

## **ANNEXE III**

### **L'ÉLIMINATION ET LA VALORISATION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES : COMPARAISON DE L'ENFOUISSEMENT ET DE L'INCINÉRATION**

L'ÉLIMINATION ET LA VALORISATION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES : COMPARAISON  
DE L'ENFOUISSEMENT ET DE L'INCINÉRATION.

par

Nicolas Legast

essai présenté à la Faculté des lettres et sciences humaines en vue de l'obtention du grade  
de maître en environnement (M. Env.)

FACULTÉ DES LETTRES ET SCIENCES HUMAINES  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Sherbrooke, Québec, Canada, août 2004

## IDENTIFICATION SIGNALÉTIQUE

### L'ÉLIMINATION ET LA VALORISATION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES : COMPARAISON DE L'ENFOUISSEMENT ET DE L'INCINÉRATION.

Nicolas Legast

Essai effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

Université de Sherbrooke  
août 2004

Mots clés : matières résiduelles, élimination, valorisation, enfouissement, incinération, développement durable, gestion intégrée,

L'élimination des matières résiduelles est la dernière étape de la gestion intégrée par l'approche des 5RV-É. Il existe deux procédés d'élimination couramment utilisés : l'enfouissement et l'incinération. Ces deux modes d'élimination ont des impacts environnementaux et offrent des possibilités de valorisation des matières résiduelles différentes. Malgré les efforts importants pour améliorer les performances de récupération, une partie importante des matières résiduelles continue d'être éliminée. Cette réalité doit être prise en compte lorsque vient le temps de décider comment les matières résiduelles seront éliminées. La meilleure option est celle qui présente le moins d'impacts environnementaux et qui maximise la valorisation des matières résiduelles, permettant ainsi de concilier la gestion des matières résiduelles avec les principes du développement durable.

## SOMMAIRE

L'élimination des matières résiduelles génère des impacts sur l'environnement. Il y a les impacts causés par les installations elles-mêmes ainsi que les impacts liés à l'élimination de ressources naturelles, renouvelables ou non. Afin de limiter les impacts sur l'environnement, la gestion intégrée des matières résiduelles ainsi que les principes du développement durable doivent s'appliquer.

L'objectif général de cet essai est de comparer les différents modes d'élimination des matières résiduelles : l'enfouissement et l'incinération. Les objectifs spécifiques sont d'analyser les impacts, les bénéfiques et les inconvénients de chaque mode d'élimination et de déterminer lequel de ces modes est le plus acceptable dans le cadre du développement durable. Il s'agit également de déterminer lequel de ces deux modes permet d'appliquer l'approche des 5RV-É dans son intégralité.

La *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008* est la réponse du gouvernement pour faire face à la problématique des matières résiduelles. Elle s'appuie sur les principes du développement durable et de la gestion intégrée des matières résiduelles. Pour favoriser l'utilisation durable des ressources naturelles, la *Politique* fixe l'objectif de mise en valeur à 65 % des matières résiduelles pouvant l'être. Une série d'objectifs spécifiques de mise en valeur pour chaque secteur vient compléter cet objectif général.

L'élimination des matières résiduelles ne semble donc pas près de se résorber. En effet, la plupart des experts s'entendent pour dire que la quantité de matières résiduelles générées devrait continuer à augmenter de façon notable avec l'évolution du mode de consommation. Cette augmentation entraînera une hausse des matières résiduelles à éliminer, même si l'objectif de 65 % de mise en valeur est atteint. Pour l'ensemble du Québec, ce sont plus de 120 millions de tonnes qu'il faudra éliminer pour les 20 prochaines années. Il faudra donc éliminer environ 6 millions de tonnes par année, ce qui est légèrement inférieur aux 6,5 millions de tonnes éliminées en 2002. Dans ce contexte, les besoins en infrastructures d'élimination demeureront les mêmes qu'aujourd'hui.

L'enfouissement a pour objectif l'élimination définitive des matières résiduelles. Cette élimination se fait par des processus biologiques et physico-chimiques (la biodégradation par les microorganismes et la lixiviation des éléments solubles) qui permettent la dégradation et

la stabilisation des matières enfouies. Ils débutent dès que les matières résiduelles sont compactées et continuent sur une période de plus de 30 ans suivant le recouvrement final d'une cellule d'enfouissement. À terme, la matière organique biodégradable est dégradée et seules les matières minérales et la matière organique non-biodégradable restent en place. Il est alors possible de réaffecter le site à d'autres fonctions (ex : parc urbain). Ces processus, qui servent à contrôler les nuisances des matières résiduelles, génèrent également des sous-produits qui ont des impacts environnementaux : le lixiviat et le biogaz.

Le lixiviat s'écoule à la base des matières résiduelles enfouies. Il doit alors être capté par un système de drainage et être traité. Lorsqu'il n'est pas capté, il s'accumule dans le sol et contamine le sol et les eaux souterraines. Il est estimé que l'essentiel des contaminants sont produit sur une période de 25 à 30 ans.

Les impacts du biogaz sur l'environnement sont multiples. Il participe au réchauffement climatique par la production de gaz à effet de serre, au smog et à la réduction de la couche d'ozone en plus de poser un risque d'explosion lorsqu'il est confiné. Sa participation à l'effet de serre est importante puisque le méthane a une capacité d'absorber le rayonnement solaire 20 fois plus grande que le CO<sub>2</sub>.

Les méthodes de réduction de ces impacts consistent à confiner le lixiviat et le biogaz avant de les capter et de les traiter. Le lixiviat peut subir un traitement biologique semblable à ceux utilisés pour les eaux usées municipales, ce qui enlève surtout les contaminants organiques qu'il contient. Le biogaz est brûlé, afin de transformer le méthane et les autres polluants en CO<sub>2</sub> et en eau. Si le taux de méthane le permet, il est possible de produire de l'énergie à partir du biogaz.

L'incinération consiste à oxyder les matières résiduelles à haute température. Lors de cette oxydation, les molécules des matières résiduelles se décomposent avant de se recombinaison pour former des résidus solides (cendres et mâchefers) et des résidus gazeux. Les résidus gazeux sont rejetés à l'atmosphère alors qu'il faut disposer des résidus solides, généralement par enfouissement. Une fois l'incinération complétée, les mâchefers représentent environ 20 à 30 % du poids initial des matières résiduelles et représentent environ 10 % du volume de ces matières. Ils sont composés d'un mélange de métaux, de verre, de silice, d'alumine, de calcaire, de chaux, d'imbrûlés et d'eau.

L'impact principal de l'incinération est celui de la pollution atmosphérique par les émissions gazeuses des incinérateurs. Les conditions de la combustion et la composition des matières résiduelles entraîne la formation de toute une série de contaminants. L'importance des impacts générés par les émissions des incinérateurs et l'avènement des législations anti-pollution a entraîné le développement de techniques d'épuration des fumées. Ces techniques sont aujourd'hui bien maîtrisées et très efficaces.

Les bénéfices de l'incinération au plan environnemental sont nombreux : réduction de l'espace nécessaire pour disposer des déchets, réduction des GES, réduction des nuisances comme la vermine et les odeurs, contrôle des émissions atmosphériques, possibilités de récupération supplémentaire et aussi de grandes possibilités de valorisation.

Les possibilités de valorisation de l'incinération sont fort intéressantes. Il y a beaucoup d'énergie libérée lors de la combustion des matières résiduelles et il est possible de récupérer cette énergie. Il existe aussi des possibilités de valorisation des mâchefers, principalement pour la construction de routes. Lorsque ces méthodes sont utilisées, l'incinération ne constitue plus de l'élimination de matières résiduelles mais plutôt de la valorisation. En appliquant ces données au Québec et en supposant un taux de récupération de 50 % dans les différentes collectes sélectives, le taux de mise en valeur, selon la définition de la *Politique*, serait de 98,5 % au lieu du 65 % visé actuellement. Les quantités enfouies, qui seraient les déchets ultimes éliminés, passeraient de plus de 5 millions de tonnes annuellement, à 165 000 tonnes pour l'ensemble du Québec. Ces résultats seraient accompagnés d'une diminution de la production de GES par le Québec et d'une augmentation de la production d'énergie.

L'enfouissement des matières résiduelles est une méthode qui apparaît dépassée pour le traitement des déchets. Seul les véritables déchets ultimes devraient être enfouis, c'est-à-dire ceux résultant du traitement d'un déchet et qui ne sont plus susceptibles d'être valorisés ou traités dans les conditions techniques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de leur caractère polluant ou dangereux. Afin d'arriver à une gestion véritablement intégrée des matières résiduelles, le Québec devrait se doter d'une législation qui interdit l'enfouissement des matières résiduelles qui ne sont pas des déchets ultimes, ce qui serait beaucoup plus efficace que la *Politique* actuelle

## **REMERCIEMENTS**

Je tiens à remercier sincèrement monsieur Denis Isabel qui a accepté d'être mon directeur d'essai. Ses précieux commentaires ont été grandement appréciés.

Je remercie également ma famille pour m'avoir supporté tout au long de la rédaction de cet essai.

## TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION .....	1
<b>1 MISE EN CONTEXTE .....</b>	<b>4</b>
1.1 Développement durable et gestion intégrée des matières résiduelles.....	4
1.2 politique québécoise de gestion des matières résiduelles.....	6
1.3 Bilan de la gestion des matières résiduelles au Québec.....	9
1.3.1 Récupération.....	9
1.3.2 Élimination .....	10
1.3.3 La gestion des matières résiduelles par secteur.....	13
1.4 La composition des matières résiduelles .....	15
1.4.1 Le secteur municipal .....	15
1.4.2 Le secteur ICI.....	17
1.4.3 Le secteur CRD.....	17
1.5 Évolution des quantités éliminées en fonction des objectifs de la politique ...	19
<b>2 L'ENFOUISSEMENT DES MATIÈRES RÉSIDUELLES .....</b>	<b>21</b>
2.1 Principes et impacts de l'enfouissement.....	21
2.1.1 Production de lixiviat .....	23
2.1.2 Production de biogaz.....	25
2.1.3 Autres impacts .....	28
2.2 Lieu d'enfouissement sanitaire .....	28
2.2.1 Bénéfices et inconvénients.....	29
2.3 Lieu d'enfouissement technique .....	30
2.3.1 Bénéfices et inconvénients.....	31
2.4 Bioréacteur.....	31
2.4.1 Bénéfices et inconvénients.....	33
<b>3 L'INCINÉRATION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES .....</b>	<b>35</b>
3.1 Principes et techniques d'incinération.....	35
3.1.1 Four à grille mobile.....	36
3.1.2 Four rotatif.....	37
3.1.3 Four à lit fluidisé .....	38



3.2	Impacts.....	39
3.2.1	impacts environnementaux .....	39
3.2.2	impacts sociaux.....	41
3.2.3	Mesures de réduction des impacts .....	42
3.3	Bénéfices et inconvénients .....	44
3.3.1	Bénéfices .....	44
3.3.2	Inconvénients.....	48
4	COMPARAISON DES MODES D'ÉLIMINATION .....	49
4.1	Comparaison des impacts .....	49
4.2	Comparaison des coûts.....	51
4.3	Comparaison des possibilités de valorisation .....	51
	CONCLUSION.....	54
	RÉFÉRENCES .....	56
ANNEXE 1	Objectifs de récupération à atteindre d'ici 2008 par provenance et par matière et quantités récupérées en 1996 .....	59

## LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 2.1	Cellule de type bioréacteur.....	32
Figure 3.1	Four à grille mobile (Nuremberg, Allemagne).....	37
Figure 3.2	Four rotatif.....	38
Figure 3.3	Four à lit fluidisé.....	39
Tableau 1.1	Bilan de la gestion des matières résiduelles au Québec de 1988 à 2002 (en millions de tonnes).....	10
Tableau 1.2	Répartition des matières résiduelles récupérées pour la période 1992 – 2002 (en tonnes).....	11
Tableau 1.3	Bilan de la quantité de matières résiduelles éliminées au Québec de 1992 à 2002 (en tonnes).....	12
Tableau 1.4	Répartition des types de lieux d'élimination et de la quantité éliminée en 2002.....	12
Tableau 1.5	Provenance et destination des matières résiduelles en 2002 selon les secteurs (en tonnes).....	13
Tableau 1.6	Proportion de la génération des matières résiduelles entre les secteurs de 1996 à 2002.....	14
Tableau 1.7	Performance de récupération des matières résiduelles en 2002 pour chacun des secteurs calculée sur la quantité de matières générées (en tonnes).....	14
Tableau 1.8	Composition moyenne des matières résiduelles produites par les ménages québécois en 2000.....	16
Tableau 1.9	Composition moyenne des matières résiduelles récupérées lors de la collecte sélective de porte en porte.....	16
Tableau 1.10	Proportion des matières générées et recyclées du secteur ICI.....	17
Tableau 1.11	Composition des matières résiduelles du secteur CRD (en %).....	18
Tableau 1.12	Matières récupérées du secteur CRD en 2000 et 2002 (en tonnes).....	18
Tableau 1.13	Performance en 2002 de récupération des matières résiduelles par secteur en fonction des objectifs de la politique.....	19
Tableau 2.1	Évolution du contenu typique d'un lixiviat et comparaison avec l'eau sanitaire usée.....	24

Tableau 2.2	Composition du biogaz au complexe environnemental de Saint-Michel ...	25
Tableau 2.3	Composés organiques volatils présents dans le biogaz (en ppmv) .....	26
Tableau 3.1	Effet des polluants sur la santé et l'environnement .....	40
Tableau 3.2	Technique d'épuration et leur efficacité relative pour le traitement des différents polluants .....	42
Tableau 3.3	Émissions de l'incinérateur de Québec comparées à différentes normes.....	43
Tableau 4.1	Comparaison des impacts de l'incinération et de l'enfouissement.....	50

## LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

5RV-É	Réduction, récupération, réemploi, recyclage, réutilisation, valorisation et élimination
BAPE	Bureau d'audiences publiques sur l'environnement
CCME	Conseil canadien des ministres de l'environnement
CFC	Chlorofluorocarbone
CMM	Communauté métropolitaine de Montréal
COV	Composé organique volatile
CRD	Construction, rénovation et démolition
DBO	Demande biologique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
DET	Dépôt en tranchées
DMS	Dépôt de matériaux secs
GES	Gaz à effet de serre
ICI	Industries, commerces et institutions
LES	Lieu d'enfouissement sanitaire
LET	Lieu d'enfouissement technique
PGMR	Plan de gestion des matières résiduelles
RDD	Résidus domestiques dangereux
USEPA	United States Environment Protection Agency

## LEXIQUE

Chlorofluorocarbone	Hydrocarbure dans lequel les atomes d'hydrogène sont partiellement ou totalement remplacés par des atomes de chlore et de fluor. Certains CFC sont les gaz responsables de l'appauvrissement de la couche d'ozone.
Demande biologique en oxygène	Quantité d'oxygène nécessaire à la décomposition biologique des matières organiques dans l'eau.
Demande chimique En oxygène	Quantité d'oxygène demandée pour oxyder complètement la matière organique dans l'eau.
Élimination	Dépôt ou rejet définitif dans l'environnement des matières résiduelles.
Gaz à effet de serre	Gaz qui absorbe le rayonnement infrarouge émis par la Terre, l'augmentation de la proportion de ces gaz sont responsable du réchauffement climatique. Cette augmentation provient principalement de la consommation des combustibles fossiles.
Smog photochimique	Résultat des réactions qui se produisent dans l'atmosphère entre les oxydes d'azote, les composants organiques et les oxydants sous l'influence du soleil et qui conduisent à la formation de composés oxydants, principalement de l'ozone. Ils sont éventuellement la cause d'une mauvaise visibilité, d'une irritation des yeux ou de dommages aux matériaux et à la végétation lorsqu'ils sont à des concentrations suffisantes.
Récupération	Activité de collecte des matières secondaires aux fins de leur réemploi, de leur recyclage, de leur réutilisation ou d'une autre forme de valorisation.
Recyclage	Utilisation d'une matière secondaire dans un procédé manufacturier dont il est issu, en remplacement d'une matière première vierge de même nature.
Réduction	Action permettant de diminuer la quantité de résidus générés à la suite de la fabrication, de la distribution ou de l'utilisation d'un produit.
Réemploi	Utilisation répétée d'un produit ou d'un emballage sans modification de son apparence ou de ses propriétés.
Réutilisation	Introduction d'un matériau récupéré dans un autre cycle de production que celui dont il est issu.
Tri aéraulique	Tri des matériaux légers par leur envoi dans un courant d'air ascendant.
Tri magnétique	séparation des métaux ferreux des autres matériaux par l'action d'un champ magnétique.

Tri par induction	Tri des métaux non-ferreux par l'utilisation des courants de Foucault dont le principe est de générer des champs magnétiques répulsifs pour les métaux non-ferreux à l'aide de courants électriques eux-mêmes induits par un champ magnétique variable.
Valorisation	Mise en valeur de matières résiduelles par une transformation chimique qui modifie radicalement la nature du matériau. Le changement de nature ne permet pas le réemploi, la réutilisation ou le recyclage.

## INTRODUCTION

Chaque année, le Québec génère un peu plus de 11 millions de tonnes de matières résiduelles (Recyc-Québec, 2003a). De ce total, 4,7 millions de tonnes sont récupérées et un peu plus de 6 millions sont éliminées (Recyc-Québec, 2003a). Le Québec ne comptant que trois incinérateurs ayant une capacité totale d'environ 300 000 tonnes par année, la majeure partie des matières résiduelles est donc destinée à l'enfouissement (Recyc-Québec, 2003a). Une partie est enfouie dans les dépôts de matériaux secs et le reste, soit plus de cinq millions de tonnes, se retrouve dans les lieux d'enfouissement sanitaire.

L'élimination des matières résiduelles génère des impacts sur l'environnement. Il y a les impacts causés par les installations elles-mêmes ainsi que les impacts liés à l'élimination de ressources naturelles, renouvelables ou non. Afin de limiter les impacts sur l'environnement, la gestion intégrée des matières résiduelles ainsi que les principes du développement durable doivent s'appliquer. La gestion intégrée des matières résiduelles se fait par l'approche des 5RV-É, soit la réalisation dans l'ordre de la réduction, de la récupération, du réemploi, du recyclage, de la réutilisation, de la valorisation et, finalement, l'élimination des déchets ultimes.

Le développement durable suppose un développement respectueux de l'environnement et équitable pour les générations actuelles et futures. En appliquant ces principes, il sera possible de réduire les quantités éliminées, de réduire les impacts de l'élimination et de réduire l'élimination de ressources naturelles qui ont encore un potentiel utile.

