



INSTITUT DE RECHERCHE  
ET DE DÉVELOPPEMENT EN  
AGROENVIRONNEMENT

# Mémoire de l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc.

## Commission sur le développement durable de la production porcine au Québec

Sainte-Marie  
16 avril 2003

## **Équipe de rédaction :**

Claude Bernard, agr. Ph. D.  
Caroline Côté, agr. M. Sc.  
Denis Côté, agr. M. Sc.  
Marcel Giroux, agr. M. Sc.  
Rodrigue Grégoire, agr. Ph. D.  
Roch Joncas, ing. agr. M. Sc.  
Daniel-Yves Martin, ing. M. Sc.

## **Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc.**

3300, rue Sicotte, C.P. 480  
Saint-Hyacinthe (Québec) J2S 7B8

Téléphone : (450) 778-6522 poste 222  
Télécopieur : (450) 778-6539  
Courriel : [info@irda.qc.ca](mailto:info@irda.qc.ca)  
Internet : [www.irda.qc.ca](http://www.irda.qc.ca)

## TABLE DES MATIÈRES

1. Présentation de l'IRDA.....	2
2. Introduction .....	3
3. Nuisances par les odeurs générées par les élevages .....	4
4. Valorisation agronomique des lisiers et fumiers de porc .....	12
5. Traitements des engrais de ferme .....	23
6. Pertes environnementales .....	29
7. De nouvelles stratégies de production.....	36
8. Conclusions .....	38
9. Références consultées .....	39

## 1. Présentation de l'IRDA

L'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA) est une corporation de recherche à but non lucratif, constituée en mars 1998 à l'initiative du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), en collaboration avec l'Union des producteurs agricoles (UPA), le ministère des Finances, de l'Économie et de la Recherche (MFER) et du ministère de l'Environnement (MENV).

De par sa mission, l'IRDA travaille à développer les connaissances et les technologies nécessaires à la protection de l'environnement et à la mise en valeur des systèmes agroalimentaires. L'Institut a également comme préoccupation la compétitivité et la rentabilité des entreprises puisqu'il réalise de la R-D pour le plus grand bénéfice des intervenants du domaine agroalimentaire, des producteurs agricoles et de la collectivité.

Pour répondre à cette mission, l'Institut poursuit les objectifs suivants :

- accélérer la mise au point et l'adoption de solutions aux problèmes pouvant être posés à l'environnement par l'industrie agroalimentaire;
- développer un partenariat pluridisciplinaire et économique entre les équipes de recherche des secteurs public, universitaire et privé;
- assurer un transfert efficace des connaissances et des technologies;
- assurer le rayonnement de l'Institut au Québec et à l'extérieur en développant une expertise de pointe en agroenvironnement, reconnue et exportable.

Pour mener à bien ses travaux, l'Institut compte sur un personnel d'environ 120 personnes, dont plus de trente chercheurs et professionnels de recherche présentant des expertises dans les domaines de l'agronomie, de la biologie, de la biotechnologie, de la conservation des sols et de l'eau, de la phytoprotection, des productions animales, des sciences du sol et du génie agroalimentaire. Des techniciens agricoles et de laboratoire ainsi qu'un personnel de soutien technique et administratif participent également à la réalisation des activités de l'IRDA en appuyant les chercheurs dans leurs travaux.

L'IRDA dispose d'infrastructures de recherche et d'expérimentation localisées à Saint-Hyacinthe, Deschambault, Sainte-Foy et Saint-Lambert de Lauzon. Ces infrastructures comprennent plusieurs laboratoires (biotechnologie, culture *in vitro*, microbiologie, entomologie, malherbologie, pédologie et cartographie des sols, physique et chimie inorganique - certifié ISO 9001). Un phytotron (complexe de chambres de croissance et de serres) de même que trois sites d'expérimentation, totalisant plus de 160 hectares, et des bâtiments d'élevage expérimentaux complètent les infrastructures de R-D mises à la disposition de l'IRDA pour assumer ses mandats.

En plus de compter sur son expertise interne, l'IRDA mobilise et met en réseau des intervenants et des équipes de recherche évoluant dans diverses institutions : gouvernements, universités et industries. Le réseautage permet à l'Institut et à ses partenaires de planifier, de réaliser et de financer des activités de recherche et de développement (R-D) d'intérêt commun.

L'établissement d'un tel partenariat favorise également le développement d'une synergie pluridisciplinaire et économique qui accélère le développement et l'application des connaissances et des technologies en agroenvironnement.

## 2. Introduction

La production porcine a connu une forte progression au cours des dernières décennies. En 2001, on comptait ainsi 2743 entreprises comportant un cheptel de 4,3 millions de têtes. La production annuelle de porcs d'engraissement s'élève maintenant à plus de 7 millions d'animaux.

Selon Statistiques Canada et les valeurs références transitoires présentées par le Comité de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), le cheptel porcin représenterait environ 40 % de tout le cheptel animal au Québec. Il produit environ 30 % du volume total des déjections animales, en ne considérant pas les eaux de précipitation, ainsi que 35 % de l'azote et du phosphore contenus dans l'ensemble des engrais de ferme stockés.

Au Québec, 97,5 % des bâtiments porcins gèrent les déjections animales sous forme liquide. Cette gestion requiert moins de main d'œuvre et permet une densité plus élevée de porcs dans les bâtiments. Les risques sanitaires inhérents à ce mode d'élevage sont connus et généralement bien maîtrisés par les producteurs, même si l'utilisation non curative d'antibiotiques et de différents facteurs de croissance soulève des questionnements.

La gestion liquide entraîne une problématique d'odeurs. Des substances malodorantes se développent en effet dans les structures d'entreposage des lisiers, suite aux conditions d'anaérobiose qui y prévalent. Des problématiques de cohabitation peuvent en résulter.

La valorisation des lisiers via les sols agricoles soulève diverses problématiques agroenvironnementales liées à la gestion optimale de leur valeur comme fertilisants et amendements organiques, ainsi qu'à la gestion du risque associé à la présence potentielle de microorganismes pathogènes pour l'humain et/ou les animaux. Le défi consiste ici à tirer un maximum de bénéfices des lisiers en raison de leur apport en éléments majeurs et mineurs, tout en cherchant à minimiser les impacts environnementaux découlant de cet usage.

Par ailleurs, le développement de la production porcine s'est concentré au fil des ans dans certains secteurs du Québec. Cette concentration spatiale s'est traduite par l'apparition de zones où la production de lisier excède la capacité réceptrice des sols. Comme les lisiers sont considérablement dilués et que leur transport sur de longues distances devient vite non économique, des problèmes de disposition des surplus de lisiers sont apparus dans les zones en excédent. Dans ces secteurs, le recours à des technologies de traitement semble devoir s'imposer afin de réduire la pression environnementale exercée par ces excédents structurels.

Ce mémoire de l'IRDA s'attarde donc plus spécifiquement aux quatre problématiques suivantes :

- nuisances liées aux élevages (problèmes d'odeurs);
- valorisation agronomique des lisiers;
- importance des pertes environnementales et approches de réduction;
- traitement des fumiers et lisiers excédentaires.

Le document vise à décrire la nature et l'ampleur de ces problématiques et de leurs impacts agroenvironnementaux et à présenter des éléments de solution, qu'ils aient été développés en partie ou en totalité par les chercheurs de l'Institut ou ceux d'autres institutions. Lorsque c'est possible, des recommandations sont faites quant à des actions dont la mise en œuvre contribuerait, selon l'IRDA, à réduire fortement les nuisances/pollutions créées par la production porcine et par conséquent à rendre celle-ci plus «durable».

### 3. Nuisances par les odeurs générées par les élevages

Depuis quelques années, de plus en plus d'emphase est mise sur le problème des nuisances olfactives issues de la production porcine. La réduction des odeurs est ainsi devenue un enjeu majeur pour le développement de la production porcine. La recherche dans ce domaine s'est donc accentuée au cours des dernières années. Selon la littérature consultée, pour la majorité des entreprises porcines, les émissions d'odeurs se répartissent dans les proportions suivantes: environ 65 % des odeurs sont émises lors de l'épandage des déjections; 10 % sont reliées à l'entreposage et; 5 % à la reprise et au transport du lisier (Figure 1). Le 20 % restant origine directement des bâtiments abritant les animaux, avec la particularité dans ce cas-ci qu'elles sont générées tout au cours de l'année.

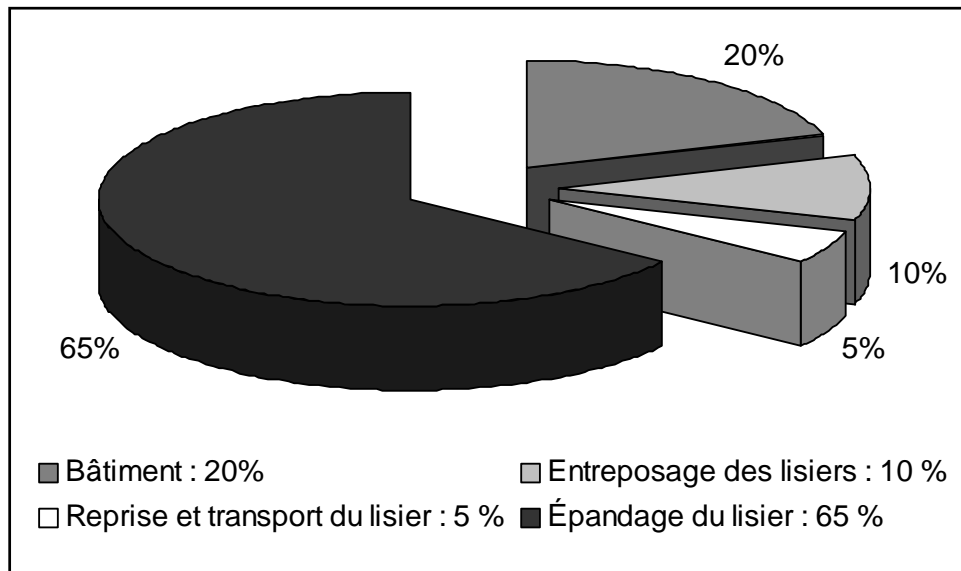


Figure 1. Origine des odeurs en production porcine

#### Perception et mesure des odeurs

La perception des odeurs dépend de plusieurs facteurs, dont la culture, l'éducation, l'âge et le sexe de la personne. De plus, la période de la journée, le lieu, la température, l'humidité relative de l'air, le niveau d'exposition de même que la santé de l'individu peuvent également influencer la perception.

L'odeur peut se définir par sa nature spécifique (qualité de l'odeur), la sensation agréable ou désagréable qu'elle provoque (caractère hédonique ou acceptabilité) et par son intensité. Présentement, les techniques pour caractériser les odeurs sont au nombre de trois : l'olfactométrie; l'analyse physico-chimique; ainsi que le nez électronique, qui est en cours de développement.

#### Taux d'émission et sources d'odeurs

Le taux d'émission d'odeurs d'un bâtiment porcin est fonction de la variation des débits de ventilation, du type de bâtiment, d'élevage et d'alimentation ainsi que de l'emplacement de la porcherie. La mesure des émissions d'odeurs s'avère complexe puisqu'elles sont la résultante de près de 170 composés chimiques.

Plusieurs sources d'odeurs sont répertoriées. Ainsi, les animaux, les aliments, les animaux morts, le lisier et les différents matériaux du bâtiment contribuent à générer les odeurs. En ce qui concerne les matériaux, le béton utilisé pour les planchers absorbe l'urine et devient subséquemment une source d'émission de gaz et d'odeurs. Le lisier sous les animaux, qu'il soit entreposé dans les dalots, dans la préfosse ou la fosse, demeure la principale source d'émission d'odeurs lors de la décomposition anaérobie.

Les odeurs sont transportées de l'intérieur vers l'extérieur des bâtiments par le système de ventilation. Le débit de ventilation nécessaire pour le maintien de la qualité de l'air, à l'intérieur des bâtiments, fait entrer de l'air frais et pousse à l'extérieur les composés odorants, la chaleur, l'humidité et les gaz. L'intensité des odeurs varie en fonction du taux de ventilation spécifique à chaque stade de croissance. Quel que soit le stade, en raison de la température plus chaude, les débits d'odeurs sont supérieurs en été par rapport à l'hiver.

Les odeurs provenant des structures d'entreposage sont produites par le lisier qui y est entreposé et par le brassage de ce dernier lors de la reprise. La quantité d'odeurs produites, lors de l'entreposage du lisier, est fonction de la surface de contact entre le lisier et l'air. Les échanges gazeux à la surface du lisier et les conditions climatiques changeantes, telles que la température, les précipitations et le vent, favorisent l'émission des odeurs. Plus la fosse est grande, plus la surface de lisier exposée à l'air et aux intempéries est grande et plus il y aura de mauvaises odeurs produites.

Les épandages de lisiers génèrent aussi des charges d'odeurs. L'application des lisiers par aérosperion favorise la volatilisation de l'azote ammoniacal et la formation d'aérosols qui se traduisent par l'émission d'odeurs. Les conditions environnementales (température, humidité relative, vents) prévalant au moment de ces épandages influencent l'importance des émissions d'odeurs.

## **Mesures de réduction des odeurs**

### ***Interventions aux bâtiments***

Comme le lisier est la principale source d'odeurs et de gaz, toute intervention faite au bâtiment ou à l'entreposage, et permettant de réduire le temps de contact avec l'air ou de diminuer l'activité microbologique anaérobie dans le lisier, atténuera les émissions gazeuses. L'air de ventilation des porcheries peut aussi être désodorisé par des unités de traitement.

Plusieurs technologies de contrôle ou de réduction des odeurs aux bâtiments offrent un intérêt pour le Québec. Le tableau 1 présente un aperçu des technologies de réduction des odeurs applicables à l'intérieur des bâtiments et le tableau 2, des technologies de manutention des déjections. Le tableau 3 illustre différentes technologies de traitement de l'air de ventilation des bâtiments porcins. Finalement le tableau 4 regroupe des approches d'intégration des bâtiments au paysage qui peuvent être utilisées pour réduire les odeurs.

**Tableau 1. Aperçu des technologies de réduction des odeurs applicables dans le bâtiment d'élevage Québec**

TECHNIQUE	DESCRIPTION OU EXEMPLE
Type de plancher des parquets	Plancher danois (30 % latté) Plancher semi-latté (60 % latté) Plancher complètement latté Ventilation par extraction basse
Alimentation	Aliment avec acides aminés de synthèse Multi-phases
Réduction des poussières	Technologie de réduction des poussières dans les bâtiments
Ozonation	Traitement de l'air du bâtiment par l'ozone
Nouveaux types de planchers et cages	Caillebotis en acier inoxydable Cages basculantes

**Tableau 2. Aperçu des technologies de manutention des déjections qui réduisent les odeurs applicables au Québec**

TECHNIQUE	DESCRIPTION OU EXEMPLE
<i>MANIPULATION DES LISIERS SOUS LES CAILLEBOTIS</i>	
Rinçage des dalots	Gouttières sous le caillebotis Évacuation des lisiers par chasse d'eau
Grattage des dalots	Fond de dalot plat et gratte munie d'une base en matériel synthétique
Grattage des dalots avec séparation fèces/urines	Dalot et gratte en forme de V avec gouttière pour les urines
Convoyeur et dalot	Courroie ou filet perforé recueillant les fèces
<i>MANIPULATION DES DÉJECTIONS SUR FORME SOLIDE</i>	
Gestion solide des fumiers	Élevage des porcs sur de la litière

**Tableau 3. Aperçu des différentes technologies\* de traitement de l'air de ventilation des bâtiments porcins applicables au Québec**

TECHNIQUE	DESCRIPTION OU EXEMPLE
Biofiltre	Traitement de l'air de ventilation par oxydation biologique
Laveur d'air	Transfert des odeurs à un liquide qui peut être conditionné pour augmenter l'efficacité
Obstacle au niveau du sol	Dilution et dispersion de l'air de ventilation par une barrière poreuse
Cheminée haute	Dilution et dispersion de l'air de ventilation par une cheminée haute

\*Note : Ces techniques sont utilisées à l'aval des ventilateurs d'extraction. Des conduites de ventilation centralisée sont souhaitables.

