

**Développement d'un nouveau concept
d'enclos pour élevages porcins « sans latte »
permettant de séparer les déjections et de
réduire les émissions gazeuses et odorantes**

Rapport final

Présenté au :

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec



INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT EN
AGROENVIRONNEMENT

Programme de recherche et d'adaptations technologiques sur le
traitement des fumiers

Projet # 704026

Responsable scientifique :

Stéphane P. Lemay, ing., P.Eng., Ph.D.
Chercheur en génie agroenvironnemental

Mars 2007



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

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
Télééc. : (450) 778-6539

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

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

Le rapport peut être cité comme suit :

Lemay, S.P., S. Godbout, R. Bergeron, M. Belzile, B. Predicala, C. Laguë, A. Marquis, F. Pouliot et F. Rondeau. 2007. Développement d'un nouveau concept d'enclos pour élevages porcins « sans latte » permettant de séparer les déjections et de réduire les émissions gazeuses et odorantes. Rapport final. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc., Québec, QC, Canada. Projet CORPAQ 704026. 79 pages.

ISBN – 13 : 978-2-922851-64-9

ISBN – 10 : 2-922851-64-8

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Canada, 2007

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2007

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

Développement d'un nouveau concept d'enclos pour élevages porcins « sans latte » permettant de séparer les déjections et de réduire les émissions gazeuses et odorantes

Rapport final

Présenté au :

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
Direction de l'innovation scientifique et technologique
200, chemin Sainte-Foy, 9^e étage
Québec, Qc, G1R 4X6

Préparé par :

Dr Stéphane P. Lemay, ing., P.Eng.
Chercheur en génie
agroenvironnemental, IRDA

Dr Stéphane Godbout, ing., P.Eng., agr.
Chercheur en génie
agroenvironnemental, IRDA

Dr Renée Bergeron, agr.
Professeure, Université Laval

Martin Belzile, ing. jr.
Professionnel de recherche, IRDA

Dr Bernardo Predicala
Research Scientist-Engineering,
Prairie Swine Centre Inc. (PSCI)

Dr Claude Laguë, ing., P.Eng.
Doyen et professeur, Département de
génie mécanique, Université d'Ottawa

Dr Alfred Marquis, ing., agr.
Professeur, Université Laval

Francis Pouliot, ing.
Ingénieur, Centre de développement
du porc du Québec (CDPQ)

Francis Rondeau, ing.
Chargé de projet, Industries et
Équipements Laliberté (IEL)

Équipe de réalisation du projet :

Responsable scientifique : Stéphane P. Lemay, IRDA
Chargé de projet : Martin Belzile, IRDA
Collaborateurs : Stéphane Godbout, IRDA
Renée Bergeron, Université Laval
Francis Pouliot, CDPQ
Francis Rondeau, IEL
Alfred Marquis, Université Laval
Bernardo Predicala, PSCI
Claude Laguë, Université d'Ottawa
Ariane Veillette, Université Laval
Catherine Dionne, Université Laval
Michel Brochu, Université Laval

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

Stéphane P. Lemay
Institut de recherche et de développement en
agroenvironnement inc. (IRDA)
2700, rue Einstein
Québec, QC, G1P 3W8

Téléphone : (418) 646-1073
Télécopieur : (418) 644-6855
e-mail : stephane.lemay@irda.qc.ca

Remerciements :

Les auteurs remercient le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, l'Association Canadienne du Ciment, la Fédération des producteurs de porcs du Québec et l'IRDA pour leurs contributions financières à ce projet de recherche. Des remerciements sont également adressés au Centre de développement du porc du Québec, aux Industries et Équipements Laliberté ltée, à l'Université Laval, au Prairie Swine Centre inc. (PSCI) et à l'University of Saskatchewan pour leurs contributions en nature à cette étude.

Les auteurs sont également reconnaissants de l'appui technique reçu par le personnel de recherche de l'IRDA (Michel Côté, Jacques Labonté, Christian Gauthier, Harold DuSablou et Marc Hébert).

Résumé

Un nouveau concept d'enclos pour les porcs en croissance-finition permettant de séparer les fèces de l'urine au niveau du parquet a été développé avec succès à l'IRDA. La première partie du projet consistait à mesurer l'efficacité de séparation de l'enclos muni d'un convoyeur à courroie (CAC) et à évaluer ses effets sur le comportement des porcs, alors que la deuxième partie a permis de mesurer son impact sur la qualité de l'air. Les essais ont été réalisés à la fois à l'IRDA et au PSCI.

Le concept de l'enclos sans latte intègre un convoyeur à courroie incliné (CAC) qui remplace la partie lattée du parc. Les porcs se déplacent sur la courroie pour faire leurs besoins, l'urine s'écoule par gravité vers un réservoir situé à une extrémité de cette dernière tandis que l'activation du convoyeur évacue la fraction solide des excréments du parc et l'achemine vers un réservoir différent. Deux salles ont donc été construites à l'IRDA afin de compléter la première partie de l'expérimentation alors que deux autres salles existantes au PSCI ont été utilisées pour réaliser la deuxième partie. La salle témoin comprenait un parc partiellement latté avec une configuration conventionnelle et la deuxième salle était munie d'un système de CAC.

Lors des expérimentations, le système de CAC a été efficace pour isoler une bonne partie du phosphore dans les fèces. Avec le CAC, de 52 à 90% du phosphore excrété par les porcs a été isolé dans la phase solide des déjections qui représente entre 15 et 30% de toute la masse du lisier brut. Par contre, l'eau de lavage employée pour nettoyer la courroie augmente le volume total des déjections et cet aspect doit faire l'objet d'investigations afin de diminuer la quantité d'eau totale utilisée par le système.

Le dispositif en place n'a pas permis de réduire les émissions de NH_3 et d'odeur. L'air frais utilisé pour alimenter le système de ventilation était fortement chargé en NH_3 (de 4,3 à 13,4 ppm) et en odeur (468 à 5544 U.O. m^{-3}). Ces concentrations ont certainement affecté la mesure de différences potentielles entre les traitements. Certaines observations effectuées lors d'un essai supplémentaire réalisé à l'IRDA permettent cependant de croire que des réductions des émissions de NH_3 et d'odeur seraient possibles lors de l'utilisation d'un CAC.

Les importants volumes d'eau utilisés par le CAC actuel réduisent de beaucoup les avantages obtenus par l'efficacité d'isolation du phosphore dans une phase solide moins volumineuse. Cette particularité rend le système moins attrayant dans sa version actuelle et ce, même pour un producteur en situation de surplus de lisier. Toutefois, en se basant sur les résultats obtenus, le concept actuel démontre un potentiel intéressant sur plusieurs aspects tels que la réduction des émissions d'odeur et la propreté des parcs. Les informations recueillies en cours d'expérimentation permettront de concevoir une version améliorée du système de CAC. Cette seconde génération de CAC devrait être développée et évaluée afin d'exploiter le plein potentiel de ce concept original.

Table des matières

Résumé.....	vii
Table des matières.....	viii
Liste des tableaux.....	xii
Liste des figures.....	xiv
1 Introduction.....	1
1.1 Revue de littérature.....	1
1.2 Le concept d’enclos sans latte.....	2
1.3 Description du projet.....	3
1.4 Hypothèses de recherche.....	4
1.5 Objectifs de recherche.....	4
2 Expérimentation réalisée à l’IRDA.....	5
2.1 Matériel.....	5
2.1.1 Site expérimental.....	5
2.1.2 Parcs expérimentaux.....	5
2.1.3 Ambiance.....	7
2.1.4 Animaux.....	7
2.2 Méthodes.....	8
2.2.1 Dispositif expérimental et analyses statistiques.....	8
2.2.2 Essai préliminaire.....	8
2.2.2.1 Objectif et déroulement général.....	8
2.2.2.2 Pente optimale du CAC.....	9
2.2.2.3 Conditions optimales d’opération du CAC.....	9
2.2.3 Essais expérimentaux.....	9
2.2.3.1 Entraînement des porcs avec le CAC.....	9
2.2.3.2 Régie lumineuse, température et alimentation.....	9
2.2.3.3 Conditions d’opération du convoyeur.....	10
2.2.3.4 Collecte des données.....	10
Poids des porcs et performances animales.....	10
Conditions d’ambiance.....	10
Comportement animal.....	10
Quantité et composition des déjections.....	10
2.2.3.5 Calcul de l’efficacité de séparation.....	11
2.3 Résultats et discussion.....	12
2.3.1 Essai préliminaire.....	12
2.3.2 Essais expérimentaux.....	12
2.3.2.1 Performances animales.....	12

2.3.2.2	Conditions d’ambiance	13
2.3.2.3	Comportement animal	14
2.3.2.4	Production totale de déjections	16
2.3.2.5	Efficacité de séparation	18
3	Expérimentation réalisée au Prairie Swine Centre inc. (PSCI).....	21
3.1	Matériel	21
3.1.1	Site expérimental	21
3.1.2	Parcs expérimentaux	21
3.1.3	Ambiance	23
3.1.4	Animaux	24
3.2	Méthodes.....	24
3.2.1	Dispositif expérimental et analyses statistiques.....	24
3.2.2	Entraînement des porcs avec le CAC.....	25
3.2.3	Température et alimentation	26
3.2.4	Conditions d’opération du convoyeur.....	26
3.2.5	Collecte des données.....	26
3.2.5.1	Poids des porcs et performances animales.....	26
3.2.5.2	Conditions d’ambiance	26
3.2.5.3	Quantité et composition des déjections et efficacité de séparation.....	27
3.2.6	Caractérisation du solide résultant de la séparation à l’aide du CAC.....	27
3.2.7	Concentrations gazeuses	28
3.2.8	Concentrations en odeur	28
3.2.9	Calcul des émissions de gaz et d’odeur	28
3.3	Résultats et discussion	29
3.3.1	Performances animales	29
3.3.2	Conditions d’ambiance	30
3.3.3	Production totale de déjections	31
3.3.4	Efficacité de séparation.....	32
3.3.5	Caractérisation du solide résultant de la séparation à l’aide du CAC.....	34
3.3.6	Concentrations en gaz.....	35
3.3.7	Concentrations en odeur et caractère hédonique	37
3.3.8	Émissions de gaz.....	38
3.3.9	Émissions d’odeur.....	41
4	Essai supplémentaire réalisé à l’IRDA	43
4.1	Spécificité du matériel et des méthodes.....	43
4.1.1	Alimentation	43
4.1.2	Conditions d’opération du convoyeur.....	43
4.1.3	Collecte des données.....	43

4.1.3.1	Échantillonnage et analyse des gaz.....	43
4.1.3.2	Concentrations en odeur.....	44
4.1.3.3	Mesure des débits de ventilation.....	45
4.1.3.4	Émissions d'odeur et de gaz.....	46
4.2	Résultats.....	46
4.2.1	Performances animales.....	46
4.2.2	Conditions d'ambiance.....	47
4.2.3	Production totale de déjection.....	48
4.2.4	Débits de ventilation.....	48
4.2.5	Concentrations gazeuses.....	49
4.2.6	Concentrations en odeur.....	52
4.2.7	Émissions gazeuses.....	52
4.2.8	Émissions d'odeur.....	55
5	Discussion générale des résultats.....	57
6	Conclusions.....	61
7	Références.....	63
8	Transfert des résultats.....	67
8.1	Intentions sur le potentiel de transfert des résultats ou des technologies.....	67
8.2	Méthodes à mettre en place pour assurer le suivi d'un transfert efficace.....	67
9	Diffusion des résultats.....	69
9.1	Rapports d'étape.....	69
9.2	Publications.....	69
9.3	Présentations orales.....	69
Annexe A : Les analyses chimiques.....		71

Liste des tableaux

Tableau 1.	Dates importantes des quatre essais	8
Tableau 2.	Analyses de laboratoire réalisées sur les différentes phases des déjections.	11
Tableau 3.	Performances zootechniques moyennes des porcs lors des différents essais réalisés à l'IRDA.	13
Tableau 4.	Conditions d'ambiance moyennes lors des essais réalisés à l'IRDA.	14
Tableau 5.	Posture des porcs en relation avec le traitement, la zone dans l'enclos et le temps lors des essais réalisés à l'IRDA.	15
Tableau 6.	Comportement des porcs en fonction du traitement et du temps lors des essais réalisés à l'IRDA.	16
Tableau 7.	Masse totale des déjections pour les deux systèmes de gestion des déjections et pour les différents essais réalisés à l'IRDA.	17
Tableau 8.	Consommation en eau pour les deux systèmes de gestion des déjections et pour les différents essais réalisés à l'IRDA.	18
Tableau 9.	Efficacité moyenne de séparation des différents éléments obtenus à l'aide du système de CAC utilisé à l'IRDA.	19
Tableau 10.	Dates importantes pour les différents essais réalisés au PSCI.	25
Tableau 11.	Performances zootechniques moyennes des porcs lors des différents essais réalisés au PSCI.	30
Tableau 12.	Conditions moyennes d'ambiance lors des différents essais réalisés au PSCI.	30
Tableau 13.	Débits moyens de ventilation dans les salles expérimentales tout au long des différents essais réalisés au PSCI.	31
Tableau 14.	Masse totale des déjections pour les deux systèmes de gestion des déjections pour les différents essais réalisés au PSCI.	31
Tableau 15.	Consommation en eau pour les deux systèmes de gestion des déjections pour les différents essais réalisés au PSCI.	32
Tableau 16.	Efficacité moyenne de séparation des différents éléments obtenus à l'aide du système de CAC utilisé au PSCI.	33
Tableau 17.	Caractérisation de la phase solide résultant de la séparation à l'aide du CAC utilisé au PSCI.	34
Tableau 18.	Concentrations gazeuses moyennes dans les deux chambres lors des différents essais réalisés au PSCI.	37
Tableau 19.	Concentrations moyennes en odeur et caractère hédonique moyen de l'air dans les deux chambres lors des différents essais réalisés au PSCI.	38
Tableau 20.	Émissions gazeuses moyennes dans les deux chambres lors des différents essais réalisés au PSCI.	41

Tableau 21. Émissions moyennes d'odeur dans les deux chambres lors des différents essais réalisés au PSCI.....	42
Tableau 22. Performances zootechniques moyennes des porcs lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.....	47
Tableau 23. Conditions d'ambiance moyennes lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.	48
Tableau 24. Masse totale des déjections pour les deux systèmes de gestion des déjections pour l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.....	48
Tableau 25. Débits moyens de ventilation dans les deux salles lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.....	49
Tableau 26. Concentrations gazeuses moyennes dans les deux chambres lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.....	51
Tableau 27. Concentrations moyennes en odeur et caractère hédonique moyen de l'air dans les deux chambres lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.....	52
Tableau 28. Émissions gazeuses moyennes dans les deux chambres lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.....	54
Tableau 29. Émissions moyennes d'odeur de l'air dans les deux chambres lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.....	55
Tableau 30. Tableau comparatif pour certaines valeurs moyennes mesurées à l'IRDA et au PSCI.	59
Tableau A1. Analyses chimiques complètes pour l'essai préliminaire réalisé à l'IRDA.....	73
Tableau A2. Analyses chimiques complètes pour l'essai 1 réalisé à l'IRDA.	74
Tableau A3. Analyses chimiques complètes pour l'essai 2 réalisé à l'IRDA.	75
Tableau A4. Analyses chimiques complètes pour l'essai 3 réalisé à l'IRDA.	76
Tableau A5. Analyses chimiques complètes pour l'essai 4 réalisé à l'IRDA.	77
Tableau A6. Analyses chimiques complètes pour les essais 1 et 2 réalisés au PSCI.	78
Tableau A7. Analyses chimiques complètes pour les essais 3 et 4 réalisés au PSCI.	79

Liste des figures

Figure 1.	Le concept d'enclos sans latte.....	3
Figure 2.	Vue de l'intérieur du parc muni du CAC dans le laboratoire de l'IRDA.	5
Figure 3.	Vue de l'intérieur du parc témoin utilisé à l'IRDA.	6
Figure 4.	Vue de l'unité de lavage sous le CAC utilisé à l'IRDA.....	7
Figure 5.	Conditions d'ambiance dans les deux salles lors de l'essai 1 réalisé à l'IRDA.....	13
Figure 6.	Intérieur de l'une des salles expérimentales utilisées au PSCI.	21
Figure 7.	Illustration de la disposition des parcs dans les deux salles expérimentales utilisées au PSCI.	22
Figure 8.	Intérieur du parc muni du CAC utilisé au PSCI.....	23
Figure 9.	Système de filtration utilisé au PSCI.	24
Figure 10.	Concentrations en NH ₃ des salles lors de l'essai 1 réalisé au PSCI.....	35
Figure 11.	Concentrations en CO ₂ des salles lors de l'essai 1 réalisé au PSCI.....	36
Figure 12.	Émissions de NH ₃ lors de l'essai 1 réalisé au PSCI.....	39
Figure 13.	Émissions de CO ₂ lors de l'essai 1 réalisé au PSCI.....	40
Figure 14.	Chromatographe en phase gazeuse utilisé lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.	44
Figure 15.	Température et humidité relative dans les deux salles expérimentales au cours de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.....	47
Figure 16.	Concentrations en NH ₃ durant l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.	50
Figure 17.	Concentrations en CO ₂ durant l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.	51
Figure 18.	Émissions de NH ₃ lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.	53
Figure 19.	Émissions de CO ₂ lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.....	54

1 Introduction

L'industrie porcine québécoise, comme celle des autres provinces canadiennes, subit des pressions pour développer et mettre en place des pratiques de production plus durables et respectueuses de l'environnement afin d'améliorer son acceptabilité sociale. De plus, les odeurs émises par les bâtiments et la manutention du lisier continuent de soulever beaucoup d'inquiétudes au sein des communautés locales chaque fois qu'un nouveau projet est proposé.

Au cours des 20 dernières années, il n'y a pas eu de changement majeur dans la façon de gérer les déjections à l'intérieur d'un bâtiment porcin. Tout comme au début des années 80, la gestion des déjections sous forme liquide vise encore la réduction des coûts en main-d'œuvre et en capital des bâtiments (Jongebreur, 1981). Cependant, dans le contexte actuel, une nouvelle approche de séparation du lisier au bâtiment qui faciliterait la gestion du phosphore tout en réduisant les émissions d'odeur et de gaz contribuerait grandement au maintien et au développement de cette industrie.

1.1 Revue de littérature

Plusieurs équipes de recherche ont travaillé à mettre au point des systèmes d'évacuation rapide des déjections ou encore de séparation des fèces et de l'urine directement sous le caillebotis. Ogink *et al.* (2000) ont utilisé des convoyeurs à courroie installés sous les lattes avec un système de gouttière pour évacuer l'urine. Des filets mobiles sous le caillebotis ont aussi été évalués par Kroodsma (1980), Marchal (2002) et Van Kempen (2003). Enfin, un autre design consiste à utiliser un système de gratte où le dalot est incliné pour permettre l'écoulement de l'urine (Voermans et Poppel 1993, Von Bernuth 2001).

En général, tous ces systèmes de séparation au bâtiment permettent d'isoler une grande partie du phosphore dans la phase solide des déjections. Marchal (2002) a étudié un système de tamis métallique sous les lattes isolant 90% du phosphore dans une phase solide ayant une teneur en matière sèche de 25%. Dans une étude de Dufour *et al.* (2005), une courroie installée sous les lattes a permis de concentrer 94% du phosphore dans une fraction solide de 28% de matière sèche. Un système de gratte en V sous les lattes, évalué par Hamel *et al.* (2004), a permis de concentrer 91% du phosphore dans une phase solide de plus de 34% de matière sèche. Enfin, Kroodsma (1986) rapporte une efficacité de séparation du phosphore du même ordre de grandeur et une réduction des émissions d'odeur de 50% comparativement à une salle conventionnelle avec emmagasinement du lisier. Les fèces fraîches produites par les porcs contiennent 94% du phosphore alors que l'urine en contient seulement 6% (Von Bernuth 2001).

En se basant sur des recherches antérieures, un système d'évacuation rapide combiné à un système de séparation du solide et du liquide auraient beaucoup de potentiel pour réduire les émissions d'odeur. Il y a plus de 10 ans, O'Neil et Phillips (1991) mentionnaient que la meilleure façon de réduire la production d'odeur à l'intérieur d'un bâtiment d'essai consistait à évacuer les déjections le plus souvent possible. L'évacuation et la séparation des deux phases des déjections ralentissent les procédés de dégradation du lisier, ce qui réduit les émissions d'odeur de 50% (Gilbertson *et al.*, 1987). De plus, Van Kempen (2003) soutient qu'un système de séparation avec des courroies sous les lattes permettrait une réduction des émissions

d'ammoniac de 65%. Cependant, lors de l'étude de différents systèmes de séparation sous les lattes, Godbout *et al.* (2006) n'ont pas mesuré de réduction significative des émissions d'odeur.

Aarnink et Elzing (1998) ont calculé les émissions d'ammoniac pour une salle conventionnelle avec un plancher partiellement latté dans des conditions spécifiques. Selon leurs simulations, les émissions totales d'ammoniac ont atteint 6,36 g porc⁻¹ jour⁻¹, dont 1,96 g porc⁻¹ jour⁻¹ (31%) provenaient du plancher et 4,40 g porc⁻¹ jour⁻¹ (69%) étaient émis par le lisier. Toutefois, il y a peu d'informations comparant les émissions d'odeur du plancher aux émissions globales d'odeur d'une salle ou d'un bâtiment. Dans l'étude de Godbout *et al.* (2006), les conclusions sont à l'effet que la réduction de la période d'entreposage des déjections aurait aussi comme impact de limiter les émissions d'ammoniac.

La conception d'un nouvel enclos nécessite la considération de certains aspects relatifs au comportement des animaux de façon à assurer leur bien-être. Les comportements agressifs ont des conséquences défavorables sur le bien-être des animaux car ils représentent une source d'efforts, de blessures et de maladies (Spoolder *et al.*, 2000). Les comportements anormaux, tels que les mordillements d'oreilles et de queues, résultent très souvent d'un stress ou de l'inconfort de l'animal. Cette situation peut être causée par différents facteurs sociaux ou environnementaux tels que la forte densité animale, le manque d'enrichissement ou la mauvaise qualité de l'air (Fritschen et Hogg 1983, Luescher *et al.* 1989, Weerd *et al.* 2005).

À l'heure actuelle, le plancher latté est toujours présent dans la conception des bâtiments d'élevage porcin. Les fèces sont donc morcelées avant d'atteindre le caniveau et le contact entre les fèces et l'urine favorise l'émission de gaz et d'odeur.

1.2 Le concept d'enclos sans latte

Dans ce projet de recherche, il est suggéré de remplacer la partie lattée d'un parc par un convoyeur à courroie (CAC) incliné. Un tel système devrait maximiser l'efficacité de séparation de l'azote et du phosphore en utilisant seulement la gravité. En conservant les fèces intactes, en diminuant la surface de contact entre les parties souillées du plancher et l'air et en évacuant les fèces et l'urine sur une base presque continue, ce concept devrait considérablement réduire les émissions de gaz et d'odeur du bâtiment tout en facilitant la gestion des nutriments contenus dans les déjections. La figure 1 illustre l'enclos sans latte.

Tel qu'illustré sur la figure 1, la zone 1 se situe au début du parc et comprend la mangeoire; la zone 2 constitue la partie centrale du parc et la zone 3 représente la zone de déjection (surface de courroie exposée aux porcs). Les porcs avancent sur la courroie pour uriner et déféquer selon leurs besoins. En raison de la pente longitudinale du convoyeur, l'urine s'écoule dans un réservoir installé sous la partie centrale du parc et les fèces demeurent sur la courroie non perforée. Lorsque la courroie est activée, les résidus solides sont transportés par cette dernière jusqu'à l'extrémité du parc où ils sont déversés dans un réservoir. L'unité de lavage installée sous la courroie nettoie celle-ci avant son retour au niveau du parc.

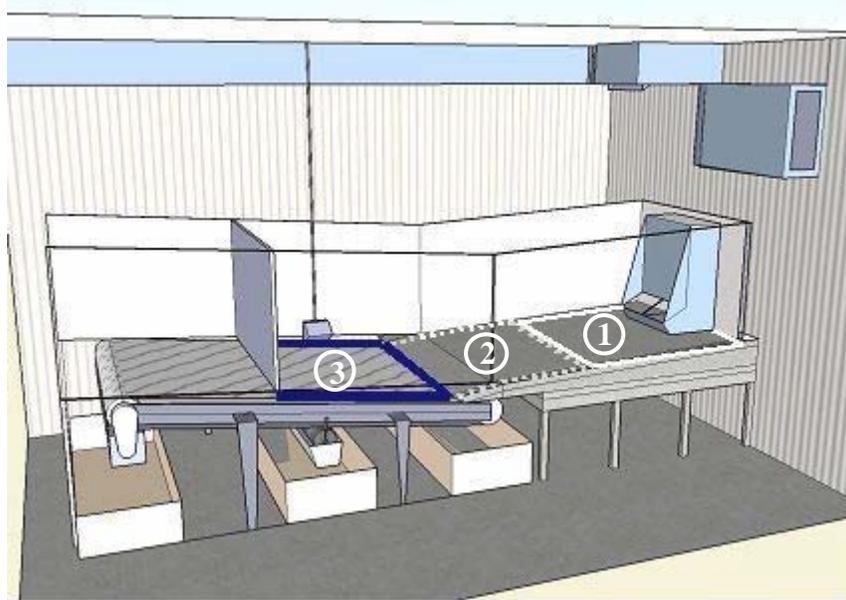


Figure 1. Le concept d'enclos sans latte.

