
Évaluation technique et économique d'un système d'isolement des fèces avec courroie sous les lattes dans un bâtiment porcin commercial québécois

Rapport final

Par :

Valérie Dufour¹, M. Sc.
Francis Pouliot¹, ing.
Bertrand Leclerc², agr.
Stéphane Godbout³, Ph. D., ing., agr.
Louise-Andrée Larose⁴, agr.
Maryse Trahan⁴

Octobre 2005



-
- ¹ Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ)
² Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Direction régionale de la Chaudière-Appalaches (MAPAQ)
³ Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA)
⁴ Fertior, coopérative de fertilisation organique

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Répondant :

Francis Pouliot, ing.

Chargée de projet :

Valérie Dufour, M. Sc.

Responsable scientifique du projet :

Stéphane Godbout, Ph. D., ing., agr.

Collaborateurs :

Henri Guimont, agr.
Michel Côté
Sébastien Charest

ÉQUIPE DE RÉDACTION

Valérie Dufour, M. Sc.

Francis Pouliot, ing.

Stéphane Godbout, Ph. D., ing., agr.

Bertrand Leclerc, agr.

Maryse Trahan

Louise-Andrée Larose, agr

SITE EXPÉRIMENTAL

Ferme Porc S.B. inc. (Saint-Elzéar, Beauce)

REMERCIEMENTS

Outre l'implication du Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ), cette étude a été réalisée grâce au support financier des partenaires suivants : les Industries et Équipements Laliberté Ltée (IEL), le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ), la ferme Porc S.B. inc., le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), Direction régionale de la Chaudière-Appalaches, la Fédération des producteurs de porcs du Québec (FPPQ), l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA) et Fertior. Nous tenons à remercier M. Cécilien Berthiaume, producteur de porcs, qui a été l'hôte de ce projet. Merci également à MM. François Berthiaume et Sylvain Martel, employés de la ferme Porc S.B. Inc. pour leur aide tout au long de la réalisation des essais ainsi qu'à M. Denis Côté, agr., de l'IRDA, qui fut une source précieuse de renseignements.



Table des matières

SOMMAIRE	VIII
1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Contexte et problématique.....	1
1.2 Revue de littérature	2
1.2.1 Séparation à la source.....	2
1.2.2 Système de séparation à la source avec courroie.....	2
1.3 Hypothèses.....	3
1.4 Objectif général	3
1.5 Objectifs spécifiques.....	3
2 MATÉRIEL ET MÉTHODE	4
2.1 Bâtiment et animaux	4
2.1.1 Description du site expérimental.....	4
2.1.2 Description du système d'isolement des fèces avec courroie.....	5
2.2 Méthodologie	6
2.2.1 Déroulement général	6
2.2.2 Échantillonnage de la fraction solide.....	6
2.2.3 Échantillonnage de la fraction liquide.....	8
2.2.4 Qualité et quantité d'eau d'abreuvement et d'aliment.....	8
2.3 Approches utilisées pour établir les différents bilans et calculs	10
2.3.1 Équations utilisées pour établir l'efficacité d'isolement.....	10
2.3.2 Équations utilisées pour établir les paramètres zootechniques	10
2.3.3 Bilan agronomique.....	11
2.3.4 Bilan économique	11
2.4 Statistique.....	12
3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	13
3.1 Qualité et quantité d'eau et d'aliments	13
3.2 Quantité de déjections	14
3.3 Efficacité d'isolement	15
3.3.1 Efficacité d'isolement globale des éléments fertilisants.....	15
3.3.2 Efficacité d'isolement en fonction de la courroie	16
3.3.3 Efficacité d'isolement en fonction du nombre de trous dans la courroie	17
3.3.4 Efficacité d'isolement en fonction de la fréquence de vidange	18
3.3.5 Analyse agronomique des échantillons.....	18
3.3.5.1 Concentrations des différentes fractions	18
3.3.5.2 Charge fertilisante	19
3.4 Potentiel agronomique des fractions.....	21
3.4.1 Hypothèse de calcul	21

3.4.2	<i>Fraction liquide</i>	22
3.4.2.1	<i>Le phosphore</i>	22
3.4.2.2	<i>L'azote</i>	25
3.4.2.3	<i>Le potassium</i>	25
3.4.2.4	<i>Autres éléments nutritifs</i>	27
3.4.2.5	<i>La matière organique</i>	27
3.4.3	<i>Fraction solide</i>	27
3.4.3.1	<i>Valorisation aux champs</i>	27
3.4.3.2	<i>Considérations agronomiques</i>	28
3.4.3.3	<i>Oligo-éléments</i>	28
3.4.3.4	<i>Application d'automne</i>	30
3.4.3.5	<i>Autres avenues de disposition</i>	30
3.4.4	<i>Synthèse</i>	31
3.5	<i>Étude technico-économique et financière</i>	32
3.5.1	<i>Paramètres du modèle</i>	32
3.5.1.1	<i>Paramètres reliés aux bâtiments et à la production</i>	32
3.5.2	<i>Coûts de rénovation et d'installation du système d'isolement des fèces avec courroie</i>	33
3.5.3	<i>Coûts d'entretien et de réparation</i>	35
3.5.4	<i>Coûts de disposition des fractions solide et liquide</i>	35
3.5.5	<i>Analyse financière : budget partiel</i>	35
3.5.5.1	<i>Impact de l'augmentation du coût des ententes d'épandage</i>	37
3.5.6	<i>Synthèse</i>	39
4	CONCLUSION	40
	RÉFÉRENCES	42

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Éléments analysés dans la fraction solide et liquide	7
Tableau 2 :	Éléments analysés dans les échantillons d'eau et de moulée.....	9
Tableau 3 :	Consommation d'eau.....	13
Tableau 4 :	Efficacité globale moyenne d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide	15
Tableau 5 :	Efficacité hebdomadaire moyenne d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide.....	16
Tableau 6 :	Concentration des éléments fertilisant dans la fraction solide en fonction de la fréquence de vidange (base sèche)	18
Tableau 7 :	Concentration des éléments fertilisants pour chaque fraction sur une base humide ¹	19
Tableau 8 :	Charge fertilisante du lisier selon les analyses pour les 28 jours de test.....	20
Tableau 9 :	Bilan alimentaire.....	20
Tableau 10 :	Caractérisation des matières organiques des fractions liquides.....	21
Tableau 11 :	Volumes annuels et caractéristiques des déjections à valoriser issus du bloc saillie de la ferme Porc S.B. inc.	21
Tableau 12:	Impact de la richesse des sols en phosphore et du type de lisier (Porc S.B. inc.) sur les superficies requises pour respecter les normes réglementaires 2010	23
Tableau 13 :	Impact de la richesse des sols en phosphore et du type de lisier sur les superficies requises pour le respect des normes réglementaires de 2010 selon les valeurs de référence du CRÉAQ	24
Tableau 14 :	Impact de la valorisation d'engrais organiques sur les besoins en éléments fertilisants d'une prairie ¹ de graminées en saison de croissance (manque (-) ou excédent) en respectant les abaques	26
Tableau 15 :	Application de lisier brut recomposé (Porc S.B. inc.) et de la fraction solide sur une prairie de graminées sur sol pauvre en phosphore et impact sur les apports en éléments fertilisants (manque (-) ou excédent) et les dépôts en cuivre et zinc	29
Tableau 16 :	Caractéristiques des fumiers	30
Tableau 17 :	Liste des paramètres du modèle de production	32
Tableau 18 :	Comparaison des coûts de rénovation pour une gestation de 388 places	34
Tableau 19 :	Analyse financière relative à la présente étude.....	36
Tableau 20:	Budget partiel	37
Tableau 21 :	Impact projeté sur la trésorerie dû à la gestion de la fraction solide et liquide en fonction du coût actuel de disposition du lisier brut et selon le mode disposition de la fraction solide	38

Liste des figures

Figure 1 : Ferme Porc S.B. inc.	4
Figure 2 : Vue intérieure de la chambre.....	4
Figure 3 : Système d'alimentation de type Falcon	5
Figure 4 : Valve à diaphragme VR-H.....	5
Figure 5 : Vue du système de courroie isolatrice installée à la ferme Porc S.B.	5
Figure 6 : Bac de collecte de la fraction solide	6
Figure 7 : Cellule de charge (Dyna-Lynk MSI-7200).....	7
Figure 8 : Vue d'ensemble du montage.....	7
Figure 9 : Vue de la procédure de pompage et de collecte de la fraction liquide	8
Figure 10 : Compteur d'eau.....	9
Figure 11 : Consommation journalière moyenne d'eau par truie dans chaque section	14
Figure 12 : Évolution des quantités et proportions des fractions solide et liquide collectées.....	14
Figure 13 : Quantité de solide recueillie sur les courroies A et B.....	16
Figure 14 : Teneur en matière sèche de la fraction solide et consommation quotidienne d'eau.	17

Liste des annexes

Annexe A – Rapport préliminaire de Fertior.....	43
Annexe B – Schéma du bloc saillie	53
Annexe C – Ingrédients et analyse des diètes alimentaires servies chez Porc S.B. inc.....	57
Annexe D – Analyse de l'eau de consommation.....	61
Annexe E – Bilan alimentaire	65

Échéancier du projet

Étapes	Échéanciers	Personnes impliquées
Élaboration du protocole d'exécution, planification des essais et commande du matériel requis pour les essais	13-19 octobre 2004	Valérie Dufour Francis Pouliot Stéphane Godbout Henri Guimont
Installation du système de prise de mesures et mise en place du protocole	28 octobre 2004	Valérie Dufour Henri Guimont Michel Côté Francis Pouliot
Début des essais à la ferme Porc S.B. inc.	2 novembre 2004	Valérie Dufour Michel Côté Sébastien Charest
Fin des essais	30 novembre 2004	
Analyses des échantillons en laboratoire	30 novembre 2004 au 15 janvier 2005	Pierre Audesse
Analyse des résultats et rédaction du rapport final	Avril 2005	Valérie Dufour Francis Pouliot Stéphane Godbout Bertrand Leclerc Maryse Trahan Louise-Andrée Larose
Article dans Porc Québec	Mai 2005	Valérie Dufour Francis Pouliot Stéphane Godbout Bertrand Leclerc Maryse Trahan Louise-Andrée Larose

SOMMAIRE

L'efficacité d'un système d'isolement des déjections avec une courroie installée sous les lattes et permettant d'isoler à la source les fèces et l'urine a été évaluée sur quatre semaines consécutives. Le système de séparation avec courroie a été testé dans une section de gestation (bloc saillie) contenant 388 truies. Globalement, ce système a permis de concentrer en moyenne 94 % du phosphore, 31 % de l'azote total et 25 % du potassium dans une fraction solide dont la teneur en matière sèche a été de 28 %. La fraction solide représentait 8 % de la masse totale des déjections (eaux de lavage et précipitations non comprises). La teneur en éléments fertilisants de la fraction solide n'a pas été affectée par la fréquence de vidange (24 h comparé à 72 h).

Les fractions solide et liquide possèdent des caractéristiques agronomiques intéressantes pour la valorisation agricole répondant à des besoins spécifiques de fertilisation. Pour un sol riche en phosphore, l'épandage de la fraction liquide issue du système de courroie requiert 46 % de superficie de terre en moins comparativement au lisier conventionnel.

Les coûts de rénovations supplémentaires du système de courroie sont évalués à 222,76 \$ par place.truie comparativement à la rénovation d'un bâtiment standard. La structure d'entreposage pour la fraction solide représente près de 46 % de ce montant.

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

Le secteur porcin québécois, comme celui de plusieurs autres pays, subit des pressions pour développer et mettre en place des pratiques de production plus durables et respectueuses de l'environnement. Afin de répondre aux inquiétudes de la population et de favoriser la cohabitation harmonieuse avec le milieu agricole, le gouvernement a imposé des mesures telles que l'implantation de la réglementation sur les exploitations agricoles (REA), l'imposition d'un moratoire sur la production porcine et la tenue récente d'audiences sur la production porcine par le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE). Ainsi, depuis le 15 juin 2002, les entreprises agricoles du Québec sont plongées dans un nouveau contexte réglementaire visant la protection des ressources sol, air et eau, dans un contexte d'agriculture durable. Parmi les mesures proposées, le règlement sur les exploitations agricoles (REA) prévoit une démarche spécifique pour la valorisation agroenvironnementale des effluents d'élevage aux champs. Les entreprises agricoles bénéficient d'un échéancier les menant jusqu'en 2010 afin de gérer la totalité des déjections selon des règles bien précises visant l'équilibre du phosphore dans les sols. De plus, à la recommandation 44 du rapport du BAPE, la Commission recommande d'accroître les efforts de recherche et de développement des connaissances pour améliorer la gestion des fumiers et des lisiers. Elle est d'avis qu'il est nécessaire d'encourager la concertation entre les principaux acteurs et de favoriser le transfert technologique de même qu'une meilleure diffusion des connaissances dans le milieu (BAPE, 2003).

Dans ce contexte, considérant l'impact économique et social de ce secteur d'activité, il est impératif de développer des solutions à court et à moyen termes pour gérer les surplus d'effluent d'élevage et pour réduire les émissions d'odeur et de gaz de cette production agricole afin de favoriser une meilleure cohabitation avec le voisinage. D'ailleurs, les exigences réglementaires auxquelles sont soumises les exploitations agricoles et la problématique d'enrichissement des sols en phosphore dans les zones de forte concentration des élevages amènent les entreprises à rechercher des produits fertilisants de plus en plus spécifiques aux besoins de leurs sols et de leurs cultures.

Au début des années 80, la gestion liquide des déjections s'est développée afin de réduire les coûts en main-d'œuvre et en capital dans les bâtiments (Jongebreur, 1981). Ce type de gestion comporte cependant certains désavantages tels que la formation d'un lisier difficile à gérer sur le plan agronomique puisqu'il contient une concentration trop élevée en phosphore comparativement aux autres éléments fertilisants dont l'azote. D'ailleurs, beaucoup d'entreprises porcines ne possèdent pas suffisamment de terre pour valoriser tout le lisier produit et doivent avoir recours à des ententes d'épandage. De plus, le lisier dégage des gaz et des odeurs dans le bâtiment et, selon les systèmes de gestion des déjections, il y a des risques d'accumulation des solides.

Dans le but de résoudre cette problématique, plusieurs approches ont été étudiées dont, entre autres, la séparation de phases sous les lattes et l'évacuation rapide des phases liquide et solide des déjections à l'extérieur du bâtiment. La séparation des fractions liquide et solide des déjections semble faciliter la gestion et la manutention de composés fertilisants importants du lisier : le phosphore, l'azote, le potassium et les métaux. D'ailleurs, la séparation par courroie permet la valorisation de deux produits ayant des propriétés bien distinctes.

1.2 REVUE DE LITTÉRATURE

1.2.1 Séparation à la source

L'intérêt d'isoler à la source les fèces et l'urine provient du fait que 94 % du phosphore se retrouve dans les fèces, alors que l'urine en contient seulement 6 % (von Bernuth, 2001). Selon Hamel et al. (2004), lors d'essais menés par le CDPQ et l'IRDA au Michigan State University dans un engraissement, un système de séparation à la source a permis, en moyenne, de concentrer 91 % du phosphore, 66 % de l'azote totale, 60 % du potassium et plus de 95 % des métaux dans une fraction solide représentant 42 % de la masse totale des déjections et ayant 34 % de matière sèche.

De plus, Marchal (2002) a étudié un système de tamis métalliques sous les lattes en engraissement et a pu ainsi isoler 90 % du phosphore, 55 % de l'azote et 45 % du potassium dans une phase solide ayant une teneur en matière sèche de 25 %. Toujours en engraissement, van Kempen et al. (2003) ont évalué qu'un système d'isolement avec des courroies inclinées sous les lattes, a permis d'isoler jusqu'à 93 % du phosphore dans une phase solide ayant une teneur en matière sèche allant jusqu'à 52 %. De même, les résultats obtenus par Elmer et al. (2001) avec un système à courroie inclinée ont permis de démontrer que la fraction solide contenait 91 % du phosphore, 26 % de l'azote et 58 % du potassium rejetés par des porcs en engraissement. Selon Kaspers et al. (2000), la fraction solide issue d'un système à courroie inclinée contiendrait de 50 à 80 % de matière sèche. Et, toujours selon ces derniers, la durabilité d'un système de courroie aurait été testée au Pays-Bas et la durée de vie de la courroie serait de 5 à 10 ans. Le système d'isolement des fèces avec courroie évalué dans le présent projet a déjà fait l'objet d'un essai préliminaire en gestation. Le test préliminaire, dirigé par Fertior (Larose et Trahan, 2004), a permis de concentrer 91 % du phosphore et 30 % de l'azote dans une fraction solide ayant en moyenne 29 % de matière sèche (rapport en annexe A).

Peu volumineuse, la fraction solide issue de la séparation des déjections peut être transportée sur une plus grande distance pour être valorisée au champ, être exportée vers d'autres terres réceptrices, être expédiée vers des centres de compostage ou des usines régionales de traitement. Alors que, la phase liquide, beaucoup plus pauvre en phosphore mais contenant toujours une bonne proportion d'azote, peut être appliquée sur une plus petite surface de terre. Au Pays-Bas, une expérimentation effectuée par Kroodsmas (1986) avec un système de séparation fèces-urine, a démontré que l'application d'urine sur les prairies permettait une augmentation des apports de 35 à 50 % sur des champs cultivés par rapport au lisier conventionnel. Selon Hamel et al. (2004), la réduction du volume et de la charge fertilisante de la fraction liquide avec un système de séparation à la source en engraissement nécessiterait quatre à cinq fois moins de terre pour une culture de maïs-grain. Finalement, les deux phases peuvent aussi ultérieurement servir d'intrant à un procédé de traitement.

1.2.2 Système de séparation à la source avec courroie

À la lumière de l'information disponible dans la littérature, le concept de séparation des fèces et de l'urine à la source sous les lattes semble être une alternative simple et efficace afin de solutionner les problèmes liés aux surplus de phosphore et à la cohabitation. Actuellement, quelques résultats fragmentaires en engraissement sont disponibles au North Carolina State University (NCSU) pour un modèle de système d'isolement à courroie inclinée (van Kempen et al., 2003). Ces résultats sont basés sur des mesures prises lors de deux essais avec 80 porcs par essai dont le poids d'entrée était de 25 kg et le poids de sortie de 55 kg. Or, ces essais ont été

menés avec un nombre peu élevé de porc et uniquement sur une partie de la période d'engraissement, puisqu'au Québec en général, le poids d'élevage en croissance finition varie de 20 à 107 kg. Par ailleurs, en novembre 2004, il semble qu'un seul système à courroie à l'état commercial existait en Amérique du Nord, soit celui de la ferme Porc S.B. inc.

Étant donné la simplicité d'installation et d'opération du système et de son efficacité la courroie isolatrice semble intéressante. Toutefois, des essais doivent être effectués sur le système, afin de mesurer sa performance et d'évaluer plus précisément les coûts associés à son installation. De plus, jusqu'à ce jour, aucune donnée sur les performances d'un système d'isolement des fèces n'est disponible dans la littérature pour les sections gestation ou mise bas. De plus, il est important de connaître la variabilité des performances (écarts-types) de l'isolement du phosphore afin d'en valider la constance.