**Tableau 4. Aperçu d'approches d'implantation et d'intégration aux paysages des bâtiments qui contrôlent les odeurs applicables au Québec**

APPROCHE	DESCRIPTION OU EXEMPLE
Intégration au paysage des bâtiments	Harmonisation des installations d'élevage avec le milieu environnant
Haies brise-vent	Rangée d'arbres ceinturant le complexe porcin

Selon les chercheurs de l'IRDA, quatre technologies offrent un fort potentiel de se retrouver rapidement sur les fermes porcines québécoises (Tableau 5). Cette sélection tient compte de plusieurs facteurs objectifs et subjectifs : état d'avancement de la technologie au Québec, convivialité, intérêt du milieu à les utiliser, coûts d'implantation et d'opération, potentiel à réduire véritablement les odeurs.

**Tableau 5. Technologies de réduction des odeurs au bâtiment offrant le plus de potentiel de se retrouver rapidement sur les fermes porcines québécoises**

Lieu d'application	Technique	Avancement de la technologie	Présence au Québec	Coût d'implantation et d'opération	Potentiel de réduction des odeurs
À l'intérieur du bâtiment	Alimentation*	++	Oui	++	30 %
À la sortie des ventilateurs**	Biofiltre	+++	Oui	++	60 %
Autour des bâtiments	Haies brise-vent	++	Oui	—	20 %
Sous les caillebotis (lattes)	Évacuation rapide du lisier avec séparation fèces/urines	++	Non	+	45 %

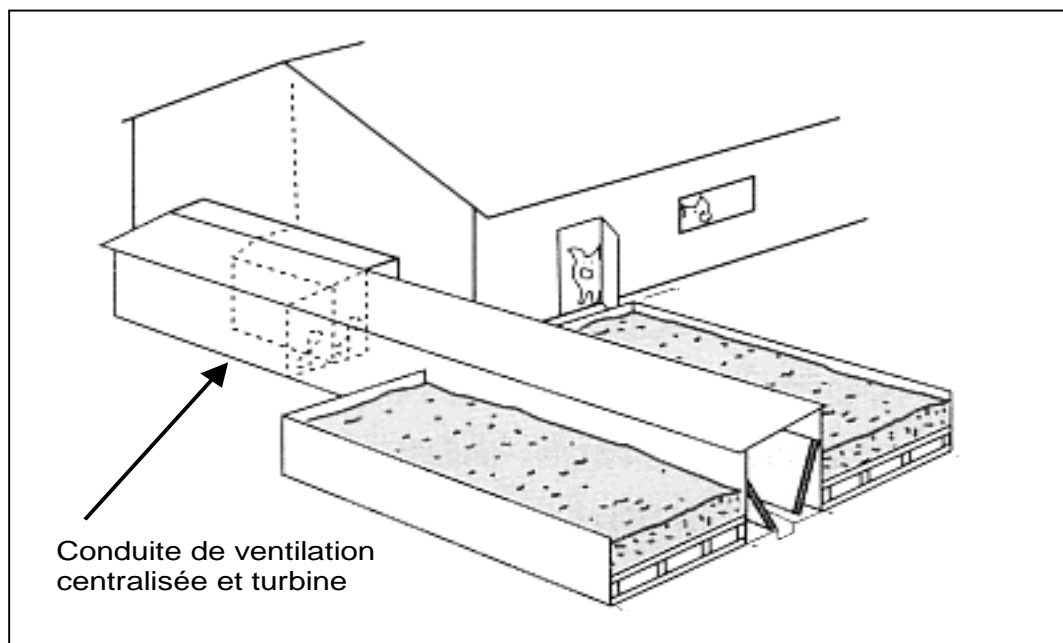
Niveau d'appréciation : - : faible, + : moyen, ++ : élevé, +++ : très élevé

\* : alimentation multiphase comportant plus de trois niveaux

\*\* : Une conduite de ventilation centralisée est nécessaire.

Plusieurs chercheurs travaillent à optimiser les rations alimentaires des porcs afin de maximiser l'absorption des nutriments par l'animal. Ainsi, moins de nutriments seront disponibles aux microorganismes présents dans le lisier, ce qui permet alors de réduire leur activité et par conséquent l'émission d'odeurs. Par exemple, des techniques telles que l'alimentation multi-phases (plus de 3 phases) et l'emploi d'acides aminés essentiels de synthèse permettent de diminuer l'excrétion d'azote par l'animal. Des travaux réalisés par l'IRDA démontrent qu'il est possible de réduire de 40 % les émissions d'ammoniac et d'environ 20 % les odeurs en modifiant la ration des porcs. Bien que ces technologies soient déjà présentes sur les fermes porcines, leur utilisation devra être accrue.

La biofiltration utilise un médium solide (copeaux de bois, tourbe, carbone activé, produit synthétique) qui absorbe/adsorbe les composés malodorants du flux d'air extrait par les ventilateurs (Figure 2). L'air d'extraction est amené dans le biofiltre à l'aide d'une conduite de ventilation centralisée et d'une turbine. Il est important que la distribution de l'air dans le biofiltre soit uniforme. L'humidification de l'air est recommandée pour prévenir l'assèchement du biofiltre. Malgré de bonnes performances en termes d'abattement des odeurs, la présence de biofiltres sur le terrain reste limitée car son efficacité varie en fonction de l'état du médium. Celui-ci doit en effet procurer aux microorganismes un environnement (température, humidité, pH, etc.) propice à leur développement. Le taux de compaction du médium est également une donnée importante puisque qu'il influence le temps de résidence de l'air dans le médium ainsi que la résistance au passage de l'air et qu'il prévient la création de passages préférentiels de l'air. Selon les données disponibles sur le sujet, le coût d'utilisation (amortissement sur 10 ans, opération, entretien) des biofiltres peut être estimé entre 3 à 8 \$ /porc produit. La durée de vie du médium solide est évaluée entre 3 et 5 ans.



**Figure 2. Biofiltre et conduite de ventilation centralisée (Source : ITP, 1998)**

Une porcherie intégrée au paysage est une porcherie s'harmonisant avec l'environnement visuel. Outre les aspects esthétiques, il est démontré que le choix du site d'implantation des nouvelles porcheries et la mise en place de haies brise-vent peuvent contribuer au contrôle des

odeurs. De même, la perception de la population est généralement meilleure envers des bâtiments porcins mieux intégrés au paysage. Les haies brise-vent entourant un complexe porcin réduisent la vitesse du vent et, par conséquent, la vitesse de déplacement des odeurs. Les composés responsables des odeurs peuvent ainsi être dégradés avant d'atteindre les zones habitées.

L'évacuation du lisier des dalots sous les caillebotis se fait à l'aide d'une gratte actionnée plusieurs fois par jour. Il est possible de séparer les fèces et les urines avec ce système lorsque les dalots sont en forme de « V » (Figure 3). Ce « V » joue le rôle d'une gouttière qui recueille l'urine et l'achemine vers une fosse de stockage. Quant aux solides, la gratte les dirige vers un convoyeur qui les évacue de la bâtisse. La séparation des urines et des fèces sous le caillebotis et l'enlèvement rapide des deux fractions améliorent les conditions hygiéniques, climatiques et l'environnement d'un bâtiment porcin et par le fait même, diminuent les émissions d'odeurs dans une proportion pouvant atteindre 45 %.



**Figure 3. Séparation des fèces et des urines au dalot (caniveau)**

En plus de leur potentiel de réduction des odeurs, les technologies liées au mode d'alimentation et à la séparation des fèces et de l'urine permettent une réduction de l'excrétion de nutriments et une gestion différenciée du N et du P, facilitant l'exportation des excédents de P de la ferme vers des usines de compostage, de granulation, etc. Un autre avantage tient dans l'amélioration des conditions ambiantes dans le bâtiment ce qui permet d'augmenter le bien-être des travailleurs et des porcs ainsi que les performances zootechniques, et de réduire la consommation de médicaments.

Ces technologies sont sur le point d'être accessibles aux producteurs de porcs québécois, mais quelques essais et expérimentations doivent être faits afin de limiter le risque technologique et économique lors de leur introduction sur les fermes.

Pour l'alimentation, les principaux éléments de développement à finaliser sont :

- l'établissement de rations à coûts abordables, ayant une efficacité similaire aux différentes rations expérimentales mises au point par les chercheurs;
- le développement de systèmes de distribution et de mélange d'ingrédients permettant de doser les niveaux de protéines nécessaires en fonction de l'âge des animaux, de façon à tirer le maximum du concept multi-phases.

Pour l'évacuation rapide et la séparation des fèces et des urines sous les caillebotis, il faut établir :

- les critères de conception et d'opération de ce système;
- la faisabilité technique et économique de ce concept;
- le concept général à préconiser lorsque ce système est installé dans de nouvelles porcheries;
- la manière de faire pour introduire ce système dans les porcheries déjà construites.

### ***Interventions lors des épandages***

Diverses solutions permettant de réduire significativement les odeurs lors des épandages de lisiers de porcs ont été développées depuis plusieurs années. Ainsi, des rampes à basse pression, permettant d'éviter les problèmes associés à l'aéroaspersion, sont commercialement disponibles au Québec.

Les rampes munies de pendillards favorisent l'autoincorporation rapide et efficace des lisiers. Elles devraient être utilisées pour les applications en post-levée sur les céréales, le soja en semis dense et le canola. On devrait également utiliser ces rampes pour les applications sur les prairies, en début de développement végétatif.

Les rampes munies d'outils incorporateurs permettent un enfouissement immédiat du lisier dans les cultures à large écartement, comme le maïs ou le soja, ou pour les applications sur sol nu, en pré-semis ou en post-récolte.

On doit noter l'existence de nombreux documents de vulgarisation sur l'utilisation de tels outils. Plusieurs séances d'information et de démonstration sont également organisées à chaque année. Il faut donc poursuivre l'effort de vulgarisation sur les avantages de ces équipements et favoriser leur acquisition par les agriculteurs.

Il est donc possible d'atténuer les odeurs engendrées par la production porcine. Le choix d'un moyen ou d'une technologie d'atténuation des odeurs doit cependant être guidé par un excellent diagnostic de la problématique des odeurs à la ferme. Il faut aussi tenir compte de son coût d'acquisition et d'opération et du niveau de maîtrise nécessaire de l'équipement.

## **Recommandations**

Des efforts de R-D sont encore requis pour finaliser la mise au point de certains éléments de solution à la problématique des odeurs aux bâtiments. Des politiques et mesures d'appui devront être mises en place afin de favoriser ces efforts de R-D et accélérer la mise en place de solutions permettant d'apporter une réponse concrète à un des principaux irritants associés à la production porcine.

Une fois les technologies de réduction des odeurs développées, leur adoption devrait être favorisée en les intégrant dans des guides de bonnes pratiques et en les assujettissant au concept d'écoconditionnalité.

L'adoption de ces techniques devrait aussi être facilitée par des programmes d'aide à leur mise en place.

Il est nécessaire de continuer d'encourager, par des incitatifs financiers, l'acquisition par les producteurs de rampes à basse pression afin de réduire la problématique des odeurs lors des épandages de lisiers.

#### 4. Valorisation agronomique des lisiers et fumiers de porcs

La valorisation agronomique des engrais de ferme constitue la meilleure façon, d'un point de vue agroenvironnemental et économique, de disposer des déjections animales. Cette valorisation contribue à l'amélioration des propriétés des sols et à la nutrition des plantes. Elle peut cependant comporter des risques pour l'environnement et la santé lorsque sa gestion est déficiente. Afin d'atteindre l'objectif d'une saine gestion des engrais de ferme et de leur valorisation, plusieurs facteurs doivent être considérés, tels que la nature des engrais de ferme, la dose appliquée, la période et le mode d'épandage, la vitesse de minéralisation, la teneur en azote total et ammoniacal, le rapport C/N, etc. Il convient donc, dans un premier temps, de bien connaître le produit, ses caractéristiques et son potentiel.

##### Caractéristiques et composition chimique des lisiers et fumiers de porcs

Les lisiers de porcs sont des déjections animales liquides fermentées en milieu anaérobie. Comme aucune litière n'est ajoutée, la matière sèche est essentiellement composée de fèces, de rejets alimentaires et de poils. La fraction liquide représente environ 96 % de la masse des lisiers; elle contient pour sa part les urines, les eaux de lavage et de précipitation, des sels minéraux et la fraction soluble de la matière organique. Le rapport C/N des lisiers de porcs est bas, environ 4, ce qui le distingue nettement de celui des fumiers et lisiers des autres espèces animales qui ont un rapport plus élevé, à l'exception des lisiers de volailles (Tableau 6). Le milieu anaérobie des lisiers ne permet qu'un faible niveau d'oxydation des matières organiques et minérales, de sorte que plusieurs des molécules produites lors de l'entreposage sont malodorantes. Par contre l'ajout de litière accroît l'aération, réduit les odeurs et accroît la matière sèche des fumiers de porcs à environ 21,5 %, et le rapport C/N à près de 24. Actuellement, les fumiers de porcs représentent environ 2,5 % des volumes produits mais la situation pourrait changer au cours des prochaines années selon les exigences des marchés, ou pour réduire les odeurs. La filière de production sous fumiers solides est perçue actuellement comme plus écologique. Nous présentons donc des données autant sur la valeur agronomique des lisiers bruts et séparés que sur les fumiers de porcs, afin de bien comprendre leurs caractéristiques respectives et les enjeux rattachés au choix des modes de gestion liquide ou solide.

##### Valeur fertilisante des lisiers et fumiers de porcs

La teneur moyenne en azote total des lisiers est de 4,2 kg/tonne et de 5,0 kg/tonne pour les fumiers de porcs (Tableau 6). L'azote ammoniacal ( $N-NH_4$ ) représente en moyenne près de 70 % de l'azote total des lisiers de porcs et près de 30 % pour les fumiers de porcs. La fraction organique est plus abondante dans les fumiers que dans les lisiers de porcs. Cette matière organique est considérée comme très fermentescible dans le cas des lisiers, c'est-à-dire facilement dégradée par les microorganismes présents dans les sols, alors qu'elle est moyennement fermentescible pour les fumiers. La disponibilité de l'azote de première année pour les cultures sera donc plus élevée pour les lisiers que pour les fumiers. Les lisiers de porcs sont par contre plus vulnérables aux pertes par volatilisation ammoniacale que les fumiers de porcs. Comme ils ont un pH supérieur à 7, une partie de l'azote se transforme en ammoniac, un gaz volatil qui peut se perdre si les lisiers ne sont pas incorporés au sol.

La teneur en phosphore des lisiers de porcs, exprimée sur base humide, est sensiblement la même que celle des fumiers de porcs (Tableau 6). Le phosphore est présent sous forme organique et minérale. On estime que 70 % du phosphore total dans le lisier de porcs est sous forme minérale, d'ions phosphates  $HPO_4$  et  $H_2PO_4$ . Ces ions se retrouvent en partie dans la phase liquide des lisiers, mais ils sont surtout adsorbés sur la matière organique de sorte que le

phosphore minéral a tendance à se concentrer dans la fraction solide des lisiers où se trouve également la fraction organique du P. Pour les fumiers de porcs, la proportion du P sous forme minérale est plus faible et plus variable selon la proportion des déjections et de la litière. Le coefficient d'efficacité fertilisante du P est plus bas pour les fumiers. La teneur en potassium des fumiers de porcs est plus élevée que celle des lisiers de porcs. On le retrouve surtout dans la phase liquide des fumiers et lisiers. Sa disponibilité pour les cultures est toujours très élevée.

