

AGRICULTURE et CLIMAT

Un projet *Nature* Québec

VERS DES
FERMES
ZÉRO
CARBONE

Réduction des GES dans les élevages au Québec

MODULE 2



Comment citer ce document

Nature Québec, 2010. *Module 2, Réduction des GES dans les élevages au Québec*. Document réalisé dans le cadre du projet *Agriculture et climat : vers des fermes 0 carbone*. 35 pages.

Rédaction

Jeanne Camirand, agr.
Christine Gingras, agr.

Révision scientifique

Alimentation des porcs : Marc Trudelle
Alimentations de ruminants : Charles Bachand, Chaouki Benchaar
La gestion des déjections animales : Daniel Massé, Marc Trudelle
Séparation du lisier : Stéphane Godbout
Biofiltration : Daniel Massé

Relecture et révision linguistique

Mylène Bergeron
Marie-Claude Chagnon

Mise en page

Marie-Claude Chagnon

Photographies de page couverture

Linda Yolanda, iStockphoto

Merci à nos partenaires financiers, grâce auxquels ce projet est rendu possible :

Ce projet est rendu possible grâce à une contribution du Fonds d'action québécois pour le développement durable et de son partenaire financier le gouvernement du Québec

Ce projet a été réalisé dans le cadre du programme Prime-Vert, sous-volet 8.4 -Évaluation, information et sensibilisation en matière de technologies et de pratiques agricoles de réduction des émissions de gaz à effet de serre, avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation

Merci à nos partenaires de service pour leur appui précieux :

Équipe de coordination des clubs-conseils en agroenvironnement
Les Éditions VertigO
Lucien Bordeleau, agronome expert-conseil de Biolistik ltée
Conseil de bassin de la rivière du Cap Rouge
Agrinova
Ron Tiffany, de la commission Énergie de Nature Québec
Valérie Bélanger, de la commission Agriculture de Nature Québec
Yvon Tremblay, professeur au Collège d'Alma

Nous tenons également à remercier les personnes suivantes pour leurs précieux conseils, lesquels nous ont grandement aidés dans l'élaboration de ce document :

Charles Bachand, Gilles Bélanger, Chaouki Benchaar, Robert Berthiaume, Carl Bérubé, Elliot Block, Raymond L. Desjardins, Alain Fournier, Stéphane Godbout, Vicky Leblond, Daniel-Yves Martin, Daniel Massé, Neil McLaughlinn, Denis Naud, Frédéric Pelletier, Jannick Schimdt, Gaétan Tremblay, Marc Trudelle.

ISBN 978-2-923567-96-9 (version PDF)

ISBN 978-2-923567-97-6 (version imprimée)

© Nature Québec, 2010

Module **2**

Réduction des GES
dans les élevages au Québec

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
Introduction aux changements climatiques	1
<i>Que sont les gaz à effet de serre ?.....</i>	<i>1</i>
<i>Les GES du secteur agricole</i>	<i>1</i>
Le dioxyde de carbone	2
Le protoxyde d'azote	2
Le méthane	2
<i>Les impacts des changements climatiques</i>	<i>2</i>
Introduction aux émissions de GES d'origine animale	3
<i>L'analyse du cycle de vie</i>	<i>4</i>
1 L'ÉLEVAGE DES RUMINANTS.....	5
1.1 Les stratégies alimentaires gagnantes	5
<i>La qualité des fourrages.....</i>	<i>6</i>
<i>Faire paître le bétail, une pratique dépassée ?.....</i>	<i>7</i>
<i>Ajout des grains ou de concentrés dans la ration.....</i>	<i>8</i>
<i>Améliorer la productivité et diminuer le taux de remplacement</i>	<i>9</i>
<i>Ajout de gras dans la ration</i>	<i>9</i>
1.2 De nombreuses pratiques étudiées.....	10
2 LES PORCS, DES ANIMAUX MONOGASTRIQUES	11
2.1 Les stratégies alimentaires pour réduire les GES des entreprises porcines	11
<i>Effectuer le bilan alimentaire</i>	<i>12</i>
<i>Réduire le gaspillage.....</i>	<i>12</i>
<i>Augmenter la digestibilité</i>	<i>12</i>
<i>Adapter les formulations.....</i>	<i>13</i>
<i>Donner des aliments provenant de cultures peu exigeantes en azote</i>	<i>13</i>
<i>Avantages et autres informations.....</i>	<i>13</i>
3 LA GESTION DES DÉJECTIONS ANIMALES	15
3.1 La manutention du fumier : gestion solide, liquide ou compostage	15
3.2 L'entreposage des fumiers avec couvertures de fosses	16
<i>Coûts et avantages économiques des couvertures de fosses</i>	<i>17</i>
<i>Bénéfices environnementaux des couvertures de fosses.....</i>	<i>17</i>
<i>Réduction du méthane grâce aux couvertures de fosses.....</i>	<i>17</i>
<i>Réduction de la volatilisation de l'azote</i>	<i>17</i>
<i>Réduction de l'eau accumulée dans la fosse</i>	<i>18</i>
<i>Réduction des mauvaises odeurs</i>	<i>18</i>
3.3 La gestion de la fosse : vidange	18
3.4 L'épandage des fumiers, l'incorporation est primordiale !	18
3.5 La méthanisation	20

3 LA GESTION DES DÉJECTIONS ANIMALES (suite)	
3.6 La séparation du lisier	21
<i>Le séparateur-décanteur centrifuge</i>	21
<i>La collecte sélective au bâtiment</i>	23
<i>Avantages environnementaux et sociaux</i>	23
<i>Coûts et avantages économiques</i>	23
3.7 La biofiltration : une technologie à surveiller !	23
CONCLUSION	25
RÉFÉRENCES	27
ANNEXE	
Tableaux récapitulatifs des pratiques de réduction des GES sur les fermes d'élevage au Québec	31

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Pouvoir de réchauffement global des trois principaux gaz à effet de serre	1
Tableau 2	Émissions de méthane engendrées par le fumier des animaux d'élevage en Amérique du Nord	15
Tableau 3	Facteurs d'émission de protoxyde d'azote des fumiers selon le mode de gestion, en kg N ₂ O par kg N excrété et en pourcentage (%) de l'azote excrété.....	16
Tableau 4	Coût des toitures de fosses selon leurs caractéristiques.....	17
Tableau 5	Analyse des pratiques de réduction des GES chez les bovins laitiers	31
Tableau 6	Analyse des pratiques de réduction des GES en production porcine	31
Tableau 7	Analyse des pratiques de réduction des GES de la gestion des déjections	32
Tableau 8	Légende des symboles utilisés dans les tableaux	34

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Circulation du CO ₂ en milieu agricole	2
Figure 2	Circulation du N ₂ O en milieu agricole	2
Figure 3	Circulation du CH ₄ milieu agricole	2
Figure 4	Séparateur décanteur centrifuge	21



Introduction

Introduction aux changements climatiques

Les changements climatiques sont des modifications de l'atmosphère qui résultent de sa transformation chimique par les gaz à effet de serre (GES). Ces changements se manifestent par l'élévation des températures globales moyennes et par l'intensification des événements météorologiques extrêmes. Ils affectent l'ensemble de la population mondiale et la biodiversité planétaire. Les activités humaines modernes sont les principales responsables des changements climatiques actuels et de leurs impacts sur l'environnement.

CO₂ équivalent (CO₂e)

La concentration des GES est souvent exprimée sur une même base : le CO₂ équivalent (CO₂e dans ce texte). Le CO₂e est une mesure du pouvoir de réchauffement global des GES par rapport au CO₂. Par exemple, 1 kg de N₂O émis correspond à 310 kg de CO₂e.



© Sylvain Gingras

Que sont les gaz à effet de serre ?

L'effet de serre est un phénomène naturel, causé par les GES formant une couche autour de la Terre, lui permettant de conserver sa chaleur. Cependant, le développement des activités humaines modernes (transport, industrie, déforestation, agriculture) est responsable de l'émission massive de trois principaux GES : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O). Depuis l'ère industrielle, la concentration de ces trois gaz a beaucoup augmenté : de 30 % pour le CO₂, de 150 % pour le CH₄ et de 16 % pour le N₂O (MDDEP, 2008). Cette augmentation amplifie le phénomène naturel d'effet de serre et cause un déséquilibre des températures à la surface de la Terre et des océans.

Le pouvoir de réchauffement global (PRG) des GES que nous émettons dans l'atmosphère diffère pour chacun des GES. Le PRG correspond à la capacité du gaz à conserver la chaleur autour de la terre, en comparaison au CO₂, le gaz de référence.

Tableau 1
Pouvoir de réchauffement global des trois principaux gaz à effet de serre (MDDEP, 2009)

Gaz à effet de serre	Potentiel de réchauffement global
Dioxyde de carbone CO ₂	1
Méthane CH ₄	21
Protoxyde d'azote N ₂ O	310

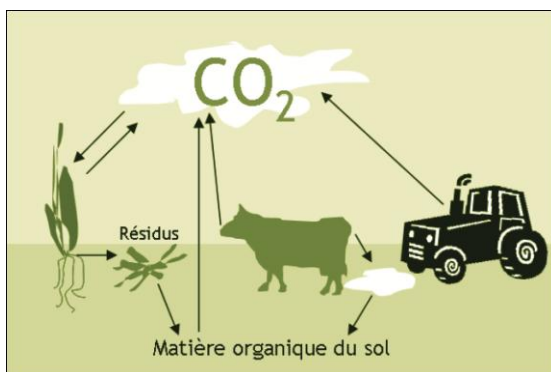
Les GES du secteur agricole

Le dioxyde de carbone

Les sources agricoles de CO₂ :

- l'utilisation des combustibles fossiles ;
- la respiration des plantes et des animaux ;
- la décomposition de la matière organique du sol par les micro-organismes.

Figure 1
Circulation du CO₂ en milieu agricole

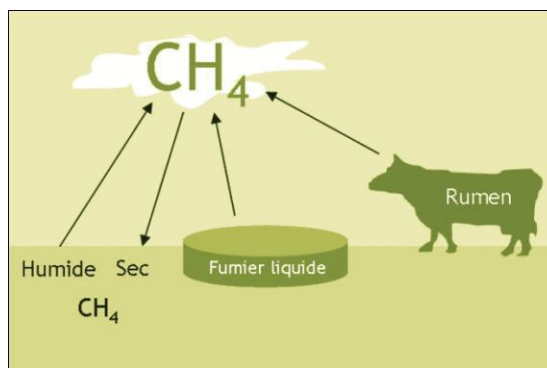


Le méthane

Les sources d'émissions de CH₄ :

- les fumiers avec manutention liquide ;
- la digestion des ruminants ;
- les sols humides, compacts et mal drainés, aussi propices à l'émission de CH₄.

Figure 3
Circulation du CH₄ milieu agricole

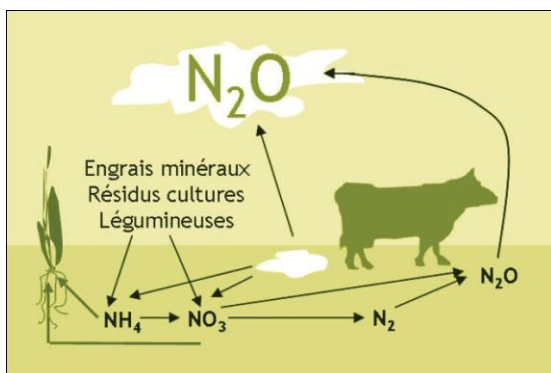


Le protoxyde d'azote

Les micro-organismes réalisant la transformation de l'azote dans les sols et les fumiers sont responsables des émissions de N₂O. Ces émissions sont stimulées par :

- l'épandage d'engrais minéraux azotés et d'engrais organiques ;
- l'excès d'azote minéral provenant des engrais organiques et de synthèse.
- un milieu faible en oxygène, comme les sols compacts et mal drainés.

Figure 2
Circulation du N₂O en milieu agricole



Les impacts des changements climatiques

Au cours du siècle dernier, un réchauffement supérieur à ce qui était prévu a été observé (0,74 °C plutôt que 0,6 °C)(GIEC, 2007). Les prévisions pour 2100 sont alarmantes. On prévoit notamment une augmentation de la température moyenne de 2 à 4,5 °C (GIEC, 2007 : 12). Ce réchauffement climatique aura des impacts sur les vents, les précipitations, les sources d'eau potable, les glaces, les écosystèmes, la santé des individus, et aussi sur les populations qui n'auront pas la capacité de s'adapter à la rapidité de mise en place de ces nouvelles conditions climatiques.

En ce qui concerne l'agriculture, les changements climatiques pourraient entraîner des impacts tant négatifs que positifs. Il est possible que nous observions un allongement de la saison de croissance, occasionnant un accroissement potentiel du rendement des cultures. Ces modifications pourraient rendre possible la production de plantes adaptées à des températures plus élevées (Bélanger, 2002). À l'inverse, la protection hivernale qu'offre la neige aux cultures pérennes pourrait être affectée par des hivers plus doux et moins enneigés. Des automnes plus doux pourraient aussi diminuer les conditions optimales d'endurcissement et causer plus de dommages aux plantes fourragères (Bélanger, 2002).

Au cours des prochaines années, les risques d'invasion par les insectes ravageurs pourraient augmenter et la répartition des espèces pourrait être modifiée en raison de conditions climatiques plus propices (Roy, 2002). On observe déjà que la présence de certains insectes se fait sur une plus longue période, ce qui implique que le dépistage devra débuter plus tôt en saison.

Les mauvaises herbes bénéficieront également de nouvelles conditions, et nous pourrions observer l'expansion de leur aire de distribution. Selon certaines études, les mauvaises herbes disposeraient de meilleures capacités d'adaptation aux modifications du climat que les cultures (Lewis et Ziska).

L'adaptation de l'agriculture aux nouvelles conditions liées aux changements climatiques sera nécessaire. Bien sûr, beaucoup de défis attendent les producteurs, mais ceux-ci ont la possibilité de s'adapter aux changements climatiques en introduisant de nouvelles variétés de plantes ou de nouvelles productions, tout en assurant une meilleure protection des sols et de meilleures conditions hydriques. Plus vite les producteurs agricoles s'adapteront aux changements climatiques, plus ils en réduiront les impacts négatifs sur leur exploitation. En effet, les actions de lutte aux changements climatiques réalisables aujourd'hui sont plus avantageuses que les adaptations imposées par leurs impacts.

Pour plus d'information sur les changements climatiques et leurs impacts, consultez en ligne le module 1 du présent projet : *Des pratiques agricoles ciblées pour la lutte aux changements climatiques.*

Le secteur agricole peut participer de façon significative à la lutte aux changements climatiques en réduisant ses émissions de GES, et pourrait même devenir un puits de carbone !

Introduction aux émissions de GES d'origine animale

Les changements climatiques sont donc causés par l'accumulation des gaz à effet de serre (GES) émis par l'activité humaine, principalement celle des secteurs industriels. L'agriculture, à l'origine du cinquième des émissions anthropiques de GES, n'échappe malheureusement pas au phénomène. Responsable de 26 % des émissions de méthane (CH₄) et de 65 % de protoxyde d'azote (N₂O), deux des principaux GES, l'agriculture pratiquée au Canada a elle aussi des impacts sur l'atmosphère (Kebreab *et al.*, 2006).