L'élimination des matières résiduelles, bien qu'étant la dernière étape des 5RV-É, demeure une dimension importante de la gestion des matières résiduelles. Malgré les efforts importants consentis ces dernières années afin de promouvoir les 5R, les quantités éliminées tendent à augmenter ou, au mieux, se stabilisent. Afin de concilier les objectifs du développement durable avec cette réalité, il est important de bien prendre en compte les différentes options d'élimination possibles. Les options retenues devront être celles qui permettront d'optimiser le potentiel des matières résiduelles qui n'ont pu être récupérées.

Les méthodes d'enfouissement et d'incinération modernes permettent de valoriser une partie des matières résiduelles. Il devient donc de plus en plus possible de transformer l'élimination en valorisation et ainsi, réduire le gaspillage de ressources naturelles.

L'enfouissement des matières résiduelles entraîne plusieurs impacts indésirables. Les lieux d'enfouissement génèrent du lixiviat et du biogaz qu'il faut collecter et traiter avant de pouvoir les rejeter dans l'environnement. Aussi, les sites servant à l'enfouissement demandent de grands espaces. Plusieurs lieux d'enfouissement étant près d'atteindre leur capacité maximale, de nouveaux sites devront être développés ou les anciens sites devront être agrandis.

L'incinération génère également des impacts importants, notamment en terme de contamination de l'air. De plus, les sites d'enfouissement demeurent nécessaires lorsque cette approche est choisie car, bien qu'elle réduise considérablement le volume des déchets, elle ne les élimine pas complètement. À l'heure actuelle, l'incinération est une approche généralement rejetée par les différents gestionnaires des matières résiduelles au Québec. Pourtant, il s'agit de la filière considérée comme étant la plus acceptable pour l'atteinte du développement durable par plusieurs pays comme la France, la Suède, le Japon ou la Suisse qui sont souvent considérés comme étant en avance sur le Québec au plan environnemental.

L'objectif général de cet essai est de comparer les différents modes d'élimination des matières résiduelles : l'enfouissement et l'incinération. Les objectifs spécifiques sont d'analyser les impacts, les bénéfices et les inconvénients de chaque mode d'élimination et de déterminer lequel de ces modes est le plus acceptable dans le cadre du développement durable. Il s'agit également de déterminer lequel de ces deux modes permet le mieux d'appliquer l'approche des 5RV-É.

Dans un souci d'obtenir les informations les plus exactes et récentes disponibles, la méthodologie utilisée consiste en une recherche documentaire approfondie. Plusieurs sources sont consultées tant au niveau de la littérature, des ministères, des thèses que des organismes afin de réaliser une comparaison objective et complète de ces deux modes d'élimination

Cet essai est divisé en quatre parties. La première partie offre une mise en contexte afin de cerner la problématique des matières résiduelles au Québec. Les principes de gestion intégrée, la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles et le portrait de la gestion des matières résiduelles au Québec y sont retrouvés. La deuxième partie présente



les techniques d'enfouissement avec les processus impliqués dans un site d'enfouissement, les impacts ainsi que les bénéfices et inconvénients des différentes techniques avec leurs possibilités de valorisation. Les techniques d'incinération, les impacts qui en découlent, les mesures de mitigations de ces impacts, les bénéfices et inconvénients ainsi que les possibilités de valorisation offertes par ces techniques se retrouvent en troisième partie. Les deux modes d'élimination sont finalement comparés en fonction de leurs impacts, de leurs coûts et de leurs possibilités de valorisation dans la quatrième partie.

## **1 MISE EN CONTEXTE**

Cette section présente le contexte québécois de la gestion des matières résiduelles. On y retrouvera : le contexte de développement durable et de la gestion intégrée des matières résiduelles, la *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008*, un bilan de la gestion des matières résiduelles au Québec, la composition des matières résiduelles et l'évolution des quantités éliminées en fonction des objectifs de la *Politique*.

Au Québec, 11,3 millions de tonnes de matières résiduelles ont été générées en 2002. De ce total, 4 771 000 tonnes ont été récupérées et 6 493 000 tonnes ont été éliminées (Recyc-Québec, 2003a). La gestion de ces matières pose un défi environnemental important, car il s'agit de réduire les quantités éliminées et de réduire les impacts de l'élimination des matières qui ne sont pas récupérées. Ainsi, les principes de gestion durable, par l'approche des 5RV-É, permettront d'atteindre ces buts et de réduire la consommation de ressources naturelles. Ce sont d'ailleurs ces objectifs que s'est fixé le gouvernement du Québec avec la *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008*.

### **1.1 Développement durable et gestion intégrée des matières résiduelles**

Le 29 avril 2003, le Premier ministre du Québec a confié au ministre de l'Environnement le mandat d'élaborer un plan vert qui mettra en oeuvre le développement durable à l'échelle gouvernementale. Pour réaliser le développement durable, il faut concilier le développement économique et social, la protection de l'environnement et la conservation des ressources naturelles. L'application d'une approche de développement durable est une avenue incontournable pour assurer l'équité entre les générations (ministère de l'Environnement du Québec, 2002a).

L'atteinte du développement durable présuppose qu'un certain nombre de conditions soient respectées. Parmi celles proposées par de nombreux chercheurs, le Conseil canadien des ministres de l'environnement a retenu les suivantes : le rythme d'utilisation des ressources naturelles renouvelables n'excède pas celui de leur régénération, le rythme d'épuisement des ressources non renouvelables ne dépasse pas le rythme de développement de substituts renouvelables, la quantité de pollution et de déchets ne dépasse pas celle que peut absorber l'environnement (ministère de l'Environnement du Québec, 2002a).

Dans le cadre du développement durable, l'approche des 5RV-É doit être adoptée pour la gestion intégrée des matières résiduelles. Cette approche implique de réaliser, dans l'ordre, la réduction à la source, la récupération, le réemploi, le recyclage, la réutilisation, la valorisation et l'élimination des déchets ultimes. Cette approche permettra de réduire la consommation des ressources naturelles ainsi que les impacts indésirables liés à l'élimination des matières résiduelles. Cette approche est aussi souvent appelée 3RV-É.

On retrouve dans la littérature l'expression 3RV-É. Dans ce cas-ci, les 3R signifient réduction, réemploi, recyclage. Les mots récupération et réutilisation sont absents. La récupération est implicite dans l'expression 3RV-É, car pour réemployer ou recycler des matières résiduelles, il faut d'abord les récupérer. Quant au concept de réutilisation, il est inclus avec celui de recyclage.

On retrouve aussi, parfois, une certaine confusion autour du terme valorisation. Dans certains cas, le terme valorisation est utilisé au sens large et englobe les concepts de réemploi, recyclage, réutilisation et valorisation. Dans ce cas, il est préférable d'utiliser l'expression mise en valeur, ce qui évite la confusion (Olivier, 2002).

La gestion intégrée des matières résiduelles a pour objectif de réduire au maximum l'élimination. Cette dernière étape est celle qui va à l'encontre du développement durable, car c'est elle qui génère des impacts importants par la consommation de ressources naturelles et la pollution générée par les installations d'élimination. Une fois les 5R réalisés, la valorisation de la portion restante doit être pratiquée car elle permet la réduction de l'élimination qui constitue un gaspillage des ressources naturelles, surtout qu'une importante partie des matières résiduelles éliminées possède un potentiel de valorisation.

La valorisation consiste en la mise en valeur de matières résiduelles par une transformation chimique qui modifie radicalement la nature du matériau. Le changement de nature ne permet pas le réemploi, la réutilisation ou le recyclage. Il existe deux types de valorisation : la valorisation matière et la valorisation énergie. La valorisation matière consiste à transformer des matières résiduelles en un autre produit. Par exemple, la transformation des résidus putrescibles en compost. La valorisation énergie permet de récupérer l'énergie produite par la combustion des matières résiduelles. Par exemple, l'utilisation de pneus comme combustible

pour les fours des cimenteries ou la production d'énergie thermique par l'incinération des matières résiduelles (Olivier, 2002).

L'élimination est constituée de toutes les opérations qui visent le dépôt ou le rejet définitif des matières résiduelles dans l'environnement. On retrouve deux types d'élimination : l'enfouissement et l'incinération. L'enfouissement est l'action de stocker définitivement les matières résiduelles dans un lieu où elles sont recouvertes afin de réduire les effets indésirables. L'incinération consiste à réduire les matières résiduelles en gaz et en cendres. Les gaz sont rejetés dans l'atmosphère alors que les cendres sont enfouies (Recyc-Québec, 2003a).

Il faut noter que l'élimination, au sens propre du terme, exclut la valorisation. Cependant, les installations d'élimination se dotent de plus en plus d'équipements permettant la valorisation d'une partie des matières résiduelles traitées. Les détails concernant les différentes méthodes d'élimination ainsi que les possibilités de valorisation qui s'y rattachent seront présentées aux sections 2 et 3.

## **1.2 Politique québécoise de gestion des matières résiduelles**

Pour répondre aux exigences du développement durable et de la gestion intégrée des matières résiduelles, le gouvernement du Québec a adopté la *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008*.

Cette politique fait suite à l'échec de la politique précédente, soit la *Politique de gestion intégrée des déchets solides* adoptée en 1989 qui mettait de l'avant le principe des 3RV-É en accord avec la promotion du développement durable. Elle avait deux objectifs principaux : la réduction de 50 % pour l'an 2000 des quantités éliminées par rapport à l'année 1988 et la mise en place de moyens d'élimination adéquats et sécuritaires.

C'est en 1995, lors d'audiences du Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE) portant sur la gestion des matières résiduelles qu'on se rend compte que les objectifs ne seront pas atteints : la réduction de l'élimination n'atteint que 17% par rapport à 1988 et aucun des 69 LES n'est entièrement conforme au *Règlement sur les déchets solides*, règlement qui est lui-même désuet (voir encadré). En 1998, le taux de réduction n'atteint plus que 10,1 % et un nouveau plan d'action est déposé. Ce plan deviendra la *Politique québécoise de gestion*

*des matières résiduelles 1998-2008* (Olivier, 2002). Enfin, il faut souligner qu'en 2000, 6,9 millions de tonnes ont été éliminées, comparativement à 5,7 millions en 1988, soit une augmentation de 21,1 %.

Au Québec, l'élimination des matières résiduelles est régie par le *Règlement sur les déchets solides* [R.R.Q., c. Q-2, r.3.2], datant de 1978. Cependant, le *Projet de règlement sur l'élimination des matières résiduelles* est appliqué pour les nouveaux lieux d'enfouissement de même que pour l'agrandissement des lieux existants, par le biais de la *Loi sur l'établissement et l'agrandissement de certains lieux d'élimination de déchets* [L.R.Q., c. E-13.1]. Ainsi, les nouveaux lieux d'enfouissement ne sont plus des lieux d'enfouissement sanitaire (LES) tels que définis par le *Règlement sur les déchets solides*, mais plutôt des lieux d'enfouissement techniques (LET). Ces LET comprennent des systèmes d'étanchéité qui empêchent la migration du lixiviat vers la nappe phréatique ou les cours d'eau. Le biogaz produit par le LET doit aussi être intercepté et traité avant d'atteindre l'atmosphère.

Le *Projet de règlement sur l'élimination des matières résiduelles* est en constante évolution puisqu'il n'a jamais été adopté. Pour en obtenir la version la plus récente, il faut consulter le site Internet du BAPE et aller voir les rapports sur les audiences publiques récentes portant sur l'agrandissement ou la construction de LES.

La *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008* s'appuie sur les principes suivants : les 3RV-É, la responsabilité des fabricants et importateurs quant aux effets de leurs produits sur l'environnement, la participation des citoyens dans la gestion des matières résiduelles, la régionalisation de la gestion des matières résiduelles à l'échelle des municipalités régionales (comprend les communautés urbaines, les communautés métropolitaines ou les municipalités régionales de comté qui ont la responsabilité d'établir un plan de gestion des matières résiduelles (PGMR) pour leur territoire) et le partenariat entre les différents intervenants. Les orientations de la *Politique* sont les suivantes :

1. prévenir ou réduire la production de matières résiduelles, notamment en agissant sur la fabrication et la mise en marché des produits;
2. promouvoir la récupération et la mise en valeur des matières résiduelles;
3. réduire la quantité de matières résiduelles à éliminer et assurer une gestion sécuritaire des installations d'élimination;

4. obliger la prise en compte par les fabricants et importateurs de produits des effets qu'ont ces produits sur l'environnement et des coûts afférents à la récupération, à la mise en valeur et à l'élimination des matières résiduelles générées par ces produits.

Pour favoriser l'utilisation durable des ressources naturelles, la *Politique* fixe l'objectif de mise en valeur à 65 % des matières résiduelles pouvant l'être. Une série d'objectifs plus spécifiques de mise en valeur des matières résiduelles pour chaque secteur vient compléter cet objectif général.

Dans les municipalités :

- 60 % du verre, du plastique, du métal, des fibres, des encombrants et de la matière putrescible;
- 75 % des huiles, des peintures et des pesticides (résidus domestiques dangereux);
- 50 % du textile;
- 80 % des contenants à remplissage unique de bière et de boissons gazeuses.

Dans les industries, les commerces et les institutions :

- 85 % des pneus;
- 95 % des métaux et du verre;
- 70 % du plastique et des fibres, y compris le bois;
- 60 % de la matière putrescible.

Dans l'industrie de la construction, de la rénovation et de la démolition :

- 60 % de toutes les matières pouvant être mises en valeur.

À terme, le seul résidu qui devrait être éliminé serait le déchet ultime, soit celui issu du tri, du conditionnement et de la mise en valeur de toutes les matières résiduelles. Tous les objectifs par secteur, par type de contenant ou par matière sont présentés en annexe.

Les moyens concrets pour atteindre ces objectifs se retrouvent dans les PGMR des municipalités régionales. Une fois le plan adopté, il lie les municipalités qui doivent s'y conformer sans possibilités de retrait. Le gouvernement est également tenu d'en respecter les dispositions lorsqu'il autorise les installations de récupération, de mise en valeur ou d'élimination des matières résiduelles.

Les municipalités régionales peuvent limiter ou refuser toute quantité de matières résiduelles destinée à l'élimination qui provient de l'extérieur de leur territoire de planification. Si elles prévoient exercer ce pouvoir, elles doivent en faire état dans leur PGMR et indiquer, s'il s'agit d'une limitation, la quantité de matières résiduelles visées.

En septembre 2004 les PGMR ont été adoptés dans 23 % des municipalités régionales et sont entrés en vigueur dans 10 % de celles-ci (Recyc-Québec, 2004).

### **1.3 Bilan de la gestion des matières résiduelles au Québec**

La quantité de matières résiduelles générées est en hausse au Québec depuis 1994, passant de 7 millions de tonnes à 11,3 millions de tonnes en 2002, pour une moyenne de 1,51 tonnes par habitant. Parallèlement, les quantités récupérées sont aussi en hausse depuis 1988, passant de 1,3 à 4,8 millions de tonnes en 2002. Les matières résiduelles éliminées ont connu plusieurs variations au cours des dernières années. Ainsi, elles ont diminué jusqu'en 1994, atteignant un minimum de 5 millions de tonnes avant d'augmenter jusqu'en 2000 atteignant un sommet de 6,9 millions de tonnes. Pour l'année 2002, l'élimination a légèrement baissé à 6,5 millions de tonnes (Recyc-Québec, 2003a). La hausse de la génération des matières résiduelles au Québec est attribuable à la croissance économique que le Québec a connue pendant la dernière décennie. Les données du bilan de la gestion des matières résiduelles sont présentées au tableau 1.1.

#### **1.3.1 Récupération**

Pendant la période 1992 – 2002, la quantité de matières résiduelles récupérées a augmenté, passant de 1 598 000 à 4 771 000 tonnes. On remarque que cette hausse n'est pas constante pour l'ensemble des matières récupérées. Certaines matières connaissent des hausses très importantes par rapport à l'ensemble des matières récupérées. C'est le cas des matériaux secs qui sont passés de 0 tonne en 1992 à 1 775 000 tonnes en 2002. Les papiers et cartons ont aussi connu une forte hausse, passant de 445 000 tonnes en 1992 à 946 000 tonnes en 2002. Les résidus compostables ainsi que les boues ont aussi connu une forte progression pendant la période 1992 – 2002. Les quantités récupérées des autres matières ont généralement augmenté pour la période 1992 – 2002, mais les augmentations sont beaucoup moins importantes et certaines matières ont même connu des baisses de récupération entre 2000 et 2002. Enfin entre 2000 et 2002, les matières récupérées ont

augmenté de 958 000 tonnes (Recyc-Québec, 2003a). Trois matières ont permis de réaliser cette hausse : les papiers et cartons, les métaux ferreux et les matériaux secs. Les quantités récupérées des différentes matières résiduelles sont présentées au tableau 1.2

Tableau 1.1 Bilan de la gestion des matières résiduelles au Québec de 1988 à 2002 (en millions de tonnes)

	1988	1992	1994	1996	1998	2000	2002
Génération	7,0	7,0	7,0	8,3	8,9	10,7	11,3
Élimination	5,7	5,4	5,0	5,3	5,5	6,9	6,5
Récupération	1,3	1,6	2,0	3,0	3,4	3,8	4,8
<b>Taux de récupération</b>							
Sur génération	18 %	23 %	28 %	36 %	38 %	36 %	42 %
Sur potentiel de valorisation	21 %	27 %	33 %	42 %	44 %	39 %	47 %
Population	6 860 400	7 150 700	7 275 000	7 208 884	7 334 094	7 372 448	7 455 208
<b>Taux par habitant (tonne/personne/année)</b>							
Génération	1,02	0,97	0,96	1,15	1,21	1,46	1,51
Élimination	0,84	0,75	0,69	0,74	0,75	0,94	0,87
Récupération	0,18	0,22	0,27	0,41	0,62	0,52	0,64

Recyc-Québec (2003a)

### 1.3.2 Élimination

Les matières résiduelles éliminées au Québec ont connu une hausse pendant les années 90 avant de diminuer légèrement depuis 2000. Globalement, l'élimination a augmenté depuis 1992, passant de 5 513 000 de tonnes en 1992 à 6 688 000 de tonnes en 2002. Cette augmentation est due à la hausse des matières résiduelles générées qui a été en partie compensée par la hausse des matières résiduelles récupérées. Cependant, les quantités éliminées en fonction des types de lieu d'élimination ont évolué différemment. Ainsi, les quantités éliminées dans les LES ont constamment augmenté depuis 1992 atteignant 5 407 000 tonnes en 2002. La baisse de 368 000 tonnes de matières résiduelles éliminées est due à la diminution dans les dépôts de matériaux secs de 1 202 000 tonnes en 2000 à 762 000 tonnes en 2002. Cette diminution dans les dépôts de matériaux secs correspond à la hausse de la récupération enregistrée pour cette matière. Pour ce qui est de l'incinération, les quantités éliminées augmentent lentement depuis 1994, atteignant 296 000 tonnes (incluant les boues municipales) en 2002 (Recyc-Québec, 2003a)



