

L'IDENTIFICATION DES DIFFÉRENTES MATIÈRES RÉSIDUELLES AU QUÉBEC
EN TANT QUE POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE

par

Simon David

Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de
l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.)

CENTRE UNIVERSITAIRE DE FORMATION EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Sherbrooke, Québec, Canada, janvier 2008

IDENTIFICATION SIGNALÉTIQUE

L'IDENTIFICATION DES DIFFÉRENTES MATIÈRES RÉSIDUELLES AU QUÉBEC EN TANT QUE POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE

Simon David

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

Université de Sherbrooke

janvier 2008

Mots clés : biomasse, matière organique, codigestion, anaérobie, méthanisation, bioréacteur, énergie verte.

Au Québec, on enfouissait en 2006, plus de 92% des matières putrescibles générés par l'ensemble de tous les secteurs d'activités. Parallèlement, le nombre de porcs a triplé au Québec depuis 50 ans, ainsi, plus de 400 municipalités québécoises sur 1200, sont en surplus théorique de lisier. Le lisier et les matières putrescibles, notamment en provenance du secteur résidentiel, peuvent être valorisés à l'aide de bioréacteurs à la ferme. La codigestion anaérobie des matières organiques se fait déjà à l'étranger, notamment en Europe. Le potentiel énergétique de la biomasse disponible, a été calculé selon la population recensée au Québec et selon le tarif des matières enfouies. Cette technologie durable se rentabiliserait environ en un an, si l'on fixe un tarif pour méthaniser les matières putrescibles résidentielles, au même tarif que celui pour l'enfouissement.

SOMMAIRE

Depuis 1989, soit l'année de la publication de la *Politique de gestion intégrée des déchets solides*, le Québec a fait ses premiers pas vers le développement durable. Toutefois selon le bilan 2006 de Recyc-Québec, soit 17 ans plus tard, le Québec enfouissait d'avantage; sur une production de 13 millions de tonnes, on enfouissait environ 6,4 millions de tonnes de matières résiduelles. De plus, le taux de récupération des matières putrescibles est le plus bas pour l'ensemble des matières récupérées avec un taux de récupération de seulement 8%. En 2006, la quantité de matières organiques récupérées s'élevait à 0,4 million de tonnes sur un potentiel d'environ 4,5 millions de tonnes. Le secteur résidentiel produisait à lui seul en 2005-2006, environ 1,3 million de tonnes/an de matières organiques valorisables, soit environ 180 kg/an/habitant.

Les coûts d'entretien des sites d'élimination s'élève à environ 65 \$/tonne de matière enfouie. À ces coûts il faut ajouter une redevance de 10,22 \$, selon le *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles (c. Q-2, r.6.02)*. Sur cette base, environ 504 millions \$ ont été dépensés au Québec uniquement en 2006 pour l'enfouissement des matières résiduelles.

En juin 2002, le Québec adoptait le *Règlement sur les exploitations agricole* pour instaurer une série de balises visant à assurer l'équilibre entre les pratiques agricoles et le développement durable, et ce, en misant sur une approche ferme par ferme. Son objectif est d'amener les exploitants agricoles vers une plus grande responsabilisation de la gestion des déjections animales et des autres matières fertilisantes, plus particulièrement le phosphore. Toutefois, l'approche ferme par ferme, ne considère pas le type de sol en place, les zones inondables, les antibiotiques présents dans les lisiers et la qualité initiale des cours d'eau à proximité des terres d'épandage. Ces facteurs biaisés peuvent avoir des répercussions directes pour certains cours d'eau et nappes d'eau souterraines plus sensibles.

Au Québec, la quantité de lisier a été multipliée par 90 entre 1951 et 2001. Depuis les années 2000, environ 32 millions de mètres cubes de déjections animales total sont produites par année, dont environ 10 millions de mètres cubes de lisiers. Les exploitations agricoles, ont à valoriser un volume de plus en plus grand de ces engrais. Environ 60%

des porcheries doivent avoir recours à des ententes d'épandage, étant donné leur manque de terre agricole. Selon le ministère de l'Environnement, plus de 400 municipalités sur 1200 sont en surplus théorique de fumier et/ou de lisier.

La gestion des matières résiduelles organiques n'est pas seulement une préoccupation au Québec, déjà en Europe on produit du biogaz à partir des résidus organiques. Au Québec, l'élimination des matières organiques passe encore presque systématiquement par l'incinération pour certaines boues municipales, par l'enfouissement pour les résidus de tables, par le compostage pour les résidus verts et par l'épandage pour les déjections animales.

La méthanisation représente une solution envisageable pour le recyclage de ces matières organiques, tant à un niveau environnemental qu'économique. Toutes matières organiques peuvent produire du biogaz : déjections animal, fruits, légumes, restes d'abattoir, rejets de laiterie, brasserie, distillerie, etc. Les matières organiques riches en fibre comme les feuilles et le bois sont toutefois difficiles à digérer et ne sont pas recommandées à utiliser comme source de biogaz. Selon la nature des déchets traités et les variations climatiques, la composition du biogaz peut différer en proportion. Le biogaz est normalement composé à 60% de méthane et 40% de gaz carbonique (CO₂).

L'idée de la codigestion de la biomasse agricole et urbaine est née au Danemark et a été mise en application dès 1988 grâce au soutien du gouvernement. Elle consiste à collecter dans le voisinage des lisiers et fumiers agricoles ainsi que des déchets organiques industriels divers, tel que des boues de stations d'épuration et des ordures ménagères, et à les méthaniser ensemble. La méthanisation représente un complément d'activité pour les agriculteurs, qui peuvent valoriser en compost et en électricité le lisier et même les résidus de table. En apportant une réponse énergétique et écologique au problème du traitement des lisiers et des résidus organiques, la méthanisation est une activité durable.

Le coût environnemental de la détérioration de la nature par les industries porcines, doit être pris en compte dans le prix du marché du porc. Ce coût peu être atténué par des ententes entre les fermes éco-énergétiques et les fermes porcines, puisque lorsqu'on achemine du lisier dans une ferme éco-énergétique, le producteur peut revenir avec du

compost sans frais. Seul le coût de transport serait à la charge du producteur, alors que la ferme éco-énergétique, récupérerait l'énergie verte.

L'implantation d'une collecte à deux voies, soit celle des résidus putrescibles d'une part et celle des résidus non-putrescibles d'une autre part, permettrait de récupérer près de 95% des matières résiduelles dans le secteur résidentiel, tout en produisant une énergie verte. La codigestion des résidus de table et du lisier, favoriserait autant le secteur agricole que municipal.

L'accessibilité de ces ressources putrescibles a été implantée selon les régions administratives du Québec. La densité de la population n'est pas un facteur important, puisque en région rurale comme en région urbaine, le transport des matières organiques peut aller directement dans une ferme éco-énergétique, plutôt que d'aller dans un site d'enfouissement. Le seul élément qui diffère, est que certaines régions administratives ne comportent pas ou peu de fermes porcines, qui seraient propices à établir un bioréacteur. Toutefois, dû à la proximité des territoires de la Montérégie et de Lanaudière, les régions administratives de Montréal et de Laval, pourraient facilement décharger leurs résidus organiques dans des bioréacteurs implantés dans les deux premières régions.

En considérant uniquement le revenu reçu à partir de l'énergie électrique produite, le coût de rentabilité d'un bioréacteur à la ferme est d'environ 10 ans. Cependant, les fermes éco-énergétiques peuvent exiger un montant d'argent pour traiter les résidus de table, équivalent à ce qui en coûte pour les disposer dans un site d'enfouissement, soit environ 75\$/tonne. En se basant sur le tonnage de résidus de table produits par la population de chacune des régions administratives du Québec, soit près de 180 kg/habitant/an, ce revenu externe rentabiliserait à lui seul, les coûts d'installation et de maintenance d'un bioréacteur.

REMERCIEMENTS

J'aimerais remercier premièrement Steve Boivin, ingénieur chez Bio-Terre Systems inc., qui a su orienter ma recherche, à plusieurs reprises, et parfaire ma connaissance dans le domaine de la méthanisation.

Je remercie également du fond du cœur, les membres de ma famille, Minda Dantas, Émilie David, Marie-André David, Maxine David, Michel David et Nicole Laperle, qui ont tous contribué à leur manière, à supporter mes efforts.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1. MISE EN CONTEXTE	3
1.1 Développement durable.....	4
1.2 Matières enfouies	6
1.3 Problématique du lisier	10
2. GESTION ÉCOLOGIQUE DES MATIÈRES RÉSIDUELLES	13
2.1 Politiques de gestion des matières résiduelles.....	13
2.2 Règlement sur les exploitations agricoles	18
2.3 Règlements sur la production de biogaz	20
3. L'INDUSTRIE DE LA MÉTHANISATION	24
3.1 La synergie du bioréacteur.....	25
3.2 Les différents procédés d'exploitation du biogaz	27
3.3 La codigestion.....	30
4. LES SITES D'ENFOUISSEMENT	34
4.1 Densité de la population	34
4.2 Puissance de la biomasse	35
4.3 Potentiel des sites d'enfouissement	36
5. GESTION DES LISIERS AU QUÉBEC	40
5.1 Production annuelle par territoire	40
5.2 Densité des porcheries	41
5.3 Fermes éco-énergétiques	45
6. POTENTIEL ÉCONOMIQUE DES MATIÈRES PUTRESCIBLES AU QUÉBEC	47
6.1 Rendement énergétique	47
6.2 Accessibilité des ressources putrescibles	49
6.3 Coûts environnementaux	50
7. BILAN ET LIMITATIONS	53
8. RECOMMANDATIONS	55
CONCLUSION.....	57
RÉFÉRENCES	59
ANNEXE 1 LISTE DES LIEUX D'ENFOUISSEMENT SANITAIRE AU QUÉBEC	62

LISTE DES TABLEAUX

	page
Tableau 4.1	Densité de la population au Québec en 2001 par région administrative . 34
Tableau 4.2	Quantité de matières putrescibles pour le secteur résidentiel générée par région administrative et potentiel énergétique 38
Tableau 5.1	Surplus de lisier par bassin versant..... 43
Tableau 5.2	Nombre de porcs par région administrative en 2006 et équivalence en énergie verte 44
Tableau 6.1	Accessibilité des matières putrescibles au Québec..... 49
Tableau 6.2	Nombre de fermes éco-énergétiques nécessaire par région et bilan des revenus bruts maximums 53

LISTE DES ACRONYMES

A&WMA	Association pour la prévention de la contamination de l'air et du sol
BAPE	Bureau de l'audience publique
CRD	Construction, rénovation et démolition
GES	Gaz à effet de serre
ICI	Industrie, commerce et institution
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
MRNF	Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
REA	Règlement sur les exploitations agricoles
USDA	United States Department of Agriculture

LEXIQUE

Biogaz	La composition du biogaz dépend de la composition de sa source organique d'origine ainsi que du procédé de méthanisation; typiquement le biogaz est constitué d'environ 60% de méthane et de 40% de gaz carbonique.
Codigestion	Méthanisation, normalement dans un bioréacteur, de deux sources (ou plus) de matière organique.
Élimination	Le mot élimination est utilisé dans ce document dans le sens qui lui soit attribué par les lois existantes et que normalement il n'y a aucune élimination possible. Le terme qui représenterait mieux les actions d'élimination sont : disposition pour l'enfouissement et valorisation énergétique pour les procédés thermiques comme l'incinération, la gazéification et la pyrolyse.
Méthanisation	Processus de conversion des matières impliquées en méthane.

INTRODUCTION

Depuis le début du nouveau millénaire, le développement durable est l'outil de gestion proposé, afin de préserver nos ressources naturelles, qui décroissent rapidement notamment à cause de l'importante croissance économique

Dans le contexte de la mondialisation des marchés et du développement durable, cette recherche vise à trouver des solutions à deux problèmes de gestion environnementale qui sont actuellement une priorité au Québec en 2007, en proposant des solutions écologiques, économiques et acceptables.

Les deux problématiques environnementales qui sont traitées dans ce document, sont la disposition finale des matières putrescibles dans des sites d'enfouissement et l'épandage des lisiers au Québec.

Au Canada, des initiatives majeures du gouvernement fédéral et des gouvernements provinciaux sont en cours pour établir des installations pilotes de production d'électricité à base d'un procédé de méthanisation à partir de déchets putrescibles en provenance des secteurs de l'industrie, du commerce et des institutions (ICI) ainsi que du secteur agricole. Les efforts en cause cherchent premièrement à atténuer les émissions nettes de gaz à effet de serre (GES), tout en améliorant l'efficacité de la production d'énergie et surtout, en préservant les ressources naturelles.

Une de ces technologies est la digestion anaérobie. Une revue des politiques au Québec et ailleurs dans les pays industrialisés est résumée dans le but de comprendre dans quel contexte social le Québec aspire dans une quinzaine d'années par rapport aux deux problèmes énumérés ci-haut. De plus, quelques pratiques environnementales de gestion des matières putrescibles y sont exposées, afin de cerner les meilleurs exemples qui pourraient être exploités au Québec.

Un bilan du rendement énergétique issu de la méthanisation du lisier et des matières putrescibles en provenance des résidus de table est présenté. Ce bilan comprend les risques liés à l'écologie, aux gaz à effet de serre et aux coûts d'exploitation.

Quelques solutions sont recommandées à la fin de l'essai, afin d'améliorer le système sous exploité de la gestion des matières putrescibles ainsi que l'approche ferme par ferme de la gestion du lisier. Les limitations de l'étude et les conclusions y sont également présentées.

1. MISE EN CONTEXTE

Au Québec, la gestion des matières résiduelles est en quelque sorte incomplète, puisque en 2006, seulement la moitié des matières valorisables a été récupérée.

Malgré le fait que la récupération des matières valorisables croît depuis le début de leur recensement au Québec, soit de 1 % par an en moyenne (40 % de matières récupérées en 1996 contre 52 % en 2006), l'objectif d'un environnement durable, du point de vue de la gestion des matières résiduelles, est à 48 % de son but.

En effet, les matières plastiques, le verre, les métaux, le bois, les électroménagers, les textiles, les résidus domestiques dangereux, les ordinateurs, les boues municipales, le papier et le carton ainsi que les matières putrescibles ont été récupérés à 52 %, selon le bilan 2006 de Recyc-Québec (Recyc-Québec 2007). Pis encore, puisque la population québécoise augmente ainsi que la consommation par habitant, la masse totale éliminée a augmenté elle aussi, au lieu de diminuer (5,5 millions de tonnes enfouies au Québec en 1996 contre 6,8 millions de tonnes enfouies en 2006). Il est clair qu'avec de telles statistiques, la récupération des matières valorisables n'est pas une tâche facile. Selon la revue *Solid Waste & Recycling* (Cirko 2007), les dix raisons pour lesquelles le citoyen ne récupère pas peuvent être résumées ainsi :

- la récupération est moins fréquente que la collecte des déchets domestiques;
- le manque de pression du gouvernement;
- le manque de contenants de récupération autour des commerces et des rues;
- pourquoi séparer les matières, si elles doivent toutes être récupérées;
- le recyclage coûte plus cher à transporter que tout éliminer;
- les gens n'ont pas vraiment de place pour entreposer leurs contenants et il faut qu'ils les lavent en plus;
- pourquoi recycler si certains ne le font pas, cela va-t-il vraiment faire une différence au bout du compte ?;
- certains ne savent pas quelles matières sont récupérables;
- certains n'ont pas de service de récupération dans leur territoire; et
- est-ce vraiment économique au bout du compte?, Quels sont les résultats?

Il est à noter également qu'au Québec, selon le *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles Q-12, r.6.02, art. 4*, les déjections animales ne font

pas partie du volume total des matières résiduelles générées. Puisqu'au Québec l'industrie porcine génère environ 10 millions de mètres cubes de lisier par an (MDDEP 2007) et que le surplus de lisier incommode plusieurs régions, il faut comprendre que les pratiques d'épandage ou de stockage du surplus de lisier ne sont pas plus durable que l'enfouissement des matières valorisables. Certes, il est plutôt préférable de considérer le surplus de lisier comme une source d'énergie, voir même une ressource naturelle.

En effet, la portion des lisiers épandus comme engrais sur les terres cultivables, contribue fortement à la hausse des gaz à effet de serre (GES) et contribue également à la pollution par la présence de pathogènes, notamment à travers les cours d'eau et l'eau souterraine. Les gouvernements mettent en priorité le contrôle de la qualité de l'eau de consommation depuis la crise de Walkerton en Ontario en 2001.