1.3 HYPOTHÈSES

Sur la base des divers résultats observés dans la littérature et des résultats préliminaires obtenus par Fertior (Larose et Trahan, 2004), le système de séparation à courroie devrait permettre de renfermer 90 % du phosphore et 30 % de l'azote dans une fraction solide ayant plus de 29 % de matière sèche.

1.4 OBJECTIF GÉNÉRAL

Effectuer une évaluation technique et économique d'un système d'isolement des solides et liquides à courroie sous les lattes dans un bâtiment porcin commercial québécois.

1.5 OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

- Établir un bilan massique des phases liquide et solide afin de déterminer l'efficacité de séparation d'un système d'isolement des fèces avec courroie;
- Caractériser le contenu des fractions solides et liquides en éléments fertilisants pour un bâtiment de type gestation;
- Évaluer l'efficacité du système à isoler le phosphore dans la fraction solide des déjections;
- Évaluer l'impact environnemental de la gestion des fractions solide et liquide pour une gestation;
- Évaluer l'impact économique relatif à l'implantation du système de courroie en gestation.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 BÂTIMENT ET ANIMAUX

2.1.1 Description du site expérimental

Le projet s'est déroulé à la ferme Porc S.B. inc. situé à Saint-Elzéar en Beauce. Il s'agit d'un bâtiment de type « naisseur » d'une capacité de 1 100 truies logées dans des cages individuelles.



Figure 1 : Ferme Porc S.B. inc.

Les essais ont été réalisés dans une chambre de la section gestation, le bloc saillie, contenant quatre rangées de cages pour un total de 388 places (figure 2). Un plan de la chambre se trouve à l'annexe B. La chambre mesurait 12,19 m de large par 60,96 m de long et comportait deux dalots de 2,13 m par 60,35 m. Chaque dalot a donc été conçu pour évacuer les déjections de 197 truies. Les truies F¹ (Yorkshire x Landrace) présentes dans la chambre étaient de diverses parités et elles étaient soit en attente d'être saillies, soit en attente de confirmation de gestation.



Figure 2 : Vue intérieure de la chambre

La moulée gestation était distribuée par un système d'alimentation automatique de type Falcon à raison de 2,5 kg par truie par jour (figure 3). De plus, une moulée lactation, servie durant 7 à 12 jours après le sevrage, était distribuée manuellement au sol. Initialement, les truies recevaient 4,1 kg/jour, mais l'observation d'un gaspillage important de moulée retrouvée sur la courroie a donné suite, à partir du jour 8 de l'essai, à une réduction à 2,7 kg/jour pour le reste du test. La chambre était divisée en quatre sections au niveau de l'alimentation en eau, chacune approvisionnée par un conduit individuel. L'eau était disponible à volonté grâce à un système de flotte (valve à diaphragme VR-H; Rotecna, Agramut (Lleida), Espagne) maintenant le niveau

d'eau dans les auges constant (figure 4). La ventilation mécanisée était de type conventionnel avec des entrées d'air latérales sur un côté du bâtiment et des ventilateurs sur l'autre. La température ambiante visée était de 18°C et la photopériode dans la chambre était de 16 heures.



Figure 3 : Système d'alimentation de type Falcon



Figure 4 : Valve à diaphragme VR-H

2.1.2 Description du système d'isolement des fèces avec courroie

Dans chaque dalot, un convoyeur à courroie a été installé directement sous les lattes (figure 5). Les deux courroies de polypropylène de 2,13 m de large par 60,35 m de long chacune permettaient de recueillir la fraction solide des déjections. La fraction liquide s'écoulait dans le fond du dalot, grâce à trois rangées de trous au centre de la courroie. Le dalot permettait une accumulation du liquide et pouvait être évacué par la suite grâce à un système de drainage par gravité. Le convoyeur à courroie transportait le solide à l'une des extrémités du bâtiment. Par la suite, la fraction solide était évacuée, par un autre convoyeur à courroie, vers l'extérieur du bâtiment dans un endroit spécialement aménagé pour l'entreposage.

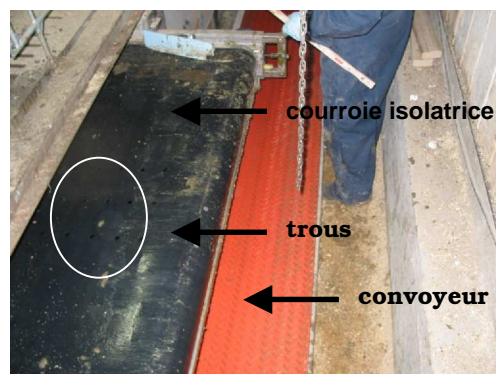


Figure 5 : Vue du système de courroie isolatrice installée à la ferme Porc S.B.

2.2 MÉTHODOLOGIE

2.2.1 Déroulement général

La période d'expérimentation a été de quatre semaines, soit du 2 au 29 novembre 2004. La pesée et l'échantillonnage de la fraction solide et liquide ont été effectués.

L'inventaire des truies, la température minimum et maximum et la consommation d'eau ont été notés à toutes les visites. Les températures ont été prises avec un thermomètre min/max placé au centre de la pièce. La consommation de moulée pour toute la durée du test a également été notée à partir des bons de livraison.

2.2.2 Échantillonnage de la fraction solide

Le 1^{er} novembre, les courroies ont été actionnées pour les nettoyer. Les solides accumulés ont été retirés et tout le liquide accumulé dans les deux dalots a été pompé afin de faire une mise à zéro pour marquer le début des essais.

Lors de l'expérimentation, les rejets solides sur chaque courroie ont été récupérés séparément cinq fois par semaine (lundi au vendredi). Les rejets solides, accumulés durant 24 h durant la semaine et 72 h durant les fins de semaines, ont été pesés et échantillonnés pour chaque courroie. Pour recueillir le solide, un bac déposé à l'extrémité de la courroie permettait de recueillir la fraction solide (figure 6). Une fois le bac plein, celui-ci était soulevé à l'aide d'un palan à chaîne couplé à une cellule de charge (Dyna-link MSI-7200, Measurement Systems International, Seattle, WA, USA) (figures 7 et 8) et la masse de la fraction solide était alors mesurée. Ce processus était répété jusqu'à ce que toute la fraction solide sur les courroies ait été pesée. Un échantillon représentatif de solide était pris dans chaque bac et tous les échantillons étaient combinés et mélangés afin d'obtenir qu'un seul échantillon composite par courroie. Les éléments contenus dans le solide, présentés dans le tableau 1, ont été analysés par le laboratoire de l'IRDA (Ste-Foy, QC, Canada).



Figure 6 : Bac de collecte de la fraction solide



Figure 7 : Cellule de charge (Dyna-Link MSI-7200)

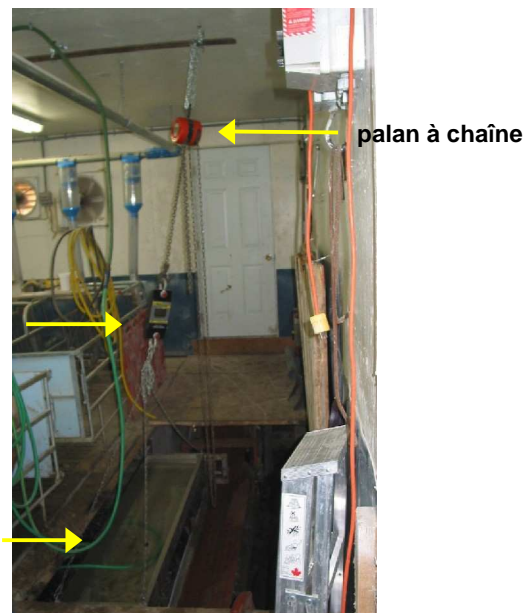


Figure 8 : Vue d'ensemble du montage

Tableau 1 : Éléments analysés dans la fraction solide et liquide

Caractéristiques	Abrév.	Unité	Solide	Liquide
Matière organique	MO	%	✓	✓
Carbone organique	CO	%	✓	✓
Matière sèche	MS	%	✓	✓
Azote total	N _{total}	mg/kg	✓	✓
Azote ammoniacal	N-NH ₄	mg/kg	✓	✓
Phosphore	P	mg/kg	✓	✓
Potassium	K	mg/kg	✓	✓
Calcium	Ca	mg/kg	✓	✓
Magnésium	Mg	mg/kg	✓	✓
Sodium	Na	mg/kg	✓	✓
Cuivre	Cu	mg/kg	✓	✓
Zinc	Zn	mg/kg	✓	✓
Manganèse	Mn	mg/kg	✓	✓
Aluminium	Al	mg/kg	✓	✓
Fer	Fe	mg/kg	✓	✓
Bore	B	mg/kg	✓	✓
Densité	ρ	g/cm ³	✓	✓
Rapport carbone/azote	C/N	-	✓	✓
pH	pH		✓	✓
Demande biologique en O ₂	DBO ₅	mg/l		✓
Demande chimique en O ₂	DCO	mg/l		✓
Solides Totaux	S.T.			✓

2.2.3 Échantillonnage de la fraction liquide

Les lundis matin, la fraction liquide accumulée durant 7 jours était pompée et échantillonnée. Un compteur (modèle Lecomte C-200, version LC-F, Les Compteurs Lecomte ltée, St-Hyacinthe, QC, CAN) a permis de mesurer la quantité de liquide produit au moment de la vidange par pompage. Durant la vidange du dalot, une valve installée sur le tuyau d'évacuation du liquide permettait de prélever l'échantillon de liquide aux fins d'analyse (figure 9). Afin de valider les mesures de volume, la hauteur de la colonne de liquide dans le dalot a été notée lors de chacune des visites. Les éléments contenus dans le liquide, présentés dans le tableau 1, ont été analysés par le laboratoire de l'IRDA (Ste-Foy, QC, Canada).



Figure 9 : Vue de la procédure de pompage et de collecte de la fraction liquide

2.2.4 Qualité et quantité d'eau d'abreuvement et d'aliment

Chacune des lignes d'arrivée d'eau a été équipée d'un compteur d'eau volumique C700 de marque ABB (ABB Water Meters inc., Ocala, FL, USA) (figure 10). La lecture des compteurs d'eau a été effectuée manuellement à chaque visite. Les quantités d'aliments distribuées ont été comptabilisées à partir des quantités initiales et finales d'aliments, estimés à l'œil, dans les deux silos desservant la chambre ainsi que par les bons de livraisons de moulée. Par ailleurs, des échantillons d'aliments et d'eau ont été pris une fois par semaine et analysés en laboratoire. L'eau d'abreuvement a été analysée par le laboratoire de l'IRDA (Ste-Foy, QC, Canada). Le Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD) (Deschambault, QC, Canada) a analysé les éléments contenus dans les moulées, sauf l'aluminium (Al), le fer (Fe) et le bore (B) qui ont été analysés par le laboratoire de l'IRDA (Ste-Foy, QC, Canada). Les différentes analyses réalisées sont résumées dans le tableau 2.



Figure 10 : Compteur d'eau

Tableau 2 : Éléments analysés dans les échantillons d'eau et de moulée

Caractéristiques	Abrév.	Unité	Moulée	Eau
Matière sèche	MS	%	✓	
Protéine brute	PB	%	✓	
Fibres au détergent acide	ADF	%	✓	
Fibres au détergent neutre	NDF	%	✓	
Azote total	N _{total}	%	✓	
Azote ammoniacal	N-NH ₄	%		✓
Phosphore	P	%	✓	✓
Potassium	K	%	✓	✓
Calcium	Ca	%	✓	✓
Magnésium	Mg	%	✓	✓
Sodium	Na	%		✓
Cuivre	Cu	mg/l	✓	✓
Zinc	Zn	mg/l	✓	✓
Manganèse	Mn	mg/l	✓	✓
Aluminium	Al	mg/l	✓	✓
Fer	Fe	mg/l	✓	✓
Bore	B	mg/l		✓
pH	pH	-		✓
Solides Totaux	S.T.	mg/l		✓
Solides Totaux, dissouts	S.T.D.	mg/l		✓
Solides Totaux, suspendus	MES	mg/l		✓
Carbonate	CO ₃	mg/l		✓
Bicarbonate	HCO ₃	mg/l		✓
Azote, Total Kjeldahl	N _{kjel}	mg/l		✓
Azote, Nitrate + Nitrite		mg/l		✓
Alcalinité		mg/l CaCO ₃		✓
Conductivité		µS/cm		✓
Dureté totale		mg/l CaCO ₃		✓
Chlorure		mg/l		✓

2.3 APPROCHES UTILISÉES POUR ÉTABLIR LES DIFFÉRENTS BILANS ET CALCULS

2.3.1 Équations utilisées pour établir l'efficacité d'isolement

Pour déterminer l'efficacité globale d'isolement de la courroie, l'équation 1 a été employée pour déterminer l'efficacité d'isolement pour la durée de la phase expérimentale pour un élément « n » dans une fraction « f ».

$$Eff (\%) = \frac{\sum_{i=1}^4 M_{f,n}}{\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=A}^B M_{S,n} + \sum_{i=1}^4 M_{L,n}} \times 100 \quad (1)$$

où :

- Eff = Efficacité d'isolement (%)
- M = Masse humide (kg)
- S = Fraction solide
- L = Fraction liquide
- n = Élément (N, P, K, etc.)
- f = Fraction (solide ou liquide)
- i = Semaine
- j = Jour de la semaine
- k = Courroie

En bref, l'efficacité correspond à la somme des masses de l'élément « n » dans la fraction « f » au choix pour les quatre semaines d'expérimentation divisée par la somme des masses de l'élément « n » dans la fraction solide (les masses des courroies A et B, pour les cinq jours d'échantillonnage par semaine durant les quatre semaines) plus la somme des masses de l'élément « n » dans la fraction liquide (les masses des semaines 1 à 4).

2.3.2 Équations utilisées pour établir les paramètres zootechniques

Pour déterminer la masse de déjections moyennes quotidiennes par truie pour une fraction « f », l'équation 2 a été utilisée:

$$\left(\frac{kg}{truie.jour} \right)_f = \frac{\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=A}^B M_f}{\sum_{j=1}^{28} T} \quad (2)$$

où :

- T = Nombre de truies en inventaire
- M = Masse humide (kg)
- f = Fraction (solide ou liquide)
- i = Semaine
- j = Jour de la semaine
- k = Courroie

L'équation 3 a permis de déterminer la consommation moyenne d'aliments et d'eau par truie par jour.

$$Cons_{truie.jour} = \frac{Cons_t}{\sum_{j=1}^{28} T} \quad (3)$$

où :

$Cons_t$ = Consommation totale (kg/porc)
 T = Nombre de truies en inventaire

La consommation quotidienne d'eau dans chacune des sections a été obtenue à l'aide de l'équation 4 :

$$Cons_{eau.section} = \frac{\sum_{i=1}^4 \sum_{s=1}^4 Cons_{eau}}{\sum_{l=1}^{28} T} \quad (4)$$

où :

$Cons_{eau}$ = Consommation eau (litre)
 i = Semaine
 s = Section
 l = Jour expérimental
 T = Nombre de truies en inventaire

2.3.3 Bilan agronomique

Après avoir pris connaissance des résultats d'efficacité de séparation et des analyses agronomiques des deux fractions, un bilan agronomique a été effectué. Le lisier de Porcs S.B. sera également comparé avec des valeurs de références québécoises soit le lisier du CRÉAQ. Bien que des données récentes issues des valeurs référence du CRAAQ soient disponibles pour évaluer les volumes de lisier produits, dans le cas présent, les données du CRÉAQ ont été utilisées puisque ces références fournissent des données bien spécifiques sur les unités de gestation contrairement au CRAAQ. Ainsi, le volume de lisier produit annuellement, a été calculé avec la valeur de référence pour la gestation de l'AGDEX de 1989 mais les concentrations en éléments fertilisants proviennent de l'AGDEX 538 de 1995 pour un lisier de maternité, soit les unités de gestation et de mise bas combinées. Les valeurs fertilisantes de la fraction liquide proviennent des valeurs fertilisantes du lisier brut selon le CRÉAQ auxquelles les moyennes d'efficacité d'isolement dans la fraction liquide retrouvée dans le tableau 3 ont été appliquées.

2.3.4 Bilan économique

Un bilan économique a été fait à partir des résultats obtenus suite à la réalisation du bilan agronomique. L'objectif de cette section économique est de démontrer les étapes à suivre pour une évaluation économique de ce type de technologie. Cette section présente l'impact économique lié aux coûts d'investissements pour l'installation d'un système d'isolement des fèces avec courroies séparatrices. L'étude économique présente l'analyse des coûts pour une section en gestation. Cette analyse des coûts est basée sur l'information fournie par les divers fournisseurs et l'entrepreneur en construction qui a effectué les travaux.

L'analyse technico-économique et financière de l'implantation d'un tel système dans une gestation portera sur :

- les coûts de rénovation et d'installation du système d'isolement des fèces avec courroie;
- les coûts d'entretien et de réparation;
- les coûts de disposition des fractions solide et liquide;
- les impacts sur le coût de production.

2.4 STATISTIQUE

Dans un premier temps, un bilan massique globale a été réalisé afin de vérifier si les quantités totales des différents éléments sont plausibles en considérant les besoins alimentaires des truies et les quantités d'eau et de moulée consommées. Par la suite, des statistiques descriptives ont été effectuées sur l'ensemble des données recueillies. Le débitmètre n'ayant pas fonctionné lors de deux pompages, les valeurs de masse pour la fraction liquide ont été estimées à partir de la surface du dalot et de la hauteur de la colonne de liquide dans le dalot. Selon les quelques données obtenues avec les deux méthodes, les valeurs calculées étaient supérieures à celles mesurées avec le débitmètre avec un écart moyen de 4,6 % (0,5 à 9,5 %). Les valeurs ont donc été corrigées afin de tenir compte de cette surestimation moyenne. Des problèmes d'ordre mécanique n'ont pas permis de considérer les données de la troisième semaine. L'évolution de la concentration des divers éléments a été regardée afin de vérifier s'il y avait un effet « semaine, courroie et nombre de trous » dans la courroie. Un test de T a été effectué sur les concentrations des différents éléments dans la fraction solide afin de comparer les deux courroies en fonction des fréquences de fonctionnement (24 h comparé 72 h) (SAS, 1999). Toutefois, il faut demeurer prudent dans l'interprétation des résultats des tests de T puisque qu'il y avait qu'une seule unité expérimentale par traitement.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 QUALITÉ ET QUANTITÉ D'EAU ET D'ALIMENTS

Durant l'expérience, 369 ± 12 truies par jour ont été présentes dans la chambre. La consommation totale d'aliments a été de 22 000 kg (15 tonnes de moulée gestation + 7 tonnes de moulée lactation) soit en moyenne 2,30 kg d'aliments par truie par jour. Ces moulées sont typiques des aliments offerts aux truies et l'analyse des diètes démontre que la composition des moulées a été constante tout au long de l'expérimentation. La composition et les résultats d'analyse des deux moulées sont en annexe C.

Les analyses de l'eau d'abreuvement des truies à la ferme démontrent que celle-ci est de très bonne qualité pour les porcs. Il s'agit d'une eau de type dure (plus de calcium et de magnésium que de sodium) très peu minéralisé selon la classification proposée par le NRC (1974), par conséquent les interactions avec la nutrition et la santé sont improbables. (Klopfenstein, C., communication personnelle, janvier 2005) (annexe D). Globalement, la consommation quotidienne d'eau a été de 15,85 l/truie (tableau 3), ce qui correspond aux données citées dans la littérature où le besoin quotidien en eau varie de 12 à 17 l pour une truie en attente de saillie et de 15 à 20 l pour une truie gestante (ITP, 2000).

