

Évaluation technique et économique d'un système d'isolement des fèces avec grattes en « V » dans un engraissement commercial

Rapport final

Par :

Henri Guimont¹, M. Sc., agr.

Valérie Dufour¹, M. Sc.

Frédéric Pelletier², M. Sc., ing.

Aïcha Coulibaly¹, M. Sc., MBA, économiste agricole

Claudine Giguère³, agr.

Stéphane Godbout², Ph. D., ing., P. Eng., agr.

Stéphane P. Lemay², Ph. D., ing., P. Eng.

Daniel I. Massé⁴, Ph. D., ing., P. Eng.

Francis Pouliot¹, ing., MBA

Nathalie Fortin³, M. Env., ing.

Mars 2007

¹ Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ)

² Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

³ La Coop fédérée

⁴ Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC)

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Répondants:

Nathalie Fortin, M. Env., ing. (La Coop fédérée)
Claudine Giguère, agr. (La Coop fédérée)
Francis Pouliot, ing., MBA (CDPQ)

Chargés de projet :

Henri Guimont, M. Sc., agr. (CDPQ)
Frédéric Pelletier, M. Sc., ing. (IRDA)

Responsables scientifiques :

Stéphane Godbout, Ph. D., ing., P. Eng. agr. (IRDA)
Daniel I. Massé, Ph. D., ing., P. Eng. (AAC)

Collaborateurs :

Valérie Dufour, M. Sc. (CDPQ)
Stéphane P. Lemay, Ph. D., ing., P. Eng. (IRDA)
Michel Côté, dta (IRDA)
Jacques Labonté (IRDA)
Martin Gagnon (IRDA)
Jean Gauthier (SCA des Bois-Francis)
Pierre Ruel, ing. (La Coop fédérée)
Caroline Côté, Ph. D. (IRDA)
Ann Letellier, Ph. D. (Université de Montréal)
Ed Topp, Ph. D. (AAFC)

ÉQUIPE DE RÉDACTION

Henri Guimont
Valérie Dufour
Francis Pouliot

Aïcha Coulibaly
Stéphane Godbout
Stéphane P. Lemay

Frédéric Pelletier
Claudine Giguère
Daniel I. Massé

SITES EXPÉRIMENTAUX

Engraissement St-Louis (Saint-Louis de Blandford)
Ferme Raydan (Sainte-Séraphine)

REMERCIEMENTS

Le projet de mise au point de ce système innovateur a été effectué dans le cadre du programme fédéral d'évaluation des technologies environnementales pour l'agriculture (ETEA) sous la responsabilité d'Agriculture et Agroalimentaire Canada réalisé conjointement par La Coop fédérée (LCF), la Société Coopérative Agricole des Bois Francs, le Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ), l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), la Ferme Raydan et Les Équipements GDL Ltée. Notons que le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) a contribué financièrement à ce projet.



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada

Canada

SOMMAIRE

L'efficacité d'un système d'isolement des fèces-urine avec grattes en « V » a été évaluée sur trois lots d'élevage consécutifs dans un engraissement ayant 1 200 places. La moitié des dalots avait une largeur de 1,22 m tandis que l'autre moitié avait 1,83 m de large. Globalement, ce système a permis de concentrer en moyenne 77 % du phosphore, 54 % de l'azote total et 47 % du potassium dans une fraction solide dont la teneur en matière sèche a été de 28 %. La fraction solide représentait 31 % de la masse totale des déjections (eaux de lavage et précipitations non comprises). Près de la moitié (47 %) des déjections a été collectée dans les petits dalots soit ceux de 1,22 m.

La réduction des émissions de CH₄, CO₂ et NH₃ a été respectivement de 53, 38 et 56 % au bâtiment avec grattes en « V » comparativement à un bâtiment équipé avec des grattes conventionnelles. En moyenne, pour les deux mêmes bâtiments, les émissions d'odeurs ont été réduites d'environ 28 et 55 % à l'été et à l'automne respectivement. Les émissions d'odeurs ont été similaires en hiver. Toutefois, les taux de réduction sont insuffisants pour que les réductions soient significatives statistiquement, sauf en été.

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 séparation solide-liquide avec grattes en « V » requiert 78 % moins de superficie de terre en comparativement au lisier conventionnel.

La présence de différents pathogènes a été mise en évidence tant dans la fraction solide que dans la fraction liquide. La concentration des indicateurs : coliformes totaux, coliformes fécaux et *E. coli* était régulièrement plus élevée dans les fractions solides que dans les fractions liquides prélevées au même moment. La concentration des indicateurs était aussi moins élevée dans la fraction liquide que dans le lisier entier. Les niveaux d'entérocoques étaient similaires ou légèrement plus élevés dans les fractions solides par rapport aux fractions liquides. Les *Clostridium* ont été détectés lors des campagnes d'échantillonnage 1 et 2. Les niveaux de *Clostridium* étaient plus élevés dans les fractions solides que dans les fractions liquides. Pour ce qui est des *Yersinia*, leurs niveaux étaient similaires dans les fractions solides et liquides.

Du côté persistance lors d'un entreposage de 112 jours, les concentrations de coliformes totaux, fécaux et *E. coli* diminuent plus rapidement dans la fraction liquide que dans la fraction solide. Le taux de réduction était plus élevé à 20°C qu'à 10°C. Les quantités de *Clostridium p.* ont peu varié durant la période d'entreposage. La salmonelle est disparue rapidement durant l'entreposage, et ce, plus rapidement à 20°C qu'à 10°C.

Comparativement à la rénovation d'un bâtiment standard, le coût des rénovations supplémentaires avec l'installation de grattes en « V » est de 107,10 \$ par place-porc. La moitié de ce surcoût est reliée à la construction de l'abri pour entreposer la fraction solide.

TABLE DES MATIÈRES

Sommaire	iii
Table des matières	v
Liste des tableaux	viii
Liste des figures	xi
Liste des annexes	xiii
 Introduction	 1
1.1 Contexte et problématique.....	1
1.1.1 Problématique agroenvironnementale québécoise.....	1
1.1.2 Contexte du projet	2
1.2 Revue de littérature	3
1.2.1 Le lisier de porc et la séparation de phase	3
1.2.2 Les systèmes de séparation fèces-urine sous les lattes	3
1.2.2.1 Efficacité de séparation des différents systèmes d'isolement à la source	4
1.2.2.2 Effet sur les émissions de gaz et d'odeurs	5
1.2.2.3 Disposition de la fraction liquide et effet sur les superficies d'épandage.....	8
1.2.2.4 Effet sur les performances zootechniques.....	9
1.2.3 Méthode de calcul de l'efficacité d'isolement.....	9
1.2.4 Critères de conception et informations manquantes	9
1.3 Description générale du projet et objectifs	10
1.3.1 Objectif général	10
1.3.2 Objectifs spécifiques.....	10
 2 Matériel et méthode.....	 11
2.1 Bâtiment et animaux.....	11
2.1.1 Description du site expérimental	11
2.1.2 Description du système d'isolement des fèces avec grattes en « V ».....	13
2.1.3 Description de la ferme témoin	16
2.2 Méthodologie.....	17
2.2.1 Déroulement général.....	17
2.2.2 Échantillonnage de la fraction solide.....	19
2.2.3 Échantillonnage de la fraction liquide	21
2.2.4 Quantité et qualité d'eau d'abreuvement et d'aliment.....	22
2.2.5 Les émissions de gaz et d'odeurs.....	23
2.2.5.1 Mesure des concentrations de gaz.....	23
2.2.5.2 Mesure des concentrations d'odeurs.....	24
2.2.5.3 Mesure du débit de l'air	25
2.2.6 Mesure et identification des pathogènes.....	26
2.2.6.1 Détection de <i>Cryptosporidium</i> et de <i>Giardia</i>	26
2.2.6.2 Analyses de <i>Salmonella</i> spp.....	27
2.2.6.3 Analyses de <i>Campylobacter</i> spp.	29

2.2.6.4	Analyses des indicateurs	29
2.3	<i>Méthodes de calculs</i>	31
2.3.1	Équations utilisées pour établir les paramètres zootechniques.....	31
2.3.2	Équations utilisées pour calculer l'efficacité d'isolement des fèces.....	32
2.3.3	Calcul des émissions de gaz	33
2.4	<i>Analyse du potentiel agronomique</i>	34
2.5	<i>Analyse technico-économique et financière</i>	35
2.6	<i>Analyses statistiques</i>	35
3	Résultats et discussion	35
3.1	<i>Performances zootechniques</i>	35
3.2	<i>Consommation et qualité en eau et de moulée</i>	36
3.3	<i>Quantités de déjections produites</i>	39
3.3.1	Masse moyenne de solide et de liquide produit sur l'ensemble d'un élevage	39
3.3.2	Masse de solide produit selon différentes périodes de la journée.....	41
3.3.3	Masse de solide produit par dalot	42
3.4	<i>Efficacité d'isolement</i>	43
3.4.1	Efficacité d'isolement globale des éléments fertilisants.....	43
3.5	<i>Caractérisation des éléments fertilisants contenus dans les fractions solide et liquide</i>	45
3.5.1	Concentration dans les fractions solide et liquide	45
3.5.1.1	Concentration de la fraction solide en fonction du dalot.	47
3.5.2	Relation entre la matière sèche et la consommation en eau	47
3.5.3	Comparaison des charges dans le liquide	48
3.5.4	Masse volumique de la fraction solide	48
3.5.5	DBO ₅ et DCO de la fraction liquide	49
3.6	<i>Charge fertilisante</i>	50
3.6.1	Caractérisation vs bilan alimentaire.....	50
3.7	<i>Émissions de gaz</i>	51
3.7.1	Date d'échantillonnage, semaine d'élevage et masse moyenne des porcs	51
3.7.2	Température, humidité relative et débit d'air	52
3.7.3	Concentrations de gaz.....	55
3.7.4	Émissions de gaz	56
3.8	<i>Émissions d'odeurs</i>	60
3.9	<i>Potentiel agronomique des fractions solide et liquide</i>	63
3.9.1	Hypothèse de calcul.....	63
3.9.2	Fraction liquide.....	64
3.9.2.1	Le phosphore.....	64
3.9.2.1.1	Lisier de Engraissement Saint-Louis.....	64
3.9.2.1.2	Lisier du CRAAQ.....	65
3.9.2.2	L'azote	66
3.9.2.3	Le potassium	67
3.9.2.4	Autres éléments nutritifs	68
3.9.2.5	La matière organique	69
3.9.3	Fraction solide	69
3.9.3.1	Valorisation aux champs.....	69

3.9.3.2	Considérations agronomiques	70
3.9.3.3	Oligo-éléments	70
3.9.3.3.1	Fraction solide versus fumier de volaille	72
3.9.3.4	Application d'automne	72
3.9.3.5	Autres avenues de disposition	73
3.9.4	Observations aux champs lors de l'épandage de printemps	73
3.9.5	Synthèse	74
3.10	<i>Prévalence des pathogènes</i>	75
3.10.1	Analyses de Giardia et Cryptosporidium	75
3.10.1.1	Analyses de Salmonella et de Campylobacter	77
3.10.1.2	Analyses des indicateurs	78
3.11	<i>Étude technico-économique et financière</i>	85
3.11.1	Généralité	85
3.11.2	Modèle de production utilisé	86
3.11.2.1	Paramètres techniques	86
3.11.2.2	Hypothèses considérés	86
3.11.3	Coûts de la rénovation du bâtiment et de la construction d'une structure d'entreposage du solide	86
3.11.4	Comparaison des coûts de rénovation des deux systèmes	89
3.11.5	Comparaison des frais variables des deux systèmes	91
3.11.6	Analyse financière	92
3.11.7	Impact sur la trésorerie	93
3.11.8	Effet de l'augmentation des frais d'épandage du lisier	93
3.11.9	Synthèse	97
4	Conclusion et recommandations	97
	Bibliographies	99

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Émissions de CH ₄ par les porcs à l'engraissement retrouvées dans la littérature	8
Tableau 2 :	Échéancier lot 1	17
Tableau 3 :	Échéancier lot 2	18
Tableau 4 :	Échéancier lot 3 et rapport final	18
Tableau 5 :	Dates des campagnes d'échantillonnage des fractions solide et liquide	19
Tableau 6 :	Éléments analysés dans la fraction solide et liquide	21
Tableau 7 :	Éléments analysés dans les échantillons d'eau et de moulée	23
Tableau 8 :	Performances zootechniques pour l'engraissement St Louis	36
Tableau 9 :	Analyse de l'eau de consommation	37
Tableau 10 :	Analyse de la moulée de Engraisement St-Louis	38
Tableau 11 :	Analyse de la moulée de la ferme Témoin	38
Tableau 12 :	Quantités moyennes de déjections solide et liquide rejetées quotidiennement par les porcs	39
Tableau 13 :	Comparaison des masses moyennes des déjections solide et liquide collectées quotidiennement par porc avec des systèmes différents de grattes en « V »	41
Tableau 14 :	Masse moyenne de la fraction solide selon quatre périodes d'accumulation durant une journée	42
Tableau 15 :	Efficacité moyenne d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide	43
Tableau 16 :	Comparaison de l'efficacité moyenne d'isolement des éléments fertilisants dans la fraction solide de trois différents systèmes de grattes en « V »	45
Tableau 17 :	Concentration pondérée des éléments fertilisants des fractions solide et liquide sur une base humide (eaux de lavage et précipitations exclues)	46
Tableau 18 :	Concentration pondérée des éléments fertilisants des fractions solides sur une base humide (eaux de lavage et précipitations exclues) des différents dalots	47
Tableau 19 :	Comparaison des charges dans les liquides collectées avec deux différents systèmes de grattes en « V »	48
Tableau 20 :	Masse volumique des déjections solides à la sortie des dalots	49
Tableau 21 :	Caractérisation des matières organiques dans la fraction liquide	49
Tableau 22 :	Caractérisation des matières organiques dans la fraction liquide selon les sections nord et sud	50
Tableau 23 :	Charge fertilisante du lisier selon les analyses	50
Tableau 24 :	Bilan alimentaire	51
Tableau 25 :	Dates d'échantillonnage, semaines d'élevage et masse moyenne des porcs à Saint-Louis lors des trois campagnes d'échantillonnage des gaz	51
Tableau 26 :	Dates d'échantillonnage, semaines d'élevage et masse moyenne des porcs à Sainte-Séraphine lors des trois campagnes d'échantillonnage des gaz	52
Tableau 27 :	Moyennes de température, d'humidité relative et de débit de ventilation à Saint-Louis	53
Tableau 28 :	Moyennes de température, d'humidité relative et de débit de ventilation à Sainte-Séraphine	53

Tableau 29 :	Débit maximum de ventilation théorique et estimé par palier à Saint-Louis	54
Tableau 30 :	Débit maximum de ventilation théorique et estimé par palier à Sainte-Séraphine.....	54
Tableau 31 :	Moyennes des concentrations de gaz mesurées en ppm dans les entrées d'air et aux ventilateurs des deux salles à Saint-Louis durant les trois campagnes d'échantillonnage.....	55
Tableau 32 :	Moyenne des concentrations de gaz mesurées en ppm dans les entrées d'air et aux ventilateurs des deux salles à Sainte-Séraphine durant les trois campagnes d'échantillonnage.....	56
Tableau 33 :	Émissions de gaz à Saint-Louis durant les trois campagnes d'échantillonnage	57
Tableau 34 :	Émissions de gaz à Sainte-Séraphine durant les trois campagnes d'échantillonnage	58
Tableau 35 :	Émissions d'odeurs et de gaz à Saint-Louis	61
Tableau 36 :	Émissions d'odeurs et de gaz à Sainte-Séraphine.....	61
Tableau 37 :	Volumes annuels et caractéristiques des déjections à valoriser issus de Engraissement Saint-Louis	63
Tableau 38 :	Impact de la richesse des sols en phosphore et du type de lisier (Engraissement Saint-Louis) sur les superficies requises pour respecter les normes réglementaires 2010	65
Tableau 39 :	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 références du CRAAQ.....	66
Tableau 40 :	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	68
Tableau 41 :	Application de lisier brut recomposé (Engraissement Saint-Louis) 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 en zinc.....	71
Tableau 42 :	Caractéristiques des fumiers.....	72
Tableau 43 :	Détection de <i>Giardia</i> et de <i>Cryptosporidium</i> , résultat négatif (-), résultat positif (+), pas d'échantillon analysé (n/a).....	75
Tableau 44 :	Détection de <i>Salmonella</i> (groupe B) et de <i>Campylobacter</i> dans des déjections fraîches, résultat négatif (-), résultat positif (+).....	77
Tableau 45 :	Détection de <i>Salmonella</i> (groupe B) et de <i>Campylobacter</i> durant l'entreposage de déjections animales gardées à 20°C et 10°C	78
Tableau 46 :	Liste des paramètres du modèle de production	86
Tableau 47 :	Coûts de rénovation d'un engraissement de 1 200 places	87
Tableau 48 :	Coûts reliés à l'installation d'un système d'isolement des fèces avec grattes en « V ».....	89
Tableau 49 :	Comparaison des coûts de rénovation.....	90
Tableau 50 :	Comparaison des frais variables.....	91
Tableau 51 :	Analyse financière	92
Tableau 52 :	Effet sur la trésorerie	93
Tableau 53 :	Analyse de sensibilité selon l'augmentation des frais d'épandage	94
Tableau 54 :	Coût d'épandage entraînant un effet nul sur la trésorerie	94

Tableau 55 : Effet des programmes de subvention sur le financement d'un système de grattes en « V ».....	95
Tableau 56 : Analyse de sensibilité selon l'augmentation du coût d'épandage du lisier (montant de la subvention prime-vert pris en compte).....	96
Tableau 57 : Analyse de sensibilité selon l'augmentation du coût d'épandage du lisier (montant de la subvention crédit d'impôt pris en compte).....	96

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Vue du dalot et de la gratte en « V ».....	4
Figure 2 :	L'Engraissement Saint-Louis	11
Figure 3 :	Vue intérieure d'une chambre d'engraissement.....	11
Figure 4 :	Vue schématique et en plan d'une coupe latérale de Engraissement St-Louis.....	12
Figure 5 :	Vue en plan de la porcherie Engraissement St-Louis	12
Figure 6 :	Plate-forme de béton couverte.....	13
Figure 7 :	Coupe transversale des tuyaux collecteurs de Engraissement St-Louis	15
Figure 8 :	La ferme témoin du projet à Sainte-Séraphine	16
Figure 9 :	Vue en plan de la ferme témoin à Sainte-Séraphine	16
Figure 10 :	Bac de collecte de la fraction solide.....	20
Figure 11 :	Barils pour collecter le liquide de chaque section du bâtiment	21
Figure 12 :	Réservoirs contenant le liquide pour une période de 24 h.....	22
Figure 13 :	Compteur d'eau.....	22
Figure 14 :	Échantillonnage de l'air pour la mesure des odeurs	25
Figure 15 :	Consommation quotidienne moyenne en eau par porc pour chaque lot en engraissement.....	36
Figure 16 :	Évolution des masses et de la proportion des fractions solide (F.S.) et liquide (F.L.) collectées à chaque échantillonnage	40
Figure 17 :	Masse totale de fractions solides collectée ¹ (moyenne des 3 lots) et sa répartition dans les deux différentes tailles de dalots (gratte de 1,22 vs 1,83 m) par échantillonnage.....	42
Figure 18 :	Proportion moyenne des éléments fertilisants contenus dans la fraction solide lors des échantillonnages	44
Figure 19 :	Teneur en matière sèche de la fraction solide (F.S.) et consommation quotidienne en eau.....	47
Figure 20 :	Émissions de CH ₄ moyennes provenant des deux porcheries durant les trois campagnes d'échantillonnage.....	59
Figure 21 :	Émissions de CO ₂ moyennes provenant des deux porcheries durant les trois campagnes d'échantillonnage.....	59
Figure 22 :	Émissions de NH ₃ moyennes provenant des deux porcheries durant les trois campagnes d'échantillonnage.....	60
Figure 23 :	Émissions d'odeurs et de gaz par campagne d'échantillonnage à Saint-Louis.....	62
Figure 24 :	Émissions d'odeurs et de gaz par campagne d'échantillonnage à Sainte-Séraphine.....	62
Figure 25 :	Moyenne d'émissions d'odeurs par campagne d'échantillonnage à Saint-Louis et Sainte-Séraphine.....	63
Figure 26 :	Persistance des kystes de <i>Giardia</i> dans les déjections conservées à 20°C.....	76
Figure 27 :	Persistance des kystes de <i>Giardia</i> dans les déjections conservées à 10°C.....	76
Figure 28 :	Persistance de <i>Cryptosporidium</i> dans des déjections conservées à 20°C.....	77
Figure 29 :	Persistance de <i>Cryptosporidium</i> dans des déjections conservées à 10°C.....	77
Figure 30 :	Dénombrement des coliformes totaux dans les différentes fractions de déjections animales recueillis lors des 3 campagnes d'échantillonnage	78

Figure 31 :	Dénombrement des coliformes fécaux dans les différentes fractions de déjections animales recueillis lors des 3 campagnes d'échantillonnage	79
Figure 32 :	Dénombrement des <i>E. coli</i> dans les différentes fractions de déjections animales recueillis lors des 3 campagnes d'échantillonnage.....	79
Figure 33 :	Dénombrement des Entérocoques dans les différentes fractions de déjections animales recueillis lors des 3 campagnes d'échantillonnage	80
Figure 34 :	Dénombrement des <i>Clostridium</i> dans les différentes fractions de déjections animales recueillis lors des 3 campagnes d'échantillonnage.....	80
Figure 35 :	Dénombrement des <i>Yersinia</i> dans les différentes fractions de déjections animales recueillis lors des 3 campagnes d'échantillonnage.....	81
Figure 36 :	Progression du nombre de coliformes totaux dans les déjections animales entreposées à 20°C	81
Figure 37 :	Progression du nombre de coliformes totaux dans les déjections animales entreposées à 10°C	82
Figure 38 :	Progression du nombre de coliformes fécaux dans les déjections animales entreposées à 20°C	82
Figure 39 :	Progression du nombre de coliformes fécaux dans les déjections animales entreposées à 10°C	82
Figure 40 :	Progression du nombre de <i>E. coli</i> dans les déjections animales entreposées à 20°C	83
Figure 41 :	Progression du nombre de <i>E. coli</i> dans les déjections animales entreposées à 10°C.....	83
Figure 42 :	Progression du nombre d'Entérocoques dans les déjections animales entreposées à 20°C	83
Figure 43 :	Progression du nombre d'Entérocoques dans les déjections animales entreposées à 10°C	84
Figure 44 :	Progression du nombre de <i>Clostridium</i> dans les déjections animales entreposées à 20°C	84
Figure 45 :	Progression du nombre de <i>Clostridium</i> dans les déjections animales entreposées à 10°C	84
Figure 46 :	Progression du nombre de <i>Yersinia</i> dans les déjections animales entreposées à 20°C	85
Figure 47 :	Progression du nombre de <i>Yersinia</i> dans les déjections animales entreposées à 10°C	85

LISTE DES ANNEXES

Annexe A - Quantité de déjections produites par les porcs.....	107
Annexe B - Quantité de solide selon les périodes d'accumulation	111
Annexe C - Quantité de solide collectée dans les dalots de 1,22 et 1,83 m de largeur	117
Annexe D - Efficacité globale d'isolement des éléments fertilisants par section de bâtiment	125
Annexe E - Efficacité d'isolement des éléments fertilisants par séance d'échantillonnage	129
Annexe F - Concentration des éléments fertilisants dans chaque dalot	137
Annexe G - Problèmes d'échantillonnage	141
Annexe H - Observation sur le fonctionnement du système de gratte en « V ».....	145
Annexe I - Analyse de la fraction solide dans l'abri à solide au moment de l'épandage	149

INTRODUCTION

1.1 Contexte et problématique

1.1.1 *Problématique agroenvironnementale québécoise*

En juin 2002, le ministère de l'Environnement du Québec (MENV) adoptait le *Règlement sur les exploitations agricoles* (REA) (Éditeur officiel, 2002). Ce règlement présentement en application a pour but d'améliorer la qualité de l'eau et du sol en milieu agricole. Il contient des normes de gestion du phosphore produit sur un site d'élevage (article 50). Ce règlement, à la suite de son adoption, interdisait tout nouveau lieu d'élevage porcin dans les zones d'activités limitées présenté à l'annexe II du règlement (article 46). Hors des zones d'activités limitées, tout nouveau lieu d'élevage était interdit sauf s'il y avait traitement complet des déjections (article 47). Depuis décembre 2005, l'implantation de nouveaux lieux d'élevage est permise sur le territoire de certaines municipalités mais elle est encore interdite sur le territoire de beaucoup d'autres (Éditeur officiel, 2006). De plus, les produits du traitement complet doivent être épandus sur le territoire de municipalités n'apparaissant pas aux annexes II à IV du règlement.

Les eaux de ruissellement riches en nutriments, principalement en phosphore, provoquent l'eutrophisation des lacs et cours d'eau. Les matières nutritives accélèrent la croissance des algues et leur respiration augmentent la demande en oxygène. De plus, le couvert végétal qu'elles forment bloque la lumière et finit par causer leur mort. C'est leur décomposition qui contribue majoritairement à l'augmentation de la demande en oxygène. Il se crée alors un appauvrissement de l'eau en oxygène, ce qui cause la mort des poissons par asphyxie. Donc, le gouvernement cherche à s'assurer que les engrais de ferme soient bien gérés grâce au REA, dont l'objectif principal est de protéger l'environnement.