La récupération des matières valorisables est importante également pour le gouvernement du Québec. Depuis la création en 1990 de la société québécoise de Recyc-Québec et de l'intégration du concept de recyclage à travers l'enseignement dans les programmes du ministère de l'Éducation, le Québec tente de faire un effort concret au niveau de la gestion de ces ressources post-consommation. Cependant, le budget du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) ainsi que celui du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) ne représentent que 2,5 % des dépenses des programmes au gouvernement du Québec (Cardinal 2007).

En résumé, l'enfouissement des matières putrescibles, de l'épandage des déjections animales et/ou de leur stockage, n'est pas du développement durable. Ces pratiques contribuent à l'augmentation des coûts d'enfouissement, à l'augmentation des GES et également à la création de divers pathogènes dans l'environnement, sans oublier l'effet direct sur la disponibilité des ressources naturelles.

1.1 Développement durable

Le développement durable propose de concilier la profitabilité, le renouvellement des ressources et la qualité de vie des citoyens. C'est depuis la publication du rapport Brundtland en 1987 que des conférences se sont accentuées sur l'environnement et sur le

développement, et ce, jusqu'au sommet mondial à Johannesburg en 2002, où le développement durable était l'objectif principal (Crabbé 2004). Néanmoins, les efforts n'ont pas diminué après Johannesburg.

À travers le monde, les informations fournies dans des rapports sur l'effondrement de la pêche, la déforestation, l'érosion des sols, la détérioration des terres d'élevage, la désertification, l'augmentation des niveaux de dioxyde de carbone, l'abaissement des nappes phréatiques, le réchauffement du climat, la violence accrue des cyclones, la fonte des glaciers, la hausse du niveau de la mer, l'agonie des récifs coralliens et la disparition de la faune et de la flore, sont accablantes.

La croissance économique a eu de graves répercussions sur les ressources halieutiques, les forêts et les terres d'élevage. La pénurie des ressources naturelles s'est produite car les prix du marché pour les biens et services n'incluent pas leurs coûts sociaux et environnementaux.

La nature repose sur des équilibres et sur des cycles qui maintiennent la vie. Elle ne connaît peu ou presque pas d'écoulements linéaires, de situations où les matières premières qui entrent à une extrémité ressortent à l'autre sous forme de déchets. Dans la nature, tout ce qui est matière résiduelle chez un être vivant sert de subsistance à un autre. Les nutriments sont continuellement recyclés. Notre défi est de reproduire ces processus dans l'économie.

Les écosystèmes assurent des services qui l'emportent parfois en valeur sur les produits. Ainsi, pour garantir leur protection, cette valeur devrait être prise en compte des indicateurs du marché. Il n'est certes pas facile de la calculer, mais il est de loin préférable d'en faire une estimation approximative que de la considérer nulle, comme cela est malheureusement fait aujourd'hui.

Par exemple, l'usine Magnola fabricant des lingots de magnésium à Asbestos au Québec a dû fermer ses portes en 2002, puisque des usines trop compétitives, notamment en Chine, emploient entre autre des travailleurs qui ne sont pas assujettis aux mêmes normes de conditions de travail que celles du Québec (Hince 2007). Cette pratique a un effet direct sur les coûts de la santé des travailleurs et de la qualité de l'air.

Facteur aggravant, les gouvernements accordent souvent des subventions à des activités, sans considérer les coûts attribuables pour les effets néfastes engendrés. Pendant plusieurs décennies, le service des Forêts de l'administration américaine a utilisé l'argent des contribuables pour construire des routes dans les forêts nationales, facilitant l'accès aux compagnies forestières qui y pratiquaient la coupe à blanc. Ceci eut pour effet non seulement de baisser artificiellement les coûts de production du bois, dans le but de concurrencer le bois importé, mais provoqua aussi des inondations, érosions du sol et envasements des cours d'eau et des rivières (Brown 2002).

Que les indicateurs économiques ainsi faussés servent de base aux décisions et choix d'investissement est écologiquement désastreux. Les marchés, dans leur structure actuelle, ignorent en effet les limites du processus naturel. Quand la demande croissante d'eau dépasse le rendement durable des nappes phréatiques, le niveau des nappes commence à baisser et les puits à s'assécher. Pour le marché, le remède est simple : il consiste à creuser des puits plus profonds pour ne pas incommoder les propriétaires et/ou les actionnaires. Ce phénomène est déjà visible dans la plaine de la Chine du Nord qui produit le quart des céréales du pays. Dans la province de Hebei, 36 000 puits artésiens, parmi les moins profonds, ont été abandonnés seulement pendant l'année 1999 et 55 000 autres ont été forés, beaucoup plus profondément (Brown 2002).

Afin de permettre une économie de développement durable, les pays industriels avancés devront développer considérablement le recyclage des matières résiduelles. La boucle sera ainsi fermée, sans production de résidus destinés à l'enfouissement. Néanmoins, au Québec, la gestion actuelle par la récupération sélective des matières récupérables laisse croire qu'il serait quasi impossible de récupérer 100 % des matières valorisables.

1.2 Matières enfouies

Le dernier bilan de Recyc-Québec annonçait qu'en 2006, près de 13 millions de tonnes de matières résiduelles ont été générés. Comme la population du Québec était de 7,651 millions d'habitants en 2006, le taux total de production de matières résiduelles par habitant et par année était de 1,69 tonne (Recyc-Québec 2007), soit près de 4,6 kg/(jour*habitant) (incluant les ICI).

Fait remarquable en 2006, à partir de la production de 1,69 tonne de matières résiduelles par habitant et par année, le taux d'élimination (enfouissement et/ou incinération) de ces matières était de 0,88 tonne/an/habitant, alors qu'il était moindre dix ans plus tôt, soit une quantité de 0,74 tonne/an/habitant en 1996 (Recyc-Québec 2007). Ainsi, le québécois moyen, incluant les industries, commerces et institutions (ICI), la construction, la rénovation et la démolition (CRD) ainsi que les municipalités, éliminait en 2006 : 2,4 kg/jour/habitant de matières résiduelles, soit 0,875 tonne/an/habitant et en récupérait 2,58 kg/jour/habitant, soit 0,940 tonne/an/habitant.

Par ailleurs, le secteur municipal génère en moyenne 23 % des matières résiduelles générées au Québec (Recyc-Québec 2007). En 2006, le secteur municipal générait à lui seul 3 015 000 tonnes de matières résiduelles (Recyc-Québec 2007). Ce secteur produit donc en moyenne 400 kg/an/habitant (à l'intérieur du 1,690 tonne/an/habitant pour tous les secteurs), soit 1,1 kg/jour/habitant de matières résiduelles. De cette quantité de 400 kg/an/habitant, seulement 31 % de ces matières ont été récupérées, alors que la composition des matières résiduelles valorisables est de 95 % pour le secteur résidentiel (Recyc-Québec 2007). Ainsi, 255 kg/an/habitant de ces matières résiduelles ont été enfouies, alors qu'il était possible d'en enfouir seulement 24 kg/an/habitant.

Il faut noter à ce stade que la quantité de matières putrescibles générées pour le secteur résidentiel est de 44 % de sa masse totale (Recyc-Québec 2007). Ainsi, la quantité de matières organiques pour le secteur municipal, est estimée à une production d'environ 44 % du total généré de 3 015 000 tonnes. Cette quantité de matières putrescibles, pour le secteur uniquement municipal au Québec, représente environ 1 326 600 tonnes/an de matières organiques valorisables.

Fait saillant, les matières organiques affichent le plus bas taux de récupération pour tous les secteurs (ICI et municipal), soit de 8 % (Recyc-Québec 2007). En 2006, seulement 110 000 tonnes de matières organiques ont été récupérées au Québec. La matière putrescible est la principale cause de contamination dans les lieux d'élimination. À l'enfouissement, la fermentation en absence d'oxygène génère des gaz nauséabonds et explosifs qui contribuent au GES. Les composés organiques libérés par cette fermentation migrent avec les eaux de lixiviation et peuvent contaminer tant les eaux de surface que les eaux

souterraines et les rendre impropres à la consommation et même, à la vie aquatique. La récupération à des fins de valorisation de la matière putrescible réduit donc la charge polluante des lieux d'élimination et sert à produire du compost qui à la fois contribue à l'amélioration de la qualité des sols et à la réduction de l'usage d'engrais et de produits phytosanitaires (Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008, 2000).

En mars 2001, le lieu d'enfouissement de New York a été fermé définitivement. Désormais, les 12 000 tonnes de matières résiduelles émises par la Ville de New York à tous les jours sont acheminées vers des sites d'enfouissement parfois distants de plus de 480 kilomètres (Brown 2002). Chacun des camions à bennes utilisé pour effectuer ces longs parcours peut charger environ 20 tonnes. Il en faut donc chaque jour 600 voyages (Brown 2002) pour débarrasser New York. Ils forment 15 kilomètres de long, entravent la circulation, polluent l'air et contribuent aux GES. On estime qu'aux États-Unis, un camion sur six sert au transport des matières résiduelles (Brown 2002).

Les ordinateurs sont difficilement recyclables, car ils comportent une diversité de matériaux, en grande partie toxiques. Entre 1997 et 2004, quelques 315 millions d'ordinateurs ont été désuets rien qu'aux États-Unis (Brown 2002). Chaque ordinateur contenant près de 2 kilogrammes de plomb, le pays s'apprête à devoir gérer quelques 600 000 tonnes de plomb. Une fois dans le site d'enfouissement, le plomb peut se diriger dans les eaux de traitements du site d'enfouissement, sans pouvoir y être traité, pour ensuite être acheminé dans les cours d'eau et risquer de s'infiltrer dans les stations de pompage aux abords de rivières et/ou à l'intérieur des nappes d'eau souterraines et ainsi, contaminer par ce fait les eaux de consommation. Ces mêmes ordinateurs renferment en outre environ 200 tonnes métriques de mercure et 1000 tonnes métriques de cadmium (Brown 2002).

Une fois enfouis, certains déchets se dégradent. L'eau et l'humidité s'infiltrent dans les déchets dégradés, se chargeant d'une variété de substances : des métaux, des minéraux, des produits chimiques organiques, des bactéries, des virus, des matières inflammables et d'autres substances toxiques. L'eau ainsi contaminée, qui constitue les résidus liquides des décharges, s'appelle " lixiviat " ou " eau de lixiviation ". Si le lixiviat n'est pas en milieu fermé, il s'écoule et risque d'aller polluer les eaux souterraines ou les eaux de surface. En

théorie, les sites d'enfouissement traitent ses propres eaux de lixivation. Or, certains métalloïdes et huiles lourdes sont peu ou difficilement traitables (Brown 2002).

Même si la plupart des décharges modernes sont techniquement conçues de manière à réduire la quantité d'humidité pouvant atteindre les déchets et à collecter et traiter le lixiviât, l'environnement immédiat peut quand même être pollué. Les ruissellements de lixiviât porteurs de produits chimiques cancérigènes, comme le toluène ou le chlorure de vinyle, peuvent polluer les eaux souterraines et les puits d'eau potable et nuire à l'environnement.

En se dégradant, les déchets produisent aussi deux gaz à effet de serre : le dioxyde de carbone et le méthane, ce dernier étant un gaz invisible, inodore et hautement inflammable. Dans certains des grands sites d'enfouissement du Canada, le méthane est aujourd'hui recueilli et brûlé pour produire de l'énergie.

Cependant, certains déchets ne se dégradent pas ou si peu, et cela pose aussi un problème. Ces déchets peuvent ainsi demeurer dans la décharge pendant de très longues années. Les sites d'enfouissement sont conçus de manière à renfermer peu d'oxygène et peu d'humidité. Dans ces conditions, les déchets se dégradent lentement. Lors d'excavations d'anciennes décharges, des journaux vieux de 40 ans ont été retrouvés dont le texte était encore très lisible (ministère de l'Environnement de l'Ontario 2007).

Le principal problème avec les sites d'enfouissement est qu'ils ne disparaissent jamais totalement. Au Québec, on produisait en 2002 plus de 11,3 millions de tonnes de matières résiduelles. Déjà en 2006, on a généré 13,0 millions de tonnes de matières résiduelles et éliminé (enfoui et/ou incinéré) de ce nombre 6,7 millions de tonnes. Comparativement seulement à l'année 2002, 200 000 tonnes de matières résiduelles ont été enfouies de plus par année.

Les coûts d'entretien des sites d'élimination par année s'élèvent à environ 65 \$/tonne de matières enfouies (Beauchemin 2007). À ces coûts, il faut ajouter une redevance de 10,22 dollars, selon le *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles (c. Q-2, r.6.02)*. Sur cette base, environ 504 millions de dollars ont été dépensés au Québec uniquement en 2006 pour l'enfouissement des matières résiduelles.

À ces coûts, les dépenses de transports ne sont pas incluses. Il faudrait également ajouter les coûts de disposition des déjections animales, des résidus miniers, des papetières, des scieries, des sols contaminés ainsi que des matières dangereuses et biomédicaux, qui n'y figurent pas également.

Selon le *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles* (c. Q-2, r.6.02), une couche de sol d'une épaisseur minimale de 30 centimètres doit recouvrir à chaque jour les matières résiduelles qui ont été enfouies durant la journée, afin de prévenir la vermine et les mauvaises odeurs. Ce qu'il faut comprendre par ce procédé, c'est que certains de ces sols enfouis à chaque jour auraient pu être utilisés à d'autres fins. Plus on enfouit, plus le volume de sols sera élevé pour le recouvrement. Donc, la durée de vie du site d'enfouissement s'écourte directement.

La réduction des matières résiduelles destinées à l'enfouissement est un élément positif sur l'économie québécoise et sur l'environnement, sans oublier que la réduction du transport de ces matières résiduelles est un facteur atténuant les GES et libérant directement les routes.

1.3 Problématique du lisier

L'A&WMA (Association pour la prévention de la contamination de l'air et du sol) indique que l'élevage du bétail est un secteur aujourd'hui dominé par de grandes installations où l'on élève des milliers d'animaux. Les huit plus grands producteurs commerciaux de porcs du Canada possèdent 275 800 truies et les 25 plus grandes entreprises des États-Unis en possèdent plus de deux millions. À titre comparatif, la région administrative de l'Estrie comprenait en 2006 un total d'environ 250 000 porcs. Aux États-Unis, 110 exploitations contrôlent 47 % de la production de porcs.

Ces grandes exploitations d'élevage intensif (EEI) produisent beaucoup plus de lisier que ce qui peut être traité en utilisant les méthodes habituelles, c'est-à-dire l'épandage. Depuis les événements de Walkerton, en Ontario, la population s'oppose plus farouchement aux EEI, en raison des odeurs qu'elles dégagent et des risques pour la santé, qu'ils soient réels ou perçus.

Au Québec, le nombre de fermes est passé de 135 000 en 1951 à 35 000 fermes en 1996. De plus, les superficies agricoles ont diminué depuis 1951, soit 3,4 millions d'hectares à 1,9 millions d'hectares en 1996. Cependant, le nombre de têtes de porcs a triplé entre la période de 1951 à 1996 (Émond 1999).

Selon le ministère de l'Environnement, plus de 400 municipalités sur 1200 sont en surplus théorique de fumier et/ou de lisier. Les bassins versants enregistrant un surplus de fumier et de lisier sont : Chaudière, Yamaska, l'Assomption, Etchemin, Saint-François, Nicolet, Bayonne et Boyer.

Le surplus de lisier et sa mauvaise gestion constitue une préoccupation environnementale. Les odeurs proviennent des porcheries, des installations d'entreposage du lisier, particulièrement pendant les périodes de brassage et d'épandage. Les odeurs peuvent avoir un effet négatif sur la santé humaine (Buckley *et als* 1998). Des odeurs désagréables sont produites par le lisier frais, mais leur intensité augmente pendant la décomposition anaérobie du lisier.

Les émissions d'ammoniac proviennent des porcheries, des installations d'entreposage et de l'épandage du lisier. Jusqu'à 75 % de l'azote excrété peut être perdu par les émissions d'ammoniac dans les systèmes de production porcine en place actuellement au Canada, qui recourent entre autres à l'entreposage du lisier dans les bassins et à l'épandage du lisier avec des systèmes d'irrigation. Les émissions d'ammoniac ne peuvent être prédites et peuvent amener une acidification ainsi qu'un déséquilibre des éléments nutritifs dans les écosystèmes sensibles, y compris les eaux de surface.

Les lignes directrices sur l'épandage du lisier basées sur l'azote ont entraîné une accumulation de phosphore dans le sol. L'épandage à long terme au Québec a augmenté les concentrations de phosphore dans les sols, augmentant du même coup le risque de pollution de l'eau par l'érosion du sol. L'épandage du lisier accroît également les concentrations de phosphore hydrosoluble, cause directe de l'eutrophisation des cours d'eau.