Ainsi, dans le secteur agricole, la production animale contribue largement aux émissions de GES, principalement de CH₄ et de N₂O. En effet, 32 % des émissions sont causées par l'élevage d'animaux domestiques et, au Canada et au Québec, de 13 à 15 % provient de la gestion du lisier (Kebreab *et al.*, 2006 ; Environnement Canada, 2009 ; MDDEP, 2008). L'élevage représente donc plus de la moitié des émissions de GES de l'agriculture.

En production animale, les principales sources de CH₄ sont la fermentation entérique chez les ruminants et la gestion liquide des fumiers. Depuis la révolution industrielle, la concentration de CH₄ dans l'atmosphère a augmenté de 151 % (IPCC, 2006a). Cette concentration risque d'augmenter encore avec la consommation accrue de viande dans les pays en développement et avec l'adoption de la gestion liquide du fumier par la majorité des producteurs d'animaux.

Le N₂O, quant à lui, constitue un sous-produit du processus de nitrification-dénitrification. Il est donc émis par les fumiers soit directement, lorsqu'il y a alternance de condition oxygène/sans oxygène, ou indirectement, lorsqu'il y a perte d'azote des fumiers ou des engrais minéraux. Tout apport d'azote au sol, chimique ou organique, peut engendrer des émissions de N₂O. Nous avons largement parlé des impacts des engrais chimiques dans le module précédent. Dans celui-ci, nous nous concentrerons sur l'azote provenant des fumiers.

Tel qu'expliqué dans l'introduction sur les changements climatiques du *Module 1*, les sources d'émissions de GES sont variables, et les méthodes pour réduire ces émissions également. Dans le présent module, nous nous intéressons aux pratiques agricoles qui réduisent les GES, tout en générant d'autres avantages économiques, environnementaux et sociaux, et tout en étant accessibles. Nous aborderons les stratégies alimentaires qui peuvent réduire les émissions de GES selon le système digestif de l'animal (ruminant ou porc), ainsi que la gestion des déjections animales pour tous les types de production.

L'analyse du cycle de vie

L'approche que nous avons préconisée dans la sélection des pratiques de réduction des GES est basée sur l'analyse du cycle de vie.

L'analyse du cycle de vie est constituée d'une « compilation et évaluation des consommations d'énergie, des utilisations de matières premières, des rejets dans l'environnement, ainsi que de l'évaluation de l'impact potentiel sur l'environnement associé à un produit, ou un procédé, ou un service, sur la totalité de son cycle de vie »¹.

Sans prétendre appliquer cette méthode d'analyse à la lettre, nous trouvons important de nous inspirer de cette vision globale des impacts pour le choix des pratiques implantées sur une ferme, et ce afin de pouvoir prendre des décisions plus éclairées. Les interactions de la ferme avec le monde extérieur sont analysées, ce qui permet d'appréhender les impacts de la ferme sur son milieu, et au-delà. Par exemple, la fabrication des engrais minéraux ou la production de maïs-grain ont des impacts indirects mesurables en termes d'émissions de GES, qu'il est possible d'inclure dans le bilan global d'une ferme.

Il est très important de comprendre les répercussions d'une modification de pratique sur les différents secteurs d'activités touchés (ex : industries d'intrants) de manière à faire un choix éclairé. Selon une approche holistique, les impacts directs et indirects de nos actes doivent être évalués, ce qui aide à la prise de décision. Par exemple, il est possible que des vaches produisent moins de CH₄ en étant nourries de grains concentrés en amidon plutôt que de fourrages, mais ces grains doivent être produits et leur production nécessite plus de passages de machinerie (et probablement plus de produits phytosanitaires) que la production des fourrages. De même, se procurer un intrant lorsqu'on ne peut pas le produire chez soi en raison du climat ou d'un autre facteur n'est pas toujours bénéfique pour le bilan des GES. On ne fait que déplacer le problème.

Les pratiques présentées dans ce module ont donc été sélectionnées dans cette perspective globale. Leur implantation sur une ferme doit nécessairement engendrer une réflexion de la part du producteur et de son conseiller agricole.



© Justin Chabot

¹ « Analyse du cycle de vie ». Dictionnaire de l'environnement. Consulté le 28 septembre 2009. http://www.dictionnaire-environnement.com/analyse_du_cycle_de_vie_acv_ID706.html



1 L'élevage des ruminants

En 2006, l'agriculture québécoise a émis 6,36 millions de tonnes (Mt) de CO₂e, dont 2,72 Mt CO₂e, dont 42,7 % causées par la fermentation entérique des ruminants (MDDEP, 2008). Voilà qui n'est pas négligeable !

En production laitière et bovine, les cinq principales sources d'émissions de GES sont la fermentation entérique, la gestion des fumiers, les engrais minéraux, l'utilisation d'énergie (diesel et électricité) et les résidus de cultures (Vergé, 2007). Le méthane (CH₄) est responsable de 20 % du réchauffement climatique causé par les activités humaines, et une grande partie est directement liée à l'élevage des animaux, avec la fermentation entérique des ruminants et la gestion des fumiers (Lassey, 2007). Au Canada, 22 % du CH₄ en agriculture provient des fermes laitières et 68 % de l'industrie du bœuf (Vergé, 2007 ; Vergé, 2008). Réduire les pertes de CH₄ est avantageux pour les producteurs, car cela équivaut aussi à garantir une meilleure efficacité énergétique à la ferme. Chaque molécule de carbone perdue sous forme de CH₄ en est une qui aurait pu être assimilée pour produire plus de lait ou de viande !



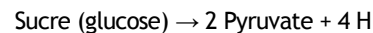
© Robert Berthiaume

Les ruminants ingèrent des fourrages riches en cellulose et en hémicellulose, des glucides complexes qu'il nous est impossible d'assimiler. Les aliments donnés au bétail contiennent entre 70 et 75 % de glucides que les animaux doivent dégrader et assimiler pour en retirer l'énergie. C'est la flore microbienne de leur rumen qui permet aux ruminants de valoriser ces aliments. Ces micro-organismes sécrètent des enzymes qui dégradent la matière végétale et libèrent des glucides simples (Chouinard, 2002). Ces glucides sont utilisés à nouveau par les

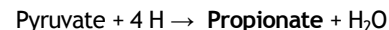
micro-organismes, qui les fermentent et relâchent des **acides gras volatils (AGV)**, des gaz (CH₄ et CO₂) et de l'eau (Chouinard, 2002). De ces réactions provient le CH₄ qu'on associe à tort avec les flatulences de vaches, alors qu'il est évacué à 99 % par la bouche et les narines après avoir circulé dans le sang jusqu'aux poumons (AAC, 2008).

Les trois principaux AGV produits par les micro-organismes sont l'acétate (65 %), le propionate (20 %) et le butyrate (10 %.)

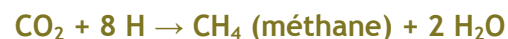
Comment sont produits les AGV ? Tout d'abord, le sucre est digéré et produit le pyruvate.



Ce sont ces molécules de pyruvate qui subissent la fermentation par les bactéries du rumen, dans des conditions anaérobiques (en absence d'oxygène). Selon les micro-organismes impliqués, le pyruvate produira l'un des 3 AGV suivants :



Les molécules à droite des réactions chimiques décrites ci-dessus s'associeront pour produire du CH₄ :



La réaction chimique qui résulte en propionate ne produit pas d'ions H, elle en capte (voir formule ci-dessus). De ce fait, elle ne contribue pas à former du CH₄, contrairement à la réaction chimique menant au butyrate et à l'acétate. Certaines stratégies alimentaires favorisent la voie menant à la production du propionate, au détriment de l'acétate et du butyrate.

L'animal assimile ces AGV par diffusion dans le sang. Les pertes de CO₂ n'équivalent pas à des pertes d'énergie, tandis que c'est le cas pour les pertes de CH₄. Les pertes sous forme de CH₄ représentent en général environ 10 % de l'énergie digestible ingérée. Réduire les émissions de CH₄ signifie une meilleure efficacité alimentaire, soit un meilleur gain par aliment. Facile à dire, mais comment y parvenir ?

1.1 Les stratégies alimentaires gagnantes

Il est important de regarder la ferme comme un système global afin de bien cibler les points critiques où l'on peut agir pour réduire les GES. Les stratégies retenues dans ce module concernent la qualité des fourrages, le pâturage, la productivité et le taux de remplacement. Ces stratégies ont des impacts positifs sur les émissions de GES au niveau global de l'entreprise agricole.

La qualité des fourrages

Améliorer la qualité des fourrages constitue une méthode simple pour réduire le CH₄ de la fermentation entérique, sans augmenter les autres sources de GES à la ferme. En sélectionnant des espèces végétales digestibles, adaptées au climat, répondant aux besoins alimentaires des animaux et en les récoltant au bon stade de croissance, il est possible d'améliorer la qualité de l'alimentation. En plus de réduire les GES, cette pratique sera bénéfique à la productivité de l'entreprise et au portefeuille du producteur !

La qualité des fourrages dépend de plusieurs facteurs : digestibilité, concentration des fibres ADF (*acid-detergent fiber*) et NDF (*neutral detergent fiber*)², énergie disponible, matières grasses, protéines... Si l'amélioration de la qualité des fourrages est un enjeu important pour votre entreprise agricole, nous vous suggérons de consulter le document *Les plantes fourragères* (CRAAQ, 2005). De nombreux autres documents pertinents et complets sont également disponibles.

Une étude comparant l'impact des diverses qualités de fourrages en regard des émissions de CH₄ a conclu que ces dernières diminuaient à mesure que la qualité des fourrages augmentait (Boadi and Wittenberg, 2002). L'ajout de légumineuses dans les fourrages peut aussi réduire le CH₄, car les légumineuses contiennent moins de fibres que les céréales, passant ainsi plus vite dans le rumen et augmentant la prise alimentaire (Beauchemin *et al.*, 2008). Les légumineuses augmenteraient également la qualité de la ration par rapport aux graminées, amélioreraient l'efficacité alimentaire, ce qui contribuerait à diminuer le CH₄ émis par l'animal (van Dorland *et al.*, 2007). Par exemple, une étude de Benchaar *et al.*

(2001) a démontré qu'en remplaçant la fléole des prés par la luzerne, le CH₄ émis par les vaches était d'environ 20 % plus faible. Le stade de maturité à la récolte est aussi déterminant pour la digestibilité de la ration et les pertes de CH₄. Récolter la luzerne au stade végétatif plutôt qu'au stade reproducteur peut, dans certains cas, réduire le CH₄ de 15 % (Benchaar *et al.*, 2001). La matière est plus facilement assimilable et l'animal perd moins d'énergie à la digérer.

Plus les aliments sont digestibles, plus l'animal va en ingérer. La prise alimentaire est directement liée au CH₄ : plus d'aliments signifient plus de fermentation. Cependant, ces deux paramètres (digestibilité et prise alimentaire) augmentent le rendement de la production (lait ou viande). Par conséquent, la quantité de CH₄ par quantité ou kg de produit diminue par rapport à une situation où l'on ne donnerait pas un fourrage de bonne qualité aux vaches. L'augmentation de la vitesse de passage des aliments dans le rumen réduit également les pertes énergétiques sous forme de CH₄. Plusieurs études (par exemple Beauchemin *et al.*, 2008) montrent qu'il est préférable d'estimer les émissions de GES par kg de produit (lait ou viande) qu'en terme absolu.

Quand les vaches sont nourries avec des légumineuses, la quantité totale d'azote de la ration alimentaire ne devrait toutefois pas dépasser 400 grammes/jour pour les vaches laitières, sans quoi l'excès sera excrété dans l'urine et sera soit dégradé, soit volatilisé (Castillo *et al.*, 2001). Notons toutefois que les impacts de diverses plantes sont peu documentés, et que davantage de recherches devront être menées.

L'ensilage des fourrages aurait aussi un impact sur le CH₄ émis lors de la fermentation entérique. L'ensilage est un mode de conservation du fourrage, une pré-digestion par les bactéries lactiques, lesquelles, en condition idéale, produiront seulement de l'acide lactique (pas de pertes de matière sèche, pas d'émissions de CO₂), avec pour résultat l'inhibition des bactéries butyriques et des entérobactéries, nuisibles pour la conservation des fourrages (CRAAQ, 2005). Lors de l'ensilage, les sucres solubles sont transformés en acides organiques et une partie de sucres structuraux est solubilisée : la quantité de fibres NDF diminue. Il semble qu'en raison de cette pré-digestion, les fourrages ensilés réduisent jusqu'à 30 % en moyenne le CH₄ émis par les ruminants (Moss *et al.*, 2000 ; Benchaar *et al.*, 2001).

² Les fibres ADF (*acid detergent fiber*) comprennent la cellulose et la lignine. Les fibres NDF (*neutral detergent fiber*) comprennent l'hémicellulose et la fraction ADF.

Faire paître le bétail, une pratique dépassée ?

Les pâturages constituent une solution intéressante aux changements climatiques pour plusieurs raisons. Ils réduisent les besoins de machinerie pour les récoltes, les semis, l'épandage des fumiers, l'entreposage des fourrages, ainsi que la quantité de fumier à entreposer. La santé du troupeau et la qualité du lait peuvent même en être bonifiées (Vignola et Fournier, 2007).

À la ferme, il est possible d'optimiser la qualité du pâturage de manière à réduire le plus possible le CH₄ provenant de la fermentation entérique, ainsi que les autres GES. En effet, tout comme avec les fourrages, une meilleure qualité du pâturage permettrait une réduction des pertes d'énergie sous forme de CH₄, la teneur en fibres des pâturages de qualité étant plus faible, rendant ces pâturages plus digestes. La qualité du pâturage améliore aussi la productivité du troupeau (Beauchemin *et al.*, 2008). Un pâturage en rotation de 28 jours assure une bonne qualité d'herbage aux animaux et une couverture permanente du sol (Vignola et Fournier, 2007). Cette biomasse permet aussi d'accumuler du carbone au sol.



Selon Holos³, le logiciel d'Agriculture et agroalimentaire Canada (AAC), 1 hectare de maïs fourrager converti en foin avec légumineuses permet de passer d'un bilan de 700 kg CO₂e à un bilan négatif de -1,5 tonnes de CO₂e. Le MAPAQ a aussi produit un calculateur de bilan humique du sol⁴.

³ Ce logiciel est téléchargeable sur le site suivant : <http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1226606460726&lang=fra>

⁴ <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/Fr/Productions/Agroenvironnement/bilanhumique/>

Guide de référence en fertilisation

La prochaine édition du *Guide de référence en fertilisation* du CRAAQ contiendra un chapitre sur l'humus des sols qui permet de comprendre l'accumulation du carbone dans le sol selon les cultures et les sources de matière organique apportées au sol. Le logiciel et le guide pourront aider le producteur à connaître l'impact de sa régie de culture sur le sol et les GES émis ou captés sur ses terres.

Il peut être complexe d'évaluer les impacts environnementaux d'un système avec pâturage pour le comparer avec un système de production en confinement (Rotz *et al.*, 2009). Par contre, des modèles comme le *Integrated Farm System Model*⁵, permettent d'estimer certains impacts, dont le flux des nutriments tels l'azote, le phosphore et le carbone. À partir des éléments excrétés par les animaux, il est possible d'estimer les GES émis par le système. Rotz *et al.* (2009) ont comparé quatre systèmes de production, allant du confinement total au pâturage à l'année. Leurs conclusions sont les suivantes⁶ :

- Convertir des cultures annuelles en pâturages améliore la qualité de l'eau.
- Convertir toutes les cultures annuelles en pâturages réduit l'érosion de 87 % et les pertes de phosphore sédimentaire de 80 %.
- Faire paître les animaux réduit la volatilisation de l'ammoniac d'environ 25 %.
- Faire paître les animaux diminue les émissions de CH₄, la quantité de fumier entreposé se trouvant réduite.
- Convertir des cultures annuelles en pâturages réduit les passages de machinerie, l'utilisation de combustibles fossiles et l'utilisation de pesticides.
- Introduire une période de pâturage diminue de 14 % les GES totaux.

