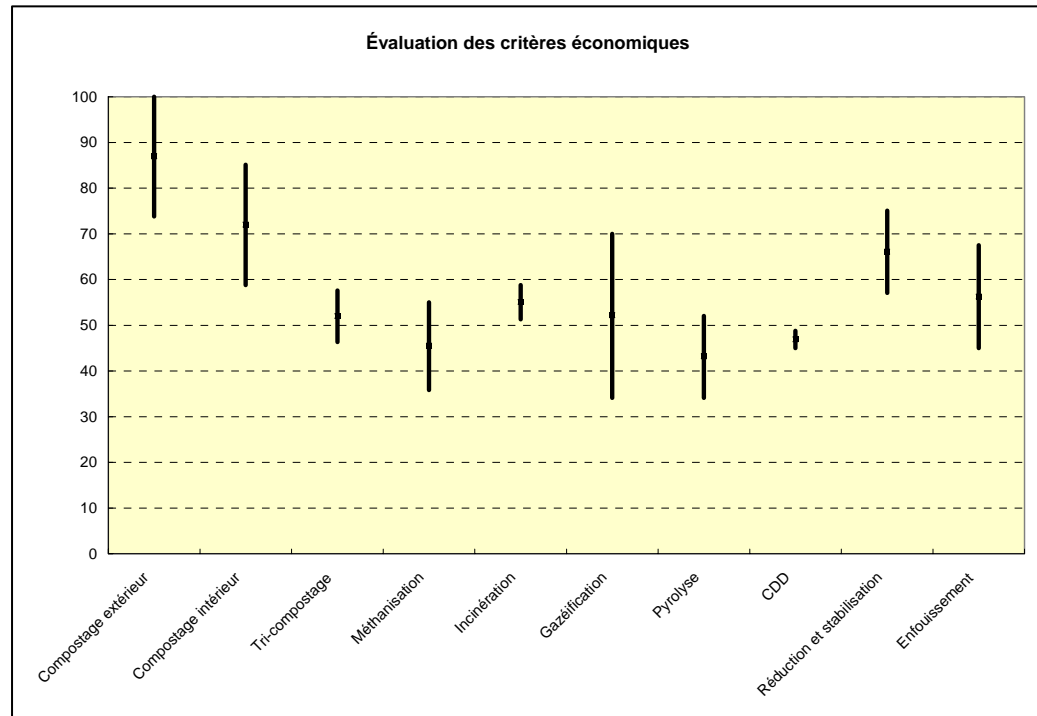
L'analyse des critères économiques montre que le compostage extérieur, le compostage intérieur ainsi que la réduction et la stabilisation obtiennent les meilleurs résultats, grâce principalement à des coûts d'opération et d'immobilisation très bas et de courts échéanciers de réalisation. À l'autre extrémité du spectre, la pyrolyse, la production de CDD et la méthanisation n'atteignent la note de passage de 50. Le tableau suivant présente les résultats de l'analyse des critères économiques.

Procédés de traitement	Critères économiques		
	Résultat maximal	Résultat minimal	Résultat moyen
Compostage extérieur	100,0	73,8	87,0
Compostage intérieur	85,1	58,8	72,0
Réduction et stabilisation	75,1	57,1	66,1
Enfouissement	67,5	45,0	56,3
Incineration	58,8	51,3	55,1
Gazéification	70,0	34,1	52,2
Tri-compostage	57,6	46,3	52,0
CDD	48,8	45,0	46,9
Méthanisation	55,0	35,8	45,5
Pyrolyse	52,0	34,1	43,2

On observe également une grande variation entre les résultats maximal et minimal du compostage extérieur et intérieur. Cette variation est due en partie aux économies d'échelle qui peuvent être réalisées avec une installation ayant une capacité de traitement plus importante. Aussi, on retrouve différentes techniques à l'intérieur de ces familles technologiques avec des coûts différents les uns des autres. Par exemple, le compostage extérieur en andains ou en piles statiques nécessite généralement un investissement initial plus faible qu'un procédé doté d'un système d'aération forcé. La même logique s'applique au compostage intérieur alors que l'utilisation de silo-couloir est généralement moins onéreuse qu'un bioréacteur, un tunnel ou des conteneurs.

On observe finalement une très grande variation dans l'analyse des résultats économiques de la gazéification. Cette variation s'explique par plusieurs facteurs. Tout d'abord, le facteur d'économie d'échelle n'est pas à négliger. Les coûts d'opération varient facilement du simple au double, selon la capacité de traitement. Ensuite, comme il s'agit d'une application relativement nouvelle pour le traitement de matières résiduelles, il existe différents promoteurs et le statut commercial des techniques proposées varie d'un promoteur à l'autre. Par exemple, les compagnies Ebara et Interstate Waste Technologies possèdent des techniques qui sont éprouvées au niveau commercial, contrairement à Plasco Energy Group et Énerkem qui ont des installations en construction ou sur le point de l'être à Ottawa (Plasco), à Sherbrooke et à Londres (Énerkem).

La figure suivante présente les résultats de l'analyse des critères économiques, mais sous une forme graphique. Les variations entre les résultats maximal et minimal y sont facilement perceptibles. On peut noter les faibles variations des technologies de production de combustibles dérivés de déchets et d'incinération.



4.2 RÉSULTAT DES CRITÈRES SOCIAUX

L'analyse des critères sociaux révèle que le compostage intérieur, la gazéification et la pyrolyse obtiennent les meilleurs résultats. Le compostage intérieur se démarque grâce à un niveau de risques pour la santé et la sécurité très faible, à des contraintes mineures liées à l'utilisation du territoire, à un bon contrôle des nuisances résiduelles ainsi qu'à une perception du milieu généralement bonne. À l'opposé, les technologies de réduction et de stabilisation, de production de combustibles dérivés de déchets, d'incinération et d'enfouissement n'atteignent pas la note de passage de 50 nécessaire pour répondre aux critères sociaux du développement durable. Le tableau suivant présente les résultats de l'analyse des critères sociaux.

