

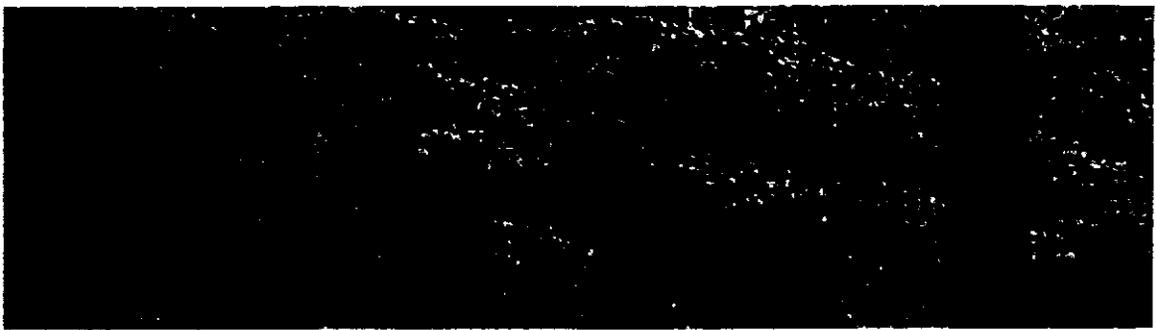
189

DC9

Projet d'agrandissement du lieu d'enfouissement
sanitaire de Sainte-Sophie

Sainte-Sophie

6212-03-105

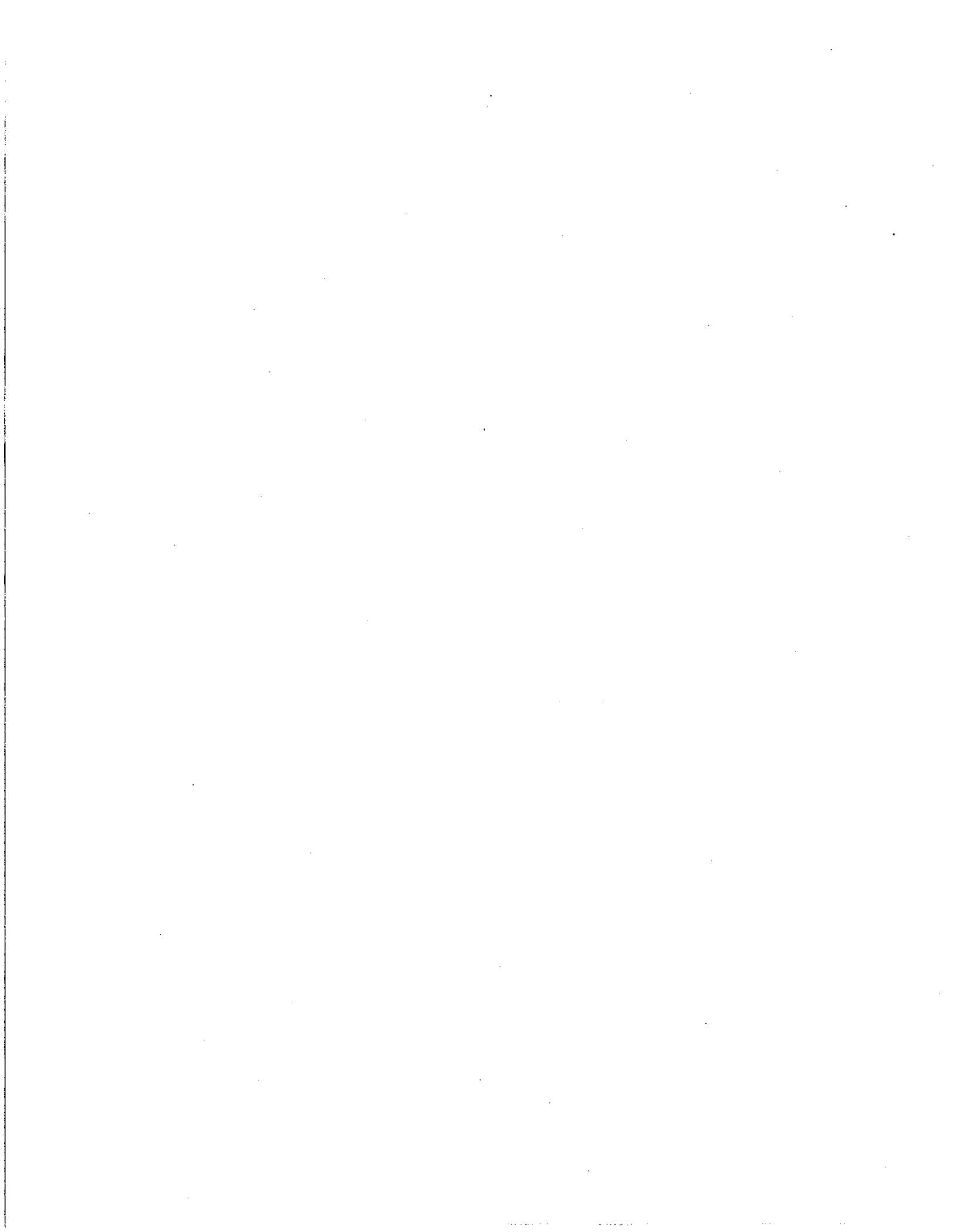


PAS DE RISQUES À PRENDRE...
*La gestion des matières résiduelles
et les risques pour la santé humaine*



Front commun québécois
pour une gestion écologique
des déchets





**Front commun québécois
pour une gestion écologique des déchets
(FCQGED)**

PAS DE RISQUES À PRENDRE...
*La gestion des matières résiduelles
et les risques pour la santé humaine*

**Analyse et rédaction
Priscilla Gareau, M.Sc.**

sous la direction de Karel Ménard

Mars 2001

Ce document a été réalisé grâce au financement de Santé Canada et Environnement Canada, dans le cadre du Programme d'animation communautaire.

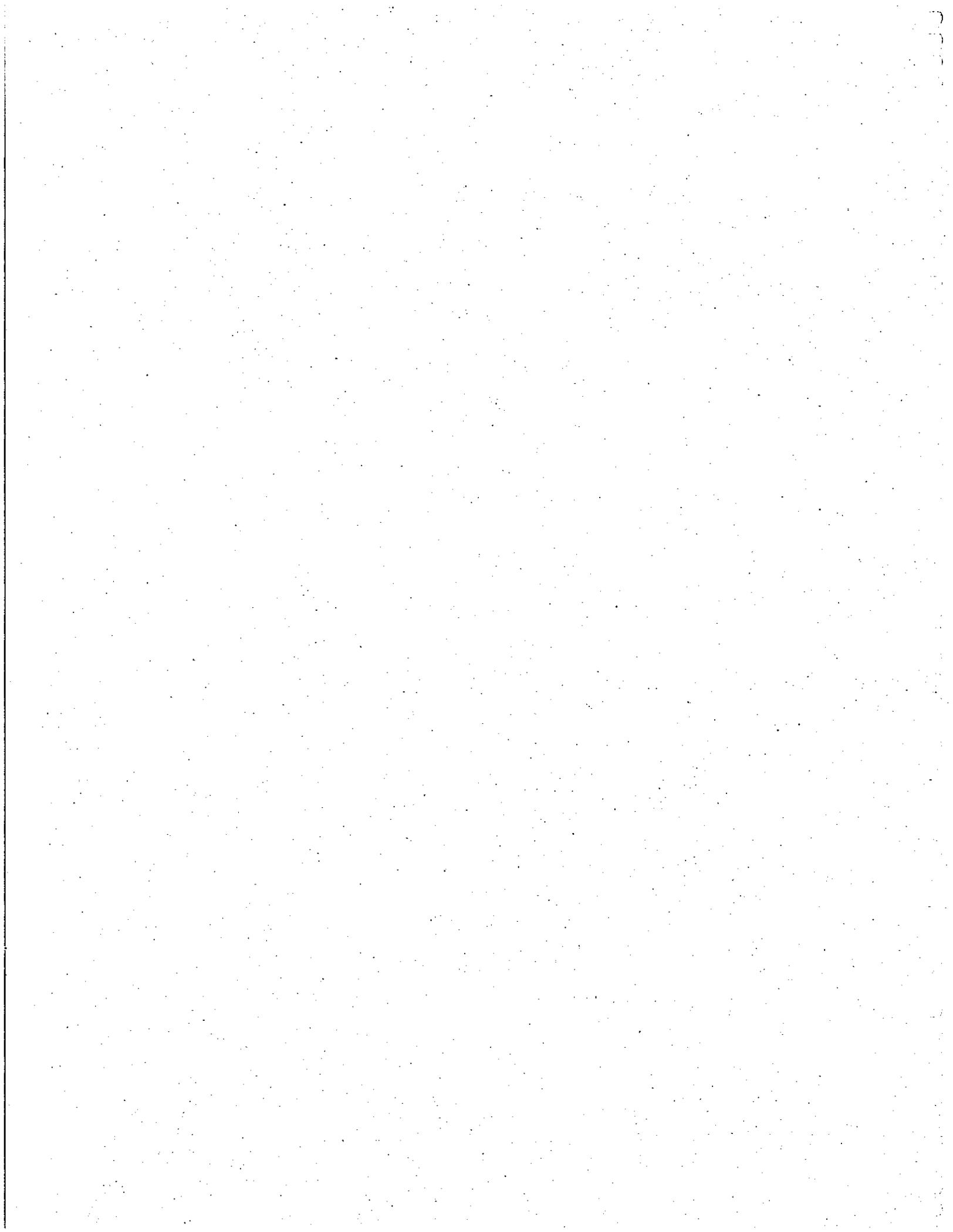
Les opinions exprimées dans le présent document sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les points de vue officiels de Santé Canada et d'Environnement Canada.

Graphisme par : Amélie Binette ameliette@yahoo.com

● Ce document est imprimé sur un papier contenant 100% de fibres recyclées après consommation

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	5
CHAPITRE I	
L'exposition aux contaminants et les principes de base en toxicologie	15
CHAPITRE II	
L'enfouissement des matières résiduelles et les risques pour la santé humaine	23
2.1 Le lixiviât	27
2.1.1 Le processus de formation du lixiviât	27
2.1.2 Le lixiviât et les risques à la santé humaine	28
2.1.2.1 Les substances inorganiques et les risques à la santé humaine	29
2.1.2.2 Les substances organiques et les risques à la santé humaine	31
2.1.2.3 Les microorganismes pathogènes et les risques à la santé humaine	33
2.1.3 Les normes visant à contrôler les eaux de lixiviation	36
2.2 Le biogaz	40
2.2.1 Le biogaz et les risques pour la santé humaine	42
2.2.1.1 Le méthane	43
2.2.2 Les composés organiques volatils (COV)	44
2.2.2.3 Les odeurs	45
2.2.2.4 Les gaz à effet de serre	46
2.3.2 Législation relative au contrôle du biogaz	48
CHAPITRE III	
L'incinération des déchets municipaux et les risques pour la santé humaine	51
3.1 Les substances contribuant à l'effet de serre et les risques pour la santé humaine	53
3.2 Les substances organiques et les risques pour la santé humaine	54
3.3 Les métaux et les risques pour la santé humaine	58
CHAPITRE IV	
La gestion des matières résiduelles et les risques psychosociaux	63
CHAPITRE V	
L'alternative : la gestion intégrée des matières résiduelles	69
5.1 La régionalisation, la responsabilisation et la gestion démocratique	70
5.2 Des moyens simples : la réduction, la réutilisation, le recyclage (3R) et le compostage	76
5.2.1 Première priorité d'action: la réduction	76
5.2.2 Deuxième priorité d'action: le réemploi	78
5.2.3 Troisième priorité d'action: le recyclage	81
5.2.4 Le compostage	84
5.3 L'enfouissement sélectif	85
CONCLUSION	87
RÉFÉRENCES	89
ANNEXE A	96
ANNEXE B	99



INTRODUCTION

**Lorsqu'il a
abandonné le mode
de vie nomade pour
se tourner vers la
sédentarité, l'humain
a commencé à
prendre conscience
que ses activités
laissaient des
résidus.**

Les préoccupations relatives à la gestion des déchets ne datent pas d'hier. Lorsqu'il a abandonné le mode de vie nomade pour se tourner vers la sédentarité, l'humain a commencé à prendre conscience que ses activités laissaient des résidus. Avec l'accroissement des populations et la propagation des épidémies, le problème lié à l'évacuation des déchets s'est fait grandissant. L'humain a donc dû trouver des solutions pour gérer ce nouveau problème. 500 ans avant notre ère, Athènes aurait été la première ville à enfouir les déchets produits par sa population (DeLong, 1993). Bien qu'auparavant, le principal but de la gestion des déchets visait essentiellement à contrôler la propagation des maladies transmises par les microorganismes, aujourd'hui, s'ajoute à celui-ci, la nécessité de réduire les risques pour la santé humaine associés à la libération dans l'environnement d'une panoplie de substances chimiques (métaux et organiques). En effet, le contenu de nos poubelles est autrement plus volumineux, complexe et diversifié que celui de nos grands-parents: produits synthétiques, tels les plastiques, les produits inflammables, tels les solvants, les produits dangereux, tels les piles et les peintures, etc. (FCQGED, 1999). Des problèmes de santé publique d'un autre ordre, que celui du contrôle des épidémies, a donc accompagné le développement des sociétés occidentales depuis la révolution industrielle, qui s'est tournée vers la consommation de masse.

Avant de continuer cette introduction, nous apportons une précision de nature terminologique afin de faciliter la compréhension du lecteur pour la suite du document. Le terme déchet, bien que largement employé par la majorité de la population, sera remplacé par matières résiduelles. En effet, il nous semble davantage approprié que le terme déchet, car la majorité des résidus qui sont jetés peuvent être valorisés (85%) et constituent donc des ressources (FCQGED, 2000, p. 10). De plus, c'est ce terme qui est utilisé dans le langage législatif. Dans celui-ci, une matière résiduelle sera dorénavant définie comme étant « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau ou produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que le détenteur destine à l'abandon » (Québec, 1999, p. 5).

Origine et caractérisation des matières résiduelles

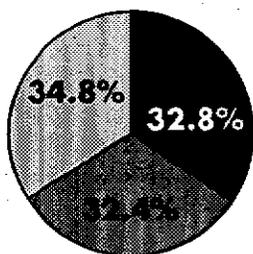
Le Québec, à l'instar des autres sociétés occidentales, a décidé de centrer son développement sur la consommation. Une des conséquences de ce choix : la montée de notre province aux premiers rangs, peu enviables, des champions en matière de production de matières résiduelles par habitant (RECYC-QUÉBEC, 1999). Ainsi, en 1996, le Québec générait 8,3 millions de tonnes de matières résiduelles provenant de trois grands secteurs (Québec, 1998):

- les municipalités (ménages québécois ou domestiques);
- les industries, les commerces et les institutions (ICI);
- l'industrie de la construction, de la rénovation et de la démolition (C et D).

On peut voir d'après la figure 1.1 que la production de matières résiduelles est répartie presque également entre ces trois secteurs, bien que le pourcentage des types de résidus générés diffère (voir tableau 1.1). Les boues municipales, bien que catégorisées « matières résiduelles », sont exclues de ces trois secteurs. En 1998, 168 000 tonnes de boues municipales ont été produites (RECYC-QUÉBEC, 1999).

FIGURE 1.1

Origine des matières résiduelles



● Secteur municipal

● Secteurs C et D

● Secteur ICI

TABLEAU 1.1

Répartition des matières résiduelles selon la source et la composition en 1992 (%)

Source	Municipal (domestique)	Industriel, commercial et institutionnel (ICI)	Industrie de la construction, de la rénovation et de la démolition	Total
matières résiduelles (par catégorie)				
Quantité totale (en tonnes)	2 452 600 (35%)	2 864 000 (40,9%)	1 691 000 (24,1%)	7 007 600* (100%)
Papiers et cartons	33,1	30,5	2,8	24,7
Plastique	6,9	5,6	*	4,7
Verre	8,1	1,3	*	3,4
Métaux	5,9	37,4	3,0	18,1
Matières organiques putrescibles	30,6	6,5	Ne s'applique pas	13,3
Bois	2,1	7	14,6	7,1
Résidus domestiques dangereux (RDD)	1	Ne s'applique pas	Ne s'applique pas	0,3
Asphalte et bétons	**	Ne s'applique pas	70,8	17,1
Gypse	**	Ne s'applique pas	3,2	0,8
Pneus	**	2,8	Ne s'applique pas	1,1
Autres ***	12,2	8,9	5,6	9,3

Inspiré de Québec, 1995.

* : Le total ne comporte pas les boues industrielles et des stations d'épuration municipales

** : Compris dans la catégorie « autres »

*** : Voir la description des matières résiduelles comprises dans cette catégorie effectuée au tableau 1.2

Le ministère de l'Environnement du Québec distingue onze (11) catégories de matières résiduelles dont les principales sont: les papiers et les cartons, le verre, les plastiques, les métaux, le bois, les matières organiques putrescibles et les résidus domestiques dangereux (tableau 1.2). Le tableau 1.2 énumère divers exemples de produits appartenant à chacune de ces catégories. Il faut souligner que plusieurs items jetés dans les ordures ménagères sont suffisamment toxiques pour être classés dans la catégorie Résidus domestiques dangereux (RDD).

TABLEAU 1.2
Catégories de matières résiduelles

Catégories	Produits consommés
Papiers et cartons	Papier journal, papier d'emballage, magazines, boîtes de carton, etc.
Verre	Contenants, débris de vitres, etc.
Plastiques	Contenants, emballages, objets divers, etc.
Métaux	Boîtes de conserve, vieux chaudrons, papier aluminium, carcasses de voiture et électroménagers, ferrailles, etc.
Matières organiques putrescibles	Denrées alimentaires, gazon et feuilles, etc.
Bois	Meubles, résidus de construction/démolition, etc.
Résidus domestiques dangereux	Vernis, cires, colles, décapants, teintures, diluants, solvants, aérosols, désodorisants, huiles et graisses de moteur, engrais, pesticides, préservatifs pour le bois, teintures, batteries, piles électriques, désinfectants, médicaments, carburants, antigels, acides, bases, solvants, réactifs divers, oxydants, etc.
Asphalte et béton	Résidus d'infrastructures routières, de pavage, etc.
Gypse	Résidus de construction/démolition, etc.
Pneus	
Autres	Appareils électroménagers, textiles (vêtements, rideaux, etc.), caoutchouc, cuir, matériaux synthétiques, meubles, etc.

Inspiré de Cartier, 1996, Québec, 1993 et Québec, 1995 (voir section la Références pour les titres complets)

Les moyens de gestion des matières résiduelles utilisés

La quantité colossale de matières résiduelles produites, en raison des risques qu'elles font encourir à la société québécoise, doit être gérée selon une approche intégrée, c'est-à-dire selon une approche qui respecte l'environnement, le développement social et économique. Dans cet esprit, la réduction et la valorisation des matières résiduelles tiennent une place centrale, alors que leur élimination constitue une solution à ne considérer qu'en dernier ressort. Afin d'éviter toute confusion, nous précisons ici ce que nous entendons par la valorisation et l'élimination des matières résiduelles.

On entend par l'élimination des matières résiduelles leur dépôt définitif dans un lieu, généralement par leur enfouissement, ou leur incinération (Québec, 1998). Comme il est possible de le constater, l'utilisation du mot élimination est un abus de langage. Les matières résiduelles ne sont pas éliminées: elles sont isolées, cachées à la vue de la majorité de la population, se transforment via divers processus et finalement remises en circulation dans l'environnement. Nous définissons la valorisation des matières résiduelles comme l'adoption de méthodes de remplacement à leur élimination, telles le réemploi, le recyclage et le compostage, dans le but de réduire les impacts négatifs qu'occasionne cette dernière sur la qualité de vie des sociétés humaines.

La réduction et la valorisation des matières résiduelles tiennent une place centrale, alors que leur élimination constitue une solution à ne considérer qu'en dernier ressort.

Les deux principales méthodes d'élimination des matières résiduelles préoccupantes d'un point de vue de santé publique sont l'enfouissement et l'incinération (tableau 1.3). En 1998, 267 100 (4,7%) et 4 328 400 (75,9%) tonnes de matières résiduelles, en incluant les boues usées, ont été éliminées respectivement via l'incinération et l'enfouissement (RECYC-QUÉBEC, 1999). En ce qui concerne la distribution géographique de ces lieux d'élimination, les lieux d'enfouissement sanitaire (LES) se retrouvent dans toutes les régions, alors qu'il existe trois incinérateurs de matières résiduelles municipales: deux sont situés dans la région de Québec et un aux Îles-de-la-Madeleine (Québec, 1998) (annexe A).

TARIFÉAU 1.3

Bilan des quantités de résidus éliminés au Québec (en tonnes)

Modes d'élimination	1992	1994	1996	1998
Incinération*	431 000	252 000	273 500	267 100
Enfouissement*	3 955 000	4 096 500	4 264 300	4 328 400
Dépôts en tranchées	94 000	84 300	135 600	118 700
Dépotoirs	57 000	22 200	24 000	18 965
Dépôts de matériaux secs	976 000	734 400	793 600	972 300
TOTAL	5 513 000	5 189 400	5 491 000	5 705 465

Inspiré de RECYC-QUÉBEC, 1999 (voir section références)

* Quantité incluant les boues municipales

Le tableau 1.4 permet de constater que la récupération des matières résiduelles s'est élevée à 3 372 900 tonnes. Ainsi, malgré la volonté d'adopter une gestion intégrée des matières résiduelles, la valorisation des matières résiduelles ne représente encore qu'un moyen de gestion marginal (37%) comparativement à la solution traditionnelle qui a été privilégiée jusqu'à maintenant, soit l'élimination (63%) (RECYC-QUÉBEC, 1999). Elle demeure une méthode marginale, car les efforts de récupération entre les trois secteurs générant des matières résiduelles sont déséquilibrés. En effet, l'augmentation du taux de récupération au fil des années est majoritairement attribuable au secteur de l'industrie de la construction, de la rénovation et de la démolition.

L'augmentation du taux de récupération au fil des années est majoritairement attribuable au secteur de l'industrie de la construction, de la rénovation et de la démolition.

TABLEAU 1.4

Bilan de la gestion des matières résiduelles 1988-1998

MODÈS DE GESTION	1988	1992	1994	1996	1998
RÉCUPÉRATION (en tonnes)	1 258 100	1 597 600	1 994 000	3 006 000	3 372 900
ÉLIMINATION (en tonnes)	5 744 000	5 513 000	5 189 400	5 491 000	5 705 500
GÉNÉRATION	7 002 100	7 110 600	7 183 400	8 497 000	9 078 400

Inspiré de RECYC-QUÉBEC, 1999 (voir la source entière dans la section références)

Réglementation

La gestion des matières résiduelles relève principalement de la compétence du Québec, plus précisément de celle du ministère de l'Environnement, et des municipalités. L'encadrement légal se fait à travers diverses lois et règlements :

- la Loi sur la qualité de l'environnement;
- la Loi sur les cités et villes;
- le Code municipal;
- la Loi sur l'aménagement et l'urbanisme;
- le Règlement sur les déchets solides;
- le Règlement modifiant le Règlement sur l'entreposage des pneus hors d'usage et le Règlement sur les déchets solides;
- Règlement sur la récupération et la valorisation des contenants de peinture et des peintures mis au rebut.

Projets de règlement (en date de février 2001) :

- Projet de Règlement sur l'élimination des matières résiduelles (en remplacement du Règlement sur les déchets solides);
- Projet de Règlement modifiant le Règlement sur les permis de distribution de bière et de boissons gazeuses (Version juridique complétée);
- Projet de Règlement sur la récupération et la valorisation des contenants, emballages et imprimés mis au rebut (Première version technique présentée aux représentants des entreprises concernées);
- Projet de Règlement sur la récupération et la valorisation des piles;
- Projet de Règlement sur la récupération des feuilles et des herbes (Prévu pour l'automne 2001);
- Projet de Règlement sur les fonds de suivi post-fermeture.

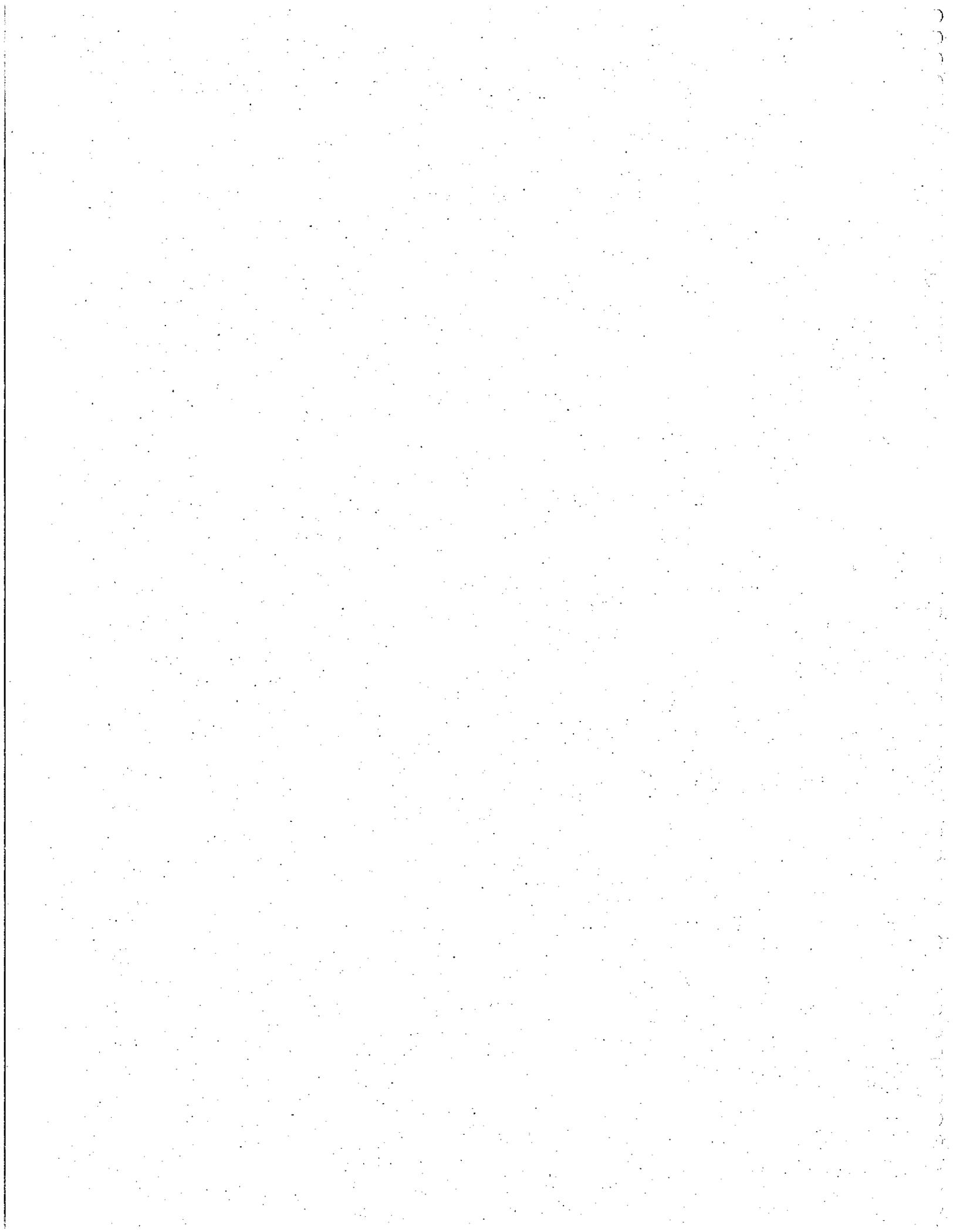
Parmi ces textes légaux, c'est la Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q.-2) qui énonce les règles à suivre en matière de gestion des déchets. Plus précisément, c'est le Règlement sur les déchets solides, inclus à l'intérieur de cette loi qui, depuis 1978, indique les normes à respecter en matière de rejets de contaminants dans l'environnement (Québec, 1993). Cependant, un nouveau règlement remplaçant ce dernier devrait entrer en vigueur sous peu, soit le Règlement sur l'élimination des matières résiduelles.

Objectif du document

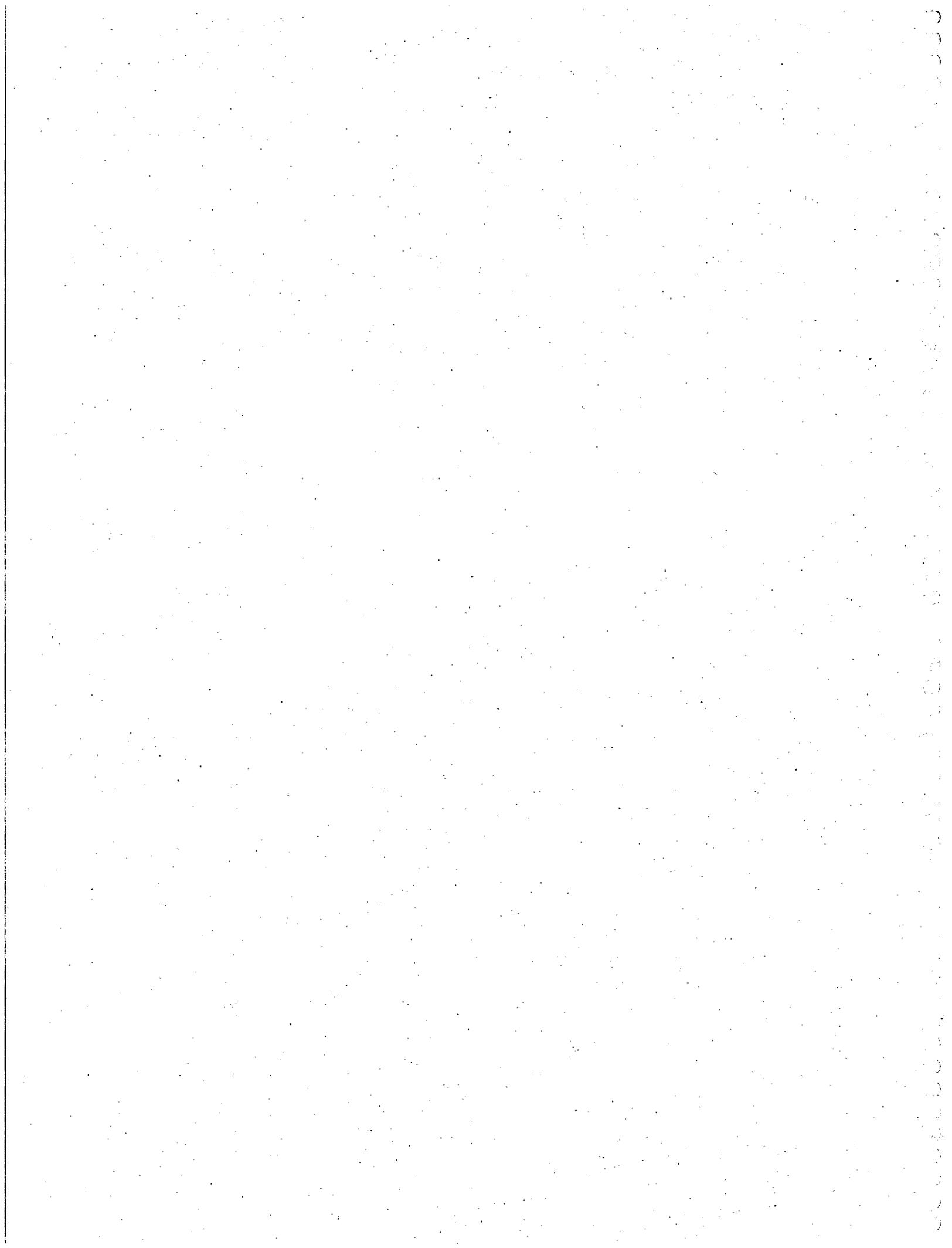
Au sein du système de gestion des matières résiduelles mis en place au Québec, le moyen privilégié demeure l'élimination, malgré les nombreux impacts environnementaux et sociaux qu'on lui reconnaît. Parmi les méthodes d'élimination, l'enfouissement pêle-mêle dans les lieux d'enfouissement sanitaire (LES) et l'incinération sont davantage préoccupantes d'un point de vue de santé publique et de protection de l'environnement. Il existe néanmoins des moyens alternatifs découlant de la gestion intégrée qui, s'ils étaient adoptés sur une large échelle, permettraient fort probablement de diminuer les risques sur la santé humaine et sur notre environnement que font encourir les méthodes traditionnelles de gestion des matières résiduelles. La gestion intégrée amène à adopter une vision scientifique et une planification des actions à plus long terme et des actions préventives (Jourdain, 1994). Cette vision à long terme veut dépasser celle prédominante de la gestion traditionnelle en prévoyant les coûts externes et les effets cumulatifs du développement sur l'environnement et les sociétés humaines. L'approche préventive propose donc la prise en compte du principe de précaution et de l'équité intergénérationnelle.

Ce document vise donc essentiellement à fournir à la population et à tous les acteurs concernés, des informations sur les risques à la santé humaine liés aux deux principales méthodes d'élimination des matières résiduelles, l'enfouissement et l'incinération, ainsi que sur les alternatives connues. Pour ce faire, une revue de la littérature a été réalisée et a servi à recueillir les informations. Précisons que les informations récoltées dans ce document ne portent que sur les matières résiduelles solides. De plus, les risques qu'encourent les éboueurs, bien qu'élevés, ne sont pas rapportés spécifiquement dans ce document. De fait, nous voulions concentrer les informations sur les risques toxicologiques liés à la libération dans l'environnement des substances contenues dans les matières résiduelles, suite à leur entrée dans un site d'enfouissement et dans un incinérateur.

Parmi les méthodes d'élimination, l'enfouissement pêle-mêle dans les lieux d'enfouissement sanitaire (LES) et l'incinération sont davantage préoccupantes d'un point de vue de santé publique et de protection de l'environnement.



CHAPITRE I
L'EXPOSITION AUX CONTAMINANTS
ET LES PRINCIPES DE BASE EN TOXICOLOGIE



CHAPITRE I

L'EXPOSITION AUX CONTAMINANTS ET LES PRINCIPES DE BASE EN TOXICOLOGIE

Avant d'entrer dans le vif du sujet, certains principes de base liés à la science étudiant le niveau de toxicité des substances sur les êtres vivants, la toxicologie, sont expliqués dans cette section afin de faciliter la compréhension du lecteur. L'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles représentent une menace pour la santé publique. En effet, ces activités humaines libèrent dans l'environnement une multitude de substances toxiques qui peuvent se retrouver dans l'eau souterraine et de surface, dans l'atmosphère, dans le sol et dans les aliments (CSE, 1993). Les aliments et les autres produits que nous jetons dans nos poubelles s'avèrent souvent toxiques lorsqu'ils se dégradent dans les sites d'enfouissement ou lorsqu'ils sont brûlés dans les incinérateurs. La toxicité est définie comme la « propriété d'une substance chimique, introduite dans un organisme, d'engendrer temporairement ou non des troubles de certaines fonctions » (Parent, 1990, p. 581).