1.3 Description du projet

Ce projet de recherche était composé de deux phases distinctes. La première a été exécutée dans les laboratoires de l'IRDA à Deschambault au Québec. Les mesures effectuées touchaient l'efficacité de séparation du CAC et l'impact sur le comportement animal du système en comparaison avec un système de gestion conventionnelle des déjections (pull-plug). Cette phase du projet sera traitée à la section 2 du rapport. La deuxième phase fut complétée dans les chambres expérimentales du Prairie Swine Centre Inc. (PSCI) en Saskatchewan. Les émissions d'odeur et d'ammoniac, ainsi que les caractéristiques physiques de la phase solide des lisiers obtenus avec le système de CAC ont alors été comparées à une gestion conventionnelle des déjections. L'information relative à cette partie du projet se trouve à la section 3.

Enfin, alors que le projet était en cours, il fut convenu de réaliser un essai supplémentaire dans les laboratoires de l'IRDA de Deschambault. Cet essai supplémentaire avait pour but de vérifier l'adéquation entre les mesures de la qualité de l'air dans les laboratoires de l'IRDA et celles prises lors de la mesure au PSCI. L'information quant à cet essai supplémentaire se retrouve à la section 4 du rapport.

1.4 Hypothèses de recherche

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

Hypothèse 1 : La séparation des fèces et de l'urine à l'aide d'un CAC permettra de concentrer au moins 80% du phosphore et 60% de l'azote total dans une phase solide des déjections qui aura une teneur en matière sèche de plus de 25%.

Hypothèse 2 : La séparation des fèces et de l'urine, leur extraction rapide et la réduction de la surface de contact entre l'air et les surfaces souillées (remplacement des lattes par une surface plane imperméable) réduiront les émissions d'odeur du bâtiment de l'ordre de 70%.

1.5 Objectifs de recherche

Le but global de ce projet consistait à développer un système de production porcine réduisant les émissions d'odeur à la source tout en facilitant la manutention du phosphore et de l'azote. Les objectifs spécifiques étaient les suivants :

- Développer un concept d'enclos remplaçant la partie lattée du parc par un CAC incliné pour séparer les fèces de l'urine sur le plancher et pour évacuer ces deux composantes de façon continue, tout en assurant le bien-être des porcs;
- Mesurer l'efficacité du CAC à isoler le phosphore et l'azote dans les phases liquide et solide des déjections, respectivement;
- Mesurer et comparer les émissions d'odeur et d'ammoniac de deux salles expérimentales, une équipée d'un système de CAC et l'autre d'un planché latté conventionnel où le lisier s'accumule à l'intérieur de la salle.

2 Expérimentation réalisée à l'IRDA

2.1 Matériel

2.1.1 Site expérimental

Le dispositif expérimental utilisé pour cette partie du projet était situé dans le bâtiment DC-102 de l'IRDA situé sur le site du Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD). Le bâtiment comprend deux salles expérimentales complètement indépendantes de même dimension, soient 3,7 m de largeur par 5,5 m de longueur. Ces salles sont hermétiques afin de prévenir l'échange d'air entre les différentes pièces. Le revêtement intérieur des chambres est fait de tôle d'acier.

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

2.1.2 Parcs expérimentaux

Dans chaque salle, un parc a été construit sur une plate-forme surélevée (figure 2). Chaque parc mesure 1,4 m de largeur par 3,6 m de longueur et peut loger huit porcs de 25 à 50 kg. La surface équivalente par porc y est d'environ 0,63 m² par porc.



Figure 2. Vue de l'intérieur du parc muni du CAC dans le laboratoire de l'IRDA.

La superficie du CAC correspond au tiers de la surface totale. La largeur de la courroie excède légèrement la dimension du parc pour permettre aux clôtures de l'enclos de cacher son rebord et de la protéger des porcs. Dans la salle témoin, des lattes conventionnelles en béton ont été utilisées pour construire le plancher de l'enclos (figure 3). Ces lattes représentent également le tiers de la surface.



Figure 3. Vue de l'intérieur du parc témoin utilisé à l'IRDA.

Le CAC ainsi que l'unité de lavage pour la salle traitement ont été conçus par un fournisseur d'équipement agricole du Québec (Valmétal, Saint-Germain de Grantham, QC). Le profil de la courroie a été soigneusement choisi pour faciliter le drainage de l'urine, tout en offrant une adhérence suffisante aux porcs. Un réservoir placé sous l'unité de lavage a permis de recueillir toutes les éclaboussures provenant du procédé de lavage (figure 4). Trois réservoirs en matière plastique ont donc été utilisés pour la salle avec le CAC : un réservoir pour recueillir l'urine, un autre pour les fèces et un dernier pour conserver l'eau de lavage. Les réservoirs ont été vidés de leur contenu à toutes les semaines à l'exception du réservoir d'eau de lavage qui fut conservé tout le long de chaque essai.



Figure 4. Vue de l'unité de lavage sous le CAC utilisé à l'IRDA.

Deux contrôleurs électroniques ont régulé l'opération des moteurs du CAC et de l'unité de lavage et leur activation a été contrôlée par un système d'acquisition de données. Enfin, la clôture à l'extrémité du parc a été équipée d'un mécanisme à contrepoids. Cette clôture pivotante permet d'éviter que les animaux demeurent coincés lors de l'opération du CAC.

2.1.3 Ambiance

Dans le bâtiment, l'air frais entre par un conduit central qui l'achemine jusqu'à un corridor de préchauffage. Un radiateur à eau chaude de 10 kW et une unité de climatisation conditionnent l'air avant son entrée dans les salles. Lors de l'expérimentation, ces deux équipements étaient régulés par des contrôleurs en marche/arrêt pour maintenir des consignes de 15°C pour le chauffage et de 18°C pour le refroidissement. Par la suite, l'air a été distribué uniformément dans les deux salles par deux conduits de ventilation. Un ventilateur de 0,3 m de diamètre à vitesse variable (Modèle VEN812448, Ziehl Fan Serie Z, Les Industries et Équipements Laliberté Ltée, Québec, Canada) a été installé dans chaque salle pour assurer une ventilation adéquate. Un contrôleur électronique (modèle RM-2V2S r-matic, Les Industries et Équipements Laliberté Ltée, Québec, Canada) a maintenu les conditions de température et de débit minimal recherchées.

2.1.4 Animaux

Afin d'éliminer les effets reliés au sexe et pour favoriser la propreté des parcs, seules des femelles avec un poids initial d'environ 25 kg ont été choisies pour réaliser les essais. Les animaux ont été répartis afin d'obtenir un poids moyen similaire dans chacune des chambres.

2.2 Méthodes

2.2.1 Dispositif expérimental et analyses statistiques

L'expérimentation s'est déroulée durant quatre essais successifs. Chaque essai a duré quatre semaines et comprenait une répétition de chacun des traitements. Les dates de début et de fin des essais sont énumérées au tableau 1. Chaque salle représentait une unité expérimentale (une salle avec les lattes, une salle avec le CAC). Le protocole expérimental comprenait donc deux traitements, répétés quatre fois.

Tableau 1. Dates importantes des quatre essais.

Date	Évènement
11 août 2005	Début de l'essai préliminaire
25 août 2005	Fin de l'essai préliminaire
1 ^{er} septembre 2005	Début premier essai
29 septembre 2005	Fin premier essai
6 octobre 2005	Début deuxième essai
3 novembre 2005	Fin deuxième essai
10 novembre 2005	Début troisième essai
8 décembre 2005	Fin troisième essai
12 janvier 2006	Début quatrième essai
8 février 2006	Fin quatrième essai

Une analyse de la variance avec des mesures répétées a été effectuée sur les données relatives au comportement animal en utilisant la procédure PROC GLM (General Linear Model) de SAS (SAS Institute Inc., 1998).

Une analyse de la variance avec la procédure PROC MIXED du logiciel SAS (SAS Institute Inc., 1998) a été utilisée pour évaluer les différences entre les traitements des variables pour les performances animales et le volume total des déjections. Le modèle comprenait la variable traitement en effet fixe et les différents essais en effets aléatoires. Dans ce cas, l'analyse a été effectuée sur les valeurs de l'élevage au complet et non sur les valeurs de chaque semaine.

Dans tous les cas, lors de l'analyse des résultats, une différence est significative quand la valeur de P est inférieure à 5% alors qu'une tendance est mentionnée dans le cas où la valeur de P se situe entre 5 et 10%.

2.2.2 Essai préliminaire

2.2.2.1 Objectif et déroulement général

Un essai préliminaire de six semaines a été complété de façon à évaluer le fonctionnement général de l'ensemble des équipements et à compléter l'ajustement du système de CAC. Différents essais ont été réalisés pour optimiser son efficacité de séparation, l'utilisation en eau, la fréquence et le temps d'opération. Le but de cet essai préliminaire visait également à apporter les correctifs au design expérimental.

2.2.2.2 Pente optimale du CAC

La partie bétonnée du plancher des parcs a été construite avec une pente de 5% et le CAC a été installé avec une pente de 10%. Au moment de la conception, ces pentes étaient considérées optimales afin d'offrir une bonne efficacité de séparation du lisier sans pour autant compromettre le confort et le bien-être des animaux.

Différentes mesures ont été effectuées de façon à obtenir une première évaluation de l'efficacité du système de séparation dans ces conditions. Cette évaluation s'est faite en versant une masse d'eau connue à différents endroits sur le CAC et en mesurant la quantité recueillie sous le convoyeur. Le rapport de la masse d'eau recueillie sur celle de l'eau versée constituait un indicateur de l'efficacité de drainage du convoyeur.

Initialement, il avait été planifié de mesurer l'efficacité de drainage de l'eau en fonction de la pente du convoyeur. Cependant, vu les résultats positifs obtenus avec une pente de 10%, seule cette configuration a été évaluée.

2.2.2.3 Conditions optimales d'opération du CAC

Considérant certains travaux préalablement réalisés au PSCI avec un CAC (Stewart *et al.*, 2004), le convoyeur devait être actionné une fois l'heure. Cependant, quelques mesures supplémentaires ont été prises afin de valider la fréquence d'opération du système. La masse de solide provenant de la séparation des déjections a été mesurée pendant trois jours consécutifs où le convoyeur a fonctionné toutes les 15, 30 et 60 minutes. Ces données ont ensuite été comparées afin de déterminer la fréquence optimale d'opération du CAC. De plus, des évaluations qualitatives de la propreté des parcs et de la vitesse linéaire de la courroie ont été effectuées.

2.2.3 Essais expérimentaux

2.2.3.1 Entraînement des porcs avec le CAC

Les trois premiers jours de chaque essai ont été consacrés à l'entraînement des porcs avec le système de CAC. Pour s'assurer que les porcs utilisaient la partie pleine du parc comme zone de repos et le CAC comme zone de défécation, certaines stratégies ont été utilisées pour les quelques jours précédant l'expérimentation. En effet, la courroie du CAC a été mouillée manuellement pour stimuler les porcs. Par contre, cette mesure fut arrêtée au début des mesures, dès que les réservoirs ont été vidangés.

2.2.3.2 Régie lumineuse, température et alimentation

L'éclairage des salles a fonctionné pendant des périodes de 12 heures par jour, soit de 7h00 à 19h00. Une trémie sèche à deux ouvertures et un bol économiseur d'eau ont été installés dans chaque parc. Les porcs ont été alimentés à volonté. La température de consigne de départ était de 22°C et elle a été diminuée progressivement pour atteindre 20°C en fin d'essai. La température dans le corridor de préchauffage était maintenue à 15°C.

2.2.3.3 Conditions d'opération du convoyeur

Le CAC et l'unité de lavage fonctionnaient pendant 3 minutes à toutes les 30 minutes. Pour assurer la sécurité des porcs, la vitesse d'avancement de la courroie était faible ($0,83 \text{ m min}^{-1}$).

2.2.3.4 Collecte des données

Poids des porcs et performances animales

Le poids des porcs a été mesuré au début et à la fin de chacun des essais. La quantité de moulée fournie ainsi que les refus ont également été mesurés tout au long de l'expérimentation. Par conséquent, le gain moyen quotidien des porcs, la prise alimentaire quotidienne ainsi que la conversion alimentaire ont pu être calculés pour chacun des essais.

Conditions d'ambiance

La température et l'humidité relative à l'intérieur de chaque salle ont été mesurées à l'aide de sondes électroniques (modèle CS500, Campbell Scientific, Edmonton, Canada). Les sondes utilisées ont été calibrées à l'aide d'un thermomètre au mercure (précision de $\pm 0,4^\circ\text{C}$) en prévision de la mesure de la température et en utilisant des solutions aqueuses saturées de sel pour la mesure de l'humidité relative (Greenspan, 1977). Les mesures de température et d'humidité relative ont été enregistrées toutes les 10 minutes par un système d'acquisition de données (modèle CR-21X, Campbell Scientific, Edmonton, Canada).

Comportement animal

Le comportement des porcs a été enregistré sur vidéo au cours de chacun des essais. Deux caméras (Panasonic WV-BP100) ont été placées au-dessus de chaque parc expérimental et des magnétoscopes (Panasonic AG-6124) ont permis d'enregistrer les bandes vidéos. Les séances d'enregistrement ont eu lieu deux fois par semaine et de façon continue durant 24 heures à chaque fois. Douze périodes de 30 minutes (toutes les deux heures) ont ensuite été visionnées afin de déterminer les impacts du traitement sur la posture des animaux (position couchée, assise ou debout) et leur position dans le parc à des intervalles de 2 minutes. Le visionnement a aussi permis de déterminer la fréquence des visites des animaux à l'abreuvoir et à la mangeoire ainsi que la fréquence des comportements agressifs et anormaux (batailles, morsures et mordillages d'oreilles ou de queues). Des lignes peintes sur le plancher des parcs ont permis de déterminer les zones où l'action des porcs se déroulait.

Quantité et composition des déjections

La masse totale de chacune des phases a été pesée sur une base hebdomadaire (phases solide et liquide pour le CAC et lisier pour le parc témoin). Un aspirateur d'atelier a été utilisé pour aspirer le lisier, l'urine et l'eau de lavage préalablement récoltés dans les réservoirs en matière plastique. Une balance de plancher (EA/EB 60EDE-1, Sartorius, Allemagne) a été utilisée pour mesurer la masse totale de chacune des phases.

Deux échantillons de lisier provenant du parc témoin, deux échantillons d'urine provenant du CAC et un échantillon de fèces provenant du CAC ont été récoltés et analysés chaque semaine. L'eau de lavage a été échantillonnée en duplicata à la fin de chacun des essais. Le tableau 2 présente les analyses effectuées sur les différentes phases.

Tableau 2. Analyses de laboratoire réalisées sur les différentes phases des déjections.

Phase	Paramètres
Lisier (Lattes)	pH, azote total, azote ammoniacal, phosphore minéral, matière sèche, cendres, rapport C/N, densité, éléments totaux (P, K, Ca, Mg, Al, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na)
Liquide (CAC)	pH, azote total, azote ammoniacal, phosphore minéral, matière sèche, cendres, densité, éléments totaux (P, K, Ca, Mg, Al, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na)
Solide (CAC)	pH, azote total, azote ammoniacal, phosphore minéral, matière sèche, cendres, rapport C/N, densité, éléments totaux (P, K, Ca, Mg, Al, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na)
Eau de lavage (CAC)	pH, azote total, azote ammoniacal, matière sèche, cendres, densité, éléments totaux (P, K, Ca, Mg, Al, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na)

De façon à mesurer l'impact du gaspillage d'eau sur les volumes de déjection, le volume d'eau utilisé dans chacun des parcs a aussi été mesuré. À cet effet, des compteurs d'eau ont été installés sur la conduite de chaque salle (modèle LR, Compteur Lecompte ltée, St-Hyacinthe, QC, Canada). Un compteur semblable a été utilisé pour mesurer l'utilisation en eau de l'unité de lavage.

2.2.3.5 Calcul de l'efficacité de séparation

Pour chacun des éléments qui composent les différentes phases des déjections (urine, solide ou eau de lavage), l'efficacité de séparation du CAC a été calculée à partir de l'équation 1.

$$ES_i = \left(\frac{M_f \times C_{if}}{M_f \times C_{if} + M_u \times C_{iu} + M_L \times C_{iL}} \right) \times 100 \quad [1]$$

Où :

ES_i : efficacité de séparation de l'élément i (%);

M_f : masse des fèces (kg);

C_{if} : concentration de l'élément i dans les fèces ($g\ kg^{-1}$);

M_u : masse de l'urine (kg);

C_{iu} : concentration de l'élément i dans l'urine ($g\ kg^{-1}$);

M_L : masse de la solution de lavage (kg);

C_{iL} : concentration de l'élément i dans la solution de lavage ($g\ kg^{-1}$).

2.3 Résultats et discussion

2.3.1 Essai préliminaire

Lorsqu'une masse d'eau de 300 ou 600 g était versée sur la courroie humide, entre 91 à 97% de l'eau était immédiatement recueillie dans le récipient. Considérant qu'une pente de 10% est déjà assez forte pour les porcs et puisque seulement une faible quantité d'eau demeurerait sur la courroie, cette pente de 10% du CAC a été conservée tout au long de l'expérimentation.

La masse des fèces isolées par le CAC a été comparée pendant trois jours consécutifs où la courroie était actionnée à toutes les 15, 30 et 60 minutes, respectivement. La plus grande quantité de solide ($4,67 \text{ kg jour}^{-1}$) a été recueillie lorsque le convoyeur fonctionnait à toutes les 30 minutes. Sur une base plus qualitative, il était clair qu'une fréquence d'opération de 1 heure était trop longue. Les porcs disposaient de trop de temps pour piétiner les fèces, risquant de diminuer l'efficacité de séparation du système. À l'opposé, le fait d'actionner le convoyeur à toutes les 15 minutes semblait augmenter la circulation des animaux dans l'enclos. Cette agitation engendrait un écrasement des fèces en plus de détériorer la propreté générale du parc (Stewart *et al.*, 2004). Par conséquent, pour tous les essais, le système de CAC a été actionné pendant 3 minutes à toutes les 30 minutes, à une vitesse linéaire de $0,83 \text{ m min}^{-1}$.

Quelques ajustements de tension ont été nécessaires au début de l'essai préliminaire pour stabiliser la position de la courroie sur les cylindres d'entraînement. Cependant, une fois que ces réglages furent effectués, aucun autre ajustement n'a été requis.

Pendant l'essai préliminaire, l'unité de lavage a utilisé une quantité excessive d'eau. Différentes composantes ont été ajoutées à l'unité de lavage pour réduire le transfert d'eau entre le réservoir d'eau de lavage et le réservoir d'urine (ex : un garde contre les éclaboussures, un balai d'essuyage et l'abaissement du niveau de l'eau de lavage dans l'unité).

2.3.2 Essais expérimentaux

2.3.2.1 Performances animales

En moyenne, les porcs ont eu d'excellents résultats de croissance et de conversion alimentaire (tableau 3). De plus, l'analyse statistique a révélé qu'il n'y a aucune différence significative entre les deux salles pour les valeurs de prise alimentaire quotidienne ($P=0,44$), de gain moyen quotidien ($P=0,88$) et de conversion alimentaire ($P=0,44$). La prise alimentaire quotidienne est passée de $1,60$ à $2,13 \text{ kg}_{\text{moulée}} \text{ jour}^{-1} \text{ porc}^{-1}$ dans la salle avec les lattes et de $1,57$ à $2,18 \text{ kg}_{\text{moulée}} \text{ jour}^{-1} \text{ porc}^{-1}$ dans la salle avec le CAC. Considérant les deux salles et les cinq essais (incluant l'essai préliminaire), le gain moyen quotidien a varié de $0,81$ à $1,00 \text{ kg}_{\text{porc}} \text{ jour}^{-1}$ et était équivalent pour les deux systèmes. La conversion alimentaire est aussi demeurée semblable pour la majorité des essais, sauf pour l'essai 1 où elle était 11% inférieure avec le CAC. De façon générale, le CAC n'a pas eu d'impact sur les performances des porcs.

Tableau 3. Performances zootechniques moyennes des porcs lors des différents essais réalisés à l'IRDA.

Essai	PAQ ¹ (kg _{moulée} jour ⁻¹ porc ⁻¹)		GMQ ¹ (kg _{porc} jour ⁻¹)		CA ¹ (kg _{moulée} kg _{porc} ⁻¹)	
	Lattes	CAC	Lattes	CAC	Lattes	CAC
Préliminaire	2,13	2,18	0,98	1,00	2,17	2,18
1	1,79	1,57	0,91	0,90	1,98	1,76
2	1,72	1,69	0,84	0,85	2,04	1,98
3	1,85	1,77	0,94	0,88	1,98	2,00
4	1,60	1,71	0,81	0,85	1,98	2,02

¹PAQ : prise alimentaire quotidienne; GMQ : gain moyen quotidien; CA : conversion alimentaire.

2.3.2.2 Conditions d'ambiance

Les valeurs de température se sont maintenues entre 17,9 et 21,4°C tout au long des différents essais. La figure 5 présente l'allure des courbes de température et d'humidité relative de l'air pour le premier élevage. Ces courbes démontrent bien que ces deux paramètres ont été comparables dans les deux salles au cours de cet élevage.

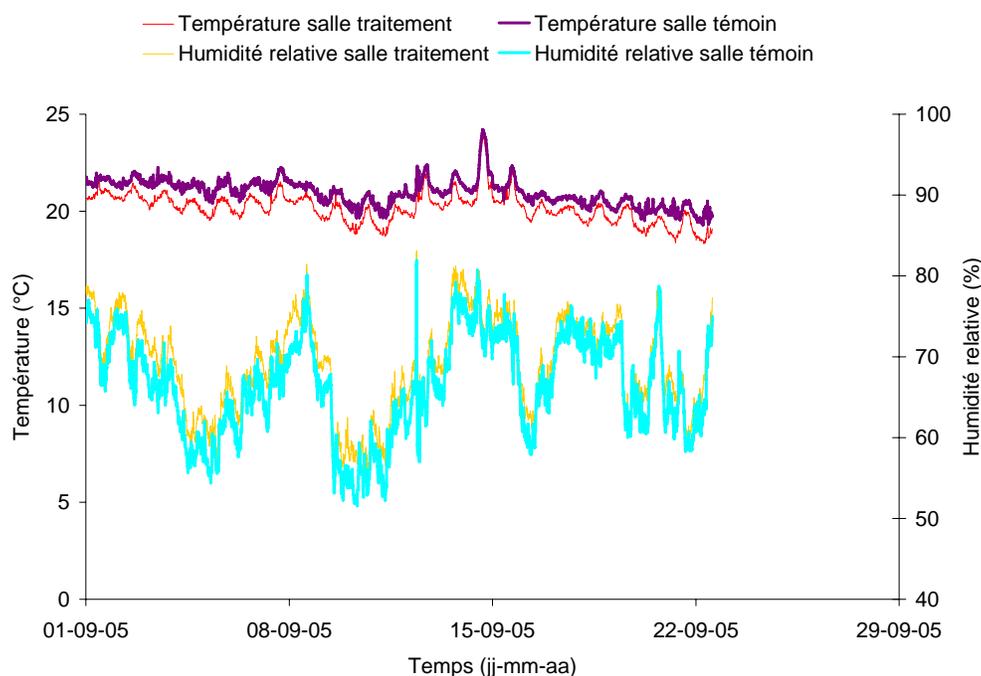


Figure 5. Conditions d'ambiance dans les deux salles lors de l'essai 1 réalisé à l'IRDA.

Les données de température et d'humidité relative pour les quatre essais réalisés à l'IRDA sont présentées au tableau 4. La différence entre les valeurs de température de la salle témoin et de celles de la salle munie du CAC a toujours été inférieure à 1°C alors que la différence pour l'humidité relative n'a pas excédé 4%. Les deux salles où les traitements ont été évalués présentaient donc des conditions d'ambiance similaires.

Tableau 4. Conditions d'ambiance moyennes lors des essais réalisés à l'IRDA.

Essai	Semaine	Température (°C)		Humidité relative (%)	
		Lattes	CAC	Lattes	CAC
1	1	21,4	20,5	65,8	68,9
	2	21,1	20,3	65,5	68,2
	3	20,5	19,8	68,0	69,9
	4	19,5	18,6	65,4	67,4
2	1	20,2	19,9	58,8	62,7
	2	20,6	20,7	52,9	54,9
	3	20,0	19,9	42,0	42,8
	4	19,6	19,6	41,0	42,0
3	1	20,6	19,0	35,4	36,1
	2	20,8	18,7	36,8	34,5
	3	20,4	18,7	37,9	34,0
	4	19,1	18,3	34,3	32,4
4	1	18,6	18,1	27,9	30,3
	2	18,5	17,9	29,8	29,0
	3	18,6	17,9	28,5	27,9
	4	18,8	18,0	31,7	32,7

2.3.2.3 Comportement animal

Les porcs logés dans l'enclos équipé du CAC se trouvaient plus souvent couchés dans l'aire de repos du parc (zone 2, voir figure 1) que les porcs logés dans l'enclos témoin. En général, ces porcs utilisaient moins l'aire de déjection (zone 3) pour se coucher que les porcs de l'enclos muni de lattes (tableau 5). Cette observation suggère que le CAC favorise la propreté du parc. En effet, lorsque certains animaux utilisent l'aire de déjection pour se coucher, le manque d'espace sur les lattes engendré par ce comportement encourage les autres porcs à uriner et à déféquer dans la partie avant et centrale du parc (ex. : zones 1 et 2 de la figure 1; Aarnink *et al.* 1996). La proportion des porcs qui ont utilisé l'aire de déjection pour se coucher a augmenté au cours des semaines dans les deux enclos. Cependant, cet effet de temps n'a pas été significatif. Le choix de la zone de repos et de l'aire de déjection est fortement influencé par le climat de la salle (Fraser, 1985), bien que la température ambiante des salles était relativement constante au cours de l'expérience.