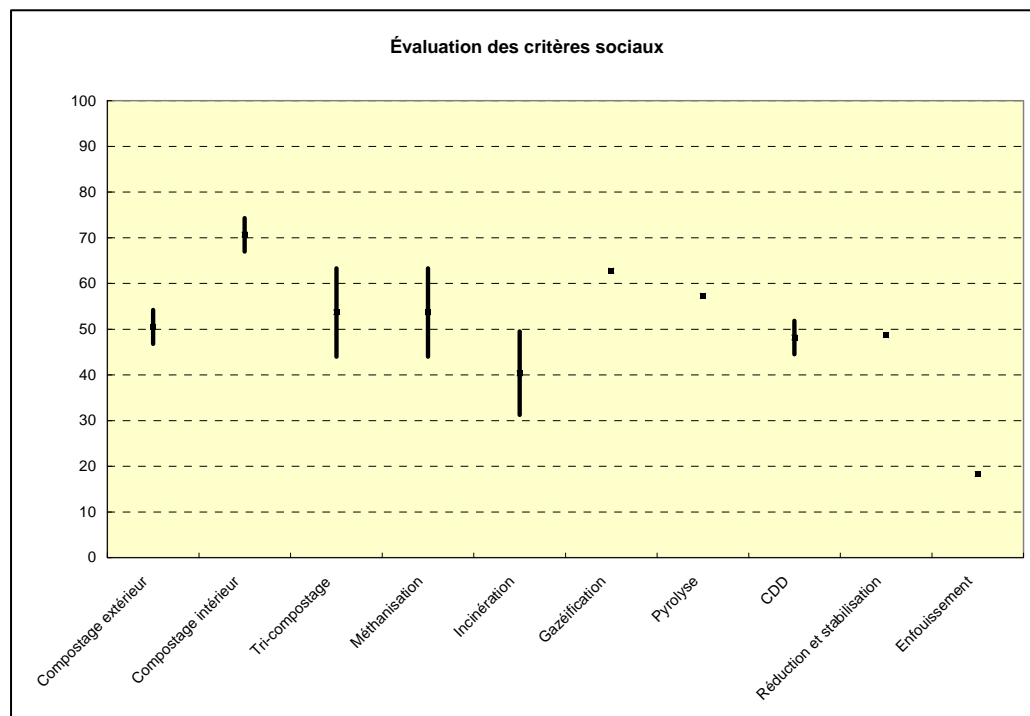
Procédés de traitement	Critères sociaux		
	Résultat maximal	Résultat minimal	Résultat moyen
Compostage intérieur	74,3	67,0	70,7
Gazéification	62,8	62,8	62,8
Pyrolyse	57,3	57,3	57,3
Tri-compostage	63,3	44,0	53,7
Méthanisation	63,3	44,0	53,7
Compostage extérieur	54,2	46,8	50,5
Réduction et stabilisation	48,7	48,7	48,7
CDD	51,8	44,5	48,2
Incinération	49,5	31,2	40,3
Enfouissement	18,3	18,3	18,3

Quant à la gazéification et à la pyrolyse, ces procédés obtiennent de bons résultats grâce principalement à un très bon contrôle des nuisances, à des contraintes mineures liées à l'utilisation du territoire et à une bonne création d'emplois. La perception du milieu est difficile à évaluer puisque ces deux procédés sont peu répandus pour le traitement de déchets ultimes et sont généralement inconnus du public. Il est toutefois possible que la gazéification et la pyrolyse soient associées à l'incinération. Par contre, le fait qu'une entreprise de Sherbrooke soit active dans ce créneau pourrait avoir un impact positif sur la perception.

On observe de plus faibles variations entre les résultats sociaux maximal et minimal des technologies qu'avec les résultats économiques. Cela s'explique par le fait que les critères sociaux sont moins influencés par les économies d'échelle que les critères économiques. Également, les contraintes liées à l'utilisation du territoire, les risques pour la santé, le contrôle des nuisances et la perception du milieu sont généralement semblables pour des technologies à l'intérieur d'une même famille de traitement.

Tout de même, des variations apparaissent dans l'évaluation du tri-compostage et de l'incinération avec récupération de l'énergie. Dans le cas du tri-compostage, la variation s'explique par la phase de maturation du compost qui peut être effectuée à l'intérieur ou à l'extérieur d'un bâtiment, ce qui influence le contrôle des nuisances et le coût des immobilisations. Quant à l'incinération, le contrôle des nuisances est différent s'il s'agit d'odeurs ou des fumées de combustion. Également, le nombre d'emplois varie selon la capacité totale de traitement de l'installation. Une petite installation d'incinération comme celle de Lévis crée davantage d'emplois par tranche de 20 000 tonnes de matières traitées qu'une installation de plus grande envergure comme celle de Québec.

La figure suivante présente les résultats de l'analyse des critères sociaux, mais sous une forme graphique. Les variations entre les résultats maximal et minimal y sont facilement perceptibles. On peut noter la très faible variation des technologies de gazéification, de pyrolyse, de réduction et de stabilisation et d'enfouissement.



4.3 RÉSULTATS DES CRITÈRES ENVIRONNEMENTAUX

L'analyse des critères environnementaux montre que le compostage intérieur, le compostage extérieur et la méthanisation obtiennent les meilleurs résultats. Seulement la technologie de l'enfouissement n'atteint pas la note de passage de 50.