Actuellement, l'approche ferme par ferme instaurée en 2002 par le *Règlement sur la production agricole* suscite un questionnement sur la qualité de l'eau à atteindre. En effet, au lieu de calculer le taux de phosphore assimilable par bassins versant, la quantité de surplus de phosphore est calculée selon la superficie du terrain à engraisser. Cette approche ne considère pas le type de sol en place, les zones inondables, les antibiotiques présents dans les lisiers et la qualité initiale des cours d'eau à proximité de la terre d'épandage. Ces facteurs biaisés peuvent avoir des répercussions directes pour certains cours d'eau et nappes d'eau souterraines plus sensibles.

2. GESTION ÉCOLOGIQUE DES MATIÈRES RÉSIDUELLES

Depuis 1989, soit l'année de la publication d'une *Politique de gestion intégrée des déchets solides*, le Québec a fait ses premiers pas vers le développement durable. Toutefois selon le bilan 2006 de Recyc-Québec, soit 17 ans plus tard, le Québec récupérait à peine 52 % de ses matières résiduelles qui pouvaient être valorisées. Il est à noter que le taux de récupération des matières putrescibles est le plus bas avec un taux de récupération de seulement 8 % (Recyc-Québec 2007).

Puisque le mode de gestion de la matière putrescible est encore à l'étape embryonnaire au Québec et parce que la gestion des déjections animales, du lisier principalement, est un problème grandissant au Québec, il est intéressant écologiquement de vérifier si la gestion de ces deux types de résidus, à travers un même processus, est faisable économiquement.

Afin de valoriser ces matières organiques en biogaz d'une première part et dans un second temps, créer un compost, les sections suivantes font le survol des politiques et des règlements préétablis concernant la gestion des matières résiduelles, de quelques règlements sur les exploitations agricoles et de la réglementation sur la production de biogaz.

2.1 Politiques de gestion des matières résiduelles

La *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008* a prévu pour 2008 un taux de récupération des matières résiduelles à 65 % par rapport aux matières pouvant être mises en valeur. Deux ans avant l'échéance 2008, le taux de récupération était à 52 % des matières résiduelles pouvant être valorisées. Puisque le taux de récupération augmente en moyenne de 1 % par année depuis 1996, tout semble indiquer que l'objectif de récupération à 65 % ne sera pas atteint en 2008 et encore moins pour un objectif utopique, voir idéal, qui serait à 100 % de récupération.

L'article 53.4 de la *Loi sur la qualité de l'environnement*, énonce que :

« Outre les principes qui lui servent de fondement, la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008 peut également établir les objectifs de récupération, de valorisation et de réduction de l'élimination des

matières résiduelles à court, moyen et long termes ainsi que les stratégies et mesures propres à faciliter l'atteinte de ces objectifs dans les délais indiqués».

C'est pour faire face à ces défis que le Québec adoptait en 1989 la *Politique de gestion intégrée des déchets solides*. Cette politique fixait un objectif de réduction de 50 % des déchets envoyés à l'élimination pour l'an 2000. En 1989, la quantité de matières résiduelles éliminées était de 5,7 millions de tonnes sur une quantité générée de 7 millions de tonnes. Ainsi, un peu moins de 1,3 millions de tonnes de matières résiduelles étaient mises en valeur. Dix ans plus tard, la quantité de matières résiduelles générées était de 8,3 millions de tonnes alors que le taux de réduction à l'élimination n'était que de 10,8 %, très loin de l'objectif de 50 % de la politique de 1989 (Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008, 2000).

C'est à l'échelle d'une municipalité régionale, dans le respect des pouvoirs propres aux autorités municipales, que se prennent les décisions quant au choix des moyens et à leur mise en œuvre. Les municipalités régionales sont : la Communauté métropolitaine de Montréal, la Communauté métropolitaine de Québec, la Ville de Lévis, la Ville de Gatineau et les municipalités régionales de comté à l'exception de celles dont le territoire est entièrement compris dans celui de la Communauté métropolitaine de Montréal ou de la Communauté métropolitaine de Québec.

L'utilisation durable des ressources naturelles repose, entre autres, sur une meilleure gestion des ressources que sont les matières résiduelles. L'objectif général de la présente politique est de mettre en valeur plus de 65 % des 13,0 millions de tonnes de matières résiduelles pouvant être mises en valeur annuellement. Cet objectif pourra être atteint seulement si tous les secteurs de la société y contribuent. Ainsi, des objectifs de valorisation pour chaque secteur et par matière ont été fixés.

Il est à noter que les objectifs de la Politique sont exprimés en fonction du potentiel valorisable sur l'ensemble des matières générées au Québec. Selon l'étude de caractérisation des matières résiduelles réalisée en 2000 par Charmand-CRIQ-Roche, entre 85 % à 90 % des matières résiduelles des différents secteurs d'activités présentent un potentiel de remise en valeur. Selon le bilan 2006 de Recyc-Québec, environ 93 % des résidus sont valorisables pour le secteur municipal (Recyc-Québec 2007), par exemple.

Plus spécifiquement, tant dans les municipalités que dans les industries, les commerces et les institutions, la Politique fixe à 60 % de valorisation des matières putrescibles (matières compostables), par rapport aux matières résiduelles pouvant être remises en valeur.

En 1994, le taux de récupération total au Québec (excluant les boues municipales) a été de 33 % pour les matières résiduelles pouvant être mises en valeur (Recyc-Québec 2007). En ce qui concerne uniquement les matières putrescibles, leur taux de récupération a été de 10 % en 1994 et a chuté à 8 % en 2006. En fait, 95 000 tonnes de matières putrescibles et/ou compostables ont été récupérées sur un total de 941 500 tonnes produites (Recyc-Québec 1996).

En 2002, le taux de récupération total au Québec (excluant les boues municipales) a été de 47 % pour les matières résiduelles pouvant être mises en valeur. Ce taux a augmenté à 52 % en 2006, par contre le taux de récupération des matériaux secs en provenance du secteur de la construction, de la rénovation et de la démolition (CRD) a été ajouté au dernier bilan afin de faire augmenter le taux de récupération. En ce qui concerne uniquement les matières putrescibles et/ou compostables, seulement 7 % ont été récupérées en 2002, alors qu'on en récupérait 8 % en 2006, ce qui est très loin de l'objectif de 60 %.

Selon le bilan 2006 de Recyc-Québec, les matières putrescibles (organiques), représentent pour le secteur municipal 48 % des matières générées, tandis que dans le rapport de caractérisation des matières résiduelles du secteur résidentiel au Québec 2006-2007 de Recyc-Québec, les matières putrescibles représentent 44 % des matières générées dans le secteur résidentiel.

Les quantités de matières putrescibles et/ou compostables présentées ci-haut n'incluent pas les déjections animales, puisque au sens du *Règlement sur l'exploitation agricoles* les déjections animales ne peuvent être éliminées dans un lieu d'enfouissement (L.R.Q., c.Q-2. R.6.02, a.4).

La quantité de matières résiduelles générées dans le secteur résidentiel (excluant les ICI) par un québécois pour l'année 2002 était de 466 kg (Recyc-Québec 2007). Par

comparaison, en France pour l'année 2002, un individu moyen générait 360 kg de matières résiduelles dans le secteur résidentiel. Le gouvernement français n'a pas hésité pour autant à lancer en 2004 le Plan national de prévention de la production de déchets, dont l'objectif était de stabiliser pour 2008 la production de matières résiduelles.

La quantité de déchets produits par les pays de l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques) équivalait à 4 milliards de tonnes dans les années 90. La palme revient aux États-Unis avec 870 kg par habitant et par an, soit 2,5 kg/jour. En 1997, environ 64 % des déchets municipaux étaient enfouis, 18 % incinérés et 18 % recyclés. Si la valorisation des déchets a progressé dans les pays industrialisés, elle n'a pourtant pas suffi à inverser la tendance à la hausse des volumes à éliminer. Les prévisions de l'OCDE vont même plus loin. Ainsi, la production de déchets municipaux, évaluée à 540 millions de tonnes en 1997, devrait s'accroître de 43 % d'ici 2020.

Pour tenter de freiner cette évolution, la communauté européenne s'est dotée de directives visant à encourager la valorisation des déchets en tout genre : des plus gros, comme les véhicules hors d'usage et les produits électriques et électroniques, aux plus petits, comme les piles et les emballages. À compter du 2 juillet 2002, dans chaque pays membre, 50 % du poids total des déchets provenant d'emballages devaient être valorisé dont 15 % recyclés, c'est-à-dire réintroduits dans le cycle de production en remplacement total ou partiel d'une matière première vierge.

Selon les statistiques de l'Institut français de l'environnement, la production de déchets (déblais et remblais non compris) en France était évaluée à 600 millions de tonnes, la plus grande partie étant constituée de déchets agricoles (350 millions de tonnes) et de déchets de chantiers (110 millions de tonnes). La France se place au deuxième rang des pays européens, après l'Allemagne. Avec 37 millions de trieurs en 2000, et 44 millions en 2001, la France traite 1,7 million de tonnes d'emballages ménagers chaque année dans 250 centres de tri agréés, via l'organisme de gestion des déchets d'emballages ménagers : Eco-Emballages. Cette société agréée par les pouvoirs publics a été créée en 1993 pour répondre à la loi de 1992. Elle s'est fixée comme but pour 2002 de recycler 65 % des emballages ménagers. La valorisation énergétique par incinération est estimée, quant à elle, à 25 % des emballages.

La production de déchets industriels est estimée en France à 95 millions de tonnes par an. Issus de chutes de production ou d'emballages industriels usagés, ces déchets non dangereux et non inertes sont composés de bois, de papier, de métaux, de matières plastiques, de verre et de textile. La responsabilité de leur élimination revient aux entreprises productrices, contraintes de les envoyer vers des filières de valorisation adéquates. Cette démarche a fait naître en France une véritable industrie du recyclage. C'est ainsi qu'en 1999, selon la Fédération des professions du recyclage, 30,5 millions de tonnes de déchets industriels ont été traitées par 4 100 entreprises spécialisées.

Remises sur le marché, les matières premières recyclées fournissent à l'industrie française plus de 40 % de ses besoins. De quoi réduire considérablement les coûts et les méfaits de la pollution liés à la production des matières premières vierges.

La Suisse traite actuellement ses déchets en appliquant un système complet et efficace, impliquant des intervenants publics et privés. Les déchets ne portent plus atteinte à l'environnement par rapport à la situation qui régnait au cours des années 1980. La valorisation des déchets a aussi bénéficié d'améliorations considérables. Mais certains secteurs, telles les décharges et la transparence des coûts, présentent des faiblesses ou des lacunes. La politique des déchets n'a pas non plus réussi à faire baisser la consommation de matières premières par l'économie suisse, qui reste à un niveau élevé malgré l'augmentation des taux de recyclage et certains succès ponctuels dans la prévention des déchets.

Dans les années 1980, l'Allemagne était littéralement en train d'étouffer sous les déchets. L'Office fédéral de l'Environnement de Berlin estimait que 75 à 100 nouveaux incinérateurs étaient nécessaires. Dans un premier temps, sous la pression des associations écologistes, des réglementations sur le traitement des différents types de déchets, la diminution des rejets toxiques des incinérateurs et la sécurisation des décharges ont été adoptées. Les déchets continuaient pourtant de s'accumuler. La République Fédérale s'est alors engagée avant tout le monde dans une nouvelle politique visant non seulement à recycler les déchets, mais aussi, et surtout, à éviter d'en produire. Un an avant le sommet de Rio de Janeiro, qui devait voir le thème du développement durable acquérir pour la première fois une reconnaissance internationale, la loi allemande du 12 juin 1991 sur les emballages en constituait la première traduction concrète.

Le système actuel au Québec de gestion des matières résiduelles est dicté par une politique, mais peu de règlements incitatifs existent. Par ailleurs, la France, en responsabilisant le secteur des ICI à devoir récupérer leurs matières résiduelles, met en oeuvre une initiative très proactive. Il est difficile de récupérer au Québec, car le fardeau revient à la volonté personnelle des citoyens, des industries, des commerces et des institutions. Un objectif de récupération de 100 % semble inconcevable à l'heure actuelle, surtout en ce qui concerne la récupération des matières organiques. Il n'est pas encore évident que chaque citoyen possède son composteur, pour des raisons d'hygiène, d'efforts, de temps et de savoir faire. Au Québec, les industries gèrent plutôt leurs matières résiduelles selon le coût de disposition le moins onéreux.

2.2 Règlement sur les exploitations agricoles

En juin 2002, le Québec adoptait le *Règlement sur les exploitations agricoles (REA)* pour instaurer une série de balises visant à assurer l'équilibre entre les pratiques agricoles et le développement durable, et ce, en misant sur une approche ferme par ferme. Son objectif est d'amener les exploitants agricoles vers une plus grande responsabilisation de la gestion des déjections animales et des autres matières fertilisantes, plus particulièrement le phosphore. Le bilan de phosphore, demandé dans le REA, est d'ailleurs l'outil permettant d'identifier les problèmes de surplus.

Les fermes en surplus de fertilisant devront, selon l'échéancier prévu au REA, atteindre un équilibre entre la capacité des sols à recevoir du phosphore et les quantités épandues. Pour certaines d'entre elles, la seule solution leur permettant d'atteindre cet équilibre sera le traitement des lisiers.

Le traitement partiel ou complet du lisier est un procédé qui peut comporter des composantes mécanique, biologique, physique, chimique ou thermique, qui changent ses caractéristiques, ses propriétés et sa composition. Les coproduits issus du traitement peuvent être solides, liquides et gazeux. On tentera d'obtenir une fraction importante sous forme solide, riche en phosphore, lorsqu'il faut les exporter hors de la ferme. La fraction liquide restante pourra être valorisée comme fertilisant pour les sols ou, lorsqu'il y a eu un

traitement complet préalable, être rejetée directement dans l'environnement, et ce, sans avoir d'impact négatif.

En mars 2006, un crédit d'impôt (MAPAQ 2006) temporaire remboursable a été instauré pour l'acquisition d'installations de traitement du lisier de porc. Ce crédit représente 30 % des coûts d'acquisition et d'installation d'un système de traitement, et un maximum de 200 000 \$ est alloué par établissement agricole. Les entreprises porcines qui ne sont pas admissibles au volet 6 du programme Prime-Vert sont admissibles à ce crédit d'impôt. Les technologies de traitement des lisiers concentrent les éléments fertilisants en des volumes plus petits afin d'en disposer plus facilement. Elles contribuent également à réduire les odeurs associées à la gestion des lisiers.

L'industrie nord-américaine est aujourd'hui fortement intégrée et l'essentiel de la production canadienne est exporté, surtout aux États-Unis. L'industrie mexicaine de l'élevage est également de plus en plus concentrée et de plus en plus intégrée dans les marchés nord-américains.

Tout au long de leur cycle biologique, les animaux se déplacent d'un pays à l'autre en Amérique du Nord. On trouve désormais des exploitations d'élevage intensif de millions d'animaux au Canada, aux États-Unis et au Mexique. Ces trois pays partagent un environnement commun et par conséquent, ce qui touche un pays touche aussi les deux autres. Cependant, les règlements visant les EEI varient grandement d'un pays à l'autre et d'un état ou d'une province à l'autre au sein d'un même pays (Carpentier 2005).

Aux États-Unis, une loi fédérale porte précisément sur la pollution de l'eau attribuable aux parcs d'engraissement intensif (PEI). Les autorités étatiques et locales ont également des pouvoirs en ce qui concerne divers aspects environnementaux de l'exploitation de ces installations. En Californie, des groupes environnementaux ont intenté une poursuite en vue de faire appliquer la *Clean Air Act* (Loi sur l'air salubre) fédérale aux PEI. Jusqu'à maintenant, ces installations ne sont régies, le cas échéant, que par les autorités étatiques. Au lieu d'imposer des solutions, l'US Environmental Protection Agency (EPA, Agence de protection de l'environnement des États-Unis) a choisi de travailler en collaboration avec les États, les chercheurs et l'industrie.

L'US Department of Agriculture (USDA, Ministère de l'Agriculture des États-Unis) travaille également en collaboration avec des groupes d'intérêt pour trouver des solutions, soit le producteur et l'EPA. Néanmoins, on constate de nombreux écarts entre les règlements appliqués au Canada, au Mexique et aux États-Unis et entre ces pays. L'harmonisation des règlements visant les EEI et leurs effets sur l'environnement serait bénéfique pour les citoyens des trois pays, étant donné que le coût environnemental serait sensiblement égal pour chacun des territoires.

