

La production porcine et l'environnement au Québec (Canada)

*Stéphane GODBOUT (1), Frédéric PELLETIER (1), Stéphane P. LEMAY (1),
Francis POULIOT (2), Martin BELZILE (1), Alfred MARQUIS (3), Marc R. LAVERDIÈRE (1),
Denis CÔTÉ (1), Caroline CÔTÉ (1)*

(1) Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA)

120-A, chemin du Roy, Deschambault (Québec), Canada, G0A 1S0

(2) Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ)

2795, boul. Laurier, bureau 340, Sainte-Foy, (Québec), Canada, G1V 4M7

(3) Université Laval - Département des sols et de génie agroalimentaire

Pavillon Paul-Comtois, Québec (Québec), Canada, G1K 7P4

stephane.godbout@irda.qc.ca

INTRODUCTION

Avec la venue de nouvelles techniques d'élevage et de l'automatisation, les producteurs agricoles québécois des années 1970 n'ont cessé d'augmenter leurs troupeaux et d'agrandir leurs installations particulièrement dans les domaines de la volaille et du porc. Entre 1981 et 2001, le nombre de fermes porcines au Québec a diminué, passant de 3 322 à 2 199. Toutefois, le nombre de porcs produits annuellement s'est accru passant de 4,8 à 7,7 millions, entre 1994 et 2004 (CDPQ, 2005).

Cette augmentation de la production ne s'est pas réalisée uniformément sur l'ensemble du territoire, ce qui s'est traduit par l'apparition de zones de concentration porcine. De plus, 98 % des élevages porcins gèrent les déjections sous forme liquide. L'accroissement de la production et sa concentration géographique, jumelés à la gestion liquide des effluents dans 98 % des exploitations (CDPQ, 2005), ont engendré plusieurs problématiques de nature environnementale (ex. : détérioration de la qualité de l'eau et de l'air) et de co-habitation en milieu rural (ex. : propagation des odeurs).

Au début des années 80, le Gouvernement du Québec créa le ministère de l'Environnement (MENV). En 1981, ce ministère mettait sur pied le premier règlement encadrant de façon spécifique la production animale, soit le *Règlement sur la prévention de la pollution des eaux par les établissements de production animale*. Ce règlement identifiait déjà des régions à forte concentration animale.

Ce ministère a également mis en place des programmes de subvention afin de démarrer des projets de recherche dans le domaine de l'environnement agricole. Par conséquent, au cours des années 80, plusieurs projets de traitement des lisiers ont été initiés suite à l'attribution à divers organismes de fonds en provenance de ces programmes. Ces projets ont touché plusieurs aspects du traitement, en passant de la séparation solide-liquide jusqu'aux procédés biologiques. Des essais ont donc été effectués par des chercheurs de l'Université du Québec et de l'Institut Armand-Frappier sur la digestion aérobie thermophile (Procédé Fuchs), la récupération de l'azote ammoniacal par « stripping » et lavage acide et également par le bicai du polissage par osmose inverse. Quelques-uns de ces essais ont été réalisés dans le sillon du projet pilote de Saint-Elzéar, projet conduit par le ministère de l'Environnement du Québec (Pigeon et Leclair, 2003). Ce dernier projet consistait en une unité de traitement à l'échelle commerciale combinant les traitements aérobie et anaérobie. Cette unité de traitement ne fut jamais vraiment fonctionnelle et a sonné le glas de plusieurs travaux dans ce domaine pour une décennie.

Dans cette foulée, le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) mettait sur pied un groupe de travail sur l'utilisation agricole des fumiers, qui a conduit à la publication du *Manuel de gestion des fumiers*. En plus de faire le point sur l'utilisation conventionnelle du lisier par son épandage, ce document identifiait quelques technologies de traitement qui pourraient éventuellement répondre aux besoins des entreprises agricoles (Pigeon et Leclair, 2003).

En parallèle, le MAPAQ mettait sur pied un large programme adressé aux producteurs afin de supporter la construction de fosses et de structures destinés au stockage des lisiers et fumiers. Ce programme a connu un grand succès et a permis à la majorité des producteurs porcins de se doter d'une structure de stockage en béton. Depuis 1998, 100 % des exploitations porcines ayant opté pour une gestion liquide sont reliées à une structure étanche de stockage (FPPQ, 2005). Cependant, dès le début des années 1990, plusieurs de ces fosses montraient déjà des signes de fatigue après seulement une dizaine d'années d'utilisation.

Parallèlement aux essais de traitement, différentes études indépendantes réalisées entre 1990 et 2000, faisaient ressortir la persistance de surplus régionaux d'engrais de ferme. C'est donc sur cette base que le développement de technologies de traitement s'est poursuivi (Pigeon et Leclair, 2003).

C'est en 1998 que le Gouvernement du Québec créa un institut provincial dédié à la problématique de l'agroenvironnement. L'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA) est une corporation de recherche à but non lucratif constituée suite à l'initiative du MAPAQ et de la collaboration de l'Union des producteurs agricoles (UPA), du ministère du Développement économique, de l'innovation et de l'exportation (MDEIE) et du ministère du Développement durable, de l'environnement et des parcs (MDDEP). Également, au cours des années 90, le gouvernement québécois favorisa la création d'une centaine de clubs agroenvironnementaux et de trois organismes de gestion des surplus de fumiers. Ces derniers contribuent à accompagner les producteurs dans leur gestion agroenvironnementale des engrais de ferme.

1. PROBLÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE SPÉCIFIQUE AU QUÉBEC

En 2001, la superficie totale des entreprises agricoles du Québec était d'environ 3,4 millions d'hectares (ha) et les superficies cultivées représentaient quelque 2 millions ha. Les superficies cultivées des entreprises porcines du Québec étaient de 260 383 ha et la superficie moyenne par entreprise était de 95 ha (BAPE, 2003).

1.1. L'aspect réglementaire en bref

Le *Règlement sur les exploitations agricoles* (REA) a remplacé en 2002 le *Règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole* (RRPOA) lui-même mis en place en 1997 et s'applique aux élevages d'animaux et aux installations d'élevage de ces animaux, aux ouvrages de stockage de leurs déjections et à l'épandage de celles-ci, ainsi qu'aux parcelles de sol utilisées pour les cultures. Il a pour objet d'assurer la protection de l'environnement, particulièrement celle de l'eau et du sol, contre la pollution causée par certaines activités agricoles.

La mise en place de ce règlement exige l'atteinte d'un équilibre entre la capacité de support en phosphore des sols et la quantité épandue de matières fertilisantes d'ici 2010, selon

un échéancier qui établit l'atteinte progressive des objectifs. Depuis le 15 juin 2003, tout exploitant de lieux d'élevage ou d'épandage, doit fournir annuellement un bilan de phosphore de ce lieu en établissant le volume annuel de production de phosphore du cheptel et celui de toute autre matière fertilisante utilisée, s'il y a lieu, de même que le volume qui peut être épandu sur les terres disponibles.

Selon ce même règlement, l'épandage de matières fertilisantes n'est permis que pour fertiliser le sol d'une parcelle en culture et il ne peut être fait qu'en conformité avec un plan agroenvironnemental de fertilisation (PAEF). Le plan agroenvironnemental de fertilisation présente pour chaque parcelle d'une exploitation agricole et pour chaque campagne annuelle de culture, la culture pratiquée et la limitation de l'épandage des matières fertilisantes. Toutes les entreprises porcines doivent détenir un PAEF pour toutes les parcelles recevant leur lisier.