La gestion des déjections animales sous forme solide ou liquide, bien que cette dernière soit moins coûteuse, ne résout pas le problème de gestion associé au déséquilibre des éléments fertilisants dans le lisier par rapport aux besoins des plantes. Ce dernier entraîne une accumulation ou un enrichissement des sols en phosphore.

L'imposition du REA a freiné le développement de la production porcine au Québec et risque d'affecter les éleveurs qui ne possèdent pas suffisamment de terres pour valoriser les déjections animales produites sur leur site. Or, une législation sévère et une pression sociale grandissante pour protéger l'environnement (odeurs et contamination de l'eau) ont obligé l'industrie porcine à chercher des solutions afin de permettre aux producteurs d'équilibrer leur bilan en ce qui a trait au phosphore et de diminuer les odeurs aux bâtiments et lors de l'épandage. Les secteurs porcins québécois et canadien ne sont pas les seuls à subir des pressions sociales et environnementales. Plusieurs pays souhaitent mettre en place des pratiques agricoles plus durables tant sur le plan environnemental, social qu'économique. Les diverses solutions envisagées doivent être durables et permettre de gérer à moindre coût les surplus d'éléments fertilisants provenant des déjections, permettre de réduire les émissions d'odeurs et de gaz et elles doivent être acceptables socialement.

Selon le REA, depuis avril 2005, l'exploitant d'un lieu d'élevage doit disposer des superficies requises pour épandre au moins 50 % de la charge de phosphore produite annuellement par son cheptel. En 2008, ce taux passera à 75 % et, en 2010, chaque ferme devra être en mesure de disposer des superficies afin d'y épandre la totalité de la charge.

1.1.2 Contexte du projet

En 2003, le Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ) et l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) en collaboration avec le Michigan State University (MSU) ont testé un système d'isolement des fèces sous les lattes développé au Japon. Lors d'une visite des installations au MSU, des ingénieurs de l'IRDA et du CDPQ constatèrent que ce système offrait un bon potentiel d'isolement des fèces et de l'urine et qu'il fournirait aux producteurs du Québec un traitement partiel alternatif des déjections intéressant pour solutionner totalement ou partiellement leur problématique environnementale.

En s'appuyant sur les connaissances techniques des Japonais, les chercheurs du MSU ont conçu, en 1998, un système de grattes et de dalots en forme de « V » à l'intérieur de leur unité de recherche, le Swine Research Facility. Cette forme particulière de fond de dalot permet de retenir les fèces sur le plan incliné permettant à l'urine ou à l'eau de s'écouler continuellement dans un réservoir à l'extérieur du bâtiment et de ce fait, séparer la matière solide (fèces et moulée gaspillée) de la matière liquide (urine et eau gaspillée).

En 2002, le CDPQ et l'IRDA mettaient en place un vaste programme de recherche en trois volets, financé par plusieurs organismes et partenaires. Le premier volet consistait à valider l'efficacité de séparation du système en fonction à la ferme du MSU. Le second volet, visait à tester à l'échelle laboratoire, différents systèmes de séparation sous les lattes afin de connaître leur efficacité de séparation respective et l'impact sur la qualité de l'air. Le volet III avait pour objectif d'implanter sur un site commercial le système le plus performant sur tous les aspects.

Depuis la réalisation de l'étude au Michigan, une dizaine de fermes québécoises sont maintenant équipées d'un système d'isolement des fèces sous les lattes. Quelques-unes des fermes possèdent un système avec courroie mais la plupart ont installé un système avec grattes en « V ». Un système d'isolement des fèces avec grattes en « V » semblable à celui existant au MSU a été installé dans une ferme porcine québécoise en 2004 dans le cadre du programme d'Évaluation des technologies environnementales pour l'agriculture (ETEA) géré par Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC). Les grattes furent développées par un équipementier québécois (Équipements GDL Ltée) contrairement à celles du MSU acquises au Japon. Le présent projet a donc été élaboré dans le cadre du volet III du programme de recherche et développement afin de vérifier si les résultats obtenus dans le cadre des deux autres volets pouvaient se transposer à un engraissement commercial québécois.

1.2 Revue de littérature

1.2.1 Le lisier de porc et la séparation de phase

Le lisier contient une concentration trop élevée de phosphore comparativement aux autres éléments fertilisants dont l'azote, par rapport aux besoins des plantes. Puisque le phosphore est contenu principalement dans les fèces (von Bernuth, 2001; Gracian, 2000), la séparation des fèces et de l'urine directement sous les lattes s'avère une solution pour concentrer le phosphore dans une fraction solide et résoudre la problématique d'excédent de phosphore dans les sols.

Les déjections porcines peuvent également contenir des organismes pathogènes qui peuvent causer des maladies infectieuses chez l'humain (Cole *et al.*, 1999). L'épandage du lisier sur les champs représente un risque de retransmission de maladies à l'élevage en cours, aux élevages futurs ou à d'autres espèces animales (Baloda *et al.* 2001). Les micro-organismes d'intérêt en production porcine sont les salmonelles, *Yersina enterocolica*, *Cryptosporidium*, *Gardia* ainsi que les indicateurs de contamination fécale.

La séparation des déjections peut également faciliter la gestion et favoriser la flexibilité de la planification de la fertilisation en concentrant le phosphore et autres éléments fertilisants dans une fraction solide beaucoup moins volumineuse. La fraction solide peut alors être valorisée aux champs sur une terre réceptrice beaucoup plus éloignée de la ferme ou subir un traitement tel que le compostage ou la granulation. Par ailleurs, la fraction liquide issue de la séparation des déjections est peu chargée en éléments fertilisants. Toutefois, cette fraction contient suffisamment d'azote pour être avantageusement valorisée au champs. Par contre, elle doit subir un traitement secondaire pour être rejetée dans l'environnement.

La revue n'a pas relevé d'information sur l'effet de la séparation au bâtiment sur la séparation ou la réduction des pathogènes. Toutefois, il semblerait que la séparation mécanique (avec ou sans additif) peut avoir un impact sur la présence de micro-organismes dans la phase liquide. En effet, Côté *et al.* (2007) ont mesuré des réductions pouvant atteindre plus de 90 % pour les *E. Coli* et les entérocoques.

1.2.2 Les systèmes de séparation fèces-urine sous les lattes

Il existe, dans la littérature, différentes techniques de séparation « solide-liquide » des déjections porcines dont, entre autres, les séparateurs mécaniques de type centrifuge, à tamis, à courroie ou de presse à vis (Zhang et Westerman, 1997; Moller *et al.*, 2000; Ogink *et al.*, 2000; Marchal, 2002; Kroodsma, 1986; Jongebreur, 1981). Godbout *et al.* (2002) indiquaient que le système de grattes avec fond de dalot en pente en forme de « V » étudié par von Bernuth (2001) avait un bon potentiel d'isolement des fèces de l'urine. De plus, les résultats obtenus par Hamel *et al.* (2004) ont démontré que ce type de système isole de façon très efficace le phosphore et une bonne partie de l'azote dans la fraction solide.

L'isolement du solide et du liquide se fait par gravité dans le dalot comportant une pente longitudinale et une pente transversale en forme de « V ». Par conséquent, l'urine est collectée et évacuée en continu à l'extérieur du bâtiment par une conduite située dans le fond du dalot. Pour la fraction solide accumulée sur le plancher bétonné du dalot, une gratte en forme de « V », actionnée une ou plusieurs fois par jour, l'achemine vers un autre convoyeur (ex. : chaîne à écurer conventionnelle utilisée en production laitière) permettant une évacuation vers une plateforme extérieure et indépendante.

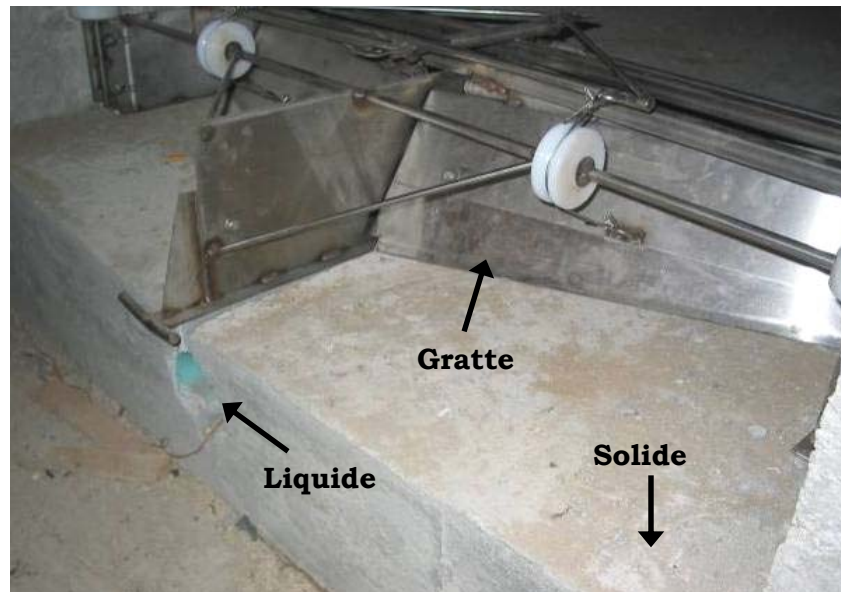


Figure 1 : Vue du dalot et de la gratte en « V »

1.2.2.1 Efficacité de séparation des différents systèmes d'isolement à la source

Bien que ce type de technologie ne permette pas de réduire les volumes de déjections totaux issus de la ferme, ils permettent de rendre plus flexible la gestion des éléments fertilisants contenus dans les déjections en les concentrant dans une fraction solide moins volumineuse. Selon les résultats obtenus au MSU, 91 % du phosphore, 66 % de l'azote et plus de 95 % des métaux se sont retrouvés dans une fraction solide ayant 34 % de matière sèche et correspondant à 40 % du volume total de rejet (Hamel *et al.*, 2004).

Les résultats d'une étude conduite dans les mini-porcherie à Deschambault démontrent que 90 % du phosphore est retenu dans une fraction solide ayant plus de 36 % de matière sèche (Godbout, 2006). De plus, des essais sommaires menés sur une ferme québécoise ayant le même type de système de grattes en « V » fabriqué par un équipementier du Québec (Équipements GDL Ltée) ont permis de mesurer une efficacité d'isolement du phosphore, de l'azote total et des métaux de 80, 60 et 66 % respectivement; la teneur en matière sèche de la fraction solide a été de 27 % en moyenne (Guimont *et al.*, 2005a).

1.2.2.2 Effet sur les émissions de gaz et d'odeurs

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

Les émissions d'odeurs rapportées dans la littérature sont très variables. Dans Heber *et al.* (1998), des émissions de $259 \text{ u.o. h}^{-1} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$ ont été mesurées pour un entreposage du lisier à long terme sous un plancher complètement latté tandis que Verdoes et Ogink (1997) ont mesuré $10,1 \text{ u.o. s}^{-1} \text{ porc}^{-1}$ (env. $559 \text{ u.o. h}^{-1} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$) avec un plancher partiellement latté. Mol et Ogink (2003) ont mesuré des émissions de l'ordre de $23,8 \text{ u.o. s}^{-1} \text{ porc}^{-1}$ (env. $1318 \text{ u.o. h}^{-1} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$) également avec un plancher partiellement latté. Lim *et al.* (2002) ont obtenu un taux d'émissions d'odeurs de $238 \text{ u.o. h}^{-1} \text{ kg}_{\text{porc}}^{-1}$ pour une période d'entreposage de sept jours mais il n'y a aucune information sur le type de plancher utilisé. Le Porkboard (2004) suggère que la vidange des déjections à tous les cinq jours ou plus fréquemment diminue les émissions d'odeurs par rapport à un entreposage sur une longue période. Si les déjections s'accumulent dans la bâtisse pour une période de plus de cinq jours, une quantité plus élevée d'odeurs et de gaz offensants sont générés et le caractère hédonique de l'air devient beaucoup moins agréable (Jacobson *et al.*, 1998).

Les gaz les plus préoccupants émis par les porcheries sont l'oxyde nitreux (N_2O), le gaz carbonique (CO_2), le méthane (CH_4), le sulfure d'hydrogène (H_2S) et l'ammoniac (NH_3). Les trois premiers sont des gaz à effet de serre, le H_2S est fortement toxique pour les humains et les animaux, alors que l'ammoniac contribue à l'acidification des sols.

Sous gestion liquide, les émissions de N_2O sont infimes puisqu'elles sont étroitement liées au processus de nitrification-dénitrification se produisant principalement en gestion solide. Pour le CO_2 , la source la plus considérable (96 %) étant la respiration des animaux, peu d'action peuvent être entreprises pour diminuer les émissions, si ce n'est que de maintenir les animaux dans une zone de confort thermique. Par contre, les principaux paramètres affectant les émissions de CH_4 sont la quantité de déjections en décomposition anaérobie et leur composition. Sous gestion liquide, une importante quantité de méthane est créée par la fermentation anaérobie des déjections. Finalement, le H_2S est libéré par la décomposition bactériologique des déjections (Bicudo *et al.*, 2002). L'agitation des déjections après une période de stockage excédant 10 jours dans un espace clos libère du H_2S (Pouliot et Lemay, 2004). L'ammoniac est produit par la décomposition microbienne et enzymatique des composés azotés contenus dans les fèces et l'urine (Hartung et Phillips, 1994). En d'autres mots, le NH_3 est produit en majorité par le contact entre l'urée dans l'urine et l'uréase contenue dans les fèces (Robertson, 1994).

Bien que plusieurs facteurs soient responsables du NH_3 retrouvé dans les bâtiments porcins (comme le climat dans le bâtiment, le mouvement de l'air près des déjections, le pH des déjections, la composition de l'alimentation et la conception du bâtiment), la stratégie de gestion des déjections est certainement un des aspects les plus importants à considérer pour limiter la production et la volatilisation de l'ammoniac. La littérature a démontré que la production d'ammoniac provenant des déjections entreposées pendant plusieurs semaines atteint un premier sommet à trois jours et un autre à 21 jours (Heber *et al.*, 1996). Des résultats préliminaires obtenus par Guingand (2000) ont démontré que la vidange des dalots aux deux semaines, comparativement à un entreposage durant l'entière période d'engraissement, permettait une réduction des émissions d'ammoniac de près de 20 %. Osada *et al.* (1998) ont conclu qu'une vidange hebdomadaire des déjections diminue les émissions de NH_3 comparativement à un entreposage de huit semaines, mais aucune évaluation de la diminution n'est disponible. D'autres auteurs rapportent également une diminution de la volatilisation de l'ammoniac lorsque la fréquence de vidange des dalots augmente (Hoeksma *et al.*, 1992; Voermans et van Poppel, 1993). Selon O'Neill et Phillips (1991) compte tenu de certaines similarités physicochimiques entre les gaz et les odeurs, toute réduction des émissions au bâtiment permettrait, par la même occasion, de diminuer les émissions d'odeurs.

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

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

Comparativement à des systèmes conventionnels, avec entreposage de lisier sous les lattes, l'isolement des fèces de l'urine permettrait de réduire les émissions d'ammoniac de l'ordre de 40 à 65 % (van Kempen, 2003; Hendriks et Weerdhof, 1999; Voermans et van Poppel, 1993; Kroodsma, 1986). Ces réductions sont fortement influencées, entre autres, par la fréquence d'évacuation, la pente des dalots, le débit de ventilation (vitesse d'air au plancher), les températures de consigne, les types de matériaux utilisés pour la construction et le pourcentage de surface lattée. En comparant à un entreposage sous le bâtiment (cave à lisier), cette réduction d'ammoniac pourrait atteindre 80 % (Voermans et van Poppel, 1993).

Deux sources d'émissions d'odeurs aux bâtiments sont identifiées : l'animal et les déjections. Le système de grattes en « V » s'attaque évidemment aux déjections par l'isolement des fèces de l'urine, limitant ainsi la fermentation anaérobie d'un mélange fèces-urine. Cette fermentation étant une source d'émission d'ammoniac (NH_3), de méthane (CH_4), de gaz carbonique (CO_2) et de sulfure d'hydrogène (H_2S). L'isolement de l'urine et des fèces sous le caillebotis et l'enlèvement rapide des deux fractions amélioreraient l'efficacité de séparation, les conditions hygiéniques, l'ambiance et l'environnement d'un bâtiment porcin et, par le fait même, diminueraient les émissions d'odeurs (Jongebreuer, 1981).

Selon Kroodsmas (1986), l'isolement et l'évacuation rapide des fèces et de l'urine permettraient de réduire de 50 % les émissions d'odeurs au bâtiment, en altérant le processus de dégradation du lisier.

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

Les essais menés par Godbout (2006) ont déterminé que la séparation de l'urine et des fèces directement sous des lattes permet une réduction significative de 49 % des émissions d'ammoniac (NH_3) par rapport à un système accumulant le lisier sous les lattes durant une période d'une semaine (témoin). Sans séparation de phase, en utilisant une gratte conventionnelle évacuant le lisier fréquemment, les émissions de NH_3 ont été réduites de 46 % comparativement au témoin. Il peut donc être conclu que limiter la période d'entreposage des déjections sous les porcs à deux à trois jours atténue l'émission de NH_3 .

Selon Godbout (2006), la séparation de l'urine et des fèces directement sous les lattes ne permet pas une diminution des émissions d'odeurs au bâtiment, en comparaison avec le témoin. Ainsi, la réduction du temps de contact des fèces et de l'urine au bâtiment n'a pas permis de réduire d'au moins 50 % les émissions d'odeurs et de gaz du bâtiment, tel que prévu dans la littérature. Toutefois, de futurs essais sont requis afin de valider cette dernière hypothèse, étant donné la problématique liée à l'imprécision de la méthode de mesure des odeurs disponible actuellement sur le marché.

Les émissions de GES au bâtiment sont composées de CH_4 produit par les déjections et la fermentation entérique des porcs. Le tableau 1 rapporte les valeurs d'émissions de CH_4 pour les porcs à l'engraissement élevés sur plancher partiellement latté ou entièrement latté, retrouvées dans la littérature et provenant de différentes études réalisées en Europe, au Canada et aux États-Unis. Les valeurs d'émission sont rapportées en $\text{kg CH}_4 \text{ tête}^{-1} \text{ année}^{-1}$. Lorsque les valeurs d'émission retrouvées dans la littérature n'étaient pas présentées en $\text{kg CH}_4 \text{ tête}^{-1} \text{ année}^{-1}$, elles ont été transformées en utilisant une masse moyenne de 65 kg par porc. La moyenne des émissions de CH_4 présentées au tableau 1 est de $3,7 \text{ kg CH}_4 \text{ tête}^{-1} \text{ année}^{-1}$. Freibauer (2003) recommande d'utiliser, pour les porcs à l'engraissement, un facteur d'émissions de $9,0 \text{ g CH}_4 \text{ tête}^{-1} \text{ jour}^{-1}$ soit l'équivalent de $3,3 \text{ kg CH}_4 \text{ tête}^{-1} \text{ année}^{-1}$. Ce facteur d'émission a aussi été calculé en réalisant une moyenne à partir de valeurs trouvées dans la littérature.

Tableau 1 : Émissions de CH₄ par les porcs à l'engraissement retrouvées dans la littérature

Valeur originale	Émissions de CH ₄		Valeur rapportée en kg tête ⁻¹ année ⁻¹	Référence ^[b]
	Unité ^[a]	Note		
2,8 – 4,5	kg tête ⁻¹ année ⁻¹		2,8 – 4,5	1
85	g 500 kg de porcs ⁻¹ jour ⁻¹		4,0	2
1,5 – 3,0	kg tête ⁻¹ année ⁻¹		1,5 – 3,0	3
6,6	kg tête ⁻¹ année ⁻¹		6,6	4
0,5 – 1,0	g UA ⁻¹ heure ⁻¹	1 UA = 5 porcs	0,9 à 1,8	5
19,7	kg UA ⁻¹ année ⁻¹	UA = 500 kg	2,5	6
17,5	kg UA ⁻¹ année ⁻¹	UA = 500 kg	2,3	6
11,1	kg tête ⁻¹ année ⁻¹		11,1	7
3,5	kg tête ⁻¹ année ⁻¹		3,5	8
39,0 ± 1,9	g UA ⁻¹ jour ⁻¹	UA = 500 kg	1,85	9
29,5 ± 2,2	g UA ⁻¹ jour ⁻¹	UA = 500 kg	1,4	9

[a] UA = unité animale

[b] 1. Hahne *et al.* (1999) dans Jungbluth *et al.* (2001); 2. Snealt *et al.* (1997) dans Jungbluth *et al.* (2001); 3. Ahlgrimm et Bredford (1998) dans Jungbluth *et al.* (2001); 4. Sharpe *et al.* (2001); 5. Gallman et Hartung (2000); 6. Osada *et al.* (1998); 7. Groot Koerkamp et Uenk (1997); 8. Wagner-Riddle et Marinier (2004); 9. Ni *et al.* (2005)

Dans une étude réalisée par Laguë *et al.* (2004), les auteurs n'ont mesuré aucune émission de N₂O provenant des bâtiments. De plus, le GIEC (1997) considère que la production de N₂O par les animaux n'est pas assez importante pour être comptabilisée.

1.2.2.3 Disposition de la fraction liquide et effet sur les superficies d'épandage

Des expérimentations réalisées par Kroodsma (1986) avec des procédés d'isolement des fèces de l'urine démontraient que l'application d'urine sur les prairies permettait une augmentation des apports de 35 à 50 % sur des champs cultivés par rapport à une gestion conventionnelle des lisiers. Selon Dufour *et al.* (2006), l'épandage de la fraction liquide requiert environ sept à huit fois moins de superficies de terres cultivables.

La faible charge de la fraction liquide et le faible ratio DCO/DBO₅ de 1,6 (Dufour *et al.*, 2006) permet de traiter cette phase par un traitement secondaire. Le rapport DCO/DBO₅ représente la biodégradabilité d'un effluent et son aptitude à être épuré par voie biologique. Les effluents, avec un rapport supérieur à 3, sont considérés comme difficilement biodégradables (Héduit *et al.*, 1978).

1.2.2.4 Effet sur les performances zootechniques

Il existe peu d'études indiquant l'impact des systèmes de séparation fèces-urine sur les performances zootechniques. Selon van Kempen *et al.* (2003), avec un système de convoyeur à courroie installé sous les lattes, le gain moyen quotidien obtenu était de 0,790 kg_{gain}⁻¹ jour⁻¹ et l'efficacité alimentaire de 2,04 kg_{aliment} kg_{gain}⁻¹. Comparativement au témoin (vidange gravitaire), une augmentation de la conversion alimentaire (C.A.) de 6 % a été obtenue. D'autre part, le gain moyen quotidien (GMQ) n'a pas été affecté par le traitement. Le gain moyen quotidien pour l'industrie porcine dans la province de Québec en 2002 était de 0,795 kg_{gain} jour⁻¹ et la conversion alimentaire était de 2,66 kg_{aliment} kg_{gain}⁻¹ (CDPQ, 2004). L'étude de Godbout (2006) n'a également pas permis de démontrer un effet du système de gestion des déjections sur les performances zootechniques (GMQ et C.A.).

1.2.3 Méthode de calcul de l'efficacité d'isolement

Plusieurs auteurs (Kroodsmas, 1986; Voermans et van Asseldonk, 1990; Moller *et al.*, 2002) s'entendent pour dire que l'efficacité de séparation se calcule selon l'équation 1 ou une variante similaire :

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

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

1.2.4 Critères de conception et informations manquantes

Jusqu'à présent, peu de données sont disponibles sur les quantités de solide et de liquide issues de systèmes de séparation sous les lattes. La plateforme d'entreposage (une structure avec toit) de la fraction solide représente une bonne proportion des coûts de la rénovation d'une porcherie avec système de grattes en « V » et pour l'instant un plus grand facteur de sécurité doit être utilisé. Une meilleure connaissance des volumes de déjections produits devrait permettre de diminuer ce facteur de sécurité et ainsi diminuer les coûts. De même, puisque peu de données de proportion de solide-liquide ont été compilées, le dimensionnement de la fosse (entreposage solide) demeure encore incertain. La fraction solide au MSU correspondait à 42 % du volume de lisier (Hamel *et al.*, 2004).

Il est également important de pouvoir établir une bonne fréquence de grattage pour maximiser les performances du système et assurer un nettoyage complet des dalots à chaque passage de la gratte. Par opposition au système avec grattes conventionnelles, le coût d'opération et d'entretien sera onéreux parce que le système de grattes en « V » fonctionnera de 5 à 10 fois plus souvent que le système avec grattes conventionnelles.

1.3 Description générale du projet et objectifs

1.3.1 Objectif général

Développer un système d'isolement à la source pratique et économique qui améliorera la gestion environnementale des parties liquide et solide des déjections de porcs, réduira au minimum les problèmes de nuisance associés aux odeurs et améliorera la santé et le bien-être des animaux et des ouvriers de ferme en réduisant les émissions d'odeurs et de gaz.