**Tableau 6. Comparaison de la composition chimique des fumiers et lisiers de diverses espèces animales produites au Québec.**

Type d'engrais	Matière sèche	N total	N-NH <sub>4</sub> *	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	C/N*
	-----(%)------	------(kg/tonne)-----				
Lisier (porcs en croissance)	3,2	4,2	3,4	2,3	2,7	4
Lisier (truies et porcelets non sevrés)	2,0	2,6	2,2	1,8	1,6	3
Lisier (bovins laitiers)	7,2	3,1	1,6	1,5	3,4	11
Lisier (bouillons)	12,0	5,0	---	3,1	4,3	14
Lisier (poules pondeuses)	10,0	8,4	5,5	6,7	4,4	4
Fumier (porcs)*	21,5	5,0	1,5	2,9	4,3	24
Fumier (bovins laitiers)	21,2	5,7	1,8	3,6	5,3	18
Fumier (bovins de boucherie)	26,1	4,8	1,0	2,4	4,9	24
Fumier (bouillons)	26,9	7,1	2,1	4,4	6,0	22
Fumier (poulets)	74,1	28,2	5,8	23,5	18,0	13

\*Analyses Agridirect inc.

Source : Beaudet, 2003, communication personnelle

Toutes ces caractéristiques font des lisiers et des fumiers de porcs de bons engrais de ferme pour fertiliser les cultures. La liste des cultures sur lesquelles on dispose de données sur l'efficacité fertilisante des lisiers est longue. Le maïs-grain et ensilage, les prairies de graminées et de légumineuses, les céréales, le canola, les pommes de terre et les choux en sont des exemples. Tous les essais ont confirmé la grande efficacité des lisiers en matière de fertilisation N, P et K. Les coefficients moyens d'efficacité du lisier de porcs (équivalent engrais minéral) sont de 60 à 70 % pour l'azote, de 80 % pour le phosphore et de 80 à 100 % pour le potassium (Tableau 7). Les fumiers possèdent une valeur fertilisante azotée de première année plus faible, mais des arrière-effets plus élevés pour les années subséquentes. Les caractéristiques respectives des fumiers et lisiers présentées modifient leur efficacité fertilisante et leur valeur agronomique. On doit alors adapter les pratiques de fertilisation à leur nature et à leurs caractéristiques, sinon l'efficacité agronomique et les pertes environnementales seront affectées.

Historiquement, l'épandage des engrais de ferme se faisait surtout à l'automne sous forme de fumiers. Les lisiers sont moins bien adaptés à cette période d'épandage, la proportion de l'azote sous forme minérale étant trop élevée. Au cours des périodes qui ont précédé le RRPOA de 1997, les plans de fertilisation étaient élaborés principalement sur la base des besoins en azote des cultures. On avait alors tendance à compenser les pertes d'azote par des apports accrus de lisiers, même pour des épandages d'automne. Cette façon de faire n'est plus acceptable

aujourd'hui. En ce sens, les indices de pertes doivent maintenant être perçus comme des indicateurs de risque environnemental. À la demande de l'Ordre des agronomes du Québec, l'IRDA a préparé des abaques présentant les risques associés à l'épandage des engrais de ferme appliqués à différents moments pendant la saison (Tableaux 8 et 9). On peut y noter que les applications tardives d'automne sont à proscrire sur les cultures pérennes. La même recommandation s'applique pour les sols à texture légère (sableuse) après une culture annuelle et en absence de plantes de couverture ou de résidus avec un rapport C/N élevé. En présence de résidus, des applications à faible taux sont tolérables.

**Tableau 7. Valeur comparative des coefficients d'efficacité fertilisante pour les fumiers et lisiers et les coefficients d'arrière effets azotés.**

Type d'engrais	Coefficient d'efficacité fertilisante				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Arrière-effet N	
	(1 <sup>ère</sup> année)			(5 à 10 ans)	(< 5 ans)
Fumier de bovins	45-55	65	80-100	15	10
Lisier de bovins	50-60	80	80-100	10	8
Lisier de porcs	60-70	80	80-100	7	5
Lisier de volailles	75-85	80	80-100	0	0
Fumier de volailles	65-75	65	80-100	---	---

Source : Guide de référence en fertilisation, CRAAQ 2003

**Tableau 8. Abaque de risque environnemental lié aux épandages de lisiers et fumiers sur des cultures annuelles**

PÉRIODES D'ÉPANDAGE					
Pré-semis incorporé	Post-levée	Post récolte			
		Sur culture de couverture	Sans culture de couverture ni résidus de culture avec un rapport C/N élevé	Sur des résidus de culture avec un rapport C/N élevé	
<b>LISIERS</b>					
**	*	**	****	***	
<b>FUMIERS AVEC UN RAPPORT C/N &lt; 20</b>					
*	**	**	****	***	
<b>FUMIERS AVEC UN RAPPORT C/N &gt; 20</b>					
*	**	**	***	***	

\* Risque généralement faible et pratiques d'épandage optimales.

\*\* Risque généralement faible à modéré et pratiques d'épandage acceptables.

\*\*\* Risque généralement modéré à élevé et pratiques d'épandage tolérables à faibles doses.

\*\*\*\* Risque généralement élevé à très élevé et pratiques d'épandage non recommandables.

Source : IRDA, 2003

**Tableau 9. Abaque de risque environnemental lié aux épandages de lisiers et fumiers sur des cultures pérennes**

PÉRIODES D'ÉPANDAGE				
Avant 1 <sup>ère</sup> coupe	Avant 2 <sup>e</sup> coupe	Avant 3 <sup>e</sup> coupe	Après dernière coupe Avant 1 <sup>er</sup> octobre	Après dernière coupe Après 1 <sup>er</sup> octobre
LISIERS				
*	*	**	***	****
FUMIERS avec un rapport C/N < 20				
*	**	**	***	****
FUMIERS avec un rapport C/N > 20				
*	**	**	***	****

- \* Risque généralement faible et pratiques d'épandage optimales.  
 \*\* Risque généralement faible à modéré et pratiques d'épandage acceptables.  
 \*\*\* Risque généralement modéré à élevé et pratiques d'épandage tolérables à faibles doses.  
 \*\*\*\* Risque généralement élevé à très élevé et pratiques d'épandage non recommandables.

Source : IRDA, 2003

### Éléments secondaires et oligo-éléments

Outre les éléments majeurs, les lisiers de porcs apportent plusieurs éléments essentiels aux cultures dont le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le soufre (S), le cuivre (Cu), le zinc (Zn), le manganèse (Mn) et le bore (B). Les déficiences en ces éléments sont assez fréquemment rapportées au Québec et les lisiers peuvent contribuer à les réduire et même à les éliminer. Une application de 30 t/ha de lisier apporte au sol environ 30 kg Ca/ha, 10 kg Mg/ha, 10 kg S/ha, 400 g Cu/ha, 1700 g Zn/ha, 1500 g Mn/ha et 100 g B/ha. Ces apports accroissent la disponibilité de ces éléments pour les cultures, ce qui est bénéfique dans les sols carencés. Dans le cas du soufre, il faut tenir compte d'un coefficient de disponibilité de 50 % car la fraction organique du S doit au préalable être minéralisée pour être disponible.

Le magnésium échangeable s'accroît à long terme dans les sols qui reçoivent régulièrement des apports de fumiers et lisiers. Il faut par ailleurs se soucier de l'enrichissement excessif des sols en certains métaux comme le cuivre et le zinc, suite aux apports répétés de certains fumiers et lisiers. Ces deux éléments font en effet l'objet d'un apport alimentaire important pour certaines espèces animales comme le porc. On dresse actuellement à l'IRDA le bilan des métaux lourds dans les sols en relation avec différents types d'engrais et de cultures. Après 25 ans d'applications annuelles de lisiers de porcs, les données démontrent un taux d'accroissement significatif des teneurs en cuivre et zinc disponibles aux plantes, indiquant une mobilité et une solubilité accrues. La recherche devra préciser si ces apports constituent un danger de contamination des sols, de l'eau et des récoltes à long terme. Si oui, des solutions devront être trouvées pour restreindre ou éliminer ces apports. Des solutions de remplacement aux apports de cuivre et de zinc dans les rations devraient déjà être envisagées. Comme ces métaux se concentrent dans la fraction solide des lisiers séparés, ces engrais sont particulièrement aptes à enrichir les sols en cuivre et zinc. Un suivi analytique des sols deviendra nécessaire afin de détecter une éventuelle accumulation des métaux. Des recherches sont en cours pour établir des méthodes fiables à cet effet.

### **Variabilité analytique des lisiers et fumiers de porcs**

Les fumiers de porcs montrent une assez grande régularité de leurs teneurs en éléments nutritifs pour une même ferme. Il est donc relativement facile d'obtenir une valeur analytique représentative pour les fumiers. À l'inverse, les lisiers de porcs montrent une grande variabilité de teneurs en éléments N, P et K. Le type de lisier, sa dilution par les eaux de lavage ou de précipitation, la durée et les conditions d'entreposage, les régimes alimentaires, l'utilisation de phytase, la stratification naturelle dans la fosse, l'intensité du brassage du lisier et la fréquence des chantiers d'épandage sont les principaux facteurs qui affectent la variabilité analytique des lisiers. Des mesures faites à l'IRDA indiquent des variations de plus de 100 % des teneurs en azote et de plus de 200 % de celles de phosphore, selon les strates échantillonnées depuis la surface vers le fond de fosses à lisier préalablement brassées. Cette grande variabilité complique l'élaboration des plans de fertilisation. Deux approches distinctes ont alors été développées, pour obtenir des résultats analytiques valables. La première consiste à caractériser plusieurs fosses à lisier selon les types de productions porcines (maternité, pouponnière et croissance), la régie d'alimentation (multiphase et phytase) et la stratification dans la fosse. La teneur médiane et la distribution percentile des concentrations sont alors déterminées et des valeurs de référence pour chacun des éléments nutritifs sont proposées. Dans le futur, on mise également sur la caractérisation de chacune des fosses pour connaître la valeur fertilisante réelle des lisiers de chaque entreprise. Le principal avantage de cette approche est qu'elle permet de connaître les quantités totales des éléments N, P et K produits et d'établir les bilans respectifs de l'entreprise selon les superficies disponibles pour les épandages. Le REA met beaucoup d'emphasis sur cette approche. L'utilisation de valeurs de référence comporte cependant des inconvénients lorsqu'on veut les utiliser pour établir les doses d'épandage. On ne connaît alors pas précisément la teneur réelle en éléments nutritifs des lisiers appliqués au champ parce que les concentrations varient durant le chantier d'épandage selon le brassage réalisé à la fosse, l'âge des lisiers et le niveau des fosses. La teneur en matière sèche des lisiers change en effet à mesure que la fosse se vide. Elle change aussi d'une année à l'autre selon la dilution des eaux de lavage et de précipitation et la fréquence des chantiers d'épandage. Les écarts entre les apports visés en éléments fertilisants et ceux réellement effectués peuvent être assez élevés, notamment pour le phosphore, l'azote total et le cuivre, au point de sous-fertiliser certaines parties des champs et d'en sur-fertiliser d'autres.

L'autre approche utilisée consiste à déterminer au champ la valeur fertilisante des lisiers par des méthodes analytiques rapides. Les premières relations établies concernaient l'azote total et la matière sèche. Pour un même type d'élevage (ex. porcs en croissance), il existe une relation entre la densité des lisiers mesurés à l'hydromètre et leur teneur en matière sèche, en azote total et, à un degré moindre, en phosphore et potassium. On ajuste alors les doses d'azote selon la densité des lisiers. Les lectures à l'hydromètre ont connu une certaine popularité au début des années 1980 mais elles ont été abandonnées au profit de valeurs moyennes de référence, souvent très différentes des teneurs réelles des lisiers appliqués. Depuis, des appareils de dosage ont été développés pour la détermination de la teneur en azote ammoniacal des lisiers. Les équipements de dosage « Agros » et « Quantofix » en sont des exemples. Bien que peu d'entreprises porcines se soient munies de ces appareils, les avantages de connaître la teneur en azote ammoniacal des lisiers épandus sont pourtant évidents. L'azote représente un élément très susceptible d'affecter la production végétale et la qualité de l'eau, s'il est mal dosé. Un besoin de vérification des doses de P épandues est également nécessaire, non pas qu'il varie beaucoup durant le chantier d'épandage mais plutôt d'un élevage à un autre et d'une année à l'autre.

Un nouvel appareil pour le dosage rapide au champ de l'azote ammoniacal et du phosphore est maintenant disponible. Il s'agit d'un réflectomètre qui permet de connaître en 5 à 10 minutes la teneur en ces éléments dans les lisiers. Une bandelette imprégnée de réactifs chimiques est plongée dans le lisier. Une couleur se développe selon les concentrations en ammonium et en phosphates et l'appareil prend les lectures. L'ajustement des doses de lisiers appliquées peut alors être fait.

### **Précision des épandages d'engrais de ferme**

Au cours des deux dernières décennies, de nombreux développements technologiques ont conduit à la fabrication commerciale d'équipements d'épandage des lisiers très performants. Certains permettent, à un prix compétitif, de distribuer au sol une dose précise de lisier tout en respectant un patron d'épandage uniforme. Un aspect important de la précision du programme de fertilisation concerne la calibration des équipements d'épandage. Bien que beaucoup d'informations soient disponibles sur le sujet sous forme de vidéo, de documents écrits ou de guides, la calibration se fait encore trop souvent par une méthode d'essai-erreur en examinant les superficies couvertes par voyage et en ajustant au besoin la vitesse et les divers réglages mécaniques pour réduire ou augmenter les doses. On devrait pourtant pouvoir ajuster les doses d'engrais au moyen d'une charte basée sur la relation vitesse-réglages de débits-dose propre à chaque épandeur. Si cette charte n'est pas disponible, il faut l'établir au préalable, de manière à s'adapter rapidement aux changements requis des doses, surtout si on effectue un suivi analytique au champ. C'est le premier élément à établir en ce qui concerne la calibration des épandeurs. Par la suite, une vérification de l'exactitude des doses doit être réalisée au moyen des méthodes prescrites dans les guides. Des cliniques de calibration des épandeurs à fumiers et lisiers devront continuer à être organisées dans les régions, pour sensibiliser les producteurs à l'importance de ce facteur, tant pour les aspects agronomiques qu'environnementaux.

### **Enrichissement des sols en phosphore**

Au cours des années 1970 et 1980, c'est le besoin des cultures en azote disponible qui servait de base à l'élaboration des plans de fertilisation avec les lisiers. Comme à cette époque les engrais de ferme étaient le plus souvent appliqués tôt à l'automne, un indice de perte d'azote de 1,4 à 1,8 était considéré, de sorte que les doses d'épandage dépassaient fréquemment les 100 tonnes/ha. Ces plans de fertilisation « azote » non optimisés ont eu pour effet d'accroître la teneur des sols en phosphore à des niveaux très élevés dans certains cas. Il faut par contre mentionner que beaucoup de ces sols étaient pauvres et qu'un redressement de leur teneur en P et K a été bénéfique. Comme le taux de saturation en phosphore des sols atteignait des niveaux élevés, il a fallu concevoir d'autres façons d'élaborer les plans de fertilisation.