Cependant, les résultats indiquent que ce sont les prix et le climat commercial, et non les règlements environnementaux, qui expliquent le déplacement géographique des exploitations d'élevage de porc et de volaille aux États-Unis (Carpentier 2005). Il y a plus de similitudes que de différences entre les secteurs agricoles du Canada et des États-Unis. Les deux pays veulent un secteur agricole vigoureux et un environnement salubre.

Le Danemark est un pionnier en matière de gestion des déchets animaux et d'utilisation optimale des éléments nutritifs qu'ils contiennent. Plusieurs programmes sont efficaces découlant de la politique agricole du Danemark : par exemple, l'aménagement de bassins à boues en forme de V et de W permet de réduire l'évaporation d'ammoniac dans une proportion allant jusqu'à 25 %, tandis que le refroidissement des boues dans les fosses favorise une réduction additionnelle de 20 % de cette évaporation.

L'air est ainsi plus sain, non seulement sur le site de l'exploitation agricole, mais dans la collectivité avoisinante. Il est possible d'assainir l'air ventilé des étables en utilisant des épurateurs à la pointe de la technologie, mais ces appareils coûtent cher. Par contre, le Danemark a réduit de 80 % la concentration d'odeurs dans l'air ventilé en utilisant des copeaux de bois ou de la paille comme filtres (Carpentier 2005).

2.3 Règlements sur la production de biogaz

L'agriculture à grande échelle a posé un défi de taille au secteur agricole en ce qui concerne l'élimination des déchets animaux, mais elle a également créé des possibilités sur le plan des économies d'énergie. Tel était le thème de la conférence stratégique internationale sur les déchets d'animaux et les éléments nutritifs, organisée par l'Association pour la prévention de la contamination de l'air et du sol (A&WMA,) les 6 et 7

mai 2007 à Ottawa. La conférence tenue à Ottawa a donc permis auprès de 100 participants représentant divers ordres de gouvernement, des associations industrielles et des fournisseurs, de discuter des nouvelles techniques de gestion des déchets d'animaux. Les participants à la conférence de l'A&WMA ont pris connaissance de nouvelles méthodes et de solutions éprouvées, par exemple, la modification de la forme de la fosse à lisier ou l'adoption de nouvelles méthodes de transformation des déchets en biogaz. Actuellement, quelques procédés en développement ou déjà commercialisés font l'objet de vitrines technologiques. Il s'agit de Solution Biofertile-F, Biosor Lisier, Bio-Terre et Purin Pur.

Au Canada, l'énergie est sous la réglementation provinciale et les règlements varient énormément d'une province à l'autre. L'Alberta est en tête pour ce qui est de la production de biogaz (McClinton 2007), mais de nouveaux règlements stricts sur la gestion des éléments nutritifs et les coûts élevés de l'énergie semblent susciter l'intérêt pour l'ensemble des provinces. En fait, l'Ontario vient de mettre en œuvre un régime d'établissement du prix de 11 cents par kilowatt heure (kWh) (14 cents aux heures de pointe) pour l'électricité verte, ce qui rend le biogaz plus attrayant aux yeux des agriculteurs ontariens (McClinton 2007).

L'Ontario et le Québec sont les seules provinces à offrir des subventions qui peuvent être utilisées pour construire des systèmes de production et d'exploitation de biogaz. En fait, le Québec paiera jusqu'à concurrence de 70 % des coûts engagés pour installer un système de manutention du fumier (maximum de 200 000 \$). Les producteurs ontariens peuvent obtenir une subvention pouvant aller jusqu'à 60 000 \$ pour un système de traitement du fumier et des installations de stockage à la ferme.

Actuellement au Québec, aucune loi n'existe précisément sur la production de biogaz. Par contre, quelques règlements comme celui du *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles* ou le *Règlement sur la production d'électricité* portent quelques articles sur les biogaz. Par exemple, les sites d'enfouissement doivent étancher leur site afin d'éviter la migration des biogaz par la voie des airs ou soit par le sous-sol. Des mesures de contrôle sont également prévues. C'est pourquoi sans réglementation précise sur la production de biogaz, il est difficile d'implanter un système de production de biogaz à long terme, sans connaître les contraintes éventuelles.

Toutefois, un avant projet doit être déposé au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), selon l'article 22 de la *Loi sur la Qualité de l'environnement (LQE)*, afin d'obtenir un certificat d'autorisation pour l'implantation d'un système de traitement. Dans le cas d'une construction de centrale à grande capacité, les promoteurs devront déposer leur avant-projet au Bureau de l'audience publique (BAPE), tel que défini dans l'article 31.1 de la LQE.

Au Canada, aux termes de l'article 5 de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*, on exige une évaluation environnementale pour ce type de projet, parce que Ressources naturelles Canada pourrait fournir entre autres de l'aide financière aux promoteurs afin de réaliser le projet. En effet, au fédéral, des modifications ont été apportées sur les taux de la déduction pour amortissement (DPA). Une partie du coût en capital des biens amortissables d'un contribuable est déductible chaque année à titre de DPA dans le calcul de son revenu. Le taux maximal de la DPA pour chaque type de bien amortissable est fixé dans le *Règlement de l'impôt sur le revenu*.

Le taux de DPA applicable à certains systèmes de cogénération à haute efficacité et matériel de production d'énergie renouvelable passe de 30 % (taux de la catégorie 43.1) à 50 % en raison de l'inclusion de ces biens dans la nouvelle catégorie 43.2. Pour donner droit à ce nouveau taux accru, le matériel doit généralement être neuf et avoir été acquis après le 22 février 2005 et avant 2012. Ce nouveau taux s'appliquera également au matériel de production de biogaz et au matériel de distribution d'un réseau énergétique de quartier qui repose sur la cogénération efficiente et acquis après le 22 février 2005 et avant 2012 (Règlement modifiant le Règlement de l'impôt sur le revenu 2005).

Pour être compris dans la nouvelle catégorie 43.2 (taux de DPA de 50 %), le matériel de cogénération doit faire partie d'un système de cogénération à haute efficacité dont le rendement thermique annuel attribuable au combustible fossile n'excède pas 4 750 BTU par kilowatt-heure d'électricité produite. Les systèmes dont la consommation d'énergie produite par des combustibles fossiles se situe entre 4 750 et 6 000 BTU continueront de donner droit au taux de DPA accéléré de 30 % prévu pour les biens compris dans la catégorie 43.1.

En ce qui concerne l'Europe, l'Union européenne adoptait le 12 mai 2003, le *Règlement (CE) No 810/2003* portant des dispositions transitoires au titre du *Règlement (CE) No 1774/2002 du Parlement européen et du Conseil*, en ce qui concerne les normes de transformations, notamment pour le lisier utilisé dans les usines de production de biogaz. Ce règlement vise principalement la réduction totale des agents pathogènes. De plus, toute usine de production de biogaz doit être équipée de son propre laboratoire accrédité et des équipements suivants :

- d'installations de contrôle de la température en temps réel,
- d'enregistreurs pour enregistrer en permanence le résultat des mesures,
- d'un système de sécurité adéquat pour éviter tout problème de températures insuffisantes, et
- d'équipements appropriés pour le nettoyage et la désinfection des véhicules et des conteneurs à la sortie de l'usine de production de biogaz.

3. L'INDUSTRIE DE LA MÉTHANISATION

La gestion des résidus organiques n'est pas seulement une préoccupation au Québec; En Europe, on produit du biogaz à partir des résidus organiques. Au Québec, l'élimination des matières organiques passe encore presque systématiquement par l'incinération pour certaines boues municipales, par l'enfouissement pour les résidus de table, par le compostage pour les résidus verts et par l'épandage pour les déjections animales.

La méthanisation représente une solution envisageable pour le recyclage de ces matières organiques, tant à un niveau environnemental qu'économique. Toute matière organique peut produire du biogaz : déjections animales, fruits, légumes, restes d'abattoirs, rejets de laiteries, brasseries, distilleries, etc. Les matières organiques riches en fibres comme les feuilles et le bois sont toutefois difficiles à digérer et ne sont pas recommandées à utiliser comme source de biogaz. Les installations de méthanisation déjà en fonction en Europe et en Asie prouvent l'efficacité de cette technique.

La fermentation biologique anaérobie des matières putrescibles, produit le biogaz. Ce biogaz se forme naturellement lorsque certaines conditions de décomposition sont réunies. La composition du biogaz est similaire à celle des gaz naturels bruts. C'est un mélange de méthane, de gaz carbonique, d'azote et des traces d'autres gaz qui dépendent de la composition des matières premières (ex. H_2S , siloxanes, NH_3). Selon la nature des déchets traités et les variations climatiques, la composition du biogaz peut différer en proportion. Le biogaz est normalement composé à 60 % de méthane et à 40 % de gaz carbonique (CO_2). Il est comparable au gaz naturel, qui est constitué de méthane, habituellement à plus de 95 %. Le biogaz est une source d'énergie renouvelable propre, pouvant remplacer le gaz naturel pour cuisiner, produire de la chaleur, de l'eau chaude ou pour générer de l'électricité.

À température et pression ambiante, le biogaz se présente sous forme gazeuse et non liquide comme le propane. Il est possible d'embouteiller le biogaz, mais c'est un processus coûteux.

3.1 La synergie du bioréacteur

Le bioréacteur anaérobie est un réservoir en anaérobiose, où on introduit la matière organique afin de la chauffer et de la brasser, dans le but de produire du méthane. Dans de telles conditions, les bactéries anaérobiques se nourrissent de la matière organique pour se multiplier et produisent ainsi du biogaz. Les résidus organiques, tels que les déjections animales, les résidus de table, les résidus agro-alimentaires et les boues de stations d'épuration, peuvent être traités dans un bioréacteur.

À cause de la loi de la conservation de la masse, la quantité de matière organique sortant du bioréacteur est égale à celle de l'entrée moins la partie transformée en biogaz. Cette matière, qui a passé par le processus de digestion anaérobie, est pratiquement inodore, améliorée en valeur fertilisante, moins polluante et réduite en charge organique (DBO_5) et contient la charge bactérienne qui fut développée pendant le processus biologique dans le bioréacteur. Le rejet digéré peut être séparé (solide/liquide), la partie solide pouvant être transformée en compost et la partie liquide utilisée comme fertilisant ou traitée avant d'être disposée finalement dans la nature.

La production de biogaz dans un bioréacteur est accrue dû à un contrôle maximisant le processus de dégradation biologique incluant la réinjection (recyclage partiel) de la matière organique contenue dans le lixiviat pour sa transformation en biogaz. Elle contribue à une gestion plus efficace du biogaz; ainsi, sa valorisation devient commercialement viable. De plus, le captage et l'exploitation des biogaz diminuent la production des GES par un facteur d'environ 20 (diminution de 95 %) de même que les autres émissions potentiellement nocives associées à la présence d'hétéroatomes (ex. S, N, halogènes). Comme la distribution des liquides réduit les zones déficitaires en humidité à l'intérieur de la masse organique à traiter, la quantité totale de biogaz extraite d'un bioréacteur est supérieure à celle extraite d'un site d'enfouissement. Un bioréacteur est de 3 à 10 fois plus énergétique que la création de biogaz à l'état statique dans les sites d'enfouissement (Crittenden 2005). La quantité de biogaz que l'on peut extraire des matières organiques dépend également du type de résidus organiques et de la performance du bioréacteur. Certains bioréacteurs produisent 20 mètres cubes (conditions normales de T et P) de biogaz par tonne de rejets organiques, tandis que d'autres bioréacteurs peuvent récolter jusqu'à 800 mètres cubes de biogaz par tonne de matière.

Tout dépend de la qualité de la matière organique utilisée, du design du modèle du bioréacteur ainsi que du mode d'opération du système (Électrigaz 2007).

Un bioréacteur demande un investissement de départ assez onéreux, de 300 000 \$ pour une installation de base à 10 millions de dollars pour une centrale; son amortissement devrait se payer entre 7 à 10 ans (Électrigaz 2007).

Le concept du bioréacteur est une technologie qui résulte d'investigations entreprise par le prédécesseur de l'EPA américain, le Bureau of Solid Waste Management. Ces études visaient à identifier des méthodes permettant de réduire la quantité de déchets enfouis en maximisant la conversion biologique de la matière organique en biogaz. Plusieurs de ces études significatives évaluèrent la recirculation de lixiviat comme pratique de gestion des lieux d'enfouissement de matières résiduelles. Ces études démontrèrent qu'il est techniquement envisageable d'accroître la stabilisation des déchets et la production de biogaz en contrôlant l'environnement interne d'un lieu d'enfouissement par des changements relativement simples dans les modalités opérationnelles. Depuis l'acceptation de la réglementation américaine relative aux décharges pour déchets municipaux en 1993, plusieurs projets pilotes de recirculation de lixiviat et de bioréacteurs ont vu le jour. Diverses recherches internationales, notamment au Royaume-Uni, en Allemagne, au Japon et en Suède firent progresser davantage la technologie, de sorte que les paramètres de conception et d'opération sont maintenant suffisamment connus pour permettre l'implantation d'un tel concept sur une base opérationnelle permanente. L'EPA américain consacre l'approche bioréacteur comme une technologie d'avenir dans le traitement des matières résiduelles (ASA 2007).

C'est au chapitre de l'utilisation des biogaz comme combustible, que la majorité des pays de l'Europe occidentale devance largement l'Amérique du Nord. On avait commencé à étudier sérieusement cette possibilité lors de la crise énergétique des années 1970, mais les travaux ont ralenti en Amérique du Nord. L'Europe, par contre, a connu une progression plus soutenue et a obtenu des résultats à la fin des années 1980. Le Danemark compte aujourd'hui 45 centrales de production de biogaz et l'Allemagne, plus de 2 000.

3.2 Les différents procédés d'exploitation du biogaz

Le biogaz peut être brûlé directement ou être filtré au préalable, afin de le purifier et parfois d'augmenter la concentration du méthane. Trois utilisations sont éprouvées industriellement :

- la combustion dans une chaudière (chauffage);
- la combustion dans un moteur produisant de l'électricité;
- la combustion en cogénération, soit un moteur qui produit à la fois de la chaleur et de l'électricité; et
- la production d'un carburant pour véhicules.

L'électricité produite pourrait être ultimement utilisée sur place ou vendue à Hydro-Québec, par exemple, à un tarif fixé par ce dernier, tel que proposé dans le cadre du projet de Loi 52 concernant la mise en œuvre de la stratégie énergétique du Québec et modifiant diverses dispositions législatives. D'autres utilisations du biogaz sont en développement, comme l'injection dans le réseau du gaz existant, après une mise aux normes du gaz naturel. De telles réalisations existent dans le Tarn et la Garonne en France.

Le biogaz produit par les bioréacteurs industriels peut être utilisé en autoconsommation, pour le chauffage, la production de vapeur (moyenne ou haute pression), le séchage alimentaire, la production électrique ou la cogénération. Il peut aussi alimenter des fours de procédés (traitement thermique, cimenteries, briqueteries, séchage, etc.).

Le traitement par méthanisation d'une tonne de matière organique agricole produit 500 mètres cubes de méthane. La méthanisation utilise la matière organique la plus facilement digestible, soit 30 % à 80 % de la matière sèche. C'est également cette partie qui génère la pollution organique et dégage des odeurs désagréables. La partie restante après la méthanisation (20 % à 70 %) peut être utilisée comme fertilisant en agriculture.

La méthanisation des boues des stations d'épuration et des déchets ménagers et industriels fermentescibles réduit leur quantité jusqu'à 35 %. Une tonne de ces résidus organiques génère jusqu'à 175 mètres cubes de biogaz, soit l'équivalent de 190 litres d'essence.

Un centre d'enfouissement récupère en moyenne 100 mètres cubes de méthane par tonne de déchets traités.

En agriculture, une tonne de fumier produit en 90 jours environ 60 mètres cubes de biogaz comprenant 55 % de méthane.

Un bioréacteur est une enceinte fermée dans laquelle les matières organiques sont soumises à l'action des bactéries. La première installation connue date de la fin du siècle dernier et traitait les boues de la station d'épuration d'Exeter en Grande-Bretagne. C'est d'ailleurs cette application qui est aujourd'hui la plus répandue en France, où l'on compte plus de 150 bioréacteurs équipant des stations d'épuration urbaines.

