

**Évaluation technico-économique d'un système  
de séparation liquide/solide des déjections à la  
source dans un bâtiment porcin et les impacts  
sur l'environnement - Volet II**

**Rapport final**

Présenté au :

Programme de recherche et d'adaptation technologique sur le traitement  
des fumiers



INSTITUT DE RECHERCHE  
ET DE DÉVELOPPEMENT EN  
AGROENVIRONNEMENT

Projet # 603045

Responsable scientifique :

Stéphane Godbout, ing., P. Eng., Ph.D., agr.

Mars 2006



*L'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA) est une corporation de recherche à but non lucratif constituée depuis mars 1998 à la suite de l'initiative du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) et de la collaboration de l'Union des producteurs agricoles (UPA), du ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE) et du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP).*

**Pour en savoir plus :**

[www.irda.qc.ca](http://www.irda.qc.ca)

**Pour nous rejoindre :**

Centre de recherche de  
Saint-Hyacinthe  
3300, rue Sicotte, C. P. 480  
Saint-Hyacinthe, QC  
J2S 7B8, CANADA  
Tél. : (450) 778-6522  
Télec. : (450) 778-6539

Centre de recherche de  
Sainte-Foy  
2700, rue Einstein  
Sainte-Foy, QC  
G1P 3W8, CANADA  
Tél. : (418) 643-2380  
Télec. : (418) 644-6855

Centre de recherche de  
Deschambault  
120 A, chemin du Roy  
Deschambault, QC  
G0A 1S0, CANADA  
Tél. : (418) 286-3351  
Télec. : (418) 286-3597

**Le rapport peut être cité comme suit :**

Godbout, S., M. Belzile, I. Lachance, S.P. Lemay, M.J. Turgeon, V. Dufour, F. Pouliot et A. Marquis. 2006. *Évaluation technico-économique d'un système de séparation liquide/solide des déjections à la source dans un bâtiment porcin et les impacts sur l'environnement - Volet II*. Rapport final. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc., Québec (Québec), Canada, Projet Corpaq 603045, 69 p.

ISBN - 13 : 978-2-922851-56-4

ISBN - 10 : 2- 922851-56-7

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2006

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives Canada, 2006

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

## **Équipe de réalisation du projet :**

Responsable scientifique: Stéphane Godbout, ing., P. Eng., Ph.D., agr., IRDA  
Collaborateurs: Stéphane P. Lemay, ing., P. Eng., Ph.D., IRDA  
Alfred Marquis, ing. Ph.D., agr., Université Laval  
Francis Pouliot, ing., Centre de développement du porc du Québec inc (CDPQ)  
Jean-Pierre Larouche, Chm., IRDA  
Dominique Hamel, ing., M.Sc., agr. CDPQ  
Isabelle Lachance, ing. jr, M.Sc  
Martin Belzile, ing. jr.

## **Équipe de rédaction**

Responsable: Martin Belzile, ing. jr.  
Collaborateurs: Isabelle Lachance, ing. jr, M.Sc.,  
Marie-Josée Turgeon, M.Sc., agr. CDPQ  
Valérie Dufour, M.Sc., CDPQ,

## **Les lecteurs qui souhaitent commenter ce rapport peuvent s'adresser à :**

Martin Belzile  
Institut de recherche et de développement en  
agroenvironnement inc. (IRDA)  
120 A, chemin du Roy  
Deschambault (Québec) G0A 1S0

Téléphone : (418) 286-3351  
Télécopieur : (418) 286-3597  
e-mail : martin.belzile@irda.qc.ca

## **Remerciements :**

Cette étude a été réalisée grâce au support financier des partenaires suivants : le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ), la Fédération des producteurs de porcs du Québec (FPPQ), le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), la COOP fédérée de Québec, le Programme en partenariat d'investissement pour la recherche et le développement en agroenvironnement (PPIRDA), le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), le Centre de développement du porc du Québec (CDPQ) et le *Michigan State University* (MSU).

Un remerciement doit être fait au Centre de recherche en science animale de Deschambault (CRSAD) pour avoir fourni l'espace expérimental et à l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) pour les équipements, les installations et les ressources humaines. Nous tenons également à remercier l'Université Laval, le CEMAGREF, le Prairie Swine Centre (PSCI) et l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST). Finalement, on ne peut passer sous silence l'implication de Robert von Bernuth du MSU ainsi que le support technique de François Léveillé et de Michel Côté de l'IRDA.

## Table des matières

Table des matières.....	i
Liste des tableaux.....	iii
Liste des figures.....	v
1 Introduction.....	1
1.1 Description du projet.....	2
1.2 Problématique.....	2
1.3 Revue de littérature.....	3
1.3.1 Émission de gaz et d'odeurs dans les porcheries.....	3
1.3.2 Séparation des phases solide et liquide du lisier.....	5
1.3.3 Effet du temps sur la séparation des solides.....	5
1.3.4 Efficacité de séparation.....	7
1.3.5 Systèmes de séparation à la source.....	7
1.3.6 Performances zootechniques.....	11
1.4 Hypothèses de recherche.....	12
1.5 Objectifs de recherche.....	12
2 Matériel et méthodes.....	13
2.1 Site expérimental.....	13
2.2 Ambiance.....	15
2.3 Animaux et alimentation.....	15
2.4 Traitements.....	16
2.5 Dispositif expérimental et analyses statistiques.....	18
2.6 Collecte des données.....	19
2.6.1 Composition des parties liquide et solide.....	19
2.6.2 Concentrations et émissions de gaz.....	20
2.6.3 Concentrations et émissions d'odeurs.....	22
2.6.4 Caractère hédonique.....	25
2.6.5 Températures, humidité relative, débit de ventilation.....	25
2.6.6 Poids total des porcs et performances.....	26
3 Résultats et discussion.....	27
3.1 Performances zootechniques.....	27
3.2 Utilisation d'eau.....	28
3.3 Production de déjections.....	29
3.3.1 Volume et concentration des phases solide et liquide.....	32
3.4 Efficacité de séparation.....	34

---

3.4.1	Pourcentage de matière sèche .....	34
3.4.2	Efficacité de séparation des éléments .....	35
3.5	Émissions de méthane, d'ammoniac, de gaz carbonique et d'oxyde nitreux .....	41
3.6	Émissions d'odeurs et caractère hédonique .....	46
3.6.1	Émissions d'odeur.....	46
3.6.2	Relation avec le pourcentage de matière sèche.....	48
3.6.3	Caractère hédonique.....	49
4	Conclusions.....	53
5	Références.....	55
6	Transfert des résultats .....	61
6.1	Intentions sur le potentiel de transfert des résultats ou des technologies. ....	61
6.2	Méthodes à mettre en place pour assurer le suivi d'un transfert efficace.....	61
7	Diffusion des résultats.....	63
7.1.1	Rapport d'étape.....	63
7.1.2	Publications.....	63
8	Étudiants gradués .....	67
Annexe A	.....	69
Aliments distribués	.....	69

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition des différentes formes de phosphore dans le lisier.....	6
Tableau 2 : Fréquence des opérations pour les différents systèmes évalués.....	18
Tableau 3 : Dates importantes des deux élevages.....	18
Tableau 4 : Gain moyen quotidien (GMQ), prise alimentaire moyenne journalière (PA) et conversion alimentaire (CA) en fonction des traitements.....	27
Tableau 5 : Utilisation moyenne d'eau par les porcs en fonction des différents traitements pour chacune des répétitions.....	28
Tableau 6 : Estimation des rejets d'azote et de phosphore des porcs à partir de la méthode du bilan alimentaire des aliments consommés (tous traitements confondus).....	31
Tableau 7 : Volumes des déjections en fonction des différents traitements.....	32
Tableau 8 : Concentration des éléments pour les différentes fractions des déjections et pour le lisier brut.....	33
Tableau 9 : Pourcentage de matière sèche dans les deux fractions en fonction des traitements.....	34
Tableau 10 : Efficacité moyenne de séparation des différents traitements pour chacun des éléments.....	36
Tableau 11 : Émissions moyennes de gaz à effet de serre et d'ammoniac au cours des semaines en fonction des traitements.....	43
Tableau 12 : Émissions d'odeurs et caractère hédonique moyen en fonction des traitements.....	49
Tableau A1 : Composition des deux moulées distribuées aux porcs lors de l'expérimentation.....	69
Tableau A2 : Analyse nutritionnelle des deux moulées distribuées aux porcs lors de l'expérimentation.....	69

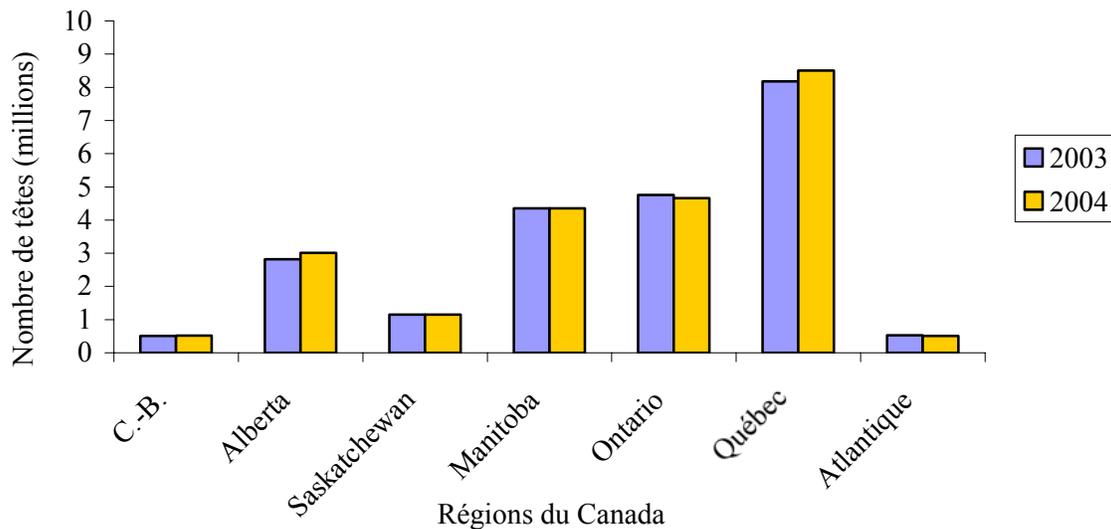


## Liste des figures

Figure 1 : Abattages de porcs au Canada (abattoirs fédéraux et provinciaux), fin décembre 2003 et 2004 .....	1
Figure 2 : Le filet .....	7
Figure 3 : Gratte en « V » .....	9
Figure 4 : Le convoyeur à courroie.....	10
Figure 5 : Vue des chambres expérimentales .....	13
Figure 6 : Vue d'une chambre expérimentale.....	14
Figure 7 : Vue générale de l'aménagement des 12 unités expérimentales .....	14
Figure 8 : Circuit de ventilation et de chauffage.....	15
Figure 9 : Les systèmes expérimentaux de séparation sous les lattes.....	17
Figure 10 : Localisation pour le prélèvement des gaz et des odeurs .....	20
Figure 11 : Échantillonnage de l'air pour l'analyse d'odeur .....	23
Figure 12 : Sac Tedlar™ pour les échantillons d'odeur .....	24
Figure 13 : Utilisation moyenne d'eau par les porcs en fonction des traitements pour le deuxième élevage.....	28
Figure 14 : Production totale de déjection en fonction des différents traitements.....	29
Figure 15 : Production totale d'azote en fonction des différents traitements .....	30
Figure 16 : Production de phosphore en fonction des différents traitements .....	31
Figure 17 : Évolution de l'efficacité de séparation de l'azote total en fonction des différents traitements. ....	37
Figure 18 : Évolution de l'efficacité de séparation de l'azote ammoniacal en fonction des différents traitements.....	38
Figure 19 : Évolution de l'efficacité de séparation du phosphore en fonction des différents traitements .....	39
Figure 20 : Émissions moyennes de méthane pour chaque traitement. ....	42
Figure 21 : Émissions d'ammoniac pour chaque traitement en fonction des semaines.....	44
Figure 22 : Émissions d'odeurs en fonction des traitements et des semaines. ....	46
Figure 23 : Caractère hédonique pour chaque traitement en fonction des semaines .....	50

## 1 Introduction

Au Québec, la production porcine constitue une partie importante du secteur agricole. Le rapport trimestriel sur le porc, produit par Agriculture et Agroalimentaire Canada (2004a), présente les principaux producteurs mondiaux de porcs entre 2002 et 2004. Parmi ceux-ci, le Canada se loge au 5<sup>e</sup> rang, juste derrière le Brésil. Au niveau national, le Québec est la province la plus productive. L'information concernant les abattages dans les installations fédérales et provinciales au Canada jusqu'en décembre 2004 sont présentés à la figure 1.



**Figure 1 : Abattages de porcs au Canada (abattoirs fédéraux et provinciaux), fin décembre 2003 et 2004**

Source : Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2004b.

Au Québec, les déjections de 98,2% des unités porcines sont gérées sous forme liquide (Pigeon, 2003). Cette gestion peu coûteuse est appropriée dans un contexte où l'hygiène et le contrôle sanitaire doivent être élevés. Cependant, la gestion conventionnelle par vidange gravitaire (*pull plug*) favorise, entre autre, des émissions élevées de gaz et d'odeurs en plus de générer d'importants volumes de lisier.

En 2002, un moratoire a été décrété interdisant le développement de la production porcine québécoise pour 24 mois dans le but de permettre, entre autres, le développement de nouveaux procédés pour équilibrer le bilan phosphore des entreprises agricoles et diminuer les odeurs. Il est donc souhaitable que de nouvelles technologies de traitement, permettant à la fois de réduire l'émission d'odeur et de gaz dans les bâtiments et d'obtenir une matière fertilisante adaptée au besoin des cultures, soient mises en place.

C'est dans cette perspective que le projet intitulé « Évaluation technico-économique d'un système de séparation liquide-solide des déjections à la source dans un bâtiment porcin et les

impacts sur l'environnement » a été mis sur pied conjointement par l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA) et le Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ).

## 1.1 Description du projet

Le projet, en trois volets, avait pour objectif principal d'évaluer une approche de gestion des déjections sous les animaux pour faciliter la manutention, le traitement et la valorisation des phases solide et liquide séparément, tout en diminuant les émissions de gaz et d'odeur.

Le premier volet consistait à évaluer l'efficacité de séparation du système gratte-dalot existant au *Michigan State University*. Hamel *et al.* (2004) concluaient que le volet de ce projet avait permis de mettre en évidence l'intérêt de séparer sous les lattes le liquide du solide. En effet, ce système de gratte en « V » a permis, en moyenne, de concentrer 91% du phosphore, 66% de l'azote total et plus de 94% des métaux dans une fraction solide ayant 34% de matière sèche et correspondant à 40% du volume total de rejet. Les mêmes auteurs indiquaient également que les coûts de construction supplémentaires, par rapport à un bâtiment conventionnel, étaient évalués à 38 \$ place<sup>-1</sup> porc<sup>-1</sup>. Cependant, l'optimisation du système de gratte en « V » permettrait à moyen terme d'en réduire les coûts.

Le second volet, faisant l'objet du présent rapport, consiste à évaluer l'efficacité de différents systèmes de séparation sous les lattes et de comparer les émissions gazeuses et odorantes produites par rapport à des systèmes de gestion conventionnelle.

Le troisième et dernier volet consistera à réaliser des activités de transfert de la technologie aux concepteurs de bâtiments porcins. Ce transfert se fera en grande partie par le biais d'un projet de démonstration à la ferme. Le rapport du troisième volet sera disponible à l'automne 2006.

## 1.2 Problématique

En juin 2002, le Règlement sur les exploitations agricoles (REA) a été adopté par le gouvernement provincial du Québec. Il contient les nouvelles normes de gestion du phosphore produit pour l'ensemble des productions animales. Le règlement a pour but premier d'assurer la protection de l'environnement, plus particulièrement celle de l'eau et du sol, de la pollution causée par les exploitations agricoles. Le REA oblige, entre autres, les producteurs à avoir un bilan en phosphore équilibré d'ici l'an 2010.

Alors que par le passé le lisier était appliqué pour rencontrer les besoins en azote des plantes, son application doit maintenant être basée sur les besoins en phosphore des cultures fertilisées. Ceci implique la réduction de la quantité applicable et l'augmentation des besoins en superficie. En effet, le lisier présente une balance inégale entre sa teneur en phosphore et celle des autres nutriments (dont l'azote) nécessaires aux besoins des cultures. Les producteurs doivent donc disposer de superficies plus grandes qu'auparavant pour valoriser la totalité du lisier produit. Hors, certaines régions où il y a concentration de producteurs de porcs se trouvent présentement

en situation de surplus de lisier. Les sites de production porcine sont généralement regroupés sur le même territoire et les surfaces pour épandre le lisier sont limitées. De plus, puisque le lisier est faiblement chargé en éléments fertilisants, les volumes à déplacer vers des zones qui ne sont pas en surplus sont grands et peuvent engendrer des coûts importants.

Pour répondre à cette nouvelle réalité concernant le lisier, plusieurs groupes ont travaillé à la mise en place de traitements permettant de séparer le solide du liquide. Malheureusement, les principes utilisés sont souvent coûteux, parfois complexes et souvent d'efficacité variable.

Le lisier engendre également un autre type de problème : celui des odeurs. En effet, les problèmes d'odeurs émanant des bâtiments porcins limitent souvent l'expansion de l'industrie porcine (Lemay *et al.*, 2003). Entre autres, cette situation crée plusieurs conflits entre la population rurale et les producteurs, menant fréquemment à l'avortement de nouveaux projets d'établissement d'installations porcines. En outre, les odeurs pourraient avoir un impact négatif sur la santé et le bien-être des populations exposées à de telles émissions (Miner, 1995).

Dans ce contexte, quelques études ont été conduites afin d'évaluer la séparation des déjections directement sous les lattes. Cependant, il existe peu de références comparant différents systèmes dans des conditions similaires. De plus, l'utilisation de systèmes de séparation sous les lattes dans un contexte de production québécoise est également inconnu.

## 1.3 Revue de littérature

### 1.3.1 Émission de gaz et d'odeurs dans les porcheries

Les odeurs provenant des porcheries sont produites par les nutriments en excès et les composants contenus dans l'urine et les fèces des porcs. Le processus de dégradation biologique, débutant dans le système digestif sous conditions anaérobies, persiste après l'excrétion et s'accélère dans les heures suivant cette excrétion. En gestion liquide, les composés odorants libérés sont le résultat du métabolisme anaérobie des micro-organismes lorsque tout l'oxygène dissous a été épuisé par la respiration bactériologique (EPA, 2001). Ce processus produit une importante variété de composés chimiques. Dans les laboratoires de recherche de la *North Carolina State University*, Schiffman *et al.* (2001) ont identifié 331 composés pouvant causer les odeurs. Bien que chaque composé individuel ait été présent à de basses concentrations, l'effet additif et/ou de synergie de ces centaines de composés sous forme d'agrégats produit des odeurs de fortes intensités. Lorsque ces composés sont mélangés avec les particules de poussières, ils sont transportés dans le bâtiment, propageant ainsi les odeurs à la sortie des ventilateurs.

Les émissions d'odeurs rapportées dans la littérature sont très diverses. Dans Heber *et al.* (1998), des émissions de  $259 \text{ u.o. h}^{-1} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$  ont été mesurées pour un entreposage du lisier à long terme sous un plancher complètement latté tandis que Verdoes et Ogink (1997) ont mesuré  $10,1 \text{ u.o. s}^{-1} \text{ porc}^{-1}$  (env.  $559 \text{ u.o. h}^{-1} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$ ) avec un plancher partiellement latté. Mol et Ogink (2003) ont mesuré des émissions de l'ordre de  $23,8 \text{ u.o. s}^{-1} \text{ porc}^{-1}$  (env.  $1318 \text{ u.o. h}^{-1} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$ ) également avec un plancher partiellement latté. Lim *et al.* (2002) ont obtenu un taux d'émissions

d'odeur de  $238 \text{ u.o. h}^{-1} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$  pour une période d'entreposage de sept jours mais il n'y a aucune information sur le type de plancher utilisé. Le Porkboard (2004) suggère que le fait de vidanger les déjections à tous les cinq jours ou plus fréquemment diminue les émissions d'odeurs par rapport aux déjections entreposées sur une longue période. Si les déjections s'accumulent dans la bâtisse pour une période de plus de 5 jours, une quantité plus élevée d'odeurs et de gaz offensants sont générés et le caractère hédonique de l'air devient beaucoup moins agréable (Jacobson *et al.*, 1998).

Les gaz émanant des porcheries les plus préoccupants sont l'oxyde nitreux ( $\text{N}_2\text{O}$ ), le gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ), le méthane ( $\text{CH}_4$ ), le sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ ) et l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ). Les trois premiers sont des gaz à effet de serre, le  $\text{H}_2\text{S}$  est fortement toxique pour les humains et les animaux alors que l'ammoniac joue un rôle dans la formation de pluies acides.

Sous gestion liquide, les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  sont infimes puisqu'elles sont étroitement liées au processus de nitrification-dénitrification se produisant principalement en gestion solide. Pour le  $\text{CO}_2$ , la source la plus considérable (96%) étant la respiration des animaux, peu d'action peuvent être entreprises pour diminuer les émissions si ce n'est que de maintenir les animaux dans une zone de confort thermique. Par contre, les principaux paramètres affectant les émissions de  $\text{CH}_4$  sont la quantité de déjections en décomposition anaérobie et leur composition. Sous gestion liquide, une importante quantité de méthane est créée par la fermentation anaérobie des déjections. Finalement, le  $\text{H}_2\text{S}$  est libéré par la décomposition bactériologique des déjections (Bicudo *et al.*, 2002). L'agitation des déjections après une période de stockage excédant 10 jours dans un espace clos libère du  $\text{H}_2\text{S}$  (Pouliot et Lemay, 2004). L'ammoniac est produit par la décomposition microbienne et enzymatique des composés azotés contenus dans les fèces et l'urine (Hartung et Phillips, 1994). En d'autres mots, le  $\text{NH}_3$  est produit en majorité par le contact entre l'urée dans l'urine et l'uréase contenue dans les fèces (Robertson, 1994).

Bien que plusieurs facteurs soient responsables du  $\text{NH}_3$  retrouvé dans les bâtiments porcins (comme le climat dans le bâtiment, le mouvement de l'air près des déjections, le pH des déjections, la composition de l'alimentation et la conception du bâtiment), la stratégie de gestion des déjections est certainement un des aspects les plus importants à considérer pour limiter la production et la volatilisation de l'ammoniac. La littérature a démontré que la production d'ammoniac provenant des déjections entreposées pendant plusieurs semaines atteint un premier sommet à 3 jours et un autre à 21 jours (Heber *et al.*, 1996). Des résultats préliminaires obtenus par Guingand (2000) ont démontré que la vidange des dalots aux deux semaines, comparativement à un entreposage durant l'entière période d'engraissement, permettait une réduction des émissions d'ammoniac de près de 20%. Osada *et al.* (1998) ont conclu qu'une vidange hebdomadaire des déjections diminue les émissions de  $\text{NH}_3$  comparativement à un entreposage de 8 semaines, mais aucune évaluation de la diminution n'est disponible. D'autres auteurs rapportent également que la volatilisation de l'ammoniac diminue lorsque la fréquence de vidange des dalots augmente (Hoeksma *et al.* 1992; Voermans et van Poppel 1993). O'Neill et Phillips (1991) mentionnent que, dû aux similarités physicochimiques, il pourrait être avancé que tout changement au bâtiment fait dans le but de réduire les émissions d'ammoniac, réduirait par la même occasion les émissions d'odeurs.

Avec du fumier de vache, Braam et Swierstra (1999) ont démontré qu'une augmentation de la rugosité du plancher de béton ainsi que le niveau de pénétration de l'eau influence l'activité de l'uréase. Ceci suppose qu'une surface plus lisse pourrait limiter les émissions d'ammoniac, la volatilisation de ce gaz étant reliée à l'activité de l'uréase. Par contre, selon De Foy *et al.* (2004), aucune relation n'a été trouvée entre les odeurs et les caractéristiques physiques des matériaux utilisés dans les bâtiments porcins. Les auteurs ont conclu que ni l'absorption de l'eau ni la rugosité de la surface sont des paramètres clefs influençant les niveaux des émissions d'odeurs.

Ainsi, les principales stratégies pour réduire la production, les émissions et la nuisance des odeurs sont de vidanger fréquemment les déjections et de prévenir le développement de conditions anaérobies à l'intérieur des déjections.