Le règlement couvre également les aspects de stockage, d'épandage et de traitement. Les lieux d'élevage avec gestion sur lisier liquide ou sur fumier solide doivent disposer d'ouvrages de stockage étanches pour les déjections animales qui y sont produites. Les ouvrages de stockage doivent avoir la capacité de recevoir et d'accumuler sans débordement, pour toute la période au cours de laquelle l'épandage des déjections animales ne peut être réalisé, les déjections animales produites dans les installations d'élevage. L'épandage de matières fertilisantes ne peut être fait qu'entre le 1^{er} avril et le 1^{er} octobre de chaque année et doit être réalisé sur un sol non gelé et non enneigé. L'épandage de déjections animales à l'aide d'un équipement d'épandage mobile ou fixe conçu pour projeter les déjections animales à une distance supérieure à 25 m est interdit. Les déjections animales gérées sous formes liquide doivent être épandues avec un équipement muni de rampe basse d'épandage.

Dans le REA un traitement complet se définit comme étant celui au cours duquel les déjections animales sont transformées en un produit solide de nature différente, (granules fertilisants ou composts matures), et qui assure la destruction des bactéries qu'elles contiennent initialement.

Finalement, selon les municipalités, l'implantation d'un nouveau lieu d'élevage porcin est interdit ou permis seulement si toutes les déjections porcines provenant du lieu d'élevage subissent un traitement complet et que le produit du traitement est utilisé ailleurs que sur le territoire de la municipalité. Ces municipalités ont également la responsabilité de mettre sur pied et d'appliquer une réglementation pour le contrôle des odeurs basée sur les distances séparatrices afin de favoriser la cohabitation.

1.2. La réglementation, le bilan phosphore et le producteur

Le REA précise, à l'aide d'abaques, les charges maximales d'engrais de ferme qui peuvent être appliquées annuellement sur les sols en culture. Le phosphore est l'élément fertilisant

limitant de cette approche réglementaire. La charge de phosphore applicable est inversement proportionnelle à la teneur du sol en P-disponible et au prélèvement par les récoltes, tout en étant proportionnelle à la teneur en Al-disponible du sol. Il faut savoir qu'avant l'arrivée de ce règlement, plusieurs sols ont été enrichis en phosphore au point où les doses qui peuvent être appliquées aujourd'hui sont souvent de plus en plus réduites. Il en résulte que bon nombre d'éleveurs, qui opèrent sur des sites d'élevage intensif, font face à un déficit de terres permettant l'épandage des déjections produites sur leur ferme. Les déjections provenant des élevages intensifs avicoles et bovins, conduits en majorité sur litière ou en raison de leur séchage, trouvent plus facilement preneurs chez des producteurs de grandes cultures.

Pour les éleveurs de porcs, la valorisation des lisiers est plus difficile étant donné qu'ils sont produits en surplus des besoins de la ferme et trouvent, pour des raisons économiques, plus difficilement preneur à l'extérieur d'un certain périmètre. Plusieurs voies, ne faisant pas appel à des technologies particulières, ont été utilisées par les éleveurs pour solutionner ce problème. Jusqu'en 2005, le défrichement de terres boisées a constitué une voie intéressante en raison de leur faible teneur en P-disponible. Une nouvelle réglementation interdit cette pratique depuis peu. Pour ce qui a trait aux technologies de traitement des déjections pour en extraire une proportion importante du phosphore, les techniques de séparation de phases solide-liquide, sous le sol de l'élevage ou en fosses, sont celles qui annoncent une application la plus facile chez l'éleveur de porcs. La phase solide issue des déjections porcines concentre le phosphore, l'azote organique et le carbone et présente des caractéristiques fertilisantes qui situent ce produit entre les fumiers humides de bovins et les fientes sèches des volailles. Le périmètre économique de valorisation pour ce nouveau produit s'étend donc sur une zone plus importante et donc à un plus grand potentiel d'agriculteurs receveurs.

1.3. Les actions des producteurs

En 1997, les producteurs et productrices de porcs du Québec mettaient en œuvre un vaste Plan agroenvironnemental de la production porcine québécoise. Cette initiative leur a permis d'entreprendre des actions qui améliorent leurs pratiques environnementales. Les actions menées à ce jour témoignent de leur engagement. Le récent bilan de l'avancement des pratiques agroenvironnementales mesure l'évolution quant aux objectifs fixés pour l'année 2004. Les mesures entreprises ciblaient trois buts principaux : réduire les quantités de phosphore appliquées, diminuer les émissions d'odeurs à l'épandage, réduire les volumes de lisier et augmenter les capacités de stockage (FPPQ, 2003a).

Comme résultante des diverses actions entreprises par les producteurs, la charge réelle en phosphore provenant du lisier par rapport aux besoins des cultures est passée de 264 % en 1996 à 185 % en 2001, alors que l'objectif était de 214 % pour 2004 (FPPQ, 2003a).

2. LES AXES DE RECHERCHE EN AGROENVIRONNEMENT AU QUÉBEC

Depuis quelques années, presque la majorité des différents fonds publics disponibles au Québec exige un partenariat avec des fonds privés de recherche. Cette stratégie démontre bien la volonté du gouvernement à tenter d'accrocher la recherche aux besoins du milieu ; même les fonds longtemps réservés à la recherche plus fondamentale, ont adopté cette stratégie. Ceci a eu pour effet, ces dernières années, d'augmenter la recherche appliquée en lien avec les besoins du milieu, mais également de réduire considérablement les activités de recherche fondamentale.

Les principales infrastructures de recherche dans le domaine porcine sont les fermes de la station de Lennoxville sous la supervision d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, le collègue Macdonald de l'Université McGill, la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal, la ferme de Saint-Lambert de l'IRDA et la station de recherche de Deschambault sous la supervision du CRSAD, de l'Université Laval, de l'IRDA et du CDPQ.

Par ailleurs, le Réseau de recherche appliquée en production porcine (RRAPP, www.cdpqinc.qc.ca/rrapp) a été créé à l'automne 2001. L'objectif du réseau est de mettre en place une structure et des outils reliant spécifiquement les stations et fermes qui sont plus directement impliquées dans la recherche appliquée, la mise au point technique et la démonstration auprès des producteurs de porcs. Le réseau est coordonné par le CDPQ et compte cinq fermes et stations porcines.

Dans l'ensemble, peu importe l'organisme ou les fonds de financement, les activités de recherche au Québec s'articulent actuellement autour des thèmes suivants :

- Gérer et traiter les lisiers ;
- Préserver la qualité de l'eau et des sols ;
- Préserver la qualité de l'air (réduction des émissions de gaz et d'odeurs au bâtiment et au stockage) ;
- Développer de nouveaux systèmes de production.

L'approche par bilan global est de plus en plus privilégiée et même certains intervenants songent à adopter l'approche du cycle de vie.

3. GÉRER ET TRAITER LES LISIERS

3.1. Structures de stockage des lisiers

La création du MENV au début des années 1980 et l'adoption d'une réglementation en 1981 relative au stockage de fumier et de lisier, a eu pour effet d'augmenter le nombre de structures de stockage. À cette époque, seules les structures de béton étaient reconnues comme réellement étanches au fumier et au lisier. Les structures en terre étaient tolérées à la condition d'offrir une conductivité hydraulique inférieure à 10^{-7} m/s (Denis, 1989). Parallèlement à cette réglementation, un programme d'aide à l'amélioration de la gestion des fumiers (PAAGF) a vu le jour en juillet 1988. En 1987, moins de 30 % des lieux de stockage des déjections étaient conformes à la réglementation du MENV sur la prévention

de la pollution des eaux par les établissements de production animale (Proulx et al., 1992). Entre le 26 juillet 1988 et le 31 mars 1992, 2359 nouvelles structures ont été construites alors que 455 fosses existantes ont été réparées (Ruel et Lelièvre, 1993). L'aide financière accordée pendant cette période a atteint 43,5 millions de dollars (Proulx et al., 1992). Les structures de stockage en béton ont obtenu la faveur des producteurs de porcs dans plus de 96 % des cas. Cependant, tel que mentionné précédemment, moins d'une décennie après l'implantation des différents programmes de subvention, plusieurs fosses montraient déjà des signes de fatigue.