Tableau 1.2 Répartition des matières résiduelles récupérées pour la période 1992 – 2002  
(en tonnes)

Matières	1992	1994	1996	1998	2000	2002
Papiers et cartons	445 000	642 000	796 000	778 000	830 000	946 000
Verre	54 000	64 000	86 000	101 000	90 000	71 000
Électroménagers	15 000	-	-	-	57 000	99 000
Métaux ferreux	893 000	917 000	916 000	916 000	1 082 000	1 344 000
Métaux non ferreux	104 000	104 000	106 000	106 000	155 000	142 000
Plastiques	33 000	31 000	46 000	50 000	63 000	52 000
Textiles	22 000	20 000	27 000	21 000	31 000	37 000
Résidus compostables	17 000	95 000	114 000	175 000	277 000	246 000
RDD	1 000	2 000	2 000	3 000	3 000	1 000
Peintures	-	-	-	-	2 000	2 000
Pneus	12 000	9 000	17 000	44 000	47 000	52 000
Matériaux secs	0	91 000	875 000	1 157 000	1 173 000	1 775 000
Ordinateurs	-	-	-	-	-	3 000
Autres	0	0	1 000	1 000	4 000	1 000
<b>Total</b>	<b>1 596 000</b>	<b>1 974 000</b>	<b>2 985 000</b>	<b>3 351 000</b>	<b>3 813 000</b>	<b>4 771 000</b>
Boues	2 000	20 000	21 000	22 000	23 000	23 000
<b>Total avec boues</b>	<b>1 598 000</b>	<b>1 994 000</b>	<b>3 006 000</b>	<b>3 373 000</b>	<b>3 836 000</b>	<b>4 794 000</b>

Recyc-Québec (2003a)

Le nombre de LES et d'incinérateurs varie peu depuis 1992, alors que les autres lieux d'élimination sont de moins en moins nombreux. Les dépotoirs ont pratiquement disparu du paysage québécois. Les dépôts en tranchées (DET) qui desservent des communautés isolées sont encore présents en grande quantité, mais traitent de petites quantités de matières résiduelles. Enfin, le nombre de dépôts de matériaux secs (DMS) est en constante diminution et le gouvernement a annoncé son intention de n'autoriser l'agrandissement des DMS existants ou l'ouverture de nouveaux DMS qu'au cas par cas, en fonction des besoins des milieux à desservir (*Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008*). Ainsi, le nombre de DMS devrait graduellement diminuer.

Tableau 1.3 Bilan de la quantité de matières résiduelles éliminées au Québec de 1992 à 2002 (en tonnes)

Types de lieu d'élimination	1992		1994		1996		1998		2000		2002	
	Nb	Quantité éliminée	Nb	Quantité éliminée	Nb	Quantité éliminée	Nb	Quantité éliminée	Nb	Quantité éliminée	Nb	Quantité éliminée
<b>Résidus solides</b>												
incinérateurs	3	378 000	3	187 000	3	199 000	3	192 000	3	192 000	3	202 000
Lieux d'enfouissement sanitaire	69	3 384 000	68	4 002 000	65	4 174 000	62	4 235 000	62	5 394 000	65	5 407 000
Dépôts en tranchées	36 6	94 000	373	84 000	361	136 000	328	119 000	325	91 000	300	108 000
Dépotoirs	44	57 000	15	22 000	14	24 000	7	19 000	6	26 000	1	14 000
Dépôts de matériaux secs	97	976 000	78	734 000	75	794 000	64	972 000	67	1 202 000	57	762 000
<b>Boues municipales</b>												
Incinération		53 000		65 000		74 000		75 000		82 000		94 000
Enfouissement		71 000		95 000		90 000		93 000		66 000		101 000
Total excluant les boues		5 389 000		5 029 000		5 327 000		5 537 000		6 908 000		6 493 000
Total incluant les boues		5 513 000		5 189 000		5 491 000		5 705 000		7 056 000		6 688 000

Recyc-Québec (2003a)

L'élimination des matières résiduelles se fait principalement dans les LES. En effet, ceux-ci reçoivent 82,4 % des matières éliminées alors qu'ils représentent 15,2 % des lieux d'élimination. Les DMS reçoivent 11,4 % des matières résiduelles, les incinérateurs 4,4 % et les autres lieux d'enfouissement (DET et dépotoirs) reçoivent ensemble 1,8% des matières résiduelles (Recyc-Québec, 2003a).

Tableau 1.4 Répartition des types de lieux d'élimination et de la quantité éliminée en 2002

Types de lieux d'élimination	Lieux d'élimination		Quantité éliminée (%)
	nombre	%	
Lieux d'enfouissement sanitaire	65	15,2	82,4
Dépôts de matériaux secs	57	13,4	11,4
incinérateurs	3	0,7	4,4
Autres lieux d'enfouissement*	301	70,7	1,8
Total	426	100	100

\*les autres lieux d'enfouissement comprennent les dépôts en tranchées et les dépotoirs  
Recyc-Québec (2003a)

### 1.3.3 La gestion des matières résiduelles par secteur

Les 11,3 millions de tonnes de matières résiduelles générées au Québec en 2002 proviennent de trois secteurs : le secteur municipal (matières résiduelles domestiques), le secteur industrie, commerce et institutions (ICI) et le secteur construction, rénovation et démolition (CRD). L'évolution des quantités générées, éliminées et récupérées des matières résiduelles sont différentes pour chaque secteurs. La composition des matières résiduelles varie aussi en fonction des secteurs, cette composition sera vue à la section suivante.

En 2002, 30,8 % des matières résiduelles générées provenaient du secteur municipal, 41,4 % du secteur ICI et 27,8 % du secteur CRD. Pour ce qui est des matières récupérées, 12,5 % provenaient du secteur municipal, 50,3 % du secteur ICI et 37,2 % du secteur CRD (Recyc-Québec, 2003a). La provenance et la destination des matières résiduelles est présentée au tableau 1.5.

Tableau 1.5 Provenance et destination des matières résiduelles en 2002 selon les secteurs (en tonnes)

Matières	Secteurs						Total	
	Municipal		ICI		CRD			
Récupérées	598 000	12,5 %	2 398 000	50,3 %	1 775 000	37,2 %	4 771 000	100 %
Éliminées	2 876 000	44,3 %	2 261 000	34,8 %	1 356 000	20,9 %	6 493 000	100 %
Générées	3 474 000	30,8 %	4 659 000	41,4 %	3 131 000	27,8 %	11 264 000	100 %

Note : Excluant les boues municipales  
Recyc-Québec (2003a)

La proportion des matières résiduelles générées par secteur varie légèrement d'une année à l'autre. Globalement, la proportion en provenance du secteur municipal est stable depuis 1996, à un peu plus de 30 %. Le secteur ICI est en augmentation, passant de 35 % des matières résiduelles générées en 1996 à 41 % en 2002. La proportion du secteur CRD a diminué, passant de 32 % en 1996 à 28 % en 2002 (Recyc-Québec, 2003a). La proportion de la génération des matières résiduelles entre les secteurs est présentée au tableau 1.6.

Tableau 1.6 Proportion de la génération des matières résiduelles entre les secteurs de 1996 à 2002

Génération	Secteurs			
	Municipal (%)	ICI (%)	CRD (%)	Total (%)
Proportion 2002	31	41	28	100
Proportion 2000	30	45	25	100
Proportion 1998	32	36	32	100
Proportion 1996	33	35	32	100

Recyc-Québec (2003a)

Ces proportions témoignent de la hausse plus rapide de la génération de matières résiduelles du secteur ICI par rapport aux autres secteurs depuis 1996. Par contre, ces proportions ne se reflètent pas dans les quantités récupérées et éliminées vues au tableau 1.5 car les performances des secteurs, présentées au tableau 1.7, varient d'un secteur à l'autre.

La performance pour la récupération du secteur municipal est faible par rapport aux autres secteurs. Ainsi, sur les 3 474 000 tonnes générées par le secteur municipal, seulement 17,2 % sont récupérées. Les deux autres secteurs ont de meilleurs résultats, soit des taux de récupération de 51,5 % pour les ICI et 56,7 % pour les CRD (Recyc-Québec, 2003a). La performance de récupération des secteurs est présentée au tableau 1.7.

Tableau 1.7 Performance de récupération des matières résiduelles en 2002 pour chacun des secteurs calculée sur la quantité de matières générées (en tonnes)

Secteurs	Récupération		Élimination		Total	
	Quantité	Taux (%)	Quantité	Taux (%)	Quantité	Taux (%)
Municipal	598 000	17,2 %	2 876 000	82,8 %	3 474 000	100 %
ICI	2 398 000	51,5 %	2 261 000	48,5 %	4 659 000	100 %
CRD	1 775 000	56,7 %	1 356 000	43,3 %	3 131 000	100 %
<b>Total</b>	<b>4 771 000</b>	<b>42,4 %</b>	<b>6 493 000</b>	<b>57,6 %</b>	<b>11 264 000</b>	<b>100 %</b>

Note : excluant les boues municipales  
Recyc-Québec (2003a)

Les différences entre les secteurs peuvent s'expliquer par différents facteurs : la composition des matières résiduelles, la propriété des matières résiduelles ainsi que les coûts d'enfouissement. La propriété des matières résiduelles varie selon les secteurs. Dans le cas des matières résiduelles municipales, qui sont collectées de porte en porte, la municipalité en est propriétaire à partir du moment où les résidents et les petits commerces les déposent sur la voie publique. Les municipalités doivent donc assumer les coûts de cette gestion. Actuellement, les coûts de l'enfouissement sont plus bas que les coûts de récupération et de

tri des matières résiduelles (Olivier, 2002). Il est donc plus économique pour une municipalité d'enfouir les résidus que de les trier en vue de les recycler. Dans le cas des ICI et des CRD, les matières résiduelles demeurent la propriété des entreprises qui sont responsables du ramassage et de la disposition des résidus. Ainsi, un tri à la source permet aux entreprises de transformer une partie de ces matières résiduelles en matières secondaires ayant une valeur économique, ce qui permet des économies sur les coûts de gestion de leurs matières résiduelles (Olivier, 2002). Aussi, pour les résidus des CRD, la disparition progressive des DMS et la déréglementation de l'utilisation des résidus de béton, d'asphalte et de brique comme matériau de remblai sont des incitations au recyclage (Recyc-Québec, 2003c)

#### **1.4 La composition des matières résiduelles**

La composition des matières résiduelles varie en fonction des différents secteurs. Pour le secteur municipal, les données datent de 2000, alors que pour les ICI et les CRD, les caractérisations datent de 1992.

##### **1.4.1 Le secteur municipal**

Les matières résiduelles du secteur municipal regroupent les résidus produits par les ménages de même que les résidus produits par les activités commerciales, institutionnelles et administratives des services publics qui sont de nature similaire aux résidus ménagers (Olivier, 2002). Ce sont ces matières résiduelles qui sont ramassées par les municipalités lors des collectes de porte en porte. Les matières résiduelles ménagères sont composées principalement de matières putrescibles à 40,8 % et de papier à 23,1 %. Les autres matières ont toutes une proportion inférieure à 8 % (Recyc-Québec, 2003b). La composition des matières résiduelles ménagères est présentée au tableau 1.8.

Les papiers, le verre et les cartons sont les principales matières résiduelles ménagères récupérées. Les matières putrescibles, qui sont la principale matière générée, ne sont généralement pas collectées par la collecte sélective de porte en porte. Les proportions des matières résiduelles ménagères sont présentées au tableau 1.9.

Tableau 1.8 Composition moyenne des matières résiduelles produites par les ménages québécois en 2000

Matière	proportion
Matières putrescibles	40,8 %
Papiers	23,1 %
Plastique	7,3 %
Verre	6,7 %
Cartons	5,8 %
Fibres sanitaires	5,4 %
Autres résidus	5,4 %
Métaux	3,5 %
Textiles	2,0 %
Total	100 %
Total	933 kg/ménage/année

Recyc-Québec (2003b)

Tableau 1.9 Composition moyenne des matières résiduelles récupérées lors de la collecte sélective de porte en porte

Matière	proportion
Papiers	59,9 %
Verre	15,8 %
Cartons	11,3 %
Plastique	5,2 %
Métaux	3,9 %
Autres résidus non recyclés	3,9 %
Total	100 %
Total	356 kg/ménage/année

Recyc-Québec (2003b)

La caractérisation des matières résiduelles produites par les ménages en 2000 donne un taux de recyclage de 38,2 % pour les matières résiduelles produites par les ménages (Recyc-Québec, 2003b). Cependant, pour l'ensemble du secteur municipal, le taux de récupération n'est que de 17,2 %, soit 598 000 tonnes récupérées sur 3 474 000 tonnes générées (tableau 1.7). Cette caractérisation ne tient pas compte des matières résiduelles récupérées autrement que par les collectes de porte en porte comme les matières consignées ou les apports volontaires de matières recyclable.

### 1.5 Évolution des quantités éliminées en fonction des objectifs de la *Politique*

Le bilan de la gestion des matières résiduelles montre une augmentation presque constante des matières générées. Cette augmentation des matières générées entraîne une hausse de l'élimination malgré les gains faits en matière de récupération, tant pour les quantités récupérées que pour les taux de récupération. Ainsi, les besoins en infrastructures d'élimination demeureront importants pour les prochaines années.

En 2002, le secteur CRD a atteint l'objectif de 60 % de mise en valeur. Le secteur ICI obtient aussi un bon résultat à 57 % de récupération, mais des efforts doivent encore être faits pour atteindre l'objectif de 80 % fixé par la *Politique*. Le secteur municipal traîne la patte avec seulement 20 % des matières récupérées. Les performances des différents secteurs sont présentées au tableau 1.13.

Tableau 1.13 Performance en 2002 de récupération des matières résiduelles par secteur en fonction des objectifs de la *Politique*

Secteurs	Générées	Potentielles*	Objectifs	Récupérées	Récupérées/ potentielles		Objectifs visés
					2002	2000	
Municipal	3 474 000	3 028 000	1 817 000	598 000	20 %	16 %	60 %
ICI	4 659 000	4 230 000	3 384 000	2 398 000	57 %	50 %	80 %
CRD	3 131 000	2 845 000	1 707 000	1 775 000	62 %	47 %	60 %
<b>Total</b>	<b>11 264 000</b>	<b>10 103 000</b>	<b>6 908 000</b>	<b>4 771 000</b>	<b>47 %</b>	<b>40 %</b>	<b>65 %</b>

Note : excluant les boues municipales

\* Selon l'étude de caractérisation des matières résiduelles réalisée en 2000 par Chamard-CRIQ-Roche, de 85 % à 90 % en moyenne des matières résiduelles des différents secteurs d'activités présentent un potentiel de valorisation (Recyc-Québec, 2003a).

Recyc-Québec (2003a)

À première vue, ces résultats semblent encourageants car il y a une amélioration, mais cette amélioration provient principalement du secteur CRD qui génère presque exclusivement des matériaux secs. Il s'agit des matières résiduelles qui ont le moins d'impacts sur l'environnement lorsqu'elles sont enfouies. Ce sont aussi les matières résiduelles les plus faciles à mettre en valeur car plus de 90 % de ces résidus offrent un bon potentiel de mise en valeur. L'élimination des matériaux secs devrait encore diminuer avec la disparition progressive des DMS (*Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008*).

De plus, ces performances sont présentées en fonction des quantités potentielles et non des quantités réelles et excluent les boues municipales. Les données du tableau 1.13 montrent

que si tous les objectifs avaient été atteints en 2002, les quantités à éliminer auraient été de 4 356 000 tonnes. Bien qu'il s'agisse d'une amélioration par rapport aux 6,5 millions de tonnes qui ont été effectivement éliminées, il n'en demeure pas moins que les quantités sont importantes.

Il est aussi important de rappeler que le bilan de la gestion des matières résiduelles ne tient pas compte de plusieurs types de matières résiduelles car celles-ci sont exclues de la *Politique*. Les matières gazeuses, les résidus miniers, les produits animaliers, les résidus biomédicaux, les matières dangereuses autres que celles d'origine domestique, les carcasses d'automobiles, le fumier, les neiges usées et les eaux usées, le sable, la terre, les sols contaminés, les fertilisants agricoles (fumiers, lisiers et purins), la tourbe, les résidus de papeteries tels que les boues ainsi que les résidus de scieries dont les sciures, les rabotures, les planures et les écorces (résidus de bois de première transformation) ne sont pas comptabilisées (Recyc-Québec, 2003a).

L'élimination des matières résiduelles ne semble pas près de disparaître. En effet, la plupart des experts s'entendent pour dire que la quantité de matières résiduelles générées devrait augmenter de façon notable avec l'évolution du mode de consommation. Cette augmentation entraînera une hausse des matières résiduelles à éliminer. Par exemple, la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM) évalue que, si tous les objectifs de la *Politique* sont atteints, elle devra éliminer 2,5 millions de tonnes en 2013. Selon l'hypothèse de la CMM, elle devra disposer de capacités d'enfouissement de 59 millions de tonnes pour les 20 prochaines années si l'objectif de 60 % de récupération du secteur municipal est atteint et maintenu (Communauté métropolitaine de Montréal, 2004).

En extrapolant les données de la CMM à l'ensemble du Québec, ce sont plus de 120 millions de tonnes qu'il faudra éliminer pour les 20 prochaines années. La CMM compte près de la moitié de la population du Québec et produit près de la moitié des matières résiduelles du Québec, avec 5,6 millions de tonnes annuellement. Il faudra donc éliminer environ 6 millions de tonnes par année, ce qui est légèrement inférieur aux 6,5 millions de tonnes éliminées en 2002. Dans ce contexte, les besoins en infrastructures d'élimination demeureront les mêmes qu'aujourd'hui.



