

Série de la Protection de l'environnement



Estimation des effets de
diverses stratégies de gestion
des déchets urbains sur les
émissions de gaz à effet de serre

Rapport sommaire

Rapport SPE 2/AP/1
Mars 1995

TD
182
R46
NO. 2-AP-1

Rég. Québec Biblio. Env. Canada Library



38 502 666

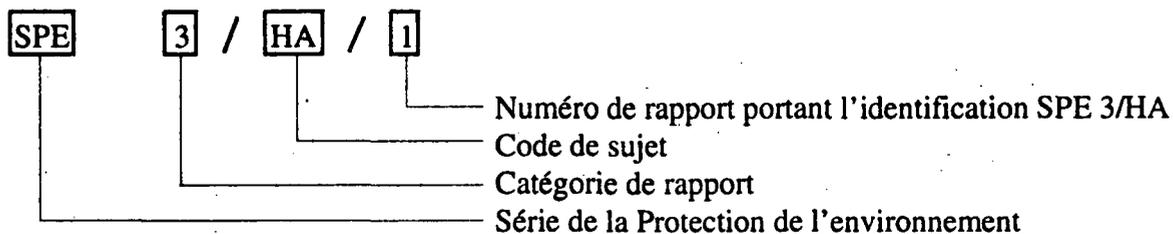
anada



Environnement Canada Environment Canada

SÉRIE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Exemple de numérotation :



Catégories

- 1 Règlements/Lignes directrices/
Codes de pratiques
- 2 Évaluation des problèmes et
options de contrôle
- 3 Recherche et développement
technologique
- 4 Revues de la documentation
- 5 Inventaires, examens et enquêtes
- 6 Évaluations des impacts sociaux,
économiques et environnementaux
- 7 Surveillance
- 8 Propositions, analyses et
énoncés de principes généraux
- 9 Guides

Sujets

- AG** Agriculture
AN Technologie anaérobie
AP Pollution atmosphérique
AT Toxicité aquatique
CC Produits chimiques commerciaux
CE Consommateurs et environnement
CI Industries chimiques
FA Activités fédérales
FP Traitement des aliments
HA Déchets dangereux
IC Produits chimiques inorganiques
MA Pollution marine
MM Exploitation minière et
traitement des minéraux
NR Régions nordiques et rurales
PF Papier et fibres
PG Production d'électricité
PN Pétrole et gaz naturel
RA Réfrigération et conditionnement d'air
RM Méthodes de référence
SF Traitement des surfaces
SP Déversements de pétrole et de
produits chimiques
SRM Méthodes de référence normalisées
TS Transports
TX Textiles
UP Pollution urbaine
WP Protection et préservation du bois

Des sujets et des codes additionnels sont ajoutés au besoin. On peut obtenir une liste des publications de la SPE en s'adressant aux Publications de la Protection de l'environnement, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa (Ontario) K1A 0H3.

*Printed on
recycled paper*



*Imprimé sur du
papier recyclé*

Estimation des effets de diverses stratégies de gestion des déchets urbains sur les émissions de gaz à effet de serre.

Rapport sommaire

TD
182
R416
No. 2-AP-1

par

Proctor & Redfern Limited
en collaboration avec
ORTECH International

pour la

Division de la gestion des déchets solides
Environnement Canada

la Division des énergies de remplacement
Ressources naturelles Canada

et la

Direction de la gestion des questions atmosphériques
Environnement Canada

Rapport SPE 2/AP/1
Mars 1995

DONNÉES DE CATALOGAGE AVANT PUBLICATION (CANADA)

Vedette principale au titre :

Estimation des effets de diverses stratégies de gestion
des déchets urbains sur les émissions de gaz à effet
de serre : rapport sommaire

(Rapport ; SPE 2/AP/1)

Publ. aussi en anglais sous le titre: Estimation of the
effects of various municipal waste management strategies
on greenhouse gas emissions.

Comprend un résumé en anglais.

Comprend des références bibliographiques.

ISBN 0-662-80507-0

N° de cat. En49-22/2-1F

1. Pollution -- Canada -- Mesure.
2. Effet de serre (Météorologie) -- Canada.
3. Déchets -- Élimination -- Canada -- Aspect de
l'environnement.
- I. Proctor & Redfern Limited.
- II. Ortech International.
- III. Canada. Division de la gestion des déchets solides.
- IV. Canada. Environnement Canada.
- V. Canada. Division des énergies de remplacement.
- VI. Coll.: Rapport (Canada. Environnement Canada) ; SPE 2/AP/1.

TD883.7C3E7714 1995 363.72'8 C95-980232-0

Commentaires

Les personnes qui désirent faire part de leurs commentaires sur la teneur du présent rapport sont priées de s'adresser à :

Alain David
Division de la gestion des déchets solides
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0H3

This report is also available in English under the title *Estimation of the Effects of Various Municipal Waste Management Strategies on Greenhouse Gas Emissions - Summary Report*.

On peut s'en procurer d'autres exemplaires à l'adresse suivante :

Publications de la Protection de l'environnement
Service de la protection de l'environnement (SPE)
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0H3

Avis de révision

Le contenu du présent rapport a été revu par la Direction de la gestion des déchets dangereux, Environnement Canada, qui en a approuvé la publication. Cette approbation ne signifie pas nécessairement que son contenu soit conforme aux vues et aux politiques d'Environnement Canada. Toute mention d'une marque de commerce déposée ou d'un produit commercial ne constitue nullement une recommandation de la part d'Environnement Canada.

Le module français des publications du SPE, de la Section de la mise en valeur de la technologie, a assuré la rédaction-révision de ce rapport.

Résumé

Pour évaluer la quantité de déchets solides urbains (DSU) produits au Canada, on a eu recours aux données fournies par des études d'échantillonnage des déchets. On a projeté l'incidence de diverses options de détournement et d'utilisation sur la quantité et la composition des déchets qui devront être mis en décharge en 2000. On a établi cinq scénarios de gestion des déchets qui permettraient d'atteindre l'objectif visé par le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME), soit de réduire la quantité des déchets à éliminer de 50 % en 2000 par rapport à 1988. On a aussi proposé deux scénarios pour atteindre un taux de détournement de 70 % cette année-là. On a enfin élaboré un scénario où le taux de détournement demeurerait au niveau de 1992, pour évaluer les émissions maximales de gaz à effet de serre provenant des décharges en 2000. Chaque scénario attribuait des rôles différents à la réduction à la source, à la réutilisation, au recyclage, au compostage, à l'incinération et à la mise en décharge.

On a examiné divers modèles d'estimation des émissions de gaz à effet de serre provenant des décharges, afin d'en trouver un qui puisse tenir compte des changements dans la composition des déchets prévus selon les différents scénarios de gestion ainsi que des variations climatiques d'un bout à l'autre du pays. On a retenu un modèle et on a affecté des valeurs à ses constantes, d'après la composition des déchets et le climat de chaque province.

Les résultats de l'étude montrent qu'en 2000, 65 % des émissions totales de méthane provenant des décharges seront attribuables aux déchets solides urbains éliminés avant 1991. Même si les objectifs prévus de réduction des déchets sont atteints, les émissions de méthane des décharges en 2000 dépasseront celles de 1990.

Étant donné que les solutions de rechange à la mise en décharge peuvent aussi influencer sur la production des gaz à effet de serre, on a choisi un certain nombre d'options de réduction et d'utilisation pour chaque type de déchets et on a déterminé les émissions des gaz à effet de serre pour chaque option en établissant un bilan. Des crédits ont été alloués aux pratiques de gestion qui offraient la possibilité de réutiliser les déchets et d'en récupérer l'énergie, et des débits ont été alloués aux pratiques qui augmentaient les besoins de transport, nécessitaient un apport d'énergie ou

laissaient des résidus à éliminer. On a exprimé les émissions nettes de gaz à effet de serre sous forme de potentiels de réchauffement climatique (PRC) de 20 ans et de 100 ans, en combinant les crédits et les débits de chaque option de gestion. Pour s'assurer de tenir compte de toutes les émissions de gaz à effet de serre associées à chacune des options, on a eu recours à une analyse du cycle de vie.

On a constaté que des mesures comme la réduction des déchets à la source, leur réutilisation et leur recyclage peuvent diminuer considérablement les émissions nettes de gaz à effet de serre associées à la fabrication et à l'élimination des produits. Toutes les options d'utilisation évaluées produisaient des émissions de gaz à effet de serre moins importantes que la mise en décharge des déchets solides urbains. La digestion anaérobie, la pyrolyse et le compostage centralisé sont de nouvelles technologies dont l'avenir s'annonce prometteur.

Abstract

The quantity of municipal solid waste (MSW) generated in Canada was estimated using data from waste sampling studies. The impact of various diversion and utilization options on the quantity and composition of waste that will require landfill in the year 2000 was projected. Five different waste management scenarios were proposed that would achieve the goal of the Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) of 50% diversion from disposal in the year 2000 with respect to disposal in 1988. Two scenarios were proposed to achieve a diversion rate of 70% in that year. In addition, a scenario based on the diversion rate in the year 2000 remaining at 1992 levels was evaluated to indicate the maximum greenhouse gas (GHG) emissions from landfilled waste in the year 2000. Under each scenario, different roles were assigned to source reduction, reuse, recycling, composting, incineration, and landfill.

Various models for estimating greenhouse gas emissions from landfills were reviewed to find a model that would be able to reflect changes in waste composition under the different waste management scenarios as well as variations in climate across the country. A model was selected and values for model constants were assigned based on waste composition and climate in each province.

The study findings indicate that in the year 2000, 65% of total methane emissions from landfill will come from municipal solid waste landfilled before 1991. Despite the projected achievement of waste reduction targets, methane emissions from landfill in the year 2000 will exceed those in 1990.

Since alternatives to landfill may also affect greenhouse gas generation, a number of waste reduction and utilization options were identified for each waste type, and the greenhouse gas emissions associated with each option were determined by preparing a greenhouse gas "budget". Greenhouse gas credits were assigned to waste management practices having a potential for material displacement and energy recovery. Debits were assigned to practices that increased needs for transportation, required energy input, and/or produced a residue requiring disposal. Net greenhouse gas emissions were expressed in terms of 20-year and 100-year global warming potentials (GWPs) and computed by combining the credits and debits for each process. A

life-cycle approach was used to ensure that the total greenhouse gas emissions associated with each management option were accounted for.

It was found that waste reduction initiatives such as source reduction, reuse, and recycling could significantly reduce the net greenhouse gas emissions associated with the production and disposal of products. All waste utilization options evaluated were found to result in lower net greenhouse gas emissions than those associated with the landfilling of mixed municipal solid waste. Promising new technologies include anaerobic digestion, pyrolysis, and centralized composting.

Table des matières

Résumé	v
Abstract	vii
Liste des tableaux	x
Remerciements	xi
Addendum	xii
 <i>Section 1</i>	
Introduction	1
 <i>Section 2</i>	
Méthode	3
2.1 Estimation des émissions de gaz à effet de serre des décharges	3
2.1.1 Production et composition actuelles des déchets solides urbains	3
2.1.2 Projection de la production et de la composition des déchets solides urbains jusqu'en 2000	4
2.1.3 Choix du modèle	6
2.1.4 Choix des paramètres de modélisation	6
2.1.5 Incertitude concernant les estimations d'émissions de gaz à effet de serre	7
2.2 Émissions de gaz à effet de serre résultant de diverses pratiques de gestion des déchets	8
2.2.1 Choix de combinaisons des différents déchets et pratiques de gestion à évaluer	8
2.2.2 Préparation des bilans de gaz à effet de serre	10
 <i>Section 3</i>	
Résultats	17
3.1 Émissions de gaz à effet de serre dans les décharges en 2000	17
3.2 Comparaison des émissions de gaz à effet de serre selon diverses pratiques de gestion des déchets	21
3.3 Interprétation des résultats	27
3.3.1 Incertitude des estimations des émissions de gaz à effet de serre, pour 1990 et 2000	27
3.3.2 Répercussions des principales hypothèses relatives aux estimations des émissions de gaz à effet de serre pour différentes pratiques de gestion	30
 <i>Section 4</i>	
Conclusion	32
Références	34

Liste des tableaux

1	Projection des scénarios de gestion des déchets en 2000	5
2	Potentiels de production de méthane (L_0) : de 1990 à 2000 par scénario de gestion des déchets	8
3	Comparaison entre les valeurs k utilisées dans cette étude et celles de Levelton (1991)	9
4	Combinaisons des déchets et des options de gestion des déchets évaluées	10
5	Coefficients d'émission des gaz à effet de serre attribuables aux transports	13
6	Coefficients d'émission du réservoir industriel du Canada (1990)	13
7	Estimations de la production et de la composition des déchets solides urbains de source résidentielle au Canada en 1992	18
8	Estimations de la production et de la composition des déchets de sources industrielle, commerciale et institutionnelle au Canada en 1992	19
9	Projections de la quantité de déchets destinée à la mise en décharge et de son effet sur les émissions de gaz à effet de serre en 2000, selon les scénarios A à H	20
10	Bilans des gaz à effet de serre selon les diverses options de réduction des déchets	22
11	Bilans des gaz à effet de serre selon les diverses options d'utilisation des matières biodégradables	24
12	Bilans des gaz à effet de serre selon les diverses options d'utilisation des matières réfractaires	26
13	Répercussions des diverses options de gestion des déchets sur les émissions de gaz à effet de serre	28

Remerciements

Ce projet a été financé par le Plan vert du Canada, dans le cadre du Programme des gaz à effet de serre d'Environnement Canada, et par Ressources naturelles Canada.