Tableau 5. Posture des porcs en relation avec le traitement, la zone dans l'enclos et le temps lors des essais réalisés à l'IRDA.

Zone ¹	Semaine	Pourcentage des porcs adoptant une posture spécifique (%) ²					
		Assise ³		Couchée ⁴		Debout ⁵	
		Lattes	CAC	Lattes	CAC	Lattes	CAC
1	1	0,41	0,60	30,52	38,17	8,40	5,22
	2	0,97	0,76	33,61	33,59	8,27	6,62
	3	1,14	1,17	28,68	33,07	8,06	6,15
	4	0,64	1,78	22,20	33,27	5,71	5,86
2	1	0,60	0,57	35,21	47,41	2,90	2,31
	2	1,94	0,67	26,59	46,68	3,88	3,57
	3	0,90	1,11	27,20	46,71	3,86	3,96
	4	0,52	1,07	28,18	45,29	3,12	3,02
3	1	0,53	0,10	17,63	1,78	3,78	3,88
	2	1,01	0,38	18,03	3,82	5,70	3,90
	3	0,54	0,17	25,28	3,92	4,36	3,76
	4	1,64	0,40	34,39	5,96	3,60	3,34

¹ La zone 1 se situe au début du parc et comprend la mangeoire; la zone 2 constitue la partie centrale du parc; la zone 3 représente la zone de déjection (voir Fig. 1).

² Pourcentage des animaux observés dans chaque posture et pour chaque zone du parc. Les tests statistiques ont été faits séparément pour chaque zone.

³ Tendence pour effet traitement en zone 3 (P=0,09).

⁴ Effet significatif du traitement dans la zone 2 (P=0,04); tendance observée dans la zone 3 (P=0,08).

⁵ Tendence pour effet traitement en zone 1 (P=0,07).

Le type d'enclos n'a pas affecté la fréquence des activités d'alimentation et d'abreuvement (tableau 6), confirmant ainsi la validité des données de performance présentées au tableau 3. Cependant, une interaction significative entre le traitement et le temps a été observée au niveau de la fréquence de l'alimentation. Au début de l'expérience, les porcs de l'enclos avec le CAC ont visité la trémie moins souvent que les porcs logés dans l'enclos témoin, tandis que l'inverse était observé à la fin des essais. Pour le moment, il est difficile d'expliquer ces différences au niveau de la fréquence d'alimentation et l'éclaircissement de ce point nécessitera des analyses supplémentaires. On peut toutefois émettre l'hypothèse qu'il était plus difficile pour les porcs de circuler dans le parc muni d'une courroie et d'accéder ainsi à la mangeoire, étant donné la proportion plus élevée de porcs couchés en zone 2 et même en zone 1 (bien que l'effet traitement ne soit significatif qu'en zone 2).

Le comportement alimentaire a déjà été étudié en lien avec plusieurs facteurs tels que la taille du groupe (Gonyou *et al.*, 1992), le statut social (Gonyou et Lou, 2000) et la génétique (de Haer et de Vries, 1993), mais pas encore en fonction de la conception de l'enclos.

Dans cette étude, il n'y a pas eu d'effet de traitement sur les comportements indésirables des porcs. Bien qu'aucune mesure physiologique n'ait été prise, les résultats indiquent que le nouveau système de CAC ne constitue pas une source de stress ou d'inconfort pour les animaux.

Tableau 6. Comportement des porcs en fonction du traitement et du temps lors des essais réalisés à l'IRDA.

Semaine	Unité	Activités des porcs dans chaque salle ¹					
		Alimentation ²		Abreuvement		Comportement anormal ou agressif ³	
		Lattes	CAC	Lattes	CAC	Lattes	CAC
1	Nombre total (événements/salle)	116,3	66,3	62,25	42	21	18,5
	Moyenne par porc (événements/salle)	15	8	8	5	3	2
2	Nombre total (événements/salle)	96,75	80,8	57	57	10,25	19,5
	Moyenne par porc (événements/salle)	12	10	7	7	1	2
3	Nombre total (événements/salle)	97	82,5	50,25	44,3	10,75	9
	Moyenne par porc (événements/salle)	12	10	6	6	1	1
4	Nombre total (événements/salle)	62,5	89,8	37,5	44	11	12,3
	Moyenne par porc (événements/salle)	8	11	5	6	1	2

¹ Mesures calculées en visionnant une session d'enregistrement de 24 h par semaine où 12 périodes de 30 minutes ont été analysées.

² Interaction significative de la semaine et du traitement (P=0,04).

³ Inclut les batailles, les morsures et les mordillements de queues et d'oreilles.

2.3.2.4 Production totale de déjections

La masse totale des déjections produites dans les deux salles est présentée au tableau 7. La masse de lisier produite dans la salle témoin avec les lattes était très semblable d'un essai à l'autre. En moyenne, cette production de lisier correspond à une valeur de 2,42 L porc⁻¹ jour⁻¹, ce qui est typique pour des porcs de cette taille (ASAE, 2003).

Tableau 7. Masse totale des déjections pour les deux systèmes de gestion des déjections et pour les différents essais réalisés à l'IRDA.

Essai	Masse totale des déjections pour chaque phase (kg)							
	Lattes		CAC					
	Lisier	Gaspillage ¹	Urine	Fèces	Eau de lavage	Total	Gaspillage ¹	Transfert par la courroie ²
Prélim. ³	350,9	---	1047,3	58,7	283,9	1389,9	---	---
1	523,4	0	769,1	115,1	137,1	1021,3	225	136
2	602,4	33	893,8	121,3	226,5	1241,6	366	80
3	642,4	0	562,8	129,0	203,4	895,2	0	49
4	629,9	64	638,9	134,7	257,3	1030,9	173	34

¹ Le gaspillage d'eau a été calculé en soustrayant une consommation d'eau théorique équivalant à 2,5 fois la prise alimentaire quotidienne de la lecture des compteurs d'eau.

² Masse d'eau transportée du réservoir d'eau de lavage au réservoir d'urine par la courroie du convoyeur.

³ Les mesures de l'essai préliminaire ont été recueillies sur une période de deux semaines seulement.

Cependant, lorsque ces masses sont comparées à la somme des masses produites par le CAC, il existe une différence significative ($P=0,001$). Pour les essais 1 et 2, le système de CAC a produit approximativement deux fois plus de déjections totales que le système de plancher latté conventionnel. À elle seule, l'urine excédait de loin tout le lisier produit dans la salle témoin. Aucune raison ne justifie une telle augmentation de la production de lisier par le système de gestion des déjections. De plus, comme il est indiqué au tableau 6, l'abreuvement des porcs était semblable pour les deux systèmes et ne peut expliquer l'augmentation de la production d'urine pour le système de CAC.

Une analyse théorique a été complétée pour expliquer la grande quantité de liquide produite avec le système de CAC (incluant l'urine, le gaspillage d'eau à l'abreuvoir et le transfert de l'eau de lavage de l'unité au réservoir d'urine). Selon cette analyse, la consommation théorique d'eau journalière des porcs peut être estimée à 2,5 fois la prise alimentaire quotidienne. En soustrayant cette dernière estimation à la lecture des compteurs d'eau (tableau 8), il est possible de déterminer que le gaspillage en eau à l'abreuvoir dans la salle avec les lattes aurait été de 0 et 33 kg pour les essais 1 et 2, respectivement. Les valeurs correspondantes pour les mêmes essais et pour la salle du CAC auraient été de 225 et 366 kg. Par conséquent, il y avait un gaspillage important d'eau à l'abreuvoir dans la salle du CAC. Une inspection minutieuse de la conduite d'eau a révélé une fuite très fine mais continue à l'arrière de l'abreuvoir. Suite à cette analyse, cette fuite a été considérée comme étant la cause principale de la grande quantité de liquide mesurée dans le réservoir d'urine de la salle avec le CAC. Ce problème fut corrigé avant l'essai 3.

Tableau 8. Consommation en eau pour les deux systèmes de gestion des déjections et pour les différents essais réalisés à l'IRDA.

Essai	Utilisation en eau (L jour ⁻¹ porc ⁻¹)	
	Lattes	CAC
1	4,5	5,3
2	4,9	6,3
3	4,8	4,9
4	4,7	5,5

Pour le troisième essai, la masse d'urine dans la salle du convoyeur représentait 87,6% du lisier total de la salle témoin (562,8 kg comparativement à 642,4 kg). Théoriquement, il n'y a pas eu de gaspillage d'eau à l'abreuvoir dans les deux chambres. Le gaspillage d'eau est encore réapparu au dernier essai et une analyse plus poussée sera nécessaire pour expliquer ces résultats.

En moyenne, la masse des fèces isolées avec le CAC correspond à 20,9% de la masse totale du lisier produit dans la salle témoin. Si un producteur de porcs devait exporter du lisier sur une grande distance pour respecter les besoins en fertilisation de ses terres, cette phase solide riche en éléments nutritifs serait moins dispendieuse à transporter puisque le ratio élément fertilisant sur la masse est beaucoup plus faible que le lisier brut.

L'eau de lavage utilisée par ce premier prototype de CAC nécessiterait une augmentation des capacités d'entreposage. Pour que le principe de séparation soit viable à une échelle commerciale, la conception du système devra permettre son fonctionnement sans un important apport en eau.

2.3.2.5 Efficacité de séparation

Le système de CAC a été très efficace à isoler la majeure partie du phosphore dans une faible quantité de solide (tableau 9). Pour les essais 1 à 4, entre 76 et 81% du phosphore excrété par les porcs a été isolé dans la phase solide des déjections. Le système de CAC s'est donc comporté de façon similaire à d'autres systèmes de séparation étudiés précédemment (Marchal 2002, Belzile *et al.* 2005).

Tableau 9. Efficacité moyenne de séparation des différents éléments obtenus à l'aide du système de CAC utilisé à l'IRDA.

Essai	Phases	Efficacité de séparation (%)							
		Éléments							
		P	N	N-NH ₄	K	Cu	Fe	Mn	Zn
Préliminaire	Fèces	66,8	26,4	6,7	20,5	69,7	64,0	70,9	68,2
	Urine	15,1	61,1	86,6	69,8	10,7	13,9	9,0	12,1
	Eau de lavage	18,0	12,5	6,7	9,8	19,6	22,0	20,1	19,6
1	Fèces	75,7	44,9	14,1	31,7	76,5	66,2	77,1	67,9
	Urine	4,1	39,4	74,7	52,8	3,6	8,2	2,7	3,6
	Eau de lavage	20,3	15,7	11,2	15,6	19,9	25,6	20,2	28,6
2	Fèces	80,7	41,3	10,9	25,6	80,8	64,5	81,0	73,8
	Urine	4,0	45,9	78,6	58,8	3,6	10,6	2,7	3,9
	Eau de lavage	15,3	12,8	10,4	15,6	15,7	24,9	16,3	22,4
3	Fèces	81,4	41,3	10,2	27,4	83,4	77,4	84,3	76,7
	Urine	4,5	46,5	78,8	56,0	2,3	5,3	1,7	2,7
	Eau de lavage	14,1	12,1	11,0	16,6	14,3	17,3	14,1	20,7
4	Fèces	78,1	40,3	9,4	27,2	85,6	73,9	85,8	83,9
	Urine	9,7	47,9	78,6	57,1	2,1	8,8	1,7	2,9
	Eau de lavage	12,3	11,8	12,0	15,7	12,3	17,3	12,5	13,1

La teneur en phosphore de l'urine soutient également les observations faites par von Bernuth (2001) à l'effet que 6% du phosphore se retrouverait dans l'urine. Bien que le réservoir d'urine ait été légèrement contaminé par l'écoulement de la courroie, la quantité de phosphore retrouvée dans l'urine est demeurée entre 4,1 et 9,7% (tableau 9). L'eau de lavage a retenu de 12 à 20% du phosphore qui proviendrait des résidus laissés sur la courroie après l'action de déversement.

Les résultats des essais 1 à 4 indiquent que les fèces et l'urine avaient une teneur en azote total très semblable (de 40 à 45% pour les fèces et de 39 à 48% pour l'urine). Une plus grande proportion (de 75 à 79%) de l'azote ammoniacal se retrouve cependant dans l'urine comparativement à celle mesurée dans les fèces (9 à 14%). Puisque l'azote ammoniacal origine en grande partie de la dégradation de l'urée retrouvée dans l'urine, de tels résultats étaient prévisibles. L'urine s'est aussi retrouvée avec une plus grande concentration en potassium.

Les métaux tels que le cuivre, le fer, le manganèse et le zinc ont suivi la même tendance que le phosphore. Pour les quatre essais, entre 64 et 86% de ces éléments a été mesuré dans les fèces.

De façon générale, la teneur en nutriments de l'eau de lavage était assez faible. Cette eau était souillée, mais diverses stratégies devront être considérées pour réutiliser ou réduire la quantité d'eau de lavage requise par le système de CAC.

Le pourcentage de matière sèche des solides pour les différents essais était respectivement de 26,5, 29,2, 31,3 et de 30,1%. Les valeurs sont du même ordre de grandeur que celles obtenues dans la littérature (Marchal 2002, Dufour *et al.* 2005, Hamel *et al.* 2004).

De plus, lors de ces essais, le CAC a permis d'isoler approximativement 80% du phosphore dans une phase solide représentant seulement 20% de la masse d'un lisier brut produit sous un plancher latté.

L'analyse de la composition de chacune des phases recueillies tout au long des essais se trouve à l'annexe A.

3 Expérimentation réalisée au Prairie Swine Centre inc. (PSCI)

3.1 Matériel

3.1.1 Site expérimental

Le dispositif expérimental utilisé pour cette partie était situé à la station de recherche Floral du PSCI, à environ 10 km de Saskatoon, en Saskatchewan. La station comprend, entre autres, un grand bâtiment d'essai composé de plusieurs dizaines de chambres destinées à la recherche porcine. L'entrée du bâtiment comprend un système d'accès central muni de douches afin de maintenir un statut de biosécurité élevé.

À l'intérieur du bâtiment, deux chambres ont été utilisées pour réaliser les expérimentations (figure 6). Chacune des chambres présente des dimensions de 4,3 m x 3,7 m et possède des murs et un plafond recouverts de feuilles d'acier inoxydable afin d'éliminer l'émission de gaz par ces surfaces. Une salle de contrôle hébergeant les équipements d'acquisition de données est attenante aux deux chambres expérimentales.



Figure 6. Intérieur de l'une des salles expérimentales utilisées au PSCI.

3.1.2 Parcs expérimentaux

Dans chaque salle, un parc de 1,5 m de largeur par 3,2 m de longueur a été construit. Chaque parc, d'une superficie totale de 4,9 m², permet de loger huit porcs en croissance de 25 à 50 kg. La surface équivalente par porc est donc d'environ 0,6 m². La disposition des parcs est illustrée à la figure 7.

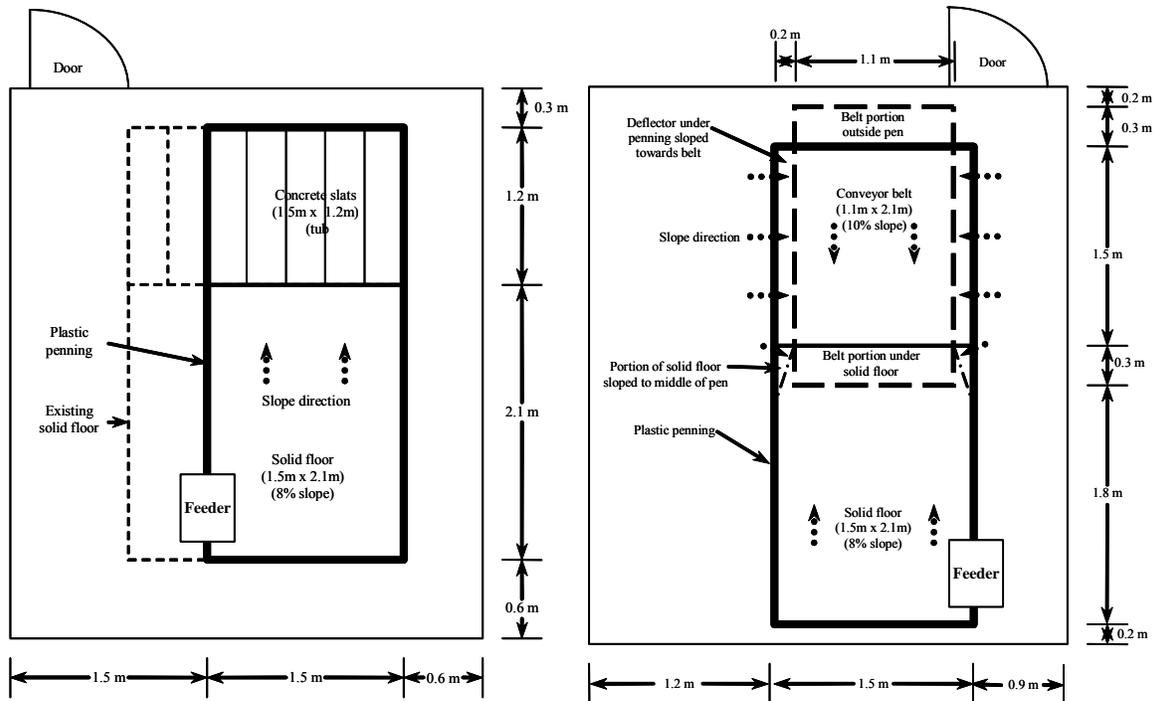


Figure 7. Illustration de la disposition des parcs dans les deux salles expérimentales utilisées au PSCI.

La superficie du CAC correspond au tiers de la surface totale. Cependant, puisque la largeur de la courroie utilisée est inférieure à la largeur du parc, l'installation de déflecteurs dans le bas du parc fut nécessaire (figure 8). Dans la salle témoin, des lattes conventionnelles en béton ont été utilisées pour construire le plancher de l'enclos et ces lattes représentaient également le tiers de la surface du plancher. Le CAC utilisé lors de l'expérimentation était déjà en place dans les chambres avant l'expérimentation. Cependant, la courroie a été remplacée par une courroie fournie par le même équipementier agricole qui a fabriqué le CAC utilisé au Québec afin d'uniformiser les deux montages expérimentaux.



Figure 8. Intérieur du parc muni du CAC utilisé au PSCI.

Des réservoirs en acier inoxydable ont été placés sous les enclos afin de récolter les différentes phases des déjections. Trois réservoirs ont été utilisés pour la salle avec le CAC; un pour l'urine, un pour le solide et le dernier pour l'eau de lavage. Pour l'enclos témoin, un seul réservoir était présent sous les lattes pour récolter le lisier. Ces réservoirs ont été vidés de leur contenu à toutes les semaines.

Des contrôleurs électroniques ont régulé l'opération des moteurs du CAC et de l'unité de lavage et leur activation a été contrôlée par un système d'acquisition de données.

3.1.3 Ambiance

Durant l'expérimentation, l'air acheminé aux chambres était nettoyé à l'aide d'une unité de filtration (Circul-Aire USA-H204-B, Dectron International, Roswell, GA, USA) pour éliminer les particules présentes (figure 9). L'air était ensuite acheminé vers deux conduits d'alimentation des chambres à l'aide d'une entrée d'air munie d'un actuateur. Une unité de chauffage de 2 kW (Thermolec, Montréal, QC, Canada) permettait de fournir la chaleur nécessaire aux deux chambres. Des ventilateurs (H18, Del-Air Systems Inc., Humboldt, SK, Canada) fonctionnant en pression négative ont été utilisés pour extraire l'air de chaque chambre vers l'extérieur du bâtiment. Afin d'évaluer les débits de ventilation, des iris (Continental Fan Manufacturing, Buffalo, N.Y., USA, précision $\pm 5\%$) créant une différence de pression pouvant être associée au débit de ventilation ont été placés dans les conduits d'extraction et ont été calibrés. Enfin, un contrôleur électronique (Del-Air Systems Inc., Humboldt, SK, Canada) permettait de maintenir les conditions de température et de débit minimum dans chacune des salles.



Figure 9. Système de filtration utilisé au PSCI.

3.1.4 Animaux

Pour chacun des essais, huit femelles en engraissement ont été utilisées. Le poids de départ était d'environ 25 kg et les porcs ont été répartis dans les deux chambres afin d'obtenir une variation maximale de poids de ± 2 kg. En suivant les procédures utilisées lors de la première partie du projet, les porcs ont été entraînés à utiliser le convoyeur ou les lattes pour déféquer et la partie solide pour se reposer.

3.2 Méthodes

3.2.1 Dispositif expérimental et analyses statistiques

Quatre essais d'une durée de quatre semaines chacun ont été complétés et les dates de début et de fin des essais sont énumérées au tableau 10. Chaque salle comprenait un des traitements et représentait une unité expérimentale (une salle avec les lattes, une salle avec le CAC). Tout comme pour la partie complétée à l'IRDA, le protocole expérimental comprenait donc deux traitements, répétés quatre fois.

Tableau 10. Dates importantes pour les différents essais réalisés au PSCI.

Date	Évènement
8 juin 2006	Début du premier essai
6 juillet 2006	Fin du premier essai
12 juillet 2006	Début du deuxième essai
9 Août 2006	Fin du deuxième essai
1 septembre 2006	Début du troisième essai
29 septembre 2006	Fin du troisième essai
6 octobre 2006	Début du quatrième essai
3 novembre 2006	Fin du quatrième essai

L'analyse statistique des valeurs de concentrations et d'émissions d'odeur et de gaz a été effectuée par analyse de covariance avec un modèle mixte. Selon les résultats provenant d'expériences précédentes, le poids des animaux aurait un effet sur les émissions gazeuses. Puisque le poids initial des groupes d'animaux était différent d'un élevage à l'autre, il a donc été utilisé comme co-variable dans le modèle afin de réduire la variabilité et d'obtenir des estimations plus précises. Le modèle initial d'analyse comprenait les effets fixes suivants : l'effet de traitement, l'effet de la semaine, l'interaction semaine \times traitement, la co-variable (poids initial du groupe d'animaux) et toutes les interactions entre la covariable et les effets fixes déjà mentionnés. Les blocs et l'interaction bloc \times traitement étaient les effets aléatoires du modèle. Puisque les observations faites à chaque semaine sur les mêmes sujets constituaient des mesures répétées, les corrélations entre ces observations ont dû être prises en compte. Dans un premier temps, le type de structure de matrice de covariance le mieux adapté pour ces observations a été déterminé, selon les critères exposés dans Littell *et al.* (1996). Ensuite, lorsque l'utilisation de la co-variable n'était pas requise, elle était éliminée du modèle. En fait, les termes d'interaction impliquant la co-variable étaient retirés un à un du modèle, suivant la méthode présentée par Milliken et Johnson (2002). Enfin, dans les cas où la co-variable n'était pas significative, elle était éliminée du modèle. La procédure PROC MIXED du logiciel SAS a permis de réaliser ces analyses.

Une analyse de la variance avec la procédure PROC MIXED du logiciel SAS a été utilisée pour évaluer les différences entre les traitements pour les variables indiquant les performances animales et le volume total des déjections. Le modèle comprenait la variable traitement en effet fixe et les différents essais en effet aléatoire. Dans ce cas, l'analyse a été effectuée sur les valeurs de l'élevage au complet et non sur les valeurs de chaque semaine.

Dans tous les cas, lors de l'analyse des résultats, une différence est significative quand la valeur de P est inférieure à 5%, alors qu'une tendance est présente lorsque la valeur de P se situait entre 5 et 10%.

3.2.2 Entraînement des porcs avec le CAC

Au début de chacun des essais, les animaux ont été habitués à leur environnement pendant quatre à cinq jours avant le début officiel de l'expérimentation. Ces quelques jours ont permis aux porcs de s'acclimater à leur nouvel environnement et d'apprendre à utiliser correctement la zone

de déjection. Cette période a également permis de vérifier le bon fonctionnement des différents équipements.

3.2.3 Température et alimentation

Au début des essais, la température intérieure a été maintenue à 21°C et a ensuite été diminuée progressivement à 19°C lors de la dernière semaine. La moulée était disponible aux animaux dans une trémie commerciale fixée sur la partie solide de l'enclos alors qu'un bol placé au-dessus des lattes ou du CAC assurait l'approvisionnement en eau des porcs. L'emplacement de ces éléments encourageait les porcs à faire leurs déjections sur la partie lattée ou sur le CAC.

3.2.4 Conditions d'opération du convoyeur

Le CAC et l'unité de lavage ont fonctionné selon la même fréquence que lors de la première partie de façon à évaluer le système dans les mêmes conditions. Le CAC et l'unité de lavage ont donc fonctionné pendant 3 minutes à toutes les 30 minutes, à une vitesse linéaire d'avancement de 0,83 m min⁻¹.