1.3.2 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 grattes et dalots en forme de « V »;
- Caractériser le contenu des fractions solide et liquide en éléments fertilisants pour un engraissement;
- Évaluer l'efficacité du système à isoler le phosphore dans la fraction solide des déjections;
- Comparer l'effet du système de grattes en « V » sur les émissions gazeuses et odorantes à un système de gestion de lisier utilisé présentement dans les bâtiments porcins québécois (système de grattes conventionnelles);
- Évaluer l'impact environnemental de la gestion des résidus solides et liquides issus de ce système de séparation solide-liquide;
- Évaluer la diversité et distribution des pathogènes dans les fractions liquide et solide fraîchement séparées à la source et d'évaluer l'impact de la durée d'entreposage des fractions liquide et solide sur la prévalence des pathogènes.
- Évaluer l'impact économique relatif à l'implantation d'un tel système dans un engraissement.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 Bâtiment et animaux

2.1.1 Description du site expérimental

Le projet s'est déroulé à l'Engraissement Saint-Louis (ferme traitement) situé à Saint-Louis-de-Blandford dans la région des Bois-Francs (figure 2). Ce bâtiment de croissance-finition a une capacité de 1 200 porcs. Le bâtiment mesure 103,0 m de long par 10,7 m de large. Une aire de service sépare les deux sections du bâtiment comprenant deux chambres chacune. La section « nord » mesurait 47,8 m et la section « sud » mesurait 50,6 m.



Figure 2 : L'Engraissement Saint-Louis

Chaque chambre comptait deux rangées d'enclos mesurant 2,39 m par 4,88 m chacun et une allée centrale de 0,94 m de large (figures 3, 4 et 5). Le plancher était semi-latté. Chaque rangée d'enclos comptait deux dalots, dont l'un ayant 1,83 m (6 pi) de largeur et l'autre ayant 1,22 m (4 pi) de largeur. Ces deux dalots étaient séparés par une partie bétonnée pleine en forme de dos d'âne de 1,83 m (6 pi) de largeur. 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 photopériode dans les chambres était de 24 heures.



Figure 3 : Vue intérieure d'une chambre d'engraissement

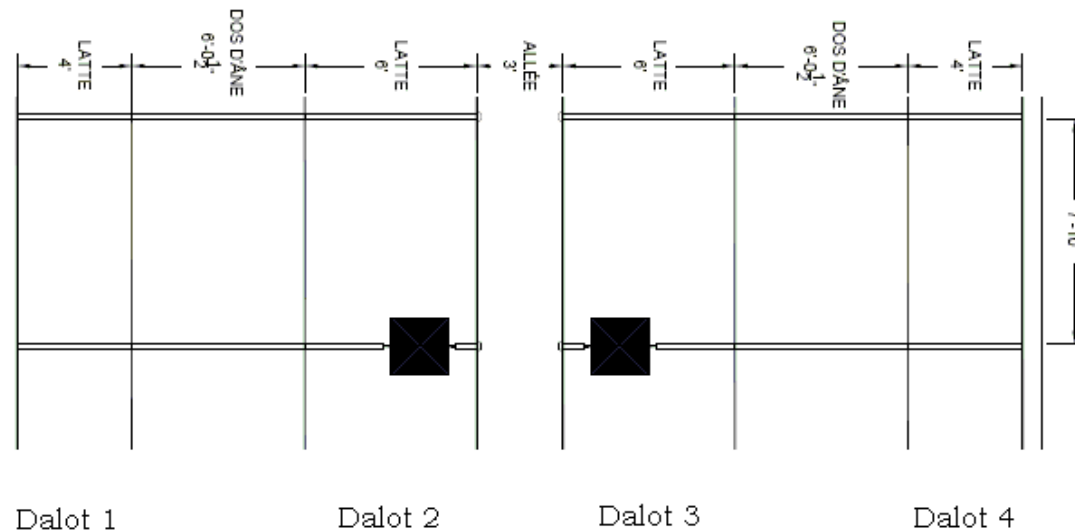


Figure 4 : Vue schématique et en plan d'une coupe latérale de Engraissement St-Louis

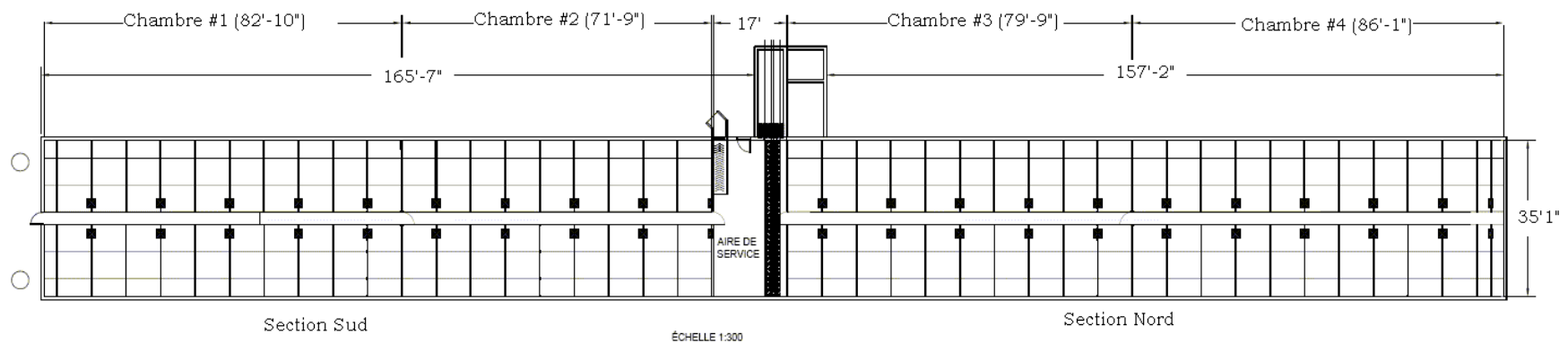


Figure 5 : Vue en plan de la porcherie Engraissement St-Louis

Le programme alimentaire comprenait cinq moulées différentes, une moulée *début* (phase 2), deux moulées *croissance* (phases 3 et 4) et deux moulées *finition* (phases 5 et 6). L'aliment était servi en cube. Les moulées de phase 2, 3 et 4 étaient distribuées pendant 21 jours chacune, la phase 5 était distribuée pendant 15 jours alors que la phase 6 était offerte jusqu'à la fin de l'élevage. L'eau et la moulée étaient disponibles à volonté dans des trémies-abreuvoirs. Les normes du programme d'assurance qualité canadien (AQC) étaient en vigueur dans la porcherie.

2.1.2 Description du système d'isolement des fèces avec grattes en « V »

Le système de grattes évalué dans ce projet était installé dans les dalots, sous le plancher latté des chambres d'engraissement (figure 1). L'isolement du solide et du liquide des déjections se faisait par gravité dans le dalot. Le dalot avait une pente longitudinale de 0,5 % et une pente transversale de 10 % en forme de «V». Ainsi, la fraction solide était accumulée sur le plan incliné bétonné du dalot et une gratte profilée en forme de «V», actionnée plusieurs fois par jour, l'acheminait vers un écurer à chaîne. Ce dernier permettait d'évacuer la phase solide vers l'extérieur du bâtiment. Pour chaque section, quatre grattes en « V », deux de 1,83 m (6 pi) et deux de 1,22 m (4 pi), permettaient de nettoyer les dalots. Le système était conçu pour nettoyer chaque rangée d'enclos avec une combinaison de deux grattes, une de 1,22 m et une de 1,83 m. Les grattes de 1,83 m étaient situées de chaque côté de l'allée centrale et celles de 1,22 m étaient de chaque côté des murs extérieurs du bâtiment (figure 4). À la décharge de la montée de la chaîne à écurer, le solide s'accumulait sur une plate-forme de béton couverte située près de la porcherie pour entreposage (figure 6).



Figure 6 : Plate-forme de béton couverte

Par ailleurs, le plancher incliné du dalot permettait au liquide (eau et urine) de s'écouler en continu par gravité dans une conduite encastrée (tuyau de 15 cm (6 po) de diamètre fendu longitudinalement), sur toute la longueur du dalot, dans le fond du «V». Par la suite, le liquide se déversait dans la préfosse via un tuyau collecteur raccordé à une extrémité des dalots (côté aire de service; figure 7). Chaque moitié de bâtiment avait son tuyau collecteur, chacun permettait d'évacuer le liquide des quatre dalots d'une section du bâtiment. Le liquide provenant des chambres 1 et 2 se déversait dans le tuyau collecteur sud (section sud) et celui des chambres 3 et 4 se déversait du tuyau nord (section nord). De plus, un système de recirculation du liquide permettait de nettoyer les tuyaux collecteurs. Ce nettoyage était fait en pompant du liquide (fraction liquide) provenant de la préfosse vers les tuyaux collecteurs à l'aide de la pompe de vidange de la préfosse.

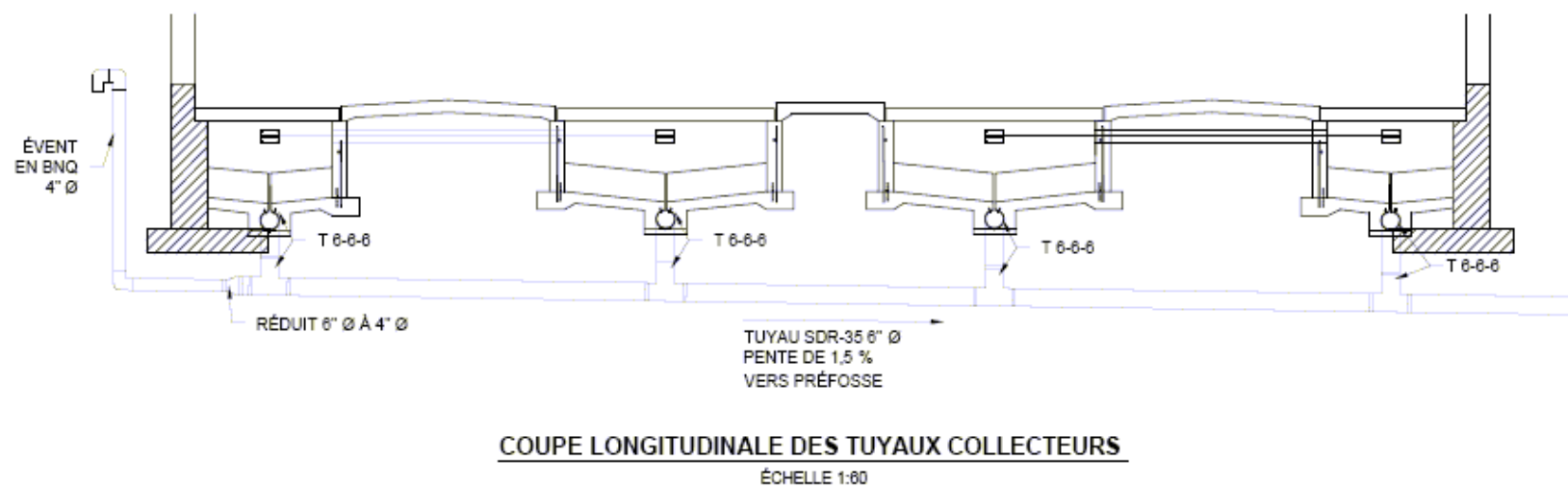


Figure 7 : Coupe transversale des tuyaux collecteurs de Engraissement St-Louis

2.1.3 Description de la ferme témoin

La ferme témoin (Ferme Raydan) est située à Sainte-Séraphine dans la région des Bois-Francs (figure 8). L'échantillonnage s'est déroulé dans une section du bâtiment qui est divisée en deux chambres. Ces deux chambres ont une capacité totale de 980 porcs.



Figure 8 : La ferme témoin du projet à Sainte-Séraphine

Chaque chambre comptait deux rangées d'enclos (5 m de large) séparées par un corridor (figure 9). Deux dalots de 1,83 m (6 pi), représentant une surface lattée de 40 % de la superficie totale des enclos étaient situés à l'arrière des parcs soit, du côté des murs extérieurs du bâtiment. Le lisier était évacué par un système de grattes conventionnelles. La ventilation mécanisée était de type conventionnel avec des entrées d'air latérales sur un côté du bâtiment et des ventilateurs sur l'autre. Les normes du programme d'assurance qualité canadien (AQC) étaient en vigueur dans la porcherie.

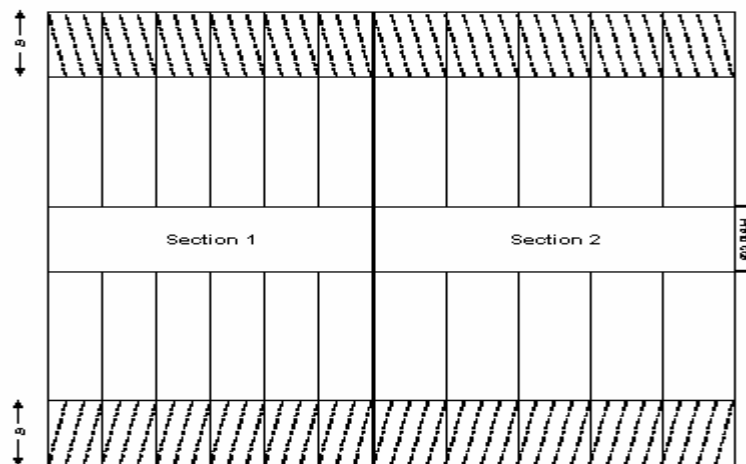


Figure 9 : Vue en plan de la ferme témoin à Sainte-Séraphine

Le programme alimentaire de la ferme témoin comprenait cinq moulées différentes, le même programme que l'Engraissement Saint-Louis. Cependant, une moulée cubée a été servie aux deux premiers lots et une moulée en farine pour le dernier lot à cette ferme. L'eau et la moulée étaient disponibles à volonté dans des trémies-abreuvoirs.

2.2 Méthodologie

2.2.1 Déroulement général

Globalement, le projet s'est déroulé d'avril 2005 à avril 2006 (tableaux 2 à 4). Durant cette période, trois lots de porcs ont été suivis à l'Engraissement Saint-Louis. Le bâtiment était opéré selon le mode tout plein, tout vide, ainsi tout le bâtiment était lavé et désinfecté entre chaque lot.

Tableau 2 : Échéancier lot 1

Étapes	Échéanciers	Personnes impliquées
Élaboration du protocole d'exécution, planification et commande du matériel requis pour les essais	décembre 2004	Henri Guimont Francis Pouliot Stéphane Godbout Stéphane P. Lemay Daniel Massé Nathalie Fortin
Installation du système de prise de mesures et mise en place du protocole	mars 2005	Henri Guimont Francis Pouliot Stéphane Godbout Daniel Massé
Entrée des porcs	4 avril 2005	
Période 1 des essais à l'Engraissement Saint-Louis	19 avril au 5 juillet 2005	Henri Guimont Valérie Dufour Michel Côté Jean-Philippe R. Grenon Andréanne Caron Réjean Leblanc Catherine Dionne Jean Gauthier Steve Goupil
Mesure des gaz et odeurs Engraissement Saint-Louis Ferme témoin	31 mai au 14 juin 2005 14 juin au 28 juin 2005	Frédéric Pelletier Jean-Pierre Larouche Jacques Labonté Lise Potvin Henri Guimont Denis Deslauriers
Fin de l'élevage	3 août 2005	
Analyse des échantillons en laboratoire	juillet - août 2005	Pierre Audesse

Tableau 3 : Échéancier lot 2

Étapes	Échéanciers	Personnes impliquées
Entrée des porcs	8 août 2005	
Période 2 des essais à l'Engraissement St-Louis	22 août au 8 novembre 2005	Henri Guimont Valérie Dufour Michel Côté Jacques Labonté Alain Gonthier Jean Gauthier Steve Goupil
Mesure des gaz et odeurs Engraissement Saint-Louis Ferme témoin	4 au 18 octobre 2005 18 octobre au 1er novembre 2005	Frédéric Pelletier Jacques Labonté Lise Potvin Henri Guimont Denis Deslauriers
Fin de l'élevage	15 décembre 2005	
Analyse des échantillons en laboratoire	novembre 2005 – janvier 2006	Pierre Audesse

Tableau 4 : Échéancier lot 3 et rapport final

Étapes	Échéanciers	Personnes impliquées
Entrée des porcs	19 décembre 2005	
Période 3 des essais à l'Engraissement St-Louis	9 janvier au 28 mars 2006	Henri Guimont Valérie Dufour Alain Gonthier Steve Goupil Richard Mailhot Jean Gauthier
Mesure des gaz et odeurs Engraissement Saint-Louis Ferme témoin	20 février au 6 mars 2006 9 au 16 février 2006	Frédéric Pelletier Jacques Labonté Lise Potvin Henri Guimont Denis Deslauriers
Fin de l'élevage	18 avril 2006	
Analyse des échantillons en laboratoire	janvier à avril 2006	Pierre Audesse
Observation exploratoire à l'épandage de la fraction solide	Mai 2006	Henri Guimont Francis Pouliot Valérie Dufour

Étapes	Échéanciers	Personnes impliquées
Analyse des résultats et rédaction du rapport final	mai - août 2006	Henri Guimont Valérie Dufour Francis Pouliot Aïcha Coulibaly Stéphane Godbout Stéphane P. Lemay Frédéric Pelletier Claudine Giguère Daniel I. Massé Claudine Giguère Pierre Ruel

Durant chaque lot d'élevage, cinq périodes d'échantillonnage des déjections ont été effectuées. De plus, les données obtenues de la lecture des compteurs d'eau et des températures ambiantes, minimales et maximales étaient notées quotidiennement dans un registre. Les données sur la mortalité des porcs durant chaque lot ont aussi été compilées. Un échantillon d'aliment a été recueilli lors de chaque période d'échantillonnage. La moulée était pesée à chaque livraison à la ferme et les silos vidés de leur contenu à la fin d'un élevage. Les rations alimentaires utilisées ont été fournies par la Société Coopérative Agricole des Bois-Francis. Des mesures de gaz et d'odeurs ont été prises durant chaque lot chez Engraissement Saint-Louis et à la ferme témoin. Des échantillons d'eau, de moulée et de lisier ont été prélevés à la ferme témoin durant la période d'échantillonnage des gaz et des odeurs puis analysés en laboratoire.

2.2.2 Échantillonnage de la fraction solide

À l'Engraissement Saint-Louis, pour les huit dalots, les rejets solides produits par les animaux durant 24 heures ont été récupérés, pesés et échantillonnés cinq fois durant l'expérimentation pour chaque lot d'élevage. Les échantillonnages ont été réalisés à la troisième, cinquième, huitième, onzième et quatorzième semaine de chaque élevage. Les dates d'échantillonnage pour chaque lot sont présentées au tableau 5. Chaque séance d'échantillonnage était répartie sur deux jours. Le premier jour, les grattes en « V » étaient actionnées plusieurs fois pour nettoyer les dalots. Le nettoyage des dalots se terminait vers 10 h 30. Au cours des 24 heures suivantes, quatre grattages par dalot ont été effectués. Une première collecte de solide était effectuée vers 15 h. Les grattes étaient de nouveau actionnées vers 20 h 30. Le lendemain les grattes étaient actionnées vers 8 h et une dernière fois vers 10 h 30 pour ainsi compléter la période de 24 heures. Chaque grattage des dalots était suivi d'une pesée du solide recueilli et de prélèvements d'échantillons.

Tableau 5 : Dates des campagnes d'échantillonnage des fractions solide et liquide

Échantillonnage	Dates d'échantillonnage		
	LOT 1	LOT 2	LOT 3
1	19 et 20 avril 2005	22 et 23 août 2005	9 et 10 janvier 2006
2	3 et 4 mai 2005	6 et 7 septembre 2005	16 et 17 janvier 2006
3	24 et 25 mai 2005	26 et 27 septembre 2005	6 et 7 février 2006
4	13 et 14 juin 2005	17 et 18 octobre 2005	27 et 28 février 2006
5	4 et 5 juillet 2005	7 et 8 novembre 2005	27 et 28 mars 2006

Des bacs de collecte, déposés au fond du caniveau de l'écureur, ont permis de recueillir le solide (figure 10). Les bacs ont été soulevés à l'aide d'un palan à chaîne couplé à une cellule de charge (Dyna-link MSI-7200, Measurement Systems International, Seattle, WA, USA), puis la masse de la fraction solide pour chaque dalot était mesurée. Un échantillon de solide représentatif était prélevé dans chaque bac et tous les échantillons étaient combinés et mélangés afin d'obtenir qu'un seul échantillon composite pour chaque section du bâtiment (séances d'échantillonnage #1, #2, #4 et #5). Pour la séance d'échantillonnage #3, les échantillons de solide étaient prélevés indépendamment dans chaque dalot.



Figure 10 : Bac de collecte de la fraction solide

Les éléments présentés dans le tableau 6 ont été analysés par le laboratoire de l'IRDA (Complexe scientifique Sainte-Foy, Qc, Canada).

Tableau 6 : Éléments analysés dans la fraction solide et liquide

Caractéristique	Abréviation	Unité	Analyses effectuées	
			Solide	Liquide
Matière organique	M org	%	✓	✓
Carbone organique	C org	%	✓	✓
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.	mg/l		✓
Solides totaux, suspendus	MES	mg/l		✓

2.2.3 Échantillonnage de la fraction liquide

Durant les 24 heures d'accumulation de la fraction solide, le liquide produit a été recueilli à l'aide d'un baril placé sous l'arrivée de chaque tuyau collecteur dans la préfosse (figure 11). Le liquide ainsi récolté était pompé dans deux grands réservoirs pour chaque section où il pouvait s'accumuler (figure 12). La hauteur totale de liquide dans les réservoirs a été notée pour calculer le volume de liquide collecté. Un échantillon de liquide a été prélevé dans chaque réservoir puis un seul échantillon composite par section du bâtiment a été formé aux fins d'analyse.



Figure 11 : Barils pour collecter le liquide de chaque section du bâtiment



Figure 12 : Réservoirs contenant le liquide pour une période de 24 h

2.2.4 Quantité et qualité d'eau d'abreuvement et d'aliment

Chacune des quatre lignes de distribution d'eau (deux lignes par section) alimentant les trémies-abreuvoirs a été équipée d'un compteur d'eau volumique (ABB Water Meters inc., modèle C700, Ocala, FL, USA; figure 13). La lecture des compteurs d'eau a été effectuée manuellement à chaque jour. Un échantillon d'eau par lot a été envoyé dans un laboratoire pour analyse. L'analyse des coliformes totaux, fécaux et atypiques présents dans l'eau d'abreuvement a été effectuée par le laboratoire de la Coop des Bois-Francs. Les autres analyses pour l'eau d'abreuvement ont été effectuées par le laboratoire de l'IRDA (Sainte-Foy, QC, Canada).

Chaque livraison de moulée a été pesée et la lecture enregistrée. Un échantillon de moulée par période de collecte a été prélevé aux fins d'analyse. Le Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (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 (Sainte-Foy, QC, Canada). Les différentes analyses réalisées sont résumées dans le tableau 7.



Figure 13 : Compteur d'eau

Tableau 7 : Éléments analysés dans les échantillons d'eau et de moulée

Caractéristique	Abréviation	Unité	Analyses effectuées	
			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		✓
Coliformes totaux		UFC/100 ml		✓
Coliformes fécaux		UFC/100 ml		✓
Coliformes atypiques		UFC/100 ml		✓

2.2.5 Les émissions de gaz et d'odeurs

2.2.5.1 Mesure des concentrations de gaz

Dans le but d'évaluer les émissions, des échantillonnages de gaz ont été réalisés dans les deux porcheries, celle de l'Engraissement Saint-Louis, équipée du système de grattes en V et la porcherie avec grattes conventionnelles située à la Ferme Raydan à Sainte-Séraphine. Les échantillonnages ont été réalisés durant trois périodes, une période d'été (juin 2005), une période d'automne (octobre 2005), et une période d'hiver (février 2006).

Huit points d'échantillonnage ont été identifiés dans la porcherie. Les points d'échantillonnage étaient répartis dans deux salles. Dans chacune des salles, l'air a été échantillonné à quatre endroits, soit aux trois ventilateurs du premier palier de ventilation et à l'entrée d'air. Les gaz dans les bâtiments ont été recueillis et acheminés aux analyseurs de gaz, situés dans un laboratoire mobile stationné près de la porcherie, à l'aide de tubes en Téflon® installés devant les ventilateurs d'extraction.

Le laboratoire mobile était équipé d'un chromatographe, d'un analyseur d'ammoniac et d'un acquiesiteur de données pour enregistrer les données de température, d'humidité relative, de pressions statiques et de vitesses de rotation des ventilateurs.

Les gaz analysés étaient l'ammoniac (NH_3), le méthane (CH_4), l'oxyde nitreux (N_2O) et le gaz carbonique (CO_2). Le méthane, le gaz carbonique et l'oxyde nitreux ont été analysés par chromatographie en phase gazeuse (GC) et l'ammoniac par spectroscopie infrarouge non dispersive (NDIR). L'analyse chromatographique s'effectuait par la séparation des trois gaz sur des colonnes remplies de Porapak Q. Le méthane était quantifié avec un détecteur à ionisation de flamme (FID). Le gaz carbonique était également quantifié par le FID mais après réduction en méthane avec l'hydrogène sur un catalyseur de nickel. Finalement, l'oxyde nitreux a été mesuré avec un détecteur à capture d'électrons (ECD).