L'étude a été effectuée par Proctor & Redfern Limited (sous la direction de Michael G. Pratt, gestionnaire de projets, et Ruksana Mirza, spécialiste de l'environnement principale), et ORTECH International (sous la direction de Trevor Scholtz). Lynne Patenaude, de la Division de la gestion des déchets solides, Environnement Canada, était la responsable scientifique de l'étude. Proctor & Redfern Limited a rédigé ce rapport sommaire.

Les auteurs tiennent à remercier les sociétés et associations suivantes qui ont fourni des renseignements précieux sur l'activité manufacturière et les modes de gestion des déchets :

*Alcan Aluminium
Association canadienne du ciment Portland
Canadian Cement Council
Consumers Glass
Dow Chemical Canada
Institut des plastiques et de l'environnement du Canada
Paper and Paperboard Environmental Council
Rubber Manufacturers Association*

Addendum

Prière de prendre note que les valeurs des potentiels de réchauffement climatique (PRC) utilisées dans le présent rapport en vue de transformer le méthane et l'oxyde nitreux à des équivalents du dioxyde de carbone ont été tirées du rapport de 1992 du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC). Des recherches menées ultérieurement ont révélé que le forçage radiatif de ces gaz était supérieur à ce que l'on avait prévu au départ. Le GIEC a révisé récemment les estimations des PRC comme le montre le tableau ci-dessous (tiré du «Radiative Forcing of Climate Change. The 1994 Report of the Scientific Assessment Working Group of IPCC, Summary for Policymakers, Intergovernmental Panel on Climate Change, 1994») :

PRC pour 100 ans		
	1992	1994
Méthane	11	24,5
Oxyde nitreux	270	320

Section 1

Introduction

Dans l'atmosphère, des gaz comme le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), les chlorofluorocarbures (CFC) et l'oxyde nitreux (N₂O) exercent une influence sur le bilan calorifique terrestre en réabsorbant les rayons infrarouges transmis à partir de la terre. En concentrations élevées, ces «gaz à effet de serre» peuvent perturber le bilan calorifique terrestre en emprisonnant la chaleur et en augmentant du même coup la température à la surface de la terre, phénomène connu sous le nom de réchauffement climatique.

L'ampleur de l'incidence des différents gaz sur le réchauffement climatique s'exprime en potentiels de réchauffement climatique (PRC). Le PRC se définit comme étant le changement intégré dans le temps du «forçage radiatif» par la libération instantanée de 1 kg de gaz trace par rapport au forçage radiatif causé par la libération de 1 kg de dioxyde de carbone (CO₂) (GIEC, 1990). Les PRC représentent une mesure relative des effets de réchauffement des gaz, et tandis que la classification des gaz est largement acceptée, de nombreuses incertitudes demeurent quant à l'ampleur exacte des PRC. Dans cette étude, on a utilisé les PRC révisés de gaz bien mélangés mis au point en 1992 (GIEC, 1992).

La décomposition des déchets solides urbains dans les décharges est une importante source d'émissions de gaz à effet de serre. Les décharges produisent jusqu'à 38 % des émissions anthropiques totales de méthane (CH₄) et environ 1 % des émissions anthropiques totales de CO₂ (Jaques, 1992). Le taux d'émission de gaz à

effet de serre provenant de décharges varie selon le taux auquel les micro-organismes métabolisent les déchets. Le type dominant de micro-organisme dépend de l'oxygène disponible. Les déchets récemment déposés dans des décharges servent de substrat principalement à la décomposition aérobie, mais comme le processus épuise rapidement l'oxygène disponible, la décomposition anaérobie domine pendant le reste de la vie de la décharge. La période initiale d'aérobie est négligeable comparativement à la période active totale de production de gaz (environ 50 ans). En milieu anaérobie, une décharge émet des quantités à peu près égales de CO₂ et de CH₄, avec des quantités assez faibles d'autres gaz. Le dioxyde de carbone est cependant le principal gaz émis en raison de la bio-oxydation de CH₄ en milieu aérobie.

Les solutions de rechange à la mise en décharge, comme la réduction et l'utilisation des déchets, peuvent elles aussi libérer des gaz à effet de serre dus au transport, aux modifications dans les procédés de production, à la biodégradation et à la combustion. Les méthodes de réduction des déchets [réduction à la source, réutilisation et recyclage (les 3 R)] font baisser les émissions totales de gaz à effet de serre en diminuant la quantité des matières et produits qui doivent être fabriqués de nouveau. Les procédés d'utilisation des déchets (compostage, digestion anaérobie, pyrolyse, fermentation et incinération) permettent généralement d'en récupérer l'énergie et atténuent ainsi les besoins de combustibles fossiles (sauf le

compostage, qui stabilise les déchets et produit un conditionneur de sol).

Il est possible d'évaluer les effets de la récupération de l'énergie des déchets à partir de la production des gaz à effet de serre. On compare les émissions du procédé d'utilisation à la somme des émissions produites par la mise en décharge et la combustion des combustibles classiques pour obtenir la même quantité d'énergie que fournirait le procédé d'utilisation. Lorsque les émissions liées au procédé d'utilisation sont inférieures à celles de la mise en décharge et de la combustion réunies, l'utilisation constitue le meilleur choix.

La présente étude avait pour objet :

1. d'estimer la contribution des déchets solides urbains des décharges aux émissions de gaz à effet de serre en 1990 et en 2000 ainsi que d'examiner le changement dans les émissions de 2000 avec l'adoption des différents scénarios de gestion des déchets;
2. de quantifier et de comparer les émissions nettes de gaz à effet de serre dans la gestion de différents déchets avec des procédés de réduction et d'utilisation de rechange, grâce à une analyse du cycle de vie.

Les parties I et II de l'étude porteront sur ces deux objectifs.

Les résultats indiquent l'incidence qu'auront les changements de politiques de gestion des déchets sur les gaz à effet de serre en 2000 et permettent de comparer le rendement des différents systèmes de gestion pour leur contribution au réchauffement de la planète, une question environnementale qui mobilise encore et toujours énormément l'attention.

Le présent rapport sommaire donne un aperçu du travail effectué pour l'étude intitulée *Estimation des effets de diverses stratégies de gestion des déchets urbains sur les émissions de gaz à effet de serre*. On peut se procurer séparément les rapports détaillés des parties I et II.

Section 2

Méthode

2.1 Estimation des émissions de gaz à effet de serre des décharges

2.1.1 Production et composition actuelles des déchets solides urbains

Pour faire des projections sur les quantités de déchets qui seront mis en décharge d'ici 2000 et concevoir des scénarios de gestion jusque-là, il a fallu faire une estimation actuelle de la production, de la composition et du détournement de déchets. On peut évaluer la production et la composition de déchets à partir des études d'échantillonnage ou des études de flux de matières. Les études d'échantillonnage examinent les types et la quantité de matières rejetées dans le flux de déchets. Des études sur le flux analysent des modèles de production et de consommation de déchets pour obtenir des indications sur les quantités et les types de matières mises au rebut. Dans la présente étude, on a utilisé des données fournies par des études d'échantillonnage pour estimer la quantité et la composition de DSU. On a préféré cette méthode parce qu'elle apporte des données empiriques sur le flux de déchets, tandis que les études de flux des matières s'appuient sur l'hypothèse d'une relation entre la production et la consommation de matières et la production de déchets.

La plupart des études d'échantillonnage de déchets effectuées au Canada l'ont été pour le compte de municipalités ontariennes. La Municipalité régionale d'Ottawa-Carleton a terminé récemment une étude sur la composition de déchets (Stanley *et al.*, 1992), tout comme le district de la région métropolitaine de Vancouver (DRMV,

1992). Toutefois, il n'a pas été possible de connaître ces résultats à temps pour les utiliser dans la présente étude. Les estimations de la quantité de DSU produits et de leur composition reposent donc sur les données fournies par des études du même ordre réalisées en Ontario. Depuis, Environnement Canada dispose de données plus récentes sur les DSU.

Déchets résidentiels

1. Étude sur la composition de déchets de trois municipalités de l'Ontario [East York, dans la région métropolitaine de Toronto (96 500 résidents), Fergus, dans le comté de Wellington (7 000 résidents) et North Bay (51 500 résidents)] (Gore and Storrie Ltd., 1991).
2. Étude sur la composition des déchets entreprise par la ville de Guelph dans le cadre de son projet pilote sur les déchets mouillés et secs. Cette étude contient les données de 340 échantillons de déchets prélevés pendant une période de 51 semaines, entre novembre 1989 et novembre 1990 (ville de Guelph, 1991).
3. Étude de deux mois sur la composition des déchets résidentiels effectuée par le comté de Hastings centre et sud pour mesurer les déchets produits par 50 ménages de Trenton, en avril et mai 1991 (comté de Hastings centre et sud, 1991).
4. Diverses études sur le tri des déchets réalisées par Proctor & Redfern Ltd., à Peterborough, Mississauga et Oakville.

Déchets d'origine industrielle, commerciale et institutionnelle, et déchets de construction et de démolition

1. Étude sur la composition des déchets solides de la région métropolitaine de Toronto (Proctor & Redfern Ltd., 1991).
2. Notes de dossier de Proctor & Redfern Ltd. élaborées au cours de discussions avec différentes municipalités régionales.

Pour établir des estimations de la production et de la composition de déchets d'autres provinces, on a adapté les données de ces études de manière à tenir compte des différences dans les modèles de production de déchets, selon la proportion des populations vivant en milieu urbain et en milieu rural et le revenu moyen par habitant, comparativement à l'Ontario. Dans la plupart des cas, ces études portent sur la période 1990-1991 et ont servi à estimer la quantité et la composition de déchets en 1990.

On a aussi évalué la quantité et la composition des DSU produits en 1988 [1988 est l'année de référence adoptée par le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) pour mesurer la réduction des déchets]. On a supposé que le taux de production par habitant en 1988 était égal à celui de 1990, puisque aucun nouveau programme important de réduction à la source et de réutilisation n'a été mis en route pendant cette période, et que le recyclage ne fait que diminuer la quantité de déchets éliminée sans rien changer à la quantité produite. Les estimations de DSU produits et de DSU à éliminer en 1992 ont été établies d'après celles de 1990 s'appuyant sur les hypothèses de détournement des déchets des différentes

provinces (21 % en Ontario et 15 % dans toutes les autres provinces), pour cette année-là.

2.1.2 Projection de la production et de la composition des déchets solides urbains jusqu'en 2000

On a établi la projection de la production théorique de déchets pour la période de 1988 à 2000 en appliquant à la population ciblée le taux de production par habitant de 1988. La production théorique représente la quantité de déchets qui serait produite en l'absence totale de nouvelles mesures de réduction à la source et de réutilisation, de 1988 à 2000. On calcule la production réelle de déchets (ou de déchets à éliminer) en soustrayant de la production théorique les déchets qui seront détournés à d'autres fins par les procédés de réduction. Pour le CCME, l'objectif visé est la réduction en 2000 d'au moins 50 % des déchets à éliminer par habitant par rapport à 1988.

On a calculé la quantité des DSU qui devront être mis en décharge en 2000 en supposant huit scénarios de gestion différents jusqu'à cette année-là. Les rôles attribués à la réduction à la source, à la réutilisation, au recyclage, au compostage, à l'incinération et à la mise en décharge en 2000, dans chaque scénario, figurent au tableau 1. Les scénarios A à E sont établis en fonction de l'objectif du CCME de réduire de moitié les déchets, qui doit être atteint en 2000, et choisis afin d'optimiser le rôle de chaque méthode de gestion. Les scénarios F et G présument que la production de déchets par habitant sera réduite de 70 % en 2000. Le scénario H repose sur l'hypothèse que la proportion de DSU détournés des décharges par les programmes des 3 R et que la quantité de DSU incinérés demeureront, jusqu'en 2000, aux niveaux de 1992.