En effet, dès 1993, Ruel et Lelièvre montraient que 71 % des structures présentaient des fissures horizontales sur toute la circonférence (30 %) ou encore sur certaines sections (41 %) ; 53 % des réservoirs montraient des fissures verticales complètes ou partielles (principalement dans leur portion supérieure). Suite à cette étude, plusieurs projets de recherche et de formation ont été mis en place et ont débouché sur des modifications au Code national (Godbout et al., 1994 et Godbout et al., 1992). Les différentes formations dispensées aux concepteurs (Marquis et al., 1990) ont permis de corriger de manière importante la qualité des fosses construites au Québec. Quoique aujourd'hui, il y ait peu de travaux de recherche en cours dans ce domaine, les travaux réalisés à cette époque ont tout de même positionné le Québec comme l'un des chefs de file dans ce domaine en Amérique du Nord.

3.2. La séparation

La majorité des systèmes de traitement des lisiers ayant recours à des procédés biologiques (digestion aérobie et/ou anaérobie) pour en diminuer la charge organique et la teneur en azote, nécessite une séparation solide-liquide en cours de procédé pour concentrer le phosphore. Par conséquent, la séparation du lisier en deux fractions est une opération incontournable dans une chaîne de traitement partielle ou complète (Martin, 2003).

3.2.1. La séparation mécanique

Une revue de littérature sur les séparateurs à lisier, réalisée par Pelletier (2000), a permis de répertorier les expérimentations réalisées partout dans le monde avec du lisier de porcs et de faire le point sur les différentes technologies de séparation disponibles au Québec à cette époque. En 2000, il y avait sept séparateurs mécaniques disponibles au Québec (Pelletier, 2000) répartis en quatre grandes familles (tamis, vis, centrifuge et sous vide). Cependant, un seul séparateur avait subi des tests complets avec du lisier de porcs provenant d'élevages québécois.

À l'automne 2000, l'IRDA a réalisé les premières expériences en matière de séparation solide-liquide du lisier de porcs en effectuant la séparation de lisier de porcs à l'engraissement à l'aide d'un séparateur à vis sans fin à pression de marque FAN.

À l'automne 2001, en collaboration avec l'Association de gestion des engrais organiques du bassin versant de la

rivière Yamaska (AGEO), un projet d'évaluation de trois technologies de séparation a également été réalisé (Godbout et al., 2002). Au cours de ce projet, une méthode d'évaluation, permettant d'évaluer sur une base commune des technologies de séparation, a été élaborée de manière à jeter les bases d'une méthode normalisée. Le besoin d'en arriver à une méthode unique semblait en effet essentiel pour comparer entre elles les technologies. Les résultats obtenus étaient comparables à ceux retrouvés dans la littérature. Ces travaux ont permis de confirmer les doutes des chercheurs québécois quant aux limites imposées par des technologies basées sur le tamisage du lisier de porcs. Si aucun additif n'est ajouté au lisier, ces technologies atteignent rapidement leur limite de capture du phosphore. Toutefois, une technique utilisant les principes de la centrifugation semblait prometteuse.

Tel que rapporté par Martin (2003), déjà utilisées avec succès en Europe dans d'autres secteurs industriels, les centrifugeuses montrent des niveaux d'extraction du phosphore fort intéressants lorsqu'elles sont employées pour séparer du lisier de porcs. En France notamment, cette technologie démontre une très grande efficacité à extraire le phosphore du lisier, et ce, sans l'ajout d'agents chimiques ou de traitements biologiques préalables. Les résultats présentés au tableau 1 découlent d'une étude actuellement en cours à l'IRDA et ont été obtenus lors de la séparation de lisier de porc à l'engraissement à l'aide d'un décanteur centrifuge. Lors de cet essai, le taux de l'extraction était de 48 % pour la matière sèche et de 75 % pour le phosphore.

3.2.2. La séparation dans le bâtiment

En raison de l'importance de la pollution d'origine agricole reliée à la présence du phosphore dans les lisiers et les pressions sociales découlant des odeurs et des émissions atmosphériques, Joncas et al. (2002) ont jugé pertinent d'introduire une variante aux systèmes usuels de séparation, c'est-à-dire la séparation directe sous le caillebotis. Cette dernière, en réduisant le temps de contact entre les deux phases, semblait prometteuse en relation avec la siccité de la phase solide et le niveau du phosphore qui s'y retrouvait, tout en réduisant les émissions odorantes reprochées aux systèmes traditionnels de séparation.

Comme le rapportait Martin (2003), il existe plusieurs types de système de séparation sous le caillebotis. Notons particulièrement les convoyeurs à courroies et gouttières (Ogink et al., 2000), à filets mobiles (Jongebreur, 1981 ; Kroodsmas, 1986 ; Marchal, 2002) et les systèmes à racloirs avec fonds

de caniveau en pente (von Bernuth, 2001 ; Voermans et Poppel, 1993). Godbout et al. (2002) indiquaient que le système étudié par von Bernuth (2001) avait un bon potentiel de séparation et d'intégration au concept des bâtiments porcins québécois. L'effet sur l'efficacité de séparation et sur la qualité de l'air de quatre systèmes de séparation sous les caillebotis (une courroie, un filet et un racloir en « V » à deux fréquences d'intervention) a donc été évalué et comparé à un système de « bouchon » (témoin) et à un raclage conventionnel. Les résultats de cette étude démontrent que l'ensemble des systèmes de séparation sous les caillebotis permet de concentrer au moins 90 % du phosphore dans une fraction solide qui présente un minimum de 30 % de matière sèche. Il est aussi démontré que les systèmes de séparation permettent de réduire les émissions de NH₃ d'environ 50 %, comparativement au système témoin. Cependant, l'ensemble des systèmes de séparation sous les caillebotis a procuré sensiblement le même niveau de réduction des émissions de NH₃ que le raclage conventionnel. Il apparaît donc possible qu'une fraction importante des particules retrouvées dans l'air provienne d'autres sources que le caniveau. Par conséquent, puisque les systèmes de séparation sous le caillebotis affectent principalement les contaminants produits sous le sol, ceux-ci n'auront que peu d'impact sur la qualité de l'air des bâtiments porcins.

Les systèmes de séparation sous le caillebotis se veulent donc un outil intéressant pour réduire l'impact du phosphore dans l'environnement par l'obtention d'une phase solide riche en phosphore qui facilite son traitement, sa valorisation ou son exportation. En outre, la séparation à la source présente de nouvelles voies pour les producteurs en zone d'excédent. Actuellement au Québec, il y a une quinzaine de bâtiments avec racloir en « V » et cinq bâtiments avec une courroie sous les caillebotis. Afin de valider les résultats, un bâtiment avec un système de racloir en « V » a été installé et est actuellement à l'étude.