### 1.3.2 Séparation des phases solide et liquide du lisier

L'intérêt d'isoler les fèces de l'urine réside dans le fait que le phosphore contenu dans le lisier proviendrait principalement des fèces. En effet, les fèces contiennent entre 80 et 90% du phosphore total retrouvé dans le lisier (von Bernuth 2001; Coillard 1997; Héduit *et al.* 1978).

Il existe actuellement plusieurs procédés mécaniques de séparation connus et utilisés. Les principaux types sont la sédimentation, le tamisage, la centrifugation, la filtration ou le pressage. Des traitements chimiques peuvent également être utilisés afin d'accroître l'efficacité de séparation. Les composés alors utilisés permettent une coagulation ou une floculation des particules. Les types de séparation mécanique et chimique constituent pour l'instant les voies traditionnelles de séparation du lisier.

Le but principal de ces types de séparations est de retirer les particules en suspension du lisier (Zhang et Westerman, 1997). Cependant, Westerman et Bicudo (2000) affirment que les systèmes de séparation conventionnels ont démontré une faible efficacité en terme de récupération des solides. De plus, ils demandent en général des investissements importants, beaucoup d'entretien et un niveau de connaissance élevé à la ferme. Une étude de Pieters *et al.* (1999) a déterminé des efficacités de séparation de la matière sèche de 51% pour une presse filtre, de 17% pour un tamis vibrant et de 26% pour une vis à pression. L'efficacité de séparation du phosphore pour les mêmes éléments est respectivement de 42, 3 et de 7%. Ces procédés de séparation ont cependant lieu après que l'urine et les fèces aient été mises en contact.

### 1.3.3 Effet du temps sur la séparation des solides

Le lisier se décompose naturellement. Les solides en suspension contenus dans le lisier sont hydrolysés en solides dissous nécessaires à la croissance des bactéries. Puisque la séparation solide-liquide du lisier affecte seulement les solides en suspension, elle sera moins efficace si les bactéries ont eu le temps de dégrader le lisier (Zhu *et al.*, 2000b). De plus, les particules qui se décomposent en premier sont celles qui contiennent les éléments fertilisants intéressants tels que l'azote et le phosphore (Zhang et Westerman, 1997). Les travaux de Zhu *et al.* (2000b)

démontrent qu'après 25 jours, la proportion de solides en suspension est réduite de l'ordre de 31 à 42% selon la grosseur initiale des particules. Ils en concluent que les traitements séparant efficacement des particules jusqu'à 0,5 mm devraient être effectués avant que le lisier ait 10 jours d'âge. Ils recommandent donc de séparer la partie solide de la partie liquide le plus rapidement possible. Moller *et al.* (2002) abondent dans le même sens.

Le temps d'entreposage aurait une incidence sur l'efficacité de séparation de l'azote du lisier (Moller *et al.*, 2002). Initialement, l'azote se retrouve dans une proportion de 60% dans l'urine des porcs. L'uréase contenu dans les fèces transforme l'azote uréique de l'urine en azote ammoniacal. L'azote organique présent dans les fèces est pour sa part hydrolysé, lui permettant également de participer au processus d'ammonification. Alors que la proportion d'azote organique et minéral est égale quelques heures après l'excrétion, elle tend vers les  $\frac{3}{4}$  d'azote minéral et  $\frac{1}{4}$  d'azote organique dès la troisième journée après l'excrétion (Coillard, 1997). De plus, environ 28% de l'azote excrété se serait volatilisé suite à l'entreposage.

Contrairement à l'azote, le temps d'entreposage n'affecterait pas l'efficacité de séparation du phosphore puisque celui-ci se trouve principalement en suspension (Moller *et al.*, 2002). Le phosphore contenu dans le lisier provient presque exclusivement des fèces des porcs et se trouve principalement sous forme minérale, soit 80-90% (Coillard 1997; Héduit *et al.* 1978). Le tableau 1 présente la répartition des différentes formes de phosphore entre les phases solide et liquide du lisier. Le phosphore évolue très peu durant le stockage. Bien qu'il y ait une légère minéralisation, le contenu total en phosphore du lisier demeure le même car il n'existe pas de forme gazeuse.

**Tableau 1 : Répartition des différentes formes de phosphore dans le lisier.**

<i>Éléments</i>	<i>Phase liquide</i>	<i>Phase solide</i>
P organique	3%	10%
P minérale	10%	75-80%

Source : Coillard, 1997

Selon Marchal (2002), la séparation sous les lattes est intéressante pour deux raisons, soit éviter le mélange des fèces et de l'urine et améliorer les conditions d'ambiance dans les bâtiments par la réduction de la teneur en ammoniac et des odeurs.

### 1.3.4 Efficacité de séparation

Plusieurs auteurs (Kroodsma 1986; Voermans et van Asseldonk 1990; Moller *et al.* 2002) s'entendent pour dire que l'efficacité de séparation se calcule selon l'équation suivante ou une variante similaire :

$$E_i = \left( \frac{SQ_{is}}{SQ_{is} + LQ_{il}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Où  $E_i$  est l'efficacité de séparation (%),  $S$  est la masse de solide (kg),  $L$  est la masse de liquide (kg),  $Q_{is}$  est la masse de l'élément  $i$  dans le solide (g/kg) et  $Q_{il}$  est la masse de l'élément  $i$  dans le liquide (g/kg).

### 1.3.5 Systèmes de séparation à la source

#### Le filet

Le filet utilise le principe de tamis. Un filet tendu sous les lattes permet de recueillir les fèces alors que l'urine s'écoule au travers des mailles du filet. Le solide demeuré sur le filet est récupéré à l'aide d'une gratte. Lorsque ce système de séparation est mécanisé, le filet est mobile et il est posé sur des rouleaux. Les rouleaux sont actionnés par un moteur à une certaine fréquence. À ce moment, une gratte fixe permet de récupérer le solide (figure 2).

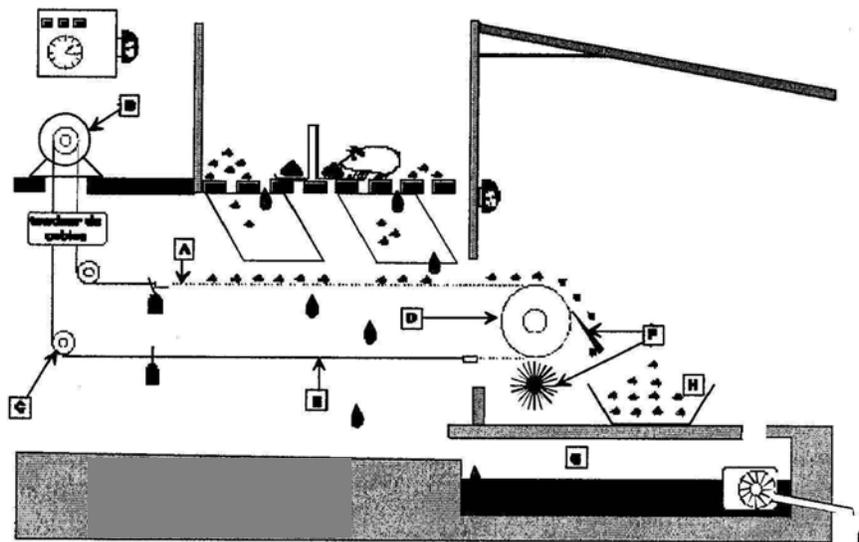


Figure 2 : Le filet

Source: Marchal, 2002

Un des premiers essais concernant la séparation à la source des déjections porcines a été réalisé par Kroodsma (1980). Différentes grosseurs de maillage ont été évaluées. Les résultats obtenus démontrent que plus le filet possède un maillage serré, plus la partie solide résultante a un pourcentage de matière sèche élevé. Cependant, la variation du pourcentage de matière sèche est faible, passant de 33,2% pour la porosité la moins efficace à 35,0% pour la plus efficace.

Dans une expérimentation réalisée par Jongebreur (1981), l'utilisation d'un filet ayant une porosité de 0,85 par 1,15 mm sous les lattes permet l'obtention d'une fraction solide à 35% de matière sèche. La proportion de l'azote total dans le solide était de 62% alors que 40% du  $K_2O$  se retrouvait dans le solide. Malheureusement, aucune analyse de la répartition du phosphore n'a été effectuée.

Jongebreur (1981) affirme également que l'air dans le bâtiment est beaucoup plus agréable lorsqu'un système de filet est utilisé, comparativement à l'utilisation du système de vidange gravitaire. Une réduction de la quantité d'acides gras volatils et de phénol de 53% et de 55%, respectivement, avait alors été obtenue.

Lors d'une autre étude de Kroodsma (1986), l'utilisation d'un filet ayant un maillage de 0,78 par 0,78 mm, a permis d'obtenir une fraction solide ayant un pourcentage de matière sèche entre 25% et 35%. L'efficacité de séparation a été de plus de 90% pour le  $P_2O_5$ , le  $CaO$ , le  $MgO$  et le cuivre. L'efficacité de séparation fut de 60% pour l'azote total (azote Kjeldahl) et de 35% pour le  $K_2O$ . La matière sèche a été séparée avec une efficacité d'environ 85%. Kroodsma a noté que malgré une matière sèche au-delà de 25%, la phase solide n'était pas empilable. La partie solide du lisier porc est constituée principalement des plus grosses particules du lisier tandis que la plupart des colloïdes sont dans le liquide. La quantité de particules colloïdales restant dans les fèces demeurées sur le filet ne semble donc pas suffisante pour permettre à la fraction solide de s'accumuler sous une forme de « tas », les colloïdes agissant un peu comme une « gelée » entre les grosses particules. Par contre, l'utilisation de paille peut remédier à ce problème. Les systèmes de séparations présentés par Kroodsma (1986) et Jongebreur (1981) permettent l'utilisation de paille si désiré pour améliorer à la fois la texture du solide et le bien-être animal (enrichissement de l'environnement d'élevage).

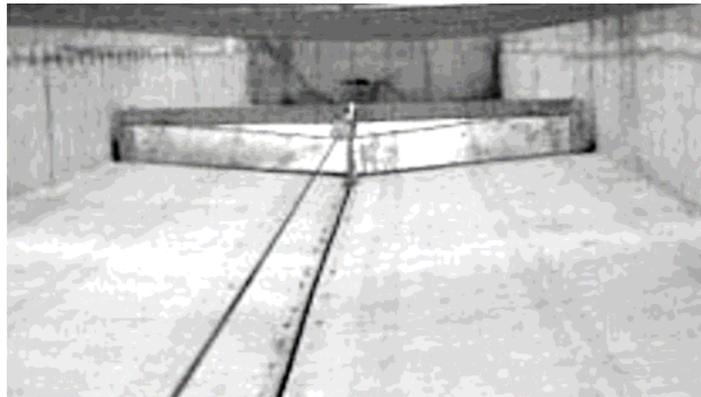
Marchal (2002) a également obtenu des résultats intéressants avec un filet au maillage de 0,8 mm. La fraction solide obtenue après séparation avait un pourcentage de matière sèche de 26% et contenait plus de 94% du phosphore et 72% de l'azote. Les analyses de la partie liquide ont déterminé que le pourcentage de matière sèche était de 2,5% et qu'une grande proportion du potassium s'y retrouvait (80,6%).

Similairement, selon Kroodsma (1986), l'installation d'un système de séparation des déjections réduisait les émissions d'odeurs par porc de 50 à 60% comparativement à un système conventionnel (100% latté et gravitaire).

La fréquence de nettoyage du filet a seulement été évaluée par Marchal (2002), qui convient que le nombre optimal de raclage du solide sur le filet est de deux à quatre par jour.

## La gratte en « V »

La gratte en « V » est constituée d'un dalot avec deux plans inclinés de chaque côté et d'une gouttière centrale. Le liquide s'écoule par gravité vers la gouttière avant d'être acheminé vers l'extérieur du bâtiment. Le solide demeure sur le plan incliné avant d'être gratté à une certaine fréquence à l'aide d'une gratte actionnée mécaniquement (figure 3).



**Figure 3 : Gratte en « V »**

Source: von Bernuth, 2001

Von Bernuth *et al.* (2004) ont présenté les résultats obtenus lors de l'utilisation du même type de système. En effet, la séparation à l'aide de la gratte en « V » a permis d'obtenir une fraction solide ayant environ 91% de phosphore et 67% d'azote. Cependant, ce pourcentage de séparation de l'azote avait tendance à diminuer au cours de l'élevage.

L'étude complétée par Voermans et van Asseldonk (1990) a démontré que la réduction d'ammoniac atteignait 40% comparativement au système par gravité. Ces valeurs ont été obtenues pour des porcs en engraissement en période hivernale. De leur côté, Voermans et van Poppel (1993) ont rapporté des réductions d'ammoniac de l'ordre de 80% en pouponnière, comparativement à l'entreposage des déjections sous les animaux avec un plancher complètement latté. Les résultats de Hagens (1992) ont également démontré une réduction d'approximativement 80% comparativement à une gestion avec entreposage sous les animaux, en pouponnière avec plancher complètement latté.

Hendriks et van de Weerdhof (1999) affirment que comparativement à un système conventionnel (vidange gravitaire, 100% latté), l'utilisation d'une gratte en « V » permet une réduction des émissions d'ammoniac de l'ordre de 50 et de 70% pour, respectivement, la mise bas et la pouponnière.

En ce qui a trait aux fréquences de grattage, il semblerait qu'aucune expérimentation n'a fait l'objet de la détermination de la fréquence optimale du raclage des dalots dans le but de limiter les odeurs et les gaz à l'intérieur du bâtiment. Pour les essais effectués par Humenik *et al.* (2002), la gratte était actionnée une seule fois par jour. Quant à Voermans et van Poppel (1993), ils prétendent que le grattage doit avoir lieu au moins une fois par jour et que, dans la plupart des

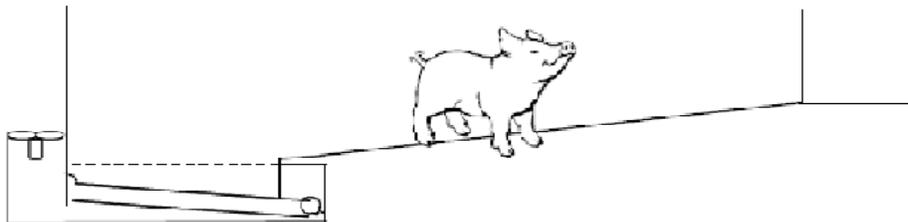
cas, une fréquence plus grande est nécessaire pour réduire de façon significative les émissions d'ammoniac.

Lors de leurs recherches, Voermans et van Asseldonk (1990), tout comme Voermans et van Poppel (1993), ont actionné le système de gratte deux fois par jour. Pour sa part, Hagens (1992) a atteint une réduction de 80% des émissions d'ammoniac en grattant les dalots quatre fois sur une période de 12 heures. Dans son rapport, Andersson (1995) suggère que, lors d'expériences futures, le système de gratte devrait fonctionner plusieurs fois par jour pour obtenir une réduction maximale d'ammoniac.

Peu d'études ont porté sur l'impact du système de gratte en «V» dans un contexte québécois. Toutefois, dans leur mémoire remis à la Commission sur le développement durable de la production porcine au Québec, Bernard *et al.* (2003) prétendent que la réduction d'odeurs peut atteindre 45% pour un tel système. De plus, il est noté un potentiel de réduction des odeurs lors de l'épandage de la fraction liquide.

### La courroie

Le système avec courroie est utilisé avec succès dans l'industrie avicole depuis de nombreuses années (Kasper *et al.*, 2002). Ce système de séparation à la source implique l'utilisation d'une courroie inclinée sous les lattes. Puisque la courroie est légèrement inclinée, le liquide s'écoule par gravité vers une gouttière située le long de la courroie alors que le solide demeure sur la courroie (figure 4).



**Figure 4 : Le convoyeur à courroie**

Source: van Kempen *et al.*, 2003

Avec un tel système, Kaspers *et al.* (2002) ont obtenu une fraction solide ayant 30% de matière sèche. Ils ont également rapporté que cette méthode de séparation permettait de réduire les émissions d'ammoniac provenant du bâtiment de 65% en comparaison avec les valeurs retrouvées dans Arogo *et al.* (2001) et Aarnink *et al.* (1995). Les travaux de Kaspers *et al.* (2002) suggèrent également que la production de méthane demeure constante, peu importe la quantité de lisier présente sur la courroie.

Dans le même ordre d'idée, van Kempen *et al.* (2003) ont mesuré des émissions moyennes d'ammoniac de  $1,0 \pm 0,2$  kg porc<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>. Par contre, aucune comparaison avec un témoin n'a été effectuée afin de déterminer la réduction de ces émissions. De plus, ils avancent que les fèces sur la courroie ne contribueraient pas quantitativement aux émissions d'ammoniac présentes à l'intérieur du bâtiment. En effet, les auteurs prétendent que les résultats concordent avec les données *in vitro* suggérant que les fèces contaminées avec une petite quantité (<30%) d'urine ne constituent qu'une source peu importante d'ammoniac. Ceci suggère que les émissions proviennent largement de la partie solide du plancher. Selon les auteurs, la courroie aurait permis la séparation des phases, avec une fraction solide contenant plus de 50% de matière sèche.

Un second article de van Kempen (2003) révèle des résultats tout aussi intéressants; les expériences effectuées avec le système de courroie ont permis des réductions d'ammoniac de 65 à 80% dépendamment du degré de souillure des enclos. Avec un taux de ventilation de 50 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> porc<sub>place</sub><sup>-1</sup>, une concentration de deux à trois ppm a été mesurée.

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Koger *et al.* (2002). Les auteurs affirment que les émissions d'ammoniac provenant du bâtiment étaient réduites de 60% comparativement aux valeurs trouvées dans la littérature. Les fèces étaient alors retirées de la courroie aux 2 à 3 jours. Ils ont également estimé que la réduction des émissions malodorantes serait du même ordre de grandeur.

Ogink *et al.* (2000) rapportent l'utilisation du même type de procédé de séparation, mais avec une courroie convexe plutôt qu'inclinée. Le liquide s'écoule vers deux gouttières situées sur les côtés alors que les fèces demeurent sur la courroie. Les résultats indiquent que l'efficacité de séparation de la matière sèche atteignait 89% alors que le solide contenait 67% des cendres, 98% du phosphore, 64% de l'azote total et 49% du potassium.

Selon Kaspers *et al.* (2002), le temps de résidence du solide sur la courroie n'influence pas significativement la quantité de matière sèche récupérée sur cette dernière. Toutefois, numériquement, le temps de résidence optimal est de 15 heures. Ogink *et al.* (2000) affirment également que l'efficacité de séparation sera la même, peu importe si le solide sur la courroie est retiré 1 ou 12 fois par jour.

Kasper *et al.* (2002), pour leur part, avancent que le moment de la collecte du lisier a une influence significative sur le pourcentage en matière sèche. Cela serait relié au faible taux d'urination la nuit et que, par conséquent, le lisier collecté tôt le matin est plus « sec ». À l'inverse, le lisier collecté vers 18 heures était plus « humide » ayant donc un pourcentage de matière sèche plus faible.

### 1.3.6 Performances zootechniques

Parmi les études réalisées sur les systèmes de séparation des déjections sous les lattes, l'impact des systèmes sur les performances zootechniques n'a presque jamais été évalué. Une des rares

études en faisant fois est celle de van Kempen *et al.* (2003). Avec un système de convoyeur à courroie, le gain moyen quotidien obtenu était de  $0,790 \text{ kg}_{\text{gain}}^{-1} \text{ jour}^{-1}$  et l'efficacité alimentaire de  $2,04 \text{ kg}_{\text{aliment}} \text{ kg}_{\text{gain}}^{-1}$ . Comparativement au témoin (vidange gravitaire), une augmentation de la conversion alimentaire de 6% a été obtenue. D'autre part, le gain moyen quotidien n'a pas été affecté par le traitement. Le gain moyen quotidien pour l'industrie porcine dans la province de Québec en 2002 était de  $0,795 \text{ kg}_{\text{gain}} \text{ jour}^{-1}$  et la conversion alimentaire était de  $2,66 \text{ kg}_{\text{aliment}} \text{ kg}_{\text{gain}}^{-1}$  (CDPQ, 2004).

#### 1.4 Hypothèses de recherche

Selon l'information disponible dans la littérature, les hypothèses de recherche du présent projet sont à l'effet que :

Hypothèse 1 : La séparation des fèces et de l'urine sous les lattes à l'aide de grattes spécifiquement développées et de pentes adéquates, permet de concentrer au moins 80% du phosphore dans une phase solide ayant au minimum 25% de matière sèche.

Hypothèse 2 : La réduction du temps de contact des fèces et de l'urine au bâtiment permet de réduire d'au moins 50% les émissions d'odeur et de gaz (incluant les émissions de gaz à effet de serre).

#### 1.5 Objectifs de recherche

Le principal objectif du volet II était de comparer, dans un même montage expérimental, différents systèmes de gestion des déjections sur divers aspects relatifs à l'efficacité de séparation et à la qualité de l'air.

Les sous-objectifs du projet étaient de :

- Évaluer l'efficacité de séparation des phases liquide et solide des différentes technologies de séparation sous les lattes.
- Comparer les émissions de gaz, d'odeurs et le caractère hédonique au bâtiment entre différents systèmes de gestion des déjections et un système conventionnel (témoin).
- Comparer divers systèmes de séparation à la source des déjections porcines dans un même montage expérimental dans le but d'identifier le système le plus efficace en terme d'amélioration du caractère hédonique et de limitation d'émissions gazeuses et odorantes au bâtiment.
- Étudier l'impact de la fréquence de grattage sur les émissions de gaz et d'odeurs et le caractère hédonique de l'air pour le système de gratte en « V ».

## 2 Matériel et méthodes

### 2.1 Site expérimental

Le dispositif expérimental utilisé pour cette expérimentation était situé dans le laboratoire BABE (Bilan agroenvironnemental des bâtiments d'élevage) de l'IRDA. Ce laboratoire est localisé dans le bâtiment DC-137 du Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD).

Le laboratoire BABE est composé de locaux permettant de mener à bien des expérimentations à échelle réduite avec des animaux. Il consiste en 12 chambres expérimentales (figure 5) complètement indépendantes les unes des autres et de même dimension (1,20 m de largeur, 2,44 m de profondeur et 2,44 m de hauteur).



**Figure 5 : Vue des chambres expérimentales**

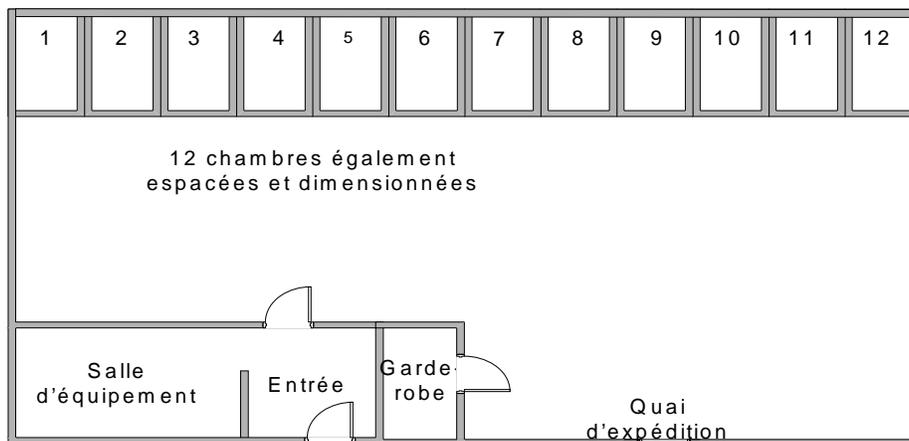
Chacune des chambres est hermétique afin de prévenir l'échange d'air entre les différentes pièces. Le revêtement intérieur des chambres est fait de contreplaqué peint recouvert d'une feuille de polyéthylène sur la demie inférieure du mur pour protéger les surfaces du lisier. Le plancher entièrement latté est composé de lattes de béton commerciales et chacune des chambres possède son propre système de gestion du lisier, doublé d'un bac « tiroir » pour la récupération du lisier (figure 6).



**Figure 6 : Vue d'une chambre expérimentale**

La bio-sécurité est assurée par une entrée de type danoise. Ce type d'entrée permet, par une séparation entre l'extérieur et le local expérimental, d'éviter une contamination pouvant provenir d'un autre élevage. De plus, les produits de nettoyage, le matériel nécessaire à l'alimentation et aux soins des animaux sont entrés dans le laboratoire avant le début de l'élevage.