La technologie la plus courante et la plus ancienne est celle du bioréacteur "infiniment mélangé", dans lequel le brassage est assuré par un moyen hydraulique, ou mieux, par recirculation du biogaz. Ce type de bioréacteur fonctionne généralement vers 35°C (mésophile). Il a connu un certain nombre d'améliorations au cours des dernières années. Degrémont, par exemple, le fait précéder d'un "hydropulpeur", cuve métallique équipée d'une hélice centrale qui fait éclater les cellules végétales et met la matière organique en suspension dans l'eau recyclée du procédé (procédé BTA). Dans ce procédé les matières inorganiques sont également introduites (plastiques, textile, ...), flottent à la surface et sont récupérées par un peigne hydraulique; les éléments lourds minéraux (verre, cailloux, os, ...) décantent et sont extraits par le bas. La pulpe liquide ainsi produite passe ensuite dans un hydrocyclone qui enlève les particules fines sableuses et abrasives. En Allemagne et en Autriche, on a vu apparaître des bioréacteurs de forme ovoïdale. Cette forme occupe moins de surface au sol, permet un brassage plus homogène et plus régulier, en supprimant les zones mortes ou de fermentation préférentielle, et facilite la décantation.

Les bioréacteurs de la seconde génération utilisent la technique des cellules fixées ou encore "filtre anaérobie". La vitesse de fermentation étant proportionnelle à la masse de bactéries présentes, elle est limitée dans la technique précédente par le fait que ces bactéries ne peuvent se fixer que sur les parois du réacteur. D'où l'idée d'augmenter la surface de vie des bactéries en introduisant un support de grande surface spécifique. En France, le procédé proposé par Proserpol comprend un support constitué d'anneaux de

plastique en vrac et l'arrosage s'effectue par le haut. Aux Pays-Bas, on trouve aussi le procédé UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), dans lequel le support est biologique et le flux ascendant. Les avantages sont identiques, par rapport à l'ancienne technique, soit celle d'une fermentation beaucoup plus rapide (quelques heures à quelques jours au lieu de deux semaines). Il est possible d'accélérer encore le processus en adoptant la fermentation thermophile, qui multiplie la productivité par 4 à 10 et récoltant un biogaz plus riche en méthane (jusqu'à plus de 80 %).

Pour certaines matières organiques, le processus doit se dérouler en deux étapes, soit l'acidification préalable et ensuite la méthanisation, qui font appel à des familles de bactéries différentes et qui doivent donc se dérouler dans des cuves distinctes.

L'industrie agro-alimentaire ou une station d'épuration urbaine peuvent facilement se lancer dans la méthanisation de leurs matières organiques. De plus, ces industries peuvent se regrouper pour traiter ensemble leurs matières organiques par une seule voie. Par exemple, en France, on méthanise les vinasses de plusieurs producteurs de cognac (Énergie Plus 1997).

Il existe désormais de nombreux procédés en course tel que Kompogas suisse, Dranco belge, BTA, Avécon, Biocel et Valorga. Ce dernier a été appliqué dès 1988 à Amiens, en France. Le procédé Valorga est en réalité une filière complète et intégrée de traitement de tous les matières résiduelles résidentielles, qui inclut (ou peut inclure suivant les cas) un tri des matières à l'entrée, une méthanisation de la part fermentescible, un compostage du résidu de fermentation, une incinération des refus de tri combustibles et une mise à la décharge des résidus ultimes (refus de tri non combustibles, résidus d'incinération). Mise à part son caractère intégré, l'originalité du procédé repose sur le bioréacteur sans pièce mobile interne, qui assure l'hydrolyse et la méthanisation dans une seule enceinte et qui permet de traiter les matières presque sèches (digestion en milieu concentré), ce qui réduit l'encombrement, le coût et l'autoconsommation d'énergie des équipements. Ce centre de tri et bioréacteur traite 86 000 tonnes/an de matières résiduelles. Quant au biogaz, il est brûlé en chaudière pour alimenter en vapeur haute pression des industries proches (puissance de 5 500 kW).

Ce procédé intégré de triage des matières résiduelles et de méthanisation contient finalement une part plus importante que prévu de matières enfouies, la valorisation est moins intéressante du biogaz, puisque la matière organique se décompose lors du tri, soit avant de pouvoir être méthanisée, et surtout la valorisation nulle du compost, qui contient encore des résidus divers ayant échappé au tri, le rend impropre à une bonne commercialisation.

Les bioréacteurs de Tilburg aux Pays-Bas (1994, 52 000 tonnes/an) et celle d'Engelskirchen en Allemagne (1998, 35 000 tonnes/an) acceptent uniquement la matière organique. Dans la première, le méthane produit est introduit dans le réseau de gaz de la ville; dans la seconde, il est valorisé sous forme d'électricité. Grâce au tri à la source, toutes deux produisent un compost de haute qualité. En régime de croisière, l'usine de Tilburg produit 4 millions de mètres cubes par an de biogaz à 56 % de méthane, contenant très peu d'hydrogène sulfuré, et 31 000 tonnes/an d'amendement organique valorisable en agriculture (Énergie Plus 1997).

3.3 La codigestion

L'idée de la codigestion collective et centralisée de biomasses agricoles est née au Danemark et a été mise en application dès 1988 grâce au soutien du gouvernement. Elle consiste à collecter dans le voisinage du lisier et du fumier agricole ainsi que des déchets organiques industriels divers, éventuellement des boues de stations d'épuration et des ordures ménagères, et à les méthaniser ensemble. Les fermes qui fournissent la matière première récupèrent une partie du lisier digéré en tant qu'amendement organique, le reste étant vendu comme engrais à des cultures céréalières. Le biogaz produit est valorisé sous plusieurs formes (chaleur, électricité, gaz de réseau).

Prenons l'exemple de l'unité de Lintrup, dans le sud du pays, construite en 1990 par une coopérative regroupant 62 agriculteurs situés dans un rayon de 7 km. Chaque jour, elle reçoit 360 mètres cubes de matières organiques composés de 300 mètres cubes de lisier, 10 mètres cubes de boue de stations d'épuration, 20 mètres cubes de déchets de poissons, 25 mètres cubes de déchets d'abattoirs et 5 mètres cubes de déchets d'industries pharmaceutiques. Le biogaz produit (33 mètres cubes par tonne de déchets traités) est épuré puis vendu au réseau de chaleur de la ville voisine de Rodding (environ

0,50 \$/m³) (Association technique énergie et environnement 2007) où il est valorisé sous forme de chaleur et d'électricité. Il assure ainsi 60 % des besoins d'électricité et 40 % des besoins de chaleur des 4200 habitants. La matière organique solide résultante est transformée en compost dont une partie est redistribuée aux agriculteurs adhérents et l'autre vendue. Quant aux effluents liquides, constitués de lisier méthanisé (donc homogénéisé et désodorisé), ils sont eux aussi redistribués en partie aux adhérents, chacun n'en recevant que la quantité qui lui est nécessaire selon le plan d'épandage. Le reste est vendu comme engrais (0,60 \$ à 1,20 \$/m³ en automne jusqu'à 2,40 \$ à 3,20 \$/m³ au printemps) (Association technique énergie et environnement 2007).

Le bilan économique de l'opération est mitigé. Avec un investissement de départ de 8 millions de dollars et des frais d'exploitation de 600 000 \$/an, l'installation n'est amortissable qu'en 8 à 10 ans grâce à la subvention de 3 millions de dollars accordée par le ministère danois de l'Énergie (Association technique énergie et environnement 2007). L'essentiel des revenus provient de la vente du biogaz (800 000 à 1 000 000 \$/an) et du coût d'enlèvement que paient les industriels pour se débarrasser de leurs déchets (environ 200 000 \$/an) (Association technique énergie et environnement 2007). Ce bilan, cependant, ne tient pas compte des économies d'engrais commerciaux réalisées par les agriculteurs adhérents, qui ont signé un contrat de dix ans.

Les dix premières unités construites ont fait l'objet, en 1995, d'une évaluation technico-économique de la part des ministères danois de l'Énergie, de l'Agriculture et de l'Environnement. L'objet ultime de cette étude était de savoir si ces unités allaient pouvoir bientôt se passer de subventions. Ce n'est pas encore le cas, mais le taux d'aide a quand même été abaissé à 20 % en 1997 (Association technique énergie et environnement 2007). Il convient néanmoins d'ajouter qu'au Danemark, les sources d'énergies renouvelables sont exemptées de taxes et que leurs producteurs perçoivent même une partie des taxes pesant sur les combustibles fossiles, ce qui confère au biogaz une valeur marchande de l'ordre de 0,30 \$/m³ (à 65 % de méthane). L'étude a montré que les performances des unités allaient en croissant, que la production de méthane augmentait et que la productivité dépassait largement les chiffres prévus. Ces performances sont cependant liées à la présence des déchets industriels à forte teneur en matières organiques putrescibles, ce qui pose le problème de la pérennité de leur fourniture. Le

gouvernement danois se repose donc la question du "biogaz à la ferme", qui éviterait en outre les transports de matières pénalisants pour l'économie des projets.

Ce fut, en Europe du moins, un rêve des années 70 qui, comme beaucoup d'autres en matière d'énergies renouvelables, a abouti à un échec. En résumé, on a voulu aller trop vite, sans avoir acquis au préalable la culture technique nécessaire. Sur la centaine d'installations construites en France, par exemple, une dizaine seulement ont survécu. La situation est la même dans les autres pays d'Europe ; les programmes internationaux lancés en Afrique et en Amérique Latine n'ont pas eu le succès escompté, malgré un argument convaincant : la production de biogaz devait y ralentir la déforestation et la désertification.

Par ailleurs, ce n'est pas le cas en Chine, en Inde, ni au Népal, où des millions de bioréacteurs sont en fonctionnement. La Chine et l'Inde possédaient une culture technique de la méthanisation depuis les années 30 et les recherches sur ce thème n'y ont jamais été interrompues (le Népal a adopté la technologie indienne). Il faut ajouter que, dans ces trois pays, les gouvernements se sont impliqués en apportant des aides : subventions à l'investissement et prêts à taux préférentiels en Inde et au Népal, allocation de main d'œuvre gratuite en Chine. Le développement de la méthanisation à la ferme s'est pourtant déroulé de façon très différente d'un pays à l'autre.

En Chine, l'affaire a failli tourner court, comme en Europe, et pour la même raison. Les quelques 7 millions d'installations familiales construites au début des années 80 par les paysans eux-mêmes à coût très faible étaient d'une qualité insuffisante et leur durée de vie ne dépassait guère un an ou deux. Depuis la fin des années 80, le gouvernement chinois a rectifié le tir et les bioréacteurs sont désormais construits par des équipes compétentes et selon des techniques éprouvées. Le programme a pris du retard, mais il se poursuit. Le gouvernement indien s'est montré plus sage. Dans les années 60, il a lancé un programme de recherches avec la Khadi and Village Industries Commission (KVCI) qui a abouti à la mise au point d'unités de méthanisation, certes plus chères que les chinoises, mais de bien meilleure qualité. Ce n'est qu'ensuite, au début des années 80 qu'il a mis sur pied le programme de diffusion en y associant des organismes publics, des sociétés privées et des associations.

Au Népal, c'est un événement extérieur qui a servi au développement. La Banque du développement agricole (ADB/N) avait lancé un programme en 1977 en coopération avec la société gazière locale, la Gabor Gas Company, avec un succès notoire, mais lent. Mais au début des années 90, une tension politique grave avec l'Inde a raréfié brutalement l'approvisionnement en bouteilles de gaz et en carburant pendant six mois. Le gouvernement des Pays-Bas s'est intéressé au problème et, par le biais de son agence de coopération, la SNV, a cofinancé en 1992 un programme de développement du biogaz à la ferme. L'objectif était la construction de 20 000 unités en 5 ans et il fut largement dépassé. Durant la même période, la filière industrielle s'est constituée (26 constructeurs privés) et un organisme de contrôle de la qualité des équipements a été mis en place. Ce programme a été reconduit, toujours avec le soutien des Pays-Bas, pour la période 1998-2003, avec cette fois un objectif de 100 000 unités à construire.

4. LES SITES D'ENFOUISSEMENT

Les sous-sections suivantes ont pour but de mettre en relief d'une part les quantités de matières putrescibles disponibles par région administrative au Québec et d'une seconde part le potentiel énergétique de cette biomasse.

4.1 Densité de la population

Selon le recensement de 2001(Institut de la statistique 2007) , le Québec comptait à ce moment une population de 7 237 479 habitants. Le tableau 4.1 montre la densité de la population par région administrative.

Tableau 4.1 Densité de la population au Québec en 2001 par région administrative^(a)

Région administrative	Superficie (km ²)	Population	Densité hab./km ²
Bas-Saint-Laurent	22 232,1	200 630	9,0
Saguenay-Lac-Saint-Jean	98 708,8	278 279	2,8
Capitale-Nationale	18 794,7	638 917	34,0
Mauricie	35 855,7	255 268	7,1
Estrie	10 209,3	285 613	28,0
Montréal	500,1	1 812 723	3 625,1
Outaouais	30 761,1	315 546	10,3
Abitibi-Témiscamingue	57 668,6	146 097	2,5
Côte-Nord	248 440,4	97 766	0,4
Nord-du-Québec	747 719,9	38 575	0,1
Gaspésie-îles-de-la-Madeleine	20 308,2	96 924	4,8
Chaudière-Appalaches	15 069,4	383 376	25,4
Laval	247,1	343 005	1 388,3
Lanaudière	12 413,9	388 495	31,3
Laurentides	20 744,3	461 366	22,2
Montérégie	11 131,2	1 276 397	114,7
Centre-du-Québec	6 938,6	218 502	31,5
Total :	1 357 743,1	7 237 479	5,3

(a) : Tiré de l'Institut de la statistique (2005)

4.2 Puissance de la biomasse

On compte au Québec en 2007 61 sites d'enfouissement et 5 incinérateurs (MDDEP 2007). La liste des sites d'enfouissement et leur localisation est incluse à l'Annexe 1.

La collecte des matières organiques est présentement en développement au Québec. Cette collecte comprend les résidus verts, tel que les branches, herbes et feuilles ainsi que les restes de table. Actuellement, on compte 44 installations de compostage au Québec. De plus, les villes ou municipalités de Laval, Victoriaville, Lachute, Saint-Donat, Rawdon et les Îles-de-la-Madeleine (Recyc-Québec 2006) font présentement la collecte des matières organiques comprenant les résidus de table. En 2006, la quantité de matières organiques récupérées s'élevait à 360 000 tonnes (Recyc-Québec 2006) sur un potentiel d'environ 4 500 000 tonnes.

Les sites d'enfouissement engendrent du biogaz par le confinement de la matière organique enfouie. Ce biogaz est produit par la décomposition anaérobie des matières organiques et constitue une source d'énergie qui peut être captée et utilisée comme combustible pour les bouilloires industrielles et pour l'alimentation de moteurs produisant de l'électricité, par exemple.

Plusieurs sites d'enfouissement en Amérique du Nord récupèrent leur biogaz et distribuent l'énergie. Par exemple, le site de Waste Management à Sainte-Sophie dans la région des Laurentides approvisionne en méthane la papetière Cascades de Saint-Jérôme depuis 2005 (WM Québec 2007). Le biogaz est acheminé par pipeline du site d'enfouissement à la papetière, sur une distance de 13 kilomètres.

Le captage des biogaz se fait de façon progressive au cours de l'enfouissement des déchets, au lieu d'être implanté seulement lors de l'atteinte du niveau final. De cette façon, on améliore le captage des biogaz pendant toute la durée de vie utile du site et on réduit la production des GES.

Divers résultats démontrent que les charges en matières polluantes des lixiviats provenant des sites récupérant leur biogaz tendent à être inférieures aux sites conventionnels et à diminuer dans le temps et ce, de façon rapide après la fermeture du site. Les charges

réduites résulteraient d'une plus grande transformation de la matière organique en biogaz, d'une dégradation accélérée et d'une stabilisation plus rapide des déchets. De plus, le lixiviat circulé est une source de liquide, d'éléments nutritifs et de matières organiques, tous requis au processus de dégradation de la matière organique.

Les quantités de lixiviat à traiter sont inférieures pour un site récupérant ses biogaz comparativement à un site conventionnel. Ce phénomène résulte de plusieurs facteurs dont une utilisation supérieure de la capacité d'absorption des déchets et de la consommation de liquide pour la production de biogaz. Les besoins en traitement sont donc inférieurs, réduisant les rejets potentiels tout en procurant des économies d'opération. La durée du traitement post-fermeture se trouve également réduite.