C'est au milieu des années 1970 qu'ont débuté les travaux de recherche visant à introduire une pratique d'épandage des lisiers et fumiers moins à risque pour l'environnement. L'épandage en postsemis et en postlevée des cultures annuelles a depuis été étudié pour ses avantages économiques, agronomiques et environnementaux. Cette approche se traduit par des doses réduites, en comparaison de celles appliquées à l'automne, et peut être considérée comme le premier pas vers une valorisation optimale du lisier. Comme ce mode d'épandage était aussi associé à une réduction du tassement du sol, au travail réduit du sol et au contrôle des nuisances, il a vite été classifié comme une « bonne pratique d'épandage ».

Au cours des années 1990, les recherches ont porté sur les relations entre les doses d'engrais et leurs impacts sur la qualité des sols et de l'eau. Pendant cette période, les connaissances fondamentales sur la chimie du phosphore dans les sols se sont accrues substantiellement. Des travaux de recherche portant sur la fixation, la désorption, la solubilité, la mobilité et la saturation des sols en phosphore ont démontré l'importance agroenvironnementale de ces facteurs. Un

indice de saturation en phosphore est maintenant mesuré et remis aux producteurs avec leurs rapports d'analyse des sols. Cet indice est également un des éléments retenus dans le nouveau Règlement sur les exploitations agricoles (REA) pour déterminer la capacité réceptrice en P des entreprises. Le bilan du P à la surface du sol est un autre outil développé pendant cette période pour l'élaboration de plans de fertilisation avec les engrais de ferme. On a combiné ces deux notions pour élaborer ce qu'il est convenu d'appeler le « plan de fertilisation phosphore ». Ces nouvelles approches sont plus contraignantes quant aux apports de fumiers et lisiers. Les doses d'engrais appliquées sont réduites de plus de la moitié dans certains cas, ce qui crée d'importants surplus pour les entreprises. Il y a tout lieu de croire que les « plans de fertilisation phosphore » constituent une façon adéquate de contrôler les apports de P sur les sols. Des données récentes indiquent que l'application des critères édictés dans le REA permettra aux sols trop saturés en P de revenir graduellement à des niveaux convenables et de s'y maintenir. L'enjeu actuel n'est donc plus l'enrichissement des sols en phosphore, mais la façon de disposer des importants surplus de lisiers et fumiers qui ne peuvent plus être épandus sur les terres en vertu du REA.

### **Équilibre des éléments nutritifs des lisiers**

Un aspect important à considérer pour la réalisation des plans de fertilisation, en particulier avec les engrais de ferme et les lisiers de porcs, concerne leur équilibre respectif en éléments nutritifs N, P et K. Par exemple, un lisier de porcs avec des teneurs de 4,3 N, 2,5 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 2,2 K<sub>2</sub>O kg/tonne possède un ratio N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 1,72, bien adapté pour fertiliser les cultures en sols pauvres, mais pas en sols riches. Un tel lisier provoquera un accroissement du niveau de phosphore des sols si les doses d'application sont établies sur la base des besoins des cultures en azote.

Afin de rencontrer les normes de dépôt maximal de P prévues au REA, des solutions ont été recherchées pour équilibrer les ratios N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> des lisiers, notamment en séparant les phases solides et liquides au moyen de séparateurs mécaniques ou simplement par sédimentation naturelle à la fosse. Pour des fins de fertilisation, un ratio N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 5 à 7 est approprié en sols riches en P. Il n'est donc pas nécessaire d'enlever tout le phosphore de la phase liquide. Ce rapport est souvent atteint pour les strates supérieures des fosses à lisiers de porcs sans brassage. La séparation mécanique permet d'obtenir des rapports N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> encore plus élevés dans la phase liquide pouvant varier de 5 à 25, selon l'efficacité des séparateurs. Dans la fraction solide, ce rapport varie généralement entre 1 et 2.

La séparation par sédimentation naturelle ou séparateur mécanique modifie d'autres équilibres nutritifs comme les rapports N-NH<sub>4</sub> : N total ou K : Mg. Le rapport N-NH<sub>4</sub> : N total est lié à l'efficacité fertilisante de l'azote. Ce rapport peut atteindre 90 % dans la fraction liquide des lisiers. Le rapport K : Mg est un autre rapport important. Dans un lisier brut, il varie de 4 à 6 alors qu'il peut atteindre 25 à 70 dans la fraction liquide des lisiers séparés, selon la performance des séparateurs. Des déséquilibres nutritionnels pour les cultures et les animaux peuvent survenir si une attention particulière n'est pas apportée à ces aspects dans des plans de fertilisation. L'excès de potassium dans les sols peut également créer des problèmes de salinité pour les plantes. La phase liquide des lisiers ne peut donc être valorisée uniquement sur la base des besoins en azote des cultures.

### **Valeur des lisiers comme amendement organique**

La valeur des lisiers comme amendement pour maintenir ou améliorer la matière organique des sols est moins bonne que celle des fumiers, dû à l'absence de litières, mais elle est non négligeable. Selon le CRAAQ, dans son édition du Guide de référence en fertilisation, le lisier de porcs aurait un coefficient isohumique de 0,10. Pour fins de comparaison, celui du lisier de

bovins est de 0,15 et celui du fumier frais de bovins est de 0,25. Les fumiers de porcs auraient un coefficient comparable à celui des fumiers de bovins laitiers. Des essais de longue durée à l'IRDA démontrent effectivement que les lisiers de porcs ont une contribution positive aux apports d'humus au sol, bien que restreinte et plus faible que celle des fumiers de bovins. Le système de rotation des cultures a autant d'importance dans le bilan humique des sols que la nature des engrais.

Dans un contexte de conservation des sols et de réduction des gaz à effet de serre, les modes de fertilisation et les systèmes culturaux, qui permettent de stocker davantage de carbone dans les sols, doivent être encouragés. À ce chapitre, les fumiers sont meilleurs que les lisiers. Pour les cultures, ce sont les prairies qui permettent d'emmagasiner le plus de carbone dans les sols. La valorisation des fumiers solides sur prairies, telle qu'on la pratique au Québec dans l'industrie laitière, est donc très bonne pour la qualité des sols et le stockage du carbone. En ce sens, la diminution substantielle des superficies en prairies au Québec et le virage vers un mode de gestion sous lisiers soulèvent des questions au point de vue de la qualité des sols. Dans un contexte de systèmes culturaux où les bilans humiques sont déficitaires, il devient essentiel de pouvoir compter sur une bonne qualité de matière organique, qualité qu'offrent les fumiers.

La matière organique des fumiers et, à un degré moindre, celle des lisiers accroissent la fraction biologiquement active de la matière organique et la capacité de minéralisation de l'azote des sols. Il est donc possible de comptabiliser un arrière-effet des apports antérieurs d'azote variant selon les cultures, les types d'engrais et la durée des applications. Par exemple, des travaux de l'IRDA montrent qu'un apport consécutif de 5 à 10 années d'engrais de ferme sur le maïs permet de réduire les doses d'azote de 15, 10 et 7 % respectivement pour les fumiers de bovins, les lisiers de bovins et les lisiers de porcs. Certaines fermes porcines établies depuis plus de 20 ans ont des sols qui montrent des arrières-effets azotés suffisamment élevés pour réduire de 20 % la fertilisation azotée actuelle.

Les populations de vers de terre sont augmentées par l'application régulière de lisiers et de fumiers. L'activité des enzymes, tels l'uréase et la phosphatase, est également accrue. De plus, on a rapporté une baisse temporaire de l'activité de la phosphatase immédiatement après les applications de lisiers de porcs, mais cet effet est passager.

### **Acidification des sols**

On accuse souvent les engrais de ferme d'acidifier les sols. La réaction nette des engrais sur le pH des sols dépend de leur teneur en azote ammoniacal et en soufre (réaction acide) et de leur teneur en Ca, Mg, K et Na (réaction basique). Certains engrais, tels les fumiers de moutons et plusieurs composts, ont un effet net basique sur les sols. D'autres, très riches en azote ammoniacal, comme les fumiers et les lisiers de volailles, sont acidifiants. Enfin, une autre catégorie d'engrais est considérée à réaction neutre, comme les fumiers et lisiers de bovins et de porcs. En ce qui concerne les lisiers de porcs, les deux réactions s'équilibrent. L'apport d'azote ammoniacal (2,4 kg N-NH<sub>4</sub>/tonne) et de soufre (0,32 kg S/tonne) acidifie les sols suite au processus de nitrification et d'oxydation du soufre. Mais comme les lisiers renferment également du calcium (1 kg Ca/tonne), du magnésium (0,35 kg Mg/tonne), du potassium (2,1 kg K/tonne) et du sodium (0,3 kg Na/tonne), l'apport de ces éléments contribue à maintenir la saturation en bases des sols et à freiner leur acidification naturelle. Il faut considérer aussi qu'une partie de l'azote ammoniacal se volatilise, réduisant ainsi la réaction acide. Appliqués à doses égales, les lisiers de porcs sont moins acidifiants que les engrais azotés minéraux. Un essai de longue durée mené à l'IRDA n'a pas démontré une accentuation des processus d'acidification des sols suite aux apports prolongés de lisiers. Dans les conditions québécoises,

où les sols s'acidifient naturellement, les apports de lisiers de porcs ne dispensent pas d'un chaulage régulier des sols mais ne créent pas non plus une acidification accélérée.

### **Risques biologiques reliés aux lisiers de porcs**

Les matières fécales 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*.

#### **Microorganismes d'intérêt**

Le porc est un réservoir de *Salmonella spp* et *Yersinia enterocolitica*, qui sont des membres de la famille des *Enterobacteriaceae* pouvant causer des gastro-entérites chez l'humain.

Une campagne d'échantillonnage des fumiers destinés à l'épandage a été menée par l'IRDA dans les régions de Lanaudière et de la Montérégie. Le pourcentage d'échantillons positifs à *Salmonella spp* s'élevait à 20 % dans le fumier de volaille (n = 51), 21 % dans le fumier de bovins (n = 55) et 34 % dans le lisier de porcs (n = 55). *Yersinia enterocolitica* a été détecté dans 2 % des échantillons de fumier de volaille, 5 % des échantillons de fumier de bovins et 11 % des échantillons de lisier de porcs.

*Escherichia coli* est fréquemment utilisé comme indicateur de contamination fécale dans l'environnement. C'est un constituant normal de la flore intestinale des humains et des animaux. Toutefois, certaines souches peuvent causer la maladie chez l'humain, la plus connue étant *E. coli* O157:H7. À ce jour, en Amérique du Nord, aucun cas d'infection humaine à *E. coli* O157:H7 n'a été associé à des isolats d'origine porcine. La présence de *E. coli* O157:H7 chez le porc est rare et non-documentée au Québec. Toutefois, certaines souches de *Escherichia coli* vérotoxino-gènes appartenant à d'autres sérotypes ont été identifiées en production porcine au Québec. Des études sont cependant requises pour en préciser le risque réel de transmission du porc à l'humain. Ces bactéries sont cependant éliminées par la chloration de l'eau.

Parmi les autres microorganismes potentiellement pathogènes pour l'humain et pouvant être trouvés dans le lisier de porcs, notons *Cryptosporidium parvum* et *Giardia lamblia*. Ils sont généralement associés aux bovins, mais leur présence dans les matières fécales de porcs a été observée au Québec. Ces parasites causent chez l'humain des gastro-entérites. Chez les gens dont le système immunitaire est grandement affaibli, la cryptosporidiose peut être fatale. *Cryptosporidium* et *Giardia* ont aussi la particularité de résister à plusieurs désinfectants, dont le chlore utilisé pour le traitement de l'eau potable.

#### **Survie des microorganismes pathogènes dans le sol**

Les entérobactéries pathogènes pour l'humain pouvant être trouvés dans le lisier de porcs sont sensibles aux cycles de gels et de dégels. Au Québec, il est donc rare de trouver ce type de microorganismes dans les sols agricoles au printemps avant l'épandage des fertilisants organiques.

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 microbiologique.

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 fumiers/lisiers. Le délai nécessaire pour que le sol redevienne exempt de *E. coli* après l'épandage dépend principalement du contenu microbiologique du lisier/fumier épandu. Dans le contexte du Québec, il varie entre quelques jours et une centaine de jours, dans le cas de lisiers très frais et fortement chargés en microorganismes. Plus le fumier/lisier est frais, plus il est susceptible de contenir une grande quantité de microorganismes pathogènes. On retrouvera alors des entérobactéries dans le sol sur une plus longue période suite à l'épandage. 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 la paissance s'accroît.

### **Transport des microorganismes pathogènes**

L'impact des pratiques d'épandage sur la qualité microbienne de l'eau de surface et souterraine dépend du potentiel de survie des microorganismes et de leur transport vers ces ressources. Ainsi, l'incorporation des engrais de ferme, l'absence de précipitations au cours des 48 heures suivant l'épandage, un sol sec et la présence de bandes riveraines figurent parmi les pratiques réduisant le transport des microorganismes vers l'eau de surface. Parmi les paramètres entraînant un transport vertical accru des microorganismes vers l'eau souterraine, notons la présence de voies d'écoulement préférentiel, ainsi qu'un sol saturé en eau ou très perméable.

### **Mesures d'assainissement des engrais de ferme**

L'impact environnemental des épandages d'engrais de ferme à l'égard des 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 l'entreposage, le compostage, ainsi que la digestion aérobie et anaérobie.

Au cours de l'entreposage, le contenu en microorganismes pathogènes des fumiers/lisiers diminue de façon naturelle. Donc, l'épandage de lisier de porcs entreposé depuis quelques semaines (sans entrée de lisier frais) est un choix judicieux pour réduire la quantité des pathogènes introduits dans l'environnement. L'effet de l'entreposage sur les pathogènes s'applique aussi aux fumiers solides. Le compostage demeure toutefois la méthode de choix pour assainir les fumiers.

La digestion aérobie et anaérobie du lisier de porcs est efficace pour réduire les populations de microorganismes pathogènes. L'efficacité de ces procédés a été démontrée non seulement en conditions thermophiles, mais aussi à température plus basse (psychrophile ou mésophile).

### **L'environnement de la production végétale**

Bien que les fumiers représentent une source potentielle de microorganismes pathogènes pour l'humain, il est important de préciser que certains microorganismes que l'on retrouve fréquemment dans la nature peuvent causer la maladie chez l'humain, particulièrement chez les sujets dont le système immunitaire est affaibli. Ce sont, par exemple, *Bacillus cereus* et *Listeria monocytogenes*. Par ailleurs, certains animaux sauvages peuvent contribuer à l'introduction de microorganismes pathogènes. À titre d'exemple, notons *Giardia spp* chez le castor et *Salmonella spp* chez les goélands.

La réduction du risque de contamination microbiologique des ressources sol-eau-aliments relié aux épandages de fumiers/lisiers repose sur un ensemble de mesures préventives. Ainsi, l'assainissement partiel du lisier de porcs avant l'épandage est une approche de choix. De plus,

un sol dont la flore microbienne est active permet d'améliorer sa capacité à éliminer les entérobactéries pathogènes. Certaines pratiques d'épandage et mesures de protection des cours d'eau permettent enfin de réduire le transport des microorganismes provenant des lisiers épandus vers la ressource eau.

### **Recommandations**

Les lisiers et fumiers de porcs constituent un sous-produit intéressant à plus d'un point de vue, en tant que fertilisant et amendement. Leur valorisation agronomique doit donc être privilégiée à toute autre alternative. Afin d'en tirer profit au maximum, tout en minimisant les risques environnementaux, les points suivants doivent être pris en considération.

Le choix d'une filière de gestion liquide ou solide a des impacts (avantages et inconvénients) sur la composition des déjections et leur comportement dans les sols, comme fertilisant ou amendement. La gestion de ces produits doit refléter ces impacts, en termes de doses à appliquer et du moment le plus approprié pour leur application au sol, et ce afin de maximiser l'effet agronomique tout en minimisant les impacts environnementaux. À cet égard, des recommandations faites par l'IRDA devraient être prises en considération.