Divers facteurs peuvent influencer le niveau de toxicité des substances résiduelles et conséquemment les risques qu'ils représentent pour la santé humaine (CSE, 1993; Domart et Bourneuf, 1981; Ramade, 1992):

- les caractéristiques physiologiques propres à la personne exposée et à son environnement;
- la nature du toxique;
- la durée et la fréquence d'exposition;
- les concentrations et le nombre de toxiques avec lesquels la personne exposée est en contact.

Bien que les contaminants émis par les lieux d'enfouissement sanitaire (LES) et par les incinérateurs de déchets municipaux présentent des risques pour la santé publique en général, certains groupes de la société courent davantage de risques en raison de leurs caractéristiques physiologiques propres et du milieu physique qu'ils fréquentent. Il s'agit des personnes qui demeurent près de ces lieux et de celles qui y travaillent (Goldberg et al., 1999 ; Gonzalez et al., 2000 ; Kogevinas et al., 1999 ; Viel et al., 2000). En effet, les risques pour leur santé sont plus élevés, car elles sont davantage en contact avec les contaminants via l'air qu'elles respirent, les matières qu'elles touchent, ce qu'elles mangent et/ou ce qu'elles boivent. Les personnes qui boivent l'eau provenant d'une source souterraine (puits) ou de surface contaminée par un LES, dont le traitement visant à éliminer ou à réduire la contamination biologique et/ou chimique est inadéquat, courent particulièrement un risque (CSE, 1993). Dans la plupart des cas, les LES et les incinérateurs ne sont pas les seules sources de contamination auxquelles ces personnes sont exposées. Toutefois, cet apport supplémentaire de substances toxiques entrant dans l'organisme peut être suffisant pour déclencher des effets néfastes sur leur santé.

Les aliments et les autres produits que nous jetons dans nos poubelles s'avèrent souvent toxiques lorsqu'ils se dégradent dans les sites d'enfouissement ou lorsqu'ils sont brûlés dans les incinérateurs.

Il faut souligner que parmi les groupes à risques, les enfants sont plus vulnérables que les adultes à subir les contrecoups d'une exposition aux contaminants (Cohen et al., 2000). La première raison à cela est d'ordre physiologique. En effet, chez les enfants, le rapport entre la surface de leur corps et leur poids est plus élevé que chez les adultes. Par exemple, un nouveau-né affiche un ratio deux fois plus élevé qu'un adulte. Ils ont donc une surface dermique plus élevée pour absorber les substances toxiques. De plus, la perméabilité de leur peau facilite l'entrée de contaminants et le ratio de graisse, plus élevé chez les bébés de moins d'un an, favorise la bioaccumulation de certains toxiques persistants. Finalement, le comportement des enfants fait en sorte qu'ils sont davantage en interaction avec leur environnement, et donc davantage en contact avec des matières potentiellement contaminées (Cohen et al., 2000).

Les autres groupes de la société davantage susceptibles de subir les impacts des substances toxiques libérées par les LES et les incinérateurs, sont généralement les femmes enceintes, les personnes âgées et les personnes affaiblies par une maladie. Il faut souligner que les éboueurs sont un groupe à risques. Cependant, nous les avons exclus, car l'objectif de ce document est de rapporter les éléments de risques à la santé humaine associés à une exposition aux matières résiduelles, non à partir du moment où elles sont jetées à la poubelle, mais du moment où elles se retrouvent dans les LES et dans les incinérateurs. De fait, l'objectif ne visait pas à recenser les accidents physiques liés à la manipulation des matières résiduelles, tels les coupures, les maux de dos ou autres, mais bien les risques toxicologiques liés à leur libération dans l'environnement.

Il faut souligner que parmi les groupes à risques, les enfants sont plus vulnérables que les adultes à subir les contrecoups d'une exposition aux contaminants.

En général, il existe trois éléments de la nature, essentiels à tous les organismes vivants, par lesquels les substances toxiques libérées par les LES et les incinérateurs peuvent s'introduire dans l'organisme humain et affecter la santé. Il s'agit de l'eau souterraine et de surface, de l'air, du sol et des aliments (provenant de l'agriculture, du jardinage, de l'élevage ou de la pêche) (CSE, 1993). Vous pouvez donc être exposé à ces substances toxiques tout simplement en respirant de l'air, en buvant de l'eau, en consommant de la nourriture et/ou en pratiquant un sport nautique.

La contamination de l'eau est particulièrement préoccupante. En effet, il réside toujours un risque que les sources en approvisionnement d'eau potable, particulièrement les eaux souterraines, à proximité des LES soient contaminées par les matières résiduelles elles-mêmes ou par les substances qu'elles libèrent suite à leur dégradation dans le sol. Malgré ce risque, le contrôle de la qualité de l'eau et des LES est, à plusieurs points de vue, déficient. D'une part, le ministère de l'Environnement du Québec (MENVO) n'a pas les moyens d'assurer une surveillance adéquate de la conformité environnementale des lieux d'élimination des matières résiduelles, car 68 % des LES émettent des rejets dépassant les normes ou contaminent les eaux souterraines (Québec, 1995). D'autre part, la qualité de l'eau des puits privés ne fait l'objet d'aucune surveillance obligatoire, car le MENVO n'a pas juridiction sur ceux-ci et que le suivi demeure sous la responsabilité du propriétaire (Gaudreau et Mercier, 1997).

Le niveau de contamination causée par diverses substances augmente au long de la chaîne alimentaire, c'est ce que l'on appelle la bioaccumulation.

Les substances provenant des LES et des incinérateurs se dispersent dans l'environnement et contaminent les sources d'eau potable, le sol et l'air. Cette contamination des éléments conduit à celle des espèces vivantes, y compris l'humain. Il faut savoir que le niveau de contamination causée par diverses substances augmente au long de la chaîne alimentaire, c'est ce que l'on appelle la bioaccumulation. C'est-à-dire que la concentration d'une substance toxique, bien que peu élevée dans l'environnement au départ, augmente dans les organismes vivants et tout au long de la chaîne alimentaire (Parent, 1990). Par exemple, l'humain sera davantage contaminé que la barbotte. Ce phénomène se produit particulièrement dans le cas de la catégorie des polluants organiques persistants (POP), dont les dioxines et les furannes émises par les incinérateurs font partie, qui peuvent demeurer présents dans l'environnement durant de nombreuses années.

En résumé, plus une espèce est exposée longtemps, plus elle est prédatrice, plus son niveau de contamination risque d'être élevé. De plus, certains polluants, telle la catégorie des dioxines et des furannes, ont la caractéristique de se concentrer dans le gras des organismes vivants. Chez les humains, les femmes et leur progéniture risquent donc d'être davantage sensibles, car ces substances toxiques ont tendance à se concentrer particulièrement dans le gras des seins et du lait maternel (Ayotte et al., 1994; Muckke, 1995). Elles peuvent être transmises aux fœtus et aux nourrissons via le placenta et le lait maternel. Par exemple, en Russie, les enfants nés d'ouvrières exposées à de fortes concentrations de TCDD, une substance toxique de la famille des dioxines et des furannes, présentaient des concentrations en TCDD de 150 à 2000 fois supérieures à ce que l'on retrouve dans la population en général (Greenpeace, sans date).

Les effets néfastes des substances toxiques sur la santé humaine peuvent également varier selon leur nature, la durée et la fréquence d'exposition, la concentration et le nombre de toxiques avec lesquels la personne exposée est en contact (Cohen et al., 2000; Ramade, 1992). La nature d'une substance influence grandement son potentiel toxique. Prenons l'exemple de deux métaux souvent libérés dans l'environnement par les LES, le cadmium et le zinc. Le cadmium est un métal considéré comme hautement toxique, alors que le zinc est considéré comme un métal faiblement toxique (Santé Canada, 1996). Les impacts sur la santé d'un humain suite à une exposition au cadmium surviendront donc à une concentration moindre que celle nécessaire au zinc pour affecter la santé humaine.

La durée et la fréquence d'exposition aux toxiques ainsi que la concentration absorbée par l'organisme influencent également le niveau de risque à la santé humaine. Les expositions aiguës et chroniques y font référence (Ramade, 1992). Dans une exposition aiguë, les impacts sur la santé surviennent rapidement suite à l'absorption d'une concentration généralement élevée d'une substance toxique (Parent, 1990). Ce type d'intoxication implique une durée d'exposition relativement courte (des jours ou des semaines) et des impacts sur la santé pouvant aller jusqu'à la mort (Ramade, 1992; Domart et Bourneuf, 1981). L'apparition des symptômes dont l'origine est une exposition chronique apparaissent de nombreuses années après la pénétration d'une ou de plusieurs substances toxiques dans l'organisme; il est donc difficile de les étudier adéquatement (Parent, 1990; Domart et Bourneuf, 1981).

**Les cancers peuvent
n'apparaître que 15
à 30 ans après l'ex-
position aux sub-
stances toxiques.**

Par exemple, les cancers peuvent n'apparaître que 15 à 30 ans après l'exposition aux substances toxiques. Ce type d'intoxication implique une durée d'exposition relativement longue, des années en général, et la pénétration de faibles concentrations de substances toxiques dans l'organisme mais de façon répétitive (Parent, 1990).

Pour évaluer les risques qu'occasionne l'exposition aux substances toxiques sur la santé humaine, la toxicologie se base principalement sur des études expérimentales chez les animaux, des cas sporadiques d'empoisonnement, des ingestions accidentelles, des expositions cliniques et des expositions en milieu de travail (Domart et Bourneuf, 1981; Ramade, 1992; Santé Canada, 1996). À partir de ces recherches, le Centre international de recherche sur le cancer a classé diverses substances toxiques selon le niveau de preuves scientifiques relatives à leur potentiel cancérigène (Santé Canada, 1996) :

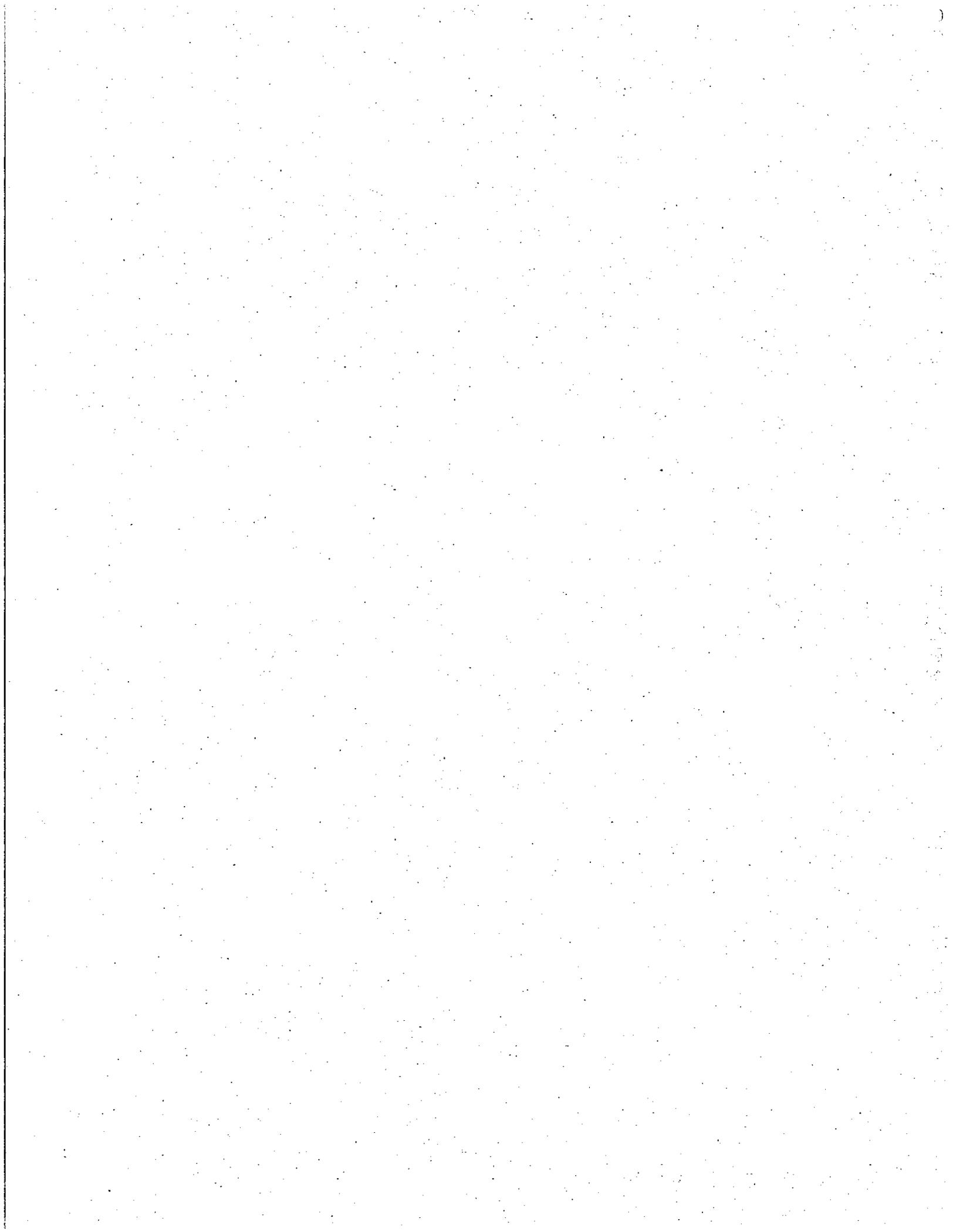
- Groupe I : substances cancérigènes pour l'être humain;
- Groupe II : substances probablement cancérigènes pour l'humain;
- Groupes IIIA et IIIB : substances possiblement cancérigènes pour l'humain;
- Groupe VA : données insuffisantes pour l'évaluation.

Il est cependant difficile d'évaluer directement la part de contamination provenant uniquement des lieux d'élimination des matières résiduelles, car les humains sont exposés à des mêmes contaminants provenant de diverses sources (Drouin et al., 1993). Il y a donc une part d'incertitude liée à toutes ces évaluations. De plus, les connaissances scientifiques sont insuffisantes afin d'évaluer les risques à la santé humaine associés à une exposition à plusieurs substances toxiques à la fois (effet synergique), comme il est généralement le cas dans la réalité (Cohen et al., 2000). Ainsi, l'ensemble des effets toxiques de la rencontre de tous ces contaminants dans l'organisme humain est rarement pris en compte dans les études scientifiques et dans l'élaboration des normes émises par le gouvernement.

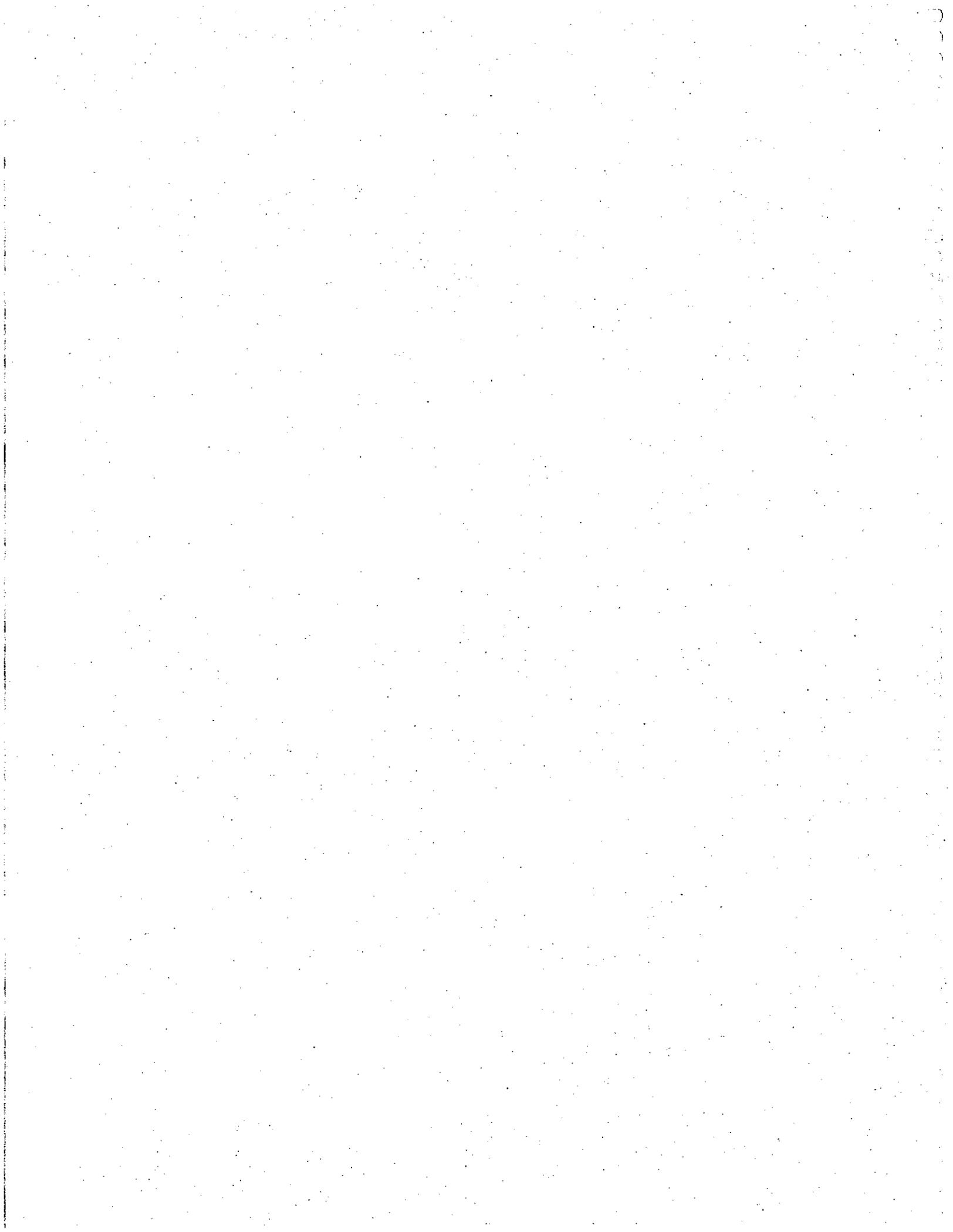
Pour illustrer la façon dont les instances officielles fixent les normes, nous donnons ici l'exemple de la procédure utilisée par le gouvernement québécois pour établir celles relatives au lixiviat des sites d'enfouissement retrouvées dans le Règlement sur les déchets solides. En ce qui concerne les eaux de lixiviation, les normes ont été établies sur la base d'une harmonisation avec d'autres réglementations, plus particulièrement celles sur les rejets liquides (MEF, 1996). En ce qui concerne les eaux souterraines, le nouveau règlement établi des normes à partir de celles de la réglementation sur l'eau potable élaborée par Santé Canada. Nous décrivons donc comment Santé Canada fixe les recommandations pour la qualité de l'eau potable. Premièrement, les données disponibles sont examinées afin de déterminer la relation entre la dose (la concentration) et la réaction (sur les humains et/ou sur les animaux) ainsi que d'établir un niveau d'exposition auquel aucun effet nocif n'est observé (NOAEL) (Canada, 2001). À partir de ce dernier, un niveau maximal d'exposition quotidienne est calculé en tenant compte des différences entre les réactions chez les animaux et celles chez les humains, de la variabilité entre les individus et de la fiabilité des données. Par la suite, une concentration maximale acceptable (CMA) est déterminée à partir de l'apport quotidien tolérable, en fonction du poids corporel et de la consommation d'eau potable. Puisque l'eau potable est rarement l'unique source d'exposition à un contaminant, on tient également compte de l'exposition provenant d'autres sources, comme les aliments, l'air et le sol, ainsi que l'utilisation de l'eau pour les soins hygiéniques.

**« En situation de
risque, une
hypothèse non infir-
mée devrait être
tenue provisoirement
pour valide, même si
elle n'est pas
formellement
démontrée »
(Setbon, 1997).**

Ainsi, à notre connaissance, aucune norme n'est fixée en tenant compte de l'effet synergique suite à une exposition à plusieurs contaminants provenant de diverses sources, puisque les connaissances scientifiques sont insuffisantes. Une marge de sécurité est appliquée, mais seulement en fonction de l'exposition à un contaminant. Selon nous, il est donc primordial de tenir compte du principe de précaution en matière de santé. La précaution appliquée à l'action publique peut être énoncée de la façon suivante : « En situation de risque, une hypothèse non infirmée devrait être tenue provisoirement pour valide, même si elle n'est pas formellement démontrée » (Setbon, 1997). En d'autres termes, dans l'éventualité d'une incertitude relative à la toxicité d'une substance, il vaut mieux prendre les précautions nécessaires afin d'éviter que la santé publique ne soit affectée. Le principe de précaution est intéressant, car il introduit un élément de responsabilisation des acteurs publics et privés (France, 1998). Il incite à un meilleur examen de la proportionnalité entre la mesure prise et l'objectif poursuivi. Le bilan de l'activité publique ou privée dressée, lorsque l'on se base sur ce principe, ne se limite pas au simple respect des normes minimales édictées par les textes. Il constitue un progrès du droit de la santé dans la mesure, où il élargit la notion d'intérêt public à des critères qualitativement nouveaux. Le principe de précaution suppose aussi une approche prospective de la décision en imposant la prise en compte des risques futurs, élargissant ainsi l'application du principe d'égalité aux générations futures (France, 1998).



CHAPITRE II
L'ENFOUISSEMENT DES
MATIÈRES RÉSIDUELLES
ET LES RISQUES POUR LA SANTÉ HUMAINE

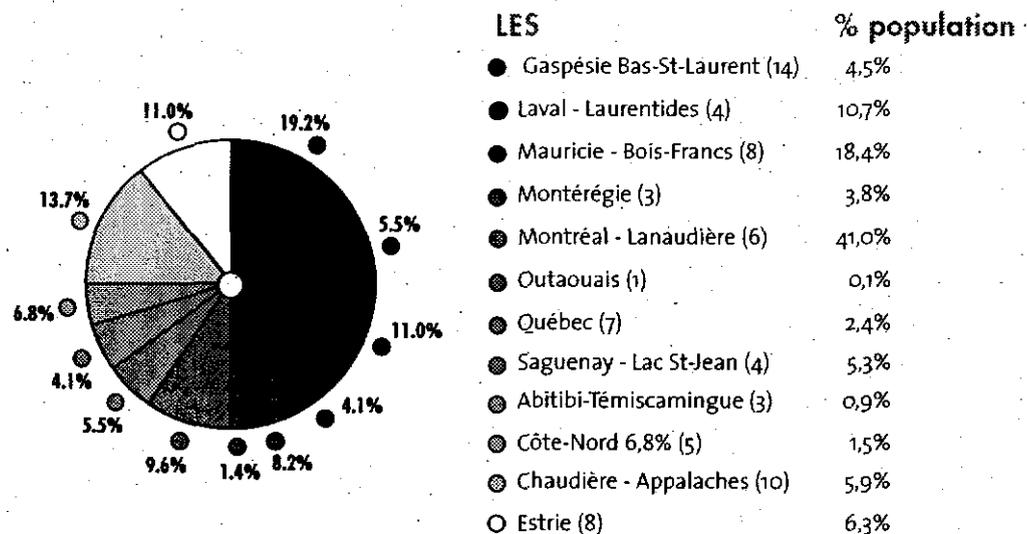


CHAPITRE II L'ENFOUISSEMENT DES MATIÈRES RÉSIDUELLES ET LES RISQUES POUR LA SANTÉ HUMAINE

La problématique de la gestion des matières résiduelles appelées couramment déchets ne date pas d'hier. Dès qu'il a abandonné le mode de vie nomade pour se tourner vers la sédentarité, l'humain a été confronté à celle-ci. 500 ans avant J.C., Athènes aurait été la première ville à enfouir les matières résiduelles produites par sa population dans un lieu spécifique (DeLong, 1993). Bien qu'encore aujourd'hui, l'enfouissement sanitaire demeure la solution prédominante à la problématique des matières résiduelles au Québec, comme à travers le monde, le virage vers la société de consommation a modifié sensiblement son ampleur. Résultat : le contenu de nos poubelles est autrement plus volumineux, complexe et diversifié que celui de nos grands-parents.

FIGURE 2.1

Répartition des LES et des populations desservies par région



L'enfouissement des déchets est privilégié sur les autres solutions, car elle est simple et parmi les moins coûteuses (Frigon et al., 1992). 74% de la totalité des matières résiduelles se retrouve dans les lieux d'enfouissement sanitaire (LES) qui étaient au nombre de 65 au Québec en 1998 (MEF, 1998; RECYC-QUÉBEC, 1999) (Annexe A). Parmi ces sites, quatre (4) d'entre eux recueillent plus de 70% des matières résiduelles destinées aux LES (FCQGED, 2000a).

Ces mégasites sont situés à : Sainte-Sophie, Lachenaie, Sainte-Geneviève-de-Berthier et Saint-Nicéphore. Au niveau de la répartition géographique, la figure 2.1 permet de constater que près du tiers des LES inventoriés en 1997 étaient localisés dans deux régions du Québec: le Bas-Saint-Laurent-Gaspésie et Chaudière-Appalaches (Cabral et al., 1997).

En 1998, 4 235 200 tonnes métriques (tm) de matières résiduelles ont été éliminées par l'enfouissement (RECYC-QUÉBEC, 1999). Ce mode d'élimination des matières résiduelles comporte cependant des risques à la santé humaine. Mais avant de rapporter ces impacts, nous débuterons en exposant certains aspects techniques de base liés à l'enfouissement des matières résiduelles. Les lieux d'enfouissement sanitaire (LES) sont choisis selon plusieurs critères dont, les caractéristiques socio-économiques, tels l'éloignement des zones résidentielles, commerciales et touristiques, et les caractéristiques biophysiques relatives à la topographie, à la géologie et à l'hydrologie (Lisk, 1991). Cependant, dans la pratique, le choix de l'emplacement d'un LES est généralement déterminé par le fait qu'il existait déjà un dépotoir à l'endroit désigné. Dans la majorité des cas, cet endroit était établi en fonction de critères déterminés par l'exploitant. L'objectif de ces critères consiste à réduire les désagréments et la contamination provenant de la concentration des matières résiduelles, car ils pourraient affecter l'économie et la santé humaine. Jusqu'à présent, les gestionnaires et les ingénieurs se sont fiés aux caractéristiques biophysiques naturelles du sol comme principal moyen pour réduire la libération des contaminants des LES dans l'environnement.

En 1998, 4 235 200 tonnes métriques (tm) de matières résiduelles ont été éliminées par l'enfouissement. Ce mode d'élimination des matières résiduelles comporte cependant des risques à la santé humaine.

Jusqu'à tout récemment, deux grands principes liés aux caractéristiques biophysiques du sol régulaient le fait d'obtenir un permis pour enfouir les matières résiduelles dans un lieu: le confinement et l'atténuation naturelle (Cabral et al., 1997). Dans le but d'emmagasiner des matières résiduelles, des cellules de confinement sont construites avec divers matériaux caractérisés pour leur étanchéité (Chapuis et Marcotte, 1991). Les matériaux considérés étanches peuvent être constitués du sol en place ou d'autres éléments que l'on superpose en couches et qui forment une barrière appelée tapis d'étanchéité. Les composantes utilisées pour constituer le tapis d'étanchéité sont les sols argileux, les mélanges sol-bentonite et les géomembranes.

Pour le matériel naturel, on distingue un gradient de performance selon les divers types de sol. Les plus performants étant les sols argileux, alors que les moins efficaces pour retenir les contaminants étant les sols sableux (Cabral et al., 1997). L'étude de Cabral et al. (1997) révèle que parmi les 73 sites d'enfouissement québécois, seulement neuf (9) de ceux-ci étaient situés sur un sol argileux et seulement trois (3) recourraient à une membrane. Ainsi, la majorité des LES québécois (83.5%), sont situés sur un sol plus ou moins étanche et donc retenant plus ou moins les contaminants. De plus, il faut ajouter qu'il existe une multitude de zones d'incertitudes face à l'efficacité des matériaux, tant naturels que synthétiques, servant au confinement du lixiviat afin de conserver les contaminants (Chapuis et Marcotte, 1991; Gagné, 1995; Québec, 1997).

L'atténuation naturelle repose sur le principe que certaines caractéristiques du sol, telles la perméabilité et la porosité, permettront une certaine filtration et réduction de la contamination (Lisk, 1991). Bien que les gestionnaires se soient basés principalement sur l'atténuation naturelle pour autoriser le développement de la majorité des lieux d'enfouissement sanitaire (LES) existants au Québec, les connaissances récentes ont démontré qu'elle est insuffisante pour garantir la protection des composantes de l'environnement. C'est pourquoi le développement d'un lieu d'enfouissement sanitaire (LES) ne sera plus autorisé sur cette base avec la mise en vigueur du Règlement sur l'élimination des matières résiduelles. Cependant, nous expliquerons l'atténuation naturelle tout de même, car la libération des contaminants d'une portion importante de LES existants continuera, malgré l'entrée en vigueur du nouveau règlement.

Selon le concept de l'atténuation, plus un sol est imperméable, moins il devrait y avoir une libération des contaminants dans les diverses composantes de l'environnement (eau, sol et air) (Lisk, 1991). La contamination environnementale d'un LES érigé sur un sol argileux devrait donc être moins élevée que celle d'un LES installé sur un sol sableux. On s'aperçoit toutefois qu'une faible proportion de LES québécois ont été sélectionnés en se basant sur cette notion. Selon une étude publiée en 1997, seulement 9 sur 73 sites ont été érigés sur un sol argileux (Cabral et al., 1997) (voir tab. 1.1). C'est pourquoi, les futurs sites choisis pour accueillir un LES, devront recourir à un écran périphérique d'étanchéité selon le nouveau règlement (Gazette officielle du Québec, 2000). Il est cependant important de conserver à l'esprit que ce moyen de réduction de la contamination de l'environnement n'est qu'un palliatif à la problématique de la gestion des matières résiduelles. Finalement, bien que les lieux d'enfouissement sanitaire (LES) devraient être choisis théoriquement selon les critères socio-économiques et biophysiques mentionnés précédemment, on s'aperçoit, qu'en pratique, peu de sites d'enfouissement ont été implantés selon ces règles.

Une fois le lieu d'enfouissement sanitaire (LES) choisi, les matières résiduelles y sont transportées, enfouies et compactées mécaniquement en couches successives (MENVIQ, 1987 cité dans Comité de santé environnementale (CSE), 1993, p. 52). Par la suite, elles sont recouvertes quotidiennement de matériel de recouvrement afin de réduire les nuisances et la contamination causées par les matières résiduelles en décomposition. Au Québec, cette pratique d'enfouissement pêle-mêle des matières résiduelles est à l'origine de la libération dans les diverses composantes de l'environnement (eau, air, sol) d'une multitude de contaminants. Plusieurs d'entre eux sont reconnus comme ayant le potentiel d'affecter la santé humaine et sont émis dans l'environnement via deux processus biophysiques liés à la décomposition des matières enfouies: l'un menant à la formation du lixiviat et l'autre à la génération du biogaz. Les sections ultérieures expliquent ces deux phénomènes ainsi que les risques sur la santé humaine suite à l'exposition des contaminants qu'ils relâchent dans l'environnement.

TABEAU 2.1

Résumé des caractéristiques des lieux d'enfouissement sanitaire (LES)

Classe	Type prédominant de sol en contact avec les déchets	Nombre de LES inventoriés	Captage du lixiviat	Plage de k (cm/s) ¹	AN/IN ²
A1	Sableux	3	Oui	10 ⁻¹ à 10 ⁻³	2/1
		22	Non		22/0
A2	Till grossier	12	Oui	10 ⁻³ à 10 ⁻⁵	5/7
		6	Non		6/0
B1	Till fin	10	Oui	10 ⁻⁶ à 10 ⁻⁷	0/4
		0	Non		---
B2	Silteux/argileux ³	8	Oui	< 10 ⁻⁷	4/4
		1	Non		1/0
C	Sites avec membrane géosynthétique	3	Oui	Ne s'applique pas	Ne s'applique pas
		0	Non		
D	Roc, résidus miniers, tourbe et ND ⁴	4	Oui	Ne s'applique pas	Ne s'applique pas
		3	Non		
Complexe environ. Saint-Michel	Roc calcaire	1	Oui	10 ⁻² à 10 ⁻⁶	Ne s'applique pas
Totaux		41	Oui	Ne s'applique pas	11/16
		32	Non		29/0

1 Plage prédominante pour la classe de sol lorsque l'information était disponible

2 Dénomination du MEF : AN = Lieux par atténuation naturelle; IN = Lieux sur terrain « imperméable » naturel ou avec membrane

3 LES fermés

4 ND: sites pour lesquels la description du sol n'était pas disponible (ND)

Inspiré de Cabral, Alexandre, Guy Lefebvre et Luc. « Conditions actuelles de l'enfouissement de déchets solides au Québec ». Vecteur Environnement, vol. 30, no 5, p. 34.

2.1 Le lixiviat

2.1.1 Le processus de formation du lixiviat

L'infiltration de l'eau à travers les déchets est le principal phénomène impliqué dans la formation du lixiviat (Frigon et al., 1992). L'eau s'accumulant dans un lieu d'enfouissement sanitaire (LES) provient de quatre sources (CSE, 1993):

- des précipitations;
- de l'eau souterraine en contact avec les matières résiduelles;
- de la décomposition des matières organiques enfouies;
- de l'humidité des matières résiduelles enfouies.

Cette eau en traversant la masse de matières résiduelles, en décomposition ou en voie de l'être, entraîne avec elle les substances solubles, les composés insolubles, les matières en suspension ainsi que les microorganismes. La contamination des eaux souterraines, des eaux de surface et du sol par le lixiviat se produit généralement lorsque les matières résiduelles sont saturées d'eau (Lisk, 1991). Cette contamination peut débuter de nombreuses années après l'ouverture d'un LES, car elle est influencée par la décomposition des matières résiduelles qui varie selon la substance ou le produit en cause (Cartier, 1996). De plus, elle se prolonge généralement longtemps après l'usage que l'on a fait du sol.

Le niveau de contamination des composantes environnementales est particulièrement influencé par la composition des matières résiduelles qui ont été enfouies et par l'âge du site (Frigon et al., 1992). Cette contamination des éléments rappelle que le terme « élimination » des matières résiduelles ne correspond pas à la réalité. Les matières résiduelles ne sont pas éliminées: elles sont isolées, cachées à la vue de la majorité de la population, se transforment via divers processus et finalement remises en circulation dans l'environnement. La phrase historique du chimiste Antoine Laurent de Lavoisier « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme » prend ici tout son sens. Cette libération dans l'environnement engendre diverses conséquences. Dans cet esprit, nous verrons dans la section suivante les risques à la santé humaine liés à l'exposition aux contaminants libérés par le lixiviat des LES.

Les matières résiduelles ne sont pas éliminées: elles sont isolées, cachées à la vue de la majorité de la population, se transforment via divers processus et finalement remises en circulation dans l'environnement.

