**L'évaluation des technologies de gestion du lisier de porcs dans le cadre de l'établissement d'une politique de contrôle de la pollution provenant des productions animales.**

**Rapport de recherche no. 374, Volume 5**

# MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION ET CHOIX STRATÉGIQUES DANS LA GESTION DES SURPLUS DE FUMIERS ET LISIERS

**Éditeurs : Jean-Louis Sasseville et Jean Nolet**

**Rapport rédigé pour**
**Ministère de l'Environnement et de la Faune**

**Volume 5**

## L'évaluation des technologies de gestion du lisier de porcs dans le cadre de l'établissement d'une politique de contrôle de la pollution provenant des productions animales

*Équipe de rédaction : Camil Dutil, Jean-Yves Drolet, Gilles Gagné et Jean-Louis Sasseville*

**Rapport de recherche (No. 374)**

**INRS - Eau, Université du Québec**
**et**
**Consultants BPR**

**Décembre 1994**

Équipe de recherche :

Jean Louis Sasseville (coordonnateur et directeur scientifique), Camil Dutil (responsable, Consultants BPR), Olivier Banton (professeur, INRS-Eau), Jean-Yves Drolet (Consultants BPR), Jean Nolet (Chargé de projet, INRS-Eau), Gilles Gagné (chargé de projet, Consultants BPR), Jean-Pierre Dutil (Consultants BPR), Suzanne Lavoie (Étudiante de M. Sc. INRS-Eau)

# RÉSUMÉ

Le développement d'une politique de contrôle de la pollution originant des productions animales doit prendre en considération, non seulement les mesures administratives pouvant être apportées aux méthodes actuelles de gestion des fumiers ou lisiers, mais le potentiel technologique permettant l'amélioration des systèmes de production Plusieurs novations technologies sont potentiellement applicables pour modifier la chaîne actuelle de gestion le cadre de la production d'effluents d'élevages, et plus particulièrement dans le cas des élevages porcins. Ces technologies ont cependant des incidences agronomiques, zootechniques, environnementales, économiques, sociales ou politiques. Ce volume présente une analyse des technologies disponibles en insistant sur leurs implications éventuelles dans la gestion des surplus de lisiers en régions de concentration. Pour bien situer le lecteur, on retrouve d'abord une description des caractéristiques du lisier de porcs selon la chaîne de gestion standard québécoise et des contraintes actuelles à sa valorisation agricole. Un inventaire des technologies d'utilisation et de traitement est ensuite effectué.

Les technologies ont été classées en familles selon que la technologie s'applique à l'échelle de l'entreprise agricole ou régionalement et que le ou les types de produits obtenus sont liquides, liquides et solides, ou solides. Une pré-sélection a été effectuée selon des critères pratiques et les technologies retenues ont fait l'objet d'une analyse à l'aide d'une grille qui tient compte de facteurs agronomiques, environnementaux, économiques et sociaux. Les principales différenciations obtenues sont discutées pour justifier les résultats obtenus. Enfin, les technologies prometteuses sont évaluées selon leur influence positive et négative probable sur la capacité-support des régions en surplus en tenant compte de critères agronomiques, environnementaux et sociaux.

En conclusion, une discussion permet de faire ressortir les principaux résultats obtenus et leurs implications socio-politiques possibles dans la cadre des choix possibles dans la gestion des surplus de lisiers.

# AVANT-PROPOS

Un peu partout dans le monde, on a constaté les effets nocifs des régimes intensifs de production agricoles sur la santé humaine et la qualité de l'environnement : la contamination des eaux de surface et des eaux souterraines par les fertilisants et les biocides, la pollution atmosphérique, l'infestation par des bactéries pathogènes des sols et des cours d'eau et la dégradation de la qualité des sols en sont des exemples frappants. Mais les effets pervers de certaines pratiques agricoles ne se limitent pas à ce type de dommages sociaux. Elles entament le potentiel futur des sols arables en favorisant l'érosion, la compaction, la surfertilisation ou encore l'acidification des sols, créant ainsi des dommages irréversibles ou extrêmement coûteux à restaurer.[1,2]

Malheureusement, le problème s'accentue toujours. Des recherches récentes ont montré, qu'aux États-Unis, la pollution diffuse est la cause principale de la pollution de l'eau et que l'agriculture en est la plus importante composante. Ces recherches montrent aussi que la contamination des nappes phréatiques constitue un problème environnemental majeur : l'accumulation chronique des nitrates, par exemple, jusqu'à des niveaux qui compromettent l'utilisation économique des eaux souterraines, accentuera considérablement la rareté de la ressource eau dans l'avenir.[3,4]

Ces problèmes mettent en perspective les relations de causalités et de réciprocités entre l'agriculture et l'environnement. On a en effet constaté que « l'agriculture était maintenant parvenue à un stade où il était possible de donner aux exploitations une rentabilité à court terme qui dispense de sauvegarder la relation d'harmonie et d'interdépendance entre l'agriculture et l'environnement »[5] et que ce désintéressement pour la sauvegarde du milieu de vie engendrait des problèmes qui, dans plusieurs cas, sont quasi-irréversibles. Ainsi, depuis le début des années 80, le monde agricole et la société en général sont passés d'une vision restreinte de la production agricole à une vision plus large, qui intègre des préoccupations environnementales. Aujourd'hui, les ressources naturelles ne sont plus simplement considérées en fonction de leur valeur comme intrants à la production agricole, mais aussi, à l'inverse, en fonction de l'impact de la production agricole sur leur dégradation.

---

[1] *OCDE. Politiques de l'agriculture et de l'environnement: Possibilités d'intégration. Paris: 1989.*

[2] *Tabi et al. Inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec. 1990.*

[3] *Duda, A. M. et R. J. Johnson. "Cost Effective Targeting of Agricultural Nonpoint-Source Pollution Controls." Journal of Soil and Water Conservation. 1985.*

[4] *Spofford, W. O. et al. "Sources of Uncertainty in Economic Analyses of Management Strategies for Controlling Groundwater Contamination." American Journal of Agricultural Economics. 1986: pp. 1234-1239.*

[5] *MAPAQ. Vers une politique de développement durable du secteur bioalimentaire. Québec: Document de consultation; 1993 Nov.*

Cette prise de conscience des problèmes environnementaux liés à l'agriculture a engendré des changements d'attitude chez la population qui devient progressivement moins tolérante face aux agressions que fait subir l'agriculture à son environnement. C'est ainsi que des entreprises agricoles ont de plus en plus de difficultés à s'implanter ou à se développer étant donné les répercussions que peuvent avoir leurs activités sur la qualité du milieu ambiant à cause des odeurs, de la pollution de l'eau, du bruit causé par certains équipements ou de la poussière et des produits chimiques toxiques transportés par le vent.

Au Québec, cette désapprobation populaire trouve son écho au niveau politique notamment lorsque « plusieurs corporations municipales établissent des règlements restreignant l'activité agricole »[6] ou encore, dans les politiques d'aide mises de l'avant par le ministère de l'Environnement et de la Faune et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. L'intérêt public général, le souci d'équité, la place des générations futures, l'incapacité du marché à prendre en compte les facteurs environnementaux dans le processus de production et la nécessité de venir en aide aux producteurs sont les principaux facteurs qui ont justifié à ce jour l'intervention de l'État dans le contrôle de la pollution de l'eau.

Les producteurs et intervenants du secteur agro-alimentaire sont pour leur part conscients des problèmes engendrés par les productions animales : la déclaration des partenaires du secteur agro-alimentaire, lors du sommet de l'agriculture québécoise, qui fait de la conquête des marchés l'objectif des prochaines années précise en effet « que cette conquête doit se faire dans le respect des ressources » ... « ceci signifie entre autres qu'il faut garder à l'esprit ... que la qualité de l'eau constituera au cours des prochaines années un avantage comparatif de plus en plus important pour le secteur bioalimentaire, puisque l'irrigation des cultures, l'abreuvement des animaux et l'aquiculture sont impensables avec de l'eau contaminée »[7].

Parmi les activités agricoles qui préoccupent le plus les autorités gouvernementales québécoises, on retrouve l'élevage intensif d'animaux. En effet, on produit annuellement au Québec plus de 32 millions de $m^3$ de déjections animales annuelles dont il faut disposer d'une façon sécuritaire, ceci aux coûts les plus faibles[8]. Quelle est la nature sociale et économique du problème posé par les élevages intensifs? Comment y faire face? Quelles solutions lui apportées?

Voilà l'objet de la présente recherche : fournir aux décideurs publics un cadre conceptuel pour l'élaboration d'une politique de contrôle de la pollution issue de la manutention des effluents d'élevage ainsi qu'un outil d'aide à la prise de décisions favorisant leur gestion optimale. Il se subdivise en cinq activités principales :

---

[6] *Idem*

[7] *Idem, note 6*

[8] *MAPAQ. Vers une politique de développement durable du secteur bioalimentaire. Québec: Document de consultation; 1993 Nov.*

*L'analyse des tendances à l'industrialisation* permet d'inscrire la valorisation technologique des effluents d'élevage et les politiques de contrôle de la pollution agricole dans leur contexte et de vérifier si l'industrialisation des pratiques favorisent ou non le contrôle de la pollution d'origine agricole.

*Le cadre conceptuel du contrôle* où les concepts nécessaires pour appréhender les divers aspects du problème de réduction des pollutions issues des surplus de fumiers et lisiers seront expliqués et traduits en stratégies de contrôle.

*L'établissement des contraintes environnementales et leur transposition à la politique de contrôle* selon deux méthodes : par l'établissement de relations doses-réponses à l'aide de modèles de processus et par la classification des terres agricoles selon aptitudes physiques à supporter de façon viable les activités d'épandage.

*L'analyse des différentes technologies et modes de gestion des lisiers* disponibles à l'aide d'une grille d'analyse qui établit des critères de faisabilité économique, environnementale, agronomique et sociale.

*La formulation de deux hypothèses de contrôle de la pollution* issue de la gestion des fumiers et leur évaluation (simulation) sur la base de leur faisabilité économique, environnementale, agronomique et technologique.

*L'analyse des diverses options* qui s'offrent au gouvernement en terme de contrôle de la pollution agricole et de gestion des effluents d'élevage en tenant compte de leur efficacité et de leur impact sur l'équité.

Ce grand projet méthodologique sur l'élaboration de politiques de contrôle de la pollution d'origine agricole a donné lieu à sept rapports de recherche :

**Volume 1. Tendances à l'industrialisation dans les principales productions animales au Québec et augmentation des capacités de contrôle de la pollution**

Ce rapport trace un portrait des principaux secteurs de production animale, soit le lait, le porc, le bovin et la volaille. On y évalue la place que chacun de ces secteurs occupera dans le paysage rural québécois dans l'avenir. On y discute du problème de gestion des fumiers et des lisiers et des tendances à son accentuation, cela sur la base de l'évolution probable de chacun de ces secteurs, établie en considérant les tendances à la libéralisation des marchés constatés actuellement au niveau international. Dans cette perspective, les implications du projet Dunkel sont mises en évidence. On y constate que les productions québécoises très protégées ou subventionnées telles le lait, le bovin et l'avicole risque de souffrir des réductions à moyen terme. Seule la production porcine, la plus dommageable pour l'environnement, voit ses perspectives améliorées. Une accentuation des problèmes environnementaux résultant de la gestion inadéquate des fumiers serait donc à craindre si les politiques environnementales actuellement en vigueur ne sont pas améliorées. Ce rapport met l'accent sur le fait que l'industrialisation et la concentration dans le secteur porcin à la source du problème environnemental actuel sont aussi des facteurs susceptibles de

contribuer à sa solution, notamment par la valorisation technologique des fumiers et des lisiers.

**Volume 2. Cadre théorique pour le contrôle de la pollution en provenance des principales productions animales**

Dans ce rapport, trois théories ont été utilisées pour comprendre la structure et la dynamique socio-économique de la production de la pollution agricole. La *théorie économique néoclassique* qui décrit la pollution de l'eau comme originant de trois sources de demande conflictuelles sur le marché de l'utilisation de l'eau. La demande pour l'eau à des fins de consommation et la demande pour l'eau à des fins de loisirs sont incompatibles avec la demande pour l'eau comme lieu de déversement des déchets lorsque ce dernier usage est poussé trop loin. Ce déséquilibre entre l'offre et la demande pour l'eau est présenté comme résultant de l'absence de droits de propriété bien définis pour cette ressource. Selon la perspective néo-classique, différents instruments sont susceptibles de permettre le contrôle efficace de la pollution : les plus étudiés sont les redevances, les subventions à la dépollution et les permis d'émission négociables parce que, dit-on, ils tiennent compte du fait que le coût marginal de dépollution est croissant, que les coûts de contrôle varient entre les firmes et que différentes technologies sont utilisables pour réduire la pollution. La *théorie du choix public* permet de comprendre les difficultés que l'on rencontre dans la réalité lorsque l'on cherche à mettre en place une politique de contrôle utilisant l'un ou l'autre de ces instruments : la logique du positionnement politique et stratégique des divers intervenants s'explique par la recherche de la maximisation de leur intérêt égocentrique. C'est ainsi que s'explique que le politicien, l'entrepreneur, le producteur agricole et le bureaucrate favorisent la subvention comme mode d'intervention, engendrant ainsi un déséquilibre entre le support apporté à la subvention et celui apporté à la taxe, qui elle n'est défendue que par les consommateurs et les contribuables. De son côté, la *théorie de l'approche conciliatoire,* sur la base des modes explicatifs de la théorie économique, propose une façon de réaliser les choix où chacun des intervenants, conscient des objectifs et des contraintes des autres intervenants, reconnaît la légitimité de la position de l'autre dans l'optique de trouver un compromis bénéfique, tant à la société qu'à eux-mêmes. Il ressort des différents arguments en faveur et contre les instruments économiques présentés dans le cadre théorique que, bien que plus critiquée en ce qui a trait à l'efficacité, la subvention apparaît plus aisément applicable. Un problème commun à la fois aux redevances, aux subventions et aux permis d'émission négociables est cependant mis en évidence, il s'agit du problème associé à la mesure de la pollution de chacun des producteurs agricoles. Ce problème est d'une importance capitale si des incitatifs économiques efficaces doivent être mis en oeuvre dans le but de contrôler la pollution. Comme la science est incapable de fournir un instrument simple pour mesurer la pollution d'origine diffuse, il est suggéré, ici, de contourner le problème en basant la mise en oeuvre d'une politique environnementale non pas sur la quantité de polluants retrouvée dans l'eau, mais sur le respect de la capacité-support du sol qui elle détermine le niveau de la pollution. Si la "vérité sur la capacité support" est plus facilement mesurable que la pollution de chacun des producteurs, une avenue intéressante s'offre ici à l'agence de contrôle.

**Volume 3. Méthode de détermination des droits de pollution : formulation des relations dose-réponse**

Ce rapport tente de vérifier si le niveau des connaissances scientifiques sur la propagation de la pollution dans les sols et dans l'eau est suffisant pour permettre l'application efficace d'instruments économiques. Partant de l'hypothèse que la meilleure manière de disposer les lisiers est l'épandage, on cherche à y montrer qu'il est possible, sur la base d'une convention entre les intervenants, de traiter le problème du contrôle de la pollution en établissant la contribution *potentielle* d'un producteur à la pollution d'un cours d'eau. On pourrait ainsi taxer ou subventionner selon la contribution de chacun à la détérioration ou à l'amélioration de la qualité de l'eau. La méthode choisie pour y parvenir est la modélisation des apports subordonnés au concept *« doses épandues-réponse en apport de polluant au cours d'eau ».* Après avoir caractérisé les fertilisants organiques et le cycle des substances nutritives, on y traite des avantages et des inconvénients des fumiers et lisiers au moment de l'épandage, de l'évaluation des apports au cours d'eau en substances altéragènes, des besoins et de la disponibilité en nutriments, des caractéristiques des sols contrôlant le transport et la transformation des nutriments, et enfin des conditions climatiques et de drainage des sols influençant les transformations et les charges des substances polluantes. Finalement, en dernière étape, on y procède à l'établissement des relations « doses-réponses » à l'aide des logiciels AGRIFLUX et FÈCES, ceci permettant de démontrer qu'il est possible d'établir la capacité-support d'une parcelle de sols sur la base d'un nombre restreint de paramètres.

**Volume 4. Aptitudes physiques des sols agricoles à recevoir des engrais de ferme : classification à l'aide d'un système expert**

Ce rapport explore la possibilité d'attribuer une valeur à la capacité support des terres agricoles en regard des productions porcines à partir des données pédologiques disponibles et des connaissances actuelles sur les impacts de l'épandage du lisier de porc. Un premier objectif vise l'intégration du facteur sol dans l'estimation des superficies disponibles pour l'épandage sécuritaire des engrais de ferme. Un deuxième objectif analyse la pertinence d'un système expert comme outil d'aide à la prise de décision. Dans un premier temps, sont identifiés les facteurs intrinsèques du sol affectant le transport des éléments potentiellement polluants vers les eaux de surface et souterraines. Ceci permet de dégager les qualités de sols nécessaires à l'épandage sécuritaire. Ensuite la méthode d'évaluation des terres proposée par la FAO (1976) a été adaptée pour classifier les séries de sols selon leurs aptitudes physiques à recevoir des lisiers de porcs. Cette méthode d'évaluation permet de tenir compte des disparités régionales, tant physiques que sociales, en estimant les superficies disponibles pour l'épandage selon des critères spécifiques à une région par exemple, la protection des eaux de surface ou la protection des aquifères pour une autre. En effet, les problèmes de pollution sont souvent locaux et varient selon les régions tant au niveau des activités humaines (utilisation du territoire) que de leur environnement physique distinct (hydrologie, géologie, climat, pédologie, etc.). Le système expert, développé pour l'interprétation des données pédologiques, permet d'identifier rapidement les facteurs physiques limitant et de classer les sols en fonction de critères spécifiques et des mesures préventives ou correctives apportées par le producteur agricole en vue de minimiser les pertes à l'environnement.

**Volume 5. L'évaluation des technologies de gestion du lisier de porcs dans le cadre de l'établissement d'une politique de contrôle de la pollution provenant des productions animales**

Le développement d'une politique de contrôle de la pollution originant des productions animales doit prendre en considération, non seulement les mesures administratives pouvant être apportées aux méthodes actuelles de gestion des fumiers ou lisiers, mais le potentiel technologique permettant l'amélioration des systèmes de production. Plusieurs novations technologiques sont potentiellement applicables pour modifier la chaîne actuelle de gestion dans le cadre de la production d'effluents d'élevage et, plus particulièrement, dans le cas des élevages porcins. Ces technologies ont cependant des incidences agronomiques, zootechniques, environnementales, économiques, sociales ou politiques. Ce rapport présente une analyse des technologies disponibles en insistant sur leurs implications éventuelles dans la gestion des surplus de lisiers en régions de concentration. Pour bien situer le lecteur, on retrouve d'abord une description des caractéristiques du lisier de porcs selon la chaîne de gestion standard québécoise et des contraintes actuelles à sa valorisation agricole. Un inventaire des technologies d'utilisation et de traitement est ensuite effectué. Les technologies ont été classées en familles selon que la technologie s'applique à l'échelle de l'entreprise agricole ou régionalement et que le ou les types de produits obtenus sont liquides, liquides et solides, ou solides. Une pré-sélection a été effectuée selon des critères pratiques et les technologies retenues ont fait l'objet d'une analyse à l'aide d'une grille qui tient compte de facteurs agronomiques, environnementaux, économiques et sociaux. Les principales différenciations obtenues sont discutées pour justifier les résultats obtenus. Enfin, les technologies prometteuses sont évaluées selon leurs influences probables, positives ou négatives, sur la capacité-support des régions qui présentent des conditions de surplus, en tenant compte de critères agronomiques, environnementaux et sociaux. Finalement, on discute des principaux résultats obtenus et leurs implications socio-politiques pour soutenir les choix technologiques, tout en tentant de mettre en évidence les avenues technologiques les plus prometteuses pour résoudre les problèmes de pollution causés par les surplus de lisier de porcs dans certaines régions du Québec.

**Volume 6. De la théorie à l'application d'une politique environnementale visant la gestion des fumiers**

Ce rapport présente une démarche pour la formulation d'une politique efficace visant le contrôle de la pollution de l'eau engendrée par les effluents d'élevage. On y aborde d'abord la question de l'intégration des politiques agricoles et environnementales. Il s'agit : 1) d'améliorer les politiques agricoles qui vont à l'encontre des objectifs environnementaux; 2) de susciter l'internalisation par les producteurs des coûts des dommages environnementaux; 3) de cibler les objectifs compatibles; 4) de favoriser l'éducation des producteurs et la promotion des bonnes pratiques; 5) de favoriser la concertation entre les divers intervenants. Subséquemment, après avoir mis en évidence les efforts pour développer une agriculture durable, deux avenues favorisant l'intégration des politiques environnementales et agricoles ont été identifiées : le « decoupling » qui implique de ne pas lier le soutien du revenu à une production précise et le soutien conditionnel qui implique de ne soutenir que les producteurs qui respectent les règlements environnementaux. On expose par la suite

différentes expériences pour contrôler la pollution à l'aide des instruments économiques qui obligent les producteurs à internaliser les coûts des dommages.

Par la suite, d'une part, on met en évidence les facteurs institutionnels et socio-économiques dont il faut tenir compte dans l'élaboration de la politique, et d'autre part, on dégage les obstacles et difficultés en se basant sur des expériences concrètes de politiques de contrôle de la pollution mises en oeuvre dans des pays où des problèmes similaires au problème québécois sont rencontrés. Ainsi, l'analyse des réglementations québécoises et de l'expérience internationale permet la formulation de quelques recommandations en vue de rendre la politique québécoise actuelle plus efficace.

Il faut cependant viser la mise en forme d'une politique de contrôle plus efficace. Partant du fait que les connaissances scientifiques actuelles permettent d'établir d'une façon satisfaisante la relation entre l'épandage d'une certaine quantité de lisier sur le sol et la quantité de nutriments qui se rend au cours d'eau, on y traite des notions de capacité support du sol en regard des productions animales comme assise de la politique. On y établit que la méthode pour calculer la capacité support du sol (ou capacité de production animale en fonction de la capacité de disposer adéquatement des effluents d'élevage) devrait faire l'objet d'une entente entre les principaux intervenants touchés par le contrôle de la pollution agricole. On y propose une politique de contrôle de la pollution par les effluents d'élevage novatrice, réaliste et efficace qui prend en considération le conflit entre la productivité de la ferme et la qualité de l'eau.

La politique proposée utilise en partie la réglementation existante. Elle comporte les éléments suivants : 1) la *prohibition d'épandage*, la définition de *lieux d'épandage autorisés* et de *certificat d'autorisation,* 2) des normes générales minimales, la définition de périodes d'épandage sécuritaires, l'élaboration en conciliation de méthode pour établir des *normes régionales*, 3) un *concept d'autogestion* central à la politique, 4) la mise en place de tables de *conciliation entre les intervenants* (pollueurs - pollués - autorités de contrôle), 5) la notion de capacité support régionale des sols, 6) la définition de « capacités de réception » et de « droits d'épandage », 7) la définition des modes transactionnels, 8) le contingentement du coût dMacquisition des droits, 9) l'impartition des coûts dans les transactions, 10) l'incitation au plan de fertilisation, 11) l'application des redevances, 12) le mode de suivi juridico-administratif, 13) les incitations monétaires: a) le soutien conditionnel, destiné à contrer l'incertitude, et b) l'aide de transition, destinée au développement du marché des engrais de ferme et à la déconcentration industrielle des producteurs, 14) la mise sur pied d'incitations à l'investissement en recherche et développement et démonstration. Quoique sommaire, l'évaluation de la politique montre son intérêt pour contrôler efficacement la pollution d'origine diffuse. Son originalité réside dans l'établissement d'un marché contingenté de droits d'épandage et d'une amorce économique pour la valorisation agricole des engrais de ferme.