De plus, de nouvelles variantes visant à remplacer une partie du caillebotis par une courroie séparatrice sont également à l'étude. Ce nouveau concept de case porcine sans caillebotis est actuellement à l'étude à l'IRDA au Québec. Comme il a été mentionné précédemment, l'évacuation rapide des déjections et la séparation des phases liquide et solide auraient beaucoup de potentiel pour réduire la production d'odeur et faciliter la gestion des déjections porcines. Dans ce projet, les chercheurs proposent de remplacer la partie caillebotis de la case par un convoyeur à courroie (CAC) incliné. Le premier objectif consiste à développer le concept de case sans caillebotis munis d'un CAC incliné afin de séparer les

Tableau 1 - Résultat d'un essai de séparation de lisier de porcs avec un décanteur centrifuge

	Matière sèche	N	P	K
	%	g/kg	g/kg	g/kg
Lisier brut	7,0	8,1	1,1	3,3
Fraction liquide	3,8	7,6	0,3	3,4
Fraction solide	39	12,6	9,7	2,8

Source : Martin (2005)

féces de l'urine au niveau du sol et de les évacuer en continu en assurant le confort des animaux. Dans un deuxième temps, l'efficacité du CAC à isoler le phosphore et l'azote dans les phases liquide et solide des déjections sera mesurée. Finalement, la dernière partie de l'étude évaluera les émissions d'odeurs et d'ammoniac de deux cases expérimentales, l'une munie d'un CAC et l'autre d'un système de gestion avec caillebotis et accumulation du lisier, afin de mesurer la performance du CAC à réduire les émissions.

Par sa conception originale, ce nouveau concept de cases devrait conduire à une amélioration importante de la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments d'élevage, à une réduction importante des émissions gazeuses et odorantes de ces mêmes bâtiments, et à une maximisation de l'efficacité de séparation du phosphore et de l'azote en séparant l'urine des féces par gravité au niveau du sol et le plus près possible de l'animal.

L'efficacité du CAC à isoler le phosphore, l'azote et d'autres éléments dans les féces ou dans l'urine est actuellement évaluée en caractérisant les phases liquide et solide des déjections d'un bâtiment équipé d'un CAC et en les comparant avec la composition du lisier provenant d'un bâtiment témoin. Les conditions d'ambiance (température et humidité relative), la consommation en eau ainsi que le comportement animal font également partie des paramètres mesurés. Des résultats préliminaires indiquent que près de 70 %, 15 % et 15 % du phosphore se retrouverait respectivement dans la phase solide, dans les eaux de lavage et dans l'urine. Cette première phase de l'étude devrait être complétée au cours de l'été 2006.

3.3. Le traitement

En 1998, le MAPAQ mettait en place le programme d'aide à l'implantation de vitrines pour les procédés de traitement des lisiers, un volet du programme Prime Vert, afin de stimuler l'adoption de technologies de traitement des fumiers. Par ce programme, il proposait de mettre en démonstration des technologies à l'intention des producteurs agricoles et des gens de la profession.

Pour tenter d'uniformiser le tout, un comité multipartite fut formé par la Fédération des producteurs de porcs du Québec (FPPQ) afin d'analyser les différents procédés de traitement. Formé de plusieurs experts de tous les domaines, ce comité suit un processus uniformisé d'analyse. En général, afin d'être financé par le gouvernement provincial, un promoteur devait soumettre son bilan environnemental à ce comité. En prévision du financement par le programme Prime vert, un comité a sélectionné 12 projets reliés à cinq technologies différentes. Toutefois, seulement huit projets (c'est-à-dire quatre technologies) ont été implantés sur les fermes (Naud, 2001).

Les quatre procédés de traitement implantés sur les fermes en 1998 étaient : Biofertile-F, Biosor, Bio-Terre et Purin Pur. De ces quatre technologies, seul le procédé de traitement Purin Pur n'est plus en fonction aujourd'hui. D'autres procédés de traitement ont aussi été développés ou été offerts sur le mar-

ché québécois durant les dernières années. Notons plus particulièrement les procédés Sequencia, Biorek, Carbofil et Lisox.

L'approche par bilan massique a été préconisée lors de l'évaluation des systèmes de traitement des lisiers. Un projet récent encore en cours en collaboration avec le Cemagref, vise à évaluer l'effet des traitements des lisiers sur la flore de microorganismes.

3.3.1. Biofertile-F (source : FPPQ, 2003b)

Le procédé de traitement Biofertile-F est un système de gestion et de traitement du lisier de porcs qui vise, d'une part, la production d'un biofertilisant et, d'autre part, d'un effluent liquide faiblement chargé pour irrigation ou rejet au cours d'eau. Il peut être installé à la ferme ou en centre semi-collectif. Pour optimiser les performances du digesteur aérobie, des composantes lui ont été jumelées, soit un système de nettoyage des caniveaux, une séparation solide/liquide, le traitement des odeurs et des rejets gazeux du procédé. Une partie de l'effluent liquide pourrait être recyclée dans le bâtiment comme eaux pour le nettoyage des caniveaux.

Cette technologie repose sur un procédé d'épuration biologique qui favorise la transformation de l'azote ammoniacal du lisier en azote atmosphérique (N_2) par le processus de nitrification-dénitrification. Les lisiers provenant de différentes exploitations sont d'abord homogénéisés dans une fosse de réception équipée d'un brasseur. Le lisier peut ensuite être dirigé vers le procédé de traitement. Ce procédé comporte cinq phases de traitement. À la fin du processus complet de traitement, 1 m³ d'un lisier qui contient 4 kg d'azote et 1,8 kg de phosphore aboutit à la formation de 150 kg de biosolides. Ainsi, la partie solide représente 15 % de la masse du lisier brut, contient plus de 99 % de la quantité de phosphore et plus de 30 % de la quantité d'azote du lisier. La partie liquide représente 85 % de la masse du lisier brut, contient moins de 1 % de la quantité de phosphore et moins de 1 % de la quantité d'azote.

3.3.2. Bio-Terre (Source FPPQ, 2004)

Cette technologie vise un traitement du lisier de porcs permettant de récupérer l'énergie du lisier et ses éléments fertilisants. Cette technologie repose sur la digestion anaérobie qui est le résultat de la biodégradation de la matière organique par des microorganismes en l'absence d'oxygène. Tout le lisier est traité au moyen de bioréacteurs à opération séquentielle, le nombre de bioréacteurs étant fonction du volume de lisier à traiter.

Le bioréacteur nécessite, par temps froid, un apport d'énergie pour le maintenir à la température visée. La digestion permet la concentration du phosphore dans les boues sédimentées au fond des bioréacteurs. L'évacuation de ces boues riches en phosphore permet de réduire la charge totale de phosphore produite destinée à l'épandage sur les superficies en culture de l'exploitation porcine. Les boues évacuées sont déshydratées au moyen d'une floculation avec polymère suivie d'une filtration statique qui génère des galettes de boues

(12 à 20 % de matière sèche). Pour résoudre une problématique de surplus, les boues doivent être exportées à l'extérieur de la ferme.

La fraction liquide issue de la digestion anaérobie conserve une bonne valeur agronomique et sa formulation (N, P et K) peut être ajustée en fonction du taux d'extraction des boues accumulées dans le fond des bioréacteurs. Le lisier traité permet d'obtenir un liquide avec une réduction très importante des odeurs et des pathogènes. Depuis 2001, le procédé est en exploitation continue sur une entreprise porcine au Québec. La phase de démarrage de nouveaux bioréacteurs varie de 3 à 12 mois selon le mode et le niveau d'ensemencement des bioréacteurs.

À la fin de l'ensemble du processus de traitement, 1 m³ de lisier brut, qui contient 5,5 % de matière sèche, 6,4 kg d'azote (N) et 1,45 kg de phosphore, aboutit à la formation de 20 kg de boues à exporter de la ferme et de 980 kg d'effluent liquide destiné à l'épandage. Les boues peuvent contenir jusqu'à 48 % de la charge de phosphore et 10 % de l'azote comparativement au lisier brut. La partie liquide peut contenir jusqu'à 52 % de la quantité de phosphore total et plus de 90 % de la quantité d'azote. De plus, ce traitement permet la production de 37 m³ de biogaz/m³ de lisier traité. Le potentiel énergétique relié à l'utilisation du biogaz pourrait atteindre l'équivalent de 200 kWh/m³ de lisier traité.