La mesure de la concentration des différents gaz pour une chambre fut effectuée sur une période de 15 minutes. En effet, l'analyse instantanée avec le GC (CH_4 , CO_2 et N_2O) était effectuée sur l'échantillon de gaz circulant dans la boucle d'injection du GC à la fin de chaque période de 15 minutes. Par contre, la concentration en NH_3 obtenue aux 15 minutes était une moyenne des concentrations en NH_3 dans le gaz circulant dans la cellule d'analyse durant la dernière minute de chaque période de 15 minutes. Les erreurs instrumentales sur la concentration des gaz avec le GC sont : $\text{CO}_2 \pm 30$ ppm; $\text{CH}_4 \pm 0,5$ ppm; $\text{N}_2\text{O} \pm 0,1$ ppm. L'erreur sur la concentration de NH_3 est $\pm 1,5$ ppm.

2.2.5.2 Mesure des concentrations d'odeurs

L'échantillonnage de l'air pour l'analyse des concentrations d'odeurs a été réalisé pour les deux porcheries (Saint-Louis et Sainte-Séraphine). L'air a été échantillonné à la sortie des ventilateurs du palier 1 dans chacune des salles où les gaz étaient mesurés tous les mercredis durant les périodes d'échantillonnage des gaz. L'analyse d'odeurs des échantillons a été réalisée dans les laboratoires d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Lennoxville. Pour la durée du projet, un total de 60 échantillons a été prélevé, soit deux sacs par salle par journée d'échantillonnage plus un sac prélevé à la limite de la propriété.

Les échantillons ont été prélevés dans des sacs de Tédlar® de 120 litres à l'aide d'une pompe et d'un système de tubulure en Téflon® (figure 14). Le sac a été déposé dans un baril de 200 litres fermé hermétiquement. Le vide réalisé dans la poubelle à l'aide de la pompe permettait au sac de se remplir.



Figure 14 : Échantillonnage de l'air pour la mesure des odeurs

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

La concentration d'odeurs (UO m^{-3}) (au seuil de détection des odeurs) est le rapport de dilution d'air (volume air inodore volume air ventilation-1) où 50 % des membres du jury peuvent détecter une odeur.

2.2.5.3 Mesure du débit de l'air

Le débit de ventilation de chaque ventilateur, à différentes vitesses de rotation et sous différentes pressions statiques, a été évalué à l'aide d'une conduite standardisée équipée d'un tube de pitot. Lors des mesures de concentration de gaz, la vitesse de rotation des ventilateurs et la pression statique à l'intérieur du bâtiment ont été mesurées en continu. Les données de vitesses de rotation et de pressions statiques ont été par la suite associées aux débits mesurés avec la conduite standardisée.

La conduite standardisée consistait en une conduite d'acier galvanisé d'un diamètre de 40 ou 50 cm (16 ou 20 pouces) et d'une longueur d'environ 6 m (20 pieds). Une série de trous sur la paroi du tuyau et une croix de pitot installée à l'intérieur permettaient de mesurer la différence de pression entre la paroi et le centre du tuyau et de convertir cette différence en débit d'air. Un redresseur d'air était installé à l'intérieur de la conduite.

Calibré en laboratoire, la conduite était connectée à un ventilateur à vitesse variable suffisamment puissant pour couvrir une gamme importante de débits d'air. Les débits d'air passant à travers le tunnel ont été évalués en mesurant la vitesse de l'air à plusieurs endroits dans le tuyau à l'aide d'un anémomètre à fil chaud. Le débit d'air calculé a été finalement associé à la différence de pression obtenue par la conduite standardisée.

Par la suite, la conduite a été déplacée et installée devant un ventilateur de chaque type dans chacune des porcheries, pour en mesurer le débit de façon précise. Les mesures de débits dans les deux porcheries ont été réalisées au mois d'avril 2006.

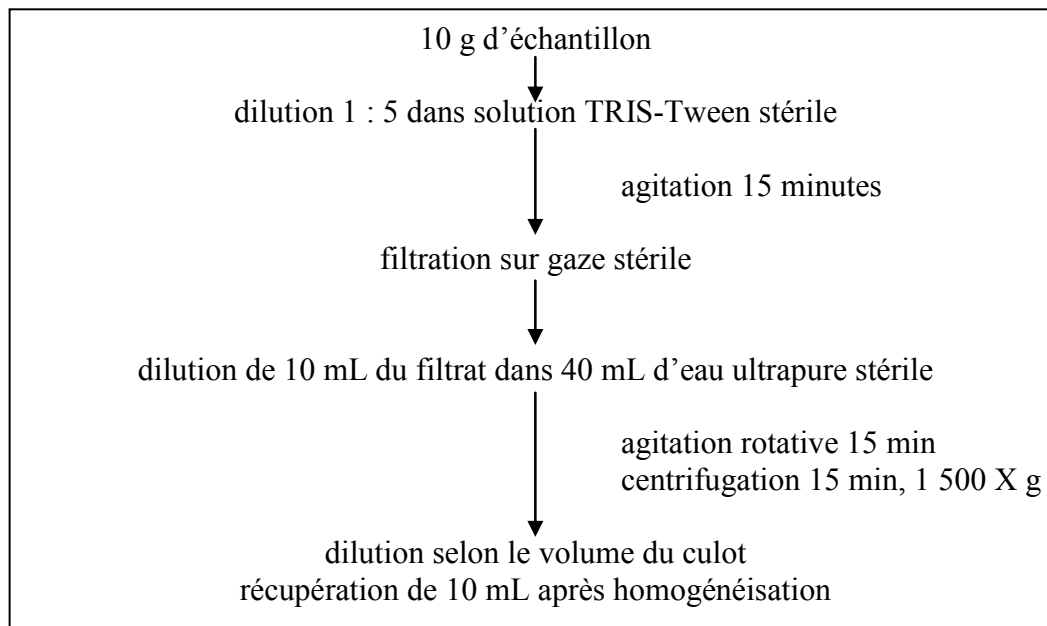
2.2.6 Mesure et identification des pathogènes

2.2.6.1 Détection de *Cryptosporidium* et de *Giardia*.

L'analyse des protozoaires *Cryptosporidium* et *Giardia* a été effectuée suite à l'examen des isolats par immunofluorescence. La série d'étapes réalisée est adaptée de la méthode 1623 de la United States Environmental Protection Agency (USEPA, 2005). En bref, la méthode inclut trois principales étapes, soit la filtration, l'immunocapture et l'immunofluorescence. Lors de l'échantillonnage, un composite de 10 sous-échantillons est prélevé à l'aide d'une bouteille stérile et conservé entre 2 et 8 °C. Les analyses sont réalisées dans un délai de 48 heures suivant l'échantillonnage.

Étape 1 : Filtration

Après l'homogénéisation du composite, 10 grammes sont prélevés pour débiter les analyses. Le schéma suivant illustre les étapes qui ont conduit à la filtration de l'échantillon.



Étape 2 : Immunocapture

Afin de concentrer les parasites de l'échantillon, une étape d'immunocapture est ensuite réalisée. Cette technique permet également la purification de l'échantillon, pour que la quantité de matières en suspension soit la plus faible possible, ce qui facilite l'examen microscopique des isolats. L'immunocapture demande l'utilisation de micro-billes magnétiques recouvertes d'anticorps spécifiques à *Cryptosporidium* et à *Giardia*. Suite à l'ajout de ces billes dans l'échantillon préalablement filtré, celles-ci se couplent aux parasites, tout en agitant continuellement l'échantillon durant une heure. Les billes sont par la suite récupérées avec un aimant. Le double rinçage des billes avec des solutions tamponnées permet la purification de l'échantillon. L'acidification de l'échantillon sert enfin la dissociation des complexes que les billes ont formés avec les parasites. À l'aide de l'aimant, les billes sont alors enlevées de l'échantillon et la solution neutralisée. L'examen des isolats au microscope à fluorescence peut alors débiter.

Étape 3 : Immunofluorescence

L'immunofluorescence a été réalisée en utilisant la trousse de détection Mérifluor® *Cryptosporidium*/*Giardia* (Meridian Biosciences inc., Cincinnati, Ohio, USA) selon les directives du fabricant. Cette trousse permet la coloration des (oo)kystes à l'aide du fluorochrome *fluorescein isothiocyanate* (FITC). Afin d'être renseignés sur la viabilité des kystes de *Giardia* et des ookystes de *Cryptosporidium*, le colorant 4',6-diamidino-2-phenylindole (DAPI) a également servi à l'analyse des parasites.

2.2.6.2 Analyses de *Salmonella* spp.

Protocole d'isolement pour *Salmonella* spp.

1-Réception des échantillons

- Ajout de bouillon nutritif (milieu d'enrichissement non sélectif)
 - Pour les échantillons fèces ou litière: 10 g dans 90 mL de bouillon nutritif (NB)
 - Pour les échantillons d'eau : 20 mL dans 20 mL de NB
 - Pour les échantillons de moulée : 100 g dans 900 mL de NB
- Contrôles (salmonelle ⊕ et témoin négatif)
- Incuber pendant 18-24 heures à 37°C

2-Enrichissement en milieu sélectif (TBG)

- Vortexer l'échantillon et prélever 1 mL de l'échantillon et transférer dans le tube de TBG + iode
- Vortexer le tube de TBG
- Incuber pendant 18-24 heures à 42°C, sinon à 37°C

3-Isolement sur gélose sélective (BGS)

- Vortexer l'échantillon et ensemencer la gélose BGS à l'aide d'une anse stérile
- Incuber pendant 18-24 heures à 37°C

4-Première lecture des géloses BGS

- Vérifier les colonies typiques (blanche laiteuse, bombée, ronde, lisse, luisante, contour défini et gélose rose à rouge)
 - Si **négatif** (aucune croissance) ou atypique
 - Réincuber un autre 18-24 heures à 37°C puis refaire une deuxième lecture
 - Si **positif** (colonie typique)
 - Faire les tests biochimiques (TSI/URÉE)

5-Test biochimique (TSI et URÉE)

[TSI] : Donne des renseignements sur l'utilisation des sucres par les entérobactéries (glucose, lactose, sucrose) avec ou sans production du H₂S et de gaz.

Technique : en partant d'une colonie, inoculer le culot en piquant avec un fil droit au centre puis inoculer la pente en effectuant une strie sinueuse.

Résultats : on note la pente (acide = jaune ou alcaline = couleur inchangée), le culot (acide ou alcalin), la présence de H₂S (précipité noir) et la production de gaz (bulles de gaz) et dans cet ordre après 18 à 24 heures d'incubation à 37°C.

Pente = permet de mesurer l'utilisation des sucres en aérobie (présence d'oxygène); fermentation du lactose et du sucrose – culot et pente jaune

Culot = permet de mesurer l'utilisation des sucres en anaérobie (sans oxygène); fermentation du glucose – culot jaune et pente rouge

Si aucun sucre n'est fermenté, le culot et la pente seront de couleur inchangée.

Pour *Salmonella* spp. : K (pente alcaline / A (culot acide) /+ / +

URÉE : Donne des renseignements sur la capacité d'un organisme d'hydrolyser l'urée et de former de l'ammoniaque (alcalinisation du milieu qui devient alors rose).

Technique : en partant d'un inoculum, inoculer la pente en effectuant une strie sinueuse.

Résultats : positif (rose) ou négatif (couleur inchangée) après 18-24 heures d'incubation à 37°C.

Pour *Salmonella* spp. : Négatif

- Contrôles (*E.coli* A/A/-/+; *Proteus mirabilis* : urée +; *Salmonella*)

6-Agglutination avec antisérum *Salmonella* spp.

- Permet de vérifier l'agglutination contre des groupes d'antigènes de salmonelles et ainsi de pouvoir prédire de quel sérotype il s'agit.

Poly A-I et Vi (contient antisérum contre tous les groupes d'antigènes ainsi que l'antigène capsulaire Vi)

Groupe B (contient antisérum contre les facteurs 1, 4, 12, 27)

Poly B (contient l'antisérum pour les groupes C1, C2, F, G, H)

Groupe D (contient l'antisérum pour les facteurs 1, 9, 12, 46)

Technique : mettre une goutte de saline sur une lame puis avec un fil droit, prendre une colonie et mélanger avec la saline. Rajouter l'antisérum et lire la réaction d'agglutination (résultat positif).

Résultats: Si agglutination positive pour Poly A, faire les autres agglutinations.

- Si une agglutination est positive pour un autre des antisérums testés, écrire le résultat
- Si aucune agglutination n'est observée par la suite, faire un API-20E
- Si il y a agglutination à plus qu'un antisérum par la suite, faire un API-20E (il s'agit peut-être d'une souche auto-agglutinante)

7-API 20E

- Galerie contenant plusieurs tests biochimiques et qui permet l'identification bactérienne des entérobactéries.

8-Congélation et sérotypie

2.2.6.3 Analyses de *Campylobacter* spp.

Protocole d'isolement pour *Campylobacter* spp.

1-Réception des échantillons

- Ajout de bouillon Bolton
 - Pour les échantillons fèces ou litière: 25 g dans 50 mL de bouillon Bolton
 - Pour les échantillons d'eau : 20 mL dans 20 mL de bouillon Bolton
 - Pour les échantillons de moulée : 25 g dans 50 mL de Bolton
- Contrôles (*Campylobacter* ⊕ et témoin négatif)
- Incuber pendant 18-24 heures à 42°C en microaérophilie

2-Isolement sur gélose sélective (CCDA: Charcoal cefoperazone desoxycholate agar)

- Vortexer l'échantillon et ensemercer la gélose CCDA à l'aide d'une anse stérile
- Incuber pendant 48 heures à 42°C en microaérophilie

4-Première lecture des géloses CCDA

- Vérifier les colonies typiques (translucides, irrégulières, métalliques)
 - Si **négatif** (aucune croissance) ou atypique
 - Réincuber un autre 18-24 heures à 42°C puis refaire une deuxième lecture
 - Si **positif** (colonie typique)
 - Faire les tests subséquents

5-Tests subséquents

- Coloration de Gram
- Mobilité
- Oxydase, catalase

Pour confirmer l'espèce, les tests d'indoxyle acétate et l'hydrolyse de l'hippurate sont à effectuer. Un test API peut aussi être utilisé pour confirmer l'identification.

2.2.6.4 Analyses des indicateurs

Les échantillons ont été préparés par dilution au 1/10e (soit 10 g pour 90 mL, soit 10 mL pour 90 mL) dans une solution de Sodium Metaphosphate stérile (2 g/L). De cette première dilution, une série de dilutions au 1/10e (de 1:10 à 1:10 000) est préparée pour le dénombrement des bactéries pathogènes. Les échantillons d'eau sont dénombrés par filtration sur membrane et croissance sur les milieux décrits plus bas. La filtration sur membrane a consisté à filtrer l'échantillon (0,1; 1 et 10 mL) à l'aide d'une membrane GN-6 stérile (Pall-Gelman, VWR, Mississauga, ON), qui est ensuite déposée sur les milieux désirés.

Le dénombrement des coliformes totaux est fait par étalement direct sur milieux mEndo-LES gélosé (Difco, Mississauga, ON) suivi d'une incubation de 18 à 20 h à 37°C. Les colonies présentant un reflet métallique vert sont comptabilisées comme coliformes totaux.

Les coliformes fécaux sont dénombrés par étalement direct sur gélose mFC (Difco, Mississauga, ON) suivi de 18 à 20 h d'incubation à 44,5°C. Les colonies de couleur indigo sont comptabilisées comme coliformes fécaux.

Les souches d'*E. coli* sont dénombrées par étalement direct sur milieu basal mFC (Difco, Mississauga, ON) supplémenté avec 100 mg/L de 3-bromo-4-chloro-5-indolyl-b-D-glucuronide (Med-Ox Diagnostics, Ottawa, ON) et incubé de 18 à 24 h à 44,5°C. Les colonies produisant la couleur bleue caractéristique d'une activité β -glucuronidase sont comptabilisées comme *E. coli* (16).

Les *Enterococcus spp.* sont dénombrés par étalement direct sur milieu gélosé mEnterococcus (Difco, Mississauga, ON) suivi de 48 h d'incubation à 37°C. Les colonies produisant la couleur bordeaux sont comptabilisées comme *Enterococcus*.

Les souches de *Yersinia enterocolitica* sont dénombrées par étalement direct sur milieu gélosé CIN (Difco, Mississauga, ON) suivi d'une incubation de 18 h à 30°C. Les colonies de diamètre inférieur à 2 mm et ayant un centre rouge sont présumées être des *Y. enterocolitica*. Cinq colonies présumées sont prélevées et inoculées sur gélose inclinée Lysine-Arginine-Fer (LAIA; Weagant, 1983) et considérées positives si la gélose inclinée est négative pour la production de gaz et d'H₂S, que le fond en est acide et la pente basique.

Les souches de *Clostridium perfringens* sont dénombrées sur milieu gélosé MCP (Med-Ox Diagnostics, Ottawa, ON) après 24 h d'incubation à 44,5°C. Les colonies jaunes présentant un halo jaune et dont la couleur tourne au magenta après exposition aux vapeurs d'Hydroxyde d'ammonium sont présumées être *C. perfringens*. Les colonies présomptives sont confirmées par inoculation en bouillon de lait écrémé (skim milk broth). Une fermentation trouble du bouillon après 24 h est considérée comme confirmant l'identification.

2.2.6.2 Méthodologie d'échantillonnage

Les échantillons ont été recueillis frais lors de trois campagnes. Des échantillons de lisier entier ont été prélevés sur la ferme témoin, et des échantillons des fractions solide et liquide ont été prélevés à la porcherie avec séparation à la source. À la porcherie avec séparation à la source, deux groupes (A et B) de porcs sont élevés séparément et des échantillons distincts ont été prélevés. La ferme témoin disposait d'un seul point d'échantillonnage, nous avons donc prélevé un seul échantillon à chaque campagne. Lors de la troisième campagne d'échantillonnage, environ 40 litres de chaque type de déjections ont été séparés en deux chaudières de 20 litres et placés dans des pièces à température contrôlée, à 10°C et 20°C. Des échantillons ont par la suite été prélevés de ces chaudières pour évaluer la persistance des micro-organismes étudiés. Les échantillonnages ont été faits aux jours 0, 14, 28, 56, 112 et 168, tant que le niveau des indicateurs n'avait pas atteint la limite de quantification.

Tous les échantillons ont été envoyés le jour même, dans une glacière gardée froide, et reçus aux laboratoires d'analyse en moins de 24 heures. Les analyses de *Giardia* et *Cryptosporidium* ont été effectuées dans le laboratoire de microbiologie de l'IRDA, celles de *Salmonella*, de *Campylobacter* et les analyses des indicateurs ont été effectuées dans deux laboratoires d'Agriculture et Agroalimentaire Canada

2.3 Méthodes de calculs

2.3.1 Équations utilisées pour établir les paramètres zootechniques

L'équation 2 a permis de déterminer la consommation moyenne d'aliments par porc par jour.

$$Cons_{alim} = \frac{\sum_{m=2}^6 M_{alim}}{\sum_{j=1}^{126} P} \quad (2)$$

où :

$Cons_{alim}$ = Consommation moyenne d'aliment par porc (kg/porc-jour)

M_{alim} = Masse d'aliment (kg)

P = Nombre de porcs en inventaire

m = Moulée (phase 2, 3, 4, 5 et 6)

j = Jour d'élevage

La consommation quotidienne d'eau été obtenue à l'aide de l'équation 3 :

$$Cons_{eau} = \frac{\sum_{s=1}^2 Cons_{eau}}{\sum_{s=1}^2 P} \quad (3)$$

où :

$Cons_{eau}$ = Consommation eau (litre)

s = Section (1=nord ; 2 = sud)

j = Jour d'élevage

P = Nombre de porcs en inventaire

Pour déterminer la masse de déjections moyennes par porc par échantillonnage pour une fraction « f », l'équation 4 a été utilisée:

$$\left(\frac{kg}{porc.jour} \right)_f = \frac{\sum_{s=1}^2 \sum_{d=1}^4 M_f}{\sum_{s=1}^2 P} \quad (4)$$

où :

M = Masse humide (kg)
 P = Nombre de porcs en inventaire
 f = Fraction (solide ou liquide)
 s = Section (1=nord ; 2 = sud)
 d = Dalot

2.3.2 Équations utilisées pour calculer l'efficacité d'isolement des fèces

Pour déterminer l'efficacité globale d'isolement de la gratte, l'équation 5 a été employée pour déterminer l'efficacité d'isolement pour les trois lots expérimentaux pour un élément « n » dans une fraction « f ».

$$Eff_{f,n} (\%) = \frac{\sum_{l=1}^3 Eff_{f,n}}{3} \times 100 \quad (5)$$

où :

Eff = Efficacité d'isolement (%)
 n = Élément (N, P, K, etc.)
 f = Fraction (solide ou liquide)
 l = Lot (1 à 3)

Pour déterminer l'efficacité d'isolement globale d'un lot, l'équation 6 a été employée pour déterminer l'efficacité d'isolement au cours des cinq échantillonnages. Il est à noter que l'impact des données manquantes dans les calculs d'efficacité n'a pas été pris en compte car considéré minime, donc aucune mesure corrective n'a été apportée.

$$Eff_{f,n} (\%) = \frac{\sum_{e=1}^5 \sum_{s=1}^2 M_{f,n}}{\sum_{e=1}^5 \sum_{s=1}^2 M_{S,n} + \sum_{e=1}^5 \sum_{s=1}^2 M_{L,n}} \times 100 \quad (6)$$

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)
 e = Échantillonnage (1 à 5)
 s = Section (1=nord ; 2 = sud)

L'efficacité d'isolement par échantillonnage a été calculée selon l'équation 7.

$$Eff_{f,n} (\%) = \frac{\sum_{s=1}^2 M_{f,n}}{\sum_{s=1}^2 M_{S,n} + \sum_{s=1}^2 M_{L,n}} \times 100 \quad (7)$$

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)
- s = Section (1=nord ; 2 = sud)

La concentration moyenne pondérée d'un nutriment « n » dans une fraction « f » pour l'ensemble des échantillonnages a été déterminée selon l'équation 8.

$$[]_{n,f} = \frac{\sum_{l=1}^3 \sum_{e=1}^5 \sum_{s=1}^2 M_{f,n}}{\sum_{l=1}^3 \sum_{e=1}^5 \sum_{s=1}^2 M_f} \quad (8)$$

où :

- $[]_{n,f}$ = Concentration pondérée (mg/kg)
- M = Masse humide (kg)
- n = Élément (N, P, K, etc.)
- f = Fraction (solide ou liquide)
- l = Lot (1 à 3)
- e = Échantillonnage (1 à 5)
- s = Section (1=nord ; 2 = sud)

2.3.3 Calcul des émissions de gaz

Les concentrations de gaz mesurés ont été converties en émissions de gaz à l'aide du débit de ventilation de la porcherie. Les émissions de gaz ont été calculées en multipliant les concentrations, mesurées par le laboratoire mobile, par les débits d'air mesurés à l'aide de la conduite de ventilation.

Pour calculer les émissions E_{gaz} , en mg min^{-1} , l'équation 9 est utilisée:

$$E_{gaz} = \left(\frac{(C_{gaz\ sortie} - C_{gaz\ entrée}) \times Q \times 101325}{287 \times (273,15 + T)} \right) \times \frac{M_{gaz}}{M_{air}} \quad (9)$$

Où:

$C_{gaz\ sorti}$ = Concentration des gaz dans l'air à la sortie de la salle en ppm.
 $C_{gaz\ sortie}$ est la moyenne des concentrations mesurées aux trois ventilateurs de palier 1 dans chacune des salles. À l'exception de la salle 3 à Saint-Louis où il y avait seulement deux ventilateurs de palier 1.

$C_{gaz\ entrée}$ = Concentration des gaz dans l'air à l'entrée de la salle en ppm.

Q = Débit de ventilation moyen durant la période d'échantillonnage des gaz en $\text{m}^3 \text{min}^{-1}$.

T = Température moyenne de la salle durant l'échantillonnage des gaz en $^{\circ}\text{C}$.

M_{gaz} = Masse molaire du gaz en g mole^{-1} .

M_{air} = Masse molaire de l'air en g mole^{-1} .

Aux fins de comparaison, les émissions de gaz peuvent par la suite être calculées par mètre carré de surface de plancher ou par porcs présents dans la porcherie. Les émissions totales de gaz à effet de serre sont converties en équivalent CO_2 .

2.4 Analyse du potentiel agronomique

Un bilan agronomique a été effectué à partir des résultats d'efficacité d'isolement et des analyses agronomiques des deux fractions. Le lisier issu de Engraissement Saint-Louis sera également comparé à une valeur de référence québécoise bien connue soit celle du lisier selon le CRAAQ pour des porcs en engraissement avec trémies-abreuvoirs. Les valeurs fertilisantes de la fraction liquide proviennent des valeurs fertilisantes du lisier brut, selon le CRAAQ, auxquelles les proportions d'éléments contenus dans la fraction liquide de Engraissement Saint-Louis par rapport au lisier recomposé (tableau 37) ont été transposées.