3.2.5 Collecte des données

3.2.5.1 Poids des porcs et performances animales

La consommation journalière des animaux a été mesurée en pesant la quantité de moulée distribuée aux animaux à tous les jours ainsi que les refus à la fin de l'expérience. Le gain moyen quotidien a été évalué en pesant les porcs au début et à la fin de tous les essais. La conversion alimentaire a ensuite pu être évaluée à partir des deux premiers paramètres.

3.2.5.2 Conditions d'ambiance

Les paramètres illustrant les conditions d'ambiance ont été mesurés à toutes les 10 minutes (moyenne de la période) dans chaque chambre. La température de l'air a été mesurée à l'aide d'un thermocouple (type T, précision de $\pm 0,5$ °C). La lecture de la température a été vérifiée au début de chacun des essais et périodiquement par la suite. L'équipement utilisé pour la vérification était un thermomètre en verre conçu spécifiquement pour la calibration. L'humidité relative, quant à elle, a été mesurée à l'aide d'une sonde électronique (Rotronic, modèle M1). Les valeurs lues ont été vérifiées périodiquement à l'aide d'un psychromètre.

Les débits de ventilation ont été calculés à l'aide de la différence de pression statique mesurée aux bornes d'un orifice (Iris Damper, Continental fan manufacturer inc.). Cette différence de pression statique a été lue à l'aide d'un capteur électronique (Setra Systems In., Plainville, CT). La lecture de pression statique a ensuite été convertie en débit d'air.

Enfin, les données de température, d'humidité relative et de débit de ventilation ont été enregistrées par un appareil d'acquisition de données (DataTaker, modèle 505, Cherterland, Ohio).

3.2.5.3 Quantité et composition des déjections et efficacité de séparation

Les différentes fractions de lisier séparé (urine, solide, eau de lavage) provenant de la salle traitement et le lisier provenant de la salle témoin ont été mesurés à la 7^e journée de toutes les semaines de chacun des essais. Les analyses de lisier ont été réalisées à partir d'un échantillon composite de 1 L provenant de chacune des fractions lors de la pesée hebdomadaire. Cependant, pour l'eau de lavage, l'analyse de la composition se faisait pour la période de quatre semaines. Les analyses chimiques effectuées étaient identiques à celles menées lors de l'expérimentation à l'IRDA (tableau 2).

L'utilisation en eau a été mesurée à l'aide de compteurs d'eau placés directement sur la ligne d'alimentation des abreuvoirs et aussi sur celle de l'alimentation de l'unité de lavage.

Enfin, l'efficacité de séparation a été calculée en utilisant l'équation 1.

3.2.6 Caractérisation du solide résultant de la séparation à l'aide du CAC

La mesure de la masse volumique des échantillons a été effectuée selon la procédure décrite par Glancy et Hoffman (1996), soit en déposant le solide dans des contenants (12 L) en évitant toute compaction. Un appareil de pesée composé d'une plateforme et de deux cellules de charge (2224-N, Interface, Scottsdale, AZ) et un équipement d'acquisition de données ont permis de faire les mesures. Ces équipements ont été calibrés à l'aide d'un appareil universel de calibration (Modèle 1011, Instron Corporation, Canton, MA). La masse volumique est calculée en utilisant l'équation 2.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [2]$$

Où :

ρ : masse volumique (kg m^{-3});
 m : masse de l'échantillon (kg);
 V : volume du contenant (m^3).

Les mesures de la friction du solide sur différentes surfaces ont été effectuées à l'aide d'un plan incliné (Mohsenin, 1986). Une surface de plastique (PVC) et une surface d'acier ont été choisies pour l'expérimentation. Un plan incliné permettant un changement de l'angle d'inclinaison à vitesse angulaire constante (environ 0,007 rad/s) a été utilisé. Les échantillons ont été placés à l'intérieur d'un anneau de fibre de verre ayant un diamètre de 300 mm et une hauteur de 30 mm. Lorsque l'inclinaison de la surface est suffisante pour que l'anneau contenant le solide se déplace, la limite de l'état statique est atteinte. Le poids de l'anneau et de son contenu doit alors être décomposé en deux forces; une parallèle au plan (force de friction) et une perpendiculaire au plan (force de même magnitude que la force normale). Le calcul du coefficient se fait à partir du ratio de ces deux forces et est décrit à l'équation 3.

$$\mu_s = \frac{F_{\text{MAX}}}{N} = \frac{P \sin \theta}{P \cos \theta} \quad [3]$$

Où :

- μ_s : coefficient de friction (s.u.);
 F_{MAX} : force parallèle au plan qui est requise pour déplacer l'objet (N);
 N : force normale (N);
 P : poids (N);
 θ : angle d'inclinaison du plan.

3.2.7 Concentrations gazeuses

Les concentrations gazeuses ont été mesurées à l'aide d'un analyseur d'ammoniac (Model Chillgard RT, MSA Canada, Edmonton, AB, précision de ± 2 ppm) et d'un analyseur de dioxyde de carbone (Model Guardian Plus, Topac, Hingham, MA, précision de ± 60 ppm). Les mesures ont été réalisées à toutes les 60 minutes tout au long de l'expérimentation. L'air provenant de la chambre a été prélevé pendant une période de 10 minutes et l'analyse a été effectuée sur les 3 dernières minutes du prélèvement. Les mesures ont été effectuées à partir d'une ponction d'air tout près de l'entrée d'air et également à proximité des ventilateurs d'extraction.

3.2.8 Concentrations en odeur

Des échantillons d'odeur ont été récoltés tout près des ventilateurs d'extraction à l'aide de sacs de Tedlar de 17 L et d'un poumon à pression négative lors de la 7^e journée de chaque semaine de chaque essai. Les échantillons ont été récoltés à trois reprises lors de la journée d'échantillonnage et ont ensuite été acheminés au laboratoire d'olfactométrie dynamique de l'University of Alberta au cours de la même journée. Un échantillon provenant de l'entrée d'air a également été analysé afin de comparer la concentration en odeur entrant dans la chambre. Les analyses ont été effectuées dans les 24 heures suivant la ponction et les échantillons ont été analysés sur la base du standard européen (AFNOR, 2003).

Le caractère hédonique, quant à lui, a été mesuré sur une échelle de 1 (extrêmement déplaisant) à 9 (extrêmement plaisant).

3.2.9 Calcul des émissions de gaz et d'odeur

Les émissions gazeuses provenant des salles ont été calculées en utilisant l'équation 4.

$$E_{\text{gaz}} = \frac{(C_{\text{sortie}} - C_{\text{entrée}}) * Q * \frac{P_{\text{atm}} - P_v}{287 * T} * \frac{M_{\text{gaz}}}{M_{\text{air}}}}{m_{\text{pores}}} \quad [4]$$

Où :

- E_{gaz} : émission gazeuse ($\text{mg min}^{-1} \text{kg}_{\text{porc}}^{-1}$);
 C_{sortie} : concentration en gaz à la sortie de la salle;
 $C_{\text{entrée}}$: concentration en gaz à l'entrée de la salle;
 Q : débit du système de ventilation ($\text{m}^3 \text{min}^{-1}$);

P_{atm} : pression atmosphérique (Pa);
 P_v : pression de vapeur;
 T : température (K);
 M_{gaz} : masse molaire du gaz;
 M_{air} : masse molaire de l'air;
 m_{porcs} : masse des porcs présents dans la salle (kg).

Dans le cas des valeurs d'émission d'odeur, l'équation utilisée était la suivante :

$$E_{odeur} = \frac{C_{odeur} * Q}{m_{porcs}} \quad [5]$$

Où :

E_{odeur} : émission d'odeur (U.O. $\text{min}^{-1} \text{kg}_{porc}^{-1}$);
 C_{odeur} : concentration en odeur de l'air échantillonné (U.O. m^{-3});
 Q : débit du système de ventilation ($\text{m}^3 \text{min}^{-1}$);
 m_{porcs} : masse des porcs présents dans la salle (kg).

Par contre, pour les fins de l'analyse statistique, une transformation logarithmique de la concentration en odeur doit être effectuée. L'équation 5 devient alors l'équation 6.

$$E_{odeur} = \frac{\log(C_{odeur}) * Q}{m_{porcs}} \quad [6]$$

Les valeurs présentées dans le rapport ne sont donc pas transformées et proviennent de l'équation 5.

3.3 Résultats et discussion

3.3.1 Performances animales

Les performances des animaux lors des quatre essais sont présentées au tableau 11. Au cours de la deuxième semaine du premier essai, un des porcs de la salle traitement a dû être retiré suite à une blessure. Un des porcs de la salle témoin a alors été retiré de la salle témoin pour équilibrer le poids des deux salles. Les performances zootechniques retrouvées selon les différents essais sont similaires pour les deux traitements et aucune différence significative n'a été mesurée entre les deux traitements pour les valeurs de prise alimentaire quotidienne ($P=0,35$), gain moyen quotidien ($P=0,34$) et conversion alimentaire ($P=0,61$). Cela indique que le CAC n'a pas eu d'impact sur les performances des animaux.

Tableau 11. Performances zootechniques moyennes des porcs lors des différents essais réalisés au PSCI.

Essai	PAQ ¹ (kg _{moulée} jour ⁻¹ porc ⁻¹)		GMQ ¹ (kg _{porc} jour ⁻¹)		CA ¹ (kg _{moulée} kg _{porc} ⁻¹)	
	Lattes	CAC	Lattes	CAC	Lattes	CAC
1	1,90	1,89	0,88	0,79	2,15	2,39
2	2,26	2,29	0,83	0,86	2,73	2,68
3	1,66	1,55	0,82	0,75	2,02	2,06
4	1,37	1,33	0,64	0,64	2,14	2,07

¹PAQ : prise alimentaire quotidienne; GMQ : gain moyen quotidien; CA : conversion alimentaire.

3.3.2 Conditions d'ambiance

Le tableau 12 résume les conditions de température et d'humidité relative retrouvées tout au long des quatre essais. L'analyse des données démontre que les deux chambres ont été maintenues à des conditions similaires. La différence moyenne de température entre les deux chambres n'a pas dépassé 1,5°C tandis que celle pour l'humidité relative est demeurée sous les 3%.

Tableau 12. Conditions moyennes d'ambiance lors des différents essais réalisés au PSCI.

Essai	Semaine	Température (°C)		Humidité relative (%)	
		Lattes	CAC	Lattes	CAC
1	1	23,9	23,3	58,0	63,6
	2	23,4	23,4	68,5	71,8
	3	23,8	23,9	61,3	63,4
	4	25,7	24,7	60,4	61,8
2	1	22,2	21,0	62,1	64,2
	2	23,0	22,1	63,1	63,7
	3	22,6	21,7	63,8	64,2
	4	22,9	22,0	59,3	59,8
3	1	22,3	21,1	48,4	50,3
	2	22,3	20,7	47,8	50,2
	3	22,1	20,4	52,8	56,4
	4	21,8	20,4	47,4	51,2
4	1	21,1	20,9	45,0	46,1
	2	20,9	20,3	33,5	35,2
	3	20,8	20,7	29,2	31,5
	4	-	-	26,2	30,0

Les débits moyens de ventilation étaient similaires dans la salle témoin et la salle traitement (tableau 13). En effet, la plus grande différence entre les débits de ventilation de chacune des salles a été de 9%. Cependant, un certain nombre de points présentant des valeurs erronées ont dû être retirés avant le calcul des moyennes. Ces nombres erronés étaient dus à une erreur de lecture du capteur de débit et un correctif a été apporté lors de la 4^e semaine du premier essai.

Tableau 13. Débits moyens de ventilation dans les salles expérimentales tout au long des différents essais réalisés au PSCI.

Essai	Semaine	Débit de ventilation ($\text{m}^3 \text{min}^{-1}$)	
		Lattes	CAC
1	1	10,8	9,6
	2	11,3	10,4
	3	11,2	10,7
	4	14,5	14,6
2	1	17,3	20,9
	2	20,5	21,3
	3	20,0	21,6
	4	19,4	20,7
3	1	16,8	17,3
	2	17,6	17,6
	3	15,4	14,5
	4	12,4	9,8
4	1	12,4	11,3
	2	12,0	12,0
	3	12,4	12,0
	4	12,2	12,1

3.3.3 Production totale de déjections

La production des différentes fractions des déjections se trouve au tableau 14. La combinaison des fractions liquide et solide dans la salle traitement donne une masse significativement supérieure ($P=0,003$) à la valeur de lisier produite dans la salle témoin. De plus, lors de certaines semaines, la masse de l'urine récoltée dans la salle munie du CAC dépassait à elle seule celle du lisier dans la salle témoin.

Tableau 14. Masse totale des déjections pour les deux systèmes de gestion des déjections pour les différents essais réalisés au PSCI.

Essai	Masse totale des déjections pour chaque phase (kg)							
	Lattes				CAC			
	Lisier	Gaspillage ¹	Urine	Fèces	Eau de lavage	Total	Gaspillage ¹	Transfert par la courroie ²
1	231,3	0	286,5	82,5	152,0	521,0	0	137,7
2	247,7	0	246,9	60,5	138,0	445,4	0	59,7
3	317,8	0	256,2	66,4	152,5	475,1	0	4,8
4	244,3	0	250,0	94,3	140,0	484,3	0	100,05

¹ Le gaspillage d'eau a été calculé en soustrayant une consommation d'eau théorique équivalant à 2,5 fois la prise alimentaire quotidienne de la lecture des compteurs d'eau.

² Masse d'eau transportée du réservoir d'eau de lavage au réservoir d'urine par la courroie du convoyeur.

Deux causes possibles peuvent expliquer l'augmentation de la masse totale provenant du parc traitement : le gaspillage de l'eau d'abreuvement vers le bac d'urine ou encore le transfert de l'eau de lavage par la brosse vers le bac d'urine. Cependant, lors des différents essais, la

consommation en eau à partir de l'abreuvoir dans la salle témoin était égale ou légèrement plus élevée que celle calculée pour la salle avec le CAC (tableau 15). Il est donc peu probable que le volume en excès dans la salle du CAC provienne d'un gaspillage d'eau à l'abreuvoir et que cette eau ait pu alimenter le bac d'urine. La production supérieure de la masse totale proviendrait, selon toute vraisemblance, du transfert de l'eau de lavage vers le bac d'urine. Lors du premier essai, la quantité initiale d'eau dans le bac d'eau de lavage était de 170 L et environ 40 L par jour ont dû être ajoutés pour combler la perte en eau découlant de l'utilisation de la brosse. Des ajustements ont été apportés au système, permettant de réduire la consommation en eau de l'unité de lavage à environ 10 L par jour dans la dernière portion du premier essai. Cependant, il semble qu'il y ait encore eu transfert d'un important volume d'eau de lavage par la suite. Cet aspect du convoyeur devra être raffiné afin de diminuer la consommation en eau du système.

Tableau 15. Consommation en eau pour les deux systèmes de gestion des déjections pour les différents essais réalisés au PSCI.

Essai	Utilisation en eau (L jour ⁻¹ porc ⁻¹)	
	Lattes	CAC
1	2,81	3,14
2	3,21	3,04
3	3,68	2,77
4	2,06	2,03

3.3.4 Efficacité de séparation

L'efficacité de séparation du CAC apparaît au tableau 16. Selon les résultats obtenus, les essais 1 et 4 indiquent une très bonne efficacité de séparation du phosphore tandis que lors des essais 2 et 3, le CAC n'a pas aussi bien performé. En effet, des valeurs de 53,1 et 52,6% ont été obtenues pour ces essais. Ces valeurs sont de beaucoup inférieures aux résultats obtenus précédemment. Cependant, la proportion des éléments dans l'urine est la même que lors des essais 1 et 4. Cela signifie qu'un transfert des éléments s'est fait du bac de solide vers le bac d'eau de lavage. Les solides collés à la courroie et ensuite décollés par la brosse de lavage seraient peut-être à l'origine de ce transfert et de l'augmentation de la charge en éléments de l'eau de lavage.

Tableau 16. Efficacité moyenne de séparation des différents éléments obtenus à l'aide du système de CAC utilisé au PSCI.

Essai	Phases	Efficacité de séparation (%)							
		Éléments							
		P	N	N-NH ₄	K	Cu	Fe	Mn	Zn
1	Fèces	89,2	39,7	11,5	34,4	85,3	41,6	89,5	88,0
	Urine	4,0	47,2	74,0	40,0	3,7	34,9	2,5	3,9
	Eau de lavage	6,7	13,1	14,6	25,6	11,0	23,6	8,0	8,0
2	Fèces	53,1	28,3	9,1	18,1	58,3	29,2	60,1	60,1
	Urine	4,9	39,5	65,6	40,6	3,0	32,8	2,5	2,8
	Eau de lavage	42,0	32,2	25,3	41,3	38,7	38,1	37,5	37,2
3	Fèces	52,6	35,3	18,1	32,6	55,0	24,0	53,2	51,2
	Urine	5,0	41,0	66,0	50,3	4,8	28,6	3,8	3,6
	Eau de lavage	42,4	23,8	16,0	17,0	40,1	47,4	43,0	45,2
4	Fèces	90,6	54,8	21,3	49,6	90,9	39,4	87,5	88,5
	Urine	1,0	39,0	74,4	45,2	2,2	17,9	1,8	1,6
	Eau de lavage	8,4	6,2	4,3	5,2	6,9	42,8	10,7	9,9

Lors du premier et du quatrième essai, 89,2 et 90,6% du phosphore a été isolé dans les fèces. Ces efficacités correspondent à celles retrouvées dans la littérature pour un lisier séparé à la source (Marchal 2002, Belzile *et al.* 2005, Hamel *et al.* 2004). Cependant, les données indiquent que la proportion du phosphore dans l'urine serait de 1 à 4%. Ces valeurs semblent faibles par rapport aux observations de von Bernuth (2001). Ceci pourrait être dû à une erreur lors de l'échantillonnage de l'urine découlant d'un mauvais mélange de l'urine avant son échantillonnage. La portion restante du phosphore qui se trouve dans l'eau de lavage serait donc associée aux excréments lavés sur la courroie.

Toujours lors des essais 1 et 4, les autres éléments ont été séparés selon les prévisions. En effet, l'azote se trouve en proportions semblables dans les fèces et l'urine (39,7 et 54,8% pour les fèces et 47,2 et 39,0% dans l'urine). L'azote ammoniacal se retrouve en plus grande proportion dans l'urine (74,0 et 74,4%) puisqu'il provient de la dégradation de l'urée initialement présente. Le potassium est en proportion similaire dans l'urine et le solide.

L'efficacité de séparation des métaux, sauf pour le fer, a suivi la même tendance que celle du phosphore avec des efficacités de séparation dépassant les 85% à certaines occasions. Dans le cas du fer, l'efficacité de séparation est plus faible et une proportion assez élevée de cet élément se retrouve dans l'eau de lavage. Aucune cause ne peut actuellement expliquer ce phénomène.

Le pourcentage de matière sèche des solides pour les différents essais était respectivement de 29,9, 35,6, 32,6 et de 33,3%. Les valeurs sont du même ordre de grandeur que celles obtenues par différents auteurs (Marchal 2002, Dufour *et al.* 2005, Hamel *et al.* 2004).

Selon les résultats des essais 1 et 4, l'efficacité de séparation du CAC pour le phosphore serait d'environ 90% concentré dans 20% de la masse totale du lisier produit dans la salle témoin. Ces valeurs sont comparables à celles de la première partie réalisée à l'IRDA. Dans le cas des essais

1 et 4 seulement, l'efficacité de séparation des différents éléments est même légèrement supérieure à celle obtenue dans la partie du projet mené à l'IRDA.

L'analyse de la composition de chacune des phases recueillies tout au long des essais se trouve à l'annexe A.

3.3.5 Caractérisation du solide résultant de la séparation à l'aide du CAC

La partie solide accumulée dans la salle munie du CAC a été récoltée hebdomadairement et les propriétés physiques de cette phase ont été caractérisées (tableau 17). L'information découlant des propriétés physiques de la phase solide est utile dans le contexte de manutention et de transport de cette phase. La masse volumique du solide produit par la séparation varie entre 700 (contenu en solide de 45%) à près de 1100 kg m⁻³ (contenu en solide de moins de 30%). Landry *et al.* (2004) ont mesuré la masse volumique de larges échantillons provenant de fumier de porcs et les valeurs obtenues ont varié entre 550 et 1140 kg m⁻³ (contenu en solide de 30 et 50%). Les auteurs ont également développé une équation afin de prédire la masse volumique du solide de lisier de porcs à l'aide du contenu en solide du fumier. L'application de cette équation avec les valeurs de contenu en solide du présent projet a engendré des prédictions supérieures aux valeurs réelles de masse volumique obtenues lors de l'analyse.

Tableau 17. Caractérisation de la phase solide résultant de la séparation à l'aide du CAC utilisé au PSCI.

Semaine d'entreposage	Répétition	Masse volumique	Coefficient de friction, sur plastique	Coefficient de friction, sur acier	Humidité
		kg m ⁻³	μ	μ	%, b.h.
1	A	681,1	0,59	0,77	54,5
	B	728,8	0,84	0,81	67,4
2	A	760,0	0,58	0,79	63,7
	B	752,8	0,92	0,76	66,1
3	A	748,7	0,66	0,81	65,3
	B	738,9	0,93	0,80	67,3
4	A	740,0	0,71	0,79	58,5
	B	877,8	1,04	0,95	66,9
5	A	648,2	0,72	0,80	68,7
	B	880,0	1,40	0,89	67,3
6	A	1088,9	0,70	0,81	72,4
	B	955,6	1,57	0,92	66,6
7	A	989,5	0,72	0,82	73,4
	B	1000,0	1,20	0,97	61,3
8	A	-	-	-	-
	B	1080,6	1,04	0,93	69,9

Les coefficients de friction statique obtenus sur des surfaces de plastique et d'acier varient entre 0,50 et 1,60. Dans leur étude, Landry *et al.* (2004) ont observé des coefficients de friction de l'ordre de 0,80 à 1,00 pour un fumier de porcs ayant un contenu en solide variant entre 30 et 50%. À l'exception de quelques échantillons présentant de très hautes valeurs en solide, la

plupart des coefficients de friction obtenus dans le présent projet sont plus faibles que les valeurs prédites par l'équation développée par Landry *et al.* (2004).

En résumé, il apparaît que les caractéristiques physiques du solide résultant de la séparation à l'aide du CAC sont similaires à celles d'un fumier de porcs. Les équipements de transport et d'application au champ utilisés pour le fumier de porcs pourraient donc également être utilisés pour transporter et épandre le solide de lisier de porcs obtenu dans le présent projet.

3.3.6 Concentrations en gaz

L'allure de la courbe de concentration en NH_3 en fonction du temps lors du premier essai est présentée à la figure 10. La concentration à l'entrée des salles est plus élevée que celle prévue (de 4 à 8 ppm). Des valeurs aussi élevées avaient déjà été observées lors de projets antérieurs réalisés avec les mêmes salles et des correctifs avaient été apportés relativement à l'approvisionnement en air des salles (installation de cheminées pour éviter la contamination provenant des autres salles en production dans le même bâtiment). Cependant, ces correctifs ne semblent pas avoir permis de réduire la concentration en NH_3 à l'entrée des salles.

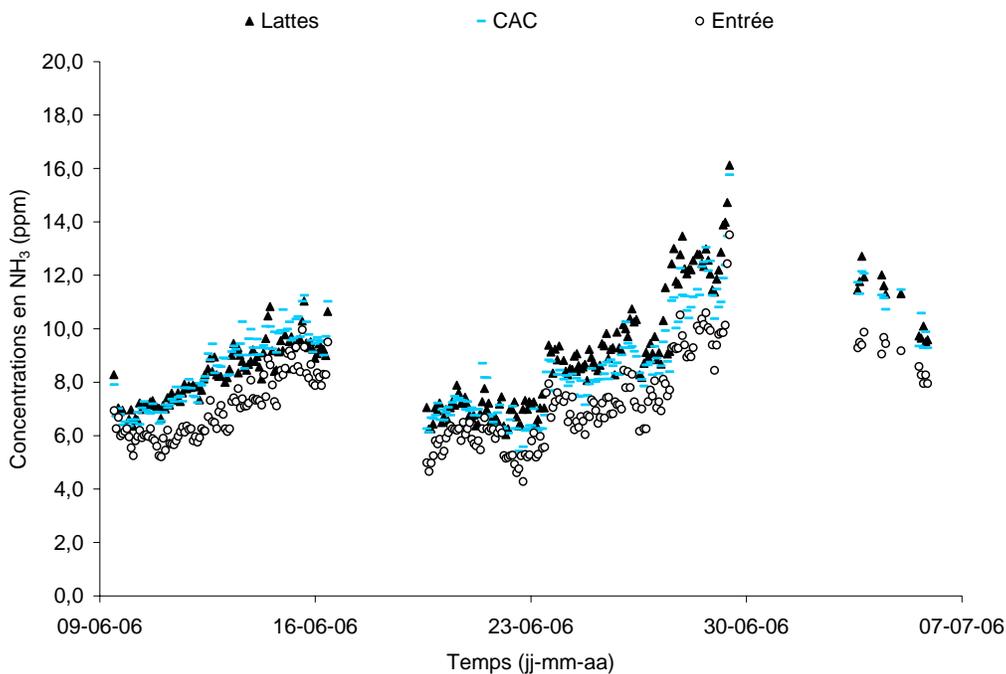


Figure 10. Concentrations en NH_3 des salles lors de l'essai 1 réalisé au PSCI.