Tableau 1 Projection des scénarios de gestion des déchets en 2000

Scénario de gestion des déchets	Réduction à la source (%)	Réutilisation (%)	Recyclage (%)	Compostage (%)	Incinération (%)	Mise en décharge (%)
A	15	5	15	15	5	45
B	15	5	15	15	40	10
C	5	20	10	15	25	25
D	5	5	30	10	25	25
E	5	5	10	30	25	25
F	20	10	20	20	23	7
G	20	10	20	20	30	-
H	5	2	10	<1	4	78

D'après les tendances actuelles, on considère que le scénario A représente la combinaison de méthodes de détournement la plus favorable pour atteindre l'objectif de 50 %. Le scénario B est identique au scénario A, mais suppose que tous les résidus qui resteront après les 3 R seront incinérés et que seules les cendres seront enfouies dans les décharges. Les scénarios C, D et E exploitent au maximum la contribution de la réutilisation, du recyclage et du compostage, respectivement. On présume, dans ces scénarios, pour les besoins du calcul, que la capacité des incinérateurs permettra de gérer 50 % des déchets résiduels en 2000. Selon le scénario F, tous les déchets après l'exécution des 3 R seront incinérés et seules les cendres seront mises en décharge. Avec le scénario G, on présume que tous les déchets résiduels seront mis en décharge. D'après le scénario H, seulement 17 % (ce qui correspond au taux de détournement estimé pour 1992) des déchets produits entre 1992 et 2000 seront détournés par les programmes des 3 R. On suppose également, dans ce scénario, que la capacité

d'incinération ne sera pas augmentée de 1992 à 2000. Ce dernier représente le scénario du pire cas, et l'on considère qu'il définit la limite maximale des émissions de gaz à effet de serre des décharges en 2000.

Pour chacun de ces scénarios, on a calculé la quantité et la composition des DSU qui doivent être mis en décharge de 1988 à 2000, en supposant une croissance linéaire des mesures de réduction et d'utilisation des déchets jusqu'à 2000.

On a déterminé la composition chimique des déchets qui, selon chaque scénario, doivent être mis en décharge, étant donné que le potentiel de production de gaz à effet de serre est fonction de la teneur en carbone des déchets et du pourcentage des déchets biodégradables. On a établi la composition chimique du flux des DSU, et la manière dont elle varie selon chaque scénario de gestion d'après les matières qui composent les DSU à mettre en décharge, chaque année de 1988 à 2000, de même que d'après la composition moyenne de chaque matière de rebut décrite dans les sources documentaires.

2.1.3 *Choix du modèle*

On a effectué une recherche documentaire pour connaître les méthodes les plus récentes permettant d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre des déchets enfouis. On s'est aussi mis directement en rapport avec l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis, la meilleure source de renseignements sur les progrès de la modélisation des émissions de gaz à effet de serre provenant des décharges.

L'EPA suit deux méthodes. La première est l'utilisation continue du modèle Scholl Canyon, un modèle de décomposition mécaniste de premier ordre. La seconde consiste en un modèle de régression simple basé sur les données mesurées des émissions des décharges. Dans la forme actuelle du modèle de régression, la seule variable indépendante est la quantité totale des «déchets en place». L'EPA est en train d'élaborer un modèle statistique fondé sur des techniques de régression multilinéaire. Étant donné que la présente étude a, parmi ses principaux objectifs, à évaluer les tendances des émissions sous l'aspect de la composition des déchets et de la variabilité climatique régionale, ces facteurs doivent constituer les paramètres du modèle choisi. Ceci signifie le recours à un modèle de régression à paramètres multiples ou à un modèle mécaniste s'appuyant sur la cinétique probable du processus de biodégradation. Il importe d'abord et avant tout que cette étude rende compte adéquatement du changement dans les émissions de gaz à effet de serre, puisque la composition des DSU varie selon les scénarios de gestion. Comme le modèle de régression multilinéaire est encore en cours d'élaboration, on a adopté pour la présente étude le modèle Scholl Canyon. On a rejeté les variantes plus complexes du modèle de décomposition de premier ordre, leur emploi n'étant pas justifié au stade de la

compréhension actuelle des relations quantitatives entre les paramètres du modèle et les conditions des décharges.

Le modèle Scholl Canyon se présente ainsi :

$$v(t) = k L_0 (-kt)$$

où :

- V est la vitesse de production de gaz après une période de temps (t) faisant suite au dépôt d'une quantité supplémentaire de déchets dans la décharge à $t = 0$; l'équation se résout généralement avec des augmentations de temps d'un an;
- L_0 représente le potentiel de production totale de gaz lié à la quantité croissante (habituellement annuelle) de déchets durant la vie de la décharge, potentiel qu'en général on évalue d'après la teneur en carbone des déchets et la fraction de carbone associée au contenu biodégradable;
- k est la constante de vitesse pour décrire la diminution des déchets biodégradables avec le temps, et elle est fonction de la température et de l'humidité de la décharge ainsi que des éléments nutritifs, du pH et de la présence de toxines, comme certains métaux lourds.

2.1.4 *Choix des paramètres de modélisation*

Pour employer le modèle Scholl Canyon, il faut que la quantité de déchets en place, la valeur de la constante de vitesse k et celle du potentiel de production du méthane L_0 soient spécifiées. Comme les déchets d'une décharge produisent la majeure partie des gaz à effet de serre pendant environ 50 ans, il importe de savoir combien de déchets ont été déposés annuellement dans la décharge

au cours des 50 années antérieures pour chaque année d'évaluation du modèle. Même après 50 ans, le modèle prévoit une certaine contribution des vieilles ordures aux émissions de méthane, notamment dans des régions comme les prairies où l'on utilise une valeur k faible. L'un des objectifs de l'étude étant d'analyser les tendances des émissions provenant des décharges, on a utilisé une période constante de 50 ans. À titre d'exemple, l'estimation de 2000 tient compte des déchets mis en décharge de 1951 à 2000. L'étude de Levelton (1991) donne des estimations des déchets mis annuellement en décharge de 1941 à 1990. Pour la modélisation, on s'est servi des données de Levelton de 1941 à 1987 et des estimations qui ont été faites dans le cadre de la présente étude pour la période de 1988 à 2000.

Les valeurs théoriques et mesurées de L_0 varient considérablement, soit environ de 100 à 250 m³ de CH₄ par tonne de déchets. Aux fins de la présente étude, on a estimé L_0 avec la formule suivante, basée sur la transformation stoechiométrique en méthane du carbone biodégradable des déchets, en se servant de leur composition chimique brute :

$$L_0 = M_c \cdot F_b \cdot S$$

où :

- S est un facteur stoechiométrique (44/12 pour CO₂ et 16/12 pour CH₄);
- M_c représente la teneur en carbone (tonne de carbone par tonne de déchets) calculée

d'après la composition de la formule brute des déchets;

- F_b représente la fraction de carbone biodégradable.

Avec cette méthode, on inclut dans les estimations d'émissions les modifications de L_0 , qui résultent de la composition changeante des déchets attribuable aux différentes pratiques de détournement. Les valeurs calculées de L_0 de 1990 à 2000 pour chacun des huit scénarios de gestion sont résumées au tableau 2.

Il est plus difficile d'estimer la constante de vitesse k , étant donné qu'on ne dispose pas de rapports fonctionnels explicites pour choisir des valeurs k basées sur les variables climatiques ou la composition des déchets (Peer *et al.*, 1991). Levelton (1991) a attribué des valeurs k aux décharges de différentes régions du pays en s'appuyant sur la moyenne des températures quotidiennes et des précipitations annuelles. Dans la présente étude, on a attribué les valeurs k provinciales figurant au tableau 3, d'après les valeurs de Levelton, sauf au Québec où l'on a choisi une valeur plus élevée. Comme la plus grande partie des déchets enfouis dans les décharges se trouve dans le sud du Québec, on a estimé qu'une valeur semblable à celle de l'Ontario était appropriée.

2.1.5 Incertitude concernant les estimations d'émissions de gaz à effet de serre

On a identifié les principales sources d'incertitude concernant les estimations des émissions de gaz à effet de serre. De plus,

Tableau 2 Potentiels de production de méthane (L₀) : de 1990 à 2000 par scénario de gestion des déchets

Année	Scénarios							
	A : mise en décharge, taux élevé	B : incinération, taux élevé	C : réutilisation, taux élevé	D : recyclage, taux élevé	E : compostage, taux élevé	F : 70 % de détournement et taux élevé d'incinération	G : 70 % de détournement et taux élevé de mise en décharge	H : pire cas
1990	195	195	195	195	195	195	195	195
1991	194	181	187	187	184	179	190	195
1992	190	164	176	177	172	162	183	195
1993	186	148	166	170	158	146	176	195
1994	183	132	155	159	146	129	170	195
1995	178	115	145	151	132	112	163	195
1996	175	99	136	141	120	95	157	195
1997	170	83	126	133	109	77	151	195
1998	167	65	116	124	95	61	144	195
1999	163	50	105	114	82	44	137	195
2000	160	33	97	106	69	27	131	195

Unités : m³ de CH₄/t

on a examiné la sensibilité des émissions et des tendances dont il est question à ce stade de l'étude.

2.2 Émissions de gaz à effet de serre résultant de diverses pratiques de gestion des déchets

2.2.1 Choix de combinaisons des différents déchets et pratiques de gestion à évaluer

La combinaison des déchets et des pratiques de gestion à évaluer se fondait sur les catégories établies au début de l'étude pour l'estimation de la production et de la composition des déchets. On a examiné les sous-catégories de matières (p. ex., la sous-catégorie «papier journal» dans la catégorie principale «papier») pour voir si

vraiment il y a une différence importante entre les sous-catégories quant :

- au potentiel de production de gaz à effet de serre des procédés de traitement des matières;
- aux pratiques de gestion des déchets applicables à chaque sous-catégorie.

Pour faciliter l'évaluation, on a regroupé les matières lorsque la présence d'une sous-catégorie dans le flux des déchets était négligeable ou lorsqu'il n'y avait pas de différence notable entre l'un ou l'autre des paramètres. Dans certains cas, on a jugé nécessaire de créer des sous-catégories pour les pratiques de réduction mais non pour les technologies d'utilisation des déchets. À titre d'exemple, on constate la subdivision de la catégorie «papier» en sous-catégories

Tableau 3 Comparaison entre les valeurs k utilisées dans cette étude et celles de Levelton (1991)

Province	valeur k selon cette étude (a^{-1})	valeur k selon Levelton (1991)
Terre-Neuve	0,011	0,010 à 0,011
Île du Prince-Édouard	0,011	0,011
Nouvelle-Écosse	0,011	0,011
Nouveau-Brunswick	0,011	0,010 à 0,011
Québec	0,024	0,010 à 0,020
Ontario	0,024	0,010 à 0,025
Manitoba	0,006	0,006
Saskatchewan	0,006	0,003 à 0,006
Alberta	0,006	0,003 à 0,006
Colombie-Britannique	0,028	0,010 à 0,028
Territoires du Nord-Ouest	0,003	0,003
Yukon	0,003	0,003

«papier journal», «papier fin» et «carton ondulé» pour évaluer la réduction à la source (papier fin et papier journal léger), la réutilisation (contenants de carton ondulé) et le recyclage (du papier de toutes les qualités). Néanmoins, seule la catégorie principale «papier» subsiste dans l'évaluation des technologies d'utilisation et d'élimination des déchets (compostage, fermentation, digestion anaérobie, pyrolyse, incinération et enfouissement) étant donné que tous les papiers présentent des caractéristiques semblables au cours de ces processus. On a choisi les pratiques de gestion à évaluer pour chaque déchet en fonction de :

- la faisabilité sur le plan de la composition matérielle et chimique;

- l'accessibilité aux données des émissions basées sur des résultats confirmés à grande échelle ou à l'échelle pilote.

Les méthodes de gestion choisies pour chaque type de matière sont présentées au tableau 4.

La réduction à la source du papier, du verre et du plastique dont il est question dans ce tableau fait référence à l'allègement et à la réduction des produits. On a évalué les incidences de la réutilisation des contenants de carton ondulé, du verre et des bouteilles de polyéthylène téréphtalate sur les émissions de gaz à effet de serre. La réutilisation des déchets de bois fait référence au paillage et celle des pneus, au rechapage. On a également évalué le recyclage du papier, du verre, des métaux,

Tableau 4 Combinaisons des déchets et des options de gestion des déchets évaluées

Déchets	Réduction à la source	Réutilisation	Recyclage	Compostage domestique	Compostage centralisé
Papier					X
papier fin	X		X		
papier journal	X		X		
carton ondulé		X	X		
Verre	X	X	X		
Métaux ferreux			X		
Métaux non ferreux			X		
Plastiques					
HDPE*			X		
PET**	X	X	X		
Déchets de table et de jardin				X	X
Déchets de bois					X
Pneus		X	X		
DSU mélangés					X

* HDPE : polyéthylène haute densité

** PET : polyéthylène téréphtalate

des plastiques et des pneus (production de granules de caoutchouc).