## 2 L'ENFOUISSEMENT DES MATIÈRES RÉSIDUELLES

L'enfouissement sanitaire est la méthode la plus répandue au Québec pour éliminer les matières résiduelles. Cette section présente les principes et les impacts de l'enfouissement ainsi que les trois méthodes d'enfouissement utilisées au Québec : LES, LET et bioréacteur. Les LES sont les sites qui répondent aux critères du *Règlement sur les déchets solides* de 1978. Les LET sont la nouvelle génération de lieux d'enfouissement. C'est ce type de site qui est actuellement autorisé lors de l'aménagement ou l'agrandissement de lieux d'enfouissement. Les bioréacteurs sont une variante des LET qui devraient, en principe, permettre une stabilisation plus rapide des matières résiduelles enfouies et la valorisation énergétique du biogaz. Les bénéfices et inconvénients ainsi que les possibilités de valorisation que permet chaque méthode sont également présentés.

### 2.1 Principes et impacts de l'enfouissement

L'enfouissement des matières résiduelles se fait dans des cellules d'enfouissement indépendantes les unes des autres. Ainsi, un lieu d'enfouissement peut comprendre plusieurs cellules, aménagées successivement. L'enfouissement se fait en deux temps. Dans un premier temps, les déchets sont compactés et recouverts d'une couche de sol après chaque journée d'opération. Ce recouvrement journalier sert principalement à contrôler la vermine, les odeurs et la dispersion des déchets par le vent. Dans un deuxième temps, lorsque la cellule est remplie à pleine capacité, un recouvrement final est déposé. Ce recouvrement doit être étanche et assez épais pour empêcher les animaux fouisseurs ou les racines des plantes de passer à travers.

L'enfouissement a pour objectif l'élimination définitive des matières résiduelles. Cette élimination se fait par des processus biologiques et physico-chimiques (la biodégradation par les microorganismes et la lixiviation des éléments solubles) qui permettent la stabilisation des matières enfouies. Ils débutent dès que les matières résiduelles sont compactées et continuent sur une période de 30 ans suivant le recouvrement final d'une cellule d'enfouissement. À terme, pratiquement toute la matière organique biodégradable est dégradée et seules les matières minérales et la matière organique non biodégradable restent en place.

Dans les premiers jours suivant l'enfouissement, la dégradation de la matière organique commence en mode aérobie et celle-ci est transformée en gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et en eau.

Une fois les matières résiduelles recouvertes, on passe en mode anaérobie en raison du manque d'oxygène et la matière organique est alors transformée en méthane, en CO<sub>2</sub> et en ammoniac.

La dégradation et la stabilisation des matières résiduelles dans le temps se font en quatre phases (Pinard, 1999) :

#### **Phase 1 : Hydrolyse**

Sous l'action des bactéries hydrolytiques, la matière organique est transformée en acides aminés, sucres simples et acides gras. L'azote ammoniacal est nitrifié, c'est-à-dire converti, en condition aérobie, en nitrites et nitrates.

#### **Phase 2 : Acidogénèse**

Les bactéries acidogènes prennent la relève. Les composés de la phase 1 sont transformés en acide acétique et acétate avec formation de gaz carbonique, hydrogène et composés intermédiaires comme les acides gras volatils. Pendant cette phase, de plus en plus de composés acides se développent, ce qui entraîne une chute du pH et favorise la solubilisation du fer et de la majorité des autres métaux. Les conditions anaérobies apparaissent durant cette phase.

#### **Phase 3 : Acétatogénèse**

Pendant cette phase, les acides gras formés lors des phases précédentes sont convertis en acétate, gaz carbonique et hydrogène. Les conditions anaérobies s'installent, l'acidité diminue et l'azote ammoniacal augmente.

#### **Phase 4 : Méthanogénèse**

Il s'agit de la dernière phase. Du méthane et du gaz carbonique sont formés à partir de l'acide acétique et du méthanol. La concentration d'ammoniaque augmente alors que la charge organique diminue.

Une phase de transition finale suit la méthanogénèse lorsque les matières résiduelles sont stabilisées, que la matière organique biodégradable est dégradée et qu'il ne reste que la matière minérale et la matière organique réfractaire. Il est alors possible de réaffecter le site à d'autres fonctions (ex : parc urbain). Ces processus, qui servent à contrôler les nuisances

des matières résiduelles, génèrent également des sous-produits qui ont des impacts environnementaux : le lixiviat et le biogaz.

### **2.1.1 Production de lixiviat**

Le lixiviat provient principalement de la percolation de l'eau des précipitations à travers la masse de déchets enfouis. La quantité de lixiviat produit dépend de plusieurs facteurs comme le régime de précipitation, les cycles de gel-dégel et l'étanchéité des couches de recouvrement des cellules journalières ainsi que du recouvrement final. La composition du lixiviat varie en fonction plusieurs facteurs :

- type de moyen de disposition
- profondeur des déchets
- présence de boues d'épuration
- présence de déchets dangereux
- âge du site

Le déchiquetage des déchets entraîne une accélération de la dégradation et une hausse de la concentration du lixiviat. La profondeur des déchets affecte le lixiviat, plus un site est profond, plus l'eau y circule longtemps et peut ainsi solubiliser plus d'éléments. La présence de boues d'épuration accélère la dégradation des déchets et la quantité de lixiviat produit. Les déchets dangereux apportent des éléments toxiques qui peuvent contaminer le lixiviat et inhiber les réactions de stabilisation à l'intérieur des sites (Pinard, 1999).

La composition du lixiviat varie dans le temps en fonction des différentes phases de dégradation et de stabilisation des matières organiques. La concentration de matière organique augmente dans les cinq premières années avant de diminuer graduellement les années suivantes. Il est estimé que des contaminants sont produit sur une période de 25 à 30 ans (Pinard, 1999). Aussi, la composition varie dans l'espace puisque les déchets ne sont pas enfouis simultanément sur le site. Les différentes parties du site sont à des stades différents de dégradation et de stabilisation, produisant ainsi du lixiviat dont les caractéristiques varient.

Le lixiviat s'écoule à la base des matières résiduelles enfouies. Il doit alors être capté par un système de drainage et être traité. Lorsqu'il n'est pas capté, il contamine le sol et les eaux souterraines.

Le traitement du lixiviat est complexe car la charge polluante est très élevée et la composition variable. Ainsi, dans les premières années, la demande chimique en oxygène (DCO) typique d'un lixiviat varie de 20 000 à 40 000 mg/l (Olivier, 2002). On y retrouve aussi une présence marquée d'acides volatils. Avec le temps, la DCO diminue et les acides volatils sont remplacés par des acides humiques et fulviques. La présence de ces acides va favoriser la dissolution de métaux lourds (principalement fer, zinc, plomb et cuivre) qui demandent d'autres types de traitement.

Tableau 2.1 Évolution du contenu typique d'un lixiviat et comparaison avec l'eau sanitaire usée

Paramètre	Lixiviat, 1 à 2 ans (mg/l)	Lixiviat, 5 ans (mg/l)	Lixiviat, 15 ans (mg/l)	Eaux usée (mg/l)
DCO	20 000 – 40 000	500 – 3 000	N.D.	350
DBO <sub>5</sub>	10 000 – 20 000	50 – 100	50	250
COT	9 000 – 15 000	100 – 1 000	N.D.	100
Acides volatils	9 000 – 25 000	50 – 100	N.D.	50
Azote ammoniacal	1 000 – 2 000	N.D.	60	15
Azote Organique	500 – 1 000	N.D.	10	10
Solides dissous totaux	20 000	5 000	2 000	N.D.
Chlorure	1 000 – 3 000	500 – 2 000	500	N.D.
Hydrogénocarbonate	1 000 – 3 000	1 000 – 2 000	N.D.	N.D.
Sulphate	500 – 1 000	50 – 100	N.D.	N.D.
Phosphate	50 – 150	10 – 50	N.D.	N.D.
PH	6 – 7	7 – 8	7 – 8	7 – 8

Olivier (2002)

Il existe des méthodes de traitement qui permettent d'enlever la plupart des contaminants du lixiviat. Lorsque le lixiviat est jeune et acide, il peut être neutralisé par de la chaux ou un hydroxyde (Olivier, 2002). La matière organique peut être enlevée par des traitements biologiques comme ceux utilisant les boues activées ou les étangs aérés. Les métaux lourds doivent être traités avec des procédés physico-chimiques de précipitation des métaux. L'enlèvement des métaux est important car ceux-ci peuvent créer une toxicité qui inhibe les traitements biologiques (Pinard, 2002). Généralement, un traitement biologique est fait au lixiviat afin d'abaisser la demande biologique en oxygène (DBO) d'au moins 90% avant le rejet dans le milieu naturel (Olivier, 2002).

Certaines municipalités traitent le lixiviat dans leurs systèmes d'épuration des eaux usées (ministère de l'Environnement du Québec, 1998). Cette pratique pose certains problèmes en raison de la matière organique réfractaire à la biodégradation et de la toxicité de certains produits qui nuisent au traitement biologique municipal. Aussi, une augmentation de la concentration de métaux dans les boues, une augmentation de la quantité de boue, des problèmes de décantation des boues, des chocs toxiques dans les réacteurs biologiques et des dépôts calcaires dans les bassins d'aération ont été remarqués lors du traitement de lixiviat dans des installations d'épuration des eaux usées municipales (Pinard, 1999). Cette méthode de traitement comprend également une grande part de dilution puisque le lixiviat est dilué dans les eaux usées municipales. Le traitement biologique qui suit est plus ou moins inefficace car, la DBO du lixiviat est composée en grande partie de matière organique réfractaire et n'est pas éliminée avant le rejet au milieu naturel.

### 2.1.2 Production de biogaz

Le biogaz est un sous-produit de la décomposition des matières résiduelles par les micro-organismes. Sa composition évolue dans les premiers temps suivant l'enfouissement et se stabilise en un mélange en proportions à peu près égales de méthane et de CO<sub>2</sub>. Plusieurs dizaines de composés traces viennent compléter le cocktail. Parmi ceux-ci on retrouve le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) et des composés organiques volatils (COV). Ce sont ces composés traces qui sont la source de l'odeur caractéristique des lieux d'enfouissement.

Tableau 2.2 Composition du biogaz au complexe environnemental de Saint-Michel

Composé	% du volume	ppm
Méthane	40	40 X 10 <sup>4</sup>
CO <sub>2</sub>	38	38 X 10 <sup>4</sup>
Azote	16	16 X 10 <sup>4</sup>
Oxygène	6	6 X 10 <sup>4</sup>
H <sub>2</sub> S	0,0001	1
COV	0,0007	7

Olivier (2002)

L'azote et l'oxygène présents dans le biogaz proviennent de l'infiltration de l'air de la surface dans le système d'aspiration du biogaz. Les COV font partie des familles des alcanes, des alcènes, des aldéhydes, des cétones, des esters, des alcools, des hydrocarbures aromatiques, des organosulfurés et des organochlorés. La liste des COV retrouvés dans le biogaz est présentée au tableau 2.3.

Tableau 2.3 Composés organiques volatils présents dans le biogaz (en ppmv)

Composé	Moyenne	Valeur maximale	Nombre de fois détecté*
Acétone	5,94	32	26
<b>Benzène</b>	<b>3,6</b>	<b>52,2</b>	<b>45</b>
2-butanone	8,17	57,5	27
<b>Tétrachlorure de carbone</b>	<b>1,85</b>	<b>68,3</b>	<b>37</b>
Chlorobenzène	0,38	10	29
Chloroéthane	2,03	9,2	29
<b>Chloroforme</b>	<b>0,08</b>	<b>1,56</b>	<b>36</b>
1,4-dichlorobenzène	<0,0009	<0,9	28
1,1-dichloroéthane	3,51	19,5	33
1,2-dichloroéthane	1,3	30,1	37
<b>1,1-dichloroéthylène</b>	<b>0,23</b>	<b>3,1</b>	<b>32</b>
Disulfure diméthylque	0,02	0,55	2
Sulfure diméthylque	0,55	1	2
Éthylbenzène	21,73	428	31
Dibromure d'éthylène	<0,9	<0,9	2
Méthanethiol	1,87	3,3	3
<b>Chlorure de méthylène</b>	<b>24,5</b>	<b>174</b>	<b>37</b>
2-méthyl-4-pentanone	89	89	26
1,1,2,2-tétrachloroéthane	0,1	2,35	28
<b>Tétrachloroéthylène</b>	<b>8,43</b>	<b>77</b>	<b>39</b>
<b>Toluène</b>	<b>59,34</b>	<b>758</b>	<b>40</b>
<b>1,1,1-trichloroéthane</b>	<b>0,84</b>	<b>9</b>	<b>38</b>
1,1,2-trichloroéthane	<0,1	0,1	28
<b>Trichloroéthylène</b>	<b>3,98</b>	<b>34</b>	<b>44</b>
<b>Chlorure de vinyle</b>	<b>7,71</b>	<b>48,1</b>	<b>42</b>
Xylènes	17,11	70,9	27

\* Nombre de sites où le composé a été détecté sur un total de 46 sites d'enfouissement étudiés par l'USEPA en 1991

**Caractère gras** : composés toxiques  
Drouin et Verrault, 1999

La composition du biogaz varie en fonction des étapes de dégradation de la matière organique. Lors de la phase aérobie, la matière organique est dégradée en CO<sub>2</sub>, en ammoniacque, en vapeur d'eau et en composés organiques résiduaux. Lors de l'acidogénèse et l'acétogénèse, les conditions anaérobies remplacent graduellement les conditions aérobies et les composés organiques sont transformés en acides, en CO<sub>2</sub> et en hydrogène. On entre ensuite en méthanogénèse instable où les produits de l'acidogénèse et de l'acétogénèse sont transformés en méthane, en eau et en CO<sub>2</sub>. La concentration de méthane augmente et celle de CO<sub>2</sub> diminue jusqu'à la phase de méthanogénèse stable où la composition du biogaz se stabilise avec une proportion de 40 à 60 % de méthane. Une phase de transition suit lorsque toute la matière organique biodégradable est décomposée et que la

méthanisation cesse. La production de méthane et de CO<sub>2</sub> diminue progressivement et le taux d'oxygène augmente (Drouin et Verrault, 1999).

Le cycle complet dure une trentaine d'année. Cependant, la production de biogaz d'un site peut s'étirer sur plusieurs décennies car les LES comprennent une multitude de cellules quotidiennes assemblées dans une grande cellule en exploitation sur une longue période (Olivier, 2002).

Des mesures peuvent être prises pour favoriser la méthanogénèse et accélérer la dégradation des matières résiduelles. Par exemple, l'enfouissement de boues d'épuration amène un apport en azote qui favorise l'activité microbienne. Cette méthode permet de produire un biogaz plus abondant et plus riche en méthane tout en réduisant la concentration de contaminants dans le lixiviat.

Les impacts du biogaz sur l'environnement sont multiples. Il participe au réchauffement climatique par la production de gaz à effet de serre (GES), au smog et à la réduction de la couche d'ozone en plus de poser un risque d'explosion lorsqu'il est confiné. Sa participation à l'effet de serre est importante puisque le méthane a une capacité d'absorber le rayonnement solaire 20 fois plus grande que le CO<sub>2</sub>. Les COV participent à la formation de smog photochimique, ils sont nauséabonds et certains sont potentiellement toxiques (Drouin et Verrault, 1999). Les gaz responsables de la réduction de la couche d'ozone font partie des composés halogénés comme les chlorofluorocarbones (CFC). Ceux-ci proviendraient de l'enfouissement de matières contenant ces gaz comme des réfrigérateurs ou des climatiseurs. Enfin, le H<sub>2</sub>S participe à la formation des précipitations acides.

Le biogaz doit être capté et traité. Le système de captage est constitué de puits reliés entre eux et soumis à une pression négative. Cette sous-pression est nécessaire afin d'éviter la migration du biogaz vers l'atmosphère. Elle a aussi pour conséquence d'aspirer de l'air de la surface lorsque le recouvrement n'est pas étanche. Le biogaz est habituellement traité par une torchère qui brûle grâce au méthane contenu dans le biogaz. Malgré l'efficacité des systèmes de pompage, 10 à 30 % du biogaz continue de s'échapper par la surface du site, notamment des cellules en exploitation dont la surface n'est pas imperméabilisée (Olivier, 2002). Si le taux de méthane est trop faible, il faudra maintenir la flamme à l'aide de combustible (ex : propane). Par contre, si la quantité de biogaz généré est importante et, que

le taux de méthane est suffisant, il est possible de produire de l'énergie à partir de ce biogaz ou encore d'en extraire le méthane pour obtenir du gaz naturel qui peut être revendu (Drouin et Verrault, 1999).

La combustion du biogaz permet de transformer le méthane en CO<sub>2</sub> et en eau, réduisant ainsi les gaz à effet de serre d'origine anthropogénique. Bien que le CO<sub>2</sub> soit un gaz à effet de serre, celui produit par la dégradation de la biomasse ne participe pas au réchauffement climatique car il ne s'agit pas d'un ajout de CO<sub>2</sub> à l'atmosphère par la combustion d'hydrocarbures fossiles. Le carbone contenu dans la biomasse provient de l'atmosphère et participe au cycle normal du carbone lorsqu'il y retourne sous forme de CO<sub>2</sub>. La combustion permet également la destruction des COV réduisant ainsi la contamination de l'air et les odeurs.

### **2.1.3 Autres impacts**

En plus du lixiviat et du biogaz, on retrouve d'autres problèmes liés à l'enfouissement : la perte d'espaces utiles, la circulation des camions, la perte de qualité de vie pour les citoyens situés à proximité des lieux d'enfouissement et le besoin de nouveaux sites pour y établir des nouveaux lieux d'enfouissement. Ces problèmes entraînent une distance de plus en plus grande entre les lieux d'enfouissement et le lieu d'origine des matières résiduelles car personne ne veut demeurer près d'un LES. On se retrouve avec une consommation de carburant et une production de GES accrues uniquement pour le transport des matières résiduelles.

## **2.2 Lieu d'enfouissement sanitaire**

L'enfouissement sanitaire est la méthode la plus répandue pour éliminer les matières résiduelles. Dans un LES, les matières résiduelles sont compactées avant d'être recouvertes d'une couche de recouvrement journalier. Lorsqu'une cellule est remplie à pleine capacité, un recouvrement final est mis en place et la surface est revégétalisée.

L'enfouissement sanitaire est la méthode d'enfouissement conforme au *Règlement sur les déchets solides*. Il donne deux options aux promoteurs quant au choix du site d'implantation. Le premier choix est d'installer le LES sur un sol étanche. Dans ce cas, le promoteur doit capter le lixiviat et le traiter. La deuxième option est d'installer le LES sur un sol perméable. Le lixiviat s'infiltre donc dans le sol sous le LES et n'a pas à être traité. Ce type de LES



fonctionne par « atténuation naturelle » qui suppose que les processus présents naturellement dans le sol suffiront à épurer le lixiviat. Pour les promoteurs, ce type de site est plus économique puisqu'ils n'ont pas à assumer les coûts d'épuration du lixiviat. Encore aujourd'hui, plusieurs sites fonctionnent sur ce principe (ministère de l'Environnement du Québec, 1998). Le biogaz n'est pas mentionné dans le *Règlement sur les déchets solides* et peut donc être émis librement dans l'atmosphère.