La courbe de la concentration en CO₂ pour l'essai 1 est présentée à la figure 11.

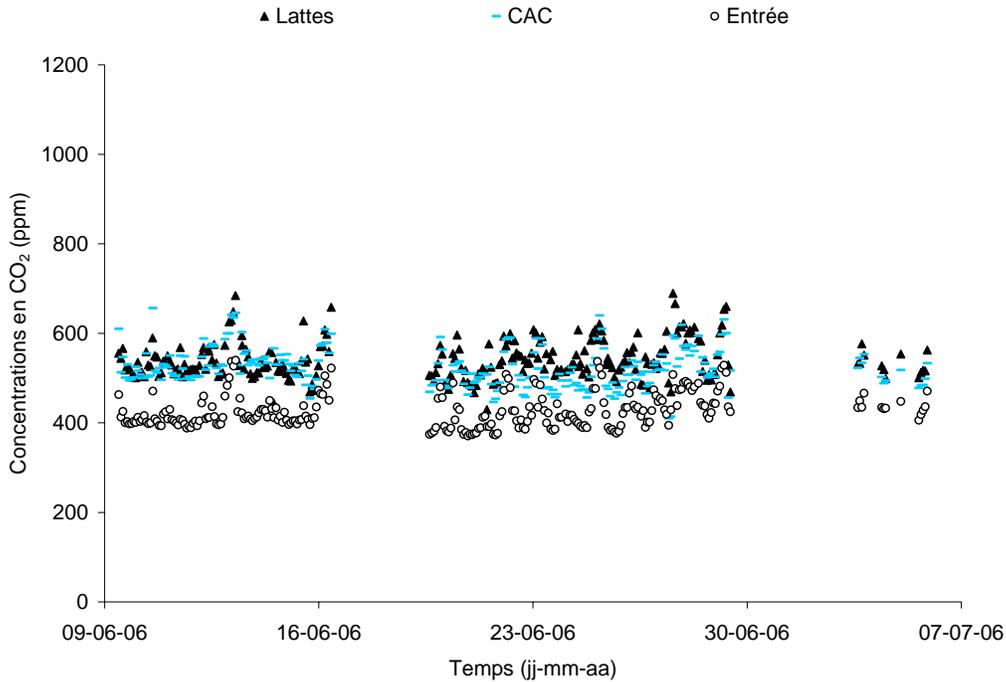


Figure 11. Concentrations en CO₂ des salles lors de l'essai 1 réalisé au PSCI.

Les moyennes hebdomadaires des concentrations en NH₃ et en CO₂ de chacune des deux salles expérimentales sont détaillées au tableau 18. Les valeurs de concentration à l'entrée des salles sont les mêmes puisqu'un seul conduit acheminait l'air jusqu'à l'entrée d'air de chacune des salles. Les concentrations en ammoniac sont élevées et varient de 4,3 à 13,4 ppm. Les données indiquent que les valeurs mesurées dans la salle témoin seraient légèrement supérieures à celles de la salle munie du CAC.

Tableau 18. Concentrations gazeuses moyennes dans les deux chambres lors des différents essais réalisés au PSCI.

Essai	Semaine	Concentration en ammoniac (ppm)			Concentration en dioxyde de carbone (ppm)		
		Lattes	CAC	Entrée	Lattes	CAC	Entrée
1	1	8,0	8,1	6,6	536	536	420
	2	7,9	8,1	6,9	523	509	412
	3	9,4	8,6	7,3	552	516	435
	4	11,9	11,4	9,6	549	527	454
2	1	8,2	8,4	7,6	511	501	462
	2	11,1	11,3	9,9	535	530	479
	3	10,1	9,9	8,5	520	507	455
	4	10,3	9,8	8,0	569	551	481
3	1	10,3	9,7	8,2	540	530	455
	2	16,0	15,6	13,4	547	531	461
	3	10,9	11,0	8,6	553	550	445
	4	9,3	9,1	6,5	594	581	453
4	1	8,6	8,9	7,6	550	551	479
	2	10,7	10,6	8,9	561	538	473
	3	8,4	8,4	6,2	603	582	504
	4	7,4	6,1	4,3	635	584	512

3.3.7 Concentrations en odeur et caractère hédonique

Les concentrations et le caractère hédonique d'odeur des échantillons mesurés se retrouvent au tableau 19. En général, les résultats des concentrations en odeur des deux salles, exprimés en unité d'odeur par m³ d'air échantillonné, sont similaires. Il en est de même pour les valeurs de caractère hédonique. De plus, puisque les valeurs sont toutes inférieures à 5, l'odeur est jugée déplaisante.

Tableau 19. Concentrations moyennes en odeur et caractère hédonique moyen de l'air dans les deux chambres lors des différents essais réalisés au PSCI.

Essai	Semaine	Concentration en odeur (UO/m ³)			Caractère hédonique (s.u.)		
		Lattes	CAC	Entrée	Lattes	CAC	Entrée
1	1	-	-	-	-	-	-
	2	1 177	849	468	2,3	2,0	2,3
	3	792	790	611	2,4	2,4	2,3
	4	490	347	514	2,7	2,2	2,4
2	1	724	1 039	609	2,5	2,4	2,3
	2	778	482	549	2,3	2,3	2,2
	3	526	430	406	1,8	2,0	2,0
	4	874	1 333	686	2,3	2,6	2,4
3	1	645	818	724	1,5	1,6	2,7
	2	5 332	1 580	3 170	3,1	3,3	2,0
	3	1 942	2 446	1 218	2,4	2,1	2,4
	4	778	724	862	1,8	1,5	1,7
4	1	-	-	-	-	-	-
	2	792	3 770	5 544	2,6	3,3	3,3
	3	883	905	601	3,1	3,1	3,4
	4	611	304	646	2,1	2,6	2,5

La comparaison des mesures hebdomadaires de la concentration en odeur et du caractère hédonique n'indique pas de différence significative ni de tendance ($P > 0,10$).

3.3.8 Émissions de gaz

Des émissions gazeuses pour chaque heure ont été calculées à partir de la concentration et du débit de ventilation. Le graphique représentant les émissions de NH₃ lors du premier essai en fonction du temps est présenté à la figure 12. L'allure générale des émissions de NH₃ indique que les émissions provenant de la salle munie du CAC et celles provenant de la salle témoin sont semblables. En effet, aucune des séries de données ne se démarque de l'autre.

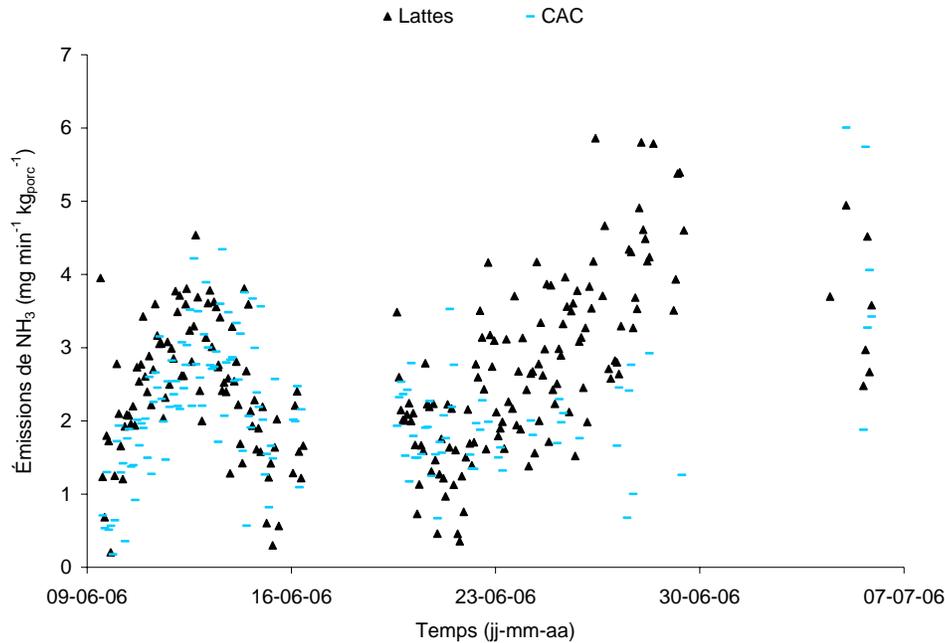


Figure 12. Émissions de NH₃ lors de l'essai 1 réalisé au PSCI.

Les séries de points sont également confondues dans le cas des émissions de CO₂ (figure 13). Par contre, dans ce cas, ce phénomène est normal puisque la production de CO₂ est associée à la respiration des animaux. En effet, puisqu'il y avait le même nombre de porcs dans les deux salles et que ceux-ci étaient à peu près du même poids, il est normal que les émissions de CO₂ soient équivalentes.

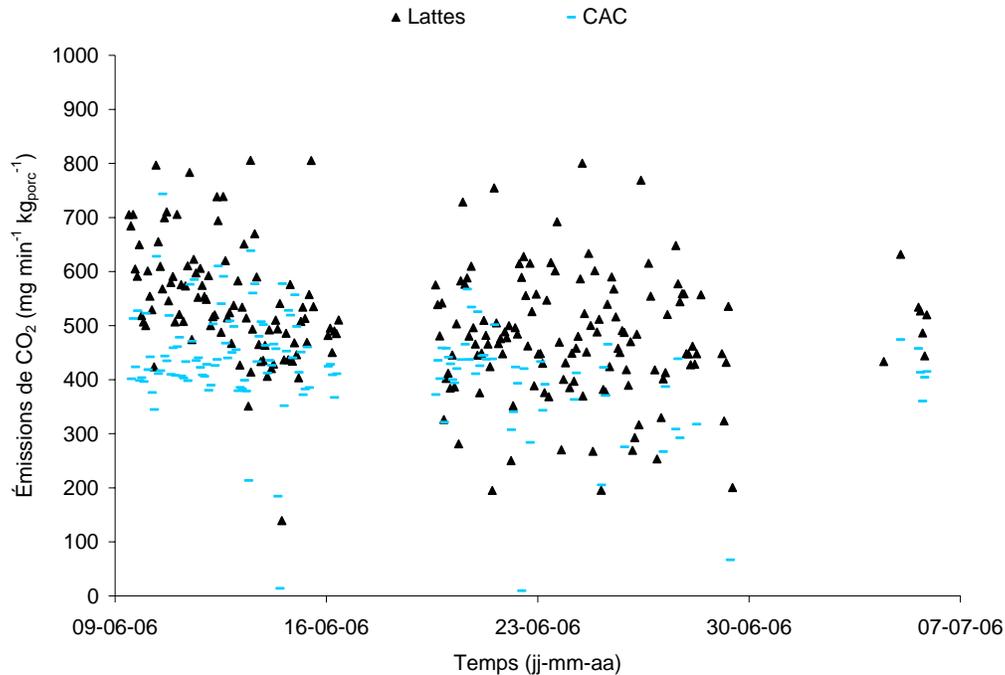


Figure 13. Émissions de CO₂ lors de l'essai 1 réalisé au PSCI.

Les émissions moyennes de NH₃ et de CO₂ pour les différents essais sont présentées au tableau 20. Dans la salle témoin, les émissions de NH₃ varient entre 1,6 et 5,8 mg h⁻¹ kg_{porc}⁻¹. Ces dernières ne sont pas significativement différentes de celles de la salle munie du CAC (1,8 à 5,2 mg h⁻¹ kg_{porc}⁻¹). Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles qui ont été mesurées par Aarnink et Elzing (1998).

Par contre, l'analyse statistique a révélé que le CAC (176 à 499 mg h⁻¹ kg_{porc}⁻¹) tendait à réduire les émissions de CO₂ (P<0,10) par rapport au parc avec des lattes (199 à 552 mg h⁻¹ kg_{porc}⁻¹). Puisque les deux salles présentaient le même nombre de porcs de masse similaire, les émissions de CO₂ auraient dû être similaires. La différence entre les valeurs des deux salles provient probablement de la précision des équipements utilisés pour la mesure des concentrations en CO₂ et de l'évaluation des débits de ventilation.

Tableau 20. Émissions gazeuses moyennes dans les deux chambres lors des différents essais réalisés au PSCI.

Essai	Semaine	Émissions d'ammoniac (mg h ⁻¹ kg _{porc} ⁻¹)		Émissions de dioxyde de carbone (mg h ⁻¹ kg _{porc} ⁻¹)	
		Lattes	CAC	Lattes	CAC
1	1	2,6	2,3	552	451
	2	1,6	1,9	489	434
	3	3,0	1,8	476	342
	4	4,0	3,7	454	370
2	1	2,4	4,2	211	203
	2	4,4	5,2	217	195
	3	4,7	4,5	199	176
	4	5,7	4,7	211	182
3	1	5,8	5,1	541	487
	2	4,5	4,8	519	499
	3	4,0	3,1	497	384
	4	2,8	1,9	403	313
4	1	3,6	3,6	516	423
	2	4,3	4,1	491	358
	3	5,1	3,2	521	322
	4	4,2	2,0	467	245

3.3.9 Émissions d'odeur

Le tableau 21 présente les résultats des calculs d'émission d'odeur pour les deux traitements. Les analyses statistiques des émissions d'odeur ont été calculées à partir d'une transformation logarithme de la concentration en odeur, du débit de ventilation et du poids des animaux (équation 6). Par contre, les données présentées au tableau 21 sont les données non transformées. Tel que prévu, aucune différence statistique ni de tendance ($P > 0,10$) n'ont pu être observées entre le témoin et le traitement.

Tableau 21. Émissions moyennes d'odeur dans les deux chambres lors des différents essais réalisés au PSCI.

Essai	Semaine	Émissions d'odeur (U.O. min ⁻¹ kg _{porc} ⁻¹)	
		Lattes	CAC
1	1	-	-
	2	50	34
	3	28	28
	4	20	15
2	1	70	100
	2	71	43
	3	39	31
	4	53	80
3	1	38	50
	2	283	87
	3	79	104
	4	23	22
4	1	-	-
	2	35	167
	3	36	36
	4	22	11

Cela signifie que l'utilisation du CAC n'aurait pas d'impact sur la concentration et le caractère hédonique de l'odeur, mais il importe de mettre en contexte la mesure de ces valeurs. Actuellement, la méthode généralement acceptée par la communauté scientifique est celle utilisant un groupe de panélistes et un olfactomètre. Cependant, puisque cette mesure est subjective, une grande variabilité est retrouvée dans les données mesurées, et ce même pour des duplicata du même échantillon. Compte tenu de la variabilité associée à la technique de mesure proprement dite, une différence significative sera obtenue pour une certaine technologie seulement si son impact sur les odeurs est vraiment important. Au cours des essais, les odeurs perçues dans la salle munie du CAC semblaient inférieures à celles de la salle témoin, mais aucune différence significative n'a pu être constatée.

La limite de la méthode de mesure aussi bien que les valeurs élevées de concentration en odeur de l'air à l'entrée des salles ont sans doute biaisé l'efficacité du CAC à réduire les odeurs. Le tableau 19 permet de constater que la concentration en odeur à l'entrée est souvent supérieure à celle des salles. Les valeurs d'émission d'odeur obtenues (22 à 283 U.O. min⁻¹ kg_{porc}⁻¹ pour la salle témoin et 11 à 167 U.O. min⁻¹ kg_{porc}⁻¹ pour la salle munie du CAC) démontrent bien la grande variabilité de la mesure et l'impact négatif de la contamination de l'air à l'entrée.

4 Essai supplémentaire réalisé à l'IRDA

Afin de répondre à une demande du CORPAQ exprimée au tout début du projet et grâce à des contributions financières additionnelles de l'IRDA, un essai supplémentaire a été réalisé. Cet essai a permis de confirmer les mesures de qualité de l'air effectuées au PSCI. Des mesures de concentration en gaz et en odeur ont donc été prises et des calculs d'émission ont pu être réalisés. Le matériel et les méthodes utilisés pour cet essai (parc expérimentaux, appareils de mesure) étaient sensiblement les mêmes que lors des premiers essais effectués à l'IRDA.

Un seul essai de six semaines a été réalisé pour cette partie. Cet essai s'est déroulé du 5 octobre au 16 novembre 2006. Compte tenu qu'il s'agissait d'un essai sans répétition, aucune analyse statistique n'a pu être faite sur les résultats obtenus.

4.1 Spécificité du matériel et des méthodes

4.1.1 Alimentation

Lors de cet essai, il a été tenté de réduire l'utilisation en eau des parcs en remplaçant les mangeoires et les abreuvoirs par des trémies abreuvoirs.

4.1.2 Conditions d'opération du convoyeur

Tout comme lors des essais précédents, le CAC et l'unité de lavage fonctionnaient pendant 3 minutes à toutes les 30 minutes et la vitesse d'avancement de la courroie était faible ($0,83 \text{ m min}^{-1}$). Cependant, lors des deux dernières semaines, le convoyeur a été mis à l'arrêt lors des périodes nocturnes (entre 22h00 et 6h00 le lendemain).

4.1.3 Collecte des données

4.1.3.1 Échantillonnage et analyse des gaz

Lors de cette campagne de mesures, les gaz ont été analysés à l'aide du laboratoire mobile MESANGES^{MC}. L'unité mobile permet la mesure en continu de différents gaz. Les gaz mesurés étaient le NH_3 , H_2S , CO_2 , CH_4 et le N_2O , mais seulement les valeurs de NH_3 et de CO_2 ont été analysées.

Les échantillons ont été prélevés séquentiellement à partir de plusieurs points d'échantillonnage et acheminés en continu jusqu'au système d'analyse. Le dioxyde de carbone a été analysé avec un chromatographe en phase gazeuse (Varian, modèle 3600, Walnut Creek, figure 14). L'ammoniac a été analysé avec un analyseur distinct faisant appel à la spectroscopie non dispersive dans l'infrarouge (NDIR, Seimens, modèle Ultramat 6^E, Munich, Allemagne, précision : 1%).



Figure 14. Chromatographe en phase gazeuse utilisé lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.

Pour chacun des points échantillonnés, les gaz ont été aspirés à travers une membrane filtrante à base de cellulose et acheminés dans un tube en téflon® de longueur variable selon la distance entre la source échantillonnée et le système d'analyse. Une valve rotative à 16 positions a permis de sélectionner la source de gaz analysé parmi l'une des 16 sources potentiellement reliées à la valve. L'écoulement des gaz de la source aux analyseurs était assuré par une pompe à diaphragme qui refoule les gaz dans un T en acier inoxydable. Un petit manchon filtrant en acier inoxydable aggloméré, placé en amont de la pompe principale, permettait une protection supplémentaire des équipements contre les fines poussières.

La stratégie retenue pour l'analyse chromatographique est la séparation des gaz sur des colonnes remplies de Porapak Q. Le dioxyde de carbone a aussi été quantifié avec un détecteur à ionisation de flamme (FID), mais après réduction en méthane avec l'hydrogène sur un catalyseur de nickel et l'oxyde nitreux a été mesuré avec un détecteur à capture d'électrons (ECD). Une colonne montée en série devant la colonne analytique a permis d'éliminer certaines substances (eau, NH₃, H₂S) qui peuvent être présentes dans les gaz agricoles et qui pourraient endommager l'analyseur.

4.1.3.2 Concentrations en odeur

Les concentrations en odeur ont été mesurées selon deux méthodes différentes. La première est celle de la mesure de l'odeur par olfactométrie dynamique. Dans ce cas, des échantillons d'air étaient recueillis à l'aide de sacs de Tedlar et d'un poumon à pression négative pour éviter toute contamination. Dans le cas de ce projet, les échantillons d'air ont été récoltés à toutes les 5^e journée de chaque semaine de l'essai. Les échantillons ont ensuite été acheminés au laboratoire mobile d'olfactométrie dynamique de l'IRDA pour être analysés dans un délai de moins de 24 heures. Un échantillon provenant de l'entrée d'air a également été analysé afin de comparer la concentration en odeur entrant dans la chambre. Les analyses ont été effectuées sur la base du standard européen (AFNOR, 2003).

La deuxième méthode de mesure de concentrations en odeur utilisée est celle des « nasal rangers » où des panélistes sont directement exposés à l'odeur. Cette méthode permet de mesurer la concentration en odeur directement dans la salle. Les panélistes comparent l'odeur à laquelle ils sont exposés à une échelle comprenant huit concentrations différentes en n-butanol (ASTM, 1975). Les concentrations des différentes solutions sont associées à des concentrations en odeur.

Alors que la première méthode est celle qui est généralement utilisée pour mesurer les odeurs, elle diffère de la deuxième en plusieurs points. Une des différences les plus importantes est relative au conditionnement de l'échantillon avant d'être présenté aux panélistes de l'olfactomètre. En effet, avant d'être analysé, l'échantillon d'odeur est filtré par l'appareil. Puisqu'une certaine concentration de l'odeur voyage à l'aide des poussières, la filtration peut avoir pour effet de modifier la concentration en odeur.

4.1.3.3 Mesure des débits de ventilation

Les débits de ventilation ont été évalués à l'aide d'une conduite normalisée. Cette conduite a été développée à l'aide de la norme ANSI/ASHRAE 41.2-1987 (ASHRAE, 1992). Elle est équipée d'un redresseur d'air et d'un système de tubes de pitot. Les mesures de débit circulant dans la conduite se font en mesurant la pression dynamique et en utilisant l'équation 7.

$$Q = V \pi r^2 \quad [7]$$

où

Q : débit ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$);

V : vitesse (m s^{-1});

π : constante;

r : rayon de la conduite (m).

Afin de s'assurer de l'exactitude de l'évaluation du débit à l'aide de la conduite normalisée, des mesures de la vitesse en plusieurs points à l'intérieur de la conduite ont été prises en laboratoire à l'aide d'un anémomètre à fil chaud. Ceci a permis de s'assurer que le débit évalué à partir de la pression dynamique à l'intérieur de la conduite était équivalent à celui calculé à partir de la vitesse dans la conduite et de l'aire d'écoulement.

Au cours de l'expérimentation dans les salles, la différence de pression statique entre l'intérieur de la salle et l'extérieur du bâtiment, ainsi que la vitesse de rotation du ventilateur de chacune des salles ont été mesurées en continu.

La conduite normalisée a ensuite été transportée dans chacune des salles où certaines conditions rencontrées lors de l'expérimentation ont été recrées. Trois niveaux de pression statique et quatre vitesses de rotation différentes ont été simulés afin d'évaluer la pression dynamique dans la conduite et le débit du ventilateur sous ces conditions.

Les données de pression statique, dynamique et de la vitesse de rotation ont ensuite été combinées dans un chiffrier de façon à établir la relation entre le débit et la pression statique. Selon les travaux de Barber *et al.* (1988), la forme de l'équation utilisée est la suivante :

$$Q = \frac{(B + C p^{n1}) R^{n2}}{1000} \quad [8]$$

où

- Q : débit ($m^3 s^{-1}$);
 B et C : constantes;
 p : pression statique (Pa);
 n1 et n2 : constantes;
 R : vitesse de rotation des ventilateurs (rpm).

Cette équation a ensuite permis l'évaluation du débit du ventilateur de chaque salle pendant les essais.

4.1.3.4 Émissions d'odeur et de gaz

Les émissions de gaz et d'odeur ont été calculées en utilisant les mêmes équations que celles présentées à la section 3.2.9.

4.2 Résultats

4.2.1 Performances animales

Les résultats des performances animales sont présentés au tableau 22. Il semble y avoir une différence entre les deux traitements pour la prise alimentaire et le taux de gain. En effet, les porcs de la salle témoin ont mangé plus que ceux de la salle munie du CAC alors qu'ils ont eu un taux de croissance moindre. Cela fait en sorte qu'il a fallu $2,67 \text{ kg}_{\text{moulée}} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$ dans la salle équipée de lattes alors qu'il a fallu $2,21 \text{ kg}_{\text{moulée}} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$ dans le cas des porcs dans la salle munie du CAC. Cependant, comme nous ne disposons pas de répétitions de ces valeurs, on ne peut conclure à un effet du traitement sur les performances animales. D'un autre côté, tout comme dans les essais précédents, le CAC n'a engendré aucun effet négatif sur les performances des porcs. D'autres éléments, tels que le gaspillage de l'eau, pourraient expliquer cette différence entre les valeurs.

De plus, l'utilisation d'une trémie humide en remplacement de la mangeoire et de l'abreuvoir, sans autre apport d'eau pour les porcs, ne semble pas avoir d'impact négatif sur les performances animales.

Tableau 22. Performances zootechniques moyennes des porcs lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.

PAQ ¹ (kg _{moulée} jour ⁻¹ porc ⁻¹)		GMQ ¹ (kg _{porc} jour ⁻¹)		CA ¹ (kg _{moulée} kg _{porc} ⁻¹)	
Lattes	CAC	Lattes	CAC	Lattes	CAC
2,35	2,19	0,88	0,99	2,67	2,21

¹PAQ : prise alimentaire quotidienne; GMQ : gain moyen quotidien; CA : conversion alimentaire.