Tableau 3 : Consommation d'eau

	Section				Global
	1	2	3	4	
Consommation totale pour la durée des essais (l)	43 702	39 134	26 326	43 417	152 579
Consommation quotidienne moyenne (l/jour/section)	1 561	1 398	940	1 551	5 450
Consommation moyenne quotidienne par truie (l/truie/jour)	15,60	17,13	13,25	17,43	15,85

Toutefois, dans la section 3, la consommation d'eau a été moins élevée car la flotte servant à maintenir le niveau d'eau constant dans l'auge était défectueuse (tableau 3). L'employé de ferme ouvrait manuellement l'arrivée d'eau afin de remplir les auges de cette section lorsqu'il constatait qu'elles étaient vides. Donc, dans ce cas, la consommation d'eau mesurée dépendait de deux facteurs, soit le niveau d'eau dans l'auge et du moment où l'employé de la ferme ouvrait l'arrivée d'eau (l'heure de distribution de l'eau n'a pas été notée). Ceci expliquerait le profil en « dents de scie » de la consommation journalière (figure 11). De plus, la gestion manuelle du niveau d'eau a entraîné une distribution insuffisante d'eau, et ce, principalement à la troisième semaine (jour 19, 20 et 21).

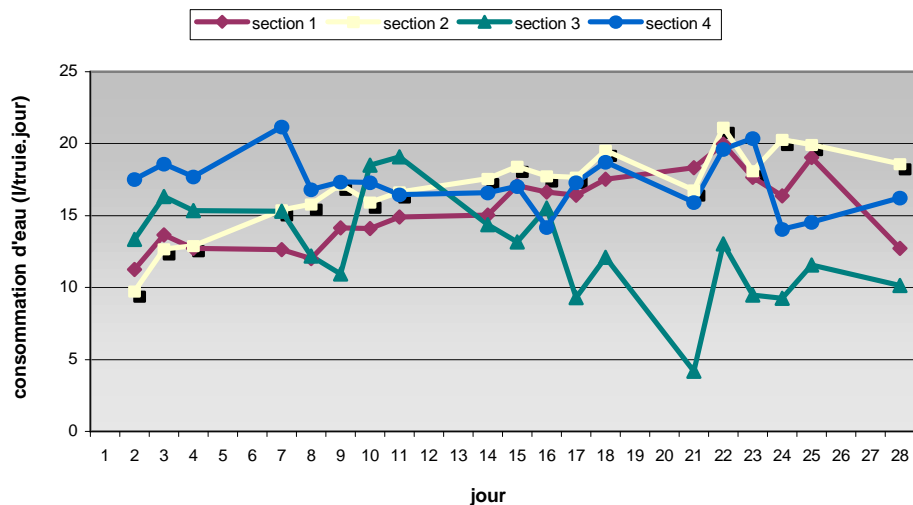


Figure 11 : Consommation journalière moyenne d'eau par truie dans chaque section

3.2 QUANTITÉ DE DÉJECTIONS

Globalement, la masse de déjection collectée a été de $1,06 \pm 0,05$ kg/truie.jour pour la fraction solide et de $11,86 \pm 0,28$ kg/truie.jour pour la fraction liquide, pour un total de 12,92 kg de déjections par truie par jour. La quantité de déjections (phase solide + phase liquide) produite représente 83 % de la quantité d'eau consommée, et correspond au résultat obtenu dans une étude de Levasseur et Courboulay (2001) où la proportion était de 80 %. Au cours des quatre semaines, la quantité de solide et de liquide produite fut constante (figure 12). Les fractions solide et liquide correspondaient en moyenne respectivement à 8 et 92 % la quantité totale des déjections collectées. La masse volumique moyenne de la fraction solide a été de $1,05 \text{ g/cm}^3$.

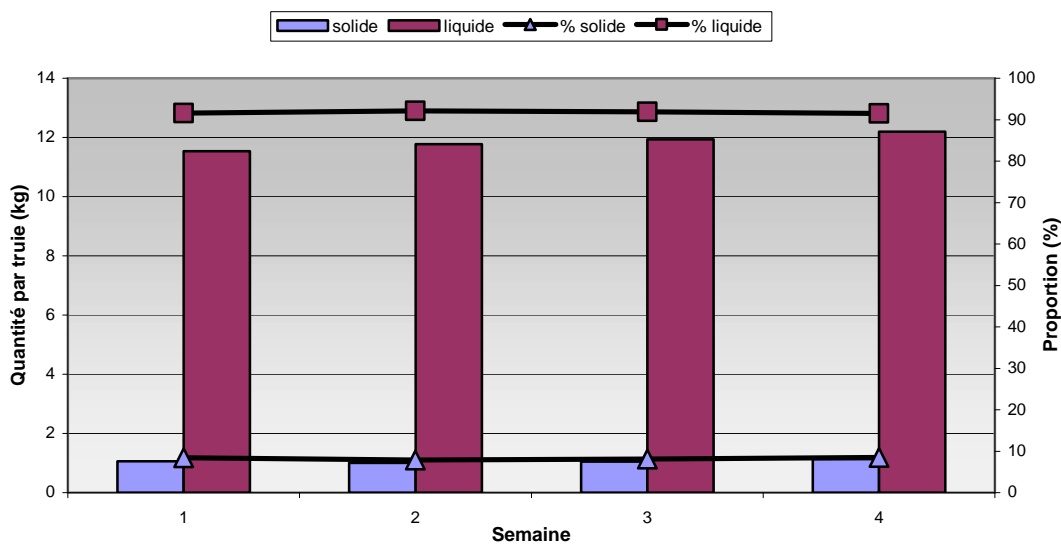


Figure 12 : Évolution des quantités et proportions des fractions solide et liquide collectées

3.3 EFFICACITÉ D'ISOLEMENT

3.3.1 Efficacité d'isolement globale des éléments fertilisants

L'efficacité d'isolement des éléments a été déterminée en observant la proportion de l'élément contenu dans la fraction solide ou liquide. L'efficacité de séparation pour chaque élément a été déterminée, selon l'équation 1, en effectuant la sommation des masses collectées sur une période d'une semaine.

Le système d'isolement des fèces avec courroie a permis, en moyenne, de concentrer 94 % du phosphore dans la fraction solide (tableau 4). Plusieurs études ont également mesuré une efficacité au-delà de 90 % (Larose et Trahan, 2004; Hamel et al., 2004; van Kempen et al., 2003; Marchal, 2002; Elmer et al., 2001; von Bernuth, 2001)

Tableau 4 : Efficacité globale moyenne d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide

	P	N _{total}	NH ₄ -N	K	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	CO	MO	MS
Fraction	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Solide	94	31	9	25	93	97	15	88	19	91	97	100	97	93	93	85
Liquide	6	69	91	75	7	3	85	12	81	9	3	0	3	7	7	15

De plus, ce système a permis de retenir 31 % de l'azote total dans la fraction solide (tableau 4). Ce taux correspond aux résultats obtenus par Elmer et al. (2001) et Larose et Trahan, (2004). Toutefois, ce résultat diffère comparativement aux études de Marchal (2002) et Hamel et al. (2004) avec respectivement 55 et 66 % de capture dans la fraction solide mais il faut noter qu'il s'agit dans les deux cas de données obtenues avec des porcs à l'engrais.

Comme le montre le tableau 4, 25 % du potassium s'est retrouvé dans la fraction solide tout comme dans le cas de Larose et Trahan (2004). L'efficacité d'isolement mesurée dans le présent projet diffère des résultats obtenus par Elmer et al. (2001) avec 58 %, Marchal (2002) avec 45 % et Hamel et al. (2004) avec 60 %, ce qui semble logique car le potassium vient presque exclusivement de l'urine (Levasseur, 1999). Encore une fois, il est à noter que seules les données de Larose et Trahan (2004) proviennent d'essais menés en gestation. Par conséquent, lorsque les résultats d'efficacité d'isolement diffèrent entre les auteurs, cela peut s'expliquer par les différents besoins physiologiques entre les truies en gestation et les porcs en engraissement.

Par ailleurs, 93 % du carbone organique et de la matière organique ainsi que plus de 88 % des métaux, exception faite du bore et du sodium, se retrouve dans la fraction solide. De même, 85 % de matière sèche se retrouve dans la fraction solide.

L'efficacité d'isolement des éléments fertilisants fut constante et une très grande part des éléments sont isolés dans la fraction solide (tableau 5). Tel que mentionné précédemment, aucun calcul d'efficacité n'a pu être fait pour la troisième semaine pour cause de données manquantes.

Tableau 5 : Efficacité hebdomadaire moyenne d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide

Fraction	P	N _{total}	N-NH ₄	K	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	CO	MO
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Solide															
sem. 1	94	33	9	27	92	97	17	87	23	93	98	100	96	93	93
sem. 2	94	31	9	24	92	96	15	86	19	87	97	100	97	93	93
sem. 3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
sem. 4	94	30	9	25	93	97	14	93	17	94	98	99	98	94	94
Liquide															
sem. 1	6	67	91	73	8	3	83	13	77	7	2	0	4	7	7
sem. 2	6	69	91	76	8	4	85	14	81	13	3	0	3	7	7
sem. 3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
sem. 4	6	70	91	75	7	3	86	7	83	6	2	1	2	6	6

3.3.2 Efficacité d'isolement en fonction de la courroie

La quantité de solide récoltée sur la courroie A et sur la courroie B sont présentée à la figure 13. Globalement, pour les 28 jours d'expérimentation, la quantité moyenne de solide recueilli sur la courroie A et B ont été de 1,03 et 1,09 kg/truie.jour respectivement. Cependant, la première semaine, des quantités importantes de moulée ont été observées sur la courroie B en raison du gaspillage d'aliments lactation distribués au sol. Ce qui explique la quantité plus importante de solide retrouvée sur la courroie comparativement à la courroie A durant cette semaine (figure 13). Inversement, la deuxième semaine, il y avait plus de solide recueilli sur la courroie A, ce qui s'explique par la présence de truies nourries au sol lors de cette période car il y a une rotation des truies à l'intérieur de la chambre. La rotation des truies nourries au sol à l'intérieur des différentes sections est occasionnée par la libération de cages lorsque les truies sont confirmées gestantes et qu'elles sont déplacées vers la salle de gestation. De plus, au jour 10, une grande quantité de moulée fermentée a été jetée dans le dalot A. Aucun événement particulier ne permet d'expliquer la différence de masses entre les deux courroies à la semaine 4.

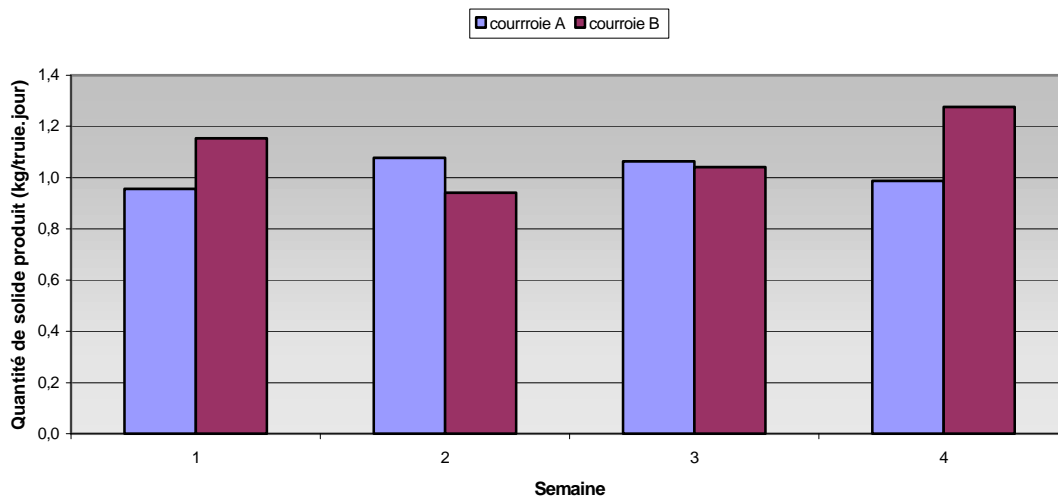


Figure 13 : Quantité de solide recueillie sur les courroies A et B

Pour la courroie B, il semble qu'avec l'augmentation de la consommation d'eau, la teneur en matière sèche du solide ait diminué (figure 14). Pour la courroie A, il ne semble pas y avoir de relation entre la teneur en matière sèche et la consommation d'eau. Toutefois, la distribution manuelle d'eau dans la section 3, située au-dessus de la courroie A, peut expliquer l'absence de relation. Au jour 21, les deux fractions solides n'ont pu être recueillies, elles ont été perdues. De plus, la fraction solide de la courroie A au jour 25, n'a pu être récoltée mais elle a été récoltée avec celle du jour 28.

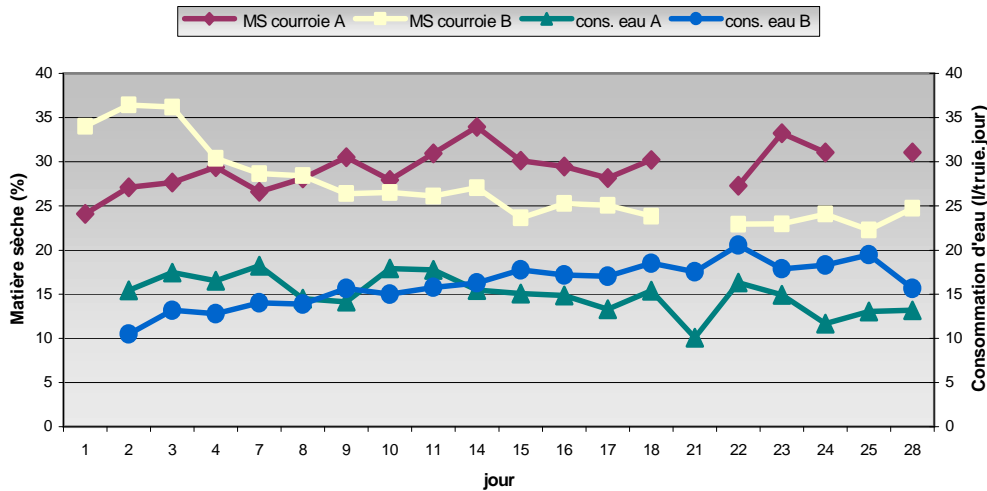


Figure 14 : Teneur en matière sèche de la fraction solide et consommation quotidienne d'eau

La teneur en matière sèche de la fraction solide pour toute la durée de l'expérimentation a eu tendance ($P < 0,1$) à être légèrement plus élevée pour la courroie A que pour la courroie B. L'importante quantité de moulée sur la courroie expliquerait le pourcentage de matière sèche plus élevé pour la courroie B lors de la première semaine (figure 14). Par contre, par la suite, ce fut la fraction solide provenant de la courroie A qui fut plus sèche. Cela découle de deux choses : le gaspillage de moulée et le nombre de trous dans les courroies. Ainsi, au cours de la deuxième semaine, les truies alimentées au sol se trouvaient du côté de la courroie A. De plus, à partir de la troisième semaine, deux rangées de trous ont été ajoutées aux trois rangées déjà présentes au centre de la courroie, pour un total de cinq rangées de trous, facilitant ainsi l'écoulement du liquide. De son côté, la courroie B est demeurée tout au long du projet avec trois rangées de trous.

Sur une base sèche, le contenu en éléments fertilisants majeurs dans la fraction solide (azote total, azote ammoniacal, phosphore et potassium) n'a pas différé entre les deux courroies. Le ratio C : N a été significativement ($P < 0,05$) plus bas pour la courroie A (9,74 comparé à 9,96). Cependant, ni le contenu en carbone, ni celui en azote ne diffère entre les deux courroies.

3.3.3 Efficacité d'isolement en fonction du nombre de trous dans la courroie

Après quatorze jours d'expérimentation, deux rangées de trous furent ajoutées sur la courroie A. Sur toute la durée de l'expérience, bien que la différence entre les deux courroies ne soit pas significative, les teneurs en matière sèche des fractions solides recueillies sur la courroie A (29,3 %) ont eu tendance à être plus élevées ($P < 0,1$) que celles de la courroie B (27,1 %). De plus, au cours des deux dernières semaines de l'expérimentation, les fractions solides provenant de la courroie A ont toujours été plus sèches que celles recueillies sur la courroie B (figure 12).

Enfin, puisque seul le ratio C : N dans la fraction solide a varié, l'ajout des trous ne semble pas avoir eu d'impact sur l'efficacité d'isolement du système.

3.3.4 Efficacité d'isolement en fonction de la fréquence de vidange

La fréquence de vidange a eu très peu d'impact sur la concentration en éléments de la fraction solide. Outre le ratio C : N qui a été moins élevé ($P < 0,05$) après 72 heures (10,23 comparé à 11,19), seule la concentration en azote ammoniacal a varié (tableau 6). En fait, la fraction solide recueillie après 72 heures d'accumulation, sur une base de matière sèche, a une concentration en azote ammoniacale (2,21 g/kg) plus élevée ($P < 0,05$) que celle recueillie après 24 heures d'accumulation (1,79 g/kg). Par contre, la concentration en azote total n'a pas été significativement différente. La minéralisation de l'azote organique et l'augmentation du rapport $N-NH_4/N_{total}$ lors de l'entreposage (Coillard, 1996; cité par Levasseur, 1999) pourrait expliquer ce phénomène. Une partie de l'azote organique des fèces est hydrolysée sous des formes qui le rendent accessibles au processus d'ammonification.

Aucune autre différence significative dans les concentrations en éléments n'a été observée. Ainsi, la teneur en matière sèche a été similaire pour une fréquence de vidange de 24 heures (28,00 %) et de 72 heures (28,67%). Par contre, selon Kaspers et al., (2002), plus les fèces demeurent longtemps sur la courroie, plus la teneur en matière sèche risque d'être basse. Selon leurs résultats, la teneur en matière sèche a été de 29 % après 72 h d'accumulation comparativement à 30 % pour des fèces fraîches. Toutefois, leur étude a été faite avec des porcs à l'engrais et les auteurs considèrent que cet intervalle est trop long et qu'il nuit à l'écoulement de l'urine sur la courroie inclinée. Néanmoins, lors du présent projet, aucun problème d'écoulement de l'urine n'a été constaté après 72 heures d'accumulation.

Tableau 6 : Concentration des éléments fertilisant dans la fraction solide en fonction de la fréquence de vidange (base sèche)

	24 heures	72 heures	valeur <i>P</i>
Matière sèche (%)	28,00 ± 1,93	28,67 ± 1,59	N.S.
Azote total (g/kg)	11,18 ± 2,15	12,23 ± 2,49	N.S.
Azote ammoniacal (g/kg)	1,79 ± 0,09	2,21 ± 0,24	*
Ratio C : N	9,96 ± 0,77	9,23 ± 0,40	*

* $P < 0,05$

3.3.5 Analyse agronomique des échantillons

3.3.5.1 Concentrations des différentes fractions

Le tableau 7 présente les concentrations moyennes des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide pour l'ensemble de l'élevage. La matière sèche moyenne de la fraction solide a été de 28,16 % avec un écart type de 3,65 % et celle de la fraction liquide a été de 0,42 % avec un écart type de 0,02 %.

