

## BIOSOLIDES MUNICIPAUX

# QUELLE EST LA MEILLEURE OPTION POUR LE CLIMAT?

Claude Villeneuve, professeur titulaire,  
directeur de la Chaire en éco-conseil  
de l'Université du Québec à Chicoutimi  
(Claude\_Villeneuve@uqac.ca)

Pierre-Luc Dessureault, B. Sc.,  
éco-conseiller diplômé, chargé de projet,  
Chaire en éco-conseil,  
Université du Québec à Chicoutimi  
(Pierre-Luc\_Dessureault@uqac.ca)

Les changements climatiques sont une réalité confirmée qui exige des actions immédiates pour réduire les gaz à effet de serre (GES). C'est pourquoi en 2011, parallèlement à son Plan d'action sur les changements climatiques (PACC), le Québec s'est doté d'objectifs visant les GES dans sa nouvelle politique sur la gestion des matières résiduelles : bannir la matière organique des lieux d'élimination d'ici 2020 et en valoriser 60 % d'ici 2015 par la biométhanisation, le compostage et l'épandage des matières résiduelles fertilisantes.

### La gestion des boues au Québec

Environ 4 millions de tonnes de résidus organiques putrescibles, d'origines urbaine et industrielle, sont visées par le bannissement des lieux d'élimination de la nouvelle politique québécoise.

Dans le cas plus particulier des biosolides municipaux, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) estime qu'en 2007, sur les quelque 910 000 tonnes disponibles, seuls 27 % ont été valorisés d'une manière ou d'une autre comme matière fertilisante, comparativement à l'objectif de 60 % pour 2015. Cette situation serait liée au faible coût de l'enfouissement sanitaire au Québec et à la présence d'incinérateurs dans les grandes villes. La proportion de boues municipales envoyée vers différentes filières est décrite à la figure 1.

Pour l'instant, ce sont donc surtout des villes de taille moyenne (Gatineau, Sherbrooke, Saguenay, Victoriaville, Saint-Jean-sur-Richelieu, etc.) qui contribuent significativement au volume de biosolides municipaux dévié de l'élimination au Québec.

### La Ville de Saguenay et les biosolides

Dès 1991, la Ville de Saguenay (Saguenay) a dû trouver une solution de rechange à l'enfouissement en raison de la fermeture imminente du site de Laterrière. Elle a alors préconisé la mise en valeur du potentiel fertilisant des biosolides en combinant l'épandage sur les terres agricoles et le compostage.

L'objectif de valoriser 100 % des biosolides municipaux a été atteint trois ans à peine après le lancement du projet. Les biosolides proviennent à 75 % d'effluents résidentiels et 25 % du commercial, de l'industriel et de l'institutionnel. Aucun impact négatif n'a été identifié depuis la mise en place du programme outre les odeurs occasionnelles. Monsieur Guy Gagnon, coordonnateur du programme de valorisation agricole de Saguenay, précise que 22 600 tonnes métriques sont produites et valorisées annuellement, ce qui a permis au total de détourner de l'enfouissement plus de 300 000 tonnes de matières organiques. Les économies par rapport à l'enfouissement sont considérables. Il en coûterait aujourd'hui plus de 2,2 millions de dollars pour enfouir les biosolides, comparativement à 780 000 dollars

par année pour la valorisation agricole et le compostage. La vingtaine d'agriculteurs ayant eu accès aux biosolides ont aussi pu réaliser des économies très appréciables. Livrés gratuitement par Saguenay, les biosolides épandus sur leurs terres leur auront permis d'augmenter les rendements jusqu'à environ 46 % selon l'évaluation effectuée par l'ancienne Régie des assurances agricoles du Québec (RAAQ), aujourd'hui la Financière agricole, et ce, tout en contribuant au bon potentiel de fertilité des sols agricoles et en épargnant sur les coûts liés aux engrais minéraux.

Au Québec, seuls les biosolides répondant à des critères de qualité élevés peuvent être épandus sur les sols agricoles dans le respect des bonnes pratiques agroenvironnementales prescrites. Le tout fait d'ailleurs l'objet d'un encadrement rigoureux par des professionnels qualifiés dans ce domaine.