Une salle hébergeant les équipements d'acquisition de données et une aire de manutention sont également intégrées au laboratoire. Les différents espaces sont illustrés à la figure 7.



**Figure 7 : Vue générale de l'aménagement des 12 unités expérimentales**

## 2.2 Ambiance

Chacune des chambres du laboratoire est ventilée de façon indépendante et possède son propre ventilateur d'extraction à vitesse variable. Avant son arrivée aux chambres, l'air d'entrée est conditionné par une unité centrale de chauffage et de climatisation. Une partie du système de ventilation est illustrée à la figure 8.

Lors de la saison froide, l'air est chauffé par une unité de chauffage de 20 kW située après l'unité d'air climatisé. Une seconde unité de chauffage, installée dans la conduite de ventilation de chacune des chambres, permet un ajustement optimal de la température des aires expérimentales. Lors de la saison chaude, une unité de climatisation de l'air est utilisée pour refroidir l'air acheminé aux chambres.



**Figure 8 : Circuit de ventilation et de chauffage**

Un système d'acquisition de données relié à un ordinateur est utilisé pour enregistrer les données provenant des sondes de température-humidité relative et de la différence de pression statique.

Enfin, un système d'éclairage apporte une intensité lumineuse de 70 lux. La période d'éclairage est de 12 heures, soit de 7h00 à 19h00.

## 2.3 Animaux et alimentation

Pour l'expérimentation, chacune des chambres contenait quatre castrats. Les porcs, provenant d'un élevage de la SCA de la Seigneurie, ont été engraisés de 26 à 82 kg. La superficie de plancher par porc dans chacune des chambres était de 0,72 m<sup>2</sup>. Le nombre de porcs logés dans chaque chambre était limité par la largeur de la chambre et non par sa superficie.

Lors de l'expérimentation, deux diètes ont été utilisées pour les deux phases de croissance de façon à limiter l'excrétion d'azote. Les principaux ingrédients de la diète étaient le maïs, le blé et le tourteau de soya. Les détails relatifs à la composition de ces rations et à leur analyse nutritionnelle sont présentés à l'Annexe A.

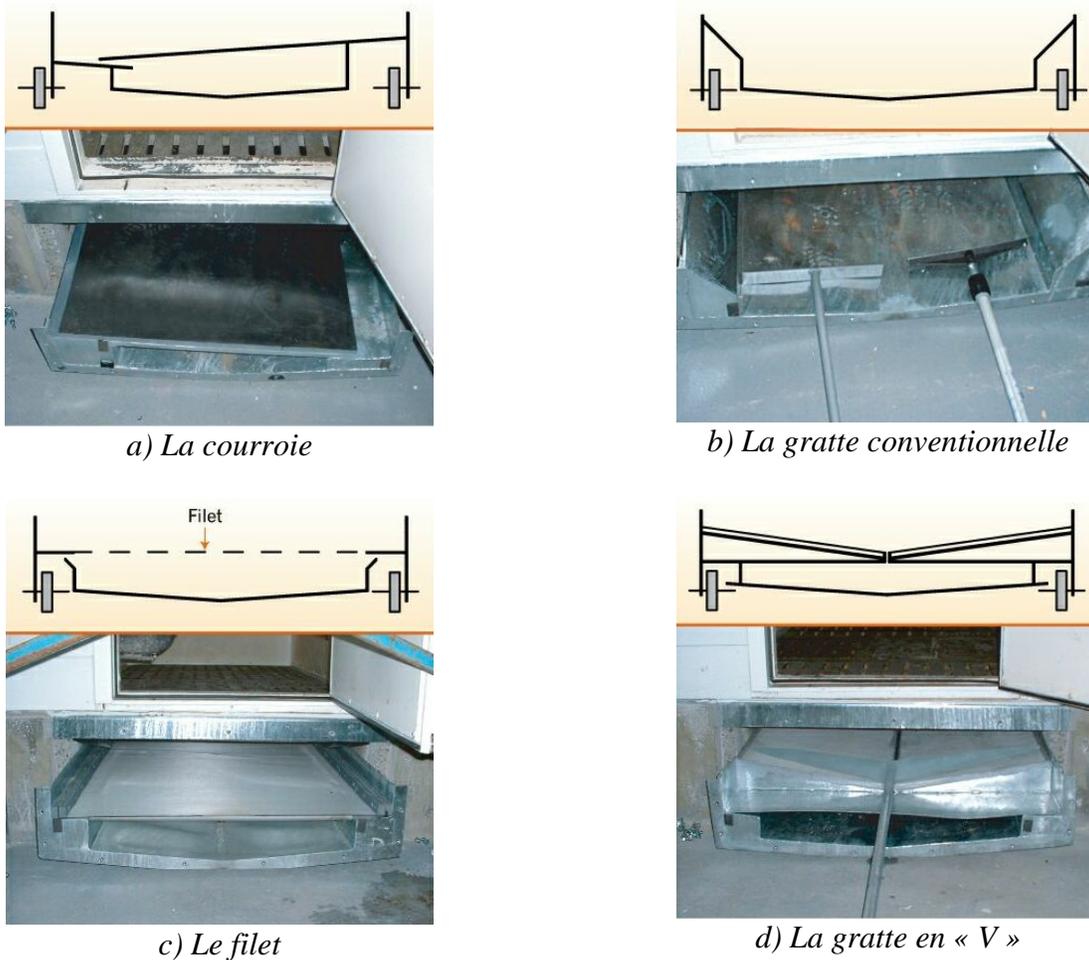
## 2.4 Traitements

Les traitements utilisés pour cette expérimentation sont basés sur les systèmes étudiés par Marchal (2002), van Kempen *et al.* (2003) et von Bernuth (2001). Les prototypes à échelle réduite représentant ces systèmes de séparation ont été évalués et comparés à deux systèmes sans séparation (vidange gravitaire par bouchon *Pull Plug* et gratte conventionnelle).

Les six traitements sont les suivants :

- Vidange gravitaire ou Pull plug (Témoin PP) : Système témoin, sans traitement de séparation des phases. Bien que vidé une fois par semaine, il permet de représenter un système présent en production porcine québécoise.
- Gratte conventionnelle (gratte G) : Système de gratte en acier inoxydable qui ne sépare pas les phases du lisier. Retrouvé fréquemment en production porcine au Québec, ce système sert normalement à retirer le lisier de sous les parcs et à l'acheminer vers un réservoir tel une pré-fosse. Le fond du dalot est plat.
- Gratte en « V » (gratte V) : Système de séparation à la source où le dalot est en forme de « V », permettant à la partie liquide de s'écouler vers le centre et d'être acheminée sous le dalot par une fente au centre du « V ».
- Gratte en « V » journalière (gratte VJ) : Même système que la gratte en « V », mais avec une opération de grattage à tous les jours.
- Filet : Système de séparation à la source composé d'un filet immobile. Le solide reste sur le filet alors que le liquide s'écoule au travers de ses mailles.
- Courroie : Système de séparation à la source où le solide repose sur une courroie inclinée immobile et où le liquide s'écoule vers une gouttière puis sous le dalot pour entreposage.

Les différents systèmes évalués sont illustrés à la figure 9.



**Figure 9 : Les systèmes expérimentaux de séparation sous les lattes**

Les traitements ont dû être modifiés des systèmes originaux pour des raisons d'économie, mais également pour répondre à certaines contraintes physiques imposées par la mise à l'échelle des chambres expérimentales. Dans le cas de la courroie et du filet, l'opération des systèmes a dû être inversée. Normalement, la courroie et le filet sont mobiles et une gratte fixe permet de gratter le solide reposant sur la surface. Dans la présente expérimentation, la courroie et le filet ont été installés de façon fixe et la gratte était actionnée manuellement afin de retirer le solide. De plus, les opérations de grattage pour tous les autres systèmes ont également été réalisées de façon manuelle. La fréquence d'opérations des différents systèmes est présentée au tableau 2.

**Tableau 2 : Fréquence des opérations pour les différents systèmes évalués**

<i>Traitements</i>	<i>Numéros chambres</i>		<i>Grattage</i>	<i>Vidange</i>
	<i>Élevage 1</i>	<i>Élevage 2</i>		
Témoin PP	3, 12	2, 7	Jeudi	Jeudi
Gratte G	5, 9	8, 11	Lundi, mercredi et vendredi	Lundi, mercredi et vendredi
Gratte V	1, 7	3, 10	Lundi, mercredi et vendredi	Lundi, mercredi et vendredi
Gratte VJ	2, 6	4, 12	Tous les jours	Lundi, mercredi et vendredi
Filet	4, 11	1, 5	Lundi, mercredi et vendredi	Lundi, mercredi et vendredi
Courroie	8, 10	6, 9	Lundi, mercredi et vendredi	Lundi, mercredi et vendredi

## 2.5 Dispositif expérimental et analyses statistiques

L'expérimentation s'est déroulée pendant deux élevages successifs. Chaque élevage a duré 55 jours et comprenait deux répétitions de chacun des traitements. Les dates de début et de fin des élevages sont énumérées au tableau 3. L'unité expérimentale (U.E.) était la chambre. Les traitements ont été attribués de façon aléatoire à chacune des chambres et la distribution des porcs s'est faite de façon à avoir une répartition des poids sensiblement égale.

**Tableau 3 : Dates importantes des deux élevages**

<i>Date</i>	<i>Évènement</i>
18 mars 2004	Début du premier élevage
13 mai 2004	Fin du premier élevage
20 mai 2004	Début du deuxième élevage
15 juillet 2004	Fin du deuxième élevage

L'analyse de la variance des données fut basée sur un modèle en blocs complets avec effet aléatoire (bloc=élevages) et des mesures répétées dans le temps. Les effets fixes inclus dans le modèle étaient le traitement, la semaine, l'interaction semaine\*traitement alors que les effets aléatoires correspondaient à l'élevage et à l'interaction élevage\*traitement. Un test de chi-carré sur le « *likelihood ratio statistic* » (Littell *et al.*, 1996) a été réalisé pour conserver ou non l'interaction élevage\*traitement dans le modèle.

La procédure « *mixed* » avec l'option des mesures répétées a été utilisée avec le logiciel SAS (1999). Un ajustement de Bonferroni a été fait sur chacune des variables de façon à augmenter la sévérité de l'analyse statistique vu le nombre élevé de comparaisons. Pour certaines variables, une transformation logarithmique a été effectuée pour améliorer l'homogénéité de la variance.

## 2.6 Collecte des données

### 2.6.1 Composition des parties liquide et solide

L'échantillonnage des parties solide et liquide pour en déterminer la composition s'est effectué lors des opérations de vidange. L'accès aux tiroirs contenant les parties solide et liquide se faisait à partir d'une plaque boulonnée en dessous de chacune des chambres. Dans les tiroirs avec séparation, il y avait deux sections superposées: une partie basse pour la fraction liquide et une partie haute pour la fraction solide.

La partie liquide était recueillie à l'aide d'un aspirateur (modèle Shop-Vac) puis pesée à l'aide d'une balance (modèle Sartorius EA60FEG-IOUR, précision :  $\pm 2$  g). Le liquide était ensuite homogénéisé avant d'être échantillonné. La prise de l'échantillon s'effectuait dans des contenants de polyéthylène de 125 ml préalablement identifiés.

La partie solide était retirée du tiroir à l'aide de racloirs et accumulée pour la pesée. Une fois pesé, le solide était haché à l'aide d'un hachoir commercial et d'un pilon afin d'en uniformiser la composition. Une fois que l'ensemble de la masse solide était haché, un échantillon composite était recueilli. Les contenants de 125 ml ayant servi à recueillir les échantillons ont été identifiés et scellés. Pour les traitements sans séparation, les échantillons étaient récoltés dans des pots en polyéthylène de 600 ml.

L'efficacité de séparation a été calculée à l'aide de l'équation 1 (Kroodsma 1986, Voermans et van Asseldonk 1990). Dans le cas des échantillons ne présentant pas de séparation à la source, le lisier a été séparé en laboratoire à l'aide d'une centrifugeuse (Modèle K, IEC) à une vitesse de 2000 tours  $\text{minute}^{-1}$  pendant 20 minutes. La force de gravité relative équivalente était alors d'environ 2 650 g. Bien que différente d'une séparation par centrifugation à la ferme, la séparation en laboratoire permettait de comparer l'efficacité de séparation des systèmes sous les lattes à une séparation par centrifugation.

$$E_i = \left( \frac{SQ_{is}}{SQ_{is} + LQ_{il}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Où  $E_i$  est l'efficacité de séparation (%), S est la quantité de solide (kg), L est la quantité de liquide (kg),  $Q_{is}$  est la quantité de l'élément i dans le solide ( $\text{g kg}^{-1}$ ) et  $Q_{il}$  est la quantité de l'élément i dans le liquide ( $\text{g kg}^{-1}$ ).

Finalement, pour certaines variables, les valeurs ont été rapportées par kg de poids des porcs, en les divisant par le poids total des porcs de la chambre d'où elles provenaient afin d'éliminer l'effet qu'aurait pu avoir la variation du poids des animaux.

## 2.6.2 Concentrations et émissions de gaz

Les gaz ont été prélevés dans des tubes en Téflon™, munis d'un filtre en fibre cellulosique afin d'empêcher les particules de poussières de s'infiltrer et d'endommager les équipements d'analyse de gaz (figure 10). Les tubes acheminant les gaz vers les analyseurs ont été placés dans un conduit de bois dans lequel ils étaient conservés à 35°C afin d'empêcher la condensation sur leurs parois. Afin d'assurer une lecture uniforme pour toutes les chambres, tous les tubes étaient de même longueur, soit 15,25 m avec un diamètre extérieur de 6,35 mm.



**Figure 10 : Localisation pour le prélèvement des gaz et des odeurs**

Le débit de la pompe (Model PU356-N05.16, KNF Neuberger, USA) aspirant l'air dans les tubes était de  $\pm 2 \text{ L min}^{-1}$ . Des mesures de concentrations, en ppm, étaient prises sans interruption pendant les deux élevages et synchronisées avec la mesure du débit de ventilation.

Les gaz analysés étaient l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ), le méthane ( $\text{CH}_4$ ), l'oxyde nitreux ( $\text{N}_2\text{O}$ ) et le gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ). Le méthane, le gaz carbonique et l'oxyde nitreux ont été analysés par chromatographie en phase gazeuse (GC) et l'ammoniac par spectroscopie infrarouge non dispersive (NDIR). L'analyse chromatographique s'effectuait par la séparation des trois gaz sur des colonnes remplies de Porapak Q. Le méthane était quantifié avec un détecteur à ionisation de flamme (FID). Le gaz carbonique était également quantifié par le FID mais après réduction en méthane avec l'hydrogène sur un catalyseur de nickel. Finalement, l'oxyde nitreux a été mesuré avec un détecteur à capture d'électrons (ECD).

La mesure de la concentration des différents gaz pour une chambre fut effectuée sur une période de 10 minutes. En effet, l'analyse instantanée avec le GC ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  et  $\text{N}_2\text{O}$ ) était effectuée sur l'échantillon de gaz circulant dans la boucle d'injection du GC à la fin de chaque période de 10 minutes. Par contre, la concentration en  $\text{NH}_3$  obtenue aux 10 minutes était une moyenne des concentrations en  $\text{NH}_3$  dans le gaz circulant dans la cellule d'analyse durant la dernière minute de

chaque période de 10 minutes. Le système d'acquisition de données chargeait les données à chaque 10 secondes et enregistrait la moyenne toutes les 10 minutes. Deux fois par heure, l'ordinateur enregistrait la moyenne du système d'acquisition de données. Les erreurs instrumentales sur la concentration des gaz avec le GC sont : CO<sub>2</sub> ± 30 ppm; CH<sub>4</sub> ± 0,5 ppm; N<sub>2</sub>O : ± 0,1 ppm. L'erreur sur la concentration de NH<sub>3</sub> est ± 1,5 ppm. Périodiquement, le niveau de H<sub>2</sub>S a été mesuré avec un dispositif portatif (Draeger, modèle micro pack; étendue de la mesure 0-1000 ppm). Cependant, aucune concentration de H<sub>2</sub>S ne fut détectée.

Pour calculer les émissions, les différentes concentrations de gaz sont multipliées par le débit d'air de ventilation. Pour se faire, l'équation 2 est utilisée :

$$E_{\text{gaz}} = \frac{(C_{\text{gaz sortie}} - C_{\text{gaz entrée}})}{10^6} \times \left( \frac{\beta_{\text{gaz}} \times Q \times 86400}{M_{\text{porc}}} \right) \times 10^6 \quad (2)$$

Où  $E_{\text{gaz}}$  représente les émissions du gaz ( $\text{mg}_{\text{gaz}} \text{jour}^{-1} \text{kg}_{\text{porc}}^{-1}$ ),  $C_{\text{gaz sortie}}$  est la concentration du gaz dans l'air à la sortie de la chambre (ppm),  $C_{\text{gaz entrée}}$  est la concentration du gaz dans l'air à l'entrée de la chambre (ppm),  $\beta_{\text{gaz}}$  est la masse de gaz par volume d'air ( $\text{kg}_{\text{gaz}} \text{m}^3_{\text{air}}^{-1}$ ),  $Q$  représente le débit de ventilation dans la chambre ( $\text{m}^3_{\text{air}} \text{s}^{-1}$ ),  $M_{\text{porc}}$  est la masse totale des porcs dans la chambre (kg) et 86400 égale  $24 \text{h} \text{j}^{-1} * 3600 \text{s} \text{h}^{-1}$  ( $\text{s} \text{j}^{-1}$ ).

La masse de gaz par volume d'air est calculée selon l'équation 3 :

$$\beta_{\text{gaz}} = D_{\text{gaz}} \times \rho_{\text{air}} \quad (3)$$

Où  $\rho_{\text{air}}$  est la masse volumique de l'air ( $\text{kg}_{\text{air}} \text{m}^3_{\text{air}}^{-1}$ ) et  $D_{\text{gaz}}$  est la densité du gaz ( $\text{kg}_{\text{gaz}} \text{kg}_{\text{air}}^{-1}$ ). [ $D_{\text{NH}_3} = 0,597$ ;  $D_{\text{CH}_4} = 0,55$ ;  $D_{\text{CO}_2} = 1,521$ ;  $D_{\text{N}_2\text{O}} = 1,53$  à 21°C et  $101,3 \times 10^3 \text{ Pa}$  (Air liquide, 2004)]

Puisque les concentrations de gaz sont moins précises que la densité de ces mêmes gaz et que les températures pendant l'élevage varient entre 18 et 24°C, les valeurs de densité à 21°C et  $101,3 \times 10^3 \text{ Pa}$  sont utilisées pour toutes les températures.

Selon l'ASAE (2003), en utilisant la température et l'humidité correspondantes à chaque chambre, la masse volumique de l'air est calculée selon l'équation 4 :

$$\rho_{\text{air}} = \frac{P_{\text{atm}} - P_{\text{v}}}{287 \times T} \quad (4)$$

Où la variable  $P_{\text{atm}}$  égale  $101,3 \times 10^3 \text{ Pa}$  et représente la pression atmosphérique,  $P_{\text{v}}$  est la pression de vapeur (Pa) et  $T$  représente la température (Kelvin). La pression de vapeur est calculée selon l'équation 5 :

$$P_v = P_{v_s} \times HR \quad (5)$$

Où  $P_{v_s}$  représente la pression de vapeur à saturation (Pa) et HR est l'humidité relative (en décimale).

La pression de vapeur à saturation est calculée selon l'équation 6 (Albright, 1990):

$$\ln P_{v_s} = \frac{-5,8002206 \times 10^3}{T} + 1,3914993 + (-48,64023 \times 10^{-3} \times T) + (41,764768 \times 10^{-6} \times T^2) + (-14,452093 \times 10^{-9} \times T^3) + (6,5459673 \times \ln(T)) \quad (6)$$

Où T est la température de l'air (Kelvin). L'équation 6 est valide pour des températures de 273 à 473 Kelvin.

### 2.6.3 Concentrations et émissions d'odeurs

Dans cette étude, les odeurs ont été évaluées à partir d'un olfactomètre à dilution dynamique à choix forcé, conformément au Standard Européen NF EN 13725 (European Committee for Standardization, 2003).

La concentration d'odeur (u.o.m<sup>-3</sup>) (au seuil de détection des odeurs) est le rapport de dilution d'air ( $\text{volume}_{\text{air inodore}} / \text{volume}_{\text{air ventilation}}^{-1}$ ) où 50% des membres du jury peuvent détecter une odeur. Afin d'avoir des mesures précises et conformes, la norme européenne précédemment mentionnée a été utilisée (Sweeten *et al.*, 2001).

De nouveaux sacs Tedlar™ d'une capacité de 25 litres ont été utilisés pour chacun des échantillonnages. Quelques jours précédents les échantillonnages, les sacs ont été conditionnés à température ambiante. Les sacs ont été remplis d'azote puis vidés deux fois de suite, chaque cycle prenant ±30 minutes. Par la suite, les sacs ont été remplis de nouveau et conservés gonflés durant au moins deux heures.

Le protocole d'échantillonnage des odeurs a été différent pour les deux élevages. Pour l'analyse statistique, les moyennes ont donc été compilées pour des périodes de deux semaines afin d'équilibrer les données entre les deux élevages. Pour le premier élevage, les traitements témoin PP et les grattes G et V ont été échantillonnés le mardi lors des semaines 1, 2, 5 et 6. Lors des semaines 4 et 8, toujours le mardi, un échantillonnage de l'air a été effectué pour tous les traitements et pour l'entrée d'air principale à l'extérieur du bâtiment. Lors des semaines 3 et 7, aucun échantillonnage n'a été effectué. Pour le deuxième élevage, toutes les chambres, en plus de l'entrée d'air principale, ont été échantillonnées chaque mardi de toutes les semaines de l'élevage. Après la collecte, les sacs ont été envoyés par avion à Edmonton, Alberta, Canada. Les analyses ont été réalisées dans un délai de 24 h à l'Université d'Alberta (Local 1-08, Agriculture/Forestry Centre).

Dans le but de garder le niveau d'activité des porcs au minimum durant l'échantillonnage, minimisant ainsi le biais entre les échantillons (Zhu *et al.*, 2000b), l'air était récolté à travers un petit accès dans le haut du mur de chacune des chambres pour éviter d'avoir à entrer dans les chambres.

L'échantillonnage a été fait à l'aide d'un tube de Téflon™. L'air a été aspiré par un système à vacuum dans les sacs Tedlar™ et ce, sur une période de 10 minutes (figures 11 et 12). L'échantillon d'air était pris très près du ventilateur de sortie d'air. La séquence des chambres échantillonnées était, à quelques exceptions près, toujours la même, débutant à la chambre 1 et terminant avec l'entrée d'air extérieure. Cette méthodologie a été suivie dans le but d'échantillonner chaque chambre à la même heure chaque semaine. Les échantillons d'air ont été pris entre 9h30 et 14h30. Pour prévenir l'échange d'air avec l'extérieur, l'ouverture des portes était proscrite le matin avant l'échantillonnage.



**Figure 11 : Échantillonnage de l'air pour l'analyse d'odeur**



Figure 12 : Sac Tedlar™ pour les échantillons d'odeur

Les émissions d'odeurs sont obtenues en multipliant le débit moyen de l'air de ventilation ( $\text{m}^3_{\text{air}} \text{s}^{-1}$ ) durant la période d'échantillonnage par la concentration d'odeurs (u.o.  $\text{m}^{-3}_{\text{air}}$ ). L'équation 7 présente les différents paramètres pour le calcul des émissions d'odeurs.

$$E_{\text{odeurs}} = \frac{C_{\text{odeurs}} \times Q \times 3600}{M_{\text{porc}}} \quad (7)$$

Où  $E_{\text{odeurs}}$  représente les émissions d'odeur (u.o.  $\text{h}^{-1} \text{kg}_{\text{porc}}^{-1}$ ),  $C_{\text{odeurs}}$  est la concentration d'odeurs de l'air échantillonné (u.o.  $\text{m}^{-3}_{\text{air}}$ ),  $Q$  est le débit de ventilation dans la chambre ( $\text{m}^3_{\text{air}} \text{s}^{-1}$ ),  $M_{\text{porc}}$  est la masse totale des porcs dans la chambre (kg) et 3600 égale  $60 \text{ min h}^{-1} * 60 \text{ s min}^{-1}$  ( $\text{s h}^{-1}$ ).