Tableau 7 : Concentration des éléments fertilisants pour chaque fraction sur une base humide¹

		Solide	Liquide
MS	%	28,16 ± 3,65	0,42 ± 0,02
MO	%	22,42 ± 3,51	0,15 ± 0,02
CO	%	11,2 ± 1,76	0,07 ± 0,01
C/N		9,86 ± 1,03	0,34 ± 0,05
N _{total}	g/kg	11,36 ± 1,23	2,17 ± 0,08
NH ₄ -N	g/kg	1,85 ± 0,40	1,74 ± 0,08
P	g/kg	7,60 ± 0,99	0,04 ± 0,00
P ₂ O ₅	g/kg	17,40 ± 2,27	0,09 ± 0,01
K	g/kg	3,28 ± 0,47	0,84 ± 0,03
K ₂ O	g/kg	3,94 ± 0,67	1,01 ± 0,04
Ca	g/kg	14,02 ± 1,88	0,04 ± 0,00
Mg	mg/kg	1 896,05 ± 243,78	12,54 ± 1,95
Na	mg/kg	790,26 ± 250,62	398,86 ± 17,21
Mn	mg/kg	107,00 ± 12,48	0,02 ± 0,03
Cu	mg/kg	48,07 ± 7,04	0,36 ± 0,18
Zn	mg/kg	337,43 ± 37,12	0,81 ± 0,20
Al	mg/kg	264,22 ± 38,05	2,68 ± 1,28
Fe	mg/kg	559,88 ± 65,52	1,32 ± 0,16
B	mg/kg	3,08 ± 0,68	1,17 ± 0,09
pH		6,62 ± 0,66	8,69 ± 0,06

¹eaux de lavage et précipitations exclues

La concentration en éléments fertilisants de la fraction liquide a été très inférieure à la fraction solide (tableau 7). Pour la fraction solide, le tableau 7 montre qu'elle est surtout plus concentrée en phosphore, en azote total, en matière organique et en métaux comparativement à la fraction liquide. Pour la fraction liquide, la concentration en matière organique est faible, l'azote s'y trouve en majorité sous forme ammoniacale et elle contient une bonne proportion de potassium. Les concentrations en azote, phosphore et potassium obtenues dans le solide et le liquide sont du même ordre de grandeur que celles obtenues par Larose et Trahan (2004). Par ailleurs, le rapport carbone : azote (C : N) de la fraction solide a varié entre 8,77 à 13,62 durant l'expérimentation. Le ratio C : N moyen mesuré par Fertior (Trahan, M, communication personnelle, janvier 2005) a été de 11,32. Les échantillons analysés pour obtenir les résultats présentés au tableau 7 ne comprennent pas les eaux de lavage ni de précipitations.

Fait à noter, le manque d'eau dans la section 3 peut avoir augmenté la concentration en éléments dans l'urine et diminué la quantité d'urine produite par les truies présentes dans cette section, bien qu'il soit impossible de le savoir puisque la fraction liquide produite par toutes les truies était accumulée dans le même dalot.

3.3.5.2 Charge fertilisante

La charge fertilisante de la fraction liquide ou contenu total, pour les 28 jours de test, est de 266 kg d'azote et de 11 kg de phosphore (P₂O₅) Celle de la fraction solide est de 126 kg d'azote et 196 kg de phosphore (P₂O₅) (tableau 8). La charge totale en phosphore du lisier recomposé

(solide + liquide) est légèrement plus basse que celle du CRAAQ (2003a) (202 kg comparé à 223 kg). Ceci peut s'expliquer par le fait que les moulées gestation et lactation contiennent toutes les deux de la phytase, permettant de diminuer la concentration en phosphore des aliments. De même, la charge en phosphore calculée à partir du bilan alimentaire semble surestimer également la charge réellement mesurée à partir des analyses des fractions solide et liquide (tableau 9).

Tableau 8 : Charge fertilisante du lisier selon les analyses pour les 28 jours de test

Lisier	Concentration (kg/t)		Charge ¹ (kg)		Charge total (kg)	Valeur de référence ² (kg)
	solide	liquide	solide	liquide	lisier	
N _{tot}	11,36	2,17	124	266	390	362
P ₂ O ₅	17,40	0,09	191	11	202	223

1 charge = concentration x masse de lisier

2 CRAAQ, 2003a. Période transitoire. Charges fertilisantes des effluents d'élevage.

Tableau 9 : Bilan alimentaire

Bilan	N total	P	P ₂ O ₅
	kg	kg	
Apports alimentaires	482	113	
Rétention corporelle	54	12	
Pertes par volatilisation	123		
Lisier	305	101	231

Par contre, plusieurs imprécisions au niveau des deux méthodes peuvent expliquer la différence entre les charges de phosphore. Ainsi, la concentration en phosphore de la fraction liquide est probablement légèrement sous-estimée car la matière organique riche en phosphore se dépose au fond du dalot et que la méthode de vidange et d'échantillonnage par pompage ne permettait pas de prélever les derniers centimètres au fond du dalot. Cela signifie que la charge fertilisante de la fraction liquide aurait dû être un peu plus importante que celle réellement mesurée. De plus, au début de l'expérimentation, certaines quantités de moulées sont tombées sous les convoyeurs car le gaspillage de moulées était important et n'a pu être récolté. Une autre imprécision concerne les quantités de moulées livrées et présentes dans les silos au début et à la fin du test. Il y a également l'estimation de la rétention de phosphore par les animaux calculée à partir d'une valeur moyenne de croissance.

De son côté, la charge en azote totale est plus élevée que la valeur de référence (390 kg comparé à 362 kg). La charge fertilisante en azote du lisier est également plus élevée que celle attendue selon le bilan alimentaire (390 comparé à 305 kg N) (tableaux 8 et 9). Lors de la réalisation d'un bilan alimentaire, les pertes en azote, par volatilisation de l'ammoniac, sont estimées à 25 % au bâtiment et à 5 % lors du stockage pour un total de 28,75 % de l'azote excrété. Si on ne tient pas compte des pertes en azote durant le stockage, la charge selon le bilan alimentaire passe de 305 à 321 kg. En fait, dans la présente étude, il faut considérer que les déjections sont fraîches car elles ont au maximum 7 jours d'âge. Toutefois, en négligeant les pertes sous forme gazeuse, la charge fertilisante en azote devient de 428 kg. Donc, les pertes en azote au bâtiment sont probablement surestimées par la méthode du bilan alimentaire car le

liquide est resté très peu de temps au bâtiment. De plus, la séparation des deux phases doit également réduire les pertes par évaporation. En effet, l'ammoniac est formé sous l'action de l'uréase contenue dans les fèces et de l'azote uréique de l'urine. Par contre, la phase liquide qui représente plus de 90 % du volume total du lisier contient très peu de matière organique. De plus, la courroie au-dessus du dalot protège le liquide des courants d'air qui augmentent les pertes d'azote en raison de la vitesse d'air accrue à la surface du lisier.

La concentration en matière organique de la fraction liquide a été peu élevée. Ceci indique que l'assimilation des substances organiques par les micro-organismes du sol nécessite moins d'oxygène permettant de diminuer la charge polluante comparativement au lisier. La demande biologique en oxygène (DBO₅) du lisier brut d'une maternité-gestation est de 6 000 à 8 000 mg/ml alors que celle de la fraction liquide produite durant ce test serait en moyenne de 1 633 mg/ml (Bellemare, G., communication personnelle, décembre 2004). De plus, une faible DBO₅ est favorable pour le traitement ultérieur du liquide.

Tableau 10 : Caractérisation des matières organiques des fractions liquides

Semaine	Solides totaux (mg/l)	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)
1	4 100	1 600	4 236
2	3 600	1 600	4 245
3	3 900	1 700	4 130
4	4 300	-	4 200
Moyenne	3 975	1633	4 203

3.4 POTENTIEL AGRONOMIQUE DES FRACTIONS

3.4.1 Hypothèse de calcul

L'étude du potentiel agronomique est basée sur les données issues du projet effectué chez Porc S.B. inc. ainsi que sur certaines valeurs moyennes reconnues au niveau des volumes et concentrations des engrais organiques. Le tableau 11 dresse le portrait des principales données utilisées qui permettront d'évaluer le potentiel agronomique et les coûts de disposition des deux fractions issues de la séparation des déjections. Il est à noter que les eaux de lavage n'ont pas été considérées dans le calcul des volumes produits puisqu'elles ne sont pas considérées significatives dans une unité de gestation. De plus, afin de simplifier, les études agroenvironnementales et économiques sont faites pour un cas hypothétique où le producteur aurait uniquement une gestation de 388 places truies.

Tableau 11 : Volumes annuels et caractéristiques des déjections à valoriser issus du bloc saillie de la ferme Porc S.B. inc.

Paramètre	Fraction liquide	Fraction solide	Lisier Reconstitué
N _{tot} (kg/t)	1,85	11,36	2,53
P ₂ O ₅ (kg/t)	0,077	17,40	1,31
K ₂ O (kg/t)	0,86	3,94	1,08
Masse (kg/truie.jour)	11,86	1,06	12,92
Précipitations (m ³)	284	N/a	284
Nombre de truies	388	388	388
Volume annuel (m ³)	1964	150	2114

3.4.2 Fraction liquide

La séparation des déjections par courroie permet d'isoler une grande partie des liquides produits sous une forme peu concentrée en éléments fertilisants. Cette fraction démontre un potentiel de valorisation agronomique particulier, s'adaptant bien aux sols retrouvés en zone de production animale intensive.

3.4.2.1 *Le phosphore*

La fraction liquide, avec un ratio d'azote total/phosphore (N_{tot}/P_2O_5) au-delà de 23, comparativement à 1,4 pour un lisier brut de maternité selon les valeurs de références moyennes reconnues (CRAAQ, 2003a) constitue un apport intéressant pour des cultures nécessitant des besoins en fertilisants azotés élevés et peu de besoins en phosphore. La fraction liquide présente une faible concentration en phosphore et peut ainsi être valorisée sur des terres considérées riches en cet élément. En effet, l'épandage n'étant plus limité par le phosphore selon les dépôts maximum prescrits à l'annexe I¹ du Règlement sur les exploitations agricoles (REA), il devient possible de combler les besoins en azote des cultures tout en respectant les abaques proposés.

Il est important de souligner que les abaques proposés dans le REA ne constituent pas des recommandations de fertilisation mais bien des balises fixant les dépôts maximums de phosphore applicables. Ainsi, même le respect de ces normes peut, dans certains cas, permettre de poursuivre l'enrichissement des parcelles en phosphore, ce qui n'est pas souhaitable en conditions de sols riches. Il est du devoir du conseiller en fertilisation de prévoir une fertilisation en respect des normes existantes et adaptée aux conditions spécifiques de chaque entreprise.

3.4.2.1.1 Lisier de Porc S.B. inc.

Dans le cas présent, par l'installation de courroies sous les lattes, les deux éléments à surveiller afin de déterminer la dose de fraction liquide applicable sont les besoins en azote des cultures et la dose hydrique applicable selon les types de sol et les cultures en place. Le tableau 12 résume l'impact de la richesse du sol et du type de lisier valorisé sur les superficies requises pour respecter les normes réglementaires établies lors de l'épandage du lisier. Les paramètres considérés pour la classification de la richesse des sols en phosphore sont les suivants :

- sol pauvre : teneur en phosphore de 61 à 90 kg/ha
- sol moyen : teneur entre 151 et 250 kg/ha de phosphore, taux de saturation en phosphore entre 5 et 10
- sol riche : teneur en phosphore de 501 kg/ha et plus

¹ L'annexe I du REA présente les abaques de dépôts maximums annuels pour l'ensemble des matières fertilisantes utilisées sur une parcelle de sol selon la culture qui y est pratiquée et sont exprimées en kilogrammes de phosphore (P_2O_5) total par hectare. Ces abaques tiennent compte de la teneur en phosphore du sol, du pourcentage de saturation en phosphore et des rendements de la culture.

Tableau 12: Impact de la richesse des sols en phosphore et du type de lisier (Porc S.B. inc.) sur les superficies requises pour respecter les normes réglementaires de 2010

Sol	Lisier recomposé ¹			Fraction liquide			% de réduction des superficies
	Superficie requise (ha)	Dose appliquée (m ³ /ha)	Limite à l'épandage	Superficie requise (ha)	Dose appliquée (m ³ /ha)	Limite à l'épandage	
Pauvre	61	35	Dose hydrique	57	35	Dose hydrique	7
Moyen	61	35	Dose hydrique	57	35	Dose hydrique	7
Riche	105	20	P ₂ O ₅	57	35	Dose hydrique	46

1 Lisier qui aurait été produit si les déjections n'avaient pas été isolées (fractions solide et liquide combinées)

Les paramètres considérés pour les calculs sont une rotation de culture de soya, maïs-grain et d'orge avec des doses d'application maximale de 0 m³/ha, 70 m³/ha et 35 m³/ha respectivement pour chaque culture. Les besoins en éléments fertilisants sont établis dans le cadre des pratiques généralement reconnues et du Guide de fertilisation du CRAAQ.

L'application du lisier brut est restreinte par la dose hydrique applicable et est suivie de très près par l'azote total pour les sols pauvres et moyens en phosphore alors que le phosphore n'est le facteur limitant que pour les sols riches en phosphore. L'installation d'une toiture sur la fosse permettrait d'éviter de diluer la fraction liquide donc de réduire la dose à appliquer ce qui signifie que l'élément limitatif qui est présentement la dose hydrique pourrait devenir l'azote.

La fraction liquide ne réduit les superficies d'épandage que de 7 % par rapport à la valorisation du lisier recomposé en sol pauvre et moyen. La dose qui tient compte de la fréquence des passages possibles aux champs demeure le facteur limitant les applications de ce fertilisant. La diminution des superficies requises est à ce moment directement liée à la réduction du volume de déjections liquides produites une fois la fraction solide isolée. En condition de sols riches en phosphore, l'impact sur la réduction des superficies requises est plus important, soit de l'ordre de 46 %.

L'ajout de prairies au plan de rotation des cultures peut contribuer à diminuer davantage les superficies nécessaires à la valorisation de la fraction liquide puisque les applications de déjections animales peuvent être fractionnées et échelonnées tout au long de la saison de croissance. Il est ainsi possible de combler la totalité des besoins en azote des plants, ce qui est difficilement réalisable sur un champ de maïs-grain, par exemple, en un ou deux passages.

L'application pendant plusieurs années de la fraction liquide sur les mêmes parcelles permet d'appauvrir les sols considérés riches en phosphore jusqu'à un seuil beaucoup plus acceptable. Les parcelles démontrant des teneurs riches à excessivement riches en phosphore pourraient ainsi profiter de ce type d'amendement organique tout en respectant les normes imposées par le REA en 2010. Cependant, la valorisation de ce produit sur des terres à teneur moyenne à pauvre doit être surveillée de façon à ne pas créer de carences en phosphore dans le sol.

3.4.2.1.2 Lisier du CRÉAQ

Le tableau 13 présente un scénario semblable au tableau 12 à la différence que le volume et l'analyse du lisier proviennent des données de références du CRÉAQ.

Tableau 13 : Impact de la richesse des sols en phosphore et du type de lisier sur les superficies requises pour le respect des normes réglementaires de 2010 selon les valeurs de référence du CRÉAQ

Sol	Lisier brut CRÉAQ			Fraction liquide CRÉAQ			% de réduction en superficie
	Superficie requise (ha)	Dose appliquée (m ³ /ha)	Limite à l'épandage	Superficie requise (ha)	Dose appliquée (m ³ /ha)	Limite à l'épandage	
Pauvre	79	28	N _{tot}	69,5	30	N _{tot}	12
Moyen	105	21	P ₂ O ₅	69,5	30	N _{tot}	34
Riche	243	9	P ₂ O ₅	69,5	30	N _{tot}	71

Au niveau de la valeur fertilisante, les concentrations des éléments majeurs sont plus élevées dans les lisiers du CRÉAQ (1995) (3,2 kg N_{tot}/t, 2,9 kg P₂O₅/t et 1,6 kg K₂O/t) que dans le lisier produit par l'entreprise Porc S.B. inc. une fois recomposé (2,53 kg N_{tot}/t, 1,31 kg P₂O₅/t et 1,08 kg K₂O/t). Cependant, il ne faut pas oublier que les valeurs de références du CRÉAQ sont celles d'un lisier de maternité (mise bas + gestation) puisque aucune valeur spécifique n'était disponible pour la gestation.

Dans le cas du lisier brut, les superficies requises pour valoriser le volume produit varient entre 79 ha et 243 ha selon la richesse du sol en phosphore. Cependant, le phosphore n'est pas nécessairement l'élément limitant l'application du lisier brut. Comme le démontre le tableau 13, en situation de sol pauvre en P₂O₅, les recommandations agronomiques en azote limitent l'application de l'engrais de ferme avant même d'avoir atteint les dépôts maximums permis selon l'annexe 1 du REA. Il est à noter qu'en présence de sols riches, les abaques étant plus limitant, la dose minimale calculée afin de respecter les dépôts maximums permis (9 m³/ha) peut potentiellement être inférieure à la dose d'épandage applicable par l'équipement d'épandage possédé et les conditions de terrains retrouvées (pente, type de sol, etc.).

D'après les calculs, les superficies requises pour l'épandage diminuent de 12 à 71 % selon le degré de richesse du sol en phosphore en présence d'une fraction liquide. Il est important de noter que la réduction des superficies est restreinte par la dose maximale pouvant être appliquée dans ce cas-ci avec une rotation de soya, maïs-grain et orge.

Dans une situation où l'entreprise ne cultive que des prairies de graminées, la dose applicable pourrait s'élever à 85 m³/ha annuellement. Dès lors, les besoins en azote seraient comblés. La dose hydrique ne devient donc plus le facteur limitant pour l'application de la fraction liquide. Les superficies requises pourraient ainsi être inférieures par l'ajout de prairies dans la rotation de culture choisie.

Avec un volume supérieur et des concentrations plus élevées, l'impact sur les superficies nécessaires pour la valorisation du lisier brut du CRÉAQ est non négligeable. En effet, pour des sols riches en phosphore, les besoins passent de 105 ha pour valoriser le lisier de Porc S.B. inc. (tableau 11) à 243 ha (tableau 12) soit 2,3 fois plus de superficies d'épandage (augmentation de 57 %). Ce qui permet de constater l'importance de la connaissance des valeurs fertilisantes des engrais organiques à valoriser ainsi que de l'échantillonnage régulier des sols afin de dresser un portrait précis de la situation de l'entreprise. La caractérisation des effluents d'élevage ainsi que la production du bilan alimentaire constituent des outils permettant de bien connaître la

valeur fertilisante des engrais organiques produits et d'identifier la meilleure stratégie possible pour la valorisation de ces produits aux champs.

L'écart entre les valeurs du tableau 11 et 12 est en partie le résultat des améliorations apportées à la régie d'élevage, la régie alimentaire du troupeau et la gestion de l'eau au bâtiment qui réduit le plus possible les rejets à la source et les volumes produits. Ces efforts de réduction à la source procurent un avantage indéniable à la ferme Porc S.B. inc.