3.3.3. Biosor (source : FPPQ, 2001a)

Cette technologie utilise un biofiltre fabriqué de matériaux naturels (mousse de tourbe, copeaux, écorce, etc.). Elle permet de traiter le lisier produit par les porcs ou d'autres animaux. La première étape du traitement consiste à séparer par décantation, les solides et les liquides du lisier. La partie solide, sous forme de boues, est entreposée dans un réservoir. La partie liquide, dirigée vers les biofiltres (un de traitement et un de polissage au besoin), y est traitée selon un processus en continu. Suite à son passage dans les biofiltres, l'eau peut être rejetée dans un champ d'épuration ou entreposée et valorisée par irrigation. Une fraction de l'air de ventilation des bâtiments d'élevage est dirigée vers les biofiltres où il est désodorisé.

Les résultats mentionnés proviennent du traitement des lisiers d'une porcherie produisant un lisier à 2,9 % de matière sèche. Tout le lisier est passé dans le décanteur. À la fin du processus, la partie solide (boues) représente 20 à 25 % du volume de lisier brut (10 à 12 % de matière sèche), 60 à 70 % du phosphore et 35 à 40 % de l'azote contenus dans le lisier. La partie liquide qui représente 75 à 80 % du volume de lisier brut pourrait aussi, à certaines conditions, servir au lavage du bâtiment.

3.3.4. Purin Pur (Source : FPPQ, 2001b)

Cette technologie vise un traitement complet de la partie liquide. Elle récupère les particules du lisier et les concentre dans différents composants. La première étape du traitement consiste en une séparation mécanique par un tamis tangentiel et une presse à vis. Par la suite, le liquide, encore chargé

de matières en suspension, est acheminé vers un système d'ultrafiltration tubulaire. À cette étape, la majorité des matières en suspension est retenue à l'intérieur d'un liquide concentré. La partie liquide filtrée, moins concentrée, contient des matières dissoutes. Celle-ci est ensuite acheminée vers une première unité d'osmose inverse qui concentre ces matières dissoutes. L'eau filtrée est acheminée vers un deuxième système d'osmose inverse pour un nettoyage final.

3.3.5. Sequencia (source : Larouche et al., 2005)

Le procédé Sequencia utilisé pour le traitement du lisier de porcs comprend trois étapes bien distinctes qui fonctionnent indépendamment les unes des autres. Les deux premières étapes, une séparation mécanique avec un séparateur de type presse à rouleau et une séparation chimique dans un séparateur à air dissous avec ajout de polymères organiques, permettent la séparation des solides du lisier et fournissent la fraction liquide qui alimente les biofiltres du traitement biologique de la troisième étape du procédé. La détermination des débits ainsi que l'échantillonnage et l'analyse de plusieurs effluents du procédé, ont permis d'établir le bilan massique complet du procédé et aussi de calculer les efficacités de séparation ou de réduction de la matière sèche et des principaux éléments fertilisants à chacune des étapes de la chaîne. Dans sa totalité, le procédé Sequencia incluant la séparation mécanique, la séparation chimique et le traitement biologique, permet de retirer en moyenne 80 % de la matière sèche, 95 % de l'azote et du phosphore et 18 % du potassium contenus dans le lisier brut. Durant le traitement, la majorité du phosphore est concentrée dans les fractions solides tandis que l'azote est éliminé sous forme gazeuse. Plusieurs autres paramètres analysés suivent des tendances de distribution comparables à celles du phosphore. Les concentrations en éléments minéraux (calcium, magnésium, aluminium, bore, cuivre, fer, manganèse et zinc) et en bactéries (*E. coli*) sont maximales dans les fractions solides suite aux deux étapes de séparation et significativement plus faibles dans les effluents liquides.

4. QUALITÉ DES SOLS ET DE L'EAU

4.1. Le fragile équilibre du sol

Les élevages porcins sont presque totalement conduits sur lisier depuis plus de trois décennies au Québec. La valorisation du lisier comme principal fertilisant des cultures céréalières et fourragères, sur la base de leurs besoins en azote, a été pratiquée par les agriculteurs et suivie sur de nombreux sites expérimentaux au cours de la même période. Il a été observé que l'utilisation régulière du lisier de porcs a permis de redresser, à moindre coût que les engrais commerciaux, la très basse fertilité phosphatée et potassique des sols à l'origine, tout en favorisant le maintien de leur teneur en matière organique et de l'activité biologique associée. Lorsque l'utilisation du lisier a été combinée à des pratiques culturales de travail minimum du sol, un enrichissement excessif dépassant 20 % de saturation en phosphore a été observé dans des premiers 10 cm du sol, ainsi qu'un tassement important du sol au niveau de la partie sous-jacente du profil cultural. Les essais contrôlés de longue durée sur des

sites expérimentaux protégés depuis trois décennies permettent de valider des modèles de prédiction en regard des taux annuels d'enrichissement ou appauvrissement du sol en P, K, Cu, Zn, N et C en situation de fertilisation continue avec du lisier de porcs.

Les suivis de la qualité de l'eau de ruissellement et de drainage souterrain sur de nombreux sites expérimentaux fournissent depuis près de 10 ans une information précieuse relative aux facteurs de risque de contamination. Ainsi, la surfertilisation non planifiée en P et en N accroît la charge contaminante annuelle dans l'eau de drainage beaucoup plus que le niveau d'enrichissement souvent excessif du sol acquis au fil des ans. Pour ce qui a trait à la charge contaminante en phosphore et en ammoniac dans les eaux de ruissellement, l'enrichissement excessif du sol dans la partie superficielle du profil cultural soumis à une pratique culturale minimale et les épandages mal réalisés, ou encore en l'absence de l'incorporation du lisier au sol, et concomitants à des épisodes pluviométriques majeurs, sont les facteurs aggravants des risques les plus fréquemment répertoriés.

Pour pallier au problème de surfertilisation non planifiée fréquemment rencontré chez l'agriculteur, la caractérisation bisannuelle des lisiers des diverses catégories d'élevages porcins, à partir de près de 200 sites d'élevage, a été réalisée au début des années 2000. Cette caractérisation d'un minimum de 6 fractions du volume de lisier produit annuellement à la fosse, a été effectuée au moment des reprises en prévision d'épandage. Les valeurs références provinciales produites à partir de cette étude présentent cependant pour certaines catégories et conduites d'élevage, un degré d'imprécision sur la teneur en phosphore du lisier au moment de l'épandage. C'est pourquoi des méthodes simples et rapides d'analyses *in situ* de l'azote et du phosphore, à la portée de l'agriculteur ou de son conseiller, ont été développées et validées plus récemment.

Pour pallier aux problèmes d'épandage mal réalisés, beaucoup d'efforts de recherche et développement ont été investis depuis trois décennies sur les rampes d'épandage équipées de pendillards et de socs injecteurs, enfouisseurs, tranchants et écarteurs de végétation. Par ces travaux, plusieurs nouvelles possibilités d'épandage sont maintenant devenues disponibles aux agriculteurs, du pré-semis incorporé à l'intercoupe de fourrage, en passant par le post-levée des espèces annuelles en cultures à faible ou grand interligne. Les nouveaux modes d'épandage présentent également un impact important sur la réduction des nuisances.

4.2. Les risques biologiques

Les matières fécales en provenance des porcs peuvent contenir des microorganismes potentiellement pathogènes pour l'humain. Parmi les microorganismes d'intérêt, notons *Salmonella* spp, *Yersinia enterocolitica*, *Escherichia coli*, *Giardia lamblia* et *Cryptosporidium parvum*.