Par contre, dans un système de pâturage, la production de lait par animal étant diminuée, plus d'animaux seraient nécessaires afin de produire la même quantité de lait. Par conséquent, selon Rotz *et al.* (2009), les émissions de GES de ce système seraient semblables au système de confinement

⁵ *Integrated Farm System Model*. United States Department of Agriculture. Consulté le 29 septembre 2009. <http://www.ars.usda.gov/Main/docs.htm?docid=8519#What>

⁶ Ces pourcentages sont liés à une simulation précise où les paramètres, tels le climat et les précipitations, étaient déterminés. Retenons donc les conclusions générales plutôt que les chiffres.

intensif. Toutefois, une bonne gestion des pâturages ne réduit pas nécessairement la production de lait et permettrait quand même de réduire les GES de 10 % (Phetteplace *et al.*, 2001). Cette évaluation a été faite en excluant la possibilité d'accumulation de carbone dans le sol par les plantes pérennes, lesquelles ont le potentiel de réduire le bilan total des GES.

Dans une étude de McCaughey *et al.* (1999), la production de CH₄ était plus faible chez des vaches nourries dans un pâturage de luzerne-graminée que chez celles pâturant seulement des graminées. De plus, les vaches nourries dans les pâturages mixtes (légumineuses et graminées) perdaient moins d'énergie, [CH₄ exprimée en % de l'énergie brute ingérée (EBI)]. Dans les pâturages incluant des légumineuses, les vaches ingèrent plus d'aliments car la digestibilité et le taux de passage des aliments dans le rumen sont supérieurs. Cela peut diminuer les émissions de CH₄, car la matière végétale demeure moins longtemps disponible à l'action des micro-organismes du rumen. De plus, le passage rapide des aliments dans le rumen favorise la production de propionate au détriment de l'acétate, réduisant ainsi la production de CH₄ (Moss *et al.*, 2000). Selon McCaughey *et al.* (1999), ajouter des légumineuses dans les pâturages peut réduire les émissions de CH₄ de 10 %.

De plus, le caractère permanent des prairies et des pâturages possède l'avantage de réduire les pertes de sédiments et l'érosion. La qualité des cours d'eau avoisinants en est améliorée (Rotz *et al.*, 2009).

Ajout des grains ou de concentrés dans la ration

En comparaison au CH₄ émis par les ruminants lors de la digestion, les aliments concentrés et les grains riches en amidon ont fait l'objet de nombreuses études. Ces aliments ont des effets directs et indirects sur les GES produits à la ferme. Chez l'animal, l'ajout d'aliments concentrés riches en amidon (maïs, orge) entraîne une moindre émission de CH₄. Les rations riches en amidon sont plus facilement digérées dans le rumen, la concentration totale de fibres NDF étant plus faible. Il en résulte une diminution de la proportion d'acétate et une augmentation du propionate dans le liquide ruminal (Chouinard, 2002). Il convient de rappeler que, contrairement à la production du propionate, celle de l'acétate engendre une production de CH₄ plus importante car elle s'accompagne d'une production d'hydrogène, lequel sert à la réduction du CO₂ en CH₄. En second lieu, le CH₄ émis diminue car l'amidon est plus facile à digérer que les fibres de cellulose. Les aliments plus digestibles passent plus rapidement dans le rumen et subissent moins de fermentation.

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) offre deux valeurs différentes de facteur de conversion en CH₄ (Y_m)⁷ selon que l'animal est nourri avec plus de 90 % de concentrés (Y_m = 3 %) ou non (Y_m = 6,5 %) (IPCC, 2006b).

Ensuite, pour connaître la quantité de CH₄ émis, il faut appliquer l'équation suivante :

$$FE = (EB * (Y_m/100) * 365) / 55,65$$

Les termes de l'équation se définissent ainsi :

- FE : Facteur d'émission, en kg CH₄ par tête par an (kg CH₄ /tête/an).
- EB : Énergie brute ingérée, en mégajoules par tête par jour (MJ/tête/jour).
- 55,65 : Contenu en énergie du méthane, en mégajoules par kg (MJ/kg).

En production laitière, contrairement à la production de viande, la qualité de lait est négativement affectée si les concentrés représentent plus de la moitié de la ration (Beauchemin *et al.*, 2008). Le facteur Y_m serait donc le même (6,5 %) pour des animaux recevant entre 0 et 50 % d'aliments concentrés. Certains auteurs ont remarqué des effets à plus faible dose, mais nous nous fions aux données du GIEC pour conclure que cette pratique est plus ou moins efficace pour un troupeau laitier.

L'ajout de concentrés à la ration des ruminants nécessite la considération de plusieurs éléments, dont les risques pour la santé de l'animal (acidose) et l'impact de la production de ces concentrés sur le bilan de GES de la ferme.

Afin de comprendre l'impact complet des activités de l'entreprise et de conserver une vision globale des émissions de GES à la ferme, il faut tenir compte de la production des aliments en cause (superficies nécessaires, engrais, machinerie, transformation...). Cette production peut signifier une augmentation de l'utilisation de combustibles fossiles et des intrants, tels les pesticides et les engrais. L'ajout de concentrés comme les céréales peut augmenter le bilan global de GES émis à la ferme (Beauchemin *et al.*, 2008 ; Boadi *et al.*, 2004). Lorsqu'un producteur décide d'apporter une modification en vue de réduire les GES de son entreprise, une analyse du cycle de vie doit être réalisée afin de vérifier si la modification entraîne bel et bien des effets positifs. Par exemple, les prairies permettent d'accumuler du carbone dans le sol (réduction du bilan GES), ce que ne permet pas une culture annuelle comme le soya. Les prairies peuvent alors, dans certaines situations, contrebalancer le CH₄ supplémentaire émis par les

⁷ Ce coefficient est appelé Y_m pour *yield methane*, c'est-à-dire rendement en méthane.

animaux qui sont alimentés avec des fourrages plutôt qu'avec des concentrés. Chaque ferme étant différente, les impacts doivent être analysés au cas par cas.

Notons qu'il est possible de produire des grains en minimisant les impacts négatifs sur l'atmosphère. Une ferme produisant des grains de manière à avoir une empreinte environnementale minimale (grains adaptés au climat, peu d'intrants chimiques, culture sur billons ou diminution des passages de machinerie...) peut réduire son bilan de GES.

Sur Terre, une grande quantité de la biomasse est fibreuse, et les ruminants ont l'avantage de valoriser des fibres non digestibles par l'humain afin de les transformer en protéines nobles, telles que le lait et la viande. Mais si les ruminants sont nourris avec des aliments que nous pourrions nous-mêmes assimiler, n'y a-t-il pas un paradoxe ? Avec les changements climatiques, la production agricole doit s'adapter aux besoins des humains, dont la population est toujours croissante. La production de grains pour les animaux ne doit donc pas entrer en compétition avec la production d'aliments directement destinés aux populations humaines.

Améliorer la productivité et diminuer le taux de remplacement

Améliorer la génétique et, par conséquent, la productivité du troupeau constitue un gage de succès en termes de réduction de l'intensité des émissions de GES (GES émis par unité de produit). Cet objectif peut d'ailleurs être atteint de trois façons : en sélectionnant une meilleure génétique, en améliorant

la régie alimentaire et en gardant moins d'animaux de remplacement (Moss *et al.*, 2000). En effet, si chaque produit est conçu avec moins d'aliments, moins de superficies de cultures et moins d'animaux de remplacements, les émissions de GES associées à la production sont réduites.

Selon les calculs de Bachand (2007), une vache et sa relève émettent 8,5 tonnes de CO₂e par année. Au Québec, la production d'un kilogramme de lait représente l'émission moyenne de 0,97 kg CO₂e (Vergé, 2007). L'estimation de l'intensité des émissions des bovins est basée sur le nombre d'animaux, la composition de la ration, la durée de la présence au pâturage, le type de gestion des fumiers et la proportion des superficies cultivées nécessaires à leur alimentation.



Ajout de gras dans la ration

L'ajout à la ration de matières grasses, dont l'huile de palme (et ses dérivés raffinés), de noix de coco, de canola, de lin, etc., peut aussi aider à diminuer la production de CH₄ par les ruminants. Dans le rumen, les gras agissent de plusieurs façons (Beauchemin *et al.*, 2009) :

- Ils empêchent les bactéries qui dégradent la cellulose de s'attacher aux aliments.
- Ils diminuent la digestibilité des aliments.
- Ils fournissent l'énergie nécessaire, diminuant ainsi les besoins en glucides fermentescibles.
- Ils sont parfois toxiques aux protozoaires et aux bactéries méthanogènes.
- Ils peuvent devenir des capteurs d'ions H⁺ libres, entrant alors en compétition avec les bactéries méthanogènes.

De plus, conséquemment aux modifications de la flore du rumen engendrées par les lipides, davantage d'acide propionique est produit, comparativement à l'acide acétique, et par conséquent moins de CH₄ est émis (Chouinard, 2002).

Dans un souci de réduire réellement les GES, il est nécessaire d'analyser l'impact complet de l'ajout de matières grasses à l'alimentation des bovins. D'où vient cette matière? L'énergie utilisée et les GES engendrés pour la produire, l'extraire, la raffiner et la transporter est-il supérieur à la réduction d'émission de GES? Il est difficile de croire que l'importation d'huiles (palme, coton) provenant de l'autre bout de la planète peut être bénéfique sur le bilan des GES. Il existe toutefois des plantes oléagineuses pouvant être cultivées ici, et dont l'effet est similaire à celui des huiles importées. Les graines qui ne sont pas détruites durant la mastication, telles que le lin et le canola, doivent toutefois être broyées ou extrudées. Des études ont été menées sur l'utilisation de graines broyées (tournesol, lin, canola), et toutes ont pour effet de diminuer le CH₄ de la fermentation de 10 à 26 % (Beauchemin *et al.*, 2009).

Plusieurs facteurs influencent l'efficacité des gras : la quantité, la source, la forme du gras (liquide, en poudre...) et le type d'alimentation de l'animal. Il est recommandé que la teneur de la ration totale ne dépasse pas 6 à 7 % de la matière sèche, sans quoi la prise alimentaire pourrait diminuer, ce qui entraînerait une baisse de rendement (Beauchemin *et al.*, 2008). En effet, les matières grasses diminuent la digestibilité des aliments. Lorsqu'on diminue la digestibilité de la ration, il faut être prudent pour ne pas affecter les performances de l'animal. Quelques études ont démontré que la diminution du CH₄ avec l'ajout de gras provenait simplement d'une diminution de la prise alimentaire par les animaux (Beauchemin and Mc Ginn, 2006). De plus, les études à ce jour n'ont pas évalué si la réduction du CH₄ se maintenait à long terme (Beauchemin *et al.*, 2008).



1.2 De nombreuses pratiques étudiées...

Plusieurs autres méthodes permettent la réduction du CH₄ lors de la fermentation entérique, dont les ionophores, les acides organiques, les saponines, les tannins, les levures, les huiles essentielles, etc. (Schils, 2007 ; Chouinard, 2002 ; Bachand, 2007). Par exemple, l'utilisation des tannins présents dans certaines plantes pourrait réduire le CH₄ et s'avérerait peu coûteuse. Cependant, dans le cas de plusieurs de ces additifs, nous ignorons s'ils réduisent véritablement les émissions globales de GES. D'un côté, ils peuvent donc réduire le CH₄ de la fermentation entérique, mais, de l'autre, ils pourraient nécessiter la production d'une substance plus coûteuse pour l'environnement. Dans presque tous les cas, il est nécessaire de poursuivre les recherches afin d'évaluer les impacts à long terme.

Autre exemple : l'ajout des ionophores, un antibiotique utilisé chez les animaux. Les ionophores permettent de diminuer le CH₄ en réduisant la production d'acétate et en augmentant celle de propionate, ainsi qu'en réduisant le nombre de protozoaires dans le rumen. Les ionophores, tel le monensin, sont utilisés pour augmenter la production de lait ou de viande et pour contrôler le ballonnement. Certaines études ont fait remarquer une baisse de la production de CH₄ à la suite de la prise de ionophores. Cependant l'effet à long terme est incertain. Ainsi, certaines études ont démontré que les bactéries ruminales s'adapteraient aux ionophores (Moss *et al.*, 2000 ; Beauchemin *et al.*, 2008). De plus, la pression du public visant à diminuer ou à bannir l'usage des antibiotiques comme facteurs de croissance dans l'alimentation des animaux d'élevage est de plus en plus grande. En Europe, par exemple, ils sont interdits depuis 2006⁸. Les ionophores pourraient donc nuire à la mise en marché des produits animaux, en plus d'avoir un impact incertain sur la réduction du CH₄. Pour ces raisons, cette pratique n'est pas retenue.

La fermentation entérique constitue une source d'émission de GES significative en production bovine et laitière, mais d'autres facteurs doivent être pris en compte pour faire un choix qui aura de réels impacts positifs sur le bilan des GES à la ferme. Ainsi, l'énergie de chauffage et de séchage des grains, le mode de gestion des fumiers, les passages de machinerie, la fabrication des fertilisants et des pesticides, etc., contribuent également aux émissions totales de GES engendrés par la production animale.

⁸ « Interdiction de certains antibiotiques dans les aliments pour animaux ». Consulté le 7 janvier 2010. <http://www.agrisalon.com/06-actu/article-16155.php?search=antibiotiques+facteur+croissance>



2 Les porcs, des animaux monogastriques

Au Québec, en 2006, la production agricole a représenté l'émission de 6,3 millions de tonnes de CO₂e, dont 13,5 % provenait de la production porcine⁹, un cheptel constitué d'environ 4 millions de têtes¹⁰. L'impact de ce secteur est évident. De plus, ce calcul n'inclut pas les superficies nécessaires à la production des grains pour l'alimentation des porcs, ni les intrants nécessaires à leur culture (combustibles fossiles, engrais minéraux...). Or, dans une approche globale de type « cycle de vie », on considère tous ces éléments, ce qui permet de ne pas transmettre les problèmes à un autre maillon de la chaîne de production. Ainsi, en considérant les intrants et les superficies nécessaires à la production des grains, en 2001, la production porcine au Canada a représenté l'émission réelle de 6,66 millions de tonnes de CO₂e, (Vergé *et al.*, 2009)... C'est comme si chaque Québécois traversait le Canada d'un océan à l'autre dans sa propre voiture.

En combinant différentes stratégies, le secteur porcin peut réduire ses émissions de GES et participer lui aussi à la lutte aux changements climatiques.