On a examiné le compostage (dont le but est de stabiliser les déchets et d'obtenir un conditionneur de sol) et la digestion anaérobie d'un mélange de papier, de déchets de table, de jardin et de bois, ainsi que de DSU mélangés (pour la production de biogaz, un mélange de CH₄, de CO₂ et de divers autres gaz). On a également évalué le compostage domestique, qui diffère du compostage centralisé parce qu'il permet de supprimer le transport des déchets vers une installation de traitement, ne nécessite pas d'apport énergétique et aboutit à un processus aérobie seulement partiel faute d'aération mécanique. On a aussi étudié la fermentation du papier et des déchets de bois destinée à la production d'alcool industriel.

En outre, on a évalué la pyrolyse du papier, des plastiques, des déchets de table, de jardin et de bois, des pneus et de DSU mélangés, qui sert à produire un résidu solide contenant du carbone presque pur, des huiles de pyrolyse et un gaz à faible coefficient calorifique composé d'hydrogène, de méthane, de dioxyde de carbone et de monoxyde de carbone. Enfin, on a évalué l'élimination finale de toutes les matières par l'incinération, la mise en décharge ainsi que plusieurs autres procédés de récupération énergétique.

2.2.2 Préparation des bilans de gaz à effet de serre

Pour évaluer la production nette de gaz à effet de serre par la réduction à la source, la réutilisation et le recyclage, il faut examiner les effets de la pratique de gestion sur le cycle de vie d'un produit. Ainsi, le

Fermentation	Digestion anaérobie	Paillage	Pyrolyse	Incinération	Mise en décharge
X	X		X	X	X
				X	X
				X	X
			X	X	X
	X		X	X	X
X	X	X	X	X	X
			X	X	X
	X		X	X	X

recyclage du papier et de l'aluminium diminue la quantité que l'on doit produire à partir de matières vierges et supprime de ce fait les émissions de gaz à effet de serre résultant de leur extraction. Cependant, le procédé même de recyclage peut exiger une activité supplémentaire pour la collecte, le tri et le transport qui, à leur tour, engendrent des émissions de gaz à effet de serre.

Les technologies d'utilisation des déchets n'ont d'incidences que sur les étapes du cycle de vie d'un produit après sa mise au rebut. Elles modifient la quantité totale des émissions de gaz à effet de serre attribuables aux procédés nécessaires à la gestion des déchets, à la fabrication d'autres produits ou à la récupération d'énergie. Par exemple, la récupération de l'énergie des déchets prévient la production d'une quantité équivalente d'énergie au moyen de méthodes classiques comme l'utilisation de combustibles fossiles. De même, le noir de

carbone, obtenu par la pyrolyse des déchets, peut servir de matière première à la fabrication de produits de caoutchouc.

Les émissions de gaz à effet de serre à l'étape de la fabrication d'un produit résultent généralement de l'obligation de respecter les normes énergétiques liées au procédé. L'énergie requise pour la production peut être fournie par les combustibles fossiles comme le charbon et le pétrole, l'électricité (elle-même produite par des centrales thermiques, nucléaires ou hydro-électriques) ou par la chaleur excessive dégagée au cours du procédé. Parfois, le CO₂, le CH₄, ou le N₂O peuvent être générés directement par le procédé de production.

On a conçu un système selon lequel on accorde un crédit pour les éléments d'une pratique de gestion des déchets susceptibles de réduire les émissions de gaz à effet de

serre à une ou plusieurs étapes du cycle de vie du produit, et un débit pour les éléments qui peuvent accroître la quantité des gaz à effet de serre. On dresse ensuite un bilan des gaz à effet de serre et on réunit tous les débits et crédits attribués en l'occurrence à un déchet pour obtenir la valeur nette des émissions de gaz à effet de serre liées à la pratique.

Pour établir le bilan des gaz à effet de serre résultant des procédés de réduction et d'utilisation des déchets, il fallait partir de certaines hypothèses concernant :

- les distances entre le point d'extraction de la matière et les installations de production;
- les distances entre les points de collecte des DSU et les installations de récupération et d'utilisation et, de là, jusqu'aux décharges;
- le type d'énergie ou de combustible nécessaire à la réalisation du procédé (électricité, charbon, mazout, gaz naturel, etc.);
- la nature de la source d'énergie remplacée lorsqu'il y a récupération d'énergie.

Comme la présente étude a une portée nationale et que les résultats obtenus sur les émissions de gaz à effet de serre ne visent pas les pratiques existantes de gestion des déchets d'une province en particulier, mais tentent plutôt d'évaluer l'impact du traitement d'une tonne de matière par un procédé quelconque, n'importe où au Canada, on a supposé que les installations de traitement accessibles se situaient à une distance raisonnable du lieu de production. Les distances propres à chaque procédé sont indiquées dans les bilans individuels de gaz

à effet de serre contenus dans la deuxième partie du rapport.

Dans la mesure du possible, on a eu recours pour la consommation énergétique aux coefficients d'émission associés à la forme d'énergie consommée par ce procédé en particulier. En ce qui a trait aux procédés utilisant l'électricité, on a présumé que celle-ci provenait du «réservoir» de combustibles du Canada pour la production d'électricité (y compris la production d'énergie nucléaire et hydro-électrique). Lorsqu'on savait qu'une matière n'est produite que dans une seule province, comme l'aluminium au Québec, on eu recours au «réservoir» de combustibles de cette province pour la production d'électricité. Quand on ne disposait pas des renseignements voulus sur le type de combustibles employés avec certains procédés, on a supposé que le réservoir des combustibles industriels du Canada était utilisé.

De même, on a estimé en ce qui touche les procédés de récupération, sauf ceux où la nature du combustible remplacé était connue, que l'énergie fournie par le réservoir des combustibles du Canada (production d'électricité ou chauffe directe) était remplacée par l'énergie récupérée.

Les coefficients d'émission qui, dans la présente étude, ont permis de calculer les émissions liées au transport et à l'énergie s'inspirent des coefficients d'émission signalés par Jaques (1992). Les coefficients d'émission conçus pour différents modes de transport et sources d'énergie sont résumés aux tableaux 5 et 6.

C'est par une analyse détaillée qu'on a estimé les émissions de gaz à effet de serre dues aux différents procédés de production

Tableau 5 Coefficients d'émission des gaz à effet de serre attribuables aux transports

	CO ₂ (t/t-km) ¹	CH ₄ (kg/t-km) ¹	N ₂ O (kg/t-km) ¹
Terre - Camions lourds diesel			
Coefficients d'émission ² basés sur le carburant	2,73 t/kL	0,20 kg/kL	0,40 kg/kL
Coefficients d'émission ³ basés sur la masse/distance	$5,5 \times 10^{-5}$	$4,0 \times 10^{-6}$	$8,0 \times 10^{-6}$
Rail - Diesel			
Coefficients d'émission ⁴ basés sur la masse/distance	$3,6 \times 10^{-5}$	$2,9 \times 10^{-6}$	$5,2 \times 10^{-6}$
Eau - Diesel			
Coefficients d'émission ⁵ basés sur la masse/distance	$1,3 \times 10^{-5}$	$1,1 \times 10^{-6}$	$2,0 \times 10^{-6}$

¹ Sauf indication contraire.

² Jaques, 1992.

³ Calculé d'après les coefficients d'émission basés sur le carburant avec un rendement de 2,5 km/L (Jaques, 1992) et une charge type de 20 t.

⁴ Calculé d'après une consommation d'énergie de $0,51 \times 10^{-6}$ TJ/t-km (ORF, 1976).

⁵ Calculé d'après une consommation d'énergie de $0,18 \times 10^{-6}$ TJ/t-km (SRI International, 1983).

Tableau 6 Coefficients d'émission du réservoir industriel du Canada (1990)

Description	Demande (TJ)	CO ₂ (kt)	CH ₄ (t)	N ₂ O (t)	CO ₂ (t/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ O (kg/TJ)
Industriel (sans électricité)	1 388 873	75 350	3 000	2 000	54,25	2,16	1,44
Industriel (avec électricité)	2 043 556	114 958	3 422	2 844	56,25	1,67	1,39
Réservoir d'électricité du Canada	1 551 647	93 873	1 000	2 000	60,50	0,64	1,29
Réservoir d'électricité de l'Ontario	476 515	25 935	276	523	54,43	0,58	1,16
Réservoir d'électricité du Québec	531 627	1 430	15	30	2,69	0,03	0,06
Réservoir d'électricité de la Colombie-Britannique	49 275	1 227	13	26	24,90	0,27	0,53

(Jaques, 1992)

Les coefficients d'émission de ce tableau sont basés sur les valeurs de l'énergie (primaire ou secondaire) achetée.

et d'utilisation. La base de calcul des bilans est une tonne de matières du flux de DSU.

Pour comparer les procédés qui donnent des proportions différentes de CO₂, de CH₄ et de N₂O, on convertit les émissions en équivalents CO₂ en utilisant les PRC des divers gaz comme facteurs d'extrapolation. À cette fin, on a utilisé ci-dessous les PRC de 20 et 100 ans suivants :

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
20 ans	1	34	250
100 ans	1	11	270

Les principales considérations étudiées pour la préparation des bilans de gaz à effet de serre relatifs aux différentes pratiques de réduction et d'utilisation des déchets sont exposées dans les pages qui suivent.

Pratiques de réduction des déchets

Réduction à la source. Pour dresser le bilan des gaz à effet de serre de la réduction à la source d'une tonne de déchets, on a accordé à ce procédé un crédit de déplacement pour les émissions attribuables à l'extraction, à la production (procédé direct et fourniture d'énergie) et au transport d'une tonne de matières brutes.

Réutilisation. Les estimations reposent sur la substitution d'une tonne de produits à usage unique par un poids équivalent de produits réutilisables remplissant une fonction équivalente. Dans le bilan des gaz à effet de serre de la réutilisation, on a accordé un crédit de déplacement de matières chaque fois qu'un produit est réutilisé, éliminant ainsi la fabrication d'un nouveau produit. Au besoin, on a recours à des débits pour tenir compte des besoins

accrus en matière de transport (débit de transport) et de préparation du produit (débit d'énergie de procédé) requis. Les émissions nettes de gaz à effet de serre ont été calculées en fonction du nombre de réutilisations.

Recyclage. Un crédit de déplacement de matières vierges est accordé au recyclage. Ce crédit tient compte des pertes de matières attribuables au procédé et du moment où la matière récupérée entre dans le cycle de fabrication du nouveau produit. Des débits sont accordés pour les besoins accrus de transport et de préparation des matières. Les émissions nettes de gaz à effet de serre imputables au recyclage ont été calculées en fonction du nombre de recyclages.

Technologies d'utilisation et d'élimination des déchets

Compostage. Le compostage des déchets produit un conditionneur qui améliore la structure des sols et en optimise le travail. Le compost, utilisé comme engrais à action lente, peut remplacer, dans une certaine mesure, d'autres engrais. Toutefois, en raison du manque de données sur la quantité de chaque élément nutritif remplacé, aucun crédit de déplacement de matières n'a été accordé au compostage. On a prévu des débits pour tenir compte des émissions directes de CO₂ dues au compostage (émissions de procédé), de l'énergie consommée pendant l'opération de compostage mécanisée (énergie de procédé) et du transport jusqu'à l'installation de compostage (transport).

Digestion anaérobie. La digestion anaérobie de déchets organiques biodégradables produit des biogaz, un combustible dont la valeur énergétique varie de moyenne à élevée. On peut utiliser les

biogaz pour produire de la vapeur ou de l'électricité; on peut également les améliorer, par la suppression du CO₂, pour les rendre transportables par pipeline*. Dans la présente étude, on a évalué la digestion anaérobie avec la production d'électricité au moyen d'une turbine à gaz. Aucun crédit de déplacement de matières n'a été accordé à ce procédé. Un débit d'émissions de procédé a été attribué pour les émissions dues à la combustion des biogaz, et un crédit d'énergie l'a été pour le déplacement de l'énergie produite par les combustibles classiques. On a prévu des débits pour tenir compte de l'élimination des résidus de procédé et du transport des déchets jusqu'à l'installation de digestion anaérobie.