Les LES déjà autorisés et encore en opération continuent de fonctionner selon les critères du *Règlement sur les déchets solides*. À moins d'un changement législatif, ils devraient être en opération jusqu'à ce que le volume autorisé soit complété. Cependant, la *loi portant interdiction d'établir ou d'agrandir certains lieux d'élimination de déchets* interdit depuis le 1<sup>er</sup> décembre 1995 l'agrandissement ou l'établissement de LES auxquels s'applique le règlement sur les déchets solides.

### **2.2.1 Bénéfices et inconvénients**

Les bénéfices des LES sont les suivants : économiques, simples à opérer et à installer, fonctionnels. Comme il s'agit d'une solution simple pour l'élimination des matières résiduelles, celle-ci est économique, à environ 30 \$/tonne (Olivier, 2002). Cette solution fonctionne dans la mesure où elle permet de se débarrasser des déchets tout en contrôlant les nuisances les plus évidentes comme les mauvaises odeurs et la vermine.

Les inconvénients des LES sont plus nombreux que les bénéfices : impacts peu contrôlés, production de GES, contamination des eaux souterraines et de surface. Il est difficile de contrôler les impacts des LES car leur conception fait en sorte que le lixiviat et le biogaz s'échappent facilement du site. Le biogaz qui s'échappe à la surface du site participe au réchauffement climatique. Dans les sites fonctionnant par atténuation naturelle, le lixiviat contamine le sol et les eaux souterraines. Malheureusement, le principe d'atténuation naturelle ne fonctionne pas car les contaminants retrouvés dans le lixiviat sont difficilement biodégradables et sont émis dans le milieu, soit dans les eaux souterraines, soit dans les eaux de surface lorsqu'il y a résurgence. Les résurgences apparaissent sur les côtés des LES lorsqu'il y a saturation des déchets par le lixiviat. Ces résurgences peuvent apparaître à cause de nappes perchées dans le site, nappes formées par des couches étanches dans le site. Il y a également des résurgences dans les points bas des sites lorsque ceux-ci sont construits sur une pente.

La valorisation énergétique du biogaz est difficile et possible seulement dans les LES qui ont des capacités importantes. Aujourd'hui, tous les nouveaux LES doivent récupérer et traiter le lixiviat. Lorsque des quantités seuils sont atteintes, comme 25 % de méthane dans le biogaz ou 50 000 tonnes par années enfouies, il faut capter, évacuer et éliminer le biogaz en le brûlant (ministère de l'Environnement du Québec, 2001). Actuellement, 30 % du biogaz généré sur l'ensemble des lieux d'enfouissement est traité (ministère de l'Environnement du Québec, 2001).

### **2.3 Lieu d'enfouissement technique**

Les LET sont la nouvelle génération de lieux d'enfouissements. Il s'agit de la méthode conforme à la *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008* et au projet de règlement sur l'élimination des matières résiduelles. Les opérations courantes dans un LET sont les mêmes que pour un LES. Cependant, les cellules doivent être totalement étanches et aucune infiltration de lixiviat dans le sol ne doit se faire. Le lixiviat doit être capté et traité. Aussi, le biogaz doit être capté et évacué de manière sécuritaire et, dans certains cas, brûlé afin de réduire la pollution atmosphérique (ministère de l'Environnement du Québec 2002b).

L'étanchéité du LET est assurée par un système à double membranes, à moins que le sol ne soit imperméable. La base et les parois du LET sont recouverts d'une couche de drainage, composée de matériau granulaire et un réseau de drains est installé à l'intérieur de cette couche afin de capter le lixiviat. Dans le cas où l'étanchéité du LET est assurée par un système à double membranes, un deuxième système de drainage est installé entre les deux membranes. Ce deuxième réseau de drainage permet d'assurer la sécurité du site en collectant les liquides qui auraient réussi à migrer à travers la première membrane. (Olivier 2002)

Le recouvrement final d'un LET doit aussi être étanche. Ce recouvrement doit être conçu de manière à favoriser l'écoulement des eaux de ruissellement vers les côtés de la cellule. Aussi, ce recouvrement doit empêcher la migration du biogaz vers la surface. De plus, un système doit permettre de capter et d'évacuer, de valoriser ou d'éliminer tout le biogaz produit.

### 2.3.1 Bénéfices et inconvénients

Les LET présentent plusieurs bénéfices par rapport aux LES. Les principaux sont : un meilleur contrôle des eaux de lixiviation, moins d'émissions de biogaz dans l'atmosphère et donc moins d'odeurs nauséabondes. Les LET permettent d'éviter les impacts des LES liés au lixiviat et au biogaz. Aussi, leur système de captage du biogaz permet la valorisation de celui-ci. Il s'agit d'une solution qui permet l'élimination des déchets en limitant les impacts environnementaux.

Il existe aussi plusieurs inconvénients aux LET. Le premier est la hausse des coûts de l'élimination, qui varient entre 50 et 100 \$/tonne en fonction des quantités enfouies (Isabel, 2004). Cette hausse est particulièrement importante dans les plus petits sites qui n'ont pas de volume assez important pour amortir les coûts d'immobilisation d'un LET. Le deuxième inconvénient vient de l'étanchéité de la couche de recouvrement final. La présence d'eau qui entraîne la production de lixiviat est nécessaire pour assurer la dégradation des matières résiduelles enfouies (Pinard, 1999). Une trop grande imperméabilisation du site aura pour effet de retarder le processus de dégradation des déchets sur des décennies à un point tel qu'on parle de momification des déchets (USEPA, 2003). Ainsi, chaque lieu d'enfouissement fermé devient un espace inutilisable. Les déchets non-dégradés posent un risque sur l'environnement car le site peut entrer en activité à tout moment si un apport d'eau important survient et ainsi, risquer de contaminer les eaux de surface.

### 2.4 Bioréacteur

La compagnie de gestion des matières résiduelles Intersan, division de *Waste Management Inc*, a obtenu, en 2001, un certificat d'autorisation du ministère de l'Environnement du Québec pour un projet de démonstration de bioréacteur sur le lieu d'enfouissement de Sainte-Sophie, au nord de Montréal (Intersan, Canadian Waste Services Inc. 2001). Récemment, cette même entreprise a obtenu un certificat d'autorisation pour l'enfouissement de un million de tonnes de matières résiduelles dans une autre cellule de type bioréacteur, toujours au lieu d'enfouissement de Sainte-Sophie (Intersan, 2002). On retrouve également de tel sites à Laterrière et Lachute

La technologie du bioréacteur (figure 2.1) est une variante du LET, qui permet de combiner la valorisation énergétique et l'élimination des matières résiduelles. Cette valorisation se fait par l'utilisation du biogaz produit par la décomposition en mode anaérobie des matières

putrescibles enfouies. La décomposition anaérobie des matières putrescibles est favorisée par la recirculation du lixiviat à travers la masse des déchets. De l'azote est ajouté au lixiviat afin de favoriser le développement des microorganismes. L'enfouissement de boues d'épuration peut remplacer l'ajout d'azote dans le lixiviat. Cette décomposition se faisant dans de meilleures conditions, le biogaz obtenu contient plus de méthane.

Dans un bioréacteur, l'objectif est de hausser le taux de méthane dans le biogaz. Des expériences aux États-Unis ont permis de démontrer qu'il est possible d'obtenir des taux de méthane entre 50 et 60 % dans le biogaz, ce qui hausse sa valeur économique et permet de produire plus d'énergie. L'USEPA estime que si la moitié des matières résiduelles enfouies aux États-Unis l'étaient dans des bioréacteurs, l'électricité produite par la valorisation du biogaz pourrait correspondre à 1 % des besoins américains.

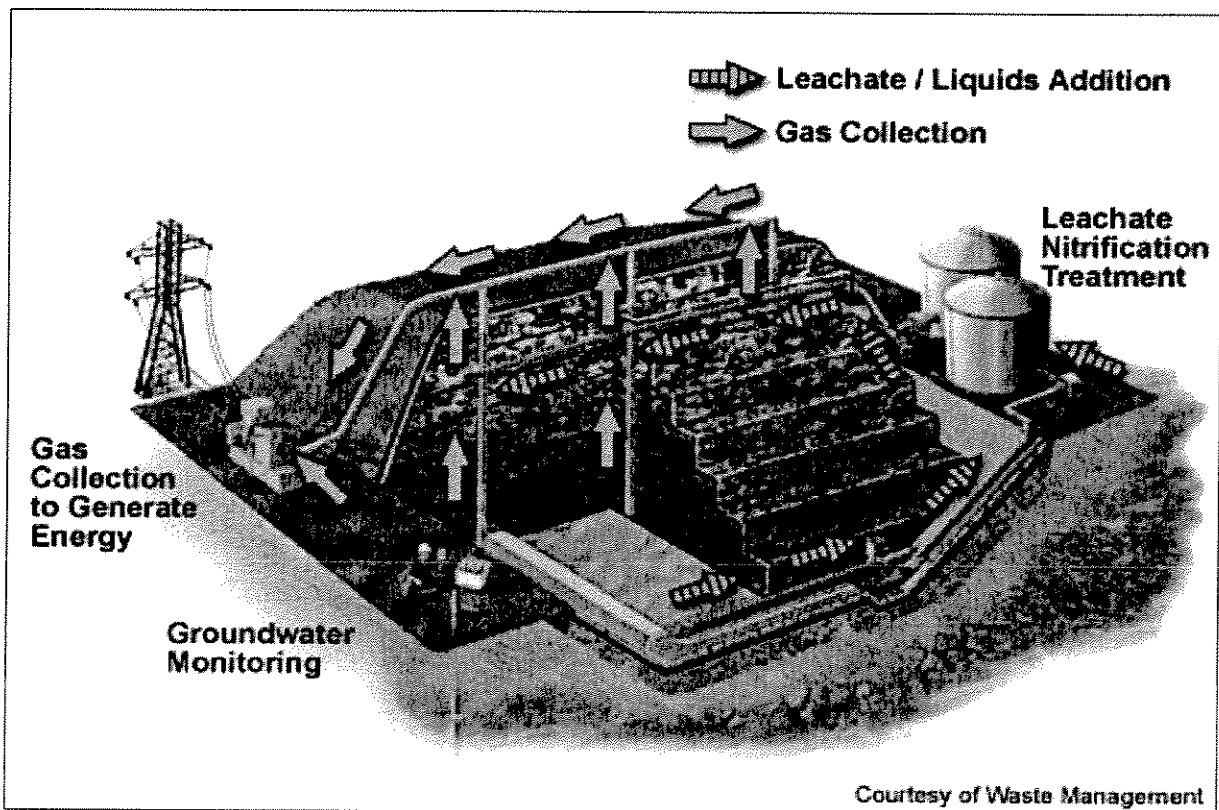


Figure 2.1 Cellule de type bioréacteur. Source : USEPA (2003)

Il existe déjà, à Montréal, une centrale électrique exploitée par la compagnie Gazmont d'une capacité de 25 MW qui utilise le biogaz produit par le lieu d'enfouissement situé sur le site de l'ancienne carrière Miron, aujourd'hui appelé Complexe environnemental Saint-Michel. Ce biogaz est composé à 36 % de méthane et est produit à un rythme de 29 000 m<sup>3</sup>/h. Des

25 MW produits, 1,5 MW est utilisé sur place pour faire fonctionner les pompes et les moteurs et les 23,5 MW restants sont vendus à Hydro-Québec (Olivier, 2002). Toutefois, il s'agit ici d'un lieu d'enfouissement sanitaire et non d'un bioréacteur.

D'autres utilisations du biogaz sont également disponibles. Il peut être utilisé pour le chauffage des bâtiments ou encore être raffiné et envoyé dans un pipeline de gaz naturel. Un site d'une capacité annuelle de un million de tonnes peut produire 1,0 MW/h d'électricité, 6 300 m<sup>3</sup>/jour de gaz naturel ou 9,5 GJ/heure d'énergie thermique (Drouin et Verrault, 1999).

#### **2.4.1 Bénéfices et inconvénients**

Un des grands avantages de cette technologie est d'éviter le traitement du lixiviat. Dans un LET, le lixiviat récupéré doit être traité avant d'être rejeté à l'environnement. Ce traitement est complexe et coûteux. Ici, le lixiviat est recirculé dans les déchets, ce qui, selon les promoteurs, évite tous rejets à l'environnement. Dans certains cas, il est même nécessaire d'ajouter de l'eau dans les premiers temps d'opération de la cellule afin de stimuler la production de lixiviat. Ainsi, il est intéressant pour les gestionnaires de lieux d'enfouissement d'installer ces cellules à proximité des anciens sites, car il sera alors possible de valoriser le lixiviat produit par les anciennes cellules.

La transformation du biogaz en énergie permet de diminuer les émissions de GES de deux manières. Premièrement, en transformant le méthane en CO<sub>2</sub>, on réduit les émissions de GES qui proviennent de l'enfouissement. Le ministère de l'Environnement du Québec estime que le traitement de 85 % du biogaz permettrait de réduire les émissions de GES du Québec de 3,4 % (ministère de l'Environnement du Québec 2001). Deuxièmement, l'énergie produite à partir de cette source permet d'éviter la production équivalente d'énergie à partir d'hydrocarbures, ce qui représente une diminution additionnelle de la production de GES.

Il y a d'autres avantages au bioréacteur. Dans ce type de cellule, il est possible d'enfouir plus de matières résiduelles, car celles-ci se compactent plus rapidement en raison de deux facteurs : l'humidification et la transformation de la biomasse en méthane. Ainsi, les gains pourraient atteindre de 15 à 20 % (USEPA, 2003).

Il est aussi possible de valoriser les boues d'épuration dans un bioréacteur. L'enfouissement des boues permet d'apporter de l'azote, ce qui favorise les conditions de la dégradation anaérobie, permet d'éviter la nitrification du lixiviat et de traiter les boues d'épuration.

Un autre avantage est la stabilisation plus rapide des matières enfouies, ce qui permet d'éviter des coûts de suivi post-fermeture. Il est permis de croire que la période habituelle de stabilisation de plus de 30 ans serait réduite à 15-20 ans (Olivier, 2002).

Enfin, la stabilisation plus rapide des matières enfouies ouvre la porte à d'autres possibilités comme le « landfill mininig » qui consiste à excaver les matières résiduelles enfouies afin d'en extraire les métaux. Les matières résiduelles restantes sont triées. Ce qui est combustible est envoyé à la valorisation énergétique alors que le reste, constitué de matière inerte, est utilisé comme matériel de recouvrement journalier dans les cellules en exploitation.

Il y a aussi des inconvénients pour les bioréacteurs. Le biogaz contient des impuretés comme les COV et le H<sub>2</sub>S. Lors de la combustion, des sous-produits se forment, notamment des dioxines et furannes. Une partie du biogaz ne peut être captée et est émise directement à l'atmosphère. Les quantités enfouies doivent être importantes afin de générer suffisamment de biogaz. Enfin, lorsque la quantité de biogaz produite diminue, il faut ajouter un combustible afin de pouvoir maintenir les capacités de production des installations.

L'enfouissement des matières résiduelles est la méthode d'élimination généralement utilisée au Québec. Malheureusement, cette option entraîne plusieurs impacts sur l'environnement et offre peu de possibilités de valorisation. Bien que les nouvelles méthodes réduisent ces impacts et permettent la valorisation d'une partie des matières enfouies, l'élimination des matières résiduelles par l'enfouissement constitue toujours un gaspillage des ressources naturelles.

### 3 L'INCINÉRATION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES

L'incinération est une méthode répandue pour l'élimination des matières résiduelles dans certains pays, notamment au Japon et en Suisse, deux pays où il y a peu d'espace disponible pour l'établissement de sites d'enfouissement. Au Québec, l'incinération suscite la méfiance des citoyens et des décideurs. À ce titre, le texte de la *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008* stipule que l'établissement ou l'agrandissement d'un incinérateur ne sera autorisé que si le promoteur fait la démonstration que son exploitation n'entre pas en conflit avec les objectifs de récupération. Cette démonstration n'est pas demandée pour les lieux d'enfouissement.

Cette section présente les principes et les techniques d'incinération, les impacts de l'incinération ainsi que les bénéfices et inconvénients liés à ce mode d'élimination des matières résiduelles.

#### 3.1 Principes et techniques d'incinération

L'incinération consiste à oxyder les matières résiduelles à haute température. Lors de cette oxydation, les molécules des matières résiduelles se décomposent avant de se recombinaison pour former des résidus solides (cendres et mâchefers) et des résidus gazeux. Les résidus gazeux sont rejetés à l'atmosphère alors qu'il faut disposer des résidus solides, généralement par enfouissement. Une fois l'incinération complétée, les mâchefers représentent environ 20 à 30 % du poids initial des matières résiduelles et représentent environ 10 % du volume de ces matières (Olivier, 2002). Ils sont composés d'un mélange de métaux, de verre, de silice, d'alumine, de calcaire, de chaux, d'imbrûlés et d'eau.

L'efficacité de l'oxydation par l'incinération dépend des trois T de la combustion : température, temps de résidence et turbulence. Dans les unités d'incinération, on peut même en ajouter un quatrième, le temps de résidence des gaz. Cette efficacité dépend également de la composition des matières résiduelles.

Pour brûler efficacement les matières résiduelles, la température doit se situer à 1 000°C. Elle ne devrait pas descendre sous les 900°C car la destruction n'est pas complète. Elle ne doit pas dépasser 1 050°C car à cette température, il y a début de fusion des cendres. Le temps de résidence nécessaire varie en fonction de la nature des matières à incinérer. En général il oscille entre 45 et 60 minutes. La turbulence est importante afin que toutes les matières

entrent en contact avec l'air pour assurer leur oxydation. Les différentes techniques utilisent différents moyens de brassage pour assurer le mélange. Enfin, l'incinération de déchets entraîne la formation de gaz de combustion, notamment du monoxyde de carbone (CO), qui doivent être brûlés. Pour y arriver, il faut les maintenir à une température de 1 000°C pendant au moins une à deux secondes (Olivier, 2002).