Puisque la matière organique au Québec ne pourra plus être éliminée à partir de 2020 et que les avantages économiques de la valorisation semblent importants, le modèle de la gestion des biosolides à Saguenay s'avère des plus intéressants.

## L’empreinte carbonique de la gestion des biosolides

En 2010, Saguenay a mandaté la Chaire en éco-conseil de l’UQAC pour évaluer l’empreinte carbonique (le bilan des sources moins les puits et les émissions évitées) attribuable aux différents modes de gestion de ses biosolides, à partir des données primaires disponibles et dans une perspective de cycle de vie – soit de l’usine à la fin de vie (*gate to grave*).

Les biosolides valorisés sur le territoire de Saguenay proviennent de trois usines d’épuration – Jonquière (43 % des boues), Chicoutimi (46 %), la Baie (11 %) – qui desservent autour de 100 000 habitants. Chaque jour, 102 500 m<sup>3</sup> d’eaux usées sont dirigés vers les usines de traitement, ce qui génère annuellement 22 600 m<sup>3</sup> de biosolides dont on doit disposer.

De façon simplifiée, le processus de production des biosolides comporte quatre étapes : 1) les eaux usées sont dessablées; 2) les boues sont décantées; 3) le surnageant est séparé des boues; 4) les boues sont épaissies puis déshydratées à environ 15 % de matière sèche, avec un polymère, avant d’être transportées vers la valorisation. Aucun des modes alternatifs de disposition étudiés ne modifiant significativement ce procédé, l’étude ne prend pas en compte l’empreinte carbonique de ces quatre étapes.

Peu de littérature traite spécifiquement de l’évaluation des GES pour les biosolides municipaux : mentionnons brièvement le rapport d’Enviro-accès pour RECYC-QUÉBEC (2011), qui étudie l’option du compostage par rapport à l’enfouissement, et les travaux de madame Sally Brown de l’Université de Washington sur l’ensemble des options.

Les émissions relatives au procédé de valorisation ont été comptabilisées selon les lignes de bonne pratique du Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat (GIEC) (IPCC, 2006) et de la littérature la plus récente sur la gestion des eaux usées. Le logiciel BEAM (Biosolids Emissions Assessment Model), développé pour le Conseil canadien des ministres de l’environnement (CCME) par la firme-conseil SYLVIS, a été utilisé pour évaluer les émissions directes, indirectes et autres indirectes (niveaux 1, 2 et 3) provenant de différentes étapes de traitement et de valorisation : stockage des boues, refroidissement et épaissement, digestion aérobie et anaérobie, déshydratation, séchage thermique, stabilisation alcaline, compostage, enfouissement, combustion, valorisation agricole et transport, ainsi que les fuites potentielles, la séquestration et le remplacement d’engrais chimiques. Ce logiciel permet de produire des scénarios d’empreinte carbonique pour chacun des modes ou des combinaisons de

modes de disposition envisageables à partir des données primaires de Saguenay.

Avant de les valoriser, les biosolides doivent faire l’objet d’une caractérisation trimestrielle. Selon les résultats, les matières fertilisantes seront vouées à la valorisation agricole ou au compostage.

## Scénarios de gestion des biosolides

Actuellement, Saguenay valorise annuellement 65 % de ses boues municipales en les épandant sur des terres agricoles et le 35 % restant est composté en hiver, car l’épandage est interdit durant cette saison et que les conditions climatiques régionales rendent difficile l’entreposage à la ferme des boues en hiver.

Pour connaître le scénario de moindre impact, cinq hypothèses ont été modélisées afin de permettre une comparaison avec le scénario actuel :

- Hypothèse 1 : 100 % épandage agricole;
- Hypothèse 2 : 100 % compostage;
- Hypothèse 3 : 100 % enfouissement;
- Hypothèse 4 : 100 % incinération à 780 °C. La température de l’incinérateur joue un grand rôle dans les émissions de N<sub>2</sub>O. Ces conditions sont similaires à celles des incinérateurs de boues à Montréal et à Longueuil;
- Hypothèse 5 : ajout d’un traitement de méthanisation avant la valorisation agricole et le compostage (les données sur la méthanisation ont été empruntées à l’unité de méthanisation de Gatineau).