Procédés de traitement	Critères environnementaux		
	Résultat maximal	Résultat minimal	Résultat moyen
Compostage intérieur	92,5	78,5	85,5
Compostage extérieur	83,5	83,5	83,5
Méthanisation	95,0	67,5	81,3
Tri-compostage	83,8	63,5	73,7
Gazéification	80,0	57,5	68,8
Pyrolyse	80,0	57,5	68,8
Réduction et stabilisation	62,3	62,3	62,3
CDD	66,0	48,5	57,3
Incinération	57,5	43,5	50,5
Enfouissement	38,0	38,0	38,0

Ainsi, le compostage intérieur et le compostage extérieur se démarquent grâce à l'excellente performance du procédé et des caractéristiques des sous-produits indésirables. Cette performance est toutefois tributaire d'un système de collecte où les matières organiques sont triées à la source.

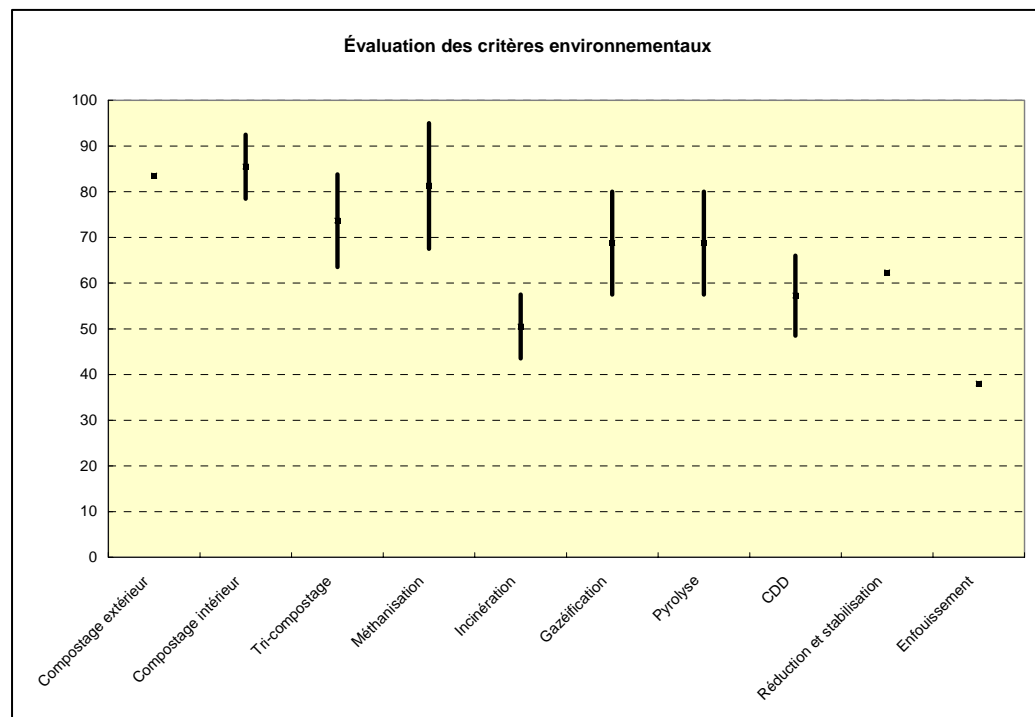
Quant à la méthanisation, elle doit son résultat à son impact positif sur la production de gaz à effet de serre. La méthanisation prévient la formation de biogaz en compostant les matières organiques présentes dans le flux de matières (résidus verts, résidus alimentaires, papiers, cartons) tout en produisant de l'énergie. Aussi, ce procédé a une très bonne performance en détournant de l'enfouissement environ 60% des matières traitées dans le cas d'une collecte à deux voies et plus de 90% des matières compostables entrant dans le procédé dans le cas d'une collecte à trois voies. De plus, ce procédé est considéré comme étant bien flexible puisqu'il permet de traiter des déchets ultimes et qu'il peut aussi valoriser d'autres matières organiques comme les biosolides municipaux.

On observe finalement de grandes variations dans l'analyse des résultats environnementaux du tri-compostage, de la gazéification et de la pyrolyse. Ces variations s'expliquent par différents facteurs. Dans le cas du tri-compostage, la variation s'explique par la performance du procédé, spécialement pour ce qui est du retrait et de valorisation de matières recyclables du flux de déchets ultimes. De plus, la capacité minimale de traitement entraîne une variation des résultats puisque deux petites ou une grosse installations peuvent être mises en place.

Du côté de la gazéification, il existe différents promoteurs et différentes approches sont possibles (gazéification sur lit fixe, sur lit fluidisé, gazéification au plasma) de sorte que la performance et les sous-produits générés varient d'une technique à l'autre. Il existe également des incertitudes quant à la valorisation des résidus solides et inertes issus du procédé. La valorisation de ces sous-produits permettrait de maximiser la performance de cette technologie, mais on ne peut garantir que ces sous-produits seront effectivement valorisés.

Les incertitudes liées à la valorisation des sous-produits issus de la pyrolyse font également varier les résultats de ce procédé.

La figure suivante présente les résultats de l'analyse des critères environnementaux, mais sous une forme graphique. Les variations entre les résultats maximal et minimal y sont facilement perceptibles. On peut noter la très faible variation des technologies de compostage extérieur, de réduction et de stabilisation et d'enfouissement.



4.4 RÉSULTATS GLOBAUX

Le tableau suivant présente la synthèse de l'analyse comparative et regroupe les résultats de l'évaluation des trois grandes familles de critères.