Concernant les apports d'éléments métalliques par les lisiers, la recherche devra préciser si ces apports constituent un danger de contamination des sols, de l'eau et des récoltes à long terme. Si oui, des solutions devront être trouvées pour restreindre ou éliminer ces inconvénients. Comme ces métaux se concentrent dans la fraction solide des lisiers séparés, ces engrais sont particulièrement aptes à enrichir les sols en cuivre et zinc. Un suivi analytique des sols deviendra nécessaire afin de connaître l'importance de l'accumulation des métaux.

L'agriculture moderne doit axer ses interventions sur des données fiables et précises. Connaître la valeur fertilisante réelle au champ des fumiers et lisiers fait partie de cette précision recherchée. L'IRDA s'interroge donc sur les doses d'éléments N, P et K réellement appliquées aux champs en l'absence de contrôle des teneurs réelles en éléments nutritifs des lisiers appliqués. L'ajustement des doses d'application des engrais de ferme, basé sur le dosage rapide aux champs de l'azote et du phosphore, devra faire l'objet d'un transfert technologique et les appareils éprouvés de dosage devraient être admissibles à des programmes agroenvironnementaux d'aide aux agriculteurs.

Parallèlement, un effort de transfert technologique devra être fait afin de continuer à faire connaître les techniques de calibration des épandeurs. Divers modes sont à envisager : dépliants, cliniques, assistance des agriculteurs pour l'établissement de chartes débits-vitesse d'opération adaptées à leur équipement, etc.

L'introduction graduelle de phases séparées ou de produits de traitement des lisiers et fumiers de porcs soulève de nouveaux défis en fertilisation. Il faudra alors assister les agriculteurs dans leurs activités de fertilisation organique afin d'éviter la création de déséquilibres d'éléments nutritifs au niveau du sol et de certains végétaux. Cet appui devra s'appuyer sur des analyses précises des produits appliqués et des sols récepteurs.

Parce que les résultats actuels ne sont pas parfaitement concluants, des études additionnelles devront être entreprises et supportées, afin de préciser le risque réel de transmission à l'humain de souches de *E. coli* vérotoxigènes autres que O157 : H7 et de définir des pratiques permettant de minimiser ou d'éliminer ces risques.

## 5. Traitements des engrais de ferme

Diverses raisons (importations de nutriments de l'extérieur de l'exploitation, teneur élevée des sols en P, dispositions du REA quant aux charges maximales de P pouvant être appliquées au sol) font que plusieurs producteurs se trouvent aujourd'hui avec des bilans de phosphore excédentaires, et par conséquent des surplus de lisiers. La concentration de l'industrie dans certaines régions du Québec a accentué ce phénomène. Le traitement des engrais de ferme s'impose donc de plus en plus comme un élément de solution pour les éleveurs aux prises avec des surplus de lisiers ou de fumiers qui ne peuvent être valorisés d'une façon agronomiquement et environnementalement acceptable sur les terres qu'ils possèdent, louent ou utilisent via des ententes d'épandage. Pour ces producteurs en surplus de phosphore, le traitement partiel du lisier est une alternative intéressante. Il s'agit alors d'enlever la quantité de phosphore contenue dans les déjections (phase solide) excédant les besoins agronomiques et de l'exporter vers d'autres terres réceptrices ou des usines régionales de traitement (compostage, granulation, etc.). Pour les éleveurs aux prises avec des surplus considérables de lisier et peu ou pas de terres disponibles dans leur région, le traitement complet des déjections peut constituer une solution ultime. Un traitement complet consiste généralement en un procédé qui permet de rejeter les effluents liquides au cours d'eau et d'exporter les boues hors de la ferme, vers des unités collectives de traitement. Cependant, les systèmes de traitements complets en sont encore généralement au stade de développement. Peu de traitements complets sont d'ailleurs en fonction au Québec, mis à part les systèmes installés dans le cadre des vitrines technologiques du programme Prime-Vert du MAPAQ.

### La séparation, un préalable

La majorité des systèmes de traitement des lisiers nécessite une séparation solide-liquide en première étape du procédé. Il existe quatre grandes familles de séparateurs mécaniques : les séparateurs à tamis; les séparateurs centrifuges; les séparateurs à pression; et les séparateurs sous vide.

Les principaux types de séparateurs à tamis sont les tamis stationnaires inclinés, les tamis vibrants, les tamis rotatifs et les tamis-courroies. En général, les séparateurs utilisant cette technique sont peu dispendieux et leur efficacité est fortement reliée à la taille des particules du lisier. Sauf exception, ils ont été développés pour la séparation des fumiers de bovins.

Les séparateurs à pression utilisent le principe selon lequel le lisier est écrasé avec des rouleaux ou des vis contre un filtre ou une courroie perforée qui laisse passer le liquide et retient les solides. Les séparateurs à pression incluent les presses à rouleaux, à courroie et les vis sans fin à pression. En général, l'efficacité de ce type de séparateur se situe entre celle des séparateurs à tamis et à centrifuge.

Le filtre rotatif sous vide est constitué d'un cylindre perforé monté horizontalement, recouvert d'une toile de fibre qui utilise le vide pour retirer les liquides du lisier. Celui-ci est moins connu et son efficacité reste encore à évaluer pour le lisier de porcs au Québec.

Les séparateurs de type centrifuge utilisent la force centrifuge pour séparer les solides et les liquides. Les décanteurs centrifuges, les centrifugeuses et les cyclones font partie de cette catégorie. Les deux premiers comportent plusieurs pièces mobiles et des vitesses de rotation élevées. Dans le cas des cyclones, c'est le fluide qui est en mouvement et projeté contre une surface perforée. Les séparateurs de type centrifuge sont en général plus chers que ceux à

tamis mais leur efficacité est plus grande, principalement lorsque la séparation des particules fines est visée.

Des résultats obtenus lors de projets de recherche réalisés par l'IRDA et ses partenaires, ainsi que ceux issus de la littérature, démontrent bien que les différentes technologies de séparation ont des performances variées et que celles-ci sont fortement influencées par la teneur en matière sèche du lisier. Selon la technologie adoptée, la performance d'extraction du phosphore peut ainsi passer de moins de 1 % à près de 80 % (Tableau 10). En général, le coût d'acquisition des séparateurs est intimement lié à la performance d'extraction.

**Tableau 10. Caractéristiques des séparateurs pour des lisiers ayant une teneur en matière sèche variant de 1 à 11 %**

Technologies	Efficacité d'extraction (%)		Capacité (m <sup>3</sup> /h)	Coût d'achat (\$)
	M. S.	Phosphore		
Tamis stationnaire	1,7 à 31	0,4 à 12	6 à 14	15 000 à 30 000
Tamis à courroie	47 à 59	18 à 21	5 à 15	20 000 à 40 000
Vis sans fin à pression	10 à 77	4 à 65	4 à 30	40 000 à 80 000
Décanteur- centrifuge	28 à 70	47 à 78	0,6 à 15	70 000 à 180 000

M.S. : matière sèche

Source : Godbout et Trudelle, 2002

Une autre approche consiste à séparer les déjections immédiatement sous le plancher de la porcherie. De telles technologies, une fois adaptées au modèle de production québécois, ouvriront de nouveaux horizons pour les producteurs, leur permettant de continuer à produire ou accroître de façon durable dans le respect de l'environnement. La séparation des déjections sous l'animal permet en effet d'isoler les fèces de l'urine, permettant une efficacité d'enlèvement du phosphore de 80 %. De plus, la séparation sous les animaux a le potentiel de réduire de façon importante les émissions d'odeurs et de gaz (NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, etc.).

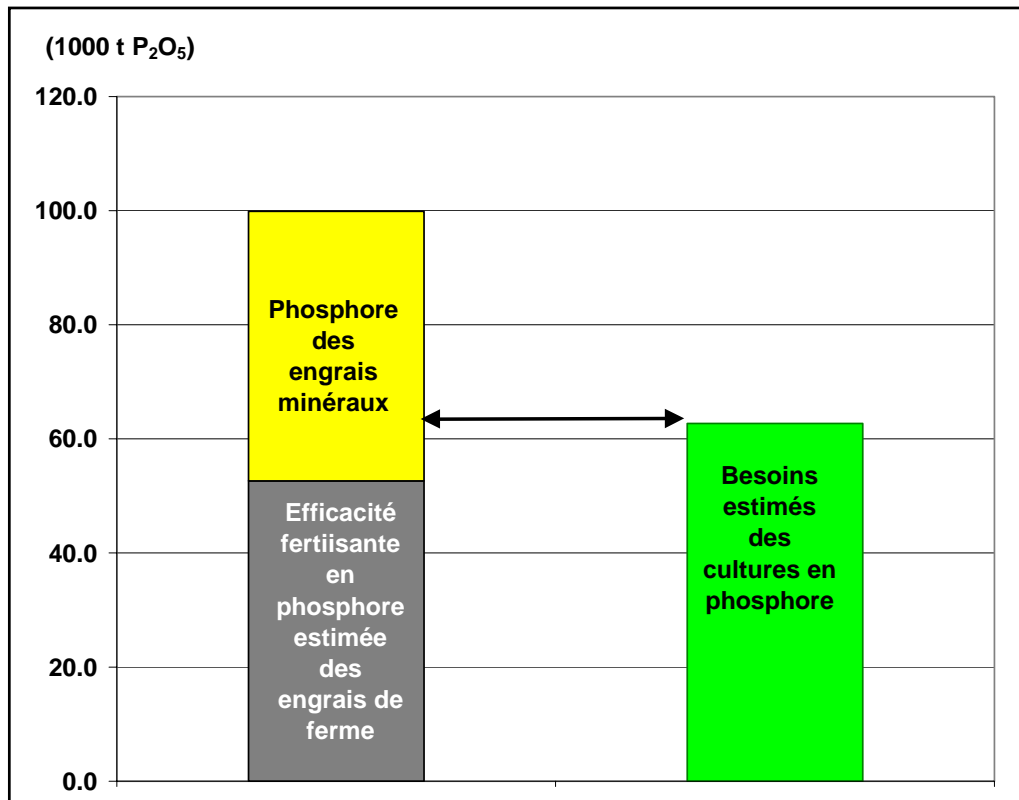
### **Le traitement du lisier : d'abord pour optimiser la gestion des engrais de ferme**

Les diverses technologies de traitement des lisiers consistent, pour l'essentiel, à réaliser une séparation du lisier en deux fractions, l'une solide, avec un taux plus ou moins élevé en matière sèche et fertilisante, et l'autre liquide, plus ou moins allégée de ses matières organiques et fertilisantes. Dans tous les cas, la question de la disposition des sous-produits, du traitement (phases séparées) se pose en fin de procédé. C'est pourquoi la valeur d'une technologie de traitement devrait reposer sur les débouchés potentiels de ces sous-produits au moins autant que sur sa performance technologique. L'examen des débouchés pour les sous-produits devrait donc guider en partie les choix technologiques.

La phase solide issue de la séparation des lisiers, plus sèche et plus riche en phosphore, constitue un bon engrais pour les sols pauvres en P, un bon substrat pour le compostage et un bon matériel pour la déshydratation ou la granulation. Il est donc important que cette fraction trouve un débouché. La figure 4, qui indique que les besoins globaux en phosphore des cultures pratiquées au Québec sont en équilibre avec la quantité de phosphore présente dans les engrais de ferme, offre en ce sens une piste de solution

Bien que théorique, ce constat laisse entrevoir qu'une redistribution des produits du traitement des engrais de ferme permettrait de pallier aux besoins des cultures et de réduire la dépendance à l'égard des engrais minéraux importés de l'extérieur du Québec. Le tableau 11 suggère qu'il existe effectivement des régions avec un potentiel de réception des excédents de

phosphore des zones de concentrations animales. Le traitement doit donc permettre au lisier de jouer un rôle majeur dans ce jeu de redistribution, en permettant de créer une fraction solide intéressante d'un point de vue agronomique.



**Figure 4. Besoins des cultures versus fertilisants utilisés**  
(source : Beaudet, 2002, communication personnelle)

Pour jouer ce rôle, Il faut d'abord que la fraction solide contienne une portion importante du phosphore contenu dans le lisier brut. Riche en carbone et en éléments fertilisants majeurs et mineurs, la fraction solide devra se démarquer en termes d'engrais organiques de haute qualité. Cette fraction solide devra également avoir une teneur en matière sèche élevée (plus de 25 %) afin d'en faciliter la manipulation et le transport. Ainsi, les résultats d'une simulation démontrent la valeur économique d'un lisier brut et de solides de lisier de porcs contenant respectivement 35 et 50 % de matière sèche qui seraient considérés pour remplacer les engrais minéraux dans le maïs-grain. Ainsi, la valeur économique relative du lisier brut se situe entre 5 et 7 \$ de la tonne par rapport à un engrais minéral équivalent, alors que pour le solide à 35 % de matière sèche, elle se situe entre 8 et 13 \$ de la tonne et entre 13 et 21 \$ de la tonne pour un solide à 50 % de matière sèche. D'autre part, une siccité élevée facilite le compostage de la fraction solide, si elle est complétée avec un amendement riche en carbone, permettant de l'assainir (réduction des agents pathogènes) et d'en réduire significativement l'odeur. Concentrée de cette manière, la fraction solide du lisier ouvre de nouveaux créneaux en matière de fertilisation des cultures. Étant facilement transportable et facile à épandre, elle présentera un intérêt certain, notamment pour les producteurs de grandes cultures dont les sols demandent à être enrichis non seulement en éléments fertilisants mais aussi en matière organique.

**Tableau 11. Surplus régionaux de phosphore après répartition municipale selon trois scénarios**

N° de la région	Nom de la région	Surplus après répartition municipale (kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		
		Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
1	Bas Saint-Laurent	0	0	0
2 et 9	Saguenay / Lac Saint-Jean / Côte-Nord	0	0	0
3	Capitale nationale	283 328	299 625	310 196
4	Mauricie	0	28 869	103 824
5	Estrie	31 971	105 857	132 105
7	Outaouais	0	0	0
8	Abitibi-Témiscamingue	0	0	0
11	Gaspésie / Îles de la Madeleine	0	0	0
12	Chaudière-Appalaches	1 283 620	2 266 210	3 488 036
6, 13 et 14	Montréal / Laval / Lanaudière	920 370	1 142 537	1 408 762
15	Laurentides	1 645	13 041	16 489
16	Montréal Est	2 016 027	3 356 645	5 198 663
17	Centre du Québec	211 085	444 709	673 653
18	Montréal Ouest	30 684	83 272	223 881
	Total	4 778 730	7 740 765	11 555 607

Source : <http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/prod-porcine/documents/Prod76.PDF>

Un second débouché pour la fraction solide peut être la filière non agricole ayant recours aux engrais organiques. Dans ce créneau on retrouve les centres de compostage ou d'éventuels centres de granulation. Pour ces centres, l'intérêt d'opérer avec un produit solide ayant les qualités énumérées ci-dessus est indéniable.

Quant à la fraction liquide, allégée de plusieurs éléments fertilisants dont le phosphore, son débouché naturel est la fertilisation des sols dans le voisinage de la ferme de production selon les besoins des cultures. Si cette fraction est épanchée avec des rampes à basse pression, la problématique des odeurs est nettement réduite. Dans les cas majeurs, certaines techniques d'aération dans la fosse d'entreposage permettront une réduction substantielle des odeurs et procureront une diminution significative des agents pathogènes. Une attention devra cependant être apportée à la composition de cette phase, afin d'éviter, comme expliqué précédemment, la création de désordres nutritionnels au niveau des sols et des végétaux.