2.1.2 Le lixiviat et les risques à la santé humaine

Les risques d'exposition les plus communs sont liés à la consommation d'eau potable par les communautés humaines avoisinantes aux lieux d'enfouissement sanitaire (LES). En effet, l'élément de l'environnement le plus propice à être contaminé par le lixiviat est l'eau souterraine, qui sert souvent de source d'approvisionnement (Beudet et Boyer, 1999). Plusieurs catastrophes environnementales liées à la gestion des matières résiduelles, ne citons que celles de Love Canal, et des lagunes de Mercier, sont des preuves des risques de contamination des eaux souterraines et de surface (CSE, 1993; Lišk, 1991). D'autant plus que certaines études récentes indiqueraient que la composition du lixiviat provenant de l'enfouissement des matières résiduelles domestiques (secteur municipal) est similaire à celle résultant de l'enfouissement des matières résiduelles dangereuses (Murray et Beck, 1990). Par ailleurs, une étude de l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis révèle que sur 127 LES américains, 26% de ceux-ci contaminaient les eaux souterraines avec lesquelles ils étaient en contact (U.S. EPA, 1986 cité par CSE, 1993, p. 57). Au Québec, la situation est particulièrement préoccupante : 61% des lieux par atténuation naturelle et 83% des lieux avec captage et traitement des eaux de lixiviation contaminaient des eaux de surface en 1991 (Québec, 1995).

Au Québec, la situation est particulièrement préoccupante : 61% des lieux par atténuation naturelle et 83% des lieux avec captage et traitement des eaux de lixiviation contaminaient des eaux de surface en 1991.

Rares sont les études portant sur les risques directs du lixiviat sur la santé humaine. Cependant, une étude utilisant les bioessais pour évaluer le potentiel toxique du lixiviat brut de plusieurs LES sur les organismes vivants ne laisse aucun doute : les concentrations de contaminants ambiantes étaient bel et bien nocives (Van et al., 1990 cité par CSE, 1993, p. 57). Bien que les études faisant le lien directement entre l'exposition des humains à la multitude de contaminants retrouvés dans le lixiviat et les risques sur leur santé soient quasi-inexistantes, les études rapportant les risques entre l'exposition des humains à chacun des principaux contaminants retrouvés dans le lixiviat sont relativement bien documentées. Il ressort de la revue de littérature que les contaminants libérés peuvent être regroupés en trois catégories : les matières organiques, les matières inorganiques, incluant majoritairement les métaux, et les microorganismes pathogènes.

Il peut être important ici de définir les termes matières organiques et inorganiques qui proviennent de la chimie. Les matières inorganiques incluent tous les composés qui n'existent pas chez les organismes vivants et lorsqu'ils contiennent des carbones c'est sous forme de carbonate ou de cyanure (Parent, 1990; et Rey, 2000). Soulignons que la plupart d'entre eux sont des métaux. Les matières organiques sont, quant à elles, composées de carbones structurés entre eux et avec les autres molécules sous une forme qui est la plupart du temps retrouvée chez les organismes vivants (Hart et, 1985). Bien que les matières organiques soient généralement retrouvées dans la nature (chez les animaux et les plantes), la chimie moderne a créé artificiellement de nouvelles substances organiques qui ont comme caractéristique d'être fortement toxiques : pesticides, BPC, chlorure de vinyle (principale composante d'un type de plastique, le PVC), etc. Les sections suivantes décrivent les risques à la santé humaine suite à l'exposition aux substances inorganiques (dont la majorité sont des métaux), aux substances organiques et aux microorganismes pathogènes libérés par le lixiviat.

2.1.2.1 Les substances inorganiques et les risques à la santé humaine

Les substances inorganiques se retrouvent dans bon nombre d'articles qui se retrouvent en bout de ligne dans les lieux d'enfouissement sanitaire (LES) ou dans les incinérateurs: agents nettoyeurs, boîtes de conserve, cosmétiques, matières plastiques, médicaments, peintures, polisseurs, télévisions, etc. (Carrier et Duclos, 1993; Cartier, 1996; Santé Canada, 1996). En 1992, les métaux représentaient 8.4% de la composition moyenne des matières résiduelles produites par les secteur municipal (plus communément appelée domestiques) (CSE, 1993). La libération des substances inorganiques dans l'environnement survient à un moment ou à un autre, car celles-ci se dissolvent dans le lixiviat (Cartier, 1996).

Les principales substances inorganiques retrouvées dans le lixiviat et détenant un pouvoir toxique sont: le cadmium, le chrome, le cuivre, le cyanure, le mercure, le plomb et le zinc (CSE, 1993; Environnement Canada, 1993). Les principaux risques à la santé suite à l'entrée dans l'organisme de ces composés sont fort nombreux et souvent spécifiques à chacun d'entre eux (Santé Canada, 1996). Cependant, il est possible d'observer certains symptômes communs suite à leur exposition. Par exemple, lors des expositions aiguës, les effets suivants sont souvent remarqués: diarrhées, maux de tête et nausées. Des impacts sur la santé plus graves sont généralement observés chez les sujets exposés de façon chronique: dysfonctionnements des systèmes neurologique, cardiaque, respiratoire, digestif et rénal. Diverses études tendent également à démontrer qu'il existe une association entre l'exposition au chrome et au cadmium et l'augmentation des risques de développer divers types de cancers. En effet, le chrome est reconnu par le Centre international de recherche sur le cancer comme une substance pour laquelle les preuves du pouvoir cancérigène chez l'humain sont suffisantes. Il est donc classé dans le Groupe I, celui rassemblant les substances les plus cancérigènes. Le tableau 2.2 détaille les risques à la santé associés à l'exposition aux substances inorganiques les plus fréquemment libérées par le lixiviat des LES.

TABIEAU 2.2

Risques à la santé associés à une exposition à long terme aux principales substances inorganiques retrouvées dans le lixiviat

Risque de dysfonctionnement au niveau :	Cadmium	Chrome	Cyanure	Manganèse	Mercuré	Nitrates nitrites	Sulfures (H ₂ S)	Plomb
Du système cardiaque							•	
Du système digestif (foie, estomac, etc.)	•	•			•	•		•
Du système immunitaire								
Du système nerveux				•	•		•	•
Du système osseux	•							
Du système rénal (reins)	•				•			
Du système respiratoire (poumons)	•	•		•	•		•	•
Du système sanguin								•
Du système reproducteur				•				•
Potentiel cancérigène*	•							
Groupe I		•						
Groupe II								
Groupe IIIA						•		
Groupe IIIB								•
Groupe VA								
Potentiel mutagène	•			•		•	•	
Potentiel tératogène				•		•	•	•
Concentration maximale acceptable (CMA) dans l'eau potable	0,005 mg/L (5 ug/L)	0,05 mg/L (50 ug/L)		0,001 mg/L (1 ug/L)	0,001 mg/L (1 ug/L)	45 mg/L (Nitrates) 3,2 mg/L (Nitrites)	0,05 mg/L (50 ug/L)	0,01 mg/L (10 ug/L)

* * Voir la définition de la classification à la p. 12

Inspiré de Carrier et Duclos, 1993 dans Québec, 1993; CSE, 1993; Santé Canada, 1996a (Références complètes à la fin du document)

2.1.2.2 Les substances organiques et les risques à la santé humaine

Les contaminants organiques retrouvés dans le lixiviat proviennent principalement des produits dangereux que nous utilisons et qui deviennent des résidus domestiques dangereux (RDD) lorsque nous les jetons à la poubelle. Les produits suivants contiennent généralement des substances considérées comme des résidus domestiques dangereux, c'est-à-dire ayant un potentiel toxique élevé : aérosols, décapants, dégraissants, désodorisants, détergents, nettoyants, réfrigérants, peintures, polisseurs, teintures, encres, colorants, vernis, pesticides, etc. (Carrier et Duclos, 1993 cité dans Québec, 1993; CSE, 1993). Bien que la réglementation interdise l'enfouissement des déchets dangereux dans les lieux d'enfouissement sanitaire (LES), le système institutionnel de surveillance mis en place permet difficilement d'empêcher les RDD de se retrouver dans les LES. En effet, dans le passé, plusieurs RDD ont été enfouis dans plusieurs LES qui sont encore en opération actuellement, et cette situation se perpétue dans le présent, car la plupart des ménages québécois ignorent que bien des produits qu'ils utilisent sont des RDD et qu'ils ne doivent pas être jetés à la poubelle comme les autres matières résiduelles (Beaudet et Boyer, 1999).

Plusieurs autres produits se retrouvant dans le lixiviat, catégorisés dans les matières organiques, sont en apparence inoffensifs, mais lorsqu'ils se retrouvent dans les LES et qu'ils sont dégradés dans l'environnement, ils ont la capacité de devenir toxiques. En effet, ces substances organiques synthétiques possèdent souvent des caractéristiques de résistance mécanique, à la lumière et à la chaleur qui les rendent persistantes (Cartier, 1996). Bien que les matières plastiques semblent inertes, lors du processus de dégradation, les monomères dont elles sont composées peuvent migrer dans le lixiviat. Les types de matières plastiques les plus courants sont le PVC, le styrène, l'éthylène, le polystyrène, le polyvinyle et le polyéthylène. Parmi ceux-ci, le PVC demeure le plus inquiétant, car le pouvoir cancérigène d'un de ses principaux constituants, le chlorure de vinyle, est bien démontré chez les espèces animales (Santé Canada, 1996). La présence de chlorure de vinyle dans le lixiviat de certains sites d'enfouissement a été associée au processus de décomposition bactérienne de solvants chlorés comme le trichloréthylène et le tétrachloroéthylène (Greenberg, 1987 cité dans Cartier, 1996).

La toxicité des matières plastiques tire son origine principalement des substances ajoutées par les industries afin d'augmenter leur résistance mécanique, à la lumière et à la chaleur: les agents plastifiants et les stabilisants. Parmi ces substances, les agents plastifiants, qui sont utilisés pour accroître la flexibilité du plastique, les phtalates retiennent particulièrement l'attention des experts en santé publique. En effet, plusieurs études associent l'exposition aux phtalates à une perturbation hormonale chez les êtres vivants (effet oestrogénique) (Cartier, 1996).

Ils les perturbent en imitant une hormone naturelle ou en bloquant son activité. Les probabilités sont élevées, qu'à un moment ou à un autre, des monomères constituant les phtalates migrent et soient libérés dans l'environnement, ce qui pourrait entraîner une contamination des organismes vivant dans le voisinage des LES (Cartier, 1996).

Les contaminants organiques retrouvés dans le lixiviat proviennent principalement des produits dangereux que nous utilisons et qui deviennent des résidus domestiques dangereux (RDD) lorsque nous les jetons à la poubelle.

Plusieurs substances organiques libérées dans l'environnement par le lixiviat, particulièrement les composés organiques volatils, peuvent engendrer des risques sur la santé très sérieux si les humains y sont exposés pendant de longues années. Celles qui sont le plus fréquemment citées sont: le benzène, les chlorophénols, le chlorure de vinyle (composante majeure du PVC) et le tétrachlorure de carbone (CSE, 1993; Cartier, 1996; Beaudet et Boyer, 1999; Carrier et Duclos, 1993 cité dans Québec, 1993). Selon la littérature scientifique, diverses d'entre elles, peuvent causer des effets irréversibles sur les systèmes reproducteur, respiratoire, nerveux, immunitaire, rénal et digestif (Santé Canada, 1996) (voir tab. 2.2). Le benzène, le chlorure de vinyle et le tétrachlorure de carbone (tétrachlorométhane), trois composés organiques volatils, sont soit reconnus pour être des agents cancérogènes, ou suspectés d'en être. De plus, diverses études démontrent que le chlorure de vinyle est un agent tératogène, c'est-à-dire qu'il accroît les anomalies du développement du foetus en traversant la barrière placentaire et du nouveau-né (Santé Canada, 1996). Avortements spontanés, malformations congénitales et autres anomalies chez les nouveaux-nés sont au nombre des conséquences possibles. Le tableau 2.3 détaille les risques à la santé associés à l'exposition aux principales substances organiques libérées par le lixiviat des lieux d'enfouissement sanitaire.

TABLEAU 2.3

Risques à la santé associés à une exposition à long terme aux principales substances organiques retrouvées dans le lixiviat

Risque de dysfonctionnement au niveau :	Benzène	Chlorophénols	Chlorure de vinyle	Tétrachlorure de carbone
Du système cardiaque				•
Du système digestif (foie, estomac, etc.)		•	•	•
Du système endocrinien			•	
Du système immunitaire	•	•		
Du système nerveux		•	•	•
Du système osseux			•	
Du système rénal (reins)				•
Du système respiratoire (poumons)			•	•
Du système sanguin (ex. : anémies, leucémies, etc.)	•	•	•	
Du système reproducteur			•	•
Potentiel cancérogène*				
Groupe I	•		•	
Groupe II		•		•
Groupe IIIA		•		
Groupe IIIB		•		
Groupe VA		•		
Potentiel mutagène		•	•	
Potentiel tératogène		•	•	•
Concentration maximale acceptable (CMA) dans l'eau potable	0,005 mg/L (5 µg/L)	0,9 à 0,005 mg/L (900 à 5 µg/L)	0,002 mg/L (2 µg/L)	0,005 mg/L (5 µg/L)

*Voir la définition de la classification à la p. 12

Inspiré de Carrier et Duclos, 1993 dans Québec, 1993; CSE, 1993; Santé Canada, 1996a (voir les références entières à la fin du document)

2.1.2.3 Les microorganismes pathogènes et les risques à la santé humaine

Plusieurs matières résiduelles qui composent nos poubelles sont des sources de prolifération des microorganismes pathogènes. On peut mentionner entre autres, les selles d'animaux domestiques, les couches ainsi que les résidus de jardin ou de nourriture, des boues de stations d'épuration municipales et industrielles (CSE, 1993). Les principaux microorganismes recensés dans les lieux d'enfouissement sanitaire (LES) ainsi que les risques à la santé humaine suite à une exposition sont détaillés au tableau 2.3. Les microorganismes pathogènes peuvent être regroupés en trois catégories : les bactéries, les protozoaires et les virus. Certains facteurs influencent la survie des microorganismes dans l'environnement : la température, le pH, le taux d'humidité.

De façon générale, les températures très froides amenant la congélation diminuent sensiblement les chances de survie des bactéries et des protozoaires (Lamontagne, sans date). Cependant, certains virus peuvent résister pendant plusieurs mois, voire des années, à des températures très froides. Comme il a déjà été mentionné précédemment, le vecteur d'exposition le plus probable demeure la consommation d'une eau potable dont la source a été contaminée. Les origines de la contamination sont diverses : activités agricoles, rejets des eaux usées et/ou LES. En effet, un LES peut être une source de contamination microbiologique, car bien que le sol d'un LES joue naturellement un rôle de filtre, il ne peut retenir qu'une partie du lixiviat servant de véhicule aux microorganismes pathogènes. On pourrait croire que le captage et le traitement du lixiviat a pour conséquence d'éliminer une grande quantité de microorganismes. Malheureusement, près de la moitié des LES ne sont pas munis d'un système de captage de lixiviat et les résultats d'une étude montrent, non pas une diminution, mais bien une croissance des microorganismes suite au traitement de lixiviat par la méthode la plus courante au Québec (Cabral et al., 1997; Frigon et al., 1992). Le tableau 2.3 donne un aperçu des microorganismes pathogènes pouvant être véhiculé par le lixiviat vers les cours d'eau.

Selon le ministère de la santé québécois, les principaux pathogènes impliqués dans les atteintes à la santé humaine sont *Campylobacter* sp., *Escherichia coli*, *Giardia* sp., *Salmonella* sp. et *Yersinia enterocolitica* (MSSQ, 1996). Les infections causées par ces microorganismes sont répertoriées dans la liste des maladies à déclaration obligatoire, c'est-à-dire qu'elles font l'objet d'une surveillance de Santé Canada (Santé Canada, 1998). Divers intervenants en santé publique croient cependant que l'ampleur des atteintes à la santé de la population québécoise causées par la contamination microbiologique en général demeure sous-estimée en raison des lacunes du réseau en santé publique et du faible nombre de personnes atteintes d'une gastro-entérite qui consultent un médecin (Levallois, 1995a; Bolduc, 1998).

En effet, les principaux symptômes lorsqu'un individu a ingéré des microorganismes pathogènes sont une diarrhée, une céphalée, des crampes abdominales et des nausées. Toutefois, les atteintes à la santé humaine peuvent varier selon l'espèce. Celles-ci sont décrites au tableau 2.4.

**Plusieurs matières
résiduelles qui
composent nos
poubelles sont des
sources de
prolifération des
microorganismes
pathogènes.**

TABLEAU 2.4

Risques à la santé associés à l'exposition aux microorganismes pathogènes retrouvés dans le lixiviat

Microorganismes pathogènes ou maladies

Effets sur la santé	Campylobacter ⁴	Escherichia Coli ^{3,4}	Giardia lamblia ⁴	Leptospirose ²	Salmonelles ^{3,4}	Shigelles ^{3,4}
Anémie				•		
Anomalies dans les selles	•		•			•
Céphalée	•			•		
Crampes abdominales		•	•		•	
Diarrhée	•	•	•		•	•
Douleurs musculaires	•					
Fatigue			•			
Fièvre	•	•		•	•	•
Maux de tête						
Méningite						
Perte de poids			•			
Pneumonie				•		
Syndrome de Guillaume-Barre (paralysie progressive)	•					
Syndrome hémolytique et urémique (SHU) (destruction des globules rouges et insuffisance rénale)		•				
Troubles de reproduction Accouchement prématuré Enfant mort-né						
Troubles du système cardiaque						
Vomissements	•	•		•	•	•

Inspiré de Carrier et Duclos, 1993 dans BAPE 1993 (1); 1991 (2), Santé Canada, 1996b, Santé Canada, 1998

N.B. Pour les références complètes, voir la liste de références à la fin du document.

TABIEAU 2.4

Risques à la santé associés à l'exposition aux microorganismes pathogènes retrouvés dans le lixiviat

Effets sur la santé	Virus			
	Poliovirus ¹	Virus de l'hépatite A ¹	Virus de Norwalk ¹	Yersinia enterocolitica ¹
Anémie				
Anomalies dans les selles				
Céphalée			•	•
Crampes abdominales			•	•
Diarrhée				•
Douleurs musculaires				
Fatigue		•		
Fièvre	•		•	•
Jaunisse		•		
Maux de tête	•			
Méningite				
Paralyse	•			
Perte de poids				
Pneumonie				
Syndrome de Guillaume-Barre (paralyse progressive)				
Syndrome hémolytique et urémique (SHU) (destruction des globules rouges et insuffisance rénale)				
Troubles de reproduction Accouchement prématuré Enfant mort-né				
Troubles du système cardiaque				
Vomissements	•	•	•	•

Inspiré de Carrier et Duclos, 1993 dans BAPE 1993 (1);, 1991 (2), Santé Canada, 1996b, Santé Canada, 1998

N.B. Pour les références complètes, voir la liste de références à la fin du document.

2.1.3 Les normes visant à contrôler les eaux de lixiviation

Au niveau légal, c'est la Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q.-2) qui énonce les règles à suivre en matière de gestion des matières résiduelles. Plus précisément, c'est le Règlement sur les déchets solides, inclus à l'intérieur de cette loi qui, depuis 1978, indiquent les normes à respecter en matière de rejets des eaux de lixiviation dans l'environnement (Québec, 1993). En pratique, le ministère de l'Environnement du Québec se fie toutefois depuis quelques années sur des normes plus récentes, notamment celles indiquées dans le Projet de règlement sur la mise en décharge et l'incinération des déchets. Cependant, un nouveau règlement remplaçant ce dernier devrait entrer en vigueur sous peu, soit le Règlement sur l'élimination des matières résiduelles. Le tableau 2.5 permet de comparer les normes de rejet du lixiviat dans les eaux de surface et dans les eaux souterraines de l'actuel règlement et de celui qui sera incessamment mis en vigueur. Étant donné que l'application à part entière du nouveau règlement ne se concrétisera pas avant quelques années, nous décrirons sommairement les moyens utilisés par les propriétaires de lieux d'enfouissement sanitaires (LES) pour se conformer aux normes de rejet du lixiviat édictées par le Règlement sur les déchets solides.

Officiellement les trois principaux concepts de base pour réduire la contamination provenant du lixiviat des LES sont le confinement, l'atténuation naturelle et le captage du lixiviat. Il faut rappeler que même si les lacunes du principe de l'atténuation naturelle pour assurer la protection de l'environnement ont été démontrées, les gestionnaires se sont basés principalement sur celui-ci pour autoriser le développement de la majorité des lieux d'enfouissement sanitaire (LES) existants au Québec jusqu'à tout récemment (Cabral et al., 1997) (voir tab. 2.1). Même si le développement d'un lieu d'enfouissement sanitaire (LES) n'est, dans la pratique, plus autorisé sur cette base depuis quelques années, nous l'expliquerons brièvement, car la libération des contaminants d'une portion importante de LES existants, elle, continuera.

Le confinement

Le confinement est basé sur le principe que plus le matériel utilisé pour contenir les matières résiduelles d'un lieu d'enfouissement sanitaire (LES) est imperméable, plus il retiendra les contaminants. La libération du lixiviat et de ses contaminants à l'extérieur du site d'enfouissement, que ce soit dans l'eau ou dans le sol, devrait ainsi prendre plus de temps. Les principaux types de matériel utilisé à cet effet sont énumérés à la section introduction de ce document. Pour le matériel naturel, on distingue un gradient de performance selon les divers types de sol. Les plus performants étant les sols argileux, alors que les moins efficaces pour retenir les contaminants étant les sols sableux (Cabral et al., 1997).

Selon une étude publiée en 1997, seulement 9 sur 73 sites d'enfouissement québécois étaient situés sur un sol argileux et seulement trois (3) sites recourraient à une membrane. Ainsi, la majorité des LES québécois (83.5%), sont situés sur un sol plus ou moins étanche et donc retenant plus ou moins les contaminants. De plus, il faut ajouter qu'il existe une multitude de zones d'incertitudes face à l'efficacité des matériaux, tant naturels que synthétiques, servant au confinement du lixiviat afin de conserver les contaminants (Chapuis et Marcotte, 1991; Gagné, 1995; Québec, 1997).

L'atténuation naturelle

Comme nous venons de le voir, plusieurs LES ont, dans le passé, obtenu un permis d'autorisation pour enfouir les matières résiduelles, non selon le principe que le matériel de confinement servant à isoler les résidus permettra de réduire efficacement la libération des contaminants dans l'environnement, mais sur celui de l'atténuation naturelle. Le concept d'atténuation naturelle mise sur le pouvoir épurateur naturel du sol où seront enfouies les matières résiduelles. Les principaux mécanismes naturels qui permettraient une diminution de la contamination de l'environnement sont la dégradation biochimique du lixiviat et la rétention des contaminants sur les particules du sol (Cabral et al., 1997). Ces mécanismes s'avèrent peu efficaces pour empêcher la contamination des composantes de l'environnement par les eaux de lixiviation. Le bilan du Plan d'action pour l'évaluation et la réhabilitation des lieux d'enfouissement sanitaire (PAERLES) réalisé par le ministère de l'Environnement québécois confirme cet état de fait. En effet, 61% des lieux par atténuation naturelle et 83% des lieux avec captage et traitement des eaux de lixiviation contaminaient des eaux de surface en 1991 (Québec, 1995).

Selon une étude publiée en 1997, seulement 9 sur 73 sites d'enfouissement québécois étaient situés sur un sol argileux et seulement trois (3) sites recourraient à une membrane.

Ainsi, la majorité des LES québécois (83.5%), sont situés sur un sol plus ou moins étanche et donc retenant plus ou moins les contaminants.

Le captage et le traitement des eaux de lixiviation

On s'aperçoit que 41 des 73 sites d'enfouissement sont pourvus d'un système de captage des eaux de lixiviation et que parmi les sites les plus susceptibles de contaminer l'environnement, soit ceux érigés sur un sol sableux, seulement 3 sur 25 (12%) en sont pourvus (Cabral et al., 1997). À ces données fort peu réconfortantes pour la santé publique viennent s'ajouter les incertitudes liées aux technologies employées par les exploitants québécois de LES pour capter le lixiviat. En effet, une étude révèle que le lixiviat provenant d'un LES dans les Laurentides traité par la technique la plus courante au Québec ne rencontrait ni avant, ni après le traitement les normes du ministère de l'Environnement québécois pour les paramètres suivants : composés phénolés, huiles et graisses, demande chimique en oxygène (DCO), demande biologique en oxygène (DBO₅) et coliformes totaux (Frigon et al, 1992). Il faut souligner que bien qu'il existe divers types de traitement du lixiviat, la majorité des exploitants de LES du Québec se sont tournés vers ceux étant les plus simples et les moins onéreux, contrairement aux États-Unis. Ainsi, la technique la plus utilisée au Québec est basée sur une technique biologique anaérobie, c'est-à-dire que l'on se base sur l'activité des microorganismes qui se développent dans un milieu dépourvu d'air pour réduire la contamination du lixiviat (Frigon et al., 1992; Lisk, 1991; Parent, 1990).

**parmi les sites les plus susceptibles de contaminer l'environnement, soit ceux érigés sur un sol sableux, seulement 3 sur 25 (12%) en sont pourvus d'un système de captage des eaux de lixiviation.
(Cabral et al., 1997)**

Les résultats de Frigon et al. (1992) démontrent que le traitement des étangs non aérés mécaniquement, qui est une technique anaérobie, quoique réduisant la toxicité du lixiviat, est insuffisant, car les eaux de lixiviation même après avoir subi le traitement, ne respectaient pas plusieurs normes du Règlement sur les déchets solides. Le tableau 2.5 permet de comparer les concentrations moyennes de certains contaminants du lixiviat mesurées dans un lieu d'enfouissement sanitaire québécois, les normes relatives au lixiviat et celles à l'eau potable. En conclusion, il ne faut pas oublier que tous ces palliatifs ne sont que des solutions à court ou à moyen terme.

TABLÉAU 2.5

Comparaison entre les concentrations moyennes des contaminants présents dans le lixiviat mesurées dans un lieu d'enfouissement sanitaire québécois (LES), les normes liées au rejet du lixiviat dans les eaux de surface et les normes qualité de l'eau de potable

CONTAMINANTS :	LIXIVIAT BRUT D'UN LES AU QUÉBEC ¹ (MG/L)	NORMES DE REJET DU LIXIVIAT EAUX DE SURFACE (MG/L)		NORMES DE L'EAU POTABLE (SANTÉ CANADA) (MG/L) ⁴	NIVEAU DU POUVOIR CANCÉROGÈNE*
		RDS ² 1978	REMR ³ 2000		
INORGANIQUES					
Azote ammoniacal (N)	Non mesuré	Sans norme	61	15	---
Cadmium (Cd)	Non mesuré	0.1	Sans norme	0.005	---
Chlorures (HCl)	120	1500	Sans norme	250	---
Chrome (Cr)	0.05	0.5	0.25	0.05	Groupe I
Cuivre (Cu)	<0.01	1	0.25	<1	---
Cyanures (CN)	0.03	0.1	0.25	0.2	--
Fer (Fe)	165	17	15	0.3	---
Huiles et graisses	165	15	10	Sans norme	---
Manganèse (Mn)	Non mesuré	Sans norme	25	0.05	---
Mercure (Hg)	Non mesuré	0.001	0.001	0.001	--
Nickel (Ni)	0.04	1	2.8	0.02	---
Nitrates-nitrites	Non mesuré	Sans norme	Sans norme	45 mg/L (nitrates) 3,2 mg/L (nitrites)	Groupe IIIA
Phénols	1.38	0.02	0.25	0.3	---
Plomb (Pb)	<0.05	0.1	0.25	0.01	Groupe IIIB
Sulfates (SO ₄)	100	1500	Sans norme	500	---
Zinc (Zn)	0.24	1	1.9	Sans norme	--
ORGANIQUES					
Benzène	Non mesuré	Sans norme	Sans norme	0.005	Groupe I
Chlorophénols	Non mesuré	Sans norme	Sans norme	de 0,9 à 0,005	Groupe II à VA
Chlorure de vinyle (PVC)	Non mesuré	Sans norme	Sans norme	0,002	Groupe I
Dichlorométhane				0.05	Groupe II
Tétrachloro-éthylène					Groupe II
Tétrachlorure de carbone	Non mesuré	Sans norme	Sans norme	0,005	Groupe II
Toluène				<0.024	---
Trichloroéthane				0.05	---
Xylène				<0.3	---
BIOLOGIQUES					
Coliformes fécaux	<10	200	--	0	--
Coliformes totaux	230	2400	10 000	10	--

* Voir la définition des classes du potentiel cancérigène à la p. 18

1 Frigon et al., 1992 (1)

2 RDS : Règlement sur les déchets solides, 1978.

3 REMR : Règlement sur l'élimination des matières résiduelles, 2000

4 Santé Canada, 1996

N.B. Pour les références complètes, voir la liste de références à la fin du document.

2.2 Le biogaz

Le biogaz est un gaz combustible qui se forme suite à la décomposition des matières résiduelles organiques en milieu anaérobie, c'est-à-dire sans oxygène (Parent, 1990). Les résidus domestiques suivants composeraient les matières organiques d'un lieu d'enfouissement sanitaire (LES) typique: les papiers, les résidus de jardins, les résidus alimentaires, les plastiques, le bois, le cuir et le caoutchouc et les textiles (tableau 2.6) (Lisk, 1991). Parmi les matières organiques, les résidus alimentaires et les résidus de jardin, que l'on nomme matières putrescibles, représentaient en 1992 une proportion élevée des résidus domestiques éliminés, soit 30,6% (Cartier, 1996).

TABIEAU 2.6

Composition typique des matières résiduelles organiques d'un lieu d'enfouissement sanitaire (LES)

TYPE DE MATIÈRES ORGANIQUES	COMPOSITION (%)
Papiers	50,2
Résidus de jardins	17,8
Résidus alimentaires	16,8
Plastiques	5,2
Bois	4,6
Cuir et caoutchouc	3,4
Textiles	2,0
Total	100,0

Inspiré de Lisk, 1991. « Environmental Effects of Landfills », *The Science of the Total Environment*, vol. 100, p. 416.

Trois processus interdépendants interviennent dans la décomposition des matières résiduelles organiques enfouies. Ces processus sont d'ordre physique, chimique et biologique. Le premier processus de décomposition à se produire est d'ordre physique : les matières résiduelles se divisent en plus petites constituantes en raison de facteurs extérieurs tels le brassage mécanique et le rinçage (CSE, 1993 ; Drouin et al., 1993). La deuxième transformation est d'ordre chimique et implique diverses réactions se produisant entre les molécules des matières résiduelles : l'hydrolyse, la dissolution-précipitation, les échanges d'ions, etc. (Québec, 1993). Finalement, la troisième et principale modification subie par les matières résiduelles conduisant à la formation de biogaz est d'ordre biologique, c'est-à-dire qu'elle est engendrée par l'activité de milliers de microorganismes. Cette décomposition biologique implique quatre étapes qui peuvent durer plusieurs dizaines d'années : aérobie, anaérobie non méthanogène, anaérobie méthanogène instable et anaérobie méthanogène stable (Lisk, 1991). C'est de cette façon qu'une portion des matières résiduelles enfouies sous forme solide se retrouve sous forme gazeuse. La résultante de ce processus est composé de diverses substances sous forme gazeuse. Le tableau 2.7 rapporte la composition typique du biogaz libéré par un LES.

TABIEAU 2.7

Composition typique du biogaz libéré par un lieu d'enfouissement sanitaire

SUBSTANCES	Composition (%)
Méthane (CH ₄)	47,4
Dioxyde de carbone (CO ₂)	47
Azote (N ₂)	3,7
Oxygène (O ₂)	0,8
Composés traces	0,5
Hydrogène (H ₂)	0,1
Monoxyde de carbone (CO)	0,1
Hydrocarbures aromatiques	0,2
Hydrocarbures paraffiniques (éthane, propane, cyclohexane)	0,1
Sulfure d'hydrogène (H ₂ S)	0,01

Inspiré de Lisk. 1991. « Environmental Effects of Landfills ». The Science of the Total Environment, vol. 100, p. 431.

Parmi les composants du biogaz, ce sont les hydrocarbures aromatiques et les composés traces, particulièrement les composés organiques volatils (COV), qui sont davantage préoccupants pour la santé publique. En effet, bien que ces substances ne représentent qu'un faible pourcentage de la composition du biogaz, plusieurs d'entre elles sont reconnues par plusieurs études comme toxiques même à de très faibles concentrations d'exposition et comme agents cancérogènes (Santé Canada, 1996, Santé Canada, sans date). Il faut souligner que la composition d'un biogaz peut varier selon divers facteurs tels le stade de décomposition du LES, la nature et la quantité de matières résiduelles enfouies, les conditions atmosphériques et les caractéristiques propres du LES (topographie, hydrogéologie, etc.) (CSE, 1993). La section suivante résume les risques sanitaires et environnementaux associés à la libération dans l'environnement des principaux contaminants composant le biogaz.

2.2.1 Le biogaz et les risques pour la santé humaine

Peu de recherches ont étudié l'impact direct de l'exposition des humains à l'ensemble des substances formant les biogaz. Cependant, trois recherches ont été effectuées entre 1994 et 1998 sur les risques sanitaires des citoyens résidant aux environs du Complexe environnemental Saint-Michel (CESM), lieu où étaient enfouies les matières putrescibles de l'île de Montréal jusqu'à tout récemment. Bien que les résultats de l'étude publiée en 1999 ne soient pas statistiquement concluants, ils suggèrent des associations possibles entre le fait de demeurer près du CESM et le fait de développer, pour les hommes, des lymphomes non hodgkiniens et divers types de cancers: du foie, du rein et du pancréas (Goldberg et al., 1999). Ainsi, le risque de développer un cancer du foie, un cancer du pancréas ou un lymphome non hodgkinien serait plus élevé pour les hommes résidant à l'intérieur d'un rayon de 1,25 km du lieu d'enfouissement.

Chez les femmes, le niveau de risque de développer un cancer de l'estomac et un cancer de l'utérus serait élevé (Goldberg et al., 1995a). De plus, les résultats démontreraient qu'il y a un excès de risque significatif pour les femmes d'enfanter un nouveau-né de faible poids à la naissance (Goldberg et al., 1995b). D'autres études épidémiologiques ont trouvé des impacts négatifs similaires sur le système reproducteur des femmes exposées à certains contaminants libérés par les lieux d'enfouissement, tels les COV et sur leur progéniture: naissance prématurée, malformations congénitales, avortements spontanés, etc. (Santé Canada, 1996; sans date).

Les auteurs n'établissent pas de liens formels entre ces maladies et les biogaz émis, mais ils mentionnent que plusieurs composés organiques volatils (COV) présents dans le biogaz, tels le benzène et le chlorure de vinyle, sont reconnus comme étant des agents cancérigènes pour l'humain. Le chlorure de vinyle est considéré par les spécialistes en santé internationaux comme une substance cancérigène affectant particulièrement le foie. Selon les auteurs de cette étude, il est peu probable que l'excès de risque à cet égard soit causé par d'autres causes, telles la consommation excessive d'alcool ou de cigarettes, car les personnes ayant un dossier médical indiquant ces deux facteurs de risque ont été éliminées de l'enquête. Nous expliquerons dans les paragraphes suivants les tableaux 2.8 et 2.9 énumérant les risques pour la santé associés aux principales substances toxiques présentes dans le biogaz.