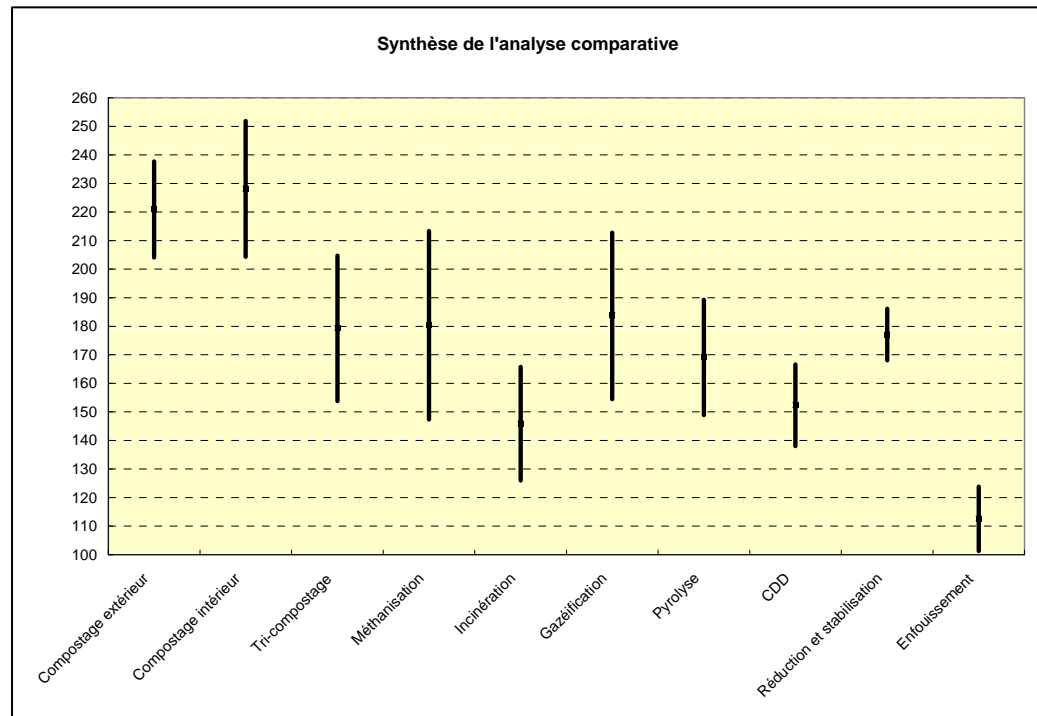
Procédés de traitement	Synthèse de l'évaluation		
	Résultat maximal	Résultat minimal	Résultat moyen
Compostage intérieur	251,9	204,3	228,2
Compostage extérieur	237,7	204,1	221,0
Gazéification	212,8	154,4	183,8
Méthanisation	213,3	147,3	180,5
Tri-compostage	204,7	153,8	179,4
Réduction et stabilisation	186,1	168,1	177,1
Pyrolyse	189,3	148,9	169,3
CDD	166,6	138,0	152,4
Incinération	165,8	126,0	145,9
Enfouissement	123,8	101,3	112,6

L'analyse de l'ensemble des critères montre que les résultats peuvent être découpés en trois blocs distincts. Tout d'abord, le compostage intérieur et le compostage extérieur arrivent facilement en tête de l'analyse. Le compostage intérieur se distingue par un meilleur contrôle des nuisances et moins de contraintes liées à l'utilisation du territoire. En effet, le compostage intérieur nécessite une plus petite surface de terrain et peut être implanté dans une zone industrielle. Cette implantation est possible grâce aux différents mécanismes de contrôle des nuisances qui peuvent être utilisés (bâtiment maintenu sous pression négative, portes à action rapide, biofiltre, etc.). Par contre, ces deux procédés ne sont applicables qu'au traitement de matières organiques triées à la source.

Ensuite, la gazéification se détache un peu au troisième rang tandis que la méthanisation, le tri-compostage et la réduction/stabilisation arrivent pratiquement nez à nez. On observe toutefois une variation plus importante entre les résultats maximal et minimal de la méthanisation et de la gazéification comparativement au tri-compostage et à la réduction/stabilisation, ce qui signifie que davantage d'incertitudes sont liées à la méthanisation et à la gazéification. Ces incertitudes sont principalement d'ordre économique (prix de revient et coût des immobilisations) en fonction de la capacité de traitement et environnementaux (performance du procédé) selon les différentes approches techniques possibles de la gazéification et de la méthanisation proposées par les différents promoteurs. Quant au tri-compostage, il est aussi influencé par les critères économiques et la capacité de traitement, mais dans une moindre mesure.

Finalement, la pyrolyse, la production de CDD, l'incinération et l'enfouissement se partagent les rangs 7, 8, 9 et 10.

La figure suivante présente la synthèse de l'analyse comparative. Les variations entre les résultats maximal et minimal y sont facilement perceptibles. On observe ainsi les fortes variations des technologies de gazéification et de méthanisation. À l'inverse, la production de CDD, la réduction et la stabilisation de même que l'enfouissement ont les plus faibles variations.



Finalement, le tableau suivant résume les points forts et les points faibles de chacune des technologies de traitement. Un signe « + » signifie un point fort alors qu'un signe « - » signifie un point faible.

	Compostage extérieur	Compostage intérieur	Tri-compostage	Méthanisation	Incinération avec récupération de l'énergie	Gazéification	Pyrolyse	Production de CDD	Réduction et stabilisation	Enfouissement
Prix de revient (\$/t)	+	+	+		+			+	+	+
Coût des immobilisations (\$/t)	+	+		-		-	-		+	+
Statut commercial	+	+	+		+		-			+
Échéancier de réalisation	+	+	+		-				+	-
Retombées économiques estriennes	+	+	-	-	-	+	-			
Mise en marché des extrants	+	+	-	+		+	+	-	-	-
Contrôles des nuisances résiduelles	-	+	+	+		+	+			
Risques pour la santé et la sécurité	+	+			-					
Utilisation du territoire	-	+		+		+	+	+	-	-
Création d'emplois en Estrie					+			-	-	-
Perception du milieu					-					-
Caractéristiques des sous-produits indésirables	+	+			-				-	-
Analyse de cycle de vie			+	+	+	+	+	+		-
Performance du procédé			+			+	+	+	-	-
Flexibilité du procédé	-	-	+		+	-	-	+	+	+
Capacité minimale de traitement	+			-		-	-		+	+

5.0 ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Une analyse de sensibilité a été effectuée dans le but d'identifier les critères qui ont les impacts les plus significatifs sur les résultats.