© IRDA

⁹ Communication personnelle, Vicky Lebond du MDDEP, 5 octobre 2009

¹⁰ Statistiques Canada. Stocks de porcs, par province (trimestriel). (Québec).
<http://www40.statcan.gc.ca/l02/cst01/prim51f-fra.htm>

2.1 Les stratégies alimentaires pour réduire les GES des entreprises porcines

Dans une ferme porcine, les principales sources d'émissions de GES sont les bâtiments, les fosses à lisier et les terres d'épandage. Les émissions sont surtout causées par les excréments liquides et solides. Comme les porcs n'ont pas de rumen et que leur nourriture ne fermente pas, ils dégagent peu de CH₄ en cours de digestion. Cette dernière constitue tout de même un facteur important d'émission de GES, ce que l'animal n'assimile pas se retrouvant dans le fumier et pouvant se transformer en gaz divers. Ainsi, l'azote perdu dans l'urine et les fèces représente une source de N₂O. En améliorant les stratégies alimentaires, il est possible de diminuer l'excrétion d'azote tout en générant de nombreux autres impacts positifs pour l'ensemble de la ferme.

La Fédération des producteurs de porcs du Québec (FPPQ, 2009) a produit un guide concernant les émissions de GES des exploitations de ce secteur et les solutions pour les diminuer. Dans ce guide, on explique comment ajuster l'alimentation afin de diminuer les rejets de phosphore et d'azote, un élément pouvant être transformé en N₂O, un puissant gaz à effet de serre.

Les pratiques suggérées pour réduire les rejets d'azote découlent de trois grands principes : réduction du gaspillage, amélioration de la digestibilité et prise en compte des besoins de l'animal. Plus précisément, ces pratiques sont les suivantes (Ball and Möhn, 2003 ; FPPQ, 2009) :

- 🌱 Effectuer un bilan alimentaire.
- 🌱 Réduire le gaspillage des aliments.
- 🌱 Augmenter la digestibilité des aliments.
- 🌱 Adapter les formulations aux besoins des animaux.
- 🌱 Donner des aliments provenant de cultures peu exigeantes en azote.

Effectuer le bilan alimentaire

Le bilan alimentaire est un outil qui permet de connaître les performances de l'élevage et les pertes (phosphore et azote) reliées aux déjections. De là, il est possible d'instaurer des méthodes pouvant améliorer les pratiques d'élevage, ces méthodes ayant souvent l'avantage de réduire les émissions de GES de l'exploitation.

Réduire le gaspillage

Un bon départ consiste à éviter le gaspillage de la moulée. En effet, si la moulée donnée aux animaux n'est pas consommée, elle ira directement à la fosse et certains des nutriments qu'elle contient risqueront d'être transformés en GES. La réduction du gaspillage peut être faite en donnant de la moulée en cubes plutôt qu'en farine, donc moins poussiéreuse, et en installant des trémies-abreuvoirs. Les trémies-abreuvoirs réduisent les rejets d'azote de 8 à 10 % comparativement à l'alimentation au sol. De plus, quand les aliments ne sont pas gaspillés, le producteur réalise des économies (FPPQ, 2009).

Augmenter la digestibilité

En donnant à l'animal des aliments plus digestibles, on s'assure que celui-ci assimile tout ce dont il a besoin et que les pertes de nutriments sont minimales. Pour parvenir à cet objectif, plusieurs moyens existent : diminuer les protéines brutes, ajouter des acides aminés de synthèse, améliorer la conversion alimentaire, ajuster la taille des particules et donner des phytases aux animaux.

Les protéines sont des chaînes d'acides aminés constitués en bonne partie d'azote. Quand l'animal a assimilé la quantité d'acides aminés nécessaires à ses besoins, l'azote excédentaire est rejeté. Il est possible de contourner ce problème par l'ajout d'acides aminés de synthèse dans l'alimentation, une stratégie efficace selon Ball and Möhn (2003). Ceci permet de réduire le taux de protéines brutes dans le régime, réduisant ainsi l'excrétion d'azote. En réduisant le niveau de protéines brutes de 18,5 % à 16,5 %, c'est-à-dire en les substituant par des protéines de synthèse, on diminue les pertes d'azote de 15 à 20 % (2009). Les acides aminés de synthèse fréquemment inclus dans l'alimentation des porcs sont la lysine, la méthionine, la thréonine ou le tryptophane.

Améliorer la conversion alimentaire (ou CA : indice de kg d'aliments ingérés par kg de gain de poids) constitue une autre pratique reconnue, laquelle réduit les rejets de N et P de façon importante. Par exemple, en diminuant la CA de 0,1 on réduit de 5 % les rejets de N et P (FPPQ, 2002). En implantant un système d'alimentation en phases, on améliore la conversion alimentaire, qui diminuera de 0,015 à 0,03. En effet, moins d'aliments sont nécessaires pour produire un gain de poids, meilleure est la conversion. Les trémies-abreuvoirs ont aussi un impact positif sur la conversion alimentaire, la diminuant de 0,04 à 0,07 kg d'aliments par kg de gain (4 à 7 %).

La taille des particules constituant la moulée est aussi un facteur important. Trop petites, les particules causent des lésions à l'estomac des animaux. Trop grosses, elles sont plus difficiles à digérer. Afin de maximiser les résultats, les particules devraient être de 600 microns, une taille qui convient aux porcelets, au porc à l'engraissement et à la truie en lactation. De plus, la moulée en cubes est plus digestible que la farine. Avec des particules de bonne taille et une moulée en cube, les rejets d'azote diminuent de 5 à 10 % (FPPQ, 2009).

Enfin, l'ajout de phytases, qui avait pour but premier de restreindre les rejets de phosphore, augmente également la digestibilité des protéines et réduit les pertes d'azote d'environ 2 % (Ball and Möhn, 2003 ; FPPQ, 2009).¹¹

Les phytases

Les phytases sont des enzymes qui permettent aux monogastriques d'assimiler le phosphore contenu dans les aliments tels les céréales, les graines et les tourteaux. Le porc ne possède pas cet enzyme. En le lui donnant, cela permet non seulement de réduire les rejets de phosphore, mais aussi de diminuer les suppléments de phosphore donnés à l'animal. On constate que l'enzyme permet également de réduire les rejets d'azote.

¹¹ *New generation phytases help minimize feed costs and the environmental impact of swine production.* Consulté le 20 octobre 2009.
<http://www.albertapork.com/news.aspx?NavigationID=2506>

Adapter les formulations

La formulation des moulées devrait varier selon le stade de croissance des animaux, de façon à ce qu'elles contiennent les nutriments dont l'animal a besoin, sans manque ni excès. L'alimentation multiphase permet de réduire le gaspillage. C'est la pratique qui a le plus d'impacts sur la réduction des rejets d'azote. En effet, il est possible pour le producteur de diminuer les pertes d'azote de 10 à 18 % en s'ajustant simplement aux besoins nutritionnels de ses animaux selon leur âge, leur sexe et leur stade physiologique. Cette pratique améliore le gain de poids et la conversion alimentaire des animaux, en plus de se traduire par une réduction des coûts en alimentation¹². Le producteur qui veut apporter des changements au régime alimentaire de ses animaux doit en parler à son nutritionniste.

Donner des aliments provenant de cultures peu exigeantes en azote

On peut faire un choix concernant les cultures qui serviront à l'alimentation, un choix qui a des impacts sur les rejets d'azote et les GES avant même que l'animal ne touche à sa ration ! Selon Vergé *et al.* (2009), qui ont réalisé une analyse des émissions de GES du secteur porcin au Canada, la meilleure façon de réduire les émissions porcines se trouve dans la modification de l'alimentation des animaux, plus précisément dans le choix de cultures hautement digestibles, telles que le soya et les pois secs, lesquelles nécessitent peu d'engrais azotés. Au champ, les émissions de N₂O sont réduites en raison d'une faible utilisation d'azote par ces cultures. Il faut se souvenir que ce gaz est 310 fois plus puissant que le CO₂. De plus, en utilisant des cultures qui nécessitent peu ou pas d'engrais minéraux, on évite les émissions de GES produites par la fabrication et le transport des engrais azotés. En effet, la production de 1 kg d'azote représente l'émission de 3,7 kg de CO₂.

La génétique animale influence elle aussi les émissions de GES de l'entreprise porcine. En sélectionnant des porcs qui ont une meilleure efficacité alimentaire et une plus grande vitesse de croissance, les pertes en azote sont moindres. Un génotype à haute performance obtient un gain de poids de 0,824 kg/jour et une conversion alimentaire de 2,64 (FPPQ, 2005b).

Avantages et autres informations

Un autre avantage de la réduction des pertes d'azote est la réduction des mauvaises odeurs. Les mauvaises odeurs sont entre autres reliées aux émissions d'ammoniac des fosses. Moins d'azote perdu égale donc moins de nez inconfortables !

Plusieurs pratiques ciblées (trémies-abreuvoirs, réduction du taux de protéines brutes, alimentation en phases) présentent aussi l'avantage d'améliorer le gain de poids, de 1,5 à 4 % pour chacune de ces pratiques (FPPQ, 2009). Pour plus d'informations, la FPPQ a publié un guide sur les GES ainsi que plusieurs fiches sur les stratégies alimentaires visant à réduire les pertes d'azote et de phosphore. Ce guide est disponible gratuitement¹³. Mais avant de modifier l'alimentation de vos animaux, consultez un nutritionniste.



¹² Pour plus d'information sur la réduction des coûts en fonction des modifications de l'alimentation, consultez la fiche produite par la Fédération de producteurs de porcs du Québec (2005b), <http://www.leporcduquebec.qc.ca/fr/fppq/pdf/odeurs-regie-alimentaire.pdf>

¹³ Site Internet de la Fédération des producteurs de porcs du Québec, la section « publications », sous « environnement ». Consulté le 16 septembre 2009. http://www.leporcduquebec.qc.ca/fr/fppq/savoir-4_4.html



3 La gestion des déjections animales

La gestion des fumiers est l'une des trois principales sources d'émissions de GES en agriculture, avec l'émission de près de 1 million de tonnes de CO₂e (MDDEP, 2008). Cela signifie qu'au Québec, 15 % des GES émis par le secteur agricole provient de la gestion des fumiers, le 85 % restant provenant de la fermentation entérique et des sols agricoles. Malgré les engagements du Canada envers le protocole de Kyoto, soit une promesse de diminution des émissions de 6 % sous le niveau de 1990, les émissions de GES du secteur agricole augmentent. La gestion des fumiers est notamment responsable d'une augmentation des émissions de 20 % par rapport à 1990. La hausse de production des entreprises d'élevage s'est souvent traduite pas le passage de la gestion solide à la gestion liquide des lisiers, ce qui expliquerait une partie de l'augmentation des émissions. Mais plusieurs autres actions ont aussi des impacts sur les GES émis par les fumiers.

Afin d'entreprendre des actions ayant des impacts positifs dans la lutte aux changements climatiques, il faut d'abord comprendre où et comment se produisent les transformations chimiques qui résultent en l'émission de GES. En effet, ce que contiennent les fumiers (éléments minéraux, matière organique), leur mode de manutention (solide, liquide, composté), leur mode d'entreposage (avec ou sans couverture hermétique), la gestion de la fosse (fréquence et niveau de vidange) et les modes d'épandage ont des impacts sur les émissions de GES.

Nous avons ciblé quelques méthodes permettant à la fois de réduire les GES et de mieux valoriser la matière contenue dans les fumiers (N, P, K et C). Nous aborderons ici 4 pratiques simples et efficaces :

- 🌱 la manutention solide du fumier et le compostage ;
- 🌱 l'entreposage des fumiers avec couverture ;
- 🌱 la gestion des fumiers (vidange de la fosse) ;
- 🌱 l'épandage avec incorporation simultanée du fumier.

De plus, au cours des dernières années, les technologies de traitement des déjections ont été l'objet d'un intérêt grandissant. Parmi ces technologies, on retrouve la méthanisation des lisiers, la séparation du lisier en fraction solide et liquide, la biofiltration.

3.1 La manutention du fumier : gestion solide, liquide ou compostage

Le CH₄ est le principal gaz émis par le lisier. La quantité émise dépend essentiellement du volume de lisier entreposé, du type d'animal qui le produit, de son alimentation, du type de litière utilisée, de la température et de la durée de l'entreposage. Les gestions solide et liquide émettent des quantités différentes de CH₄.

Le tableau 2 présente les émissions de CH₄ à partir du fumier de différents animaux d'élevage. Ces données sont des moyennes, calculées selon les méthodes de gestion du fumier d'une région donnée. Par exemple, en Amérique du Nord, les fumiers de vaches laitières et de porcs sont majoritairement gérés de façon liquide, tandis que le fumier de bovins non laitiers est géré de façon solide.

Tableau 2
Émissions de méthane engendrées par le fumier des animaux d'élevage en Amérique du Nord (IPCC, 1996 : page 4.13 du guide de référence)

Animaux	Émission de méthane du fumier (kg/CH ₄ /tête/an)	Émission exprimées en équivalent CO ₂ (kg CO ₂ e/tête/an)
Vaches laitières	36	756
Porcs	10	210
Bovins	10	210
Volailles	0,078	1,64

Les fumiers solides, contenant de la paille, émettent davantage de N₂O que les lisiers (Schils, 2007). Par contre, des conditions anaérobiques dans les lisiers favorisent la production de CH₄.

Le compostage peut réduire les émissions de CH₄, mais il faut faire attention aux pertes azotées. S'il est remué souvent, le fumier composté émet beaucoup

de N₂O. Pour nous éclairer, voyons les facteurs de conversion en CH₄ utilisés par le GIEC¹⁴ afin de mesurer les GES produits selon divers mode de gestion des fumiers. L'équation permettant d'estimer le CH₄ émis par le fumier tient compte des solides volatils (SV) excrétés par les animaux, et un facteur de conversion en CH₄, exprimé en pourcentage, qui dépend du mode de gestion du fumier. Ces pourcentages sont de 0,5 % pour le compostage, 2 % pour la gestion solide et 17 % pour le lisier¹⁵. Selon ces facteurs, il y a donc 4 fois moins de CH₄ émis par le compostage que par la gestion solide, et 34 fois moins qu'avec le lisier (IPCCb, 2006).

La méthode pour estimer les émissions de N₂O est différente. Ce calcul se fait à partir de la quantité d'azote excrété par l'animal et d'un facteur d'émission en kg N₂O émis par kg N excrété, selon le mode de gestion du fumier. Le tableau 3 exprime ces coefficients.

Tableau 3
Facteurs d'émission de protoxyde d'azote des fumiers selon le mode de gestion, en kg N₂O par kg N excrété et en pourcentage (%) de l'azote excrété (IPCC, 2006b)

Mode de gestion du lisier	Pourcentage (%) de N perdu sous forme de N ₂ O-N	Équivalent en kg CO ₂ e pour chaque kg N
Gestion solide	0,5	2,4
Compostage statique *	0,6	2,9
Compostage avec andain sans brassage	1	4,9
Compostage en andain avec brassage	10	48,7
Gestion liquide	0,0	0,0

* En amas avec aération forcée, sans brassage.

¹⁴ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), ou en anglais : Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC)

¹⁵ IPCCb. 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4 : Agriculture, Forestry and Other Land Use*. Dong, H., Mangino, J., McAllister, T.A., Hatfield, J.L., Johnson, D.E., Lasey, K.R., Aparecida de Lima, M. and A. Romanovskaya. Tableau 10.17, p. 10.44 -10.46. [En ligne]. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf

On remarque que le fait de brasser le matériel de compostage engendre des émissions dix fois plus importantes que sans brassage pour le compostage en andain. Avec aération forcée, les émissions du compostage statique sont réduites encore de moitié par rapport au compostage en andain sans brassage.