Par ailleurs, le succès de futures unités de traitement repose également sur la capacité à pouvoir gérer régionalement l'offre et la demande en engrais organiques. Cette gestion ne peut être confiée aux seuls propriétaires des fermes émettrices. Elle nécessite un réseautage entre demandeurs et émetteurs qui doit constamment être mis à jour.

### **Intérêt des engrais organiques déshydratés produits avec des solides de lisiers**

Plusieurs régions agricoles au Québec pourraient bénéficier des éléments nutritifs originant des zones en surplus. On observe en effet que plusieurs champs dans les régions de productions végétales intensives sont fertilisés avec des engrais minéraux uniquement. Ces champs pourraient donc constituer un débouché pour la fraction solide des lisiers séparés.

La composition chimique des engrais déshydratés est cependant différente de celle des lisiers. L'azote total s'y retrouve plus concentré, à cause du séchage. Par contre, une partie de l'azote ammoniacal est perdue par volatilisation pendant la dessiccation, de sorte que le rapport  $N-NH_4 : N$  total des lisiers déshydratés est plus faible que celui des lisiers frais. Par ailleurs, certaines études démontrent que le phosphore des engrais organo-minéraux est plus disponible que celui des engrais minéraux. Une fixation plus modérée du phosphore, due à la présence de matière organique, en serait responsable.

Le développement et la commercialisation d'engrais organo-minéraux constituent donc d'importants éléments de solution pour le recyclage du phosphore des lisiers vers les zones de productions végétales intensives. Des considérations surtout économiques empêchent actuellement de substituer ce phosphore par celui des engrais de ferme. Il faut donc travailler à optimiser les coûts de production des engrais organo-minéraux, de manière à rendre cette substitution possible. Plusieurs formulations devraient être offertes de façon à satisfaire diverses exigences agronomiques.

La déshydratation partielle à 50 % de la matière sèche permettrait de réduire substantiellement les coûts de séchage en plus de réduire les pertes ammoniacales. Il pourrait alors être possible de texturer ces engrais pour permettre une application uniforme localisée près des rangs de maïs. Des recherches sur la mise au point d'équipements d'épandage adaptés et l'efficacité agronomique de ce mode de fertilisation restent à faire. Le mélange des engrais organiques partiellement déshydratés avec les engrais minéraux risque de poser des problèmes de compatibilité ou de ségrégation des granules. Des solutions à ces points devront aussi être trouvées.

### **Recommandations**

La mise au point de séparateurs de phases efficaces, ou l'évaluation de technologies déjà existantes doivent être complétées dans les plus brefs délais; la séparation offrant une solution abordable de disposition des excédents de P pour les agriculteurs aux prises avec des surplus modérés. Une séparation efficace permettra aussi d'alimenter des usines régionales de traitement en produits facilement et économiquement transformables.

Un appui doit être consenti pour finaliser la mise au point de diverses technologies de traitement des lisiers et des fumiers. Les produits générés par ces traitements permettront de décongestionner les secteurs en surplus et d'alimenter les zones en déficit d'engrais organiques.

Les solides de lisiers et les fumiers de porcs constituent une source importante de carbone pour les sols agricoles. La structure de la distribution spatiale des cultures indique que les surplus de carbone générés dans certains secteurs pourraient avantageusement servir à rééquilibrer les déficits enregistrés dans d'autres régions. Les outils requis pour la gestion de cette situation (stations de traitement, approche territoriale, incitatifs financiers, etc.) devront être mis en place et appuyés.

Les engrais organiques déshydratés constituent une façon attrayante d'exporter hors des zones de surplus les excédents d'éléments nutritifs et de les redistribuer vers les secteurs ayant une forte capacité de réception. Diverses recherches devront être réalisées, avec le support de l'État et des autres intervenants afin de trouver des solutions finales aux aspects suivants :

- mise au point de procédés de fabrication des engrais organiques déshydratés;
- développement de diverses formulations;
- évaluation agronomique de ces produits;
- mesures visant à encourager l'utilisation de tels produits en substitution des engrais minéraux;
- modification/mise au point des équipements d'application de ces engrais.

## 6. Pertes environnementales

Des quelque 1000 mm de précipitation qui tombent sur le territoire agricole québécois, environ 800 s'infiltrent dans le sol et 200 ruissellent directement. Des 800 mm infiltrés, environ 400 sont retournés à l'atmosphère par l'évapo-transpiration, 150 mm sont perdus par évaporation en dehors de la saison de végétation et quelque 250 mm vont recharger les nappes souterraines ou être évacués par les drains. La répartition des précipitations sous ces divers postes détermine fortement l'importance et la voie par laquelle se font les pertes environnementales de polluants agricoles diffus.

### **Pertes d'azote**

Les mécanismes par lesquels les pertes d'azote surviennent en agriculture sont principalement le lessivage des nitrates, le ruissellement de l'ammonium, la volatilisation de l'ammoniac et la dénitrification de l'azote minéral.

### ***Pertes de nitrates par lessivage***

Par leur mobilité, les nitrates peuvent être lessivés en quantités appréciables. Les pertes de nitrates par lessivage sont de 10 à 20 fois supérieures à celles produites par ruissellement. L'ampleur des pertes de nitrates est fonction de nombreux facteurs, dont la météorologie, le type de sol, la conductivité hydrique, les cultures en place, le mode de fertilisation et la nature des engrais. Selon plusieurs études réalisées au Québec, les teneurs en nitrates dans les sols après la récolte sont très variables, allant de 7 à 146 kg N-NO<sub>3</sub>/ha. L'azote nitrique résiduel détermine l'ampleur du lessivage. Le niveau de vulnérabilité des cultures aux pertes par lessivage s'établit comme suit : prairie < soya < céréales = canola < maïs < pomme de terre.

Les concentrations et les charges de nitrates perdues dans le réseau de drainage souterrain sont très variables selon les cultures et les saisons, variant de 1 à 40 mg N-NO<sub>3</sub>/litre pour les concentrations, et de 30 à 90 kg N-NO<sub>3</sub>/ha pour les charges. Les prairies produisent des concentrations aux drains et des charges de nitrates toujours très faibles, même sous une fertilisation élevée. Leur présence sur les fermes contribue beaucoup à réduire les rejets d'azote nitrique. Le maïs-grain et la pomme de terre sont des cultures fortement fertilisées laissant dans les sols des charges d'azote résiduel plus élevées en fin de saison, pouvant provoquer un lessivage important des nitrates. Le taux d'utilisation de l'azote des engrais minéraux est d'environ 50 à 55 % pour ces cultures. L'azote résiduel tend donc à s'accroître avec les doses d'azote appliquées, particulièrement si on dépasse l'application optimale pour la production. Les variations entre les saisons sont considérables, selon les conditions climatiques et les rendements des cultures. Les types de sol sont également à considérer. Près du tiers à la moitié des nitrates résiduels sont lessivés dans les sols argileux, alors que cette proportion atteint les trois-quarts et même plus en sols sableux. Si les drains agricoles sont présents, ils interceptent une bonne partie des nitrates lessivés et les conduisent directement vers les eaux de surface. S'ils sont absents, les nitrates vont directement vers les aquifères. L'automne est une période propice aux lessivages des nitrates. Près de 70 % des pertes de nitrates surviennent à l'automne.

Les études ne démontrent pas toujours de différence entre les pertes d'azote provenant des engrais minéraux et des lisiers. Lorsqu'une différence est rapportée, c'est souvent en relation avec les doses appliquées ou les périodes d'épandage. Les applications d'engrais de ferme sont rarement fractionnées et ceux-ci sont souvent appliqués à des doses plus élevées que les engrais minéraux, afin de tenir compte de leur coefficient d'efficacité fertilisante plus faible. La minéralisation de l'azote du sol après la récolte est souvent plus élevée dans les sols qui ont

reçu des apports réguliers d'engrais de ferme. Dans ces circonstances, les pertes de nitrates peuvent être légèrement plus élevées. Les lisiers de porcs et les fumiers de volailles sont plus concernés par ce phénomène que les fumiers de bovins. Par ailleurs, on procède rarement au suivi des nitrates résiduels à l'automne au Québec, contrairement à l'Europe où on le fait régulièrement dans le cadre d'exigences réglementaires. Il faudrait donc mettre en place des stratégies de réduction des nitrates résiduels sur les fermes et en vérifier l'impact par des analyses de sols.

### ***Pertes d'azote ammoniacal par ruissellement***

La concentration en azote ammoniacal des ruisseaux et des petites rivières à forte vocation agricole peut excéder, à quelques reprises pendant la saison, le critère de toxicité chronique pour la protection de la vie aquatique des eaux douces. Ce critère varie selon le pH et la température de l'eau et se situe généralement entre 1 et 2 mgN-NH<sub>4</sub>/litre. Dans les rivières plus importantes en milieu agricole, des dépassements du critère pour le traitement des eaux potables de 0,5 mgN-NH<sub>4</sub>/litre sont mesurés à quelques reprises pendant la saison. Une telle situation peut devenir problématique pour l'approvisionnement en eau potable. Sous cet angle, bien que les pertes soient plus faibles que pour les nitrates, la teneur en azote ammoniacal des eaux de surface représente un problème plus important.

Pour l'azote ammoniacal, le risque de perte est relié directement aux engrais de ferme laissés en surface en périodes et en zones propices au ruissellement. Les propriétés hydriques des sols, leur vulnérabilité à l'érosion et au ruissellement et leur humidité au moment des épandages, influencent les pertes d'azote ammoniacal. L'épandage de fumiers et lisiers laissés en surface à l'automne constitue un risque élevé de pertes d'azote ammoniacal. L'incorporation au sol réduit de beaucoup ces pertes. Si les lisiers sont appliqués à faibles doses (40 tonnes/ha et moins) et incorporés immédiatement au sol, ils ont peu d'impact sur les pertes ammoniacales par ruissellement. Par contre, à fortes doses, les pertes s'accroissent significativement si les engrais ne sont pas incorporés. Les pertes totales d'azote ammoniacal dans les eaux de drainage et de ruissellement varient généralement entre 1 et 4 kgN-NH<sub>4</sub>/ha. Les pertes aux drains représentent une faible proportion de ces pertes et sont de l'ordre de quelques centaines de grammes par hectare. Les pertes d'azote ammoniacal se comparent à celles du phosphore par l'ampleur et les mécanismes de pertes, principalement liées à l'érosion et au ruissellement. Une réévaluation des pratiques d'épandage des engrais de ferme, dans le but de restreindre ces pertes s'impose donc.

### ***Pertes gazeuses par volatilisation ammoniacale***

La volatilisation ammoniacale peut expliquer une fraction importante des pertes totales d'azote suite aux épandages d'engrais de ferme. Le mode d'application, les équipements d'épandage et les délais d'incorporation sont des éléments à considérer. Les indices de pertes par volatilisation fournis par le CRAAQ, révèlent que les lisiers de porcs pourraient perdre entre 0 et 30 % de leur azote total selon qu'ils sont enfouis immédiatement ou laissés en surface. Pour les fumiers, ces mêmes indices de pertes seraient de 0 à 23 %. L'aéroaspersion produit plus de pertes que l'épandage par rampe à basse pression. Ce dernier mode d'épandage réduit aussi considérablement les odeurs. L'incorporation immédiate aux sols demeure le meilleur moyen de conserver la valeur fertilisante azotée des lisiers et fumiers.

### ***Pertes gazeuses par dénitrification***

L'azote des engrais peut également être perdu par dénitrification. On procède actuellement à quantifier l'ampleur et les formes des pertes, les périodes où elles surviennent et les mécanismes qui les provoquent. Le manque d'oxygène, soit par compaction des sols, anoxie hydrique ou suite à une incorporation trop profonde des engrais de ferme, provoque une

réaction impliquant l'azote minéral et des microorganismes du sol et qui libère de l'azote gazeux ( $N_2$ ) ou du protoxyde d'azote ( $N_2O$ ). Ce dernier constitue un des gaz à effet de serre. La teneur en nitrates résiduels dans les sols après la récolte et l'azote des engrais appliqués à l'automne comportent un risque plus élevé de dénitrification que l'azote mis avant ou pendant la saison de végétation, bien qu'une dénitrification importante puisse également survenir pendant la saison de croissance. Certains travaux indiquent qu'environ 2 % de l'azote des engrais minéraux serait perdu par dénitrification, sous forme de  $N_2O$  principalement. Pour les engrais de ferme, la dénitrification pourrait se faire surtout sous forme  $N_2$  et  $N_2O$ . Il est trop tôt pour préciser l'ampleur des pertes et les proportions relatives de ces deux formes.

### **Pertes de phosphore**

Contrairement à l'azote, le phosphore est perdu principalement par ruissellement superficiel. Les données disponibles au Québec suggèrent en effet des pertes au drain de quelques centaines de grammes à l'hectare, alors que des pertes de quelques kilogrammes à l'hectare par ruissellement superficiel sont documentées. Il semble également que le type de culture influence peu les pertes au drain, alors que le choix des cultures et des pratiques culturales influence profondément l'importance du ruissellement superficiel et des pertes de sol. Or, plus de 75 % des pertes de phosphore par ruissellement superficiel se font associées aux pertes de sol. Dans ce contexte, la réduction des pertes environnementales de phosphore et d'autres polluants (sédiments, pesticides) passe donc par un contrôle du ruissellement et de l'érosion des sols.

Il faut également en conclure qu'il ne suffit pas d'intervenir sur la gestion de l'élevage et du programme de fertilisation pour réduire les pollutions engendrées par la production porcine. En effet, en l'absence de mesures de réduction des processus de ruissellement et d'érosion, les interventions réalisées conformément au RÉA, telles que la recherche de bilans d'éléments nutritifs équilibrés et la gestion de la saturation des sols en P, verront leur efficacité agroenvironnementale considérablement réduite. La gestion des champs se trouve ainsi intimement liée à celle des élevages eux-mêmes. Il importe donc d'intégrer la gestion des sols, ainsi que la réduction du ruissellement et de l'érosion, à toute approche de réduction de la pollution diffuse dans le secteur porcin.

### **Facteurs influençant l'érosion hydrique**

Bien que naturelle, l'érosion hydrique peut être amplifiée des dizaines de fois suite à la mise en culture des sols ou l'adoption de certaines pratiques culturales plus agressives. On parlera alors d'érosion accélérée ou anthropique.

Plusieurs facteurs déterminent l'importance atteinte par l'érosion hydrique. Certains de ces facteurs échappent à notre contrôle; ce sont principalement des facteurs naturels (précipitations, relief, type de sol). Les facteurs contrôlables par l'homme sont liés pour l'essentiel aux cultures et aux pratiques culturales qui y sont associées.

### **Climat**

La quantité totale de précipitations, de même que sa distribution temporelle exercent une influence très marquée sur l'ampleur atteinte par l'érosion hydrique.

L'érosivité des précipitations est proportionnelle à leur énergie cinétique. Celle-ci résulte à la fois de la hauteur des précipitations et de leur intensité. L'érosivité des précipitations augmente ainsi avec la pluviométrie. On note d'ailleurs pour le Québec une décroissance de l'érosivité des pluies du sud vers le nord, correspondant à un gradient décroissant de la pluviométrie totale.

Sous nos conditions, de 20 à 30 % des précipitations annuelles totales tombent sous forme de neige. L'eau de fonte de cette neige ruisselle sur un sol gelé ou partiellement dégelé. Il en résulte un entraînement de sol non négligeable, pouvant représenter jusqu'à 75 % des pertes annuelles totales.