Une campagne d'échantillonnage de lisier de porcs destiné à l'épandage a été menée par l'IRDA dans les régions de Lanaudière et de la Montérégie. Le pourcentage d'échan-

tillons positifs à *Salmonella* spp et *Yersinia enterocolitica* s'élevait respectivement 34 % et 11 % (n = 55).

Après l'épandage des fumiers, les entérobactéries se retrouvent dans des conditions qui leur sont plutôt défavorables. Elles sont la proie de prédateurs, principalement des protozoaires présents naturellement dans les sols. De plus, elles sont peu compétitives face aux microorganismes du sol pour se procurer des éléments nutritifs. Il est d'ailleurs reconnu que les entérobactéries pathogènes sont moins persistantes dans les sols agricoles possédant une bonne activité micro-biologique.

Suite à leur introduction dans les sols agricoles, les populations d'entérobactéries pathogènes suivent une décroissance exponentielle. *Escherichia coli* est souvent utilisé comme indicateur de contamination fécale pour décrire le comportement des entérobactéries après l'épandage de fumier/lisier. Le délai nécessaire pour que le sol redevienne exempt de *E. coli* après l'épandage dépend principalement du contenu en cet organisme du lisier/fumier épandu. Dans le contexte du Québec, il varie entre quelques jours et une centaine de jours ; des délais plus longs ayant été observés dans le cas de lisiers très frais et fortement chargés en microorganismes (Côté et Quessy, 2005). En effet, plus le fumier/lisier est frais, plus il est susceptible de contenir une grande quantité de microorganismes pathogènes. Le risque à l'égard de la salubrité des cultures destinées à la consommation humaine ou animale décroît donc lorsque le fumier/lisier épandu est assaini avant l'épandage et que le délai entre l'épandage et la récolte ou le pâturage s'accroît.

L'impact environnemental des épandages d'engrais de ferme en relation avec les microorganismes pathogènes sera moindre si on assainit partiellement les fumiers avant l'épandage. Plusieurs traitements contribuent à réduire les populations de pathogènes des fumiers et lisiers. Parmi ceux-ci, notons le stockage, le compostage, ainsi que la digestion aérobie et anaérobie.

Au cours du stockage, le contenu en microorganismes pathogènes des fumiers/lisiers diminue de façon naturelle. Donc, l'épandage de lisier de porcs entreposé depuis quelques semaines (sans apport de lisier frais) est un choix judicieux pour réduire la quantité des pathogènes introduits dans l'environnement. Au Québec, un stockage d'un mois au printemps (sans apport de lisier frais dans la fosse) permet de réduire de 90 % les populations de *E. coli*. La digestion aérobie et anaérobie du lisier de porcs est aussi efficace pour réduire les populations de microorganismes pathogènes. Leur efficacité a été démontrée non seulement en conditions thermophiles, mais aussi à température plus basse (psychrophile ou mésophile).

5. PRÉSERVER LA QUALITÉ DE L'AIR

5.1. Qualité de l'air environnant

En ce moment, au Québec, il y a plusieurs activités de recherche en cours dans le domaine des odeurs et des émissions de gaz. Notons particulièrement le projet de recherche

intitulé « Effets des bioaérosols des porcheries sur la santé respiratoire des travailleurs et sur la qualité microbiologique de l'air en périphérie des bâtiments ».

Le projet proposé vise d'une part à mesurer l'adaptation des travailleurs à leur environnement et à déterminer les conditions qui contribuent à cette adaptation, et d'autre part à caractériser les gaz et les microbes des bioaérosols produits dans les porcheries et libérés dans l'environnement afin d'évaluer les effets des porcheries sur la qualité de l'air avoisinant les bâtiments.

Récemment, sous l'impulsion de l'Institut national de santé publique du Québec, des nouveaux projets de recherche ont débuté dans le but d'étudier l'effet des systèmes de production porcine sur la qualité de l'air ambiant (gaz et odeurs), la qualité de l'eau et sur la santé de la population en milieu rural. Les objectifs spécifiques de ces projets visent entre autres à :

- Mesurer et comparer la concentration en contaminants atmosphériques (NH₃, H₂S, bioaérosols) et d'odeurs en périphérie de six agglomérations d'habitation en milieu rural : trois agglomérations adjacentes à une forte concentration de fermes porcines et trois agglomérations non exposées à la production porcine ;
- Évaluer le comportement social et la santé physiologique d'un pourcentage de la population des six agglomérations mentionnées précédemment en relation avec la concentration en odeur de l'air ambiant ;
- Déterminer si l'épandage de fumiers liquides sur les terres agricoles, ainsi que l'élevage intensif de porcs, sont des facteurs associés à la présence de diarrhée chez des populations résidant dans des territoires agricoles du Québec ;
- Déterminer si la consommation d'eau (et sa qualité) est un facteur associé à la diarrhée chez les populations résidant dans des territoires avec épandage de fumiers liquides et d'élevage intensif de porcs.

Un projet récemment terminé, d'une durée de deux ans avait pour but de mesurer les émissions de gaz à effet de serre (GES) de référence au Canada suite à l'utilisation de trois modes de gestion des lisiers. Les émissions de gaz à effet de serre, la concentration et l'intensité d'odeurs ont ainsi été mesurées, durant une période de deux ans, sur trois fermes porcines soit, une ferme porcine possédant une porcherie d'engraissement (940 porcs-places) avec une fosse de stockage conventionnelle, une ferme porcine école possédant une porcherie de gestation (90 truies), maternité et pouponnière avec un système de traitement du lisier par bioréaction aérobie-anoxie (Biofertile^{MC}) et un complexe porcin possédant

une porcherie d'engraissement (1 700 porcs-places) et pouponnière (5 400 porcelets) avec système de traitement par biofiltration (Biosor^{MD}), pour une partie du lisier.

Les émissions de GES provenant de la fosse de stockage conventionnelle ont été mesurées en continu durant des périodes variant de 2 à 8 semaines à différentes saisons. Des chambres flottantes ont été utilisées pour échantillonner l'air à la surface du lisier et les gaz étaient analysés à l'aide d'un chromatographe. Les émissions d'ammoniac provenant de la fosse ont aussi été mesurées durant ces périodes.

Les résultats d'émissions de GES mesurés lors de ce projet sont présentés au tableau 2. Une attention particulière doit être portée lors de l'analyse des résultats puisque ces derniers peuvent être biaisés par le fait que les trois fermes à l'étude étaient différentes dans leur gestion, leurs dimensions ainsi que dans le stade d'élevage. Par conséquent, les résultats obtenus constituent davantage des repères de comparaison plutôt qu'une évaluation exacte de la problématique des GES à la ferme.

Une autre étude a été réalisée dans le but d'évaluer la faisabilité de l'implantation d'une chaîne de gestion des lisiers au Québec tout en réduisant les émissions de GES. Cette étude théorique a permis d'évaluer les émissions de GES et les coûts reliés à l'implantation de sept différentes chaînes de gestion des lisiers en production porcine.

Afin de réaliser une analyse comparative, les différentes chaînes de gestion ont été théoriquement implantées sur une entreprise porcine de type naisseur-engraisseur, située dans la région de la Montérégie, possédant 200 truies et produisant 4 000 porcs par année. Tout le lisier produit à la ferme était stocké dans une fosse non-couverte. L'entreprise disposait de 143 ha de terres cultivées en maïs, soja et orge.

Pour tous les systèmes de gestion étudiés, les superficies en culture et les besoins en éléments fertilisants ont été considérés comme étant identiques. Après séparation ou traitement du lisier à la ferme, les fractions solides et liquides produites étaient épandues sur les mêmes terres selon les mêmes besoins en éléments fertilisants.