Afin de comparer deux systèmes de gestion, il faut comparer les émissions totales sur une même base, soit en équivalent CO₂, ce qu'a fait Rochette (non daté). Selon le mode de gestion, il en conclut que l'ampleur des émissions de GES se calcule comme suit :

Compostage sans brassage < Gestion solide
< Lisier avec croûte < Lisier sans croûte
< Compostage avec brassage

3.2 L'entreposage des fumiers avec couvertures de fosses

Couvrir la fosse à fumier offre plusieurs avantages, tels que réduire l'eau de pluie qui s'y accumule, réduire la volatilisation de l'azote et, si la couverture est étanche, permettre de brûler le CH₄ avant qu'il ne s'échappe dans l'atmosphère. De plus, dans le cas d'une fosse à construire, le volume total peut être plus petit (15 %), car on n'a pas à prévoir un espace supplémentaire pour l'eau. Dans une région qui reçoit 700 mm de précipitations par an, ce sont près de 500 000 litres d'eau qui s'accumulent dans une fosse de 30 mètres de diamètre, chaque année. Couvrir la fosse réduit le volume de fumier à transporter d'environ 15 à 30 %. En 5 ou 6 ans, vous aurez économisé le transport d'une piscine olympique !

Il existe plusieurs types de toitures pour fosses, il est donc possible d'en choisir une qui répond spécifiquement aux besoins du producteur. Les toitures peuvent être étanches au gaz et à l'eau, ou simplement empêcher l'eau d'entrer. Elles peuvent également être composées de divers matériaux, souples ou rigides, et leurs coûts varient.

Pour avoir un aperçu des toitures qui existent, plusieurs documents sont disponibles sur Agri-réseau et sur le site de la Fédération des producteurs de porcs du Québec (FPPQ) :

- 📄 <http://www.agrireseau.qc.ca/navigation.aspx?r=fosse%20toit>
- 📄 http://www.leporcduquebec.qc.ca/fr/fppq/pdf/couvertures_fosses.pdf

Coûts et avantages économiques des couvertures de fosses

Les prix des toitures varient selon leurs caractéristiques. Voici en résumé les coûts par superficie de couverture.

Tableau 4
Coût des toitures de fosses
selon leurs caractéristiques¹⁶

Type de couverture	Coûts (\$/m ²)
Demi-ferme, bois et bardeaux	70
Fermes triangulaires et tôle (max. 22 m de diamètre)	70
Dalle de béton	105
Toitures gonflables (étanche)	50 - 55
Bâche flottante (étanche)	110

Les toitures gonflables, étanches, sont les plus avantageuses au niveau des coûts d'investissement. Elles demandent peu d'entretien et s'installent facilement. Par contre, elles sont sensibles au verglas et aux précipitations de neige lors de forts vents (FPPQ, 2007). Ce sont toutefois les bâches flottantes qui sont les plus utilisées actuellement. Elles sont étanches, demandent peu d'entretien, résistent à l'accumulation de neige et de pluie, et l'eau qui s'accumule au-dessus n'est pas contaminée (FPPQ, 2007).

Si les terres d'épandage sont éloignées de la ferme, le fait de réduire le volume de fumier à épandre diminuera les coûts d'épandage. Par exemple, pour un épandage de lisier provenant d'une fosse de 33 m de diamètre, à 10 km de la ferme, dans une région qui reçoit annuellement 700 mm de pluie, l'économie peut être de 3 480 \$ par année (Pouliot, 2002).

¹⁶ Pour une description détaillée de ces couvertures, voir FPPQ (2007) [En ligne]. http://www.leporcduquebec.qc.ca/fr/fppq/pdf/couvertures_fosses.pdf

Bénéfices environnementaux des couvertures de fosses

Réduction du méthane grâce aux couvertures de fosses

Dans le cas des toitures étanches au gaz, le CH₄ produit par la fermentation du lisier doit être brûlé avec une torchère ou servir à produire de l'énergie (méthanisation). Le CH₄ est un GES qui est émis par les fumiers lorsqu'ils sont entreposés en condition anaérobie (sans oxygène), comme le sont les lisiers. C'est la fermentation de la matière organique par les bactéries méthanogènes qui produit le CH₄. Pour empêcher les émissions de CH₄, ce dernier doit être capté sous une toiture étanche et brûlé. L'énergie peut ensuite être utilisée sous forme de chaleur ou d'électricité. Mais si le CH₄ est simplement brûlé, il est transformé en CO₂, un gaz 21 fois moins réchauffant pour la planète que le CH₄. Ce CO₂ relâché dans l'atmosphère n'est pas comptabilisé dans le bilan des GES de la ferme, car on considère qu'il équivaut à la quantité qui a été absorbée par les plantes ayant servi d'aliments ou de litière durant la croissance des animaux. Les émissions de GES de la fosse sont alors réduites de près de 90 % (IPCC, 1996 : page 5, tableau 4-8).

Pour plus d'information sur les torchères, visitez le site d'un entrepreneur qui conçoit des torchères et qui en a installé dans une entreprise porcine : http://pages.videotron.com/houlehp/a_propos.html

Réduction de la volatilisation de l'azote

Couvrir la fosse fait partie des pratiques permettant de conserver l'azote sur la ferme. En effet, les toitures réduisent les pertes annuelles d'azote ammoniacal (NH₃) de 10 à 20 % et cela peut atteindre 90 % en été (FPPQ, 2007 ; Pouliot, 2002). Bien que ce gaz ne soit pas un GES, il cause des pluies acides, contribue à la formation d'aérosols et à la perte de biodiversité dans les milieux sensibles. Diminuer sa perte présente donc plusieurs avantages. L'azote qui se volatilise engendre des émissions indirectes de N₂O, c'est-à-dire ailleurs qu'à la ferme d'origine, mais ces émissions font tout de même partie du bilan de GES de la ferme. De plus, l'utilisation d'une toiture augmentant la conservation de l'azote de 5 à 10 %, le producteur a moins besoin de compenser les pertes en achetant des engrais chimiques, dont la production industrielle génère d'importantes émissions de GES. Au Québec, les pertes annuelles d'ammoniac des lisiers sont estimées à l'équivalent de 10 millions de dollars (Rochette, 2008).

Outre l'utilisation d'une couverture de fosse, d'autres moyens existent afin de réduire les pertes d'ammoniac (Rochette, 2008 ; Rochette *et al.*, 2004) :

- 🌱 Ajuster la teneur en protéines des moulées aux besoins des animaux.
- 🌱 Garder les fumiers au frais.
- 🌱 Apporter rapidement le lisier de la citerne au sol.
- 🌱 Respecter les doses recommandées de fumier.
- 🌱 Appliquer le fumier par temps frais.
- 🌱 Utiliser des cultures de couvertures ou intercalaires pour capter l'azote disponible.
- 🌱 Ne pas laisser le lisier ou le fumier à la surface du sol : l'incorporer le plus vite possible (injecter, travailler le sol, appliquer en bandes ou sous couvert végétal).

La gestion liquide n'émet pratiquement pas de N₂O direct car l'azote des fumiers est sous forme d'ammonium en condition anaérobie. Le N₂O est émis en grande quantité dans les bâtiments sur litière profonde et durant l'entreposage solide avec aération (Rochette, 2005). Toutefois, les émissions de CH₄ de la gestion liquide sont plus significatives que les émissions de N₂O si on les reporte en équivalents CO₂.

Réduction de l'eau accumulée dans la fosse

Les toitures non étanches au gaz, quoique ne permettant pas de diminuer les émissions de CH₄, permettent tout de même une réduction des GES¹⁷. En effet, puisqu'elles empêchent l'eau de s'accumuler dans la fosse, le transport routier du lisier vers les superficies d'épandage est réduit. L'économie peut être importante dans une situation où le producteur doit exporter son lisier. En effet, le volume à gérer peut être d'environ 20 % moindre (FPPQ, 2007). La capacité d'entreposage est par le fait même proportionnellement augmentée.

Réduction des mauvaises odeurs

Les toitures offrent aussi l'avantage de diminuer les odeurs émanant des fosses : de 50 % pour une toiture non hermétique et de 100 % pour une toiture hermétique (Pouliot, 2002). Cela permet de réduire les distances séparatrices nécessaires entre la fosse et les activités non agricoles, et contribue au bon voisinage !

3.3 La gestion de la fosse : vidange

Lorsque la fosse n'est pas vidée complètement, le lisier restant devient une source importante d'inoculum, c'est-à-dire d'un amas de micro-organismes méthanogènes actifs, prêts à produire rapidement du CH₄ (Massé *et al.*, 2008). Les basses températures (10 °C et moins) ralentissent la production de CH₄. Toutefois, dès que la température monte, s'il y a du lisier dans la fosse, les micro-organismes produisent du CH₄. Au printemps par exemple, si la fosse est vide, la production de CH₄ sera nulle et, lorsque du lisier sera entreposé, elle débutera plus lentement. L'épandage fréquent de lisier minimise donc les émissions de la fosse car en réduisant la période d'entreposage on diminue la quantité de lisier qui fermente (Massé *et al.*, 2008 ; PAGES, non daté). Réduire la quantité de lisier entreposé a aussi une incidence sur les émissions de GES. Dans l'étude de Massé *et al.* (2008), les émissions de CH₄ ont été réduites de 26,4 % lorsque la hauteur du lisier résiduel dans la fosse est passée de 60 à 30 cm. Le lisier résiduel, à la fin de la vidange, est donc une source d'inoculum et augmente le volume actif de lisier entreposé.

De bons trucs !

- 🌱 Valoriser les fumiers pour les éléments fertilisants qu'ils contiennent et, par le fait même, diminuer l'utilisation d'engrais chimiques.
- 🌱 Trouver des utilisateurs potentiels pour valoriser tout le lisier.
- 🌱 Vider complètement la fosse lors du pompage du lisier.
- 🌱 Épandre fréquemment le lisier, par exemple après chaque coupe de foin.

¹⁷ Communication personnelle, Marc Trudelle, Fédération des producteurs de porcs du Québec. 9 juillet 2009.

3.4 L'épandage des fumiers, l'incorporation est primordiale!

Dans un désir de réduire les émissions de GES à la ferme, l'utilisation optimale de l'azote organique est primordiale. Toute perte d'azote des fumiers est souvent compensée par des engrais chimiques, en plus d'engendrer des émissions indirectes de GES sur le lieu où il se retrouvera ultérieurement. À travers toutes les étapes de gestion du lisier, l'azote présent dispose de plusieurs occasions de s'échapper, surtout sous forme d'ammoniac (NH_3). Toutefois, le producteur peut améliorer ses pratiques de manière à diminuer les pertes. Lors de l'épandage, entre autres, l'adoption de pratiques simples permet de conserver une grande partie de l'azote, au bénéfice des plantes et du portefeuille de l'agriculteur !

Les équipements utilisés pour l'épandage des lisiers ont un impact sur la volatilisation de l'azote. Plus le lisier est en contact avec l'air, plus la volatilisation est importante. L'aéro-aspersion basse fractionne le lisier en fines gouttelettes, ce qui favorise la perte d'azote ammoniacal dans l'atmosphère (FPPQ, 2005a). Par contre, les rampes d'épandage permettent d'éviter cet inconvénient. Les citernes avec rampes et les systèmes d'irrigation avec rampes d'épandage, parce qu'ils déposent le lisier plus près du sol, réduisent d'environ 28 % la dérive des particules de lisier comparativement aux citernes avec aéro-aspersion basse (PAGES, 2005). Réduire la dérive permet de mieux conserver l'azote au champ et ainsi de réduire les risques d'émissions indirectes de N_2O . Grâce à leur largeur, les systèmes d'irrigation avec rampes d'épandage réduisent le nombre de passage de la machinerie dans le champ ainsi que la compaction du sol. La compaction du sol est un élément qui favorise la dénitrification de l'azote, car l'eau est moins bien drainée et le sol mal oxygéné. Les systèmes d'irrigation avec rampes d'épandage sont coûteux, mais ils deviennent rentables si les sites d'épandage sont dans un rayon de 2 km de la fosse. Ils permettent d'épandre un plus grand volume de lisier à l'heure, soit $153 \text{ m}^3/\text{h}$ (PAGES, 2005).

On peut ajuster avec plus de précisions la dose de lisier à épandre avec les rampes basses et sa répartition est plus uniforme. Il existe aussi des rampes « pleine terre » pour les lisiers contenant plus de paille (Gasser *et al.*, 2008). Certaines rampes offrent même la possibilité d'épandre des doses aussi faibles que 16 m^3 par hectare (PAGES, 2005). L'apport de minéraux aux plantes peut donc correspondre aux recommandations agronomiques. Il est important de respecter ces doses pour qu'il n'y ait pas d'excès d'azote au sol, lequel serait facilement disponible

pour les micro-organismes dénitrificateurs responsables des émissions de N_2O .

Afin de réduire la volatilisation de l'azote lors de l'épandage, le plus important est d'incorporer le lisier.

En effet, dans les 10 heures suivant l'épandage, le lisier laissé en surface peut perdre jusqu'à 50 % de l'azote ammoniacal qu'il contient (Rochette, 2008). Ces pertes sont souvent compensées par l'achat de fertilisants. En travaillant immédiatement le sol ou en incorporant le lisier, il est possible de limiter les pertes d'ammoniac à moins de 5 % (Vanasse, 2004). Cela peut être fait avec des dispositifs posés sur l'épandeur, par exemple les pendillards, qui déposent le lisier près du sol. Le *Guide de référence en fertilisation* propose une méthode pour calculer les pertes d'azote par volatilisation selon le mode d'épandage et le moment d'incorporation¹⁸.

L'incorporation réduit aussi les risques de ruissellement des fertilisants. Quant aux pertes souterraines, l'idéal est d'incorporer le lisier en évitant de placer l'azote sous les racines, donc de l'incorporer dans les premiers 10 cm du sol (Vanasse, 2004).



© IRDA

¹⁸ Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. *Guide de référence en fertilisation*, 1^{re} édition, 2003, Tableau 6.3, p. 124.

Voici quelques trucs pratiques à connaître afin de diminuer la volatilisation de l'azote (Gasser *et al.*, 2008 ; PAGES, 2005 ; FPPQ, 2004) :

- 🌿 Incorporer rapidement le lisier.
- 🌿 Calibrer l'épandeur.
- 🌿 Brasser le lisier et le faire analyser avant d'épandre.
- 🌿 Ajuster les doses de fumiers aux besoins des plantes.
- 🌿 Épandre le lisier sur un sol sec, dans la mesure du possible.
- 🌿 Implanter une culture intermédiaire à l'automne ou une culture intercalaire pour immobiliser temporairement l'azote. Ces cultures peuvent capter de 40 à 100 kg N par hectare, un azote qui sera rendu disponible l'année suivante plutôt que d'être perdu (Rochette *et al.*, 2004).
- 🌿 Épandre par temps frais, le soir ou le matin. La température élevée favorise la volatilisation du NH_3 .

3.5 La méthanisation

Les lisiers sont-ils une source de problèmes ou une source d'énergie ? Cela dépend de la façon dont ils sont utilisés. Disposant d'un taux élevé de matière organique, les lisiers possèdent un bon potentiel énergétique. La digestion anaérobie est un moyen de valoriser le CH_4 produit par les micro-organismes présents dans le fumier liquide et de diminuer du même coup les GES de l'entreprise agricole.