### **Relief**

L'augmentation de l'inclinaison de la pente favorise le ruissellement aux dépens de l'infiltration. Une fraction plus importante des précipitations ruisselle en surface, ce qui en augmente la capacité d'arrachage et de transport de particules de sol. Une pente plus longue, en favorisant la création de lames ruissellées plus importantes, contribue également à accroître l'importance des pertes de sol. Ainsi, le fait de doubler la longueur de la pente multiplie la perte de sol par 1,5 alors qu'en doubler l'inclinaison la multiplie par 2,5.

### **Érodabilité du sol**

L'érodabilité du sol peut être définie comme étant sa vulnérabilité inhérente à l'érosion. Cette propriété complexe est corrélée à diverses caractéristiques physico-chimiques du sol, dont la texture, la teneur en matière organique, sa structure, etc.

L'érodabilité d'un sol peut être augmentée suite à l'incidence d'autres types de dégradation (perte de matière organique, dégradation de la structure). En plus de constituer une dégradation en soi, on peut donc également voir l'érosion du sol comme la manifestation visible, un symptôme, d'autres dégradations.

### **Cultures et pratiques culturales**

Ces deux facteurs influencent la quantité et la qualité du couvert végétal ou de résidus. Or, ces deux éléments constituent la seule protection extérieure du sol contre l'érosion. Le couvert (vivant ou résidus) contribue donc à réduire la sévérité de l'érosion hydrique en absorbant partiellement l'impact des précipitations, en contribuant à réduire le ruissellement superficiel, en ralentissant la vitesse d'écoulement de l'eau ruisselée et en favorisant une structure stable et poreuse.

Les travaux réalisés au Québec indiquent que les herbages génèrent une érosion de l'ordre de 0,5 à 1 tonne par hectare par an alors que les cultures annuelles à grandes interlignes produisent des pertes de sol excédant régulièrement 10 t/ha/an. Les céréales, en raison d'un couvert plus dense, se situent à un niveau intermédiaire. L'adoption de façons culturales réduites permet cependant de réduire l'ampleur de l'érosion hydrique de plus de 50 %.

### **Incidences agroenvironnementales de l'érosion**

L'intensification de l'érosion des sols contribue à réduire leur productivité par l'entraînement de matériel fertile, l'amincissement du solum et la sédimentation en bas de pentes. Les impacts de l'érosion ne se limitent pas aux sols. La qualité des cours d'eau qui reçoivent les matières érodées est gravement dégradée: problèmes de turbidité, de sédimentation, d'apports de nutriments et de pesticides.

L'érosion hydrique entraîne de façon préférentielle les particules les plus légères, c'est-à-dire les argiles et les substances organiques. Les particules sableuses, plus lourdes, ont en effet plusieurs occasions de redéposer, lors de l'entraînement par le ruissellement superficiel. De façon générale, le sol érodé quittant une parcelle ou un champ se distingue donc du sol d'origine par un enrichissement de la teneur en argile et en matière organique et une réduction de la teneur en sable. Cet enrichissement en fractions fines se traduit par un accroissement de la concentration en matières nutritives pouvant atteindre plus de 100 %. Ainsi, le sol érodé qui

atteint les plans d'eau devient une source de nutriments et contribue à l'enrichissement de ceux-ci. Il en va de même pour divers pesticides.

### **Contrôle du ruissellement et de l'érosion**

Les rotations constituent une excellente technique de conservation du sol et de l'eau. Elles sont d'autant plus efficaces qu'elles comportent une production herbagère. L'effet de ces rotations provient d'abord de la protection qu'offre le couvert végétal dense des herbages. Une plus forte proportion des précipitations sont alors interceptées avant qu'elles n'atteignent le sol. L'énergie de ces précipitations est ainsi grandement dissipée, de même que leur pouvoir érosif. L'infiltration est également favorisée aux dépens du ruissellement, réduisant d'autant la capacité de transport du sol et des polluants vers les plans d'eau et régularisant le régime hydrique du territoire. On rapporte ainsi que de petits bassins versants en production herbagère ont produit des débits de pointe inférieurs de 90 % et des débits de base supérieurs de 17 à 45 % à ceux de bassins en culture de maïs.

Les plantes fourragères favorisent également une amélioration de la structure du sol. Des mesures réalisées au Québec ont démontré que cet effet peut être rapide. L'effet tendrait également à augmenter avec le nombre d'années en culture herbagère. L'amélioration de la structure du sol persiste quelques années après le réensemencement des champs en culture annuelle, prolongeant ainsi l'effet protecteur des herbages.

Une façon de profiter des avantages des herbages sans hypothéquer l'utilisation de grandes superficies à des fins de grandes cultures, est de les semer comme plantes intercalaires. Ainsi, une fois la culture principale récoltée, les herbages assurent un couvert protecteur du sol. Des réductions des pertes de sol et de phosphore total de 31 et 24 % respectivement, avec une culture intercalaire en production de maïs, ont été mesurées au Québec.

Les rotations maïs-soja semblent peu efficaces, en termes de contrôle de l'érosion. On rapporte des pertes de sol plus fortes avec cette rotation que sous une monoculture de maïs. Le soja semble donc prédisposer le sol à l'érosion, comme l'ont rapporté plusieurs chercheurs.

Les façons culturales réduites se distinguent des façons traditionnelles par un travail du sol moins intensif et plus superficiel. On vise alors à réduire la dilution de la matière organique du sol et à maintenir les résidus de récolte à la surface ou près de la surface pour tirer profit au maximum de leur effet protecteur. Aux États-Unis, des petits bassins de quelques hectares ont généré 23 % moins de ruissellement de surface en remplaçant le travail du sol conventionnel par un travail avec le chisel.

Des mesures en parcelles réalisées par l'IRDA ont permis de vérifier l'efficacité de deux façons réduites à réduire le ruissellement et la perte de sol dans la production de maïs. Par rapport au travail conventionnel, le ruissellement et l'érosion ont été réduits de 46 et 77 % respectivement avec le travail primaire du sol au chisel. Le semis direct sur billons permanents a permis pour sa part de réduire le ruissellement de 40 % et la perte de sol de 73 %. Dans une autre étude réalisée par Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), le semis direct du maïs a permis de réduire le ruissellement de 64 % et l'érosion de 92 % en moyenne. Plus récemment, une étude conjointe IRDA-AAC a montré une réduction des pertes de sol et de phosphore de 50 % avec le travail réduit du sol en culture de maïs. Sous culture d'orge, les réductions ont été de 25 % pour les pertes de sol et de 66 % pour celles de phosphore. Des réductions très significatives du ruissellement et de l'érosion suite à l'adoption de façons culturales réduites ont également été rapportées par plusieurs auteurs américains.

### Dispositifs riverains enherbés

Les dispositifs riverains enherbés constituent un troisième type de mesure pour contrer les sources de pollution agricole diffuse. Ces dispositifs, constitués de plantes herbagères, accompagnées ou pas d'arbustes et/ou d'arbres, présentent un haut potentiel de captage des polluants diffus quittant les champs agricoles. Un projet conduit par l'IRDA et INRS-ETE indique qu'un dispositif de 3 m permet de capter plus de 80 % des matières en suspension et du phosphore qui y entrent. Plus de 99 % des pertes d'atrazine et de métolachlore sont aussi captées. Bien que les résultats puissent varier selon divers facteurs (sol, pente, culture), des résultats similaires à ceux obtenus par l'IRDA ont été rapportés par plusieurs chercheurs.

### Complémentarité des stratégies

La réduction des charges agricoles diffuses, que ce soit dans le cadre des productions animales (porcines ou autres) ou dans celui des productions végétales, repose sur une approche à trois volets (Figure 5).

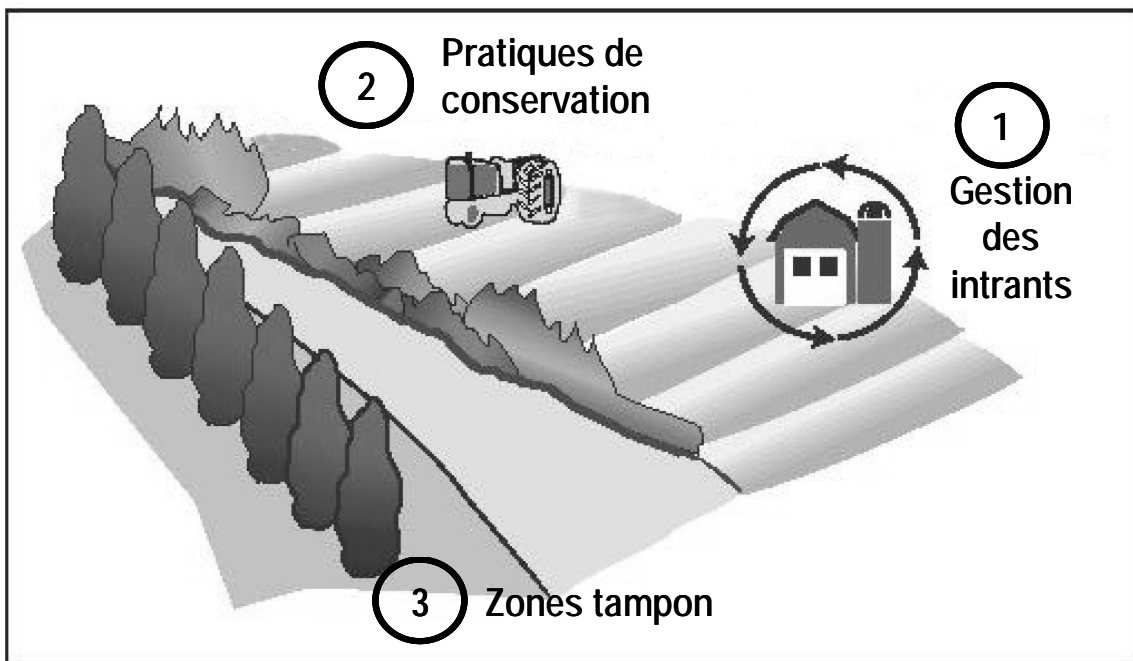


Figure 5. Concept des trois volets d'intervention pour un contrôle effectif des pollutions agricoles diffuses.

Pour ce qui est de la production porcine, les dispositions du RÉA relèvent de la gestion des intrants. Une réduction significative des charges polluantes ne sera possible que si des mesures sont aussi prises pour favoriser l'adoption à large échelle des pratiques de conservation des sols et la mise en place de dispositifs riverains.

De la mise en place de pratiques relevant de ces trois volets, on peut espérer une réduction importante des pertes de polluants agricoles diffus et une amélioration significative de la qualité des ressources sol, eau et air en milieu rural.

## Recommandations

Pour se traduire par une réduction significative des polluants diffus, les interventions en production porcine doivent être complétées par la mise en place au champ de pratiques de conservation des sols et des eaux.

Les rotations et les façons culturales réduites, en prévenant à la source la production de polluants, comptent parmi les techniques de conservation du sol et de l'eau les plus efficaces et les moins coûteuses. Elles doivent donc constituer un des éléments de base de tout programme d'assainissement et de conservation des ressources sol et eau à l'échelle du bassin hydrographique. Des politiques et des mesures d'accompagnement devront être développées afin d'en faciliter l'adoption au Québec.

Les dispositifs enherbés s'avèrent très efficaces à capter les polluants entraînés par le ruissellement superficiel. Des politiques et mesures d'accompagnement devront être développées afin de favoriser une mise en place généralisée de tels dispositifs.

La littérature démontre qu'une lutte à la pollution agricole diffuse, pour être efficace, doit reposer sur une approche à paliers multiples, afin de capitaliser sur la complémentarité des approches. Des politiques devront être développées afin de favoriser la mise en place d'approches faisant appel à une vaste gamme de mesures de contrôle de la pollution agricole diffuse.

## 7. De nouvelles stratégies de production

### Diversification des cultures sur les fermes porcines

L'importance de la présence du maïs dans les systèmes végétaux, souvent associés à l'élevage porcin, présente des risques agroenvironnementaux plus difficiles à gérer en certaines situations de sols et de terrains. L'orge et le blé, deux espèces qui entrent déjà dans les rations alimentaires porcines, offrent une alternative à cette problématique agroenvironnementale. Les céréales peuvent être fertilisées avec du compost ou du lisier de porcs. Ces deux engrais de ferme peuvent être appliqués en postlevée et en postrécolte, ce qui permet de fractionner les apports dans les sols filtrants et réduire les pertes d'azote par lessivage. Cultivées en rotation avec le maïs, surtout si elles bénéficient de la présence d'une culture compagne, elles favorisent la structure du sol, réduisent le tassement et l'érosion du sol, les maladies des plantes et l'incidence des mauvaises herbes. De plus, le rendement des deux cultures (maïs et céréale) est plus élevé dans une rotation que dans une monoculture.

Sur le plan nutritionnel, la teneur protéique des céréales est supérieure à celle du maïs, ce qui diminuerait la dépendance des éleveurs porcins face aux sources protéiques d'appoint, telles que les tourteaux de soya et de canola. L'orge et le blé contenus dans les rations démontrent tous deux une disponibilité du phosphore de 2 à 3 fois plus grande que le maïs, ce qui devrait permettre de réduire la quantité de phosphore excrété. Par contre, les céréales apportent moins d'énergie digestible que le maïs. D'autres sources d'énergie devraient alors être trouvées.

### Harmoniser le développement d'élevages porcins hors des centres de production de maïs

Une partie de l'expansion de la production porcine est réalisable dans des régions agricoles où le maïs ne peut produire un rendement économique. Bien que la monoculture des céréales sur les fermes porcines ne constitue pas un modèle viable à long terme (problème phytosanitaire et dégradation des sols), la culture en rotation courte de canola-céréales-plantes fourragères pérennes apparaît durable.

Ce modèle, pour prospérer, nécessite un développement dynamique des productions animales de type herbivore en parallèle au développement porcin. Chacune des 3 espèces végétales mentionnées bénéficie de la fertilisation avec du compost ou du lisier de porcs en postlevée. Dans les régions affichant une courte saison de végétation, ce mode d'épandage présente moins de risques de tassement du sol et de pollution de l'eau que les épandages de printemps ou d'automne.

Sous un tel système, le taux d'enrichissement du sol en phosphore, potassium et cuivre serait plus lent, en raison des apports modérés de lisier que requièrent les céréales et les plantes fourragères sur une base de fertilisation entièrement organique. En gérant mieux les chantiers d'épandage du lisier, c'est-à-dire en exploitant la sédimentation naturelle et la ségrégation du phosphore qui se produisent dans les structures d'entreposage, il serait même possible d'éliminer les apports excédentaires de P.

La validation économique de ces modèles de production devrait cependant faire l'objet de travaux de recherche, afin d'en évaluer la viabilité et de définir les critères et paramètres conduisant à cette viabilité.

## Production de porcs sur litière

L'élevage de porcs sur litière est généralement reconnu comme un système de production acceptable à l'égard de la protection de l'environnement. Cependant, l'acceptation de cette forme d'élevage par les éleveurs sera conditionnée par la résolution de plusieurs irritants qui en freinent encore l'adoption. Car même si plusieurs bénéfices sont reconnus à ce type d'élevage, on note des inconvénients majeurs qui le défavorisent économiquement. À cet égard, on note les avantages et les inconvénients suivants :

### Avantages :

- absence des inconvénients liés à la gestion liquide des fumiers : fermentation anaérobie qui provoque les émissions malodorantes, volume important de liquide à disposer, achat de fosses pour entreposer le lisier, etc;
- fumier avec teneur élevée en matière sèche, ce qui permet un transport dans les régions où les quantités produites sont moindres, voire une valorisation en-dehors de l'agriculture;
- réduction de la masse par l'évaporation d'environ 50 % de l'eau comparativement à des systèmes avec lisier complet;
- bien-être accru des animaux par rapport au plancher conventionnel, comportement plus conforme aux exigences de l'espèce (par exemple : possibilité de fouiller la litière).