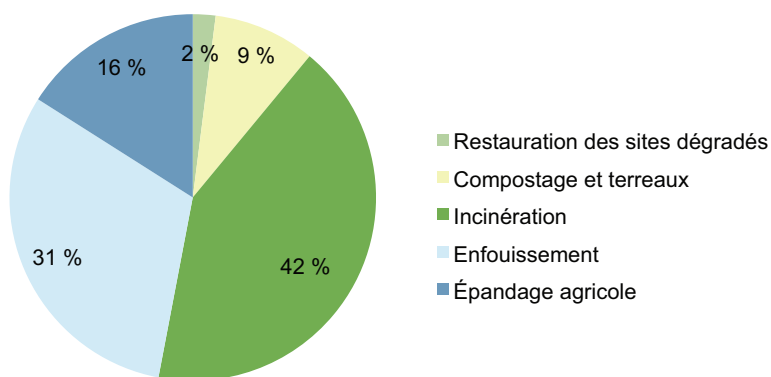
## L’empreinte carbonique du scénario actuel de Saguenay

Pour évaluer les émissions générées dans chaque scénario, nous avons postulé que :

1. la quantité de biosolides est celle de l’année de référence 2010, soit 22 600 m<sup>3</sup>;
2. la caractérisation des boues est présumée similaire à celle de 2010.

Le tableau 1 présente, pour le scénario actuel, une synthèse des émissions directes ou de

Figure 1 : **Traitement des biosolides municipaux au Québec en 2007**



niveau 1 (émises sur place), indirectes ou de niveau 2 (énergie consommée sur place, mais dont les émissions sont produites ailleurs [ex. : électricité]), et autres indirectes ou de niveau 3 (dont les émissions peuvent être comptabilisées par un tiers [ex. : émissions des engrais comptabilisées par un agriculteur]).

Sur une année, les émissions nettes de GES de Saguenay sont presque nulles (54 t/an ou 2,4 kg éq. CO<sub>2</sub>/t) pour les émissions de niveaux 1 et 2 qui sont requises dans le cadre d'un inventaire et pour l'obtention de crédits de carbone. Quant à l'empreinte carbonique, le remplacement des engrais pris en compte, les émissions évitées se chiffrent à 655 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> (-29 kg éq. CO<sub>2</sub>/t).

La majorité des émissions, identifiées pour le scénario actuel, provient de la décomposition anaérobie des matières fertilisantes lors du processus de compostage. En effet, les conditions anaérobies ne peuvent être complètement évitées et sont prises en compte par le logiciel. Lors de l'épandage, les biosolides sont disposés en couche fine sur les terres, ce qui minimise les émissions et réduit les pertes en azote (N); c'est ce qui permet aux biosolides de bien se substituer à l'engrais azoté.

### Les différents scénarios possibles

Pour comparer les hypothèses, nous avons postulé que :

1. les sites de disposition et de valorisation (enfouissement, incinération, méthanisation) seront à la même distance que le site de compostage. En effet, le lieu d'enfouissement technique est situé à moins de 5 km du site de compostage et un potentiel incinérateur ou méthanisateur serait, selon toute vraisemblance, construit à proximité;
2. tous les processus avant le chargement des boues sont équivalents.

La figure 2 compare les émissions en tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> pour les cinq scénarios.

La valorisation par épandage agricole direct à 100 % se révèle la meilleure solution, car la séquestration du carbone dans la terre et la réduction des engrais utilisés se traduiraient par 1 364 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> évitées par an. Le compostage à 100 % est moins avantageux que l'épandage direct, car les conditions anaérobies ne peuvent être totalement éliminées lors de la mise en andains.

Dans le cas de l'enfouissement technique, les boues sont placées dans des conditions anaérobies. La majorité des GES (69 %) sont