3.4.2.2 L'azote

L'analyse de la fraction liquide issue de la séparation du lisier produit par l'entreprise Porc S.B. inc. montre une concentration plus faible en azote total (1,85 kg N_{tot}/t) que le lisier brut recomposé (2,53 kg N_{tot}/t) mais la fraction liquide conserve 91 % de l'azote ammoniacal (tableau 3). Cette forme d'azote, immédiatement disponible pour les plantes, est comparable à l'efficacité des intrants minéraux. Un tel apport en azote doit être considéré avec un taux d'efficacité au champ se situant entre 90 et 100 % (Côté, D., IRDA, communication personnelle, janvier 2005) comparativement à 70 % pour un lisier de porc conventionnel dans un loam sableux (CRAAQ, 2003b).

Avec ce type d'engrais organique, il devient possible d'effectuer de bonnes applications de fertilisants tout en respectant les abaques de dépôts maximums de phosphore permis par le REA et de combler plus facilement les besoins culturaux en azote. Ceci implique une diminution potentielle de l'utilisation d'engrais de synthèse et ainsi une réduction des coûts de production pour l'entreprise qui en fait l'usage.

De plus, d'après les résultats de Chantigny et al. (2004), les pertes par volatilisation de l'ammoniac, sur prairie, à l'épandage de la fraction liquide, sont atténuées par rapport à un lisier brut, même en condition d'enfouissement immédiat. Ceci est dû à l'infiltration rapide du liquide dans le sol grâce à la réduction de la teneur en matière sèche du liquide. L'impact des épandages sur la qualité de l'air est donc positif malgré la forte concentration en azote ammoniacal de la fraction liquide par rapport à un lisier brut.

En ce qui a trait aux risques de contamination de la nappe phréatique par lessivage et des eaux de drainage et de puits par les nitrates, les résultats de l'étude de Chantigny et al. (2004) n'ont pas démontré de risques accrus entre la valorisation du liquide issu de la séparation des déjections et du lisier brut sur prairie.

3.4.2.3 Le potassium

En condition de sols riches en phosphore, en 2010, le respect des abaques exigera une restriction importante des quantités de fertilisants phosphatés pouvant être appliqués aux champs et entraînera ainsi une diminution importante des dépôts de tous les autres éléments nutritifs contenus dans les effluents d'élevage. Cette situation peut ainsi occasionner, entre autres, des carences importantes en potassium.

Le potassium étant présent sous forme dissoute dans le lisier, il se retrouve en grande quantité dans la fraction liquide issue de la séparation sous la queue. La fraction liquide allégée en phosphore comparativement au lisier brut a donc également l'avantage de présenter une concentration intéressante en potassium.

Rappelons que le potassium joue un rôle primordial dans la formation et le stockage des sucres et aide également la plante à résister au froid, à la sécheresse et aux maladies. L'application d'engrais de synthèse peut palier aux carences, s'il y a lieu, ou encore le choix d'une rotation

donnée dans le type d'engrais de ferme valorisé lorsque cela est possible. En effet, certains fertilisants organiques présentent des teneurs en potassium plus importantes. À titre d'exemple, le fumier de vaches laitières est composé en moyenne de 3,4 kg K₂O/t en comparaison à 1,6 kg K₂O/t pour du lisier de maternité (CRÉAQ, 2003). Il revient donc au responsable de l'entreprise ainsi qu'à son consultant en fertilisation de déterminer la meilleure stratégie possible de valorisation des produits selon la situation spécifique de l'entreprise.

Le tableau 14 montre clairement l'impact de la valorisation des différents engrais organiques sur les besoins en éléments nutritifs de la culture, dans ce cas-ci, une prairie de graminées dont le sol est riche en phosphore. Sur des sols riches en phosphore, la fraction liquide peut être épandue à bonnes doses par rapport au lisier brut, réduisant ainsi le risque de carences en potassium sur des sols pauvres en K₂O. En sol pauvre en potassium, la plante ne peut prélever suffisamment de potassium dans le sol amendé afin de combler ses besoins. Par contre, l'application d'une dose plus élevée de la fraction liquide permet un apport plus important de potassium qu'un lisier brut, mais moindre qu'un lisier de bovin.

Tableau 14 : Impact de la valorisation d'engrais organiques sur les besoins en éléments fertilisants d'une prairie¹ de graminées en saison de croissance (manque (-) ou excédent) en respectant les abaques

Paramètre	Sol riche K ₂ O			Sol pauvre K ₂ O		
	Lisier recomposé	Fraction liquide	Lisier de bovins laitiers	Lisier recomposé	Fraction liquide	Lisier de bovins laitiers CRAAQ
N _{tot} (kg/ha)	-43	-2	-47	-43	-2	-47
P ₂ O ₅ (kg/ha)	44	5	44	44	5	44
K ₂ O (kg/ha)	8	31	78,5	-114	-93	-43
Dose (m ³ /ha)	42	80	37	42	80	37

1 loam sableux à rendement moyen (Régie des assurances agricoles du Québec), riche en phosphore (entre 251 et 500 kg P₂O₅/ha) et ayant un taux de saturation en P₂O₅ < 10.

Dans le cas d'un sol riche, l'inverse se produit, soit un excès de potassium selon les besoins de la plante enrichissant ainsi davantage le sol en cet élément. Puisque le potassium interagit directement avec le magnésium et le calcium, il est important de respecter les ratios optimaux établis entre ces éléments afin d'éviter des déséquilibres pouvant affecter le rendement des cultures. Cet aspect est d'autant plus important dans la culture des fourrages destinés aux bovins laitiers sensibles à la tétanie d'herbage causé entre autres par une diminution des apports alimentaires en magnésium. L'application de chaux magnésienne pourrait constituer une avenue intéressante afin de diminuer les risques de déséquilibre.

Également, lors de l'épandage du lisier recomposé et du lisier de bovins laitiers, le respect de l'abaque ne permet pas l'application d'une dose suffisamment élevée pour combler les besoins en azote mais génère un excédent de phosphore selon les besoins de la culture. Un engrais de synthèse complémentaire pourrait dès lors être appliqué, bien que cette option engendre des coûts de gestion additionnels.

Cependant, la fraction liquide comble les besoins en azote tout en respectant les abaques de dépôts maximums permis en 2010 et n'occasionne qu'un léger dépassement des besoins en phosphore de la culture.

Le lisier de bovins laitiers permet de meilleurs résultats au niveau de l'apport en potassium mais tout comme le lisier recomposé, génère une carence en azote et un dépassement des besoins en phosphore pouvant mener à l'enrichissement de la parcelle alors que la fraction liquide tend à diminuer le taux de phosphore dans le sol à long terme.

3.4.2.4 Autres éléments nutritifs

Il est important de considérer l'effet des apports en éléments nutritifs répétés sur plusieurs années, tant pour le lisier brut que pour le liquide de séparation. Lors de la réalisation du plan agroenvironnemental de fertilisation (PAEF), les trois éléments majeurs, soit l'azote, le phosphore et le potassium (N, P, K) sont principalement pris en considération afin d'effectuer les recommandations de fertilisation. Le conseiller en fertilisation se doit d'effectuer le suivi des besoins en éléments majeurs et mineurs complémentaires afin d'éviter les risques de carences, d'excès ou d'antagonismes entre les éléments fertilisants.

Les conséquences d'un déséquilibre en éléments nutritifs dans les sols sont connues (CRAAQ, 2003b). Des analyses de sol régulières sont nécessaires afin de procéder au diagnostic de ces déséquilibres et d'apporter les correctifs nécessaires, s'il y a lieu. Le conseiller en fertilisation, de concert avec le responsable de l'entreprise, peut alors établir une stratégie de fertilisation adaptée aux besoins spécifiques des terres de l'entreprise. La connaissance de la valeur fertilisante des effluents d'élevage est essentielle et passe par la caractérisation des effluents d'élevage à l'échelle de la ferme selon un protocole rigoureux et représentatif de la gestion des engrais organiques produits par l'entreprise.

3.4.2.5 La matière organique

Puisque la fraction liquide issue de la séparation à la source des déjections présente une faible teneur en matière organique, on peut supposer que l'application répétitive de ce produit pourrait devenir problématique pour la structure du sol. En effet, le sol nécessite l'apport d'amendements organiques afin de préserver sa structure et de conserver sa capacité de retenir l'eau et les fertilisants organiques et minéraux apportés par les amendements. L'appauvrissement en matière organique peut rendre le sol plus sensible à l'érosion et au lessivage puisque la structure du sol se détériore graduellement. L'adoption de pratiques culturales favorisant le retour au sol de la matière organique ainsi que l'implantation d'engrais verts peut pallier à cette situation.

La valorisation de la fraction liquide fait donc l'objet de nombreuses considérations. Elle s'avère un produit intéressant en condition de sols riches en phosphore et peut permettre aux entreprises agricoles de franchir l'échéance de 2010 prévue par le REA plus facilement, que ce soit par la gestion partielle ou complète des déjections par l'isolement des fractions solide et liquide sous la queue avec un système de courroie.

3.4.3 Fraction solide

3.4.3.1 Valorisation aux champs

Comme démontré au tableau 4, le solide de séparation contient plus de 90 % du phosphore rejeté, dans 8 % du volume total des déjections produites. Évidemment, la valorisation de ce sous-produit vise les régions ayant des sols carencés en cet élément fertilisant.

L'application de la fraction solide sur des terres agricoles est possible et doit faire l'objet d'un PAEF (Lehoux, N., communication personnelle, février 2005). Cependant, il demeure la responsabilité de l'agronome de s'assurer que le produit à valoriser présente une composition et

des caractéristiques lui permettant de l'utiliser adéquatement dans le cadre d'un plan de fertilisation (CRAAQ, 2003b). Ceci implique une analyse approfondie de la fraction solide issue de la séparation puisque celle-ci retient une grande partie des éléments majeurs et mineurs contenus dans les déjections.

3.4.3.2 Considérations agronomiques

Ainsi que présenté au tableau 4, la répartition des éléments fertilisants entre les fractions solide et liquide est déséquilibrée par rapport aux volumes produits respectivement pour chacune des phases. De façon générale, entre 91 et 100 % des éléments fertilisants, à l'exception du bore, du sodium, du potassium et de l'azote, se retrouvent dans la fraction solide. Cette fraction solide représente 8 % du volume total de déjections produites au bâtiment. L'exportation de ce produit concentré en éléments fertilisants hors de la zone de forte densité animale constitue une alternative intéressante afin de diminuer les coûts de gestion liés à la disposition des engrais organiques par rapport à la gestion d'un lisier brut. La disposition de ce sous-produit doit par contre se faire de façon avisée.

3.4.3.3 Oligo-éléments

Une des principales considérations dans la valorisation de la fraction solide réside dans le teneur en cuivre et en zinc du produit. Ces éléments sont essentiels pour le développement du porc. Ils jouent un rôle important comme facteur de croissance chez le porcelet et augmente l'efficacité du système immunitaire.

Sur une base sèche, les concentrations en cuivre et en zinc du solide issu de la séparation des déjections sont respectivement de 171 mg/kg et 1 203 mg/kg. Ces valeurs sont conformes à celles du CRIQ (Côté et Potvin, 1994) et de Tran et al. (1996). Selon ces derniers, toujours sur une base sèche, les concentrations de cuivre et de zinc dans le lisier de porcs oscillent en moyenne entre 200 et 400 mg/kg de cuivre et entre 1 012 et 1 570 mg/kg de zinc.

À la base, le lisier de porcs est un effluent d'élevage relativement riche en cuivre et en zinc (Hébert, 1998). À long terme, sans suivi, l'utilisation du lisier de porcs en vue de la valorisation aux champs peut présenter des risques environnementaux non négligeables. L'accumulation de ces éléments dans les sols par des applications répétitives peut mener à l'atteinte de seuils de phytotoxicité.

La fraction solide issue de la séparation des déjections chez Porc S.B. inc. permet d'isoler 91 % du cuivre et 97 % du zinc rejeté dans 8 % du volume de déjections produites au bâtiment. La concentration plus élevée de ces éléments dans la fraction solide doit être considérée lors de la valorisation aux champs.

Les apports en cuivre et en zinc dans l'alimentation des porcs tiennent compte des besoins des animaux et de certaines incertitudes tels que la variation dans la composition chimique des ingrédients et de la consommation alimentaire. Par contre, l'ajout supplémentaire de cuivre comme facteur de croissance et de zinc pour son effet anti-diarrhéique chez les porcelets couplés à une faible absorption de ces éléments par le porc, augmente les rejets dans les déjections produites.

Cette pratique génère des lisiers riches en cuivre et en zinc dont l'épandage pourrait entraîner des problèmes d'enrichissement en ces éléments dans les sols. Des essais menés par Tran et al. (1996) ont montré que suite à 16 ans d'épandages répétés de lisier de porcs à des doses agronomiques de 60 m³/ha, une augmentation dans les sols d'environ 3 mg Cu/kg et 10 mg Zn/kg de sol par rapport au témoin a été remarquée. Réduire les apports alimentaires de cuivre

et de zinc semble être une alternative envisageable mais nécessitant une connaissance approfondie des besoins et facteurs de variation de la biodisponibilité des oligo-éléments.

Le tableau 15 présente une simulation de l'épandage de lisier brut et de la fraction solide selon les normes 2010 sur des sols pauvres en phosphore et l'impact sur les dépôts de cuivre et de zinc.

Tableau 15 : Application de lisier brut recomposé (Porc S.B. inc.) et de la fraction solide sur une prairie de graminées sur sol pauvre en phosphore et impact sur les apports en éléments fertilisants (manque (-) ou excédent) et les dépôts en cuivre et zinc

	Dose (m ³ /ha)	N	P	K	Cu (kg/ha)	Zn (kg/ha)	Limite
Lisier brut	75	-6	39	-56	0,27	1,8	N _{tot}
Fraction solide	6,3	-68	32	-106	0,30	2,12	P ₂ O ₅

Suite à l'épandage, pendant la saison de croissance, de lisier recomposé et de la fraction solide sur une prairie de graminées, malgré une concentration plus élevée en cuivre et en zinc dans la fraction solide, les dépôts de ces éléments sont limités par le respect des abaques prescrits par le REA. En effet, avec une fraction solide contenant plus de 90 % du phosphore des déjections produites, la dose d'épandage est très réduite même en situation de sol pauvre en phosphore. Les dépôts au sol de cuivre et de zinc réalisés dans le cadre de la valorisation de la fraction solide à faible dose se rapprochent ainsi des dépôts provenant de la valorisation d'un lisier brut à dose plus élevée. Le respect des abaques prévus au REA permet donc de limiter les apports en cuivre et zinc.

Pour ce qui est des éléments nutritifs tels que l'azote et le potassium, malgré une concentration élevée dans la fraction solide, la dose applicable ne permet pas de combler la totalité des besoins de la culture (tableau 15). La concentration en phosphore limite les applications possibles de ce fertilisant et crée des carences importantes en azote et potassium. La valorisation de lisier brut en sol pauvre permet une meilleure fertilisation des prairies, mais malgré tout un apport supplémentaire pour les éléments nutritifs déficitaires sera nécessaire pour la culture dans les deux cas.

Selon les scénarios envisagés, une entreprise réceptrice pourrait valoriser ce produit sur une parcelle donnée dans un objectif de redressement rapide de sa fertilité, mais d'année en année, devra songer à disposer le solide en rotation sur plusieurs parcelles afin de bien répartir la charge en phosphore et les oligo-éléments présents dans ce sous-produit.

Il est à noter que dans le cas présenté, la dose appliquée au champ pour la fraction solide est de l'ordre de 6,3 m³/ha. Bien que cette dose soit relativement faible, elle demeure applicable avec l'utilisation d'équipements d'épandage performants et puissants (ex. un Samson SP-9) et de bonnes conditions de terrain (faible pente). À défaut de pouvoir épandre la dose recommandée, telle que mentionné plus haut, l'entreprise peut disposer de la fraction solide en alternance sur plusieurs parcelles

Le mélange de la fraction solide avec une autre source d'engrais organique peut s'avérer une alternative intéressante afin de bien balancer la composition de l'amendement organique et de pouvoir effectuer des épandages à dose légèrement plus élevée. L'apport en oligo-éléments pourrait ainsi être limité par la dilution de la fraction solide.

3.4.3.3.1 Fraction solide versus fumier de volaille

Le tableau 16 présente diverses caractéristiques de deux sortes de fumier qui démontrent des concentrations semblables à la fraction solide issue des courroies. La concentration en P₂O₅ étant plus élevée dans la fraction solide que dans le fumier de poule ou de poulet, les dépôts en cuivre et zinc seront moindres car le respect des abaques ne permettra pas d'épandre une dose importante.

Tableau 16. Caractéristiques des fumiers

	Fumier poule pondeuse ¹	Fumier poulet à griller ¹	Fraction solide
M.S %	69	76	28
N tot (kg/t)	28,1	30,5	11,36
P ₂ O ₅ (kg/t)	13,4	9,6	17,4
K ₂ O (kg/t)	12,7	11,8	3,94
Cu (g/t)	56	80	48
Zn (g/t)	332	276	337

¹ St-Pierre et Rivest, R. sans date. Teneur en oligo-éléments de divers fumiers.

3.4.3.4 Application d'automne

L'augmentation du rapport carbone/azote (C:N) du bio-solide issu de l'isolement des fractions nécessite également une gestion particulière au champ. Le rapport C:N de la fraction solide étant plus élevé qu'un lisier brut (8,77 à 13,62 de C :N comparé à 3,7 (BRA Saint-Hyacinthe MAPAQ – Société d'agriculture du comté de Saint-Hyacinthe, 1996-1997)), la minéralisation de l'azote se fait moins rapidement dans le sol. Des recommandations d'épandage en fin de saison peuvent s'avérer avantageuses dans ce cas, ouvrant une fenêtre d'épandage supplémentaire aux entreprises agricoles, sans pour autant augmenter le risque environnemental lié à la perte en éléments fertilisants dans l'environnement et ce, avec suffisamment de temps pour que l'azote deviennent disponible au printemps pour les cultures. Il faut compter une immobilisation momentanée de l'azote par les micro-organismes du sol lorsque ce type d'engrais est incorporé à des résidus de récolte, ce qui contribue à prévenir les pertes d'azote par lessivage et améliorer la structure du sol.

L'apport en matières organiques non fibreuses du bio-solide, donc rapidement disponible, s'avère une source d'éléments pour faire croître la biomasse dans le sol. Cette biomasse permet par la suite de décomposer les résidus fibreux de cultures qui servent de support physique à la formation d'agrégats, améliorant la structure du sol. Le solide de séparation a donc des propriétés favorables à la restructuration des sols et au développement de la biomasse tout en ayant un apport en azote et en phosphore intéressant pour des sols carencés. Une attention particulière doit par contre être portée au niveau de la gestion de ces solides.

3.4.3.5 Autres avenues de disposition

Lorsque possible, la valorisation au champ est certainement l'avenue la plus accessible pour ce type de produit. Par contre, le choix du compostage à la ferme est aussi réaliste si l'entreprise est prête à s'investir dans ce type de gestion. Bien que peu de données soient disponibles sur le compostage à la ferme du solide de séparation, plusieurs techniques de compostage s'offrent aux entreprises agricoles. Ce procédé demande évidemment des connaissances dans le

domaine, de la surveillance et de la manipulation afin de produire un produit stabilisé et de qualité. L'entreprise doit également être prête à développer le marché pour ce type de produit.