Fermentation. On a analysé la fermentation des déchets en alcool industriel qui, mélangé à l'essence, donne du gazohol. On a prévu un débit d'émissions de procédé pour tenir compte des émissions de gaz à effet de serre attribuables à la fermentation; un crédit d'énergie a été accordé pour l'essence remplacée; enfin, des débits ont été prévus pour les besoins énergétiques de la fermentation, le transport des déchets jusqu'à l'installation de fermentation et l'élimination des résidus. La fermentation laisse plus de résidus (cellulose non hydrolysée et sucres non fermentables) que les autres procédés d'utilisation. La rentabilité de la fermentation dépend souvent de l'utilisation des résidus dans l'alimentation des animaux ou comme combustible. La présente analyse repose sur l'hypothèse que les résidus seront utilisés comme combustible. Par conséquent, le débit d'élimination de résidus prévu pour ce

procédé est le débit net obtenu une fois soustrait le crédit d'énergie imputable aux résidus.

Pyrolyse. La pyrolyse de déchets organiques produit un flux gazeux à faible énergie (composé d'hydrogène, de CH₄, de CO, de CO₂ et d'autres gaz), un flux de goudron et d'huile (huiles de pyrolyse), un flux liquide aqueux et un résidu solide contenant des matières carbonées et inertes. La quantité et la composition des produits dépendent des paramètres opérationnels. La pyrolyse peut se faire de manière à maximiser la production de gaz ou d'huile. Pour les matières autres que les pneus, la présente analyse repose sur l'hypothèse que la pyrolyse vise la production d'une quantité maximale de gaz, transformés ensuite en vapeur par combustion. En général, la pyrolyse des pneus fournit un combustible liquide susceptible de remplacer le mazout. Théoriquement, la pyrolyse peut servir à récupérer le noir de carbone, mais il est toutefois difficile d'en obtenir de qualité acceptable. Seule la pyrolyse de pneus permet de récupérer du noir de carbone de qualité commerciale (Roy *et al.*, 1990). Un crédit de déplacement de matières a ainsi été accordé seulement pour ce type de charge. Ce crédit est fondé sur les émissions de gaz à effet de serre résultant de la production de noir de carbone à partir des résidus de craquage catalytique des raffineries. Pour les autres déchets, un crédit de déplacement a été accordé pour la récupération de métal ferreux. Un crédit d'énergie a été attribué pour l'énergie produite à partir des flux de gaz et d'huile. On a prévu des débits pour tenir compte des besoins en matière d'énergie et de transport.

* Pour être transportables par pipeline, les gaz, notamment le gaz naturel, doivent répondre à certains critères de qualité, en fonction de leur teneur en CH₄.

Incinération. En étudiant l'incinération des composantes des déchets solides urbains avec ou sans récupération d'énergie, on a retenu trois options différentes : récupération d'énergie en vue de la production d'électricité, récupération d'énergie en vue de la production de vapeur et utilisation de combustibles dérivés de déchets (CDD) dans les fours à ciment. Aucun crédit de déplacement de matières n'a été accordé à ce procédé, car, de toute façon, il y aurait eu récupération des matières au cours de la préparation de la charge. Des crédits de déplacement d'énergie ont été accordés aux trois options étudiées, en fonction des critères d'efficacité suivants : 20 % pour la production d'électricité, 70 % pour la production de vapeur et 85 % pour l'utilisation de CDD dans les fours à ciment. Des débits ont été prévus pour les émissions de gaz à effet de serre imputables à la combustion, les besoins énergétiques du procédé et le transport des déchets solides urbains aux incinérateurs, puis du transport des cendres à la décharge. L'incinération de matières inertes, comme le verre et le métal, produit des gaz à effet de serre pendant le transport et accroît les besoins énergétiques

du procédé, ces matières inertes devant être chauffées à la température des incinérateurs.

Mise en décharge. Les émissions de gaz à effet de serre dans les décharges de matières réfractaires (matières inertes et organiques difficilement dégradables, comme les plastiques et les tissus synthétiques) sont imputables au transport seulement. Un débit de transport a donc été prévu. Un débit a également été prévu pour les gaz à effet de serre qui se dégagent des déchets biodégradables mis en décharge. Il est possible de capter ces gaz et de les brûler à la torche ou d'en récupérer l'énergie. On a étudié quatre possibilités différentes pour l'enfouissement : aucune récupération de gaz (puisque la plupart des décharges au Canada n'ont pas de systèmes collecteurs), captage des gaz sans récupération d'énergie (brûlage à la torche), captage des gaz avec récupération d'énergie électrique et captage des gaz avec récupération d'énergie non électrique. La présente étude repose sur l'hypothèse que 50 % des biogaz sont captés. Comme les décharges produisent des gaz à effet de serre depuis plus de 50 ans, les équivalents CO₂ ont été calculés seulement pour le PRC sur 100 ans.

Section 3

Résultats

3.1 Émissions de gaz à effet de serre dans les décharges en 2000

Selon les estimations contenues dans la présente étude, 23 millions de tonnes (t) de DSU ont été produites au Canada, en 1992. Les tableaux 7 et 8 présentent des estimations du volume de déchets produits en 1992, par type de déchets d'origine résidentielle, d'une part, et industrielle, commerciale et institutionnelle, d'autre part. Du volume total de 1992, près de 4 millions de tonnes ont été traitées dans le cadre des programmes 3 R, et environ un million de tonnes de déchets ont été incinérées. Le reste (environ 18 millions de tonnes) a été mis en décharge. On prévoit que si les programmes 3 R atteignent, d'ici 2000, leur objectif qui est de détourner la moitié des déchets, il restera, cette année-là, environ 14 millions de tonnes de DSU à éliminer. En supposant que la capacité d'incinération des déchets se maintienne aux niveaux actuels, près de 12,5 millions de tonnes aboutiront dans les décharges. Dans le scénario B, selon lequel la capacité croissante des incinérateurs permettra d'absorber le maximum des déchets qui resteront après la réduction visée de 50 %, 2,7 millions de tonnes de déchets devront être mises en décharge en 2000. Il s'agit là de la limite inférieure théorique du volume de déchets solides qu'il sera nécessaire de déposer dans les décharges. D'autre part, le scénario H, qui définit la limite supérieure, repose sur l'hypothèse que le volume des déchets détournés des décharges et la capacité d'incinération se maintiendront aux niveaux de 1992. D'après ce scénario, il

faudra mettre en décharge, en 2000, environ 22 millions de tonnes de déchets.

La composition des déchets enfouis dans des décharges est un important facteur dont il faut tenir compte pour évaluer leur potentiel de production de gaz à effet de serre. La composition varie beaucoup selon les divers procédés d'utilisation des déchets. Dans les scénarios B et F, comme il fallait s'y attendre, les déchets contenus dans les décharges ont la plus faible teneur en carbone biodégradable. Ces scénarios prévoient, en effet, l'incinération de tous les déchets résiduels des trois procédés R et la mise en décharge des cendres seulement. Le scénario E prévoit en premier lieu le compostage pour atteindre l'objectif de réduction fixé pour 2000, et une hausse modérée de la capacité d'incinération. Selon ce scénario, le contenu biodégradable des déchets des lieux d'enfouissement est le moins élevé, après ceux des deux scénarios précédents.

Les émissions de méthane dans l'atmosphère ainsi que le potentiel de production de méthane des déchets en place ont été estimés pour chaque année, de 1990 à 2000, d'après les huit scénarios décrits dans l'étude. Pour 1990, les chiffres s'élèvent à 839 kilotonnes (kt) de CH₄, soit près de 22 % des émissions totales de source anthropique. Cette estimation est inférieure à celle de 38 % signalée pour 1990 par Jaques (1992).

Le tableau 9 indique la quantité des DSU qui devront être mis en décharge selon chaque scénario. Il indique également les

Tableau 7 Estimations de la production et de la composition des déchets solides urbains de source résidentielle au Canada en 1992

Catégorie de déchets	Pourcentage de déchets résidentiels (%)		Quantité produite annuellement par personne (kg)		Quantité de déchets résidentiels (t)	
Papier	26,9		100,8		2 766 140	
Papier journal		10,1		37,9		1 039 179
Papier fin/registre		1,4		5,3		144 572
Papier magazine		3,2		12,1		330 868
Papier paraffiné/plastique		1,7		6,4		174 684
Cartons pour boîtes Kraft		3,6		13,5		371 821
Kraft		1,1		4,1		113 081
Autres cartons ondulés		2,4		8,9		243 688
Papiers ménagers		3,0		11,3		310 693
Autres		0,4		1,4		37 552
Verre	5,8		21,8		599 541	
Contenants de boisson		2,4		8,9		243 735
Contenants de nourriture		2,9		10,8		295 672
Autres		0,6		2,2		60 134
Métal ferreux	3,8		14,2		390 589	
Contenants de boisson		0,5		1,8		49 383
Contenants de nourriture		2,1		7,8		215 247
Aérosols		0,2		0,8		20 900
Autres		1,0		3,8		105 059
Métal non ferreux	0,7		2,6		70 586	
Contenants de boisson		0,2		0,9		24 422
Autres emballages		0,1		0,4		10 276
Autres		0,3		1,3		35 889
Plastiques	6,5		24,3		665 744	
Contenants rigides - HDPE ¹		0,8		3,0		82 472
Autres contenants rigides		0,2		0,7		20 551
Contenants - PET ²		0,2		0,7		19 275
Polystyrène ³		0,5		1,9		51 378
Sacs - LDPE		1,2		4,6		127 243
Autres pellicules		0,7		2,6		71 878
Autres emballages		0,2		0,8		21 616
Autres plastiques		2,6		9,9		271 332
Matières organiques	38,4		143,9		3 948 739	
Déchets de table		21,8		81,5		2 237 373
Déchets de jardin		16,7		62,4		1 711 366
Déchets de bois	1,5		5,6		153 449	
Gravats	1,4		5,2		144 012	
Couches jetables	3,3		12,4		340 187	
Textiles	3,5		13,1		360 705	
Déchets domestiques dangereux	0,3		1,1		31 542	
Gros articles	5,0		18,6		509 380	
Divers	2,9		10,7		294 896	
Total	100,0		374,3		10 275 510	

Population canadienne (1992)

27 445 000

¹ Polyéthylène haute densité

² Polyéthylène téréphtalate

³ Polyéthylène basse densité

Tableau 8 Estimations de la production et de la composition des déchets de sources industrielle, commerciale et institutionnelle au Canada en 1992

Catégorie de déchets	Déchets d'origine institutionnelle, commerciale et industrielle (%)	Quantité produite annuellement par personne (kg)	Quantité de déchets d'origine institutionnelle, commerciale et industrielle (t)
Papier	39,8	188,52	5 174 020
Contenants de carton			
ondulé	13,3	62,8	1 724 673
Papier journal	4,4	20,9	574 891
Papier fin	3,5	16,8	459 913
Papier mélangé	8,8	41,9	1 149 782
Magazines	1,8	8,4	229 956
Cartons pour boîtes	3,5	16,8	459 913
Annuaire téléphoniques	0,9	4,2	114 978
Livres - divers	1,8	8,4	229 956
Autres	1,8	8,4	229 956
Verre	2,7	12,57	344 935
Transparent	1,6	7,5	206 961
De couleur	0,5	2,5	68 987
Autres	0,5	2,5	68 987
Métal ferreux	4,4	20,95	574 891
Canettes de boissons et de nourriture	1,3	6,3	172 467
Bidons	0,1	0,4	11 498
Ferraille	0,4	2,1	57 489
Autres	2,6	12,1	333 437
Métal non ferreux	0,6	2,93	80 485
Canettes de boissons et de nourriture	0,4	2,1	57 489
Autres	0,2	0,8	22 996
Plastiques	8,8	41,89	1 149 782
Contenants de plastique rigide	1,8	8,4	229 956
Pellicules de plastique	3,5	16,8	459 913
Autres	3,5	16,8	459 913
Matières organiques	10,6	50,3	1 379 739
Bois	6,2	29,3	804 848
Construction et démolition	16,0	75,8	2 079 722
Déchets de bois	5,9	28,1	771 039
Gravats, granulats	3,1	14,7	403 177
Placoplâtre	1,3	6,1	168 213
Papier et carton	1,2	5,7	155 600
Métaux	1,2	5,6	153 605
Autres déchets de construction et de démolition	3,3	15,6	428 087
Divers	10,9	51,5	1 414 232
Total	100,0	474	13 002 653

Population canadienne (1992)

27 445 000

Tableau 9 Projections de la quantité de déchets destinée à la mise en décharge et de son effet sur les émissions de gaz à effet de serre en 2000, selon les scénarios A à H

	Déchets solides urbains mis en décharge (kt)	Hausse (+) ou baisse (-) prévue des émissions de gaz à effet de serre, de 1990 à 2000 (%)
Détournement de 50 %		
Scénario A Mise en décharge, volume élevé	12 593	16
Scénario B Incinération, volume élevé	2 738	-3
Scénario C Réutilisation, volume élevé	7 567	4
Scénario D Recyclage, volume élevé	7 084	5
Scénario E Compostage, volume élevé	6 879	2
Détournement de 70 %		
Scénario F Incinération, volume élevé	1 658	-4
Scénario G Mise en décharge, volume élevé	8 291	8
Scénario H Pire cas	22 163	44

hausse (+) ou les baisses (-) d'émissions de gaz à effet de serre prévues pour 2000 par rapport à 1990.