La méthanisation, aussi appelée biométhanisation ou digestion anaérobie, est la dégradation de la matière organique par des micro-organismes vivants, en absence d'oxygène. Ce procédé de fermentation de la matière organique se fait dans un **biodigesteur** (ou **bioréacteurs**) étanche à l'air et l'eau, et sans oxygène. En plus du lisier, il est possible de mélanger plusieurs produits pour les valoriser : fumiers, rejets de balle ronde, lactosérum et huiles recyclées (CRAAQ, 2008). Cela permet d'augmenter la production de biogaz, car la quantité de matière organique et de matière sèche fermentée est plus importante.

De la méthanisation découlent deux produits : le biogaz et le digestat, un effluent qui ressemble au lisier et qui peut être valorisé au champ. De plus, ce sous-produit est sans odeur et contient peu de pathogènes. Un autre avantage du processus de digestion anaérobie est que tout l'azote du lisier demeure dans le digestat où il est transformé en azote ammoniacal (NH_4^+), une forme facilement utilisable par les plantes. Également, la matière

organique plus stable (moins biodégradable)¹⁹ est conservée lors de la fermentation et peut contribuer à augmenter l'humus du sol (COGENOR, 2006). La partie digérée de la matière organique, appelée « active », aurait été rapidement dégradée par les micro-organismes du sol si le lisier non traité avait été épandu.

Le biogaz obtenu par cette dégradation est composé de CH_4 , de CO_2 , et d'autres gaz en quantité négligeable. Ce biogaz ressemble beaucoup au gaz naturel par sa concentration élevée en CH_4 (environ 70 %). Il peut être valorisé pour la production d'énergie électrique et de chaleur (CRAAQ, 2008).

Pour produire de l'énergie, le biogaz doit être brûlé. Il sert alors de combustible pour alimenter un cogénérateur. L'électricité produite alimente la ferme et la chaleur peut chauffer les bâtiments. Lorsqu'il est brûlé, le CH_4 qui s'échappe du lisier est transformé en CO_2 qui retourne dans l'atmosphère, mais qui est tout de même 21 fois moins réchauffant que le CH_4 .

En termes de gestion du lisier seulement, un porc produit des émissions annuelles de 0,2 tonne de CO_2e (IPCC, 2006b). Quant aux vaches laitières, lorsque le fumier est géré de façon liquide, elles produisent chacune en moyenne 1 tonne de CH_4 . Le biogaz possède un grand potentiel de réduction de GES, en plus de se substituer à d'autres formes d'énergie. Selon Pelletier *et al.* (2005), 35 % du biogaz produit sur une ferme de 200 truies (4000 porcs) peut remplacer la totalité de son besoin annuel en propane. Dans cette situation, la réduction des GES totaux de l'entreprise porcine est d'environ 20 % (Pelletier *et al.*, 2005). Selon ces mêmes auteurs, l'implantation de cette méthode de gestion de lisier sur une ferme porcine coûte environ 16 \$ par porc produit.

La méthanisation pourrait diminuer les émissions de GES de la filière porcine du Québec de l'ordre de 20 à 30 % (IRDA-BPR, 2005 dans CRAAQ, 2008). Au Québec, deux entreprises porcines possèdent des bioréacteurs et font la méthanisation de leurs effluents d'élevage, et une autre serait en construction²⁰. Ces deux bioréacteurs produisent de l'électricité. Il y a moins

¹⁹ Pour le sol, on classe souvent la matière organique en 3 catégories : active, protégée et stable. La fraction stable est plus difficilement décomposable tandis que la partie active est facilement décomposée par la microflore du sol (CRAAQ, 2003). La même signification s'applique dans le cas de la matière organique stable du lisier.

²⁰ C'est l'entreprise Bio-Terre Systems inc. qui a conçu les installations de ces deux fermes. Consulté le 30 septembre 2009.
<http://www.bioterre.com/index.php>

de pertes énergétiques à produire de la chaleur qu'à la transformer en électricité, mais dans un climat comme le nôtre, la production de chaleur n'est pas souhaitable toute l'année. Il est donc avantageux d'utiliser ou de vendre cette énergie sous forme électrique durant les mois d'été.

Au sujet de la méthanisation, un document très pertinent a été produit récemment par le Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ, 2008). Si le sujet pique votre curiosité, nous vous suggérons de le consulter. Vous y trouverez de l'information sur le procédé, la valorisation du biogaz, les coûts, les avantages et les inconvénients de ce procédé.

Ce document est disponible au <http://www.craaq.qc.ca/data/DOCUMENTS/EVC033.pdf>

Le programme Prime-Vert du MAPAQ peut également couvrir une partie de l'investissement relié à la méthanisation, jusqu'à 70 % des coûts admissibles pour un total de 200 000 ou 300 000 \$ maximum, selon le volet (6.1 ou 6.2). L'information détaillée est disponible sur le site Internet du MAPAQ, au <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/NR/rdonlyres/32F6530C-9A4F-4CA7-8ECC-3CF48AFEB875/0/PrimeVert.pdf>

Une autre mesure incitative est le crédit d'impôt pour l'acquisition d'installations de traitement du lisier de porc, limité à 200 000 \$ par ferme²¹.

3.6 La séparation du lisier

La production intensive d'animaux d'élevage engendre des quantités de lisier qu'il faut gérer, ce qui peut s'avérer complexe, principalement dans les régions en surplus de phosphore (P). Le Règlement sur les exploitations agricoles (REA, 2009) stipule d'ailleurs que, dès avril 2010, les producteurs devront obtenir un bilan de P à l'équilibre, c'est-à-dire qu'ils devront posséder les superficies nécessaires à l'épandage de leur fumier ou de leur lisier tout en respectant la charge en P. Les surplus de P auxquels font face certains agriculteurs ont mené à la recherche de solutions. La séparation des fractions solide et liquide du lisier en est une, et offre de multiples avantages environnementaux. En empêchant la dissolution du P des fèces dans l'urine, la séparation solide-liquide du lisier concentre le P dans une partie solide qui facilite son exportation vers des terres moins chargées. La partie liquide, moins concentrée en P, peut alors être valorisée sur les terres situées à proximité. Plusieurs technologies existent pour faire la séparation du lisier : le séparateur décanteur-centrifuge (Martin et Léveillé, 2006) ou les technologies de collecte sélective, dont les courroies sous lattes, le gratte en « V » et le filet (Godbout, 2006).

Le séparateur-décanteur centrifuge

Le séparateur-décanteur centrifuge est un appareil qui peut être installé dans un bâtiment de ferme, dans lequel le lisier homogénéisé au préalable est décanté.

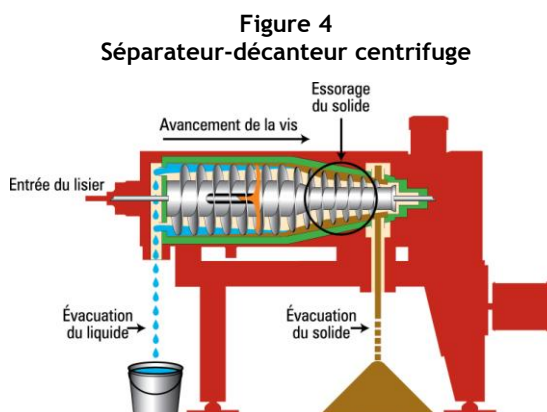


Image tirée de Martin *et al.*, 2006

²¹ http://www.revenu.gouv.qc.ca/fr/entreprise/impot/societes/credits/ressources/installations_lisier.asp

L'appareil peut traiter de 1,2 à 2,5 m³ de lisier par heure²². Le lisier est alors séparé en deux fractions : liquide (FL) et solide (FS). La séparation concentre le P dans la partie solide du lisier (75-90 % du P) et en réduit la masse (32 % de matière sèche minimum), facilitant ainsi le transport à des fins d'exportation. Ensuite, afin d'augmenter sa valeur sur le marché, la FS peut être conditionnée, ce qui améliore ses qualités physiques et conserve les nutriments. Le conditionnement peut prendre différentes formes comme le compostage ou le bio-séchage. Cette dernière technique est un processus où la FS est ventilée faiblement et ensuite entreposée. Lors de la période de ventilation, la chaleur de la FS augmente, ce qui engendre une réduction des pathogènes, des odeurs et de la masse volumique (Martin *et al.*, 2008 ; Martin *et al.*, 2007). Le conditionnement peut réduire la quantité d'eau de la fraction solide d'environ 80 %. En conséquent, la masse en est réduite de moitié. Les odeurs peuvent quant à elles être réduites de 90 %, un avantage notable dans une situation d'exportation (Martin *et al.*, 2008). Le processus ressemble beaucoup au compostage, mais se réalise plus rapidement, exige moins d'intrants additionnels, et émettrait moins de GES.



Le ratio N_{total}/P^{23} de la FS est de 0,6 et le C/N^{24} est plus élevé que dans le lisier, ce qui lui donne une valeur d'amendement organique. Ses caractéristiques permettent en effet d'augmenter l'activité biologique du sol. Pour une tonne de fraction solide conditionnée, ce sont 448 kg de matière organique qu'on ajoute au sol (Martin, 2007).

La FL est, quant à elle, faible en phosphore et riche en azote : le ratio N_{total}/P étant de 8 comparativement à 3,5 dans le lisier (Martin, 2007). Cela signifie que près de 2,5 fois moins de superficies

sont nécessaires pour valoriser le même volume de lisier, selon l'apport maximal de phosphore. Cette fraction liquide est un fertilisant riche en azote et pauvre en P, pouvant plus facilement être épandue sur les terres riches en P et apporter une partie des minéraux essentiels aux plantes, et même combler les besoins d'azote (Martin *et al.*, 2008).

Le fait de réduire le volume à exporter diminue la quantité de carburant utilisé pour le transport routier. Passant d'une situation initiale où le producteur exportait tout, par rapport à l'exportation d'un volume réduit de lisier (la FS), les GES émis lors du transport de cette matière sont moindres. C'est la principale raison pour laquelle cette technologie permet de réduire les GES à la ferme. Pelletier *et al.* (2005) ont évalué les GES produit par la gestion du lisier avec le séparateur-décanteur centrifuge. Leur estimation tient compte de l'impact de la chaîne sur l'ensemble de la ferme, incluant les distances parcourues pour transporter la FS et les engrais nécessaires pour combler les besoins des plantes. Quelques étapes de la chaîne de gestion du lisier avec le séparateur-décanteur centrifuge émettent des GES (ex. le séparateur, le compostage). Dans leur estimation, la FS est transportée dans un centre de traitement plutôt qu'exportée pour être épandue. C'est une situation hypothétique. La FS pourrait tout aussi bien être conditionnée à la ferme. Considérant tout cela, le bilan total des émissions de GES à la ferme est réduit de 2,5 %, (Pelletier *et al.* 2005). Cela équivaut à près de 17 300 kg (17,3 tonnes) de CO₂e pour une ferme qui produit 4000 porcs par an. Les émissions pourraient être davantage réduites dans le cas où le ratio N/P de la FL permettrait de satisfaire totalement les besoins des cultures et d'éliminer toute importation d'engrais minéraux à la ferme. Les distances parcourues par le lisier avant l'implantation de la technologie vont influencer la réduction de GES, tout comme la distance que parcourra la FS suite à la séparation. Selon la FPPQ (2009), la séparation centrifuge réduit de 50 % à l'entreposage de CH₄. Cela est dû au fait que la matière organique est concentrée principalement dans la fraction solide, laquelle est exportée (Hamel *et al.*, 2004). L'entreposage de la fraction liquide subit une moins grande fermentation par les micro-organismes méthanogènes, qui ne peuvent vivre sans carbone organique.

Voici quelques liens utiles pour en savoir plus sur cette méthode de traitement du lisier :

- <http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/navigation.aspx?r=s%E9parateur%20d%E9canteur-centrifuge>
- <http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/703015.pdf>

²² Pour plus de détails sur l'appareil en question, voir Martin et Léveillé (2006) en ligne, au <http://www.leporcduquebec.qc.ca/fr/fppq/pdf/p14pq1.pdf>

²³ N_{total}/P = ratio azote total sur phosphore

²⁴ C/N = ratio carbone sur azote

La collecte sélective au bâtiment

La collecte sélective des FL et FS des lisiers est possible dans les bâtiments équipés à cette fin. Divers systèmes de gestion sous lattes du lisier ont été étudiés au Québec, par l'IRDA²⁵ et le CDPQ²⁶ : la gratte en « V », la gratte conventionnelle, le filet et le convoyeur à courroie (Lemay, 2006 ; Godbout, 2004 ; Hamel *et al.*, 2004). Tous les systèmes testés ont permis d'obtenir une FS ayant une teneur en matière sèche (30 %) et un contenu en phosphore (90 %) se rapprochant des résultats d'un séparateur-décanteur centrifuge (Godbout, 2006).

Ces types de gestion sous lattes, visant toute la séparation du lisier, permettraient de réduire de 20 % le CH₄ émis au bâtiment et de 80 % à l'entreposage (FPPQ, 2009).

En incluant l'énergie nécessaire à la séparation, l'épandage de la FL sur les terres et le compostage de la FS, Pelletier *et al.* (2005) ont évalué que l'introduction de l'une de ces méthodes de séparation sous lattes réduit les GES de la ferme d'environ 7 % (soit environ 47 tonnes CO₂e pour une ferme de 4000 porcs) par rapport à une gestion conventionnelle du lisier. Les principales sources d'émission ayant varié dans cette chaîne de gestion sont les suivantes :

- 🌱 Le méthane émis au bâtiment a été réduit d'environ 20 %.
- 🌱 Le méthane émis lors de l'entreposage a été réduit de 15 %.
- 🌱 Le compostage a engendré principalement des émissions de protoxyde d'azote, équivalentes à 14 % du total des émissions de la chaîne.

Avantages environnementaux et sociaux

En plus de réduire les GES, la séparation a d'autres avantages, tels que permettre un meilleur contrôle du phosphore.

Le P favorise la prolifération des algues et des plantes aquatiques dans les plans d'eau (FAPAQ, 2002). L'excès de P dans l'eau, à l'origine du phénomène d'eutrophisation, est corrélé à la densité animale sur le territoire (MDDEP, 2005).

Maintenir une concentration inférieure à 0,03 mg P-total/l dans l'eau permettrait de prévenir l'eutrophisation des rivières. Entre 1989 et 1995, le phosphore a dépassé ce critère pour quatorze des

dix-neuf bassins versants échantillonnés dans différentes régions du Québec (FAPAQ, 2002).

Le plus grand avantage que pourra amener la séparation du lisier est certainement le respect des dépôts maximum de P sur les terres agricoles, ce qui aura de nombreux bénéfices au niveau de la qualité des cours d'eau du Québec. Mais encore faut-il trouver des sols qui ne sont pas saturés en P à une distance acceptable !

Pour véritablement réduire la charge en P des sols, il est important de valoriser le mieux possible les deux fractions produites. Les fumiers ont longtemps été considérés comme des déchets, et parce que les engrais minéraux étaient jugés plus efficaces, les deux étaient souvent épandus sur les mêmes terres, causant une surfertilisation (FAPAQ, 2002). Il est essentiel d'utiliser ces engrais de ferme, disponibles et abordables, et de respecter les grilles de fertilisation sans excéder les doses recommandées.

Un autre avantage important, démontré par les différentes recherches sur les systèmes de séparation, est la réduction des odeurs au bâtiment et lors de l'épandage (Lemay, 2006 ; Hamel *et al.*, 2004 ; Godbout, 2004).