Le producteur effectue 315 jours d'élevage et ne possède pas de terre. Les paramètres pour la gestion des déjections sont les suivants :

- les lisiers sont tous épandus à l'aide de rampes basses et laissés en surface ou incorporés après 48 heures (indice de perte d'azote de 1,3 dans les deux cas);
- le coefficient d'efficacité de l'azote est de 100 % dans la fraction liquide isolée et de 70 % dans le cas du lisier et il est de 80 % pour le phosphore des deux produits;
- pour la fraction solide, le coefficient d'efficacité du phosphore est de 65 % et celui de l'azote est de 75 %. La fraction solide est laissée en surface (indice de perte d'azote de 1,5);
- les pertes d'azote liées à la date d'épandage pour une prairie sont de 1,1 pour le lisier et de 1 pour le fumier.

2.5 Analyse technico-économique et financière

Un bilan économique a été fait à partir des résultats obtenus suite à la réalisation du bilan agronomique et d'une compilation des coûts de rénovation de Engraissement Saint-Louis. L'analyse technico-économique et financière portera plus spécifiquement sur :

- Les coûts de rénovation et d'installation du système d'isolement des fèces avec grattes en « V »;
- Les coûts d'entretien et de réparation;
- Les coûts de disposition des fractions solide et liquide;
- Les impacts sur le coût de production;
- Les impacts des programmes d'aide gouvernementaux.

2.6 Analyses statistiques

Une analyse de régression a été effectuée sur les données de concentrations en éléments fertilisants pour voir s'il y avait un effet temps (SAS, 1999). Un niveau de signification de 5 % ($P=0,05$) a été employé pour cette analyse.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Performances zootechniques

La période d'engraissement des porcs s'est échelonnée sur dix-huit semaines pour chaque lot d'élevage de porcs. Les performances zootechniques pour les porcs ont été fournies par la Société Coopérative Agricole des Bois-Francis (tableau 8). Le poids moyen des animaux à leur entrée et à leur sortie a été respectivement de 24,2 et 107,7 kg pour les trois lots. En moyenne, le gain moyen quotidien (GMQ) a été de 800 g/j et la conversion alimentaire (CA) a été de 2,68 kg de moulée par kg de gain de poids. Selon CDPQ (2005), en 2003, le gain moyen quotidien pour les porcs commerciaux en engraissement au Québec était de 806,6 g/j et la conversion alimentaire était de 2,66. Donc, les performances obtenues à Engraissement Saint-Louis ont été comparables à la moyenne québécoise. Dans l'étude réalisée au Michigan State University (MSU) par Hamel *et al.* (2004), la C.A. fut meilleure (2,55) apportant une réduction de rejets (fèces, phosphore et autres éléments fertilisants). Cette réduction des rejets a pour effet de réduire la quantité de solide à transporter par les grattes et une charge moins importante à valoriser.

Tableau 8 : Performances zootechniques pour l'Engraissement St Louis

Paramètre (unité)	Performances			Moyenne pondérée
	Lot 1	Lot 2	Lot 3	
Nombre de porcs	1 291	1 153	1 107	1 184
Poids vif moyen début (kg)	23,6	24,4	24,6	24,2
Poids vif moyen fin (kg)	105,1	105,6	112,9	107,7
Durée en engraissement (j)	105	104	105	104,5
Taux de mortalité (%)	5,9	4,9	2,9	4,6
Indice à l'abattoir	106	109	110	108
Gain moyen quotidien (GMQ) (g/j)	776	784	844	800
Conversion alimentaire (CA) (kg de moulée / kg de gain de poids)	2,59	2,75	2,72	2,68
Consommation quotidienne de moulée (kg/j)	2,01	2,16	2,30	2,15
Consommation quotidienne en eau (L/j)	5,4	5,1	5,2	5,2

3.2 Consommation et qualité en eau et de moulée

La consommation en eau des porcs en engraissement (5,2 L/porc-jour) était plus faible que celle observée dans l'étude de Guimont *et al.* (2005b), soit 5,9 L/porc-jour. Dans l'ensemble, la consommation en eau a augmenté au cours des élevages (figure 15). Cette hausse de la consommation est liée à la croissance des porcs puisque les besoins en eau sont directement liés au gain de poids vif des porcs (ITP, 2000).

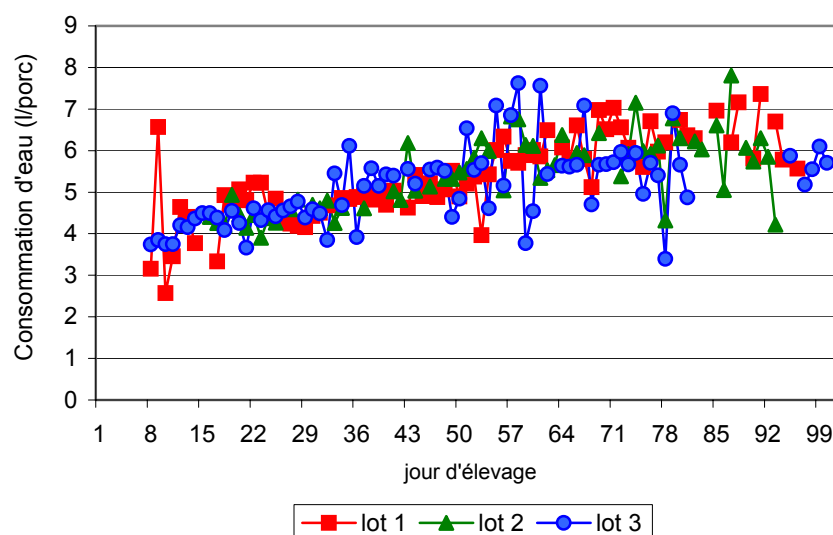


Figure 15 : Consommation quotidienne moyenne en eau par porc pour chaque lot en engraissement

L'eau de Engraissement St-Louis est de type douce (plus de sodium que de calcium et de magnésium) et peu minéralisée selon la classification proposée par le NRC (1974). Elle contribue à 70 % des besoins en sodium des porcs et son pH est légèrement alcalin (tableau 9). Cette eau pourrait avoir tendance à alcaliniser le lisier. Les indicateurs de pollution (nitrates et coliformes atypiques) suggèrent une eau contaminée par certaines bactéries non pathogènes mais cette eau n'est pas nécessairement la cause de problème de santé (Klopfenstein, 2005a). De son côté, l'eau de la ferme témoin est de type dure (plus de calcium et de magnésium que de sodium) très peu minéralisée. Les interactions avec la nutrition et la santé sont peu probables (Klopfenstein, 2005b). L'eau au MSU (Dufour *et al.*, 2006) était de type dure moyennement minéralisée et, tout comme celle de Engraissement Saint-Louis, elle avait tendance à acidifier le lisier.

Tableau 9 : Analyse de l'eau de consommation

Caractéristique	Unité	Engraissement St Louis		Ferme Témoin
		1 ^{ère} analyse	2 ^e analyse	
Conductivité	µS/cm	846	1053	312
Alcalinité	mg/L	278	279	127
pH	-	8,5	8,5	8,2
Solides totaux, dissous	mg/L	0,615	<30	0,308
Solides totaux, suspendus	mg/L	1,82	<30	0,284
Chlorure	mg/L	109	144	5
Azote ammoniacal	mg/L	0,501	0,505	0,103
Azote, nitrate + nitrite	mg/L	0,033	0,014	0,074
Azote, total Kjeldahl	mg/L	3,4	1,45	0,00
Phosphore	mg/L	0,1	-	-
Aluminium	mg/L	0,006	0,003	0,002
Bore	mg/L	0,224	0,21	0,007
Calcium	mg/L	6,75	5,81	42
Cuivre	mg/L	0,001	0,004	0,002
Fer	mg/L	0,016	0,009	0,001
Potassium	mg/L	2,6	2,97	1,1
Magnésium	mg/L	1,06	0,84	11
Sodium	mg/L	196	216	4,6
Manganèse	mg/L	0,013	0,010	0,011
Sulfates		N/A ¹	8,8	N/A
Zinc	mg/L	0,003	0,000	0,006
Coliformes totaux et fécaux	UFC/100 mL	>200	N/A	N/A
Coliformes atypiques	UFC/100 mL	<5	N/A	N/A

1 non analysé

La composition de la moulée a varié durant les élevages en fonction du stade de croissance des porcs et leurs besoins nutritionnels (tableau 10). Par exemple, au début de l'élevage la teneur en protéine brute était de 21 % et de 6 % en phosphore, tandis qu'à la fin de l'élevage les teneurs respectives étaient de 16 % et de 5 %.

Tableau 10 : Analyse de la moulée de Engraissement St-Louis

Élément	Unité	Teneur en élément				
		Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 6
Nombre d'échantillons		2	4	3	3	3
Matière sèche	%	87,6	86,8	86,6	87,5	86,9
Protéine brute	%	20,6	19,6	17,3	17,1	15,7
N	%	3,2	2,9	2,6	2,5	2,3
NDF	%	12,3	13,5	12,9	13,6	15,0
ADF	%	6,0	6,7	5,9	5,2	6,4
Ca	%	0,74	0,66	0,59	0,51	0,52
P	%	0,62	0,59	0,53	0,50	0,50
K	%	0,75	0,71	0,61	0,64	0,59
Mg	%	0,19	0,19	0,17	0,17	0,17
Na	%	0,22	0,20	0,17	0,20	0,20
Mn	ppm	99	78	87	81	66
Zn	ppm	259	132	150	164	134
Cu	ppm	144	102	114	121	117
Fe	ppm	353	322	284	278	294
Al	ppm	122	135	104	66	85

Tableau 11 : Analyse de la moulée de la ferme Témoin

Élément	Unité	Teneur en élément		
		Lot 1 ¹	Lot 2 ¹	Lot 3 ²
M.S.	%	87,58	85,94	87,56
Protéine brute	%	n/a	16,6	20,4
N total	%	2,51	2,46	2,93
NDF	%	n/a	14,8	10,4
ADF	%	n/a	6,1	4,5
P	mg/Kg	0,49	0,52	0,48
K	mg/Kg	0,62	0,66	0,75
Ca	mg/Kg	0,51	0,58	0,68
Mg	mg/Kg	0,14	0,17	0,16
Na	mg/Kg	0,16	0,19	0,18
Al	ppm	123,50	63,18	108
Fe	ppm	294,9	220,8	230
Mn	ppm	136,4	45,01	55,94
Cu	ppm	102,0	97,45	134
Zn	ppm	100,1	116,1	178

1 moulée cubé

2 moulée en farine

3.3 Quantités de déjections produites

3.3.1 Masse moyenne de solide et de liquide produit sur l'ensemble d'un élevage

Globalement, la quantité moyenne de déjection collectée lors des échantillonnages durant les trois lots d'élevage a été de $0,96 \pm 0,23$ kg/porc-jour pour la fraction solide et de $2,12 \pm 0,53$ kg/porc-jour pour la fraction liquide (tableau 12). La production totale de lisier (fraction solide + fraction liquide) a été de 3,08 kg/porc-jour en moyenne pour les cinq échantillonnages par élevage de porcs (eaux de lavage et précipitations non incluses). Cette valeur est similaire à celles de quelques études françaises dans lesquelles la production de lisier, mesurée sous le caillebotis, étaient comprises entre 3,15 et 3,58 kg/porc-jour (Chauvel et Granier, 1994; Latimier *et al.*, 1996; Levasseur et Textier, 2001). Hamel *et al.* (2004), avec un système de grattes en « V », ont observé une production moyenne de lisier de 1,87 kg/porc-jour, dont 0,79 kg/porc-jour pour la fraction solide et 1,08 kg/porc-jour pour la fraction liquide. Pour les travaux de Hamel *et al.* (2004), la production de déjections fut moindre que celle mesurée à Saint-Louis, mais les déjections ont été collectées hebdomadairement durant une période de quinze semaines. Puisque la collecte était plus fréquente, l'évaluation de la production moyenne de déjection est certainement plus précise dans le projet du MSU. De plus, chez Engraissement Saint-Louis, la conversion alimentaire fut supérieure à celle mesurée au MSU et pourrait justifier en partie la quantité de fraction solide plus importante. Par contre, la consommation en eau est probablement la principale raison de cette différence. En effet, la consommation en eau a été inférieure dans le cas de Hamel *et al.* (2004), soit 3,9 L/j versus 5,2 L/j. Les moulées servies aux porcs à l'Engraissement Saint-Louis avaient une teneur en protéine supérieure à celles servies au MSU et les besoins en eau sont liés à la teneur en azote des aliments. Donc, le taux de protéine supérieur peut expliquer une partie de la consommation supérieure en eau.

Tableau 12 : Quantités moyennes de déjections solide et liquide rejetées quotidiennement par les porcs

Échantillonnage	Nombre moyen de porcs	Masse de fraction solide (kg/porc-jour)				Masse de fraction liquide ¹ (kg/porc-jour)			
		lot 1	lot 2	lot 3	moyenne	lot 1	lot 2	lot 3	moyenne
1	1 225	0,66	0,66	0,84	0,72	-	1,21	1,63	1,42
2	1 224	0,67	0,81	0,82	0,77	-	1,43	1,74	1,59
3	1 208	0,86	1,01	0,92	0,93	2,26	2,71	-	2,49
4	1 194	1,02	1,47	1,11	1,20	2,57	2,53	2,76	2,62
5	916	1,11	1,07	1,39	1,19	1,84	2,32	2,27	2,14
moyenne	1 153	0,86	1,00	1,02	0,96	2,22	2,04	2,10	2,12
écart-type	152	0,20	0,31	0,24	0,23	0,37	0,68	0,52	0,53

¹ Les échantillonnages 1 et 2 de la fraction liquide du lot 1 n'ont pas été compilés, ainsi que l'échantillonnage 3 du lot 3.

Le volume de lisier produit par gain de poids vif des porcs est de 3,53 L/kg de gain dans le présent projet. Cette valeur est plus élevée que celle établie par Hamel *et al.* (2004) (2,18 L/kg de gain de poids) et elle est plus faible que celle de 4,23 L/kg de gain de poids mesurée par Côté et Seydoux (2003) dans un contexte québécois. Par contre, celle de Côté et Seydoux (2003) inclut les eaux de lavage tandis que les mesures dans ce projet ont été prises à l'extrémité des dalots tout comme celle de Hamel *et al.* (2004).

Également, la température a un impact sur la consommation en eau entraînant ainsi une variation importante de la production de liquide. En moyenne, la fraction liquide représentait 69 % de la quantité des déjections totales, ainsi la fraction solide représentait 31 % (figure 16). Selon Hamel *et al.*, (2004), la fraction liquide représentait 58 % par rapport aux déjections totales et elle représentait 76 % selon Godbout (2006). La production de solide par porc a augmenté entre les échantillonnages 1 à 4, mais semble être restée stable pour l'échantillonnage 5. Les expéditions de porcs les plus lourds (> 105 kg) vers l'abattoir durant la même période auraient probablement contribué à stabiliser la production de déjections.

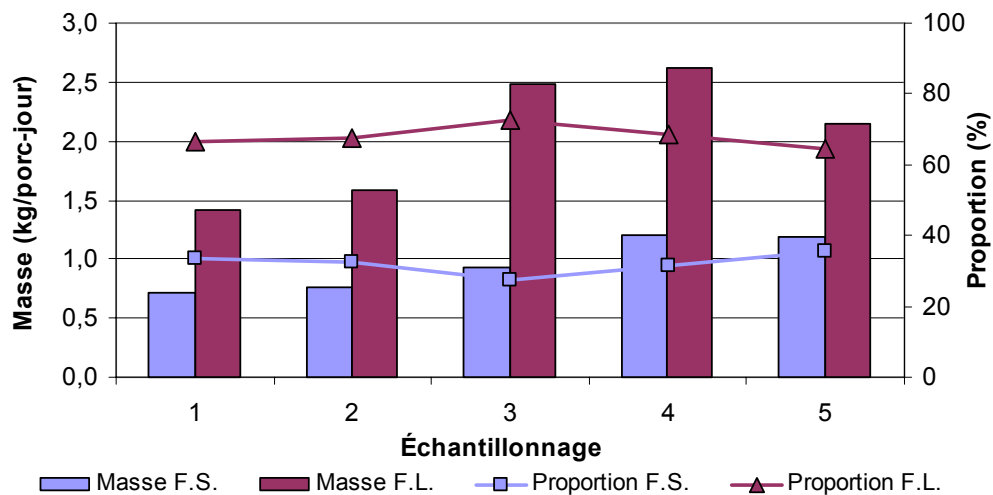


Figure 16 : Évolution des masses et de la proportion des fractions solide (F.S.) et liquide (F.L.) collectées à chaque échantillonnage

¹ Les échantillonnages 1 et 2 de la fraction liquide du lot 1 n'ont pas été compilés, ni l'échantillonnage 3 du lot 3.

L'étude du tableau 13 permet de constater que les masses de solide collectées lors du présent projet sont plus élevées de 21,5 % comparativement à celles des travaux de Hamel *et al.* (2004) au MSU pour des porcs ayant un poids vif similaire. Les masses de solide et de liquide au MSU présentées dans le tableau sont celles mesurées lorsque le poids vif des porcs au MSU était similaire à celui des porcs à Saint-Louis lors des cinq échantillonnages. Une conversion alimentaire plus élevée (5 %) peut expliquer une partie de cette hausse. De plus, les quantités de liquide collectées lors du présent projet sont presque le double de celles des travaux au MSU. Toutefois, la consommation en eau observée à St-Louis était 33 % plus élevée que celle au MSU (Hamel *et al.*, 2004), cette différence contribue à l'augmentation de la fraction liquide dans le présent projet. De plus, le système étant moins efficace qu'au MSU, il y a eu plus de fèces qui sont tombées dans la fraction liquide. Finalement, des infiltrations d'eau auraient contribué à augmenter les quantités de liquide recueillies. L'annexe A présente les quantités de déjection par lot d'élevage et par section du bâtiment.

Tableau 13 : Comparaison des masses moyennes des déjections solide et liquide collectées quotidiennement par porc avec des systèmes différents de grattes en « V »

Poids vif ¹ (kg)	Masse de solide (kg/porc-jour)		Masse de liquide (kg/porc-jour)	
	St Louis	MSU ²	St Louis	MSU ²
32	0,72	0,63	1,42	0,84
45	0,77	0,77	1,59	1,02
58	0,93	0,96	2,49	1,34
70	1,20	0,91	2,62	1,21
85	1,19	0,90	2,14	1,21
moyenne	0,96	0,83	2,12	1,12

¹ Poids vif approximatif des porcs (poids estimé)

² Les travaux de Hamel *et al.* (2004) au MSU

3.3.2 Masse de solide produit selon différentes périodes de la journée

Globalement, la fraction solide était collectée quatre fois par jour. La première période avait une durée d'environ quatre heures et demie, la deuxième avait cinq heures, la troisième avait douze heures et la dernière (période 4) avait deux heures et demie (tableau 14). Le matin (8 h à 10 h 30), la masse de solide récolté, lorsque rapporté en heure, était presque le double de celle durant la nuit (20 h à 8 h 30). Celle en fin de journée – début de soirée (15 h à 20 h) était légèrement plus élevée que celle durant la nuit. Les deux masses par heure les plus importantes sont celles collectées durant le jour ce qui confirme le comportement diurne des porcs. Cependant, la masse totale la plus importante fut celle récoltée après la période de douze heures d'accumulation durant la nuit.

Tableau 14 : Masse moyenne de la fraction solide selon quatre périodes d'accumulation durant une journée

Période d'accumulation ¹	durée (h)	Masse de solide en kg/h (Masse totale en kg)			
		Lot 1 ²	Lot 2	Lot 3	Moyenne
1 10 h 30 à 15 h	4,5	56,8 (256)	54,8 (247)	51,8 (233)	54,4 (245)
2 15 h à 20 h	5	47,6 (238)	44,6 (223)	39,0 (195)	43,8 (219)
3 20 h à 8 h	12	39,3 (471)	41,8 (502)	37,1 (445)	39,4 (473)
4 8 h à 10 h 30	2,5	83,2 (208)	79,2 (198)	66,0 (165)	76,0 (190)
Période de 24 h	24	226,9 (1173)	220,5 (1170)	193,9 (1038)	213,7 (1127)

¹Les périodes d'accumulation de la fraction solide ont varié à chaque échantillonnage, la durée moyenne de la période 1= 4,4 h; celle de la période 2= 5,1 h; celle de la période 3= 12,2 h et celle la période 4= 2,3 h. La durée totale de la période d'accumulation pour un échantillonnage est de 24 h.

²Les échantillonnages 1 et 2 de la fraction solide du lot 1 n'ont pas été compilés.

3.3.3 Masse de solide produit par dalot

Globalement, près de 53 % du solide a été collecté dans les dalots de 1,83 m (figure 17). Par conséquent, environ 47 % de la quantité de solide collectée par échantillonnage se retrouvait dans les dalots de 1,22 m. Les proportions de solide dans les dalots de 1,22 m ont été plus faibles pour les deux premiers échantillonnages. Toutefois, cette proportion de même que les masses recueillies ont augmenté pour les trois derniers échantillonnages. Ainsi, la quantité de solide accumulée dans le dalot de 1,22 m était trop élevée pour la capacité de transport de celle-ci. Le solide tendait à déborder au-dessus de la gratte ou à s'accumuler temporairement sous celle-ci jusqu'au prochain passage. Ces résultats permettent de constater que le positionnement des grattes de 1,22 m et de 1,83 m aurait dû être inversé. Ainsi, les dalots de 1,83 m auraient dû être situés le long des murs extérieurs du bâtiment. Idéalement, les grattes auraient du toutes avoir un minimum de 1,83 m de largeur.

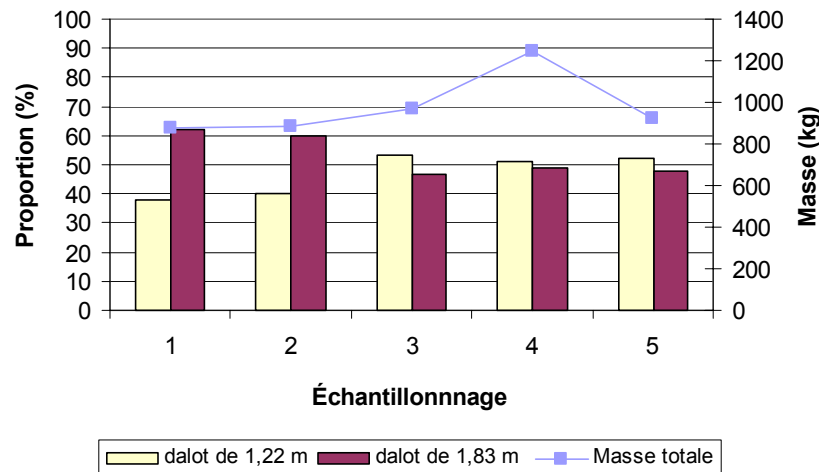


Figure 17 : Masse totale de fractions solides collectée¹ (moyenne des 3 lots) et sa répartition dans les deux différentes tailles de dalots (gratte de 1,22 vs 1,83 m) par échantillonnage

L'annexe B présente les proportions de la fraction solide selon la période d'accumulation par lot d'élevage, par échantillonnage et par section du bâtiment. De plus, l'annexe C présente la quantité moyenne de solide collectée dans les dalots de 1,22 et 1,83 m par échantillonnage et par section du bâtiment.

3.4 Efficacité d'isolement

3.4.1 Efficacité d'isolement globale des éléments fertilisants

Comme l'illustre le tableau 15, le système d'isolement des fèces avec grattes en « V » a permis, en moyenne, d'isoler 77 % du phosphore, 54 % de l'azote total et 47 % du potassium dans la fraction solide. Ces résultats sont inférieurs à l'efficacité moyenne de 91 % pour le phosphore, de 66 % pour l'azote total et de 60 % du potassium dans la fraction solide fournies par Hamel *et al.* (2004) avec un système de grattes en « V ». D'autres études ont démontré une efficacité supérieure avec différents systèmes de séparation à la source ayant permis d'isoler plus de 90 % de phosphore (van Kempen, 2003; Marchal, 2002; Elmer *et al.*, 2001; Kroodsma, 1986; Tengman, 1995). Toutefois, l'efficacité de séparation de l'azote total mesurée durant cet essai est semblable aux 50-55 % obtenue par Tengman (1995) et Marchal (2002). De plus, l'étude de Marchal (2002) a également permis d'isoler 45 % du potassium dans la fraction solide avec un tamis métallique.

Tableau 15 : Efficacité moyenne d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide

Élément	Efficacité moyenne pondérée d'isolement (%)									
	Fraction solide ¹					Fraction liquide ¹				
	lot 1	lot 2	lot 3	moyenne	écart-type	lot 1	lot 2	lot 3	moyenne	écart-type
P	76	73	82	76,6	7,7	24	27	18	23,4	8,7
N _{total}	55	55	54	54,2	4,9	45	45	46	45,6	6,5
NH ₄ -N	31	28	31	29,3	6,6	69	72	69	70,7	7,4
K	48	49	45	47,0	4,3	52	51	55	53,0	5,9
Mg	81	74	84	78,7	7,5	19	26	16	21,3	8,7
Ca	89	81	89	85,2	6,3	11	19	11	14,8	6,9
Na	42	44	43	42,6	4,3	58	56	57	57,4	6,0
Al	90	74	76	78,5	8,5	10	26	24	21,5	9,5
B	75	49	44	53,5	14,9	25	51	56	46,5	15,1
Cu	86	77	87	82,2	6,9	14	23	13	17,8	8,1
Fe	88	75	88	82,3	9,4	12	25	12	17,7	10,4
Mn	87	78	89	83,7	7,3	13	22	11	16,3	8,4
Zn	86	77	87	82,1	6,9	14	23	13	17,9	8,0
C org	87	74	84	80,3	10,2	13	26	16	19,7	10,7
M org	87	74	84	80,3	10,2	13	26	16	19,7	10,7
MS	83	76	85	80,5	10,2	17	24	15	19,5	6,9

¹ Pour le lot 1, les échantillonnages 1 et 2 n'ont été compilés ainsi que l'échantillonnage 3 du lot 3.