En 2000, les DSU mis en décharge avant 1991 dégageront près de 640 kt de CH₄ (soit environ 65 % des émissions totales). Une nouvelle politique de gestion des déchets permettrait de ramener ce taux d'au plus 35 % en l'an 2000. Les scénarios B et F prévoient une faible réduction des émissions de CH₄ par rapport aux niveaux de 1990. Selon le scénario E, qui maximise le taux de

compostage et prévoit un accroissement modéré de la capacité des incinérateurs, la hausse des émissions demeure faible. Le scénario du pire cas, le scénario H, repose sur l'hypothèse que le volume des déchets détournés des décharges, grâce aux procédés de réduction et d'incinération, se maintiendra aux niveaux de 1992; cela représente une hausse de 44 % des émissions par rapport à 1990. Ainsi, même si on réussit à détourner des décharges la moitié des déchets, sans accroître la récupération des gaz de décharge, les

émissions de CH₄ continueront d'augmenter de façon importante (16 % selon le scénario A).

3.2 Comparaison des émissions de gaz à effet de serre selon diverses pratiques de gestion des déchets

Le tableau 10 présente les bilans des gaz à effet de serre établis selon les diverses options de réduction des déchets possibles. Le tableau 11 dresse le bilan des diverses options d'utilisation des déchets, et le tableau 12, celui de l'utilisation des matières biodégradables et réfractaires. Ces tableaux affichent également les crédits et les débits accordés pour les émissions de gaz à effet de serre en kilogrammes de CO₂, CH₄ et N₂O pour chaque combinaison d'options de gestion des déchets. Le tableau 13 indique la hausse ou la baisse des émissions de gaz à effet de serre (exprimée en kilogrammes de CO₂, en fonction des PRC sur 100 ans) associée à la gestion d'une tonne de déchets selon chaque méthode. Dans les tableaux 10 à 13, les chiffres positifs montrent la production de gaz à effet de serre et les chiffres négatifs, une diminution des émissions de ces gaz.

La réduction à la source de toutes les matières permet de freiner les émissions de gaz à effet de serre grâce à la «production évitée». Par exemple, on estime que pour chaque tonne de verre réduit à la source grâce à l'allègement des contenants, il est possible de diminuer les émissions de CO₂ de 1 057 kg.

Le remplacement d'une tonne de produits perdus (non consignables ou non réutilisables) par un poids équivalent de produits réutilisables permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre. La réduction nette dépend du poids du produit

réutilisable par rapport à celui qui ne l'est pas et du nombre de fois que le produit est réutilisé (taux de réutilisation). Pour calculer les émissions nettes de gaz à effet de serre attribuables à la réutilisation, il faut tenir compte du poids des contenants réutilisables par rapport à celui des contenants perdus. Pour dissocier les résultats du taux de réutilisation, le calcul des émissions nettes de gaz à effet de serre se base sur le nombre de fois que le produit est réutilisé. Par exemple, en substituant une tonne de bouteilles de verre consignées à une tonne de bouteilles perdues d'une capacité identique, on peut réduire de 542 kg les émissions de CO₂, chaque fois que les bouteilles sont réutilisées.

Le recyclage permet aussi de réduire les émissions de gaz à effet de serre, sauf lorsqu'il requiert plus d'énergie que la fabrication du produit réutilisé. (Par exemple, la production de granules cryogéniques à partir de pneus accroît les émissions nettes de gaz à effet de serre, le procédé de retraitement consommant beaucoup d'énergie.) Aucun crédit de déplacement de matières n'a toutefois été accordé en raison des nombreuses applications possibles et du manque de données sur les besoins énergétiques de ces procédés. La réduction totale des émissions de gaz à effet de serre due au recyclage dépend du nombre de fois qu'une matière est recyclée; par ailleurs, les pertes de matières limitent le nombre de recyclages. Ces pertes se produisent notamment dans le cas du papier, car les fibres rétrécissent à chaque désintégration, ce qui accroît le volume des résidus. Le plastique subit également une perte de résistance attribuable au recyclage. Les spécifications d'un produit peuvent aussi en dicter le contenu maximal recyclé. Les émissions ou les réductions nettes de gaz à effet de serre

Tableau 10 Bilans des gaz à effet de serre selon les diverses options de réduction des déchets

Option de gestion des déchets	Crédit relatif au déplacement de matières (kg)			Débit relatif à l'énergie de procédé (kg)			Débit relatif au transport (kg)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Papier									
Réduction à la source									
- Papier journal	-1 640	-0,02	-0,07						
- Papier fin	-3 690	-0,03	-0,20						
Réutilisation									
- Contenants de carton ondulé	-1 480	-0,13	-0,08				30	0,00	0,00
Recyclage									
- Papier journal	-1 130	-0,02	-0,05	330	0,01	0,01	10	0,00	0,00
- Papier fin	-3 280	-0,03	-0,19	330	0,01	0,01	10	0,00	0,00
- Contenants de carton ondulé	-3 130	-0,03	-0,02	330	0,01	0,01	10	0,00	0,00
Verre									
Réduction à la source									
- Réutilisation	-1 040	-0,03	-0,06						
- Recyclage	-590	-0,02	-0,01	20	0,00	0,00	30	0,00	0,00
- Recyclage	-160	0,00	-0,01	4	0,00	0,00	20	0,00	0,00
Métal ferreux									
Recyclage (canettes de fer-blanc)	-2 700	-0,02	-0,03	330	0,01	0,00	10	0,00	0,00
Métal non ferreux									
Recyclage (canettes d'aluminium)	-5 800	-0,11	-0,20	200	0,01	0,00	140	0,01	0,02
Plastiques									
Réduction à la source									
- PET ¹	-2 856	-0,15	-0,15	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Réutilisation									
- PET ¹	-1 142	-0,06	-0,06	120	0,00	0,00	61	0,03	0,06
Recyclage									
- PET ¹	-1 885	-0,10	-0,10	304	0,01	0,01	69	0,00	0,01
- HDPE ²	-1 419	-0,06	-0,06	304	0,01	0,01	69	0,00	0,01
Pneus									
Réutilisation (rechapage)	-2 988	-0,09	-0,07	0,000	0,00	0,01	6,786	0,01	0,34
Recyclage									
- gros filaments	-270	0,00	0,00	3	0,00	0,00	17	0,04	0,84
- copeaux (5 × 5 cm)	-270	0,00	0,00	17	0,00	0,00	17	0,04	0,84
- copeaux (2,5 × 2,5 cm)	-270	0,00	0,00	99	0,00	0,00	17	0,04	0,84
- granules (0,65 à 1,25 cm)	-270	0,00	0,00	281	0,01	0,01	17	0,04	0,84
- granules cryogéniques	-270	0,00	0,00	662	0,03	0,02	17	0,04	0,84

¹ Polyéthylène téréphthalate

² Polyéthylène haute densité

Note : Les débits représentent la production d'émissions de gaz à effet de serre et sont exprimés en nombres positifs.

Les crédits représentent la prévention d'émissions de gaz à effet de serre et sont exprimés en nombres négatifs.

attribuables au recyclage ont été calculées en fonction du nombre de recyclages.

Le compostage aérobie de matières biodégradables dégage des émissions nettes de gaz à effet de serre, quoique leur volume demeure plutôt faible. Il s'agit surtout de CO₂. Le compostage domestique d'aliments et de déchets de jardin produit également des gaz à effet de serre dus à la métabolisation des déchets par des

micro-organismes. En l'absence de brassage mécanique, le procédé, qui devient partiellement anaérobie, libère une certaine quantité de CH₄ et, par conséquent, les émissions nettes de gaz à effet de serre sont plus élevées que celles résultant du compostage aérobie.

La digestion anaérobie, avec combustion des biogaz libérés pour en récupérer l'énergie, génère une quantité nette de gaz à

Débit relatif à l'élimination des résidus (kg)			Émissions nettes (kg)			Équivalents CO ₂ (sur 20 ans)	Équivalents CO ₂ (sur 100 ans)
CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	(kg)	(kg)
			-1 540	-0,02	-0,07	-1 557	-1 558
			-3 690	-0,03	-0,20	-3 741	-3 744
0,2	0,00	0,00	-1 450	-0,13	-0,08	-1 474	-1 473
			-787	-0,01	-0,05	-799	-600
0,2	0,00	0,00	-2 937	-0,02	-0,18	-2 983	-2 987
			-2 787	-0,02	-0,17	-2 831	-2 834
			-1 040	-0,03	-0,06	-1 056	-1 057
0,2	0,00	0,00	-540	-0,02	-0,01	-543	-542
0,2	0,00	0,00	-136	0,00	0,00	-137	-137
			-2 360	-0,01	-0,02	-2 366	-2 367
			-5 460	-0,10	-0,18	-5 508	-5 509
			-2 856	-0,15	-0,15	-2 899	-2 898
0,2	0,00	0,00	-961	-0,02	0,00	-962	-961
			-1 512	-0,09	-0,08	-1 536	-1 536
			-1 046	-0,05	-0,05	-1 059	-1 059
			-2 981	-0,07	0,27	-2 916	-2 909
3	0,00	0,00	-246	0,04	0,84	-35	-19
3	0,00	0,00	-233	0,04	0,84	-22	-6
3	0,00	0,00	-150	0,04	0,84	62	77
3	0,00	0,00	31	0,05	0,85	245	261
3	0,00	0,00	412	0,06	0,86	628	644

effet de serre inférieure à celle résultant de tous les autres procédés d'utilisation.

La production de paillis à partir des déchets de bois produit des gaz à effet de serre attribuables à la dégradation des déchets.

La fermentation du bois et du papier et la combustion de l'alcool ainsi obtenu dégagent un volume relativement élevé de gaz à effet de serre. Nos estimations

s'appuient largement sur l'hypothèse que la matière cellulosique résiduaire, soit entre 40 et 60 % de l'apport de déchets, sera brûlée à des fins de récupération d'énergie.

La pyrolyse des composantes des DSU, à l'exception des pneus, entraîne une production nette de gaz à effet de serre. Pour ces estimations, on s'appuie de façon critique sur l'hypothèse que ce procédé permet la récupération de matières. La

Tableau 11 Bilans des gaz à effet de serre selon les diverses options d'utilisation des matières biodégradables

Option de gestion des déchets	Crédit relatif au déplacement de matières (kg)			Débit relatif à l'énergie de procédé (kg)			Crédit relatif à l'énergie (kg)			Débit relatif au transport (kg)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Papier												
Compostage centralisé	0	0,00	0,00	7,2	0,00	0,00	0	0,00	0,00	5	0,00	0,00
Digestion anaérobie	0	0,00	0,00	30	0,00	0,00	-51	0,00	0,00	5	0,00	0,00
Fermentation	0	0,00	0,00	588	0,02	0,02	-841	-0,79	-0,34	3	0,00	0,00
Pyrolyse	0	0,00	0,00	40	0,00	0,00	-454	-0,02	-0,01	4	0,00	0,00
Incinération												
- Production d'électricité	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	-203	0,00	0,00	2	0,00	0,00
- Production de vapeur	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	-636	-0,03	-0,02	2	0,00	0,00
- CDD des fours à ciment	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	-1 058	-0,02	-0,01	2	0,00	0,00
- Sans récupération d'énergie	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	0,00	0,00
Mise en décharge												
- Production d'électricité	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	-460	-0,01	-0,01	3	0,00	0,00
- Énergie non électrique	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	-419	-0,02	-0,01	3	0,00	0,00
- Sans récupération d'énergie	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	3	0,00	0,00
- Sans récupération de gaz	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	3	0,00	0,00
Résidus de bois												
Digestion anaérobie	0	0,00	0,00	30	0,00	0,00	-113	0,00	0,00	5	0,00	0,00
Paillage	0	0,00	0,00	3	0,00	0,00	0	0,00	0,00	3	0,00	0,00
Compostage centralisé	0	0,00	0,00	7	0,00	0,00	0	0,00	0,00	5	0,00	0,00
Fermentation	0	0,00	0,00	346	0,01	0,01	-495	-0,47	-0,20	3	0,00	0,00
Pyrolyse	0	0,00	0,00	40	0,00	0,00	-505	-0,02	-0,01	4	0,00	0,00
Incinération												
- Production d'électricité	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	-225	0,00	0,00	2	0,00	0,00
- Énergie non électrique	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	-706	-0,03	-0,02	2	0,00	0,00
- CDD des fours à ciment	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	-1 058	-0,02	-0,01	2	0,00	0,00
- Sans récupération d'énergie	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	0,00	0,00
Mise en décharge												
- Production d'électricité	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	-460	-0,01	-0,01	3	0,00	0,00
- Énergie non électrique	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	-419	-0,02	-0,01	3	0,00	0,00
- Sans récupération d'énergie	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	3	0,00	0,00
- Sans récupération de gaz	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	3	0,00	0,00
Déchets de table et de jardin												
- Compostage centralisé	0	0,00	0,00	7	0,00	0,00	0	0,00	0,00	5	0,00	0,00
- Compostage domestique	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
- Digestion anaérobie	0	0,00	0,00	30	0,00	0,00	-31	0,00	0,00	5	0,00	0,00
- Pyrolyse	0	0,00	0,00	40	0,00	0,00	-151	-0,01	0,00	4	0,00	0,00
Incinération												
- Production d'électricité	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	-68	0,00	0,00	2	0,00	0,00
- Production de vapeur	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	-212	-0,01	-0,01	2	0,00	0,00
- CDD des fours à ciment	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	-353	-0,01	-0,01	2	0,00	0,00
- Sans récupération d'énergie	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	0,00	0,00
Mise en décharge												
- Production d'électricité	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	-178	0,00	0,00	0	0,00	0,00
- Énergie non électrique	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	-162	-0,01	0,00	3	0,00	0,00
- Sans récupération d'énergie	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	3	0,00	0,00
- Sans récupération de gaz	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	3	0,00	0,00