L'exportation de la fraction solide produite vers un centre de compostage autorisé peut s'avérer une alternative intéressante dans le cas où l'entreprise ne désirerait pas s'impliquer davantage dans la valorisation de ce sous-produit. Puisque la fraction solide présente un taux de matière sèche relativement élevé, l'entreprise devrait économiser sur les coûts de disposition pour la fraction solide acheminée dans un centre de traitement.

Un lit de séchage (Groleau, H., communications personnelles, mars 2005) pourrait s'avérer une avenue alternative intéressante pour le solide d'isolement par courroie. Dans ce type de procédé, le solide est séché biologiquement sans manipulation excessive de l'agriculteur et avec des coûts d'opération relativement faibles. Le produit fini peut atteindre un taux de matière sèche se situant entre 60 et 80 % tout en étant stabilisé et peu odorant. Ce produit a le potentiel de pouvoir servir d'intrant fertilisant à d'autres mélanges en vue de l'épandage au champ ou hors du circuit agricole. Par contre, il n'existe pas de tel système en fonction au Québec actuellement, l'expertise se retrouvant principalement en Europe.

3.4.4 Synthèse

La fraction liquide issue de la séparation possède des caractéristiques agronomiques intéressantes pour la valorisation au champ. En effet, un liquide ayant une faible teneur en phosphore et contenant de l'azote principalement sous forme ammoniacale procure un avantage indéniable aux producteurs aux prises avec une problématique de surplus. L'application au champ de la fraction liquide peut être augmentée par rapport au lisier brut afin de mieux combler les besoins en azote des cultures sans dépasser les normes prescrites par le REA en 2010 et respecter de plus près les besoins des cultures limitant ainsi l'introduction d'engrais de synthèse et l'enrichissement des sols en phosphore.

Les avenues potentielles pour le solide sont nombreuses mais peu documentées avec un solide de séparation. La valorisation au champ sur sols pauvres en phosphore ou en région à faible densité d'élevage est intéressante. L'apport en matière organique et en phosphore est non-négligeable et permet un redressement de la fertilité des sols et de leur structure tout en diminuant l'application d'engrais de synthèse. Les dépôts en oligo-éléments sont toutefois à surveiller.

L'introduction de rotation de cultures dont les besoins en éléments nutritifs correspondent aux apports en éléments des sous-produits d'isolement fait partie des pratiques qui devront être prises en compte dans le futur.

Puisque chaque entreprise présente une situation bien particulière au niveau de la régie alimentaire, des cheptels et des superficies d'épandage disponibles, la composition des sous-produits de séparation des lisiers ainsi que les scénarios de fertilisation privilégiés seront d'autant plus différents. Le responsable de l'entreprise doit s'entourer de conseillers qui sauront l'aiguiller vers le scénario le mieux adapté à sa situation tout en lui assurant une situation économique équilibrée.

3.5 ÉTUDE TECHNICO-ÉCONOMIQUE ET FINANCIÈRE

3.5.1 Paramètres du modèle

Les données concernant le coût des équipements, du bâtiment et les volumes des fractions à gérer suite à la mise en place du système d'isolement à courroie sont issus d'un cas bien précis. Par contre, l'analyse économique est faite pour un cas hypothétique où le producteur ne posséderait qu'un bâtiment, soit une gestation de 388 places de même que 57 hectares de terre en propriété. La superficie de terre possédée correspond alors à la superficie de terre d'épandage requise pour la fraction liquide issue du système d'isolement à courroie (tableau 12). La fraction solide est exportée vers un centre de compostage. Étant donné que les coûts de rénovation sont variables d'un cas à l'autre ainsi que d'une région à l'autre, l'exemple présenté dans cette section a plutôt pour objectif de souligner les étapes importantes à suivre lors de l'évaluation de l'impact économique résultant de l'implantation d'un système de gestion des déjections avec courroie. Donc, chaque cas doit être évalué individuellement.

3.5.1.1 Paramètres reliés aux bâtiments et à la production

Le tableau 17 présente les paramètres qui seront utilisés pour effectuer l'analyse économique pour la situation étudiée.

Tableau 17 : Liste des paramètres du modèle de production

Données techniques	Gestation
Nombre de place truie	388
Nombre de dalots	2
Dimension des dalots	7 X 200 pieds
Superficie de terres en possession	57 hectares
Volume de lisier produit	2 114 m ³
Volume de la partie solide ¹	150 m ³
Volume de la partie liquide ²	1 964 m ³

1- Densité de la fraction solide = 1 050 kg/m³

2- Inclus 284 m³ de précipitations, sans eaux de lavage

Dans le cas de l'exemple présenté dans ce rapport, quelques hypothèses de départ doivent être soulignées :

- Le producteur devrait, en 2010, avoir recours à des ententes d'épandage pour 48 hectares de terre cultivable afin de pouvoir disposer de tout le lisier brut produit, soit un total de 105 hectares de terre en sol riche requis pour épandre le lisier recomposé (tableau 10).
- L'achat de terre n'est pas nécessaire avec l'utilisation du système à courroie.
- Les superficies de terre en possession cultivable seront louées au coût de 185 \$ l'hectare.
- La durée d'entreposage pour l'abri à solide est prévue, si éventuellement le producteur réussit à obtenir des ententes d'épandage, afin d'avoir de la flexibilité et d'être en mesure d'entreposer tout le solide pour une période de 250 jours.
- Aucune mise de fonds n'est considérée pour la rénovation; le producteur doit donc financer 100 % du coût de rénovation estimé. Ceci sous-entend que les garanties sont

suffisantes pour permettre un tel emprunt. Toute mise de fonds permettra de réduire les annuités et diminuera l'impact de ce projet sur la trésorerie de l'entreprise.

- Pour le financement, la durée d'emprunt est pondérée² en fonction de la durée d'amortissement des actifs concernés, soit équipements et bâtiments confondus. La durée de l'emprunt considérée est de 15 ans à 7 % d'intérêt.

3.5.2 Coûts de rénovation et d'installation du système d'isolement des fèces avec courroie

La comparaison entre les coûts de rénovation d'un bâtiment standard avec grattes conventionnelles (ci-après appelé gestion conventionnelle à raclettes) et les coûts de rénovation d'un bâtiment et l'installation d'un système d'isolement des fèces avec courroie (ci-après appelé gestion à courroie séparatrice) est présenté au tableau 17. Ce tableau présente seulement les coûts des équipements et structures d'entreposage nécessaires pour lesquels il y a une différence de coûts entre les deux systèmes. Dans le cas présent, la fosse existante est utilisée pour la fraction liquide issue du traitement, aucun coût ne lui est attribué.

Rappelons que les données proviennent d'une estimation réalisée à partir des chiffres issus de la construction d'un engraissement effectuée chez le même propriétaire peu de temps après la réalisation du projet en gestation. Pour la gestion à raclettes les coûts sont tirés d'une estimation de coûts d'un équipementier. Les frais professionnels ont été obtenus d'une firme d'ingénieurs reconnue et les coûts pour la construction de l'abri à solide proviennent d'un estimé fait par un entrepreneur en construction. Tous les estimés de coûts ont été obtenus en janvier 2005.

² Le but est de simplifier la démarche, dans la réalité il sera souhaitable de trouver un compromis acceptable entre un seul ou de multiples emprunts. Le but est de pouvoir emprunter à nouveau lorsque les équipements les moins durables seront à renouveler.

Tableau 18 : Comparaison des coûts de rénovation pour une gestation de 388 places

	Gestion conventionnelle à raclettes	Gestion à courroie séparatrice	Différence (courroie – conventionnelle)
Équipement			
Raclettes (matériel et installation)	5 133 \$	---	(5 133 \$)
Convoyeur à courroie (matériel et installation)	---	34 768 \$	34 768 \$
Convoyeur à chaîne (matériel et installation)	---	11 952 \$	11 952 \$
Frais professionnels, plans et devis, surveillance de chantier	5 500 \$	5 500 \$	--
Sous-total équipement	10 633 \$	52 220 \$	41 587 \$
coût par place	27,40 \$	134,59 \$	107,19 \$
Structure d'entreposage			
Abri pour la fraction solide pour 250 jours, 160 m ³ de capacité ³	---	41 125 \$	41 125 \$
Frais professionnels	---	3 500 \$	3 500 \$
Sous-total structure	0 \$	44 625 \$	44 625 \$
coût par place	0 \$	115,01 \$	115,01 \$
Autres frais ⁴	---	220 \$	220 \$
Total	10 633 \$	97 065 \$	86 432 \$
coût par place	27,40 \$	250,17 \$	222,76 \$

Selon les calculs, dans le présent cas, le coût des équipements pour la rénovation de la gestation avec des courroies séparatrices s'élève à 52 220 \$ (tableau 18). Des frais de 44 625 \$ s'ajoutent pour la construction d'un abri à solide. La différence de coût entre les deux types de gestion est de 86 432 \$ au total, soit 222,76 \$ supplémentaire par place-truie pour la gestion avec courroies séparatrices.

Toutefois, dans le cas où la fosse existante ne pourrait être réutilisée, des coûts pour la construction d'une nouvelle fosse pour la fraction liquide doivent être ajoutés à ceux mentionnés précédemment. Cependant, à ce moment là, une économie d'environ 3 000 \$⁵ pourrait être réalisée puisque la fosse pourrait être plus petite dans le cas du système avec courroie. En effet, la fraction liquide issue de l'isolement des fèces avec courroie est moins volumineuse que le lisier conventionnel car la fraction solide est entreposée dans une structure indépendante. De même, dans le cas d'envoi dans un centre de traitement, la capacité de la plate-forme à solide pourrait être moindre car le producteur aurait la possibilité d'envoyer plus fréquemment le solide. Par contre, une partie de l'économie réalisée sur la dimension moindre de l'abri à solide devra servir à chauffer et isoler l'abri pour protéger la fraction solide du gel et en permettre la

³ Ce coût est approximatif et comprend l'ajout d'un corridor isolé reliant le bâtiment d'élevage à l'abri à solide. La hauteur libre sous la montée de nettoyeur est de 14,5 pieds. La durée d'entreposage est celle prévue pour fin d'entente d'épandage.

⁴ Consultation d'un Club conseil pour analyser l'impact des nouvelles fractions sur les ententes d'épandage, 4 heures à 55 \$ l'heure. A noter que, tout dépendant de la situation, d'autres frais peuvent s'ajouter pour : l'analyse économique, la création d'un dossier pour une demande de subvention, la réalisation d'un suivi, etc.

⁵ Coût fixé à 20 \$/m³, cela comprend l'excavation, le réservoir, le remblayage et les honoraires de l'ingénieurs.

reprise. Cette économie n'est pas considérée au calcul car elle n'est pas démontrée ni clairement quantifiée.

Il est important de souligner que la plate-forme et le convoyeur à chaîne pour sortir la fraction solide du bâtiment et l'entreposer représentent près de 60 % des coûts de la mise en place d'un système d'isolement des fèces avec courroie. Tout dispositif permettant de réduire ces coûts, permettrait d'amoinrir l'augmentation du coût par place.

3.5.3 Coûts d'entretien et de réparation

Le système d'isolement à courroie étant récent, les coûts d'entretien et de réparation sont donc établis aux coûts standards de 4 % du coût des équipements (46 720 \$), taux généralement appliqué sur les équipements. Pour la section bâtiments, le taux pour l'entretien annuel est fixé à 1,4 % de la valeur de la structure d'entreposage (41 125 \$). Les coûts moyens estimés d'entretien et de réparation représentent annuellement 2 445 \$. Ce coût est basé sur un investissement total de 87 845 \$, montant qui exclu les frais professionnels.

3.5.4 Coûts de disposition des fractions solide et liquide

Puisque la fraction solide est exportée vers un centre de traitement, les superficies de terre nécessaires pour l'épandage de la fraction liquide sont moindres. Tel qu'indiqué au tableau 19, les coûts de disposition, soit le transport et le droit d'entrée, du 150 m³ de solides sont de 3 866 \$. Ce montant inclus le transport au coût de 866 \$ à 5,77 \$/m³ de solide et un droit d'entrée variant de 15 à 20 \$/m³, fixé ici à 20 \$, correspondant à 3 000 \$ chargé par le centre de compostage recevant le solide.

Le coût d'entrée du solide à un site de traitement est établi en fonction de sa structure (densité, porosité), de sa teneur en matière sèche, des composantes en éléments fertilisants et en fonction de la concentration des autres éléments. Il est important d'obtenir l'analyse la plus précise possible des composantes du solide afin d'obtenir du centre de compostage ou de traitement un estimé précis des coûts qui seront exigés à l'entrée.

Globalement, le coût économique⁶ de la gestion des lisiers augmente de 20,89 \$ par place truie, passant de 36,57 \$ à 57,46 \$ par place truie si la fraction solide est envoyée dans un centre de traitement. Dans le cas d'ententes d'épandage, l'augmentation du coût économique est de 12,28 \$ pour un total de 48,85 \$ par place truie.

3.5.5 Analyse financière : budget partiel

L'analyse du tableau 19 a comme objectif d'estimer et de comparer l'impact sur la trésorerie de la rénovation d'une gestation avec raclettes conventionnelles et avec courroie. Ce tableau permet de noter une différence appréciable au niveau des investissements requis. Pour la gestion avec courroie d'isolement, le coût total des investissements (équipements et structures) se chiffre à 97 065 \$. Dans le cas d'un bâtiment avec grattes conventionnelles, ce coût est de 10 633 \$. Pour ce qui est des frais variables, ceux-ci baissent légèrement, passant de 12 936 \$ à 11 860 \$ avec un système de courroie. Par contre, si l'entreprise parvient à trouver un preneur pour la fraction solide issue de l'isolement des déjections, un gain appréciable de 3 000 \$ pourrait être réalisé. Ce gain est encore plus élevé si le preneur est prêt à payer pour recevoir

⁶ Coûts tenant compte des frais de possession (fixes) tel que la dépréciation des biens et des équipements et d'opération (variables) tel que les coûts d'entretien de la terre, des bâtiments, des équipements, etc. et ainsi que les revenus liés au projet s'il y a lieu (ex. vente de compost, marge nette des cultures). Cela inclus, entre autres, les coûts de possession des 57 hectares de terre dont la valeur a été fixée à 9 000 \$ l'hectare.

cette fraction ou à tout le moins à contribuer au paiement des coûts de transport. Les frais variables passeraient donc de 12 936 \$ à 8 519 \$ si l'entreprise à recours à des ententes d'épandage et que les frais de transport sont payés moitié-moitié. Pour ce qui est des annuités, l'analyse financière permet de constater l'impact considérable des paiements annuels en capital et intérêts selon la technologie retenue.

Tableau 19 : Analyse financière relative à la présente étude

	Gestion conventionnelle à raclettes	Gestion à courroies isolatrices (aucune mise de fond)		Gestion à courroies isolatrices (25 % de mise de fond)	
		Centre de traitement	Entente d'épandage	Centre de traitement	Entente d'épandage
Investissements					
Coût des équipements	10 633 \$	52 220 \$	52 220 \$	52 220 \$	52 220 \$
Coût des bâtiments et structures d'entreposage	--	44 625 \$	44 625 \$	44 625 \$	44 625 \$
Autres frais	--	220 \$	220 \$	220 \$	220 \$
Total :	10 633 \$	97 065 \$	97 065 \$	97 065 \$	97 065 \$
Frais variables					
Coût d'entretien ouvrages et bâtiments ⁷	--	576 \$	576 \$	576 \$	576 \$
Coût d'entretien équipements	205 \$	1 869 \$	1 869 \$	1 869 \$	1 869 \$
Énergie (moteurs)	4 \$	29 \$	29 \$	29 \$	29 \$
Épandage du lisier brut ⁸	12 684 \$				
Épandage (fraction liquide) ⁹	--	5 008 \$	5 008 \$	5 008 \$	5 008 \$
Transport de la fraction solide vers un receveur ¹⁰	--	866 \$	525 \$	866 \$	525 \$
Coût d'entrée à un site autorisé ¹¹	--	3 000 \$	---	3 000 \$	---
Taxes foncières nettes	0 \$	124 \$	124 \$	124 \$	124 \$
Assurances additionnelles	43 \$	388 \$	388 \$	388 \$	388 \$
Total :	12 936 \$	11 860 \$	8 519 \$	11 860 \$	8 519 \$
Financement					
Mise de fond	0 \$	0 \$	0 \$	24 000 \$	24 000 \$
Annuités liées aux rénovations	1 482 \$	10 469 \$	10 469 \$	7 881 \$	7 881 \$

⁷ Coût relié aux nouvelles structures soit le corridor isolé reliant le bâtiment d'élevage à l'abri à solide et l'abri à solide.

⁸ Transport et épandage de 2 114 m³ au coût moyen de 6 \$/m³ actuellement mais en 2010 ce coût pourrait être plus élevé.

⁹ L'épandage est effectué à forfait à proximité au coût de 2,55 \$ par mètre cube.

¹⁰ Le coût du transport à l'aide d'un camion semi-remorque est de 5,77 \$/m³, incluant le chargement. Pour le centre de traitement, cela comprend deux heures de location d'un camion semi-remorque, 30 m³ par voyage, tarif horaire 80 \$ et une demi-heure pour le chargement au coût de 0,44 \$/m³. Pour les ententes d'épandages, le coût du transport a été fixé à 7 \$/m³ et le receveur assume la moitié du coût.

¹¹ Le coût a été fixé à 20 \$ le mètre cube mais pourrait varier de manière importante.

L'impact sur la trésorerie de l'entreprise suite à la mise en place de cette nouvelle technologie est décrit au tableau 20. Selon ce tableau, le producteur, en l'absence de subvention, devra s'attendre à déboursier 9 393 \$ de plus annuellement pour la gestion de ses fumiers. Cet effet négatif sur la trésorerie s'explique en bonne partie par le faible gain sur les coûts variables combiné aux paiements en capital et intérêts de 10 469 \$ liés à l'emprunt de 97 065 \$ nécessaire à la mise en place de cette technologie. Dans l'éventualité où l'entreprise aurait recours à des ententes d'épandages, l'entreprise pourrait économiser et déboursier annuellement 6 052 \$ pour gérer ses fumiers. Ces coûts sont comparés à ceux de la gestion des lisiers avant l'installation de courroies.

Il faut aussi garder à l'esprit que ce ne sont que les coûts pour lesquels il y a une différence qui ont été considérés. Une mise de fonds de 24 000 \$, soit près de 25 % du montant à financer diminuerait les annuités de 2 588 \$, faisant passer ces dernières de 10 469 \$ à 7 881 \$. L'effet trésorerie diminuerait d'autant et passerait ainsi de 9 393 \$ à 6 805 \$ dans le cas de l'envoi du solide dans un centre de traitement. Dans le cas de l'hypothèse d'entente d'épandage, l'effet trésorerie passerait de 6 052 \$ à 3 464 \$.