Les sites récupérant ses biogaz subissent un tassement accéléré des déchets permettant une récupération d'espace sur la durée de vie active du site (au lieu d'une durée prolongée sur la période post-fermeture d'un site conventionnel). Cette récupération d'espace peut représenter 35 à 50 % du volume utile du site, réduisant d'autant plus les besoins d'agrandissement futurs. La stabilité à long terme du recouvrement final est ainsi améliorée, dû au faible tassement observé après fermeture. Le tassement accéléré s'explique par plusieurs facteurs, dont l'activité biologique, la dissolution de la portion soluble des déchets, la compaction plus élevée des couches inférieures due au poids accru des déchets sus-jacents et au transport de particules fines par les liquides vers des vides plus importants.

Une fois les déchets stabilisés (moins de dix ans après la récupération des biogaz), ils ne sont plus sujets à une augmentation d'activité biologique ni à un tassement significatif. Près de 80 % des déchets sont stabilisés à la fermeture du site et la balance le sera dix ans après la fermeture. La production de biogaz est essentiellement complétée après cette période de même que le tassement. Avec la diminution rapide des charges du lixiviat, les impacts potentiels à long terme du site diminuent grandement.

4.3 Potentiel des sites d'enfouissement

Comme cité dans la section 1.2, la quantité de matières organiques (putrescibles) générée par le secteur résidentiel est de 44 % du total généré par ce même secteur.

Puisqu'aucune donnée dans le bilan de 2006 indique la quantité de matières organiques produite pour tous les secteurs (ICI, CRD et municipal), le potentiel de récupération des matières organiques a été calculé de façon conservatrice, uniquement pour le secteur municipal, avec le taux évalué généré uniquement pour le secteur résidentiel en 2006 (Recyc-Québec 2007).

Rappelons que la quantité de matières résiduelles générées par le secteur municipal était de 3 015 000 tonnes en 2006, sans compter les boues municipales. À titre indicatif, on a éliminé 131 000 tonnes de boues municipales en 2006 (Recyc-Québec 2007). Puisque la quantité de matières organiques pour le secteur résidentiel équivaut à 44 % de son sac de poubelle, considérant qu'avec une population de 7 237 479 habitants (selon le recensement de 2001), la quantité de matières organiques, pour le secteur résidentiel, équivaut approximativement à 183 kg/an/habitant.

Le tableau 4.2 de la page suivante représente la quantité de matières organiques générée par le secteur résidentiel et par région administrative. Le nombre de sites d'élimination (enfouissement ou incinération) y est inscrit qu'à titre indicatif seulement. La population qui y figure provient du recensement de 2001, tel qu'illustré à la section 4.1. La quantité de matières organiques générée pour le secteur résidentiel équivaut à 183 kg/an/habitant, tel que décrit plus haut.

Chaque mètre cube de biogaz contient l'équivalent de 6 kWh d'énergie calorifique. Toutefois la conversion du biogaz en électricité par une génératrice électrique ne produit que 2 kWh (en électricité), le reste de l'énergie est dissipé sous forme de chaleur qui peut être récupérée et utilisée pour d'autres applications (Électrigaz 2007). À titre comparatif, 2 kWh est la quantité d'énergie nécessaire pour alimenter une ampoule de 100W pendant 20 heures ou un séchoir à cheveux de 2000 W pendant 1 heure.

Tableau 4.2 Quantité de matières putrescibles pour le secteur résidentiel générée par région administrative et potentiel énergétique

Région administrative	Nombre de sites d'élimination	Population ^(a) (2001)	Résidu de table (tonne/an)	Équivalence site d'enfouissement (kWh /an)	Équivalence Bioréacteur (kWh /an)
Bas-Saint-Laurent	7	200 630	36 715	1 468 600	14 686 000
Saguenay-Lac-Saint-Jean	4	278 279	50 925	2 037 000	20 370 000
Capitale-Nationale	6	638 917	116 922	4 676 880	46 768 800
Mauricie	2	255 268	46 714	1 868 560	18 685 600
Estrie	7	285 613	52 267	2 090 680	20 906 800
Montréal	2	1 812 723	331 728	13 269 120	132 691 200
Outaouais	1	315 546	57 745	2 309 800	23 098 000
Abitibi-Témiscamingue	4	146 097	26 736	1 069 440	10 694 400
Côte-Nord	7	97 766	17 891	715 640	7 156 400
Nord-du-Québec	2	38 575	7 059	282 360	2 823 600
Gaspésie-îles-de-la-Madeleine	5	96 924	17 737	709 480	7 094 800
Chaudière-Appalaches	10	383 376	70 159	2 806 360	28 063 600
Laval	0	343 005	62 770	2 510 800	25 108 000
Lanaudière	2	388 495	71 095	2 843 800	28 438 000
Laurentides	4	461 366	84 430	3 377 200	33 772 000
Montérégie	3	1 276 397	233 581	9 343 240	93 432 400
Centre-du-Québec	2	218 502	39 986	1 599 440	15 994 400
Total :	66	7 237 479	1 324 460	52 978 400	529 784 000

(a) Institut de la statistique 2005.

En ce qui concerne le potentiel énergétique, chaque tonne de matière putrescible équivaut à près de 20 mètres cubes de biogaz pour un site d'enfouissement à l'état plus ou moins statique, alors que la technologie par bioréacteur peut produire jusqu'à 800 mètres cubes de biogaz par tonne de matières putrescibles (Électrigaz 2007). Comme expliqué à la section 3.2, chaque mètre cube de biogaz équivaut à 2kWh. Dans le tableau 4.2, l'équivalence en kWh pour les sites d'enfouissement correspond, pour chaque tonne de matières putrescibles, à 20 mètres cubes de biogaz x 2 kWh, soit 40 kWh. En ce qui a trait au bioréacteur, chaque tonne de matières putrescibles correspond à 200 mètres cubes de biogaz x 2 kWh, soit 400 kWh.

L'objectif du tableau 4.2, est de présenter le potentiel énergétique par unité de masse de matières organiques (résidus de table) produite par le secteur résidentiel et ce, par région administrative. Ainsi, il est à remarquer que la technologie de la méthanisation par bioréacteurs pourrait théoriquement produire jusqu'à 529 784 000 kWh. Selon un taux de consommation moyen de 17 000 kW/h par année par résidence (Robert 2005), la production de 529 784 000 kWh équivaut à l'alimentation de 31 164 résidences par année, ou environ 26 millions \$/an.

5. GESTION DES LISIERS AU QUÉBEC

Les sections suivantes présentent les chiffres récents du nombre de porcs produits, au nombre de producteurs, à l'exportation, à la taille des entreprises et au potentiel économique de la production de biogaz pour le secteur porcin au Québec.

5.1 Production annuelle par territoire

Le Québec est la principale province productrice de porcs au Canada avec une production d'un peu plus de 7 750 000 porcs en 2004. Ces chiffres étaient de 7 512 000 porcs en 2003 et de 7 399 000 porcs en 2002. C'est donc dire que la production de porcs au Québec a augmenté de 1,53 % en 2003 et de 3,17 % en 2004 et ce, malgré le moratoire sur la production porcine imposé par le gouvernement en 2002. Pour fins de comparaison, la production canadienne de porcs a augmenté de 3,9 % en 2004 par rapport à 2003, et celle des États-Unis de 2,7 % (Coalition Eau Secours! 2006).

Le volume annuel de production ne doit pas être confondu avec le nombre de porcs en inventaire sur les exploitations porcines pendant l'année. Le Québec comptait environ 3,9 millions de porcs en inventaire en 2004 (Coalition Eau Secours! 2006) et 4,2 millions de porcs en 2006 (Institut de la statistique). Les principales régions productrices de porcs étaient en 2004 :

- La région de St-Hyacinthe (2,16 millions de porcs);
- La région de Québec (1,4 million de porcs);
- La Beauce (1,2 million de porcs);
- Le Centre-du-Québec (802 000 porcs);
- L'Estrie (566 000 porcs);
- Lanaudière (464 000 porcs); et
- St-Jean sur-le-Richelieu et Valleyfield (119 000 porcs).

En ce qui concerne le nombre de producteurs de porcs, il était de 4097 en 2004 contre 4309 en 2003, une baisse de 212 en un an (Coalition Eau Secours! 2006). Cette diminution s'est répartie dans l'ensemble des régions productrices. Une telle baisse en

l'espace d'un an seulement, alors que la production augmente, laisse supposer l'accroissement de la taille des intégrateurs existants.

Les producteurs se divisent en naisseurs, finisseurs, naisseurs-finisieurs et en reproducteurs. On appelle naisseurs les producteurs qui possèdent un troupeau de truies donnant naissance à des porcelets qui seront destinés à l'engraissement. Les finisseurs, de leur côté sont ceux qui engraisent les porcelets jusqu'au poids du marché. La moitié des producteurs québécois sont à la fois naisseurs et finisseurs. Enfin, les reproducteurs produisent les porcs qui sont destinés à la reproduction. Au Québec, outre les naisseurs-finisieurs, les producteurs porcins se divisent en finisseurs (25 %), en naisseurs (20 %) et en reproducteurs (2 %) (La financière agricole du Québec 2005).

Les producteurs se divisent également en producteurs indépendants et en intégrateurs. Techniquement, environ 40 % à 45 % des producteurs porcins seraient des producteurs indépendants. On appelle un intégrateur un meunier qui fait faire l'élevage du porc à contrat chez les autres. Il existe une dizaine de gros intégrateurs au Québec (Robitaille, Breton, Brochu, Ménard, ect.). Au cours des dernières années, le nombre d'intégrateurs n'a pas augmenté, mais leur taille s'est accrue (Coalition Eau Secours! 2006).

Certains producteurs et certains intégrateurs sont également regroupés sous forme de coopérative. On peut penser par exemple à la coopérative Olymel, qui abat 75 % des porcs au Québec (Coalition Eau Secours! 2006).

5.2 Densité des porcheries

Comme la superficie des terres agricoles à recevoir le lisier comme engrais a diminué depuis 1951, soit 3,4 millions d'hectares de terres cultivables en 1951 contre 1,9 millions d'hectares de terres cultivables en 1996 et qu'en l'occurrence le nombre d'unités de porcs a triplé, une problématique croissante de surplus de lisier est actuellement en cours au début du 21^{ème} siècle.

De plus, le nombre d'éleveurs de porcs a diminué, cependant la taille des porcheries a augmenté. Ces grandes exploitations d'élevage intensif (EEI) élèvent des milliers de porcs. Par exemple, les huit plus grandes industries porcines au Canada élèvent chacune

environ 200 000 porcs. Il est à noter que l'élevage de porcs n'a pas besoin de terres cultivables, puisque les porcs sont engraisés à l'intérieur des étables. Donc, la gestion du surplus de lisier devient préoccupante, puisqu'il faut exporter le lisier.

En effet, malgré que le volume annuel total de déjections animales apparaît constant au Québec, soit environ 32 millions de mètres cubes de déjections animales dont environ 10 millions de mètres cubes de lisier (MDDEP 2003), les exploitations agricoles, moins nombreuses, ont à valoriser un volume de plus en plus grand de ces engrais. La quantité de lisier a été multipliée par 90 entre 1951 et 2001 (MDDEP 2003). Selon le recensement des entreprises porcines (GREPA, 1998), 28 % des porcheries ne possèdent pas des terres suffisantes pour épandre leur lisier. Environ 60 % des porcheries doivent avoir recours à des ententes d'épandage, étant donné leur manque de terre agricole (MDDEP 2003). Ce pourcentage équivaut approximativement à 6 millions de mètres cubes de lisier à exporter par année.

Par exemple, le bassin versant qui possède le plus grand surplus de lisier au Québec est la rivière Bayonne dans la région de Lanaudière, qui possède quatre fois plus de lisier que ce que son territoire peut absorber (MDDEP 1999).

Selon le MDDEP (MDDEP 1999), les régions administratives ayant le plus grand volume de lisier à gérer, sont : Lanaudière, Chaudières Appalaches, Montérégie et Centre-du-Québec. Selon le tableau 5.1, les bassins versants qui doivent gérer un surplus de lisier sont :

Tableau 5.1 Surplus de lisier par bassin versant ^(a)

Bassin versant	Région administrative	Surplus de lisier
Bayonne	Lanaudière	400 %
Etchemin	Chaudières Appalaches	240 %
Chaudière	Chaudières Appalaches	180 %
Yamaska	Montérégie	165 %
L'Assomption	Lanaudière	150 %
Boyer	Chaudières Appalaches	140 %
Nicolet	Centre-du-Québec	120 %
Saint-François	Centre-du-Québec	115 %

(a) MDDEP 2003

En 2006, le nombre total de porcs sur le territoire québécois se chiffrait à environ 4,2 millions. Comme expliqué au début de la section, ce chiffre ne comprend pas le nombre total de porcs produits, mais plutôt le nombre moyen de porcs en inventaire. Le tableau 5.2 de la page suivante présente le nombre de porcs en inventaire en 2006 par région administrative. Les régions de la Chaudière-Appalaches et de la Montérégie comprennent plus d'un million de porcs en inventaire chacune.

Afin de voir le potentiel énergétique, la quantité de lisier produite par région administrative est comparée au potentiel d'énergie disponible. Comme expliqué à la section 3.2, une tonne de fumier à l'état statique produit en 90 jours environ 60 mètres cubes de biogaz comprenant 55 % de méthane et dans un bioréacteur, une tonne de matière organique agricole produit environ 500 mètres cubes de méthane.

Puisqu'au Québec, environ 10 millions de mètres cubes de lisier sont produits approximativement chaque année et que l'inventaire de porcs était de 4,2 millions en 2006, on peut estimer à environ 2,4 mètres cubes de lisier par porc par année. Chaque mètre cube de lisier a été estimé à approximativement 1,3 tonne. Ainsi, pour fin d'estimer dans la présente étude, chaque porc produit environ 3,1 tonnes de lisier par année.

Comme expliqué à la section 4.3, un mètre cube de biogaz équivaut à 2kWh une fois transformé à l'aide d'une génératrice. Dans le tableau 5.2, l'équivalence en kWh pour la production de biogaz à partir du lisier, correspond pour chaque tonne de lisier entreposée, à 60 mètres cubes de biogaz x 2 kWh, soit 120 kWh. En ce qui a trait au bioréacteur, chaque tonne de lisier correspond à 500 mètres cubes de biogaz x 2 kWh, soit 1000 kWh.

Ainsi, un potentiel énergétique théorique de 13 milliards de kWh pourrait être produit par le traitement du lisier à l'aide de bioréacteurs, pour l'ensemble du Québec. Selon un taux de consommation moyen de 17 000 kW/h par année par résidence (Robert 2005), cette énergie correspond environ à l'alimentation de 766 300 résidences par année, ou environ 650 millions \$/an.

Tableau 5.2 Nombre de porcs par région administrative en 2006^(a) et équivalence en énergie verte

Région administrative	Nombre de porcs (2006)	Équivalence en lisier (tonnes / an)	Équivalence Entreposage (kWh / an)	Équivalence Bioréacteur (kWh / an)
Bas-Saint-Laurent	153 459	475 723	57 086 760	475 723 000
Saguenay-Lac-Saint-Jean	16 954	52 557	6 306 840	52 557 000
Capitale-Nationale	97 433	302 042	36 245 040	302 042 000
Mauricie	142 945	443 130	53 175 600	443 130 000
Estrie	249 363	773 025	92 763 000	773 025 000
Montréal	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Outaouais	365	1 132	135 840	1 132 000
Abitibi-Témiscamingue	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Côte-Nord	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Nord-du-Québec	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Gaspésie-îles-de-la-Madeleine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Chaudière-Appalaches	1 296 635	4 019 569	482 348 280	4 019 569 000
Laval	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Lanaudière	274 458	850 820	102 098 400	850 820 000
Laurentides	31 178	96 652	11 598 240	96 652 000
Montérégie	1 420 141	4 402 437	528 292 440	4 402 437 000
Centre-du-Québec	519 365	1 610 032	193 203 840	1 610 032 000
Total :	4 202 296	13 027 119	1 563 254 280	13 027 119 000

(a) Institut de la statistique. Inventaire de fin de semestre de porcs, par région administrative, Québec 2005-2006, Institut de la statistique, 2007.

5.3 Fermes éco-énergétiques

L'idée d'évaluer la possibilité de créer une ferme éco-énergétique représente une solution de développement durable. L'utilisation d'énergies renouvelables permet d'accompagner concrètement les producteurs et les entreprises agricoles dans la recherche de solutions novatrices pouvant réduire leurs coûts de production, tout en réduisant les effets néfastes du surplus de lisier dans l'environnement.