**Volume 7. Choix stratégiques dans la gestion des surplus de fumiers et lisiers : synthèse générale et résumé.**

Ce rapport constitue la synthèse du projet « **MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION ET CHOIX STRATÉGIQUES DANS LA GESTION DES SURPLUS DE FUMIERS ET LISIERS** » dont l'objectif était de formuler des propositions qui permettraient au gouvernement un contrôle plus efficace de la pollution de l'eau engendrée par les effluents d'élevage. Outre un résumé général de l'étude, on y présente le contexte politique et socio-économique du contrôle de la pollution agricole en insistant sur l'interaction entre la pollution et la surproduction agricole, toutes deux étant les conséquences d'une dynamique de production qui est perpétuée par les politiques agricoles.

# TABLE DES MATIÈRES

**Résumé** ..... **i**

**Avant-propos** ..... **iii**

**Table des matières** ..... **xi**

**Liste des tableaux** ..... **xiii**

**Liste des figures** ..... **xiv**

**Introduction** ..... **1**

**1. Le lisier de porcs : caractéristiques et contraintes à la valorisation** ..... **5**

1.1 Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ..... 5
1.2 Contraintes à la valorisation des lisiers ..... 10
1.2.1 Contraintes agronomiques ..... 10
1.2.2 Contraintes environnementales ..... 11
1.2.3 Contraintes économiques ..... 11
1.2.4 Contraintes sociales ..... 12

**2. Inventaire des technologies d'utilisation et de traitement du lisier de porcs** ..... **17**

2.1 Traitement à la ferme ..... 20
2.1.1 Gestion sous forme liquide des déjections ..... 20
2.1.2 Gestion sous forme solide-liquide des déjections ..... 27
2.1.3 Traitement sous forme solide des ..... 32
2.2 Traitement centralisé ..... 34
2.2.1 Concepts-pilotes en Europe ..... 34
2.2.2 Concept-pilote au Québec ..... 36

**3. Critères d'évaluation des impacts des technologies et justification de la pondération retenue** ..... **39**

3.1 Critères agronomiques (12; poids de 25 %) ..... 39
3.2 Critères environnementaux (12; poids de 30 %) ..... 41
3.3 Critères économiques (15; poids de 25 %) ..... 42
3.4 Critères sociaux (9; poids de 20 %) ..... 44

**4. Évaluation des technologies de gestion des lisiers et des fumiers** ..... **49**

4.1 Technologies retenues ..... 49
4.2 Évaluation quantitative des technologies et justifications ..... 51
4.2.1 Technologies de gestion sous forme liquide des déjections ..... 51
4.2.2 Technologies de gestion sous forme solide-liquide des déjections : tamis, pressoirs, centrifugeuses et toiles filtrantes avec compostage des solides extraits ..... 58

4.2.3 Technologies de gestion sous forme solide des déjections : les litières biomaîtrisées59
4.3 Évaluation des technologies de traitement centralisé ..... 60

**5. Influence des technologies prometteuses sur la capacité-support des régions en surplus ..... 65**

5.1 Définition de la capacité-support d'une région ..... 65
5.2 Influence des technologies prometteuses ..... 65
5.2.1 Recouvrement des réservoirs avec utilisation d'épandeurs à rampes ou à injection 65
5.2.2 Recouvrement des réservoirs avec aération dans la fosse ..... 66
5.2.3 Produits biologiques ajoutés à l'alimentation ..... 66
5.2.4 Traitement aérobie des lisiers dans la fosse ..... 66
5.2.5 Caves à lisier avec ..... 66
5.2.6 Vidange avec rinçage ..... 67
5.2.7 Pressoirs, décanteurs centrifuges et toiles filtrantes avec compostage ..... 67
5.2.8 Litière biomaîtrisée ..... 67
5.2.9 Traitement centralisé ..... 67

**Conclusion ..... 71**

**Bibliographie ..... 75**

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Composition des fractions fèces et urine des déjections de porcs.....6

Tableau 2. Contenu moyen en matières sèches et en éléments majeurs du lisiers de porc dans la fosse.....6

Tableau 3. Comparaison du lisier de porcs avec les boues de fosses septiques, et les eaux usées domestiques en ce qui a trait aux principaux paramètres de caractérisation de la charge organique.....7

Tableau 4 Résultats de l'évaluation des technologies d'utilisation et de traitement des lisiers de porc dans le cadre de la conception d'une politique de contrôle de la pollution provenant des établissements de production.....52

# LISTE DES FIGURES

Figure 1. Répartition de l'azote et du phosphore entre les phases liquide et solide dans un lisier de porcs ..... 7

Figure 2. Répartition de la DCO et de la BDO5 en fonction des matières en suspension (MES) dans un lisier de porcs ..... 8

Figure 3 Granulométrie des solides exprimée en pourcentage massique des solides totaux ..... 9

Figure 4 Comparaison des coûts de gestion pour des entreprises en gestion conventionnelle (naisseurs-finisseurs) vs une technologie fictive et le traitement centralisé ..... 18

# Introduction

# INTRODUCTION

Le présent volume est le cinquième d'une série de sept volumes produits dans le cadre du projet intitulé « Méthodologie d'évaluation et choix stratégiques dans la gestion des surplus de fumiers et de lisiers ». Il fait suite à un premier volume qui portait sur les tendances à l'industrialisation dans les principales productions animales au Québec, à un second volume où était développé un cadre conceptuel pour appréhender le problème de la gestion des déjections animales au Québec, à un troisième volume évaluant les possibilités d'établir des relations doses-réponses (apports d'engrais organiques - dommages environnementaux) pour une application efficace des instruments économiques dans le cadre d'une politique de contrôle de la pollution agricole diffuse d'origine animale et, finalement, à un quatrième volume explorant la possibilité d'attribuer une valeur à la capacité support des terres agricoles à partir des données pédologiques disponibles et d'estimer les superficies disponibles pour les activités d'épandage..

Dans le premier volume, l'analyse des tendances dans la production animale québécoise visait à déterminer si le problème risquait de prendre de l'ampleur dans les prochaines années ou s'il se déroberait. Il est apparu clair, au cours de l'analyse, que l'agriculture québécoise est aujourd'hui à la croisée des chemins. L'analyse amenait la conclusion que la plupart des productions risquaient de décliner avec la libéralisation des marchés à moins que leur compétitivité n'augmente considérablement. Des différentes productions animales, seule la production porcine, la plus polluante présentement, était en bonne position pour profiter de l'ouverture de nouveaux marchés.

Le deuxième volume cherchait à déterminer la façon la plus efficace de contrôler la pollution. Faisant appel à l'économie de l'environnement, on y discutait de l'intérêt des instruments économiques pour le contrôle de la pollution agricole. D'un point de vue théorique, différents instruments sont envisageables: les redevances sur la pollution, les subventions à la dépollution et les droits de pollution échangeables. Ils ont comme caractéristique commune d'être efficaces par rapport à la réglementation directe et face aux subventions aux équipements qui sont normalement utilisées pour contrôler la pollution.

Le troisième volume a ensuite permis de constater que les sciences appliquées et la simulation sur ordinateur permettent aujourd'hui de pallier à certaines des difficultés associées à la mesure des relations doses-réponses à l'aide de la modélisation informatique de ces relations doses-réponses. On concluait alors que l'utilisation d'une convention quant à la mesure des capacités-d'épendage qui tienne compte des relations doses-réponses offrait des perspectives nouvelles et ouvrait la porte à une plus grande utilisation des instruments économiques dans le contrôle de la pollution diffuse d'origine agricole.

Le quatrième volume présentait une méthode d'évaluation indirecte de la capacité support des terres, toujours dans le but de déterminer des unités de capacité support des sols agricoles. En utilisant des caractéristiques relatives aux séries de sols, la méthode s'avérait valable tant à l'échelle de l'exploitation agricole qu'à une échelle plus petite comme celle d'un bassin versant. Aussi, à partir de cette évaluation, la classification des séries de sols selon leurs aptitudes

physiques et les superficies par type de culture permet l'estimation des superficies disponibles pour l'épandage sécuritaire des engrais de ferme.

Dans un contexte où les superficies disponibles pour l'épandage des déjections animales pourraient limiter la capacité de production des éleveurs, il importe d'examiner les technologies disponibles permettant d'augmenter les capacités d'épandage actuelles ou encore, d'autres modes de disposition. C'est pourquoi, dans le présent volume, on évalue les différentes novations technologiques présentement disponibles dans le cadre de la gestion des effluents provenant des élevages porcins. Une analyse des technologies les plus prometteuses, y est présentéeen tenant de critères agronomiques, environnementaux, économiques et sociaux. Cette analyse est réalisée à l'aide d'une grille informatisée qui pourra plus tard être utilisée pour réévaluer les technologies retenues à la lumière des nouvelles données disponibles, évaluer des technologies présentement au stade expérimental ou présentant actuellement des contraintes majeures ou de nouvelles technologies.

Les résultats obtenus permettront deux applications importantes dans le cadre de la gestion des surplus provenant des établissements d'élevages porcins. D'un côté, pour les décideurs gouvernementaux, ils permettront de disposer d'une évaluation globale et objective des novations technologiques disponibles pour ainsi mieux orienter les politiques gouvernementales. D'un autre côté, pour les éleveurs de porcs, le cas échéant, ils fourniront les informations qui permettront un choix éclairé dans le processus de modification de leur chaîne de gestion des effluents ou d'acquérir de nouvelles unités de production.

# Chapitre 1
# Le lisier de porcs : caractéristiques et contraintes à la valorisation

# 1. LE LISIER DE PORCS : CARACTÉRISTIQUES ET CONTRAINTES À LA VALORISATION

## 1.1 Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques

Dans l'élaboration de scénarios de mise en place de nouvelles technologies de traitement des lisiers, il est important de prendre en considération les caractéristiques mêmes des déjections de porcs et du lisier qui en découle. D'une part, le lisier de porcs est un produit dont les caractéristiques peuvent varier significativement d'une entreprise à une autre en fonction de plusieurs facteurs dont l'âge, l'état des animaux, l'alimentation et la régie de l'eau sont parmi les principaux. D'autre part, les caractéristiques des déjections évoluent de leur excrétion jusqu'à leur stockage dans la fosse.

L'analyse d'une technologie donnée devra donc considérer la variation possible des caractéristiques du produit et le lieu où elle intervient dans la chaîne de gestion de l'effluent. Dans le contexte des régions en surplus de lisier de porcs, les principaux paramètres d'intérêt sont les éléments nutritifs (N,P,K), puisque ce sont eux qui déterminent les possibilités de valorisation agricole et, du point de vue du traitement, les paramètres indicateurs de la charge polluante (N, P, DCO, $DBO_5$, MES).

De façon générale, les animaux rejettent dans leurs excréments entre 65 et 75 % des éléments nutritifs ingérés (Barnett 1988). Les déjections des porcs sont constituées de fèces et d'urine dans des proportions respectives qui peuvent varier entre 55 et 45 % et 60 et 40 %. Peu de données exhaustives sont disponibles sur les caractéristiques des fractions fèces et urine des déjections de porcs recueillies *sous la queue*. Le tableau 1 présente tout de même des données pertinentes colligées par le Conseil National de Recherche du Canada (1983). L'analyse des résultats de ce tableau nous donne des informations importantes sur la répartition de la matière sèche et des éléments fertilisants dans les deux fractions des déjections. Ainsi, on constate que les fèces ont une siccité relativement élevée (14 %) et qu'elles contiennent un peu moins que 60 % de l'azote, près de 90 % du phosphore et environ 57 % du potassium.

La situation est différente lorsque l'on regarde l'état des lisiers prélevés dans la fosse (tableau 2). Au Québec, étant donné l'importance des eaux de dilution utilisées dans les élevages conventionnels et des eaux de précipitations, on constate que le contenu en matière sèche des lisiers prélevés dans la fosse se situe généralement entre 3 et 5 %, comparativement à environ 9 % pour le mélange fèces+urine prélevé sous la queue.

Au-delà des teneurs totales en éléments fertilisants, la forme chimique de ses éléments est particulièrement importante lorsque l'on aborde les questions de traitement puisque les technologies ont des rendements qui dépendent le plus souvent de cet état.

**Tableau 1. Composition des fractions fèces et urine des déjections de porcs.**

| | Proportions | | Mat. sèche | | Azote (N) | | Phosphore (P) | | Potassium (K) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | kg/t | % | kg/t | % | kg/t (1) | % | kg/t (1) | % | kg/t (1) |
| | Base humide | | | | Base humide | | | | | |
| FÈCES | 60 | 600 | 13,8 | 83 | 0,55 | 3,3 | 0,22 | 1,3 | 0,33 | 2,0 |
| URINE | 40 | 400 | 1,8 | 7 | 0,60 | 2,4 | 0,04 | 0,2 | 0,37 | 1,5 |
| TOTAL | | 1000 | 9 | 90 (2) | 0,57 | 5,7 | 0,15 | 1,5 | 0,35 | 3,5 |
| | Base sèche | | | | Base sèche | | | | | |
| FÈCES | | 920 | | | 4,0 | 36,7 | 1,6 | 14,7 | 2,4 | 22,0 |
| URINE | | 80 | | | 33,3 | 26,7 | 2,2 | 1,8 | 20,6 | 16,4 |
| TOTAL | | 1000 | | | 6,3 | 63,3 | 1,7 | 16,7 | 3,9 | 38,9 |

*Source: CNRC (1983)*

*1) kg/tonne du total fèces + urine*

*(2) Tiré de OMAF (1985)*

**Tableau 2. Contenu moyen en matières sèches et en éléments majeurs du lisiers de porc dans la fosse**

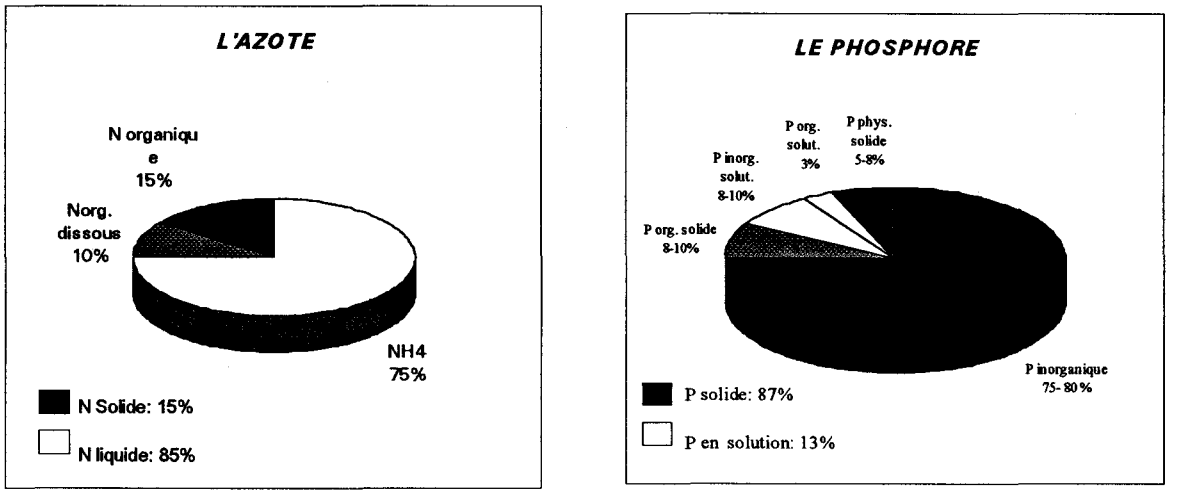
| Source | Nombre d'échant. | Mat. sèche (%) | CONTENU EN kg/t Base sèche | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nt | N-NH4 | P | K |
| Beauchamp (1983) | 141 | 3,3 | 112,1 | - | 27,7 | 45,4 |
| Dionne et al. (1984) | 9(1) | 3,9 | 120,5 | 64,1 | 28,0 | 32,1 |
| Région 03, 1985 | 167 | 2,9 | 110,3 | 79,3 | 22,6 | 34,5 |
| Agr. Canada (Bassin de la riv. St-François (1984)) | 59 | 4,7 | 106,9 | 75,0 | 22,7 | 40,4 |
| Manuel de gestion des fumiers (1983) | - | 3,0 | 100,0 | - | 29,1 | 55,6 |

*SOURCE: Adapté de Couture (1988) et Agriculture Canada (1984)*

Dans les lisiers, l'azote ammoniacal constitue environ 50 à 75 % de l'azote total. Les essais réalisés jusqu'à présent sur les formes de phosphore dans les fumiers et lisiers tendent à démontrer que les formes inorganiques de phosphore constituent au moins 50 % du P total et que la proportion de celles-ci augmente avec le degré de décomposition des fumiers (Peperzak *et al.* 1959; Barnett 1988). Le phosphore organique est principalement retrouvé dans des composés comme l'inositol, les hexaphosphates, les phospholipides et les acides nucléiques alors que la forme inorganique se compose de phosphate mono-calcique, des apatites et struvites, de la variscite et de la strengite. Le potassium est presque entièrement retrouvé sous forme inorganique. La figure 1 présente la répartition de l'azote et du phosphore entre les phases

liquide et solide du lisier de porcs prélevé dans la fosse selon Coillard (1990). Ces résultats vont dans le même sens que ceux de Barnett (1988).

**Figure 1. Répartition de l'azote et du phosphore entre les phases liquide et solide dans un lisier de porcs.**




*Adapté de Coillard (1990)*

Concernant les paramètres de charge polluante, le tableau 3 compare les paramètres de caractérisation de la charge organique entre les eaux usées domestiques, les boues de fosses septiques et le lisier de porcs (dans la fosse). On y constate que la charge organique des lisiers est environ 100 fois plus élevée qu'une eau usée domestique et en moyenne trois fois plus élevée qu'une boue de fosse septique, même si ces dernières représentent un produit ayant déjà subi une séparation mécanique préalable. Les filières de traitement du lisier de porcs doivent donc être distinctes des concepts utilisés pour les produits précédemment cités bien que les grands types de procédés (séparation mécanique, traitement biologique, etc) sont souvent utilisés dans tous les cas.

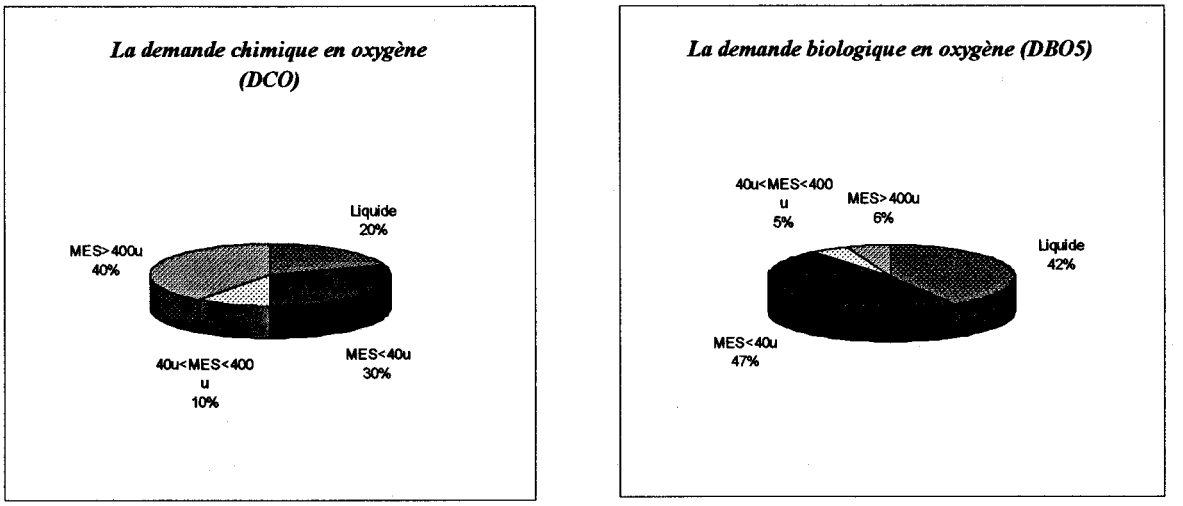
**Tableau 3. Comparaison du lisier de porcs avec les boues de fosses septiques, et les eaux usées domestiques en ce qui a trait aux principaux paramètres de caractérisation de la charge organique**

| PARAMÈTRES | LISIER DE PORCS (a) | BOUES DE FOSSES SEPTIQUES (b) | EAUX USÉES DOMESTIQUES (b) |
|---|---|---|---|
| SOLIDES tot. (%) | 3 - 8 % | 4 % | 0,07 % |
| DCO (mg/L) | 50 000 | 15 000 | 500 |
| $DBO_5$ (mg/L) | 20 000 | 7 000 | 250 |
| MES (mg/L) | 40 000 | 15 000 | 220 |

*(a) : Adapté de Coillard (1990)* *(b) : Adapté de MENVIQ (1988)*

À l'instar des éléments nutritifs, la charge organique totale du lisier se répartit entre différentes fractions ayant des propriétés spécifiques. La figure 2 présente la répartition typique de la DCO et la $DBO_5$ en fonction de la granulométrie des matières en suspension (MES). Cette répartition est exprimée en fonction de la granulométrie des solides du lisier à la figure 3 et traduit le même phénomène, à savoir que les particules présentes dans le lisier se répartissent en deux classes à l'opposé du spectre granulométrique.