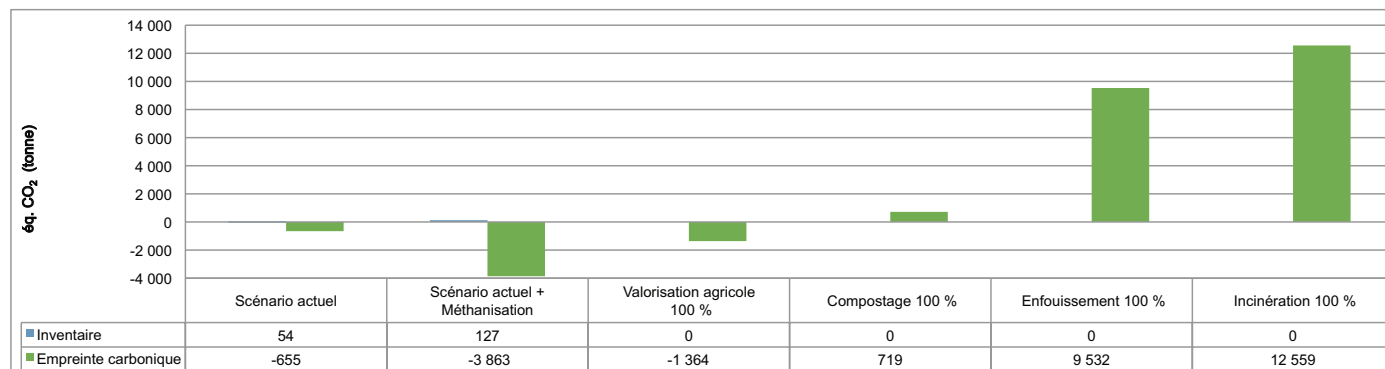
émis dans les trois premières années. Comme les cellules hermétiques demandent environ 2,5 ans avant d'être fermées, la majorité des émissions fugitives de méthane (CH<sub>4</sub>) ne peut donc être brûlée.

L'incinération figure au dernier rang des quatre options quant aux GES produits. Les émissions sont principalement dues au N<sub>2</sub>O (potentiel de réchauffement global = 310, référence établie depuis le protocole de Kyoto et du marché du carbone basée sur IPCC 1995) et à la combustion de carburant. Mentionnons que les facteurs d'émission de N<sub>2</sub>O du modèle BEAM sont fondés sur des études japonaises récentes et tiennent compte de la température de combustion, contrairement aux données du GIEC dont les sources sont plus anciennes. Une augmentation de la température à 850 °C permettrait de réduire de 72 % les émissions de N<sub>2</sub>O, mais provoquerait une consommation accrue de carburant. Dans le cas particulier où la chaleur produite lors de l'incinération est réutilisée, le bilan des émissions pourrait s'améliorer et l'incinération deviendrait moins dommageable que l'enfouissement en ce qui concerne les GES. Cependant, l'incinération demandant un taux d'humidité moindre (70 % au lieu de 85 %), des modifications devront être intégrées à l'usine, impliquant

Tableau 1 : Synthèse des émissions du scénario actuel

VALORISATION AGRICOLE (65 %)	TONNE D'ÉQ. CO <sub>2</sub>	COMPOSTAGE (35 %)	TONNE D'ÉQ. CO <sub>2</sub>
<b>NIVEAU 1 – ÉMISSIONS DIRECTES DU PROCÉDÉ (D)</b>			
Transport	80	Transport	41
Machinerie	31	Machinerie	88
Émission de CH <sub>4</sub>	67	Émission de CH <sub>4</sub>	221
Émission de N <sub>2</sub> O	47	Émission de N <sub>2</sub> O	360
Séquestration	-599	Séquestration	-287
<b>NIVEAU 2 – ÉMISSIONS INDIRECTES LIÉES À L'ÉNERGIE (I)</b>			
Utilisation d'électricité	0	Utilisation de l'électricité	5
<b>NIVEAU 3 – ÉMISSIONS INDIRECTES AUTRES (AI)</b>			
Remplacement de N	-393	Remplacement de N	-193
Remplacement de P	-81	Remplacement de P	-42
<b>Niveaux 1 + 2 (inventaire)</b>	<b>54</b>		
<b>Niveaux 1 + 2 + 3 (empreinte carbonique)</b>	<b>-655</b>		

Figure 2 : Comparaison des émissions annuelles de la gestion des biosolides de Saguenay pour tous les scénarios



l'achat d'équipements coûteux, une hausse de la consommation électrique et d'autres contraintes techniques. La petite différence entre l'empreinte carbonique de l'incinération et les données d'inventaire provient d'un crédit pour la valeur fertilisante des cendres.

Le traitement préalable des boues par méthanisation, c'est-à-dire la production de biogaz en conditions contrôlées, présente le meilleur bilan d'empreinte carbonique. Les avantages s'expliquent de trois façons :

- 1) il n'y a aucune émission fugitive lors de la décomposition;
- 2) on peut utiliser le biogaz pour des fins internes et externes à l'entreprise;
- 3) les digestats peuvent servir pour la valorisation agricole.