4.2.2 Conditions d'ambiance

Les courbes de température et d'humidité relative dans chacune des salles sont présentées à la figure 15. Sur cette figure, on remarque que la température et l'humidité relative ont été similaires tout au long de l'essai. Les variations observées sur les courbes de cette figure sont associées à la variation de la température de l'air à l'entrée des salles. La température à l'intérieur de la salle munie de CAC était légèrement inférieure à celle de la salle témoin.

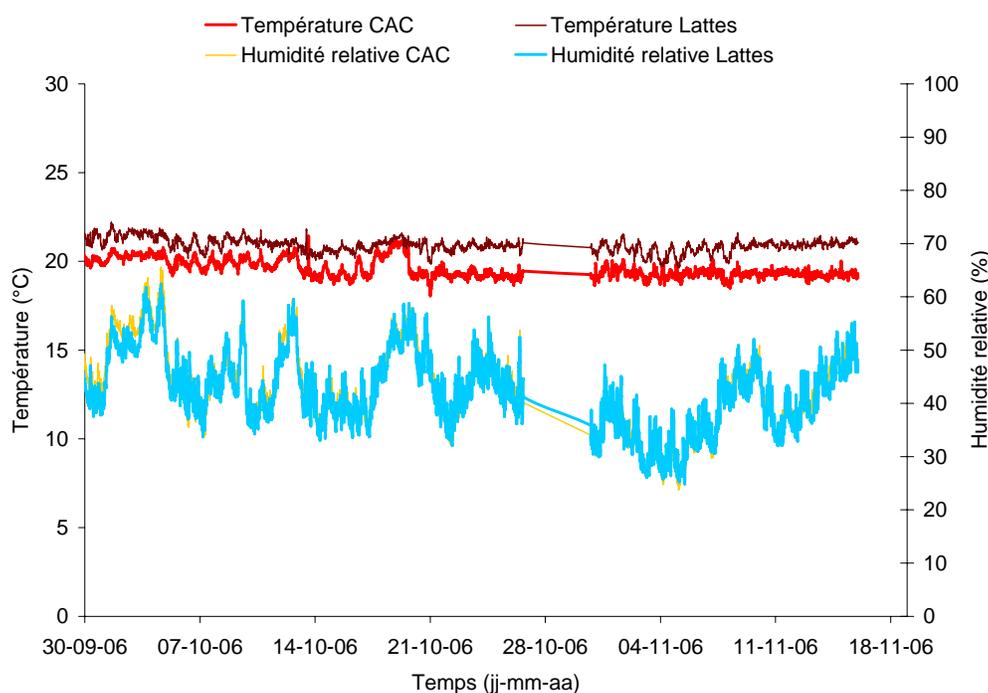


Figure 15. Température et humidité relative dans les deux salles expérimentales au cours de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.

Les valeurs moyennes des conditions d'ambiance sont présentées au tableau 23. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles rapportées pour les deux volets précédents. En effet, la température moyenne des deux salles s'est maintenue entre 19,1 et 21,0°C et l'humidité relative moyenne a varié entre 33,5 et 45,7%.

Tableau 23. Conditions d'ambiance moyennes lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.

Semaine	Température (°C)		Humidité relative (%)	
	Lattes	CAC	Lattes	CAC
1	21,0	19,9	42,9	43,2
2	20,8	19,7	42,9	43,8
3	20,9	19,4	45,1	45,7
4	20,7	19,1	36,7	37,5
5	20,5	19,2	34,1	33,5
6	21,0	19,3	42,2	43,3

4.2.3 Production totale de déjection

La production des différentes fractions des déjections se trouve au tableau 24. La combinaison des fractions liquide et solide dans la salle traitement donne une masse légèrement supérieure à la valeur de lisier produit dans la salle témoin. Cependant, la masse totale produite du côté CAC (1545,0 kg) est beaucoup plus près de la valeur du système témoin (1380,6 kg) que lors des autres essais réalisés à l'IRDA et au PSCI. En effet, la masse totale du côté CAC est d'environ 12% supérieure à celle du témoin alors que cette différence a varié entre 39 et 300% pour les différents essais réalisés à l'IRDA et au PSCI.

Tableau 24. Masse totale des déjections pour les deux systèmes de gestion des déjections pour l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.

Masse totale des déjections pour chaque phase (kg)							
Lattes				CAC			
Lisier	Gaspillage ¹	Urine	Fèces	Eau de lavage	Total	Gaspillage ¹	Transfert par la courroie ²
1380,6	0	1015,3	205,2	324,5	1545,0	0	0

¹ Le gaspillage d'eau a été calculé en soustrayant une consommation d'eau théorique équivalant à 2,5 fois la prise alimentaire quotidienne de la lecture des compteurs d'eau.

² Masse d'eau transportée du réservoir d'eau de lavage au réservoir d'urine par la courroie du convoyeur.

De plus, les valeurs mesurées indiquent que la production de fèces et d'urine est de 1220,5 kg pour le système CAC comparativement à 1380,6 kg pour le système témoin. Il semble donc que l'arrêt du convoyeur la nuit ainsi que l'installation d'une trémie humide aient pour conséquence de diminuer le gaspillage d'eau et, de ce fait, constituent des options intéressantes pour réduire la consommation en eau du système CAC.

4.2.4 Débits de ventilation

Les débits de ventilation sont présentés au tableau 25. Les valeurs obtenues pour la salle munie du CAC varient entre 25,5 et 28,0 m³ min⁻¹ alors que celles pour la salle témoin sont de l'ordre de 19,4 à 21,4 m³ min⁻¹.

Tableau 25. Débits moyens de ventilation dans les deux salles lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.

Essai	Débit de ventilation ($\text{m}^3 \text{min}^{-1}$)	
	Lattes	CAC
1	21,3	28,0
2	21,4	27,9
3	19,9	27,6
4	20,1	27,7
5	19,4	25,5
6	19,7	26,4

Le débit du système de ventilation de la salle traitement était donc plus élevé. Cette différence peut être associée à la précision de la méthode d'estimation du débit ou simplement à la variation du contrôleur pour la ventilation. Cependant, les valeurs finales d'émission de gaz et d'odeur intègrent ces débits de ventilation.

4.2.5 Concentrations gazeuses

Les figures 16 et 17 présentent l'allure des mesures de concentration en NH_3 et en CO_2 en continu lors de l'essai supplémentaire. Les concentrations en NH_3 semblent plus faibles dans la salle munie du CAC que dans la salle témoin et cette différence augmente au fil de l'essai. Alors qu'il semble y avoir peu de différence au début de l'élevage, la réduction est de l'ordre de plus de 30% vers la fin de l'élevage. Les concentrations en NH_3 à l'entrée d'air étaient faibles pour les deux salles (≈ 1 ppm).

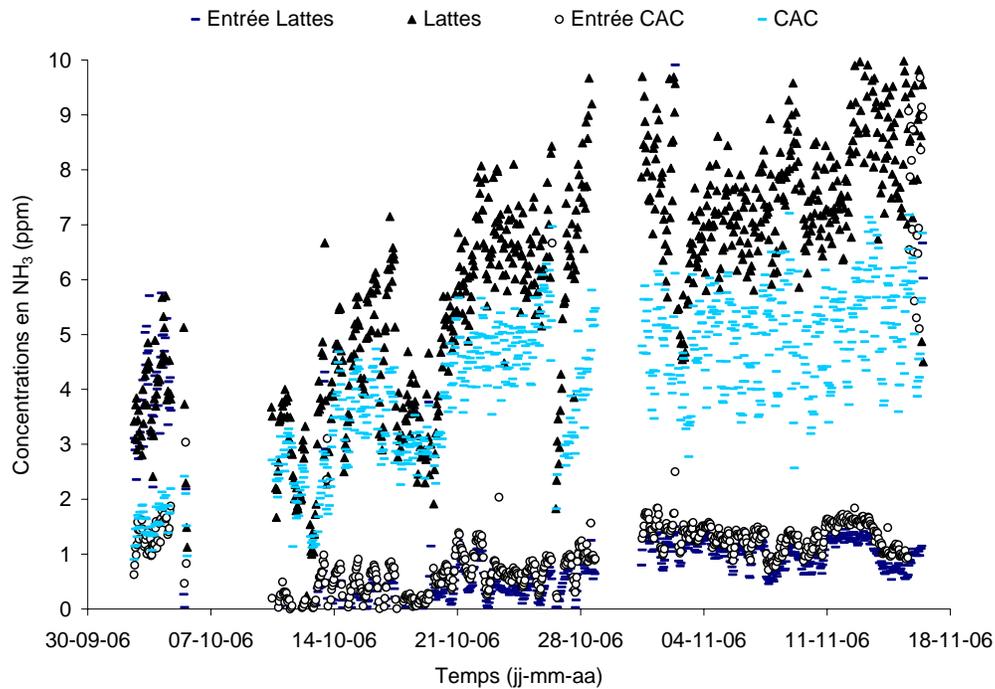


Figure 16. Concentrations en NH₃ durant l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.

Les concentrations de CO₂ provenant de la salle munie du CAC sont plus faibles que celles de la salle témoin, et ce tout au long de l'élevage. Les porcs devraient produire la même quantité de CO₂ dans les deux salles et le débit de ventilation plus élevé dans cette salle constitue la meilleure explication pour cette concentration plus faible.

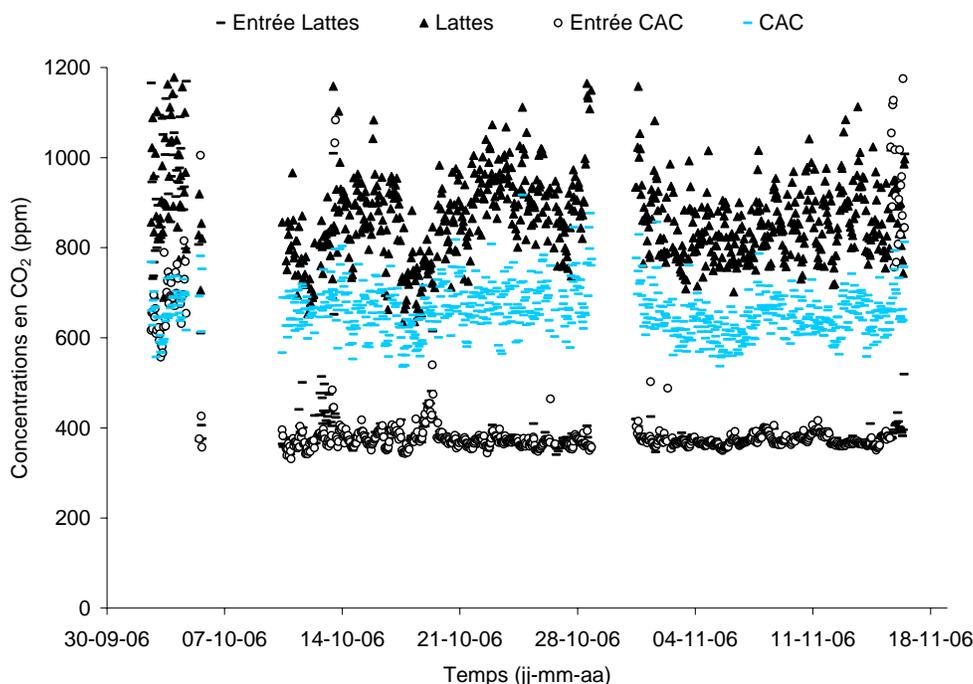


Figure 17. Concentrations en CO₂ durant l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.

Les concentrations moyennes de NH₃ et de CO₂ pour chacune des semaines de l'élevage sont présentées au tableau 26. Contrairement à la partie du projet réalisé au PSCI, l'entrée d'air n'était pas contaminée. En effet, les valeurs de concentration en NH₃ dans l'entrée des deux salles ont varié entre 0,0 à 2,1 ppm alors que celles en CO₂ étaient de l'ordre de 371 à 441 ppm.

Les concentrations en NH₃ dans la salle munie du CAC semblent plus faibles que celles de la salle témoin. Les valeurs recueillies varient de 2,6 ppm lors de la première semaine à 8,2 ppm en fin d'expérience pour la salle témoin. Dans le cas de la salle où était le CAC, les valeurs ont plutôt varié de 2,4 à 5,2 ppm pour les mêmes périodes. Les concentrations en CO₂ sont plus faibles dans la salle traitement (630 à 695 ppm) que dans la salle témoin (793 à 909 ppm).

Tableau 26. Concentrations gazeuses moyennes dans les deux chambres lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.

Semaine	Concentration en ammoniac (ppm)				Concentration en dioxyde de carbone (ppm)			
	Lattes		CAC		Lattes		CAC	
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
1	0,0	2,6	0,1	2,4	392	793	383	664
2	0,1	4,0	0,3	3,1	393	829	388	655
3	0,5	5,9	0,7	4,5	376	901	375	681
4	0,8	7,3	1,2	4,5	371	909	373	695
5	1,1	7,1	1,3	4,8	373	828	371	630
6	1,1	8,2	2,1	5,2	380	870	441	651

4.2.6 Concentrations en odeur

Les concentrations en odeur et le caractère hédonique de l'air sont présentés au tableau 27. Les deux salles présentent des résultats similaires. En effet, les concentrations en odeur varient entre 132 et 300 U.O. m⁻³ pour la salle témoin et entre 247 et 330 U.O. m⁻³ pour la salle dans laquelle était placé le CAC.

Tableau 27. Concentrations moyennes en odeur et caractère hédonique moyen de l'air dans les deux chambres lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.

Semaine	Concentration en odeur (U.O. m ⁻³)			Caractère hédonique (s.u.)			Évaluation au nez (U.O. m ⁻³)	
	Lattes	CAC	Entrée	Lattes	CAC	Entrée	Lattes	CAC
1	132	270	-	-3,4	-4,2	-	96	26
2	206	330	-	-3,6	-3,6	-	87	16
3	216	309	-	-4,1	-	-	-	-
4	252	270	-	-3,6	-3,7	-	97	20
5	300	273	28	-0,1	-2,5	-	-	-
6	273	247	-	-3,5	-3,2	-	128	5

4.2.7 Émissions gazeuses

L'allure de la figure 18 indique également qu'il y aurait réduction des émissions de NH₃ avec l'utilisation du CAC. Bien que la différence entre les deux traitements soit plus difficile à voir en début d'essai, la fin de celui-ci démontre bien la baisse des émissions de NH₃ avec l'utilisation du CAC.

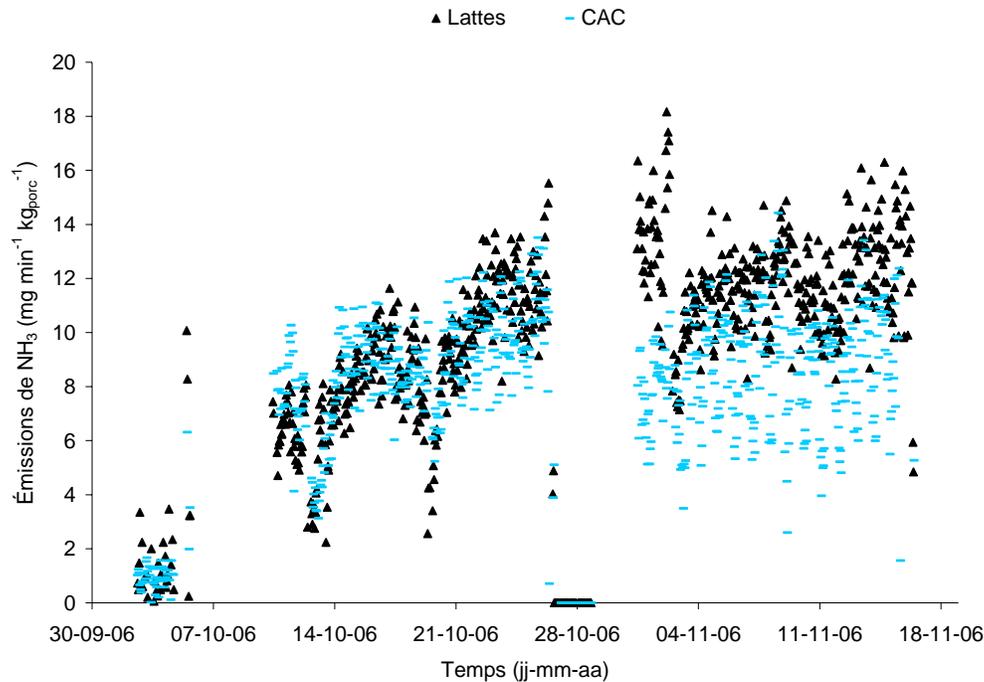


Figure 18. Émissions de NH₃ lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.

Les émissions de CO₂ sont également plus faibles avec le CAC (figure 19). Alors qu'elles semblent se confondre avec celles de la salle témoin au début de l'essai, elles sont plus faibles dès la fin de la première semaine. Par contre, aucune analyse statistique n'a pu être réalisée sur ces données.

Puisque les émissions de CO₂ proviennent essentiellement des porcs, il semble difficile de justifier une telle baisse des émissions dans la salle munie du CAC. Cependant, une réduction similaire des émissions de CO₂ a également été observée lors des essais réalisés au PSCI.

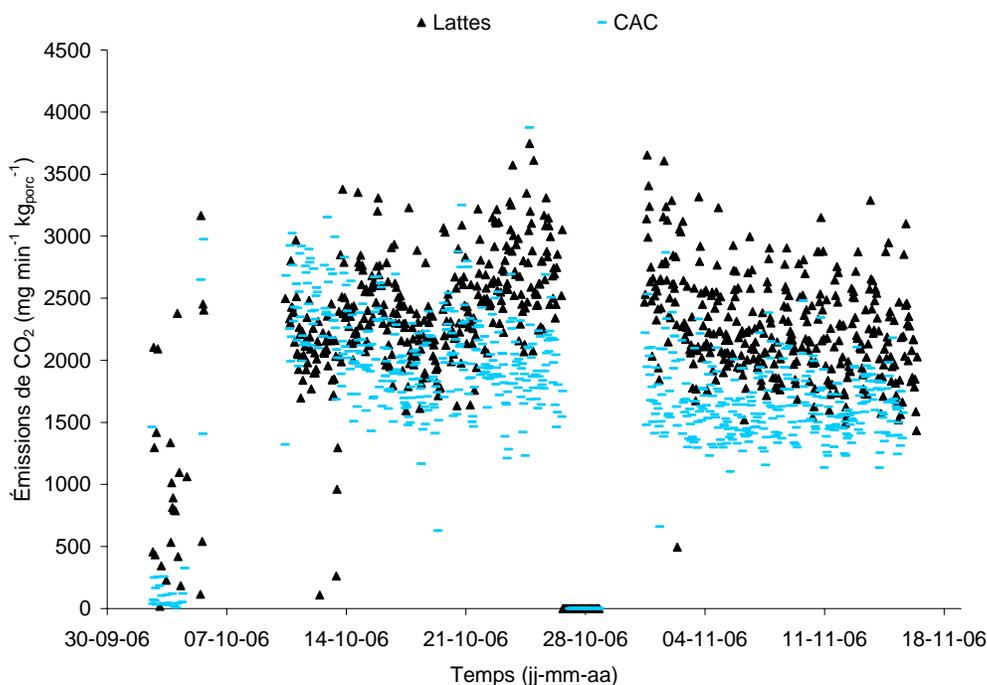


Figure 19. Émissions de CO₂ lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.

Les moyennes des émissions de NH₃ et de CO₂ lors de chacune des semaines de l'essai supplémentaire sont présentées au tableau 28. Les émissions de NH₃ varient entre 4,2 à 9,6 mg h⁻¹ kg_{porc}⁻¹ pour la salle munie du CAC alors qu'elles sont de 6,2 à 11,9 mg h⁻¹ kg_{porc}⁻¹ pour la salle témoin. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles mesurées lors de la deuxième partie du projet réalisée au PSCI et elles semblent indiquer qu'il y aurait une réduction des émissions de NH₃ avec l'utilisation du CAC. Aucune analyse statistique ne peut être faite sur ces valeurs puisqu'une seule répétition des mesures a été effectuée.

Tableau 28. Émissions gazeuses moyennes dans les deux chambres lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.

Semaine	Émissions d'ammoniac (mg h ⁻¹ kg _{porc} ⁻¹)		Émissions de dioxyde de carbone (mg h ⁻¹ kg _{porc} ⁻¹)	
	Lattes	CAC	Lattes	CAC
1	6,2	7,0	2150	2303
2	7,9	8,0	2275	2013
3	10,1	9,6	2554	2006
4	12,7	4,2	2681	942
5	11,6	8,8	2268	1649
6	11,9	7,1	2141	1248

4.2.8 Émissions d'odeur

Les émissions d'odeur sont présentées au tableau 29. Les valeurs obtenues avec la méthode d'olfactométrie dynamique varient entre 7 et 14 U.O. $\text{min}^{-1} \text{kg}_{\text{porc}}^{-1}$ pour la salle témoin et entre 13 et 23 U.O. $\text{min}^{-1} \text{kg}_{\text{porc}}^{-1}$ pour la salle munie du CAC. Les émissions d'odeur semblent plus élevées dans le cas de la salle traitement que dans le cas de la salle témoin, mais aucune analyse statistique n'a pu être réalisée sur ces données.

Tableau 29. Émissions moyennes d'odeur de l'air dans les deux chambres lors de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA.

Semaine	Émissions d'odeur (U.O. $\text{min}^{-1} \text{kg}_{\text{porc}}^{-1}$)			
	Olfactométrie dynamique		Évaluation au nez	
	Lattes	CAC	Lattes	CAC
1	7	20	7	1
2	10	23	6	1
3	10	19	-	-
4	12	15	5	1
5	14	16	-	-
6	11	13	7	0

Ces valeurs d'émission ne confirment pas l'impression générale qui se dégageait lors de la visite successive des deux salles. En effet, des valeurs d'émission d'odeur ont également été calculées avec les données de concentration en odeur obtenues par l'évaluation au nez. Dans le cas de cette méthode, les valeurs sont plus représentatives de ce qui a pu être observé dans les salles tout au long de l'élevage. En effet, les émissions ont varié entre 5 et 7 U.O. $\text{min}^{-1} \text{kg}_{\text{porc}}^{-1}$ alors que celles de la salle munie du CAC sont demeurées sous la barre des 1 U.O. $\text{min}^{-1} \text{kg}_{\text{porc}}^{-1}$. Ces valeurs indiquent donc une réelle réduction des émissions d'odeur avec l'utilisation du CAC. En effet, l'odeur semblait plus faible et moins aversive dans la salle munie du CAC.

Comme dans les essais précédents et de façon subjective, l'impact du CAC sur les émissions d'odeur semblait positif. Cependant, les mesures effectuées avec l'olfactomètre à dilution dynamique n'ont pas supporté cet argument. La limite des méthodes de mesure est possiblement en cause.

5 Discussion générale des résultats

Plusieurs données ont été recueillies tout au long des différentes phases de ce projet. La première partie réalisée à l'IRDA visait à développer le concept du CAC, à en évaluer l'effet sur le comportement des animaux et sur l'efficacité de séparation. La deuxième partie, complétée au PSCI, avait pour but de confirmer l'effet du CAC sur l'efficacité de séparation en plus de mesurer l'impact de cette technologie sur les émissions de gaz et d'odeur. Finalement, l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA a permis d'obtenir des données supplémentaires concernant l'effet du CAC sur les émissions de gaz et d'odeur. Plusieurs des variables observées ont donc été évaluées à l'aide de deux dispositifs différents, renforçant la confiance dans les résultats obtenus.

Que ce soit lors des essais réalisés à l'IRDA ou au PSCI, l'utilisation du CAC n'a pas eu d'impact négatif sur les performances des animaux. En effet, la conversion alimentaire lors de l'essai à l'IRDA était de 1,98 à 2,17 $\text{kg}_{\text{moulée}} \text{kg}_{\text{porc}}^{-1}$ dans le cas de la salle témoin et de 1,76 à 2,18 $\text{kg}_{\text{moulée}} \text{kg}_{\text{porc}}^{-1}$ avec le CAC. Dans le cas des essais réalisés au PSCI, la conversion alimentaire était légèrement supérieure à celle obtenue à l'IRDA, mais les valeurs demeuraient similaires pour les deux traitements (de 2,02 à 2,73 $\text{kg}_{\text{moulée}} \text{kg}_{\text{porc}}^{-1}$ pour la salle munie de lattes conventionnelles et de 2,06 à 2,68 $\text{kg}_{\text{moulée}} \text{kg}_{\text{porc}}^{-1}$ pour la salle munie du CAC). L'analyse des données relatives au comportement animal indique que celles-ci vont dans le même sens que celles des performances animales. Aucun impact négatif n'a pu être associé à l'utilisation du CAC comparé à un parc conventionnel, tant pour la posture des porcs, de l'alimentation, de l'abreuvement que des comportements anormaux des animaux. Tel qu'il a été observé, les porcs du parc muni du CAC avaient moins tendance à utiliser l'aire de déjection pour se coucher que les porcs de l'enclos muni de lattes. Cette observation suggère que le CAC favorise la propreté du parc.