L'analyse de sensibilité consiste à modifier la pondération en accordant à tour de rôle une importance prépondérante à chacun des critères. Cet exercice permet donc d'identifier les critères les plus sensibles, c'est-à-dire ceux qui ont la plus grande influence sur les résultats de l'analyse comparative. Ce faisant, l'analyse de sensibilité permet également de valider la stabilité des résultats.

L'exercice a permis de réaliser que les résultats obtenus par les technologies de compostage intérieur et extérieur demeurent relativement stables. Seulement une forte pondération du critère « capacité minimale de traitement » permet au compostage extérieur de devancer le compostage intérieur. Par contre, l'analyse de sensibilité montre que les résultats de la gazéification, de la méthanisation, du tri-compostage et de la réduction/stabilisation peuvent varier suffisamment pour modifier le classement de ces quatre technologies.

Ainsi, les résultats de l'analyse de sensibilité montrent que les technologies de méthanisation sont relativement stables. Seulement une plus importante pondération des « caractéristiques des sous-produits » permet à la méthanisation de ravir le troisième rang à la gazéification. L'analyse de sensibilité de la majorité des autres critères n'entraîne aucun changement dans les résultats de la méthanisation et confirment la quatrième place de cette technologie.

Aussi, certains critères avantagent les technologies de tri-compostage et leur permettent de se hisser en troisième place ou en quatrième place. Ces critères sont :

- le statut commercial,
- l'échéancier de réalisation,
- le coût des immobilisations
- la flexibilité du procédé,
- la capacité minimale de traitement.

Également, certains autres critères avantagent les technologies de réduction et de stabilisation. Ces critères sont :

- le prix de revient,
- le coût des immobilisations,
- la perception du milieu,
- la flexibilité du procédé,
- la capacité minimale de traitement.

Par contre, d'autres critères ont un impact négatif important sur cette technologie qui tomberait au septième ou au huitième rang. Ces critères sont :

- Mise en marché des extrants
- Performance du procédé

À l'inverse, la modification de la pondération de certains critères permet aux technologies de gazéification de conserver le troisième rang et de creuser l'écart avec la méthanisation et le tri-compostage. Ces critères sont :

- les retombées économiques estriennes,
- la mise en marché des extrants,
- le contrôle des nuisances,
- la création d'emplois,
- l'analyse de cycle de vie,
- la performance du procédé.

Somme toute, les résultats de l'analyse de sensibilité confirment que le compostage intérieur et que le compostage extérieur sont les technologies de traitement qui obtiennent les meilleurs résultats de la grille d'analyse. Ce constat est renforcé par l'analyse de sensibilité qui vient confirmer la stabilité de ces résultats.

L'analyse de sensibilité met cependant en lumière une certaine volatilité dans les résultats obtenus par les technologies de gazéification, de méthanisation, de tri-compostage et de réduction/stabilisation. De ce groupe, la gazéification, la méthanisation et le tri-compostage se révèlent comme étant les technologies les plus stables et les moins affectés par l'analyse de sensibilité.

6.0 CONCLUSION

L'analyse comparative des technologies traitement des matières résiduelles à partir de la grille d'analyse et la pondération de chacun des critères établis par la Conférence Régionale des Élus de l'Estrie a permis d'identifier les technologies qui répondaient le mieux aux valeurs estriennes. Ainsi, dans l'ordre, le compostage intérieur, le compostage extérieur, la gazéification et le tri-compostage se sont avérés les technologies qui ont obtenus les meilleurs résultats à la suite de l'analyse comparative. À l'inverse, l'incinération et l'enfouissement ont obtenu les résultats les plus faibles. Il faut également souligner les bons résultats des techniques de réduction et de stabilisation, malgré le fait que celles-ci soient davantage des prétraitements à l'enfouissement que des procédés de valorisation.

L'analyse comparative a également permis de mettre en évidence les avantages et les inconvénients reliés à ces technologies. Par exemple, différentes approches technologiques peuvent être utilisées dans le compostage extérieur (andains, aération forcée, systèmes couverts) et intérieur (silo-couloirs, conteneurs, tunnel, bioéacteur). L'évaluation de certains critères comme le prix de revient, les coûts d'immobilisation et le contrôle des nuisances peut varier selon l'approche technologique préconisée. Au niveau de la gazéification, d'importantes variations de coûts sont observées en fonction de la capacité de traitement. Également, plusieurs promoteurs proposent des procédés différents (lit fixe, lit fluidisé, plasma) qui ont aussi des coûts différents et qui font légèrement varier les proportions de sous-produits générés. Quant au tri-compostage, les coûts peuvent aussi varier en fonction de la capacité de traitement tandis que le contrôle des nuisances est influencé par l'endroit où a lieu étape de la maturation du compost (intérieur ou extérieur). Les avantages et inconvénients des cinq meilleures technologies sont résumés dans le tableau suivant.