**Figure 2. Répartition de la DCO et de la BDO5 en fonction des matières en suspension (MES) dans un lisier de porcs.**



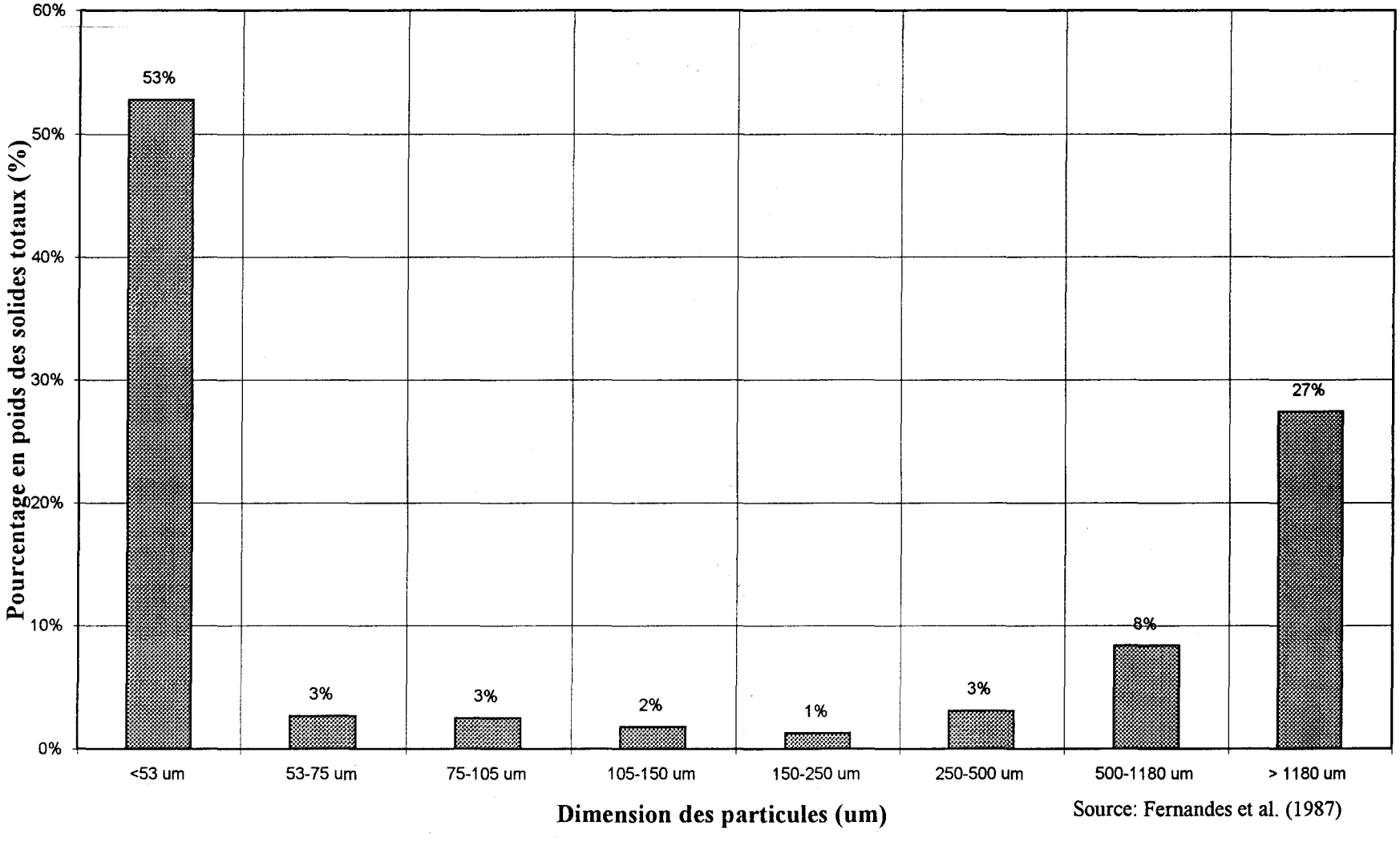

*Adapté de Coillard (1990)*

Selon Sneath (1978), les maxima de ces deux courbes d'allure *gaussienne* se situeraient aux environs de 30 mm (particules décantables) et 1 000 mm (particules faiblement ou non décantables). Ainsi, certains procédés permettront l'élimination des grosses et moyennes particules (tamisage, filtration et pressage, centrifugation, etc) alors que seuls certains autres permettront l'élimination des petites particules (microfiltration, ultrafiltration, etc) (Lasbleiz *et al.* 1991).

Concernant sa composition microbiologique, le lisier de porcs contient environ $10^8$ germes aérobies et $10^7$ germes anaérobies par gramme. Parmi ces germes, environ $6 \times 10^5$ sont des entérobactéries (Ballay et Catroux 1974).

Également, certaines maladies du porc peuvent être transmises via le lisier (salmonelloses, leptosporioses, anthrax, brucellose, érysipèle et colibacilloses). Bien que peu d'accidents graves sont rapportés relativement à la valorisation des effluents d'élevage, les risques de contamination devront être pris en considération dans la conception d'unités de traitement de grandes dimensions.

**Figure 3 Granulométrie des solides exprimée en pourcentage massique des solides totaux**




Source: Fernandes et al. (1987)

# 1.2 Contraintes à la valorisation des lisiers

Le problème des surplus de lisiers dans les zones de concentration des élevages est lié au fait que la fraction de la capacité de support des terres effectivement accessible en termes de marché pour la valorisation agricole des lisiers est insuffisante par rapport à la production. Le terme *taux d'acceptabilité* indique, à un moment donné, le ratio de la superficie des terres où du lisier serait accepté par rapport à la superficie totale des terres qui pourraient théoriquement en recevoir. Il traduit ainsi l'ensemble des contraintes relatives à l'acceptation et à la valorisation des lisiers bruts. Nous traiterons brièvement des contraintes majeures relevées sur le terrain.

## 1.2.1 Contraintes agronomiques

### a) Caractéristiques intrinsèques des lisiers

Les lisiers ont des caractéristiques propres qui les rendent plus difficiles à gérer que les engrais minéraux conventionnels. La valeur fertilisante des lisiers est variable entre les entreprises et à l'intérieur d'une même entreprise, elle est dépendante de plusieurs facteurs comme les proportions minéral-organique des nutriments, la saison d'application, le mode d'épandage et le délai d'incorporation, la culture et le sol récepteur. De plus, peu de méthodes rapides, précises et peu coûteuses sont actuellement opérationnelles sur le marché pour caractériser cette valeur fertilisante. Enfin, pour des conditions données, les produits apportent une quantité fixe et liée en N-P-K, ce qui ne facilite pas l'équilibre entre les besoins d'une culture et l'application d'un produit particulier.

### b) Disponibilité d'équipements d'épandage performants

Peu d'équipements d'épandage permettent à la fois un contrôle de la dose adéquat, une compaction minime et une réduction maximale de la production d'odeurs.

### c) Variation offre-demande des lisiers dans le temps

La production de lisiers des élevages en claustration est régulière tout au long de l'année alors que les jours propices et disponibles pour l'épandage sont relativement peu nombreux si l'on tient compte notamment des périodes d'apport possible selon les cultures, des journées de pluie, des sols inaptes à la circulation de la machinerie au printemps et à l'automne ou suite à une précipitation et d'éventuelles réglementations municipales interdisant l'épandage durant les jours de fin de semaine ou limitant les épandages à proximité des zones résidentielles à cause des odeurs. L'ampleur des surplus varie donc beaucoup au cours de la saison de croissance.

L'utilisation de structures d'entreposage ayant de bonnes marges de sécurité, la mise en place de structures d'entreposage secondaires permanentes ou temporaires situées aux endroits stratégiques, la distribution adéquate des équipements d'épandage performants sur le territoire et la séparation solide-liquide des lisiers sont des moyens disponibles pour minimiser les impacts de cette contrainte.

## 1.2.2 Contraintes environnementales

### a) Introduction récente du concept de PGFI

Les plans de fertilisation ont longtemps été effectués dans le but premier d'obtenir de bons rendements agronomiques et ont rarement pris en considération les aspects environnementaux reliés à la fertilisation. Le service-conseil en fertilisation a également été traditionnellement dominé par les entreprises assurant la vente d'engrais minéraux, ce qui a eu comme conséquence dans plusieurs cas une sous-utilisation du véritable potentiel fertilisant des engrais de ferme. Cependant, les mentalités sont actuellement en train de changer vers une approche plus globale où les engrais organiques pourront être utilisés à leur plein potentiel en conciliant les aspects agronomiques, environnementaux et économiques.

### b) Métaux lourds

Certains constituants du lisier peuvent poser des problèmes lorsque des quantités importantes de lisier sont appliquées sur les mêmes sols durant plusieurs années. On pense particulièrement au cuivre et au zinc. Le sulfate de cuivre est utilisé dans l'alimentation comme facteur de croissance alors que le zinc est employé également dans la moulée comme fongicide. Plus de 95 % de ces additifsne sont pas assimilés par les porcs et se retrouvent dans les déjections (Ziegler et Héduit 1991).

### c) Transmission de maladies

Comme nous l'avons mentionné à la section 1.1, les risques de transmission des maladies du porc par ses déjections est possible bien que peu de cas soient rapportés annuellement.

### d) Éléments de risque divers

- risques de déversements accidentels;
- risques d'accidents routiers avec l'augmentation du transport.

## 1.2.3 Contraintes économiques

### a) Faible valeur marchande des lisiers

Bien que les lisiers possèdent une bonne valeur économique sur la base de leur contenu en éléments fertilisants, soit environ de 4 à 7 $\$/m^3$ dans le cas du lisier de porcs, la valeur marchande est très basse et parfois même négative (de -2 à 2 $\$/m^3$). En effet, certains producteurs en surplus payent le receveur pour éliminer leurs lisiers. Cette valeur marchande varie beaucoup d'un endroit à l'autre au Québec.

Par rapport au coût de la chaîne de gestion des lisiers, cette valeur marchande est négligeable. À titre d'exemple, le coût de gestion des lisiers, excluant l'évacuation et le stockage, pour des terres situées à 10 km est d'environ 8 $\$/m^3$ alors que la valeur marchande moyenne est de 1,50 $\$/m^3$ (Statbec 1989). Le transport des lisiers est la principale composante de ce coût, soit de 50 à 70 %.

Dans un contexte de surplus, il est donc pratiquement impossible d'avoir un marché naturel des lisiers par des tierces parties à moins que les producteurs en surplus déboursent des sommes importantes. Sur cette base, ces producteurs qui auraient à parcourir de longues distances de transport arrivent rapidement à la conclusion que le déplacement de l'élevage est plus rentable du point de vue strictement économique.

Cette contrainte est pour l'instant très difficile à surmonter malgré la recherche pour améliorer la qualité du produit (traitement, désodorisation, etc.) et diminuer les coûts de transport (réduction des volumes). À moyen et à long terme, il est probable que les nouvelles technologies de traitement permettront de lever complètement cette contrainte et de permettre ainsi un marché naturel et même le développement d'une industrie rentable des engrais organiques.

**b) Méconnaissance des véritables coûts de gestion des lisiers par les producteurs**

Actuellement, la plupart des éleveurs évaluent mal les coûts de la chaîne de gestion des lisiers et la perception de ces coûts est souvent très inférieure à la réalité. Ce constat retarde l'implantation de nouvelles méthodes de gestion ou de nouvelles technologies puisque ce sont surtout les coûts d'introduction de nouvelles technologies qui retirent l'attention plutôt que leurs bénéfices sur l'ensemble de la chaîne de gestion des lisiers.

**c) Produits compétitifs**

Les engrais minéraux sont le produit concurrent le plus compétitif par rapport à l'utilisation des engrais organiques. Ils présentent plusieurs avantages par rapport aux engrais de ferme : teneur à la carte en N-P-K, produit inodore et stérile, nombre de voyage requis pour un même apport en éléments de fertilisation de beaucoup inférieur, risque de compaction du sol beaucoup plus faible, service complet pour le producteur si désiré (analyses de sol, plan de fertilisation, produit appliqué sur la parcelle), escompte sur les prix et sur les quantités, concurrence entre les différents fournisseurs, équipements d'épandage performants et faciles à calibrer, etc. .

Au niveau des autres produits concurrents, les boues provenant des stations d'épuration municipales des eaux usées ne sont pas très compétitives étant donné les faibles quantités générées tandis que les composts sont plutôt destinés aux marchés urbain et horticole.

## 1.2.4 Contraintes sociales

**a) Les odeurs**

Les odeurs nauséabondes des lisiers de porcs constituent une des contraintes majeures à leur valorisation car elles sont la principale source de conflits avec les autres usagers du milieu rural. De nombreuses municipalités ont adopté ou s'apprêtent à adopter des mesures législatives spécifiques pour limiter les périodes d'épandage, les zones permises d'épandage ainsi que pour délimiter des zones où l'élevage porcin serait interdit. Le projet de réglementation du MEF sur cet aspect est plus agressif que le précédent tant au niveau de l'épandage qu'au niveau de l'implantation et la modification des installations d'élevage d'animaux et d'entreposage de leurs déjections. Par l'établissement de « zones d'odeurs contrôlées », le projet de règlement du MEF

traite le problème d'odeurs en termes de distances minimales nécessaires autour de tout projet d'installation ou d'agrandissement.

Cependant, des solutions sont disponibles ou le deviendront disponibles à court terme, sur le plan des pratiques d'épandage et des équipements. Aussi, plusieurs technologies de traitement sont spécifiquement adaptées à cette problématique d'odeurs (aération, oligolyse, etc.). Sur ce plan, le traitement des lisiers permet également d'augmenter le taux d'acceptabilité du produit pour les agriculteurs-receveurs potentiels.

**b) La perception sociale des lisiers de porcs**

La perception publique négative des lisiers est liée en partie aux odeurs mais également au fait que ce produit est *à priori* perçu comme un polluant et non comme un fertilisant ou un amendement organique. Cette situation engendre davantage d'intolérance face à l'utilisation agricole des lisiers en général et aux odeurs en particulier.

# Chapitre 2
# Inventaire des technologies d'utilisation et de traitement du lisier de porcs

# 2. INVENTAIRE DES TECHNOLOGIES D'UTILISATION ET DE TRAITEMENT DU LISIER DE PORCS

Les technologies de traitement existantes ont été développées pour répondre à deux types de problèmes particuliers :

- les problèmes techniques ou de nuisances (les odeurs, le problème posé par les solides pour l'homogénéisation, le pompage, les canalisations, etc.);

- les problèmes d'épandage dans les régions où les superficies sont insuffisantes pour la valorisation agricole;

- dans le deuxième cas, qui nous intéresse plus particulièrement, on distingue également diverses stratégies d'action et les technologies s'adressent avec plus ou moins de succès à l'une ou l'autre de ces stratégies :

    - Diminution de la production à la source en volume et en charge des lisiers (via l'alimentation, la gestion de l'eau dans le bâtiment et au stockage, etc.).

    - Augmentation du taux d'acceptabilité des lisiers, qui permettra de réduire les distances à parcourir et les coûts de transport et ainsi minimiser les coûts de gestion des déjections. Cette stratégie convient donc bien *à priori* aux régions où l'augmentation du taux d'acceptabilité engendre effectivement des diminutions significatives de la distance à parcourir pour les épandages.

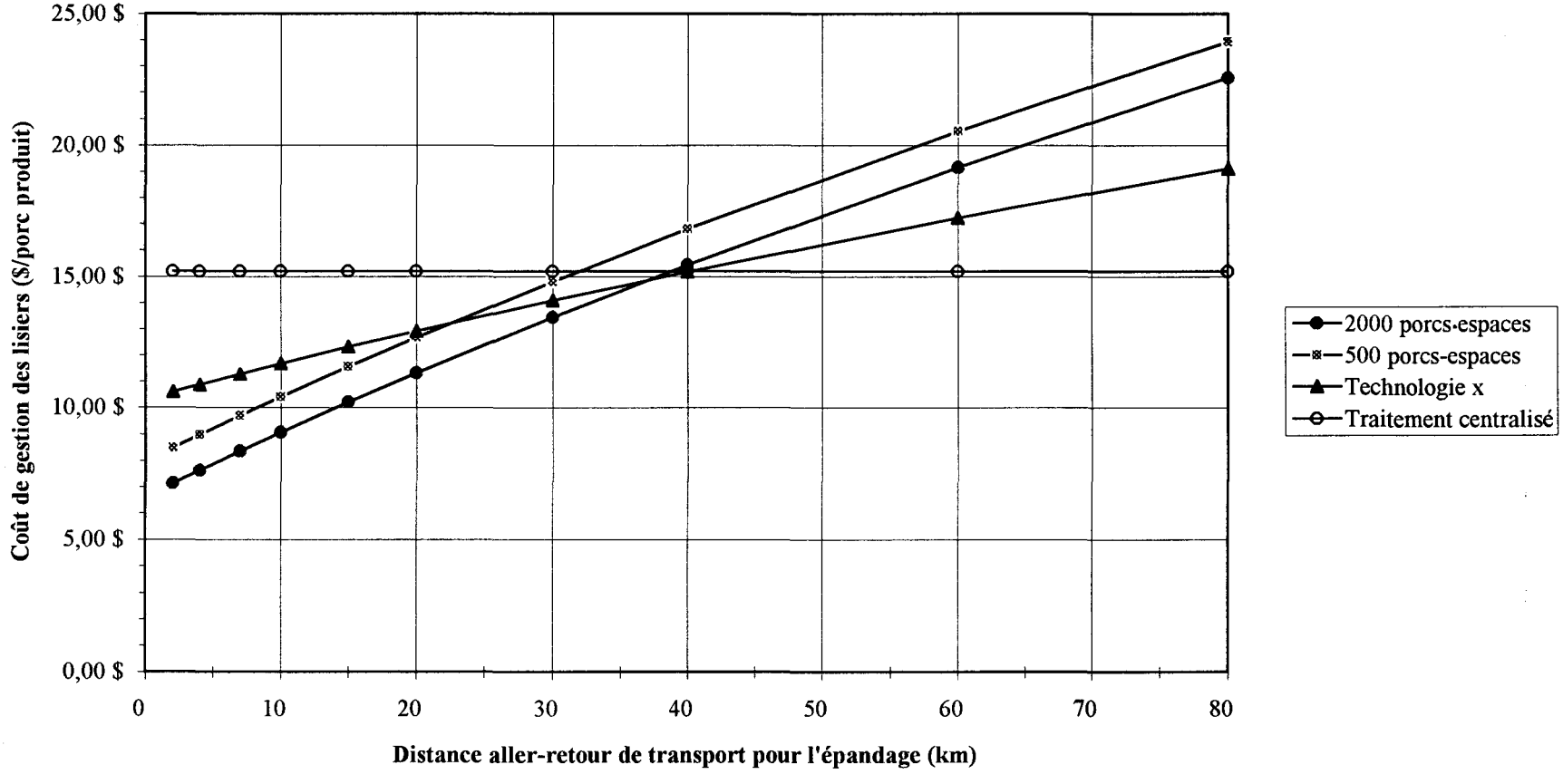
    - Traitement des excédents de lisier, avec exportation de la proportion importante des éléments fertilisants contenue dans une fraction solide de faible volume et facile à transporter. Cette exportation permet de diminuer la charge totale de fertilisants devant être appliquée sur une superficie limitée de terres agricoles. Ce scénario s'applique donc bien dans les régions où les superficies potentielles pour l'épandage des lisiers sont déjà affectées en bonne proportion à cette utilisation, en d'autres mots là où des mesures visant à augmenter le taux d'acceptabilité des lisiers n'auront que peu d'influence sur la diminution des volumes effectifs de surplus.

Sur le plan du traitement, on reconnaît également :

- le traitement centralisé, où l'objectif est généralement de diminuer la charge polluante (N, P, $DBO_5$, DCO, MES) de la charge liquide au point de pouvoir la rejeter ultimement dans l'environnement et de produire une fraction solide riche en éléments nutritifs et ayant un potentiel de valorisation;

- le traitement individuel ou traitement à la ferme, où l'objectif est généralement de concentrer le maximum d'éléments nutritifs dans une fraction solide pouvant avoir un fort potentiel de valorisation et de produire une fraction liquide ayant moins de

**Figure 4 Comparaison des coûts de gestion pour des entreprises en gestion conventionnelle (naisseurs-finisseurs) vs une technologie fictive et le traitement centralisé**



problèmes de nuisance et une plus faible concentration en éléments nutritifs que le lisier brut (odeurs, brassage, obturation des conduites) et pouvant être valorisée par épandage à forte dose et à proximité de l'entreprise qui l'a générée.

On peut également envisager une solution mixte, i.e. que des solides extraits de systèmes de traitement individuels puissent alimenter une ou des unités centralisées de traitement des solides à moindre coût. À l'inverse, l'alimentation d'installations de traitement des eaux usées municipales par des liquides de lisier partiellement épurés à la ferme apparaît plus difficile à justifier sur le plan économique compte tenu des volumes et des distances de transport.

Les grandes régions de concentration des élevages porcins sont confrontées à des problématiques distinctes qui permettront aux technologies présentées dans ce chapitre de ne se révéler rentables qu'à certaines conditions par rapport à une gestion liquide standard des effluents. La figure 4 compare à titre d'exemple deux (2) courbes de coûts de gestion conventionnelle des lisiers pour des entreprises de taille différente de naisseurs-finisseurs et les courbes d'une gestion par traitement centralisé et d'une technologie hypothétique introduite sur ces mêmes entreprises.

Ce graphique exprime d'une part la diminution du coût unitaire de gestion des lisiers en gestion conventionnelle avec l'augmentation de la taille des entreprises. Il indique par ailleurs que la pertinence d'un investissement technologique doit être regardé en fonction de la distance qu'ont ou qu'auront à parcourir les producteurs en gestion conventionnelle. Ainsi, une réglementation spécifique peut amener des producteurs à devoir parcourir des distances plus grandes qu'auparavant, ce qui déplacera les courbes de coûts et pourra rendre accessibles des technologies n'ayant pas été adoptées pour des raisons de coûts. Naturellement, lorsque les distances deviennent théoriquement élevées, il s'avère plus rentable d'établir des unités de traitement centralisé dans les régions mêmes de surplus ou de déplacer les élevages.

Dans la section suivante, on présente un survol des grandes familles de technologies d'utilisation et de traitement du lisier de porcs. Une description générale du fonctionnement, du rendement et des coûts de ces technologies est présentée. Les critères de pré-sélection et les technologies retenues sont présentées au chapitre suivant.

Il est également important de garder en mémoire la figure 1 puisque la répartition différente de l'azote, du phosphore et du potassium entre les phases solide et liquide du lisier aura des conséquences sur l'efficacité des technologies à réduire un ou l'autre de la phase liquide. Ainsi, les technologies de séparation solide-liquide conventionnelles seront assez efficaces pour retenir le phosphore puisque ce dernier est plus intimement associé à la fraction solide du lisier. À l'inverse, ces technologies seront relativement inefficaces pour la diminution de l'azote et du potassium de la fraction liquide.

Les technologies sont séparrées en deux grandes familles, soit les concepts de traitement à la ferme et ceux de traitement centralisé. Les principales technologies de la première famille sont décrites de façon individuelle bien que certains concepts commerciaux peuvent utiliser plusieurs équipements différents de façon consécutive. De même, plusieurs concepts de traitement centralisé adaptent à leur filière de traitement des éléments utilisables à l'échelle de la ferme.

# 2.1 Traitement à la ferme

Dans le traitement à la ferme, on peut distinguer les technologies permettant une gestion sous forme liquide, solide-liquide ou entièrement solide des déjections de porcs.

## 2.1.1 Gestion sous forme liquide des déjections

**Modifications à la chaîne de gestion des des lisiers**

a) Réduction des eaux de dilution au bâtiment

Lemelin *et al.* (1992) soulignent deux voies à privilégier pour réduire la teneur en eau des lisiers de porcs dans le bâtiment :

1) limiter la consommation d'eau en contrôlant le débit du système d'abreuvement et le temps d'accès aux abreuvoirs;

2) contrôler le gaspillage causé par le type ou l'ajustement de l'abreuvoir par exemple en utilisant des abreuvoirs à bol à palette moderne bien ajustés ou des trémies-abreuvoirs (diminution de 40 à 50 % du gaspillage de l'eau).

L'utilisation de trémies-abreuvoirs semble la modification la plus efficace puisque le gain de poids est augmenté et que le taux de conversion alimentaire demeure inchangé. Cependant, un déclassement des carcasses est parfois constaté par rapport à une gestion standard (Fillion 1991).

b) Caves à lisier

Ce concept s'est beaucoup développé en Europe mais n'est pas encore très appliqué au Québec. Il est applicable à des nouveaux bâtiments où le lisier est accumulé sous celui-ci dans des *caves* spécialement conçues à cette fin. Les parcs sont à caillebotis intégral, ce qui permet une réduction importante du nettoyage, assure une propreté adéquate aux animaux, empêche la dilution par les eaux de précipitations, augmente le nombre d'animaux logés par mètre carré ($0,85 m^2$/porc vs $1,0 m^2$/porc en gestion standard) et diminue les risques d'odeurs à l'extérieur du bâtiment. De même, l'absence de glace présente dans les réservoirs extérieurs permet l'utilisation de techniques complémentaires de traitement dans le bâtiment comme l'oligolyse et l'aération.