Ainsi, le risque de développer un cancer du foie, un cancer du pancréas ou un lymphome non hodgkinien serait plus élevé pour les hommes résidant à l'intérieur d'un rayon de 1,25 km du Complexe environnemental Saint-Michel.

2.2.1.1 Le méthane

Les principaux risques à la santé publique, à l'exception de celui consistant à contribuer à l'effet de serre qui est discuté ultérieurement dans cette section, associés au méthane sont les blessures ou la mort engendrées par l'asphyxie et les incendies (Drouin et al., 1993). En effet, le méthane est un gaz combustible. Il peut s'accumuler à l'intérieur du lieu d'enfouissement ou à l'extérieur de celui-ci suite à une migration latérale à travers le sol. Si sa concentration dans l'air atteint entre 5 et 15%, il peut causer des explosions et des incendies et conséquemment causer la mort, des blessures et des dommages à la propriété (CSE, 1993). De 1975 à 1987, l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis a recensé 31 événements accidentels dus à la migration latérale du biogaz (Drouin et al., 1993). Plus près de nous, deux travailleurs du LES de Montréal, nommé Centre de tri et d'élimination des déchets (CTED) en 1991, année pendant laquelle a lieu l'accident, ont été hospitalisés en raison de l'inhalation de biogaz et un autre en est mort accidentellement (Gingras, 1991).

TABLEAU 2.8

**Risques à la santé associés à une exposition
des principaux contaminants retrouvés dans le biogaz**

SUBSTANCES

Méthane (CH₄)

Monoxyde de carbone (CO)

Composés sulfurés

(disulfure de carbone (S₂C)
et sulfure d'hydrogène (H₂S))

RISQUES POUR LA SANTÉ HUMAINE

- Asphyxie ;
- Blessures ;
- Explosions et incendies ;
- Mort.

- Asphyxie
- Étourdissements ;
- Maux de tête ;
- Nausées.
- Troubles cardio-respiratoires (angine)

- Troubles cardiaques ;
- Troubles nerveux ;
- Troubles respiratoires.

Exposition chronique :

- Potentiel mutagène * :
 - Aberrations chromosomiques.
- Effets sur la reproduction et tératogénicité
 - Anomalies des appareils urogénital et squelettique chez les embryons ;
 - Troubles de l'ossification ;
 - Troubles des reins ;
 - Troubles de la formation du sang.

2.2.2.2 Les composés organiques volatils (COV)

Plusieurs composés organiques volatils libérés dans l'environnement par le biogaz peuvent engendrer des risques sur la santé très sérieux si les humains y sont exposés pendant de longues années. Ceux qui sont le plus fréquemment cités sont: le benzène, les chlorophénols, le chlorure de vinyle (principale composante du PVC) et le tétrachlorure de carbone (Beaudet et Boyer, 1999; Cartier, 1996; CSE, 1993; Drouin et al., 1993). Plusieurs d'entre eux, peuvent causer des effets irréversibles sur les systèmes reproducteur, respiratoire, nerveux, immunitaire, rénal et digestif (Santé Canada, 1996) (tableau 2.8). Le benzène, le chlorure de vinyle et le tétrachlorure de carbone, trois composés organiques volatils, sont soit reconnus pour être des agents cancérogènes, ou suspectés d'en être. De plus, diverses études démontrent que le chlorure de vinyle est un agent tératogène, c'est-à-dire qu'il accroît les anomalies du développement du fœtus en traversant la barrière placentaire et du nouveau-né (Santé Canada, 1996). Avortements spontanés, malformations congénitales et autres anomalies chez les nouveaux-nés sont au nombre des conséquences possibles. Le tableau 2.9 détaille les risques à la santé associés à l'exposition aux principaux composés organiques volatils libérés par le biogaz. Il faut souligner que les composés organiques volatils mentionnés dans ce tableau sont tous retrouvés à l'ancien site d'enfouissement de l'île de Montréal maintenant appelé Complexe environnemental Saint-Michel.

TABLEAU 2.9

Risques pour la santé suite à une exposition chronique à certains composés organiques volatils (COV) retrouvés dans le biogaz

Risque de dysfonctionnement au niveau :	Benzène	Chlorure de vinyle	Dichloro-1,2-éthane	Dichlorométhane	Tétrachloroéthylène	Tétrachlorure de carbone	Toluène et xylène	Trichloroéthylène
Du système cardiaque				•		•		
Du système digestif (foie, estomac, etc.)		•	•	•		•		•
Du système endocrinien		•	•					
Du système immunitaire	•							
Du système nerveux		•		•	•	•		
Du système osseux		•						
Du système rénal (reins)				•	•	•		•
Du système respiratoire (poumons)		•	•	•		•	•	•
Du système sanguin (ex. : anémies, leucémies, etc.)	•	•		•	•			
Du système reproducteur		•				•		
Potentiel cancérogène*			•					
Groupe I	•	•				•		
Groupe II				•	•	•		
Groupe IIIA								
Groupe IIIB								•
Groupe VA								
Potentiel mutagène		•	•	•				•
Potentiel tératogène		•		•		•		

Inspiré de Carrier et Duclos, 1993 dans BAPE, 1993; Drouin et al., 1992 dans CSE, 1993; Santé Canada, 1996a, Santé Canada, sans date; Tortora et al., 1994 et Domart et Boumeur, 1981.

N.B. Pour les sources complètes, voir la liste de références à la fin du document.

2.2.2.3 Les odeurs

Les odeurs nauséabondes provenant d'un LES sont principalement dues au biogaz qui contient des composés sulfurés, tels le sulfure d'hydrogène (H₂S) et les mercaptants (Québec, 1994). Ces substances ont comme caractéristique de libérer une odeur d'œufs pourris qui persiste sur de longues distances même à de faibles concentrations. Les matières résiduelles enfouies, telles les solvants, les colles et les peintures, constituent une source secondaire d'odeurs. Ces odeurs peuvent occasionner divers risques à la santé publique, principalement d'ordre psychosocial, qui sont énumérés au tableau 2.10. Par risque à la santé d'ordre psychosocial, on entend « un état de détresse, de dysfonction et d'incapacité se manifestant par une vaste gamme d'issues psychologiques, sociales, et comportementales » (Elliot, 1993 cité par Proulx et Duclos, p. 4).

TABIEAU 2.10

Risques à la santé humaine biologiques et psychosociaux liés à l'exposition aux odeurs libérés par le biogaz

Risques à la santé publique

Au niveau biologique
(associé aux composés sulfurés)

Au niveau psychosocial

Type de risques

Exposition aiguë :

- Nausées;
- Douleurs épigastriques;
- Irritations des muqueuses ;
- Troubles cardiaques ;
- Troubles nerveux ;
- Troubles respiratoires.

Exposition chronique :

- Potentiel mutagène * :
 - Aberrations chromosomiques,
- Effets sur la reproduction et tératogénicité* :
 - Anomalies des appareils urogénital et squelettique chez les embryons;
 - Troubles de l'ossification;
 - Troubles des reins;
 - Troubles de la formation du sang;
 - Troubles du foie.

- Nuisance au sentiment de bien-être;
- Absence de motivation à revenir à la maison;
- Diminution des activités extérieures;
- Réduction des rencontres sociales;
- Interférence, nuisance à la communication;
- Diminution du seuil de tolérance, colères plus fréquentes;
- Déclenchement ou exacerbation des tensions familiales;
- Diminution de l'appétit.

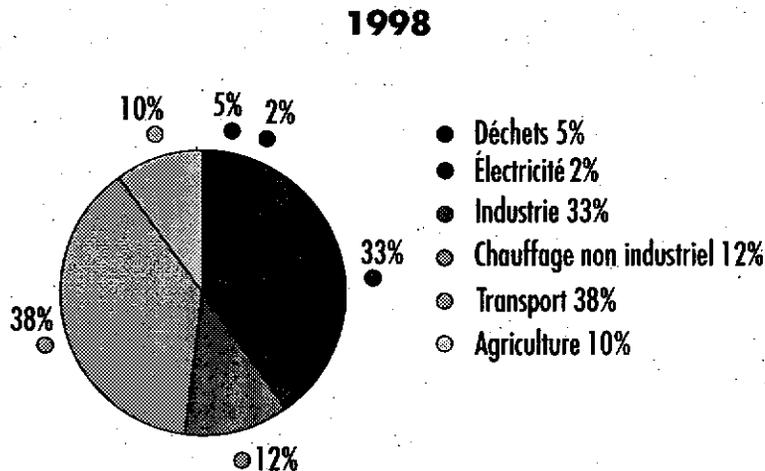
Inspiré de Santé Canada, 1996 et de Proulx et Duclos, 1994.

N.B. Pour les références complètes, voir la liste de références à la fin du document.

2.2.2.4 Les gaz à effet de serre

FIGURE 2.2

Emissions des gaz à effet de serre au Québec en 1998



Le méthane (CH_4) et le dioxyde de carbone (CO_2), qui forment généralement plus de 90% du biogaz, sont deux gaz à effet de serre libérés dans l'atmosphère par les LES, dont la réduction est prioritaire pour le Plan d'action québécois sur les changements climatiques (Lisk 1991; Québec, 2000). Ceci explique la raison pour laquelle l'élimination des matières résiduelles dans les LES constitue un des secteurs d'activité de la société québécoise qui intéresse particulièrement le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (Lisk 1990; Québec, 2000) (figure 2.2). Plus précisément, sa contribution aux émissions de gaz à effet de serre représente 5%.

Les gaz à effet de serre agissent de façon similaire aux vitres d'une serre qui retiennent la chaleur du soleil à l'intérieur. Bien que ce phénomène lorsqu'il est équilibré, soit à l'origine de la vie sur terre, les activités humaines seraient responsables d'un déséquilibre en libérant des concentrations élevées de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (Québec, 2000). Ce phénomène entraînerait un réchauffement global de la surface de la Terre comportant des risques importants tant aux niveaux sanitaires, environnementaux qu'économiques. Nous résumons dans cette section les impacts potentiels sur la santé publique d'un réchauffement de la surface terrestre en lien avec les gaz à effet de serre contenus dans le biogaz.

Le réchauffement de la planète risque d'avoir diverses conséquences préjudiciables pour la santé humaine et d'accroître sensiblement la mortalité.

Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), le réchauffement de la planète risque d'avoir diverses conséquences préjudiciables pour la santé humaine et d'accroître sensiblement la mortalité (Québec, 2000, p. 17). En effet, les scientifiques prévoient notamment un accroissement de l'incidence de maladies infectieuses contractées par l'être humain en raison de l'expansion vers le Nord de l'aire d'influence de certains microorganismes pathogènes qui auparavant ne se retrouvaient que dans le Sud. De plus, l'augmentation de la température pourrait mener à une dégradation de la qualité de l'air, à l'accroissement du smog et à la prolifération des pollens, poussières et autres particules susceptibles d'aggraver les problèmes d'allergies et d'asthme. Par exemple, le taux d'hospitalisation chez les enfants canadiens souffrant d'asthme a augmenté de 18% chez les filles et de 28% chez les garçons de 1980 à 1990. Les problèmes respiratoires, tel l'asthme, sont souvent associés à l'accroissement du smog dans les villes. Les groupes de la société les plus vulnérables à ces impacts sur la santé sont les enfants et les personnes âgées. Le principal élément du smog est l'ozone troposphérique (O₃) qui se forme relativement près de la surface de la Terre (sur une distance de 10 km) et qui présente des risques pour la santé publique (Tushingam et Lalonde, 1995). Il ne faut pas confondre l'ozone troposphérique à l'ozone stratosphérique qui est bénéfique pour la Terre en formant une couche protectrice contre les rayons du soleil et qui est situé entre 10 et 60 km de la surface du globe (Bisson, 1986).

L'ozone qui constitue le principal composant du smog est formé d'oxydes d'azote (NOx) qui réagissent avec les composés organiques volatils (COV), deux substances retrouvées dans le biogaz (Tushingam et Lalonde, 1995). Selon le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME), le Québec est une des provinces où les concentrations de l'ozone troposphérique dans l'atmosphère sont préoccupantes et dans laquelle il est urgent d'initier des actions visant à réduire les émissions de NOx et de COV. Les gaz frigorigènes, tel le chlorofluorocarbone (CFC), provenant d'appareils de climatisation et de réfrigération enfouis dans les lieux d'enfouissement sanitaire (LES) contribuent pour leur part à la dégradation de la couche d'ozone (celle qui sert de protection pour la Terre) (Cartier, 1996; Tushingam et Lalonde, 1995). Le tableau 2.11 résume les risques à la santé associés au réchauffement de la planète (aux gaz à effet de serre et à ceux contribuant à détruire la couche d'ozone protectrice).

TABIEAU 2.11

Les composantes du biogaz impliquées dans le réchauffement de la planète et les risques à la santé

SUBSTANCES (GAZ À EFFET DE SERRE ET GAZ AFFECTANT LA COUCHE D'OZONE)	RISQUES À LA SANTÉ
Composés organiques volatils (COV) Dioxyde de carbone (CO ₂) Gaz frigorigènes (CFC) Méthane (CH ₄) Oxydes d'azote (Nox)	Exposition aiguë <ul style="list-style-type: none"> • Essoufflement; • Éternuements; • Maux de tête; • Nausées; • Sécheresse de la gorge; • Oppression et douleurs thoraciques. Exposition chronique <ul style="list-style-type: none"> • Dysfonctionnements du système respiratoire; • Maladies pulmonaires chroniques.

Inspiré de Québec, 2000 et Tushingam et Lalonde, 1995 (voir les références complètes à la fin de ce document)

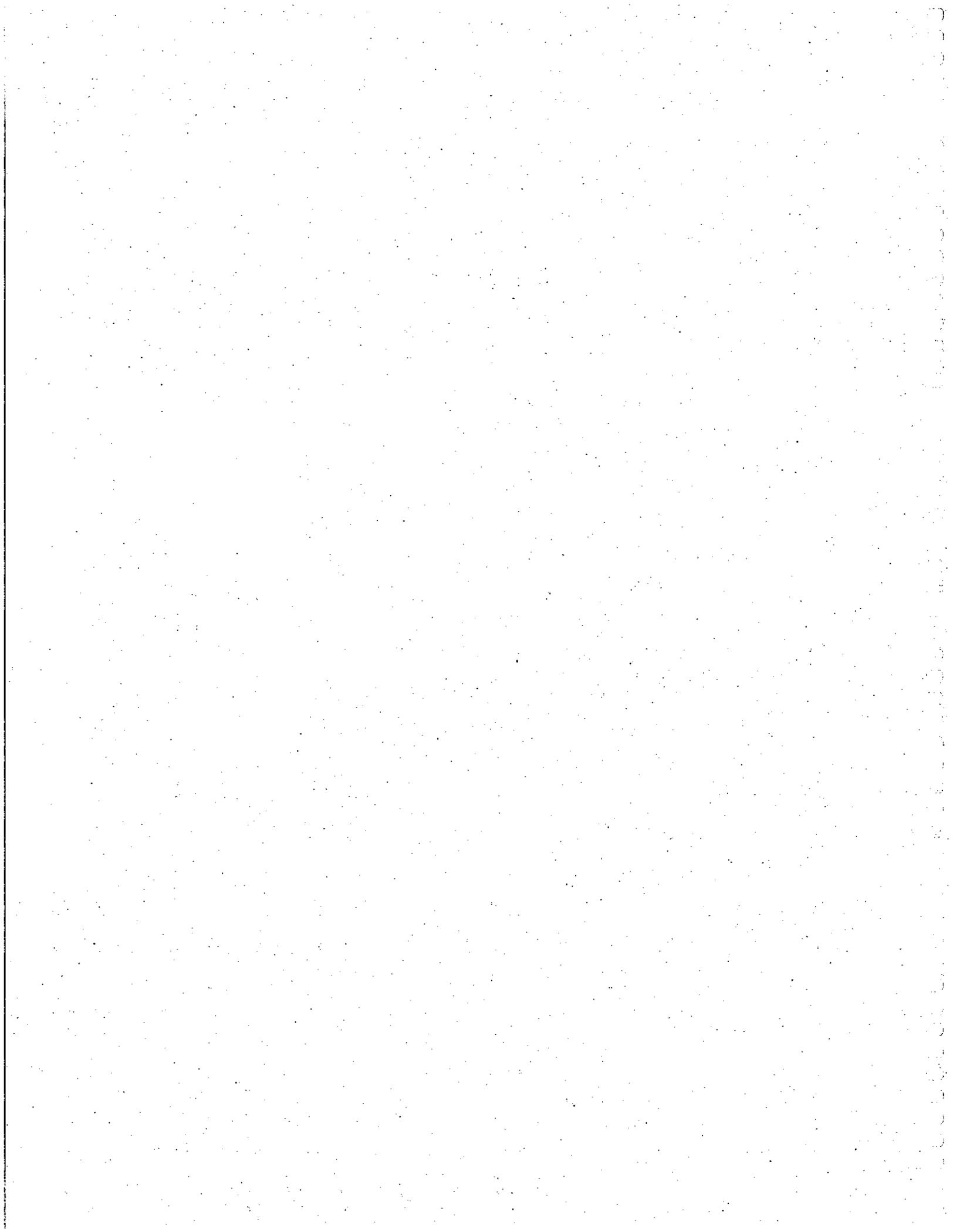
2.3.2 Législation relative au contrôle du biogaz

Le Règlement sur les déchets solides n'oblige pas systématiquement le contrôle des biogaz, toutefois le gouvernement s'apprête à remplacer ce dernier par le Règlement sur l'élimination des matières résiduelles qui obligera tout nouveau lieu d'enfouissement important à capter et à brûler les biogaz qu'il produit (Québec, 2000). Ainsi, les LES québécois munis d'un système de captage des biogaz étaient l'exception en 1993 (CSE, 1993). Malheureusement, même si le biogaz est partiellement récupéré pour servir d'énergie, le processus de combustion utilisé pour y arriver génère des substances, telles les dioxines et les furannes, considérées très toxiques pour la santé humaine malgré la faible quantité libérée.

La section suivante rapporte d'ailleurs les risques pour la santé publique suite à l'exposition aux substances libérées par l'incinération des matières résiduelles municipales. Finalement, rappelons que les lieux d'enfouissement sanitaire (LES) émettent des gaz à effet de serre (GES) (méthane, dioxyde de carbone, COV) et que cela représente 5% du total des GES émis par le Québec. Cette situation est d'autant plus désolante que le Québec est une des provinces où les concentrations d'ozone troposphérique dans l'atmosphère sont préoccupantes selon Environnement Canada (Tushingam et Lalonde, 1995). Malgré cela, il n'existe toujours pas de normes provinciales relatives aux émissions de biogaz dans l'atmosphère.

Les lieux d'enfouissement sanitaire (LES) émettent des gaz à effet de serre (GES) (méthane, dioxyde de carbone, COV) représentant 5% des émissions totales des GES du Québec.

CHAPITRE III
L'INCINERATION DES DÉCHETS MUNICIPAUX
ET LES RISQUES POUR LA SANTÉ HUMAINE



CHAPITRE III

L'INCINÉRATION DES DÉCHETS MUNICIPAUX ET LES RISQUES POUR LA SANTÉ HUMAINE

L'incinération consiste à brûler les matières résiduelles dans l'objectif de les éliminer et d'en réduire les désagréments. Cependant, cette élimination n'en est pas une, car bon nombre de substances contenues dans les matières résiduelles ne font que changer de forme (du solide au gazeux) et conservent leur potentiel toxique même après avoir été brûlées (Greenpeace, 1991). Non seulement, le processus d'incinération ne les élimine pas, mais la température élevée occasionne des transformations de certaines substances déjà toxiques pour la santé humaine, en composés encore plus toxiques (BPC en dioxines et furannes). Il faut souligner que la conception et le fonctionnement des incinérateurs ainsi que la présence d'un dispositif anti-pollution influent sur les teneurs en contaminants qu'ils génèrent. Il existe trois grandes techniques d'incinération au Canada: la combustion en deux étapes, l'incinération de déchets non conditionnés et l'incinération de combustible dérivé de déchets (CDD) (Environnement Canada, 1993).

Au Québec, 192 300 tonnes métriques de matières résiduelles ont été incinérées en 1998, ce qui représente 3,3% du total des matières résiduelles éliminées (FCQGED, 2000). Il existe trois incinérateurs de matières résiduelles municipales: deux sont situés dans la région de Québec et un aux Îles-de-la-Madeleine (Québec, 1998). Les autres incinérateurs brûlent des déchets dangereux et des boues d'usines d'épuration des eaux.

Les contaminants dégagés par les incinérateurs peuvent être libérés dans l'environnement de deux principales façons: par les émissions résiduelles atmosphériques et par les cendres (CSE, 1993). Comme il a été mentionné dans la section sur l'exposition aux contaminants et les principes de base en toxicologie, la population peut être exposée directement via l'air qu'elle respire ou l'eau qu'elle boit et indirectement via la nourriture en raison du processus de bioaccumulation (Viel et al., 2000). Il va de soi que les personnes résidant à proximité sont un groupe davantage à risques. Il faut souligner que dans la plupart des cas, les LES et les incinérateurs ne sont pas les seules sources de contaminations auxquelles ces personnes sont exposées. Toutefois, cet apport supplémentaire de substances toxiques entrant dans l'organisme peut être suffisant pour déclencher des effets néfastes sur leur santé. Cependant avant de rapporter les risques à la santé liés à l'exposition des principales substances toxiques émises par les incinérateurs de déchets municipaux, nous précisons certains aspects importants associés aux cendres d'incinération.

**L'incinération
n'élimine pas nos
matières résiduelles,
car bon nombre de
substances contenues
dans celles-ci ne font
que changer de
forme (du solide
au gazeux) et
conservent leur
potentiel toxique
même après avoir
été brûlées.**

Les incinérateurs de déchets municipaux émettraient des concentrations de dioxines et de furannes trois à mille fois plus élevées que les incinérateurs de déchets dangereux.

Les cendres d'incinération de déchets municipaux sont des résidus du processus de combustion et de récupération des particules et des contaminants. On peut distinguer deux types de cendres: les cendres de grille et les cendres volantes. Les grosses et lourdes particules imbrûlées et les débris métalliques, de verre et de plastique fondus forment les cendres de grille, alors que les cendres volantes sont composées de particules petites et légères, dont la majorité sont captées par des systèmes d'épuration et le reste se dispersent avec les effluents gazeux (CSE, 1993). Bien que généralement le niveau de contamination des cendres volantes soit assez élevé pour qu'elles soient considérées comme un déchet dangereux selon les normes du Règlement sur les déchets dangereux, il n'en va pas ainsi dans la réalité. Les cendres de grille et volantes sont tout simplement enfouies dans un lieu d'enfouissement sanitaire et peuvent libérer leurs substances toxiques par le biais du biogaz ou du lixiviat (CUM, 1994). Cette situation est paradoxale en terme de santé publique.

En effet, les incinérateurs de déchets dangereux, s'avèrent davantage contrôlés que les incinérateurs de déchets municipaux et libèreraient moins de contaminants dans l'environnement. C'est ce que révèle une étude réalisée aux États-Unis (Oppelt, 1990). Par exemple, les incinérateurs de déchets municipaux émettraient des concentrations de dioxines et de furannes trois à mille fois plus élevées que les incinérateurs de déchets dangereux. Étant donné que les normes québécoises relatives aux émissions de dioxines et furannes libérées par les incinérateurs de déchets municipaux ne seront mises en vigueur que suite à l'application du Règlement sur l'élimination des matières résiduelles, il convient de se questionner sur la pertinence des politiques passées sous un angle de santé publique.

Une étude commandée par la Ville de Montréal et la Communauté urbaine de Montréal (CUM) révélait d'ailleurs que les concentrations moyennes de dioxines et de furannes émises par l'ancien incinérateur Des Carrières situé à Montréal dépassaient de neuf fois les normes proposées par le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) est de quatre fois celles édictées par l'Environmental Agency Protection (EPA) des États-Unis (Hôpital Maisonneuve-Rosemont, 1991). Cette situation demeure critique, car les nouvelles normes qui seront mises en vigueur à travers le Règlement sur l'élimination des matières résiduelles ne tiennent compte que d'une minorité de substances émises par ce type d'incinération comportant un risque pour la santé publique (Gazette officielle, 2000) (tableau 3.2).

Dans la prochaine section, nous avons regroupé les substances libérées par l'incinération potentiellement néfastes pour la santé humaine en trois catégories: les substances contribuant à l'effet de serre, les substances organiques, dont les composés organiques volatils (COV), et les métaux. Puisque les risques à la santé humaine occasionnés par la plupart d'entre elles ont déjà été expliqués dans les sections précédentes, nous nous sommes attardés principalement à décrire les impacts potentiels d'une exposition aux substances qui n'ont pas été explorés jusqu'à maintenant.

3.1 Les substances contribuant à l'effet de serre et les risques pour la santé humaine

Plusieurs gaz libérés par les incinérateurs de déchets municipaux contribuent à augmenter l'effet de serre et l'incidence du smog urbain: le dioxyde de carbone (CO₂), le dioxyde de soufre (SO₂), l'oxyde d'azote (NO_x) et le monoxyde de carbone (CO) (tableau 3.1). Ces deux phénomènes ainsi que les risques à la santé qu'ils occasionnent ont déjà été rapportés à la section 2.3.1.2. Cependant, les risques spécifiques à la santé publique associés à une exposition au dioxyde de soufre (SO₂) et au monoxyde de carbone (CO) sont résumés au tableau 3.2, car ils n'ont pas encore été décrits.

TABLEAU 3.1

Substances potentiellement toxiques et contribuant à l'effet de serre libérées par les incinérateurs de déchets municipaux

Substances contribuant à l'effet de serre	Contrôle via le Règlement sur l'élimination des matières résiduelles
Dioxyde de carbone (CO ₂)	Non
Dioxyde de soufre (SO ₂)	Non
Oxydes d'azote (NO _x)	Non
Monoxyde de carbone (CO)	Oui

Inspiré de CSE, 1993 ; Hopper et al., 1994 et Lefebvre et Beausoleil, 1994.

N.B. Pour consulter les références complètes, voir la liste de références à la fin du document.

Plusieurs gaz libérés par les incinérateurs de déchets municipaux contribuent à augmenter l'effet de serre et l'incidence du smog urbain: le dioxyde de carbone (CO₂), le dioxyde de soufre (SO₂), l'oxyde d'azote (NO_x) et le monoxyde de carbone (CO).

TABIEAU 3.1

Risques à la santé associés à l'exposition au dioxyde de soufre (SO₂) et au monoxyde de carbone (CO)

Substances	Risques à la santé humaine
Dioxyde de soufre (SO ₂)	<ul style="list-style-type: none">• Troubles respiratoires (affaiblissement de la fonction respiratoire, aggravation de l'asthme pour les personnes atteintes de cette maladie, etc.);• Troubles cardio-pulmonaires (augmentation de la mortalité chez les personnes âgées et les personnes souffrant de maladies cardio-pulmonaires);• Augmentation du nombre d'admissions dans les hôpitaux et les salles d'urgences.
Monoxyde de carbone (CO)	<ul style="list-style-type: none">• Asphyxie ;• Étourdissements ;• Maux de tête ;• Nausées;• Troubles cardio-respiratoires (angine)

Inspiré de Hopper, F. et al., 1994 et de Lefebvre et Beausoleil, 1994.

N.B. Pour consulter les références complètes, voir la liste de références à la fin du document.

3.2 Les substances organiques et les risques pour la santé humaine

Parmi les principales substances organiques libérées par les incinérateurs de déchets municipaux ayant un impact potentiel sur la santé humaine suite à une exposition, on retrouve les biphényles polychlorés (BPC), les chlorophénols, les COV, les dioxines et les furannes ainsi que les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (Carrier et al., 1993; CSE, 1993; Environnement Canada, 1993). Bien que ces contaminants possèdent tous un potentiel toxique, ce sont les impacts sur la santé liés aux dioxines et aux furannes qui sont le plus préoccupants et qui ont fait le plus l'objet d'études. Ainsi, nous explicitons dans les lignes ultérieures, les raisons de ces inquiétudes face aux dioxines et furannes. En ce qui concerne les autres substances citées, le tableau 3.3 résume les risques pour la santé humaine associés à leur exposition.

TABIEAU 3.3

Risques pour la santé suite à une exposition chronique à certains composés organiques libérés par les incinérateurs de déchets municipaux

Risque de dysfonctionnement au niveau :	Substances								
	BPC	Benzène	Chloro-benzène	Chloro-forme	Chloro-phénols	Chlorure de vinyle	Dichloro-méthane	Dioxines et furannes	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
Du système cardiaque							•		
Du système digestif (foie, estomac, etc.)	•		•	•	•	•	•	•	•
Du système endocrinien						•			
Du système immunitaire		•			•			•	
Du système nerveux	•		•		•			•	
Du système osseux						•			
Du système rénal (reins)	•		•	•			•		
Du système respiratoire (poumons)	•		•			•	•		•
Du système sanguin (ex. anémies, leucémies, etc.)		•			•	•	•		
Du système reproducteur						•		•	
Potentiel cancérogène*	•			•					•
Groupe I		•				•		•	
Groupe II					•		•		
Groupe IIIA					•				
Groupe IIIB			•		•				
Groupe VA					•				
Potentiel mutagène						•	•		
Potentiel tératogène	•		•		•	•	•		
Contrôle via le Règlement sur l'élimination des matières résiduelles	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Non

* Définitions des classes du potentiel cancérogène à la p. 12

Inspiré de Canada, 1990; CSE, 1993; Devito et al., 1995; Environnement Canada, 1993; Gazette officielle, 2000; Kogevinas, 1997; Québec, 1994; Santé Canada, 1996a; Santé Canada, 2001; Viel et al., 2000; Tortora et al., 1994; Domart et Bourneuf, 1981.

N.B. Pour consulter les références complètes, voir la liste de références à la fin du document.

Les dioxines et les furannes

Les dioxines et les furannes est le nom couramment donné à une à une large variété de substances catégorisées dans la même classe chimique, celle des organochlorés, qui sont des sous-produits de la combustion de matières (Viel et al., 2000). Ces composés sont persistants, c'est-à-dire qu'ils ont la caractéristique de demeurer actifs et efficaces pendant une longue période (Parent, 1990). Certains ont une durée de vie dépassant les vingt ans. Ainsi, l'humain exposé peut subir les effets toxiques de ces substances pendant une bonne partie de sa vie sans en être conscient. La bioaccumulation et le développement de cancers sont considérés comme des conséquences très probables de cette situation.

Par bioaccumulation, on entend l'augmentation du taux de contamination causée par diverses substances au long de la chaîne alimentaire (Parent, 1990). C'est-à-dire que la concentration des dioxines et des furannes, bien que peu élevée dans l'environnement au départ, augmente dans un organisme vivant et tout au long de la chaîne alimentaire. Ce phénomène se produit particulièrement dans le cas de la catégorie des polluants organiques persistants (POP), dont les dioxines et les furannes font partie. En résumé, plus une espèce est exposée longtemps, plus elle est prédatrice, plus son niveau de contamination risque d'être élevé. De plus, les dioxines et des furannes, ont la caractéristique de se concentrer dans le gras des organismes vivants. Chez les humains, les femmes et leur progéniture risquent donc d'être davantage sensibles, car ces substances toxiques ont tendance à se concentrer particulièrement dans le gras des seins et du lait maternel (Ayotte et al., 1994; Muckke, 1995). Elles peuvent être transmises aux fœtus et aux nourrissons via le placenta et le lait maternel.

Parmi les dioxines et les furannes, le 2,3,7,8 TCDD est le composé toxique le plus puissant. C'est pourquoi les scientifiques le prennent comme étalon de toxicité pour toute cette famille de contaminants. Les dibenzodioxines polychlorés (dioxines) et les dibenzofurannes polychlorés (furannes) sont des substances très toxiques pour les organismes vivants dont l'origine est principalement due aux activités humaines (Canada, 1990). Selon Environnement Canada, l'incinération des déchets municipaux est la plus grande source de rejets de ces composés au Canada (Environnement Canada, 1999). Il est à noter que les principales matières produites par l'humain qui, lorsque brûlées, génèrent des dioxines et des furannes sont le pentachlorophénol, un produit utilisé pour la préservation du bois, et les BPC (Canada, 1990; Santé Canada, 2001). Les risques à la santé humaine associés à l'exposition aux BPC ressemblent d'ailleurs beaucoup à ceux associés au contact des dioxines et des furannes. Diverses études épidémiologiques ont été réalisées afin de démontrer les impacts négatifs sur la santé humaine suite à une exposition aux dioxines et aux furannes. Les principales recherches confirmant ces impacts ont été effectuées auprès des travailleurs exposés à ces substances et des populations humaines exposées accidentellement à celles-ci. En voici quelques exemples.

Les dioxines et les furannes est le nom couramment donné à une à une large variété de substances catégorisées dans la même classe chimique, celle des organochlorés, qui sont des sous-produits de la combustion de matières.

Plus une espèce est exposée longtemps, plus elle est prédatrice, plus son niveau de contamination risque d'être élevé.

Des personnes exposées à des sols contaminés par les dioxines au Missouri (États-Unis) ont souffert de lésions cutanées (eczéma et chloracné), de maux de tête et de léthargie (Canada, 1990). En Asie, plusieurs intoxications alimentaires de masse, dont les deux plus toxiques ont été appelées les maladies de Yusho et de Yu-Cheng, sont survenues dans les années 1960-1970 en raison d'huiles de riz contaminées par des BPC et des furannes. Les symptômes qui résultent de cette intoxication sont les suivants: lésions de la peau, troubles respiratoires, troubles du système sensoriel. Les enfants nés des femmes exposées mourraient souvent peu de temps après la naissance, leur taille était réduite, présentaient diverses malformations congénitales et un développement mental retardé. Suite à diverses expériences sur les animaux, il a été démontré que l'exposition aux dioxines et aux furannes engendrait des dysfonctionnements au niveau du système reproducteur et du système immunitaire ainsi que des effets carcinogènes au niveau du foie. La Loi canadienne sur la protection de l'environnement stipule à propos de ces substances que:

«Les évaluations actuelles de l'exposition dans l'ensemble de la population indiquent que certaines sous-populations à risque élevé peuvent être exposées à des niveaux voisins ou supérieurs à la directive touchant l'absorption quotidienne acceptable de dioxines et de furannes. Puisque certains furannes et dioxines toxiques sont très persistants, l'exposition à ces substances se trouve indûment prolongée lorsque ces dernières continuent d'être rejetées dans l'environnement; cela se traduit par un risque accru pour la santé des sous-populations à risque élevé. L'exposition des personnes devrait être maintenue au minimum et les efforts visant à enrayer les sources de dioxines et de furannes devraient être poursuivis énergiquement» (Canada, 1990, p. 49).