Le système de grattes en « V » a également permis d'isoler 80 % du carbone organique, 80 % de la matière organique, 80,5 % de la matière sèche et plus de 78 % des métaux dans la fraction solide, sauf pour le bore (54 %).

Dans les travaux de Hamel *et al.* (2004), un système avec grattes en « V » similaire a permis d'isoler 94 % du carbone organique, 94 % de la matière organique et plus de 90 % des métaux dans la fraction solide. Les résultats de Marchal (2002) ont montré qu'environ 90 % de la matière organique, du cuivre et du zinc se sont retrouvés dans la fraction solide.

La différence entre les résultats observés dans le présent projet et ceux de Hamel *et al.* (2004) s'explique en partie par la différence de longueur des dalots à nettoyer par les grattes en « V » (50 m comparé à 18 m), par la largeur des dalots (1,22 m et 1,83 m comparé à 2,13 m) et par une finition de qualité moindre du fond des dalots. En effet, la quantité de solide collectée à chaque passage de la gratte en « V » est limitée par la capacité d'une gratte à transporter d'un bout à l'autre du dalot un volume donné. Par conséquent, plus le dalot est long et étroit, plus la probabilité que du matériel solide tombe dans le tuyau de collecte du liquide est importante, diminuant ainsi l'efficacité de séparation et augmentant la teneur en matière sèche de la fraction liquide. Quant aux imperfections du fond des dalots, elles auront pour effet d'engendrer des accumulations qui risquent de se retrouver dans la fraction liquide. De plus, ces accumulations risquent également d'engendrer des émissions de gaz et d'odeurs accrues.

L'annexe D présente l'efficacité d'isolement globale des éléments fertilisants des déjections solides et liquides par section du bâtiment et pour chaque lot d'élevage.

L'efficacité d'isolement de certains éléments a varié de façon cubique ($P < 0,5$) avec l'échantillonnage (figure 18). Ainsi, l'efficacité a légèrement augmenté au deuxième échantillonnage. Puis celle-ci a diminué au troisième échantillonnage, probablement parce que la masse totale de solide de même que le pourcentage de solide dans les dalots de 1,22 m ont été les plus importants, pour finalement remonter aux deux derniers échantillonnages.

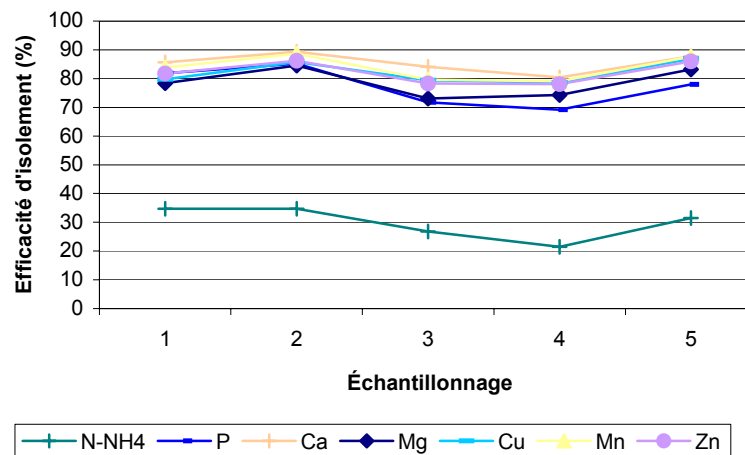


Figure 18 : Proportion moyenne des éléments fertilisants contenus dans la fraction solide lors des échantillonnages

L'efficacité d'isolement observée pour ce projet (tableau 16; système à Saint-Louis) est légèrement inférieure, mais dans le même ordre de grandeur que les systèmes installés au MSU et à Honfleur pour les éléments comme le phosphore, l'azote total et le potassium. Les grattes du système à Honfleur proviennent du même équipementier que celle de Saint-Louis. Par contre, le système de grattes à Saint-Louis sert à nettoyer des dalots plus longs que le MSU et Honfleur. De plus, les dalots à Honfleur et au MSU étaient plus larges avec 2,44 m et 2,14 m, respectivement. Par conséquent, ces facteurs combinés entraînent une quantité de solide plus importante dans les dalots pouvant diminuer l'efficacité de séparation. La fréquence de grattage au cours de l'expérimentation peut également avoir eu un impact sur l'efficacité d'isolement d'autant plus que la capacité de transport du système de Saint-Louis est inférieure à celle des deux autres. En effet, une fréquence de gratte plus élevée aurait peut-être permis d'obtenir une meilleure efficacité d'isolement.

Tableau 16 : Comparaison de l'efficacité moyenne d'isolement des éléments fertilisants dans la fraction solide de trois différents systèmes de grattes en « V »

	Efficacité moyenne d'isolement des éléments fertilisants (%)															
	P	N _{total}	N-NH ₄	K	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Corg	Morg	MS
St-Louis ¹	77	54	29	47	79	85	43	79	54	82	82	84	82	80	80	81
MSU ²	91	66	37	60	92	94	62	94	50	94	94	96	96	94	94	91
Honfleur ³	80	60	40	55	81	84	46	77	45	77	82	81	81	90	86	80

¹Le présent projet, Engraissement Saint-Louis

²Les travaux de Hamel *et al.* (2004) au MSU

³Les résultats sont présentés en annexe G

L'annexe E présente l'efficacité d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide pour chaque échantillonnage pour les lots 1, 2 et 3 et pour chaque section du bâtiment.

3.5 Caractérisation des éléments fertilisants contenus dans les fractions solide et liquide

3.5.1 Concentration dans les fractions solide et liquide

La fraction solide de cette expérimentation était constituée en moyenne de $28,9 \pm 1,6$ % de matière sèche alors que la fraction liquide en contenait $3,2 \pm 1,3$ % en moyenne. Hamel *et al.* (2004) ont obtenu un solide à 33,7 % de matière sèche et un liquide de 2,5 % tandis que Tengman (1995) avec un système de dalot en pente a obtenu une fraction solide à 35 % de matière sèche. La teneur en matière sèche moyenne de la fraction solide du lot 1 (30 %) est légèrement plus élevée que celle des lots 2 et 3 (28 %) (tableau 17). La teneur en matière sèche moyenne de la fraction liquide du lot 1 et du lot 3 est semblable (2,6 %) tandis que celle du lot 2 est de 4,4 %.

Tableau 17 : Concentration pondérée des éléments fertilisants des fractions solide et liquide sur une base humide (eaux de lavage et précipitations exclues)

Élément	Unité	Concentration pondérée							
		Fraction Solide				Fraction Liquide			
		lot 1	lot 2	lot 3	moyenne	lot 1	lot 2	lot 3	moyenne
MS	%	30,3	28,3	27,5	28,7	2,7	4,4	2,5	3,2
M org	%	25,8	21,1	19,7	22,2	1,7	3,3	1,4	2,1
C org	%	12,9	10,5	9,8	11,1	0,9	1,7	0,7	1,1
C/N		8,6	8,3	8,6	8,5	0,8	2,6	1,2	1,5
N _{total}	kg/t	15,9	14,5	13,7	14,7	5,7	6,0	5,9	5,9
NH4-N	kg/t	3,6	2,7	3,4	3,2	3,7	3,7	3,9	3,8
P	kg/t	5,3	4,7	4,4	4,8	0,8	0,9	0,5	0,7
P ₂ O ₅	kg/t	12,1	10,7	10,0	10,9	1,8	2,1	1,2	1,7
K	kg/t	5,0	5,4	4,7	5,0	2,4	2,8	2,9	2,7
K ₂ O	kg/t	6,0	6,5	5,6	6,0	2,9	3,3	3,4	3,2
Ca	kg/t	5,0	4,4	4,2	4,5	0,3	0,5	0,3	0,4
Mg	kg/t	2,8	2,6	2,6	2,6	0,3	0,5	0,2	0,3
Na	kg/t	2,1	2,1	1,9	2,0	2,1	1,3	1,3	1,3
Mn	mg/kg	128	121	130	126	9	18	8	12
Cu	mg/kg	214	176	181	190	16	28	13	19
Zn	mg/kg	261	240	243	248	20	38	18	25
Al	mg/kg	100	92	72	88	6	15	11	11
Fe	mg/kg	476	424	412	438	30	75	28	44
B	mg/kg	7	7	6	7	1	4	4	3
pH	-	5,9	6,3	6,3	6,2	8,0	7,8	8,5	8,1

En se basant sur les résultats présentés au tableau 17, la fraction liquide a une concentration en éléments fertilisants inférieure à la fraction solide. Pour la fraction solide, le tableau 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. Par ailleurs, le rapport carbone/azote (C/N) de la fraction solide a varié entre 7 à 9 durant l'expérimentation. Il est à noter que les échantillons analysés pour obtenir les résultats présentés au tableau 17 ne comprennent pas les eaux de lavage ni les précipitations car ils ont été prélevés à l'extrémité des dalots.

Dans ce projet, la fraction solide est moins concentrée en phosphore et en potassium que celle du MSU, soit 25 et 40 % respectivement. Par contre, les différences sont plus marquées au niveau des métaux. Il y a plus de manganèse mais moins d'aluminium, de fer et de zinc. Cependant, la principale différence se situe au niveau du cuivre. En effet, sa concentration dans la fraction solide est 5,6 fois plus élevée que celle mesurée au MSU. Cette différence s'explique par l'utilisation de cuivre dans la ration comme facteur de croissance combiné à une faible absorption du cuivre par l'animal.

L'annexe F présente les données de la concentration pondérée des éléments fertilisants pour chaque lot d'élevage, par section et par dalot.

3.5.1.1 Concentration de la fraction solide en fonction du dalot.

Lors du troisième échantillonnage (tableau 18), les quantités de solide sont plus importantes dans les dalots de 1,22 m (dalots 1 et 4) surtout dans la section nord. Ceci a probablement nui à l'écoulement du liquide puisque la teneur en matière sèche des fractions solides recueillies dans ces dalots est plus faible. De plus, les concentrations en potassium, phosphore et azote sont légèrement plus faibles dans les dalots de 1,22 m que ceux de 1,83 m. Ainsi, la zone de défécation, confirmée par l'importance des quantités de solide collectées dans ces dalots, se situe au dessus des dalots de 1,22 m. L'importante quantité de solide a certainement nui à l'efficacité d'isolement et entraîné une concentration en éléments plus basse. La présence de moulée riche en élément a pu contribuer à hausser la concentration des éléments, et tout particulièrement celle de l'azote totale, dans les dalots de 1,83 m.

Tableau 18 : Concentration pondérée des éléments fertilisants des fractions solides sur une base humide (eaux de lavage et précipitations exclues) des différents dalots

Paramètre	Unité	Concentration pondérée par dalot							
		Section nord ¹				Section sud ¹			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Quantité	kg	173,50	98,83	108,00	186,83	162,17	123,50	125,17	143,00
M.S.	%	29,12	32,09	33,88	27,25	26,96	30,88	30,69	27,94
Ntotal	kg/t	15,26	17,46	17,78	14,60	14,56	16,54	15,16	14,47
P ₂ O ₅	kg/t	12,88	12,77	13,82	11,96	11,91	12,15	12,44	12,07
K ₂ O	kg/t	6,27	7,48	7,49	5,73	5,87	6,91	6,01	5,77

¹ La largeur des dalots 1 et 4 est de 1,22 m (4 pi); celle des dalots 2 et 3 est de 1,83 m (6 pi).

3.5.2 Relation entre la matière sèche et la consommation en eau

La consommation en eau des porcs ne semble pas avoir eu un impact sur le taux de matière sèche de la fraction solide (figure 19). Ainsi, même si la consommation en eau a augmenté avec la croissance des porcs, la teneur en humidité de la fraction solide a diminué.

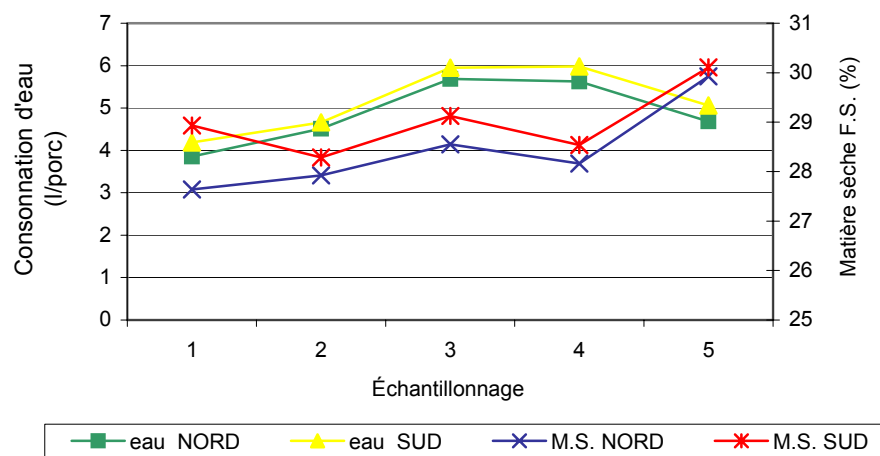


Figure 19 : Teneur en matière sèche de la fraction solide (F.S.) et consommation quotidienne en eau

3.5.3 Comparaison des charges dans le liquide

La charge des éléments fertilisants dans le liquide est plus élevée dans ce projet (Saint-Louis) que dans les travaux au MSU (tableau 19). Ces deux systèmes de grattes en « V » ne sont pas identiques, la principale différence entre les deux systèmes est liée au fait que la porcherie à Saint-Louis est de type commercial avec des dalots de dimension de (1,22 ou 1,83 m x 47,8 ou 50,6 m) tandis que la porcherie institutionnelle au MSU est un bâtiment de recherche avec des dalots de dimensions inférieures (2,13 x 18,08 m). Ces résultats démontrent qu'en terme de quantité d'éléments par porc, le système de séparation du solide et du liquide engendre un liquide plus chargé dans le présent projet comparativement à celui au MSU.

Tableau 19 : Comparaison des charges dans les liquides collectées avec deux différents systèmes de grattes en « V »

Paramètre	unité	Charge dans le liquide	
		St-Louis	MSU ¹
MS	kg/porc-jour	7	3
P₂O₅	kg/porc-jour	0,4	0,1
N_{tot}	kg/porc-jour	1,3	0,7
N-NH₄	kg/porc-jour	0,9	0,6
K₂O	kg/porc-jour	0,7	0,6
Mg	kg/porc-jour	0,1	0
Ca	kg/porc-jour	0,1	0
Na	kg/porc-jour	0,3	0,1
Corg	kg/porc-jour	2,3	1
Morg	kg/porc-jour	4,7	1,7
Al	ppm/porc-jour	2	1
B	ppm/porc-jour	0	1
Cu	ppm/porc-jour	3	0
Fe	ppm/porc-jour	2	3
Mn	ppm/porc-jour	2	0
Zn	ppm/porc-jour	4	1

¹ travaux de Hamel *et al.* (2004) au Michigan State University (MSU)

3.5.4 Masse volumique de la fraction solide

La masse volumique de la fraction solide a été mesurée à chaque échantillonnage. Selon les résultats obtenus, présentés au tableau 20, la masse volumique était en moyenne de 1,067 g/cm³. Hamel *et al.* (2004) ont mesuré une densité de 1,030 g/cm³.

Tableau 20 : Masse volumique des déjections solides à la sortie des dalots

Échantillonnage	Masse volumique (g/cm ³)			
	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Moyenne
1	1,050	1,044	1,076	1,057
2	1,084	1,068	1,073	1,075
3	1,081	1,051	1,087	1,073
4	1,037	1,061	1,080	1,059
5	1,067	1,080	1,070	1,072
Moyenne	1,064	1,061	1,077	1,067

3.5.5 DBO₅ et DCO de la fraction liquide

Dans le présent projet, le rapport DCO/DBO₅ est de 2,0 (33 800/16 500; tableau 21), donc il est possible selon Héduit *et al.* (1978) de traiter le liquide par voie biologique. Dans l'étude de Hamel *et al.* (2004), ce rapport était de 1,6, concordant avec la meilleure performance d'isolement du système de grattes en « V » au Michigan State University.

Tableau 21 : Caractérisation des matières organiques dans la fraction liquide

Lot	Solides totaux (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DCO (mg/L)
1	13,5	14 900	32 000
2	26,3	21 000	43 500
3	10,3	13 500	26 000
Moyenne	16,7	16 500	33 800

Les valeurs de DBO₅, DCO et solides totaux sont plus élevées pour le lot 2 tout comme les concentrations en éléments fertilisants dans le liquide de ce lot (tableau 22). Par ailleurs, les DBO₅ et les DCO sont similaires pour les deux sections du bâtiment lors des lots 1 et 3. Par contre, pour le lot 2, la DBO₅ et la DCO de la section nord, pour une raison inconnue, sont plus élevées que celles de la section sud. Malheureusement, il n'y a aucune répétition de mesure pour cette analyse, il est donc difficile d'expliquer ce résultat.

Tableau 22 : Caractérisation des matières organiques dans la fraction liquide selon les sections nord et sud

Lot	Section nord			Section sud		
	Solides totaux (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DCO (mg/L)	Solides totaux (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DCO (mg/L)
1	13,7	14 800	31 000	13,3	15 000	33 000
2	28,1	23 000	49 000	24,6	19 000	38 000
3	10,1	14 000	26 000	10,9	13 000	26 000
Moyenne	17,3	17 300	35 300	16,3	15 700	32 300

3.6 Charge fertilisante

3.6.1 Caractérisation vs bilan alimentaire

La charge fertilisante de la fraction liquide, c'est-à-dire son contenu total, est de 4 573 kg d'azote et 1 292 kg de phosphore (P₂O₅) pour les 3 lots d'élevage issus de Engraissement Saint-Louis (tableau 23). Celle de la fraction solide est de 5 179 kg d'azote et 3 857 kg de phosphore (P₂O₅). Or, la charge fertilisante provenant de Engraissement Saint-Louis est plus importante que celle évaluée à partir des valeurs références du CRAAQ (2005).

Tableau 23 : Charge fertilisante du lisier selon les analyses

Lisier	Concentration (kg/t)		Charge ¹ (kg)		Charge total (kg)	Valeur de référence ² (kg)
	solide	liquide	solide	liquide	lisier	
N _{tot}	14,7	5,9	5 179	4 573	9 752	8 463
P ₂ O ₅	10,9	1,7	3 857	1 292	5 149	4 472

¹ charge = concentration x masse de lisier

² CRAAQ, 2005. Charges fertilisantes des effluents d'élevage. Valeurs références. Production porcine sous gestion liquide des effluents d'élevage. Porc en croissance avec trémières-abreuvoirs

Le bilan alimentaire permet, entre autres, d'évaluer rapidement la pression environnementale exercée par un lieu d'élevage et de valider les résultats obtenus par la caractérisation des effluents d'élevage (CRAAQ, 2003a). Selon Bachand *et al.* (2002) lorsque le rapport lisier/bilan alimentaire se situe entre 90 et 110 % pour le phosphore, le résultat peut être considéré comme étant identique. Dans ce cas-ci, ce rapport est de 95 %, donc notre évaluation est adéquate. Il faut toutefois noter que le bilan a été réalisé à partir de l'analyse garantie pour chaque moulée et non des résultats d'analyse en laboratoire. Pour l'évaluation des rejets en phosphore un ajustement de la valeur réelle garantie a été apporté afin de tenir compte de l'ajout de phytase dans toutes les moulées.

Tableau 24 : Bilan alimentaire

Paramètre	Quantité (kg)		
	N total	P	P ₂ O ₅
Apports alimentaires	19 543	3 749	9 987
Rétention corporelle	6 485	1 375	
Pertes par volatilisation	3 754		
Rejets dans le lisier	9 304	2 374	5 437

Le rapport lisier/bilan alimentaire de l'azote est de 105 %. Un rapport entre 85 et 115 % est acceptable (Bachand et al, 2002). Par contre, la charge du lisier en azote est faible comparativement à la valeur estimée par le bilan alimentaire puisque des pertes par volatilisation de 28,75 % (25 % au bâtiment et 5 % au stockage) ont été compilées. Dans une étude de Dufour *et al.* (2005), avec un autre système prévenant le mélange fèces-urine, le rapport lisier/bilan alimentaire fut de 128 %. D'un autre côté, l'étude de Bachand *et al.* (2002) suggère que l'évaluation des pertes atmosphériques dans le calcul du bilan alimentaire serait sous-estimée et qu'elles seraient plutôt autour de 40 % avec un système conventionnel. Si tel est le cas, le rapport lisier/bilan alimentaire augmenterait. Ainsi, le système de grattes en « V » démontrerait une meilleure efficacité dans la réduction des pertes par volatilisation.

3.7 Émissions de gaz

3.7.1 Date d'échantillonnage, semaine d'élevage et masse moyenne des porcs

Les tableaux 25 et 26 présentent les dates où les échantillonnages de gaz ont été réalisés dans les deux porcheries. Les dates d'échantillonnage indiquées dans les tableaux sont celles où les données ont été retenues pour l'analyse. À l'origine, les échantillonnages de gaz devaient être réalisés entre les semaines d'élevage 9 et 11 à Saint-Louis-de-Blandford et les semaines d'élevage 10 et 12 à Sainte-Séraphine.

Tableau 25 : Dates d'échantillonnage, semaines d'élevage et masse moyenne des porcs à Saint-Louis lors des trois campagnes d'échantillonnage des gaz

Campagne	Date d'échantillonnage		Semaine(s) d'élevage	Masse moyenne des porcs (kg)	
	Début	Fin		Début	Fin
Été*	2 juin 2005	6 juin 2005	9 et 10	71	74
Automne	5 octobre 2005	17 octobre 2005	9 à 11	72	81
Hiver	26 février 2006	5 mars 2006	11	84	91

* Salle 2 seulement

Tableau 26 : Dates d'échantillonnage, semaines d'élevage et masse moyenne des porcs à Sainte-Séraphine lors des trois campagnes d'échantillonnage des gaz

Campagne	Date d'échantillonnage		Semaine(s) d'élevage	Masse moyenne des porcs (kg)	
	Début	Fin		Début	Fin
Été*	15 juin 2005	27 juin 2005	10 à 12	74	84
Automne	18 octobre 2005	1 novembre 2005	10 à 12	74	84
Hiver	11 février 2006	15 février 2006	10	71	75

* Salle 2 seulement

À Saint-Louis, la campagne d'échantillonnage d'été devait s'étaler du 1^{er} au 13 juin 2005. Suite à des problèmes de mesure du débit et de fonctionnement du compresseur, seuls les résultats obtenus dans la salle 2 ont été retenus pour l'analyse des émissions de gaz. Un nombre suffisant de données provenant des salles 2 et 3 a quand même été récupéré lors des journées du 1^{er} juin et du 8 juin 2005 pour permettre la comparaison des émissions de gaz et des émissions d'odeurs. La campagne d'échantillonnage d'hiver s'est étalée du 20 février au 5 mars 2006. Les données recueillies durant la première semaine (du 20 au 25 février 2006) n'ont pas été retenues pour l'analyse puisque le système de grattes était défectueux.

À Sainte-Séraphine, les données provenant de la salle 1 n'ont pas été retenues pour le calcul des émissions de gaz dues à un problème avec la mesure des débits de ventilation. Un nombre suffisant de données provenant de la salle 1 a quand même été récupéré lors de la journée du 15 juin 2005 pour permettre la comparaison des émissions de gaz et des émissions d'odeurs.

Il est important de noter que suite à un changement dans la régie de l'élevage et à un changement d'alimentation à Sainte-Séraphine, la campagne d'échantillonnage a été réalisée seulement lors de la semaine d'élevage 10. La campagne d'échantillonnage d'hiver n'a duré que cinq jours au lieu des deux semaines prévues à l'horaire.

3.7.2 Température, humidité relative et débit d'air

À Saint-Louis, la température moyenne à l'intérieur des salles durant les campagnes d'été, d'automne et d'hiver était de 25,7, 23,5 et 20,5°C. Les températures moyennes à l'intérieur des salles à Sainte-Séraphine étaient sensiblement identiques aux températures obtenues à Saint-Louis. À Sainte-Séraphine, la température moyenne à l'intérieur des salles durant les campagnes d'été, d'automne et d'hiver était de 25,6, 23,1 et 20,7°C. Dans les deux porcheries, l'humidité relative à l'intérieur des salles varie entre 50 et 62 % (tableaux 27 et 28).