Les émissions de GES ont été évaluées tout au long des différents systèmes de gestion : au bâtiment, au stockage, au champ, lors du transport et du traitement du lisier brut ou de ses co-produits ainsi qu'en fonction de l'énergie utilisée à la ferme (électricité et combustibles fossiles). L'efficacité des scénarios est relative et comparée à une ferme type de référen-

Tableau 2 - Émissions totales de GES (g éq. CO₂ année⁻¹ kg porc⁻¹)

Source	Fosse conventionnelle	Biofertile ^{MC}	Biosor ^{MD}
Fosse	2 343*	-	-
Traitement	-	420*	2 438*

Source : Godbout et al. (2004)

* Ces données sont préliminaires et les sites n'étaient pas identiques

ce. Les technologies retenues pour l'élaboration des scénarios sont des technologies existantes ou en développement au Québec. Les résultats d'émissions de GES des différentes chaînes de gestion sont présentés au tableau 3.

Le traitement des lisiers par digestion anaérobie, à la ferme ou centralisé, constitue le système pour laquelle les émissions globales de GES sont les plus faibles. La substitution de combustible fossile par une partie ou la totalité du méthane généré au bâtiment ou au stockage constitue l'élément déterminant de l'efficacité de ce système. Cette étude a également démontré que les émissions au champ représentent, pour tous les scénarios, au moins 40 % des émissions totales de GES, limitant l'impact de la modification des autres éléments du bilan global de production de GES.

5.2. Qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments

À l'intérieur des bâtiments, les projets avaient généralement pour but de mesurer la qualité de l'air en vue de minimiser l'impact des contaminants sur la santé des travailleurs et de réduire les émissions de contaminants à l'extérieur des bâtiments. Plusieurs projets ont été ou sont en cours de réalisation. L'un des premiers projets réalisés au Québec sur la réduction des émissions d'ammoniac en production porcine fut celui réalisé au Centre de recherche à Deschambault comprenant des partenaires multiples (IRDA, Prairie Swine Centre Inc., CDPQ, Conseil canadien du porc). Ce projet visait à déterminer l'interaction de quatre taux d'application d'huile et de trois diètes expérimentales sur les émissions d'odeurs, de poussières ainsi que sur la composition chimique du lisier. Cette étude a démontré qu'il était possible de réduire de 30 % l'azote dans les lisiers, de 40 % les émissions d'ammoniac, de 90 % les émissions de poussières et de 20 % les émissions d'odeurs, lorsqu'il y avait combinaison des deux traitements (régimes et huile).

Afin de réduire les émissions au bâtiment, un axe de recherche sur la sélection des matériaux a été mis sur pied par des universitaires québécois. Pour faciliter la mise sur pied de critères de sélection une méthode expérimentale,

basée sur la norme ASTM D-5116, a été développée pour évaluer la contamination bactérienne et mesurer la quantité de gaz et d'odeurs restitués par les matériaux de construction utilisés dans les bâtiments d'élevage. Le dispositif expérimental était composé de douze chambres équipées d'instruments permettant le contrôle de la température, de l'humidité relative, de la vitesse de l'air et du débit d'air. Des échantillons de différents matériaux, après avoir été souillés de lisier de porcs durant 72 heures, ont été introduits dans des chambres pour une période de 24 heures. Durant cette période, les émissions de gaz (NH_3 , CH_4 , N_2O et CO_2) étaient mesurées en continu. L'air des chambres était, par la suite, échantillonné dans des sacs de Tedlar de 80 litres pour évaluer la concentration d'odeurs à l'aide d'un olfactomètre à dilution dynamique. Après la période de 24 heures, la surface des matériaux était échantillonnée par écouvillonnage afin de déterminer la présence de bactéries. Les matériaux étaient également échantillonnés pour estimer la présence de bactéries résiduelles suite à une procédure de lavage.

Les résultats d'olfactométrie montrent que les plastiques, tels que le plastisol et le PEHD, et le contreplaqué étaient les matériaux les plus odorants suivis des bétons, du PVC, de l'acier galvanisé et de la fonte. Durant la période de désorption, les émissions de NH_3 étaient relativement constantes. Les émissions de NH_3 , les plus élevées, produites par le béton ordinaire 30 MPa, étaient d'environ 175 mg/m².h. Les émissions de CO_2 étaient identiques pour tous les matériaux et augmentaient dans le temps suivant une relation linéaire.

Malgré l'efficacité de lavage des matériaux, la présence de bactéries résiduelles sur les surfaces peut être une menace pour le statut sanitaire. Cependant, les matériaux tels l'acier galvanisé, le PEHD, le PEHD sur contreplaqué, plastisol et l'époxy lisse ont démontré leur performance afin d'enrayer complètement la colonisation bactérienne. Des tests d'identification réalisés par la technique PCR-SSCP et par séquençage du gène 16S de l'ADN ont démontré que les *Propionibacterium* se retrouvent sur la surface la plus odorante parmi celles testées. Certaines caractéristiques des

Tableau 3 - Emissions de GES des différentes chaînes de gestion

Chaînes de gestion des lisiers	Émissions de GES
	tonne éq. CO ₂ par année
Gestion conventionnelle	
Épandage à proximité	680,9
Épandage à 30 km	696,2
Séparation solide-liquide	
Décanteur centrifuge	663,6
Sous les lattes	634,0
Traitement à la ferme	
Aérobie	680,6
Anaérobie	539,3
Traitement anaérobie centralisé	372,0

Source : Pelletier et al. (2005)

matériaux, telles la rugosité de surface et l'absorption d'eau, favorisent la colonisation bactérienne.

6. PERSPECTIVES D'AVENIR

La conduite des élevages porcins se fera de plus en plus en prévision de l'obtention de conditions ambiantes plus saines dans le bâtiment et afin de produire des déjections assainies et séchées, à l'image de certains élevages de poules pondeuses actuellement. Les caractéristiques des engrais de ferme ainsi produits seront plus uniformes aidant ainsi à leur valorisation plus rationnelle et sécuritaire par l'agriculteur. Les engrais organiques plus concentrés constituent un des éléments essentiels d'un scénario d'approfondissement des profils culturaux. Celui-ci fait partie d'une stratégie d'accroissement de la productivité des sols qui s'accompagne d'une réduction des risques de dégradation de l'eau, notamment par une diminution des rejets d'eau de ruissellement et de drainage, et d'éléments fertilisants et pesticides dans ceux-ci.

Les travaux de recherche futurs doivent également tenir compte de l'impact sur l'environnement des nouvelles technologies de séparation du lisier et des produits qui en résultent. En effet, la mise en place de procédés de séparation des phases solide et liquide des déjections porcines implique la production de deux fractions ayant des caractéristiques bien particulières et qui doivent trouver des voies de valorisation qui leur sont propres. La phase liquide, riche en azote, présente un intérêt agronomique pour les producteurs qui l'utilisent généralement pour une application aux champs. Cependant, la valorisation de la fraction solide n'est pas aussi bien définie. En effet, cette fraction renfermant une grande proportion de phosphore emprunte généralement le chemin de la filière du compostage. Cependant, les coûts engendrés par ce type de disposition en font un moyen de valorisation peu intéressant. C'est dans ce contexte que de nouveaux efforts doivent être

consentis afin de valoriser la fraction solide résultant de la séparation de phase du lisier. Cela représente actuellement un des prochains défis des chercheurs pour ce qui a trait à la séparation des lisiers.