Sur le plan de la production totale des déjections, et pour tous les essais complétés, la masse totale recueillie du côté de la salle traitement a presque toujours excédé la masse totale de lisier recueillie du côté témoin. Autant pour l'essai réalisé au PSCI que pour celui réalisé à l'IRDA, la production totale obtenue avec le parc muni du CAC a été de 40 à 125% supérieure à celle du parc témoin. Les valeurs de masse totale lors des essais à l'IRDA variaient entre 895 et 1 390 kg (4,0 à 6,2 $\text{kg porc}^{-1} \text{ jour}^{-1}$) pour la salle avec le CAC comparativement à des résultats de 351 à 642 kg (1,6 à 2,9 $\text{kg porc}^{-1} \text{ jour}^{-1}$) pour le parc témoin. Il en est de même pour les mesures obtenues au PSCI où la masse totale avec le CAC était de 445 à 521 kg (2,0 à 2,3 $\text{kg porc}^{-1} \text{ jour}^{-1}$) alors qu'elle était de 231 à 317 kg (1,0 à 1,4 $\text{kg porc}^{-1} \text{ jour}^{-1}$) pour le parc témoin pour la même période de quatre semaines. L'eau utilisée lors du lavage de la courroie serait à l'origine de cette augmentation de la masse totale. Même si les deux montages étaient pourvus d'une brosse et de gardes pour essuyer l'eau de lavage sur la courroie, une quantité non négligeable continuait d'être transférée du réservoir d'eau de lavage vers celui d'urine. Puisque le bac d'eau de lavage était maintenu au même niveau pour assurer un bon lavage de la courroie, une quantité d'eau était constamment ajoutée au système. L'utilisation en eau du CAC devra donc faire l'objet de travaux supplémentaires en prévision de l'utilisation de ce concept dans des conditions commerciales d'opération.

L'efficacité de séparation du phosphore et des autres éléments est fidèle aux informations retrouvées dans la littérature. En combinant la proportion des éléments contenus dans la fraction solide et dans l'eau de lavage, l'efficacité de séparation du phosphore du CAC atteint plus de 90%. Les données recueillies indiquent que le convoyeur permet d'obtenir une phase solide contenant de 52 à 90% du phosphore et de 26 à 54% de l'azote. Cependant, l'utilisation de la courroie fait en sorte qu'une certaine proportion du solide demeure toujours collée à la courroie et elle n'est retirée qu'à l'étape du lavage. Les éléments contenus dans cette proportion du solide collée à la courroie viennent donc enrichir l'eau de lavage. Dépendamment de la texture des fèces, l'eau de lavage deviendra plus ou moins riche en phosphore et en autres constituants normalement retrouvés dans les fèces. Une attention particulière devrait donc être portée à l'enlèvement du solide sur la courroie avant que celle-ci ne soit lavée par l'unité de lavage. Les prototypes développés au cours du projet étaient munis d'un grattoir à l'extrémité de la courroie mais celui-ci n'était évidemment pas suffisant.

Lorsque les émissions de NH_3 mesurées au PSCI sont comparées à celles obtenues à l'IRDA, une différence importante peut être notée. Alors qu'une réduction de plus de 25% des émissions de NH_3 peut-être observée avec le CAC vers la fin de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA, les données recueillies lors des quatre essais réalisés au PSCI indiquent qu'il n'y avait pas de différence significative entre les traitements pour les émissions de NH_3 . Comme un seul essai a été complété à l'IRDA, il n'est pas possible de réfuter les résultats du PSCI. Par contre, la contamination de l'air frais à l'entrée d'air des salles du PSCI ainsi que la précision limitée de l'analyseur d'ammoniac ont certainement atténué la différence d'émissions entre les deux types de salle. Au début du projet, il avait été prévu que l'installation des cheminées pour l'air frais permettrait un apport d'air suffisamment propre pour compléter les essais. Des efforts supplémentaires devront donc être déployés pour éliminer la contamination de l'air à l'entrée du système de ventilation de ce montage expérimental. Le lavage de l'air pourrait être une solution intéressante pour corriger ce problème. Un autre élément pouvant expliquer l'absence de différence entre les émissions de NH_3 de la salle munie du CAC et celles de la salle témoin provient du fait que le lisier du parc témoin était entreposé sous les lattes pour une période beaucoup plus courte qu'elle ne l'est typiquement chez les producteurs. En effet, plutôt que d'être accumulé sur plusieurs semaines, le lisier de la salle témoin a été retiré du réservoir à toutes les semaines. Un entreposage plus long aurait pu produire des émissions plus élevées d'ammoniac en provenance du système témoin. Enfin, l'utilisation de déflecteurs (figure 8) dans la salle munie du CAC au PSCI comparativement à la salle correspondante à l'IRDA (figure 2) a fait en sorte d'augmenter la surface souillée dans le parc. Cette surface plus importante, contribuant aux émissions de NH_3 , a pu empêcher de noter des différences entre les émissions de NH_3 provenant du système CAC et du système témoin.

Dans le même ordre d'idées, aucune différence significative n'a pu être observée au niveau des émissions d'odeur lors des essais réalisés au PSCI. Encore une fois, la contamination de l'air frais a certainement été défavorable à l'évaluation du CAC. En effet, la concentration en odeur de l'air était parfois plus élevée à l'entrée que dans la salle elle-même. À l'IRDA, aucune différence n'a pu être décelée entre les valeurs d'émission d'odeur calculées à partir des concentrations en odeur provenant de l'olfactométrie. Par contre, les résultats obtenus à l'aide des panélistes directement exposés aux salles indiquaient une réduction des odeurs avec le CAC.

Les moyennes de certaines des valeurs mesurées lors des différents essais sont présentées au tableau 30.

Tableau 30. Tableau comparatif pour certaines valeurs moyennes mesurées à l'IRDA et au PSCI.

Essai	Efficacité de séparation du phosphore (%)	Poids de la fraction solide p/r au lisier (%)	Émissions d'ammoniac ($\text{mg h}^{-1} \text{kg}_{\text{porc}}^{-1}$)		Émissions d'odeur ($\text{U.O. min}^{-1} \text{kg}_{\text{porc}}^{-1}$)	
			Lattes	CAC	Lattes	CAC
IRDA	76,5	20	-	-	-	-
PSCI	71,4	30	3,9	3,5	61	58
IRDA suppl.	-	15	10,1	7,5	11	18

À la lumière des résultats obtenus dans ce projet, le concept du CAC pour remplacer les lattes continue de représenter un intérêt en vue de diminuer l'impact environnemental de la production porcine. La configuration actuelle du système concentre efficacement le phosphore dans une phase solide de faible masse plus facilement gérable, contribue à maintenir le parc plus propre et ne crée pas de problème de comportement animal. Cependant, il subsiste deux inconvénients majeurs associés à son utilisation : sa consommation en eau, qui se traduit également par une augmentation du volume total de déjections, et son coût potentiel s'il était installé dans un bâtiment commercial. La conception du CAC fait présentement en sorte que le volume d'eau de lavage utilisé est beaucoup trop important pour que le CAC représente un intérêt pour les producteurs porcins en situation de surplus de lisier. Par contre, comme l'indiquent les résultats de l'essai supplémentaire réalisé à l'IRDA, l'utilisation d'une trémie humide combinée à l'arrêt du convoyeur durant la nuit permet de réduire l'utilisation en eau ainsi que la production totale des déjections. Ces deux stratégies constituent déjà des pistes de solution pour optimiser la consommation en eau du système de CAC. De plus, le coût du CAC évalué dans les laboratoires de l'IRDA indique que l'acquisition d'un tel équipement pourrait être dispendieux. Une analyse technico-économique devra donc être réalisée afin de juger du potentiel d'implantation de la technologie à la ferme.

L'amélioration de la conception du CAC devrait donc viser à diminuer la consommation d'eau en plus de limiter les coûts d'installation et d'opération du système. Le CAC évalué constitue la première génération de ce prototype. Des travaux de recherche supplémentaires, complétés avec des porcs plus gros et pour une période plus longue, seront nécessaires pour juger définitivement de son potentiel futur.

6 Conclusions

Le but global de ce projet consistait à développer un système de production porcine réduisant les émissions d'odeur à la source tout en facilitant la gestion du phosphore et de l'azote.

Un concept d'enclos remplaçant la partie lattée d'un parc en croissance-finition par un CAC incliné a effectivement été développé. Il avait pour objectif de séparer les fèces de l'urine sur le plancher et d'évacuer ces deux composantes de façon continue, tout en assurant le bien-être des porcs. L'efficacité du CAC à isoler le phosphore et l'azote dans les phases liquide et solide des déjections, respectivement, a été mesurée. Enfin, les émissions d'odeur et d'ammoniac de deux salles expérimentales, l'une équipée d'un système de CAC et l'autre d'un planché latté conventionnel où le lisier s'accumule à l'intérieur de la salle, ont été mesurées et comparées.

Selon les résultats obtenus, les constats suivants peuvent être faits :

- L'utilisation du CAC n'affecte pas de façon négative les performances animales;
- Le CAC n'a pas d'impact négatif sur le comportement des animaux et il favorise le maintien de la propreté du parc;
- Son utilisation permet de concentrer de 52 à 90% du phosphore et de 24 à 54% de l'azote dans un solide représentant entre 20 et 38% de la masse d'un lisier non séparé;
- Les concentrations et les émissions de NH_3 et de CO_2 ne sont pas réduites de façon significative par l'utilisation du CAC;
- Les résultats obtenus ne permettent pas de conclure en une réduction des concentrations et des émissions d'odeur liées à l'utilisation du CAC.

Ces résultats ne permettent pas de confirmer l'hypothèse 1 à l'effet que la séparation des fèces et de l'urine à l'aide d'un CAC permettra de concentrer approximativement 80% du phosphore et près de 60% de l'azote total dans une phase solide des déjections qui aura une teneur en matière sèche de plus de 25%. Pour la plupart des essais, l'efficacité de séparation du phosphore était supérieure à 80%, mais quelques essais ont présenté des efficacités moindres. Cependant, dans tous les cas, le pourcentage de matière sèche était au-delà de 25%. En ce qui concerne la qualité de l'air, la séparation des fèces et de l'urine, leur extraction rapide et la réduction de la surface de contact entre l'air et les surfaces souillées (remplacement des lattes par une surface plane imperméable) n'ont pas permis une réduction des émissions d'odeur du bâtiment de l'ordre de 70%.

Les importants volumes d'eau utilisés par le CAC actuel réduisent les avantages obtenus par l'efficacité d'isolation du phosphore dans une phase solide de faible masse. Cette augmentation du volume à gérer constitue un inconvénient du système qui le rend moins attrayant pour un producteur même en situation de surplus de lisier. En se basant sur les résultats obtenus, le concept continue tout de même de montrer un potentiel intéressant à certains égards et seuls des travaux futurs complétés dans une gamme plus étendue de conditions avec une deuxième génération du prototype procureront une évaluation globale du concept de base.

7 Références

- Aarnink, A.J.A., van den Berg, A.J., Keen, A., Hoeksma, P. and Verstegen, M.W.A. 1996. Effect of slatted floor area on ammonia emission and on the excretory and lying behaviour of growing pigs. *J. Agric. Eng. Res.* 64 : 299-310.
- Aarnink, A.J.A. and A. Elzing. 1998. Dynamic model for ammonia volatilization in housing with partially slatted floors, for fattening pigs. *Livestock Production Science* 53(2) : 153-169.
- Association française de normalisation (AFNOR). 2003. Norme NF EN 13725. AFNOR, 93571 Saint-Denis La Plaine Cedex. 65 pages.
- American Society for Testing and Materials (ASTM), 1975 (ré-approuvé en 1997). ASTM E544: Standard practice for referencing suprathreshold odour intensity. Philadelphia, PA.
- American Society of Agricultural Engineers (ASAE). 2003. ASAE Standards - Standards engineering practices data. 50th Edition. American Society of Agricultural Engineers. 2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659 USA.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, inc. (ASHREA), 1992. Standard Methods for Laboratory Airflow Measurement, American Society of Heating, ANSI/ASHRAE 41.2-1987 (RA 92), Refrigerating and Air-conditioning Engineers, inc, Atlanta ISSN 1041-2336.
- Barber, E.M., L. Yu, S. Sokhasanj. 1988. A mathematical model of the airflow delivered by variable-speed propeller fans. ASAE Paper No. 88802. St. Joseph, Michigan : ASAE.
- Belzile, M., S. Godbout, A. Marquis, S.P. Lemay, I. Lachance and F. Pouliot. 2005. In-barn liquid/solid separation systems for swine manure : mass balance and separation efficacy. Poster presentation at the ASABE Annual International Meeting, July 17th to 20th, Tampa, Florida, USA.
- de Haer LCM, de Vries AG. 1993. Effects of genotype and sex on the feed intake pattern of group housed growing pigs. *Livest. Prod. Sci.*, 36 : 223-32.
- Dufour, V., F. Pouliot, B. Leclerc, S. Godbout, L-A. Larose, 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., Québec (Québec), Canada, 67 pages.
- Fraser, D. 1985. Selection of bedded and unbedded areas by pigs in relation to environmental temperature and behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 14 : 117-126.
- Fritschen, R.D. and Hogg, A. 1983. Preventing tail biting in swine. NebGuide G 75-246, Institute of Agriculture and Natural Resources, Lincoln, NE.

- Gilbertson, C.B., D.D. Schulte and C.J. Clanton. 1987. Dewatering screen for hydraulic setting of solids in swine manure. Transactions of the ASAE 30(1) : 202-206.
- Glancy, J.L., R.K. Adams. 1996. Applicator for sidedressing row crops with solid wastes. Transactions of the ASAE, 39(3): 829-835.
- 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 pages.
- Gonyou HW, Chapple RP, Frank GR. 1992. Productivity, time budgets and social aspects of eating in pigs penned in groups of five or individually. Appl. Anim. Behav. Sci., 34 : 291-301.
- Gonyou HW, Lou Z. 2000. Effects of eating space and availability of water in feeders on productivity and eating behavior of grower-finisher pigs. J. Anim. Sci., 78 : 865-70.
- Greenspan, L. 1977. Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. Journal of Research, National Bureau of Standards, 81(A). p. 89-96.
- 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.
- Jongebreur, A.A. 1981. Housing system and their influence on the environment. Environmental aspects of housing for animal production, Butterworths, London, UK : 423-436.
- Kroodsma, W. 1980. Separation of pig feces from urine using synthetic netting under a slatted floor. Livestock Waste : A Renewable Resource. ASAE : 419-421.
- Kroodsma, W. 1986. Separation and removal of faeces and urine using filter nets under slatted floors in piggeries. J. of Agric. Eng. Res., 34 :75-84.
- Landry, H., C. Laguë, M. Roberge. 2004. Physical and rheological properties of manure products. Applied Engineering in Agriculture. 20(3): 277-288.
- Littell, R.C., G.A. Lilliken, W.W. Stroup, R.D. Wolfinger, 1996. SAS System for mixed models. SAS Institute Inc. Cary, NC. 633 pages.
- Luescher, U.A., Friendship, R.M., Lissemore, K.D., McKeown, D.B. 1989. Clinical ethology in food animal practice. Appl. Anim. Behav. Sci., 22 : 191-214.
- Marchal, P. 2002. Le système de séparation liquide-solide sous la queue : un choix technologique raisonné. CRAAQ 2002, 3^e Colloque sur les bâtiments porcins – Le bâtiment en évolution! Mercredi 20 mars, p. 22-37.

- Milliken, G.A., D.E. Johnson, 2002. Analysis of messy data, volume III : Analyse of covariance. Chapman & Hall/CRC, New-York. 605 pages.
- Mohsenin, N.N. 1986. Physical properties of plant and animal materials, 2nd ed. New-York: Gordon and Breach.
- Ogink, N.W.M., H.C. Willers, A.J.A. Aarnink and I.H.G Satter. 2000. Development of a new pig production system with integrated solutions for emission control, manure treatment and animal welfare demands. Proceedings of the 1st International Conference on Swine Housing, 253-259. ASAE Publication 701P0001, Des Moines, Iowa, USA.
- O'Neill, D.H. and V.R. Phillips. 1991. A Review of the control of odour nuisance from livestock buildings : Part 1, Influence of the techniques for managing waste within the building. J. of Agric. Eng. Res. 50 : 1-10.
- SAS. 1998. SAS/STAT® User's Guide : Statistics (Version 7.0). SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Spoolder, H.A.M., Edwards, S.A., Corning, S., 2000. Aggression among finishing pigs following mixing in kennelled an unkennelled accommodation. Livest. Prod. Sci. 63, 121-129.
- Stewart, K.J., S.P. Lemay, E.M. Barber, C. Laguë and T. Crowe. 2004. Experimental manure handling systems for reducing airborne contamination of fecal origin. ASAE Paper No. 044132. St. Joseph, Michigan : ASAE.
- Van Kempen, T. 2003. Re-Cycle : A profitable swine production system with zero waste. In the Banff Pork Seminar proceeding : Advances in Pork Production, Vol. 14, 195-204. Department of Agricultural, Food and Nutritional Science, University of Alberta, Edmonton, AB, Canada.
- Voermans, J.A.M. and F. Van Poppel. 1993. Scraper systems in pig houses. In Livestock Environment IV, Proceedings of the 4th International Livestock Environment Symposium, 650-656. ASAE Publication 3-93. St-Joseph, MI : ASAE.
- Von Bernuth, R.D. 2001. Separate Ways/keeping manure solids and liquids apart benefits transport. Resource, Engineering and technology or a sustainable world, September 2001, 9-10.
- Weerd, H.A. van de, Docking, C. M., Day, J. E. L. and Edwards, S. E. 2005. The development of harmful social behaviour in pigs with intact tails and different enrichment backgrounds in two housing systems. Anim. Sci., 80 : 289-298.

8 Transfert des résultats

8.1 Intentions sur le potentiel de transfert des résultats ou des technologies

Les connaissances développées au long de ce projet ont été ou seront transmises au milieu par l'entremise de différents véhicules de communication. Plus précisément :

- Les résultats de recherche ont déjà été présentés lors d'un congrès international et lors d'un congrès provincial. Un résumé a également été soumis pour une conférence internationale qui aura lieu en septembre 2007;
- Il est prévu de préparer des articles de vulgarisation pour différents périodiques (Porc Québec, PSCI annual report ou Centred on Swine);
- Une porte ouverte pourra être organisée à la station de recherche de Deschambault afin de présenter le concept aux intervenants du milieu;
- Des conférences seront aussi présentées à des groupes de producteurs et intervenants en production porcine. Par exemple, deux conférences ont récemment été présentées dans lesquelles le responsable scientifique de ce projet a fait mention du système de CAC.

L'implication d'un fabricant d'équipements agricoles tel que Les Industries et Équipements Laliberté ltée dès le début du projet a sans doute constitué l'un des meilleurs moyens pour favoriser le transfert de la technologie. Comme le concept devra prendre d'avantage de maturité avant de pouvoir être recommandé sur le marché, le contexte est différent de ce qui avait été anticipé au départ. Par contre, si le système de CAC franchit des étapes ultérieures de développement au cours des prochaines années, cette compagnie serait logiquement en bonne position pour acheminer la technologie sur le marché.

8.2 Méthodes à mettre en place pour assurer le suivi d'un transfert efficace

Le transfert efficace de la technologie passe par l'amélioration des points faibles de celle-ci, soit l'utilisation réduite en eau et des coûts moindres d'implantation dans un bâtiment commercial. Premièrement, une analyse technico-économique complète reliée à l'utilisation du CAC dans un bâtiment commercial devra être réalisée afin de déterminer si cette technologie est viable à l'extérieur du laboratoire. Ensuite, l'optimisation du design devrait corriger les points faibles du CAC.

9 Diffusion des résultats

9.1 Rapports d'étape

Lemay, S.P., S. Godbout, R. Bergeron, B. Predicala, M. Belzile, A. Marquis, F. Pouliot, F. Rondeau, C. Laguë. 2005. Développement d'un nouveau concept d'enclos pour essais porcins « sans latte » permettant de séparer les déjections et de réduire les émissions gazeuses et odorantes. Rapport d'étape présenté au CORPAQ. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc., Québec, QC, Canada. Projet CORPAQ #704026. 14 pages.

Lemay, S.P., S. Godbout, R. Bergeron, B. Predicala, M. Belzile, A. Marquis, F. Pouliot, F. Rondeau, C. Laguë. 2005. Development of a new concept of enclosure for porcine breedings "without slats" allowing to separate the dejections and to reduce the gas and odorous emissions. Rapport d'étape présenté à la Cement Association of Canada. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc., Québec, QC, Canada. 14 pages.

9.2 Publications

Lemay, S.P., S. Godbout, R. Bergeron, M. Belzile, F. Pouliot, F. Rondeau, A. Marquis, B. Predicala, C. Laguë et A. Veillette. 2006. Un nouvel enclos porcin sans lattes pour séparer les déjections à la source et réduire les émissions. Compte rendu du Colloque sur la production porcine 2006 : Comment faire autrement? 7 novembre. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, p. 101-119.

Lemay, S.P., S. Godbout, R. Bergeron, M. Belzile, F. Pouliot, F. Rondeau, A. Marquis, B. Predicala and C. Laguë. 2006. A new housing system for grower-finisher pigs to separate feces from urine and to reduce odor and ammonia emissions. ASABE Paper 064149, St. Joseph, Michigan : ASABE.

Lemay, S.P., S. Godbout, R. Bergeron, M. Belzile, F. Pouliot, F. Rondeau, A. Marquis, B. Predicala and C. Laguë. 2006. A New Housing System for Grower-Finisher Pigs to Separate Feces from Urine and to Reduce Odour and Ammonia Emissions. In Proceedings of the Integrated Solutions to Manure Management National Conference and Exhibition III, March 9th and 10th, London, Ontario, Canada, 4A3.

9.3 Présentations orales

Lemay, S.P., S. Godbout, R. Bergeron, M. Belzile, F. Pouliot, F. Rondeau, A. Marquis, B. Predicala, C. Laguë et A. Veillette. 2006. Un nouvel enclos porcin sans lattes pour séparer les déjections à la source et réduire les émissions. Compte rendu du Colloque sur la production porcine 2006 : Comment faire autrement? 7 novembre. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, p. 101-119.

Lemay, S.P., S. Godbout, R. Bergeron, M. Belzile, F. Pouliot, F. Rondeau, A. Marquis, B. Predicala et C. Laguë. 2006. La séparation sous la queue, pour réduire les problèmes à la source. Présentation faite dans le cadre de l'assemblée générale annuelle de l'IRDA, 27 avril, Ste-Foy, QC.

Lemay, S.P., S. Godbout, R. Bergeron, M. Belzile, F. Pouliot, F. Rondeau, A. Marquis, B. Predicala and C. Laguë. 2006. A new housing system for grower-finisher pigs to separate feces from urine and to reduce odor and ammonia emissions. ASABE Paper 064149, St. Joseph, Michigan : ASABE.

Godbout, S. and S.P. Lemay. 2005. Welcome to IRDA : Deschambault Research Station. Presentation to a group of Danish visitors, October 28th, Deschambault, QC.

Annexe A : Les analyses chimiques

Tableau A1. Analyses chimiques complètes pour l'essai préliminaire réalisé à l'IRDA.

Semaine	Éch.	Phases	Analyses chimiques																	
			N total	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	pH	M.S.	Densité	Cendres	C/N
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	g/cm ³	%	
1	1	Lisier	5843	2929	1683	3586	1645	794	36,1	9,0	70,1	150	46,6	82	703	7,3	6,7	1,0	25,4	4,3
	2	Lisier	5758	2921	1627	3555	1494	774	35,0	7,1	67,6	144	45,1	79	693	7,3	6,4	1,0	25,6	4,1
	1	Urine	1234	888	92	740	71	58	2,2	2,7	2,9	7	1,6	4	156	8,4	0,5	1,0	45,9	1,1
	2	Urine	1235	909	91	756	73	57	2,5	3,4	3,0	8	1,7	4	162	8,4	0,4	1,0	43,1	1,0
	1	Fèces	11420	1500	7550	4790	8108	3180	160,6	8,0	317,2	651	212,9	354	618	6,2	30,8	1,1	17,9	11,1
	2	Fèces	11416	1326	8114	4303	9899	3409	164,7	4,4	345,9	695	233,1	390	624	6,1	29,7	1,1	17,6	10,7
	1	Eau lavage	1346	349	539	413	720	240	16,6	1,6	24,8	64	17,3	29	77	6,7	2,2	1,0	16,7	6,9
	2	Eau lavage	1258	340	499	408	590	222	14,0	1,7	23,3	55	15,9	27	78	6,7	2,0	1,0	14,2	6,9
2	1	Lisier	5837	-	1598	3423	1499	747	33,5	7,1	66,0	141	43,8	80	656	7,6	6,0	1,0	27,7	3,7
	2	Lisier	5855	-	1581	3408	1528	746	34,2	8,9	65,0	141	43,3	80	654	7,5	5,9	1,0	28,3	3,6
	1	Urine	1959	-	113	1105	85	67	3,3	2,1	3,0	9	1,6	4	237	8,7	0,6	1,0	56,0	0,6
	2	Urine	1953	-	115	1097	86	68	4,0	4,1	3,1	9	1,6	5	235	8,6	0,6	1,0	54,3	0,7
	1	Fèces	12351	-	8371	4869	9518	3597	166,0	11,9	371,3	702	245,7	427	651	6,3	30,2	1,1	19,1	9,9
	2	Fèces	12448	-	7909	4859	8701	3509	160,4	16,6	362,1	680	233,6	409	615	6,2	31,7	1,1	18,8	10,3
	1	Eau lavage	1092	-	405	500	453	182	12,2	3,3	18,0	42	11,7	21	102	7,2	1,3	1,0	25,4	4,5
	2	Eau lavage	1045	-	378	504	401	171	11,5	4,4	17,0	39	11,0	20	103	7,2	1,3	1,0	25,7	4,5

Tableau A2. Analyses chimiques complètes pour l'essai 1 réalisé à l'IRDA.