Par contre, la climatisation et l'aération dynamique sont une nécessité pour l'évacuation des gaz (notamment $H_2S$), le confort des animaux est moindre et les risques de transmission de maladies entre les bandes d'élevage sont supérieurs à ceux d'une gestion standard.

c) Recouvrement des réservoirs à lisier

Le recouvrement des réservoirs à lisiers consiste à installer une infrastructure sur le réservoir qui permet d'éviter le captage des eaux de précipitations et de réduire le dégagement d'odeurs désagréables et la volatilisation de l'azote. Les deux principaux concepts prometteurs pour le Québec sont la toiture avec charpente en bois pour les réservoirs de petites dimensions (60 à 70 pieds de diamètre) et la toiture flottante pour ceux de plus grandes dimensions. Selon des études réalisées chez les Consultants BPR et Texel Inc. (1994), les coûts sont de 60 à 75 $ le mètre

carré et de 60 $ à 90 $ le mètre carré à recouvrir pour respectivement une toiture avec une charpente en bois recouverte de contreplaqué et de bardeaux d'asphalte et une toiture flottante.

Une étude théorique déposée en 1992 (CRIQ *et al.*) au MENVIQ a démontré la pertinence du recouvrement des réservoirs à lisiers pour réduir le volume à gérer (> 10 %) et par le fait même les coûts de transport et d'épandage et pour réduire les pertes d'azote par volatilisation à l'entreposage (diminution d'environ 80 %). Au niveau du dégagement d'odeurs désagréables, la réduction d'émissions imputable à une toiture serait de 80 % en considérant seulement l'entreposage et de 8 % sur l'ensemble de la chaîne de gestion standard (bâtiment, entreposage, transport et épandage). Cela entraîne tout de même une meilleure cohabitation entre les usagers du milieu rural puisque le dégagement d'odeurs en provenance des réservoirs a principalement lieu durant la période estivale. Pour amortir les coûts de la toiture, une réduction de 3 km de la distance de transport requise pour l'épandage serait suffisante dans le cas des entreprises naisseur-finisseur de 500 à 5000 emplacements.

Un autre avantage de l'installation d'une toiture est une certaine augmentation du taux d'acceptabilité étant donné la plus grande concentration en azote du lisier qui en fait un produit plus riche.

d) Technologies d'épandage

Il est possible d'améliorer les aspects agronomiques, environnementaux et sociaux reliés à l'épandage des lisiers avec l'utilisation de nouvelles technologies d'épandage. Le principe de base consiste à appliquer le lisier le plus près possible du sol ou dans les premiers centimètres du sol de surface.

Cela entraîne plusieurs avantages : l'azote ammoniacal est moins soumis aux pertes par volatilisation durant l'épandage et devient donc potentiellement plus disponible aux cultures, le contact plus rapide avec le sol facilite la retenue de l'ion ammonium par les charges négatives des fractions organiques et minérales du sol et de la matière organique et sa transformation graduelle en nitrate plus favorablement assimilable par les plantes et enfin la diffusion des odeurs désagréables par le vent est réduite. Dans le cas d'une incorporation dans les premiers centimètres du sol, les risques de pertes par ruissellement sont considérablement réduits.

Certains désavantages sont cependant associés à ces nouvelles techniques. Les équipements sont plus dispendieux que les équipements conventionnels, le temps requis pour l'épandage est plus élevé et une plus grande attention doit être portée lors de la réalisation de l'activité. Cela entraîne des coûts plus élevés par mètre cube épandu. Également, dans le cas d'une incorporation, le sol de surface ne doit pas présenter une trop grande proportion de fragments grossiers sinon l'application devient impossible. Enfin, dans le cas des prairies, l'équipement d'incorporation doit également briser et pénétrer le système racinaire. Les cultures en rangs relativement espacés comme le maïs se prêtent donc mieux à prime abord à l'incorporation du lisier.

Dans la littérature[9], on mentionne que l'application de lisier en bandes à l'aide d'une rampe d'épandage par rapport à une couverture uniforme par aéroaspersion a diminué les pertes de

[9] *Extraits du mémoire de Gilles Gagné*

42% durant la première heure suivant l'application mais à plus long terme les pertes étaient semblables. Les pertes étaient proportionnellement plus élevées avec les plus faibles quantités appliquées (Pain et Thompson 1989). Toutefois, Pain *et al.* (1988) ont constaté des proportions de perte semblables pour différentes doses de lisier de porcs (20, 40 et 80 $m^3$ $ha^{-1}$).

L'incorporation de l'engrais de ferme au sol est régulièrement mentionnée comme étant une technique permettant de diminuer les pertes par volatilisation (Pain et Thompson 1989) ou, plus indirectement, d'augmenter les rendements (Kemppainen 1986, Larsen 1986, Tunney et Molloy 1986, et Van Der Meer *et al.* 1987). Plusieurs auteurs soulignent également l'importance de ne pas injecter le lisier trop profondément, les éléments nutritifs devenant alors moins disponibles.

Au niveau des odeurs désagréables, Pain *et al.* (1991) ont mesuré les odeurs dégagées par deux (2) engrais de ferme, le lisier de porcs et le lisier de bovins, en relation avec différentes techniques d'incorporation (labour, herse à disques et herse à dents) et différents délais d'incorporation (incorporation immédiate, 3 heures et 6 heures). Sur le plan des types d'engrais de ferme, le dégagement d'odeurs a été plus élevé pour le lisier de porcs que pour le lisier de bovins. Le niveau de dégagement a diminué de façon exponentielle avec le temps : les plus forts taux ont été observés durant les premières heures après l'application suivi de taux plus faibles entre 6 à 60 heures après l'application. Concernant les techniques d'incorporation, l'incorporation immédiate par labour a permis de diminuer de 85 % les quantités d'odeurs dégagées durant la première heure par rapport au témoin tandis que le hersage avec disques a entraîné une diminution de 45 % et le hersage avec dents aucune diminution. Pour une période de 48 heures après l'application, l'émission totale a diminué seulement dans le cas de l'incorporation par labour (48%). Enfin, le report de l'incorporation de 3 ou 6 heures après l'application n'a amené aucune réduction du taux de dégagement. Au niveau des techniques d'épandage, nous pouvons donc présumer que plus l'application est effectuée près du sol et le plus en contact avec celui-ci, moins il y aura d'odeurs dégagées.

L'ammoniac ($NH_3$) est un des composés responsables de l'acidification des précipitations avec le bioxyde de soufre ($SO_2$) et les oxydes d'azote ($NO_x$). Oosthoek (1988) rapporte que pour les Pays-bas, l'apport à l'hectare de $NH_x$ par année représentait 1 380 mol tandis que pour le $SO_2$ et le $NO_x$ les quantités étaient de 980 et 1 570 mol respectivement. Sur l'ensemble des sources de pertes d'ammonium dans les entreprises d'élevage (bâtiments, entreposage, épandage et pâturage), les pertes reliées à l'épandage représentaient 50 % des pertes totales. Pour la Suisse, la part de l'agriculture sur l'ensemble des émissions de $N\text{-}NH_3$ a été évaluée à 88. 5 % en 1985 (Stadelman 1988). Les entreprises d'élevages seraient responsables de 78. 2 % des émissions, ce qui équivaut à une perte de 9,75 kg $N\text{-}NH_3$ $ha^{-1}$ an.

Au Québec, Gangbazo *et al.* (1992) ont constaté que l'épandage de lisier de porcs à la surface du sol modifie les conditions de ruissellement. Les expériences impliquaient différents taux d'épandages, (0, 27 et 54,6 $m^3$ $ha^{-1}$), deux (2) modes d'épandages (en surface et par enfouissement à 20 cm) et deux (2) combinaisons intensité-durée de pluie avec un simulateur (11 mm/h pendant 142 minutes et 22 mm/h pendant 71 minutes). Des caissettes de 0,26 $m^2$ de surface contenant un loam sablo-argileux de surface de la série Coaticook furent utilisées. Les auteurs tirent les conclusions suivantes : l'épandage du lisier en surface a augmenté la précocité du ruissellement causé par la pluie, le sol étant déjà partiellement saturé en eau suite à l'application de

lisier, le volume ruisselé a augmenté suite à l'épandage de lisier à la surface du sol et le taux d'infiltration a diminué. Ces effets seraient attribuables à la forte teneur en eau du lisier qui sature la couche de surface du sol. Le colmatage par les particules solides du lisier serait négligeable. Enfin, l'enfouissement du lisier à 20 cm n'a entraîné aucune différence significative sur la dynamique du ruissellement (précocité et volume).

Lalime (1990) a évalué les pertes de nutriments dans les eaux de ruissellement et les sédiments érodés suite à des applications de lisier de porcs et de fumiers de bovins laitiers. L'expérience a été réalisée à l'automne suite à des récoltes de foin et de maïs. Trois (3) taux d'épandage ont été utilisés (0, 40 et 80 t $ha^{-1}$) et deux (2)modes d'épandage (surface et enfouis). Un simulateur de pluie a été utilisé pour deux (2) intensités (63 mm/h pendant 10 minutes et 8,4 mm/h pendant 75 minutes) apportant une quantité d'eau égale de 10,5 mm. Les quatre-vingts (80) parcelles de 1,5 m X 5,0 m chacune ont été délimitées à l'aide de parois métalliques. Le loam argileux Coaticook était le sol en place et la pente variait entre 10 et 13 %. Notons que l'application de la dose de 80 t $ha^{-1}$ de lisier de porcs sur trois (3) parcelles de maïs a entraîné un ruissellement direct d'une partie de l'application.

L'auteur souligne que la couverture végétale a influencé le volume d'eau ruisselé, les parcelles cultivées en maïs ont en moyenne engendré des volumes onze (11) fois plus importants que celles en foin. L'application de fumier en surface ayant moins saturé le sol que celle de lisier, les volumes ruisselés ont été quatre (4) fois moins importants pour les parcelles recevant du fumier. L'incorporation par labour a eu un effet très significatif sur les pertes de nutriments dans les eaux ruisselées. Par exemple, les pertes d'azote total ont été en moyenne de 0,0033 kg $ha^{-1}$ lorsque l'engrais organique était incorporé comparativement à 5,5 kg $ha^{-1}$ lorsque non incorporé, soit des pertes 1 666 fois supérieures. Enfin, la dose appliquée a directement influencé la quantité de nutriments perdue dans les eaux de ruissellement, soit, par exemple, 0,96 kg $ha^{-1}$ d'azote total en moyenne dans le cas des parcelles de maïs recevant 40 t $ha^{-1}$ et 2,0 kg $ha^{-1}$ pour celles recevant 80 t $ha^{-1}$.

Un avantage indéniable des nouvelles technologies d'épandage est une augmentation du taux d'acceptabilité étant donné la plus grande disponibilité de l'azote du lisier et la réduction des nuisances olfactives soit une réduction estimée de 52 % par rapport une gestion standard (CRIQ *et al.* 1992).

**Modifications apportées au lisier**

a) Produits biologiques ajoutés à l'alimentation

Certains additifs alimentaires peuvent être ajoutés aux aliments des porcs dans le but d'augmenter l'assimilation de l'azote et du phosphore par les animaux ou de diminuer le dégagement d'odeurs des déjections produites.

Au niveau de l'assimilation du phosphore, l'utilisation de la phytase microbienne (une enzyme) a fait passer le pourcentage de digestibilité de 26. 5 à 44. 2 % dans le cas d'une alimentation à sec et de 25. 3 à 52. 4 % dans le cas d'une alimentation de type "soupe" lors de recherches effectuées en France (Caldier 1993). Dans le cas de l'azote, des recherches se poursuivent en Europe sur l'utilisation d'enzymes pour améliorer la digestibilité des protéines et donc diminuer

les quantités requises de protéines dans les moulées. Du côté des odeurs, certains produits sont commercialisés (ex. : "De-odorase") et semblent relativement efficaces mais coûteux.

Bien que prometteuse, l'utilisation de produits biologiques ajoutés à l'alimentation doit faire l'objet de recherches supplémentaires pour être recommandée.

b) Produits biologiques ou chimiques ajoutés au lisier

Coillard (1982) classe les produits ajoutés au lisier pour diminuer les odeurs selon leur mode d'action, soit : 1) les désinfectants bloquant l'émission d'odeurs, 2) les produits masquants et 3) les désodorisants biologiques. Il note que les résultats obtenus sont variables et souvent non reproductibles, que les effets secondaires de certains produits sont inconnus sur la végétation et que ces produits sont dispendieux.

Yu *et al.* (1990) n'ont détecté aucune différence significative entre un lisier de porcs témoin et ceux traités avec les produits commerciaux "Bio-gest" et "Nature-aid" au niveau du dégagement de $H_2S$. Mackenzie *et al.* (1992) ont étudié différents produits ajoutés au lisier de porcs en laboratoire pour évaluer la réduction des odeurs. La tourbe de sphaigne, l'acide phosphorique, l'acide sulfurique, le phosphate monocalcique, le soufre élémentaire, le carbonate de calcium et l'oxyde de calcium furent ajoutés à 1,013 kg de lisier. Seule la tourbe de sphaigne (4 % d'ajout en poids) a permis une réduction sensible du dégagement d'odeur dans le cas du traitement non aéré. On peut cependant souligner quelques points d'interrogation concernant la faisabilité et la pertinence écologique en conditions réelles de l'ajout de tourbe de sphaignes dans les réservoirs à lisier.

Des considérations économiques et pratiques font que les produits ajoutés au lisier pour diminuer les odeurs ne sont pas recommandables présentement.

c) Stabilisation aérobie des lisiers

Concernant ce type de traitement, il faut distinguer d'abord l'*épuration biologique aérobie*, qui, via des techniques communes à celles employées dans le traitement des eaux usées urbaines, vise un traitement poussé de l'influent favorisant son rejet dans le réseau hydrographique et la *désodorisation par aération*, qui vise principalement à régler le problème des odeurs reliées au lisier.

Dans le premier cas, la filière typique comprend un pré-traitement par tamisage, des bassins d'aération et de décantation, un système de recyclage des boues, et des équipements de séchage et/ou d'épandage des boues en excès. Ces dernières représentent des volumes non négligeables d'environ 10 kg de M.S. par porc engraissé sur lisier tamisé. Ces techniques permettent d'obtenir des résultats intéressants mais au prix d'investissements et de frais énergétiques importants. Ils sont donc intégrés en partie ou en totalité dans les filières de traitement complet et sont peu adaptables à la ferme (Coillard 1982).

Dans le second cas, il s'agit soit d'un traitement du lisier pendant toute la durée de stockage, avec ou sans tamisage préalable (*stockage aéré*), soit d'un traitement de désodorisation et de stabilisation avant stockage, mieux connu sous le nom de *stabilisation aérobie mésophile*.

En stockage aéré, la désodorisation s'effectue à température ambiante par aération journalière de la masse de lisier pendant toute la durée du stockage. L'aération et le brassage sont réalisés simultanément à l'aide d'aérateurs de surface, d'hydroéjecteurs ou d'injecteurs d'air. Les dépenses énergétiques sont de l'ordre de 130 à 170 Wh/porc/jour (20 à 25 kWh/porc produit) pour des lisiers complets et de 100 à 130 Wh/porc/jour (15 à 20 kWh/porc produit) pour les lisiers tamisés. Ces résultats vont dans le même sens que ceux de Williams *et al.* (1989), qui ont déterminé des besoins énergétiques de l'ordre de 110 à 225 Wh/porc/jour pour l'obtention d'un lisier stable après 18 à 56 jours de traitement. Cette technique est bien adaptée à des durées de stockage relativement courtes (< 3 mois). L'aspect énergétique est particulièrement important puisqu'en traitement aéré, Cumby (1987) a établi que les coûts énergétiques d'un système d'aération représentent près de 15 % de la marge brute moyenne par porc produit.

La stabilisation aérobie mésophile implique un tamisage et un traitement d'oxydation dans une série de réacteurs successifs d'aération, isolés thermiquement et opérés à 35°C. Cette température élevée permet une évaporation durant le traitement (15 à 20 % du volume entrant). Parallèlement à la désodorisation, le lisier subit un début d'épuration plus important qu'en stockage aéré (chute de $DBO_5$, de DCO et de N total d'environ 80 %, 50 % et 45 % respectivement) bien qu'insuffisant pour un rejet au réseau hydrographique. La dépense énergétique est de l'ordre de 110 Wh/porc/jour (16 kWh/porc produit). Le coût d'investissement et d'opération sont plus importants qu'en stockage aéré mais peut se justifier dans des zones où le stockage de longue durée avec un contrôle serré des odeurs est nécessaire.

Sur le plan environnemental, quelque soit le système, la DBO du lisier stabilisé est nettement inférieure à celle du produit brut et la réduction porte surtout sur la fraction dissoute, ce qui diminue les risques de pollution organique par les eaux de ruissellement (Ballay et Catroux 1974). De même, la réduction de l'azote permet de réduire la charge totale en cet élément fertilisant dans les zones de concentration des élevages. Toutefois, ces pertes se font sous forme d'azote gazeux mais principalement sous forme d'ammoniac, qui est lié à la production de précipitations acides.

d) Stabilisation anaérobie des lisiers

La stabilisation anaérobie des lisiers revêt un double intérêt sur le plan de la gestion des effluents: un intérêt énergétique, par la production d'un biogaz récupérable et un intérêt environnemental, via une stabilisation de l'effluent et une réduction des odeurs.

Le processus bactérien est relativement complexe et fragile et implique des phases de production fermentative, acétogène et méthanogène. La vie bactérienne est influencée principalement par la température de digestion (optimum entre 25°C et 35°C) et ses variations, la concentration des solides du lisier (optimum autour de 4 kg de solides volatils (SV)/$m^3$ de digesteur/jour selon Fischer *et al.* (1981)), le pH et le pouvoir-tampon, la concentration en ammonium libre et le contenu en divers produits (métaux, nutriments, antibiotiques).

Le lisier est un substrat relativement variable mais les solides volatils représentent environ 80 % des solides totaux, 50 % des solides volatils étant dégradables en biogaz. En général, le taux de production de biogaz est de l'ordre de 20 $m^3$ de biogaz par $m^3$ de lisier brut, soit l'équivalent d'environ 0,1 à 0,2 $m^3$ gaz/porc/d. Un biogaz typique est principalement constitué de $CH_4$ (54 -

80 %), de $CO_2$ (20 - 45 %) et de $H_2S$ (0,1 - 0,5 %). La teneur en énergie moyenne du biogaz est d'environ 24 $MJ/m^3$ alors que celle du gaz propane est d'environ 46 MJ/kg (Poels *et al.*, 1983). L'énergie produite par des installations à la ferme servent habituellement à l'alimentation d'une génératrice de courant électrique pouvant chauffer l'eau du système de chauffage du lisier mais elle peut également être utilisée pour le chauffage des bâtiments ou le séchage des récoltes. Entre 15 et 30 % de la production totale d'énergie brute du biogaz est habituellement nécessaire pour le chauffage initial du lisier.

Fischer *et al.*(1981) ont évalué la pertinence économique d'une unité de traitement anaérobie alimentant les besoins thermiques et électriques d'une entreprise de production de 3 200 porcs/an. L'analyse réalisée avec les méthodes de la valeur présente nette et de la valeur coût/bénéfice ont démontré qu'un investissement de 63 000 $ (en $ 1979) ne serait rentable que dans la mesure où les coûts de l'électricité et du propane seraient de l'ordre de 0,08 $/kW-h et 0,29 $/L respectivement.

La contrainte majeure à l'implantation de cette technologie à la ferme demeure la question des coûts dans la mesure où le coût des sources d'énergie alternatives demeurent relativement basses au Québec. De même, l'opération d'une unité de traitement anaérobie exige un certain niveau technique compte tenu de la complexité et de la fragilité duprocessus. Le niveau de réduction des paramètres de charge (acides gras volatils, $DBO_5$, DCO) est assez élevé, de même que le niveau de réduction des odeurs. Toutefois, dans l'optique d'une gestion en région de concentration d'élevage, la teneur absolue en éléments fertilisants (N,P, K) demeure la même.

e) Oligolyse

Cette technologie constitue un traitement électrochimique du lisier qui inhibe le développement des micro-organismes responsables de la formation des composés malodorants. L'utilisation de différentes électrodes placées dans le réservoir à lisier induit la formation de certains électrolytes, principalement le $Cu^{++}$et dans une moindre mesure le $Fe^{3+}$, qui ont un effet inhibiteur sur l'activité microbiologique. D'autres résultantes du traitement sont aussi observées telle qu'une réduction de la DCO (25 %), de l'azote total (15 %) et de l'azote ammoniacal (25 %) et une meilleure homogénéisation du lisier. Ces effets seraient imputables à une plus grande stabilisation de la fraction organique et par un relargage plus rapide de l'azote causé par l'oligolyse (Alfa-Laval).

Ce procédé est étudié surtout en Europe et notamment en Italie. Certaines questions demeurent sans réponse comme l'accumulation des ions métalliques dans le lisier et le comportement du procédé pour des réservoirs soumis à des basses températures et au gel. La problématique engendrée par une concentration en cuivre du lisier traité d'environ le double de celle normalement observée engendre à elle seule un inconvénient majeur, particulièrement dans les régions déjà en surplus de lisiers de porcs. L'oligolyse nécessite donc encore des recherches fondamentales et des essais pilotes avant de pouvoir devenir une technologie recommandable pour nos conditions.

Toutefois, le gain sur la charge d'odeurs par rapport à une gestion standard (-56 % selon CRIQ *et al.*, 1992) permettrait sûrement d'augmenter le taux d'acceptabilité et ainsi la distance de transport requise pour une saine utilisation agricole du lisier mais dans la mesure où les cultures et les sols récepteurs ne seront pas sensibles ou déjà chargés en cuivre. Bien qu'aucune étude

spécifique ne semble avoir été effectuée sur les teneurs en cuivre des sols de surface en zone de surplus de lisier de porcs au Québec, cette dernière situation risque bien d'être celle retrouvée en zone de surplus puisque les sols récepteurs présentent déjà des teneurs très élevées en phosphore (Simard *et al.*, 1992).

f) Vidange avec rinçage (*flushing*)

Ce système prévoit la réception des déjections dans des rigoles peu profondes installées sous le plancher latté et rincées périodiquement avec du lisier traité. Le traitement du lisier peut être réalisé via une aération ou une acidification de celui-ci dans des réservoirs de stockage extérieurs.

Plusieurs variantes à ce système sont possibles. Le système américain consiste à écouler la fraction liquide des déjections par gravité et de rincer la fraction solide environ six (6) fois par jour avec du lisier traité. Le système italien permet de stocker dans le fond de la pré-fosse du liquide de rinçage dans le lequel tombe le lisier. Ce mélange est évacué trois ou quatre fois par jour avec du liquide de rinçage, ce qui nécessite des pompes de rinçage assez puissantes. Enfin le système danois suppose également l'accumulation d'environ 10 cm de lisier traité dans le fond de la pré-fosse mais un système de vannes permet de renouveler le liquide et d'évacuer du même coup le lisier, ce qui est moins exigeant au niveau équipement que le système précédent (Buelna *et al.* 1992).

Le *flushing* implique des avantages et des inconvénient à considérer (Jones *et al.* 1982) :

Avantages :

- Diminution des coûts initiaux;
- Réduction des odeurs dans le bâtiment;
- Adaptation pour la conversion de bâtiments d'autres élevages;
- Économies d'énergie;

Inconvénients :

- Pertes d'éléments fertilisants (par rapport à un système de stockage sous le bâtiment);
- Risques de bris mécaniques;
- Possibilité de transmission de maladies;
- Possibilité de besoins de ventilation supplémentaires.