Notes : Les débits représentent la production d'émissions de gaz à effet de serre et sont exprimés en nombres positifs.
Les crédits représentent la prévention d'émissions de gaz à effet de serre et sont exprimés en nombres négatifs.

Débit relatif à l'élimination des résidus (kg)			Débit relatif aux émissions de procédé (kg)			Émissions nettes (kg)			Équivalents CO ₂ (sur 20 ans)	Équivalents CO ₂ (sur 100 ans)
CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	(kg)	(kg)
0	0,00	0,00	320	0,00	0,00	332	0,00	0,00	332	332
0	0,00	0,00	285	0,00	0,00	269	0,00	0,00	270	270
632	0,00	0,00	827	1,00	0,34	1 209	0,23	0,00	1 214	1 213
0	0,00	0,00	1 462	0,00	0,00	1 052	-0,02	0,00	1 049	1 049
1	0,00	0,00	1 499	0,00	0,00	1 312	0,00	0,00	1 311	1 311
1	0,00	0,00	1 499	0,00	0,00	878	-0,02	-0,02	874	874
1	0,00	0,00	1 499	0,00	0,00	456	-0,02	-0,01	452	452
1	0,00	0,00	1 499	0,00	0,00	1 515	0,00	0,00	1 515	1 515
0	0,00	0,00	1 118	136,00	0,00	661	136,00	0,00	-	2 155
0	0,00	0,00	1 118	136,00	0,00	702	135,98	-0,01	-	2 196
0	0,00	0,00	745	272,00	0,00	748	272,00	0,00	-	3 740
0	0,00	0,00	227	0,00	0,00	148	0,00	0,00	149	149
0	0,00	0,00	31	11,00	0,00	38	11,00	0,00	422	158
0	0,00	0,00	250	0,00	0,00	262	0,00	0,00	262	262
906	0,00	0,00	469	0,00	0,20	1 229	0,01	0,01	1 232	1 232
0	0,00	0,00	1 453	0,00	0,00	992	-0,02	-0,01	988	989
1	0,00	0,00	1 452	0,00	0,00	1 242	0,00	0,00	1 241	1 241
1	0,00	0,00	1 452	0,00	0,00	761	-0,03	0,00	756	756
1	0,00	0,00	1 499	0,00	0,00	456	-0,02	-0,01	452	452
1	0,00	0,00	1 499	0,00	0,00	1 515	0,00	0,00	1 615	1 515
0	0,00	0,00	1 118	136	0,00	661	136	0,00	-	2 155
0	0,00	0,00	1 118	136	0,00	702	136	-0,01	-	2 196
0	0,00	0,00	745	272	0,00	748	272	0,00	-	3 740
0	0,00	0,00	350	0,00	0,00	362	0,00	0,00	362	362
0	0,00	0,00	360	7,30	0,00	360	7,30	0,00	616	440
0	0,00	0,00	318	0,00	0,00	322	0,00	0,00	322	322
0	0,00	0,00	603	0,00	0,00	496	0,00	0,00	496	496
1	0,00	0,00	620	0,00	0,00	568	0,00	0,00	569	569
1	0,00	0,00	620	0,00	0,00	424	-0,01	0,00	422	422
1	0,00	0,00	620	0,00	0,00	283	-0,01	-0,01	282	282
1	0,00	0,00	620	0,00	0,00	636	0,00	0,00	636	636
0	0,00	0,00	433	53	0,00	258	53	0,00	-	840
0	0,00	0,00	433	53	0,00	274	53	0,00	-	856
0	0,00	0,00	433	53	0,00	436	53	0,00	-	1 019
0	0,00	0,00	288	105	0,00	291	105	0,00	-	1 446

Tableau 12 Bilans des gaz à effet de serre selon les diverses options d'utilisation des matières réfractaires

Option de gestion des déchets	Crédit relatif au déplacement de matières (kg)			Débit relatif à l'énergie de procédé (kg)			Crédit relatif à l'énergie (kg)			Débit relatif au transport (kg)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Matières inertes (verre, métal)												
Incinération	0	0,00	0,00	33 à 52	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	0,00	0,00
Mise en décharge	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	3	0,00	0,00
Plastiques												
Pyrolyse	0	0,00	0,00	40	0,00	0,00	-884	-0,04	-0,02	4	0,00	0,00
Incinération												
- Production d'électricité	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	-394	0,00	-0,01	2	0,00	0,00
- Production de vapeur	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	-1 238	-0,05	-0,03	2	0,00	0,00
- CDD des fours à ciment	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	-2 059	-0,04	-0,03	2	0,00	0,00
- Sans récupération d'énergie	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	0,00	0,00
Mise en décharge	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	3	0,00	0,00
Pneus												
Pyrolyse	-2 052	0,00	0,00	40,000	0,00	0,00	-1 750	-0,04	-0,02	4	0,00	0,00
Incinération												
- Production d'électricité	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	-599	-0,01	-0,01	2	0,00	0,00
- Production de vapeur	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	-1 253	-0,05	-0,03	2	0,00	0,00
- CDD des fours à ciment	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	-1 962	-0,04	-0,03	2	0,00	0,00
- Sans récupération d'énergie	0	0,00	0,00	13	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	0,00	0,00
Mise en décharge	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	3	0,00	0,00

Notes : Les débits représentent la production d'émissions de gaz à effet de serre et sont exprimés en nombres positifs.
Les crédits représentent la prévention d'émissions de gaz à effet de serre et sont exprimés en nombres négatifs.

pyrolyse des pneus permet une nette réduction des émissions de gaz à effet de serre, à supposer qu'il soit possible de récupérer du noir de carbone de qualité acceptable. Sans le crédit de déplacement de matières accordé pour la récupération du noir de carbone, ce procédé produirait de faibles émissions nettes de gaz à effet de serre (soit 87 kg de CO₂ par tonne de pneus pyrolysés).

De tous les procédés étudiés, c'est l'incinération de DSU mélangés et de leurs composantes, sans récupération d'énergie, qui engendre la plus forte production nette de gaz à effet de serre. L'incinération des matières biodégradables libère toutefois une plus faible quantité de gaz à effet de serre

que la mise en décharge. L'incinération produit surtout du dioxyde de carbone, alors que les décharges produisent près de 50 % de CH₄, soit un PRC de 11 sur 100 ans par rapport au CO₂. La récupération de l'énergie permet de réduire l'importance des émissions nettes de gaz à effet de serre de l'incinération. La production d'électricité est l'option qui produit le plus de gaz à effet de serre, à cause du faible taux de récupération d'énergie de ce procédé. Par exemple, l'utilisation des combustibles dérivés de déchets dans un four à ciment permet de réduire grandement les émissions nettes de gaz à effet de serre. Ce procédé offre une grande efficacité de récupération d'énergie et remplace les combustibles fossiles (dont près de 64 % de charbon

Débit relatif à l'élimination des résidus (kg)			Débit relatif aux émissions de procédé (kg)			Émissions nettes (kg)			Équivalents CO ₂ (sur 20 ans)	Équivalents CO ₂ (sur 100 ans)
CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	(kg)	(kg)
1 0,0	0,00 0,00	0,00 0,00	0 0	0,00 0,00	0,00 0,00	33 à 52 3	0,00 0,00	0,00 0,00	33 à 52 3	33 à 52 3
0	0,00	0,00	2 082	0,00	0,00	1 242	-0,03	-0,02	1 235	1 236
1	0,00	0,00	2 156	0,00	0,00	1 778	0,00	-0,01	1 776	1 776
1	0,00	0,00	2 156	0,00	0,00	934	-0,05	-0,03	924	925
1	0,00	0,00	2 156	0,00	0,00	113	-0,04	-0,03	104	105
1	0,00	0,00	2 156	0,00	0,00	2 172	0,00	0,00	2 172	2 172
0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	3	0,00	0,00	3	3
0,000	0,00	0,00	1 786	0,00	0,00	-1 972	-0,04	-0,02	-1 979	-1 979
1	0,00	0,00	2 515	0,00	0,00	1 932	-0,01	-0,01	1 929	1 928
1	0,00	0,00	2 515	0,00	0,00	1 277	-0,05	-0,03	1 267	1 268
1	0,00	0,00	2 515	0,00	0,00	568	-0,04	-0,03	560	560
1	0,00	0,00	2 515	0,00	0,00	2 531	0,00	0,00	2 531	2 531
0	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	3	0,00	0,00	3	3

responsables d'un taux relativement élevé d'émissions de gaz à effet de serre). La digestion anaérobie est la seule option permettant de produire des émissions nettes inférieures à celles attribuables à l'utilisation des combustibles dérivés de déchets dans les fours à ciment.

Le captage et la combustion des gaz (par la conversion du CH₄ en CO₂, moins nocif) permettent de réduire les émissions nettes de gaz à effet de serre des lieux d'enfouissement. En récupérant l'énergie de combustion, il est possible de réduire encore davantage les gaz des décharges. Toutefois, en captant la moitié des gaz libérés, les options de mise en décharge produisent toutes plus de gaz à effet de serre que n'importe quelle autre méthode de

gestion des déchets. Le captage de 75 % des gaz produits fait chuter d'environ 30 % les émissions nettes de gaz à effet de serre des décharges. Le potentiel net des gaz à effet de serre des décharges est alors sensiblement moins élevé que celui des gaz dus à l'incinération sans récupération d'énergie.

3.3 Interprétation des résultats

3.3.1 Incertitude des estimations des émissions de gaz à effet de serre, pour 1990 et 2000

Les principales sources d'incertitude quant aux estimations des émissions de gaz dans les lieux d'enfouissement établies dans cette étude sont les suivantes :

Tableau 13 Répercussions des diverses options de gestion des déchets sur les émissions de gaz à effet de serre

Option de gestion des déchets	Réduction à la source	Réutilisation	Recyclage	Compostage domestique	Paillage	Compostage	Fermentation	Digestion anaérobie
Déchets								
Papier						332	1 213	270
Papier fin	-3 744		-2 987					
Papier journal	-1 558		-800					
Carton ondulé		-1 473	-2 834					
Verre	-1 057	-542	-137					
Canettes de fer-blanc			-2 367					
Canettes d'aluminium			-5 509					
Plastique								
HDPE ¹			-1 059					
PET ²	-2 899	-961	-1 536					
Déchets de table et de jardin				440		362		323
Déchets de bois					158	262	1 232	149
Pneus³		-2 909	-19 à 644 ⁴					
Déchets urbains mélangés						210		80

1 Polyéthylène haute densité

2 Polyéthylène téréphtalate

3 Réutilisation des pneus : rechapage, recyclage, production de granules de caoutchouc.

4 Variant de gros filaments à des granules cryogéniques.

Notes : Les débits représentent la production d'émissions de gaz à effet de serre et sont exprimés en nombres positifs.

Les crédits représentent la prévention d'émissions de gaz à effet de serre et sont exprimés en nombres négatifs.