Semaine	Éch.	Phases	Analyses chimiques																	
			N total	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	pH	M.S.	Densité	Cendres	C/N
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	g/cm ³	%	
1	1	Lisier	10150	4005	2601	4981	3431	1113	66,1	11,5	90,8	233	70,9	129	841	6,7	13,8	1,0	20,0	5,4
	2	Lisier	10042	4006	2567	5135	3218	1122	66,4	13,6	93,9	239	70,5	127	860	6,8	13,8	1,0	19,7	5,5
	1	Urine	2095	1594	68	1185	145	68	2,4	4,4	1,6	8	1,0	3	195	8,4	0,6	1,0	51,4	0,7
	2	Urine	2099	1583	67	1178	147	68	2,5	4,5	1,8	10	0,9	3	192	8,5	0,6	1,0	60,0	0,6
	1	Fèces	12556	1306	6673	4189	7159	2591	147,6	11,4	243,9	573	198,7	337	996	6,2	25,2	1,1	16,4	8,4
	2	Fèces	12082	1479	6456	4470	7594	2657	134,3	10,9	242,1	621	193,4	338	765	6,2	25,1	1,1	16,9	8,6
2	1	Lisier	9813	3996	2454	4779	2915	1112	67,9	10,0	92,9	246	68,2	125	869	5,9	13,1	1,0	20,2	5,3
	2	Lisier	9782	3921	2457	4847	3042	1121	70,0	9,4	91,4	256	68,7	126	885	5,9	13,4	1,0	20,0	5,5
	1	Urine	1976	1284	73	1338	172	69	2,6	4,2	2,3	11	1,4	4	212	8,2	0,7	1,0	63,2	0,6
	2	Urine	1954	1285	70	1314	169	67	3,4	4,3	2,2	11	1,3	4	211	8,3	0,6	1,0	55,4	0,7
	1	Fèces	12010	1497	6295	4170	7162	2786	145,4	10,4	252,6	606	187,0	340	712	5,7	25,9	1,0	16,9	9,0
	2	Fèces	12099	1541	6418	4250	6637	2745	124,5	6,9	254,2	606	203,4	338	726	5,7	26,3	1,0	16,8	9,0
3	1	Lisier	6965	3131	1925	3700	2017	891	42,5	5,3	77,0	155	54,2	99	711	6,8	8,7	1,0	22,6	4,8
	2	Lisier	6656	3088	1785	3647	1833	844	41,4	7,0	72,8	160	50,9	93	698	7,0	8,2	1,0	23,4	4,7
	1	Urine	2301	1706	80	1667	181	78	2,2	3,4	2,8	12	1,5	4	283	8,5	0,9	1,0	55,9	0,9
	2	Urine	2321	1719	81	1672	183	79	2,0	3,4	2,8	13	1,6	4	284	8,4	0,9	1,0	53,8	0,9
	1	Fèces	11488	1449	7676	4449	4666	3259	91,7	3,7	309,4	425	224,1	390	907	6,0	27,7	1,0	17,4	9,9
4	1	Lisier	7004	3264	1950	3790	2053	871	40,7	7,0	77,1	169	52,8	99	739	7,0	8,6	1,0	22,4	4,7
	2	Lisier	7063	3339	1868	3778	1911	863	40,8	6,5	75,2	166	52,0	95	740	7,0	8,5	1,0	22,5	4,7
	1	Urine	2487	1808	94	1804	169	84	2,2	5,3	3,8	18	1,9	5	348	8,6	1,0	1,0	54,0	0,9
	2	Urine	2423	1808	89	1800	162	82	2,6	5,6	3,7	17	1,9	5	349	8,5	1,0	1,0	54,9	0,9
	1	Fèces	11102	1280	6674	4220	5022	2908	79,0	3,8	288,6	361	198,2	347	833	5,9	27,1	1,0	16,9	10,1
	1	Eau lavage	3357	924	1472	1744	1526	702	34,7	3,7	58,4	153	43,1	84	354	7,0	5,9	1,0	21,2	6,9
	2	Eau lavage	3495	953	1599	1811	1600	753	37,6	3,9	61,8	166	46,4	87	365	7,1	6,2	1,0	20,6	7,1

Tableau A3. Analyses chimiques complètes pour l'essai 2 réalisé à l'IRDA.

Semaine	Éch.	Phases	Analyses chimiques																	
			N total	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	pH	M.S.	Densité	Cendres	C/N
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	g/cm ³	%	
1	1	Lisier	5703	2624	1343	2984	1432	657	29,1	7,2	57,5	127	38,8	74	596	6,9	6,3	1,0	23,4	4,2
	2	Lisier	5703	2701	1424	3029	1582	705	31,2	7,7	62,2	137	41,3	78	602	7,0	6,5	1,0	23,2	4,4
	1	Urine	1963	1412	30	1393	150	74	2,4	6,4	1,2	8	0,6	2	291	8,5	0,8	1,0	55,7	0,9
	2	Urine	1965	1407	33	1386	173	76	2,1	5,1	1,4	9	0,7	2	288	8,5	0,8	1,0	55,6	0,9
	1	Fèces	12252	1299	6856	3912	5691	2848	96,3	6,8	280,2	553	195,2	353	638	5,6	27,7	1,0	16,5	9,5
2		Lisier	6011	2825	1529	3441	1497	709	32,8	8,5	63,9	144	42,5	80	657	7,4	6,9	1,0	23,8	4,4
		Lisier	6346	2776	1731	3549	1674	803	35,8	7,2	72,3	158	48,4	91	675	7,3	7,5	1,0	23,0	4,6
		Urine	1812	1317	43	1271	126	66	2,7	6,6	1,6	10	0,8	3	276	8,5	0,7	1,0	54,1	0,9
		Urine	1806	1315	41	1274	119	65	2,3	6,0	1,5	10	0,8	2	275	8,5	0,7	1,0	55,4	0,9
		Fèces	13374	1232	7429	4307	6980	3141	91,8	6,3	316,5	364	204,7	386	639	5,7	29,8	1,1	15,7	9,4
3		Lisier	6669	3161	1613	3501	1642	736	32,7	7,2	66,9	153	45,3	83	664	7,0	6,6	1,0	25,2	3,7
		Lisier	6446	3154	1433	3461	1431	664	29,9	8,7	59,2	135	40,3	73	660	7,2	6,2	1,0	25,2	3,6
		Urine	1885	1389	58	1324	113	71	2,4	3,4	2,3	10	1,1	3	277	8,2	0,7	1,0	56,2	0,8
		Urine	1887	1393	55	1344	109	69	1,9	3,0	2,1	10	1,0	3	278	8,3	0,7	1,0	58,0	0,7
		Fèces	12379	1623	6729	4218	4439	2899	100,3	5,0	295,9	428	188,1	348	629	5,6	28,2	1,1	16,3	9,5
4		Lisier	6146	2971	1471	3260	1439	695	29,8	9,7	62,8	134	41,7	76	620	7,3	5,7	1,0	26,9	3,4
		Lisier	6174	2935	1545	3216	1592	737	32,8	16,5	65,3	143	44,2	79	615	7,3	6,1	1,0	25,7	3,7
		Urine	2115	1598	56	1416	106	75	3,4	6,7	1,9	10	1,0	3	296	8,4	0,7	1,0	57,6	0,7
		Urine	2131	1612	59	1423	115	78	2,8	6,1	2,2	11	1,0	3	296	8,4	0,7	1,0	56,7	0,8
		Fèces	13747	1676	7540	4917	5682	3194	101,4	8,3	325,1	409	211,0	394	759	5,7	30,9	1,1	16,5	60,5
		Eau lavage	2122	754	707	1423	801	330	18,3	3,3	30,3	88	21,2	39	292	6,9	3,1	1,0	23,1	5,6
	Eau lavage	2168	749	738	1412	851	340	20,2	4,8	32,9	93	22,0	42	291	7,0	3,2	1,0	23,0	5,6	

Tableau A4. Analyses chimiques complètes pour l'essai 3 réalisé à l'IRDA.

Semaine	Éch.	Phases	Analyses chimiques																	
			N total	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	pH	M.S.	Densité	Cendres	C/N
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	g/cm3	%	
1	Lisier		6941	3177	1666	3333	1728	812	36,9	4,3	76,4	165	49,9	92	619	7,0	7,4	1,0	23,3	4,1
	Lisier		13605	1391	7325	4840	7370	2980	157,1	10,0	298,5	737	221,0	383	698	5,6	31,1	1,1	17,1	9,5
	Urine		2892	2086	50	2029	181	125	2,0	4,6	1,8	13	1,0	3	414	8,4	1,1	1,0	55,6	0,8
	Urine		2854	2070	50	2026	179	124	1,8	4,5	1,7	13	1,0	3	416	8,5	1,1	1,0	54,5	0,8
	Fèces		6626	3176	1601	3339	1746	783	34,4	4,6	73,6	154	48,8	92	627	7,0	7,1	1,0	23,5	4,1
2	Lisier		6882	3263	1752	3549	1732	842	36,2	5,0	76,3	167	51,4	96	680	7,0	7,5	1,0	23,5	4,2
	Lisier		13950	1312	7327	4630	7593	3019	171,0	14,0	302,4	587	206,5	377	715	5,6	30,2	1,1	16,7	9,0
	Urine		3443	2514	74	2290	153	116	1,8	4,8	1,7	10	0,9	3	485	8,6	1,2	1,0	56,3	0,7
	Urine		3497	2562	73	2283	151	116	1,4	4,5	1,7	10	0,9	3	481	8,7	1,1	1,0	57,5	0,7
	Fèces		6954	3258	1679	3564	1616	801	34,6	5,9	75,5	158	48,6	92	673	6,9	7,1	1,0	24,1	3,9
3	Lisier		6953	3393	1748	3528	1662	821	36,0	6,2	75,5	162	50,8	93	695	7,2	6,9	1,0	24,1	3,8
	Lisier		13958	1553	8258	4845	9652	3365	171,9	11,8	312,3	901	258,0	410	763	5,7	32,1	1,1	17,5	9,5
	Urine		3620	2500	93	2241	104	102	1,7	4,8	2,0	11	1,0	3	475	8,7	1,1	1,0	55,7	0,7
	Urine		3651	2541	99	2293	106	103	1,9	5,3	1,9	11	1,0	3	487	8,7	1,1	1,0	56,3	0,6
	Fèces		6753	3344	1642	3486	1528	773	33,0	4,9	69,6	151	46,8	86	690	7,2	6,5	1,0	24,9	3,6
4	Lisier		6423	3223	1525	3232	1457	704	29,6	5,3	63,8	138	42,6	77	619	7,3	6,2	1,0	24,5	3,6
	Lisier		6437	3216	1444	3172	1353	681	27,9	6,7	60,7	127	40,3	73	612	7,4	5,7	1,0	26,2	3,2
	Urine		3961	2745	142	2277	100	106	2,6	6,3	2,4	14	1,3	4	506	8,7	1,1	1,0	54,4	0,7
	Urine		3916	2651	139	2257	99	104	2,2	5,4	2,4	14	1,3	3	498	8,7	1,2	1,0	55,3	0,7
	Fèces		13569	1386	7910	4762	9989	3246	178,4	17,9	342,1	835	232,1	413	717	5,9	32,1	1,1	17,1	9,8
	Eau lavage		2524	956	822	1841	788	400	18,8	4,1	33,5	102	23,4	44	387	7,2	3,2	1,0	25,9	4,7
	Eau lavage		2606	972	879	1819	841	428	19,7	3,6	34,9	116	25,3	47	380	7,1	3,4	1,0	24,9	4,9

Tableau A5. Analyses chimiques complètes pour l'essai 4 réalisé à l'IRDA.

Semaine	Éch.	Phases	Analyses chimiques																	
			N total	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	pH	M.S.	Densité	Cendres	C/N
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	g/cm ³	%	
1	Lisier		7113	2953	1968	4115	1627	814	43,4	-	73,9	151	51,1	87	-	7,3	8,2	1,0	23,3	4,4
	Lisier		13187	911	7463	4672	5271	2989	116,8	-	298,7	384	206,8	340	-	5,6	30,2	1,1	15,5	9,7
	Urine		2828	1775	139	2015	99	80	1,8	-	1,4	19	0,9	2	-	8,4	1,0	1,0	57,9	0,7
	Urine		2790	1767	146	1995	101	83	2,0	-	1,6	20	1,0	3	-	8,4	1,0	1,0	56,6	0,8
	Fèces		6969	2951	1947	4058	1531	795	41,2	-	71,5	146	49,4	85	-	7,4	7,8	1,0	24,0	4,3
2	Lisier		4656	2169	1199	2344	968	495	26,6	-	44,8	91	31,4	55	-	7,1	4,0	1,0	26,4	3,2
	Lisier		12413	1163	7060	4316	5803	2887	151,0	-	292,3	510	203,4	333	-	5,5	29,4	1,0	15,5	10,0
	Urine		3179	2111	229	2251	78	75	2,2	-	1,5	16	0,9	2	-	8,3	1,0	1,0	58,8	0,7
	Urine		3188	2135	225	2240	75	74	2,3	-	1,4	16	0,8	3	-	8,5	1,1	1,0	58,9	0,7
	Fèces		4631	2180	1163	2368	968	491	25,9	-	45,1	90	31,2	53	-	7,2	4,0	1,0	26,6	3,2
3	Lisier		5930	2777	1461	2961	1191	600	32,6	-	54,8	110	39,1	65	-	7,1	5,5	1,0	25,5	3,4
	Lisier		12499	1443	7188	4522	7020	2978	186,1	-	310,5	616	217,2	354	-	5,7	30,0	1,1	15,6	10,1
	Urine		3365	2268	212	2075	72	74	2,6	-	1,4	9	0,8	3	-	8,6	1,0	1,0	58,5	0,6
	Urine		3358	2784	211	2054	73	74	2,8	-	1,5	10	0,8	2	-	8,6	0,9	1,0	58,1	0,6
	Fèces		6027	2863	1625	3061	1339	674	35,4	-	60,8	123	44,1	73	-	7,2	6,0	1,0	24,3	3,8
4	Lisier		7189	3568	1975	3649	1558	814	39,0	-	71,6	144	49,7	83	-	7,5	6,5	1,0	26,7	3,3
	Lisier		7084	3546	1851	3660	1470	745	38,1	-	68,4	136	46,5	78	-	7,3	6,5	1,0	26,2	3,4
	Urine		3079	2097	183	1906	82	80	3,7	-	1,8	12	0,9	3	-	8,6	0,9	1,0	57,7	0,6
	Urine		3130	2137	187	1890	83	85	3,0	-	1,8	14	1,0	3	-	8,6	0,9	1,0	57,7	0,6
	Fèces		12056	1324	7756	4822	7714	3115	192,3	-	339,5	678	231,1	381	-	5,8	30,8	1,1	15,3	10,8
	Eau lavage		1962	825	644	1381	537	285	17,1	-	24,7	73	17,5	31	-	7,3	2,2	1,0	27,2	4,1
	Eau lavage		1873	812	572	1383	464	251	14,8	-	22,2	63	15,4	27	-	7,4	1,9	1,0	30,4	3,5

Tableau A6. Analyses chimiques complètes pour les essais 1 et 2 réalisés au PSCI.

Essai	Semaine	Phases	Analyses chimiques																			
			N total	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	pH	M.S	Densité	Cendres	M.O.	C.O.	C/N
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	g/cm ³	%	%	%	
1	1	Lisier	12046	4558	2804	7467	3904	2039	71,6	14,0	36,3	253	63,3	110	1992	7,1	17,6	1,0	23,4	76,6	38,3	5,6
		Urine	4062	3043	17	1774	81	149	4,3	5,8	0,9	105	0,7	3	644	8,6	1,1	1,0	58,7	41,3	20,6	0,6
		Fèces	13840	1110	6034	6066	8043	3822	94,8	9,4	81,2	360	143,0	258	915	6,4	32,9	1,1	17,5	82,5	41,3	9,8
	2	Lisier	12458	4640	2956	6211	2803	1574	210,0	12,5	34,5	229	58,0	88	991	7,1	14,6	1,0	22,5	77,5	38,7	4,6
		Urine	3284	2520	17	988	33	93	4,4	4,9	0,2	20,3	0,1	2	265	8,6	0,7	1,0	47,5	52,5	26,3	0,6
		Fèces	14333	2302	4586	5466	6039	2866	219,0	6,7	80,9	434	134,0	245	803	6,4	27,0	1,1	21,3	78,7	39,3	7,4
	3	Lisier	15669	3605	3203	9275	3914	1839	226,0	12,1	53,2	319	69,8	125	2102	6,6	21,5	1,0	22,3	77,7	38,9	5,3
		Urine	5916	4291	151	2356	84	113	4,7	7,7	0,8	141	1,1	3	720	8,6	1,4	1,0	58,2	41,8	20,9	0,5
		Fèces	15330	1913	5714	6364	6459	3141	365,0	5,5	111,0	512	139,0	252	702	6,2	31,7	1,1	17,9	82,0	41,0	8,5
	4	Lisier	15395	5151	3024	7264	3237	1837	153,0	10,8	48,1	252	65,6	122	1621	6,7	20,2	0,9	21,1	78,9	39,5	5,2
		Urine	4278	3186	33	1686	66	93	4,5	6,4	0,8	69,9	0,6	3	532	8,5	1,0	1,0	58,2	41,8	20,9	0,5
		Fèces	13349	2535	4678	5321	5459	2754	217,0	6,7	80,3	443	114,0	205	810	5,9	27,9	1,1	16,9	83,1	41,5	8,7
Eau lavage		1985	1040	154	1859	306	100	8,4	4,7	4,9	106	5,0	9	505	7,4	1,6	1,0	39,3	60,7	30,3	2,4	
2	1	Lisier	9977	4065	2428	6169	3183	1425	61,2	14,4	42,9	208	65,0	110	1490	6,9	12,7	1,0	26,5	73,5	36,7	4,7
		Urine	6548	5292	132	3614	80	168	4,1	12,3	1,7	282	2,1	4	885	8,9	1,8	1,0	63,2	36,8	18,4	0,5
		Fèces	16737	2376	7481	5500	10627	3540	206,0	22,9	160,0	707	230,0	378	792	6,2	34,8	1,1	17,8	82,2	41,1	8,6
	2	Lisier	12175	5093	3185	8539	3565	1738	121,0	19,0	46,8	270	61,7	109	1792	6,8	14,8	1,0	27,0	73,0	36,5	4,5
		Urine	7969	6127	354	4631	142	245	7,0	14,7	2,8	177	3,0	6	1006	8,8	2,4	1,0	56,9	43,1	21,5	0,6
		Fèces	21073	3174	10319	7607	11576	4817	434,0	28,0	151,0	828	202,0	348	1151	5,9	39,3	1,1	18,7	81,3	40,6	7,6
	3	Lisier	8560	4144	1890	4909	2076	1113	62,1	7,4	41,5	200	58,4	100	1089	7,1	8,9	1,0	27,8	72,2	36,1	3,7
		Urine	5393	4438	81	2958	58	160	3,6	9,2	0,8	227	1,2	3	708	8,9	1,4	1,0	64,6	35,4	17,7	0,5
		Fèces	16990	2912	6952	6123	9334	3639	225,0	24,7	153,0	822	248,0	397	1018	6,0	33,9	1,1	19,9	80,1	40,1	8,0
	4	Lisier	9709	3973	2612	6380	3280	1501	68,6	10,3	47,4	272	75,9	127	1438	7,0	12,2	1,0	28,8	71,2	35,6	4,5
		Urine	6114	4999	120	3565	63	133	3,2	9,6	1,3	262	1,6	3	857	8,9	1,6	1,1	65,8	34,3	17,1	0,5
		Fèces	17855	2401	7696	5389	10174	3848	207,0	23,9	160,0	779	250,0	400	923	5,9	34,6	1,1	17,2	82,8	41,4	8,0
Eau lavage		6583	2487	1865	4625	2049	1048	71,6	5,7	32,7	327	45,2	74	1051	6,8	7,6	1,0	28,4	71,6	35,8	4,1	

Tableau A7. Analyses chimiques complètes pour les essais 3 et 4 réalisés au PSCI.

Essai	Semaine	Phases	Analyses chimiques																			
			N total	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	pH	M.S	Densité	Cendres	M.O.	C.O.	C/N
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	g/cm ³	%	%	%	
3	1	Lisier	11336	4909	2817	6361	2868	1553	68,0	10,2	39,8	186	53,3	94	1468	7,0	12,4	1,0	26,8	73,2	36,6	4,0
		Urine	7603	5291	694	4200	454	427	12,1	14,0	5,5	339	8,6	13	1027	8,7	2,8	1,0	55,1	44,9	22,4	0,8
		Fèces	17906	4515	6269	7184	8431	3343	309,0	39,0	102,0	631	133,0	228	1438	6,0	30,5	1,1	18,5	81,5	40,7	6,9
	2	Lisier	9685	4269	2129	4729	2834	1472	43,7	13,6	33,1	132	47,4	83	1162	7,1	12,1	1,0	23,7	76,3	38,1	4,8
		Urine	4995	3676	59	2582	145	107	7,4	14,9	2,0	181	1,9	4	679	8,7	1,4	1,0	56,4	43,6	21,8	0,6
		Fèces	17548	3467	6152	6801	9226	3791	209,0	41,0	109,0	643	152,0	277	1266	6,1	36,6	1,1	17,9	82,1	41,0	8,6
	3	Lisier	7641	3675	1635	3689	1372	1117	70,4	12,7	23,7	145	30,7	55	1065	7,0	8,4	1,0	23,7	76,3	38,2	4,2
		Urine	5078	3816	72	2335	79	77	7,0	13,0	1,6	118	1,4	3	863	8,7	1,3	1,0	60,2	39,8	19,9	0,5
		Fèces	15859	4205	5055	6149	6649	3473	208,0	39,0	87,2	609	120,0	210	1438	7,0	31,5	1,1	17,9	82,1	41,1	8,2
	4	Lisier	13504	5323	3207	7381	3315	1794	139,0	13,6	47,7	274	61,0	111	1618	6,8	16,6	1,0	22,3	77,7	38,8	4,8
		Urine	6631	4809	340	3923	245	223	7,4	15,2	2,8	265	4,0	6	889	8,8	2,0	1,0	60,6	39,4	19,7	0,6
		Fèces	17571	4499	5450	7025	6138	2989	211,0	38,1	92,1	389	115,0	196	1236	6,0	31,7	1,1	16,6	83,3	41,7	7,5
Eau lavage		4153	1281	1706	1261	1568	1131	41,8	4,2	25,7	391	38,2	74	316	6,8	6,8	1,0	22,2	77,8	38,9	6,4	
4	1	Lisier	15343	6117	3377	5044	2710	2187	104,0	25,3	38,0	364	62,9	106	1450	7,0	22,0	1,0	16,7	83,3	41,7	6,0
		Urine	1354	1039	27	767	54	76	3,2	6,5	0,7	173	1,2	2	291	8,3	0,5	1,0	54,7	45,3	22,7	0,9
		Fèces	15900	3726	4440	5647	4133	2869	144,0	13,7	57,3	971	90,8	145	1220	6,0	31,1	1,1	14,3	85,7	42,8	8,4
	2	Lisier	13976	6547	2464	5357	2726	1990	64,2	24,3	35,5	191	53,2	96	1319	7,3	16,8	1,1	20,0	80,0	40,0	4,8
		Urine	4180	3110	27	1644	72	207	3,9	9,7	0,8	163	1,1	3	492	8,7	1,1	1,0	52,5	47,5	23,8	0,6
		Fèces	13047	1863	4874	5079	5572	3115	122,0	10,1	67,1	440	104,0	184	973	6,0	33,9	1,1	15,2	84,8	42,4	11,0
	3	Lisier	11954	5590	2407	5217	3327	1762	48,4	23,0	37,0	146	55,8	102	1196	7,2	15,3	1,1	20,7	79,3	39,7	5,1
		Urine	3820	2929	14	1869	48	234	3,2	7,8	0,3	112	0,5	1	511	8,6	1,0	1,0	59,3	40,7	20,3	0,5
		Fèces	13326	1699	6347	5187	6720	3618	111,0	34,7	93,9	534	147,0	259	1207	6,2	34,5	1,1	14,7	85,3	42,6	11,0
	4	Lisier	13970	6549	2691	6523	2598	2028	114,0	31,6	49,1	208	64,1	115	1677	7,1	18,4	1,1	20,0	80,0	40,0	5,3
		Urine	4984	3730	22	2353	71	230	3,8	10,4	0,6	90,7	0,7	2	725	8,5	1,3	1,0	55,4	44,6	22,3	0,6
		Fèces	14050	1834	5855	5359	5511	3536	212,0	30,8	100,0	555	142,0	255	1129	6,0	33,7	1,1	14,7	85,3	42,6	10,2
Eau lavage		760	208	236	267	266	162	8,6	11,8	3,2	329	7,7	12	99	7,2	1,5	1,0	21,9	78,0	39,0	7,7	