En effet, plusieurs études épidémiologiques tendent à démontrer que l'exposition des populations travaillant en contact avec ces substances ou résidant à proximité des incinérateurs de déchets municipaux développent davantage de cancers (Devito et al., 1995; Gonzalez et al., 2000; Kogevinas et al., 1997). Par exemple, une étude française récente a observé une association significative entre le fait de demeurer aux environs d'un incinérateur de déchets municipaux et l'augmentation du risque de développer un sarcome des tissus mous et des lymphomes non hodgkiniens chez ces personnes (Viel et al., 2000).

D'autres chercheurs ont mené une étude dans la ville de Mataro, en Espagne, auprès de personnes vivant près d'un nouvel incinérateur de déchets solides municipaux et de personnes travaillant au lieu même (Gonzalez et al., 2000). L'étude a commencé suite à l'ouverture de l'usine et s'étend sur une période de 2 ans (de 1995-1997). Les concentrations de PCDD/PCDF et de BPC dans le sang et dans l'urine des sujets ont été mesurées. Les résultats révèlent qu'en 1997, les niveaux de dioxines et de BPC ont augmenté respectivement de 25% et de 12% chez les deux groupes de résidents étudiés. Ceci démontrerait que malgré les faibles taux d'émissions de dioxines relâchés par le nouvel incinérateur, qui suivent par ailleurs les directives de l'Union Européenne, l'augmentation de la concentration de dioxines dans l'organisme des personnes étudiées résulte des émissions de cet incinérateur.

En fait, il existe assez de preuves pour que l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis et l'International Agency for Research on Cancer déclarent que les populations exposées à des sources de dioxines augmentent leurs chances de développer un cancer (Viel et al., 2000).

L'exposition des populations travaillant en contact avec ces substances ou résidant à proximité des incinérateurs de déchets municipaux développent davantage de cancers.

3.3 Les métaux et les risques pour la santé humaine

Les principaux risques à la santé liés à l'exposition aux métaux ont été déjà exposés à la section 2 de ce document. En effet, les principales substances inorganiques émises dans l'environnement par les incinérateurs de déchets municipaux et détenant un pouvoir toxique sont sensiblement les mêmes que celles libérées par le lixiviat des lieux d'enfouissement sanitaire : le cadmium, le chrome, le cuivre, le mercure, le plomb et l'arsenic (voir tableau 3.4) (CSE, 1993; Environnement Canada, 1993). Les principaux risques à la santé suite à l'entrée dans l'organisme de ces composés sont fort nombreux et souvent spécifiques à chacun d'entre eux (Santé Canada, 1996). Cependant, il est possible d'observer certains symptômes communs suite à leur exposition. Par exemple, suite à une exposition chronique les effets suivants ont été observés: dysfonctionnements des systèmes neurologique, cardiaque, respiratoire, digestif et rénal. Diverses études tendent également à démontrer qu'il existe une association entre l'exposition au chrome et au cadmium et l'augmentation des risques de développer divers types de cancers. En effet, le chrome est reconnu par le Centre international de recherche sur le cancer comme une substance pour laquelle les preuves du pouvoir cancérigène chez l'humain sont suffisantes. Il est donc classé dans le Groupe I, celui rassemblant les substances les plus cancérigènes.

Les principaux risques à la santé suite à l'entrée dans l'organisme de l'aluminium sont des dysfonctionnements du système nerveux et de la mémoire.

L'aluminium se retrouve dans bon nombre d'articles qui se retrouvent en bout de ligne dans les LES ou dans les incinérateurs : les boîtes métalliques, les matériaux d'emballage de produits alimentaires, les résidus de table (additifs alimentaires), les pièces de véhicules et les carcasses d'avion (Santé Canada, 1996). Les voies par lesquelles l'être humain est exposé à l'aluminium sont l'eau, l'air, le sol et les aliments, comme la plupart de tous les autres contaminants. Les principaux risques à la santé suite à l'entrée dans l'organisme de l'aluminium sont des dysfonctionnements du système nerveux et de la mémoire tels : l'encéphalopathie des dialysés, la sclérose latérale amyotrophique, la maladie de Parkinson et la maladie d'Alzheimer (tableau 3.4).

En ce qui concerne l'encéphalopathie des dialysés, les études ont démontré une corrélation entre la concentration d'aluminium dans l'eau utilisée pour la dialyse (méthode pour combattre l'insuffisance rénale) et la fréquence d'un type de démence. Les principaux symptômes de cette maladie sont des troubles de la parole, des anomalies neuropsychiatriques et des troubles des fonctions psychomotrices. L'exposition à l'aluminium serait également la cause de deux autres maladies neurodégénératives sévères : la sclérose latérale amyotrophique et la maladie de Parkinson.

Ces deux maladies causent une perte de la fonction motoneurone et un dysfonctionnement dans le fonctionnement des neurones du cerveau se traduisant par un tremblement et une réduction des mouvements (Santé Canada, 1996; Domart et Bourneuf, 1981). Finalement, la maladie d'Alzheimer serait une autre conséquence de l'exposition à l'aluminium. Ce trouble entraîne des trous de mémoire, une tendance à la désorientation et une confusion mentale.

L'arsenic se retrouve dans bon nombre d'articles qui se retrouvent en bout de ligne dans les lieux d'enfouissement sanitaire (LES) ou dans les incinérateurs : les transistors, le verre, les pigments, les textiles, le papier, les céramiques, les produits de protection du bois, les munitions, etc. (Santé Canada, 1996). Les voies par lesquelles l'être humain est exposé à l'arsenic sont l'eau, l'air, le sol et les aliments, comme la plupart de tous les autres contaminants. Il est à souligner que l'incinération des déchets est une des principales sources d'arsenic dans l'air ambiant. L'arsenic peut causer divers problèmes de santé chez les personnes exposées : troubles des fonctions motrices et sensorielles, dysfonctionnements des systèmes respiratoire, cardiovasculaire et digestif. De plus, il est classé dans les substances toxiques du groupe I, c'est-à-dire cancérigène pour les humains. Les cancers rapportés sont les suivants : de la peau, du foie, de la cavité nasale, du poumon, de la vessie et du rein chez les deux sexes ainsi que du cancer de la prostate chez l'homme (Santé Canada, 1996). En ce qui concerne le résumé des impacts potentiels néfastes des principaux métaux rejetés par les incinérateurs de déchets municipaux, le lecteur peut se référer au tableau 3.4.

TARIFEAU 3.4

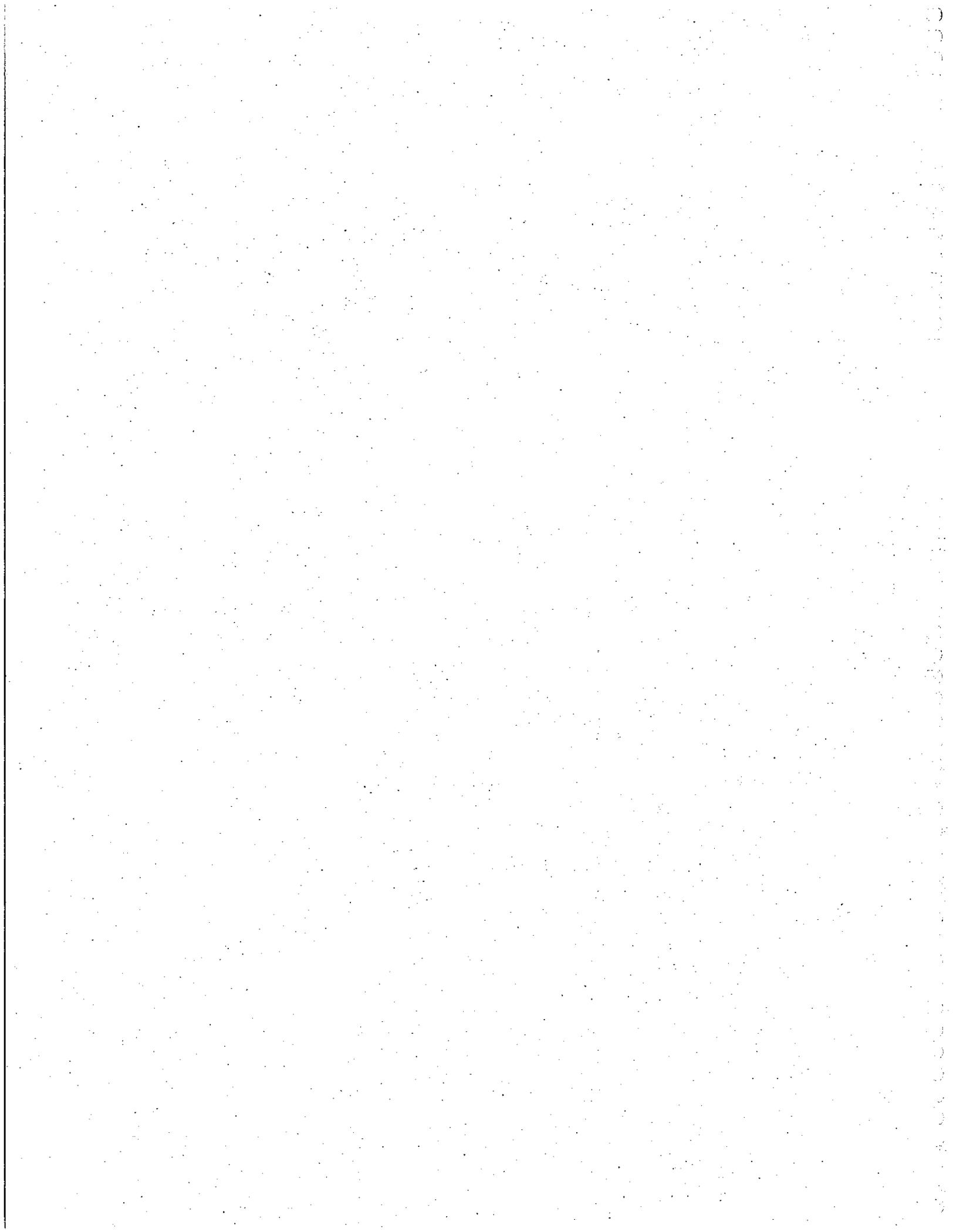
Risques à la santé associés à une exposition chronique à certain métaux libérés par les incinérateurs de déchets municipaux

Risque de dysfonctionnement au niveau :	Substances inorganiques						
	Aluminium	Arsenic	Cadmium	Chrome	Cuivre	Mercuré	Plomb
Du système cardiaque	•	•					
Du système digestif (foie, estomac, etc.)		•	•	•	•	•	•
Du système immunitaire							
Du système nerveux	•					•	•
Du système osseux	•		•				
Du système rénal (reins)		•	•			•	
Du système respiratoire (poumons)		•	•	•	•	•	•
Du système sanguin	•						•
Du système reproducteur		•					•
Potentiel cancérigène*							
Groupe I		•	•	•			
Groupe II							
Groupe IIIA							
Groupe IIIB							•
Groupe VA							
Potentiel mutagène			•				
Potentiel tératogène							•
Contrôle via le Règlement sur l'élimination des matières résiduelles	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Non

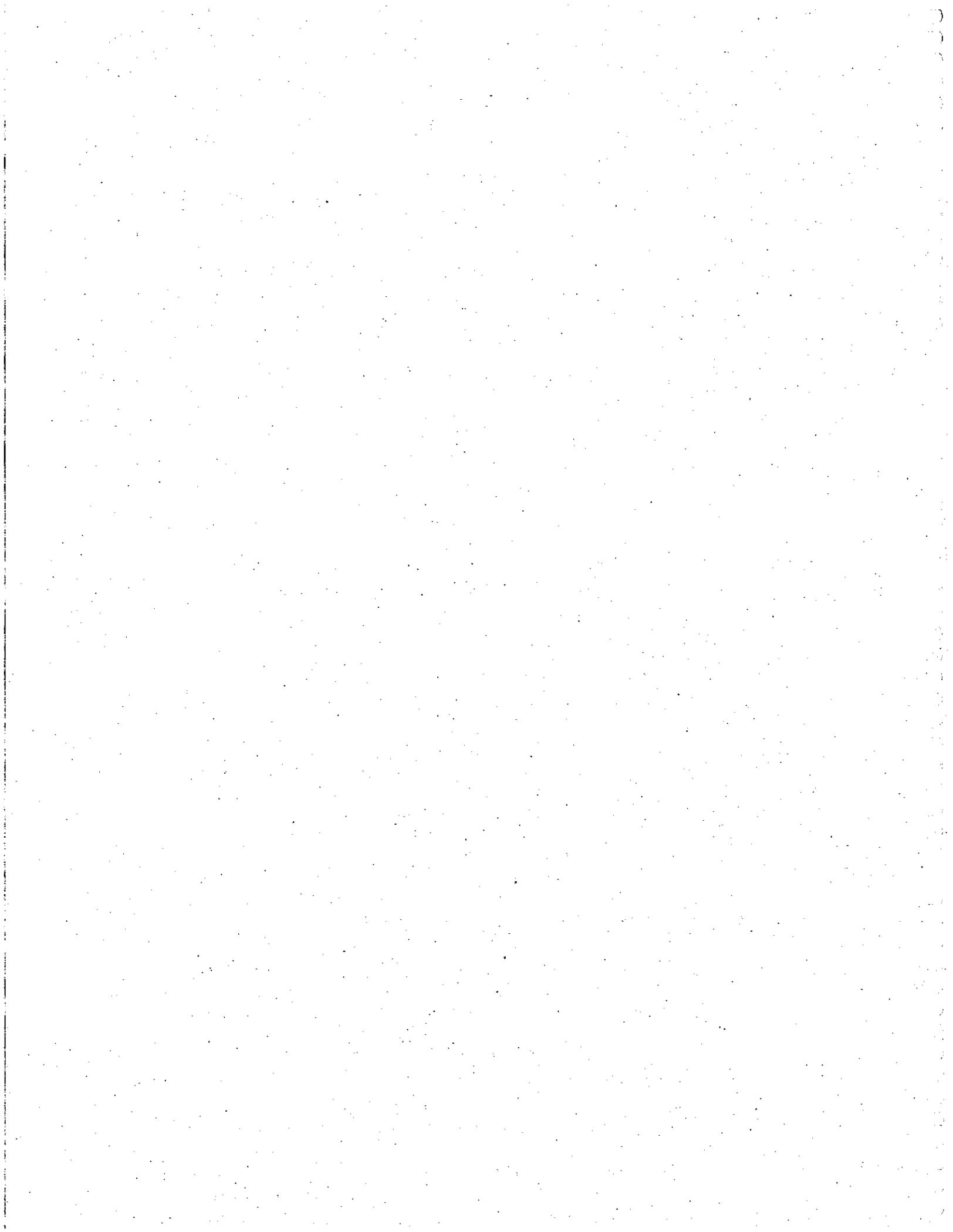
*Pour la définition de la classification du potentiel cancérigène voir la p. 18

Inspiré de Carrier et Duclos, 1993 dans Québec, 1993; CSE, 1993; Environnement Canada, 1993; Santé Canada, 1996a; Tortora et al., 1994 et Domart et Boumeuf, 1981.

N.B. Les références entières sont dans la section Références à la fin de ce document.



CHAPITRE IV
LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES
ET LES RISQUES PSYCHOSOCIAUX



CHAPITRE IV

LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES ET LES RISQUES PSYCHOSOCIAUX

Les risques à la santé publique associés à la problématique de la gestion des matières résiduelles ne sont pas que physiologiques, ils sont également d'ordre psychologique et social. En effet, selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la santé est un état de bien-être tant physique, mental que social (Proulx et Duclos, 1994). Les conditions sociales auxquelles sont confrontées les individus jouent donc un rôle déterminant dans l'état de santé d'une population et la gestion des matières résiduelles peut occasionner une dégradation de la qualité de vie pour diverses communautés.

En effet, le développement des projets d'implantation ou d'agrandissement de lieux d'enfouissement sanitaire (LES) et d'incinérateurs soulève souvent beaucoup d'opposition populaire. La plupart des spécialistes gouvernementaux appellent ce phénomène de résistance sociale : le « Phénomène pas dans ma cour », les entrepreneurs le nomment « Syndrome pas dans ma cour » et les sociologues le désigne sous le vocable moins péjoratif de mobilisation sociale (Couture, 1990 ; Vaillancourt et al, 1999 ; Vézina, 1991). Ainsi, l'ensemble de la problématique de la gestion des matières résiduelles constitue souvent une source de tensions et de conflits au sein des communautés concernées. Cela peut se traduire chez les communautés et les personnes, qui subissent les risques inhérents au fait de résider près d'un LES ou d'un incinérateur, par « un état de détresse, de dysfonction et d'incapacité se manifestant par une vaste gamme d'issues psychologiques, sociales, et comportementales » (Proulx et Duclos, 1994, p. 4).

Certains sociologues se sont penchés sur la cause des oppositions des citoyens à l'ouverture d'un LES ou d'un incinérateur dans leur localité. Ils ont trouvé que les communautés s'opposent à ces projets, car elles ressentent les sentiments suivants (Proulx et Duclos, 1994) :

- d'injustice sociale ;
- de dévalorisation et d'humiliation ;
- de crainte et d'inquiétude ;
- de non confiance envers les administrations ;
- de perte et d'appauvrissement ;
- d'opposition ;
- d'opportunisme ou de partisanerie politique.

**L'ensemble de la
problématique de la
gestion des matières
résiduelles constitue
souvent une source
de tensions et de
conflits au sein des
communautés
concernées.**

**La communauté où
s'installe un LES ou
un incinérateur peut
ressentir un senti-
ment d'injustice
sociale.**

La communauté où s'installe un LES ou un incinérateur peut ressentir un sentiment d'injustice sociale quand elle doit assumer les responsabilités de gestion des matières résiduelles d'une autre communauté ainsi que les conséquences qui y sont inhérentes (Proulx et Duclos, 1994). Les conséquences néfastes potentielles sont nombreuses et expliquent les inquiétudes des citoyens concernés : risques à la santé, contamination de l'eau potable, dévalorisation des valeurs immobilières, ralentissement du développement de la communauté, dévaluation des entreprises agricoles, etc.

Les communautés ont souvent un sentiment de méfiance envers les administrations publiques et privées, car même si elles sont quelquefois consultées à travers les procédures de participation publique, celles-ci ne les consultent qu'à la fin du processus décisionnel (Gauthier, 1998; Proulx et Duclos, 1994). Elles ont donc le sentiment que le promoteur leur impose un projet sans leur consentement et de participer à un processus qui ne leur accorde pas un pouvoir décisionnel réel. Cette méfiance est accrue par le sentiment qu'il existe un laxisme dans la façon dont les instances responsables appliquent les lois permettant de protéger leurs droits. Un exemple concret de cette situation est rapporté par des sociologues québécois. Ceux-ci décrivent les raisons de l'opposition d'un groupe de citoyennes et de citoyens, Action Écologie Saint-Jean-de-Matha, face aux activités du propriétaire du site d'enfouissement de leur localité (Vaillancourt et al., 1999, p. 116). Ces citoyens ont constaté que plusieurs irrégularités ayant des conséquences environnementales se passaient et que le ministère de l'Environnement québécois responsable de la surveillance de la conformité du LES ne faisait pas respecter ses propres lois. Ils décidèrent donc d'entamer des actions judiciaires et la Cour leur a donné raison (De Guise, 1998). Le juge a blâmé l'instance gouvernementale responsable pour avoir contourné ses propres lois et a mentionné que cela démontrait, « une certaine mauvaise foi des autorités ».

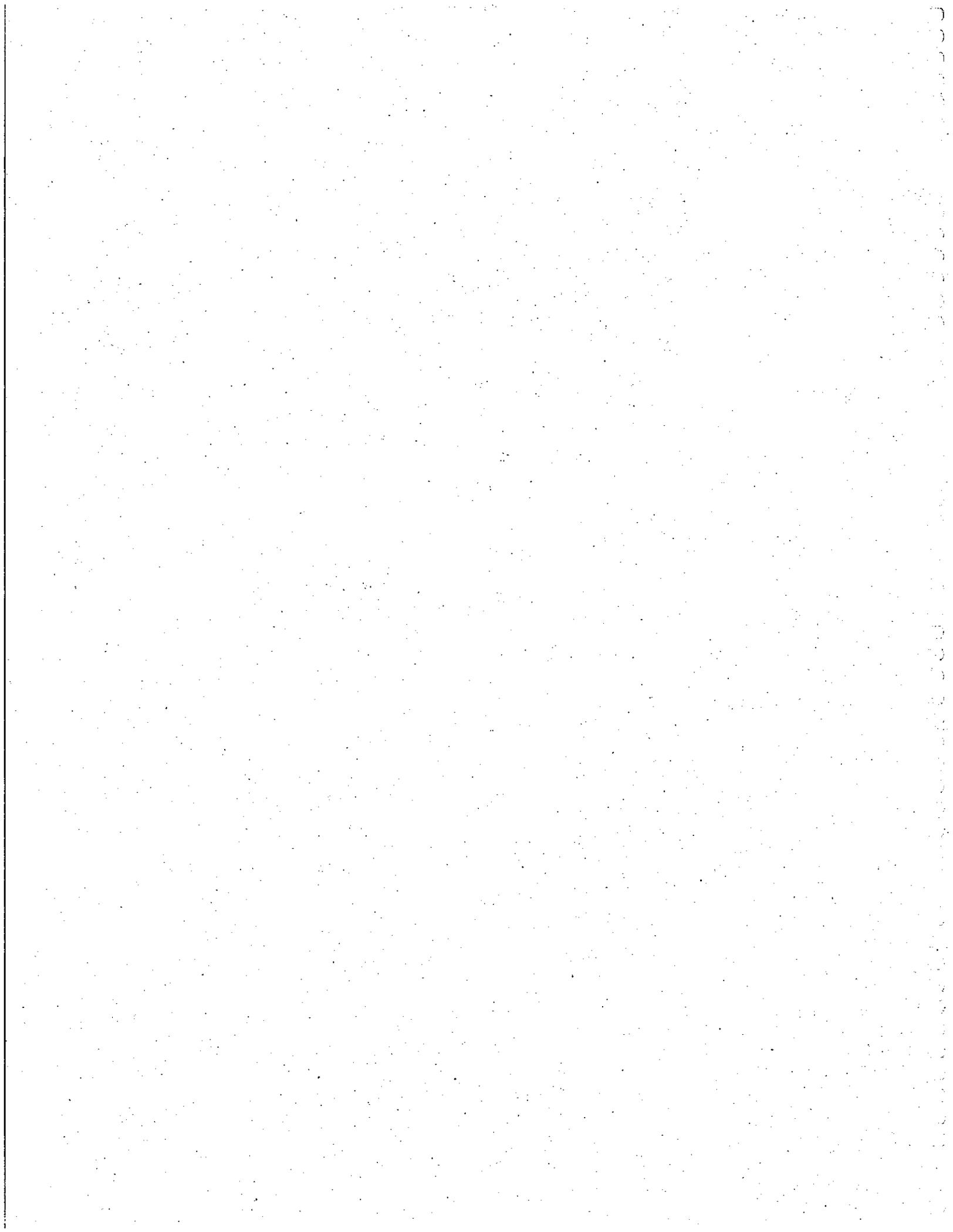
Les communautés sont généralement méfiantes envers les administrations publiques, mais encore davantage envers les promoteurs, car ils croient que ces derniers n'ont qu'un objectif : l'appât du gain. Les relations entre citoyens et promoteurs sont donc la plupart relativement tendues. À ce propos, on peut souligner que la mobilisation des citoyens contre l'imposition de projets liés à l'élimination des matières résiduelles est devenue assez importante pour amener les industries à investir de grosses sommes dans le volet « communication avec le public ». Cet extrait tiré d'un article intitulé Comment vaincre le NIMBY ? publié dans la revue Commerce est assez éloquent :

Oui, il y a un moyen de renverser le réflexe du NIMBY. Même lorsqu'un projet est vraiment controversé pour des raisons écologiques. « Le réflexe pas dans ma cour est un produit de la société d'information, affirme Jean Godin. Pour y répondre, il faut entreprendre un effort de communication en profondeur et chercher à concilier les intérêts » (Vézina, 1991, p. 9).

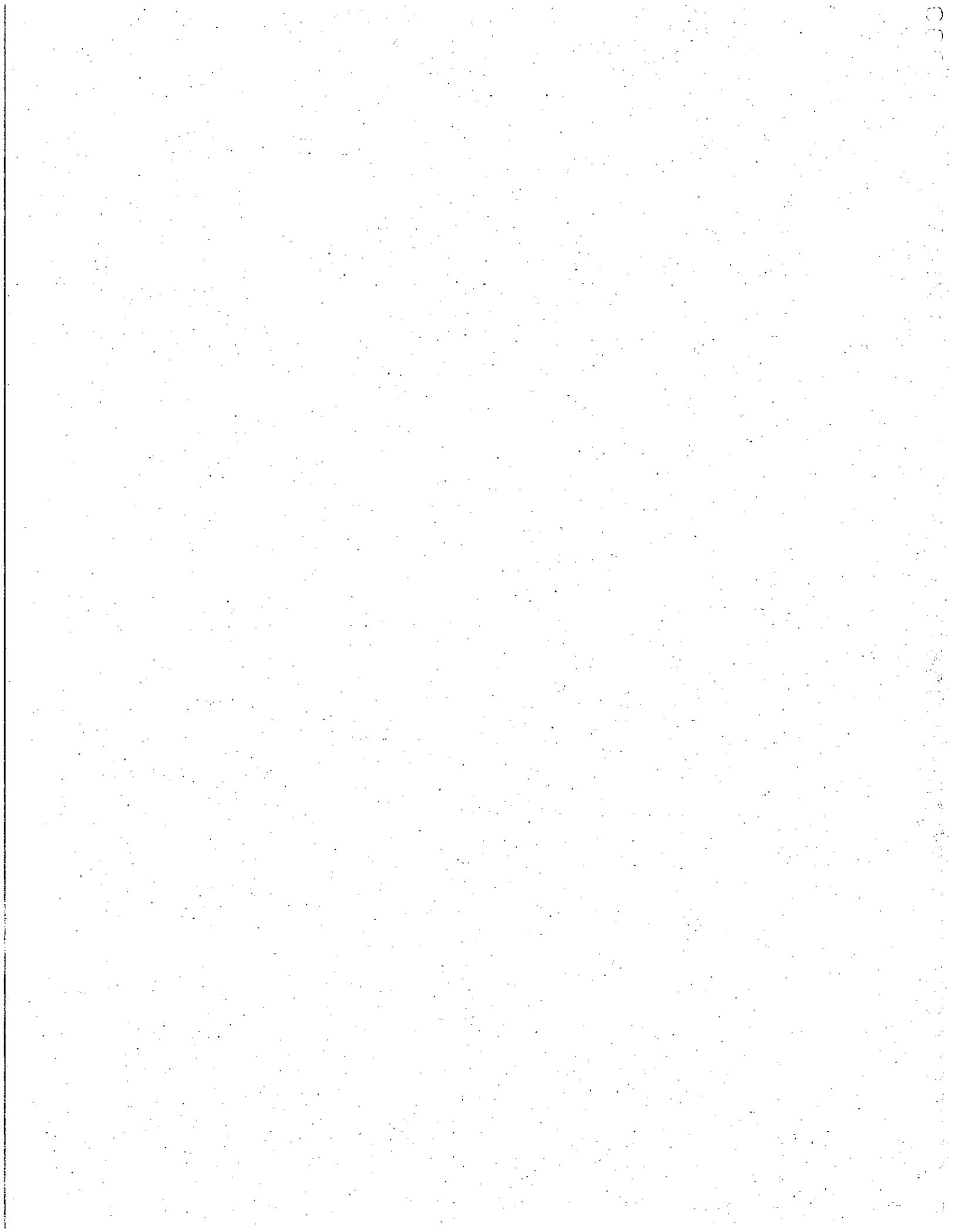
Le journaliste continue l'article en donnant aux industries la recette pour contrer l'opposition des citoyens aux projets industriels: «... toute entreprise dont les opérations risquent de passer au microscope environnemental doit soigneusement ajuster son tir en fonction de ses interlocuteurs. Rien de bien différent, en somme, de l'approche marketing traditionnelle » (Vézina, 1991, p. 9).

De tous ces conflits, les communautés impliquées peuvent en sortir avec de nombreuses perturbations psychosociales ayant des incidences sur leur santé. En effet, certaines recherches ont mis en évidence que le fait de demeurer près d'un site d'enfouissement était associé à une élévation significative du niveau de stress, à la présence d'anxiété, à un état psychologique sous-optimal se traduisant par un sentiment d'impuissance, une démotivation et une démoralisation parfois marqués (Proulx et Duclos, 1994). L'anxiété constitue cependant la perturbation de la santé mentale la plus fréquente. L'anxiété peut entraîner chez la personne qui en souffre des manifestations somatiques comme la transpiration excessive, les bouffées de chaleur, les tremblements, le souffle court, les étourdissements, les palpitations et les serremments de poitrine.

**le fait de demeurer
près d'un site
d'enfouissement
était associé à une
élévation significa-
tive du niveau de
stress, à la présence
d'anxiété, à un état
psychologique sous-
optimal se traduisant
par un sentiment
d'impuissance, une
démotivation et une
démoralisation
parfois marqués.**



CHAPITRE V
L'ALTERNATIVE : LA GESTION INTÉGRÉE
DES MATIÈRES RÉSIDUELLES



CHAPITRE V

L'ALTERNATIVE : LA GESTION INTÉGRÉE DES MATIÈRES RÉSIDUELLES

La mise en évidence des lacunes entourant les moyens traditionnels utilisés pour gérer les matières résiduelles a pour conséquence de remettre fortement en cause leur pertinence et leur efficacité. Cela a entraîné l'émergence d'un nouveau concept de planification et de son expérimentation, la gestion intégrée. Ce type de gestion, basée sur la notion de développement durable, prend en compte la complexité des interactions entre les caractéristiques environnementales, sociales, politiques et économiques (Barraqué, 1995; Tremblay, 1996). La gestion intégrée découle donc de la prise de conscience de la complexité entourant la régulation des ressources naturelles qui est nécessaire pour maintenir le développement des sociétés humaines. Ce nouveau modèle de planification veut rendre compte de cette complexité en intégrant les composantes qui faisaient défaut au modèle de gestion traditionnelle, soit:

Ce type de gestion, basée sur la notion de développement durable, prend en compte la complexité des interactions entre les caractéristiques environnementales, sociales, politiques et économiques.

- le maximum d'acteurs concernés et le savoir local lors du processus décisionnel;
- l'harmonisation des unités organisationnelles de l'appareil gouvernemental;
- le principe de subsidiarité (la prise de décision au niveau le plus près de l'action);
- le principe de multidisciplinarité, d'interdisciplinarité et de flexibilité dans le processus décisionnel et le processus de recherche;
- l'organisation des politiques publiques et des recherches scientifiques qui se basent sur les échelles spatiales naturelles;
- la planification des actions à long terme (basée sur les principes de prévention et d'équité intergénérationnelle).

Les lignes ultérieures décrivent les principes généraux et les moyens alternatifs de gestion des matières résiduelles découlant du concept plus global de la gestion intégrée.

5.1 La régionalisation, la responsabilisation et la gestion démocratique

L'émergence de la mise en place d'un modèle de gestion intégrée est associée au contexte sociopolitique de la décentralisation des pouvoirs de l'État (Lepage, 1997). La plupart des pays européens connaissent ce phénomène depuis plus d'une quinzaine d'années, alors qu'au Québec, cette régionalisation et ses impacts commencent tout juste à se faire sentir (Tremblay, 1996; Barraqué, 1995; Québec, 1997b). De l'application du principe de subsidiarité prôné par la gestion intégrée, il s'ensuit une redistribution du partage des responsabilités en matière de protection de l'environnement. C'est-à-dire que le gouvernement doit déléguer aux instances régionales plusieurs responsabilités qu'il assumait auparavant.

Cette délégation partielle des pouvoirs aux niveaux régional et local est d'autant plus nécessaire que les citoyens ont subi une perte de confiance envers les systèmes traditionnels de gestion qui ne leur permettaient pas réellement de participer aux décisions politiques ayant une répercussion sur leur qualité de vie. Les multiples cas de groupes de citoyens s'opposant à l'ouverture d'un lieu d'élimination des matières résiduelles dans leur milieu en sont des exemples concrets. Rappelons que les communautés aux prises avec une problématique de gestion des matières résiduelles courent des risques plus élevés en matière de contamination environnementale et de santé humaine, que ce soit au niveau physique ou psychosocial.

Les réactions d'opposition des citoyens se multiplient à travers les régions du Québec depuis la fin des années 1980 fort probablement en raison d'une intensification de l'importation massive des matières résiduelles dans les sites d'enfouissement (FCQGED, 1996). Le sentiment de ne pouvoir contrôler ni la nature, ni la provenance, ni les quantités de déchets enfouis sur leur territoire, le manque de transparence au niveau des informations relatives à la gestion des sites d'enfouissement et les lacunes au niveau du contrôle réglementaire sont d'autres raisons pour lesquelles les populations locales se mobilisent pour contrer l'implantation de nouveaux sites d'enfouissement.

Bien qu'il existe la possibilité pour les citoyens de demander une audience publique, à travers la Loi sur l'établissement et l'agrandissement de certains lieux d'élimination (L.R.Q., c. E-13.1), ce processus a une portée limitée. En effet, en plus de prendre beaucoup d'énergie, la résultante démocratique n'est pas assurée, car les Commissions du Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE) n'ont pas un pouvoir décisionnel. De plus, les citoyens ont l'impression de participer à un processus dans lequel les décisions sont déjà connues à l'avance, car leurs opinions ne sont demandées qu'en fin du processus décisionnel (Parent, 1999).

Les réactions d'opposition des citoyens se multiplient à travers les régions du Québec depuis la fin des années 1980 fort probablement en raison d'une intensification de l'importation massive des matières résiduelles dans les sites d'enfouissement.

**Gérer les matières
résiduelles par MRC,
et a fortiori par
municipalité, favorise
une meilleure prise
de conscience et une
plus grande
responsabilisation
de la population.**

Le pouvoir décisionnel des municipalités et des municipalités régionales de comté (MRC) relatif à la gestion des matières résiduelles sur leur propre territoire demeure également assez limité. En effet, il s'avère encore quasi-impossible pour une région, même si elle le désire, de mettre en place une politique et des infrastructures lui permettant de gérer adéquatement les matières résiduelles générées sur son territoire pour des raisons d'ordre économique. Cette difficulté d'atteindre les objectifs de gestion intégrée est principalement due à l'existence d'un réseau de gestion privée qui fait compétition à celui de la gestion publique. Les sites d'enfouissement sanitaire à vocation régionale ne sont pas de taille pour entrer en compétition avec les prix des mégasites gérés par des exploitants privés (FCQGED, 1996). De plus, la guerre des prix qui fait rage entraîne dans plusieurs régions, la circulation de déchets sur de longues distances causant, par le transport, de la pollution atmosphérique, des dommages au réseau routier et de la pollution par le bruit.