La composition des matières résiduelles qui arrivent à l'incinérateur est variable et pose des difficultés pour l'incinération. On peut diviser ces matières en trois catégories : les matières combustibles, les matières inertes et l'eau. Les matières combustibles comprennent les fibres cellulosiques (papier, bois, végétaux) et les plastiques, elles forment de 30 à 60 % du sac vert. Les matières inertes (20 à 30 % de la masse), non-combustibles, sont composées de verre, de métaux, de céramique et d'autres résidus comme les CRD qui n'ont pu être récupérés. La teneur en eau varie entre 15 à 40 % en fonction des saisons et des conditions climatiques au moment des collectes. Enfin, d'autres facteurs plus ponctuels font varier la composition comme, par exemple, la période de Noël qui apporte une quantité importante d'emballages dans les matières résiduelles. Ces variations influencent les conditions de la combustion, particulièrement en ce qui a trait à la teneur en eau, qui absorbe la chaleur lors de sa vaporisation.

Il existe à l'heure actuelle trois types d'incinérateurs utilisés couramment. Il s'agit des fours à grille mobile, des fours rotatifs et des fours à lit fluidisé.

### **3.1.1 Four à grille mobile**

La technologie du four à grille est celle utilisée par l'incinérateur de Québec. Il s'agit également de la technologie la plus couramment utilisée dans le monde pour l'incinération des déchets (Von Roll Inova, 2004). Dans ce procédé, les matières résiduelles descendent le long de grilles inclinées. Les grilles permettent le passage de l'air sous les déchets. La température de combustion se situe entre 750 et 1000° C et les déchets restent dans le four pendant deux à trois heures (Miquel et Poignant, 1999). Le mélange des déchets et de l'air pour parvenir à une meilleure combustion est assuré par la pente de la grille et par le mouvement des grilles.

Les matières résiduelles sont déversées des camions dans la fosse à déchets. À partir de la fosse, les déchets sont déposés dans les goulottes d'entrée, qui doivent constamment être



remplies afin de former un bouchon qui assure l'étanchéité du four. Les matières résiduelles descendent ensuite le long des trois grilles inclinées. La première sert au séchage, la deuxième sert pour la combustion principale et la troisième parfait la combustion. Les matières résiduelles non-combustibles restantes (mâchefers) tombent en dessous des grilles où elles sont refroidies avant d'être envoyées dans une fosse puis destinées à l'enfouissement (figure 3.1).

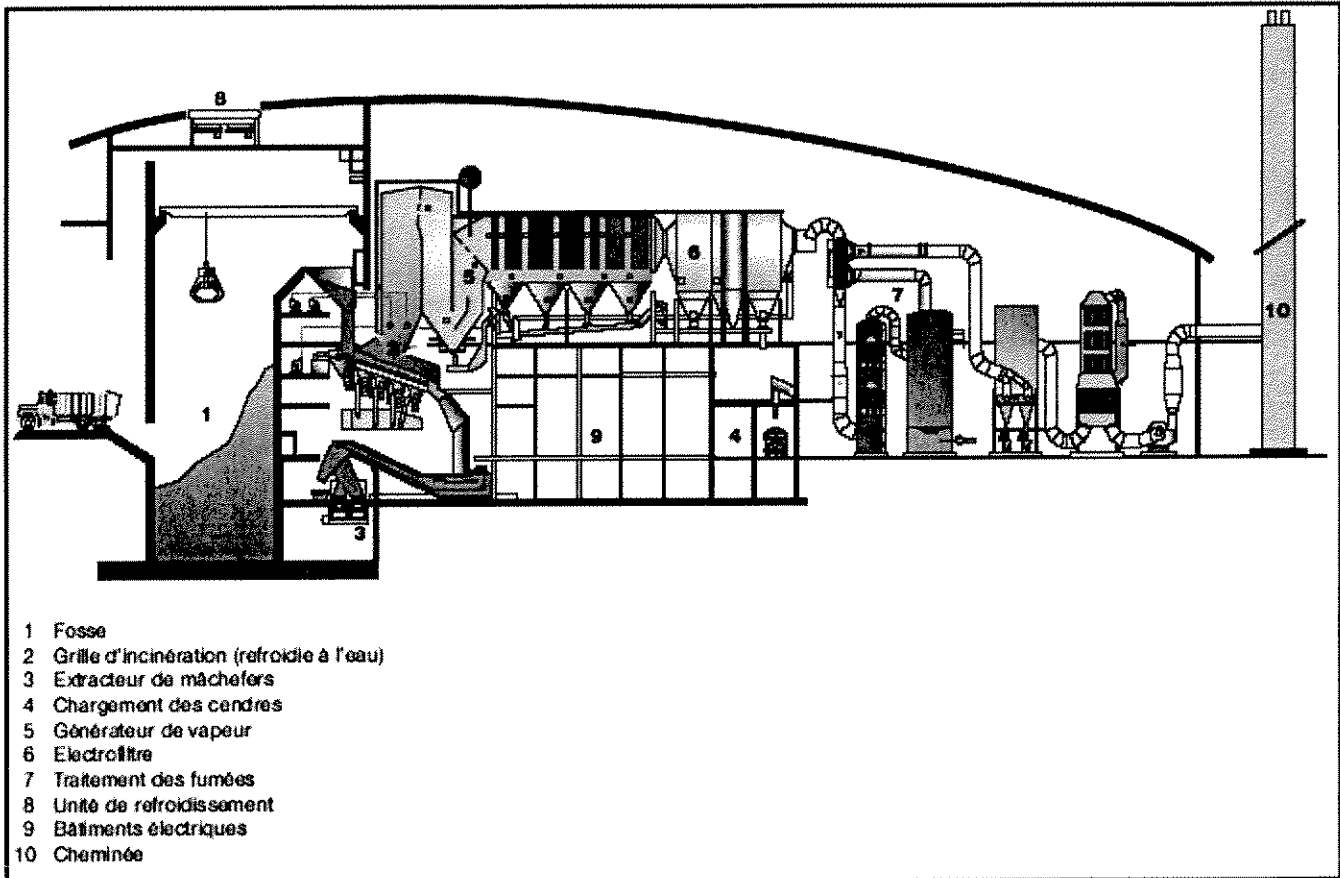


Figure 3.1 Four à grille mobile (Nuremberg, Allemagne), Von Roll Inova, 2004

### 3.1.2 Four rotatif

Le four rotatif est composé d'un tambour, légèrement incliné dans lequel sont introduit les déchets. Le mélange est assuré par la rotation du tambour. Les cendres et les mâchefers sont poussés vers la sortie par le mouvement rotatif et la gravité. La température de combustion dans ce type de four est supérieure à celle des fours à grille, à près de 1 200°C (figure 3.2).

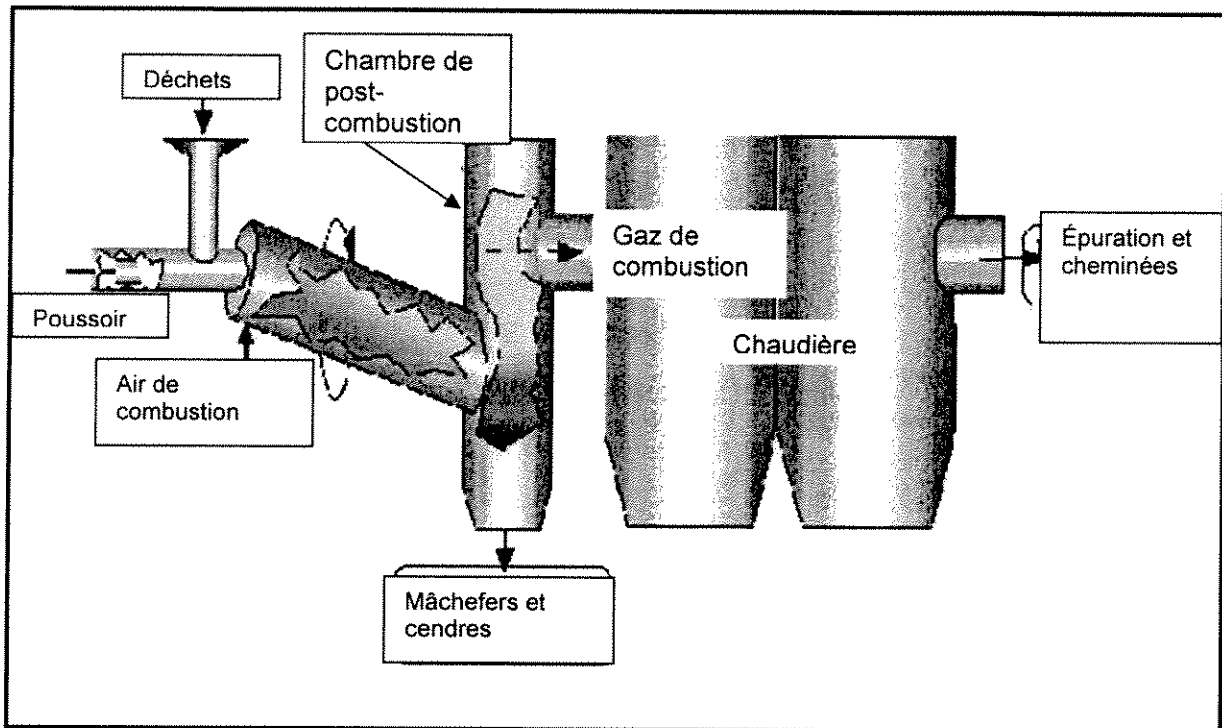


Figure 3.2 Four rotatif, modifié de Pantaloni. et Tadrict. 1996.

### 3.1.3 Four à lit fluidisé

La technologie du four à lit fluidisé permet l'incinération des matières résiduelles dans un lit de matière inerte mis en suspension par l'injection d'air chaud à la base du four. Le mélange lit – matières résiduelles se comporte alors comme un fluide qui est mélangé sous l'action de la chaleur, ce qui assure l'homogénéité du mélange et le maximum de contact entre les matières résiduelles et l'air. Avec cette méthode, les déchets doivent être prétraités : il faut enlever les éléments lourds et les métaux et broyer les matières à incinérer afin d'avoir une granulométrie qui leur permettra de rester en suspension dans le lit. Enfin, la combustion se fait à des températures plus basses, soit environ 800°C (figure 3.3).

Cette méthode présente certains avantages par rapport aux deux autres. Les coûts de maintenance et d'entretien sont réduits. Il est possible de traiter une plus grande variété de matières résiduelles, notamment des matières résiduelles plus humides. Le rendement énergétique est meilleur, réduisant ainsi le taux d'imbrûlés et de certains polluants tout en permettant une meilleure récupération d'énergie. Enfin, cette méthode produit moins de mâchefer et ceux-ci sont de meilleure qualité, mais produit plus de cendres volantes.

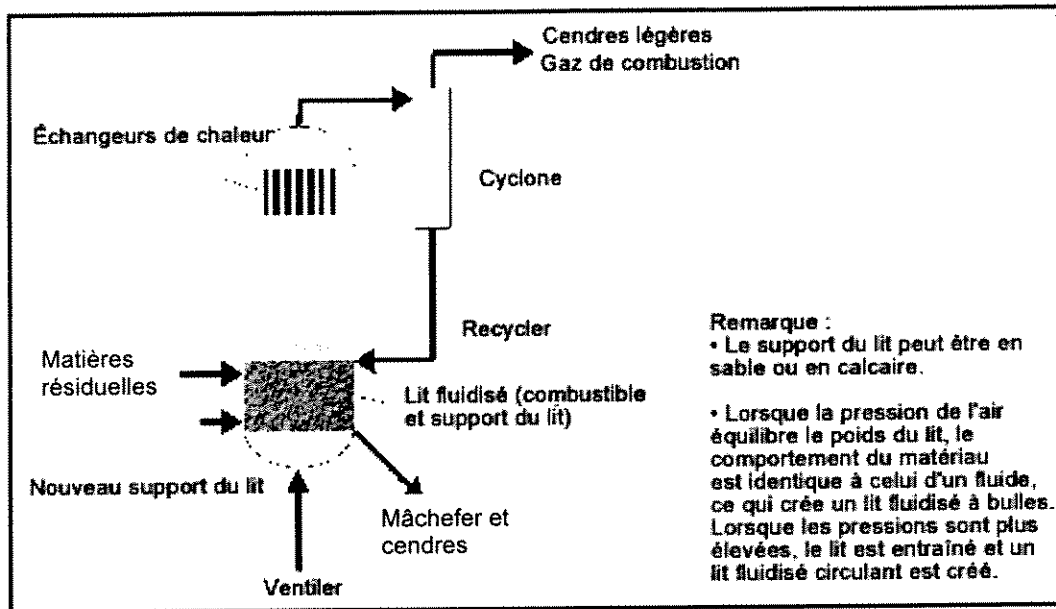


Figure 3.3 Four à lit fluidisé, modifié de Ressources naturelles Canada. 2004

## 3.2 Impacts

L'incinération des matières résiduelles entraîne des impacts environnementaux et sociaux. Par contre, il existe aujourd'hui plusieurs méthodes pour réduire, voire éliminer ces impacts.

### 3.2.1 Impacts environnementaux

L'impact principal de l'incinération est celui de la pollution atmosphérique par les émissions gazeuses des incinérateurs. Les conditions de la combustion et la composition des matières résiduelles entraîne la formation de toute une série de contaminants. Les principaux sont :

- le monoxyde de carbone (CO)
- les poussières
- le chlorure d'hydrogène (HCl)
- le fluorure d'hydrogène (HF)
- les oxydes de soufre (SO<sub>x</sub>)
- les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)
- les métaux lourds (arsenic, cadmium, mercure, nickel, plomb)
- les dioxines et furanes
- les COV
- les composés bromés et iodés

Ces contaminants ont différents effets sur la santé et l'environnement. Parmi ces contaminants, on retrouve des gaz toxiques, des gaz qui participent à la formation des pluies

acides de même que des gaz qui participent à la formation du smog. Le tableau 3.1 résume les effets des différents polluants

Tableau 3.1 Effets des polluants sur la santé et l'environnement

Polluant	Substances secondaires	Effets sur la santé	Effets sur l'environnement
CO	-	Maux de tête, nausées, mort à 5 500 mg/m <sup>3</sup>	Précurseur du smog photochimique
Poussières	Cendres volantes, fragments d'imbrûlés	Maladies respiratoires chroniques, cancer du poumon, irritations	Réduction de l'absorption de la lumière par les plantes
HCL	-	Irritant, dangereux à plus de 500 ppm	Participation aux pluies acides, faible par rapport au SO <sub>2</sub> et NO <sub>x</sub>
HF	-	Extrêmement irritant et toxique	Effets sur la végétation à partir de 0,2 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub> et SO <sub>3</sub>	Irritation des voies respiratoire et maladies pulmonaires en résultant. Augmentation de la mortalité à partir de 500µg/m <sup>3</sup> (en moyenne)	Principal responsable des précipitations acides
NO <sub>x</sub>	NO, NO <sub>2</sub> et N <sub>2</sub> O	NO <sub>2</sub> : puissant irritant des voies pulmonaires NO : irritant moins dangereux que NO <sub>2</sub>	Important rôle dans la formation du smog. NO participe à la destruction de la couche d'ozone et participe aux pluies acides. N <sub>2</sub> O est un gaz à effet de serre
Métaux lourds (Mercure, cadmium, plomb, nickel et arsenic)	Forment différents composés avec le chlore, l'oxygène et le soufre	Différents effets toxiques excepté pour le nickel qui est cancérigène	Appartiennent à la plupart des listes des substances dangereuses pour l'environnement
Dioxines et furanes	Famille de composés organiques chlorés	Différents degrés de toxicité suspectés, la chloracné est le seul effet clairement établi chez l'humain.	Effets toxiques, cancérigènes, affectation du système immunitaire et reproducteur chez différentes espèces animales testées en laboratoire.
COV	Grande variété de substances	Certains sont cancérigènes et toxiques comme le benzène, le styrène, l'acétone, le toluène, le trichloréthylène, etc.	Gaz précurseurs de la formation du smog. Les COV chlorés qui gagnent les hautes couches de l'atmosphère participe à la destruction de la couche d'ozone
Composés bromés et iodés	Br <sub>2</sub> , HBr, I <sub>2</sub> , HI	Br <sub>2</sub> et I <sub>2</sub> : toxique à certaines concentration HBr et HI : irritation de la peau et des muqueuses	Le brome, s'il migre en haute altitude, peut agir comme destructeur de la couche d'ozone

Biocchi, 1999

Ces polluants ont différents comportements dans l'atmosphère. Certains sont très volatils, vont rester longtemps dans l'air et franchir de grandes distances. D'autres sont plus lourds et vont retomber à proximité des installations, contaminant ainsi les sols et l'eau.

Un autre impact des incinérateurs provient de la production de mâchefers, qui doivent être traités. Habituellement, ils sont enfouis dans des LES. Ces mâchefers comportent une grande variété d'éléments, dont des métaux lourds, qui vont se retrouver dans le lixiviat de ces sites d'enfouissement.

Enfin, les incinérateurs produisent des déchets dangereux, qui proviennent principalement des cendres volantes et des systèmes d'épuration des fumées. Ces déchets dangereux doivent être enfouis dans des sites à sécurité maximale.

### **3.2.2 Impacts sociaux**

Les impacts sociaux découlent des impacts environnementaux. L'incinération conserve l'image négative des anciennes installations qui n'avaient pas de systèmes d'épuration des fumées. Aussi, la nécessité de réduire l'élimination des matières résiduelles entraîne la méfiance face à l'incinération, qui doit traiter des quantités constantes et importantes de matières résiduelles afin d'assurer un bon fonctionnement des installations et de rentabiliser les investissements importants nécessaires à la construction d'un incinérateur. Il s'agit d'ailleurs d'un argument avancé par Greenpeace Québec qui soutient que pour ces raisons, l'incinération bloque la réalisation des 3R (Bramley, 1996). Cette position est en partie reprise par la *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008*.

Il s'agit principalement d'un problème de perception lié au syndrome « pas dans ma cour ». Les incinérateurs sont construits dans les villes et sont visibles par beaucoup de gens, à l'opposé les sites d'enfouissement se retrouvent plus loin, où il y a moins d'opposants aux différents projets. Il y a également des problèmes d'odeurs qui proviennent des camions et de la fosse à déchets. Ces problèmes peuvent être réglés par une localisation judicieuse qui évite aux camions d'avoir à circuler près des zones résidentielles et des systèmes de pression négative qui empêchent les odeurs de sortir de l'incinérateur.