Étant donné que les concentrations d'odeurs ont une distribution géométrique, les données ont dû être soumises à une transformation logarithmique avant l'analyse statistique. L'équation 8 a été utilisée pour calculer les émissions moyennes. Les émissions globales d'odeurs par traitement ont également été calculées avec cette équation. Les résultats obtenus avec cette équation sont présentés dans les tableaux et graphiques.

$$E_{\text{odeurs}}^T = \log^{-1} \left[ \frac{\sum (\log C_{\text{odeurs}}^{\text{RW}} \times Q_{\text{RW}})}{\sum Q_{\text{RW}}} \right] \times \left( \frac{Z}{\sum M_{\text{porc}}^{\text{RW}}} \right) \times \left( \frac{\sum Q_{\text{RW}}}{Z} \right) \times 3600 \quad (8)$$

Où  $E_{\text{odeurs}}^T$  représente les émissions d'odeurs moyennées aux deux semaines, pour le traitement T (u.o.  $\text{h}^{-1} \text{kg}_{\text{porc}}^{-1}$ ),  $C_{\text{odeurs}}^{\text{RW}}$  est la concentration d'odeurs dans l'air de sortie pour la répétition R et la semaine W (u.o.  $\text{m}^{-3}_{\text{air}}$ ),  $Q_{\text{RW}}$  est le débit de ventilation pour la répétition R, semaine W (moyenne pendant la période d'échantillonnage) ( $\text{m}^3_{\text{air}} \text{s}^{-1}$ ),  $M_{\text{porc}}^{\text{RW}}$  est le poids total des porcs pour la répétition R, semaine W (kg) et 3600 égale  $60 \text{ s min}^{-1} * 60 \text{ min h}^{-1}$  ( $\text{s h}^{-1}$ ). De plus:

R = 1, 2, 3, 4

T = PP, G, V, VJ, F, C

W = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

Z = Nombre d'observations

Comme le mentionnent Lim *et al.* (2001), pour établir l'odeur générée seulement par la chambre, la différence entre la concentration de l'entrée et celle de la sortie doit être mesurée. Par contre, les émissions d'odeur dans la littérature sont souvent rapportées sous forme d'émissions grossières (Heber *et al.* 1998; Verdoes et Ogink, 1997; Mol et Ogink, 2003). En effet, la concentration d'odeur mesurée dans la chambre est souvent la seule qui soit considérée lors des calculs d'émission. Dans le but de comparer les résultats avec la littérature, les émissions d'odeur grossières ont été calculées. De plus, puisque les chambres avaient la même entrée d'air et qu'elles étaient comparées entre elles, il n'était donc pas nécessaire de calculer les émissions nettes d'odeur.

#### 2.6.4 Caractère hédonique

Le caractère hédonique de l'air se veut le degré d'acceptabilité d'une odeur ou si l'on veut, son caractère plaisant ou déplaisant. Il est évalué par les panélistes avec un olfactomètre, selon une échelle variant de 1 à 9 (1=Extrêmement désagréable, 2=Très désagréable, 3=Modérément désagréable, 4=Légèrement désagréable, 5=Neutre, 6=Légèrement agréable, 7=Modérément agréable, 8=Très agréable et 9=Extrêmement agréable). Les analyses du caractère hédonique de l'air ont été faites à partir de l'air échantillonné dans les sacs expédiés à l'Université d'Alberta comme mentionné à la section précédente.

#### 2.6.5 Températures, humidité relative, débit de ventilation

En accord avec la littérature et les pratiques commerciales, les consignes de température étaient de 22°C au début de l'élevage pour ensuite être progressivement réduites à 18°C pour la fin de l'élevage. L'humidité relative se situait entre 30 et 60%.

Pour chacune des chambres, la température et l'humidité relative ont été mesurées avec une sonde identique (modèle CS500 ; Campbell Scientific Canada Corp. ; précision  $\pm 0,5$  à 20°C et  $\pm 3\%$ RH). Pour calculer le débit de ventilation, la différence de pression statique a été mesurée par une sonde insérée dans un orifice installé en aval de chacune des chambres (Iris Damper de 204 mm de diamètre, Continental fan manufacturer inc., modèle 200 Original; précision  $\pm 5\%$ ). Les débits de ventilation ont été calculés à partir de la pression statique des chambres mesurée à l'aide de capteurs. La pression statique a été mesurée en continu. Le système d'acquisition de données recueillait les données chaque 10 secondes et en enregistrait la moyenne toutes les 10 minutes.

Le débit de ventilation a été calculé avec l'équation 9 :

$$Q = k\sqrt{\Delta \text{pression}} \times \frac{1}{60} \times 0,02831685 \quad (9)$$

Où Q est le débit de ventilation dans la chambre ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ),  $\Delta$  pression est la différence de pression (pouce d'eau), K est le facteur ajusté selon la position de l'iris, 0,02831685 est le facteur de conversion, système anglais au système international (ASAE, 2003) et 1/60 égal 1 minute par 60 secondes.

### 2.6.6 Poids total des porcs et performances

Les porcs ont été alimentés à partir de moulées commerciales. L'alimentation s'est faite *ad libitum* dans une trémie sèche et les quantités distribuées étaient pesées. L'eau était disponible à volonté via un abreuvoir commercial avec tétine (Drik-o-mat, Egebjerg, Denmark) situé à plus de 40 cm de la trémie pour éviter toute humidification de la ration. Un compteur d'eau (modèle LR des Compteurs Lecompte Ltée) a été installé dans chacune des chambres et la lecture était faite à tous les 7 jours.

Les porcs ont été pesés toutes les quatre semaines, donc à trois reprises au cours de chacun des élevages qui ont duré 55 jours (début, milieu et fin d'élevage). La précision de la balance était de  $\pm 0,23$  kg. Pour chacune des chambres, le poids total quotidien des porcs a été calculé en utilisant des équations polynomiales particulières à chaque chambre. Les équations ont été développées par l'analyste du CDPQ. À partir des informations compilées, le gain de poids moyen quotidien des porcs (GMQ), la prise alimentaire journalière (PA) et la conversion alimentaire (CA) ont été calculés.

### 3 Résultats et discussion

#### 3.1 Performances zootechniques

Afin de comparer adéquatement les impacts des systèmes de gestion des déjections sur l'efficacité de séparation et les émissions de gaz et d'odeurs, les performances zootechniques doivent être analysées afin de déceler tout effet du système en tant que tel sur les performances. Puisque la comparaison des traitements pour certaines variables est basée sur le poids des porcs, une différence entre les traitements due aux performances pourrait induire un biais lors de l'analyse des résultats.

L'analyse statistique ne démontre aucun effet des traitements sur les performances zootechniques évaluées (GMQ, PA et CA) (tableau 4). Le GMQ moyen obtenu était de  $1,02 \text{ kg}_{\text{gain}} \text{ jour}^{-1} \text{ porc}^{-1}$ , la PA de  $2,32 \text{ kg}_{\text{moulée}} \text{ jour}^{-1} \text{ porc}^{-1}$  et la CA  $2,27 \text{ kg}_{\text{moulée}} \text{ kg}_{\text{gain}}^{-1}$ . Le poids moyen des porcs à l'entrée était de 26,1 kg et il était de 82,0 kg en moyenne à la sortie des animaux. Les gains de poids totaux des porcs pour chacun des traitements figurent également au tableau 4.

**Tableau 4 : Gain moyen quotidien (GMQ), prise alimentaire moyenne journalière (PA) et conversion alimentaire (CA) en fonction des traitements.**

Traitement	GMQ ( $\text{kg}_{\text{gain}} \text{ jour}^{-1} \text{ porc}^{-1}$ )*	PA ( $\text{kg}_{\text{moulée}} \text{ jour}^{-1} \text{ porc}^{-1}$ )**	CA ( $\text{kg}_{\text{moulée}} \text{ kg}_{\text{gain}}^{-1}$ ) ***	Gain de poids total des porcs $\text{kg}_{\text{gain}}$
Témoin	1,01	2,33	2,29	889,5
Gratte G	1,04	2,38	2,29	887,7
Gratte V	0,99	2,25	2,30	874,5
Gratte VJ	1,02	2,35	2,32	893,1
Filet	1,03	2,36	2,28	907,2
Courroie	1,05	2,26	2,15	919,4
<b>Moyenne</b>	<b>1,02</b>	<b>2,32</b>	<b>2,27</b>	<b>895,2</b>

Erreurs-types: \*  $\pm 0,04$  \*\*  $\pm 0,06$  \*\*\*  $\pm 0,11$

Les moyennes pour chacune des variables ne sont pas différentes entre les traitements ( $p > 0,05$ )

Les GMQ n'ont pas été affectés par les traitements. La conclusion de van Kempen *et al.* (2003) abonde dans le même sens. Les GMQ obtenus sont plus élevés que la valeur recensée par le CDPQ (2004) ( $0,795 \text{ kg}_{\text{gain}} \text{ jour}^{-1} \text{ porc}^{-1}$ ). La diminution de la compétition liée au nombre restreint de porcs dans une même chambre, ce qui permet à chacun un meilleur accès à l'alimentation, pourrait expliquer cette différence. La CA, peu importe le traitement, a été meilleure que la valeur rapportée dans CDPQ (2004) pour des porcs d'engraissement dans la province de Québec ( $2,6 \text{ kg}_{\text{moulée}} \text{ kg}_{\text{gain}}^{-1}$ ).

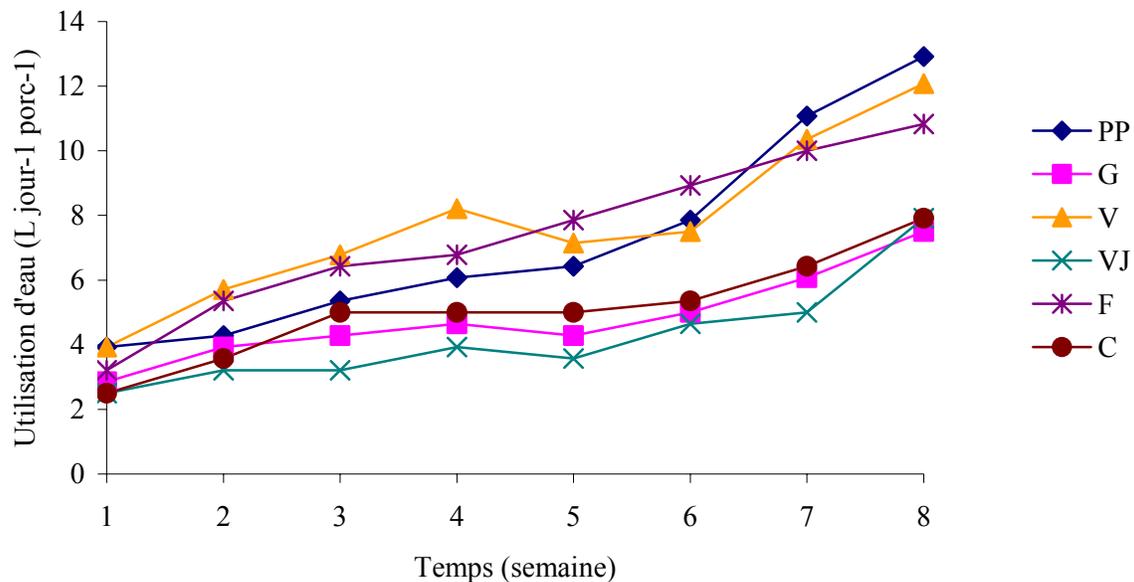
### 3.2 Utilisation d'eau

Les quantités moyennes d'eau utilisée par les porcs ont été mesurées pour chacune des chambres et se retrouvent au tableau 5.

**Tableau 5 : Utilisation moyenne d'eau par les porcs en fonction des différents traitements pour chacune des répétitions**

Traitement	Utilisation d'eau moyenne ( $L \text{ porc}^{-1} \text{ jour}^{-1}$ )	
	Élevage 1	Élevage 2
Témoin PP	4,6	6,2
Gratte G	4,6	4,7
Gratte V	5,1	7,3
Gratte VJ	5,4	5,4
Filet	6,3	6,6
Courroie	5,1	5,0
<b>Moyenne</b>	<b>5,2</b>	<b>5,9</b>

La figure 13 illustre la progression de l'utilisation d'eau des porcs lors du deuxième élevage.



**Figure 13 : Utilisation moyenne d'eau par les porcs en fonction des traitements pour le deuxième élevage**

L'utilisation d'eau moyenne en début d'élevage est similaire pour tous les traitements, mais elle est beaucoup plus variable en fin d'élevage. En effet, pour le premier élevage, le compteur indique qu'environ 3,6 L porc<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup> ont été utilisés par les chambres 2, 5 et 12 (respectivement gratte VJ, gratte G et témoin PP) ayant la plus faible consommation alors que l'utilisation était de 5,0 L porc<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup> dans la chambre 1 (gratte en V). En fin d'élevage, la différence semblait plus élevée. La plus faible utilisation a été de l'ordre de 4,3 L porc<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup> dans la chambre 5 (gratte G) et la plus élevée de 10,7 L porc<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup> dans la chambre 4 (filet). Selon l'analyse préliminaire réalisée, il ne semble pas y avoir aucun lien entre l'utilisation de l'eau par les porcs et les traitements.

Malgré la grande variabilité de l'utilisation de l'eau, les valeurs mesurées se situent à des niveaux similaires à ceux retrouvés lors d'une étude récente de Guimont *et al.* (2005). Les valeurs qui sont beaucoup plus élevées pourraient bien être associées à du gaspillage. Par contre, aucune observation ne peut confirmer cette hypothèse.

### 3.3 Production de déjections

La production totale de déjections ainsi que la production totale d'azote et de phosphore ont été comparées. La figure 14 permet de constater que les quantités moyennes de déjections produites par chambre dans les deux répétitions se situent entre 0,04 et 0,10 kg<sub>lisier</sub> kg<sub>porc</sub><sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>. Les valeurs obtenues lors des différents élevages illustrent que la production des déjections totales est variable. En effet, lors du deuxième élevage, les chambres où la gratte V et le filet ont été évalués ont montré des quantités de déjections totales beaucoup plus importantes que celles mesurées pour les autres traitements évalués dans les mêmes conditions. Cependant, aucune analyse statistique n'a été effectuée sur ces variables.

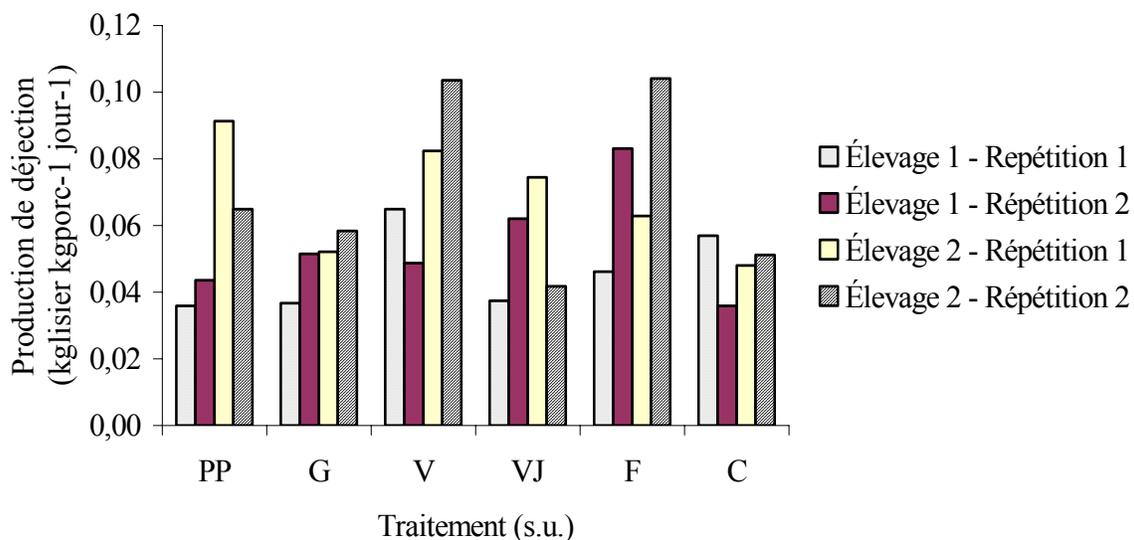
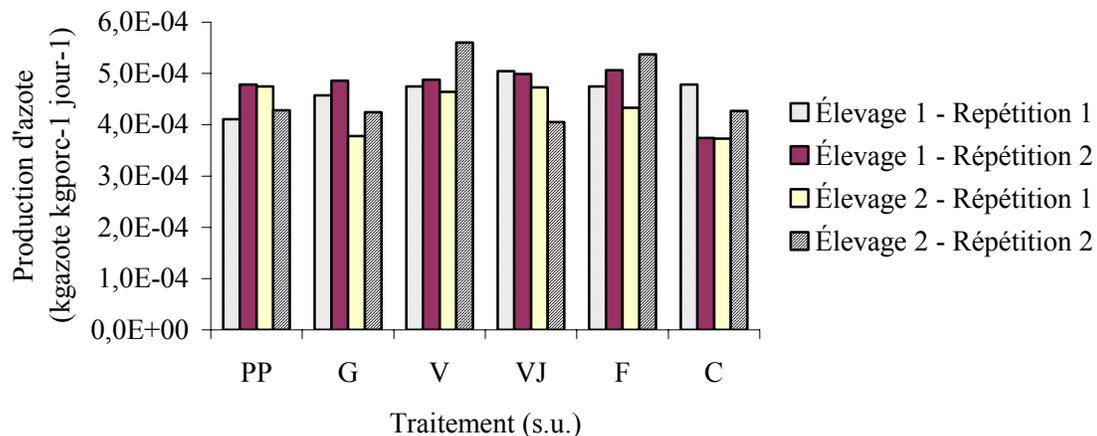


Figure 14 : Production totale de déjection en fonction des différents traitements

La production totale de déjections semble également en accord avec les valeurs retrouvées dans un article de l'ASAE (2003), où des données sont disponibles pour des porcs de 30, 68 et 91 kg. Une fois que ces valeurs sont mises sous une forme de ratio par jour et par unité de masse de porc, il semble que le poids des porcs n'affecte pas les valeurs tabulées et la production moyenne de déjection est de  $0,065 \text{ kg kg}_{\text{porc}}^{-1} \text{ jour}^{-1}$ . Les valeurs mesurées lors de l'expérimentation se situaient entre  $0,040$  et  $0,100 \text{ kg kg}_{\text{porc}}^{-1} \text{ jour}^{-1}$ . La différence entre la valeur tabulée et les valeurs mesurées peut être associée entre autre au gaspillage d'eau par les porcs. En effet, les valeurs observées les plus importantes ont été obtenues pour le filet et la gratte V de la deuxième répétition du deuxième élevage et le témoin PP de la première répétition du deuxième élevage. Ce sont également ces chambres où ont été notées les plus grandes utilisations d'eau.

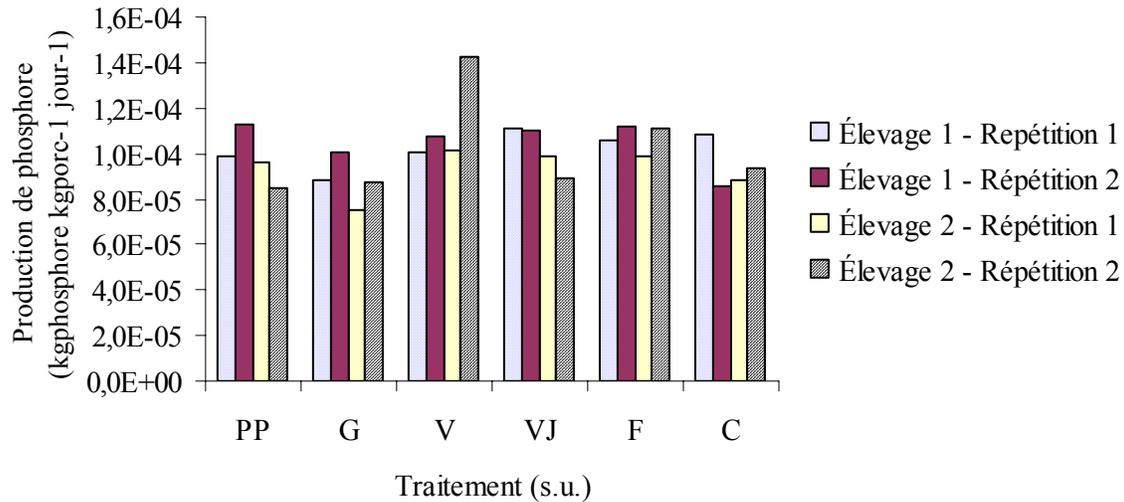
Dans le cas de l'azote, les résultats démontrent que tous les traitements ont produit une quantité similaire (figure 15). La valeur la plus faible est associée à la courroie avec  $3,7 \times 10^{-4} \text{ kg}_{\text{azote}} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1} \text{ jour}^{-1}$  et la plus élevée à la gratte V qui obtient  $5,6 \times 10^{-4} \text{ kg}_{\text{azote}} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1} \text{ jour}^{-1}$ . Dans l'ensemble, il n'y a que la quantité d'azote résultant de la gratte V de la deuxième répétition du deuxième élevage qui fut sensiblement plus élevée. À ce moment-ci, la cause de cette différence est encore inconnue et nécessitera une réflexion plus approfondie.



**Figure 15 : Production totale d'azote en fonction des différents traitements**

Dans le cas de l'azote, la production répertoriée est de  $4,5 \times 10^{-4} \text{ kg}_{\text{azote}} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1} \text{ jour}^{-1}$  (ASAE, 2003). Les résultats démontrent que l'ensemble des traitements produit une quantité d'azote qui se situe à des niveaux équivalents à ceux retrouvés dans la littérature.

La figure 16 présente la production totale de phosphore en fonction des différents traitements. Les résultats obtenus pour la production totale de phosphore sont similaires à ceux de l'azote. Alors que tous les traitements obtiennent une production similaire (de  $8,5 \times 10^{-5} \text{ kg}_{\text{phosphore}} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1} \text{ jour}^{-1}$  à  $11,3 \times 10^{-5} \text{ kg}_{\text{phosphore}} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1} \text{ jour}^{-1}$ ), les porcs dans la chambre avec la gratte V de la deuxième répétition ont produit une quantité plus élevée de phosphore total ( $14,3 \times 10^{-5} \text{ kg}_{\text{phosphore}} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1} \text{ jour}^{-1}$ ).



**Figure 16 : Production de phosphore en fonction des différents traitements**

Les teneurs en phosphore citées dans la littérature font référence à une production de  $1,5 \times 10^{-4} \text{ kg}_{\text{phosphore}} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1} \text{ jour}^{-1}$  comme étant une valeur moyenne pour toute la période de croissance et de finition (ASAE, 2003). Les valeurs obtenues sont plus faibles que celles retrouvées dans la littérature (environ  $1,0 \times 10^{-4} \text{ kg}_{\text{phosphore}} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1} \text{ jour}^{-1}$ ). Il est à remarquer que le traitement gratte V de la deuxième répétition du deuxième élevage présente une valeur plus élevée que les autres, tout comme il avait été noté pour l'azote total. Des analyses plus poussées seront nécessaires avant d'en trouver la cause.

Le tableau 6 présente le calcul de la production théorique d'azote et de phosphore à partir des performances zootechniques des porcs et des aliments consommés réellement (méthode du bilan alimentaire, CPAQ 1998).

**Tableau 6 : Estimation des rejets d'azote et de phosphore des porcs à partir de la méthode du bilan alimentaire des aliments consommés (tous traitements confondus)**

Moulée	Azote ( $\text{kg porc}^{-1}$ )			Phosphore ( $\text{kg porc}^{-1}$ )		
	consommé	retenu	rejeté	consommé	retenu	rejeté
1	1,39	0,65	0,74	0,29	0,17	0,12
2	1,81	0,64	1,17	0,39	0,17	0,22
<b>Total</b>	<b>3,20</b>	<b>1,29</b>	<b>1,91</b>	<b>0,68</b>	<b>0,34</b>	<b>0,34</b>

En rapportant les valeurs du tableau pour les rejets d'azote et de phosphore sur la même base que les valeurs de référence précédemment citées, les rejets théoriques (calculés à partir de la méthode du bilan alimentaire) des porcs de l'élevage sont de  $4,2 \times 10^{-4} \text{ kg}_{\text{azote}} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1} \text{ jour}^{-1}$  pour l'azote et de  $7,5 \times 10^{-5} \text{ kg}_{\text{phosphore}} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1} \text{ jour}^{-1}$  pour le phosphore. Ces valeurs, bien que légèrement plus faibles, se comparent aux moyennes réelles obtenues de  $5,0 \times 10^{-4} \text{ kg}_{\text{azote}} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1} \text{ jour}^{-1}$  pour l'azote et de  $1,1 \times 10^{-4} \text{ kg}_{\text{phosphore}} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1} \text{ jour}^{-1}$  pour le phosphore.