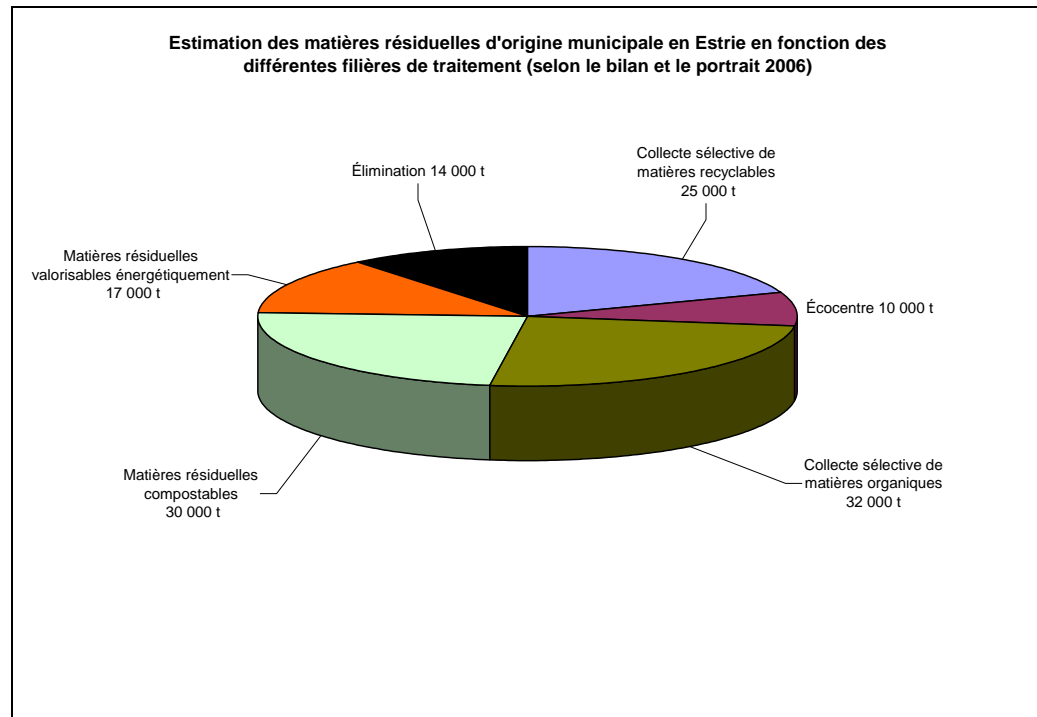
	Compostage intérieur et extérieur	Gazéification	Méthanisation	Tri-compostage
Avantages	Faible prix de revient Faibles coûts d'immobilisation Produit final de première qualité (avec des matières triées à la source)	Génère de l'énergie Meilleure performance Implantation en zone industrielle Retombées économiques estrieuses Peut s'implanter dans un système de collecte à 2 voies (mais nécessite un prétraitement plus important)	Génère de l'énergie Produit du compost (dont la qualité dépend des matières traitées) Implantation en zone industrielle Peut traiter des déchets ultimes ou des matières organiques triées à la source Peut traiter des biosolides municipaux	S'implante dans un système de collecte à 2 voies Implantation possible en zone industrielle (si l'étape de maturation a lieu à l'intérieur) Peut traiter des biosolides municipaux
Inconvénients	Contrôle difficile des nuisances (extérieur) Variation des coûts selon le procédé utilisé Nécessite un système de collecte à 3 voies Sensibilisation	Coûts d'immobilisation les plus élevés Variations des coûts selon la capacité de traitement Performance du procédé diffère selon les promoteurs S'implante plus facilement dans un système de collecte à 3 voies	Prix de revient et coût des immobilisations élevés Variation du coût des immobilisations selon les promoteurs Digestat doit être traité avant utilisation Marché peu développé (traitement de déchets ultimes)	Produit final de qualité moyenne Marché peu développé Coûts plus élevés si la maturation a lieu à l'intérieur Sensibilisation pour la collecte de RDD

Il importe de préciser que l'analyse comparative évalue seulement les différentes technologies et n'inclut pas les coûts et contraintes nécessaires à l'implantation des technologies de traitement.

Par exemple, bien que la quantité régionale de matières résiduelles d'origine municipale soit connue, aucune décision n'est prise sur le nombre d'installations désirées ainsi que sur leur localisation. Ces deux données manquantes, il est difficile d'évaluer avec précision les capacités de traitement des installations et par conséquent le prix de revient et les coûts d'immobilisation. De plus, compte tenu que la localisation de la ou des installations n'est pas statuée, il est encore une fois difficile d'évaluer les distances de transport ainsi que ses impacts sur les émissions de GES. Finalement, les coûts connexes ne sont pas pris en compte (par exemple, les coûts liés à la collecte et au transport d'une troisième voie ou les coûts d'immobilisation pour l'acquisition de bacs roulants).

Tout de même, différents scénarios de gestion des matières résiduelles peuvent être élaborés à partir des technologies répondants aux principes du développement durable de la grille d'analyse, du *Portrait de la gestion des matières résiduelles en Estrie* et du *Bilan de la gestion des matières résiduelles en Estrie*. On suppose que les services de la collecte sélective des matières recyclables et d'éco-centres seront également à la disposition des citoyens et qu'ils atteignent les objectifs de la politique québécoise de gestion des matières résiduelles.

La figure suivante illustre une approximation des quantités de matières résiduelles d'origine municipale disponibles dans les différentes filières de traitement.