### Inconvénients :

- besoin important en main-d'œuvre pour entretenir la litière;
- besoin en chauffage supérieur à un système d'élevage conventionnel pour compenser les pertes de chaleur produites par un besoin de ventilation important nécessaire au maintien d'un niveau d'humidité acceptable dans le bâtiment;
- pertes élevées d'azote sous forme de gaz, notamment de  $\text{NH}_3$ , produisant des précipitations acides, et de  $\text{N}_2\text{O}$ , considéré comme un gaz à effet de serre;
- perte d'une partie de l'azote, en raison de pertes lors du processus de compostage;
- présomption d'une pression d'infection accrue dans la litière de sciure;
- présomption que l'augmentation du nombre d'entreprises produisant sur litière crée une rareté en matériel absorbant et une pression à la hausse sur les prix de ce matériel.

Présentement, la liste des inconvénients inhibe la volonté des éleveurs à s'aventurer dans ce créneau. Il apparaît toutefois important de lever, grâce à la recherche, les embûches techniques qui se dressent devant le système de production de porcs sur litière. En effet, même si ce modèle de production n'est actuellement pas compétitif avec le modèle conventionnel de production avec lisier, il pourrait se démarquer dans l'avenir, au fur et à mesure que les coûts du traitement du lisier seront intégrés aux coûts de production du modèle conventionnel.

## Recommandations

Afin de favoriser une plus grande diversité au niveau des productions végétales et tirer profit des avantages agroenvironnementaux des céréales, des rations alimentaires faisant plus de place à ces dernières devraient être développées, tirant profit des avantages nutritionnels de ces productions et en corrigeant les inconvénients.

Le développement d'un mode de production du porc sous fumier solide permettrait d'offrir une solution propice à la réduction des odeurs, de concentrer les éléments nutritifs, d'assainir les engrais, d'accroître leur valeur comme amendement organique dans les sols et de favoriser une meilleure acceptabilité sociale. Beaucoup de points restent à établir en termes de régie avant d'effectuer ce virage. Il est donc important d'accroître les connaissances dans ce domaine, dans le but d'offrir un mode de production porcine alternatif et de le rendre économiquement viable afin de bénéficier des avantages énumérés.

## 8. Conclusions

La production porcine occupe donc une place importante dans le portrait agroalimentaire québécois, générant des revenus considérables et de nombreux emplois dans les secteurs primaire et secondaire de l'agroalimentaire.

Les modèles actuels de production porcine soulèvent diverses interrogations. La tenue de la Commission sur le développement durable de la production porcine au Québec, ainsi que les divers commentaires et opinions qui y ont été présentés, le démontrent amplement.

Comme toute autre activité économique, la production porcine a des impacts sur le milieu, d'un point de vue environnemental et social, ainsi que sur les autres secteurs d'activité cohabitant sur le même territoire. Les modèles de production que la Commission recommandera au gouvernement du Québec devront prendre en considération ces divers aspects.

L'analyse de la situation faite par l'IRDA dans ce document a pour but principal de fournir à la Commission des éléments d'information et des propositions que les chercheurs de l'Institut jugent important de faire valoir pour alimenter ses réflexions.

Ces éléments indiquent qu'il est possible, par divers moyens, de limiter les impacts environnementaux de la production porcine. Pour cela, des interventions doivent être planifiées à diverses étapes du cycle de production : aménagement des bâtiments, diètes alimentaires, approches de fertilisation à base de lisier, mise en place de technologies de traitement partiel ou complet des déjections, recours à des pratiques de conservation des sols et des eaux sur les sols recevant les déjections animales, etc. Ces pratiques peuvent être utilisées aussi bien dans le modèle actuel de production que dans les nouveaux modèles qui pourront être développés au cours des prochaines années. Leur mise en place devrait donc être envisagée à court terme.

Enfin, une des clés du succès dans la prévention des pollutions agricoles diffuses par la production porcine réside dans l'adoption d'une approche systémique, reconnaissant que les décisions prises à un endroit du cycle de production ont des impacts sur les autres composantes de ce cycle ainsi que sur la nature et l'importance des impacts de la production sur la qualité de l'environnement.

## 9. Références consultées

- Alberts, E.E., Wendt, R.C., Burwell, R.E. 1985. Corn and soybean effects on soil losses and C factors. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:721-728.
- Angers, D.A., Mehuys, G.R. 1988. Effects of cropping on macro-aggregation of a marine clay soil. *Can. J. Soil Sci.* 68:723-732.
- ASAE. 2000. Air pollution from agricultural operations. Proceedings of the second international conference, Des Moines, Iowa, 398 p.
- ASAE. 1997. ASAE Standards 1997. American Society of Agricultural Engineers, 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI 49085-9659 USA. 978 pages.
- Bernard, C. et M.R. Laverdière. 1992. Spatial redistribution of Cs-137 and soil erosion on Orléans Island, Québec. *Can. J. Soil Sci.* 72:543-554.
- Bernard, C. 1990. La conservation de l'eau par la gestion des sols. Dans *Comptes rendus du colloque sur la Conservation de l'eau en milieu agricole*. CPVQ, Québec, 12-13 février 1990. pp. 181-198.
- Berrouard, A., M. Giroux et M. Blackburn. 2001. Effets comparatifs de différentes cultures et modes de fertilisation sur la teneur en nitrates dans les sols en fin de culture et dans les eaux de drainage souterrain à l'automne. *Agrosol* 12 (2) : 64-73.
- Bundy, D.S. 1997. Odor Control Technologies. Environmental Issues in Pork Production. The Allen D. Leman Swine Conference. 20 septembre 1997. Minnesota Extension Service. University of Minnesota. pages 59-65.
- CIGR. 1999. Handbook of Agricultural Engineering Volume II. Animal Production & Aquacultural Engineering. American Society of Agricultural Engineers, 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI 49085-9659 USA. 359 p.
- CIGR. 1994. Aerial Environment in Animal Housing – Concentrations in and Emissions from Farm Buildings. Working Group Report Series, n° 94.1. 116 p.
- CRAAQ, 2003 Guide de référence en fertilisation. 1<sup>ère</sup> édition. 294 p.
- Duchemin, M. Lafrance, P., Bernard, C. 2002. Les bandes enherbées : une pratique de conservation efficace pour réduire la pollution diffuse. 2 p. Document [www.irda.qc.ca/pdf/fiches\\_tech/FT040905Fb.pdf](http://www.irda.qc.ca/pdf/fiches_tech/FT040905Fb.pdf).
- Duchemin, M., P. Lafrance et C. Bernard. 2002. Les bandes enherbées : une pratique de conservation efficace pour réduire la pollution diffuse. Résumé de recherche. IRDA.
- Dubé, A. 1975. L'eau et l'érosion des sols. *Ressources* 6:8-15.
- Dubé, A, Mailloux, A. 1969. La mesure de l'érosion à Cap-aux-Corbeaux. *Agriculture* 26:32-36.
- Gilbertson, C.B., Schulte, D.D., Clanton, C.J. 1987. Dewatering Screen for for hydraulic Settling of Solids in swine Manure. *Trans. ASAE* 30: 202-206.
- Gilley, J.E., Finkner, S.C., Spomer, R.G., Mielke, L.N. 1986. Runoff and erosion as affected by corn residue: Part I. Total losses. *Trans. ASAE* 29:157-160.
- Giroux, M., J. Cantin, R. Rivest et G. Tremblay. 2002. L'évolution des teneurs en phosphore dans les sols selon leur fertilité, leur richesse en phosphore et les types de sols. Colloque de l'OAQ sur le phosphore. Une gestion éclairée.
- Giroux, M., P. Enright, L. Vézina, R. Royer et A. Berrouard. 2002. Concentrations et charges d'azote et de phosphore perdues dans les drains souterrains selon les cultures et les modes de fertilisation. *Cahiers de l'Observatoire de la qualité des sols du Québec*. IRDA. 31 p.
- Giroux, M., D. Carrier et P. Beaudet. 1996. Problématique et méthode de gestion des charges de phosphore appliquées aux sols agricoles en provenance des engrais de ferme. *Agrosol* 9 (1) : 36-45.
- Giroux, M. et T.S. Tran. 1996. Critères agronomiques et environnementaux liés à la disponibilité, la solubilité et la saturation en phosphore des sols agricoles du Québec. *Agrosol* 9 (2) : 51-57.
- Giroux, M. et T.S. Tran. 1994. Étude des facteurs affectant l'évolution de la teneur en P et K des sols agricoles. *Agrosol* 7 (2) : 23-30.
- Godbout, S. et M. Trudelle. 2002. Évaluation des performances techniques des séparateurs mécaniques à lisier et de leur rapport efficacité/coût. Rapport présenté au CDAQ, no. 458-14-010302, 59 p.
- Godbout, S., S.P. Lemay, R. Joncas, J.P. Larouche, D.Y. Martin, M. Leblanc, A. Marquis, J.F. Bernier, R.T. Zijlstra, E.M. Barber et D. Massé. 2000. Réduction des odeurs et des émissions gazeuses provenant des bâtiments porcins en utilisant une combinaison d'aspersion d'huile de canola et de diètes spécifiques. *Agrosol* 11(1) : 48-53.

- Gold, A.J., Loudon, T.L. 1989. Tillage effects on surface water quality from artificially drained cropland. *Trans. ASAE* 32:1329-1334.
- Guertin, S.P., G.M. Barnett, M. Giroux, A.F. Mackenzie, A. Pesant et L.E. Parent 2000. Effet de pratiques culturales dans la culture de maïs en terrain vallonné, sur les risques de contamination des eaux de ruissellement et de drainage. *Agrosol* 11 (2) : 107-113.
- Hermia, J. 1997. Analyse olfactive : du nez humain au nez électronique. *Comptes rendus. 4<sup>e</sup> Congrès international sur la caractérisation et le contrôle des émissions d'odeurs et de COV. 20, 21 et 22 octobre 1997. Hôtel Reine Élisabeth, Montréal (Québec) Canada. pages 2-20.*
- ITP. 1998. Odeurs et environnement : Cas de la production porcine. Institut Technique du Porc, 149, rue Bercy 75595 Paris Cedex 12.
- Joncas, R., S.Godbout, F.Pouliot, A.Marquis. 2002. État de la recherche et du développement sur les concepts de bâtiments porcins réduisant les odeurs : Analyse. Rapport final de projet. IRDA-140116, Avril 2002, 57 pages.
- Joncas, R. et S. Godbout. 2000. Tour d'horizon de la recherche sur les odeurs reliées aux productions animales. *Agrosol* 11 (2) : 92-101.
- Karemangingo, C. 1998. Évaluation des risques de pollution des eaux sous différents systèmes de production du maïs-grain. Thèse de Doctorat. Université Laval. 209 p.
- Kirby, P.C., Mehuys, G.R. 1987. The seasonal variation of soil erosion by water in southwestern Quebec. *Can. J. Soil Sci.* 67:55-63.
- Kroodsmas, W. 1986. Separation and removal of feces and urine using filter nets under slatted floors in piggeries. *J. Agric. Eng. Res.* 34 : 75-84.
- Lafren, J.M., Baker, J.L., Hartwig, R.O., Buchele, W.F., Johnson, H.P. 1978. Soil and water loss from conservation tillage systems. *Trans ASAE* 21:881-885.
- Lal, R. 1988. Erodibility and erosivity. Pages 141-160 dans Soil erosion research methods. R. Lal ed. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA.
- Lavoie, J. et al. 1994. Mesure des contaminants chimiques et biologiques dans l'air d'une porcherie utilisant la technique de litière biomaitrisée. Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec. Août 1994. 23 pages.
- MAPAQ. 2003. Le Québec bioalimentaire en un coup d'œil. Portrait statistique. Édition 2002. 35 p.
- Marquis, A. 1998. Les contaminants de l'air : sources et contrôle. Colloque en génie rural. Les bâtiments porcins : la qualité sans compromis. Conseil des Productions Animales du Québec. Université Laval. 11 mars 1998. pages 47-52.
- Marquis, A. et P. Marchal. 1998. Qualité de l'atmosphère à proximité des bâtiments d'élevage. *Cahiers d'études et de recherches francophones - Agricultures* 7(5) : 377-385.
- Martel, Y. A., Deschênes, J.M. 1976. Les effets de la mise en culture et de la prairie prolongée sur le carbone, l'azote et la structure de quelques sols du Québec. *Can. J. Soil Sci.* 56:373:383.
- Mostaghimi, S., Dillaha, T.A., Shanholtz, V.O. 1988. Influence of tillage systems and residue levels on runoff, sediment, and phosphorus losses. *Trans. ASAE* 31:128-132.
- N'Dayegamiye, A. et D. Côté. 1996. Effet d'application à long terme de fumier de bovins, de lisier de porcs et d'engrais minéral sur la teneur en matière organique et la structure du sol. *Agrosol* 9 (1) : 31-35.
- O'Neill, D.H. et V.R. Phillips. 1992. A Review of the Control of Odour Nuisance from Livestock Buildings : Part 3, Properties of the Odorous Substances Which Have Been Identified in Livestock Wastes or in the Air Around Them. *J. Agric. Eng. Res.* 53: 23-50.
- Pedneault, M.L., F. Pouliot, M.J. Turgeon, R. Joncas, S. Godbout, J.P. Larouche, A. Marquis, S.P. Lemay, L. Chénard. 2002. Inventaire des concepts de bâtiments et des technologies qui réduisent le émissions d'odeurs des bâtiments porcins : Revue de littérature. Centre de développement du Porc du Québec inc., janvier 2002, 111 pages.
- Pesant, A.R., Dionne, J.L., Genest, J. 1987. Soil and nutrient losses in surface runoff from conventional and no-till corn systems. *Can. J. Soil Sci.* 67:835-843.
- Pigeon, S. 2001. Technique d'élevage du porc sur litière mince. Expérimentation et suivi agronomique, environnemental et économique. Rapport R99-96-67 présenté à la Fédération des producteurs de porcs du Québec. BPR Groupe conseil. 53 p. + annexes.
- PSCI. 1999. Odour Management Technology for Pig Production Facilities. Prairie Swine Centre Inc. <http://adminsrv.usask.ca/psci/odour/index.html>. 15 août 2000.
- Rompré, M. 1994. Observatoire de la qualité des sols agricoles du Québec. *Agrosol* 7 (2) : 3-7.

- Saxton, K.E., Spomer, R.G., Kramer, L.A. 1971. Hydrology and erosion of loessial watersheds. Proc. ASCE, Hydraulic Div. 97:1835-1851.
- Saxton, K.E., Spomer, R.G. 1968. Effects of conservation on the hydrology of loessial watersheds. Trans. ASAE 11:848-849,853.
- Tabi, M., L. Tardif, D. Carrier, G. Laflamme et M. Rompré. 1990. Inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec. Rapport synthèse. Entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement agroalimentaire. 71 p.
- Thiboutot, M. et D. Bernier. 1997. Loi : De nouvelles dispositions pour la gestion des odeurs. Porc Québec, Fédération des producteurs de porcs du Québec, 8 (3) : 22-29.
- Tran, T.S., D. Côté et A. N'Dayegamiye. 1996. Effets des apports prolongés de fumier et de lisier sur l'évolution des teneurs du sol en éléments nutritifs majeurs et mineurs. Agrosol 9 (1) : 21-30.
- Van Doren, D.M., Moldenhauer, W.C., Triplett., G.B. 1984. Influence of long-term tillage and crop rotation on water erosion. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:636-640.
- Wischmeier, W.H., Johnson, C.B., Cros, B.V. 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. J. Soil Water Conser. 26:189-193.