### 3.3.1 Volume et concentration des phases solide et liquide

Les tableaux suivants (tableaux 7 et 8) montrent le volume des déjections et la concentration des principaux éléments dans chacune des fractions. Le total pour le lisier brut est également présenté. Les valeurs ont été obtenues à partir d'échantillons récoltés sans entreposage extérieur. Le lisier est donc brut, non dilué par les précipitations ou l'eau de lavage. Aucune analyse statistique n'a été faite sur ces valeurs.

Le tableau 7 nous indique que les porcs ont produit en moyenne 0,131 L de déjections par  $\text{kg}_{\text{porc}}$  par jour avec une fraction liquide qui représente un peu plus de 24% de ce volume.

**Tableau 7 : Volumes des déjections en fonction des différents traitements**

<i>Traitement</i>	<i>Volume de déjection (<math>\text{L kg}_{\text{porc}}^{-1} \text{ jour}^{-1}</math>)</i>		
	<i>Fraction solide</i>	<i>Fraction liquide</i>	<i>Total</i>
Témoin PP*	0,038	0,084	0,122
Gratte G*	0,038	0,070	0,107
Gratte V	0,029	0,137	0,166
Gratte VJ	0,027	0,092	0,119
Filet	0,029	0,134	0,164
Courroie	0,029	0,076	0,106
<b>Moyenne</b>	<b>0,032</b>	<b>0,099</b>	<b>0,131</b>

\* Données provenant de la centrifugation des échantillons.

La concentration en éléments fertilisants des fractions liquide et solide et du lisier brut figure au tableau 8. Ces valeurs n'ont pas fait l'objet d'une comparaison statistique. Elles ont cependant servi à calculer les efficacités de séparation moyennes présentées à la section 3.4.2., efficacités sur lesquelles les analyses statistiques ont été faites.

**Tableau 8 : Concentration des éléments pour les différentes fractions des déjections et pour le lisier brut**

<i>Traitement</i>	<i>Concentration (mg kg<sup>-1</sup>)</i>							
	<i>N-Total</i>	<i>N-NH<sub>4</sub></i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>
	<i>Liquide</i>							
Témoin PP*	7275	3858	578	4212	798	112	25	249
Gratte G*	7740	4439	475	4021	571	93	17	182
Gratte V	4846	3030	255	2211	422	189	4	170
Gratte VJ	7053	3682	209	3164	351	210	3	183
Filet	5067	2902	207	2417	387	191	4	217
Courroie	5916	3435	193	2957	494	200	6	222
<b>Moyenne</b>	<b>6316</b>	<b>3558</b>	<b>320</b>	<b>3164</b>	<b>504</b>	<b>166</b>	<b>10</b>	<b>204</b>
<i>Volet 1- Michigan**</i>	<i>6000</i>	<i>5020</i>	<i>467</i>	<i>4125</i>	<i>290</i>	<i>190</i>	<i>1</i>	<i>8</i>
	<i>Solide</i>							
Témoin PP*	11996	4055	4355	3725	4921	2309	70	640
Gratte G*	11965	4646	4167	3575	4691	2171	68	664
Gratte V	17474	3713	7013	5556	7809	2869	138	282
Gratte VJ	17658	3979	7520	6077	8198	3038	146	349
Filet	16002	3966	6403	5570	7041	2702	131	314
Courroie	16520	3821	6997	5502	7663	2814	143	300
<b>Moyenne</b>	<b>15269</b>	<b>4030</b>	<b>6076</b>	<b>5001</b>	<b>6721</b>	<b>2651</b>	<b>116</b>	<b>425</b>
<i>Volet 1- Michigan **</i>	<i>16000</i>	<i>4050</i>	<i>6314</i>	<i>8383</i>	<i>6420</i>	<i>2830</i>	<i>34</i>	<i>304</i>
	<i>Lisier</i>							
Témoin PP	9061	4016	1959	3984	2237	933	38	368
Gratte G	9161	4363	1874	3843	2065	890	32	344
<b>Moyenne</b>	<b>9111</b>	<b>4189</b>	<b>1916</b>	<b>3914</b>	<b>2151</b>	<b>912</b>	<b>35</b>	<b>356</b>

\* Données provenant de la centrifugation des échantillons.

\*\* Données adaptées du rapport du volet 1 (Hamel *et al.*, 2004)

Les concentrations obtenues pour le solide et le liquide se rapprochent dans certains cas des valeurs rapportées dans le rapport du volet 1 du projet (Hamel *et al.*, 2004). Les résultats de la gratte V du présent projet laisse voir quelques différences avec celles obtenues par Hamel *et al.* (2004), en particulier pour le potassium, calcium, cuivre et zinc. Les aliments servis aux porcs contenaient des quantités similaires de cuivre et de zinc, que ce soit pour les porcs élevés au Michigan ou pour les porcs de cette étude-ci. L'eau d'abreuvement pourrait expliquer les concentrations différentes de certains éléments. Ces différences pourraient aussi être causées par le poids final du test. En effet, dans l'étude du Michigan, les porcs ont été élevés jusqu'au poids d'abattage de 111 kg environ alors que dans cette étude-ci, l'expérience s'est terminée après 55

jours d'élevage, lorsque les porcs pesaient environ 82 kg. Une autre explication pourrait être liée au fait que pour ce projet-ci, les systèmes évalués étaient des modèles à échelle réduite et que ces systèmes étaient construits à l'aide de matériaux différents de ceux retrouvés à l'échelle commerciale. La mise en application à l'échelle commerciale modifiera donc peut-être quelque peu les résultats. Cette hypothèse sera vérifiée dans le volet 3 du projet, lorsque les systèmes seront mis à l'échelle d'une ferme commerciale au Québec.

### 3.4 Efficacité de séparation

#### 3.4.1 Pourcentage de matière sèche

Les pourcentages de matière sèche des fractions solide et liquide ont été déterminés pour chacun des traitements. Le tableau 9 fait état des résultats.

**Tableau 9 : Pourcentage de matière sèche dans les deux fractions en fonction des traitements**

<i>Traitement</i>	<i>Pourcentage de matière sèche (%)</i>		<i>Efficacité de séparation (%)</i>
	<i>Fraction solide*</i>	<i>Fraction liquide**</i>	****
Témoin PP***	19,8 ac	5,0 a	70,0
Gratte G***	19,3 a	4,1 ab	72,1
Gratte V	37,4 b	1,8 b	82,6
Gratte VJ	36,3 b	2,5 ab	82,7
Filet	35,4 bc	2,0 ab	82,0
Courroie	32,7 abc	2,2 ab	85,1
<b>Moyenne</b>	<b>30,2</b>	<b>2,9</b>	<b>80,2</b>

Erreurs-types : \*  $\pm 3,0$  \*\* $\pm 0,9$

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes par le test de LSD ( $p > 0,05$ ).

\*\*\* Données provenant de la centrifugation des échantillons.

\*\*\*\* Données sans traitement statistique

À l'analyse des résultats, il n'y a pas de différence significative ( $p > 0,05$ ) entre les pourcentages de matière sèche des fractions solides et entre celui des fractions liquides pour les différents systèmes utilisant la séparation à la source. Il n'y a pas d'interaction entre les semaines et les traitements. Aucune différence ne peut être mise en évidence lorsque les systèmes sans séparation à la source mais centrifugés (témoin PP et gratte G) sont comparés entre eux. Les seules différences significatives présentes sont celles entre chacun des traitements de séparation à la source et les traitements centrifugés. Le système de courroie n'est pas différent d'aucun autre traitement.

Dans le cas de la fraction solide, la teneur en matière sèche pour le témoin PP et la gratte G (les systèmes centrifugés) sont respectivement de 19,8% et de 19,3%. Ces valeurs semblent plus

faibles que celle des traitements de séparation à la source. Cependant, la gratte V (37,4%) est différente de façon significative des deux systèmes centrifugés.

Les valeurs du pourcentage de matière sèche pour le liquide semblent plus élevées pour les deux traitements centrifugés, mais les différences ne sont pas significatives ( $p > 0,05$ ) pour tous les traitements. En effet, seulement les traitements gratte V et témoin PP sont différents de façon significative ( $p > 0,05$ ) et la gratte V est celle qui obtient le pourcentage de matière sèche de la fraction liquide le plus bas (1,8%).

À la fois pour la fraction liquide et pour la fraction solide, la fréquence de grattage n'a aucun effet significatif ( $p > 0,05$ ) sur le pourcentage de matière sèche résultant de la séparation (gratte V vs gratte VJ).

Les fractions solides résultant de la séparation directement sous les lattes sont plus sèches que celles provenant d'une centrifugation. Par le fait même, la fraction liquide contient moins de matière sèche. En effet, la dégradation du lisier mène à une réduction de la quantité de particules impliquées dans la séparation. Les échantillons des deux traitements sans séparation sont composés de fractions solide et liquide qui ont été en contact prolongé avant d'être séparées par centrifugation. La séparation est alors plus difficile (Zhu *et al.*, 2000).

Par ailleurs, les valeurs obtenues sont similaires à celles retrouvées dans la littérature. En effet, la valeur obtenue pour le filet (35,4%) est semblable à celles retrouvées par Kroodsmas (1980), Jongebreur (1981) mais est légèrement supérieure (9%) à celle rapportée par Marchal (2002). Finalement, le pourcentage de matière sèche de la fraction solide obtenu à partir du traitement avec la courroie est aussi en accord avec les valeurs de la littérature. La valeur obtenue de plus de 32% est similaire au 30% tiré de l'expérience de Kaspers *et al.* (2002).

### 3.4.2 Efficacité de séparation des éléments

L'efficacité de séparation des différents éléments est présentée au tableau 10. Les résultats doivent être analysés de deux façons distinctes car l'analyse statistique de certaines variables a révélé une interaction entre les semaines et les traitements. Puisque l'effet d'un traitement peut varier au cours des différentes semaines, l'analyse statistique des résultats est présentée pour chaque semaine plutôt que pour l'ensemble de l'élevage. De même, les différences entre les traitements ne sont pas indiquées dans le tableau 10, mais présentées dans des sections spécifiques.

**Tableau 10 : Efficacité moyenne de séparation des différents traitements pour chacun des éléments.**

Élément	Efficacité de séparation moyenne (%)						Moyenne ***	Erreur type
	Témoin PP	Gratte G	Gratte V	Gratte VJ	Filet	Courroie		
N-Total	48,0	47,7	49,4	46,7	46,0	53,4	<b>48,5</b>	2,3
N-NH <sub>4</sub>	36,8	37,7	25,0	28,8	25,4	34,8	<b>31,4</b>	6,0
P*	82,4	85,5	90,6	91,9	90,9	95,3	<b>89,4</b>	1,4
K	32,4	33,4	39,7	40,4	38,0	44,1	<b>38,9</b>	4,5
Ca*	77,8	83,9	84,9	87,6	84,8	87,6	<b>84,4</b>	2,9
Zn*	63,6	69,5	34,4	41,4	29,4	40,8	<b>46,5</b>	6,5
Mg	91,6 ab	93,5 b	81,2 a	81,6 a	80,6 a	85,9 ab	<b>85,7</b>	2,8
Cu**	65,4	71,6	90,1	92,2	88,6	93,8	<b>83,7</b>	
C/N liquide	2,4 b	1,9 b	1,1 a	1,0 a	1,1 a	1,1 a	<b>1,4</b>	0,1
C/N solide	7,3 bc	6,7 c	9,2 a	8,7 a	9,3 a	8,6 ab	<b>8,3</b>	0,2
Cendres	18,7	18,2	14,5	15,9	15,2	15,8	16,4	0,6

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes par le test de LSD ( $p > 0,05$ ).

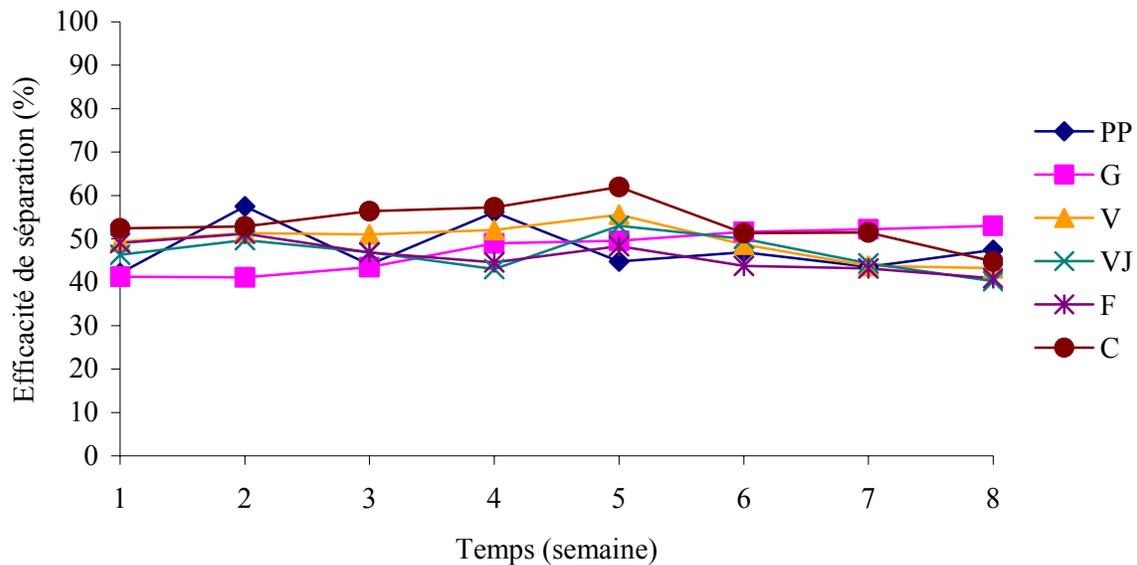
\* Ces données présentent une interaction semaine\*traitement demandant une analyse statistique pour chaque semaine. Les différences sont présentées dans les sections suivantes.

\*\* Aucune analyse statistique n'a été faite sur cette variable.

\*\*\* Données provenant de la centrifugation des échantillons.

## L'azote

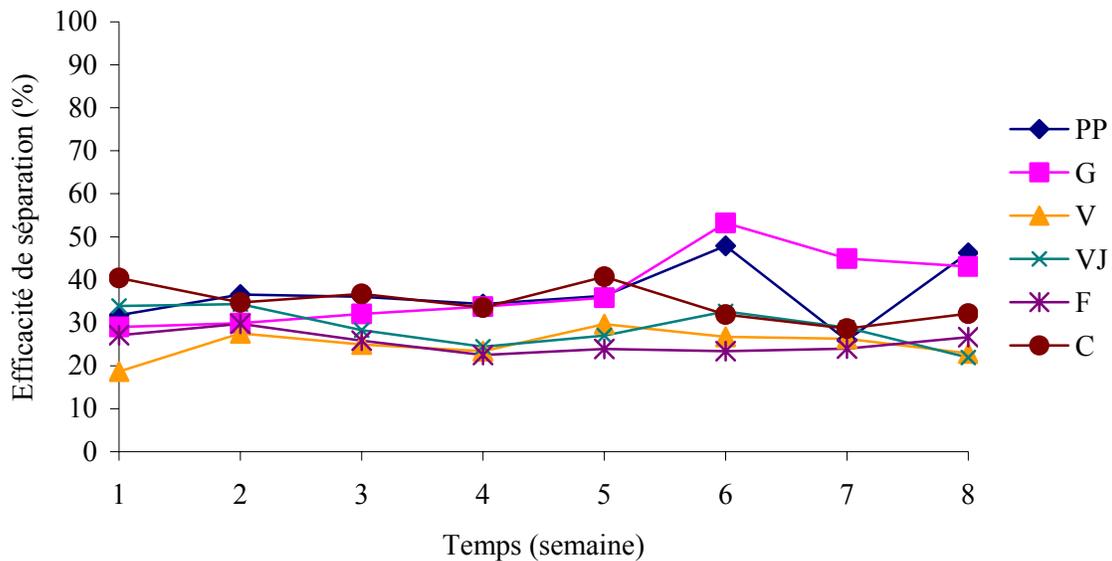
L'efficacité de séparation de l'azote total a varié entre 46,0% et 53,4% pour les différents traitements. L'analyse statistique révèle qu'il n'y a pas de différence significative ( $p > 0,05$ ) entre les six traitements pour l'ensemble de chacun des essais. Il n'y a pas non plus de différence entre les traitements avec séparation à la source et ceux centrifugés. L'évolution de l'efficacité de séparation de l'azote est illustrée à la figure 17.



**Figure 17 : Évolution de l'efficacité de séparation de l'azote total en fonction des différents traitements.**

Avec une efficacité moyenne de séparation de 48,5%, la masse de l'azote est égale dans le solide et le liquide. La comparaison des différents systèmes avec les valeurs obtenues dans la littérature démontre que l'efficacité de séparation de l'azote pour le filet est inférieure à celles obtenues par Jongebreur (1981) et Marchal (2002) (respectivement 62% et 72%). Les valeurs mesurées pour la gratte V sont inférieures à celles de von Bernuth *et al.* (2004; 67,4% de l'azote total dans la fraction solide) et de Hamel *et al.* (2004; 66%). Finalement, la courroie de Ogink *et al.* (2000) produit également une fraction solide plus riche en azote avec une efficacité de séparation de 64%.

Les résultats obtenus démontrent la même tendance que celle observée pour l'efficacité de séparation de l'azote ammoniacal. En effet, au global, il n'y a pas de différences significatives ( $p > 0,05$ ) entre les traitements, ni d'interaction semaine\*traitement. La valeur d'efficacité de séparation la plus faible a été obtenue pour la gratte V lors de la première semaine (18,6%) alors que la plus élevée résulte de la gratte G lors de la sixième semaine (53,2%). La figure 18 illustre les valeurs obtenues au fil des semaines.



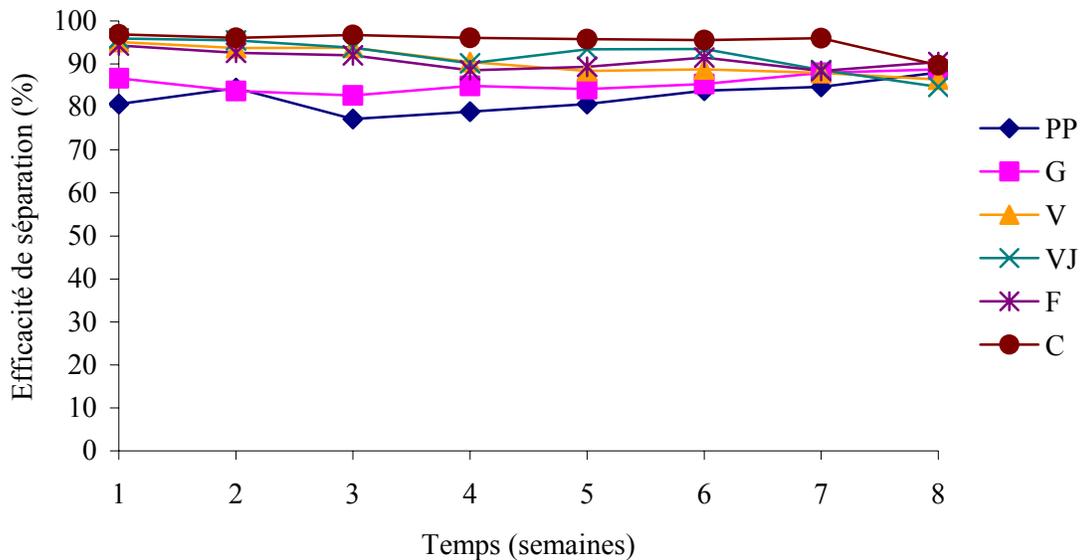
**Figure 18 : Évolution de l'efficacité de séparation de l'azote ammoniacal en fonction des différents traitements**

Même s'il n'y a pas de différence significative, l'efficacité de séparation de l'azote ammoniacal semble plus élevée pour les traitements centrifugés que pour ceux où le lisier était séparé à la source. Selon les résultats obtenus, l'azote ammoniacal se retrouve principalement dans l'urine car l'efficacité de séparation dans la fraction solide se situe aux environs de 30%. L'ammonification de l'azote augmente la quantité d'azote ammoniacal dans le liquide du lisier (Coillard, 1997). Les données sont similaires à celles obtenues par Hamel et al. (2004 ; 37%). Il y a peu de données sur l'efficacité de séparation de l'azote ammoniacal dans la littérature.

## Le phosphore

Dans le cas du phosphore, les traitements avec séparation à la source sont tous équivalents au global mais l'interaction semaine\*traitement s'est avérée significative. Les résultats des efficacités de séparation pour les systèmes de gestion sans séparation avec le lisier centrifugé sont de 82,4% pour le témoin PP et de 85,5% pour la gratte G. Par contre, une analyse de l'effet des traitements tout au long des 8 semaines démontre qu'il y a des différences significatives entre les traitements lors de la deuxième et la quatrième semaine de l'élevage seulement. Dans le premier cas, le témoin PP (84,4%) et la gratte G (83,8%) sont tous les deux significativement inférieurs ( $p > 0,05$ ) à tous les traitements de séparation à la source, le plus proche étant le filet (92,6%). Dans le deuxième cas, il y a une différence significative entre la courroie (96,1%) et le témoin PP (78,9%). La figure 19 illustre l'évolution de l'efficacité de séparation du phosphore en fonction des différents traitements. L'efficacité de séparation du phosphore est aussi en accord avec les valeurs retrouvées dans la littérature. Pour tous les traitements de séparation à la source, la valeur est toujours supérieure à 84%. Ces valeurs sont en accord avec les données

retrouvées dans la littérature pour les différents systèmes (von Bernuth 2001; Kroodsmma 1986; Marshal 2002; von Bernuth et al. 2004; Ogink et al. 2000 ; Hamel et al., 2004). Par contre, contrairement à ce que Moller et al. (2002) affirment, l'entreposage semble avoir une tendance à diminuer l'efficacité de séparation du phosphore. En effet, bien que n'étant pas différente de façon significative, l'efficacité de séparation a été inférieure pour les traitements séparés à la centrifugeuse quelques jours après l'excrétion.



**Figure 19 : Évolution de l'efficacité de séparation du phosphore en fonction des différents traitements**

### Les autres éléments

L'efficacité de séparation du potassium dans la fraction solide a varié entre 32,4% et 44,1% (tableau 10). La gratte V est le traitement ayant la plus grande efficacité de séparation du potassium, mais il n'existe pas de différence significative ( $p > 0,05$ ) en fonction de l'application d'un traitement ou d'un autre. L'efficacité de séparation du potassium pour les systèmes de séparation sous les lattes se situe entre 38 et 44%. Cela semble en accord avec les valeurs obtenues pour le filet (40%) par Jongebreur (1981) et Kroodsmma (1986). Par contre, Hamel *et al.* (2004) et Marchal (2002) obtenaient des valeurs beaucoup plus importantes, soit de l'ordre de 60% et 80%. Pour le système de courroie, Ogink et al. (2000) ont obtenu une efficacité de 49%, soit environ 5% supérieure à celle du système le plus efficace (la courroie) utilisé dans la présente étude.