Tableau 20: Budget partiel

	Gestation avant le projet ¹²	Gestion à courroies isolatrices (aucune mise de fond)		Gestion à courroies isolatrices (25 % de mise fond)	
		Centre de traitement	Entente d'épandage	Centre de traitement	Entente d'épandage
Frais variables	12 936 \$	11 860 \$	8 519 \$	11 860 \$	8 519 \$
Annuités liées au projet ¹³	-----	10 469 \$	10 469 \$	7 881 \$	7 881 \$
Total	12 936 \$	22 329 \$	18 988 \$	19 741 \$	16 400 \$
Impact sur la trésorerie ¹⁴		9 393 \$	6 052 \$	6 805 \$	3 464 \$

3.5.5.1 Impact de l'augmentation du coût des ententes d'épandage

Un calcul additionnel a été effectué pour estimer quel devrait être le coût moyen pondéré de la gestion standard des lisiers incluant les ententes d'épandage pour avoir le même impact sur la trésorerie que l'installation d'un système d'isolement des fèces avec courroie. Puisque l'entreprise devait épandre 2 114 m³ de lisier conventionnel et que l'effet sur la trésorerie est de 9 393 \$, le coût global de la gestion standard des lisiers devrait augmenter de 4,44 \$/m³ (9 693 \$/2 114 m³) pour avoir le même impact sur la trésorerie que l'ajout du système. Donc, du coût pondéré actuel de 6 \$, il aurait donc fallu atteindre 10,44 \$ le mètre cube pour que l'impact sur la trésorerie soit nul. Ce montant devrait passer à 8,86 \$/m³ si le producteur à recours à des ententes d'épandage et que les frais de transport du solide sont défrayés à 50 % par un receveur. De plus, si une mise de fonds de 25 % est appliquée, ceci aurait pour effet de diminuer les frais annuels de gestion du lisier de 1,22\$/m³ (2 588 \$/2 114 m³) peut importe le scénario de dispositions du solide.

¹² Coûts de la gestion des lisiers avant ce projet: transport et épandage de 2 114 m³ au coût pondéré de 6 \$/m³, pour un total de 12 684 \$. Cela regroupe l'épandage à forfait et le transport vers les receveurs éloignés.

¹³ Paiements en capital et intérêts pour la durée de l'emprunt. Dans ce cas, l'emprunt est de 97 065 \$ à 7 % pour une durée d'emprunt de 15 ans.

¹⁴ Différence entre le coût total après et avant projet donc 22 332 \$ - 12 936 \$

Toutefois, il ne faudrait pas oublier que les frais de disposition actuels ne devraient pas être les mêmes dans le futur en raison de l'augmentation du prix du transport dû à l'augmentation du prix du carburant et à l'éloignement des receveurs car eux aussi sont soumis au REA et devront potentiellement réduire les doses d'application de lisier. Les frais encourus pour l'achat d'engrais chimique sont également un autre point à considérer. Ainsi, l'application de la fraction liquide permet des apports plus importants en azote et par conséquent nécessite moins d'engrais pour compléter les besoins en azote des plantes. Dans ce cas-ci, pour les 57 hectares de terre en possession, l'économie potentielle aurait été de l'ordre de 1 880 \$¹⁵.

Le tableau 21 montre l'effet envisageable sur la trésorerie suite à la mise en place du système d'isolement à courroie en fonction du coût actuel de la gestion des lisiers. La première colonne présente l'effet sur la trésorerie si la fraction solide est dirigée vers un site de compostage ou de traitement. À noter que pour la colonne compostage, le coût assumé par le producteur en surplus est de 5,77 \$/m³ pour le transport et de 20 \$/m³ pour le coût d'entrée au site de traitement pour un total de 25,77 \$/m³. La deuxième colonne suppose que l'entreprise en surplus a trouvé un receveur éloigné pour la fraction solide qui assume 50 % des coûts de transport évalués à 7 \$/m³. Le producteur en surplus n'assume donc que l'autre 50 % soit 3,50 \$/m³.

Tableau 21 : Impact projeté sur la trésorerie dû à la gestion de la fraction solide et liquide en fonction du coût actuel de disposition du lisier brut et selon le mode disposition de la fraction solide

Coût actuel (\$/m ³ lisier)	Impact sur la trésorerie (aucune mise de fond)		Impact sur la trésorerie (25% de mise de fond)	
	Centre de traitement	Entente d'épandage (50% frais transport)	Centre de traitement	Entente d'épandage (50% frais transport)
3	(15 739 \$)	(12 398 \$)	(13 151 \$)	(9 810 \$)
5	(11 511 \$)	(8 170 \$)	(8 923 \$)	(5 582 \$)
7	(7 283 \$)	(3 942 \$)	(4 695 \$)	(1 354 \$)
9	(3 055 \$)	286 \$	(467 \$)	2 874 \$
11	1 173 \$	4 513 \$	3 761 \$	7 101 \$

Le tableau 21 permet de constater que l'économie réalisée par le recours aux ententes d'épandage comparativement au compostage est de 3 340 \$ selon le présent cas. Ceci s'explique par le fait que la fraction solide représente 150 m³ et que l'économie de coût pour le producteur en surplus est de 22,27 \$/m³ (25,77 \$/m³ - 3,50 \$/m³). Donc, la disposition de la fraction solide par ententes d'épandage revient moins cher que l'envoi dans un centre de compostage ou de traitement. Ainsi, pour l'entreprise en mesure de trouver un receveur, il devient financièrement avantageux d'avoir recours à l'installation du système d'isolement à courroie si le coût de gestion actuelle des lisiers atteint 9 \$/m³, pour un gain de 286 \$ en assumant un partage à parts égales des frais de transport (ce montant pourrait être moindre si une mise de fonds est mise au départ). Pour l'entreprise disposant d'un site de traitement, elle tirera un avantage financier si le coût de sa gestion dépasse 10,44 \$/m³. Le tableau 21 le confirme en montrant un avantage de 1 173 \$ si le coût de la gestion actuelle des lisiers atteint 11 \$/m³.

Enfin, les différentes hypothèses présentées dans cette section montrent qu'il y a plusieurs possibilités qui s'offrent relativement à la gestion des solides et liquide qui peuvent influencer les

¹⁵ Prix de l'engrais azoté fixé à 519 \$/t.

coûts. Ainsi, il est recommandé de faire des analyses individualisées car il y a autant de cas qu'il y a de fermes.

3.5.6 Synthèse

L'objectif de cette section économique était de démontrer les étapes à suivre pour une évaluation économique d'un choix de technologies. Si le coût des ententes d'épandage augmente de manière importante et/ou que la réglementation de 2010 l'oblige, la construction d'un bâtiment avec un système d'isolement des fèces avec courroie s'avère être une option intéressante. Il faut cependant être conscient qu'il y a un coût supplémentaire pour un bâtiment muni d'un tel système comparativement à un bâtiment standard. **Toutefois, si le traitement du lisier est nécessaire, ce système devrait être comparé aux autres solutions s'offrant aux producteurs et non à la gestion conventionnelle.** Le surcoût du système d'isolement des fèces avec courroie s'explique par des coûts de rénovation du bâtiment plus élevés et un coût supplémentaire relié à la gestion du solide. Ce coût offre donc le potentiel d'être réduit de façon importante en ayant recours à la valorisation agricole chez des receveurs et par le développement de nouveaux débouchés pour ce solide.

Une analyse de l'impact financier de la mise en place du système d'isolement des fèces avec courroie en gestation permet d'observer l'impact sur le coût de production. Le coût économique¹⁶ de la gestion des lisiers par place truie augmente de 20,89 \$ par place truie, montant attribuable à la mise en place de cette technologie. Il est à noter que les calculs présentés dans cette section sont basés en partie sur les données d'un cas précis. Comme il a été souligné précédemment, les résultats des calculs seront variables d'un cas à l'autre et ne peuvent être appliqués tels quels à une autre entreprise.

Ce système de traitement est très intéressant au niveau du taux de capture du phosphore et du taux de matière sèche de la fraction solide. La décision d'opter pour ce procédé plutôt qu'un autre doit être motivée, entre autres, par l'ampleur du surplus de l'entreprise, la probabilité de conserver ses ententes d'épandage, les coûts et performances des autres solutions technologiques disponibles sur le marché. Également, l'application du liquide pourrait dans plusieurs cas permettre de réduire ou remplacer l'utilisation d'engrais azotés, tout en évitant de poursuivre l'enrichissement de sols riches en phosphore. L'économie potentielle sur l'engrais devra faire partie d'une évaluation précise cas par cas.

¹⁶ Coûts tenant compte des frais de possession (fixes) et d'opération (variables) et des revenus liés au projet s'il y a lieu. Cela inclus les coûts de possession des 57 hectares de terre dont la valeur a été fixée à 9 000 \$ l'hectare.

4 CONCLUSION

Le système d'isolement des fèces avec courroie a permis de retenir 94 % du phosphore provenant des déjections dans une fraction solide, ayant environ 28 % de matière sèche. De son côté, la fraction liquide représente 92 % du volume total des déjections contenant 69 % de l'azote et 75 % du potassium.

L'efficacité de séparation a été constante d'une semaine à l'autre. L'ajout de trous dans la courroie a légèrement augmenté la teneur en matière sèche de la fraction solide pouvant permettre de diminuer les coûts de disposition. Par ailleurs, la fréquence de vidange semble avoir peu d'impacts sur les concentrations en éléments fertilisants tant et aussi longtemps que les trous dans la courroie ne sont pas obstrués.

Une bonne connaissance des volumes annuels et des concentrations en éléments fertilisants est importante afin d'estimer adéquatement les superficies nécessaires pour valoriser les deux fractions issues de la séparation. Les sous-produits de l'isolement des déjections sous les lattes avec courroie possèdent des propriétés agronomiques distinctes nécessitant un contexte de valorisation appropriée pour chacun. Cette diversité procure certains avantages et inconvénients qui doivent être pris en considération lors de la confection des PAEF. Le professionnel et le PAEF demeurent des outils adaptés pour assurer une gestion adéquate des éléments fertilisants, séparés ou non.

Du point de vue économique, la différence de coût entre les deux types de gestion est de 86 432 \$ au total, soit 222,76 \$ supplémentaire par place-truie pour la gestion avec courroie séparatrices. Il a également été démontré que la disposition de la fraction solide par entente d'épandage revient moins chère que l'envoi dans un centre de traitement pour ce cas bien précis. Ainsi, pour l'entreprise en mesure de trouver un receveur, il devient financièrement avantageux d'avoir recours à l'installation du système d'isolement à courroie si le coût de gestion actuelle des lisiers atteint 9 \$/m³, pour un gain de 286 \$ en assumant un partage à parts égales des frais de transport. Toutefois, un scénario plus optimiste laisse présager qu'il est possible d'être financièrement avantageux d'avoir recours à l'installation du système de courroie si le coût de gestion actuelle des lisiers atteint 7,64 \$/m³, en assumant un partage à parts égales des frais de transport et en ayant une mise de fonds de 25 %. Finalement, si le traitement du lisier est nécessaire, ce système devrait être comparé aux autres solutions s'offrant aux producteurs et non à la gestion conventionnelle.

Il sera important dans un avenir rapproché de valider les dimensions de la plate-forme, selon le volume et l'angle de repos de la fraction solide, étant donné l'impact important engendré par l'entreposage de la fraction solide sur les coûts d'un tel système. De plus, un suivi devrait également être fait afin de connaître la durabilité de la courroie. De même, il serait intéressant de mesurer le potentiel de réduction des odeurs de ce système dans le cadre d'un projet ultérieur.

Finalement, un système d'isolement des fèces avec courroie a également été installé dans un bâtiment d'engraissement de 950 places appartenant au même producteur. Le système fait présentement l'objet d'une évaluation par le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) afin d'évaluer la performance du système.

5 RÉFÉRENCES

- BAPE – Bureau d’audiences publiques sur l’environnement. 2003. L’inscription de la production porcine dans le développement durable. Rapport d’enquête et d’audience publique. 275 p.
- BRA Saint-Hyacinthe MAPAQ – Société d’agriculture du comté de Saint-Hyacinthe. 1996-1997. « Guide régional sur la composition des fumiers et lisiers utilisés sur les fermes de la Montérégie-Est. Rapport final ». 31 p.
- Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 2003a. Période transitoire. Charges fertilisantes des effluents d’élevage. Ste Foy, Québec. 54p.
- Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 2003b. Guide de référence en fertilisation. 1^{ère} éd. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, Ste Foy, Québec. 294 p.
- Chantigny, M.H., Angers, D.A., Rochette, P., Bélanger, G. Côté, D. et Massé, D. 2004. Les sous-produits liquides de traitement des lisiers. Implications agronomiques et environnementales. Porc Québec, vol 15, no 4. p. 32-36.
- Côté, L et Potvin, D. 1994. Caractérisation de certains composts commerciaux disponibles au Québec. Rapport présenté au Consortium québécois sur le développement du compostage au Québec. Centre de recherche industrielle du Québec. 19 p.
- CRÉAQ. 1995. Fumier de ferme. AGDEX 538.
- Elmer, K.A., Rimbach, C.A., Bottcher, R.W., Humenik, F.J., Classen, J.J., Rice, J.M., van Kempen, T.A., van Heugten, E., Zering, K.D., Gregory, J. et Hardesty, J. 2001. Development of an energy efficient swine building using conveyor belts for manure handling. Proc. 6th Livestock environment Conference, 749-757. ASAE, St-Joseph, MI.
- Hamel, D., Pouliot, P., Leblanc, R., Godbout, S., von Bernuth, R.D. et Hill, J. 2004. Évaluation technico-économique d’un système de séparation liquide-solide des déjections à la source dans un bâtiment porcin et les impacts sur l’environnement. Rapport d’étape. Centre de développement du porc du Québec inc., Ste-Foy, Qc, Canada. 68 p.
- Hébert, M. 1998. Contamination des sols agricoles du Québec par les éléments-traces : situation actuelle et perspectives. Agrosol. Décembre. p. 87-95.
- ITP. 2000. Mémento de l’éleveur de porc. Édition 2000. Paris, France. 374 p.
- Jondreville, C., Revy, P.S., Jaffrezic, A. et Dourmad, J.Y. 2002. Le cuivre dans l’alimentation du porc : oligo-élément essentiel, facteur de croissance et risque potentiel pour l’Homme et l’environnement. INRA. Prod. Anim., 15(4): 247-265.
- Jongebreur, A.A. 1981. Housing system and their influence on the environment. Environmental aspects of housing for animal production, Butterworths, London, UK. p. 431-436.
- Kaspers, B., Koger, J. et van Kempen, T. 2000. An alternative approach to manure collection: the conveyor belt system. Swine News. Vol. 23 No 10
- Kaspers, B., Koger, J. et van Kempen, T. 2002. Evaluation of a conveyor belt waste collection system for swine: fecal drying efficiency and ammonia emission reductions. North Carolina State University. Annual Swine Report 2002.

- Kroodsma, W. 1986. Separation and removal of Faeces and Urine using Filter Nets under Slatted Floors in Piggeries. *J. Agric. Engng Res.* (34): 75-84.
- Larose, L.A. et Trahan, M. 2004. Évaluation préliminaire de l'efficacité de séparation d'un système à courroie sous les lattes. Rapport final. Fertior, coopérative de fertilisation organique. St-Bernard, Qc, Canada. 8 p.
- Levasseur, P. 1999. Mieux connaître les lisiers de porc. Compositions, volumes et analyses. ITP. France. 32 p.
- Levasseur, P et Courboulay, V. 2001. Quels rejets pour des truies gestantes alimentées avec un régime enrichi en fibres ? *Techni-Porc.* 24(5) : 13-16.
- Madec, F. 1985. La consommation d'eau chez la truie gestante en élevage intensif. *Journées Rech. Porcine en France* 17 : 223-236.
- Marchal, P. 2002. Le système de séparation solide-liquide sous la queue: un choix technologique raisonné. 3e Colloque sur les bâtiments porcins – Le bâtiment en évolution! 20 mars, CRAAQ, Ste-Foy, Qc. p. 23-36.
- National Research Council. 1974. Nutrients and toxic substances in water for livestock and poultry. National Academy of Sciences, Washington, D.C., 57 p.
- Revy, P.S., Jondreville, C., Dourmad, J.Y. et Nys, Y. 2003. Le zinc dans l'alimentation du porc : oligo-élément essentiel, facteur de croissance et risque potentiel pour l'Homme et l'environnement. *INRA Prod. Anim.*, 16(1): 3-18.
- SAS. 1999. SAS version 8.0, SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- St-Pierre et Rivest, R. sans date. Teneur en oligo-éléments de divers fumiers. Agri-Quanta - MAPAQ Montérégie-Est. p.9.
- Tran, T.S., Côté, D. Et N'Dayegamiye, A. 1996. Effets des apports prolongés de fumier et de lisier sur l'évolution des teneurs du sol en éléments nutritifs majeurs et mineurs. *Agrosol IX (1)* : 21-30.
- van Kempen, T. 2003. RE-Cycle: a profitable swine production system with zero waste. Banff Pork Seminar, *Advances in Pork Production*, Vol. 14, pp. 195-206
- van Kempen, T., Kaspers, B., Brunette, P., van Kempen, M. et Koger, J.B. 2003. Swine housing with a belt for separating urine and feces; key to flexibility? *Swine housing II. Proc. 2nd Int. Conference*, 159-165. ASAE, St.Joseph, MI.
- Voermans, J.A.M. et van Poppel, F. 1993. Scraper systems in pig houses. In: *Livestock Environment IV, Proc. 4th International Symposium*, ASAE, St-Joseph, MI. p. 650-656.
- von Bernuth, R.D. 2001. Separate Ways. Keeping manure solids and liquids apart benefits transport. *Resource, Engineering and technology or a sustainable world*, September 2001, 9-10.

Annexe A

Rapport préliminaire de Fertior



**Évaluation préliminaire de l'efficacité d'isolement des
déjections
d'un système à courroie sous les lattes**

Rapport final

Réalisé par
Louise-Andrée Larose, agr.
Maryse Trahan, B.Sc.A.

Saint-Bernard
Automne 2004

FERTIOR, COOPÉRATIVE DE FERTILISATION ORGANIQUE
1741, Saint-Georges, bureau 103, C.P. 206, Saint-Bernard (Québec) G0S 2G0
Téléphone : (418) 475-4475 – Télécopieur : (418) 475-6833 – Courriel : fertior@fertior.com

TABLE DES MATIÈRES

1.0 INTRODUCTION ET CONTEXTE	3
2.0 BUT ET OBJECTIF	3
3.0 DESCRIPTION DU SYSTÈME	4
4.0 MÉTHODOLOGIE	5
4.1 L'échantillonnage.....	5
4.2 Méthode pour le calcul de l'efficacité.....	5
5.0 RÉSULTATS ET DISCUSSION	6
6.0 CONCLUSION.....	7
REMERCIEMENTS.....	7
RÉFÉRENCES.....	8

1.0 Introduction et contexte

La production porcine constitue un secteur d'activité d'importance au Québec. Elle a su se développer dans des régions spécifiques de la province donnant lieu à des zones de forte concentration d'élevages porcins. C'est le cas de la région de Chaudière-Appalaches, entre autre.

Selon plusieurs études québécoises, il y a une très forte proportion d'entreprises porcines qui gèrent leurs surplus de phosphore sur des superficies soumises à des ententes d'épandage, ne possédant pas suffisamment de terres pour valoriser les déjections animales produites. En zone de forte concentration des élevages, l'exportation de ces surplus peu concentrés en charge fertilisante se fait souvent sur de grandes distances ce qui engendre des coûts de gestion importants pour l'entreprise.