### 3.2.3 Mesures de réduction des impacts

L'importance des impacts générés par les émissions des incinérateurs et l'avènement des législations anti-pollution a entraîné le développement de techniques d'épuration des fumées. Ces techniques sont souvent semblables à celles qu'on retrouve dans d'autres types d'industries qui doivent traiter leurs fumées. Parmi celles-ci, on retrouve les procédés de dépoussiérage, les procédés classiques de neutralisation et des procédés complémentaires de traitement destinés à traiter certains polluants spécifiques. Le tableau 3.2 présente les différents procédés et leur efficacité pour les différents polluants retrouvés dans les fumées.

Tableau 3.2 Techniques d'épuration et leur efficacité relative pour le traitement des différents polluants

Technologie		Polluant		Métaux lourds			Gaz acides		NO <sub>x</sub>	Dioxines/ furanes	COV	CO
		Pous- sières	Parti- culaires	Gazeux (Hg, etc.)	HCl, HF, HBr, HI	SO <sub>x</sub>						
Dépoussiérage	Cyclone	+										
	Laveur venturi	++	++	+	++				+	+		
	Filtre à manches	+++	+++							+		
	Électrofiltre	+++	+++									
Procédés classiques de neutralisation	Par voie sèche	Réactif calcique	+++	+++	+	++	+			+		
		Réactif sodique	+++	+++	+	+++	++			+		
	Par voie semi-humide	+++	+++	+	++	+				+		
	Par voie humide 2 étages	+++	+++	++	+++	+++				+	+	
	Par voie combinée	+++	+++	++	+++	+++				+	+	
	Par condensation	+++	+++	+++	+++						+	
Procédés complémentaires	Réduction sélective non catalytique							++				
	Réduction sélective catalytique							+++	+++			
	Reburning							++			+	
	Adsorption sur charbon actif ou coke de lignite			+++	+	+			+++	++		
	Destruction par combustion thermique et combustion catalytique									+++	+++	

+ Technique utilisable pour un traitement partiel

++ Technique efficace

+++ technique obtenant de très bonnes performances

Bicocchi, 1999

Les différentes méthodes de traitement entraînent la formation de déchets dangereux qui doivent être enfouis dans des sites à sécurité maximum. Aussi, les procédés de neutralisation génèrent eux-mêmes des déchets par l'ajout du réactif utilisé. Par contre, certains génèrent des matériaux revalorisables. C'est le cas du procédé par réactif sodique qui produit des sels qui peuvent être valorisé, après traitement, dans l'industrie chimique de fabrication de carbonate de soude ou de soude caustique (Bicocchi, 1999).

À l'incinérateur de Québec, le procédé de neutralisation est à voie sèche avec réactif calcique. À la sortie de l'électrofiltre, les gaz sont envoyés dans une tour de refroidissement puis dans un réacteur où de la chaux et des charbons activés sont ajoutés afin de neutraliser l'acidité et de fixer les contaminants. L'effluent passe ensuite dans un filtre à manches qui achève l'épuration des gaz qui sont finalement rejetés à l'atmosphère. Cette série d'appareils de décontamination permet à l'incinérateur d'avoir des rejets atmosphériques qui répondent aux normes de rejets les plus sévères en vigueur et à venir, notamment en ce qui a trait aux dioxines et furanes et au mercure. Ces données sont présentées au tableau 3.3.

Tableau 3.3 Émissions de l'incinérateur de Québec comparées à différentes normes

Polluants	Résultats Incinérateur de Québec, résultats moyen mai et juillet 2003	Normes			Unité
		CCME juin 89	Normes européennes applicables décembre 2005*		
			moyenne par jour	moyenne par ½ heure	
Poussières totales	11,7	20	10	30	mg/m <sup>3</sup>
HCl	16,2	75	10	60	mg/m <sup>3</sup>
HF	-	-	1	4	mg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	19,3	260	50	200	mg/m <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub> (ég. NO <sub>2</sub> )	294	400	200	400	mg/m <sup>3</sup>
CO	223	57	50	100	mg/m <sup>3</sup>
<b>Métaux lourds</b>					
Hg	0,0085	0,2	0,05	0,05	mg/m <sup>3</sup>
Cd + Ti	<0,00025	0,1	0,05	0,05	mg/m <sup>3</sup>
Autres	<0,066	0,04	0,5	0,5	mg/m <sup>3</sup>
<b>Composés organiques semi-volatils</b>					
HAP	6	5			µg/m <sup>3</sup>
BPC	< 0,030	1			µg/m <sup>3</sup>
Dioxines et furanes	0,039	0,5	0,1	0,1	ng/m <sup>3</sup>

Communauté métropolitaine de Québec, 2004

Le gâteau de poussière récupéré sur les filtres à manches ne peut être enfoui comme les mâchefers car il est contaminé, entre autres, par du mercure fixé au charbon activé. Il doit être traité par un centre de traitement de déchets dangereux. Il s'agit du déchet ultime d'un incinérateur. Un procédé biologique pour décontaminer le gâteau de poussière est présentement en essai à l'incinérateur de Québec (Isabel, 2004)

L'autre partie des résidus d'incinération, les mâchefers doivent également être traités. À la sortie des fours, les mâchefers sont d'abord refroidis, par un passage dans un bassin d'eau. Le traitement le plus simple consiste ensuite à les enfouir dans un LES ou un LET. Il existe cependant des méthodes plus intéressantes de traitement des mâchefers.

Après le refroidissement, un premier déferraillage, par tri magnétique, peut être fait. Ils passent ensuite par une étape de maturation, qui consiste à laisser les mâchefers à l'air libre pendant une période de trois mois à un an. Cette opération vise à stabiliser les caractéristiques chimiques par l'oxydation naturelle du mâchefer, la carbonatation de la chaux et la baisse du pH, ce qui réduit le potentiel polluant des mâchefers. Ils subissent ensuite une série d'opérations qui ont pour but de donner une certaine homogénéité aux mâchefers et de retirer, soit les éléments indésirables, soit les éléments valorisables. Ces opérations sont : le tri aéraulique pour éliminer les imbrûlés légers (plastiques, papiers), le tri magnétique pour retirer les métaux ferreux et le tri par induction pour éliminer l'aluminium. À la fin du procédé, le matériau obtenu contient 62 % de silice et alumine, 18 % de calcaire et chaux, 15 % d'eau, 2 % de sels, 2 % d'imbrûlés et 1 % de métaux lourds (Miquel et Poignant, 1999).

### **3.3 Bénéfices et inconvénients**

L'incinération des matières résiduelles, comme tous les modes d'élimination, présente des bénéfices et des inconvénients.

#### **3.3.1 Bénéfices**

Les bénéfices de l'incinération au plan environnemental sont nombreux : réduction de l'espace nécessaire pour disposer des déchets, réduction des GES, réduction des nuisances comme la vermine et les odeurs, contrôle des émissions atmosphériques et possibilités de récupération supplémentaire. L'incinération offre aussi de grandes possibilités de valorisation.



L'incinération permet de réduire le volume et le poids des matières résiduelles. La portion restante, qui représente 10 % du volume, est enfouie. Elle permet donc de réduire la taille et le nombre de sites d'enfouissement nécessaires pour disposer des déchets ultimes. Elle permet également d'allonger, de huit à neuf fois, la durée de vie utile des sites d'enfouissement (RÉSEAU environnement, 2004)

L'incinération permet de réduire la production de GES en empêchant la formation de méthane par la dégradation anaérobie de la matière organique. Dans un incinérateur la matière organique est transformée en gaz carbonique et en eau, qui ne participent pas à la problématique des GES puisqu'ils proviennent de la biomasse. Il faut cependant rappeler qu'une partie des déchets contient du plastique qui dégage des GES lorsqu'il est brûlé. Ces GES ne proviennent pas de la biomasse et doivent être comptabilisés.

L'incinération des matières résiduelles permet de réduire les nuisances liées à l'enfouissement de ces matières. Les résidus d'incinération ne produisent pas de biogaz, donc peu d'odeur pour le voisinage. Aussi, l'absence de matière putrescible enlève l'attrait des sites d'enfouissement pour la vermine.

Un incinérateur est capable de mesurer, épurer et contrôler ses émissions atmosphériques. L'incinération est un procédé industriel dans lequel les conditions d'opération sont contrôlées. Les paramètres de la combustion sont mesurés. Toutes les émissions passent par les systèmes d'épuration avant de passer dans la cheminée. Ainsi, il est possible de mesurer en continu tous les paramètres, ce qui permet de connaître et contrôler les émissions atmosphériques.

L'incinération permet de récupérer et recycler les métaux qui ont échappé à la collecte sélective. Les métaux ferreux sont récupérés par le tri magnétique des mâchefers et le tri par induction récupère l'aluminium. Ces métaux sont ensuite recyclés dans leur filière respective. La récupération des métaux dans les mâchefers de l'incinérateur de Québec permettrait d'en recycler 8 820 tonnes par années (RÉSEAU environnement, 2004). En France, l'incinérateur de Strasbourg (299 733 tonnes incinérées par année) récupère 5 727 tonnes de métaux. (Protires, 2004)

L'incinération offre de grandes possibilités de valorisation énergétique et des possibilités de valorisation matière.

### **Valorisation énergétique**

La valorisation énergétique peut se faire par la production d'énergie thermique (vapeur), d'électricité ou encore des deux par co-génération. La valorisation énergétique des matières résiduelles par l'incinération existe depuis longtemps. Déjà au début du XX<sup>e</sup> siècle, il existait des incinérateurs capables de produire de l'électricité ou de générer une force motrice (Olivier, 2002).

La valorisation thermique permet à l'incinérateur de produire de la vapeur qui peut être revendue à des industries pour le chauffage ou des procédés industriels. À Québec, l'incinérateur vend de la vapeur à la papetière voisine qui l'utilise pour le séchage du papier. Le rendement est bon : de 85 à 90 % (Miquel et Poignant, 1999). Cependant, les pertes sont rapides (pertes en réseau, dans les échangeurs, etc.). Il faut donc que l'incinérateur soit situé à proximité des utilisateurs de la vapeur.

La production d'électricité offre un moins bon rendement, ne dépassant pas 25 à 30 % (Miquel et Poignant, 1999). Par contre, le transport de l'électricité est plus facile et les pertes y sont moins importantes.

La co-génération est la méthode qui permet de maximiser les rendements. Avec, cette méthode, la vapeur produite passe dans un groupe turboalternateur (groupe générateur d'électricité composé d'une turbine à vapeur associée à un alternateur) qui en transforme une partie pour la revente et une partie en électricité. L'incinérateur de Strasbourg, en France, est équipé de ce type d'équipement. Son fonctionnement est le suivant : la vapeur provient des chaudières à 27 bars et à 330°C et fait tourner une turbine à haute pression qui permet de faire baisser la pression à 14 bars. L'énergie thermique de la vapeur transformée en énergie mécanique dans la turbine est transmise à un alternateur qui produit de l'électricité (Protires, 2004). Cet incinérateur a produit en 2002, à partir de 299 733 tonnes de matières résiduelles, 967 757 tonnes de vapeur dont 30 % vendue à des industries, 20 % utilisée pour les besoins de l'usine et le reste transformé en 105 905 MW d'électricité dont 70 % vendus sur le réseau national pour fournir de l'énergie en continu à 20 000 foyers (Protires, 2004).

La valorisation énergétique permet de réduire la consommation de combustibles fossiles, l'énergie produite par l'incinérateur remplaçant celle habituellement produite par la combustion d'hydrocarbures. Elle permet également de réduire les coûts d'opération de l'incinérateur par les revenus provenant de la vente de cette énergie.

### **Valorisation matière**

La valorisation des mâchefers est possible lorsque ceux-ci sont traités adéquatement. Cette valorisation se fait après que les métaux aient été recyclés. Les mâchefers, pour être valorisés doivent subir la série de traitements (maturation, tri, etc.) décrite un peu plus tôt. La quantité de matière en jeu est importante car, une fois les imbrûlés et les métaux enlevés, les mâchefers représentent encore près de 250 kg par tonne incinérée (Miquel et Poignant, 1999).

Les caractéristiques physiques du mâchefer, composé de grains scoriacés presque anguleux, lui donnent une friction élevée et donc, une bonne portance (Miquel et Poignant, 1999). Ces caractéristiques sont utiles pour la construction de routes, remblais, stationnement, etc. Cette utilisation doit cependant être contrôlée et ne peut se faire dans certains cas, comme dans les zones inondables, à proximité des cours d'eau à cause des possibilités de lixiviation de certains résidus. Aussi, il est important de caractériser les mâchefers et de leur faire subir des tests de lixiviation avant de les utiliser. Cette valorisation des mâchefers se fait abondamment en Europe, notamment en France et aux Pays-Bas.

L'application des méthodes de valorisation des mâchefers et de recyclage des métaux permet de réduire au maximum l'élimination des matières résiduelles. Ainsi, à Strasbourg, 97 % des déchets entrant à l'incinérateur sont valorisés ou recyclés.

Les 3 % restant sont les résidus d'épuration des fumées incinération, qui sont des déchets toxiques. Actuellement, ces résidus doivent être enfouis dans des sites à sécurité maximale. Il existe cependant une alternative à l'enfouissement de ces résidus : la vitrification. Il s'agit de la fusion des résidus à très haute température (1 300 à 1 700°C), ce qui détruit les polluants comme les dioxines et furannes et fixe les métaux dans une matrice semblable au verre, ou à une obsidienne, dont la structure minérale est proche de celle du basalte. Le matériau obtenu est inerte et peut être utilisé comme remblai, comme matériaux de

recouvrement et même pour la fabrication de bijoux (Prime Verre 2004). Avec cette option, on en arrive au concept de zéro déchets.

### **3.3.2 Inconvénients**

Malgré les nombreux bénéfices de l'incinération, il existe quand même des inconvénients à cette pratique. Le principal est l'importance des coûts d'immobilisation nécessaires à l'implantation d'un incinérateur. Ces coûts importants désavantagent l'incinération, surtout si on les compare au faible coût de l'enfouissement sanitaire.

La production de résidus d'épuration des fumées, des déchets dangereux, qui doivent être enfouis dans des sites à sécurité maximale reste aussi un problème important de l'incinération. Bien que des méthodes alternatives se développent pour traiter ces résidus, celles-ci supposent une grande consommation d'énergie pour chauffer les résidus à 1 500°C

Enfin, il reste toujours de la pollution atmosphérique résiduelle même lorsqu'il y a épuration des fumées. Comme le démontrent les résultats au tableau 3.3, même si les normes sont respectées, il reste des contaminants émis à l'atmosphère.

L'incinération des matières résiduelles est une méthode d'élimination qui a de nombreux avantages sur le plan environnemental. Il s'agit aussi d'une méthode qui permet un maximum de valorisation et qui permet de s'approcher du concept de zéro déchets.

## **4 COMPARAISON DES MODES D'ÉLIMINATION**

Actuellement, le Québec enfouit plus de 5 millions de tonnes de matières résiduelles par années. La *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008* fixe pour objectif la mise en valeur de 65 % des matières résiduelles pouvant l'être. L'atteinte de cet objectif ainsi que l'évolution de la génération des matières résiduelles font en sorte que les quantités éliminées ne diminueront presque pas.

Pour atteindre les objectifs du développement durable et de la gestion intégrée des matières résiduelles par l'application des 5RV-É, il est important de prendre en compte les différents modes d'élimination actuellement disponible. Pour recommander le bon choix aux gestionnaires et décideurs, il faut bien comparer les bénéfices et inconvénients de chaque mode. Cette comparaison doit se faire sur la base des 5RV-É et des objectifs du développement durable.

Avant de comparer les deux modes d'élimination, il est important de rappeler que ceux-ci sont deux facettes de la même réalité : l'élimination des matières résiduelles est une technologie en fin de cycle qui a pour objectif le rejet définitif à l'environnement des matières résiduelles sous forme de CO<sub>2</sub>, de vapeur d'eau et de matière minérale inerte. Le CO<sub>2</sub> et la vapeur d'eau sont rejetés à l'atmosphère alors que le reste se retrouve enfouis.

### **4.1 Comparaison des impacts**

Sur le plan des impacts environnementaux, il y a plusieurs avantages à l'incinération par rapport à l'enfouissement. L'incinération occasionne moins de rejets à l'air et à l'eau, occupe moins d'espace, génère peu d'odeurs et permet une diminution de la production de GES. Dans les faits, l'incinération est une méthode qui permet de purifier, traiter ou éviter les effluents gazeux et liquides de l'enfouissement. Le tableau 4.1 présente la comparaison des deux modes d'élimination.

Les résultats pour les deux modes d'élimination peuvent être améliorés par une plus grande récupération, notamment des matières plastiques, les matières qui contiennent du soufre (pneus, matériaux de construction), les matières putrescibles et les RDD. Dans les deux modes, ces matières sont la source de plusieurs contaminants qui affectent les performances environnementales des systèmes d'élimination.

Tableau 4.1 Comparaison des impacts de l'incinération et de l'enfouissement

impact	Enfouissement	Incinération	Résultat
air	<p>Rejet direct à l'atmosphère d'un minimum de 30 % du biogaz :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Production de GES</li> <li>- Rejet incontrôlé et inconnu de substances toxiques (COV)</li> <li>- Rejet incontrôlé et inconnu de H<sub>2</sub>S</li> <li>- Rejet de gaz acides suite à la combustion du biogaz à cause de la présence H<sub>2</sub>S</li> <li>- Production d'odeurs nauséabondes</li> <li>- Production de GES par la distance à parcourir entre le lieu de génération des matières résiduelles et le lieu d'enfouissement</li> <li>- Risque (explosion, incendie, asphyxie) liés à la migration du biogaz pour le voisinage du site d'enfouissement</li> </ul>	<p>Rejet des gaz épurés à l'atmosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible rejet de substances toxiques connus et contrôlés</li> <li>- GES produit seulement par les matières de sources fossiles (plastiques)</li> <li>- Rejets de gaz acides</li> </ul>	<p><b>Avantage incinération :</b></p> <p>contrôle des rejets et diminution de GES lorsqu'il y a valorisation énergétique. Amélioration possibles avec une plus grande récupération du plastique.</p>
eau	<p>Quantité importante de lixiviat dans les sites d'enfouissement</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contamination des eaux souterraines par infiltration (LES seulement)</li> <li>- Contamination des eaux de surface par percolation et écoulement</li> <li>- Contamination des eaux de surface par les eaux traitées : le traitement n'enlève que la partie organique et pas les métaux lourds et autre contaminants</li> </ul>	<p>Pas de contamination des eaux par l'incinération. Lixiviation possible des mâchefers et cendres enfouies lorsque le site d'enfouissement n'est pas étanche</p>	<p><b>Avantage incinération :</b> très peu de contamination des eaux et plus petites quantités d'eau à traiter lorsqu'il y a lixiviation des mâchefers et cendres enfouies</p>
Espace occupé	<p>Grands espaces occupés pour de longues périodes, nouveaux espaces nécessaires pour remplacer les sites qui se remplissent rapidement</p>	<p>Permet d'allonger la durée de vie utile des sites d'enfouissement de 8 à 30 fois</p> <p>Possibilités d'éliminer complètement les besoins d'enfouissement avec les nouvelles technologies de traitement des mâchefers, des cendres et des résidus d'épuration des fumées</p> <p>Valorisation des mâchefers permet d'éviter l'utilisation de remblai naturel</p>	<p><b>Avantage incinération :</b></p> <p>consommation d'espace réduite de manière significative</p>

Les avantages environnementaux de l'incinération sont encore plus importants lorsque les installations sont construites en fonction de la valorisation énergétique. C'est le cas pour la réduction des GES qui devient plus intéressante puisque l'énergie produite par l'incinérateur permet d'éviter la production d'énergie à partir de combustible fossile.