Pour contrer ce déséquilibre, le gouvernement devrait prévoir des mesures financières compensatoires, en uniformisant les coûts de traitement des matières résiduelles, pour assurer l'équité entre les sites d'enfouissement gérés par des exploitants privés et ceux gérés par des exploitants publics.

La gestion des matières résiduelles n'est pas un secteur d'activité économique comme les autres. Une gestion écologiquement et socialement acceptable des matières résiduelles implique que des conditions soient mises en place afin de s'assurer que les choix opérés dans ce secteur permettent de conserver les ressources et de protéger l'environnement pour les générations à venir. Ces choix impliquent également que l'on tienne compte de l'équité sociale dans la répartition des impacts environnementaux liés aux activités de traitement des matières résiduelles. Pour arriver à ces objectifs de gestion intégrée, il est essentiel de :

- préciser la délimitation des territoires de collecte et de planification;
- d'impliquer les populations locales à toutes les étapes du processus décisionnel;
- déterminer les modalités plus étendues d'accès à l'information.

La régionalisation est un élément fondamental et essentiel de la gestion durable et responsable des matières résiduelle (FCQGED, 1996). En effet, gérer les matières résiduelles par MRC, et a fortiori par municipalité, favorise une meilleure prise de conscience et une plus grande responsabilisation de la population, des acteurs socio-économiques et des élus vu la proximité géographique des unités de traitement et des lieux de disposition des matières résiduelles. Pour que cette prise en charge de la gestion des matières résiduelles devienne effective, il est nécessaire d'augmenter les pouvoirs décisionnels des municipalités, des MRC et des communautés urbaines.

Il est nécessaire de donner des pouvoirs légaux et du financement aux municipalités, aux MRC et aux communautés urbaines afin qu'elles puissent assumer pleinement leurs responsabilités.

Afin de favoriser la responsabilisation, le gouvernement québécois à travers le ministère de l'Environnement devrait obliger chaque région qui exporte ses déchets à se doter de moyens d'enfouissement. L'exportation de déchets vers des régions administratives limitrophes ne devrait être autorisée qu'exceptionnellement en conformité avec des plans de gestion intégrée des matières résiduelles. Cette planification devrait dresser un bilan détaillé des systèmes publics et privés tant au niveau de :

- la nature des matières résiduelles;
- leur provenance;
- la quantité de résidus générée sur le territoire desservi et gérée;
- de l'état de l'ensemble des moyens et des équipements de gestion des matières résiduelles sur le territoire (capacité, qualité, performance, impacts environnementaux, etc.)

Un système dans lequel chaque région subit les inconvénients de sa propre génération de matières résiduelles devrait permettre d'accélérer l'évolution de la gestion des matières résiduelles vers une approche intégrée basée sur l'application des 3R et du compostage. Nous supposons que le respect des principes des 3R et du compostage entraîneront une diminution de l'espace occupé par les sites d'enfouissement, des risques sociaux et environnementaux qu'ils engendrent ainsi qu'une augmentation de leur durée de vie.

Le principe de régionalisation n'élimine pas la possibilité d'ententes entre plusieurs municipalités ou MRC pour former une régie inter-MRC ou intermunicipale. À leurs frontières, les MRC pourraient s'échanger des volumes de déchets s'il est plus pratique pour elles de procéder ainsi. Dans une perspective d'équité sociale et de responsabilisation, une taxe d'exportation des déchets pourrait toutefois être imposée aux municipalités qui expédient leurs résidus à l'extérieur de leur région administrative. Les montants seraient mis en fiducie et serviraient à défrayer les coûts liés aux impacts négatifs créés par les lieux d'enfouissement, le transport des résidus sur de grandes distances, tels la contribution à l'effet de serre et la détérioration des routes. Les fonds pourraient aussi servir à implanter des programmes et des projets favorisant la réduction, la réutilisation, le recyclage et le compostage. L'importation et l'exportation de déchets pour des fins d'enfouissement ou d'incinération entre le Québec et d'autres provinces ou pays devrait demeurer interdite.

La régionalisation de la gestion des matières résiduelles nécessite une harmonisation des prises de décision à tous les niveaux : local, régional et provincial. En effet, elle demande une concertation entre tous les acteurs concernés ainsi que l'élaboration d'une vision nationale de la gestion intégrée des matières résiduelles pour assurer la protection de l'environnement. Ainsi, bien que la mise en oeuvre d'un plan de gestion des matières résiduelles, son opération, son suivi et son contrôle soient assumés aux niveaux régional et local, l'échelon provincial devrait jouer un rôle d'harmonisation pour l'atteinte des objectifs globaux. Pour arriver à ce changement, il est nécessaire de donner des pouvoirs légaux et du financement aux municipalités, aux MRC et aux communautés urbaines afin qu'elles puissent assumer pleinement leurs responsabilités. Finalement, en raison des risques sur la santé humaine liés à l'exposition aux matières résiduelles, leur gestion constitue un service public au même titre que les services d'égout et d'aqueduc. De plus, les mécanismes légaux d'accès à l'information en ce qui concerne la gestion publique des lieux d'élimination des matières résiduelles favorisent davantage l'application de la démocratie que celle s'appliquant pour la gestion privée. Il est donc primordial que la prise en charge des matières résiduelles soit contrôlée par le secteur public.

L'élargissement du principe de responsabilisation aux producteurs de biens de consommation

L'élargissement de la responsabilité des producteurs au-delà de la mise en marché des produits est un concept récent. Le but est d'encourager les producteurs à prévenir la pollution et à réduire l'utilisation des ressources et de l'énergie à chaque étape du cycle de vie de leur produit. Dans cet esprit, les producteurs deviennent responsables des impacts environnementaux, sociaux et économiques dus à l'utilisation de leurs produits. Cela inclut autant les impacts induits en amont, lors du choix des matériaux et du processus de fabrication que les impacts induits en aval, lors de l'utilisation et de l'élimination des produits. Soulignons que les impacts en aval sont appelés généralement les externalités.

Les impacts découlant des étapes de production de produits et de biens en amont de leur consommation sont nombreux. Par exemple, la conception d'un produit et le système de fabrication sont des étapes déterminantes quant à la nature et la quantité de matériel utilisé et par conséquent, quant au niveau de pollution générée par le produit en fin de vie. Le choix du matériel engendre dans la plupart des cas des impacts environnementaux en amont, lors de l'extraction et du traitement de la matière première, et des impacts en aval, lors de l'utilisation et de l'élimination du produit. Ce sont les producteurs, lors de la conception de leurs produits, qui sont les mieux placés pour minimiser la quantité de matières résiduelles générées et les risques que cela engendre. Il est donc justifié que les producteurs assument une plus grande part de responsabilités en ce qui concerne leurs produits et les matières résiduelles générées par ceux-ci suite à leur consommation. Quatre types de responsabilités devraient être assumés par ceux qui génèrent les biens de consommation contenant des substances pouvant causer des impacts environnementaux, sociaux et économiques lorsqu'elles sont libérées dans l'environnement (Greenpeace, 1995):

Ce sont les producteurs, lors de la conception de leurs produits, qui sont les mieux placés pour minimiser la quantité de matières résiduelles générées et les risques que cela engendre.

- La responsabilité légale : le producteur porte la responsabilité des dommages causés à l'environnement par un produit, lors de sa production, de son utilisation et de son élimination.
- La responsabilité physique : le producteur est impliqué dans la gestion des produits, neufs ou usagés et leurs impacts à travers le développement des technologies de fabrication et de récupération.
- La responsabilité économique : le producteur couvre tous les frais liés à la gestion des matières résiduelles jusqu'à la fin de la vie des produits.
- La responsabilité informative : le producteur fournit des informations sur son produit et ses effets sur l'environnement et la santé, durant les différents stades de son cycle de vie.

A long terme, l'application du concept de responsabilisation des producteurs devrait résulter en une diminution de l'utilisation des ressources et une augmentation de l'utilisation des ressources durables dans la fabrication des produits.

Participation de la population à la gestion des matières résiduelles

L'ensemble des mécanismes de prise de décision et les plans de gestion intégrée des matières résiduelles devraient toutefois se faire à l'intérieur d'un processus impliquant étroitement tous les acteurs et les populations concernés. Ceci serait possible, par exemple, au moyen de référendums prévus au long du processus (décision de départ, mise en œuvre, suivi, etc.). Le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE) pourrait aider les régions à assurer le suivi des consultations et le contrôle des plans de gestion intégrée des matières résiduelles. Tout ce processus devrait se réaliser de manière transparente et ouverte afin d'assurer l'atteinte des objectifs et la mise en place de mesures correctives si nécessaire. Dans ce contexte, toutes les informations nécessaires à l'évaluation de la situation régionale et québécoise doivent être mises à la disposition du public. La gestion intégrée confère une place importante au feed back et à la flexibilité dans un système de planification afin d'atteindre les objectifs d'efficacité. Les plans de gestion des matières résiduelles devraient donc être révisés périodiquement afin de vérifier le degré d'atteinte des objectifs et de faire les modifications nécessaires à l'amélioration des performances des programmes et des infrastructures mis en place pour la gestion des matières résiduelles (FCQGED, 1996).

Par ce type de processus, il serait possible d'éviter qu'une région impose son mode de gestion et d'enfouissement à une petite municipalité qui aurait décidé de gérer ses matières résiduelles selon ses propres choix. Le processus d'approbation des populations pourrait être celui du « consentement préalable éclairé (prior informed consent) ». Dans celui-ci, à chaque année, les citoyens d'une municipalité ou d'une MRC reçoivent une proposition par la poste contenant les informations suivantes :

- la quantité de matières résiduelles qui sera importée sur leur territoire pour l'année à venir;
- leur provenance;
- leur nature;
- toute autre information pertinente.

**L'ensemble des
mécanismes de prise
de décision et les
plans de gestion
intégrée des
matières résiduelles
devraient toutefois
se faire à l'intérieur
d'un processus
impliquant étroite-
ment tous les acteurs
et les populations
concernés.**

Les comités de suivi

Les comités de suivi sont une autre forme de participation publique, mais dont les règles restent à clarifier afin qu'ils puissent jouer entièrement leur rôle de représentation démocratique et de protection de l'environnement. Afin que ces rôles soient remplis, les aspects suivants devraient être intégrés au fonctionnement des comités de suivi des infrastructures de disposition des matières résiduelles:

- tous les secteurs d'activités incluant les groupes environnementaux locaux, régionaux et provinciaux, doivent avoir le droit de participer aux activités du comité ;
- les groupes environnementaux ne doivent pas être en minorité par rapport aux promoteurs privés ou publics ;
- les citoyens et citoyennes doivent avoir accès à toutes les informations qu'ils jugent pertinentes pour évaluer la situation. Ces informations devraient être diffusées publiquement ;
- toutes les réunions du comité doivent être accessibles au public ;
- le financement adéquat des activités du comité permettant aux participants de s'offrir une réelle contre-expertise et d'organiser des activités comme des réunions, des panels, de la publicité, des visites d'experts indépendants, des frais de déplacement, de garde d'enfants, de traduction et autres dépenses semblables ;
- les participants au comité doivent pouvoir déterminer les objectifs de leur travail et prendre une part active aux processus de prise de décision ;
- le travail du comité de suivi doit permettre aux participants d'intégrer d'autres choix et des préoccupations nouvelles lorsqu'elles surviennent.

5.2 Des moyens simples : la réduction, la réutilisation, le recyclage (3R) et le compostage

5.2.1 Première priorité d'action: la réduction

La réduction à la source est la première étape de toute gestion écologique, démocratique, durable et responsable des matières résiduelles. Il s'agit du principe pour lequel il y a le plus de confusion, car il sous-entend deux types de réduction qui sont souvent confondus : la réduction à la source et la réduction à l'élimination. La réduction à la source est définie comme étant le processus par lequel on évite de produire un déchet. La réduction à la source prend donc place en amont du processus de production des biens de consommation, dans les phases de conception, de fabrication et de distribution. La réduction à l'élimination, appelée également diversion, quant à elle, permet le détournement des matières résiduelles, qui traditionnellement se dirigeaient vers les lieux d'élimination, vers le réemploi ou vers le recyclage.

La réduction à la source est intimement liée aux problèmes créés par le style de production des biens de consommation ayant cours dans nos sociétés. Depuis quelques décennies, la règle de la mise en marché consiste à maximiser le volume de vente en produisant des biens moins durables qui ont une durée de vie plus courte (Packar, 1960). Cette stratégie est en grande partie responsable de l'augmentation considérable du volume de déchets généré et accumulé depuis une cinquantaine d'années. La société du jetable, et tout le système de surconsommation qui lui est associé, est donc remise en question par les efforts de réduction à la source qu'il faut consentir. Suite à la prise de conscience des menaces qui pèsent sur la plupart des sociétés occidentales ayant choisi de centrer leur développement sur un modèle néo-libéral de consommation, de nouveaux concepts ont émergé comme la production propre ou la conception durable de produits.

La production propre et la conception durable des produits reposent sur une économie basée sur la valeur ajoutée dans laquelle le secteur tertiaire de service et de recherche se substitue au secteur primaire d'extraction de la matière première. Un tel changement de cap de notre économie globale exige des changements structurels au plan fiscal. En effet, l'extraction de la matière première fait l'objet d'incitatifs fiscaux, par diverses exemptions de taxes et d'impôts. La réduction à la source commence par un rétablissement des structures économiques en cessant de subventionner le secteur primaire et la production orientée vers la non-durabilité des produits et des biens. Il faut également envisager des mesures fiscales qui encouragent la réduction à la source et le changement vers une économie plus durable.

La réduction à la source est définie comme étant le processus par lequel on évite de produire un déchet.

A moyen et à long terme, une telle approche devrait favoriser la spécificité et l'efficacité de l'économie québécoise. De plus, une production orientée vers des biens durables amène, par définition, une économie qui privilégie le réemploi et la production d'objets et de bien réparables. Il y aurait une création d'emplois importante en privilégiant non seulement les produits étiquetés « Qualité Québec », mais également « Durabilité Québec ». Une approche axée sur le développement durable commence nécessairement en appliquant le principe de réduction et exige une telle façon de faire. Les mesures suivantes pourraient encourager la réduction à la source et à l'élimination :

- favoriser par des moyens économiques les principes de la gestion intégrée en ce qui concerne les matières résiduelles et l'application des 3R et du compostage. Par exemple, en imposant un prix plancher à l'enfouissement ;
- adopter des règlements, à l'échelle locale, concernant le volume et le poids maximal des matières résiduelles mis à la collecte;
- prendre tous les moyens nécessaires pour faire respecter le Protocole national sur l'emballage et imposer des sanctions à ceux qui ne le respectent pas;
- privilégier le développement du secteur des services ;
- réduire la consommation de biens non durables par le biais d'une campagne publicitaire financée par un fonds de la réduction. Un tel fond pourrait être constitué à partir de droits imposés sur la publicité et l'emballage publicitaire. L'emballage publicitaire consiste en du sur-emballage excédentaire qui joue un rôle de mise en valeur du produit et qui augmente son volume afin de le rendre visible.

Il y aurait une création d'emplois importante en privilégiant non seulement les produits étiquetés « Qualité Québec », mais également « Durabilité Québec ».

5.2.2 Deuxième priorité d'action: le réemploi

Le réemploi est défini comme la réutilisation directe sans transformation d'objets destinés à l'élimination. Ce deuxième principe de la gestion écologique des matières résiduelles ne peut être véritablement compris qu'en analysant les liens de compétition et de complémentarité qu'il entretient avec le troisième concept, celui du recyclage (FCQGED, 1996). Nous décrivons donc le système sous-jacent au réemploi et à la réutilisation des matières résiduelles en soulevant les principaux éléments d'accrochage qu'il existe entre lui et le système de recyclage.

La problématique réemploi-recyclage est intimement liée aux choix de production des biens de consommation. Le système de production orienté vers la réutilisation est décentralisé et nécessite des installations de production et de traitement où il y a de plus fortes concentrations de population. En effet, un produit destiné à être réutilisé doit être solide et durable et, de ce fait est donc plus lourd qu'un produit destiné à être recyclé. Le transport sur de longues distances des matériaux pesants n'est pas « économiquement » rentable; c'est pourquoi ce système favorise des installations de traitement réparties dans les grands centres de population et est privilégié par les plus petits producteurs et les producteurs artisanaux.

**La problématique
réemploi-recyclage
est intimement liée
aux choix de
production des biens
de consommation.**

La réutilisation favorise un cycle de vie bidirectionnel d'un produit, car celui-ci sera mis sur le marché, consommé, reviendra au point de vente (où ailleurs, selon le cas) pour retourner directement dans le même cycle de production. Dans ce cas, les coûts de récupération et de réutilisation, qui dans la production conventionnelle sont payés par la population et considérés comme des externalités, sont assumés soit par le producteur, par un système de consigne (ex. : les bouteilles de bière) ou encore par une collecte spéciale (ex. : les bouteilles de lait au Vermont). Un système basé sur la réutilisation des matières résiduelles entraîne le producteur à décentraliser sa production, créant ainsi davantage d'emplois afin de s'assurer que le consommateur retourne le contenant là où il a été acheté. C'est ce qu'on appelle un système de retour au point de vente. Ce type de système peut être complété avec des centres de dépôts et de remboursement de la consigne ainsi que des installations de « remise à neuf » des contenants près des lieux de production.

Le système de recyclage est favorisé par de grands producteurs, car il permet de centraliser la production, de distribuer les produits à grande échelle, et de confier aux municipalités, par l'entremise de la collecte sélective, le soin de s'occuper des matériaux post-consommation. Ce système favorise la création de contenants de plus en plus légers et facilement transportables, dont le caractère recyclable demeure souvent faible. Le producteur n'assume ainsi qu'une responsabilité partielle. Le recyclage favorise un cycle de vie unidirectionnel d'un produit. Le produit est conçu en fonction d'une production centralisée et d'une diffusion à grande échelle. Les contenants sont conçus en fonction de cet impératif économique. Voici la raison pour laquelle ils doivent être le plus léger possible.

Un système basé sur le recyclage nécessite souvent une collaboration avec les municipalités, afin de faire en sorte que les contenants soient acceptés dans les bacs de recyclage. Toutefois, dans bien des cas, le producteur ne se soucie guère de la conformité de ses produits ou de ses emballages avec les autres principes de la gestion intégrée des matières résiduelles. D'une façon ou d'une autre, les coûts associés à la récupération ou la mise en décharge au site d'enfouissement sont assumés par les contribuables qui, par l'entremise de leurs municipalités, sont forcés de payer pour un système pour lequel ils n'ont pas été consultés. Pour des raisons économiques, écologiques et sociales, la gestion intégrée des matières résiduelles privilégie le réemploi avant le recyclage. La réutilisation pourrait se développer autour de deux axes :

- le réemploi des contenants ;
- le réemploi des autres biens et produits par le prolongement de leur durée de vie et de leur caractère réparable.

En ce qui a trait au développement du premier axe de la réutilisation, le réemploi des contenants, les actions devraient se concentrer sur l'élaboration de systèmes de récupération et de réembouteillage. Une action concertée doit être menée afin que le réemploi des contenants redevienne la façon de faire dans le domaine de la production, de la distribution et de la vente de tous les liquides alimentaires.

Cette stratégie doit s'appuyer sur :

- des incitatifs financiers, tels une consigne différentielle qui favoriserait les contenants à remplissages multiples ;
- des projets de recherche, comme sur l'amélioration des procédés de lavage et de remplissage ;
- des cas modèles, tels la consigne et le réemploi des bouteilles de la Société des alcools du Québec (S.A.Q.) ;
- des investissements stratégiques, tels une consolidation et un redéploiement des systèmes de distribution régionalisés et une réglementation qui, à terme, rendra obligatoire le recours à des contenants à remplissage multiple.

En ce qui a trait au développement du deuxième axe de la réutilisation, le réemploi des autres biens et produits, la conjugaison entre les systèmes de gestion de la qualité et le réseau de Ressourceries est une piste de solution intéressante en ce qui concerne la réfection des produits et des biens et le prolongement de leur durée de vie (FCQGED, 1996). Le concept des Ressourceries s'appuie sur des centres communautaires de réduction, de réutilisation et de recyclage-compostage des matières résiduelles.

Les Ressourceries visent plusieurs objectifs dont :

- contribuer à la réduction de la production des matières résiduelles,
- contribuer au développement du réemploi des produits par l'entremise de la réparation et de l'échange ;
- compléter les initiatives de recyclage (notamment de la collecte sélective résidentielle) ;
- compléter les initiatives de compostage.

Les Ressourceries s'intègrent aux autres activités de récupération en cours dans une communauté. Dès lors, elles s'allient aux forces vives du milieu de la récupération comme les groupes sans but lucratif qui ramassent des vêtements, des meubles et/ou des électroménagers en vue de leur réemploi ou de leur recyclage. Les Ressourceries permettent le développement et la réalisation de projets de compostage domestique résidentiels ou communautaires. Elles s'allient également à l'entreprise privée en fournissant des matières premières recyclées en vue de leur réintroduction dans le cycle de production. Finalement, les Ressourceries permettraient de maximiser l'efficacité des plans de gestion intégrée des matières résiduelles, dont devraient être dotées les municipalités et les MRC.

**Les Ressourceries
sont une piste de
solution intéressante
en ce qui concerne la
réfection des pro-
duits et des biens et
le prolongement de
leur durée de vie.**

5.2.3 Troisième priorité d'action: le recyclage

Le terme recyclage est défini comme l'ensemble des techniques de récupération des déchets et de transformation de ces derniers en produits utilisables (Parent, 1990). Ces techniques vont de la récupération du papier à l'incinération pour la récupération d'énergie. Comme il est possible de le constater, il existe donc un gradient dans la prise en compte des critères écologiques, sociaux et économiques selon les techniques de récupération utilisées. Il faut toujours conserver un esprit critique. Recyclage ne signifie pas nécessairement, une amélioration d'un point de vue de gestion intégrée, car cette approche tient compte tant des considérations écologiques, sociales qu'économiques.

Dans un contexte où la production de biens à partir de la matière première est largement subventionnée, il est difficile de justifier le recyclage, sinon par la production de biens nouveaux, qui ne peuvent pas concurrencer avec les biens produits à partir de matières premières. Dans ce cas, le recyclage ne sert qu'à accroître indûment la production et la consommation. Heureusement, divers acteurs ont constaté cette tendance et font pression afin que la matière recyclée remplace la matière première (matière vierge) dans la production de biens de consommation. Par exemple, la réglementation américaine exige un pourcentage de fibres recyclées dans le papier. L'Allemagne est également en voie d'adopter une législation fort innovatrice en ce sens. Selon l'approche allemande, le système de production est considéré comme un système en boucle dans lequel le volume et la rapidité des flux de matériels doivent être minimisés afin de générer le moins possible d'externalités (Stahel, 1994). Cette approche a l'avantage de permettre de réduire à la source les matières résiduelles; d'utiliser le recyclage pour protéger les ressources naturelles et de favoriser le développement régional.

Le terme recyclage est défini comme l'ensemble des techniques de récupération des déchets et de transformation de ces derniers en produits utilisables.

Nombre d'enjeux des modes de récupération sont liés au financement et au raisonnement économique qui se profilent derrière le recyclage. Une question fondamentale est celle des coûts à considérer en matière de recyclage et de leur répartition entre les divers acteurs sociaux. À ce sujet, la réflexion économique la plus intéressante à nos yeux fait état du raisonnement suivant. L'utilisation privée de produits générateurs de déchets impose deux types de coûts sur l'ensemble de la société, à savoir les coûts d'enfouissement et les coûts pour obtenir une meilleure gestion de ces résidus. Lorsque des activités privées imposent des coûts à l'ensemble de la société, les économistes recommandent souvent le recours à une taxe (Ackerman et al., 1995). Ainsi, dans le cas de la récupération, les coûts seraient couverts par une combinaison d'une taxe à l'enfouissement lors de la vente des produits et d'un incitatif lors de la récupération (Dobbs, 1991). Cette solution juxtaposant l'imposition d'une taxe et d'un incitatif rééquilibrerait la part de responsabilités incombant à chaque acteur en permettant d'intégrer les coûts liés au réemploi, au recyclage et à l'élimination, selon le choix du consommateur. Rappelons que dans le mode de production actuel, ces externalités (coûts) sont presque toujours assumées par les citoyens. L'ensemble des coûts générés serait ainsi assumé en premier lieu par les producteurs et ensuite par les consommateurs une fois que ceux-ci disposent d'une information suffisante pour faire un choix éclairé.

Les activités liées au recyclage doivent couvrir tant les systèmes de récupération, les marchés que la qualité et la quantité d'approvisionnement. En effet, les systèmes financés volontairement par l'industrie restent très sectoriels, en vase clos, ils ne s'harmonisent pas avec les deux premiers principes de la gestion intégrée, soit la réduction et le réemploi, et peu d'efforts sont effectués afin de développer les marchés. En outre, les industries laissent aux gouvernements le fardeau de créer les conditions favorables à l'écoulement de la matière première. Il est toutefois primordial d'aborder la problématique du recyclage comme un système intégré qui combine les composantes « éducation-sensibilisation », « choix du système de récupération » et « développement des marchés » afin de bénéficier des meilleurs coûts et de favoriser la création d'emplois et le développement d'entreprises (Platt et Morris, 1995).

En raison des impacts négatifs engendrés par la surconsommation, le concept de développement durable préconise un processus de production en boucle fermée, dans lequel la planification est basée sur la capacité de support des ressources et sur les besoins des sociétés humaines dans une perspective à long terme. En d'autres termes, le système de production doit s'adapter aux limites des composantes environnementales et prendre conscience des besoins à moyen et à long terme des sociétés humaines. Dans cet esprit, l'industrie du recyclage se développerait avec discernement afin que la matière recyclée serve à remplacer la matière première dans les procédés actuels de fabrication et à augmenter la « durabilité » des produits. A ce sujet, les mesures suivantes pourraient être considérées:

- Abandonner l'utilisation de matériaux difficilement recyclables ;
- Faire des recherches sur les matières difficilement recyclables et sur les solutions de remplacement envisageables ;
- Développer une industrie du recyclage et de la récupération pour toutes les matières qui soit encadrée de manière à ce qu'un plafond d'approvisionnement soit respecté. Comme la réduction à la source doit primer sur toute autre alternative, il est nécessaire de fixer des objectifs de production maximale pour chacune des matières. Ces limites constitueraient des plafonds d'approvisionnement pour toutes les industries de recyclage. Dans un tel contexte, les lois du marché seules ne peuvent suffire à assurer un développement viable de ce type de gestion ;
- Rendre obligatoire l'utilisation de la matière recyclée aux seules fins de remplacement de la matière première ;
- Imposer un droit de conception sur les produits basé sur la durée de vie, la « démontabilité », les possibilités de réparation et les possibilités de recyclage des pièces ;
- Instaurer un système d'étiquetage qui identifierait, pour tous les produits, le type de matériel utilisé pour toutes les composantes de ce produit.

Pour stabiliser le marché des matières recyclables et soutenir les efforts réalisés relatifs à la collecte sélective, les mesures suivantes doivent être envisagées :

- Étudier la possibilité d'instaurer une politique restreignant l'importation de matières ou de produits qui viennent déséquilibrer les marchés internes constitués de produits faits de matières recyclées ;
- Taxer l'utilisation de matières premières pour les produits dans lesquels un équivalent en matière récupérée peut être utilisé ;
- Prévoir un pourcentage minimum de matière recyclée pour des produits spécifiques tels les papiers à photocopieuse, les outils de jardins, etc. ;
- Développer la qualité, la quantité et la régularité de l'apport en matières récupérées par le biais d'une approche par filière de matière ;
- Bannir l'utilisation des matériaux composites et des matériaux difficilement séparables,
- Interdire qu'un centre de tri soit jumelé, sur un même site, à toute infrastructure d'enfouissement afin d'éviter que le gestionnaire du centre de tri, en cas de baisse des cours des matières, envoie les matières à l'enfouissement.

En résumé, la plupart des systèmes de recyclage, tels qu'ils se pratiquent actuellement, s'inscrivent dans la même logique de production linéaire. Ils peuvent ainsi favoriser la surconsommation s'ils ne sont pas accompagnés d'une approche globale, basée sur le développement durable, dans laquelle la matière recyclée remplace la matière vierge. La problématique des systèmes de récupération doit donc être abordée de manière à ce qu'ils soient en adéquation avec les objectifs de réduction, tout en tenant compte de la question du financement du recyclage.



5.2.4 Le compostage

Le compostage est un processus naturel de décomposition aérobie de la matière organique putrescible par des micro-organismes. Le compostage offre deux avantages importants (FCQGED, 1996). D'une part, il contribue à réduire la quantité de matières résiduelles acheminées aux lieux d'enfouissement et, d'autre part, il permet la mise en valeur d'une ressource précieuse en la transformant en un amendement de choix pour le sol. Les résidus alimentaires, les feuilles mortes et les résidus de jardin, le papier, le bois, les résidus de traitement des aliments, les résidus agricoles et le fumier sont d'excellentes matières organiques compostables. Le compost créé à partir de ces matières est une ressource qui peut être utilisée pour le jardinage, l'horticulture et l'agriculture. Le compost permet de remplacer les propriétés organiques perdues dans le sol et d'améliorer sa structure et sa fertilité.

Rappelons que la matière organique putrescible est responsable d'une partie de la pollution due à l'enfouissement pêle-mêle. Le biogaz est en partie formé des matières organiques se décomposant en l'absence d'oxygène (en milieu anaérobie), ce qui se produit quand elles sont enterrées dans un site d'enfouissement. Ainsi, en réduisant la quantité de matières organiques putrescibles qui se rendent habituellement dans les sites d'enfouissement, on réduit les risques de contamination de l'environnement. Les matières organiques ne devraient donc pas être enfouies mais compostées. Il est toutefois important que le compostage s'effectue selon des techniques garantissant un compost de qualité ce qui nécessite une réglementation précise et sévère. Cette réglementation devrait interdire l'enfouissement et l'incinération de la matière organique. Elle devrait aussi inclure des normes pour le compost et les faire respecter, et finalement obliger toutes les municipalités ou MRC à avoir un plan d'action permettant de récolter la matière organique (tri à la source, collecte sèche/humide) et de la composter.

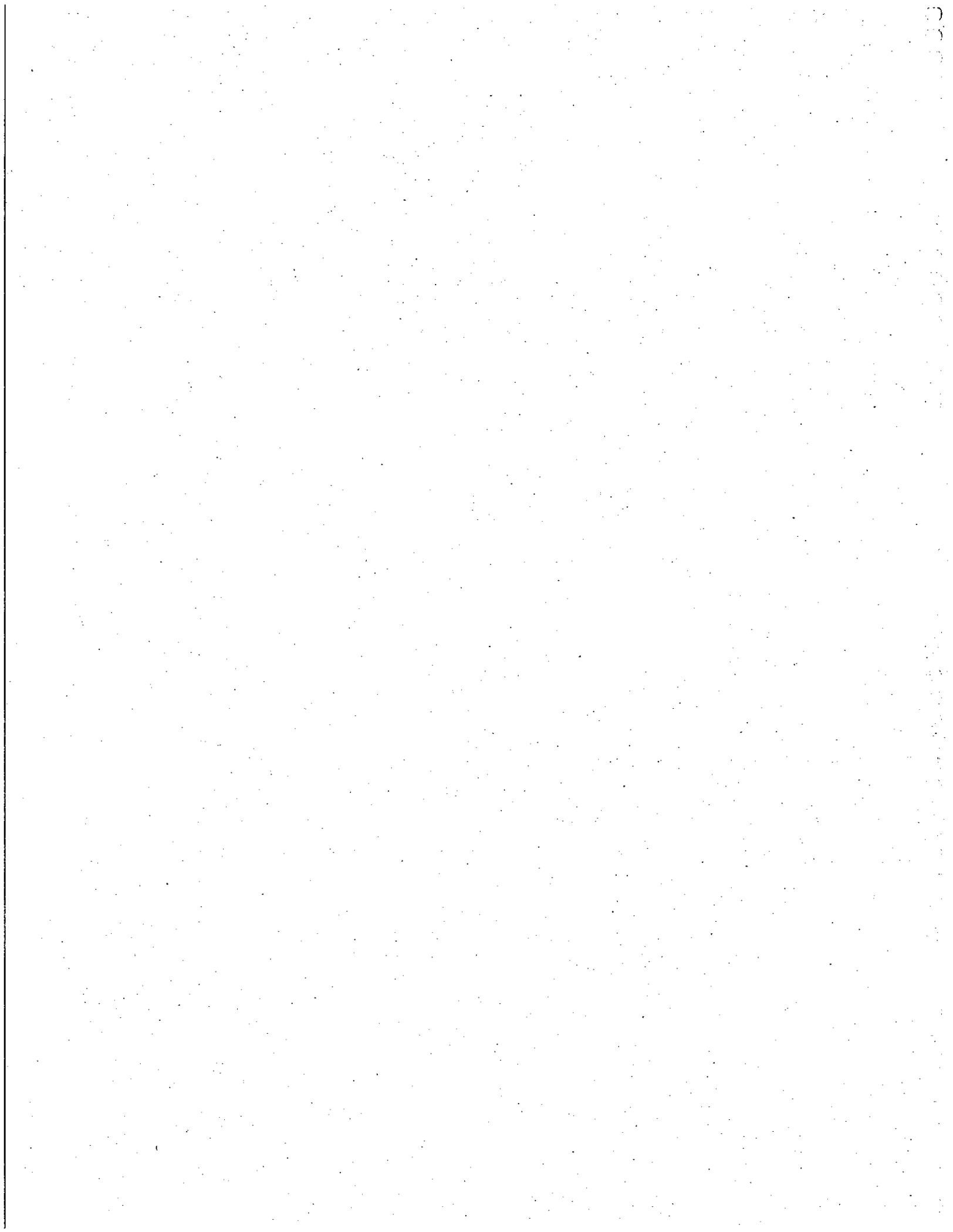
Le compostage est un processus naturel de décomposition aérobie de la matière organique putrescible par des micro-organismes.

Pour favoriser le développement du compostage, les mesures suivantes pourraient être envisagées :

- Ne pas favoriser le compostage en vrac ;
- Instaurer la collecte sèche-humide à trois voies dans tout le Québec ;
- Favoriser le compostage domestique et le compostage communautaire ;
- Obliger à ce que les opérations de compostage soient effectuées le plus près possible des lieux de production des déchets ;
- Interdire l'enfouissement de la matière organique ;
- Hiérarchiser les types de compostage en fonction de critères de proximité des producteurs de matières organiques et de qualité de compost.

5.3 L'enfouissement sélectif

Dans la vision de la gestion intégrée des matières résiduelles, l'enfouissement sélectif est une solution à choisir en dernier recours. En d'autres termes, la quantité de déchets qui resteraient à enfouir seraient peu élevée comparativement à la situation actuelle, en raison du rôle de filtrage que joueraient la réduction, le réemploi, le recyclage et le compostage des matières résiduelles. De plus, l'enfouissement sélectif devrait être sécuritaire.