## 2.1.2 Gestion sous forme solide-liquide des déjections

Cette forme de gestion est rendue nécessaire à cause de l'utilisation de technologies de séparation fèces-urine ou de séparation de phases solide-liquide des lisiers. On distingue sur ce plan les concepts de séparation mécanique, gravitaire ou par filtration.

En séparation solide-liquide, l'*efficacité de séparation* (separator efficiency), telle que définie par Pain *et al.*, (1978), est mesurée par le % pondéral de la matière sèche du lisier qui se retrouve dans la fraction solide :

$$\frac{\text{M. S du lisier brut (kg) - M. S. de la fraction liquide (kg)}}{\text{M. S. du lisier brut (kg)}} \qquad (1)$$

Cette méthode d'évaluation est également applicable aux teneurs en éléments fertilisants des lisiers (N,P,K). Certains auteurs utilisent plutôt comme mesure d'efficacité le *taux d'enlèvement* d'un paramètre de l'effluent par rapport au lisier brut :

$$\frac{\text{Concentration en M. S. du lisier brut (\%) - concentration en M. S. de la fraction liquide (\%)}}{\text{Concentration en M. S. du lisier brut (\%)}} \qquad (2)$$

Cette distinction est fondamentale pour l'analyse de la littérature existante. La façon de présenter les résultats de la première équation est particulièrement d'intérêt dans le contexte des régions de surplus de lisier puisque la stratégie habituellement visée est de permettre l'exportation des éléments fertilisants contenus dans la fraction solide hors de la zone de concentration des élevages. La proportion massique de réduction d'un paramètre indique donc directement la diminution de la charge de ce paramètre appliquée sur le territoire. La seconde équation est plus souvent utilisée pour mesurer l'atteinte des objectifs de traitement des effluents dans une approche traditionnelle de traitement des eaux usées. Les résultats présentés dans cette section spécifient dans la mesure du possible quelle méthode de calcul a été utilisée par les auteurs.

### Séparation mécanique

a) Les tamis

Cette catégorie d'équipement regroupe tous les concepts de tamisage passif où aucune pression n'est exercée sur le lisier. Elle regroupe donc les équipements de tamisage statique, incliné ou vibrant et les tambours rotatifs.

Trois facteurs importants régissent l'efficacité de ce type d'équipement :

la matière sèche du lisier

De façon générale, malgré certains résultats de la littérature (Chiumenti *et al.* 1990), l'efficacité d'extraction des solides est d'autant plus élevée que la teneur initiale des lisiers en matière sèche est élevée.

la dimension des mailles des tamis

L'efficacité d'extraction diminue lorsque les mailles sont trop larges (>750mm) alors que les risques de colmatage et la teneur en eau des solides augmente lorsque celles-ci sont trop fines (Prince et Hill 1985). La dimension optimale pour le lisier de porcs se situerait à environ 400 - 500mm.

le débit

Plus le débit est élevé, plus le % de matière sèche des solides extraits diminue.

Avec des lisiers bruts d'environ 4 à 5 % de siccité et des ouvertures de mailles d'environ 500mm, la siccité des solides extraits est d'environ 10 à 20 %, ce qui pose des problèmes de teneur en eau et de porosité pour le compostage sans agent structurant. Les taux d'enlèvement de la matière sèche et de N, P et K sont respectivement de 5-20 %, 5-10 %, 5-15 % et 2-7 %. Les débits moyens pour ce type d'équipement est de l'ordre de 10 à 40 $m^3/d$, ce qui permet de traiter la production d'environ 1 500 à5 000 porcs-espaces en incluant les pertes d'eau au bâtiment et les précipitations.

L'avantage principal de ces équipements est que le principe de fonctionnement est simple, qu'ils sont faciles à opérer et que les risques de bris mécaniques sont faibles. Quelques concepts commerciaux existent aux États-Unis et en Europe mais il est difficile de préciser le coût actuel de ces équipements. De façon générale, les tamis sont surtout utilisés comme pré-traitement dans certaines filières de traitement centralisé où une épuration poussée de la fraction liquide est envisagée. Puisque ce sont surtout les éléments les plus grossiers qui sont retenus,cette technologie s'avère également utile pour minimiser les problèmes des installations de pompage.

b) Les pressoirs

Les pressoirs sont des équipements qui mettent en oeuvre une phase de compression mécanique et de tamisage du matériel. Ils incluent donc les tambours rotatifs avec rouleaux-presseurs, les presses à rouleaux avec brosse rotative, les presses à bandes et les presses à vis. Ils sont généralement plus performants que les tamis à cause de cette phase de compression supplémentaire.

Les facteurs d'influence de l'efficacité du système sont similaires à ceux des tamis, soit la matière sèche initiale du lisier, la dimension des mailles (le cas échéant) et le débit d'entrée.

Les presses à rouleaux avec brosse rotative ont surtout été testés avec du lisier de bovin avec lequel on extrait environ 20 % en volume de solides à 15-25 % de siccité. Un concept commercial permettant de traiter 10 - 20 $m^3/h$ est distribué au Québec à un coût de 15 000 - 20 000 $. La puissance requise du moteur est de 1,1kW, ce qui est faible par rapport aux presses à vis.

Les tambours rotatifs avec rouleau presseur permettent d'extraire en volume environ 20 % des lisiers dans une fraction solide à 15-20 % de siccité. Les débits moyens de ces équipements sont généralement élevés, 30-40 $m^3/h$ avec tamis de 2 000mm et 5-15 $m^3$ avec les tamis de 500mm, et les besoins énergétiques sont raisonnables, de l'ordre de 0,05-0,06 $kWh/m^3$ même avec un moteur d'essai de 3,7kW. Peu d'équipements de ce type sont disponibles actuellement au Québec. Le concept de tambour rotatif distribué au Québec par Fournier est particulier dans le sens où il a surtout été développé pour des boues industrielles (pâtes et papier, boues de fosses septiques). Les performances obtenues sur une base expérimentale avec le lisier de porcs ont été peu concluantes compte tenu des coûts élevés de ces équipements et malgré l'utilisation de floculants.

Les presses à vis assurent une siccité élevée (30-40 %) des solides extraits et un rendement d'extraction volumique de l'ordre de 15-30 %, dépendamment de la siccité initiale des lisiers. Les débits des équipements commerciaux sont relativement faibles, de 2 à 10 $m^3/h$, mais suffisants

pour des entreprises de petite ou moyenne taille. Les rendements d'extraction dans la phase solide de N,P et K sont respectivement de l'ordre de 15-20 %, 20-35 % et 10-15 %. Les coûts d'acquisition des équipements commerciaux sont de l'ordre de 15 000 à 40 000 $, ce qui s'amortit assez bien pour une entreprise de taille moyenne.

Les réserves concernant les presses à vis réfèrent le plus souvent à la difficulté de création d'un *bouchon* de solides constant dans le temps et donc de rendre le traitement autonome.

c) Les décanteurs centrifuges

Le principe de la centrifugation avec ou sans floculant a été adapté à la problématique de traitement des lisiers. La siccité des solides extraits avec cette technologie est de l'ordre de 15 à 30 % et le rendement d'extraction des solides est beaucoup plus élevé avec des polymères que sans ajout de polymères. Les travaux de Sneath (1988a) montrent que le taux d'enlèvement des solides augmente avec la teneur initiale en solides des lisiers bruts, ce qui est conséquent avec les autres traitements mécaniques mais contraire à ce dont on aurait pu s'attendre puisque l'augmentation de la siccité des lisiers s'accompagne d'une augmentation de sa viscosité et donc d'une plus grande difficulté théorique de décantation.

Plusieurs concepts commerciaux sont disponibles bien qu'ils s'adressent particulièrement au traitement des boues. Les prix sont par ailleurs élevés compte tenu de la capacité limitée des équipements (2-10 $m^3/h$) et du rendement de ces équipements par rapport aux autres concepts mécaniques disponibles. Sneath *et al.* , (1988c) ont comparé les coûts des infrastructures et des opérations pour quatre (4) systèmes de traitement pour des fermes types de 2 000 et 8 000 porcs-espaces :

(1) Séparation (presse à rouleaux avec brosse rotative (PRBR)) + aération;

(2) Centrifugation + aération;

(3) Aération du lisier brut + centrifugation;

(4) Séparation + aération + centrifugation.

Pour les fermes de 2 000 porcs-espaces où le stockage désiré après traitement est de 30 jours, le traitement (1) est plus rentable pour les lisiers dont la siccité est supérieure à 3 % alors que l'aération du lisier brut est plus intéressante lorsque les lisiers ont une siccité inférieure à 3 %.

Pour les fermes de 8 000 porcs-espaces où le stockage désiré après traitement est de 30 jours, la centrifugation complétée par l'aération (2) est moins chère, suivie de près par la séparation avec presse et aération (4). L'analyse économique de ces systèmes est partielle dans la mesure où elle considère principalement la diminution du coût de stockage.

d) Les toiles filtrantes

Le concept des toiles filtrantes repose sur la séparation des fèces et de l'urine sous le caillebotis du bâtiment à l'aide d'une toile mobile. L'originalité du concept tient dans ce que la séparation a lieu avant le mélange des deux fractions. Compte tenu que la proportion fèces-urine dans les déjections prises *sous la queue* est de l'ordre de 55-45 %, des rendements de séparation très élevés sont en principe atteints.

Mis à part le concept de micro-tamis de Fernandes *et al.* (1987), le rendement d'extraction volumique est de l'ordre de 35 à 50 %, ce qui est très élevé par rapport aux autres méthodes mécaniques. De même, le rendement massique d,extraction des éléments fertilisants N, P et K dans la fraction solide sont respectivement de l'ordre de 60, 90 et 40 %, ce qui devient intéressant dans un contexte de région de surplus.

Malheureusement, aucun concept commercial n'est véritablement opérationnel à l'heure actuelle. Également, le procédé de séparation ne confère aux solides que peu de porosité et cette fraction devrait être supplémentée avec un agent structurant adéquat si le compostage est envisagé.

En se basant sur les données économiques de Kroodsma et Poelma (1985), Dobbelaere (1988) a comparé les coûts d'une installation de toile filtrante pour une entreprise de 1 000 porcs-espaces avec ceux d'une entreprise "classique" avec stockage du lisier dans des canaux à lisier sous les caillebotis. Celui-ci a établi que les investissements supplémentaires requis pour le concept de toile filtrante étaient de l'ordre de 34,64 $/porc-espace (866FB/p-e). Sur le plan des frais annuels, l'auteur considère que la vente de la fraction solide couvre les coûts de valorisation de la fraction liquide et que le coût de valorisation de la fraction liquide est de 2,20 $/m$^3$ (55FB/m$^3$) est gestion classique, ce qui représente globalement une dépense supplémentaire de 2,28 $/porc produit (57,10FB).

Kroodsma (1986) a pour sa part calculé que pour des aménagements de toile filtrante avec des canaux longitudinaux, les investissements supplémentaires requis pour des entreprises de 500 et 1 000 porcs seraient respectivement de l'ordre de 35,90 $ et 22,50 $/porc-espace par rapport à un concept standard avec stockage des lisiers sous le caillebotis.

Il est donc probable que les coûts sous nos conditions soient plus avantageux compte tenu que notre concept de gestion standard est plutôt celui d'un stockage extérieur avec une proportion importante d'eaux de précipitations et que le coût d'épandage des lisiers est plus élevé dans les régions en surplus que ceux utilisés par Dobbelaere.

**Séparation gravitaire**

La sédimentation est basée sur la densité différentielle entre les solides et la fraction liquide des lisiers. Ce principe est appliqué dans la conception de bassins de lagunage ou de réservoirs de décantation.

Piccinini *et al.* (1987) ont testé l'efficacité d'un système de cinq (5) lagunes en série pour le traitement du lisier de porcs. La siccité des solides obtenus a été faible mais la siccité des lisiers bruts utilisés n'était que de 1 %. Les auteurs concluent que l'utilisation de 3 à 4 lagunes en série permettraient l'extraction de boues représentant environ 10 % en volume avec un temps de rétention global de 30 jours. Les lagunes à ciel ouvert posent par ailleurs les problèmes de la dilution par les précipitations, le problème de la manutention de solides non pelletables et le problème des odeurs.

Gilbertson *et al.* (1987) ont d'autre part analysé les performances de réservoirs de décantation munis de trop-pleins avec tamis. Ces systèmes ont été peu utilisés à cause des problèmes de corrosion des tamis, des risques de colmatage et des frais de maintenance élevés.

Voermans et Kleijn (1988) ont conçus à l'échelle de la ferme des réservoirs de décantation où les lisiers sédimentent suite à un traitement préalable avec des polymères cationiques. L'efficacité du système est influencé entre autres par la température, la teneur initiale en solides et la granulométrie des solides. Malgré l'utilisation de polymères, la siccité des solides est demeurée sous la barre des 10 %. Le rendement d'extraction volumique et celui de la matière sèche et du phosphore sont en contrepartie relativement élevés.

Peu d'auteurs ont réalisé une véritable étude sur la pertinence économique de tels systèmes. Également, aucun système basé essentiellement sur le principe de la décantation n'est commercialisé pour des applications reliées au lisier de porcs à la ferme. À tout le moins, ce principe peut être appliqué pour un pré-traitement des lisiers préalable à une traitement plus poussé d'épuration des liquides et de déshydratation de la fraction solide.

### 2.1.3 Traitement sous forme solide des

**Élevages sur litière biomaîtrisée**

Cette technique s'applique essentiellement à des entreprises de finition où les porcs sont élevés sur une litière accumulée ou profonde (70cm) de paille ou de sciure. Une homogénéisation horizontale et verticale des déjections avec la litière de même qu'une aération superficielle est réalisée de façon mécanique ou manuelle sur une base régulière. Le compostage de la litière assure une élévation de la température qui permet l'évaporation d'une fraction des liquides et une certaine hygiénisation de la litière. Des inoculants commerciaux sont habituellement utilisés pour activer le procédé de compostage et contrôler les odeurs.

Cette technique remporte un certain succès depuis une dizaine d'années en Europe et des essais ont été réalisés sur quelques fermes au Québec à titre expérimental. Les résultats de ces essais montrent que sous nos conditions, trois bandes d'élevage peuvent être conduites sur une même litière de sciure et que la réduction des volumes à gérer est de l'ordre de 75 % par rapport à une gestion conventionnelle sur lisier avec eaux de dilution et de précipitations dans un réservoir non couvert. Cette réduction implique également une gestion uniquement solide des déjections, ce qui fait l'originalité et la force de ce concept par rapport à d'autres technologies à la ferme (séparateurs, tamis etc. ) qui nécessitent une gestion à la fois solide et liquide des déjections.

Les performances zootechniques enregistrées au Québec actuellementavec cettetechnique sont supérieures ou égales à la moyenne provinciale des éleveurs de la même catégorie qui ont une gestion sur lisier. Enfin, le comportement des porcs s'améliore sur litière biomaîtrisée par rapport à leur comportement habituel sur plancher semi-latté et cet environnement permet de mieux satisfaire des besoins fondamentaux pour le porc (exploration, jeu, etc. ).

Sur le plan environnemental, l'élevage sur litière biomaîtrisée permet une amélioration de plusieurs paramètres d'ambiance du bâtiment par rapport à une gestion standard sur lisier, notamment la diminution du niveau des bactéries Gram négatives et des gaz dont l'ammoniac ($NH_3$). Il permet toutefois la prolifération de bactéries thermoactinomycètes et de moisissures comme *Aspergillus fumigatus*, qui peuvent avoir des effets négatifs sur la santé humaine. Le port de masques de protection respiratoire est donc recommandé.

Les pertes d'azote au bâtiment en litière profonde sont importantes et se font principalement sous forme de $N_2O$, $NH_3$, $NO_2$ et NO, le premier étant vu comme un gaz à effet de serre alors que les trois suivants sont associés à la génération de précipitations acides. Par contre, le compostage permet de diminuer la proportion d'azote sous forme d'ammonium ($NH_4^+$) d'un niveau d'environ 75 % dans les lisiers à un niveau d'environ 20 à 40 % dans la litière, cela au profit d'une forme organique moins facilement lessivable dans le sol. Pour le phosphore, des gains environnementaux sont prévisibles étant donné l'état solide des composts et la diminution des pertes par ruissellement associées aux applications de lisier. À moins que l'élevage ne se poursuive sur plus de cinq bandes sur la même litière, les risques environnementaux reliés au cuivre ou au zinc sont à toutes fins pratiques inexistants.

Enfin, la technique permet des gains très appréciables concernant le contrôle des odeurs, tant dans le bâtiment qu'à la reprise, au transport et à l'épandage. En se basant sur la méthode proposée par Buelna *et al.* (1992), la litière biomaîtrisée obtient la note odeur de 1 comparativement à 10 pour une gestion sur lisier sans technique de traitement (l'échelle étant de 1,0 à 10 avec efficacité décroissante pour le contrôle des odeurs).

**Évaporation forcée**

Cette technique a été développée par deux sociétés françaises et a d'abord été appliquée au traitement de lixiviats de lieux d'enfouissement sanitaire, puis adapté au traitement du lisier de porcs.

Le principe du procédé baptisé AIRBI EAU repose sur un traitement biologique par lagunage aéré couplé à une évaporation forcée du lisier. La lagune aéré dégrade les composés volatils afin de minimiser les impacts sur la qualité de l'air après évaporation. Après un tamisage, le lisier est finement pulvérisé via des buses de micronisation dans une serre tunnel parcourue par un courant d'air mis en mouvement par une série de ventilateurs disposés à une extrémité de la serre. L'air pulsé à l'intérieur étant sous-saturé, le système permet l'évaporation progressive des aérosols formés et la cristallisation des solutés sur le sol de la serre (Amar et Courant 1992). Le débit de lixiviat est régulé automatiquement en fonction des conditions météorologiques instantanées (température, hygrométrie de l'air).

La capacité maximale de traitement de ce type d'installation est de 10 000 $m^3$/an. La période d'exploitation en conditions européennes est de l'ordre de 100 jours par an durant la belle saison et de 10 heures par jour avec une hygrométrie de l'air toujours inférieure à 80 % (Coillard 1990).

Malgré l'optimisme des fabricants, compte tenu des caractéristiques particulières du lisier de porcs et des conditions climatiques particulières à l'Amérique du nord, la recherche en cours sur cette filière de traitement devra permettre de régler plusieurs problèmes potentiels :

- les problèmes techniques (bouchage des buses, capacités évaporatrices réelles sous nos conditions, etc.);
- les problèmes environnementaux (nuisances olfactives, pertes d'azote par *stripping*, etc.);

- les problèmes sanitaires (dissémination de germes pathogènes dans l'air, santé des travailleurs, etc.).

Selon les promoteurs, les coûts d'investissement et d'exploitation du procédé AIRBI EAU est comparable à des procédés complets d'élimination de la pollution tels que l'adsorption, l'oxydation totale ou la filtration. Compte tenu que les normes de rejet françaises des eaux de lixiviation sont sévères, les coûts risquent donc d'être élevés par rapport aux autres techniques de gestion disponibles.

## 2.2 Traitement centralisé

Les unités de traitement centralisées visent la transformation des déjections en produits solides exportables hors de la zone immédiate de concentration des élevages et en effluents suffisamment épurés pour être rejetés dans les eaux de surface.

Ces unités impliquent la mise en commun d'effluents de plusieurs entreprises dans des régions de fortes concentrations d'élevage où la réduction à la source et les échanges de lisier ne permettent de diminuer sensiblement les coûts de dispositiondes lisiers.

### 2.2.1 Concepts-pilotes en Europe

En Europe, les principaux pays ayant expérimenté des concepts-pilotes de traitement centralisé sont naturellement ceux aux prises avec des problèmes régionaux importants de surplus de lisier, soit les Pays-Bas (Nord-Brabant et Limbourg), l'Allemagne (Basse-Saxe), la France (Bretagne) et la Belgique (Flandres ouest et est).

La stratégie des Pays-Bas en gestion des surplus de lisier repose sur trois (3) axes d'intervention que sont la réduction à la source, les échanges de lisiers via la Banque à lisier informatisée (*Mestbank*) et le traitement des excédents qui n'ont pas trouvé preneur.

Aux Pays-Bas, la conception d'unités de traitement centralisées est réalisée en fonction de plusieurs exigences particulières :

- des normes sévères de rejet dans l'eau et l'air;
- l'utilisation d'un lisier brut le plus concentré possible en matière sèche (12-15 % m.s.) permettant la production d'un grande quantité de résidus solides par $m^3$ de lisier traité;
- la production d'un résidu solide le plus riche possible en éléments fertilisants (N, P, K, mat. org. ) pour augmenter sa valeur marchande;
- la production d'un résidu solide le plus sec possible pour permettre une exportation sur de longues distances.

Ces contraintes expliquent les choix technologiques effectués par les hollandais, notamment les filières utilisant des techniques de pré-concentration (floculation-décantation, pompage des fonds de fosses, etc), de procédés conservant N, P, K et la matière organique initiale des lisiers, de

séchage thermique et de granulation des solides, d'évaporation de la fraction liquide, du traitement de l'air, etc.

Cinq (5) filières de traitement centralisé étaient à l'essai dans ce pays en 1993, dont les trois plus connues sont les stations de Helmond, au nord Brabant (projet PROMEST), d'Appledoorn (projet MEMON) et d'Hengelo, dans le Twente (projet MESTECH).

Le constat global sur ces essais sont à l'effet que toutes ces filières sont encore au stade expérimental. Indépendamment des choix technologiques, plusieurs questions restent en suspens, notamment la capacité totale de traitement à prévoir dans les unités opérationnelles, la taille optimale des unités et les lieux d'implantation, bref le compromis à réaliser entre les économies d'échelle et les frais de transport aux usines. À ce stade-ci, la taille prévue des unités devraient se situer entre 500 000 t/an et 2M t/an. Les coûts de traitement actuels se situent entre 10 et 20 $/m$^3$.

En France, les niveaux de traitement sont moins poussés qu'aux Pays-Bas compte tenu des normes imposées. Quelques projets-pilotes sont également en cours, principalement dans l'ouest du pays :

- Le pilote OTV, en cours à la station d'épuration des eaux d'Yffinac, dont la filière repose sur un pré-traitement par centrifugation et un traitement biologique de type boue activée en aération prolongée.

- Le pilote Agroclar, en cours à Andel, qui utilise le procédé tchèque BIO-ARMOR dans une unité-pilote de 1 000 porcs-espaces. Cette filière utilise un tamisage préliminaire, suivi d'un pré-traitement physico-chimique (alun ou chaux) et d'un traitement biologique par boues activées avec injection d'air. L'application en vraie grandeur viserait des unités semi-collectives regroupant un certain nombre d'élevages voisins (10 000 - 15 000 porcs-espaces).

- Le pilote Saint-Ségal, dans le Finistère, utilisant le tamisage, le pressage, des fosses d'oxygénation et de décantation.

- Le pilote du CEMAGREF de Rennes, en cours depuis décembre 1990 dans le Finistère (procédé SOLEPUR), qui utilise une parcelle de sol comme agent naturel de nitrification, un réacteur de dénitrification inoculé par du lisier brut et une parcelle d'épuration finale. Les doses appliquées sont de l'ordre de 1 000 à 5 000 m$^3$/ha/an apportées en huit (8) doses entre avril et octobre.

À l'échelle européenne, le programme Euralclar, développé par Lafarge-Fondu International, est également en branle et des développements simultanés sont en cours en France, en Belgique et aux Pays-Bas. Il est évidemment difficile d'obtenir des renseignements techniques précis sur tous les procédés de traitement développés dans une optique commerciale.