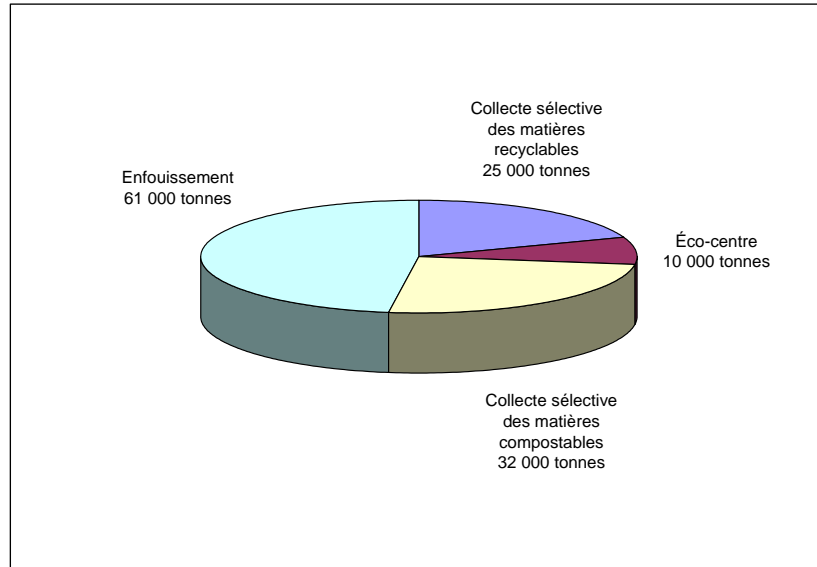
Les estimations présentées dans le graphique précédent sont basées sur la quantité totale de matières résiduelles d'origine municipale disponible ainsi que sur la réalisation de certains objectifs des différents plans de gestion des matières résiduelles dans la région.

Ainsi, pour atteindre l'objectif de récupération des matières recyclables, la collecte sélective devra afficher une performance d'environ 25 000 tonnes. Quant à la catégorie « écocentre », elle englobe la récupération des résidus domestiques dangereux (RDD), des textiles, des résidus de construction, rénovation, démolition (CRD) ainsi que les encombrants. Pour atteindre l'objectif de la politique québécoise, 10 000 tonnes de ces matières devront être récupérées, soit par des écocentres ou d'autres services de proximité.

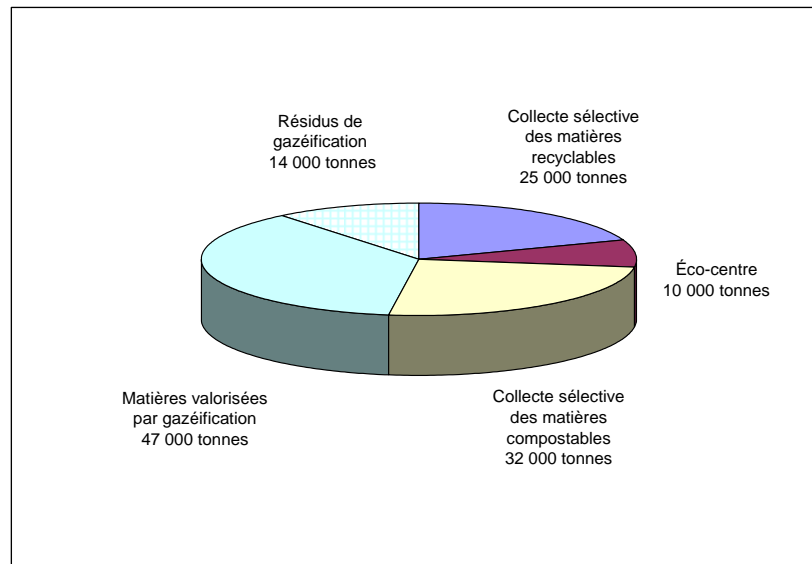
Ensuite, la collecte sélective de 32 000 tonnes de matières organiques correspond à la quantité de résidus verts et de résidus alimentaires à valoriser pour répondre aux objectifs de la politique québécoise. Quant à la catégorie « matières résiduelles compostables », elle comprend les résidus verts, les résidus alimentaires, le papier et le carton non captés par les collectes sélectives, ainsi que les papier et les fibres sanitaires non-récupérables (mais compostables). De plus, les matières valorisables énergétiquement contiennent des plastiques, des textiles et des encombrants alors que la catégorie élimination est constitué principalement de matières inertes comme le verre, les métaux non recyclables et les granulats.

À partir de ces données, différentes approches de gestion peuvent voir le jour. Par exemple :

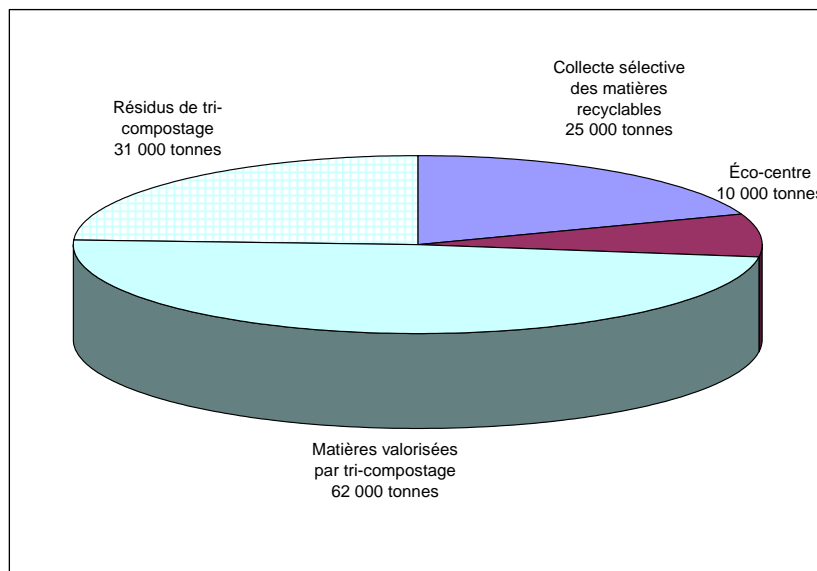
- Système à trois voies
 - Compostage : capacité de traitement de 32 000 tonnes par année
 - Enfouissement : capacité d'enfouissement de 61 000 tonnes par année