Coûts et avantages économiques

Pelletier *et al.* (2005) ont réalisé une analyse économique des chaînes de gestion de lisier discutées précédemment. Ils ont estimé que les coûts pour la séparation de lisier de porc par centrifugation (18 \$/porc) ou dans le bâtiment (10,10 \$/porc) sont plus élevés qu'en gestion conventionnelle (5,30 \$/porc), lorsque le lisier est épandu à proximité. Toutefois, dès que le lisier doit être épandu à plus de 30 km de la ferme, les coûts passent à 11,20 \$/porc. La collecte sous lattes est plus économique que le séparateur-décanteur centrifuge. Ces coûts, bien qu'élevés, se comparent avec la valeur de l'acquisition de nouvelles terres dans le but de respecter les abaques de P.

Pour plus d'information sur la rentabilité du séparateur-décanteur centrifuge, deux fiches, produites par l'IRDA et la FPPQ respectivement, peuvent être consultées :

- 🌱 http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Centrif_FT140127-3-Fa.pdf
- 🌱 http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Centrif_FT140127-3-Fa.pdf

²⁵ Institut de recherche et de développement en agroenvironnement.

²⁶ Centre de développement du porc du Québec.

3.7 La biofiltration : une technologie à surveiller !

Au Québec, la gestion des fumiers a généré l'émission de presque 1 Mt (millions de tonnes) de CO₂e en 2006 (MDDEP, 2008). Le secteur porcin contribue à 54 % de ces émissions (FPPQ, 2006). La biofiltration est une pratique qui pourrait contribuer à diminuer les émissions de GES des fumiers entreposés. Cette technologie, qui utilise la capacité naturelle de certains micro-organismes à dégrader et oxyder les contaminants, est déjà utilisée pour traiter l'air et les eaux usées en dégradant des molécules telles que les COV ou composés organiques volatils (Bachand, 2007). Récemment, dans un souci de réduction des émissions de GES à la ferme, l'intérêt s'est porté sur la biofiltration du CH₄, afin d'éliminer ce GES puissant émis par les fosses à lisier. En laboratoire, la biofiltration a permis l'oxydation du CH₄, mais peu d'études ont testé la technologie sur le terrain. Selon ces rares études, la dégradation du CH₄ en CO₂ et en eau est de 83 à 92 % selon le matériel filtrant utilisé, soit le compost ou la tourbe (FPPQ, 2006). Cette technologie fait encore l'objet de recherche et développement.

La biofiltration est prometteuse car elle est plus économique et plus simple que d'autres procédés d'élimination du CH₄, telle la méthanisation. De plus, notons qu'elle permet une diminution des pertes d'ammoniac, donc une meilleure valorisation de l'azote des fumiers et une réduction de l'achat de fertilisants (FPPQ, 2008). Cela peut aussi augmenter la capacité d'entreposage de la fosse, car la fosse devra être recouverte afin de capter les gaz sortants et cela empêchera les eaux de pluies d'y pénétrer. La diminution des odeurs, de plus de 90 %, est un autre bénéfice important de la biofiltration (FPPQ, 2006).

La biofiltration fait appel à des matériaux simples (compost, tourbe) et à des micro-organismes naturellement présents dans ceux-ci. Toutefois, selon Daniel Massé, chercheur pour Agriculture et Agroalimentaire Canada²⁷, il est préférable de poursuivre la recherche afin d'optimiser le procédé avant de l'appliquer en ferme commerciale. La technologie pourrait aussi être développée pour les sorties d'air des bâtiments agricoles. Pour ceux qui désirent diminuer les émissions de CH₄ de ferme, il faudra demeurer aux aguets !

²⁷ Communication personnelle avec Daniel Massé, 7 juillet 2009.



Conclusion

Bien qu'émetteur de GES, le secteur agricole a le potentiel de réduire ses émissions, en plus d'être un des rares secteurs capables d'accumuler le carbone dans ses sols. Les pratiques et les stratégies de réduction des émissions de GES recommandées dans ce module ont des impacts positifs sur le bilan des GES, mais aussi sur d'autres facteurs importants. Elles entraînent des bénéfices sociaux, économiques ou environnementaux pour le producteur agricole et son milieu. Par exemple, plusieurs pratiques permettent à l'agriculteur d'améliorer l'efficacité de son entreprise, par exemple en conservant mieux les nutriments dans le système agricole, réduisant ainsi la dépendance aux intrants. Certaines pratiques de réduction des émissions de GES augmentent même la résilience des systèmes agricoles. Ainsi, les prairies et les pâturages permettent au système de s'adapter plus facilement aux changements climatiques présents et à venir.

Ce module a fait un tour d'horizon des stratégies qui peuvent permettre la réduction du bilan GES de l'agriculture. D'autres pratiques peuvent être bénéfiques et, au cours des prochaines années, grâce à la recherche et au développement, nous connaissons certainement un approfondissement de nos connaissances sur les stratégies visant la réduction des émissions de GES. Il est important de toujours avoir en tête que, pour estimer l'impact d'une pratique sur le bilan GES d'une entreprise, on doit prendre du recul et analyser l'ensemble des impacts que peut avoir une modification de pratique sur une ferme.

Le secteur agricole peut participer à une action collective de réduction de son empreinte climatique. Gardons en tête que l'agriculture est perçue comme le secteur pouvant le plus contribuer à l'accumulation du carbone et à la réduction des GES au niveau mondial (FAO, 2009).



© Robert Kohlhuber

Références

- AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE CANADA. Mars 2008. *Une agriculture efficace pour un air plus sain : une analyse scientifique des liens entre les pratiques agricoles et les gaz à effet de serre*. 166 pages.
- BACHAND, C. 2007. *La vache laitière et ses gaz à effet de serre*. [En ligne].
http://www.mapaq.gouv.qc.ca/NR/rdonlyres/F8E8FD67-3391-41F0-ABD5-7FC30ACC616F/11935/GTA320404_GESBL_charles_bachand_SI.pdf
- BALL, R. O. and S. MÖHN. 2003. "Feeding strategies to reduce greenhouse gas emissions from pigs". *Advances in Pork Production*. 14 : 301-311.
- BEAUCHEMIN, K.A., MCALLISTER, T.A. and S. M. MCGINN. 2009. "Dietary mitigation of enteric methane from cattle". *Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*. 4 : 035.
- BEAUCHEMIN, K. A., KREUZER, M., O'MARA, F. and T. A., MCALLISTER. 2008. "Nutritional management for enteric methane abatement: a review". *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 48 : 21-27.
- BEAUCHEMIN, K. A. and S. M. MCGINN. 2006. "Methane emissions from beef cattle: Effects of fumaric acid, essential oil, and canola oil". *Journal of Animal Science*. 84 : 4189-1496.
- BÉLANGER, G. et A. BOOTSMA. 2002. *Impact des changements climatiques sur l'agriculture au Québec*. 65^e congrès de l'Ordre des agronomes du Québec. [En ligne].
<http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Belanger.pdf>
- BENCHAAR, C., POMAR, C. and J. CHIQUETTE. 2001. "Evaluation of dietary strategies to reduce methane production in ruminants: A modelling approach". *Canadian Journal of Animal Science*. 81 : 563-574.
- BOADI, D. A. and K. M. WITTENBERG. 2002. "Methane production from dairy and beef heifers fed forages differing in nutrient density using the sulfur hexafluoride (SF₆) tracer gas technique". *Canadian Journal of Animal Science*. 82 : 201-206.
- BOADI, D., BENCHAAR, C., CHIQUETTE, J. and D. MASSÉ. 2004. "Mitigation strategies to reduce methane emissions from dairy cows: Update review". *Canadian Journal of Animal Science*. 84 : 319-335.
- CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUÉBEC. 2003. *Guide de référence en fertilisation*. 1^{re} édition. 294 pages.
- CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUÉBEC. 2008. *La biométhanisation à la ferme*. 18 pages. [En ligne].
<http://www.craaq.qc.ca/data/DOCUMENTS/EVC033.pdf>
- CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUÉBEC. 2005. *Les plantes fourragères*. 244 pages
- CHOUINARD, Y. *Production et émissions du méthane et du gaz carbonique par les ruminants*. 2002. 65^e congrès de l'Ordre des agronomes du Québec. 10 pages. [En ligne].
<http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/chouinard.pdf>
- COOPÉRATIVE DE GESTION DES EFFLUENTS ORGANIQUES DE LANAUDIÈRE (COGENOR). 2006. *Digestion anaérobie et méthanisation (Technologies LIPP)*. Rapport final. 16 pages. [En ligne].
http://www.traitement.qc.ca/Publications/Compte_rendu_LIPP_Allemagne.pdf
- ENVIRONNEMENT CANADA. 2009. *Rapport d'inventaire national 1990-2007 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada. La proposition canadienne concernant la convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*. [En ligne]. http://www.ec.gc.ca/pdb/ghg/inventory_report/2007/full_inv_2007_fra.cfm
- FÉDÉRATION DES PRODUCTEURS DE PORCS DU QUÉBEC (FPPQ). *Exploitation porcine et gaz à effet de serre*. 2009. [En ligne].
<http://www.leporcduquebec.qc.ca/fr/fppq/publication.pdf>
- FÉDÉRATION DES PRODUCTEURS DE PORCS DU QUÉBEC (FPPQ). Plan des interventions agroenvironnementales. Juin 2007. *Les couvertures sur les fosses à lisier. Fiche technique n° 4*. 6 pages. [En ligne]. http://www.leporcduquebec.qc.ca/fr/fppq/pdf/couvertures_fosses.pdf

- FÉDÉRATION DES PRODUCTEURS DE PORCS DU QUÉBEC (FPPQ). Plan des interventions agroenvironnementales. Mars 2005a. *Rampes d'épandage*. 6 pages. [En ligne]. http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/6-2-4_Fiche_Rampe.pdf
- FÉDÉRATION DES PRODUCTEURS DE PORCS DU QUÉBEC (FPPQ). Plan des interventions agroenvironnementales. Août 2005b. *Réduire les odeurs par la régie alimentaire*. 8 pages. [En ligne]. <http://www.leporcduquebec.qc.ca/fr/fppq/pdf/odeurs-regie-alimentaire.pdf>
- FÉDÉRATION DES PRODUCTEURS DE PORCS DU QUÉBEC (FPPQ). Plan des interventions agroenvironnementales. Avril 2004. *Évaluation des rampes d'épandage*. 8 pages. [En ligne]. http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Rampes_basses.pdf
- FÉDÉRATION DES PRODUCTEURS DE PORCS DU QUÉBEC (FPPQ). Plan des interventions agroenvironnementales. Septembre 2002. *Régie alimentaire pour réduire les rejets d'azote et de phosphore*. 8 pages.
- FÉDÉRATION DES PRODUCTEURS DE PORCS DU QUÉBEC (FPPQ). 2008. Projet de démonstration à la ferme sur l'implantation d'une technologie pour la récupération et l'élimination du méthane produit par une fosse à lisier. [En ligne]. <http://www.leporcduquebec.qc.ca/fr/fppq/pdf/p18.pdf>
- GASSER, M. O. et R. CARRIER. *Les rampes d'épandage pour lisiers pailleux*. 2008. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) et Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). 8 pages. [En ligne]. http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Rampes_feuillet_technique_final.pdf
- GODBOUT, S. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). Colloque sur la production porcine. 2004. *Réduire les rejets dans l'environnement : quatre systèmes de gestion sous les lattes à l'étude*. 8 pages.
- GODBOUT, S. et M. J. TURGEON. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), Centre de développement du porc du Québec (CDPQ), Fédération des producteurs de porcs du Québec (FPPQ). Juin 2006. *Séparation des lisiers de porcs au bâtiment. Trois technologies à l'épreuve*. Porc Québec. 4 pages.
- GRUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT (GIEC). 2007. *Bilan des changements climatiques : Rapport de synthèse*. [En ligne]. <http://www.hc-sc.gc.ca/ewhsemt/climat/impact/index-fra.php>
- HAMEL, D., POULIOT, F., GODBOUT, S. et R. LEBLANC. Fédération des producteurs de porcs du Québec. Octobre 2004. *Séparation liquide-solide des déjections. Un système de gratte prometteur*. Porc Québec. 7 pages.
- IPCC. 1996. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. [En ligne]. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6c.html>
- IPCC. 2006a. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and Tanabe K., eds. Hayama, Japon : IGES.
- IPCC. 2006b. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4 : Agriculture, Forestry and Other Land Use*. Chapter 10 : "Emissions from livestock and manure management". Dong, H., Mangino, J., McAllister, T. A., Hatfield, J. L., Johnson, D. E., Lassey, K. R., Aparecida de Lima, M. and A. Romanovskaya. 87 pages. [En ligne]. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf
- IRDA - BPR. 2005. *Réduction des émissions de gaz à effet de serre : faisabilité de l'implantation d'une chaîne de gestion des lisiers au Québec*. Rapport final. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 94 pages + annexes.
- KEBREAB, E., CLARK, K., WAGNER-RIDDLE, C. and J. FRANCE. 2006. "Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture: A review". *Canadian Journal of Animal Science*. 86 : 135-158.
- LASSEY, K. R. "Livestock methane emission: From the individual grazing animal through national inventories to the global methane cycle". 2007. *Agricultural and Forest Meteorology*. 142 :120-132.
- LEBLOND, VICKY. Communication personnelle. 5 octobre 2009. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.
- LEMAY, S. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). Colloque sur la production porcine. 2006. *Un nouvel enclos porcin sans lattes pour séparer les déjections à la source et réduire les émissions*. 19 pages.