## 2.2.2 Concept-pilote au Québec

Le seul véritable concept-pilote de traitement centralisé au Québec est celui réalisé et opéré à Saint-Elzéar-de-Beauce entre 1986 et 1988 sur un prototype traitant la production d'une entreprise de 2 000 porcs-espaces (Aquatech 1988a, 1988b, 1989; Vallée *et al.* 1989).

Ce concept impliquait un pré-traitement par tamisage mécanique, un traitement aérobie à haut rendement avec désorption de $NH_4$+, nitrification-dénitrification et lagunage aéré et enfin l'irrigation finale de l'effluent. Les superficies nécessaires à l'épandage de l'effluent final représentent 6 % des besoins requis pour l'épandage du lisier brut.

Les projections réalisées sur des concepts de 10 000 à 50 000 porcs-espaces indiquent que le coût du traitement régional incluant le transport du lisier brut à l'usine serait de l'ordre de 15 $/porc produit, ce qui rend cette solution attrayante dans les zones de concentration des élevages lorsque les distances de transport pour l'épandage des lisiers bruts en gestion standard sont supérieures ou égales à 30 kilomètres aller-retour. On peut donc prévoir que les concepts de traitement centralisés soient justifiables dans le noyau des zones de concentration des élevages.

# Chapitre 3
# Critères d'évaluation des impacts des technologies et justification de la pondération retenue

# 3. CRITÈRES D'ÉVALUATION DES IMPACTS DES TECHNOLOGIES ET JUSTIFICATION DE LA PONDÉRATION RETENUE

Afin de permettre un évaluation des technologies sur une base équitable, nous avons établi une grille d'analyse avec pointage. L'impact des technologies est considéré en fonction de critères agronomiques, environnementaux, économiques et sociaux. Le poids de chacun de ces groupes de critères s'établit comme suit :

- Critères agronomiques : 25 %
- Critères environnementaux : 30 %
- Critères économiques : 25 %
- Critères sociaux : 20 %

Pour chaque facteur à l'intérieur d'un groupe, une note de 0 à 10 sera attribuée. La gestion *standard* des lisiers de porcs servira de cadre de référence et l'on attribuera une note de 5 si la technologie n'entraîne aucun changement par rapport à ce critère. Ce système standard sous-entend une installation avec un plancher semi-latté, le nettoyage des rigoles par gravité, l'évacuation par pompage, l'entreposage dans une fosse circulaire en béton sans toiture, aucun traitement de lisier et l'épandage par aéroaspersion.

Pour un critère donné, une technologie ayant une performance inférieure à la technologie standard aura donc une note entre 1 et 4. À l'inverse, une technologie ayant une performance supérieure à la gestion standard se verra attribuer une note entre 6 et 10. Ainsi, une technologie n'induisant globalement aucun changement par rapport à la technologie de référence aura une note globale de 50 %.

Dans le cas où un facteur implique une impossibilité agronomique, environnementale, économique ou sociale pour l'introduction d'une technologie, celle-ci sera rejetée même si elle démontre des avantages importants pour certains domaines.

## 3.1 Critères agronomiques (12; poids de 25 %)

1. Adaptation au contexte québécois (15 %)

Il s'agit ici d'évaluer l'adaptabilité de la technologie au contexte québécois. Il est possible, par exemple, qu'une technologie soit moins performante ou inapplicable au Québec étant donné les conditions climatiques.

2. Adaptation à la ferme (15 %)

Il s'agit ici d'évaluer l'adaptabilité de la technologie pour l'entreprise agricole porcine. Les bâtiments d'élevages ont été conçus avec certaines caractéristiques relativement standards et il faut évaluer l'implication d'une technologie à ce niveau.

3. Valeur fertilisante du ou des produits (10 %)

Il s'agit ici d'évaluer l'effet de la technologie sur la valeur fertilisante du ou des produits. Certaines technologies peuvent entraîner une perte celle-ci (volatilisation de l'azote ammoniacal par exemple) tandis que d'autres peuvent l'augmenter (concentration des éléments fertilisants par exemple).

4. Contenu et valeur en matière organique du produit (5 %)

Il s'agit ici d'évaluer l'effet de la technologie sur la quantité et la qualité de la matière organique obtenue suite à l'application des produits organiques. Les sols de certaines régions agricoles présentent des taux faibles en matière organique et une augmentation de ce taux diminuerait dans certains cas les risques de dégradation.

5. Homogénéité de la valeur fertilisante (10 %)

Il s'agit ici d'évaluer l'effet de la technologie sur l'homogénéité de la valeur fertilisante des produits organiques pour déterminer les quantités requises par les différents couples parcelles-cultures.

6. Compaction des sols (5 %)

Il s'agit ici d'évaluer l'effet de la technologie sur le risque de compaction des sols agricoles. La compaction des sols est un des phénomènes responsables de la dégradation des sols.

7. Périodes d'apport possibles (10 %)

Il s'agit ici d'évaluer l'effet de la technologie sur les périodes d'apport possibles. Il se peut qu'une technologie permette une plus ou moins grande disponibilité pour les périodes où l'apport des produits organiques est possible.

8. Cultures réceptrices (5 %)

Il s'agit ici d'évaluer l'effet de la technologie sur la réceptivité des produits organiques par les différentes cultures. Il est possible qu'une technologie augmente ou diminue l'éventail des cultures pouvant recevoir les produits organiques.

9. Conditions de manutention (5 %)

Il s'agit ici d'évaluer l'effet de la technologie sur les conditions de manutention des produits organiques. Il est possible qu'une technologie améliore ou détériore les conditions de manutention des produits, soit la reprise, le transport et l'épandage.

10. Taux de conversion alimentaire (5 %)

Il s'agit ici d'évaluer l'effet de la technologie sur le taux de conversion alimentaire des aliments fournis aux animaux. Il est possible qu'une technologie diminue ou augmente le taux de conversion alimentaire.

11. Risques sanitaires (5 %)

Il s'agit ici d'évaluer l'effet de la technologie sur les risques sanitaires. Il est possible qu'une technologie augmente ou diminue les conditions propices au développement de maladies ou autres désordres physiologiques.

12. Besoins en biomasse (5 %)

Il s'agit ici d'évaluer l'effet de la technologie sur les besoins en biomasse (pailles, copeaux, tourbes, etc. ). Certaines technologies peuvent avoir des besoins en biomasse nuls, faibles, modérés, élevés, très élevés ou impossibles à satisfaire sans changement majeur dans la situation actuelle des productions végétales. Les usages possibles de la biomasse peuvent être au niveau de la litière, du compostage à l'intérieur ou à l'extérieur du bâtiment d'élevage ou d'un ajout dans l'optique d'un centre de traitement régional.

## 3.2 Critères environnementaux (12; poids de 30 %)

1. Émissions de composés volatils polluants (5 %)

Il s'agit ici d'évaluer l'effet de la technologie sur l'émission de composés volatils polluants. Certaines technologies peuvent amener une réduction ou augmentation plus ou moins importante du niveau de dégagement de certains composés volatils polluants (volatilisation de l'azote entraînant une acidification des précipitations par exemple).

2. Compatibilité aux règlements (10 %)

Il s'agit ici d'évaluer la compatibilité de la technologie par rapport aux règlements actuellement en vigueur. Il est possible que certaines technologies soient incompatible avec la réglementation gouvernementale actuelle.

3. Impacts sur le taux d'acceptabilité (10 %)

Il s'agit ici d'évaluer l'influence de la technologie sur le taux d'acceptabilité des produits organiques. Étant donné son importance pour assurer une distribution environnementale optimale des produits et faciliter leur répartition, il est important d'évaluer ce facteur.

4. Transfert des polluants (20 %)

Il s'agit ici d'évaluer l'influence de la technologie sur les risques de transferts des éléments nutritifs et des composantes retrouvés dans les produits organiques vers le milieu naturel (eau, air, sol). Cette évaluation sera globale étant donné la multitude de variables pouvant influencer ce transfert.

5. Volumes à gérer (5 %)

Il s'agit ici d'évaluer l'influence de la technologie sur les volumes à gérer des produits organiques. La diminution ou l'augmentation des volumes à gérer a une importance pour l'évaluation des risques environnementaux.

6. Consistance des produits (10 %)

Étant donné que les produits solides engendrent généralement moins de risques environnementaux que les produits liquides, chaque technologie sera évaluée en fonction des changements apportés à la consistance des produits en tenant compte des proportions, s'il y a lieu.

7. Risques de déversement (5 %)

Les risques de déversement accidentel augmentent avec les besoins de transport et ils sont plus importants pour les produits liquides que pour les produits solides. Nous évaluerons donc ce facteur selon les technologies.

8. Risques d'accidents ponctuels (5 %)

Il s'agit ici d'évaluer l'influence de la technologie sur les risques d'accidents environnementaux pouvant se produire ponctuellement lors de l'utilisation d'une technologie.

9. Homogénéité de la valeur fertilisante (10 %)

Le contrôle des doses requises pour les différentes cultures est un facteur important pour augmenter l'efficacité environnemental des épandages des produits organiques. Certaines technologies peuvent faciliter ce contrôle.

10. Périodes d'apport possibles (10 %)

Les périodes d'apports possibles pour l'utilisation des produits organiques sont un facteur important du point de vue environnementale. Par exemple, une technologie qui permettrait des applications à la fin de la saison de croissance sans augmenter les risques environnementaux permettrait d'augmenter les périodes d'apports possibles et engendrait une amélioration environnementale pour la répartition des produits.

11. Ajout de substances nocives (5 %)

L'ajout de substances nocives lors de l'utilisation d'une technologie peut rendre celle-ci partiellement ou totalement inacceptable du point de vue environnemental. Certains technologies impliquent l'ajout de telles substances et il s'agit ici d'évaluer le risque à court, moyen ou long terme.

12. Besoins en biomasse (5 %)

Il s'agit ici d'évaluer l'effet de la technologie sur les besoins en biomasse. Certaines technologies peuvent nécessiter des besoins en certains types de biomasse non renouvelables ce qui entraînerait une réduction des superficies et du nombre de certains écosystèmes à protéger.

## 3.3 Critères économiques (15; poids de 25 %)

1. Coûts d'implantation (10 %)

Étant donné la conjoncture économique actuelle, les coûts d'implantation d'une technologie sont un facteur primordial à considérer.

2. Coûts d'opération (10 %)

Étant donné la marge de manoeuvre des entreprises porcines et les fluctuations cycliques des revenus provenant de la vente des animaux, il est important d'évaluer ce facteur. Les coûts énergétiques que peuvent entraîner l'utilisation d'une technologie sont un exemple des composantes de ce facteur.

3. Volumes à gérer (10 %)

Les volumes à gérer sont une composante très importante du coût de la gestion de gestion des lisiers de porcs. Une technologie qui diminuerait les volumes à gérer amenerait une réduction sensible de ce coût.

4. Équipements et infrastructures requis (5 %)

Pour certaines technologies, des équipements et infrastructures peuvent être requis. Il faut s'assurer que ceux-ci sont disponibles et, sinon, dans quel laps de temps le deviendront-ils.

5. Disponibilité des produits requis (5 %)

Certaines technologies nécessitent l'ajout de produits à l'une ou l'autre des étapes de la production. Il faut s'assurer que ceux-ci sont disponibles et, sinon, dans quel laps de temps le deviendront-ils.

6. Besoins en main-d'oeuvre (10 %)

Certaines technologies impliquent une augmentation ou une diminution du besoin en main-d'oeuvre non spécialisée. Certaines technologies nécessitent la présence permanente ou temporaire de main d'oeuvre spécialisée. Une variation du coût de production peut donc être engendrée par l'adoption d'une technologie. La mise en place d'un centre de traitement en région est un exemple de cette situation.

7. Niveau d'accessibilité en fonction de la taille de l'entreprise (5 %)

Certaines technologies sont applicables seulement pour des entreprises produisant une quantité minimale donnée d'effluents d'élevage. Dans certaines situations, l'adoption d'une technologie ne pourra se réaliser que pour un certain nombre de producteurs ou par l'entremise d'un regroupement de producteurs.

8. Impacts sur le taux d'acceptabilité (10 %)

En situation de surplus, le coût de transport des produits organiques diminue avec l'augmentation du taux d'acceptabilité. Une technologie améliorant celui-ci amènerait une diminution du coût de transport des produits organiques.

9. Marché potentiel pour le produit transformé (5 %)

Il est possible qu'une technologie augmente le marché potentiel des produits organiques, ce qui peut entraîner une augmentation de la demande et de la valeur du produit en autant que les produits sont offerts à des prix concurrentiels par rapport aux produits équivalents.

10. Périodes d'apport possibles (5 %)

Actuellement, les périodes d'apport possibles sont limitées et ceci engendre une augmentation des coûts. Une technologie qui augmenterait les jours disponibles pour les applications des produits organiques ferait diminuer les coûts reliés à la distribution des produits organiques.

11. Besoins de formation et en support technique (5 %)

Des besoins de formation et de support technique peuvent être nécessaires pour l'adoption d'une technologie. Cela engendre des coûts supplémentaires qui doivent être considérés.

12. Possibilités d'économie d'échelle en zone de concentration (10 %)

En zone de concentration, certaines technologies peuvent entraîner une économie d'échelle étant donné le volume de lisier disponible à l'intérieur d'une distance donnée. Il s'agit ici d'évaluer l'importance de ce facteur pour chaque technologie.

13. Possibilités d'expansion de la production porcine (5 %)

Si l'adoption d'une technologie favorise les possibilités d'expansion de la production porcine, ce facteur devient important étant donné l'activité économique généré par ce secteur.

14. Impacts sur l'industrie récréative et touristique et le développement résidentiel (5 %)

Il s'agit ici d'évaluer l'effet de la technologie sur l'industrie récréative et touristique et le développement résidentiel étant donné que certaines technologies peuvent diminuer plus ou moins les nuisances olfactives et la pollution des points d'eau. De nouveaux usages possibles du territoire pourront donc être favorisés et entraîner une activité économique non négligeable.

## 3.4 Critères sociaux (9; poids de 20 %)

1. Présence d'expertise technique régionale (10 %)

Il s'agit ici d'évaluer la présence d'expertise technique régionale pour permettre, s'il y a lieu, la diffusion d'une technologie. Certaines technologies peuvent nécessiter des compétences techniques qui ne sont pas disponibles en région.

2. Possibilité d'effets d'entraînement (10 %)

Pour une technologie favorable, la possibilité d'un effet d'entraînement sera un atout important pour faciliter son implantation.

3. Développement durable (20 %)

Il est primordiale d'évaluer si une technologie s'inscrit dans le cadre d'un développement durable de l'agriculture. Une vision globale à long terme doit donc être envisagée si l'on ne veut pas se retrouver avec des conséquences défavorables dans l'avenir.

4. Responsabilité légale (10 %)

La responsabilité légale des applications des produits organiques est en partie sous la juridiction du receveur des produits organiques. Une technologie qui diminuerait le risque de poursuite judiciaire pour le receveur serait socialement favorable.

5. Impacts sur l'image publique de la production animale (5 %)

Tant au niveau locale, régional, provincial et international, l'introduction d'une technologie qui améliore l'image publique de la production porcine ne pourra qu'être bénéfique.

6. Nuisances olfactives (20 %)

Les nuisances olfactives engendrées par la production porcine peuvent être une cause importante de mésententes sociales. Toutes technologies qui entraîneraient une réduction des émissions d'odeurs désagréables seraient bienvenues pour améliorer les rapports sociaux.

7. Risques et dommages environnementaux (10 %)

Les risques et les dommages environnementaux engendrés par la production porcine peuvent être une cause importante de mésententes sociales. Toute technologie qui entraînerait une réduction de ces risques et dommages serait bienvenue pour améliorer les rapports sociaux.

8. Équité régionale et provinciale (10 %)

Il est important du point de vue de la justice sociale de ne pas favoriser une technologie qui entraînerait certains avantages pour certains groupes de producteurs ou pour certaines régions. Étant donné les caractéristiques et les pré-requis nécessaires pour l'adoption de certaines technologies, il est très important de considérer ce facteur.

9. Restriction à la production et moratoire (5 %)

La présence de restriction à la production et de moratoires peuvent favoriser l'adoption de certaines technologies étant donné que certaines régions sont très dépendantes de la production porcine dans le cadre de l'ensemble de leur activité économique. Par exemple, si des restrictions à la production sont implantées, par une réglementation, une technologie peut s'avérer beaucoup plus intéressante pour respecter cette réglementation.

# Chapitre 4
# Évaluation des technologies de gestion des lisiers et des fumiers

# 4. ÉVALUATION DES TECHNOLOGIES DE GESTION DES LISIERS ET DES FUMIERS

La section 2.2 a présenté une vaste gamme de technologies pouvant s'appliquer à un stade ou à un autre de la chaîne de gestion des lisiers. Nous prenons pour acquis que les stratégies de traitement à la ferme et de traitement centralisé sont pertinentes, voire même complémentaires, dans le cadre d'un plan de gestion des surplus de lisier de porcs d'un territoire donné.

Les technologies retenues en pré-sélection doivent répondre à un certain nombre de critères de base :

- avoir une action positive significative sur la réduction des volumes à gérer, sur l'exportation hors de la zone de concentration des élevages d'une fraction non négligeable des éléments fertilisants contenus dans les lisiers bruts ou sur l'augmentation du taux d'acceptabilité des lisiers dans la zone de concentration des élevages ou à sa périphérie immédiate;
- être applicables sur le plan technique dans le contexte québécois et sur le plan économique dans le contexte de compétitivité de l'industrie porcine;
- être pertinentes sur le plan environnemental (conservation des éléments fertilisants, diminution des odeurs, etc. );

Certaines technologies n'impliquent des effets positifs significatifs que lorsqu'elles sont couplées à d'autres technologies. Certaines combinaisons applicables à la ferme ont donc été retenues pour évaluation dans la grille d'analyse. De même, certaines technologies ne sont pas économiques à la ferme mais peuvent être utilisées à une étape donnée d'une filière de traitement centralisé.

## 4.1 Technologies retenues

Pour le traitement à la ferme, certaines technologies de gestion sous forme liquide des effluents ont été conservées pour fins d'analyse car elles permettent de contrôler les odeurs, de réduire les volumes à la source ou au stockage ou d'augmenter la matière sèche du lisier.

Ces technologies sont :

- le recouvrement des réservoirs à lisier avec utilisation d'épandeurs à rampes ou à injection;
- le recouvrement des réservoirs à lisier avec oligolyse;
- le recouvrement des réservoirs avec aération dans la fosse;
- les produits biologiques ajoutés à l'alimentation;
- le traitement aérobie des lisiers dans la fosse;
- les caves à lisier avec aération;
- la vidange avec rinçage;

Dans cette catégorie, les produits biologiques ou chimiques ajoutés au lisier n'ont pas été retenus. Les produits biologiques ajoutés au lisier ne sont pas retenus compte tenu de leur coût élevé et de leur efficacité variable sur l'atténuation des odeurs. C'est un secteur relativement prometteur mais qui nécessite encore de la recherche et du développement.

Les principaux produits chimiques ajoutés au lisier sont les agents bactériostatiques ou désinfectants, les agents acidifiants ou chaulants et les oxydants. L'emploi de bactériostatiques ou d'oxydants n'est pas rentable considérant les doses nécessaires à une certaine efficacité et les risques d'effets secondaires sont trop grands dans l'état actuel de la recherche. Les agents acidifiants préviennent la production d'ammoniac mais les coûts impliqués sont également élevés et les effets des lisiers acides sur l'environnement sont trop mal connus. La chaux est assez efficace comme agent stabilisateur mais elle ne favorise pas la conservation de l'azote ammoniacal des lisiers.

La stabilisation anaérobie n'a pas été retenue comme concept à la ferme compte tenu des coûts d'implantation et d'opération de ce type de système et du niveau d'expertise technique nécessaire pour l'opérer. Ce procédé demeure toutefois intéressant comme élément d'une chaîne de traitement centralisé.

Dans le **traitement à la ferme**, plusieurs technologies de gestion sous forme solide ou solide-liquide des effluents ont été retenues pour fins d'analyse détaillée. Ces technologies sont:

- les pressoirs;
- les décanteurs centrifuges;
- les toiles filtrantes;
- l'élevage sur litière biomaîtrisée.

Les trois premières technologies impliquent la gestion de deux fractions distinctes. La fraction solide déshydratée peut être valorisée comme telle sur la ferme, compostée à la ferme pour une utilisation locale ou l'exportation ou dirigée dans un centre de traitement centralisé pour une commercialisation à l'extérieur de la zone de concentration des élevages. La fraction liquide issue de ces technologies peut être valorisée à proximité de la ferme à doses supérieures à celles des lisiers bruts.

L'élevage sur litière biomaîtrisée assure une gestion entièrement solide des déjections.

Dans cette catégorie de technologies de **gestion solide ou solide-liquide des déjections**, les tamis n'ont pas été retenus comme concept à la ferme étant donné la faible efficacité de séparation obtenue. Ces équipements sont plus pertinents comme pré-traitement dans des filières semi-collectives ou centralisées. De même la séparation gravitaire par bassins ou par réservoirs conçus à cette fin n'a pas été retenue à cause de son efficacité réduite, de la faible siccité des solides obtenue et des problèmes d'odeurs et de manipulation des solides dans le cas des bassins à ciel ouvert.

En ce qui a trait aux technologies de **gestion solide**, l'évaporation forcée n'a pas été retenue *à priori* considérant les risques d'échec technique de ce concept sous nos conditions climatiques, la

capacité de traitement limitée des installations, les coûts d'opération élevés prévisibles, notamment les coûts énergétiques, les risques d'odeurs et les risques sanitaires associés.

Le concept de **traitement centralisé** est retenu *à priori* car sa pertinence économique est justifiable dans le noyau des zones de concentration des élevages où l'augmentation du taux d'acceptabilité n'a plus d'influence significative sur la disponibilité de terres pour l'épandage et où les distances d'épandages théoriques pour les lisiers bruts sont très élevées. La filière précise de ce concept centralisé reste à définir sur le plan technique mais on prend pour acquis que les solides issus du traitement peuvent être économiquement exportés hors de la zone de concentration des élevages et que les liquides peuvent être rejetés dans les eaux de surface environnantes.

## 4.2 Évaluation quantitative des technologies et justifications

Les résultats de l'évaluation des technologies pré-sélectionnées sont présentés sous forme résumée au tableau 4. La pondération s'effectue d'une part entre chacun des quatre (4) groupes de critères (agronomiques, environnementaux, économiques et sociaux) et d'autre part à l'intérieur de chaque groupe suivant une échelle de 1 à 10, 10 représentant la note la plus favorable et 5 représentant la note pour la gestion standard, tel qu'expliqué à la section 3.1.

Les notes finales sur 100 étant référées à la note moyenne de 50 % attribuée à la gestion standard, celles-ci semblent peu discriminantes à première vue. Nous avons donc exprimé les pointages à la ligne suivante en termes de gain en pourcentage par rapport à la gestion standard. Cette valeur traduit mieux les écarts évalués entre les technologies. Nous justifierons brièvement les notes attribuées à chaque groupe de technologies.

### 4.2.1 Technologies de gestion sous forme liquide des déjections

#### a)Évaluation de la cave à lisier

Les caves à lisier sont déclassées sur le plan agronomique puisqu'elles ne sont adaptables qu'à des bâtiments neufs et que le fait de stocker les lisiers directement sous les porcs augmente les risques de maladies. Toutefois, l'absence de structure d'entreposage extérieure est pertinente au contexte québécois pour la diminution des eaux de précipitations et pour l'augmentation de la valeur fertilisante du produit.