- Système à trois voies avec gazéification
 - Compostage : capacité de traitement de 32 000 tonnes par année
 - Gazéification : capacité de traitement de 61 000 tonnes par année (30 000 + 17 000 + 14 000 tonnes)
 - Résidus de gazéification : capacité d'enfouissement de 14 000 tonnes par année



- Système à deux voies avec tri-compostage
 - Tri-compostage : capacité de traitement de 93 000 tonnes par année (32 000 + 30 000 + 17 000 + 14 000 tonnes)
 - Résidus du tri-compostage : capacité d'enfouissement de 14 à 31 000 tonnes par année (dépend de la quantité de matières recyclables retirées)



L'enfouissement ne pourra disparaître complètement du paysage de la gestion des matières résiduelles. Par contre, les opérations et traitements qui auront lieu en amont auront un impact direct sur la quantité de matières résiduelles à enfouir à l'échelle régionale et donc sur la capacité d'enfouissement nécessaire à la région.

RÉFÉRENCES

ADEME. Enquête sur les installations de traitements des déchets ménagers et assimilés en 2002. 2002

André Simard et associés. Projet d'établissement d'un lieu d'enfouissement technique aux Iles-de-la-Madeleine, Étude d'impacts sur l'environnement. 2006.

Biocycle Magazine. Source separated organics as feedstock for digesters. Août 2005.

Biocycle Magazine. Composting key to meeting landfill organics ban. Février 1999.

Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. Projet d'établissement d'un lieu d'enfouissement technique à Saint-Cyrille-de-Lessard, rapport d'enquête et d'audience publique. 2005.

Communauté Métropolitaine de Québec, Plan de gestion des matières résiduelles. 2004.

Conporec. Communiqué de presse, Importante percée internationale de Conporec en Australie. 2006.

Conporec. Mémoire présenté par Conporec inc. dans le cadre des consultations publiques sur le projet de plan de gestion des déchets de la CMM. 2003.

Conseil canadien du compostage. Compostage de la matière organique, description des procédés existants. 2005.

CRIQ, Enviro-Accès et Transfert Environnement. La production de compost au Québec pour l'ensemble des sites de compostage : Résultats de l'enquête. 2003.

Fédération Canadienne des municipalités. Les déchets solides, une ressource à exploiter. 2004

Ferti-Val. Fiche technique Ferti-val. Novembre 2006. www.ferti-val.com.

Giroux, André. Compte rendu de congrès, 10^e congrès mondial digestion anaérobie 2004, Montréal. 2004.

Hakizimana, Gabriel. Direction de la santé publique de Lanaudière. L'enfouissement des déchets et la santé de la population. Présenté dans le cadre des audiences publiques sur le projet d'agrandissement du site d'enfouissement de Saint-Thomas. 2005.

Institut national de santé publique du Québec. Mieux vivre avec nos déchets : la gestion des déchets solides municipaux et la santé publique. 1994.

Juniper, SITA Environmental Trust. Mechanical-Biological-Treatment : A Guide for decision makers processes, policies and markets. 2005.

Les Composts du Québec inc. Fiche technologique : compostage extérieur en piles. 2006.
http://www.enviroaccess.ca/fiches_4/F4-12-00f.html

Mac Viro et Earth Tech. New and emerging technologies applications for residual waste processing. Technologies review reference manual. 2003.

Mac Viro et Earth Tech. Summary of individual responses to Toronto's REOI on new and emerging waste management technologies. 2003.

Miller Group. Derek Cathcart, communication personnelle, 12 décembre 2006.

Ministère de l'environnement de l'Ontario. Ontario's 60% waste diversion goal. A discussion paper. 2004. www.ene.gov.on.ca/programs/4651e.htm

MRC du Bas richelieu. Plan de gestion des matières résiduelles. 2005.

Municipalité de Saint-Narcisse-de-Rimouski. Procès verbal de la rencontre du 7 août 2006. 2006.

New York City. Evaluation of new and emerging solid waste management technologies. 2004.

Proulx, Reno et Marc-André Duclos. Direction de la santé publique, régie régionale de la santé et des services sociaux de l'Estrie. Impacts psychosociaux inhérents à l'exploitation d'un lieu d'enfouissement sanitaire. 1994.

Recyc-Québec. Filières des matières résiduelles compostables, plan stratégique. 2004.

Recyc-Québec et Solinov inc. Guide sur la collecte et le compostage des matières organiques du secteur municipal. 2006

Solinov. Étude de faisabilité des technologies de traitement des matières putrescibles à Montréal. 2006

State of Delaware, The Solid waste management technical working group. Solid waste management alternatives for Delaware. 2006.

Ville d'Edmonton. John Fenton, communication personnelle, 13 juin 2006.

Ville de Lac-Mégantic. Yves Argouin, communication personnelle, 28 décembre 2006

Ville de Lévis. Marjolaine Simard, communication personnelle, 13 décembre 2006.

Ville de Québec. Benoît Delisle, communication personnelle, 13 décembre 2006.

Ville de Saguenay et MRC du Fjord du Saguenay. Projet de plan de gestion des matières résiduelles. 2006

Ville de Saint-Bruno et Solinov inc. Projet-pilote de collecte et de compostage des résidus alimentaires résidentiels ajoutés à la collecte des résidus verts. 2003

Ville de Sherbrooke. Le projet de démonstration d'une collecte de résidus compostables en bref. 2003.

Ville de Toronto. Anne Wheatley, communications personnelles, 19 mai et 12 décembre 2006).

Wastegen uk. Delivering MERP's, Operation, peoples. 14 décembre 2006.
www.wastegen.com/people.htm