L'influence du système de séparation sur l'efficacité de séparation du calcium est également mince. Par contre, une interaction semaine\*traitement a été notée. L'efficacité moyenne pour les différents traitements se situe entre 77,8% et 87,6% (tableau 10). Sur les huit semaines des élevages, seulement deux semaines (semaines 4 et 5) présentent certaines différences

significatives ( $p > 0,05$ ). Les résultats de la quatrième semaine indiquent que le témoin PP (73,5%) est significativement inférieur à la courroie (89,0%) et à la gratte VJ (88,6%). Lors de la cinquième semaine, le témoin PP a été significativement inférieur à tous les traitements de séparation. Toutes les autres semaines ne présentent aucune différence significative ( $p > 0,05$ ). Finalement, les valeurs obtenues quant à la séparation du calcium (plus de 80%) sont en accord avec ce qui est retrouvé dans la littérature (Kroodsmas, 1986; un peu plus de 90% de séparation pour le CaO; Hamel *et al.*, 2004; 94%)

Les résultats de séparation pour le zinc ne présentent pas de différences entre les traitements au global. Les résultats moyens de l'efficacité de séparation varient de 29,4% pour le filet à 69,5% pour la gratte G. Par contre, l'interaction semaine\*traitement est significative. En effet, la semaine 3 et la semaine 7 présentent des différences significatives en fonction des traitements ( $p > 0,05$ ). Lors de la semaine 3, la gratte G (67,3%) est différente du filet (33,0%) et de la gratte V (39,6%) de façon significative. Lors de la septième semaine, les deux traitements sans séparation à la source sont significativement inférieurs (70,4% pour le témoin PP et  $71,4 \pm 4,1\%$  pour la gratte G) à la gratte en V, que la fréquence de grattage soit journalière (gratte VJ: 29,0%) ou pas (gratte V: 22,8%) et au filet (20,7%). Par contre, ces deux traitements ne présentent pas de différence significative entre eux. Les différences significatives demeurent également marginales et dans l'ensemble, aucune n'est présente tout au long des élevages. Cependant, les valeurs obtenues présentes de grosses différences lorsque comparées à celles obtenues lors du volet 1 du projet (Hamel *et al.*, 2004). En effet, une valeur de plus de 96% d'efficacité de séparation avait alors été obtenue. Le métal galvanisé des différents équipements de gestion des déjections pourrait en partie être responsable de cette importante différence.

Pour le cuivre, l'efficacité de séparation a varié entre 65,4% et 93,8% pour une moyenne de 83,7%. La séparation avec le système filet a permis de concentrer 88,6% du cuivre dans le solide et cette valeur se compare avec celles de plus de 90% obtenues par Kroodsmas (1986) et Hamel *et al.* (2004). L'efficacité de séparation moyenne pour le cuivre est presque le double de celle obtenue pour le zinc (moyenne de 46,5%). Aucune explication n'est disponible actuellement pour expliquer cette observation.

Le magnésium est présent dans le solide dans une proportion de plus de 80%. Dans le cas de la gratte G, l'efficacité de séparation est au-delà de 93%. Les différents traitements de séparation à la source (gratte V, gratte VJ, filet et courroie) n'ont pas été significativement différents entre eux et il n'y a pas de différence entre les traitements sans séparation à la source (témoin PP et gratte G). Seulement la gratte G (93,5%) s'est avérée significativement supérieure à la gratte V (81,2%) et au filet (80,6%). Ces valeurs semblent en accord avec celles citées dans l'article de Kroodsmas (1986; efficacité de séparation d'environ 90% pour le MgO) et Hamel *et al.* (92%).

Les rapports C/N sont significativement différents pour les traitements de séparation directement sous les animaux de ceux de la séparation par centrifugation. En effet, la valeur du rapport C/N pour le liquide séparé à la source varie de 1,0 à 1,1 alors qu'il est de 1,9 ou 2,4 pour les traitements sans séparation à la source, mais centrifugés. Pour la fraction solide, les traitements présentent quelques différences au niveau du rapport C/N. En effet, les fractions solides obtenues avec les systèmes de séparation sous les animaux présentent en général un rapport C/N plus

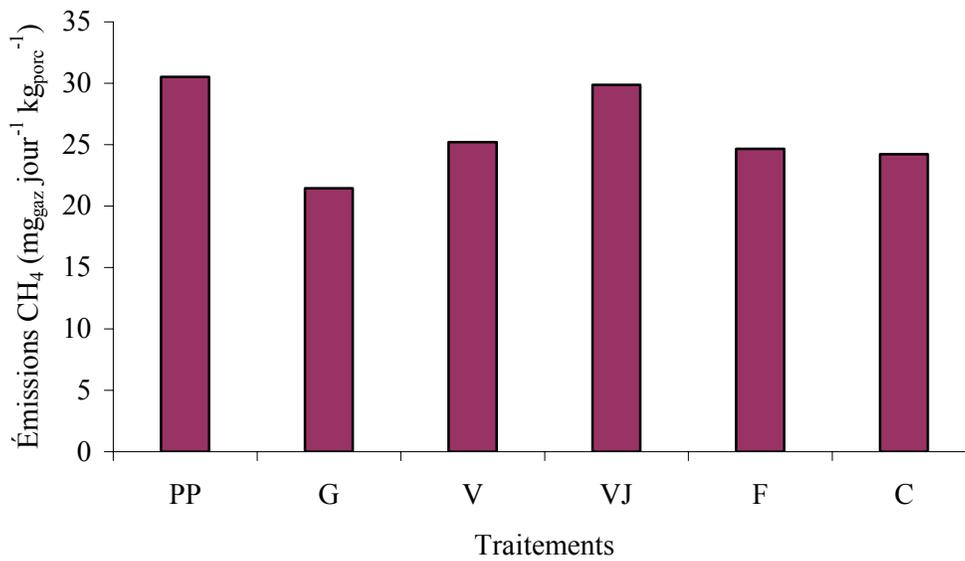
élevé que le témoin PP et la gratte G, sauf pour la courroie dont le résultat était équivalent au témoin PP. La gratte G a conduit à une fraction solide ayant un rapport C/N significativement plus faible (6,7) que celui obtenu pour les traitements de séparation à la source (moyenne de 8,9). Agronomiquement, il peut y avoir un avantage à avoir un rapport C/N plus élevé. En effet, selon Dufour *et al.* (2005), un rapport carbone/azote (C/N) demande une gestion particulière au champ. Le rapport C/N de la fraction solide étant plus élevée que celui d'un lisier brut, la minéralisation de l'azote dans le sol sera plus lente. Des recommandations d'épandage en fin de saison peuvent s'avérer avantageuses dans ce cas, ouvrant une fenêtre d'épandage supplémentaire aux entreprises agricoles, sans pour autant augmenter le risque environnemental lié à la perte en éléments fertilisants dans l'environnement et ce, avec suffisamment de temps pour que l'azote devienne disponible au printemps pour les cultures. Il faut compter une immobilisation momentanée de l'azote par les micro-organismes du sol lorsque ce type d'engrais est incorporé à des résidus de récolte, ce qui contribue à prévenir les pertes d'azote par lessivage et améliorer la structure du sol. Le solide de séparation a donc des propriétés favorables à la restructuration des sols et au développement de la biomasse tout en ayant un apport en azote et en phosphore intéressant pour les sols carencés (Dufour *et al.*, 2005).

Finalement, l'efficacité de séparation des cendres n'est pas différente entre les traitements. Les valeurs obtenues varient entre 14,5% et 18,7%.

Dans la littérature, il n'y a que peu de données sur l'efficacité de séparation des éléments autres que l'azote et le phosphore. En effet, l'ensemble des publications traite des pourcentages de matière sèche, de l'azote et du phosphore. Il est donc difficile de fournir une interprétation complète des données pour tous les différents éléments mesurés.

### **3.5 Émissions de méthane, d'ammoniac, de gaz carbonique et d'oxyde nitreux**

L'analyse statistique ne démontre aucun effet significatif du traitement sur les émissions de méthane, ni de l'interaction semaine\*traitement. Conséquemment, aucun traitement ne permet de réduire les émissions de méthane. La figure 20 illustre les émissions moyennes de méthane (CH<sub>4</sub>) pour chacun des traitements.



**Figure 20 : Émissions moyennes de méthane pour chaque traitement.**

Les émissions de CH<sub>4</sub> présentées à la figure 20 sont moins importantes (moyenne de 26 mg jour<sup>-1</sup> kg<sub>porc</sub><sup>-1</sup>) que les valeurs retrouvées dans la littérature. Des valeurs se rapprochant de ces émissions ont été obtenues par Gallman et Hartung (2000), soit 1,2 g h<sup>-1</sup> ua<sup>-1</sup> (58 mg jour<sup>-1</sup> kg<sub>porc</sub><sup>-1</sup>) en période hivernale, en fin d'engraissement. La différence obtenue avec la littérature pourrait être due aux débits de ventilation qui auraient pu être plus élevés dans l'étude de Gallman et Hartung (2000).

Graphiquement (voir figure 20), il peut être noté que le traitement gratte G a des émissions de CH<sub>4</sub> plus faibles pendant toute l'étude. De plus, bien que non-significatif, la séparation aux 2-3 jours (gratte V, filet, courroie) semble réduire la production de CH<sub>4</sub> relativement au témoin PP et à la gratte VJ ayant une fréquence de grattage quotidienne (moyenne de 19% et 17%, respectivement). Également, la séparation solide-liquide ne permet pas une diminution des émissions de CH<sub>4</sub> lorsque la vidange des déjections est effectuée dans une période de 7 jours. Si les déjections provenant du traitement témoin PP avaient été entreposées sur une plus longue période, un effet traitement aurait pu être détecté. Effectivement, l'étude d'Osada *et al.* (1998) a conclu qu'une vidange hebdomadaire des déjections avec un système gravitaire (comme le témoin PP) diminue les émissions de CH<sub>4</sub> comparativement à un entreposage sur l'entière période d'engraissement (8 semaines).

Pour le traitement gratte G, le fait que le plancher des tiroirs de récolte des bacs lisier était en acier inoxydable lisse, non poreux, pourrait expliquer les émissions relativement basses de méthane. En effet, il était plus facile d'enlever complètement les déjections pour ce traitement que pour les systèmes de séparation dans lesquels une partie des fèces restait toujours présente dans le dalot (gratte V, gratte VJ, filet et courroie) (cette explication a même été avancée par Braam et Swierstra (1999) pour expliquer une réduction des émissions d'ammoniac).

En ce qui concerne les émissions de  $\text{NH}_3$ , l'analyse statistique confirme une différence significative entre certains systèmes de séparation. De plus, l'interaction semaine\*traitement s'est avérée non-significative. Le témoin PP se démarque de presque tous les autres systèmes, sauf la gratte VJ, avec des émissions d'ammoniac de plus de  $98 \text{ mg jour}^{-1} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$ . Tous les autres systèmes de séparation sont équivalents, avec des émissions dans les  $50 \text{ mg jour}^{-1} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$ .

Le tableau 11 présente les émissions de gaz à effet de serre et d'ammoniac en fonction des traitements.

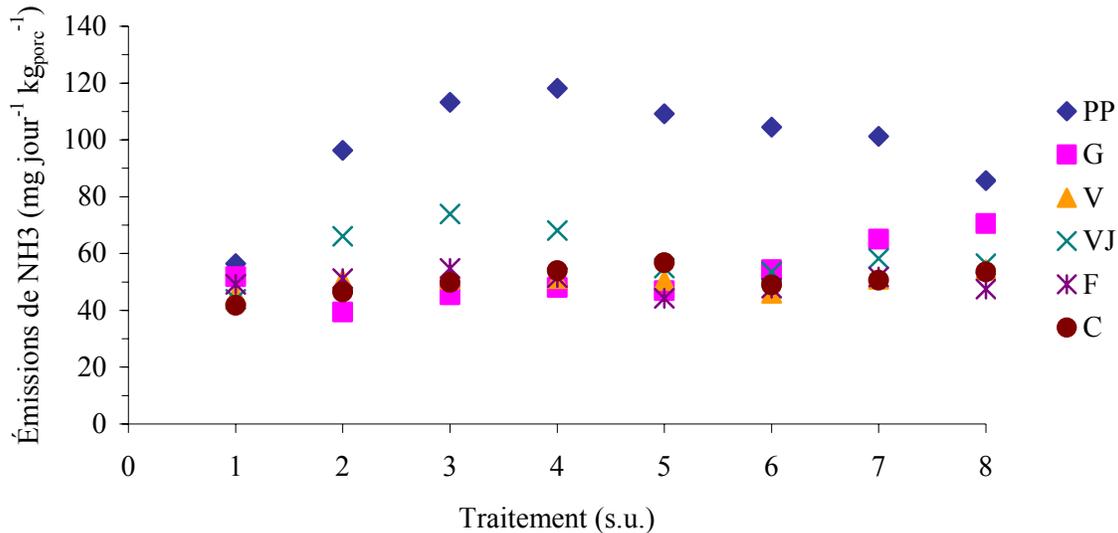
**Tableau 11 : Émissions moyennes de gaz à effet de serre et d'ammoniac au cours des semaines en fonction des traitements.**

<i>Traitement</i>	<i>Émissions de <math>\text{CH}_4</math> *</i> ( <i>mg jour<sup>-1</sup> kg<sub>porc</sub><sup>-1</sup></i> )	<i>Émissions de <math>\text{NH}_3</math> **</i> ( <i>mg jour<sup>-1</sup> kg<sub>porc</sub><sup>-1</sup></i> )	<i>Émissions de <math>\text{CO}_2</math> ***</i> ( <i>g jour<sup>-1</sup> kg<sub>porc</sub><sup>-1</sup></i> )
Témoin PP	30,5	98,1 a	24,94
Gratte G	21,5	52,7 b	20,96
Gratte V	25,2	50,0 b	23,46
Gratte VJ	29,9	59,4 ab	23,85
Filet	24,7	49,8 b	21,66
Courroie	24,2	50,2 b	22,30

Erreurs-types : \*  $\pm 2,4 \text{ mg jour}^{-1} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$  \*\*  $\pm 9,3 \text{ mg jour}^{-1} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$  \*\*\*  $\pm 0,96 \text{ g jour}^{-1} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$   
Les concentrations mesurées de  $\text{H}_2\text{S}$  et de  $\text{NO}_2$  étant sous les limites de détection des appareils de mesure utilisés, aucune émission n'a été calculées pour ces gaz.

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes par le test de LSD ( $p > 0,10$ ).

La figure 21, quant à elle, présente les émissions d'ammoniac en fonction des semaines et des traitements.



**Figure 21 : Émissions d'ammoniac pour chaque traitement en fonction des semaines.**

L'élévation des émissions d'ammoniac pour le témoin PP pendant la deuxième semaine pourrait être due à la fréquence de grattage (2 à 3 jours versus 7 jours), considérant que les émissions pour la gratte G n'augmentent pas (figure 21). Les émissions de  $\text{NH}_3$  plus élevées pour le témoin PP relativement à la gratte G sont en accord avec la littérature (Guingand 2000; Osada *et al.* 1998; Voermans et van Poppel 1993; Hoeksma *et al.* 1992). Cette différence peut être expliquée par la diminution de l'espace entre la surface des déjections et les lattes (Guingand, 2000).

Les émissions d'ammoniac pour le témoin PP sont similaires aux valeurs retrouvées dans Phillips *et al.* (1995) ( $97 \text{ mg jour}^{-1} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$ , en été) et Aarnink *et al.* (1995) ( $115 \text{ mg jour}^{-1} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$ ). Les pourcentages de réduction obtenus pour les systèmes de gestion séparant l'urine des fèces (grattes V et VJ, filet, courroie) sont conformes à ceux retrouvés dans la littérature (~50%). En comparant les résultats obtenus avec la gratte G par rapport au témoin PP, considérant que les deux traitements ne séparent pas les déjections et ont le même type de plancher (acier inoxydable), il peut être conclu que réduire la période de stockage des déjections sous les porcs à moins d'une semaine a tendance à atténuer les émissions de  $\text{NH}_3$  de 46%. La séparation de l'urine et des fèces directement sous les lattes au moyen des traitements gratte V, gratte VJ, filet et courroie, permet une réduction d'environ 49% des émissions  $\text{NH}_3$ , en comparaison avec le témoin PP. En conséquence, au cours d'une période d'entreposage de 2 à 3 jours, la séparation des phases n'est pas un avantage pour réduire l'ammoniac (49% de réduction pour la séparation à la source contre 46% pour la gratte G).

L'impact de la fréquence de grattage pour les systèmes de gratte est non significatif. Cependant, il peut être observé que la gratte VJ semble augmenter les émissions de  $\text{NH}_3$  par opposition au grattage aux 2 à 3 jours (gratte V). Groenestein (1994) propose que le grattage répande les déjections sur le plancher, créant ainsi une mince couche de fèces. Cette couche engendre une

plus grande surface entre les déjections et l'air, facilitant ainsi la production de gaz. Aarnink *et al.* (1997) ont mentionné que la réduction des surfaces de plancher souillées d'urine et de fèces réduisait les émissions d'ammoniac. D'autre part, les fèces accumulées sur deux à trois jours deviennent plus importantes et le grattage peut alors les évacuer plus efficacement. La tendance ( $p=0,13$ ) pour la gratte VJ à être significativement différente du témoin PP suggère que bien qu'une mince couche de fèces soit répandue sur le plancher chaque jour (comme avec la gratte VJ), il y a toujours une tendance à obtenir une réduction de  $\text{NH}_3$  comparativement au stockage des déjections pendant sept jours (témoin PP). Davantage d'études avec seulement ces deux traitements pourraient confirmer cette tendance.

Dans la pratique, la période de stockage pour le témoin PP est considérablement plus longue que la période de stockage utilisée dans cette étude. Par conséquent, l'activité de l'uréase et donc les émissions d'ammoniac pourraient avoir été encore plus importantes pour ce système. Cette explication est en accord avec la littérature (Guingand, 2000; Osada *et al.*, 1998; Voermans et van Poppel, 1993; Hoeksma *et al.*, 1992). À l'opposé, selon Heber *et al.* (2001), les taux d'émission d'ammoniac n'augmentent pas de manière significative avec un temps d'entreposage au-delà de 7 jours.

Tout comme pour les émissions de méthane, le plancher des tiroirs de récolte en acier pour le témoin PP et la gratte G pourrait avoir limité l'activité de l'uréase et subséquemment les émissions d'ammoniac (Braam et Swierstra, 1999).

En ce qui concerne les émissions de  $\text{CO}_2$ , l'analyse statistique n'a démontré aucun effet significatif du traitement, ni de l'interaction semaine\*traitement. Les émissions sont présentées au tableau 11. Les émissions de  $\text{CO}_2$  (figure 22) par traitement sont comparables entre elles. Cette conclusion est en accord avec le fait qu'environ 96% du  $\text{CO}_2$  est produit par la respiration des animaux; le restant (4%) provient de la décomposition des déjections (Marquis et Marchal, 1998).

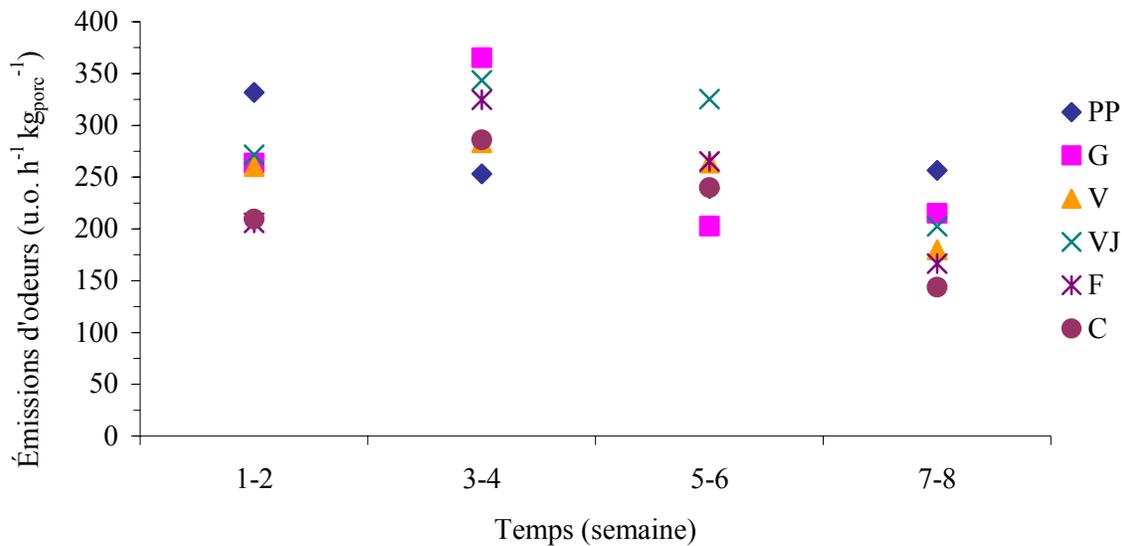
Les émissions de  $\text{CO}_2$  mesurées pour le témoin PP ( $24,94 \text{ g jour}^{-1} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$ ) sont similaires aux résultats obtenus par Gallman et Hartung (2000) ( $26,4 \text{ g jour}^{-1} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$ ). La comparaison du traitement témoin PP au traitement gratte G porte à croire qu'une vidange aux deux à trois jours aiderait à réduire les émissions de  $\text{CO}_2$  comparativement à une vidange hebdomadaire. Cette allusion est conforme à la littérature suggérant que le  $\text{CO}_2$  soit produit lors de la dégradation microbienne de l'urine et des fèces dans des conditions aérobies et anaérobies. En outre, l'urée dans l'urine s'hydrolyse rapidement (en quelques heures après l'excrétion) en ammoniac et en dioxyde de carbone (Aarnink *et al.*, 1992). Davantage d'études avec seulement ces deux traitements pourraient peut être confirmer une différence significative dans la fréquence de vidange pour les systèmes qui ne séparent pas les déjections.

La lecture ( $\sim 0,02 \text{ ppm}$ ) obtenue pour les concentrations de  $\text{N}_2\text{O}$  étant plus faible que l'erreur expérimentale ( $\pm 0,1 \text{ ppm}$ ), il peut être conclu que les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  ne sont pas détectables avec le système d'instrumentation actuellement utilisé.

### 3.6 Émissions d'odeurs et caractère hédonique

#### 3.6.1 Émissions d'odeur

Contrairement aux émissions de gaz, les émissions d'odeurs et le caractère hédonique sont des moyennes des données obtenues sur une période de deux semaines. Aucune différence statistiquement significative n'a pu être mise en évidence entre les traitements. À la figure 22, il peut être noté que les traitements gratte G, gratte V, gratte VJ et filet, ont le même patron d'émissions d'odeurs au cours des semaines, augmentant la semaine 3-4 et diminuant ensuite graduellement. Au contraire, le témoin PP obtient des émissions d'odeurs inférieures à la semaine 3-4 et reste stable ultérieurement.



**Figure 22 : Émissions d'odeurs en fonction des traitements et des semaines.**

Par contre, les analyses statistiques ne démontrent aucune différence significative entre les traitements. De plus, l'interaction semaine\*traitement est non-significative. Les émissions d'odeurs pour chacun des traitements sont présentées au tableau 12. Les valeurs varient entre 206 et 269  $\text{u.o. h}^{-1} \text{kg}_{\text{porc}}^{-1}$ .

Les résultats (figure 22) montrent que les émissions d'odeurs sont plus basses à la fin de l'étude. Le poids des porcs pourrait avoir un effet sur cette diminution puisque les émissions d'odeurs sont rapportées sur une base de poids ( $\text{kg}_{\text{porc}}$ ). L'augmentation de l'humidité relative pourrait également jouer un rôle dans la diminution des émissions d'odeurs. Toutefois, ces variations pourraient également être associées à l'erreur de la mesure.

Les valeurs pour la gratte G sont conformes à celles de Lim *et al.* (2002). En comparant entre eux les traitements ne séparant pas les déjections (témoin PP vs gratte G), il peut être conclu que le retrait des déjections aux 2-3 jours n'atténue pas de manière significative les émissions d'odeurs. Cependant, il est à noter que la vidange hebdomadaire du témoin pourrait avoir limité les émissions d'odeurs. Dans la pratique, les déjections pour le système témoin PP sont entreposées sur une longue période, qui peut dans certains cas aller jusqu'à environ 110 jours. La période de stockage de cette étude a été limitée à 7 jours, réduisant ainsi le processus de décomposition anaérobie. Comme le mentionne un article du Porkboard (2004), le retrait fréquent des déjections produit moins d'odeurs que les déjections entreposées.

Bien que non significatif, les systèmes de séparation sous les lattes (gratte V, filet et courroie) réduisent respectivement les émissions d'odeurs de 7, 12 et 21% comparativement au témoin PP. Néanmoins, ces pourcentages ne sont pas dans la gamme de réduction rencontrée dans la littérature (réduction de 45% selon Bernard *et al.*, 2003 et de 50 à 60% selon Kroodsma 1986). Cette différence peut être expliquée par la fréquence de vidange du témoin PP.