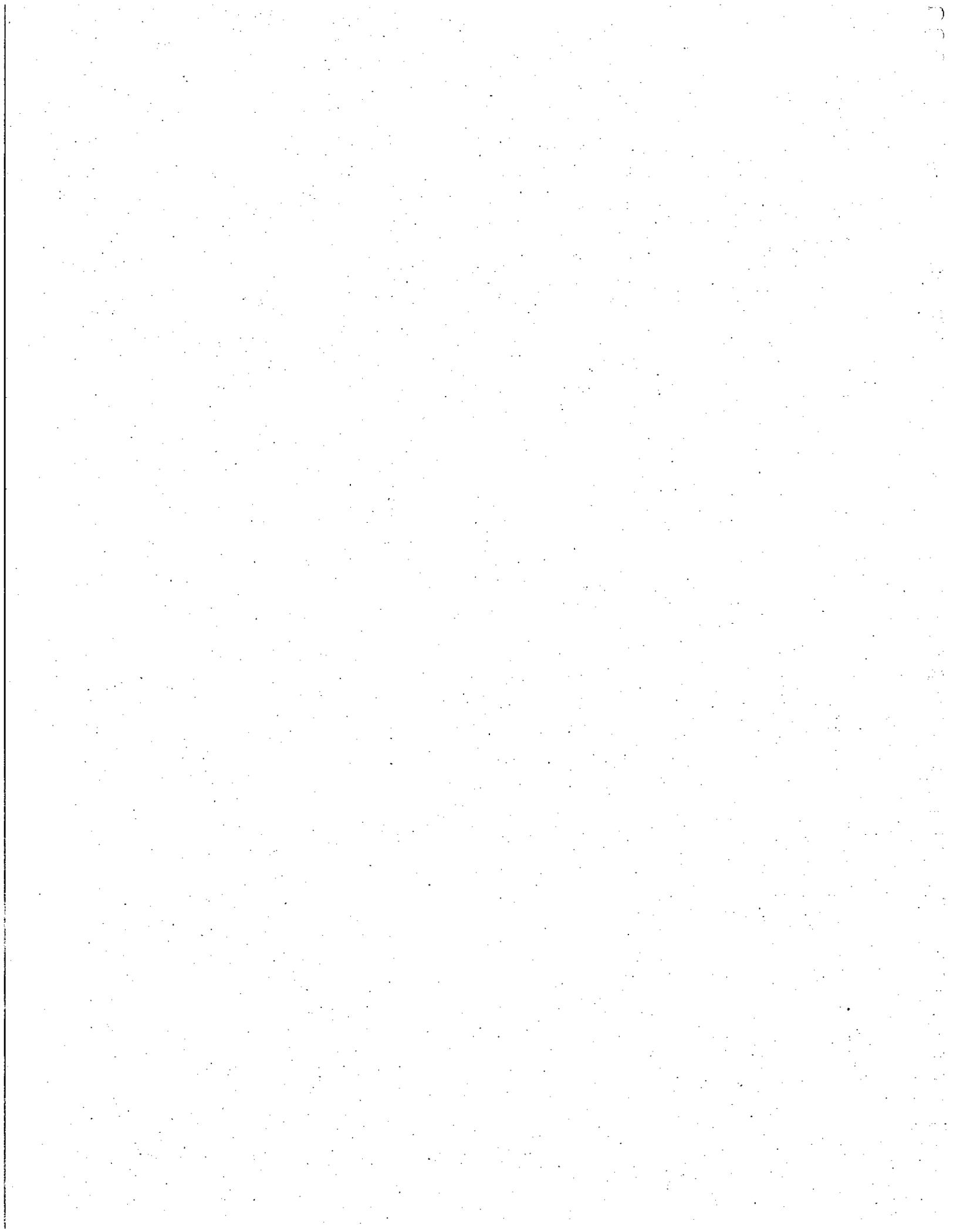


CONCLUSION

Ce document visait à fournir à la population et à tous les acteurs concernés des informations sur les risques à la santé humaine liés aux deux principales méthodes d'élimination des matières résiduelles provenant du secteur municipal (domestique) : l'enfouissement et l'incinération, ainsi que sur les alternatives connues. Il a été écrit et pensé selon une approche basée sur la gestion intégrée, pour laquelle il est essentiel de tenir compte des aspects tant écologiques, sociaux qu'économiques. Selon cette approche, le principe de prévention, la planification à long terme et l'équité intergénérationnelle sont nécessairement à considérer. Cette vision à long terme veut donc dépasser celle prédominante de la gestion traditionnelle en prévoyant les coûts externes et les effets cumulatifs du développement sur l'environnement et les sociétés humaines.

Au sein du système de gestion des matières résiduelles mis en place au Québec, le moyen privilégié demeure l'élimination, malgré les nombreux impacts environnementaux et sociaux qu'on lui reconnaît. Parmi les méthodes d'élimination, l'enfouissement pêle-mêle dans les lieux d'enfouissement sanitaire (LES) et l'incinération sont davantage préoccupantes d'un point de vue de santé publique et de protection de l'environnement. Ce document permet néanmoins de constater qu'il existe des moyens alternatifs découlant de la gestion intégrée qui, s'ils étaient adoptés sur une large échelle, permettraient fort probablement de diminuer les risques sur la santé humaine et sur notre environnement que font encourir les méthodes traditionnelles de gestion des matières résiduelles. Les principes de base sont la régionalisation, la responsabilisation, la gestion basée sur les 3R et la gestion démocratique.

Ce document permet de constater qu'il existe des moyens alternatifs découlant de la gestion intégrée qui, s'ils étaient adoptés sur une large échelle, permettraient fort probablement de diminuer les risques sur la santé humaine et sur notre environnement.



RÉFÉRENCES

- Ackerman, Frank, et al. 1995. Preliminary analysis: The costs and benefits of bottle bills, préparé pour U.S. Environmental Protection Agency Office of Solid Waste.
- Ayotte, Pierre, Éric Dewailly, et Jacques Brisson. 1994. « L'exposition aux composés organochlorés estrogéniques et le cancer du sein ». *Bulletin d'information en santé environnementale*, vol. 5, no. 4, p. 1-4.
- Barraqué, Bernard. 1995. « Les politiques de l'eau en Europe ». *Revue française de science politique*, vol. 45, no 3, p. 420-453.
- Beaudet, Normand et Patrick Boyer. 1999. *Pour une gestion régionale et durable des matières résiduelles dans les Laurentides: l'environnement et la santé publique bien avant les profits de l'enfouissement*. Sainte-Anne-des-Plaines (Qué.): Coalition Laurentienne pour une Gestion Régionale des Déchets, 35 p.
- Bisson, Michel. 1986. *Introduction à la pollution atmosphérique*. Québec: Ministère de l'environnement, Direction de l'assainissement de l'air, 135 p.
- Bolduc, Daniel. 1998. *Bilan des éclosions de maladies d'origine hydrique signalées dans les directions régionales de la santé publique du Québec en 1993, 1994 et 1995*. Comité de santé environnementale du Québec, Conseil des directeurs de santé publique du Québec, 8 p.
- Bund, für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. 1993. *The Returnables Roundabout-Requirements for an Environment-Friendly System of Returnable Drinks Containers*.
- Cabral, Alexandre, Guy Lefebvre et Luc. « Conditions actuelles de l'enfouissement de déchets solides au Québec ». *Vecteur Environnement*, vol. 30, no 5, p. 31-38.
- Canada, Environnement Canada et Santé Canada. 1990. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement. Liste des substances d'intérêt prioritaire. Rapport d'évaluation no 1: polychlorodibenzodioxines et polychlorodibenzofurannes*. Ottawa:Ministre des Approvisionnements et Services Canada, 64 p.
- Canada, Santé Canada. 2001. *Votre santé et vous. Recommandations pour la qualité de l'eau potable.. En ligne*. <http://www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/generale/votre_sante.htm>. Consulté le 5 février 2001.
- Cartier, Jean-François. 1996. « Pour une gestion des déchets respectueuse de la santé et de l'environnement ». *Mémoire présenté par la Régie régionale de la santé et des services sociaux, Direction de la santé publique de la Côte-Nord au Bureau d'audiences publiques sur l'environnement*, 37 p.
- Chapuis, R. P., et M. Marcotte. 1991. « Évaluation de la performance hydraulique globale des tapis de, argile, ». In *Première conférence canadienne de géotechnique environnementale : comptes-rendus, sous la dir. de Robert, p, 245-251*. Montréal : Société canadienne de géotechnique.
- Comité de santé environnementale du Québec. 1993. *Mieux vivre avec nos déchets. La gestion des déchets solides municipaux et la santé publique*. 138 pages et annexes.

Communauté urbaine de Montréal (CUM). 1994. Résultats d'analyses de lixiviation des cendres. L.E.S. « Carrière Demix ». Janvier 1989 à décembre 1994.

Couture, André. 1990. « Un grand tournant dans la gestion des déchets dangereux : Le pas dans ma cour (PDMC) ». In *La santé environnementale : un défi partagé. Actes du troisième colloque de formation en santé environnementale (Québec, 21-22 novembre 1990)*, sous la dir. du ministère de l'Environnement du Québec et du ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec, p. 21-31.

De Guise, Clôde. 1998. « Beaucoup d'action autour d'un dépotoir ». *Franc-Vert*, vol. 15, no 6 (décembre-janvier), p. 29-30.

DeLong, James V. 1993. « Public Policy toward Municipal Solid Waste ». *Annual Reviews Public Health*, vol. 14, p. 137-157.

Devito, Michael J., Linda S. Birnbaum, William H. Farland et Thomas A. Gasiewicz. 1995. « Comparisons of Estimated Human Body Burdens of Dioxinlike Chemicals and TCDD Body Burdens in Experimentally Exposed Animals ». *Environmental Health Perspectives*, vol. 103, no 9, p. 820-831.

Dobbs, Ian M. 1991. « Litter and waste management: Disposal taxes versus user charges ». *Canadian journal of economics*.

Domart, A., et J. Bourneuf. 1981. *Nouveau Larousse médical*. Librairie Larousse. Paris.

Drouin, Louis, Mark Goldberg et Normand Richer. 1993. « Risques associés au émis dans les sites d'enfouissement sanitaire ». *Travail et santé*, vol. 9, no 3 (septembre), p. 11-17.

Environnement Canada, Division de la gestion des déchets solides. 1993. *Le programme national d'essais et d'évaluation des incinérateurs : résumé des études de caractérisation et de traitement des résidus d'incinération de déchets solides urbains*. Ottawa : Ministre des Approvisionnements et Services Canada, 64 p.

France, conseil d'État. 1998. « Réflexions du Conseil d'État sur le droit de la santé. Vers un nouvel équilibre juridique. La responsabilité pour faute ». In *Rapport public 1998 du Conseil d'État*.

<http://www.sante.gouv.fr/amiante/connaître/ethiq_pratiq/conseildetat.htm>
Consulté le 12 février 2001.

Frigon, J.C., J.G. Bisailon, G. Paquette et R.. 1992. « Caractérisation et traitement du lixiviât d'un lieu d'enfouissement sanitaire ». *Sciences et techniques de l'eau*, vol. 25, no 4 (novembre), p. 469-474.

Front commun québécois pour une gestion écologique des déchets (FCQGED). 1996. *Pour une vraie gestion durable et responsable de nos matières résiduelles. Mémoire du FCQGED présenté aux audiences génériques sur la gestion de nos matières résiduelles*. Montréal : FCQGED, 75 p.

Front commun québécois pour une gestion écologique des déchets. 1999. *Mémoire du Front commun québécois pour une gestion écologique des déchets sur la consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec*. En ligne. <<http://www.bape.gouv.qc.ca/eau/docdeposes/memoires/memo300.pdf>>. Consulté le 28 décembre 2000.

Front commun québécois pour une gestion écologique des déchets (FCQGED). 2000a. *Commentaires sur le projet de Règlement sur l'élimination des matières résiduelles présentés à M. Paul Bégin, ministre de l'Environnement*. Montréal: Front commun québécois pour la gestion écologique des déchets, 23 p.

Front commun québécois pour une gestion écologique des déchets (FCQGED). 2000b. Données quantitatives sur la gestion des déchets pour la province par région. Troisième édition. Montréal: Front commun québécois pour une gestion écologique des déchets, 34 p.

Gagné, Stéphane. 1995. « Peut-on rendre un site d'enfouissement étanche? ». *Enjeu*, vol. 15, no 2, p. 15.

Gaudreau, Danielle, et Marlène Mercier. 1997. La contamination de l'eau des puits privés par les nitrates en milieu rural. Régie régionale de la santé et des services sociaux de la Montérégie, Direction de la santé publique, Québec, 39 p.

Gazette officielle du Québec, 2000. Règlement sur l'élimination des matières résiduelles. Projet de règlement. Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q.-2). 25 octobre, 132e année, no 43, partie 2, p. 6690-6726.

Gitlitz, Jennifer S. 1990. « Beverage container reuse: a company profile ». *Ressource Recycling*, vol. 9, no 7 (juillet).

Goldberg, Mark S., Jack Siemiatyck, Ron Dewar, Marie Désy et Hélène Riberdy. 1999. « Risks of Developing Cancer Relative to Living near a Municipal Solid Waste Landfill Site in Montreal, Quebec, Canada ». *Archives of Environmental Health*, vol. 54, no 4 (juillet-août), p. 291-296.

Goldberg, Mark S., Nohal Al-Homsi, Lise Goulet et Hélène Riberdy. 1995a. « Incidence of Cancer among Persons Living Near a Municipal Solid Waste Landfill Site in Montreal, Quebec ». *Archives of Environmental Health*, vol. 54, no 4 (juillet-août), p. 291-296.

Goldberg, Mark S., Lise Goulet, Hélène Riberdy et Yvette Bonvalot. 1995. « Low Birth Weight and Preterm Births among Infants Born to Women Living Near a Municipal Solid Waste Landfill Site in Montreal, Quebec ». *Environmental Research*, vol. 69, p. 37-50.

Gonzalez, Carlos A., Manolis Kogevinas, Enrique Gadea, Alicia Huici, Alba Bosch, Maria J. Bleda et Olaf Pöpke Ergo. 2000. « Biomonitoring Study of People Living near or Working at a Municipal Solid-Waste Incinerator Before and After Two Years of Operation ». *Archives of Environmental Health*, vol. 55, no 4 (juillet-août), p. 259-267.

Greenpeace. 1995. *Strategies to promote Clean Production: Extended Producer Responsibility*. 16 p.

Greenpeace. 1991. *Attention : L'incinération peut nuire gravement à votre santé. Un rapport concernant la crise de l'incinération des déchets toxiques*. Montréal : Greenpeace, 101 p.

Greenpeace. Sans date. *Polluants organiques persistants (POP). Les POP : poisons de la chaîne alimentaire. Feuillelet d'information*, 4 p.

Hart, Harold, et Robert D. . 1985. *Chimie organique*, 2e édition. Montréal : Guérin, 419 p.

Hôpital Maisonneuve-Rosemont, Département de santé communautaire. 1991. « Analyse des impacts des émissions de polluants produits par l'incinérateur Des Carrières dans l'air ambiant ». 54 p.

Hopper, F., S. Macdonald, M. Shepherd, K. Wilby et P. Wong. 1994. *Objectifs nationaux de qualité de l'air ambiant quant au monoxyde de carbone. Niveaux souhaitables, acceptables et tolérables. Sommaire*. Ottawa: Santé Canada et Environnement Canada, 10 p.

Jourdain, Anne. 1994. « Réflexion sur la théorie et la pratique de la gestion écosystémique de l'eau ». Mémoire de maîtrise, Montréal, Université de Montréal, Institut d'Urbanisme, Faculté de l'aménagement, 89 p.

Kogevinas, Manolis, Heiko Becher, Trevor Benn, Pier Alberto Bertazzi, Paolo Boffetta, H. Bas Bueno-de-Mesquita, David Coggon, Didier Colin, Dieter Flesch-Janys, Marilyn Fingerhut, Lois Green, Timo Kauppinen, Margareta Littorin, Elsebeth Lynge, John D. Mathews, Manfred Neuberger, Neil Pearce and Rodolfo Saracci. 1997. « Cancer Mortality in Workers Exposed to Phenoxy Herbicides, Chlorophenols, and Dioxins ». *American Journal of Epidemiology*, vol. 145, no 12 (june), p. 1061-1075.

Lamontagne, Lucie. Sans date. *Microbiologie générale (BIO 3530)*. Montréal : Université du Québec à Montréal, Département des sciences biologiques, 240 p.

Lefebvre, Luc, et Monique Beausoleil. 1994. « Le point de vue de la santé publique sur le projet de cogénération énergétique du Centre énergétique Montréal-est (CÉME) ». Mémoire présenté par le département de santé communautaire du Centre hospitalier Maisonneuve-Rosemont au Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, 15 p.

Lepage, Laurent. 1997. « Note sur l'administration de l'environnement ». In *L'état administrateur: modes et émergences*, sous la dir. de Pierre T. Tremblay, p. 403-418. Sainte-Foy (Qué.): Presses de l'Université du Québec.

Levallois, Patrick. 1995. « Eau potable et santé: état de la situation ». In *Air intérieur et eau potable*, sous la dir. de Pierre Lajoie et Patrick Levallois, p. 153-162. Sainte-Foy: Les Presses de l'Université Laval.

LIEN. 1992. *Promotion du compostage domestique. Manuel pour les maîtres composteurs*, 2e édition.

Lisk, Donald J. 1991. « Environmental Effects of Landfills ». *The Science of the Total Environment*, vol. 100, p. 415-468.

Ministère de la Santé et des Services Sociaux du Québec (MSSSQ), Direction générale de la santé publique. 1996. *Les risques pour la santé publique d'un développement non contrôlé de la production porcine au Québec. Résumé*, 11 p.

Muckle, Gina. 1995. « Les effets chez le nouveau-né et l'enfant de l'exposition prénatale aux organochlorés et au mercure ». *Bulletin d'information en santé environnementale*, vol. 6, no 4, p. 1-7.

Murray, H.E., et J.N. Beck. 1990. « Concentration of synthetic organic chemicals in leachate from a municipal landfill ». *pollution*, vol. 67, no 3, p. 195-199.

Oppelt, E.T. 1990. *Air emissions from the incineration of hazardous waste*. Protection Agency des États-Unis. *Toxicology and Industrial Health*, vol. 6, no 5, p. 23-51.

Packard, Vance. 1960. *The waste makers*. David McKay, New-York.

Parent, Jean-François. 1999. *Gestion des ressources en eau au Québec. La participation publique : vecteur de la gestion intégrée*. Mémoire présenté dans le cadre des audiences publiques sur la gestion de l'eau au Québec, Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. Montréal : GRIP Québec UQAM, 37 p.

Parent, Sylvain. 1990. *Dictionnaire des sciences de l'environnement*. Ottawa : Éditions Broquet Inc., 748 p.

Platt, Brenda, et David Morris. 1995. *The economic benefits of recycling*. Institute for local self-reliance.

Proulx, Reno, et Marc-André Duclos. 1994. *Impacts psychosociaux inhérents à l'exploitation d'un lieu d'enfouissement sanitaire*. Sherbrooke (Qué.) : Régie régionale de la santé et des services sociaux de l'Estrie, direction de la santé publique, 36 p.

Québec, bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE). 1993. *L'agrandissement du lieu d'enfouissement sanitaire de Saint-Tite-des-Caps à Saint-Joachim : vers une solution écologique et équitable*. Rapport d'enquête et d'audience publique. Québec : Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, 295 p.

Québec, Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. 1994. *Centrale de valorisation du Centre de tri et d'élimination des déchets de la ville de Montréal*. Rapport d'enquête et d'audience publique. Montréal (Qué.) : Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, 175 p.

Québec, bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE). 1997. *Déchets d'hier, ressources de demain*. Rapport d'enquête de la Commission sur la gestion des matières résiduelles au Québec. Québec : Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, 477 p.

Québec, Assemblée nationale. 1999. *Projet de loi no 90. Loi modifiant la Loi sur la qualité de l'environnement et d'autres dispositions législatives concernant la gestion des matières résiduelles*. Québec : Éditeur officiel du Québec, 25 p.

Québec, Éditeur officiel. *Règlement sur les déchets solides*. Dernière modification : 18 novembre 1993, 26 p.

Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune. 1995. *Pour une gestion durable et responsable de nos matières résiduelles*. Document de consultation publique. Québec : ministère de l'Environnement et de la Faune, 52 p.

Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Service de la gestion des résidus solides. 1996. *Justification des normes de rejet des eaux de lixiviation*. 6 p.

Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune. 1998. *Plan d'action québécois sur la gestion des matières résiduelles 1998-2008*. Québec : Ministère de l'Environnement et de la Faune, 56 p.

Québec, ministère de l'Environnement et ministère des Ressources naturelles. 2000. *Plan d'action québécois 2000-2002 sur les changements climatiques*. Québec : Les Publications du Québec, 42 p.

Québec, Secrétariat au développement des régions. 1997b. *Politique de soutien au développement local et régional*. Sainte-Foy (Qué.) : Les Publications du Québec, 50 p.

Ramade, François. 1992. *Précis d'écotoxicologie*. Paris : Masson, 300 p.

Recyc-Québec (Société québécoise de récupération et de recyclage). 1999. *Gestion des matières résiduelles au Québec. Bilan 1998*. Québec : RECYC-QUÉBEC, 14 p.

Revin, Philippe, et Alain Navarro. 1993. « Gestion et traitement des déchets ». In *Technique de l'ingénieur*, France.

Rey-Debove, Josette et Alain Rey (dir. publ.). *Le Nouveau Petit Robert : Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française*, éd. 2000. Paris : Dictionnaires Le Robert.

Santé Canada. 2001. *Votre santé et vous. Les BPC et la santé humaine*. En ligne. <http://www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/generale/votre_sante/bpc.htm>. Consulté le 6 janvier 2001.

Santé Canada, direction générale de la santé de la population et de la santé publique. 1998. Maladies à déclaration obligatoire pour 1998 (nationale). En ligne. <http://www.cythera.ic.gc.ca/dsol/ndis/list_f.html>. Consulté le 2 janvier 2001.

Santé Canada. 1996a. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Documentation à l'appui. En ligne. <http://www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc_pubs/rqepdoc_appui/rqep.htm>. Consulté le 29 décembre 2000.

Santé Canada, direction générale de la santé de la population et de la santé publique. 1996b. Fiches techniques santé/sécurité - agents infectieux. En ligne. <<http://www.hc-sc.gc.ca/hpb/lcdc/biosafety/msds/msds4f.html>>. Consulté le 2 janvier 2001.

Santé Canada. Sans date. Rapports d'évaluation de la liste des substances d'intérêt prioritaire (LSIP). En ligne. <http://www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc_pubs/lcpe.htm>. Consulté le 2 janvier 2001.

Setbon, Michel. 1997. « Le principe de précaution en questions ». Revue française des affaires sociales, no 3-4 (juillet-décembre). En ligne. <http://www.sante.gouv.fr/amiante/connaître/ehiq_pratiq/m.htm>. Consulté le 12 février 2001.

Stahel, Walter. 1994. A regional orientation of the economy- A key factor in sustainable product design in the future economy, The product-life Institute, Genève.

Tortora, Gérard J., Sandra Reynolds Grabowski et Jean-Claude Parent. 1994. Principes d'anatomie et de physiologie. Nouvelle édition. Anjou (Qué.) : Centre Éducatif et Culturel inc., 1204 p.

Tushingham, Mark, et François Lalonde. 1995. Document à l'appui des lignes directrices environnementales sur la réduction des émissions de composés organiques volatils par les réservoirs de stockage hors sol. Environnement Canada. En ligne. <<http://www.ec.gc.ca/oged-dpge/level3f/ccmeguidelines/suptf.htm>>. Consulté le 3 janvier 2001.

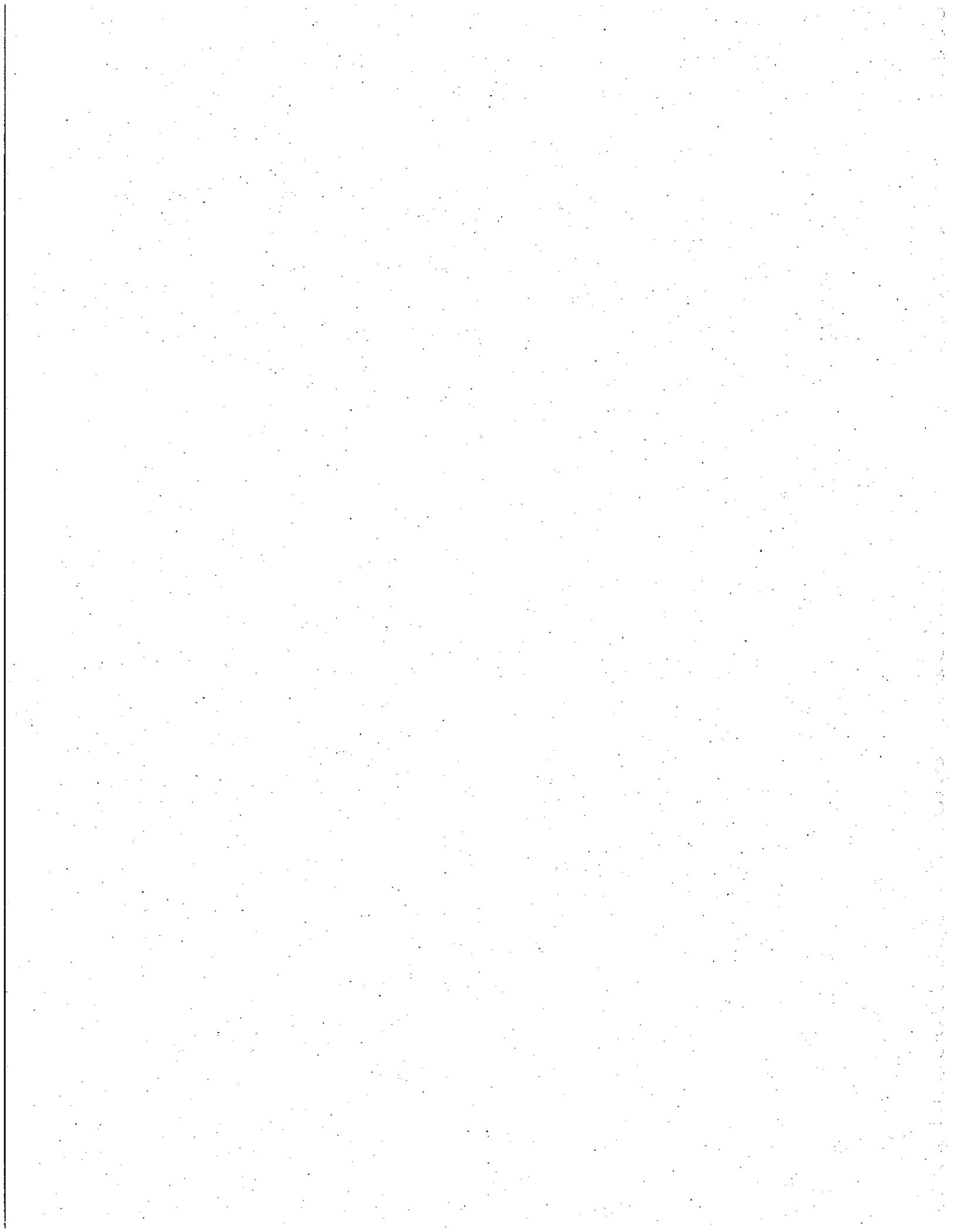
Tremblay, Nicolas. 1996. « Les différents outils de gestion de l'eau en France et leurs applications potentielles au Québec ». Mémoire de maîtrise, Montréal, École polytechnique de Montréal, Département de génie civil, 223 p.

Vaillancourt, Jean-Guy, Michel Séguin, Louis Maheu et Liliane Cotnoir. 1999. La gestion écologique des déchets. Montréal: Les Presses de l'Université de Montréal, 222.

Vézina, René. 1991. « Comment vaincre le NIMBY ? ». Revue Commerce, no 6 (juin), p. 9-10.

Viel, Jean-François, Patrick Arveux, Josette Baverel et Jean-Yves Cahn. 2000. « Soft-Tissue Sarcoma and Non-Hodgkin's Lymphoma Clusters around a Municipal Solid Waste Incinerator with High Dioxin Emission Levels ». American Journal of Epidemiology, vol. 152, no 1, p. 13-19.

ANNEXE A



LOCALISATION DES LIEUX D'ENFOUISSEMENT SANITAIRE

SYMBOLE	PROPRIÉTAIRES	LOCALITÉS	ANNÉE DE FERMETURE	SYMBOLE	PROPRIÉTAIRES	LOCALITÉS	ANNÉE DE FERMETURE
1 ■	Régie intermunicipale de New Richmond*	NEW RICHMOND	2002	48 ■	M.R.C. de La Haute-Côte-Nord	BERGERONNES	2020
2 ■	Régie intermunicipale des Anses*	GRANDE-RIVIÈRE	2003	49 ■	Gouvernement du Québec [M.R.N.]	BAIE-COMEAU	1997
3 ■	Ville de Percé	PERCÉ	1999	50 ●	Gouvernement du Québec [M.R.N.]	RIVIÈRE-PENTECÔTE	1994
4 ■	M.R.C. Denis-Rivierin	SAINTE-ANNE-DES-MONTS	2003	51 ●	Gouvernement du Québec [M.R.N.]	SEPT-ÎLES	2003
5 ●	Ville de Gaspé	GASPÉ	1994	52 ■	M.R.C. de La Haute-Côte-Nord	SAINTE-ANNE-DE-PORTNEUF	2010
6 ●	Ville de Rivière-du-Loup	SAINT-GEORGES-DE-CACOUINA	2009	53 ●	M.R.C. de Lotbinière	SAINT-FLAVIEN	1995
7 ■	Ville de Cabana	CABANO	2015	54 ■	Comité intermunicipal de l'Amiante	ROBERTSONVILLE	2004
8 ■	Ville de Dégelis	DÉGELIS	2046	55 ■	M.R.C. de Bellechasse	ARMAGH	1999
9 ■	Ville de Rimouski	RIMOUSKI	2003	56 ■	Régie intermunicipale de Beauce-Sud	SAINT-CÔME-DE-KENNEBEC	2000
10 ■	Ville de Matane	MATANE	2003	57 ■	Régie intermunicipale de l'Islet-Sud*	SAINTE-PÉRETUE	2016
11 ■	M.R.C. de La Mitis	PADOUE	2010	58 ●	Comité intermunicipal Chutes-de-la-Chaudière	SAINT-LAMBERT-DE-LAUZON	1998
12 ●	M.R.C. de La Matapédia	AMQUI	1993	59 ■	Ville de Disraëli	GARTHBY	2018
13 ■	Corporation municipale de Saint-Philippe-de-Néri	SAINT-PHILIPPE-DE-NÉRI	2010	60 ●	Régie intermunicipale de Beauce-Centre*	SAINT-FRANÇOIS-OUEST	1994
14 ■	Ville de Pohénégamook	SAINT-ELZÉAR	2010	61 ■	Régie intermunicipale des Etchemins*	SAINT-GERMAINE-DU-LAC-ETCHEMIN	2000
15 ■	M.R.C. du Fjord-du-Saguenay	LATERRIÈRE	1994	62 ■	Régie intermunicipale de l'Anse-à-Gilles*	LISLET-SUR-MER	2004
16 ■	M.R.C. Lac-Saint-Jean-Est	L'ASCENSION-DE-NOTRE-SEIGNEUR	2003	63 ●	Régie intermunicipale de la Rouge	MARCHAND	1999
17 ■	M.R.C. Domaine-du-Roy	SAINT-PRIME	2035	64 ■	Régie intermunicipale de la Lièvre*	MONTLAURIER	2005
18 ■	M.R.C. Mario-Chapdelaine	DOUVEAU	2000	65 ■	Régie intermunicipale Argenteuil — Deux-Montagnes	MIRABEL	1996
19 ■	Corporation municipale Stoneham-et-Tewkesbury	STONEHAM-ET-TEWKESBURY	1997	66 ■	Service sanitaire Robert Richer Inc.	SAINTE-SOPHIE	2012
20 ■	Régie intermunicipale de Charlevoix-Est*	CLERMONT	2006	67 ●	Régie intermunicipale d'élimination des déchets solides de Brome-Missisquoi	COWANSVILLE	1998
21 ■	Corporation municipale de Baie-Saint-Paul	BAIE-SAINT-PAUL	2017	68 ■	Roland Thibault inc.	SAINTE-CÉCILE-DE-MILTON	2004
22 ■	Régie intermunicipale de l'Est de Portneuf	POINTE-AUX-TREMBLES	1997	69 ●	Corporation municipale de Saint-Anicet	SAINT-ANICET	1995
23 ■	Service sanitaire Leclerc Inc.	SAINT-TITE-DES-CAPS	1997	PROJETS D'ÉTABLISSEMENT			
24 ●	Régie intermunicipale des déchets du secteur Ouest de Portneuf	SAINT-ALBAN	1995	SYMBOLE	PROMOTEURS	LOCALITÉS	
25 ■	Corporation municipale de la ville de Saint-Raymond	SAINT-RAYMOND	2003	71 ●	Sani-Beauce enr.	M.R.C. ROBERT-CLUCHE	
26 ●	Service sanitaire Gaudreau inc.	SAINT-ROSAIRE	1998	72 ●	Ville d'Amos	AMOS	
27 ■	Ville de Plessisville	PLESSISVILLE	2030	73 ●	Cintec Environnement inc.	LAROUCHE	
28 ■	Ville de La Tuque	LA TUQUE	1995	74 ●	Lamarche McGuinty inc.	BRISTOL	
29 ■	Gestion des rebuts DMP inc.	SAINT-ÉTIENNE-DES-GRÈS	2020	75 ●	Lamarche McGuinty inc.	BRISTOL	
30 ●	Municipalité de Champlain	CHAMPLAIN	1997	76 ●	Municipalité de Bouchette	BOUCHETTE	
31 ■	Les entreprises de rebuts SANIPAN inc.	SAINT-NICÉPHORE	2010	77 ●	2417-7040 Québec inc.	CANTLEY	
32 ■	Ville de Sherbrooke	SHERBROOKE	2022	78 ●	Site d'enfouissement de l'Outaouais inc.	SAINT-ANDRÉ-AVELLIN	
33 ■	Comité intermunicipal de Lac-Mégantic	LAC-MÉGANTIC	2025	79 ●	Régie intermunicipale d'enfouissement sanitaire de Manicouagan	RAGUENEAU	
34 ■	M.R.C. du Haut-Saint-François	BURY	2021	80 ●	M.R.C. du Fjord-du-Saguenay	SAINT-HONORÉ	
35 ●	BESTAN inc.	MAGOG	1996	81 ●	Louis-René Scott	SAINTE-CHRISTINE	
36 ●	F.M. Besette inc.	SAINTE-ANNE-DE-LA-ROCHELLE	1994	82 ●	Comité intermunicipal de l'Arrière-Pays	STONEHAM-ET-TEWKESBURY	
37 ■	Ville d'Asbestos	SHIPTON	2040	83 ●	Cevco inc.	SAINT-HIPPOLYTE	
38 ■	Régie intermunicipale de Coaticook*	BARNSTON	2030	84 ●	Bo-Bois GL enr.	GRENVILLE	
39 ■	M.R.C. du Val-Saint-François	MELBOURNE	2006	85 ●	Centre d'enfouissement sanitaire St-Athanase inc.	SAINT-ATHANASE	
40 ■	Ville de Montréal	MONTREAL	2013	86 ●	Groupe SNC inc.	HAVRE-AUX-MAISONS	
41 ●	Usine de triage Lachenaie inc.	LACHENAIE	1994	87 ●	Ville de Rouyn-Noranda	ROUYN-NORANDA	
42 ●	Service sanitaire R.S. inc.	SAINTE-GENEVIÈVE-DE-BERTHIER	2007	88 ●	Groupe Axor	SAINT-ROCH-DE-MÉKINAC	
43 ●	Construction Bérrou inc.	SAINT-JEAN-DE-MATHA	1993	89 ●	Josyvan inc.	LA BAIE	
44 ■	Ville de Maniwaki	DÉLÉAGE	2012	90 ●	M.R.C. de La Nouvelle-Beauce	SAINT-ÉDOUARD-DE-FRAMPTON	
45 ■	Ville de La Sarre	LA SARRÉ	2017	91 ●	Site d'enfouissement de l'Outaouais	NOTRE-DAME-DE-BON-SECOURS	
46 ■	Ville de Val-d'Or	VAL-D'OR	2004	92 ●	Services environnementaux AES inc.	PARTIE-NORD	
47 ■	Ville de Chibougamou	CHIBOUGAMAU	2000			CHICOUTIMI	