Comme cette technologie est récente au Canada, les premiers bioréacteurs sont inspirés des systèmes au point en Europe, où la génération de biogaz est beaucoup plus répandue. Cependant, quelques entreprises canadiennes telles que RENTEC Renewable Energy Technologies, située à Peterborough, en Ontario, Clear Green Technology à Saskatoon, en Saskatchewan, et Bio Terre à St. Andrews, au Manitoba et à Sherbrooke, au Québec, offrent maintenant des solutions conçues au Canada.

La consommation annuelle moyenne par compte agricole au Québec représente environ 30 000 kWh. La hausse des coûts d'énergie devient donc une préoccupation grandissante pour les producteurs agricoles. Quelques fermes énergétiques sont en développement au Québec, tel que la ferme porcine St-Hilaire, dans la région de la Chaudière-Appalaches, où par exemple, environ 165 000 litres de propane sont produits annuellement (Bio Terre Systems 2006). Selon un taux de consommation moyen de 17 000 kW/h par année par résidence (Robert 2005), cette production brute de 165 000 litres de propane équivaut à l'alimentation de 62 résidences par année, ou environ 53 000 \$ bruts par année. Si l'on considère qu'un mètre cube de propane équivaut à environ 500 kg (Futura science 2007) et qu'un kg de propane équivaut à environ 12,8 kW/h (Futura science 2007), la production de 165 000 litres de propane correspond annuellement à environ 1 056 000 kW/h.

L'installation d'un petit bioréacteur à la ferme coûte environ 300 000 \$ et selon son rendement, il devient rentable après dix ans (McClinton 2007). Cependant, ce système demande une surveillance technologique constante, afin d'avoir un rendement optimal en tout temps. Effectivement, ce système est sensible aux variations des températures saisonnières, du temps de digestion et du brassage du lisier dans le bioréacteur. De plus, le moteur, le système d'aspiration et le système de contrôle peuvent avoir des problèmes

en cours d'utilisation, sans oublier que certaines pièces peuvent vieillir prématurément dû à l'acidité du lisier.

Cependant, comme le coût de l'électricité au Québec est très compétitif, la méthanisation à la ferme est difficilement rentable économiquement puisque les coûts d'installation, d'entretien des équipements, de sécurité et de production d'électricité sont onéreux (Boivin 2007). Par ailleurs, l'augmentation du volume d'énergie biogaz par l'apport de d'autres éléments que le lisier, tel que les matières putrescibles municipales (boues d'usine d'épuration, résidus de table), pourrait permettre aux fermes énergétiques de rentabiliser leur procédé avant dix ans et de prolonger la vie des sites d'enfouissement.

Dans les systèmes de codigestion, le bioréacteur a tout d'un réservoir de stockage de lisier ordinaire sauf qu'il est surmonté d'une membrane en caoutchouc ressemblant à un ballon. Le lisier, les résidus de table et autres déchets organiques biodégradables sont déversés dans le bioréacteur. Résultant des processus de décomposition anaérobie et de fermentation, le méthane est piégé dans le ballon. Le gaz, à son tour, alimente un moteur à combustion interne qui fait fonctionner un générateur électrique. Cependant, il est préférable de séparer le lisier des autres résidus organiques à l'intérieur de deux bioréacteurs distincts, voir en parallèle, puisque les bactéries nécessaires à la digestion anaérobie ne sont pas les mêmes pour le lisier que pour les résidus de table. De plus, il n'est pas recommandé d'introduire dans un bioréacteur des résidus organiques fibreux, tel que le papier, le carton, les feuilles et les herbes; les résidus organiques fibreux se décomposent plus facilement à l'aide d'oxygène et produisent très peu de GES.

L'avantage d'un système de codigestion en parallèle à la ferme est l'introduction directe du lisier dans un bioréacteur, éliminant la dégradation du lisier lors de l'entreposage et du transport vers un autre centre de traitement. Un autre avantage du système en parallèle est que les composts issus du procédé sont séparés pour le lisier d'une part, et pour les résidus de table avec les boues municipales d'une autre part. Cet avantage permet d'épandre le compost de lisier sans problème de contamination. Par contre, le compost issu des résidus de table et des boues municipales peut renfermer des matières inorganiques qui n'ont pu être triées au préalable. Ce compost peut être réutilisé comme terre végétale dans les parcs, les terrains de golf ainsi que les terrains institutionnels, des commerces et des industries.

6. POTENTIEL ÉCONOMIQUE DES MATIÈRES PUTRESCIBLES AU QUÉBEC

Les matières putrescibles en abondance au Québec pouvant être valorisées comme énergie verte sont, entre autres, les résidus de table, les boues municipales, le lisier et le fumier ainsi que le maïs, par exemple. Dans les sous-sections suivantes, seuls les résidus de table et le lisier ont été considérés, puisque ces deux matières putrescibles sont présentement, au Québec, un problème environnemental car leur mode de gestion actuelle libère des contaminants dans la nature.

6.1 Rendements énergétiques

Il est important de préciser, voire d'implanter au Québec pour la réussite d'un projet de codigestion à la ferme, de réglementer une collecte des matières résiduelles à deux voies. Plus spécifiquement, que les matières organiques (résidus de table uniquement) soient récupérées dans un bac et que les matières inorganiques soient récupérées dans un second bac. Cette nouvelle approche permettrait de récupérer le maximum de matières organiques sans qu'elles ne contiennent des matières non-putrescibles. (Par ailleurs, la collecte des matières inorganiques permettrait au centre de tri de récupérer 100 % de leurs matières recyclables au niveau résidentiel, d'autant plus que moins de 5 % des matières inorganiques sont vouées à l'élimination).

Le tableau 6.1 à la page suivante classe les régions administratives par potentiel énergétique, soit selon leur nombre de citoyens produisant des résidus de table et selon leur inventaire de porcs. Ce potentiel est traduit en kWh et en équivalence énergétique par nombre de résidences pouvant être fournis en électricité via le biogaz produit.

Au Québec, le potentiel énergétique de la biomasse est très important, puisqu'au total près de 800 000 résidences unifamiliales peuvent être fournies en électricité tout au long de l'année, via le biogaz. Cependant, le potentiel énergétique diffère grandement selon les régions administratives. En fait, les régions comprenant le plus grand inventaire de porcs sont littéralement avantagées. Ce phénomène s'explique premièrement par la masse de résidus de table au Québec qui équivaut seulement à 1,3 million de tonnes/an comparativement au lisier qui équivaut à 13 millions de tonnes/an. De plus, une tonne de

résidus de table équivaut à la sortie d'un bioréacteur à un maximum de 400 kWh, tandis qu'une tonne de lisier équivaut à un maximum de 1000 kWh.

Tableau 6.1 Accessibilité des matières putrescibles au Québec

Région administrative	Résidus de table Bioréacteur (kWh /an)	Lisier par Bioréacteur (kWh / an)	Total Bioréacteur (kWh / an)	Équivalence Nombre de résidences (17000KWh/an)
Montérégie	93 432 400	4 402 437 000	4 495 869 400	264 463
Chaudière- Appalaches	28 063 600	4 019 569 000	4 047 632 600	238 096
Centre-du-Québec	15 994 400	1 610 032 000	1 626 026 400	95 647
Lanaudière	28 438 000	850 820 000	879 258 000	51 721
Estrie	20 906 800	773 025 000	793 931 800	46 702
Bas-Saint-Laurent	14 686 000	475 723 000	490 409 000	28 848
Mauricie	18 685 600	443 130 000	461 815 600	27 166
Capitale-Nationale	46 768 800	302 042 000	348 810 800	20 518
Montréal	132 691 200	n.d.	132 691 200	7 805
Laurentides	33 772 000	96 652 000	130 424 000	7 672
Saguenay-Lac-Saint- Jean	20 370 000	52 557 000	72 927 000	4 290
Laval	25 108 000	n.d.	25 108 000	1 477
Outaouais	23 098 000	1 132 000	24 230 000	1 425
Abitibi- Témiscamingue	10 694 400	n.d.	10 694 400	629
Côte-Nord	7 156 400	n.d.	7 156 400	421
Gaspésie-îles-de-la- Madeleine	7 094 800	n.d.	7 094 800	417
Nord-du-Québec	2 823 600	n.d.	2 823 600	166
Total :	529 784 000	13 027 119 000	13 556 903 000	797 465

Les deux régions de la Montérégie et de la Chaudière-Appalaches pourraient produire à eux seules plus de 60 % de l'énergie verte disponible au Québec, avec une capacité d'alimenter près de 250 000 résidences unifamiliales chacune.

Du troisième rang au huitième rang, se classent en ordre de potentiel, les régions du Centre-du-Québec, de Lanaudière, de l'Estrie, du Bas-Saint-Laurent, de la Mauricie et de la Capitale-Nationale, avec un potentiel d'alimenter entre 20 000 et 100 000 résidences unifamiliales.

Aux neuvième et dixième rangs, se classent les régions de Montréal et des Laurentides, pouvant alimenter près de 7500 résidences unifamiliales chacune. Les régions du Saguenay-Lac-Saint-Jean, de Laval et de l'Outaouais sont aux onzième, douzième et treizième rangs, avec un potentiel d'alimenter entre 1 000 et 5 000 résidences unifamiliales par an. Les quatre derniers rangs sont des régions éloignées, soit l'Abitibi-Témiscamingue, la Côte-Nord, la Gaspésie-îles-de-la-Madeleine et le Nord-du-Québec, pouvant alimenter entre 100 et 700 résidences unifamiliales par an chacune.

6.2 Accessibilité des ressources putrescibles

L'accessibilité des ressources putrescibles a été implantée par rapport à la collecte des matières résiduelles du secteur résidentiel et par rapport à la collecte du lisier par régions administratives du Québec selon une distribution uniforme. La densité de la population n'est pas un facteur important, puisque en région rurale comme urbaine, le transport des matières organiques irait directement dans une ferme éco-énergétique, plutôt que d'aller dans un site d'enfouissement. Sans avoir étudié la localisation exacte des 61 sites d'enfouissement disponibles au Québec, la distance semble comparable si l'on plante par exemple le même nombre de fermes éco-énergétiques réparties à proximité des sites d'enfouissement.

Le seul élément qui diffère est que certaines régions administratives ne comportent pas ou peu de fermes porcines qui seraient propices à établir un système de traitement des matières putrescibles. Par exemple, les régions de Montréal et de Laval peuvent alimenter respectivement près de 7500 et 1500 résidences unifamiliales chacune, mais ne possèdent pas de fermes porcines. Toutefois, dû à la proximité des territoires de la Montérégie et de Lanaudière, les régions administratives de Montréal et de Laval pourraient facilement décharger leurs résidus organiques dans des bioréacteurs implantés dans ces deux autres régions. Il est à noter que présentement la Ville de Laval prévoit prochainement implanter une collecte des résidus organiques sur son territoire.

L'accessibilité des ressources putrescibles a été premièrement choisie selon les régions administratives comprenant un inventaire porcin. Par la suite, l'accessibilité a été classée selon le potentielle énergétique par région administrative.

Ainsi se classent les dix premières régions pouvant le mieux desservir leur population pour la collecte des résidus de table :

1. Montérégie (incluant Montréal)
2. Chaudière-Appalaches
3. Centre-du-Québec
4. Lanaudière (incluant Laval)
5. Estrie
6. Bas-Saint-Laurent
7. Mauricie
8. Capitale-Nationale
9. Laurentides
10. Saguenay-Lac-Saint-Jean

6.3 Coûts environnementaux

L'implantation d'une collecte à deux voies, soit celle des résidus organiques d'une part et celle des résidus inorganiques d'autre part, permettrait de récupérer près de 95 % des matières résiduelles dans le secteur résidentiel, tout en produisant une énergie verte. En fait, seulement près de 5 % des matières résiduelles produites par le secteur résidentiel seraient vouées à l'élimination, alors qu'en 2005-2006, on en éliminait près de 69 % pour le secteur résidentiel (voir section 1.2).

La collecte des matières organiques permettrait d'éliminer une grande partie de leurs GES émis dans l'atmosphère, en contrôlant la décomposition des déchets putrescibles dans un système fermé (bioréacteur). Cette collecte de résidus de table permettrait de réduire d'avantage le tonnage des matières résiduelles éliminées (2 Mt/an), de réduire en plus la charge de traitement des lixiviats et du recouvrement journalier dans les sites d'enfouissement et de produire finalement un surplus de compost de bonne qualité (avec une faible teneur en matières inorganiques).

En ce qui concerne le lisier, la récupération de tous les lisiers avant leur épandage, afin de récupérer le méthane, diminuerait non seulement les GES mais également la charge en azote ammoniacale, en phosphore, en pathogènes dans les eaux de surface et souterraines. De plus, les cours d'eau au Québec n'auraient pas à subir la surcharge de contaminants lors des crues, sachant bien que cette saturation a un effet direct sur la qualité de l'eau de baignade, sur la faune aquatique et sur l'augmentation des algues bleues (ainsi que de l'eutrophisation des plans d'eau).

Que les fermes porcines prennent en charge directement le traitement de leur lisier ou indirectement par le transport de leur lisier vers une ferme éco-énergétique est une question de développement durable. Le coût environnemental de la détérioration de la nature par les industries porcines doit être pris en compte dans le prix du marché du porc. Ce coût peut être atténué par des ententes entre les fermes éco-énergétiques et les fermes porcines, puisque lorsqu'on achemine du lisier dans une ferme éco-énergétique, le producteur peut revenir avec du compost sans frais. Seul le coût de transport serait à la charge du producteur, alors que la ferme éco-énergétique récupérerait l'énergie verte. Des coopératives de producteurs peuvent également cotiser afin d'implanter un bioréacteur commun.

Comme élaborée à la section 3.2, la capacité d'un bioréacteur peut traiter 50 000 tonnes de matières putrescibles par année. Ainsi le tableau 6.2 présenté à la page suivante, montre le nombre de fermes éco-énergétiques nécessaires par région afin de subvenir à la demande. Le coût énergétique du biogaz produit a été évalué à 0,05 \$ du kWh. Il est à noter qu'afin de calculer le potentiel énergétique, l'efficacité maximale d'un bioréacteur a été retenue, soit 400 kWh/tonne de résidus de table et 1000 kWh/tonne de lisier.

Le plus grand avantage est l'implantation d'un bioréacteur à codigestion parallèle, non parce que les résidus de table offrent un rendement intéressant, mais plutôt parce que le traitement des résidus de table est un revenu externe, évalué au même coût qu'à leur élimination, soit près de 75 \$/tonne de résidus de table (voir section 1.2). Ce revenu rentabilise à lui seul les coûts d'installation et de maintenance du bioréacteur, notamment pour les régions de la Montérégie (+Montréal), de Lanaudière (+Laval), de la Mauricie, de la Capitale-Nationale, des Laurentides et du Saguenay-Lac-Saint-Jean.

Tableau 6.2 Nombre de fermes éco-énergétiques nécessaire par région et bilan des revenus bruts maximums

Région administrative	Résidus de table 400 kWh/t (tonne/an)	Lisier 1000 kWh/t (tonne/an)	Nombre de fermes éco-énergétiques (50 000 tonnes/ferme)	Coût d'implantation 300 000 \$/ferme (\$)	Énergie annuelle (kWh)	Montant de l'énergie 5¢/kWh (\$)	Redevance pour résidus de table 75 \$/ tonne (\$)	Bilan revenus bruts / ferme 1 ^{ère} année (million \$)
Montérégie (+Montréal)	565 309	4 402 437	99	-29 700 000	4 628 560 600	231 428 030	42 398 175	2,5
Chaudière-Appalaches	70 159	4 019 569	82	-24 600 000	4 047 632 600	202 381 630	5 261 925	2,2
Centre-du-Québec	39 986	1 610 032	33	-9 900 000	1 626 026 400	81 301 320	2 998 950	2,3
Lanaudière (+ Laval)	133 865	850 820	20	-6 000 000	904 366 000	45 218 300	10 039 875	2,5
Estrie	52 267	773 025	17	-5 100 000	793 931 800	39 696 590	3 920 025	2,3
Bas-Saint-Laurent	36 715	475 723	10	-3 000 000	490 409 000	24 520 450	2 753 625	2,4
Mauricie	46 714	443 130	10	-3 000 000	461 815 600	23 090 7802	3 503 550	2,4
Capitale-Nationale	116 922	302 042	8	-2 400 000	348 810 800	17 440 540	8 769 150	3,0
Laurentides	84 430	96 652	4	-2 100 000	130 424 000	6 521 200	6 332 250	2,7
Saguenay-Lac-Saint-Jean	50 925	52 557	2	-600 000	72 927 000	3 646 350	3 819 375	3,4
Total :	1 197 292	13 025 987	285	-86 400 000	13 504 903 800	879 415 862	89 796 900	3,1

7. BILAN ET LIMITATIONS

La méthanisation représente un complément d'activité pour les agriculteurs, qui peuvent valoriser énergétiquement, et par conséquent économiquement le lisier et même le fumier. La méthanisation a le potentiel de devenir synonyme d'autonomie économique pour les producteurs de biogaz.