Le phosphore étant lié à la phase solide et l'azote se retrouvant en solution dans la partie liquide du lisier, il devient intéressant de fractionner ces deux phases. Une fois la séparation effectuée, la gestion agronomique et environnementale des phases est améliorée. Le liquide peu chargé peut être valorisé sur les terres situées à proximité du lieu d'élevage alors que la phase solide peut être exportée sur de grandes distances, à l'extérieur de la zone de forte concentration.

Or, depuis quelques années, plusieurs solutions de traitement des déjections porcines émergent et offrent aux entreprises agricoles des solutions de plus en plus accessibles à la gestion des surplus. Les séparateurs mécaniques peuvent faire ce travail mais sont encore peu répandus au Québec puisqu'ils sont en général dispendieux et que leur performance est très variable. Différentes technologies en développement permettent l'isolement au bâtiment des solides et des liquides. Il existe plusieurs systèmes sous les lattes et leur efficacité à regrouper le phosphore dans la phase solide est de l'ordre de 90% (Godbout et al., 2004; Hamel et al., 2004).

Au cours de l'été 2004, un tout nouveau procédé a été mis au point et testé à Saint-Elzéar dans une maternité porcine exploitée par l'entreprise Porc S.B. inc., propriété de M. Cécilien Berthiaume. Ce système en est un d'isolement des phases solide et liquide sous les lattes par courroies.

Ce procédé d'isolement à la source a été conçu en collaboration avec les Industries et Équipements Laliberté Ltée de Sainte-Claire et est adapté d'une technologie existante en production avicole. Cependant, ce procédé étant différent de ceux testés jusqu'à ce jour, aucune valeur concernant l'efficacité d'isolement de cette technologie n'est disponible. Donc, pour permettre de mieux connaître les performances de ce système, M. Berthiaume a donné le mandat à la division traitement de Fertior de mettre sur pied un projet d'évaluation préliminaire d'efficacité de cette nouvelle technologie.

2.0 But et objectif

Le projet visait à mesurer la capacité du système à courroie d'isoler à la source la fraction liquide et solide des déjections. Plus spécifiquement, les objectifs du projet étaient de :

- Caractériser les phases solide et liquide
- Quantifier les quantités de solide et de liquide produites
- Évaluer globalement le fonctionnement de la courroie
- Évaluer l'efficacité d'isolement du phosphore dans la phase solide

3.0 Description du système

Le principe est simple : les déjections animales s'accumulent sur un tapis sous les lattes. La partie liquide s'écoule au travers de la courroie perforée et s'accumule dans le dalot pour être périodiquement évacuée vers la structure d'entreposage. La fraction solide est acheminée par la courroie en mouvement vers un convoyeur puis vers une structure d'entreposage, dans le cas présent, un camion.

Figure 1 : Déjections accumulées sur les courroies sous les lattes



Figure 2 : Transfert des déjections solides vers le convoyeur



Figure 3 : Sortie des déjections solides vers la structure d'entreposage



4.0 Méthodologie

4.1 L'échantillonnage

Pour les fins de ce projet, les phases liquide et solide ont été caractérisées pendant 5 semaines, à raison d'une fois par semaine pour chaque phase. Le volume de déjections produites a été déterminé d'une part, pour la phase liquide, à partir de la hauteur de lisier accumulé dans les dalots au bâtiment et d'autre part, pour la phase solide, lors de la pesée du camion où elle s'accumule.

La valeur fertilisante des déjections est obtenue à partir des échantillons de solides et de liquides prélevés chaque lundi lors du transfert de la phase liquide à l'ouvrage de stockage et précédant la vidange du camion. Les échantillons de la phase liquide proviennent d'en moyenne 15 échantillons composites prélevés à une fréquence prédéterminée lors de la vidange des dalots vers l'ouvrage de stockage. Les échantillons de la phase solide sont composés d'un minimum de 5 échantillons composites effectués à l'aide d'une sonde à même le camion où s'accumulent les solides.

Le suivi des inventaires a été réalisé de façon journalière par le responsable de l'entreprise afin d'expliquer au besoin les fluctuations dans la production des effluents d'élevages caractérisés.

Les échantillons ont été conservés dans une glacière munie de « ice pack » jusqu'à ce qu'ils puissent être réfrigérés. Les échantillons ont été acheminés au laboratoire dans un délai de trois jours suivant le prélèvement.

4.2 Méthode pour le calcul de l'efficacité

Équation 1 :

$$Eff(\%) = \frac{M_{solide} \times C_{solide}}{M_{solide} \times C_{solide} + M_{liquide} \times C_{liquide}} \times 100$$

où :

Eff :	Efficacité d'isolement (solide ou liquide, %)
M_{solide} :	Masse humide du matériel solide (kg)
C_{solide} :	Concentration de l'élément analysé (ex. : N, P, K...) dans le matériel solide (mg/kg)
$M_{liquide}$:	Masse humide du matériel liquide (kg)
$C_{liquide}$:	Concentration de l'élément analysé (ex. : N, P, K...) dans la fraction liquide (mg/kg)

5.0 Résultats et discussion

Les résultats préliminaires démontrent un taux de capture du phosphore qui corrobore avec plusieurs études de séparation sous les lattes. Le tableau 1 présente les taux de capture des éléments majeurs dans la fraction solide du lisier. Un écart au niveau de l'azote et de la potasse est remarqué ainsi qu'au niveau des volumes de déjections produits. Ces résultats peuvent être expliqués par la régie et l'alimentation des animaux qui diffèrent passablement entre un engraissement de taille réduite (Godbout et al., Michigan State University (MSU)) et une maternité section gestation à l'échelle réelle.

Les volumes de déjections produites se comparent aux valeurs transitoires du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). Bien que les valeurs référence considèrent un volume plus important de déjections, soit 24 l/truie.j incluant les eaux de lavage et de précipitations, des résultats inférieurs étaient attendus. Il importe de spécifier que le volume issu des valeurs référence considère des cheptels de truies en gestation et en truies mise-bas confondus qui produisent une quantité plus importante de déjections. Également, les données sur les volumes issues de cette étude ne comportent aucune eaux de dilution. Les données du CRAAQ supportent donc les résultats de cette étude.

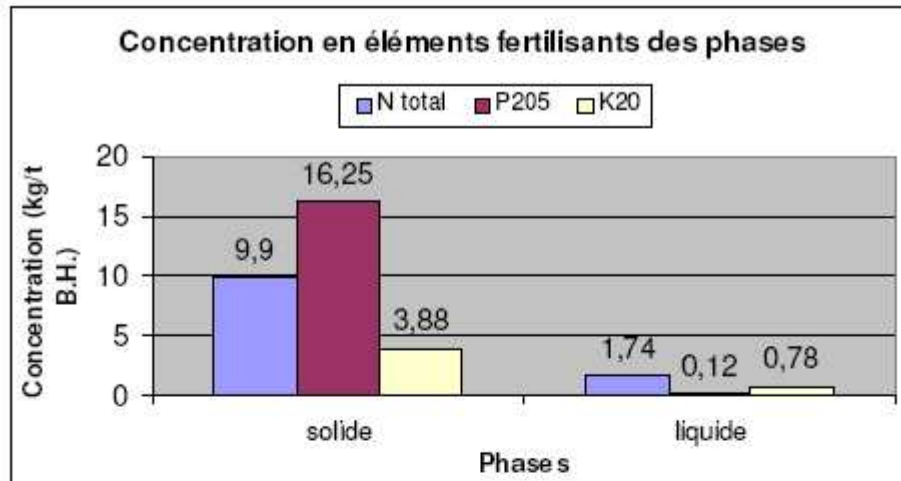
Tableau 1 : Taux capture des éléments majeurs dans la fraction solide et volume total (solide et liquide) des déjections par jour (ne sont pas inclus les eaux de lavage et de précipitations).

	unité	Porc S.B. inc	MSU ⁽¹⁾
N	%	30	66
P2O5	%	91	90
K	%	27	60
M.S.	%	29	34
Volume solide+liquide	Kg /tête/jour	13,84	1.9

(1) Étude du Michigan State University sur un système de séparation des déjections par grattes et dalots en « v » dans un engraissement porcin.

La figure 4 illustre la différence entre la concentration des phases solide et liquide. L'extraction de 91% du phosphore du lisier permet d'obtenir une fraction liquide faiblement chargée en phosphore ce qui amène une diminution importante des superficies requises pour l'épandage de cette fraction (selon les dépôts maximum permis en 2010 prévus à l'annexe I du REA). Cette diminution de la concentration en phosphore dans la phase liquide permet ainsi de réaliser une meilleure gestion de la fertilisation des cultures en conditions de sols riches par un liquide bien chargé en azote. En effet, le phosphore ne limitant plus les dose d'engrais de ferme à épandre, les besoins en azote des cultures peuvent ainsi être comblés à 100% et ceci permet du même coup de limiter l'achat de fertilisants minéraux azotés complémentaires. La fraction solide riche en phosphore peut donc être exportée vers un centre de traitement autorisé ou encore être valorisée dans des régions où la problématique du phosphore n'est pas limitante.

Figure 4 : Concentration en éléments fertilisants des phases solide et liquide issus de la séparation sous les lattes par courroies



Cette étude préliminaire a également permis d'ajuster le fonctionnement du système d'isolement par courroies pour en arriver à des performances optimales. Des améliorations importantes ont ainsi pu être effectuées au cours des cinq semaines qu'ont duré le projet.

Il importe également de préciser que des gains notables ont été observés au niveau de la gestion de l'entreprise par l'utilisation de ce système de gestion des déjections. En effet, le système d'isolement par courroies a permis au responsable de l'entreprise de modifier la régie alimentaire de ses cheptels par l'observation de pertes importantes de moulées retrouvées sur les courroies. Également, le matériel retrouvé sur la courroie lors de la vidange a permis de noter dans le cas présent des cas d'avortement, de blessures ainsi que de conclure à la présence de toxines dans l'alimentation des animaux. Ces précieuses informations ont donc grandement contribué à l'amélioration de la gestion globale de l'entreprise.

6.0 Conclusion

Suite à l'essai chez Porc S.B. inc. de Saint-Elzéar, le système d'isolement des phases solide et liquide sous les lattes avec courroies démontre un excellent potentiel avec un taux de capture du phosphore de plus de 90% tout en demeurant simple d'utilisation. Suite au présent essai qui se voulait exploratoire, d'autres études approfondies devront avoir lieu afin de bien documenter les performances du système, ses avantages et ses limites ainsi que l'impact global sur les élevages porcins du Québec.

Remerciements

Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec (MAPAQ), Centre de développement du porc du Québec (CDPQ), Institut de recherche et de développement en

agroenvironnement (IRDA), Les industries et équipements Laliberté inc. (IEL) ainsi que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet et à la rédaction de ce rapport.

Références

CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE DU QUÉBEC. Période transitoire. Charges fertilisantes des effluents d'élevage. mars 2003, 54p.

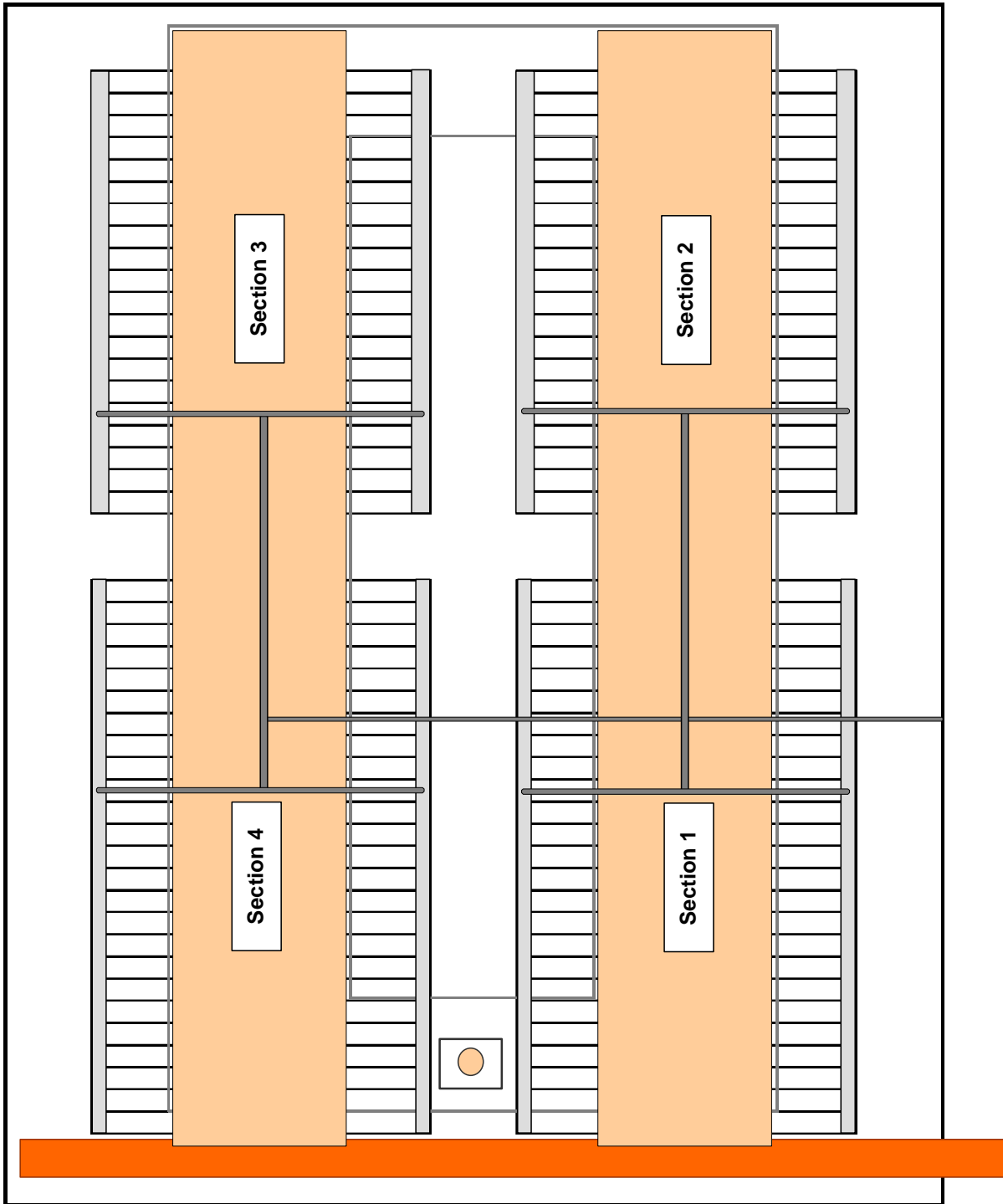
GODBOUT, S., S. P. LEMAY, M. BELZILE, I. LACHANCE ET F. POULIOT. 2004. Réduire les rejets dans l'environnement : quatre systèmes de gestion sous les lattes à l'étude. colloque sur la production porcine, Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, pp. 153 – 161.

HAMEL D., POULIOT F., LEBLANC R., GODBOUT S., VON BERNUTH R.D., HILL J., 2004. Évaluation technico-économique d'un système de séparation liquide-solide des déjections à la source dans un bâtiment porcin et les impacts sur l'environnement. rapport d'étape. Centre de développement du porc du Québec inc., Ste-Foy, Québec, Canada

GOVERNEMENT DU QUÉBEC. Règlement sur les exploitations agricoles. Québec, Éditeur officiel du Québec, 12 juin 2002, 24p.

Annexe B

Schéma du bloc saillie



courroie
 convoyeur
 ligne d'eau
 auge

Annexe C

Ingrédients et analyse des diètes alimentaires servies chez Porc S.B inc.

Ingrédients et analyse des diètes alimentaires servies chez Porc S.B

Ingrédients (kg/1000kg)	unité	Gestation	Lactation
Maïs	kg	676	680
Écales de soya	kg	175	30
Tourteau de soya	kg	115	235
Graisse	kg	-	20
Pierre à chaux	kg	14	14
Phosphate dicalcique	kg	10	9,3
Sel	kg	6	6
Pré-mélange avec phytase	kg	3	3
Chlorure de choline	kg	1	1
L-Lysine	kg	-	1,5
DL-méthionine	kg	-	0,2
L-thréonine	kg	-	0,25

Analyse des diètes		Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
Matière sèche	%	86,14	0,32	86,39	0,23
Protéine brute	%	12,40	0,30	16,45	0,36
NDF	%	17,21	0,71	10,04	0,73
ADF	%	9,59	0,38	5,50	1,05
Ca	%	0,89	0,14	0,89	0,04
P	%	0,49	0,02	0,56	0,01
N	%	1,98	0,05	2,63	0,06
K	%	0,64	0,01	0,74	0,02
Mg	%	0,14	0,00	0,14	0,01
Na	%				
S	%	1620	39	1999	58
Mn	ppm	57	12	91	99
Zn	ppm	141	22	142	13
Cu	ppm	26	4	24	2
Fe	ppm	338	45	334	22
Al	ppm	168	20	182	23

Annexe D

Analyse de l'eau de consommation

Analyse de l'eau de consommation

Caractéristiques	Unité	Moyenne	Écart-type
Conductivité	µS/cm	218	9
Alcalinité	mg/l	64,6	2,5
Dureté totale	mg/l CaCO ₃	113	5
PH	-	7,24	0,32
Solides totaux	mg/l	0	0
Solides totaux, dissout	mg/l	114	4
Solides totaux, suspendu	mg/l	0	0
Chlorure	mg/l	5,38	0,14
Azote ammoniacal	mg/l	0,003	0,004
Azote, nitrate + nitrite	mg/l	3,597	0,275
Azote, total Kjeldahl	mg/l	SLD	SLD
Phosphore	mg/l	0,003	0,001
Carbonate	mg/l	65	3
Bicarbonate	mg/l	SLD	SLD
Aluminium	mg/l	0,002	0,001
Bore	mg/l	0,007	0,001
Calcium	mg/l	42	2
Cuivre	mg/l	0,002	0,001
Fer	mg/l	0,002	0,003
Potassium	mg/l	0,702	0,032
Magnésium	mg/l	2,360	0,084
Sodium	mg/l	6,175	0,349
Manganèse	mg/l	0,013	0,003
Zinc	mg/l	0,011	0,002

SLD : Sous la limite détectable

Annexe E

Bilan alimentaire

BILAN ALIMENTAIRE

PERIODE DU BILAN

Durée 28 jours

POIDS ET GAIN DE POIDS

Effectif moyen = 369 truies

58 kg de gain moyen par truie par année ou 24 kg par gestation ---> 210 g/j de gestation

Gain de poids des truies

369 truies X 210 g X 28 jrs = 2 170 kg

TOTAL 2 170 kg

Apports en phosphore et en azote provenant des aliments

	Quantité	PB	N	P	P
ALIMENTS	kg	%	kg	%	kg
Gestation	15 000	12,40%	298	0,49%	74
Lactation	7 000	16,45%	184	0,56%	39
TOTAL			482		113

RETENUS EN PHOSPHORE

2 170 kg de gain à 5,3 g/kg = 11,5 kg

Retenus en azote

2 170 kg de gain à 25 g/kg = 54,3 kg

REJETS AZOTE

Apports - retenus X 0,7125 = effluent azote

482 - 54,5 X 0,7125 = 306 kg

REJETS PHOSPHORE

Apports - retenus = rejets

113 - 11,5 = 102 kg