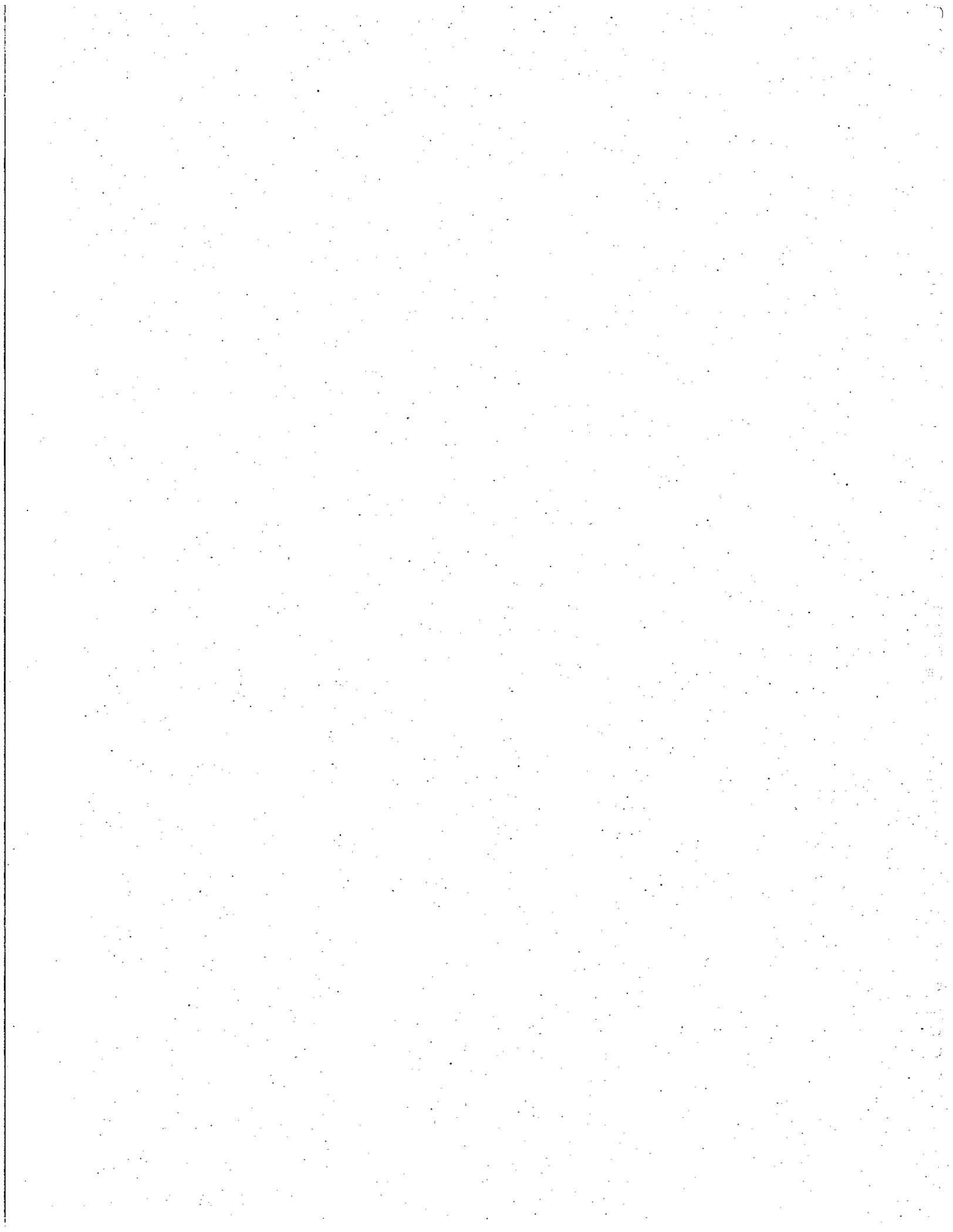
LÉGENDE

- Lieux d'enfouissement sanitaire existants
- Projets d'agrandissement d'un lieu d'enfouissement sanitaire
- ⊙ Projets d'établissement d'un lieu d'enfouissement sanitaire
- * Régies intermunicipales de gestion des déchets solides



Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune

ANNEXE B



TABEAU 2.2

**Risques à la santé associés à une exposition à long terme
aux principales substances inorganiques retrouvées dans le lixiviat**

Substances Inorganiques	Risques à la santé humaine	Concentration maximale acceptable (CMA) dans l'eau potable
Cadmium (Cd)	<ul style="list-style-type: none"> • Altération des fonctions hépatiques; • Emphysème pulmonaire; • Maladie itai-itai; • Ostéomalacie (ramolissement généralisé des os); • Pneumonie aiguë; • Dysfonctionnements du rein (protéinurie, glycosurie et aminoacidurie). • Pouvoir mutagène : <ul style="list-style-type: none"> - Malformations congénitales*. • Pouvoir cancérigène : <ul style="list-style-type: none"> - Cancer du poumon; - Cancer de la prostate; - Cancer du rein; - Sarcomes*; - Tumeurs des testicules*. 	0,005 mg/L (5 ug/L)
Chrome (Cr)	<ul style="list-style-type: none"> • Dysfonctionnements de l'appareil digestif ; • Dysfonctionnements de l'appareil respiratoire; • Encéphalite (la maladie de la vache folle en est un type). • Pouvoir cancérigène (Groupe I) : <ul style="list-style-type: none"> - Cancer de l'appareil digestif - Cancer de l'estomac. 	0,05 mg/L (50 ug/L)
Cuivre (Cu)	<ul style="list-style-type: none"> • Hémosidérose hépatique*; • Tumeurs malignes des poumons. 	1 mg/L (1000 ug/L)
Cyanures (CN)	<ul style="list-style-type: none"> • Anomalies thyroïdiennes; • Crétinisme; • Goitre endémique; • Troubles neurologiques. 	0,2 mg/L (200 ug/L)
Fer (Fe)	<ul style="list-style-type: none"> • Crétinisme; • Hématochromatose (lésion des tissus); • Néoplasmes (tumeurs). 	0,3 mg/L (300 ug/L)
Manganèse (Mn)	<ul style="list-style-type: none"> • Pneumonite; • Troubles neurologiques. • Pouvoir mutagène : <ul style="list-style-type: none"> - Lymphosarcome* (tumeur des ganglions); - Adénomes* (tumeurs bénignes). • Effets sur la reproduction et tératogénicité ; • Défectuosités humaines à la naissance; • Dysfonctionnements du système reproductif mâle (baisse de fertilité, ralentissement de la croissance des testicules*, etc.). 	0,05 mg/L (50 ug/L)
Mercure (Hg)	<ul style="list-style-type: none"> • Démence; • Dysfonctionnements du foie; • Dysfonctionnements du système nerveux; • Dysfonctionnement du système pulmonaire; • Dysfonctionnements des reins; • Troubles gastro-intestinaux; • Mort. 	0,001 mg/L (1 ug/L)

TABIEAU 2.2

Risques à la santé associés à une exposition à long terme aux principales substances inorganiques retrouvées dans le lixiviat (suite)

Substances inorganiques	Risques à la santé humaine	Concentration maximale acceptable (CMA) dans l'eau potable
Nitrates-nitrites	<ul style="list-style-type: none"> • Exposition chronique : <ul style="list-style-type: none"> - Méthémoglobinémie • Potentiel cancérigène (Groupe IIIA) : <ul style="list-style-type: none"> - Cancer de l'estomac • Potentiel mutagène : <ul style="list-style-type: none"> - Aberrations chromosomiques • Effets sur la reproduction et tératogénicité : <ul style="list-style-type: none"> - Altération de la fonction motrice; - Malformations congénitales 	<p>45 mg/L (Nitrates) 3,2 mg/L (Nitrites)</p>
Plomb	<ul style="list-style-type: none"> • Anémies; • Dégénérescence de l'acuité auditive chez les enfants; • Dysfonctionnements du système nerveux. • Pouvoir cancérigène (Groupe IIIB): <ul style="list-style-type: none"> - Cancer du système digestif; - Cancer de l'appareil respiratoire. • Effets sur la reproduction et tératogénicité : <ul style="list-style-type: none"> • Dysfonctionnement du système reproducteur féminin : <ul style="list-style-type: none"> - Augmentation du taux d'avortements spontanés; - Augmentation de la mortalité; - Augmentation du risque d'accouchement avant terme; • Dysfonctionnement du système reproducteur masculin <ul style="list-style-type: none"> - Atrophie des testicules; - Réduction du nombre de spermatozoïdes. • Malformations chez les nouveaux-nés : <ul style="list-style-type: none"> - Angiome (tumeur); - Syndactylie (malformation des doigts); • Hydrocèle (malformation du système reproducteur). 	<p>0,01 mg/L (10 µg/L)</p>
Sulfures (H ₂ S)	<ul style="list-style-type: none"> • Troubles cardiaques ; • Troubles nerveux ; • Troubles respiratoires. • Potentiel mutagène * : <ul style="list-style-type: none"> - Aberrations chromosomiques. • Effets sur la reproduction et tératogénicité* : <ul style="list-style-type: none"> - Anomalies des appareils urogénital et squelettique chez les embryons; - Troubles de l'ossification; - Troubles des reins; - Troubles de la formation du sang; - Trouble du foie. 	<p>0,05 mg/L (50 µg/L)</p>
Zinc	<ul style="list-style-type: none"> • Altération du système immunitaire; • Effets tératogènes*. 	<p>5 mg/L (5000 µg/L)</p>

* Résultats à partir d'expériences effectuées sur des animaux de laboratoire.

Inspiré de Santé Canada. 1996. *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Documentation à l'appui.* En ligne. <http://www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc_pubs/rqepdoc_appui/rqep.htm>. Consulté le 29 décembre 2000.

TABLERAU 2.3

Risques à la santé associés à une exposition à long terme aux principales substances organiques libérées par le lixiviat

Matières résiduelles organiques	Risques à la santé	Concentration maximale acceptable (CMA) dans l'eau potable
Benzène	<ul style="list-style-type: none"> • Dysfonctionnements hématologiques : <ul style="list-style-type: none"> - Anémies; - Leucémies; • Dysfonctionnements du système immunitaire (susceptibilité accrue aux infections); • Pouvoir cancérigène* (Groupe I): <ul style="list-style-type: none"> - Cancers mammaires; - Cancers de la cavité nasale; - Angiosarcomes du foie; - Cancers du sang. 	0,005 mg/L (5 ug/L)
Chlorophénols	<ul style="list-style-type: none"> • Leucémie; • Maladie de Hodgkin; • Sarcome des tissus mous; • Tachycardie. • Potentiel cancérigène* (Groupe II à VA): <ul style="list-style-type: none"> - Cancer des cellules du foie; - Développement de lymphomes (type de tumeurs) chez des rats mâles. • Effets sur la reproduction et tératogénicité * : <ul style="list-style-type: none"> - Retard de l'ossification chez les fœtus. 	de 0,9 à 0,005
Chlorure de vinyle	<ul style="list-style-type: none"> • Bronchite chronique; • Dégénération des os; • Dermatite (affection cutanée); • Dysfonctionnement du système nerveux; • Insuffisance thyroïdienne • Syndrome de Raynaud (troubles de sensibilité touchant les extrémités des membres); • Thrombocytopénie (diminution des plaquettes sanguines); • Troubles du système digestif; • Troubles du système respiratoire. • Pouvoir cancérigène (Groupe I): <ul style="list-style-type: none"> - Cancer du foie; - Cancer du cerveau; - Tumeurs des glandes mammaires*; - Tumeur du système cardiovasculaire; - Tumeur du système digestif; - Tumeur du système respiratoire; - Tumeurs malignes des tissus lymphatiques et hématopoïétiques. • Pouvoir mutagène : <ul style="list-style-type: none"> - Aberrations chromosomiques; • Effets sur la reproduction et tératogénicité : <ul style="list-style-type: none"> - Anormalités chez les nouveaux-nés; - Avortements spontanés; - Malformations congénitales; - Retard du développement du squelette chez les fœtus*. 	0,002 mg/L 2 ug/L

TABLEAU 2.3

Risques à la santé associés à une exposition à long terme aux principales substances organiques libérées par le lixiviat (suite)

Matières résiduelles organiques	Risques à la santé	Concentration maximale acceptable (CMA) dans l'eau potable
Chlorure de vinyle (suite)	<ul style="list-style-type: none">• Pouvoir cancérogène (Groupe I):<ul style="list-style-type: none">- Cancer du foie;- Cancer du cerveau;- Tumeurs des glandes mammaires*;- Tumeur du système cardiovasculaire;- Tumeur du système digestif;- Tumeur du système respiratoire;- Tumeurs malignes des tissus lymphatiques et hématopoïétiques.• Pouvoir mutagène :<ul style="list-style-type: none">- Aberrations chromosomiques;• Effets sur la reproduction et tératogénicité :<ul style="list-style-type: none">- Anormalités chez les nouveaux-nés;- Avortements spontanés;- Malformations congénitales;- Retard du développement du squelette chez les fœtus*.	
Tétrachlorure de carbone	<ul style="list-style-type: none">• Arythmie cardiaque;• Dysfonctionnements des reins ;• Dysfonctionnements du foie ;• Dysfonctionnements du système nerveux;• Œdème pulmonaire.• Pouvoir cancérogène (Groupe II):<ul style="list-style-type: none">- Angiosarcomes*;- Cancer de la thyroïde*;- Cancer des reins*;- Cancer du foie;- Tumeurs de la glande surrénale;- Tumeurs de la glande mammaire*;- Tumeurs hépatiques*;• Effets sur la reproduction et tératogénicité* :<ul style="list-style-type: none">- Atrophie des testicules*;- Baisse de la viabilité et du poids des nouveaux-nés*;- Spermatogenèse anormale	0,005 mg/L (5 ug/L)

* Résultats à partir d'expériences effectuées sur des animaux de laboratoire.

Inspiré de Santé Canada. 1996. *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Documentation à l'appui.* En ligne. <http://www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc_pubs/rqepdoc_appui/rqep.htm>. Consulté le 29 décembre 2000.

TARIFEAU 2.4

Risques à la santé associés à l'exposition aux microorganismes pathogènes libérés par le lixiviat

Maladie ou microorganisme pathogène	Risques à la santé humaine
Campylobacter fetus ssp jejuni	<ul style="list-style-type: none">• Céphalées;• Crampes abdominales;• Diarrhée;• Fièvre;• Sang dans les selles (occasionnellement);• Syndrome de Guillaume-Barre (maladie causant une faiblesse et une paralysie progressive pouvant causer la mort);• Syndrome s'apparentant à la typhoïde, l'arthrite, des convulsions fébriles et à la méningite;• Vomissements.
Escherichia coli	<ul style="list-style-type: none">• Diarrhée;• Crampes abdominales;• Fièvre;• Syndrome hémolytique et urémique (SHU) (entraîne la destruction des globules rouges et l'insuffisance rénale);• Vomissements.
Giardia lamblia	<ul style="list-style-type: none">• Diarrhée chronique;• Crampes abdominales;• Flatulence;• Fatigue;• Perte de poids;• Selles malodorantes.
Leptospirose	<ul style="list-style-type: none">• Anémie et hémorragie cutanée ;• Céphalée ;• Fièvre ;• Malaise ;• Myalgie et rénale ;• Vomissements.
Listeria monocytogène (listériose)	<ul style="list-style-type: none">• Accouchement prématuré ou d'un enfant mort-né;• Douleurs musculaires;• Endocardite;• Fièvre;• Maux de tête;• Méningite (la mère peut transmettre le virus au nouveau-né, si les premiers signes de la maladie se manifestent durant les 4 premiers jours après la naissance, le taux de mortalité est de 50 p. 100);• Méningo-encéphalite;• Nausées;• Vomissements.
Salmonelles	<ul style="list-style-type: none">• Diarrhée ou constipation;• Douleurs abdominales;• Hémorragie ou perforation intestinale;• Nausées;• Fièvre;• Pneumonie;• Vomissements.
Shigelles	<ul style="list-style-type: none">• Diarrhée;• Fièvre;• Sang dans les selles (occasionnellement)• Vomissements.

Risques à la santé associés à l'exposition aux microorganismes pathogènes libérés par le lixiviat (suite)

TABIEAU 2.4

Virus	Risques à la santé
Poliovirus (poliomyélite)	<ul style="list-style-type: none"> • Fièvre; • Maux de tête; • Nausées; • Paralysie; • Vomissements.
Virus de l'hépatite A et E	<ul style="list-style-type: none"> • Anorexie; • Fièvre; • Jaunisse; • Malaises; • Nausées.
Virus de Norwalk	<ul style="list-style-type: none"> • Céphalées; • Crampes abdominales; • Fièvre; • Vomissements.
Versinia enterocolitica 1	<ul style="list-style-type: none"> • Céphalées; • Diarrhées; • Douleurs abdominales supposant une appendicite aigue; • Fièvre; • Malaises; • Vomissements.

Inspiré de :

1 Carner et Duclos, 1993 dans BAFE 1993

2 Lisk, 1991

Santé Canada, 1996

Santé Canada, 1998

N.B. Pour les références complètes, voir la liste de références à la fin du document.

TABLEAU 2.9

Risques pour la santé suite à une exposition chronique à certains composés organiques volatils (COV) retrouvés dans le biogaz

Substances

Benzène

Risques pour la santé humaine

- Dysfonctionnements du système immunitaire (susceptibilité accrue aux maladies);
- Narcose;
- Troubles de l'axe cérébro-spinal;
- Troubles hématologiques (du sang) :
 - Anémie ;
 - Leucémie ;
- Pouvoir cancérogène (Groupe I):
 - Angiosarcomes du foie ;
 - Cancer mammaire*;
 - Cancer de la cavité nasale ;
- Potentiel mutagène :
 - Aberrations chromosomiques.

Chloroforme

- Potentiel cancérogène :
 - Cancer du foie;
 - Cancer des reins

Chlorure de vinyle

- Bronchite chronique;
- Dégénération des os;
- Dermatite (affection cutanée);
- Dysfonctionnement du système nerveux;
- Insuffisance thyroïdienne
- Syndrome de Raynaud (troubles de sensibilité touchant les extrémités des membres);
- Thrombocytopénie (diminution des plaquettes sanguines);
- Troubles du système digestif;
- Troubles du système respiratoire.
- Pouvoir cancérogène (Groupe I) :
 - Cancer du foie;
 - Cancer du cerveau;
 - Tumeurs des glandes mammaires*;
 - Tumeur du système cardiovasculaire;
 - Tumeur du système digestif;
 - Tumeur du système respiratoire;
 - Tumeurs malignes des tissus lymphatiques et hématopoïétiques.
- Pouvoir mutagène :
 - Aberrations chromosomiques;
- Effets sur la reproduction et tératogénicité :
 - Anormalités chez les nouveaux-nés;
 - Avortements spontanés;
 - Malformations congénitales;
- Retard du développement du squelette chez les fœtus*.

Dibromo-1,2-éthane

- Potentiel cancérogène ;
- Potentiel tératogène.

Dichloro-1,2-éthane

- Dysfonctionnements du foie;
- Dysfonctionnements des glandes surrénales;
- Irritations des voies respiratoires;
- Troubles gastro-intestinaux;
- Potentiel cancérogène (Groupe II);
- Tumeurs multiples* (de la rate, de l'estomac, du foie, des surrénales, des poumons, du pancréas, du gros intestin);
- Potentiel mutagène.

TABLEAU 2.9

Risques pour la santé suite à une exposition chronique à certains composés organiques volatils (COV) retrouvés dans le biogaz (suite)

Substances	Risques pour la santé humaine
Dichlorométhane	<ul style="list-style-type: none">• Lésions du foie et des reins* ;• Leucémie ;• Troubles neurologiques ;• Troubles cardiovasculaires.• Potentiel cancérigène (Groupe II) :<ul style="list-style-type: none">- Cancer bronchio-alvéolaire du poumon;• Potentiel mutagène ;• Potentiel tératogène et effets sur la reproduction :<ul style="list-style-type: none">- Anomalies du squelette* ;- Toxicité fœtale*.
Tétrachloroéthylène	<ul style="list-style-type: none">• Troubles neurologiques.• Potentiel cancérigène (groupe II) :<ul style="list-style-type: none">- Leucémie;- Tumeurs rénales.
Tétrachlorure de carbone (ou tétrachlorométhane)	<ul style="list-style-type: none">• Arythmie cardiaque;• Dysfonctionnements des reins ;• Dysfonctionnements du foie ;• Dysfonctionnements du système nerveux;• Œdème pulmonaire.• Pouvoir cancérigène (Groupe II):<ul style="list-style-type: none">- Angiosarcomes* ;- Cancer de la thyroïde* ;- Cancer des reins* ;- Cancer du foie ;- Tumeurs de la glande surrénale ;- Tumeurs de la glande mammaire* ;- Tumeurs hépatiques* ;• Effets sur la reproduction et tératogénicité* :<ul style="list-style-type: none">- Atrophie des testicules* ;- Baisse de la viabilité et du poids des nouveaux-nés* ;- Spermatogénèse anormale ;
Toluène (et xylène)	<ul style="list-style-type: none">• Troubles du système respiratoire;• Troubles de l'axe cérébro-spinal.
Trichloroéthylène	<ul style="list-style-type: none">• Dysfonctionnements du système nerveux ;• Dysfonctionnements pulmonaires ;• Lésions du foie et des reins* ;• Potentiel cancérigène (groupe IIIB) :<ul style="list-style-type: none">- Lymphomes malins* ;- Tumeur des poumons* ;- Tumeur du foie* ;• Potentiel mutagène*

* Résultats à partir d'expériences effectuées sur des animaux de laboratoire.

Inspiré de Santé Canada, 1996 et de Santé Canada, sans date.

N.B. Pour connaître les références au long se référer à la liste de références à la fin du document.

TABLEAU 3.3

Risques pour la santé suite à une exposition à certains composés organiques libérés par les incinérateurs de déchets municipaux

Substances organiques	Risques pour la santé humaine	Contrôle via le Règlement sur l'élimination des matières résiduelles
Biphényle polychloré (BPC)	<ul style="list-style-type: none"> • Bronchite chronique; • Chloracné; • Hyperpigmentation des ongles et de la peau; • Spasmes musculaires; • Troubles du système sensoriel (engourdissement); • Troubles neurologiques; • Potentiel cancérogène* : <ul style="list-style-type: none"> - Cancer du foie; - Cancer des reins. • Effets sur la reproduction et tératogénicité : <ul style="list-style-type: none"> - Dysfonctionnements neurologiques du développement chez les nouveau-nés et les enfants. 	Non
Chlorophénols	<ul style="list-style-type: none"> • Leucémie; • Maladie de Hodgkin; • Sarcome des tissus mous; • Tachycardie; • Tremblements. • Potentiel cancérogène** (Groupe II à VA) : <ul style="list-style-type: none"> - Cancer des cellules du foie; - Développement de lymphomes (type de tumeurs) chez des rats mâles. • Effets sur la reproduction et tératogénicité: <ul style="list-style-type: none"> - Retard de l'ossification chez les fœtus. 	Non
Dioxines et furannes	<ul style="list-style-type: none"> • Diabète; • Dysfonctionnements du système immunitaire; • Insuffisances pulmonaires; • Lésions cutanées (chloracné); • Lésions du foie; • Troubles du système sensoriel (engourdissement); • Pouvoir cancérogène (Groupe I): <ul style="list-style-type: none"> - Cancer du foie*; - Cancer du foie; - Sarcomes des tissus mous; - Lymphomes non hodgkiniens; • Effets sur la reproduction et tératogénicité * : <ul style="list-style-type: none"> • Dysfonctionnements du système reproducteur féminin : <ul style="list-style-type: none"> - Endométriose*; - Troubles au niveau du placenta; - Anomalies congénitales chez le nouveau-né; - Diminution du poids à la naissance des nouveaux-nés; - Mortalité infantile; - Retard au niveau du développement de l'enfant. • Dysfonctionnements du système reproducteur masculin : <ul style="list-style-type: none"> - Diminution du niveau de testostérone 	Oui

TABIEAU 3.3

Risques pour la santé suite à une exposition à certains composés organiques libérés par les incinérateurs de déchets municipaux

Substances organiques	Risques pour la santé humaine	Contrôle via le Règlement sur l'élimination des matières résiduelles
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	<ul style="list-style-type: none"> • Pouvoir cancérogène : <ul style="list-style-type: none"> - Cancer coloréctal (cancer qui atteint à la fois le colon et le rectum (gros intestin)); - Cancer des poumons. 	Non
Benzène	<ul style="list-style-type: none"> • Dysfonctionnements du système immunitaire (susceptibilité accrue aux maladies); • Narcose • Troubles de l'axe cérébro-spinal; • Troubles hématologiques (du sang) : <ul style="list-style-type: none"> - Anémie ; - Leucémie ; • Pouvoir cancérogène** (Groupe I): <ul style="list-style-type: none"> - Angiosarcomes du foie ; - Cancer mammaire*; - Cancer de la cavité nasale . 	Non
Chlorobenzène	<ul style="list-style-type: none"> • Potentiel mutagène : <ul style="list-style-type: none"> - Aberrations chromosomiques • Exposition aiguë : <ul style="list-style-type: none"> - Dysfonctionnements du système nerveux; - Irritation du système respiratoire*; - Lésions du foie*; - Lésions rénales*; - Narcose*; - Troubles de la peau; • Exposition chronique* : <ul style="list-style-type: none"> - Dysfonctionnement de l'activité de la moelle osseuse; - Dysfonctionnement du foie; - Dysfonctionnement des reins - Ralentissement de la croissance; - Irritation du système respiratoire; • Potentiel cancérogène : <ul style="list-style-type: none"> - Classé dans le groupe IIIB -possibilité de cancérogénécité chez l'humain. - Effets sur la reproduction et tératogénécité : <ul style="list-style-type: none"> - Troubles lors du développement néonatal 	Non
Chloroforme	<ul style="list-style-type: none"> • Potentiel cancérogène: <ul style="list-style-type: none"> - Cancer du foie; - Cancer des reins. 	Non
Chlorure de vinyle (composante majeure du PVC)	<ul style="list-style-type: none"> • Bronchite chronique; • Dégénération des os; • Dermatite (affection cutanée); • Dysfonctionnements du système nerveux; • Insuffisance thyroïdienne; • Irritation des voies respiratoires; • Syndrome de Raynaud (troubles de sensibilité touchant les extrémités des membres) 	Non

TARIFEAU 3.3

Risques pour la santé suite à une exposition à certains composés organiques libérés par les incinérateurs de déchets municipaux

Substances organiques	Risques pour la santé humaine	Contrôle via le Règlement sur l'élimination des matières résiduelles
Chlorure de vinyle (composante majeure du PVC)	<ul style="list-style-type: none">• Thrombocytopénie (diminution des plaquettes sanguines);• Troubles du système digestif;• Troubles du système respiratoire. • Pouvoir cancérigène (Groupe I) :<ul style="list-style-type: none">- Cancer du foie;- Cancer du cerveau;- Tumeurs des glandes mammaires*;- Tumeur du système cardiovasculaire;- Tumeur du système digestif;- Tumeur du système respiratoire;- Tumeurs malignes des tissus lymphatiques et hématopoïétiques. • Pouvoir mutagène :<ul style="list-style-type: none">- Aberrations chromosomiques; • Effets sur la reproduction et tératogénicité :<ul style="list-style-type: none">- Anormalités chez les nouveaux-nés;- Avortements spontanés;- Malformations congénitales;- Retard du développement du squelette chez les fœtus*.	Non
Dichlorométhane	<ul style="list-style-type: none">• Lésions du foie et des reins* ;• Leucémie ;• Troubles cardiovasculaires ;• Troubles neurologiques ; • Potentiel cancérigène (Groupe II) :<ul style="list-style-type: none">- Cancer bronchio-alvéolaire du poumon; • Potentiel mutagène ; • Potentiel tératogène et effets sur la reproduction<ul style="list-style-type: none">- Anomalies du squelette*;- Toxicité fœtale*.	Non

*Résultats à partir d'expériences effectuées sur des animaux de laboratoire.

**Classification du Centre international de recherche sur le cancer :

• Groupe I : substances cancérigènes pour l'être humain;

• Groupe II : substances probablement cancérigènes pour l'humain;

• Groupes IIIA et IIIB : substances possiblement cancérigènes pour l'humain;

• Groupe VA : données insuffisantes pour l'évaluation.

Tableau inspiré de Canada, 1990; CSE, 1993; Devito et al., 1995 ; Environnement Canada, 1993; Gazette officielle, 2000; Kogevinas, 1997; Québec, 1994; Santé Canada, 1996; Santé Canada, 2001 et Viel et al., 2000.

N.B. Pour consulter les références complètes, voir la liste de références à la fin du document.

TABLEAU 3.4

Risques pour la santé suite à une exposition à certains métaux libérés par les incinérateurs de déchets municipaux

Métaux	Risques pour la santé humaine	Contrôle via le Règlement sur l'élimination des matières résiduelles
Aluminium	<ul style="list-style-type: none"> • Anémie* ; • Arrêt cardiaque ; • Encéphalopathie des dialysés ; • Ostéomalacie; • Intolérance au glucose de l'urémie; • Maladie d'Alzheimer ; • Maladie de Parkinson ; • Sclérose latérale amyotrophique ; • Troubles cognitifs. 	Non
Arsenic	<ul style="list-style-type: none"> • Dysfonctionnements du système respiratoire ; • Dysfonctionnements du système cardiovasculaire ; • Dysfonctionnements du système digestif ; • Lésions cutanées • Pouvoir cancérigène (Groupe I) : <ul style="list-style-type: none"> - Cancer de la cavité nasale ; - Cancer de la peau ; - Cancer de la prostate ; - Cancer de la vessie ; - Cancer du foie ; - Cancer du rein . 	Non
Cadmium	<ul style="list-style-type: none"> • Altération des fonctions hépatiques; • Emphysème pulmonaire; • Maladie itai-itai; • Ostéomalacie (ramollissement généralisé des os); • Pneumonie aiguë; • Dysfonctionnements du rein (protéinurie, glycosurie et aminoacidurie). • Pouvoir mutagène : <ul style="list-style-type: none"> - Malformations congénitales*. • Pouvoir cancérigène : <ul style="list-style-type: none"> - Cancer du poumon; - Cancer de la prostate; - Cancer du rein; - Sarcomes*; - Tumeurs des testicules*. 	Non
Chrome	<ul style="list-style-type: none"> • Dysfonctionnements de l'appareil digestif ; • Dysfonctionnements de l'appareil respiratoire; • Encéphalite (la maladie de la vache folle en est un type) ; • Nécrose du foie; • Néphrite (trouble du rein); • Pouvoir cancérigène (Groupe I): <ul style="list-style-type: none"> - Cancer de l'appareil digestif - Cancer de l'estomac. 	Non
Cuivre	<ul style="list-style-type: none"> • Exposition aiguë : <ul style="list-style-type: none"> - Diarrhée; - Irritations gastro-intestinales; - Jaunisse; - Nausées. 	Non

TABLEAU 3.4

Risques pour la santé suite à une exposition à certains métaux libérés par les incinérateurs de déchets municipaux

Métaux	Risques pour la santé humaine	Contrôle via le Règlement sur l'élimination des matières résiduelles
Civre (suite)	<ul style="list-style-type: none"> • Exposition chronique : <ul style="list-style-type: none"> - Hémosidérose hépatique*; - Tumeurs malignes des poumons. 	
Mercure	<ul style="list-style-type: none"> • Exposition aiguë : <ul style="list-style-type: none"> - Collapsus cardio-vasculaire; - Diarrhée; - Dysphagie; - Insuffisance rénale aiguë; - Nausées; - Pharyngite; • Exposition chronique : <ul style="list-style-type: none"> - Démence; - Dysfonctionnements du foie; - Dysfonctionnements du système nerveux; - Dysfonctionnement du système pulmonaire; - Dysfonctionnements des reins; - Troubles gastro-intestinaux; 	Oui
Plomb	<ul style="list-style-type: none"> • Exposition chronique : <ul style="list-style-type: none"> - Anémies; - Dégénérescence de l'acuité auditive chez les enfants; - Dysfonctionnements du système nerveux; - Troubles gastro-intestinaux. • Pouvoir cancérogène (Groupe IIIB): <ul style="list-style-type: none"> - Cancer du système digestif; - Cancer de l'appareil respiratoire. • Effets sur la reproduction et tératogénicité : <ul style="list-style-type: none"> • Dysfonctionnement du système reproducteur féminin : <ul style="list-style-type: none"> - Augmentation du taux d'avortements spontanés; - Augmentation de la mortalité; - Augmentation du risque d'accouchement avant terme; • Dysfonctionnement du système reproducteur masculin <ul style="list-style-type: none"> - Atrophie des testicules; - Réduction du nombre de spermatozoïdes). • Malformations chez les nouveaux-nés : <ul style="list-style-type: none"> - Angiome (tumeur); - Syndactylie (malformation des doigts); - Hydrocèle (malformation du système reproducteur). 	Non

*Résultats à partir d'expériences effectuées sur des animaux de laboratoire.

**Classification du Centre international de recherche sur le cancer :

• Groupe I : substances cancérogènes pour l'être humain;

• Groupe II : substances probablement cancérogènes pour l'humain;

• Groupes IIIA et IIIB : substances possiblement cancérogènes pour l'humain;

• Groupe VA : données insuffisantes pour l'évaluation.

Tableau inspiré de Carrier et Duclos, 1993 dans Québec, 1993; CSE, 1993; Environnement Canada, 1993 et Santé Canada, 1996.
N.B. Pour consulter les références complètes, voir la liste de références à la fin du document.