Au cours de la période de stockage de 2-3 jours, la séparation des phases réduit numériquement (effet non significatif) la production d'odeurs de 1, 7, 16% respectivement. Ces modestes pourcentages démontrent qu'au cours d'une période de stockage de 2-3 jours, il n'y a aucune différence dans les émissions d'odeurs, que les déjections soient séparées en phases ou non.

Bien que les différences ne soient pas significatives, un grattage quotidien (gratte VJ) semble conduire à une augmentation (~11%) des émissions d'odeurs comparativement à un grattage aux 2 à 3 jours (gratte V). La présence d'une mince couche de fèces fraîchement exposée à l'air suite au grattage du dalot pourrait expliquer ce phénomène, comme observé pour l'émission de certains gaz. Puisque le grattage avec le traitement gratte VJ est plus fréquent, une nouvelle couche de fèces est exposée à l'air à tous les jours, produisant plus fréquemment des composés malodorants dans l'air, donc plus d'odeurs. Cette explication est en accord avec celle présentée par Lemay (1999) et Robertson (1994) qui indiquent que le contact entre l'air et les déjections favorise la volatilisation de molécules odorantes.

La manipulation plus fréquente des fèces peut également expliquer que la gratte VJ paraît avoir un taux d'émissions d'odeurs plus élevé. Chapin *et al.* (1998) mentionnent que l'agitation et le mélange des déjections sont la principale cause de dégagement d'odeurs lors de la manipulation des déjections. Dans la présente étude, le fait que les fèces étaient grattées de façons journalières mais non retirées du dalot, pourrait avoir eu un impact négatif. Cette agitation pourrait avoir produit une quantité d'odeurs plus importante que ce qui aurait été produit si les fèces avaient été évacuées du dalot à tous les jours. Barrington *et al.* (1997) recommandent de manipuler le moins possible les déjections entre 12 à 24 heures après l'excrétion puisque l'activité microbologique en gestion liquide débute après 12 à 24 heures.

Des émissions d'odeurs du même ordre de grandeur que celles produites par le témoin PP sont retrouvées dans Heber *et al.* (1998). Cependant, les émissions d'odeurs dans Verdoes et Ogink (1997) et dans Mol et Ogink (2003) étaient environ 2 fois et 5 fois plus élevées, respectivement. Une recherche effectuée par Lemay *et al.* (2003) dans le même laboratoire que la présente étude,

a engendré des émissions d'odeurs de  $510 \text{ u.o. h}^{-1} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$  pour une période d'entreposage des déjections de 8 semaines. Subséquemment, le retrait hebdomadaire des déjections pourrait avoir réduit considérablement les émissions d'odeurs pour le témoin PP. Si les valeurs mesurées pour la gratte V, le filet et la courroie étaient comparées à celles présentées par Lemay *et al.* (2003), une réduction de 50% des émissions d'odeurs pour les traitements de séparation (gratte V, gratte VJ, filet, courroie) aurait été obtenue.

Le jour de la semaine des prélèvements d'odeurs peut avoir influencé les résultats pour l'effet traitement. En effet, étant donné que les déjections issues de tous les systèmes testés (sauf le témoin PP) ont été vidées le lundi matin et le prélèvement a été fait le mardi matin suivant, seulement des déjections fraîches étaient dans les dalots. Selon Jacobs (1994), uniquement une petite quantité d'odeurs est dégagée par le lisier frais (moins de 24 h) puisque la production d'odeurs débute surtout une fois que le lisier a commencé à se décomposer. Outre le jour du prélèvement, les déjections du traitement témoin étaient entreposées depuis seulement 5 jours lors de l'échantillonnage. Cette courte période d'entreposage est considérée dans la littérature comme étant un moyen de minimiser la production d'odeurs.

Le type de matériel dans le fond des tiroirs de récolte pour les traitements S et PP peut avoir minimisé les émissions d'odeurs. Le plancher en acier inoxydable pour ces deux traitements a facilité la vidange complète des déjections par sa surface lisse et non-perméable. Pour les traitements gratte V, filet et courroie, une mince couche de fèces et d'urine est restée sur le plancher en raison de sa rugosité. De plus, une partie des déjections est restée coincée dans le béton, les mailles du filet ou le caoutchouc. Par contre, De Foy *et al.* (2004) n'ont trouvé aucune relation entre les odeurs et les caractéristiques des matériaux. Ils ont conclu que ni l'absorption de l'eau ni la rugosité de la surface n'étaient les principaux paramètres influençant le niveau des émissions d'odeur.

Pour la gratte G, pratiquement aucune déjection n'a été laissée dans le dalot après la vidange par rapport aux traitements gratte V, gratte VJ, filet et courroie, pour lesquels il n'était pratiquement pas possible (observations) de retirer complètement les fèces du dalot. Les déjections alors laissées dans le dalot pour des jours ou des semaines ont subi une décomposition microbienne des éléments organiques plus substantielle et ainsi, libéré des composés malodorants supplémentaires.

### 3.6.2 Relation avec le pourcentage de matière sèche

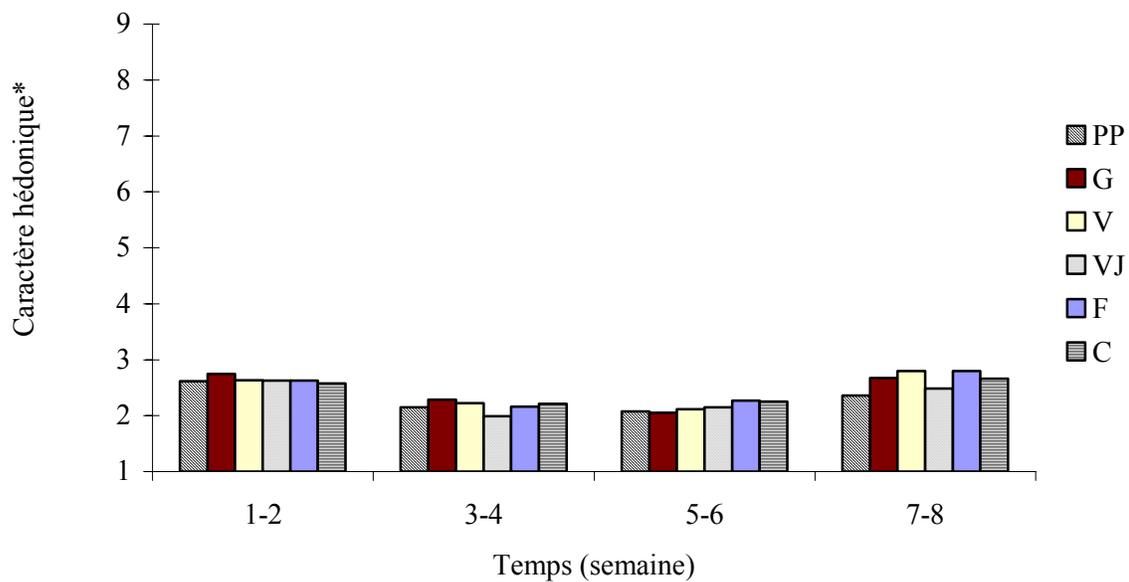
Selon Koger *et al.* (2002), limiter la teneur en eau des déjections limiterait la production d'odeurs puisque le métabolisme microbien, principale source d'odeurs, serait atténué avec des déjections plus sèches. En effet, des conditions moins anaérobies engendrées par des déjections à faible teneur en eau sont recommandées pour diminuer les émissions d'odeurs (Jacobs, 1994; O'Neill et Phillips, 1991). Les pourcentages de matière sèche pour la phase solide pour la présente étude sont présentés au tableau 9. En comparant les trois systèmes de séparation (gratte V, filet et courroie), le pourcentage de matière sèche ne justifie pas les résultats obtenus pour les émissions d'odeurs, qui auraient dû être moindres.

### 3.6.3 Caractère hédonique

Les résultats des analyses statistiques pour le caractère hédonique des échantillons d'air ne fait ressortir aucune différence significative entre les traitements. Le caractère hédonique moyen pour chacun des traitements a varié entre 2,29 et 2,47 ; les valeurs présentées pour chaque traitement et pour l'entrée d'air principale se retrouvent dans le tableau 12. Le caractère hédonique pour chaque traitement et pour chaque période est présenté à la figure 23. Le caractère hédonique des échantillons prélevés à l'entrée d'air principale du bâtiment est plus élevé que celui obtenu pour les échantillons pris à l'intérieur des chambres expérimentales pour chacun des traitements, mais il est cependant de beaucoup inférieur à celui d'un milieu neutre. L'admission d'air était située près d'un amas d'ensilage, d'un mélange de fumier sec et de paille et des ventilateurs de sortie d'air d'une étable. Bien que la distance semblait suffisante pour en minimiser l'impact, la proximité des ces sources d'odeurs pourrait avoir engendré ce résultat.

**Tableau 12 : Émissions d'odeurs et caractère hédonique moyen en fonction des traitements.**

<i>Traitement</i>	<i>Émissions d'odeurs</i> <i>(u.o. h<sup>-1</sup> kg<sub>porc</sub><sup>-1</sup>)</i>	<i>Caractère hédonique</i>
Témoin PP	260	2,30
Gratte G	245	2,44
Gratte V	242	2,44
Gratte VJ	269	2,29
Filet	228	2,47
Courroie	206	2,43
Entrée d'air principale	-	2,68



\* 1=Extrêmement désagréable, 2=Très désagréable, 3=Modérément désagréable, 4=Légèrement désagréable, 5=Neutre, 6=Légèrement agréable, 7=Modérément agréable, 8=Très agréable et 9=Extrêmement agréable

**Figure 23 : Caractère hédonique pour chaque traitement en fonction des semaines**

Sans être significatif, les traitements témoin PP et gratte VJ sont les plus odorants et ont le caractère hédonique le plus désagréable. En comparant les systèmes de séparation, la gratte G a réduit les odeurs de 21% comparativement au témoin PP tandis que le filet et la gratte V les ont diminuées de 12% et 7%, respectivement. Par contre, pour le caractère hédonique, le système avec filet semble donner un meilleur résultat que les deux autres systèmes. La gratte G est sensiblement comparable à la gratte V pour les émissions d'odeurs et comparable à la gratte V et à la courroie pour le caractère hédonique.

La propreté des chambres et des dalots pourrait expliquer un meilleur caractère hédonique pour les semaines 1 et 2. Pour la dernière période (semaines 7 et 8), le débit de ventilation plus important pourrait avoir amélioré le caractère hédonique. Cependant, ces différences sont faibles et non significatives.

La vidange hebdomadaire du dalot pour le témoin PP, pourrait avoir amélioré le caractère hédonique de l'air par rapport à une pratique conventionnelle où les dalots ne sont vidangés qu'une fois à la fin de l'élevage. Cette explication est conforme à celles avancées par Jacobson *et al.* (1998).

Les valeurs obtenues, toutes au-dessous d'une valeur de 5, suggèrent que peu importe le traitement, l'air est toujours désagréable. Il aurait été suspecté que le grattage quotidien (gratte VJ) aurait pu améliorer le caractère hédonique de l'air comparativement au même système moins souvent activé (gratte V). Au contraire, la gratte VJ a conduit à un caractère hédonique de l'air

plus désagréable. Les émissions plus importantes d'ammoniac et d'odeurs pour ce traitement pourraient expliquer en partie ces observations.

Bien que non significatif, il semble qu'une vidange aux deux à trois jours (gratte G, gratte V, filet, courroie) aide à maintenir un caractère hédonique plus plaisant comparativement à une vidange hebdomadaire (témoin PP). Au cours d'une période de stockage de deux à trois jours, le procédé de séparation n'améliore pas le caractère hédonique de l'air dans la chambre. En outre, le type de système de séparation n'influence pas le caractère hédonique. Cependant, en raison du caractère hédonique désagréable de l'air entrant, davantage d'études avec de l'air entrant neutre pourrait mener à différentes conclusions.

Comme dans le cas des émissions d'odeurs, le jour de la semaine du prélèvement pourrait influencer les résultats pour l'effet traitement. Le lisier frais n'a pas nécessairement le même niveau d'acceptabilité que le lisier de deux ou trois jours. Comme suggéré par O'Neill et Phillips (1991), un retrait rapide des déjections constitue une manière d'éviter la production d'odeurs très offensantes.



## 4 Conclusions

L'objectif principal de ce volet de l'étude était de comparer, dans un même montage expérimental, les impacts de différents systèmes de gestion de déjections sur divers aspects relatifs à l'efficacité de séparation et à la qualité d'air. Les objectifs spécifiques étaient de : (1) évaluer l'efficacité de séparation des phases liquide et solide des différentes technologies de séparation sous les lattes; (2) comparer les émissions de gaz, d'odeurs et le caractère hédonique au bâtiment entre différents systèmes de gestion des déjections et un système conventionnel (témoin); (3) comparer divers systèmes de séparation à la source des déjections porcines dans un même montage expérimental dans le but d'identifier le système le plus efficace en terme d'amélioration du caractère hédonique et de limitation d'émissions gazeuses et odorantes, au bâtiment; (4) étudier l'impact de la fréquence de grattage sur les émissions de gaz et d'odeurs et le caractère hédonique pour le système de gratte en « V ».

Suite à la présente étude, les constats suivants peuvent être faits :

1. La séparation des fèces et de l'urine sous les lattes permet de concentrer au moins 90% du phosphore dans la partie solide.
2. Cette fraction solide présente un minimum de 32% de matière sèche.
3. La séparation de l'urine et des fèces directement sous les lattes n'a aucune influence significative sur les émissions de CH<sub>4</sub> en comparaison avec le témoin.
4. La séparation de l'urine et des fèces directement sous des lattes permet une réduction significative de 49% des émissions de NH<sub>3</sub> en comparaison avec le témoin. Cependant, les différents systèmes de séparation n'ont pas la même capacité de réduction pour le NH<sub>3</sub>.
5. Les différents systèmes de gestion des déjections n'ont pas d'impact sur les émissions de CO<sub>2</sub> au bâtiment.
6. La séparation de l'urine et des fèces directement sous les lattes ne permet pas une diminution des émissions d'odeurs au bâtiment, en comparaison avec le témoin.
7. Les systèmes de gestion des déjections n'ont pas d'impact sur le caractère hédonique. Les valeurs obtenues se trouvant toutes en dessous de 5 suggèrent que peu importe le traitement utilisé, l'air dans les chambres est désagréable.
8. Puisqu'il n'y a pas de différence significative entre la gratte V et la gratte VJ quant à l'efficacité de séparation des différents éléments, il est conclu que la fréquence de grattage de la gratte en «V» n'augmente pas l'efficacité de séparation.

9. Sans séparation de phase mais avec l'utilisation de la gratte conventionnelle, les émissions de  $\text{NH}_3$  sont réduites de 46% comparativement au témoin. Il peut donc être conclu que limiter la période d'entreposage des déjections sous les porcs à deux à trois jours atténue l'émission de  $\text{NH}_3$ .
10. Par contre, pour une période d'entreposage de deux à trois jours, la séparation des phases en tant que telle ne permet pas une réduction des émissions d'ammoniac par rapport à l'utilisation d'une gratte conventionnelle.
11. Sans séparation de phases, vidanger les déjections aux deux à trois jours n'a pas d'influence sur les émissions de  $\text{CH}_4$  et de  $\text{CO}_2$  comparativement à une vidange effectuée une fois par semaine.
12. Sans séparation de phases, la vidange aux deux à trois jours ne limite pas les émissions d'odeurs comparativement à une vidange hebdomadaire et n'améliore pas le caractère hédonique.

Ces résultats permettent de confirmer l'hypothèse 1 à l'effet que la séparation des fèces et de l'urine sous les lattes à l'aide du système de gratte en « V » permet de concentrer 80% du phosphore dans une phase solide ayant au minimum 25% de matière sèche. Par contre, la réduction du temps de contact des fèces et de l'urine au bâtiment n'a pas permis de réduire d'au moins 50% les émissions d'odeurs et de gaz du bâtiment tel que mentionné dans la seconde hypothèse. Par contre, le retrait hebdomadaire des déjections pourrait avoir réduit considérablement les émissions d'odeurs pour le témoin PP. Ainsi, si les valeurs mesurées pour la gratte V, le filet et la courroie étaient comparées à celles présentées par Lemay *et al.* (2003), une réduction de 50% des émissions d'odeurs pour les traitements de séparation (gratte V, gratte VJ, filet, courroie) aurait été obtenue. Toutefois, de futurs essais sont requis afin de valider cette dernière hypothèse.

## 5 Références

- Aarnink, A.J.A., E.N.J. van Ouwerkerk et M.W.A. Verstegen. 1992. *A mathematical model for estimating the amount and composition of slurry from fattening pigs*. *Livestock Production Science*, 31: 133-147.
- Aarnink, A., A. Keen, J. Metz, L. Speelman et M. Verstegen. 1995. *Ammonia emission patterns during the growing periods of pigs housed in partially slatted floors*. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 64: 105-116.
- Aarnink, A.J.A., D. Swierstra, A.J. van den Berg et L. Speelman. 1997. *Effect of type of slatted floor and degree of fouling of solid floor on ammonia emission rates from fattening piggeries*. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66: 93-102.
- Agriculture et Agroalimentaire Canada. 2004a. Rapport trimestriel sur le porc, janvier-mars 2004, Numéro 22 - Avril 2004. [http://atn-riac.agr.ca/can/3764\\_f.htm](http://atn-riac.agr.ca/can/3764_f.htm), accédé le 28 juin 2005.
- Agriculture et Agroalimentaire Canada. 2004b. Rapport trimestriel sur le porc, octobre 2004 - mars 2005, Numéro 25 - Mars 2005. [http://atn-riac.agr.ca/can/3696\\_f.htm](http://atn-riac.agr.ca/can/3696_f.htm), accédé le 28 juin 2005.
- Albright, L. D. 1990. *Environment control for animals and plants*. American Society of Agricultural Engineers. 2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659 USA.
- Andersson, M. 1995. *The effect of different manuring systems on ammonia emissions in pig buildings. A comparing study between scrapers under slatted floors and rubber mats under slatted floors*. Rapport 100, Lund. Swedish University of Agricultural Sciences Department of Agricultural Biosystems and technology. 41 p.
- Arogo, J., P.W. Westerman, A.J. Heber, W.P. Robarge et J.J. Classen. 2001. *Ammonia in animal production – A review*. Dans: ASAE Annual International Meeting. Sacramento, California, USA, July 30-August 1. Paper No 01-4089. ASAE, St. Joseph, Michigan, ASAE.
- ASAE. 2003. *ASAE Standards - Standards engineering practices data*. 50<sup>th</sup> Edition. American Society of Agricultural Engineers. 2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659 USA.
- Barrington, S., D. Massé, C. Laguë, M. Fortier et D. Côté. 1997. *Les fumiers de bovins laitiers: une ressource qui se gère*. CPAQ –Symposium sur les bovins laitiers : 93-128.
- Bernard, C., C. Côté, D., Giroux, M., Grégoire, R., Joncas, R. et D.Y. Martin. 2003. *Mémoire de l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc.* Commission sur le développement durable de la production porcine au Québec, 16 avril 2003, 41 p.
- Bicudo, J.R., C.L. Tengman, D.R. Schmidt et L.D. Jacobson. 2002. *Ambient H<sub>2</sub>S concentrations near swine barns and manure storages*. ASAE Paper No. 024059. ASAE, St. Joseph, Michigan, ASAE.
- Braam C. R. et D. Swierstra. 1999. *Volatilization of Ammonia from Dairy Housing Floors with Different Surface Characteristics*. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72 : 59-69.
- Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ). 2004. *Compilation CDPQ – Gestion et exploitation des données, communication personnelle*.

- Chapin, A., C. Bouлинд et A. Moore. 1998. *Controlling Odor and Gaseous Emission Problems from Industrial Swine Facilities – A Handbook for All Interested Parties*. Yale Environmental Protection Clinic, 81 p.
- Coillard, J., *Procédés de traitement des lisiers de porc étudiés en France*. Ingénieries-EAT, 1997, 10 : 17-33.
- CPAQ, 1998. Estimation des rejets d'azote et de phosphore par les animaux d'élevage. Comité *ad hoc* sur l'agroenvironnement, 31 p.
- De Foy, C., P. Bégué, R. Hogue, A. Marquis, S. Godbout et R. Gagné. 2004. *Selection of Interior Finish Materials to Improve Sanitary Status in Swine Buildings: Relations between Odor Emissions, Material Physical Characteristics and Bacterial Retention on the Surfaces*. Paper no. 044090 presented at the 2004 ASAE/CSAE Annual International Meeting. Fairmont Chateau Laurier, The Westin, Government Centre. Ottawa, Ontario, Canada. 1 - 4 August 2004. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan.
- Dufour, V., F. Pouliot, B. Leclerc, S. Godbout, L-A. Larose et M. Trahan. 2005. Évaluation technique et économique d'un système d'isolement des fèces avec courroie sous les lattes dans un bâtiment porcin commercial québécois. Rapport final, Centre de développement du porc du Québec inc., Ste-Foy (Québec), Canada. 68p.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2001. *Odour Impacts and Odour Emission Control Measures for Intensive Agriculture*. Final report. R&D report series No. 14. ISBN 1-84095-075-7.
- European Committee for Standardization, 2003. Norme NF EN 13725 Air Quality - Determination of odor concentration by dynamic olfactometry. Bruxelles, Belgique: CEN Central secretariat.
- Fédération des producteurs de porc du Québec. *Portrait de la production*. <http://www.leporcduquebec.qc.ca/pages/Page-portrait.html#graph1>, accédé le 17 décembre 2004.
- Gallman, E. et E. Hartung. 2000. *Evaluation of the emission rates of ammonia and greenhouse gases from swine housings*. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International conference : Air pollution from agricultural operations. October 9-11, 2000. ASAE. Des Moines, IA, USA : 92-99.
- Groenestein, C.M. 1994. *Ammonia emission from pigs houses after frequent removal of slurry with scrapers*. Dans: Proceedings of XII World Congress on Agricultural Engineering, 543-550. Milano, August 29 - September 1.
- Guimont, H., M-J Turgeon, F. Pouliot, S. Godbout et R. Leblanc. 2005. *Abreuvoirs économiseurs d'eau pour porcs en engraissement – Comparaison de l'utilisation d'eau et des performances zootechniques de différents types d'abreuvoirs utilisés au Québec*. Rapport final, 58 p.
- Guingand, N. 2000. Influence de la vidange des préfossees sur l'émission d'ammoniac et d'odeurs par les porcheries d'engraissement. Résultats préliminaires. Journée de la Recherche Porcine en France, 32 : 83-88.
- Hagens, J. 1992. *Farm experience in a low-emission piglet-rearing house*. Proceedings of a symposium held in Veenendaal, Netherlands, 26 may 1992. Mestbehandeling op de boerderij. P. 9. RÉSUMÉ.

- Hamel, D., F. Pouliot, R. Leblanc, S. Godbout, R. von Bernuth et J. Hill. 2004. *Évaluation technico-économique d'un système de séparation solide-liquide des déjections à la source dans un bâtiment porcin et les impacts sur l'environnement*. Rapport final, 81 p.
- Hartung, J. et V.R. Phillips. 1994. Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure storages. *Journal of Agricultural Engineering Resources*, 57: 173-189.
- Heber, A., D. Jones et A. Sutton. 1996. Indoor air quality - Controlling ammonia gas in swine buildings. *Agricultural and Biological Engineering, Animal Sciences and Industry. Cooperative extension work in agriculture and home economics, Indiana, USA: Purdue University and U.S. Department of Agriculture.*  
<http://www.cdc.gov/nasd/docs/d000901-d001000/d000992/d000992.pdf> accédé le 13 avril 2005
- Heber, A.J., D.S. Bundy, T.T. Lim, J.Q. Ni, B.L. Haymore, C. Diehl et R. Duggirala. 1998. Odor emission rates from swine finishing buildings. In *Animal Production Systems and the Environment, An International Conference on Odor, Water Quality, Nutrient Management and Socioeconomic Issues*, 1: 305-310. Des Moines, IA, 20-22 July.
- Heber, A., T. Lim, J. Ni, D. Kendall, B. Richert et A. Sutton. 2001. *Odor, Ammonia and Hydrogen Sulfide Emission Factors for Grow-Finish Buildings (#99-122)*. Final Report submitted to National Pork Producers Council. Purdue University. February 28.  
<http://danpatch.ecn.purdue.edu/%7Eodor/NPPCfinal99122.pdf>, accédé le 13 avril 2005.
- Héduit, M., J.L. Roustan, B. Lefevre et C.R. Bernard. 1978. Valorisation et dégradation des effluents d'élevage porcin. *Journées de la Recherche Porcine en France*, pp.335-362.
- Hendriks, H.J.M et A.M. van de Weerdhof. 1999. *Dutch notes on bat for pig- and poultry intensive livestock farming*. August. Information Centre for Environmental Licensing. Publié par : Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment et Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries, 67 p.
- Hoeksma, P., N. Verdoes, J. Oosthoek et J.A.M. Voermans. 1992. *Reduction of ammonia volatilization from pig houses using aerated slurry as recirculation liquid*. *Livestock Production Science*, 31: 121-132.
- Humenik, F., R von Bernuth, T.L. Richard et F. Jr. Michel. 2002. *Livestock housing design to enhance management of liquid stream and in-house gases*. Proceedings of the 4th International Livestock Management Symposium and Technology Expo, Global Perspective and Livestock Waste Management. May 19-23, Kuala Lumpur, Malaysia. 113-118.
- ITP, 1998. Odeurs et environnement; cas de la production porcine. Institut Technique du porc, 127 p.
- Jacobs, P. 1994. *Odour control guidelines for livestock operators*. P. Jacobs & Associates Ltd. Final Report. Canada/Nova Scotia Agreement on the Agriculture Component of the Green Plan, 15 p.
- Jacobson, L., D. Schmidt, R. Nicolai et J. Bicudo. 1998. *Odor control for animal agriculture*. BAEU-17. November 1998. <http://www.bae.umn.edu/extens/aeu/baeu17.html>, accédé le 11 avril 2005.
- Jongebreur, A.A. 1981. *Housing system and their influence on the environment*. Dans: *Environmental aspects of housing for animal production*, Butterworths, London, UK: 431-436.