En apportant une réponse énergétique et écologique au problème du traitement des lisiers et des résidus organiques, la méthanisation est une activité de dépollution. Elle constitue une alternative à l'enfouissement. D'autre part, l'ensemble des matières putrescibles produisent naturellement, lors de leur décomposition, d'énormes quantités de méthane et de gaz carbonique. Ces gaz gagnent les hautes couches atmosphériques et contribuent à l'augmentation des GES. En brûlant, le biogaz issu de la méthanisation réduit de 20 fois la pollution des GES. La méthanisation dans un bioréacteur anaérobie permet une forte réduction des polluants atmosphériques qui seraient libérés autrement dans la nature.

Le coût de l'investissement représente le premier obstacle à l'installation d'un bioréacteur. La méconnaissance de cette technique représente le second handicap de la méthanisation. Une sensibilisation des citoyens permettrait d'attirer l'attention sur cette nouvelle énergie verte fortement prometteuse tant à un niveau économique qu'écologique.

Les sites d'enfouissement techniques sont soumis à une réglementation. Ces sites ne devraient plus accepter que les matières résiduelles " ultimes " (non valorisables). Pour des raisons de sécurité, d'odeur et de lutte contre les GES, les sites d'enfouissement sanitaire technique sont déjà dans l'obligation de capter le biogaz émis lors de la fermentation. Mais, à défaut de possibilité locale de valorisation (besoin de chaleur), ce biogaz est souvent brûlé en torchère.

Pourtant, il est possible de récupérer le 1,2 million de tonnes de résidus de table enfouis chaque année et du même coup, les 13 millions de tonnes de lisier épandues annuellement. Cette biomasse pourrait, dans les meilleures conditions, rapporter au Québec une source de revenus renouvelables et durables de plus de 800 millions \$/an.

Malgré que les gouvernements fédéral et provincial offrent des crédits d'impôt pour l'implantation d'un bioréacteur, la méconnaissance de la technologie et la faible rentabilité du système par la vente d'électricité, laissent perplexes les investisseurs, puisque le bioréacteur se paye après une dizaine d'années environ.

Par contre, en incorporant une codigestion dans un bioréacteur à lisier, l'apport de matières organiques, en provenance du secteur résidentiel par exemple, permettrait aux investisseurs de collecter un revenu additionnel. En effet, le citoyen paye environ 75 \$/tonne pour enfouir ses résidus de table. Le 1,2 million de tonnes de résidus de table enfouis par année équivaut à près de 90 millions \$/an. Ce revenu à lui seul, est renouvelable, durable et peut assurer la rentabilité des bioréacteurs.

Par ailleurs, d'autres sources de matières putrescibles sont disponibles au Québec, tant aux niveaux industriel, commercial, qu'institutionnel. Néanmoins, cette étude ne fait qu'état du 1,2 million de tonnes de matières organiques produites par le secteur résidentiel, puisque peu de données sont disponibles sur la biomasse disponible par les autres secteurs (ICI).

De plus, uniquement la quantité de lisier produite, soit 10 millions m³/an, est traitée dans cette étude, dû au fait que c'est une problématique au Québec. Pourtant, un total de 25 millions de m³/an de lisier, de purin et de fumier sont disponibles au Québec.

Toutefois dans cette étude, les quantités de volume de biogaz issues de la méthanisation par bioréacteur, pour le lisier et les résidus de table, reflètent uniquement des conditions en milieu favorable. Il est évident que les quantités de volume produit varient selon la température, la qualité de la matière organique apportée, le brassage et la recirculation du lixiviat dans le bioréacteur, le temps de digestion anaérobie, la régularité de la maintenance ainsi que le bon fonctionnement des appareils.

8. RECOMMANDATIONS

Puisque le taux de récupération augmente en moyenne de 1 % par année depuis 1996, tout semble indiquer que l'objectif de récupération à 65 % ne sera pas atteint en 2008 et encore moins pour un objectif idéal, voir utopique, qui serait à 100 % de récupération. Pourquoi s'acharner à essayer d'inculper le fardeau du triage de la façon suivante : matières organiques, contenants, papier, carton, textiles, résidus déchets dangereux (RDD), matériaux de construction, meubles et électroménagers et autres. Que comprend la notion «autre» ? Est-ce le polystyrène, la pellicule plastique, les jouets brisés, les ampoules, la porcelaine, le verre brisé, le papier souillé, la cafetière, les ustensiles, le panier à linge, ect. ? Il est normal que le consommateur ne sache pas vraiment quoi séparer et où entreposer ces différents items.

La première recommandation de cette étude est de proposer une récupération sélective à deux voies, soit la récupération des matières organiques de table dans un premier bac et toutes les autres matières inorganiques dans un autre bac. Les RDD, les électroménagers, les matériaux de construction, les textiles et matières organiques vertes (feuilles et herbes) peuvent être récupérés d'une façon bi-annuelle, selon le territoire. Néanmoins, le fardeau du triage de la matière inorganique reviendrait au centre de tri. Il est aberrant que les centres de tri n'acceptent pas actuellement les plastiques (jouets brisés) qui ne sont pas issus de contenants, ou le fer (ustensiles) qui ne provient pas du cannage, alors que ces matières peuvent être aussi bien recyclées.

Cette première recommandation a pour but de poser une seule question: est-ce une matière organique ou inorganique? Le citoyen aura la responsabilité de séparer ses résidus de table de celles des matières inorganiques; et ça sera tout. Le centre de tri séparera par la suite les matières inorganiques; métal, plastique, papier et carton ainsi que les quelques autres résidus. Cette collecte à deux voies devrait être un règlement, afin que les citoyens, les industries, les commerces et les institutions puissent prendre conscience de cet enjeu. Ainsi, il sera nettement plus probable d'atteindre un taux de recyclage des matières inorganiques de 100 % et un taux de valorisation de 100 % des matières organiques.

De plus, la collecte dite inorganique (56 % d'une poubelle) devrait être réalisée à une fréquence hebdomadaire ou moins, afin que les citoyens ne se posent pas la question à quelle semaine la récupération passe. Quant aux résidus organiques, ceux-ci peuvent être récupérés hebdomadairement l'été et bi-mensuellement l'hiver.

En ce qui concerne l'épandage du lisier, un règlement devrait obliger le producteur à traiter tout son lisier avant son épandage. Ce processus réduira les GES, les pathogènes, l'azote ammoniacale et le phosphore disponibles dans l'environnement.

Le lisier et les résidus de table doivent être acheminés dans des fermes éco-énergétiques, pour être traités dans un bioréacteur. Le producteur agricole qui reçoit le lisier dans sa ferme éco-énergétique pourrait l'échanger contre du compost. De plus, la ferme éco-énergétique devrait recevoir un revenu pour la collecte des résidus de table et les boues municipales, issus des secteurs autres qu'agricole. Ce revenu peut être semblable à ce que reçoivent les sites d'enfouissement, soit environ 75 \$/tonne.

Les résidus verts (branches, herbes et feuilles) doivent être acheminés dans des centres de compostage à cause de leur haute teneur en fibre.

Le ministère de l'Agriculture, des Pêches et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), pourrait instaurer une politique d'engrais chimiques prohibés pour plusieurs secteurs d'activités.

CONCLUSION

La faible récupération des matières résiduelles et le surplus de lisier sont deux problèmes environnementaux en priorité, actuellement au Québec. Cette étude vise à trouver des solutions à ces deux problèmes en incorporant la technologie de méthanisation via le bioréacteur.

En effet, moins de 8 % des matières organiques étaient récupérées en 2006 au Québec. De plus, le surplus de lisier de porcs affecte directement les rivières Chaudière, Yamaska, l'Assomption, Etchemin, Saint-François, Nicolet, Bayonne et Boyer, entre autres. La gestion actuelle des matières putrescibles, soit l'enfouissement pour les résidus de table et l'épandage ou le stockage pour le lisier, contribuent aux GES, à la contamination de l'eau de surface et de l'eau souterraine, sans oublier que ces modes de gestion ne sont pas du développement durable puisque ces ressources peuvent être valorisées.

L'implantation d'une collecte à deux voies au Québec, plus précisément la récupération des matières organiques dans un premier bac et les matières inorganiques dans un second bac, augmenterait le taux de récupération de toutes les matières résiduelles. L'application d'un règlement où les producteurs porcins devraient traiter tout leur lisier dans une ferme éco-énergétique, à l'aide de bioréacteurs, contribueraient également à la réduction de contaminants dans l'environnement.

Au moment où cette implantation est en cours, les matières organiques (restes de table et lisier) devraient être acheminées dans une ferme éco-énergétique munie d'un bioréacteur à codigestion. Les procédés de codigestion du lisier et des résidus de table doivent être en parallèle, puisque les bactéries et le temps de digestion nécessaires à la méthanisation ne sont pas les mêmes.

Le coût de rentabilité d'un bioréacteur à la ferme est d'au plus 10 ans, en prenant uniquement en considération l'électricité produite à l'aide d'une génératrice alimentée à partir du biogaz produit. Cependant, les fermes éco-énergétiques pourraient exiger un montant d'argent pour traiter les résidus de table, équivalent à ce qui en coûte pour en disposer, soit environ 75 \$/tonne.

En appliquant un revenu externe, basé sur le tonnage de résidus de table produits selon la population de chacune des régions administratives du Québec, soit près de 0,18 tonne/habitant/an, ce revenu externe rentabiliserait à lui seul les coûts d'installation et de maintenance du bioréacteur, notamment pour les régions de la Montérégie incluant Montréal, de Lanaudière incluant Laval, de la Mauricie, de la Capitale-Nationale, des Laurentides et du Saguenay-Lac-Saint-Jean.

Ainsi, près de 13 millions de tonnes de lisier et 1 million de tonnes de résidus de table produits annuellement deviendraient une source d'énergie verte, renouvelable, sans augmenter aucun coût et en contribuant significativement à la diminution des contaminants dans l'environnement.

RÉFÉRENCES

- ASA (2007). Le concept du bioréacteur. http://www.asimard.com/sa_let_bio.asp. Consulté le 24 juillet 2007.
- ASSOCIATION TECHNIQUE ÉNERGIE ENVIRONNEMENT (2007). Cogénération biomasse dans l'industrie et sur réseaux de chaleur. http://www.atee.fr/news/fullstory.php/aid/817/Cog%20n%20ration_biomasse_dans_l'industrie_et_sur_r%20seaux_de_chaleur:_supports_visuels_pr%20sent%20s_lors_du_colloque.html. Consulté le 26 juillet 2007.
- BEAUCHEMIN M. (2007). Communication personnelle. Direction des opérations. WM Québec, St-Nicéphore, Québec, Canada.
- BIO-TERRE SYSTEMS (2006). Communication personnelle. Steve Boivin, Sherbrooke, Canada.
- BOIVIN S (2007). La méthanisation au Québec : le début d'une grande aventure, Choc Magazine, Vol 25, no1, juin 2007
- BROWN L. (2002). Bâtir une éco-économie, La Terre vue du ciel, Éditions de La Martinière, France, 455 p.
- BUCKLEY K., BUSH R., EILERS R., MASSÉ D., PAUL J.W., RODD V., SIMARD R. (1998). Stratégie de recherche sur la gestion du lisier de porcs au Canada, Direction général de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Éditeur Christian De Kimpe, Ottawa, Canada, 37 p.
- CARDINAL F. (2007). Le mythe du Québec vert, Les Éditions voix parallèles, Montréal, Canada, 206 p.
- CARPENTIER L. (2005). Entreprise et environnement : enjeux, stratégie et gestion, Unisféra, 25 p.
- CIRKO C. (2007). MRFology 101, Solid Waste & Recycling, octobre/novembre 2007, p. 20-26.
- COALITION EAU SECOURS (2006). Portrait de la situation de la production porcine au Québec depuis la tenue de la Consultation publique sur le développement durable de la production porcine au Québec en 2003, 24 p.
- CRABBÉ P. (2004), VertigO, vol. 5, sept. 2004
- CRITTENDEN G. (2005). Onyx landfill gas, Solid Waste & Recycling, octobre/novembre 2005, p.18
- ÉLECTRIGAZ (2007). Le biogaz est une énergie renouvelable issue de la décomposition naturelle de la matière organique par des bactéries anaérobiques. http://www.electrigaz.com/accueil_fr.htm. Consulté le 25 juillet 2007.

ÉMOND C. (1999). Impact des activités agricoles sur l'environnement présenté au BAPE, Direction des politiques agricole et naturel, MEF, 20 p.

ÉNERGIE PLUS (1997). Rapport, études France. <http://www.energie-plus.fr/news/fullstory.php/aid/623.html>. Consulté le 26 juillet 2007.

FUTURA SCIENCE (2007). Conversion propane. forums.futura-sciences.com/archive/index.php/t-161006-regles-de-conversion-gaz-propane.html. Consulté le 12 décembre 2007.

HINCE B. (2007). Communication personnelle. Département environnement, Xstrara Zinc, Asbestos, Québec, Canada.

INSTITUT DE LA STATISTIQUE (2005). Population et occupation dy territoire, régions administratives du Québec 2001. http://www.stat.gouv.qc.ca/régions/lequebec/population_que/occufter20.htm. Consulté le 5 décembre 2007.

LA FINANCIÈRE AGRICOLE (2005). La financière agricole du Québec, rapport annuel 2004-2005, 88 p.

LOI SUR LA QUALITÉ DE L'ENVIRONNEMENT (LQE)

MAPAQ (2006). Rapport annuel de gestion 2005-2006, Des actions pour le présent, une vision pour l'avenir, Édition Directions des communications, Québec, 107 p.

MCCLINTON L (2007). Du fumier à l'électricité, Le journal AgriSuccès, Édition Financement agricole Canada. juillet 2007.

MDDEP (1999); Impact des activités agricoles sur l'environnement, présenté au BAPE, Direction des politiques agricoles et naturel, ministère de l'Environnement, 1999.

MDDEP (2003). Synthèse des informations environnementales disponibles en matière agricole au Québec, Direction des politiques du secteur agricole, Ministère de l'Environnement.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ONTARIO (2007). <http://www.ene.gov.on.ca/fr/index.php>. Consultation le 18 octobre 2007.

POLITIQUE QUÉBÉCOISE DE GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES 1998-2008 (2000), Gazette officielle du Québec, 30 septembre 2000, 132^e année, n^o 39.

RECYC-QUÉBEC (2007). Bilan 2006 de la gestion des matières résiduelles au Québec, Recyc-Québec, Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 24 p.

RECYC-QUÉBEC (2007), Rapport synthèse, Caractérisation des matières résiduelles du secteur résidentiel au Québec 2006-2007, Recyc-Québec, Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 27 p.

RECYC-QUÉBEC (1996), Mémoire de Recyc-Québec présenté à la Commission du BAPE sur la gestion des matières résiduelles, août 1996, 65 p.

RECYC-QUÉBEC (2006). Guide sur la collecte et le compostage des matières organiques du secteur municipal, Recyc-Québec, 2006.

RÈGLEMENT SUR L'ENFOUISSEMENT ET L'INCINÉRATION DE MATIÈRES RÉSIDUELLES (c. Q-2, r.6.02),

RÈGLEMENT SUR LES EXPLOITATIONS AGRICOLES (REA) (L.R.Q.,c.Q-2. R.6.02, a.4))

RÈGLEMENT MODIFIANT LE RÈGLEMENT DE L'IMPÔT SUR LE REVENU, déduction pour amortissement (ajout des catégories 43.2, 47, 48 et 49) Vol. 139, n° 50 — Le 10 décembre 2005

RÈGLEMENT SUR L'ENFOUISSEMENT ET L'INCINÉRATION DE MATIÈRES RÉSIDUELLES (c. Q-2, r.6.02).

ROBERT M. (2005). Impact de la tarification de l'électricité au prix du marché dans le secteur résidentiel : application à la province du Québec, Université de Montréal, 2005.

WM QUÉBEC (2007). Pensez-vert. <http://www.wm.com//WM/pensezvert>. Consulté le 5 décembre 2007.

ANNEXE I

Liste des lieux d'enfouissement sanitaire au Québec