Sur le plan environnemental, les aspects sont plutôt positifs puisque la technologie réduit les volumes à gérer, est compatible aux règlements en vigueur et à venir, notamment sur le plan des odeurs, et somme toute augmente le taux d'acceptabilité du produit.

**Tableau 4 Résultats de l'évaluation des technologies d'utilisation et de traitement des lisiers de porc dans le cadre de la conception d'une politique de contrôle de la pollution provenant des établissements de production**

| **No. de la technologie →** | **Poids relatifs (%) ↓** | **(1)** | **(2)** | **(3)** | **(4)** | **(5)** | **(6)** | **(7)** | **(8)** | **(9)** | **(10)** | **(11)** | **(12)** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Impacts agronomiques ↓ % →** | 25 | 12.9 | 16.6 | 14.3 | 15.6 | 12.5 | 13.4 | 16.8 | 16.8 | 16.8 | 15.9 | 17.5 | 18.1 |
| Adaptation au contexte québécois → | 20 | 7 | 8 | 3 | 8 | 7 | 2 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 8 |
| Adaptation à la ferme → | 15 | 1 | 8 | 8 | 9 | 2 | 8 | 6 | 6 | 6 | 4 | 3 | 5 |
| Valeur fertilisante du produit → | 10 | 7 | 8 | 5 | 4 | 6 | 3 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 9 |
| Contenu et valeur en matière organique du produit → | 5 | 7 | 7 | 6 | 5 | 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 9 |
| Homogénéité de la valeur fertilisante → | 10 | 5 | 6 | 8 | 5 | 5 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 9 |
| Compaction des sols → | 5 | 7 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 8 |
| Périodes d'apports possibles → | 10 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 8 |
| Cultures réceptrices → | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 8 |
| Conditions de manutention → | 5 | 5 | 5 | 7 | 5 | 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 | 9 | 8 |
| Taux de conversion alimentaire → | 5 | 5 | 5 | 5 | 8 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 |
| Risques sanitaires → | 5 | 4 | 7 | 6 | 5 | 4 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| Besoins en biomasse → | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| | /100 | 63 | 74 | 70 | 69 | 59 | 68 | 77 | 77 | 77 | 74 | 86 | 85 |

| **No. de la technologie →** | **Poids relatifs (%) ↓** | **(1)** | **(2)** | **(3)** | **(4)** | **(5)** | **(6)** | **(7)** | **(8)** | **(9)** | **(10)** | **(11)** | **(12)** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Impacts environnementaux ↓ % →** | 30 | 17.3 | 19.5 | 19.8 | 16.7 | 16.2 | 18.5 | 20.3 | 20.3 | 20.1 | 20.4 | 24.9 | 24.3 |
| Émission de composés volatils polluants → | 5 | 7 | 9 | 5 | 6 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Compatibilité aux réglements → | 10 | 8 | 9 | 9 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |
| Impacts sur le taux d'acceptabilité → | 10 | 7 | 7 | 8 | 5 | 6 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 9 |
| Transfert des polluants → | 20 | 5 | 7 | 7 | 7 | 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 9 |
| Volumes à gérer → | 5 | 7 | 7 | 7 | 5 | 5 | 5 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Consistance des produits → | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 9 |
| Risques de déversement → | 5 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 9 |
| Risques d'accidents ponctuels → | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 8 | 4 |
| Homogénéité de la valeur fertilisante → | 10 | 5 | 5 | 7 | 5 | 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 9 |
| Périodes d'apport possibles → | 10 | 5 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 8 | 8 | 8 | 8 | 10 | 9 |
| Ajout de susbstances nocives → | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| Besoins en biomasse → | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| | /100 | 70 | 77 | 76 | 64 | 64 | 69 | 77 | 77 | 76 | 78 | 93 | 90 |

| **No. de la technologie →** | **Poids relatifs** | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Impacts économiques ↓ % →** | **25 (%) ↓** | **13.8** | **14.1** | **13.8** | **12.6** | **12.0** | **13.0** | **13.5** | **13.1** | **12.8** | **13.4** | **15.5** | **16.4** |
| Coûts d'implantation → | 10 | 5 | 3 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 5 | 2 |
| Coûts d'opération → | 10 | 4 | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| Volumes à gérer → | 10 | 8 | 8 | 8 | 5 | 5 | 5 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Équipements et infrastructures requis → | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 3 |
| Disponibilité de produits requis → | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| Besoins en main-d'oeuvre → | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| Niveau d'accessibilité en fonction de la taille de l'entreprise → | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 2 |
| Impacts sur le taux d'acceptabilité → | 10 | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 10 |
| Marché potentiel pour le produit transformé→ | 5 | 6 | 7 | 7 | 5 | 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 10 |
| Périodes d'apports possibles → | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 10 |
| Besoins en formation et support technique → | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| Possibilités d'économie d'échelle → | 10 | 5 | 7 | 7 | 5 | 5 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 10 |
| Possibilités d'expansion de la production → | 5 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 10 |
| Impacts sur l'industrie récréative et touristique et développement résidentiel → | 5 | 6 | 8 | 7 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 8 | 10 |
| | /100 | 76 | 79 | 77 | 70 | 68 | 73 | 76 | 75 | 73 | 75 | 88 | 91 |

| **No. de la technologie →** | **Poids relatifs (%) ↓** | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Impacts sociaux ↓ % →** | 20 | 11.8 | 14.1 | 12.3 | 11.8 | 11.2 | 11.7 | 13.7 | 13.7 | 13.7 | 13.5 | 15.0 | 14.5 |
| Présence d'expertise technique régionale → | 10 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 |
| Possibilité d'effets d'entraînement → | 10 | 6 | 8 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 5 |
| Développement durable → | 20 | 7 | 8 | 5 | 7 | 6 | 3 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 |
| Responsabilité légale → | 10 | 5 | 7 | 6 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 8 | 6 |
| Impacts sur l'image publique de la production animale → | 5 | 7 | 8 | 8 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |
| Nuisances olfactives → | 20 | 6 | 8 | 8 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 |
| Risques de dommages environnementaux → | 10 | 6 | 7 | 7 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 9 |
| Équité régionale et provinciale → | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| Restriction à la production et moratoire → | 5 | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 10 |
| | /100 | 53 | 62 | 56 | 52 | 50 | 55 | 61 | 61 | 61 | 60 | 68 | 64 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| ***NOTE FINALE (/100)*** | ***100*** | ***55.7*** | ***64.4*** | ***60.1*** | ***56.7*** | ***51.9*** | ***56.5*** | ***64.2*** | ***63.8*** | ***63.3*** | ***63.2*** | ***72.9*** | ***73.3*** |
| ***Gains par rapport à la gestion standard (%)*** | | ***11.4*** | ***28.7*** | ***20.2*** | ***13.4*** | ***3.8*** | ***13.1*** | ***28.4*** | ***27.7*** | ***26.6*** | ***26.3*** | ***45.8*** | ***46.6*** |

Sur le plan économique, les investissements initiaux pour un bâtiment neuf sont comparables à ceux nécessaires à un bâtiment standard considérant que l'espace porc inférieur et l'absence de fosse extérieure est compensée par l'aménagement de la cave du bâtiment. Les coûts d'opération du système sont légèrement supérieurs à cause des besoins plus importants de ventilation. Par ailleurs, les coûts en aval du bâtiment sont moindres par la diminution des volumes et l'augmentation du taux d'acceptabilité qui réduit en principe les distances à parcourir pour l'épandage.

Sur le plan social, l'expertise locale concernant cette façon de faire est faible puisqu'il s'agit d'une technologie encore peu implantée au Québec. Toutefois,l'absence de fosse à lisier extérieure diminue les nuisances olfactives et augmente positivement l'image publique de la production.

**b) Évaluation de la toiture et de l'épandage avec rampe ou par injection**

Cette technologie mixte est bien adaptée à la ferme et au contexte climatique québécois. On gagne en ce qui a trait à la valeur fertilisante du produit, notamment par la diminution des volumes et des pertes d'azote à l'entreposage et à l'épandage. Les risques sanitaires sont réduits par rapport à un épandage par aéroaspersion.

En ce qui a trait aux impacts environnementaux, l'effet combiné du recouvrement du réservoir et de la technologie d'épandage minimise l'émission de composés volatils et le transfert potentiel des polluants et permet une meilleure compatibilité aux règlements à venir, notamment sur les normes relatives aux odeurs.

Sur le plan économique, les coûts d'implantation sont évidemment supérieurs à une installation standard, de même que les coûts d'opération, en raison de l'utilisation de machinerie spécialisée. La diminution substantielle des odeurs au stockage et surtout à l'épandage permet d'avoir un impact positif sur l'industrie récréative et touristique et le développement résidentiel en périphérie des zones d'élevage.

Sur le plan social, les nuisances olfactives sont grandement réduites, ce qui permettrait de donner une image publique plus positive de la production porcine et de s'ajuster plus facilement aux restrictions à la production et aux dispositions de moratoires. Cette approche est également conséquente avec le concept de développement durable.

**c) Évaluation de la toiture et l'aération**

Cette technologie mixte s'adapte bien à la ferme et aux bâtiments existants mais l'aération est plus difficile à réaliser dans les conditions froides caractéristiques du contexte québécois. Par ailleurs, la toiture permet de réduire les pertes d'azote alors que l'aération tend à les augmenter, ce qui devrait en bout ligne correspondre à une valeur fertilisante en azote équivalente à une gestion standard. L'aération permet une stabilisation de la matière organique des lisiers et une meilleure homogénéisation de la valeur fertilisante, ce qui devrait en principe faciliter également les conditions de manutention du produit, du brassage à l'épandage.

Sur le plan environnemental, le traitement assure un contrôle adéquat des odeurs et devrait avoir un impact positif sur le taux d'acceptabilité, sur les risques de transfert des polluants dans le milieu et sur la compatibilité aux dispositions réglementaires.

Sur le plan économique, les coûts d'implantation et d'opération de la technologie sont supérieurs aux coûts d'une gestion standard. En aval, on y gagne toutefois sur la diminution des volumes à gérer et des distances à parcourir pour l'épandage dans les régions de concentration des élevages.

Sur le plan social, l'action principale se fait via le contrôle des odeurs et devrait avoir un impact positif sur l'image publique de la production porcine. La stabilisation du produit devrait par ailleurs réduire les risques de dommages environnementaux, notamment par la diminution de la DBO dissoute.

**d) Évaluation des produits biologiques ajoutés à l'alimentation**

Cette technologie est facilement applicable à la ferme et aisément adaptable à nos conditions et son impact agronomique premier réside dans une amélioration du taux de conversion alimentaire qui réduit les pertes d'éléments nutritifs dans les déjections. La valeur fertilisante du lisier s'en trouve donc diminuée.

L'impact environnemental principal de cette technologie est indirecte dans le sens où la diminution de la charge des lisiers diminue les risques de transfert de polluants dams l'environnement.

Sur le plan économique, la réduction théorique des odeurs devrait entraîner une augmentation du taux d'acceptabilité du produit. La disponibilité parfois réduite de certains produits peut présenter une contrainte économique défavorable.

Sur le plan social, cette technologie est compatible avec le concept de développement durable et permet en principe une réduction des nuisances olfactives quoique les résultats en ce sens soient mitigés.

**e) Évaluation de la vidange avec rinçage (flushing)**

Le système de gestion des déjections par *flushing* ne s'adapte véritablement qu'aux bâtiments neufs ou à la reconversion de certains bâtiments d'autres types d'élevage mais il est adaptable au contexte québécois d'élevage porcin.

Sur le plan environnemental, le traitement du lisier dans les fosses extérieures permet d'atténuer les odeurs et donc d'augmenter le taux d'acceptabilité du produit et la compatibilité aux règlements à venir.

Bien que le bâtiment en lui-même soit moins dispendieux que son équivalent standard, les coûts globaux d'implantation et d'opération sont plus élevés considérant l'installation d'infrastructures de traitement et de stockage de lisier traité et des besoins de ventilation et de pompage supérieurs.

Sur le plan social, la diminution des nuisances olfactives risque d'influencer de façon positive l'image publique de la production porcine et peut avoir un effet d'entraînement en zone de concentration des élevages.

**f) Évaluation du traitement aérobie**

Le stockage aéré dans la fosse extérieure se prête plus ou moins bien au contexte québécois où le froid et la glace diminue l'efficacité du traitement durant une bonne partie de l'année. Par contre, il s'adapte bien à la ferme et aux bâtiments existants. L'aération assure une stabilisation de la matière organique, une meilleure homogénéité de la valeur fertilisante du produit et de meilleures conditions de manutention du produit, surtout si un tamisage préliminaire a été effectué (absence de croûte, diminution des solides au pompage, etc).

Sur le plan environnemental, l'aération implique l'émission de composés volatils polluants (NH3 notamment) mais le contrôle des odeurs aura des effets positifs sur le taux d'acceptabilité du produit et sur la compatibilité aux closes odeurs des règlements présents et à venir. De même, la diminution non négligeable de la DBO durant le traitement réduit les risques de transfert de polluants en aval du stockage.

Sur le plan économique, ce traitement implique des frais d'équipements et des frais énergétiques importants. L'impact positif du contrôle des odeurs sur le taux d'acceptabilité et le potentiel de marché du produit devrait en principe réduire les distances à parcourir pour l'épandage en zone de concentration des élevages et donc réduire les coûts reliés à cette activité de la chaîne.

Sur le plan social, le point majeur demeure la réduction des nuisances olfactives qui auront par conséquence un impact positif sur l'image publique de la production porcine. Cette technologie pourrait également susciter un effet d'entraînement dans les zones de concentration des élevages et assurer une meilleure expertise régionale.

### 4.2.2 Technologies de gestion sous forme solide-liquide des déjections : tamis, pressoirs, centrifugeuses et toiles filtrantes avec compostage des solides extraits

Ces technologies sont semblables en ce qu'elles séparent les fractions solide et liquide du lisier. Elles sont bien adaptées au contexte québécois et au contexte particulier des zones de concentration des élevages. Leur adaptation à la ferme est aisée dans les bâtiments existants, sauf dans le cas des toiles filtrantes qui nécessitent des modifications non négligeables pour l'installation des structures de soutien des toiles sous le plancher latté. L'avantage agronomique majeur de ces équipements se justifie dans la mesure où les solides extraits contiennent une fraction importante des éléments fertilisants, que leur compostage permet d'améliorer la stabilité finale du produit et sa teneur en matière organique, et que celui-ci est plus facilement valorisable ou exportable que les lisiers bruts. Les liquides résiduels sont plus faciles à manipuler que les lisiers bruts (pompage plus aisé par diminution de la matière sèche, etc. ) et leur valorisation à plus forte de dose est possible à proximité de la source de production.

Somme toute, la valeur fertilisante globale du produit et son homogénéité s'en trouvent bonifiés. Les solides compostés permettent d'élargir le spectre des cultures réceptrices possibles et des

périodes d'apport. Le seul point véritablement négatif concerne la dépendance à une certaine quantité de biomasse pour le compostage des solides; les agents structurants sont toutefois plus essentiels dans le cas des solides extraits des tamis ou des toiles filtrantes compte tenu de leur siccité plus faible (tamis) ou de leur manque de porosité (toiles filtrantes).

Sur le plan environnemental, ces technologies favorisent une meilleure compatibilité aux règlements, principalement dans les zones de surplus de lisier où une exportation des solides ou une augmentation significative du taux d'acceptabilité permet d'atteindre un meilleur équilibre entre la capacité de support du milieu et la production de lisier. Le compostage permet une diminution importante des volumes de solides à gérer. On peut considérer également que la mise en place d'une stratégie d'autofinancement de l'exportation des solides diminuerait davantage les volumes effectifs à gérer à la ferme. La valorisation des solides élargit par ailleurs la période des apports possibles.

Sur le plan économique, les coûts d'implantation et d'opération des systèmes représentent des frais supplémentaires par rapport à une gestion standard, en particulier pour les technologies de toiles filtrantes où les infrastructures à installer sont plus sophistiquées et pour les séparateurs centrifuges où les coûts d'acquisition et d'opération (polymères, énergie) deviennent importants. La plupart des technologies nécessitent un suivi d'opération, ce qui représente des frais de main-d'oeuvre supplémentaires et des besoins en formation et en support technique supérieurs. Le niveau d'accessibilité à ces technologies est également dépendante jusqu'à un certain point de la taille de l'entreprise bien que cette donnée doit être mise en relation avec les coûts de transport pour l'épandage d'une entreprise dans une région donnée. Enfin, l'adoption d'une stratégie d'exportation des solides permettrait de diminuer la charge fertilisante à appliquer dans les zones de concentration des élevages et donc de permettre une certaine expansion supplémentaire de la production porcine.

Sur le plan social, ces technologies peuvent avoir un effet d'entraînement important qui rendrait la création d'un centre régional de traitement des solides possible sur le plan économique. L'approche de conservation et de valorisation des éléments fertilisants initiaux du lisier est compatible au concept de développement durable. Le compostage des solides et la diminution de la matière sèche des liquides permet de réduire significativement les nuisances olfactives, ce qui assure une meilleure image publique de la production porcine.

### 4.2.3 Technologies de gestion sous forme solide des déjections : les litières biomaîtrisées

Cette technologie est bien adaptée au contexte québécois d'élevage et en particulier au contexte des zones de concentration des élevages. Elle ne peut véritablement s'implanter que dans des nouveaux bâtiments porcins ou à la limite dans des bâtiments d'autres types d'élevages. La gestion entièrement solide des déjections et le processus de compostage qui intervient dans la litière permet de réduire les volumes de façon drastique (± 75 %), d'augmenter la matière organique et la valeur fertilisante du produit et son homogénéité, de varier les cultures réceptrices et les périodes d'apports possibles et enfin de faciliter les conditions de manutention. D'autre part les risques sanitaires deviennent significatifs lorsque lamême litière sert à la

production de plus de trois (3) bandes d'élevage et les besoins en biomasse sont importants (BPR 1994).

Sur le plan environnemental, la technique est très compatible aux règlements existants et prévus, notamment par rapport aux odeurs. La gestion entièrement solide minimise les risques de déversement et d'accidents ponctuels et la réorganisation des éléments fertilisants dans des formes organiques moins solubles minimise les risques de transfert des polluants dans l'environnement. Le contrôle des odeurs, la valeur fertilisante et d'amendement du produit, de même que sa forme solide devraient avoir un impact majeur sur son taux d'acceptabilité. Par contre, la techique est entièrement dépendante d'un approvisionnement en litière adéquat.

Sur le plan économique, les coûts d'implantation sont comparables compte tenu de l'équilibre qui existe entre l'espace porc et les équipements de ventilation supplémentaires d'une part et l'absence de fosse à lisier et d'aménagement de rigoles sous le caillebotis d'autre part. Les coûts d'opération de la technologie proprement dite sont plus élevés à cause des frais supplémentaires de chauffage et de ventilation, de litière et d'enzymes et de main-d'oeuvre. Par contre, en aval du bâtiment, les volumes à gérer sont grandement réduits, le marché potentiel et le prix du produit seront très supérieurs à l'équivalent lisier et l'augmentation du taux d'acceptabilité ou l'exportation possible des solides permettraient éventuellement un certain potentiel d'expansion de la production porcine même en zone de concentration des élevages.

Sur le plan social, cette technique permet avant tout un contrôle très efficace des odeurs à la fois dans le bâtiment et en aval de celui-ci dans la chaîne de gestion des déjections. Cette situation entraîne une image positive de la production porcine et à plus forte raison puisque cette technologie représente une amélioration du point de vue du bien-être des animaux par rapport à un élevage sur plancher semi-latté et que la gestion solide implique moins de risques de dommages environnementaux. Par ailleurs, la dépendance vis-à-vis une source carbonée de litière (sciures, planures ou paille) risque d'avantager certaines régions par rapport à d'autres compte tenu de la localisation des approvisionnements.

## 4.3 Évaluation des technologies de traitement centralisé

Comme nous l'avons vu, les composantes technologiques d'une unité de traitement centralisé peuvent varier d'une unité à une autre mais le principe général demeure le même si bien que l'évaluation ne portera que sur le concept générique. Celui-ci implique une séparation des solides, leur déshydratation et leur commercialisation. Les liquides sont habituellement traités à un point tel que leur rejet dans le réseau hydrographique est rendu possible.

Au niveau agronomique, cette technologie est évidemment bien adaptée au contexte québécois dans la mesure où la concentration des élevages dans certaines régions sont suffisamment importantes pour justifier leur implantation. Ce système permet également d'optimiser et d'homogénéiser la valeur fertilisante de la fraction solide des lisiers, ce qui assure un étalement du spectre des cultures réceptrices possibles et des périodes d'apport.

Sur le plan environnemental, ce concept est le plus efficace pour la réduction des volumes à gérer et la fraction solide traitée possède un très haut taux d'acceptabilité. On évite les risques

de déversements ponctuels par des transports à courte distance à une usine et le transfert des polluants dans le milieu est minimisé dans l'optique où un contrôle relativement serré de l'effluent est exercé. Des accidents ponctuels à l'usine pourraient toutefois générer des impacts importants étant donné les volumes en jeu.

Sur le plan économique, les coûts d'implantation sont évidemment très importants et les coûts d'opération sont fonction des volumes reçus, du degré de traitement désiré pour la fraction solide et des normes de rejet à rencontrer pour la fraction liquide. Comme il a été mentionné, le traitement centralisé se justifie économiquement dans les zones de concentration des élevages où les volumes d'excédents sont importants (économie d'échelle nécessaire) et où les coûts de transport pour un épandage contrôlé deviennent prohibitifs en gestion standard sur lisier. Le traitement centralisé permet de réduire drastiquement les volumes à gérer et d'obtenir un produit solide à haute valeur ajoutée, commercialisable et exportable au besoin. Compte tenu de la récupération de volumes importants qui ne sont pas épandus localement sous forme de lisiers, ce concept devrait avoir un impact positif sur l'industrie récréative et le développement résidentiel, en assumant que des mesures adéquates de contrôle des odeurs soient mises en place à l'usine même.

Sur le plan social, le traitement centralisé est compatible avec la notion de développement durable puisqu'il cherche à conserver les éléments fertilisants initiaxu contenus dans les lisiers. Il permet un contrôle des nuisances olfactives et réduit les risques de dommages environnementaux en favorisant la production d'un produit solide stabilisé. L'établissement de tels centres de traitement pourrait représenter un symbole de la prise en charge des problèmes environnementaux d'origine agricole et risque donc d'avoir des retombées positives sur l'image publique de la production porcine. Par ailleurs, l'implantation d'unités de traitement centralisé exige une expertise technique de haut niveau qui n'est pas disponible en région, et la subvention éventuelle par l'état de ces unités pourrait poser des problèmes d'équité entre les trois (3) régions de surplus et entre les régions de surplus et les autres régions de production porcine.

# Chapitre 5
# Influence des technologies prometteuses sur la capacité-support des régions en surplus

# 5. INFLUENCE DES TECHNOLOGIES PROMETTEUSES SUR LA CAPACITÉ-SUPPORT DES RÉGIONS EN SURPLUS

## 5.1 Définition de la capacité-support d'une région

La capacité-support d'une région est ici définie comme étant la somme des quantités de lisier de porcs ou d'un produit dérivé, obtenue selon une gestion standard ou suite à l'utilisation d'une technologie, pouvant être appliquée sur les différents types de sol utilisés à une fin agricole durant une année donnée en tenant compte des aspects agronomiques, environnementaux et sociaux, dont notamment le taux d'acceptabilité.