CONCLUSION

Comme plusieurs autres pays et états, le Québec a connu une augmentation importante de la production porcine sur son territoire. Cette augmentation fut peu uniforme et a favorisé la concentration des élevages dans des régions spécifiques. Puisque cette évolution de la production est récente, la recherche en agroenvironnement ne s'effectue que depuis une vingtaine d'années. De plus, les problématiques du phosphore et celle plus récente de la cohabitation orientent lourdement la gestion des engrais de ferme qui par ricochet donne le ton à la recherche en agroenvironnement.

La recherche en agroenvironnement au Québec a débuté par des travaux dans le domaine du stockage et du traitement dans les années 1980. Les travaux reliés au stockage ont permis de réduire considérablement la pollution ponctuelle. À cette même époque, les travaux sur les traitements ont connu des ratés. Une décennie plus tard, des programmes gouvernementaux ont permis la création d'un institut, la réalisation de travaux de recherche sur le traitement des lisiers et de la qualité de l'air et de l'eau.

Il apparaît évident que, dans le futur, les différentes problématiques devront être résolues par le biais d'une approche globale tenant compte des aspects tant sociaux, agronomiques, environnementaux et économiques. Les différents travaux devraient permettre de développer des technologies simples, économiquement viables tout en trouvant des débouchés pour les sous-produits. Par conséquent, des approches par bilans complets (ex.: cycle de vie) tenant compte de l'aspect sanitaire et par équipe multidisciplinaire seront à privilégier.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAPE, 2003. Consultation publique sur le développement durable de la production porcine au Québec- Volume 1: L'état de la situation de la production porcine au Québec. Bureau des audiences publiques sur l'environnement. Rapport 179. 245 pages.
- CDPQ, 2005. Coup d'œil 2005. Centre de développement du porc du Québec. Sous presse.
- Côté C., Quessy S., 2005. Persistence of *Escherichia coli* and *Salmonella* in surface soil following application of liquid hog manure for production of pickling cucumbers. *J. Food Prot.* 68, 900-905.
- Denis J., 1989. La perméabilité des réservoirs à lisier en béton. Mémoire de maîtrise. Université McGill, Montréal, Québec. 63 pages.
- FPPQ, 2005. Site internet de la Fédération des producteurs de porcs du Québec. <http://www.leporcduquebec.qc.ca> Visité le 8 novembre 2005.
- FPPQ, 2004. Technologie Bio-Terre systems inc. Rapport d'évaluation des technologies de gestion et de traitement du lisier de porc. Groupe de travail "Transfert technologique". Fédération des producteurs de porcs du Québec. Avril 2004. 4 pages.
- FPPQ, 2003a. Suivi des plans des interventions agroenvironnementales des fermes porcines du Québec - Faits saillants. Fédération des producteurs de porcs du Québec. 6 pages.
- FPPQ, 2003b. La Solution Biofertile-F. Rapport d'évaluation des technologies de gestion et de traitement du lisier de porc. Groupe de travail "Transfert technologique". Fédération des producteurs de porcs du Québec. Version révisée mars 2003. 4 pages.
- FPPQ, 2001a. Technologie Biosor. Rapport d'évaluation des technologies de gestion et de traitement du lisier de porc. Groupe de travail "Transfert technologique". Fédération des producteurs de porcs du Québec. Novembre 2001. 4 pages.
- FPPQ, 2001b. Technologie Manurex Purin Pur. Rapport d'évaluation des technologies de gestion et de traitement du lisier de porc. Groupe de travail "Transfert technologique". Fédération des producteurs de porcs du Québec. Novembre 2001. 4 pages.
- Godbout S., Pelletier F., Marquis A., Savard L.-O., Larouche J.-P., Lemay S.P., Joncas R., Laguë C. 2004. Comparison of gas and odour emissions from swine manure management with and without treatment facilities in Quebec. *Proceeding of the 11th International Conference of the*

FAO ESCORENA Network on the Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture, Murcia, Spain, 6-9 October 2004. 269-272.

- Godbout S., Joncas R., Pouliot F., 2002. Séparation des lisiers à la source. Volet I: Voyage au Michigan. IRDA. 13 pages.
- Godbout S., Marquis A., Massé D., 1994. Ice effects on model manure tank walls. *Applied Engineering in Agriculture*. 10(1), 95-99.
- Godbout S., Marquis A., Massé D., 1992. Formation de glace dans les fosses à lisier. *Canadian Agricultural Engineering*. 34(3), 247-252.
- Joncas R., Godbout S., Pouliot F., Marquis A., 2002. État de la recherche et du développement sur les concepts de bâtiments porcins réduisant les odeurs : Analyse. Rapport final de projet. IRDA-140116. 57 pages.
- Jongebreur A. A., 1981. Housing system and their influence on the environment. *Environmental aspects of housing for animal production*, Butterworths, London, UK. 431-436.
- Kroodsmas W., 1986. Separation and removal of Faeces and Urine using Filter Nets under Slatted Floors in Piggeries. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 34: 75-84.
- Larouche J.-P., Martineau Y., Pelletier F., Léveillé F., 2005. Évaluation par bilan massique du procédé Sequencia de traitement du lisier. *Agrosol*. Sous presse.
- Marchal P., 2002. Le système de séparation liquide-solide sous la queue : un choix technologique raisonnée. CRAAQ 2002. 3^e Colloque sur les bâtiments porcins – Le bâtiment en évolution! Mercredi 20 mars. 23-36.
- Marquis A., Lafontaine F., Godbout S., 1990. Notions fondamentales de conception de structures en béton armé relativement aux réservoirs et plates-formes pour fumier ou lisier. Document fourni lors d'un cours de formation dispensé par le Bureau de l'extension de la Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université Laval, Québec.
- Martin, 2005. Communication personnelle. 8 novembre 2005.
- Martin D.-Y., 2003. La séparation de phases, un incontournable. Colloque en agroenvironnement IRDA. 101-126.
- Naud D., 2001. Technologies de traitement des lisiers en vitrine au Québec. *Porc Québec*. 12(1), 25-30.
- Ogink N.W.M., Willers H.C., Aarnink A.J.A., Satter I.H.G., 2000. Development of a new pig production system with integrated solutions for emission control, manure treatment and animal welfare demands. *Swine Housing, Proc. of the 1st Int. Conference*, Oct. 9-11, Des Moines, Iowa, ASAE, St. Joseph, MI 49085-9659. Pages 253-259.
- Pelletier F., 2000. Revue de littérature sur les séparateurs à lisier. Centre de développement du porc du Québec. 50 pages.
- Pelletier F., Godbout S., Pigeon S., Drolet J.-Y., 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. IRDA et BPR. 94 pages.
- Pigeon S. et J. Leclair. 2003. Les technologies de traitement, état de la situation. Colloque en agroenvironnement IRDA. 129-147.
- Proulx P., Fortin M., Joncas R. 1992. Structures d'entreposage des fumiers, lisiers et purins. Manuel d'ingénierie. Conseil des productions végétales du Québec et la Direction de la recherche et du développement du Service du génie. 145 pages.
- Ruel P., Lelièvre C., 1993. Méthodologie standardisée d'analyse de l'état de structures d'entreposage des fumiers en béton armé et de sélection des modes de réfection. Rapport final soumis dans le cadre du programme d'aide à la recherche et au développement en environnement, volet amélioration de la gestion des fumiers. Rapport #1571. Ministère de l'environnement du Québec. 144 pages.
- Voermans J. A. M., Poppel F., 1993. Scraper systems in pig houses. *Livestock environment IV. Proceedings of a conference held in Coventry, U.K.* pages 431-436.
- von Bernuth R. D., 2001. Separate Ways/keeping manure solids and liquids apart benefits transport. *Resource*. 8(9), 9-10.