Tableau 27 : Moyennes de température, d'humidité relative et de débit de ventilation à Saint-Louis

Campagne	Salle	Température		Humidité relative		Débit de ventilation	
		Moyenne*	Intervalle	Moyenne*	Intervalle	Moyenne*	Intervalle
		°C	°C	%	%	L s ⁻¹ porc ⁻¹	L s ⁻¹ porc ⁻¹
Été	2	25,8 (2,7)	23,3 – 32,7	48,5 (0,6)	47,6 – 49,7	17,8 (11,5)	4,7 – 33,0
	3	25,5 (2,4)	23,1 – 32,1	51,5 (0,8)	50,1 – 53,1	n.d.	n.d.
	moyenne	25,7		50,0		17,8 (11,5)	
Automne	2	23,0 (0,5)	22,0 – 28,8	61,3 (4,4)	51,6 – 74,2	5,1 (1,6)	2,1 – 13,7
	3	23,8 (0,3)	23,2 – 28,2	61,6 (4,3)	51,7 – 79,9	5,7 (1,7)	3,4 – 15,0
	moyenne	23,5		61,4		5,6	
Hiver	2	19,9 (0,2)	19,3 – 20,5	57,8 (3,7)	50,0 – 65,9	4,0 (0,9)	2,8 – 6,1
	3	21,1 (0,3)	20,5 – 21,9	54,5 (4,4)	45,0 – 65,6	4,2 (0,4)	3,3 – 5,3
	moyenne	20,5		56,1		4,1	

* (écart-type)

Tableau 28 : Moyennes de température, d'humidité relative et de débit de ventilation à Sainte-Séraphine

Campagne	Salle	Température		Humidité relative		Débit de ventilation	
		Moyenne*	Intervalle	Moyenne*	Intervalle	Moyenne*	Intervalle
		°C	°C	%	%	L s ⁻¹ porc ⁻¹	L s ⁻¹ porc ⁻¹
Été	1	25,6 (2,7)	22,9 – 34,1	57,9 (9,6)	33,5 – 78,2	n. d.	n. d.
	2	25,6 (2,7)	22,4 – 33,2	59,4 (8,9)	37,6 – 80,0	13,8 (6,4)	0,4 – 22,2
	moyenne	25,6		58,7		13,8 (6,4)	
Automne	1	23,0 (0,3)	22,3 – 23,8	62,8 (4,4)	52,3 – 73,2	4,7 (1,0)	2,9 – 8,4
	2	23,1 (0,4)	22,3 – 24,2	61,4 (5,2)	46,9 – 73,9	7,8 (1,6)	5,0 – 11,9
	moyenne	23,1		62,1		6,2	
Hiver	1	20,4 (0,2)	19,9 – 20,8	50,0 (5,4)	40,1 – 63,2	3,5 (1,0)	2,1 – 5,7
	2	21,0 (0,3)	20,5 – 21,7	52,0 (5,3)	39,7 – 64,0	5,8 (1,3)	3,7 – 8,4
	moyenne	20,7		51,0		4,6	

* (écart-type)

Les débits maximums de ventilation (paliers 1, 2 et 3) estimés dans les salles 2 et 3 à Saint-Louis sont respectivement de 33 et 29 L s⁻¹ porc⁻¹ (tableaux 27 et Tableau 28). À Sainte-Séraphine, les débits maximums de ventilation (paliers 1, 2 et 3) estimés dans les salles 1 et 2 sont de 23 L s⁻¹ porc⁻¹.

Pour des porcs à l'engraissement, les débits recommandés dans CPVQ-CPAQ (1998) sont de 35, 40 et 50 L s⁻¹ porc⁻¹ pour des porcs de 60, 80 et 100 kg, respectivement. En tenant compte que lors de la campagne d'échantillonnage d'été la masse moyenne des porcs variait entre 71 et 84 kg, les débits de ventilation estimés dans les deux porcherie sont inférieurs aux débits recommandés.

Dans le but de vérifier si la méthode utilisée pour mesurer les débits donnait des résultats satisfaisants, les débits de ventilation maximum des salles ont été évalués théoriquement à partir des données des fabricants à une pression statique égale à zéro. Les résultats sont présentés aux tableaux 29 et 30.

À Saint-Louis, aucune des plaques signalétiques des ventilateurs n'était lisible, étant rouillée, endommagée ou ayant disparue. Il a donc été difficile de caractériser chacun des ventilateurs et de trouver le débit théorique associé. Le tableau 29 présente donc des débits théoriques minimums et maximums variant selon différentes puissances de moteur utilisé sur un même ventilateur.

À Sainte-Séraphine, les plaques signalétiques des ventilateurs étaient toutes en bon état ce qui a facilité l'identification des ventilateurs et la recherche du débit théorique associé à chacun des ventilateurs.

Les résultats présentés au tableau 29 montrent qu'à Saint-Louis le débit théorique maximum dans la salle 2 varie entre 41 et 45 L s⁻¹ porc⁻¹ tandis que le débit estimé est de 33 L s⁻¹ porc⁻¹. Dans la salle 3, le débit théorique maximum varie entre 40 et 42 L s⁻¹ porc⁻¹ tandis que le débit estimé est de 29 L s⁻¹ porc⁻¹. La différence entre les débits théoriques et estimés peut s'expliquer par plusieurs facteurs. Les débits théoriques sont mesurés dans des conditions idéales avec une pression statique égale à zéro. D'autres facteurs tel que l'étanchéité du bâtiment, la propreté, l'état des volets, l'état des palles, l'âge du moteur et la forme du capot peuvent aussi influencer le débit de ventilation.

Tableau 29 : Débit maximum de ventilation théorique et estimé par palier à Saint-Louis

Salle	Palier	Débit théorique	Débit estimé
		L s ⁻¹ porc ⁻¹	L s ⁻¹ porc ⁻¹
2	1	8 à 9	6
	1 et 2	23 à 27	14
	1, 2 et 3	41 à 45	33
3	1	10	5
	1 et 2	24 à 26	12
	1, 2 et 3	40 à 42	29

À Sainte Séraphine, le débit théorique maximum dans la salle 1 est de 23 L s⁻¹ porc⁻¹ et le débit estimé est de 23 L s⁻¹ porc⁻¹. Dans la salle 2, le débit théorique maximum est de 22 L s⁻¹ porc⁻¹ tandis que le débit estimé est de 23 L s⁻¹ porc⁻¹ (tableau 30).

Tableau 30 : Débit maximum de ventilation théorique et estimé par palier à Sainte-Séraphine

Salle	Palier	Débit théorique	Débit estimé
		L s ⁻¹ porc ⁻¹	L s ⁻¹ porc ⁻¹
1	1	5	6
	1 et 2	13	14
	1, 2 et 3	23	23
2	1	9	9
	1 et 2	11	12
	1, 2 et 3	22	23

3.7.3 Concentrations de gaz

Pour les trois campagnes de mesure, les concentrations moyennes de CH₄, CO₂, N₂O et NH₃ mesurées dans les entrées d'air à Saint-Louis sont respectivement de 1,9, 371, 0,39 et 0,9 ppm. À Sainte-Séraphine, les concentrations moyennes de CH₄, CO₂, N₂O et NH₃ mesurées dans les entrées d'air sont respectivement de 2,0, 373, 0,37 et 1,2 ppm. Les moyennes des concentrations de gaz mesurées dans les entrées d'air et aux ventilateurs des deux porcheries sont présentées aux tableaux 31 et 32. Les concentrations moyennes de CH₄, CO₂, N₂O et NH₃ retrouvées dans l'air ambiant selon Brasseur *et al.* (1999) sont respectivement de 1,7, 360, 0,31 et 0,001 ppm. Les différences observées entre les valeurs de concentration mesurées dans ce projet et les valeurs publiées par Brasseur *et al.* (1999) peuvent s'expliquer par une certaine contamination de l'air à l'entrée des salles. De plus, la localisation des porcheries en milieu agricole peut expliquer des concentrations de NH₃ et de CH₄ plus élevées.

Tableau 31 : Moyennes des concentrations de gaz mesurées en ppm dans les entrées d'air et aux ventilateurs des deux salles à Saint-Louis durant les trois campagnes d'échantillonnage

Saison et paramètre	CH ₄		CO ₂		N ₂ O		NH ₃	
	Entrée	Ventilateur	Entrée	Ventilateur	Entrée	Ventilateur	Entrée	Ventilateur
Été								
Moyenne	1,9	4,6	382	923	0,43	0,44	1,7	5,1
Écart-type	0,1	1,6	65	342	0,04	0,04	1,4	3,2
Maximum	2,6	13,0	590	2031	0,56	0,54	3,5	17,5
Minimum	1,8	2,4	301	490	0,37	0,38	0,0	0,0
Automne								
Moyenne	1,9	9,0	360	1833	0,36	0,38	0,4	11,3
Écart-type	0,1	2,8	26	368	0,04	0,04	0,4	4,7
Maximum	2,6	32,5	463	3085	0,43	0,45	1,3	30,5
Minimum	1,8	2,6	111	736	0,19	0,19	0,0	1,1
Hiver								
Moyenne	1,9	16,6	371	2946	0,36	0,42	0,6	27,9
Écart-type	0,1	3,2	19	398	0,02	0,03	0,2	3,5
Maximum	2,7	29,9	543	3737	0,43	0,56	1,0	36,2
Minimum	1,8	9,4	342	1939	0,24	0,25	0,1	17,1

Tableau 32 : Moyenne des concentrations de gaz mesurées en ppm dans les entrées d'air et aux ventilateurs des deux salles à Sainte-Séraphine durant les trois campagnes d'échantillonnage

Saison et paramètre	CH ₄		CO ₂		N ₂ O		NH ₃	
	Entrée	Ventilateur	Entrée	Ventilateur	Entrée	Ventilateur	Entrée	Ventilateur
Été								
Moyenne	2,0	9,8	384	1381	0,37	0,39	1,8	12,9
Écart-type	0,2	5,9	46	356	0,02	0,03	0,5	6,0
Maximum	3,3	89,2	620	2547	0,52	0,47	3,4	35,2
Minimum	1,7	4,1	340	670	0,30	0,16	0,6	3,4
Automne								
Moyenne	2,0	16,1	360	2610	0,38	0,41	0,6	28,2
Écart-type	0,3	6,8	20	386	0,04	0,04	1,1	6,2
Maximum	4,4	132,3	586	4035	0,49	0,54	8,8	47,7
Minimum	1,8	7,0	334	1641	0,29	0,26	0,0	13,9
Hiver								
Moyenne	2,0	20,1	374	3541	0,34	0,37	1,3	27,6
Écart-type	0,3	6,4	10	792	0,03	0,02	1,0	9,2
Maximum	4,6	58,7	411	5562	0,39	0,42	2,7	52,2
Minimum	1,8	9,3	354	1788	0,29	0,29	0,0	8,3

3.7.4 Émissions de gaz

Les résultats d'émissions de gaz à Saint-Louis et Sainte-Séraphine durant les trois campagnes d'échantillonnage sont présentés aux tableaux 33 et 34. Les figures 20, 21 et 22 représentent les émissions de gaz moyennes provenant des deux porcheries durant les trois campagnes d'échantillonnage.

Tableau 33 : Émissions de gaz à Saint-Louis durant les trois campagnes d'échantillonnage

Campagne	Salle	Base de calcul	Émissions de gaz (mg min ⁻¹ porc ⁻¹)		
			CH ₄	CO ₂	NH ₃
Été	2	Journalières (24 h)	1,3 (0,6)	721 (288)	2,0 (1,2)
		Maximum	3,0	1294	5,8
		Minimum	0,5	312	0,5
		Jour (8 h à 22 h)	1,6 (0,6)	884 (285)	2,6 (1,1)
		Nuit (22 h à 8 h)	1,0 (0,5)	550 (181)	1,4 (1,0)
	3	Journalières (24 h)	n. d.	n. d.	n. d.
		Maximum	n. d.	n. d.	n. d.
		Minimum	n. d.	n. d.	n. d.
		Jour (8 h à 22 h)	n. d.	n. d.	n. d.
		Nuit (22 h à 8 h)	n. d.	n. d.	n. d.
	Moyenne journalière d'été		1,3 (0,6)	721 (288)	2,0 (1,2)
Automne	2	Journalières (24 h)	1,2 (0,3)	669 (107)	1,7 (0,3)
		Maximum	2,2	1005	3,4
		Minimum	0,6	308	0,9
		Jour (8 h à 21 h)	1,2 (0,3)	688 (103)	1,7 (0,3)
		Nuit (21 h à 8 h)	1,1 (0,3)	651 (109)	1,6 (0,3)
	3	Journalières (24 h)	1,3 (0,4)	748 (120)	2,5 (0,5)
		Maximum	3,6	1013	3,8
		Minimum	0,7	453	0,8
		Jour (8 h à 21 h)	1,3 (0,5)	754 (125)	2,4 (0,5)
		Nuit (21 h à 8 h)	1,2 (0,2)	745 (113)	2,5 (0,6)
	Moyenne journ. d'automne		1,2 (0,3)	711 (121)	2,0 (0,6)
Hiver	2	Journalières (24 h)	1,8 (0,2)	833 (100)	3,0 (0,5)
		Maximum	2,4	1079	4,3
		Minimum	1,2	569	2,1
		Jour (8 h à 20 h)	1,8 (0,2)	893 (88)	3,3 (0,5)
		Nuit (20 h à 8 h)	1,7 (0,2)	781 (69)	2,8 (0,4)
	3	Journalières (24 h)	1,8 (0,4)	877 (136)	3,4 (0,5)
		Maximum	2,8	1274	5,1
		Minimum	1,2	590	2,4
		Jour (8 h à 20 h)	1,8 (0,4)	914 (155)	3,5 (0,6)
		Nuit (20 h à 8 h)	1,7 (0,3)	841 (93)	3,2 (0,4)
	Moyenne journalière d'hiver		1,8 (0,3)	855 (121)	3,2 (0,5)

L'erreur instrumentale sur la concentration de N₂O avec le GC était de ± 0,1 ppm, les émissions de N₂O sont donc considérées comme étant égales à zéro puisque les différences de concentration entre l'entrée d'air et les ventilateurs n'étaient pas assez importantes.

À Saint-Louis, seules les émissions de gaz de la salle 2 ont été calculées lors de la campagne d'été. Les émissions de CH₄ pour les campagnes d'été, d'automne et d'hiver sont respectivement de 1,3, 1,2 et 1,8 mg min⁻¹ porc⁻¹. Les émissions de CO₂ des campagnes d'été, d'automne et d'hiver sont de 721, 711 et 855 mg min⁻¹ porc⁻¹. Les émissions de NH₃ des campagnes d'été, d'automne et d'hiver sont de 2,0, 2,0 et 3,2 mg min⁻¹ porc⁻¹. Les émissions annuelles de CH₄, CO₂ et NH₃ rapportées en kg gaz année⁻¹ porc⁻¹ sont respectivement de 0,7, 394 et 1,2.

À Sainte-Séraphine, seules les émissions de gaz de la salle 2 ont été calculées lors de la campagne d'été. Les émissions de CH₄ pour les campagnes d'été, d'automne et d'hiver sont respectivement de 3,1, 2,8 et 2,8 mg min⁻¹ porc⁻¹. Les émissions de CO₂ des campagnes d'été, d'automne et d'hiver sont de 1030, 1208 et 1371 mg min⁻¹ porc⁻¹. Les émissions de NH₃ des campagnes d'été, d'automne et d'hiver sont de 4,2, 5,8 et 4,5 mg min⁻¹ porc⁻¹. Les émissions annuelles de CH₄, CO₂ et NH₃ rapportées en kg gaz année⁻¹ porc⁻¹ sont respectivement de 1,5, 633 et 2,7.

Selon les résultats obtenus, les émissions de gaz sont plus faibles à Saint-Louis comparées à Sainte-Séraphine. Au niveau des émissions annuelles, le pourcentage de réduction des émissions de CH₄, CO₂ et NH₃ serait de 53, 38 et 56 %, respectivement.

Tableau 34 : Émissions de gaz à Sainte-Séraphine durant les trois campagnes d'échantillonnage

Campagne	Salle	Base de calcul	Émissions de gaz (mg min ⁻¹ porc ⁻¹)		
			CH ₄	CO ₂	NH ₃
Été	1	Journalières (24 h)	n. d.	n. d.	n. d.
		Maximum	n. d.	n. d.	n. d.
		Minimum	n. d.	n. d.	n. d.
		Jour (8 h à 22 h)	n. d.	n. d.	n. d.
		Nuit (22 h à 8 h)	n. d.	n. d.	n. d.
	2	Journalières (24 h)	3,1 (1,8)	1030 (335)	4,2 (1,4)
		Maximum	15,4	1639	7,2
		Minimum	0,1	44	0,2
		Jour (8 h à 22 h)	3,4 (2,0)	1152 (276)	4,6 (1,2)
		Nuit (22 h à 8 h)	2,4 (1,3)	778 (375)	3,2 (1,6)
	Moyenne journalière d'été		3,1 (1,8)	1030 (335)	4,2 (1,4)
Automne	1	Journalières (24 h)	2,1 (0,5)	968 (134)	4,6 (0,7)
		Maximum	5,9	1287	6,6
		Minimum	1,4	725	3,0
		Jour (8 h à 21 h)	2,1 (0,5)	1037 (134)	4,9 (0,8)
		Nuit (21 h à 8 h)	2,0 (0,5)	893 (100)	4,3 (0,5)
	2	Journalières (24 h)	3,6 (1,4)	1448 (261)	7,1 (1,0)
		Maximum	15,5	2116	9,2
		Minimum	0,0	339	4,1
		Jour (8 h à 21 h)	3,6 (1,8)	1517 (319)	7,3 (1,2)
		Nuit (21 h à 8 h)	3,5 (0,7)	1374 (156)	6,8 (0,7)
	Moyenne journ. d'automne		2,8 (1,3)	1208 (317)	5,8 (1,5)
	1	Journalières (24 h)	2,0 (0,3)	1016 (123)	2,9 (0,4)
		Maximum	2,8	1445	3,8
		Minimum	1,4	637	2,1
		Jour (8 h à 20 h)	2,0 (0,2)	1071 (140)	3,1 (0,5)
		Nuit (20 h à 8 h)	2,1 (0,3)	957 (81)	2,7 (0,2)
	2	Journalières (24 h)	3,6 (0,6)	1726 (190)	6,2 (0,8)
		Maximum	6,4	2275	8,0
		Minimum	2,8	1366	4,7
		Jour (8 h à 20 h)	3,6 (0,8)	1784 (222)	6,4 (0,9)
		Nuit (20 h à 8 h)	3,7 (0,3)	1665 (136)	5,9 (0,5)
	Moyenne journalière d'hiver		2,8 (0,9)	1371 (391)	4,5 (1,8)

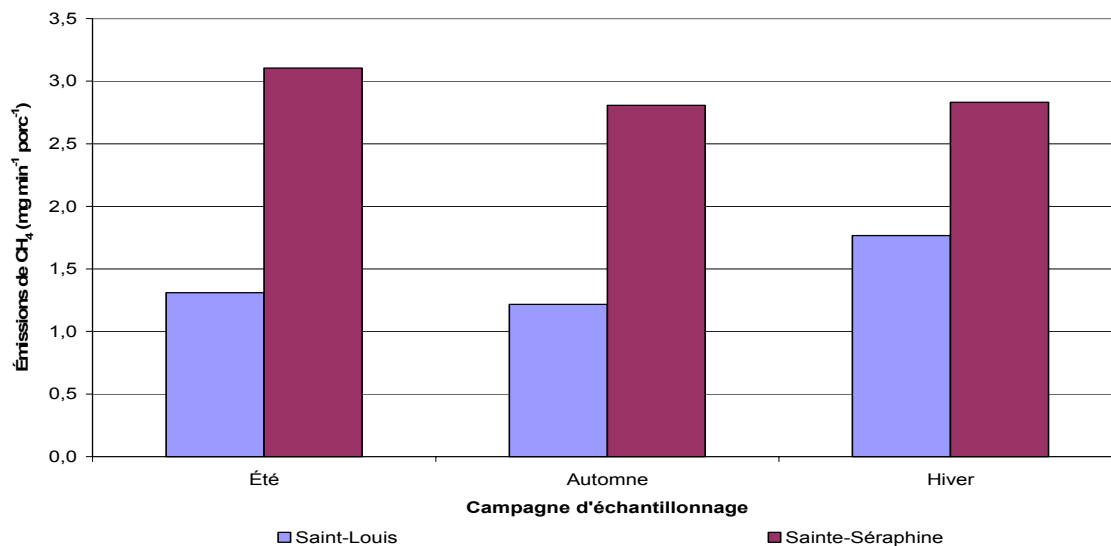


Figure 20 : Émissions de CH₄ moyennes provenant des deux porcheries durant les trois campagnes d'échantillonnage

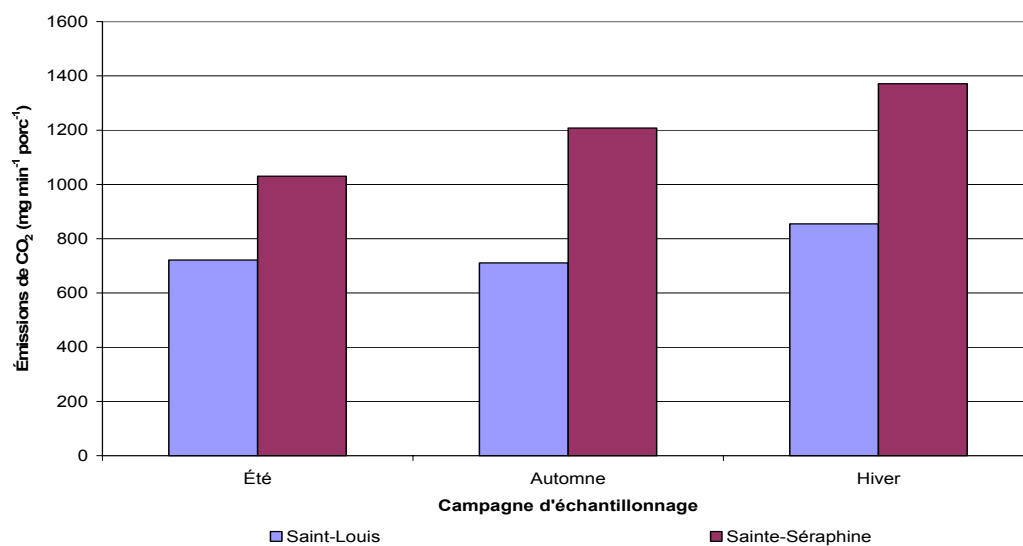


Figure 21 : Émissions de CO₂ moyennes provenant des deux porcheries durant les trois campagnes d'échantillonnage

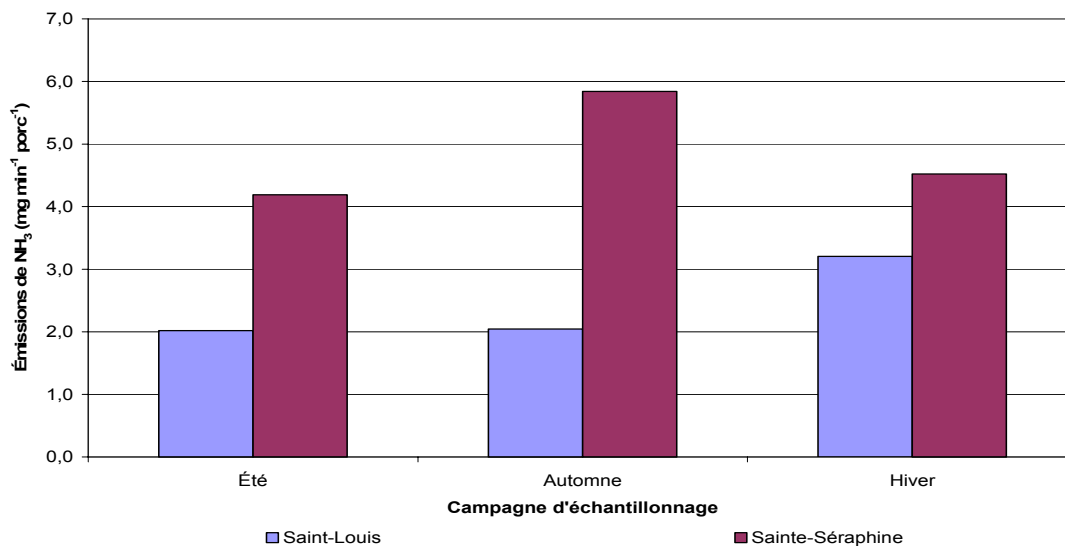


Figure 22 : Émissions de NH_3 moyennes provenant des deux porcheries durant les trois campagnes d'échantillonnage

3.8 Émissions d'odeurs

À Saint-Louis, les émissions d'odeurs lors des campagnes d'été, d'automne et d'hiver étaient respectivement de 3,1, 3,9 et 1,8 UO s⁻¹ porc⁻¹ (tableau 35). À Sainte-Séraphine, les émissions d'odeurs lors des campagnes d'été, d'automne et d'hiver étaient respectivement de 4,3, 8,7 et 2,0 UO s⁻¹ porc⁻¹ (tableau 36).