Le résultat indiqué à la figure 2 tient compte de l'utilisation de tout le biogaz en substitution et de la valorisation de tous les digestats. Le bilan des émissions directes et indirectes est moins performant que celui de l'empreinte carbonique, car des fuites se produisent durant la combustion du biogaz. La méthanisation permet aussi de réduire grandement les odeurs des biosolides. Cependant, pour des raisons pratiques ou économiques, il est parfois difficile de valoriser le biogaz produit, comme c'est le cas actuellement pour la majorité des nombreuses stations d'épuration aux États-Unis qui ont des digesteurs anaérobies.

### C'est donc possible?

Le mode actuel de gestion des boues à Saguenay présente une empreinte carbonique

négative (-29 kg éq. CO<sub>2</sub>/t). En fait, aucun autre des scénarios étudiés n'est aussi avantageux, sauf celui de la valorisation d'une plus grande proportion des biosolides à des fins agricoles. En effet, l'impact positif de ce scénario serait doublé par rapport au scénario actuel, mais présente peu d'intérêt considérant les difficultés imposées par l'entreposage hivernal.

L'usage agricole des biosolides, avant ou après compostage ou méthanisation, contribue significativement à réduire les émissions de GES comparativement à l'enfouissement et à l'incinération. La restriction voulue par le gouvernement du Québec dans la nouvelle Politique québécoise de gestion des matières résiduelles est donc cohérente avec le PACC et va dans le sens du principe de précaution relativement aux changements climatiques. Dans la perspective où l'enfouissement et l'incinération des matières organiques ne seront plus possibles à partir de 2020, une combinaison de valorisation agricole et de compostage représente la meilleure solution. Par ailleurs, l'ajout d'une étape de méthanisation pour le traitement des boues est aussi une voie intéressante – bien que coûteuse – pour éviter davantage d'émissions de GES. Toutefois, cela implique que le biogaz soit utilisé en substitution à d'autres carburants.

En extrapolant les données primaires de Saguenay à l'ensemble des biosolides municipaux du Québec, les résultats de cette étude permettent d'estimer les émissions

directes de GES de ce secteur à environ 550 kt éq. CO<sub>2</sub> en 2007. Dans les meilleures conditions, la dérivation des biosolides municipaux, destinés à l'enfouissement et à l'incinération, vers la valorisation agricole et le compostage pourrait permettre de réduire les émissions québécoises de 470 à 520 kt éq. CO<sub>2</sub> en 2020. Cet objectif est envisageable, puisqu'actuellement la France et la Norvège épandent respectivement sur leurs sols 70 % et 90 % de leurs biosolides municipaux, tandis que les États-Unis en valorisent environ 50 % en matières fertilisantes.

Toutefois, de nombreuses difficultés demeurent pour réaliser ce potentiel, notamment sur les plans de l'acceptabilité sociale dans certaines régions et des coûts de transport. Par ailleurs, Montréal et Longueuil ont déjà investi dans des incinérateurs dédiés pour leurs boues. L'option de la valorisation énergétique avec ces équipements serait envisageable, mais représente des défis économiques et techniques majeurs pour permettre de faibles émissions de N<sub>2</sub>O tout en produisant des bilans énergétiques globaux positifs. En effet, contrairement aux résidus de bois et aux écorces, les boues municipales ont un contenu très élevé en eau et en azote. La méthanisation conjointe des biosolides de ces villes avec les autres résidus urbains pourrait représenter une meilleure solution que la combustion quant à la réduction des émissions de GES.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier monsieur Marc Hébert, agronome, responsable des matières résiduelles fertilisantes au MDDEP, monsieur Guy Gagnon, coordonnateur de la valorisation agricole des biosolides municipaux à la Ville de Saguenay, et monsieur Yves Dionne, chargé de projet pour les eaux et matières résiduelles à la Ville de Gatineau, pour leur collaboration enthousiaste à cette étude; madame Hélène Côté, éco-conseillère diplômée©, pour son appui dans la rédaction du présent article, ainsi que la Ville de Saguenay et le MDDEP pour leur contribution financière.