#### **4.2 Comparaison des coûts**

À ce titre, l'enfouissement présente un avantage sur l'incinération puisque le coût d'enfouissement est plus bas. Par contre, il est important de rappeler que pour les nouveaux sites qui répondent aux normes actuelles, cette situation est vraie uniquement pour les sites à grande capacité. Les petits LET ont des coûts importants car ils ne peuvent pas amortir les coûts d'immobilisation par de grandes quantités à enfouir.

Dans l'optique des 5RV-É, cette situation n'est pas nécessairement un avantage. En effet, le bas coût de l'enfouissement nuit à la rentabilité des 5RV. Ainsi, les récupérateurs et recycleurs sont incapables de concurrencer l'enfouissement sur la base des coûts. Cette situation pourrait entraîner l'imposition d'une taxe à l'enfouissement par le Ministre de l'environnement pour encourager la récupération. Pour atteindre la gestion intégrée des matières résiduelles, des coûts élevés d'élimination sont nécessaires car ils constituent une incitation économique à la réalisation des 5RV. L'incinération, avec ces coûts élevés, constitue cet incitatif économique. Les importants coûts d'immobilisations d'un incinérateur constituent également un frein à l'augmentation de l'élimination des matières résiduelles, en autant qu'un territoire desservi par un incinérateur ne puisse pas faire de l'enfouissement de matières résiduelles tel que pratiqué aujourd'hui.

#### **4.3 Comparaison des possibilités de valorisation**

L'incinération permet d'optimiser la mise en valeur des matières résiduelles avec la valorisation énergétique. Comparé à l'enfouissement technique avec récupération du biogaz à des fins énergétiques (bioréacteur), l'incinération obtient de bien meilleurs résultats, de l'ordre de 2,75 fois plus d'énergie par tonne de déchets (RÉSEAU Environnement 2004). Lorsque la valorisation énergétique est complétée, l'enfouissement des mâchefers et des cendres constitue l'élimination des déchets ultimes. De plus, une partie de ces mâchefers peut être récupérée et valorisée, comme cela se fait en Europe, ce qui permet la valorisation de 97 % des matières résiduelles autrement destinées à l'élimination. (Protires, 2004)

En appliquant ces données au Québec et en supposant un taux de récupération de 50 % dans les différentes collectes sélectives, le taux de mise en valeur, selon la définition de la *Politique*, serait de 98,5 %. Les quantités enfouies, qui seraient les déchets ultimes éliminés, passeraient de plus de 5 millions de tonnes annuellement, à 165 000 tonnes pour l'ensemble du Québec. Ces résultats, actuellement inimaginables même pour les plus optimistes, seraient accompagnés d'une diminution de la production de GES par le Québec et d'une augmentation de la production d'énergie, ce qui peut favoriser le développement socio-économique.

Les incinérateurs doivent être construits dans des parcs industriels situés dans les villes. En plus des nombreux avantages déjà présentés, il y aurait une diminution de la pollution causée par la circulation des camions transportant les matières résiduelles, puisque ceux-ci auraient de moins grandes distances à parcourir. Cette réduction de la circulation présente beaucoup d'avantages qui sont rarement considérés par les gestionnaires :

- réduction des GES
- réduction des pluies acides
- réduction du smog
- réduction du bruit
- réduction de l'usure des routes
- réduction des problèmes de circulation

Chaque kilomètre parcouru par un camion de poubelles entraîne des impacts et chaque kilomètre évité est un gain pour l'environnement et pour la qualité de vie des citoyens

Afin de réaliser pleinement les 5RV-É et atteindre une mise en valeur bien au delà des 65 % proposés par la *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008*, le Québec devrait sérieusement envisager la construction d'incinérateurs dans les grandes villes, pour remplacer les sites d'enfouissement qui desservent la grande majorité de la population du Québec.

L'enfouissement des matières résiduelles, tel que pratiqué au Québec, est une méthode dépassée pour le traitement des déchets. Cet enfouissement est d'ailleurs interdit en France depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2002. Dans ce pays, seuls les véritables déchets ultimes peuvent être enfouis, c'est-à-dire ceux résultant ou non du traitement d'un déchet, qui ne sont plus susceptibles d'être traités dans les conditions techniques et économiques du moment,



notamment par extraction de la part valorisable, ou par réduction de leur caractère polluant ou dangereux (Miquel et Poignant, 1999). Afin d'arriver à une gestion véritablement intégrée des matières résiduelles, le Québec devrait se doter d'une législation similaire, ce qui serait beaucoup plus efficace que la *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008*.

## CONCLUSION

Il existe actuellement deux modes d'élimination des matières résiduelles : l'enfouissement et l'incinération. Le choix entre les deux doit se faire en fonction des critères du développement durable et de l'approche des 5RV-É. Une comparaison complète des deux modes d'élimination permet de bien peser le pour et le contre de chacun afin de faire des choix éclairés.

L'enfouissement présente de nombreux impacts environnementaux. Ces impacts sont difficiles à contrôler et les meilleurs systèmes ne parviennent pas à les contrôler à 100 %. Il est même difficile de réellement connaître l'ampleur exacte de plusieurs des impacts, notamment au plan de la contamination atmosphérique. Même les LET, qui sont étanches, ont des pertes à l'atmosphère par les parties des cellules en opération qui n'ont pas encore de recouvrement final. Les nouvelles méthodes d'enfouissement permettent la valorisation énergétique d'une partie du méthane contenu dans le biogaz produit par les sites d'enfouissement. Le rendement énergétique de ces méthodes est cependant loin du potentiel des matières résiduelles enfouies. L'enfouissement génère aussi des impacts par l'accroissement de la circulation lié à la distance à parcourir entre l'origine des matières résiduelles et le lieu d'enfouissement. La tendance des dernières années est à l'accroissement de cette distance, personne n'étant intéressé à voir l'établissement de lieu d'enfouissement dans leur voisinage.

L'incinération présente des impacts environnementaux, principalement de la contamination de l'air. Il existe, aujourd'hui, de nombreuses méthodes de dépollution des fumées dont l'efficacité est démontrée. L'imposition de normes environnementales de plus en plus sévères fait en sorte que les méthodes d'épuration des fumées s'améliorent sans cesse. Les systèmes de contrôle et de mesure des émissions atmosphériques dans les cheminées sont aussi de plus en plus performants. L'incinération permet la valorisation énergétique des matières résiduelles. Ces systèmes offrent de bons rendements par rapport au potentiel des matières résiduelles. Il est également possible de valoriser les mâchefers et ainsi limiter l'élimination à une faible portion des matières résiduelles, celles-ci étant plutôt valorisées au maximum avant d'enfouir les déchets ultimes, c'est-à-dire les matières résiduelles qui ne peuvent être réemployées, recyclées, réutilisées ou valorisées.

La comparaison des deux modes d'enfouissement permet de constater que l'enfouissement constitue un gaspillage de ressources naturelles qui, de plus, génère des impacts environnementaux. L'incinération permet de réduire considérablement ces impacts environnementaux et de valoriser au maximum les matières résiduelles qui n'ont pu être récupérées. L'incinération des matières résiduelles permet donc d'éviter le gaspillage de matières résiduelles que constitue l'enfouissement. Cette méthode est celle retenue par plusieurs pays où l'enfouissement est considéré comme une méthode dépassée de gestion des matières résiduelles à éliminer.

## RÉFÉRENCES

- BEAUDOIN, C. (2004). L'élimination des déchets et la santé publique : la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles offre-t-elle une protection optimale ? Vecteur Environnement, vol. 37, no 2, p. 107-112.
- BICOCCHI, S. (1998). Les polluants et les techniques d'épuration des fumées : Cas des unités de destruction thermique des déchets : État de l'art, Paris, Lavoisier TEC & DOC, 188 p.
- BRAMLEY, M. J. (1996). L'incinération des déchets : une fausse piste qui menace la santé publique, Mémoire présenté à la commission d'enquête du BAPE sur la gestion des déchets, Montréal, Greenpeace Québec, 14 p.
- COMMUNAUTÉ MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL (2004). Rapport de consultation publique sur le Plan métropolitain de gestion des matières résiduelles de la Communauté métropolitaine de Montréal, Montréal, Communauté métropolitaine de Montréal, 121 p.  
[http://www.cmm.qc.ca/pmgmr/documents/documents/rapport\\_final.pdf](http://www.cmm.qc.ca/pmgmr/documents/documents/rapport_final.pdf), consulté le 18 mars 2004
- COMMUNAUTÉ MÉTROPOLITAINE DE QUÉBEC (2004). Question et réponses concernant le projet de plan de gestion des matières résiduelles,  
[http://www.cmquebec.qc.ca/documents/memoire/questions\\_rponses\\_\\_organines\\_\\_site\\_internet\\_copy1.pdf](http://www.cmquebec.qc.ca/documents/memoire/questions_rponses__organines__site_internet_copy1.pdf), consulté le 20 juin 2004
- DROUIN, G. et VERRAULT, C. (1999). Le biogaz : une ressource, dans AMÉRICANA, (1999). Recueil de conférence, session : Conception des lieux d'enfouissement sanitaire à l'aube de l'an 2000, 1 volume, pages multiples.
- INTERSAN, CANADIAN WASTE SERVICES INC. (2001). Intersan, filiale de Waste Management, obtient un certificat d'autorisation pour un projet de bioréacteur au Canada, InfraStructures Branché, avril 2001,  
<http://www.infrastructures.com/0401/bref.htm>, consulté le 10 décembre 2003.
- INTERSAN (2002). Agrandissement du lieux d'enfouissement sanitaire de Sainte-Sophie, Québec, 22 p.
- ISABEL, D. (2004). Communication personnelle, président, Experts Environconseil inc.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC (2002a). Développement durable : définition, conditions et objectifs,  
[http://www.menv.qc.ca/programmes/dev\\_dur/definition.htm](http://www.menv.qc.ca/programmes/dev_dur/definition.htm), consulté le 24 février 2004
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC (2002b). L'élimination des matières résiduelles au Québec, fiche d'information,  
[http://www.menv.gouv.qc.ca/matieres/mat\\_res/fiches/fiche-elimination.htm](http://www.menv.gouv.qc.ca/matieres/mat_res/fiches/fiche-elimination.htm), consulté le 19 février 2004

- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC (2001). Accélération du captage et du traitement des biogaz : une nouvelle initiative du gouvernement du Québec pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, communiqué de presse, Montréal, <http://www.menv.gouv.qc.ca/communiques/2001/c011105c.htm>, consulté le 11 juin 2004
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC (1998). Plan d'action québécois sur la gestion des matières résiduelles 1998-2008 / bilans régionaux, [http://www.menv.gouv.qc.ca/matieres/mat\\_res/regions/index.htm](http://www.menv.gouv.qc.ca/matieres/mat_res/regions/index.htm), consulté le 19 février 2004
- MIQUEL, R. et POIGNANT, S. (1999). Les nouvelles techniques de recyclage et de valorisation des déchets ménagers et des déchets industriels banals, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, rapport 415 (98-99), annexe au procès verbal du 10 juin 1999, <http://www.senat.fr/rap/o98-415/o98-415.html>, consulté le 10 décembre 2003
- OLIVIER, M. (2002). Gestion des matières résiduelles au Québec, Longueuil, Les productions Jacques Bernier, 301 p.
- PANTALONI, J. et TADRIST, L. (1996). État de l'art sur les techniques d'incinération des déchets, tiré de : thermolyse, <http://perso.wanadoo.fr/france.concept/thermo2.html>, consulté le 13 juin 2004
- PINARD, É. (1999). Les eaux de lixiviation, génération et traitement, dans AMÉRICANA, (1999). Recueil de conférence, session : Conception des lieux d'enfouissement sanitaire à l'aube de l'an 2000, 1 volume, pages multiples.
- Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008, Gazette officielle du Québec, partie 1, 30 septembre 2000.
- PRIME VERRE (2004). La vitrification des déchets, <http://www.primeverre.com/vitrification.htm>, consulté le 15 juin 2004
- Projet de règlement sur l'élimination des matières résiduelles, Gazette officielle du Québec, partie 2, 25 octobre 2000
- PROTIRES (2004). Traitement des déchets et valorisation énergétique, <http://www.protires.fr/index.html>, consulté le 8 mars 2004
- RECYC-QUÉBEC (2004). État d'avancement des PGMR dans les municipalités régionales <http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/upload/Publications/zResume373.pdf>, consulté le 27 mars 2004
- RECYC-QUÉBEC (2003a). Bilan 2002 de la gestion des matières résiduelles au Québec, pour un développement durable, cap sur 2008, <http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/upload/Publications/zzBilan2557.pdf>, 56 p., consulté le 31 janvier 2004.

- RECYC-QUÉBEC (2003b). Caractérisation des matières résiduelles – illustration, <http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/upload/Publications/zzzzPlanch494.pdf>, consulté le 27 mars 2004.
- RECYC-QUÉBEC (2003c). Les résidus de construction, rénovation et démolition, fiche d'information, [http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/Upload/Publications/zFiche\\_456.pdf](http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/Upload/Publications/zFiche_456.pdf), consulté le 13 avril 2004
- RÉSEAU ENVIRONNEMENT(2004). Pour une approche responsable de la gestion des matières résiduelles dans un contexte de développement durable (préliminaire), mémoire présenté à la commission de gestion des matières résiduelles de la communauté métropolitaine de Québec (CMQ) rive-nord, Réseau Environnement chapitre de la capitale nationale, Québec, 18 p.
- RESSOURCES NATURELLES CANADA (2004) Résumé d'étude d'impact centre de la technologie de l'énergie de CANMET (CTEC) Programme de combustion en lit fluidisé (CLF), <http://www2.nrcan.gc.ca/dmo/aeb/francais/ReportDetail.asp?x=145&type=rpt>, consulté le 15 juin 2004
- USEPA (2003). Bioreactors, <http://www.epa.gov/garbage/landfill/bioreactors.htm>. Consulté le 11 décembre 2003.
- VON ROLL INOVA (2004). Procédé d'incinération par four à grille. [http://www.vonrollinova.ch/site/francais/dokumentation/pdf/vri\\_rostfeuerung\\_f.pdf](http://www.vonrollinova.ch/site/francais/dokumentation/pdf/vri_rostfeuerung_f.pdf), consulté le 15 juin 2004.

**ANNEXE 1**  
**OBJECTIFS DE RÉCUPÉRATION À ATTEINDRE D'ICI 2008 PAR PROVENANCE ET PAR**  
**MATIÈRE ET QUANTITÉS RÉCUPÉRÉES EN 1996**

SECTEUR MUNICIPAL	Quantités pouvant être valorisées (x 1000 tonnes)	Résidus à récupérer		Résidus récupérés en 1996 (x 1000 tonnes)
		Objectif (%)	Tonnage (x 1000 tonnes)	
<b>MATIÈRES RECYCLABLES</b>				
Total des fibres	555	60%	333	198
Contenants consignés	42	80%	34	29
Contenants non-consignés	260	60%	156	62
Aluminium non-consignés	12	20%	2	nd
<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>869</b>	<b>60%</b>	<b>525</b>	<b>289</b>
<b>MATIÈRES PUTRESCIBLES</b>				
Résidus putrescibles	589	60%	353	n-d
Herbes et feuilles	221	60%	133	n-d
<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>810</b>	<b>60%</b>	<b>486</b>	<b>84</b>
<b>PRODUITS RÉEMPLOYABLES</b>				
Textiles	54	50%	27	10
Encombrants	273	60%	164	102
<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>327</b>	<b>58%</b>	<b>191</b>	<b>112</b>
Résidus dangereux	27	60%	16	3
<b>TOTAL MUNICIPAL</b>	<b>2 033</b>		<b>1 218</b>	<b>488</b>

SECTEUR INDUSTRIEL COMMERCIAL ET INSTITUTIONNEL	Quantités pouvant être valorisées (x 1000 tonnes)	Résidus à récupérer		Résidus récupérés en 1996 (x 1000 tonnes)
		Objectif (%)	Tonnage (x 1000 tonnes)	
<b>MATIÈRES RECYCLABLES</b>				
Papiers et emballage	882	70%	617	598
Verre	38	95%	36	36
Plastique	162	70%	113	26
Métaux	1 081	95%	1 027	1 001
Textiles	nd	70%	nd	17
<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>2 162</b>	<b>83%</b>	<b>1 793</b>	<b>1 677</b>
<b>MATIÈRES PUTRESCIBLES</b>				
Bois	202	70%	142	n-d
Résidus putrescibles	188	60%	113	n-d
<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>390</b>	<b>65%</b>	<b>254</b>	<b>30</b>
PNEUS	63	85%	54	17
<b>TOTAL ICI</b>	<b>2 615</b>	<b>80%</b>	<b>2 101</b>	<b>1 724</b>

SECTEUR CONSTRUCTION ET DÉMOLITION	Quantités pouvant être valorisées (x 1000 tonnes)	Résidus à récupérer		Résidus récupérés en 1996 (x 1000 tonnes)
		Objectif (%)	Tonnage (x 1000 tonnes)	
<b>RÉSIDUS VALORISABLES</b>				
Papiers et emballages	75	60%	45	n-d
Acier	81	60%	49	n-d
Granulas	1 908	60%	1 145	n-d
Bois	394	60%	236	n-d
<b>TOTAL C &amp; D</b>	<b>2 458</b>	<b>60%</b>	<b>1 475</b>	<b>875</b>

<b>GRAND TOTAL</b>				
Quantité Générée (x 1000 tonnes)	Quantités pouvant être valorisées (x 1000 tonnes)	Objectif (%)	Tonnage (x 1000 tonnes)	Résidus récupérés en 1996 (x 1000 tonnes)
8 312	7 106	67%	4 793	3 088

Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008