Cette quantité pourra être éventuellement convertie en nombre de porcs selon le degré d'implantation d'une ou plusieurs technologies sur un territoire délimité donné, et cela dans la mesure où une caractérisation biophysique du territoire est effectuée et que les critères agronomiques, environnementaux et sociaux à respecter ont fait l'objet d'une conciliation régionale entre les différents intervenants du milieu.

L'influence d'une technologie sur la capacité support doit donc être interprétée en fonction de plusieurs considérations et une attention particulière sera portée à la problématique des régions en surplus, c'est-à-dire des territoires où notamment le taux d'acceptabilité par les receveurs potentiels est faible et où des distances considérables devraient être parcourues dans le cadre d'une utilisation rationnelle de l'effluent.

Nous considérons qu'il n'est pas pertinent dans le cadre de cette étude de pousser très loin l'analyse quantitative détaillée des performances techniques des technologies afin de chiffrer de façon précise leur influence sur la capacité-support. D'une part, le niveau de connaissance des performances et les besoins de validation sont variables entre les technologies, ce qui rend l'évaluation détaillée hasardeuse dans certains cas. D'autre part et surtout, l'introduction des technologies dans un territoire donné dépend de plusieurs facteurs extérieurs à leur performance (par ex. : coût et disponibilité des biomasses, stratégie d'exportation des solides ou de valorisation locale, promotion, ratio de renouvellement de bâtiments, etc. ) ce qui rend l'évaluation comparative globale plus pertinente pour nos besoins.

Pour faciliter l'analyse, les aspects qui augmentent et diminuent la capacité-support ont été séparés et une évaluation globale est effectuée.

## 5.2 Influence des technologies prometteuses

### 5.2.1 Recouvrement des réservoirs avec utilisation d'épandeurs à rampes ou à injection

Aspects positifs : Réduction des odeurs à l'entreposage et à l'épandage, diminution du volume à gérer, augmentation de la quantité d'azote total et augmentation de la concentration en N, P et K ce qui amènera une hausse du taux d'acceptabilité.

Aspects négatifs : Augmentation de la charge totale en azote sur le territoire, aucune diminution des teneurs en phosphore et potassium et amélioration de l'efficacité agronomique et environnementale ce qui entraîne une diminution de la quantité requise.

Évaluation globale : Dans l'ensemble, cette technologie devrait augmenter la capacité-support d'une région en surplus puisque l'on peut présumer que l'augmentation du taux d'acceptabilité sera plus importante que la diminution des quantités à appliquer pour satisfaire les besoins agronomiques.

### 5.2.2 Recouvrement des réservoirs avec aération dans la fosse

Aspects positifs : Réduction des odeurs à l'entreposage, diminution du volume à gérer, diminution de la quantité d'azote total, augmentation de la concentration en N, P et K et réduction de la $DBO_5$ et de la DCO ce qui amènera une hausse du taux d'acceptabilité du lisier.

Aspects négatifs : Augmentation de la volatilisation de l'azote et des besoins énergétiques.

Évaluation globale : Dans l'ensemble, augmentation de la capacité-support d'une région en surplus.

### 5.2.3 Produits biologiques ajoutés à l'alimentation

Aspects positifs : Diminution des teneurs en azote et en phosphore du lisier et, dans certains cas, du dégagement d'odeurs.

Aspects négatifs : Certaines incertitudes concernant la fiabilité des produits.

Évaluation globale : Augmentation de la capacité-support étant donné les réductions d'azote et de phosphore.

### 5.2.4 Traitement aérobie des lisiers dans la fosse

Aspects positifs : Réduction des odeurs à l'entreposage, diminution de la quantité d'azote total et réduction de la $DBO_5$ et de la DCO du lisier.

Aspects négatifs : Augmentation de la volatilisation de l'azote et des besoins énergétiques.

Évaluation globale : Augmentation de la capacité-support d'une région en surplus étant donné la réduction de la charge totale en azote et des $DBO_5$ et DCO.

### 5.2.5 Caves à lisier avec

Aspects positifs : Réduction des odeurs à l'entreposage, réduction des volumes à gérer, augmentation de la concentration en P et K, diminution de la quantité d'azote total et réduction de la $DBO_5$ et de la DCO du lisier.

Aspects négatifs : Augmentation de la volatilisation de l'azote et des risques de maladie.

Évaluation globale : Augmentation de la capacité-support d'une région en surplus étant donné la réduction de la charge totale en azote et une certaine augmentation du taux d'acceptabilité.

### 5.2.6 Vidange avec rinçage

Aspects positifs : Augmentation de la concentration en P et K, diminution de la quantité d'azote total, diminution des risques de maladies et diminution du dégagement d'odeurs à l'entreposage.

Aspects négatifs : Augmentation de la volatilisation de l'azote.

Évaluation globale : Augmentation de la capacité-support d'une région en surplus étant donné la réduction de la charge totale en azote et une certaine augmentation du taux d'acceptabilité.

### 5.2.7 Pressoirs, décanteurs centrifuges et toiles filtrantes avec compostage

Aspects positifs : Séparation plus ou moins complète des fractions solides et liquides avec des teneurs différentes en N, P et K, obtention d'un produit solide exportable, compostage de la fraction solide avec réduction de volume et diminution de la quantité d'azote total.

Aspects négatifs : Augmentation de la volatilisation de l'azote.

Évaluation globale : Augmentation de la capacité-support d'une région en surplus étant donné la présence de deux produits avec des valeurs en éléments fertilisants différentes pouvant être mieux distribuées sur le territoire ou exportés, la réduction de la charge totale en azote et une certaine augmentation du taux d'acceptabilité à cause du produit solide composté.

### 5.2.8 Litière biomaîtrisée

Aspects positifs : Obtention d'un produit uniquement solide à haute valeur ajoutée, confort et bien-être des animaux, augmentation des périodes d'épandage possibles et réduction importante des volumes et des risques environnementaux.

Aspects négatifs : Besoin en biomasse riche en carbone et augmentation des émissions de composés potentiellement dangereux dans le bâtiment.

Évaluation globale : Augmentation de la capacité-support d'une région en surplus étant donné la présence d'un produit solide inodore, la réduction des pertes environnementales et l'obtention d'un produit solide composté avec un fort taux d'acceptabilité et pouvant être exporté.

### 5.2.9 Traitement centralisé

Aspects positifs : Obtention d'un produit solide inodore, homogène, à valeur fertilisante élevée et pouvant être modifiée en fonction de marchés spécifiques (ex. agriculture, pelouses, etc), plus grande flexibilité des cultures réceptrices et des périodes d'apports possibles, diminution des risques de compaction des sols par la gestion au champ de volumes réduits et d'un produit entièrement solide.

Aspects négatifs : Plusieurs unités expérimentales avec pertes d'azote durant le procédé.

Évaluation globale : Augmentation de la capacité-support d'une région en surplus par augmentation du taux d'acceptabilité du produit solide final et par exportation éventuelle d'une fraction importante de ces solides hors de la zone de concentration des élevages.

Cette analyse démontre bien que les technologies ont des influences spécifiques sur la capacité-support d'un territoire à recevoir des lisiers. Il faut également voir, dans le cadre du développement d'une stratégie d'intervention, que les technologies peuvent à la fois avoir une action positive sur la capacité de support par l'augmentation du taux d'acceptabilité, mais qu'elles peuvent également avoir une action distincte sur la **réduction de la charge appliquée** sur un territoire donné par l'exportation de celle-ci hors de la zone. Ces deux aspects doivent donc être considérés simultanément.

# Conclusion

# CONCLUSION

Les résultats obtenus ont permis de dégager les innovations technologiques les plus prometteuses pour améliorer la situation complexe engendrée par les excédents de lisiers de porcs par rapport à la capacité-support du milieu récepteur et ceci en tenant compte de facteurs agronomiques, environnementaux, économiques et sociaux. Cependant, comme on pouvait s'y attendre, la solution technologique miracle n'existe pas bien que plusieurs possibilités soient disponibles pour permettre d'améliorer la situation actuelle.

Le traitement centralisé et certaines technologies de traitement à la ferme se sont bien classées relativement à leurs impacts agronomiques, environnementaux, économiques et sociaux.

Le traitement centralisé doit faire face à plusieurs freins pour que son adoption soit possible. Mentionnons notamment les investissements en infrastructures requis au départ, la nécessaire adhésion d'un nombre suffisant d'éleveurs, la logistique implicite aux niveaux de la collecte et du transport du lisier, le mise en place d'un personnel compétent pour le fonctionnement du centre de traitement, les conditions de mise en marché du ou des produits finis et la réticence actuelle du milieu agricole face à cette avenue. Malgré cela, il est possible qu'à moyen terme cette filière de traitement s'impose d'elle-même si certains conditions sont réunies telles que la mise en place de structures régionales de gestion des engrais organiques, la connaisssance des surplus réels de lisier et la venue d'une réglementation environnementale qui tiendrait compte, entre autres, des coûts sociaux associés à la pollution par les lisiers.

L'élevage sur litière biomaîtrisée apparait comme une alternative plus réaliste à court terme. Les gains environnementaux dégagés sont les plus importants parmi toutes les technologies analysées et plusieurs contraintes nuisant au taux d'acceptabilité du lisier conventionnel tombent (odeurs, produit solide, apport d'humus, valeur agricole stable, etc.). Cependant, son adoption demeure pour l'instant limitée aux bâtiments neufs où à la reconversion de bâtiments d'autres types d'élevage que le porc et des efforts devront être encore consentis pour optimiser les conditions d'opération sous nos conditions (paramètres optimaux de bâtiment, de chauffage et de ventilation,mécanisation des opérations reliées à litière, contrôle des risques sanitaires, etc.).

Les technologies de séparation des composantes solide et liquide des déjections ou des lisiers avec compostage de la fraction solide (tamis, pressoirs, séparateurs et toile filtrante) ont également été jugées performantes. Sur certaines entreprises retrouvées dans un contexte de surplus, l'utilisation d'une de ses technologies pourra éventuellement s'avérer profitable tant pour l'éleveur que pour l'ensemble du milieu.

Enfin, à très court terme, la mise en place d'une toiture sur les structures d'entreposage et l'incorporation du lisier lors de l'épandage, en particulier durant la saison de croissance, s'avère des modifications très profitables et applicables sans changement majeur par rapport à la chaîne actuelle de gestion. La mise en place d'incitatifs directs ou indirects pourraient grandement accélérer l'adoption de cette combinaison par un grand nombre de producteurs.

L'analyse des technologies ne saurait être dissociée de l'environnement dans lequel elles seront implantées. Dans les régions de concentration des élevages, en particulier, la détermination des surplus réels dans le temps et l'espace et la connaissance du marché offre-demande sont des prémisses à l'élaboration d'une stratégie globale d'intervention dans le cadre de laquelle les technologies de traitement et d'utilisation des lisiers trouveront tout leur sens.

Cette étude indique qu'il existe une gamme relativement étendue de technologies potentiellement applicables dans une région donnée en fonction des caractéristiques des entreprises agricoles et de leur environnement. Ces technologies génèrent des produits distincts ayant des potentiels agronomiques et des risques environnementaux qui leur sont propres. Ceci ne serait pas sans compliquer une approche réglementaire qui serait axée sur la mesure d'une capacité-support dont la définition inclut les différents types de produits générés par ces technologies. Ce fait milite en faveur d'un double niveau d'action : un ciblage régional des interventions pertinentes par les organisations de gestion des surplus et une intervention locale par des professionnels qui considèrent l'entière chaîne de gestion des effluents de l'entreprise et ses implications agronomiques, environnementales et économiques.

# Bibliographie

# BIBLIOGRAPHIE


Alfa-Laval (1991). *The olygomat system : description, installation and maintenance*. 25 p.

Amar, D. et P. Courant. *Traitement par évaporation forcée d'eaux fortement chargées en pollution. Procédé Airbi Eau.* France déchets. 78440, Gargenville, France.

Ballay D. et G. Catroux (1974). Possibilités de limitation des nuisances et des pollutions dues aux élevages porcins. Laboratoire de microbiologie des sols. INRA (Centre de recherches de Dijon). *Ann. agron.* 25(2/3): 351-381.

Barnett, G. M. (1988). *Protocole d'application des fumiers et lisiers.* Agriculture Canada, Station de recherche de Lennoxville (Qué.) pp. 78-106.

Caldier, P. (1993). Recherches sur l'alimentation. Lelystad : les défis d'une station. *France Agricole*. Février 1993, pp.26-30.

Chiumenti, R., F. Da Borso et S. Guercini (1990). Swine manure liquid/solid separation in odour control and stabilization treatments. Dans: *Proceedings of the consultation of the European Cooperative Research network on animal waste utilization : Recent developments in animal waste utilization.* pp. 81-90. Department of land and agro-forestal systems, Padua University-italy Bologna (Italy), 25-28th September 1990.

Coillard, J. (1982). *Traitement des effluents d'élevage*. Centre national du machinisme agricole du génie rural des eaux et des forêts, Antony (France). Fév.-Mars. 367/368: 185-195.

Coillard, J. (1990). Le traitement des lisiers de porcs excédentaires. Cemagref Lyon. *Courant*. 2: 40-48.

Conseil National de Recherche Scientifique du Canada (1983). *L'effet du fumier dans l'environnement canadien.* Public. no.18977: 25-28.

Consultants BPR (1994). *Structures de recouvrement à charpente de bois et d'acier pour les réservoirs à lisier : adaptation, évaluation et démonstration*. Rapport d'étude présenté au MENVIQ (version préliminaire).

CRIQ-BPR-Université Laval (1992). *Inventaire et étude comparative des technologies de désodorisation et autres méthodes et pratiques d'atténuation des odeurs de lisier*. Rapport présenté au Ministère de l'Environnement du Québec. 186 p.

Cumby, T.R. (1987). A review of slurry aeration. 1. Factors affecting oxygen transfer. *The British Society for Research in Agricultural Engineering*. 36: 141-156.

Dobbelaere, A. (1988). *Séparation des constituants du lisier sous les caillebotis d'une porcherie d'engraissement.* 41(1) Nl. ed. pp. 161-178; Fr. ed., pp. 165-182, ISSN : 0035-1296.

Fernandes, L., E. McKyes, L. Obidniak (1988). Performance of a continuous belt microscreening unit for solid liquid separation of swine waste. *Can. Agric. Eng.* 30(1): 151-155.

Fillion, R. (1991). *La trémie-abreuvoir convient-elle à votre entreprise.* Texte d'une conférence présenté au Congrès du porc. 16 p.

Fischer, J.R., D.D. Osburn, N.F. Meador et C.D. Fulhage (1981). *Economics of a swine manure anaerobic digester.* ASAE. pp.1306-1310.

Gangbazo, G., A. R. Pesant, D. Cluis et D. Couillard (1992). Étude en laboratoire du ruissellement et de l'infiltration suite à l'épandage du lisier de porc. *Can. Agric. Eng.* 34: 17-25.

Gilbertson, C.B., D.D. Schulte et C.J. Clanton (1987). Dewatering screen design for hydraulic setting of solids in swine manure. USDA-ARS, Univ. Nebraska, Lincoln, NE 68583-0726, USA. *Transactions of the ASAE.* 30(1): 202-206.

Gilbertson, C.B., D.D. Schulte (1987). Hydraulic settling of flushed swine manure - A case study. Livestock insects res. Unit, USDA-ARS. *Appl. Eng. Agric.* 3 (1): 63-66.

Jones, D.D., C.C. Barker, R. George et R. Smith (1982). *Flushing Systems for Swine Buildings.* Pork Industry Handbook. Cooperative extension service. West Lafayette, (Indiana), Purdue University..

Kemppainen, E. (1986). Effect of cattle slurry injection on the quantity and quality of barley and grass yield. Dans: *Efficient land use of sludge and manure.* Londres, Elsevier Applied Science (éd), pp. 64-72.

Kroodsma, W. (1985). Separation as a method of manure handling and odours reduction in pig buildings. Dans: *Odour prevention and control of organic sludge and livestock farming.* Seminar at NIAE, . V. C.Nielsen, J.H. Voorburg et P. L'Hermite (eds), pp. 213-221. Silsoe, UK, 15-19 April. 1985IMAG, Mansholtlaan 10-12, Wageningen, Netherlands. London, UK; Elsevier Applied Science Publishers.

Kroodsma, W. (1986). Separation and removal of faeces and urine using filter nets under slatted floors in piggeries. *J. Agric. Eng. Res.* 34: 75-84.

Lalime, M. A. (1991). *Évaluation des pertes en nutriments suite à des applications automnales de fumier sur sol enherbé et en chaume de maïs.* Entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement agro-alimentaire, Recherche en conservation du sol et de l'eau, 83 p.

Larsen, K. E. (1986). Injection of cattle slurry to barley, beet, grass and amixe. Dans: *Efficient land use of sludge and manure*. Londres, Elsevier Applied Science (éd.), pp. 73-77.

Lasbleiz, M., G. Martin et P. Le Cloirec (1991). Possibilités de litières physico-chimiques d'épuration des lisiers de porc. *Tech. Sci. Maîtrises de l'eau*. pp. 89-94.

Lemelin, M., R. Fillion et T.L. Simard (1992). La gestion de l'alimentation du porc : un moyen efficace de réduction des effluents et du volume de lisier. Dans*: Colloque sur la gestion des fumiers, Rien ne se perd, rien ne se crée,* Conseil des productions végétales du Québec (éd), pp. 63-77. Drummondville (Québec).

MacKenzie, A. F., T. Al-Kanani, E. Akochi, I. Alli et S. Barrington (1992). Réduction des odeurs du lisier de porc à l'entreposage par l'addition de produits. Dans: *Symposium sur la recherche et le développement en gestion environnementale des effluents d'élevage au Québec*. Ministère de l'Environnement du Québec. 9 et 10 septembre 1992. Sainte-Foy, Envidoq EN920404, p. 367-380.

Oosthoek, J. (1988). Manure problems in the Netherlands. Dans: *Storing, handling and spreading of manure and municipal waste*. Uppsala, Suède, Commission Internationale du Génie rural (éd), pp.2: 1-2: 13.

Pain, B.F. et Thompson R.B. (1989). Ammonia volatilization from livestock slurries applied to land. Dans : *Nitrogen in organic wastes applied to soils*. Londres, Academic Press (éd), pp. 23-35.

Pain, B.F., R.Q. Hepherd et R.J. Pittman (1978). *Factors affecting the performances of four slurry separating machines*. The British society for research for research in agricultural engineering. *J. Agric. Eng Res.* 23: 231-242.

Pain, B.F., C.R. Clarkson, V.R. Phillips, J.V. Klarenbeek, T.H. Misselbrook et M. Bruins (1991). Odour emission arising from application of livestock slurries on land : measurements following spreading using a micrometeorological olfactometry. *J. Agric. Engin. Tech. Res.* 48: 101-110.

Peperzak, P., A.G. Caldwell, R.R. Hunziker et C.A. Black (1959). Phosphorus fractions in manure. *Soil Sci.* 87: 293-302.

Piccinini, S. et L. Cortellini (1987). Solid-liquid separation of animal slurries. Agricultural waste management and environmental protection. Dans : *Proceedings of the 4th international CIEC (International Scientific Centre of Fertilizers) symposium,* International Scientific Centre ofFertilizers (CIEC). pp. 219-229. Braunschweig, German Federal Republic, Volume 1, 11-14 May 1987. Cent. Ricerche Produzioni Animali, Reggio Emilia, Italy. Gottingen, German Federal Republic

Poels, J., G. Neukermans, P. van Assche, M. Debruyckere et W. Verstraete (1983). Performance, Operation and Benefits of an Anaerobic Digestion System on a Closed Piggery Farm. *Agricultural Wastes* 9: 233-249.

Poels, J., W. Verstraete, G. Neukermans et M. Debruyckere (1984). Biogaz produit à partir de lisier de porcs - Premiers résultats pratiques d'une installation à grande échelle. *Revue de l'Agriculture*. 37(1): 17-27.

Poels, J., W. Verstraete, G. Neukermans et M. Debruyckere (1979). Séparation du lisier : évaluation de quelques appareils de disponibilité récente. *Revue de l'Agriculture.* 32(4): 933-946.

Poels, J., H. Van Langenhove, W. Van der Biest et G. Neukermans (1987). Evaluation of a Rotary Drum Drier Processing Pre-dried Chicken Manure. *Biological wastes.* 19: 2-23.

Prince, T. J. et D. T. Hill (1985). The nutritional value of swine waste solids : effects of mechanical screening on nutrient composition. Agricultural waste utilization and management. Dans : *Proceedings of the 5th international Symposium on Agricultural Wastes.* Amer. Soc. Agric. Eng. (eds), pp. 688-693. Dep. of Animal & Dairy Sciences, Alabama Agric. Exp. Sta., Auburn Univ. Al. USA., 16-17 December 1985 Chicago, Illinois, USA., St-Joseph, Michigan, USA;

Simard, R.R. , G. Gangbazo, D. Cluis, G. Charron et A.R. Pesant (1992). Charges de phosphore d'un champ fortement amendé par du lisier de porc. Dans: *Symposium sur la recherche et le développement en gestion environnementale des effluents d'élevage au Québec.* Ministère de l'Environnement du Québec (1992). 9-10 septembre 1992, Sainte-Foy, Envidoq EN920404, pp. 55-66

Sneath, R.W., M. Shaw, A.G. Williams (1988a). Centrifugation for separating piggery slurry. 1. The performance of a decanting centrifuge. *J. Agric. Eng. Res.* 39(3): 181-190.

Sneath, R.W. (1988c). Centrifugation for separating piggery slurry. 3. Economic effects on aerobic methods of odour control. *J. Agric. Eng. Res.* 39: 199-208.

Stadelman, F. X. (1988). Estimation of ammonia losses in Swiss agriculture. Dans: *Safe and Efficient Slurry Utilization.* Liebello, Suisse, Commission of the European communities (éd.), p. 79-88.

STATBEC (1989). *Étude sur la gestion des lisiers.* Rapport effectué pour le compte du Ministère de l'Environnement du Québec et du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. 36 p.

TEXEL Inc. (1994). *Évaluation et mise au point d'une toiture flottante pour les réservoirs à lisier.* Rapport d'étude présenté au MENVIQ (version préliminaire).

Tunney, H. et S. P. Molloy (1986). Comparaison of grass production with soil injected and surface application spread cattle slurry. Dans: *Efficient land use of sludge and manure*. Londres, Elsevier Applied Science (éd.), pp. 90-98.

Van Der Meer, H.G., R.B. Thompson, P.J.M., Snijders et J.H. Gevrink (1987). Utilisation of nitrogen from injected and surface-spread cattle slurry applied to grassland. Dans: *Animal manure on grassland and fodder crops, fertilizer or waste?. Developments in plant and soil sciences*. Pays-Bas, Martinus Nijhoff Publishers, pp. 47-72.

Voermans, J.A.M. et J.P.L. Kleijn (1988). Separation of pig slurry by sedimentation. Dans: *Storing, Handling and Spreading of Manure and Municipal Waste*, Research Inst. for Pig Husbandry, Rosmalen (Netherlands). Uppsala (Sweden), 20-22 Sept. 1988. Commission Internationale de Génie Rural.

Williams, A.G., M. Shaw, C.M. Selviah et R. J. Cumby (1989). The oxygen requirements for deodorizing and stabilizing pig slurry by aerobic treatment. *The British Society for Research in Agricultural Engineering*. 43: 291-311.

Yu, J.C., C.E. Issac, R. N. Coleman, J. J. R. Feddes et B.S. West (1991). Odorous componds from treated pig manure. *Can. Agric. Eng.* 33: 131-136.