## Références

Brown, S., N. Beecher, A. Carpenter. (2010). « Calculator tool for determining greenhouse gas emissions for biosolides processing and end use », *Environ Sci. Technol.*, 15 décembre, 44 (24), 9509-15, Pub. Virtuelle : 16 novembre 2010, [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21080649](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21080649).

CCME. (2010). BEAM « Biosolides Emissions Assessment Model » – 2<sup>e</sup> version, logiciel de calcul des émissions de gaz à effet de serre, [www.ccme.ca/ourwork/waste.html?category\\_id=137](http://www.ccme.ca/ourwork/waste.html?category_id=137).

Enviro-Accès. (2011). *Rapport de positionnement face au marché du carbone*, n° projet : 355-05, 2 mars 2011, 68 p., [www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/Upload/Publications/Rap-position-carbone.pdf](http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/Upload/Publications/Rap-position-carbone.pdf).

Hébert, M., G. Busset, E. Groeneveld. (2008). *Bilan 2007 de la gestion des matières résiduelles fertilisantes*, MDDEP, Bibliothèques et archives nationales du Québec, Québec, 20 p., [www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/mat\\_res/fertilisantes/Bilan2007.pdf](http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/mat_res/fertilisantes/Bilan2007.pdf).

Hébert, M. (2010). *La place de l'épandage agricole dans la gestion de la matière organique*, Colloque sur les matières résiduelles, RÉSEAU environnement, Sherbrooke, novembre 2010, sommaire exécutif.

IPCC. (1995). *Seconde évaluation du GIEC – Changement de climat 1995*, GIEC, 74 p., [www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2nd-assessment-fr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2nd-assessment-fr.pdf).

IPCC. (2006). « Wastewater treatment and discharge » (chap. 6), dans *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, GIEC, 28 p., [www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5\\_Volume5/V5\\_6\\_Ch6\\_Wastewater.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_6_Ch6_Wastewater.pdf).

MDDEP. (2008). *Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, [www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/mat\\_res/fertilisantes/critere/index.htm](http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/mat_res/fertilisantes/critere/index.htm).

MDDEP. (2009). *Projet de politique québécoise sur la gestion des matières résiduelles*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, [www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/pgmr/plan-action.pdf](http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/pgmr/plan-action.pdf).

MDDEP. (2010). *Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes – Addenda n° 4*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 18 p., [www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/mat\\_res/fertilisantes/critere/addenda4.pdf](http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/mat_res/fertilisantes/critere/addenda4.pdf).

Munger, D. (2011). « Les agriculteurs satisfaits des biosolides », *Courrier du Saguenay*, 8 mars 2011, [www.courrierdusaguenay.com/Societe/Environnement/2011-03-08/article-2279857/Les-agriculteurs-satisfaits-des-biosolides/1](http://www.courrierdusaguenay.com/Societe/Environnement/2011-03-08/article-2279857/Les-agriculteurs-satisfaits-des-biosolides/1).

SYLVIS. (2009). *Le modèle d'évaluation des émissions associées aux biosolides (MEEB) : une méthode pour déterminer les émissions de gaz à effet de serre issues de la gestion des biosolides au Canada – Sommaire*, préparé pour le Conseil canadien des ministres de l'environnement, Winnipeg, 200 p., [www.ccme.ca/assets/pdf/beam\\_executive\\_summary\\_fr.pdf](http://www.ccme.ca/assets/pdf/beam_executive_summary_fr.pdf).

Ville de Saguenay. (2011). *Saguenay célèbre 20 ans de valorisation agricole*, 22 février 2011, <http://villeenaction.com/Nouvelles/saguenay-celebre-20-ans-de-valorisation-agricole.html>. ■



## SOLS CONTAMINÉS?

Pour vos sols contaminés par des hydrocarbures pétroliers, HAP, créosote, PCP, phénols ou solvants, faites appel à une SOLUTION :

### Rapide

Prise en charge immédiate des sols

### Économique

Prix compétitifs

### Définitive

Destruction des polluants

Montréal • Québec • Sherbrooke

(866) 653-3584

[www.solution-eas.com](http://www.solution-eas.com)

Grand partenaire  
Sols et Eaux souterraines

de  
**RÉSEAU** environnement

La référence des promoteurs immobiliers, entrepreneurs en excavation et consultants en environnement