- MARTIN, D. Y., LANDRY, C., et F. LÉVEILLÉE. 2008. *Intérêt agronomique d'un séparateur décanteur-centrifuge pour la séparation des lisiers de porc*. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). 2 pages. [En ligne]. http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Centrif_FT140127-2-Fa.pdf
- MARTIN, D. Y., LÉVEILLÉE, F., LANDRY, C. et R. CARRIER. 2006. *Installation et essais à la ferme d'un système de séparation solide-liquide du lisier de porcs complété par la stabilisation et l'entreposage de la fraction solide*. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). 100 pages. [En ligne]. http://www.irda.qc.ca/_documents/_Results/22.pdf
- MARTIN, D. Y. et F. LÉVEILLÉE. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). Octobre 2006. *Évaluation des performances d'un séparateur-décanteur centrifuge pour la séparation du lisier de porcs. Description et rendement de l'équipement (1er article de 3)*. Porc Québec. 3 pages.
- MARTIN, D. Y., LANDRY, C. et F. LÉVEILLÉE. Juin 2007. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). *Évaluation des performances d'un séparateur-décanteur centrifuge pour la séparation du lisier de porcs. Valorisation des sous-produits. (2^e article de 3)*. Porc Québec. 5 pages.
- MASSÉ, D. I., MASSE, L., CLAVEAU, S., BENCHAAAR, C. and O. THOMAS. 2008. "Methane emissions from manure storages". *American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 51(5) : 1775-1781.
- MCCAUGHEY, W. P., WITTENBERG, K. and D. CORRIGAN. 1999. "Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows". *Canadian Journal of Animal Science*. 79 : 221-226.
- MCCAUGHEY, W. P., WITTENBERG, K. and D. CORRIGAN. 1997. "Methane production by steers on pasture". *Canadian Journal of Animal Science*. 77 : 519-524.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). 2005. *Capacité de support des activités agricoles par les rivières : le cas du phosphore total*. 36 pages.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS DU QUÉBEC. Direction des politiques de la qualité de l'atmosphère. 2008. *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2006 et leur évolution depuis 1990*. 15 pages. [En ligne] <http://www.mddep.gouv.qc.ca/changements/ges/2006/inventaire2006.pdf>
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS DU QUÉBEC. 2009, *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2007 et leur évolution depuis 1990*, Direction des Politiques de la qualité de l'atmosphère, 17 p. [En ligne]. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/changements/ges/2007/inventaire2007.pdf>
- MOSIER, A. R., DUXBURY, J. M., FRENEY, J. R., HEINEMEYER, O., MINAMI, K. and D. E. JOHNSON. 1998. "Mitigating agricultural emissions of methane". *Climatic Change*. 40 : 39-80.
- MOSS, A. R., JOUANY, J. P. and J. NEWBOLD. 2000. "Methane production by ruminants: Its contribution to global warming". *Annals of Zootechnology*. 49 : 231-253.
- ORGANISATION DE NATIONS UNIS POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE (FAO). 2009. *Review of evidence on drylands pastoral systems and climate change - Implications and opportunities for mitigation and adaptation*. 50 pages.
- PELLETIER, F., GODBOUT, S., PIGEON, S. et J.-Y. DROLET. Décembre 2005. *Réduction des émissions de gaz à effet de serre : faisabilité de l'implantation d'une chaîne de gestion des lisiers au Québec*. Rapport final. Version finale. IRDA et BPR. 94 pages.
- PHETTEPLACE, H. W., JOHNSON, D. E. and A. F. SEIDI. 2001. "Greenhouse gas emissions from simulated beef and dairy livestock systems in the United States". *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 90 : 99-102.
- POULIOT, F., FOULDS, C., BOUTIN, F. et R. FILION. *Les toitures sur les fosses à lisier*. 2002. Réduction des odeurs et des volumes. Fédération des producteurs de porcs du Québec. 6 p. [En ligne]. <http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/toitures.pdf>

- PROGRAMME D'ATTÉNUATION DES GAZ À EFFET DE SERRE (PAGES). 2005. *Équipements d'épandage et gestion des lisiers : caractérisation de 75 chantiers, saison 2004*. Clubs-conseils en agroenvironnement. 8 pages. [En ligne].
http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Brochure_ClubsConseils.pdf
- PROGRAMME D'ATTÉNUATION DES GAZ À EFFET DE SERRE (PAGES). Non daté. *Les pratiques agricoles et les gaz à effet de serre (GES)*. 2 pages. [En ligne].
http://www.soilcc.ca/ggmp_fact_sheets/pdf/QU_BPG.pdf
- Règlement sur les exploitations agricoles (REA). *Loi sur la qualité de l'environnement*. Publication du Québec. 27 mai 2009. [En ligne].
http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q_2/Q2R11_1.htm
- ROCHETTE, P. (non daté). *Émissions de gaz à effet de serre (GES) durant l'entreposage et le traitement des fumiers*. Présentation PowerPoint.
- ROCHETTE, P. 2008. *Gestion des engrais minéraux et organiques : volatilisation de l'ammoniac. Colloque en agroenvironnement*. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). [En ligne]. http://www.agrireseau.qc.ca/agriculturebiologique/documents/Rochette_Philippe_AR.pdf
- ROCHETTE, P. CHANTIGNY, M. ANGERS, D. et A. VANASSE. 2004. *Gestion de l'azote des fumiers : comment réduire les pertes ?* Programme d'atténuation des gaz à effet de serre. 6 pages. [En ligne]. <http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/D%C3%A9pliantGES6p.pdf>
- ROCHETTE, P. L'entreposage des fumiers : une source appréciable de GES. *Bovins du Québec*. Été 2005. 2 pages.
- ROTZ, C. A., SODER, K. J., SKINNER, R. H., DELL, C. J., KLEINMAN, P. J., SCHMIDT, J. P. and R. B. BRYANT. September 2009. "Grazing can reduce the environmental impact of dairy production systems". *Forage and Grazinglands*.
- ROY, M. 2002. *L'impact des changements climatiques sur l'entomofaune agricole au Québec*, MAPAQ. 65^e congrès de l'ordre des agronomes du Québec. Agri-Réseau. [En ligne].
<http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Mroy1.pdf>
- SCHILS, R. L. M., OLESEN, J. E., DEL PRADO, A. and J. F. SOUSSANA. 2007. "A review of farm level modelling approaches for mitigating greenhouse gas emissions from ruminant livestock systems". *Livestock Science*. 112 : 240-251.
- SOCIÉTÉ DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC (FAPAQ). 2002. *Rapport sur les impacts de la production porcine sur la faune et ses habitats*. Vice-présidence au développement et à l'aménagement de la faune. 72 pages.
- SOUSSI-GOUNNI, A., MASSÉ, D. et S. BARRINGTON. Fédération des producteurs de porcs du Québec (FPPQ). Août 2006. *La biofiltration, une solution aux gaz à effet de serre émis par les fosses à lisiers ?* Porc Québec. 3 pages. [En ligne].
<http://www.agrireseau.qc.ca/porc/documents/Recherche-biofiltration.pdf>
- VANASSE, A. Programme d'atténuation des gaz à effet de serre (PAGES). 2004. *Leadership de l'agriculture dans la réduction des GES*. 4 pages. [En ligne].
http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/GESencart_mars04.pdf
- VAN DORLAND, H. A., WETTSTEIN, H.-R., LEUENBERGER, H. and M. KREUZER. 2007. "Effect of supplementation of fresh and ensiled clovers to ryegrass on nitrogen loss and methane emission of dairy cows". *Livestock Science*. 111 : 57-69.
- VERGÉ, X. P. C., DYER, J. A., DESJARDINS, R. L. and D. WORTH. 2008. "Greenhouse gas emissions from the Canadian beef industry". *Agricultural Systems*. 98 : 126-134.
- VERGÉ, X. P. C., DYER, J. A., DESJARDINS, R. L. and D. WORTH. 2007. "Greenhouse gas emissions from the Canadian dairy industry in 2001". *Agricultural Systems*. 94 : 683-693.
- VERGÉ, X. P. C., DYER, J. A., DESJARDINS, R. L. and D. WORTH. 2009. "Greenhouse gas emissions from the Canadian pork industry". *Livestock Science*. 121 (1) : 92-101
- VIGNOLA, J.-L. et A. FOURNIER. 2007. *Le pâturage intensif, j'y crois, j'y vois !* Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. [En ligne]. <http://www.agrireseau.qc.ca/bovinslaitiers/documents/Le%20p%C3%A2turage%20intensif%20-%20Vaches%20laiti%C3%A8res%20Final.pdf>

ANNEXE












Tableaux récapitulatifs des pratiques de réduction des GES sur les fermes d'élevage au Québec

Tableau 5
Analyse de pratiques de réduction des GES chez les bovins laitiers

PRATIQUE	POTENTIEL DE RÉDUCTION DES GES	MATURITÉ DES CONNAISSANCES	IMPACT ÉCONOMIQUE	COMMENTAIRES
Qualité des fourrages				Augmenter la qualité des fourrages engendre des bénéfices car la production en est améliorée.
Pâturages				Faire paître les animaux réduit les besoins de passage de machinerie et d'entreposage des fumiers. Les coûts reliés à la gestion des pâturages sont de 1 \$ par jour pour une vache au pâturage (<i>Bovins du Québec</i> , 2010).
Aliments concentrés				Le coût varie selon l'aliment donné. La culture du maïs ou du soya est plus énergivore et demande plus d'intrants que les prairies.
Matières grasses				Les sources de matières grasses sont variables : lin, canola, poudres...

















* Voir la légende au tableau 8.

Tableau 6
Analyse de pratiques de réduction des GES en production porcine

PRATIQUE	POTENTIEL DE RÉDUCTION DES GES	MATURITÉ DES CONNAISSANCES	IMPACT ÉCONOMIQUE	COMMENTAIRES
Faire un bilan alimentaire	---			Le bilan mènera à des décisions qui pourront réduire les émissions de GES. Un bilan peut être fait gratuitement par la meunerie, ou être subventionnée par le programme Prime-Vert (500 \$ par bilan). Le bilan mène à des économies sur les coûts d'alimentation.
Réduire le gaspillage de la moulée			↓ coûts 3 \$/porc (FPPQ, 2009)	---
Augmenter la digestibilité			↓ de plus de 1,40 \$/porc (FPPQ, 2009)	La réduction des coûts provient d'un ensemble de pratiques : réduction du contenu de protéines brutes, ajout de phytases, contrôle de la granulométrie de la moulée.
Adapter les formulations			↓ coûts 1,30 \$/porc (FPPQ, 2009)	---
Cultures peu exigeantes en azote				La rentabilité dépendra du changement de cultures choisies pour l'alimentation et de la réduction des besoins en azote. À analyser au cas par cas.











* Voir la légende au tableau 8.

Tableau 7
Analyse de pratiques de réduction des GES de la gestion des déjections

PRATIQUE	POTENTIEL DE RÉDUCTION DES GES	MATURITÉ DES CONNAISSANCES	IMPACT ÉCONOMIQUE	COMMENTAIRES
Gestion solide ou compostage				La gestion solide n'implique pas de construction de fosse et nécessite moins d'épandage car moins d'eau est contenue dans la matière à transporter.
Couverture de fosse			50-110 \$/m ²	---
Vidange de la fosse			---	Aucun coût supplémentaire.
Incorporation du fumier				Selon machinerie disponible et temps alloué.
Méthanisation			16 \$/porc ou environ 350 000 \$	---
Séparation FS/FL			10-18 \$/porc (Pelletier et al., 2005)	---
Biofiltration			---	Encore peu connu. Recherche et développement à poursuivre

* Voir la légende au tableau 8.

Tableau 8
Légende des symboles utilisés dans les tableaux

Symbole	Signification
	Technologie ou pratique novatrice , dont les recherches ont cours depuis un certain nombre d'années mais qui nécessite toujours l'acquisition de connaissances.
	Technologie ou pratique connue et adoptée , qui pourrait encore être améliorée par de la recherche et développement.
	Technologie ou pratique connue et pratiquée , dont certains aspects pourraient bénéficier de recherche et développement pour précision.
	Technologie ou pratique connue et pratiquée , largement adoptée et dont les détails et impacts sont bien documentés .
	Potentiel de réduction inférieur à 10 tonnes CO₂e .
	Potentiel de réduction entre 10 et 50 tonnes CO₂e ou modeste potentiel de réduction des émissions d'une entreprise agricole.
	Potentiel de réduction entre 50 et 100 tonnes CO₂e ou bon potentiel de réduction des émissions d'une entreprise agricole.
	Potentiel de réduction supérieur à 100 tonnes CO₂e ou grand potentiel de réduction des émissions d'une entreprise agricole.
	Technologie ou pratique qui est rentable et amène des économies pour l'entreprise agricole.
	Technologie ou équipement pour lequel il existe un coût d'investissement variable selon la situation et les choix de l'entreprise agricole.

AGRICULTURE et CLIMAT

Un projet *Nature* Québec

VERS DES FERMES ZÉRO CARBONE

Le projet *Agriculture et climat : vers des fermes 0 carbone* de Nature Québec vise à faire participer le secteur agricole québécois à la lutte aux changements climatiques par l'adoption de pratiques qui réduisent les émissions de gaz à effet de serre (GES) et/ou favorisent l'accumulation du carbone. Ce projet est financé en grande partie par le Fonds d'Action Québécois pour le Développement Durable, et complété par le programme Prime-Vert du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

Agriculture et climat : vers des fermes 0 carbone est un projet qui se répartit en trois volets, soit l'information/sensibilisation, les formations et l'accompagnement à la ferme. Principalement destiné aux producteurs et intervenants du secteur agricole, le volet information/sensibilisation se présente sous forme de modules d'information et de fiches synthèses sur des pratiques agricoles ciblées. Par ailleurs, une partie de ce volet, à savoir la publication de capsules d'information portant sur différents thèmes dans le webzine Franc Vert, est destinée au grand public.

Les modules d'information produits dans ce projet abordent les thèmes suivants :

- les pratiques culturales permettant de réduire les gaz à effet de serre à la ferme ;
- les pratiques permettant d'accumuler le carbone dans les sols agricoles ;
- les stratégies d'élevage pour diminuer l'impact des productions animales sur les changements climatiques ;
- les méthodes de gestion et de traitement des fumiers pour réduire les GES ;
- l'utilisation des énergies renouvelables et l'efficacité énergétique à la ferme.

Les formations, destinées aux producteurs agricoles et aux intervenants agricoles, apportent des pistes de réflexion sur des pratiques ciblées pour la lutte aux changements climatiques. Ces formations sont offertes dans cinq régions du Québec.

Finalement, l'impact réel du projet réside dans l'accompagnement à la ferme des producteurs désirant implanter des pratiques de réduction de GES et d'accumulation de carbone sur leur entreprise. Trente producteurs agricoles sont actuellement accompagnés dans le cadre de ce projet. Cette action permet de proposer aux agriculteurs des pratiques adaptées à leurs productions, et d'évaluer les émissions de GES sur la ferme en début et en fin de projet afin de constater l'impact de l'adoption de ces pratiques sur le bilan d'émission de GES de la ferme.

<http://www.naturequebec.org/pages/fermeszerocarbone.asp>



Nature Québec est un organisme national à but non lucratif qui regroupe 5 000 sympathisants, dont plus d'une centaine d'organismes affiliés issus des régions du Québec. Promoteur de la sauvegarde de l'environnement et du développement durable, Nature Québec est résolument engagé dans un processus qui vise à influencer les comportements des citoyens et des organisations publiques et privées du Québec. Depuis 1981, il fonde son action sur les trois objectifs principaux de la Stratégie mondiale de conservation de l'Union mondiale pour la nature (UICN) :

- maintenir les processus écologiques essentiels à la vie;
- préserver la diversité biologique;
- favoriser l'utilisation durable des espèces, des écosystèmes et des ressources.

Nature Québec contribue à l'avancement des sciences environnementales par la production de mémoires, d'analyses et de rapports sur lesquels il fonde ses interventions publiques. Il réfléchit aux perturbations que subit la nature lors de l'aménagement du territoire agricole et forestier, de la gestion du Saint-Laurent et lors de la réalisation de projets de développements urbain, routier, industriel et énergétique. À ces fins, Nature Québec a constitué des commissions autour de grands thèmes intégrateurs qui interviennent dans les domaines de l'agriculture, des aires protégées, de la biodiversité, de l'eau, de l'énergie et de la forêt. Prônant le consensus et la vie démocratique, les commissions sont animées par un important réseau de bénévoles et de collaborateurs détenteurs d'une expertise de terrain irremplaçable, ainsi que d'universitaires et de chercheurs spécialisés dans les domaines de la biologie, de la foresterie, de l'agronomie et des sciences de l'environnement.

Nature Québec cherche à susciter des réflexions et des débats, et exige souvent un examen public préalable à la réalisation de projets publics ou privés ou à la mise en œuvre de politiques ou de programmes gouvernementaux qui risqueraient d'avoir des impacts négatifs sur l'environnement.

Nature Québec
870, avenue De Salaberry, bureau 270
Québec (Québec) G1R 2T9
tél. (418) 648-2104 • Téléc. (418) 648-0991
www.naturequebec.org • conservons@naturequebec.org



Nature Québec
 Commission Agriculture
 870, avenue De Salaberry, bureau 207
 Québec (Québec) G1R 2T9
 conservons@naturequebec.org

Nos partenaires



FONDS D'ACTION
 QUÉBÉCOIS POUR LE
 DÉVELOPPEMENT DURABLE

Partenaire financier

Québec 