- la formulation incomplète du modèle utilisé pour les estimations;
- l'incertitude des valeurs des paramètres L_0 et k utilisés dans le modèle;
- l'incertitude des estimations des quantités annuelles de déchets mis en décharge;
- l'incertitude des pourcentages relatifs de CO_2 et de CH_4 dans les biogaz.

Le modèle Scholl Canyon est une simplification des procédés physiques et biologiques complexes, précurseurs du processus d'émission du CH_4 . Ce modèle a été adapté d'une manière empirique aux données sur les émissions de biogaz des décharges au moyen des paramètres L_0 et k comme constantes variables. L'éventail des valeurs obtenues pour ces constantes est vaste. Malheureusement, aucune méthode objective ne permet de prédire le paramètre L_0 à partir de la composition des déchets ni

Pyrolyse	Incinération				Mise en décharge			
	Sans récupération d'énergie	Production d'électricité	Production de vapeur	CDD des fours à ciment	Sans captage de gaz	Captage de gaz		
						Sans récupération d'énergie	Récupération d'énergie non électrique	Récupération d'énergie électrique
1 049	1 515	1 311	874	452	3 740	2 618	2 196	2 155
	53	53	53	53	3			
	36	36	36	36	3			
	55	55	55	55	3			
1 236	2 172	1 775	924	144	3			
496	636	568	423	282	1 446	1 019	856	840
989	1 468	1 241	756	287	3 575	2 503	2 100	2 061
-1 979	2 531	1 928	1 268	560	3			
411	847	719	445	181	1 914	1 347	1 130	1 109

d'associer le paramètre k aux conditions des décharges.

Comme on détermine les constantes du modèle en adaptant, de façon empirique, les paramètres L_0 et k aux données sur les émissions de gaz des décharges, les valeurs choisies ne sont pas indépendantes puisqu'il est possible de modéliser un taux unique d'émission en donnant à L_0 une valeur élevée et à k une valeur faible, ou vice-versa. Néanmoins, la tendance

temporelle des émissions prévues selon ces deux séries de valeurs différera.

Aux fins de la présente étude, on a estimé la production potentielle de CH_4 indépendamment de k . Les valeurs L_0 obtenues par l'équation stoechiométrique équilibrée varient, selon les scénarios, de 69 à 195 m^3/t ; cette dernière valeur représente la production actuelle de déchets. Les essais de sensibilité décrits à la partie I du rapport indiquent que le taux de variation

des émissions entre 1990 et 2000 est relativement insensible au choix de k et n'a aucune incidence sur le classement, selon leur efficacité, des divers scénarios de réduction des émissions de CH_4 provenant des décharges.

D'autres incertitudes sont liées à la quantité de déchets mis en décharge et à la teneur en carbone dégradable des déchets, sur lesquelles est basée l'estimation de L_0 . Il existe une relation linéaire directe entre les émissions de CH_4 et le pourcentage d'incertitude dans l'estimation de la quantité de déchets mis en décharge et la teneur en carbone dégradable.

3.3.2 Répercussions des principales hypothèses relatives aux estimations des émissions de gaz à effet de serre pour différentes pratiques de gestion

Comme nous l'avons indiqué à la subdivision 2.2.2, les bilans des gaz à effet de serre, établis pour chaque procédé de réduction et d'utilisation, reposent sur les hypothèses suivantes :

- la distance entre le point d'extraction des matières et les installations de production;
- la distance entre les points de collecte des DSU et les installations de récupération et d'utilisation ainsi que la distance entre ces installations et les décharges;
- le type d'énergie ou de combustible utilisé dans les procédés nécessitant un apport d'énergie (électricité, charbon, pétrole, gaz naturel, etc.);
- la nature de la source, lorsqu'il y a récupération d'énergie.

Les émissions de gaz à effet de serre durant le transport représentent, d'après nos calculs, moins de 1 % des émissions

attribuables à la consommation et la récupération d'énergie. Par conséquent, les hypothèses relatives au transport ont une faible incidence sur les émissions nettes de gaz à effet de serre établies pour les différents procédés.

Les hypothèses concernant les types d'énergie utilisée et remplacée ont une très forte incidence sur les bilans des gaz à effet de serre. (Elles étaient nécessaires à cause de la nature générique des analyses menées dans le cadre de la présente étude.) À titre d'exemple, les émissions nettes de gaz à effet de serre attribuables à un procédé de récupération d'énergie seront beaucoup moindres si le combustible remplacé est le charbon au lieu des sources d'énergie du «réservoir» canadien, qui inclut l'électricité produite par les centrales hydro-électriques. En modifiant ces hypothèses, il est possible de modifier en mieux ou en pis le classement des options de gestion des déchets décrits dans cette étude. Pour prévenir cette éventualité, on a clairement défini, à la partie II du rapport détaillé, les hypothèses sur lesquelles repose chacun des bilans. On peut ainsi recalculer, au besoin, les émissions en fonction des hypothèses propres aux facteurs locaux.

Il est difficile d'établir une comparaison entre les émissions de gaz à effet de serre provenant des décharges, qui persistent de nombreuses années, et les gaz libérés dans l'atmosphère par d'autres sources, soit instantanément (combustion), soit sur une période relativement brève (compostage). Dans le cas des émissions instantanées, la comparaison est possible en se servant, comme équivalents CO_2 , des PRC sur 20, 100 ou 500 ans. Par contre, pour calculer les émissions d'un volume donné de déchets mis en décharge, il faudrait faire la somme des PRC (ou les intégrer) de chacun des gaz libérés annuellement et ce, durant la vie

active de la décharge. À l'heure actuelle, seuls les PRC des émissions instantanées sur 20, 100 et 500 ans ont été publiés. Ces PRC mesurent l'effet de réchauffement climatique intégré d'un gaz libéré à un moment donné sur 20, 100 et 500 ans. Pour obtenir un indice de comparaison des gaz de décharges et de ceux provenant d'autres sources, on a supposé qu'une matière libère son plein potentiel d'émission de gaz à effet de serre durant l'année de sa mise en décharge. Cette méthode de calcul a pour effet de surestimer les conséquences à court terme des gaz à effet de serre provenant de décharges. C'est pourquoi on s'est basé seulement sur les PRC de 100 ans pour

comparer les émissions de gaz à effet de serre provenant de décharges avec celles des autres sources.

De même, il est difficile de quantifier avec certitude les émissions nettes des gaz à effet de serre produites par une tonne de déchets traités selon les diverses méthodes, si l'on se fonde sur les PRC pour calculer les équivalents CO₂. Les émissions nettes attribuables aux divers procédés de réduction et d'utilisation des déchets sont donc présentées soit pour chacun des gaz, soit selon leur PRC sur 20 et 100 ans. Cela permettrait d'ajuster les calculs, si jamais les PRC étaient révisés.

Section 4

Conclusions

Même si les objectifs de réduction des déchets sont atteints, il faudra encore éliminer, en 2000, d'importantes quantités de déchets solides urbains. La composition de ces derniers et leur potentiel de libération de gaz à effet de serre dans l'atmosphère dépendent considérablement de l'importance accordée à la réduction et à l'utilisation des déchets. L'augmentation du compostage des matières biodégradables et la récupération de l'énergie à partir des déchets résiduels sont deux moyens qui peuvent freiner les émissions de gaz à effet de serre des décharges. Toutefois, comme les DSU mis en décharge avant 1991 continueront de produire des gaz à effet de serre en 2000, les répercussions à court terme d'une nouvelle politique de réduction des déchets sont limitées. La modernisation de l'équipement de récupération des biogaz des décharges pourrait contribuer à ralentir les émissions en 2000.

Des mesures comme la réduction à la source, la réutilisation et le recyclage peuvent contribuer à diminuer considérablement les émissions nettes de gaz à effet de serre attribuables à la fabrication de produits et à leur élimination. Les exceptions à la règle sont les procédés qui nécessitent plus d'énergie que le procédé de fabrication initial.

Les options de récupération d'énergie provenant des DSU mélangés peuvent être classées par ordre croissant de leurs émissions de gaz à effet de serre, comme suit :

- la digestion anaérobie avec récupération d'énergie;
- l'utilisation comme combustibles dérivés de déchets dans des fours à ciment;
- l'incinération avec production de vapeur;
- la pyrolyse;
- la fermentation;
- l'incinération avec production d'électricité.

La récupération de l'énergie provenant de déchets résiduels contribuera à diminuer non seulement les émissions de gaz à effet de serre provenant de décharges, mais aussi les émissions nettes de gaz à effet de serre résultant des divers procédés de gestion des DSU. En fait, toutes les options de récupération d'énergie envisagées dans la présente étude produisent des émissions nettes de gaz à effet de serre inférieures à celles des décharges. Cela signifie que pour minimiser les effets des diverses méthodes de gestion des DSU sur le réchauffement climatique, il faudra à l'avenir réduire le volume des déchets mis en décharge. Comme ces déchets dégagent d'importantes quantités de méthane, une solution à court terme serait d'intensifier la récupération des gaz des décharges.

On a comparé divers systèmes de gestion de déchets précis et formulé des suggestions concernant la meilleure option pour chacun d'eux. Il est possible, par exemple, de comparer les effets des deux méthodes suivantes de gestion du verre : allègement, recyclage ou mise en décharge d'une part, et réutilisation, recyclage ou mise en décharge

d'autre part. Enfin, la méthodologie exposée dans cette étude peut servir à évaluer l'effet des diverses options de gestion des déchets sur la production de gaz à effet de serre dans les installations de

gestion des déchets proposées, compte tenu des facteurs particuliers d'emplacement et d'application pour le transport, les matières, l'énergie remplacée et l'énergie consommée.

Références

- Centre and South Hastings County, *Residential Waste Composition Study*, préparée dans le cadre du Blue Box Plus Program, ministère de l'Environnement de l'Ontario et Ontario Multi Materials Recycling Inc., Toronto, Ontario (1991).
- DRMV (District de la région métropolitaine de Vancouver), *Solid Waste Management Plan - Stage I Report*, Vancouver, Colombie-Britannique (Janvier 1992).
- Gore and Storrie Limited, «Residential Waste Composition Study», vol. 1, *Ontario Waste Composition Study*, rédigé pour la Direction de la gestion des déchets, ministère de l'Environnement de l'Ontario, Toronto, Ontario (janvier 1991).
- GIEC (Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat), *Scientific Assessment of Climate Change*, Groupe de travail GIEC 1, Bracknell, R.-U. (1990).
- GIEC, *Climate Change 1992. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*, J.T. Houghton, B.A. Callandar et S.K. Varney (éd.), Cambridge University Press (février 1992).
- Jaques, A.P., *Estimation des émissions de gaz provoquant l'effet de serre au Canada en 1990*, rapport de la Série de la Protection de l'environnement, SPE 5/AP/4, Environnement Canada, Ottawa, Ontario (décembre 1992).
- Levelton, B.H., *Inventory of Methane Emissions from Landfills in Canada*, rédigé pour la Direction des affaires réglementaires et de l'intégration des programmes, Environnement Canada, Ottawa, Ontario (juin 1991).
- ORF (Fondation de recherches de l'Ontario), *Energy Analysis of Resource Recovery Options*, rédigé pour les ministères de l'Environnement et de l'Énergie de l'Ontario, Toronto, Ontario (1976).
- Peer, R.L., D.L. Epperson, D.L. Campbell et P. von Brook, *Development of an Empirical Model of Methane Emissions from Landfills*, Report EPA-600/R-92-037, NTIS PB92-152875, Environmental Protection Agency des États-Unis, Washington, DC (mars 1992).
- Proctor & Redfern Ltd. et SENES Consultants Ltd., *Metropolitan Toronto Solid Waste Composition Study*, rapport rédigé pour le département des travaux publics de la région métropolitaine de Toronto, Toronto, Ontario (1991).
- Roy, C., B. Labrecque et B. de Caumia, «Recycling of Scrap Tires to Oil and Carbon Black by Vacuum Pyrolysis», *Resources, Conservation and Recycling*, 4:203-213, Elsevier Science Publishers B.V./Pergamon Press PLC, Amsterdam, Pays-Bas (1990).
- SRI International, *Energy Utilized to Deliver Soft Drinks in Alternative Containers in Ontario*, rapport rédigé pour Produits Alcan Canada Limitée, Toronto, Ontario (1983).
- Stanley, R.W., Beck and Associates et DSM Environmental Services, *Waste Composition Study: Summary Results*

of the Four Sorting Periods, rapport rédigé pour la Municipalité régionale d'Ottawa-Carleton, Ottawa, Ontario (décembre 1992).

Ville de Guelph, *Wet/Dry Pilot Project - An Evaluation of Wet/Dry Waste Management Systems*, département du génie municipal, Guelph, Ontario (avril 1991).

IMPRIMÉ AU CANADA