- Kaspers, B., J. Koger et T. van Kempen. 2002. *Evaluation of a conveyor belt waste collection system for swine: fecal drying efficiency and ammonia emission reductions*. North Carolina State University. <http://mark.asci.ncsu.edu/SwineReports/2002/kaspers.htm>, accédé le 8 août 2003.
- Koger, J.B., G.A. Wossink, B.A. Kaspers et T.A. van Kempen. 2002. *Belt manure removal and gasification system to convert manure to fuel: the "RE-Cycle" system*. North Carolina State University. <http://mark.asci.ncsu.edu/NCPorkConf/2002/koger.htm>, accédé le 20 juin 2003.
- Kroodsmas, W. 1980. *Separation of pig feces from urine using synthetic netting under a slatted floor*. *Livestock waste: A renewable resource*: 419-421.
- Kroodsmas, W. 1986. *Separation and removal of faeces and urine using filter nets under slatted floors in piggeries*. *Journal of Agricultural Engineering Research* 34: 75-84.
- Lemay, S.P. 1999. *Barn management and control of odours*. *Advances in Pork Production*, 10: 81-91. <http://www.banffpork.ca/proc/1999pdf/Chap09-Lemay.pdf>, accédé le 22 décembre 2004.
- Lemay, S.P., S. Godbout, R. Joncas, J.P. Larouche, J. Rivest, D.Y. Martin, A. Marquis, J.F. Bernier, D. Massé, M. Payeur, R. Zijlstra, L. Chénard, E.M. Barber et C. Laguë. 2003. *Reduction of odour and gas emissions from swine buildings combining canola oil sprinkling and dietary manipulations*. Final Report. Prairie Swine Centre inc., 102 p.
- Lim, T.T., A.J. Heber, J.Q. Ni, A.L. Sutton et D.T. Kelly. 2001. *Characteristics and emission rates of odor from commercial swine nurseries*. *Transactions of the ASAE*, 44(5): 1275-1282.
- Lim, T.-T., A.J. Heber, J.-Q. Ni, D.C. Kendall et B.R. Richert. 2002. *Effects of manure removal strategies on odor and gas emission from swine finishing*. In ASAE Annual International Meeting. Chicago Illinois, July 28-August 2. Paper No. 024123. ASAE, St. Joseph, Michigan, USA.
- Littell, R.C., G.A. Milliken, W.W. Stroup et R.D. Wolfinger. 1996. *SAS System for Mixed Models*. SAS Inst. Inc. Cary, NC.
- Marchal, P. 2002. *Le système de séparation liquide-solide sous la queue: un choix technologique raisonné*. Dans : 3e Colloque sur les bâtiments porcins : Le bâtiment en évolution ! CRAAQ, pp. 23-36.
- Marquis A. et P. Marchal. 1998. *Qualité de l'atmosphère à proximité des bâtiments d'élevage*. *Cahier d'étude et de recherche francophones – Agricultures*. 7(5): 377-385.
- Miner, J.R. 1995. *A review of the literature on the nature and control of odors from pork production facilities*. Published by the Environmental committee of national pork producers council. 118 p.
- Mol, G. et N.W.M. Ogink. 2003. *The effects of three pig housing systems on odor emission*. Proceedings of the conference on air pollution from agricultural operations III. Research Triangle Park, North Carolina USA. 12-15 October 2003. ASAE. Des Moines, IA, USA: 1-8.
- Moller, H.B., S.G. Sommer et B.K. Ahring. 2002. *Separation efficiency and particule size distribution in relation to manure type and storage conditions*. *Bioresource Technology*, 85: 189-196.
- Ogink, N.W.M., H.C. Willers, A.J.A. Aarnink et I.H.G. Satter. 2000. *Development of a new pig production system with integrated solutions for emission control, manure treatment and*

- animal welfare demands.* Dans: Swine Housing, Proceeding of the 1<sup>st</sup> International Conference, pp. 253-259. October 9-11. Des Moines, Iowa. ASAE, St. Joseph, Michigan ASAE.
- O'Neill, D.H. et Phillips, V.R. 1991. *A Review of the Control of Odor Nuisance from Livestock Buildings. 1. Influence of the Techniques for Managing Waste within the Building.* Journal of Agricultural Engineering Research 50: 1-10.
- Osada, T., H.B. Rom et P. Dahl. 1998. *Continuous measurements of nitrous oxide and methane emission in pig units by infrared photoacoustic detection.* Transactions of the ASAE, 41 (4): 1109-1114.
- Phillips, V.R., M.R. Holden, R.P. White, R.W. Sneath, I.G.M. Demmers et C.M. Wathes. 1995. *Measuring and reducing gaseous and particulate air pollution from UK livestock buildings.* Seventh international symposium on agriculture and food processing wastes. ASAE: 241-251.
- Pieters, J.G., G.G.J. Neukermans et M.B.A. Colanbeen. 1999. *Farm-scale membrane filtration on sow slurry.* Journal of agricultural engineering research, 73 : 403-409.
- Pigeon, S. *Complément d'information concernant le suivi des plans des interventions agroenvironnementales des fermes porcines du Québec, année de référence 2001.* Document remis au BAPE, le 29 mai 2003. Consultation sur le développement durable de la production porcine au Québec. FULI57. 6211-12-007, 2003. 4p.
- Porkboard. 2004. Odor control. *Odor Reduction Strategies/Technologies.* <http://www.porkboard.org/Environment/Information/oct.pdf>, accédé le 10 décembre 2004.
- Pouliot, F. et S.P. Lemay. 2004. *Le contrôle des odeurs au bâtiment.* Dans : Cahier des conférences de la Journée d'information provinciale sur « Les odeurs et la production porcine : les solutions accessibles », 27 janvier 2004.
- Robertson, J.F. 1994. *Ammonia, dust and air quality: quantifying the problem.* The pig journal, 33: 113-125.
- SAS. 1999. *SAS/STAT User's Guide, Version 8.* SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Schiffman, S. S., J. L. Bennett, J. H. Raymer. 2001. *Quantification of odors and odorants from swine operations in North Carolina.* Agric. Forest Meteor. 108(3): 213-240.
- Sweeten, J.M., L.D. Jacobson, A.J. Heber, D.R. Schmidt, J.C. Lorimor, P.W. Westerman, J.R. Miner, R.H. Zhang, C.M. Williams et B.W. Auvermann. 2001. *Odor mitigation for concentrated animal feeding operations: white paper and recommendations.* White Papers on Animal Agriculture and the Environment. October 1, p. 54.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1996. *Swine CAFO odors: Guidance for environmental impact assessment.* Region 6, Dallas, Texas. Contract no. 68-D3-0142.
- van Kempen, T. 2003. *Re-Cycle: a profitable swine production system with zero waste.* Banff Pork Seminar, Banff, Alberta, Canada, 14: 195-206.
- van Kempen, T., B. Kaspers, P. Burnette, M. van Kempen et J.B. Koger. 2003. *Swine housing with a belt for separating urine and feces; key to flexibility?* In 2<sup>nd</sup> International Swine Housing Conference, pp. 159-165. October 12-15. Durham, North Carolina. ASAE, St. Joseph, Michigan, USA.
- Verdoes, N. et N.W.M. Ogink. 1997. *Odour emission from pig houses with low ammonia emission.* Proceedings of the international symposium - Ammonia and odour control

- from animal facilities. CIGR, EurAgEng and NVTL, Vinkeloord, The Netherlands, October 1997, 1: 317-325.
- Voermans, J.A.M. et M.M.L. van Asseldonk. 1990. *Separation of pig manure under a slatted floor*. Proefverslag-Proefstation-voor-de-Varkenshouderij, No.P1.151, 32 p. RÉSUMÉ.
- Voermans, J.A.M. et F. van Poppel. 1993. *Scraper systems in pig houses*. Livestock environment IV. Proceedings of a conference held in Coventry, UK, 6-9 July 1993: 650-656.
- von Bernuth, R.D. 2001. *Separate ways/keeping manure solids and liquids apart benefits transport*. Resource, Engineering and Technology or a Sustainable World, 9-10. September 2001.
- von Bernuth, R.D., J.D. Hill, E. Hernderson, S. Godbout, D. Hamel et F Pouliot. 2004. *Efficacy of a liquid/solid isolation system for swine manure*. Transactions of the ASAE. Vol. 48(4): 1537-1546
- Westerman, P.W. et J.R. Bicudo. 2000. *Tangential flow separation and chemical enhancement to recover swine manure solids, nutriment and metals*. Bioresource technology. 73: 1-11
- Zhang, R.H. et P.W. Westerman. 1997. *Solid-liquid separation of animal manure for odor control and nutriment management*. Applied Engineering in Agriculture, 13(5): 657-664.
- Zhu, J., L. Jacobson, D. Schmidt et R. Nicolai. 2000. *Daily variations in odor and gas emissions from animal facilities*. Applied Engineering in Agriculture, 16(2): 153-158.
- Zhu, J., P.M. Ndegwa et A. Luo. 2000. *Changes in swine manure solids during storage may affect separation efficiency*. Applied Engineering in Agriculture. 16(5) : 571-575.

## 6 Transfert des résultats

### 6.1 Intentions sur le potentiel de transfert des résultats ou des technologies.

Les systèmes de séparation à la source des effluents d'élevage et les grattes conventionnelles se veulent des outils intéressants pour améliorer la qualité de l'air des bâtiments d'élevage porcin en réduisant les émissions d'ammoniac au bâtiment. De plus, l'obtention d'une phase riche en phosphore et d'une siccité intéressante facilite leur traitement, leur valorisation ou leur exportation. En outre, la séparation à la source présente de nouvelles avenues pour les producteurs dans les zones en surplus.

Le système de gratte en « V » est facilement applicable au contexte de la production porcine québécoise, à des coûts raisonnables pour des bâtiments neufs ou existants. Les équipements requis peuvent être fabriqués aisément par des équipementiers et entrepreneurs québécois. En outre, ce système est intéressant par sa simplicité d'installation et d'opération. L'implantation d'un tel système serait convenable en mise bas, gestation, pouponnière et engraissement.

Dans le cadre du programme Prime-Vert du MAPAQ, il serait adéquat d'accorder des subventions pour tous les systèmes de séparation des déjections. Effectivement, les résultats ont démontré que non seulement le système de gratte en « V » est efficace en terme de séparation des éléments minéraux et de réduction des émissions d'ammoniac mais les principes de la courroie et du filet sont tout aussi efficaces.

### 6.2 Méthodes à mettre en place pour assurer le suivi d'un transfert efficace.

Afin de transmettre efficacement les technologies de séparation des déjections porcines à la source, et plus spécifiquement la gratte en « V », il est primordial de porter attention aux critères généraux qui figurent dans la liste suivante:

- mécanique adéquate car le lisier est un matériel plutôt corrosif;
- respect de la pente longitudinale et transversale du dalot, qui doit être constante dans les deux sens afin que le liquide s'écoule bien;
- plancher de béton très lisse;
- gratte épousant le profil du plancher;
- ouverture du caniveau pour empêcher les fèces d'y pénétrer;
- présence d'un procédé mécanique simple pour l'enlèvement des fèces dans le caniveau à chaque vidange;
- soulèvement de la gratte lors de sa rétraction suite à la vidange afin d'éviter que des excréments reviennent avec la gratte;
- hauteur de la gratte assez importante pour empêcher le débordement des déjections lors de la vidange (refoulement).

Le but du volet III étant de voir à l'implantation des systèmes dans des unités commerciales fonctionnelles, plus de détails seront fournis quant aux spécifications particulières à respecter en relation avec chacun de ces points, dans le rapport de cette partie du travail. L'évaluation des coûts des différents systèmes étudiés s'ils étaient implantés dans des bâtiments neufs et existants sera également faite à partir des résultats obtenus dans ce volet de l'étude. Les données seront alors disponibles dans le rapport, qui devrait être disponible à l'automne 2006.

## 7 Diffusion des résultats

Journée portes ouvertes au Michigan State University. 27-30 octobre 2003 :

Une visite des installations du *Michigan State University*, lieu des essais sur le système de gratte en « V », a été organisée. Un groupe de 36 intervenants du Québec a participé à ce voyage dont l'objectif était de transférer la technologie au Québec.

### 7.1.1 Rapport d'étape

Hamel, D., F. Pouliot, R. Leblanc, S. Godbout, R.D. von Bernuth et J. Hill. 2004. Évaluation technico-économique d'un système de séparation liquide-solide des déjections à la source dans un bâtiment porcin et les impacts sur l'environnement. Rapport de projet déposé au Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec, 50 pages. (Disponible sur Agri-Réseau)

### 7.1.2 Publications

- Anonyme, 2004, Séparation urine et fèces par raclage. Réussir Porc, France, n0 110, novembre, p. 24.
- Châtillon, G., 2005, Prévisions technologiques : les innovations qui vont compter. Porc magazine, France, n0 384, janvier, pp. 52-55.
- Fortin, N., 2004. L'isolation sous les lattes : une technologie du Pays du soleil levant au service du développement durable. Le Coopérateur agricole, mai-juin, pp. 66-68
- Guivarch, C., 2004. Lisier frais sans chasse d'eau : Racleur et fond de fosse en « V ». Atout Porc Bretagne, France, n0 25, novembre, p. 21.
- Hamel, D., F. Pouliot, S. Godbout, R. Leblanc. 2004. « Séparation liquide-solide des déjections – Un système de gratte prometteur ». Porc Québec, vol. 15, no 4, octobre, pp. 28-31.
- Klages, K., 2005. V-shaped scraper help deter ammonia, phosphorus concerns., National Hog farmer, Etats-Unis, mars, [http://nationalhogfarmer.com/mag/farming\\_vshaped\\_scraper\\_helps](http://nationalhogfarmer.com/mag/farming_vshaped_scraper_helps)
- Poilvet, D., 2004, Le racleur en « V » testé avec succès. Réussir Porc, France, n0 110, novembre, pp. 30-32.
- Poilvet, D., 2004, La séparation précoce urine/fèces supprime les gaz. Réussir Porc, France, n0 110, novembre, p. 32.
- Quillien, J.P., C. Guivarch, P. Flageul, G. Floch et G. Haudry, 2005. Lisier frais sans chasse d'eau : Racleur et fond de fosse en « V ». Atout Porc Bretagne, France, n0 26, janvier, pp. 20-21.
- Pouliot, F, S. Godbout, V. Dufour, R.D. von Bernuth et J. Hill. 2005. Évaluation d'un système de séparation fèces-urine sous caillebotis en engraissement : bilan de masse et caractérisation des sous-produits. Techniporc, France.

*Colloques ou conférencier invité*

- Belzile, M., S. Godbout, S.P. Lemay, J. Lavoie, I. Lachance et F. Pouliot. 2006. Impact de la séparation fèces-urine sous caillebotis sur la qualité de l'air ambiant en porcherie. 38e Journées de la Recherche Porcine, Paris.
- Belzile, M., S. Godbout, A. Marquis, S.P. Lemay, I. Lachance et F. Pouliot. 2005. Séparation des déjections porcines sous les lattes, partie 2 : efficacité de séparation. Conférence présentée à la Journée scientifique et technique en génie agroalimentaire. Centre de recherche et de développement sur les aliments, St-Hyacinthe. 23 mars.
- Godbout, S., S. P. Lemay, M. Belzile, I. Lachance et F. Pouliot. 2004. Réduire les rejets dans l'environnement : quatre systèmes de gestion sous les lattes à l'étude. Colloque sur la production porcine. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, pp. 153-161.
- Lachance, I., S. Godbout, A. Marquis, S. P. Lemay, D. Hamel et J.-P. Larouche. 2004. Would separating feces and urine under pigs be a key to minimize odors and gas emissions? ASAE/CSAE Annual International Meeting, Fairmont Chateau Laurier, The Westin, Government Centre, Ottawa, Ontario, Canada, 1 - 4 August, paper no. 044160, 14 p.
- Lachance, I., S. Godbout, A. Marquis, S.P. Lemay, M. Belzile et F. Pouliot. 2005. Séparation des déjections porcines sous les lattes, partie 1 : émission de gaz, de poussière, d'odeurs et caractère hédonique. Conférence présentée à la Journée scientifique et technique en génie agroalimentaire. Centre de recherche et de développement sur les aliments, St-Hyacinthe. 23 mars.
- Leblanc, R. et F. Pouliot. 2004. Experiment on a manure isolation system in swine barn: Results for a finishing barn, Conférence présentée à un groupe d'ingénieurs ontariens de l'Université de Guelph et du ministère de l'agriculture de l'Ontario, London, Ontario, 1 avril.
- Lemay, S.P., S. Godbout, F. Pouliot, R.D. von Bernuth, R. Joncas, P. Marchal, K. Stewart, E.M. Barber, C. Laguë et T. Crowe. 2004. Experimental Systems for In-Barn Manure Handling in Swine Housing. Conférence présentée au colloque intitulé Integrated Solutions to Manure Management II. London, Ontario. 8-9 mars. p. 5A3.
- Martin, D.Y., F. Pouliot et D. Potvin. 2003. La séparation de phase, un incontournable. Colloque en agroenvironnement, La gestion des engrais organiques dans les régions de fortes concentrations animales – Faire mieux au moindre impact. IRDA. 13 novembre, pp. 101-127.
- Pouliot, F. 2003. Méthodes alternatives au lisier pour évacuer les déjections porcines. Conférence présentée dans le cadre d'un dîner conférence à l'Université Laval. 27 février.
- Pouliot, F., S. Godbout, D. Hamel et R. Leblanc. 2004. Isoler les fèces et l'urine sous les lattes : des résultats en engraissement. Conférence présentée à l'Expo-Congrès du porc du Québec. 7 et 8 avril, pp. 9-27.
- Pouliot, F., S. Godbout, D. Hamel et R. Leblanc. 2004. Système d'isolement des parties solide et liquide des déjections : un système avec des retombées prometteuses.... Conférence présentée dans le cadre de l'Assemblée générale annuelle du Centre de développement du porc du Québec – Au cœur des changements... et des partenaires. CDPQ. 3 juin.

- Pouliot, F, S. Godbout, D. Hamel et R. Leblanc. 2004. Système d'isolement des parties solides et liquides des déjections sous les lattes. Conférence présentée dans le cadre d'une rencontre du groupe d'éleveurs porcins Évoluporc. Sainte-Marie-de-Beauce. 14 juillet 2004.
- Pouliot, F. 2004. Présentation des projets de développement réalisés par le CDPQ dans les bâtiments et l'environnement. Conférence présentée groupe Hytek. La Broquerie, Manitoba, 9 septembre.
- Pouliot, F, B. Leclerc, H. Bernard, D. Naud et F. Gagnon. 2004. État de la situation sur les traitements de lisier de porcs au Québec. Conférence présentée dans le cadre du Colloque agricole Desjardins 2004. Bromont. 4 octobre.
- Pouliot, F. 2005. Isoler les fèces et l'urine sous les lattes : des résultats en engraissement. Conférence présentée dans le cadre des Journées Agricoles Montréal-Laval-Lanaudière – S'adapter aux changements, la stratégie gagnante. MAPAQ. Joliette. 26 janvier.
- Pouliot, F, S. Godbout, V. Dufour, R.D. von Bernuth et J. Hill. 2005. Évaluation d'un système de séparation fèces-urine sous caillebotis en engraissement : bilan de masse et caractérisation des sous-produits. Conférence présentée aux Journées de la Recherche Porcine. Paris, France. 1 au 3 février. pp. 45-50.
- von Bernuth, R.D., J.D. Hill, E. Henderson, S. Godbout, D. Hamel et F. Pouliot. 2004. Efficacy of a liquid/solid isolation system for swine manure. ASAE/CSAE Annual International Meeting, Ottawa, Ontario, paper no. 044131, 16 p.
- Godbout, S., J. Lavoie, S.P. Lemay, I. Lachance, F. Pouliot et M. Belzile. 2005. Impact of In-Barn Manure Separation on the Biological Air Quality of Swine Buildings. ASAE Annual International Meeting, Tampa Convention Center, Tampa, Florida, 17 - 20 July 2005, paper no. 055018, 15 p.
- Lachance I., S. Godbout, S.P. Lemay et J.-P. Larouche. 2005. Separation of Pig Manure Under the Slats: to Reduce Releases in the Environment! Gas and Odors Emissions. ASAE Annual International Meeting, Tampa Convention Center, Tampa, Florida, 17 - 20 July 2005, paper no. 054159, 19 p.

### **Kiosques d'information**

Expo-Congrès du porc, Saint-Hyacinthe, 7-8 avril 2004

Congrès de la Corporation des officiers municipaux en bâtiment et en environnement, Salon des exposants, St-Hyacinthe, 22-23 avril 2004

Salon des affaires municipales de la Fédération québécoise des municipalités, Québec, 30 septembre – 2 octobre 2004

Journée d'information organisée par Alfred Couture Ltée et la Meunerie St-Elzéar à l'intention de leurs clients producteurs, Ste-Marie, 24 novembre 2004.



## 8 Étudiants gradués

- Isabelle Lachance, ing. jr., Étudiante à la maîtrise en génie agroalimentaire  
Titre du mémoire : Effets de la séparation des déjections porcines sous les planchers lattés sur les émissions gazeuses et d'odeurs.  
Promotion du 30 septembre 2005
  
- Martin Belzile, ing. jr., Étudiant à la maîtrise en génie agroalimentaire  
Titre du mémoire : Évaluation de différents systèmes de séparation solide-liquide, sous les lattes, des déjections porcines et les impacts sur l'efficacité de séparation.  
Date du dépôt initial : à venir (~printemps 2006)



## Annexe A

### Aliments distribués

**Tableau A1 : Composition des deux moulées distribuées aux porcs lors de l'expérimentation**

<i>Élément</i>	<i>Moulée 1</i>	<i>Moulée 2</i>
Maïs (kg/1000kg)	491	468
Tourteau soya (kg/1000kg)	160	113
Blé (kg/1000kg)	125	125
Gras (kg/1000kg)	5	5
Supplément (kg/1000kg)	219	711

**Tableau A2 : Analyse nutritionnelle des deux moulées distribuées aux porcs lors de l'expérimentation**

<i>Éléments</i>	<i>Moulée 1</i>	<i>Moulée 2</i>
Matière sèche (%)	87,3	87,4
Protéine brute (%)	15,8	15,8
Énergie digestible NRC (kcal/kg)	3511	3464
Fibre brute (%)	2,7	3,2
Calcium (%)	0,66	0,60
Phosphore total (%)	0,53	0,54
Phosphore disponible (%)	0,21	0,18
Sodium (%)	0,17	0,15
Cuivre (mg/kg)	30,8	20,8
Zinc (mg/kg)	127,3	116,4
Vitamine A (UI/kg)	7990	6658
Vitamine D (UI/kg)	1598	1332
Vitamine E (UI/kg)	45	40