Seuls les résultats d'émissions obtenus à l'automne sont plus élevés à Sainte-Séraphine qu'à Saint-Louis. Les différences entre les résultats d'émissions d'odeurs obtenus à l'été et à l'hiver sont trop petites pour affirmer qu'il y a réduction (tableaux 35 et 36). Les résultats obtenus ne sont pas assez concluants pour affirmer que le système de grattes installé à Saint-Louis entraîne une réduction significative des odeurs.

L'analyse descriptive des figures 23 et 24 démontre qu'il n'y a pas de relation directe entre les émissions d'odeurs et les émissions de gaz provenant des deux porcheries.

Tableau 35 : Émissions d'odeurs et de gaz à Saint-Louis

Date d'échantillonnage	Salle	Émissions d'odeurs (UO s ⁻¹ porc ⁻¹)	Émissions de gaz (mg min ⁻¹ porc ⁻¹)		
			CH ₄	CO ₂	NH ₃
1 ^{er} juin 2005	2	4,3	1,7	1054	2,8
	3	4,9	1,0	778	0,4
	moyenne	4,6			
8 juin 2005	2	2,1	1,0	489	0,8
	3	2,1	1,1	610	1,5
	moyenne	2,1			
5 octobre 2005	2	5,6	1,2	816	1,5
	3	6,2	0,7	553	0,9
	moyenne	5,9			
12 octobre 2005	2	3,1	2,2	695	2,0
	3	2,1	0,7	453	1,8
	moyenne	2,6			
1 ^{er} mars 2006	2	2,0	1,9	1069	4,3
	3	1,6	2,1	929	3,6
	moyenne	1,8			

Tableau 36 : Émissions d'odeurs et de gaz à Sainte-Séraphine

Date d'échantillonnage	Salle	Émissions d'odeurs (UO s ⁻¹ porc ⁻¹)	Émissions de gaz (mg min ⁻¹ porc ⁻¹)		
			CH ₄	CO ₂	NH ₃
15 juin 2005	1	13,0	2,1	1152	3,2
	2	4,4	1,3	735	1,4
	moyenne	7,6			
22 juin 2005	1	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
	2	2,5	2,1	762	2,9
	moyenne				
19 octobre 2005	1	8,1	2,1	1136	4,0
	2	11,5	6,1	1825	8,7
	moyenne	9,7			
26 octobre 2005	1	8,0	1,7	895	3,3
	2	7,6	3,3	1343	7,1
	moyenne	7,8			
15 février 2006	1	1,7	2,1	903	3,1
	2	2,3	3,5	1470	5,4
	moyenne	2,0			

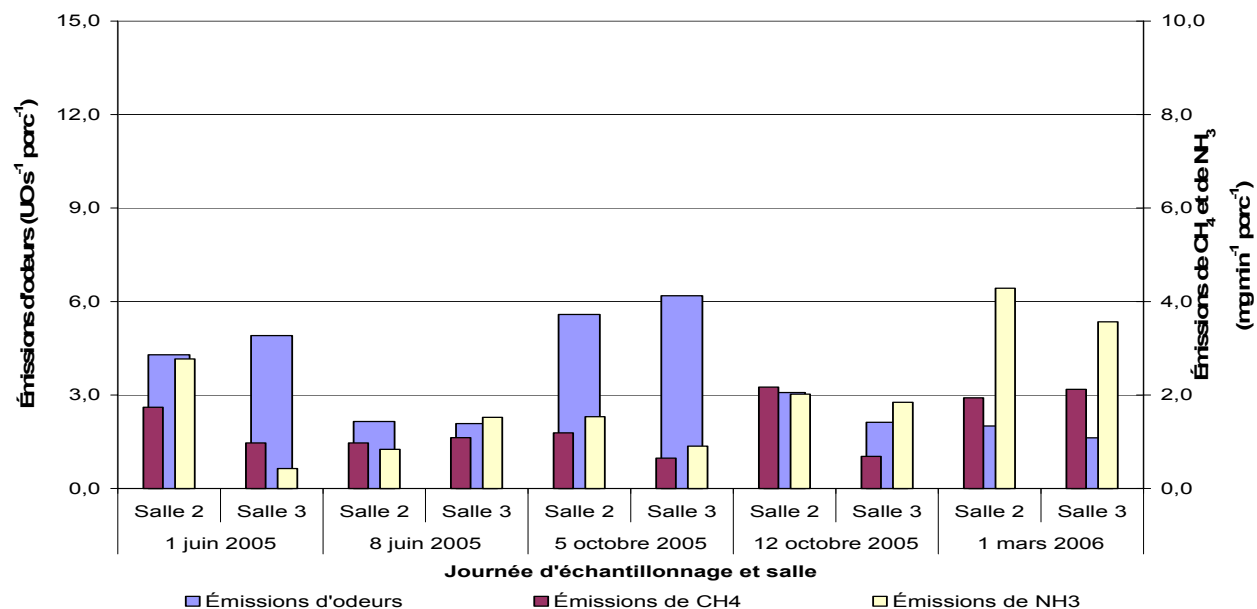


Figure 23 : Émissions d'odeurs et de gaz par campagne d'échantillonnage à Saint-Louis

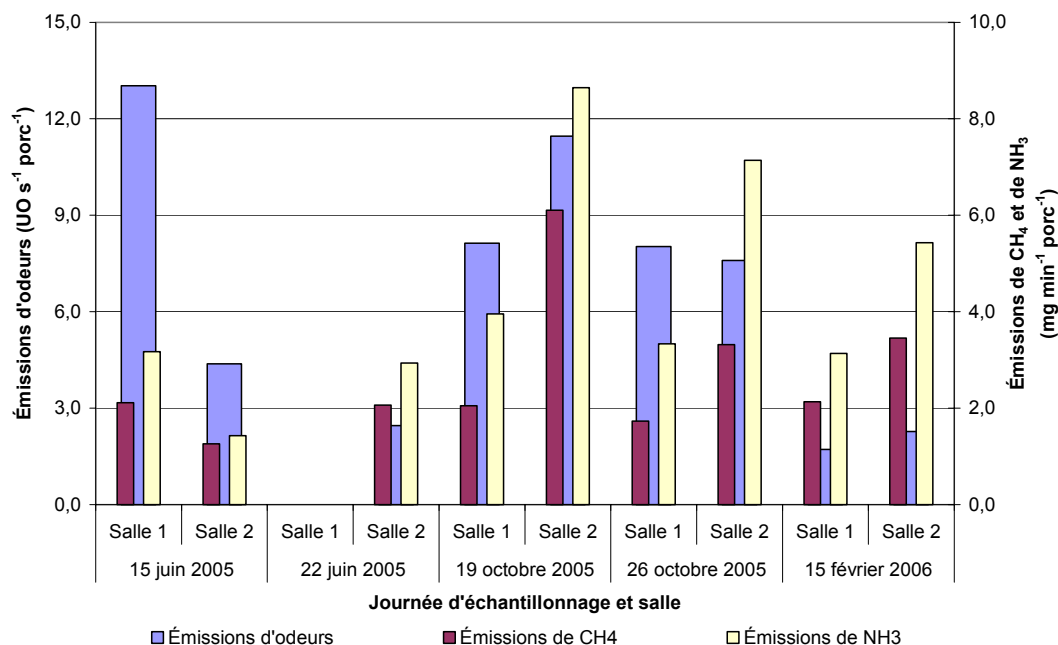


Figure 24 : Émissions d'odeurs et de gaz par campagne d'échantillonnage à Sainte-Séraphine

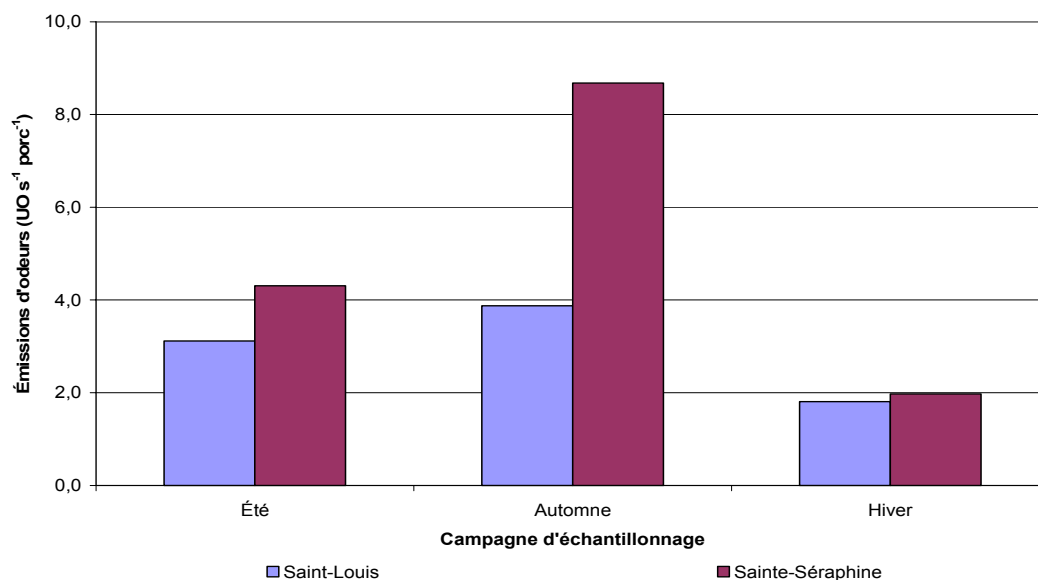


Figure 25 : Moyenne d'émissions d'odeurs par campagne d'échantillonnage à Saint-Louis et Sainte-Séraphine

3.9 Potentiel agronomique des fractions solide et liquide

3.9.1 Hypothèse de calcul

L'étude du potentiel agronomique est basée sur les données issues du projet effectué à l'Engraissement Saint-Louis ainsi que sur certaines valeurs moyennes reconnues de volumes et de concentrations des engrais organiques (tableau 37).

Tableau 37 : Volumes annuels et caractéristiques des déjections à valoriser issus de Engraissement Saint-Louis

Paramètre	Fraction liquide	Fraction solide	Lisier Reconstitué ¹
Ntot (kg/t)	3,8	14,7	6,31
P ₂ O ₅ (kg/t)	1,09	10,9	3,35
K ₂ O (kg/t)	2,06	6,0	2,97
Masse (kg/porc-jour)	2,12	0,96	3,08
Précipitations (m ³)	295,5	N/a	295,5
Eaux de lavage (m ³)	142,8	N/a	142,8
Nombre de porcs	1184	1184	1184
Volume annuel (m ³)	1229	358	1587

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

3.9.2 Fraction liquide

3.9.2.1 Le phosphore

La fraction liquide, avec un ratio moyen azote total/phosphore (N_{tot}/P_2O_5) de 3,5, comparativement à 1,9 pour un lisier brut de porc selon les valeurs de références moyennes reconnues (CRAAQ, 2005) constitue un meilleur apport 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, selon les dépôts maximums prescrits à l'annexe I¹ du Règlement sur les exploitations agricoles (REA), l'épandage est toujours limité par le phosphore mais la réduction du nombre d'hectare nécessaire est très importante (au-delà de 78 %).

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.

3.9.2.1.1 Lisier de Engraissement Saint-Louis

Dans le cas présent, par l'installation de grattes en « V », les deux éléments à surveiller afin de déterminer la dose de fraction liquide applicable sont les besoins en azote et en phosphore des cultures selon les types de sol et les cultures en place. Le tableau 38 résume l'impact de la richesse du sol et du type de lisier valorisé sur les superficies requises lors de l'épandage du lisier pour respecter les normes réglementaires établies. 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 38 : Impact de la richesse des sols en phosphore et du type de lisier (Engraissement Saint-Louis) sur les superficies requises pour respecter les normes réglementaires 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	76	21	P ₂ O ₅	27	46	N	64
Moyen	144	11	P ₂ O ₅	34	36	P ₂ O ₅	76
Riche	198	8	P ₂ O ₅	44	28	P ₂ O ₅	78

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

Les paramètres considérés pour les calculs sont une rotation de prairies, d'orge et de maïs-grain avec des doses d'application maximale de 50 m³/ha, 30 m³/ha et 70 m³/ha respectivement pour chaque culture. Les besoins en éléments fertilisants ont été établis dans le cadre des pratiques généralement reconnues et du Guide de fertilisation du CRAAQ.

L'application du lisier brut recomposé est restreinte par le dépôt maximal de phosphore permis. L'utilisation de la fraction liquide réduit les superficies d'épandage d'au moins 76 % par rapport à la valorisation du lisier recomposé en sol moyen et riche mais le dépôt maximal de phosphore demeure toujours l'élément limitant. En condition de sols pauvres en phosphore, l'impact sur la réduction des superficies requises est moins important, soit de l'ordre de 64 % et l'azote devient le principal facteur limitant.

Il est à noter qu'en présence de sols riches, les abaques étant plus limitants, la dose calculée afin de respecter les dépôts maximums permis (8 m³/ha) peut être inférieure à la capacité d'épandage minimal des équipements en place.

3.9.2.1.2 Lisier du CRAAQ

Les concentrations en éléments majeurs sont plus basses dans les lisiers du CRAAQ avec trémies-abreuvoirs (2005) (4,5 kg N_{tot}/t, 2,3 kg P₂O₅/t et 2,9 kg K₂O/t) que dans le lisier produit par l'entreprise Engraissement Saint-Louis une fois recomposé (6,31 kg N_{tot}/t, 3,35 kg P₂O₅/t et 2,97 kg K₂O/t).

Dans le cas du lisier brut, les superficies requises pour valoriser le volume produit varient entre 66 ha et 185 ha selon la richesse du sol en phosphore (tableau 39). D'après les calculs, en présence d'une fraction liquide, les superficies requises pour l'épandage diminuent de 58 à 76 % selon le degré de richesse du sol en phosphore.

Tableau 39 : 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 références du CRAAQ

Sol	Lisier brut CRAAQ			Fraction liquide CRAAQ			% 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	66	31	P ₂ O ₅	28	56	Dose hydrique et N	58
Moyen	136	15	P ₂ O ₅	33	47	P ₂ O ₅	76
Riche	185	11	P ₂ O ₅	45	35	P ₂ O ₅	76

Les superficies nécessaires pour la valorisation du lisier brut CRAAQ sont légèrement moins élevées que celles du lisier recomposé de Engraissement Saint-Louis puisque les concentrations en éléments fertilisant sont plus basse mais que d'un autre côté le volume de lisier est supérieur, donc la charge est presque la même. En effet, pour des sols riches en phosphore, les besoins passent de 198 ha pour valoriser le lisier de Engraissement Saint-Louis (tableau 38) à 185 ha (tableau 39) soit une réduction de 6,6 %. Le potentiel de réduction des superficies d'épandage avec le lisier CRAAQ suite à l'installation d'un système de grattes en « V » est similaire en sol moyen et riche mais il est légèrement moindre en sol pauvre comparativement à Engraissement Saint-Louis.

Bien que l'écart entre les pourcentages de réduction des superficies soit minime entre les valeurs des tableaux 38 et 39, il est important de bien connaître la valeur fertilisante des engrais organiques. Ainsi, il faut prévoir plus d'hectares pour épandre le lisier de Engraissement Saint-Louis comparativement au lisier CRAAQ car la dose d'application est plus basse. L'utilisation des valeurs références plutôt que celle obtenue par la caractérisation de la fraction liquide aurait pu conduire dans ce cas-ci à l'enrichissement du sol en phosphore.

3.9.2.2 L'azote

L'analyse de la fraction liquide issue de la séparation du lisier produit par l'entreprise Engraissement Saint-Louis montre une concentration plus faible en azote total (3,8 kg N_{tot}/t) que le lisier brut recomposé (6,31 kg N_{tot}/t) (tableau 37), mais la fraction liquide conserve 71 % de l'azote ammoniacal (tableau 15). 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., communication personnelle, 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 serait 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.

Les résultats de l'étude de Chantigny *et al.* (2004) n'ont pas démontré de risques accrus de contamination de la nappe phréatique entre la valorisation du liquide issu de la séparation des déjections et du lisier brut sur prairie.

3.9.2.3 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 du dépôt 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, plus de la moitié du potassium se retrouve 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.

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 (CRAAQ, 2003c) en comparaison à 2,9 kg K₂O/t pour du lisier de porc à l'engrais avec trémies-abreuvoirs (CRAAQ, 2005). 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 40 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 40 : 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 ²	Lisier recomposé	Fraction liquide	Lisier de bovins laitiers ²
N _{tot} (kg/ha)	-113	-80	-47	-113	-80	-47
P ₂ O ₅ (kg/ha)	40	26	44	40	26	44
K ₂ O (kg/ha)	15	32	78,5	-115	-98	-43
Dose (m ³ /ha)	15	30	37	15	30	37

1 loam sableux à rendement moyen (La Financière agricole), riche en phosphore (entre 251 et 500 kg P₂O₅/ha) et ayant un taux de saturation en P₂O₅ < 10.

2 CRAAQ, 2003c

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 causée 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, le respect de l'abaque crée un déficit plus grand en azote mais génère un excédent de phosphore plus important 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. Le lisier de bovins comble mieux le besoin en azote de la prairie mais les excédents en phosphore sont les plus élevés.

La fraction liquide ne comble pas les besoins en azote en respectant les abaques de dépôts maximums permis en 2010 mais occasionne le plus 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.

3.9.2.4 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.

3.9.2.5 La matière organique

Puisque la fraction liquide issue de la séparation à la source des déjections présente une faible teneur en matière organique, 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 grattes en « V ».

3.9.3 Fraction solide

3.9.3.1 Valorisation aux champs

La fraction solide contient plus de 76 % du phosphore rejeté (tableau 15), dans 31 % du volume total des déjections produites (tableau 12). 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, communication personnelle, 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.

3.9.3.2 Considérations agronomiques

Ainsi que présenté au tableau 15, 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, plus de 77 % 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 31 % 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.

3.9.3.3 Oligo-éléments

Une des principales considérations dans la valorisation de la fraction solide réside dans la 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 augmentent l'efficacité du système immunitaire. Le cuivre et le zinc sont également essentiels aux plantes mais des excès peuvent également leur être néfaste.

Sur une base sèche, les concentrations en cuivre et en zinc du solide issu de la séparation des déjections sont respectivement de 690 mg/kg et 864 mg/kg. Selon le CRIQ (Côté et Potvin, 1994) et Tran *et al.* (1996), 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. La teneur en zinc de la fraction solide est moindre que celle de ces derniers toutefois celle du cuivre est beaucoup plus importante que celle d'un lisier brut.

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 Engraissement Saint-Louis permet d'isoler 82 % du cuivre et du zinc rejeté dans 31 % 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, surtout que l'efficacité d'isolement du cuivre et du zinc est plus élevée que celle du phosphore. Donc, la fraction solide est plus concentrée en ces éléments que le lisier brut.

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 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 41 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 41 : Application de lisier brut recomposé (Engraissement Saint-Louis) 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 en zinc

	Dose (m ³ /ha)	N	P	K	Cu (kg/ha)	Zn (kg/ha)	Limite
Lisier brut	30	-67	40	-56	1,56	2,07	P ₂ O ₅
Fraction solide	5,5	-116	3	-100	1,14	1,49	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 76 % 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 sont moins importants que les dépôts provenant de la valorisation d'un lisier brut beaucoup moins concentré. Le respect des abaques prévus au REA permet donc de limiter les apports en cuivre et en zinc.

Malgré une concentration élevée dans la fraction solide, la dose applicable ne permet pas de combler la totalité des besoins de la culture en éléments nutritifs tels que l'azote et le potassium (tableau 18). La concentration en phosphore limite les applications possibles de ce fertilisant et crée des carences importantes en azote et en 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.

Bien que la dose de fraction solide appliquée au champ est faible (5,5 m³/ha), elle demeure applicable avec l'utilisation d'équipements d'épandage performants et puissants 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 organiques 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.

3.9.3.3.1 *Fraction solide versus fumier de volaille*

Le ratio Cu/P₂O₅ de la fraction solide étant de 2 à 4 fois plus élevé que celui du fumier de poule ou de poulet, les dépôts en cuivre devraient être beaucoup plus élevés même en respectant les abaques (tableau 42). D'un autre côté, la fraction solide pourrait apporter légèrement moins de zinc car son ratio Zn/ P₂O₅ est le plus bas, mais le tout dépend de la dose d'application.

Tableau 42 : Caractéristiques des fumiers

Élément	Fumier poule pondeuse¹	Fumier poulet à griller¹	Fraction solide Saint-Louis
M.S %	69	76	28,7
N tot (kg/t)	28,1	30,5	14,7
P ₂ O ₅ (kg/t)	13,4	9,6	10,9
K ₂ O (kg/t)	12,7	11,8	6,0
Cu (g/t)	56	80	190
Zn (g/t)	332	276	248

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

3.9.3.4 *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 que celui d'un lisier brut (8,5 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, on ouvre 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 surtout que les doses d'épandage sont faibles et le produit est très concentré, et ce, avec suffisamment de temps pour que l'azote devienne disponible au printemps pour les cultures. Il faut compter une immobilisation momentanée de l'azote par les micro-organismes du sol lorsque ce type d'engrais est incorporé à des résidus de récolte, ce qui contribue à prévenir les pertes d'azote par lessivage et améliorer la structure du sol.

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.

3.9.3.5 Autres avenues de disposition

Lorsque possible, la valorisation au champ est certainement l'avenue la plus accessible pour ce type de produit et la moins dispendieuse. 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.

3.9.4 Observations aux champs lors de l'épandage de printemps

Voici, en vrac, une liste d'observations notées au printemps lors de l'épandage des fractions solide et liquide provenant de Engraissement Saint-Louis.

Fraction solide :

- La température de la fraction solide dans l'abri était de 9°C.
- L'angle du tas était nul. Le design de l'entrepôt à solide devra donc être revu puisqu'il avait été supposé qu'il y aurait un certain angle de repos.
- Au repos, la fraction solide ne sentait rien, mais dès le début du chargement, une odeur de moulée surie se dégageait du tas.
- Il ne semblait pas y avoir de grande quantité de gaz.
- Au chargement, la fraction solide colle à la pelle du tracteur. Le chargement se fait bien mais il faut éviter d'utiliser une pelle trop grande car la charge est pesante.





- Malgré l'uniformité du matériel, l'épandage ne fut pas uniforme mais cela est caractéristique du type d'épandeur utilisé soit un épandeur latéral pour semi-solide GEHL Scavenger®.

- La fraction solide se répartie uniformément dans l'épandeur et il peut se créer de la houle (vagues) dans l'épandeur durant le transport car sa teneur en matière sèche n'est pas assez élevée. Au moment de l'épandage, la siccité de la fraction solide était de 25,3 % alors qu'elle était de 28,7 % à la sortie des dalots.
- Si la distance de transport nécessite l'utilisation d'un camion, il faut prévoir une plate-forme pour pouvoir effectuer le transfert vers l'épandeur.
- Il n'y avait pas beaucoup d'odeurs dans le champ au moment de l'épandage.

Fraction liquide :

- La fraction liquide est moins visqueuse que le lisier.
- La fraction liquide dégageait la même odeur que celle du lisier au moment du brassage dans la fosse mais il faut faire attention car la fosse d'entreposage n'a pas été complètement vidée au moment de l'installation du système de grattes en « V » donc la fraction liquide était mélangée à du lisier brut.



3.9.5 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, principalement ceux en cuivre et en zinc.

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, du cheptel 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.

Afin d'uniformiser l'épandage de la fraction solide, des essais de différents types d'épandeur seront recommandés afin de trouver l'épandeur le plus adapté à ce type de matériel. De plus, le design de l'abri à solide est à revoir afin de tenir compte de l'absence d'angle de repos de la fraction solide. La pente du plancher de l'abri à solide était dans ce cas-ci de 1,8 % mais celle-ci devrait être revue à la hausse pour éviter des fuites de matériel dans l'environnement

3.10 Prévalence des pathogènes

3.10.1 Analyses de *Giardia* et *Cryptosporidium*

À noter, la limite de quantification des oocystes de *Giardia* se situe à 6/g et une quantité de 20 oocystes/g suffiraient pour causer une infection.

Des analyses de détection ont été effectuées lors des 2 premières campagnes d'échantillonnage et seulement les fractions solides et le lisier entier ont été analysés. Aucun échantillon ne s'est révélé positif pour *Giardia*. Un échantillon de solide et un de lisier entier se sont révélés positif pour *Cryptosporidium* (tableau 43).

Tableau 43 : Détection de *Giardia* et de *Cryptosporidium*, résultat négatif (-), résultat positif (+), pas d'échantillon analysé (n/a)

	<i>Giardia</i>			<i>Cryptosporidium</i>		
	échantillonnage			échantillonnage		
	1	2	3	1	2	3
Fraction solide-a	-	-	+	-	-	+
Fraction solide-b	-	-	+	-	+	-
Fraction liquide-a	n/a	n/a	+	n/a	n/a	-
Fraction liquide-b	n/a	n/a	+	n/a	n/a	-
Lisier (témoin)	-	-	-	-	+	+

À la 3^e campagne, le dénombrement a été effectué. Environ 90 % des échantillons, à un moment ou l'autre, pour toutes les chaudières, se sont révélés positifs pour la présence de *Giardia*. Les valeurs variant de 6 à 68 oocystes/g mais les 2 chaudières avec le même échantillon de solides placées à 10 et 20°C ont présenté des quantités supérieures de 107 à 327 oocystes/g (figures 26 et 27).

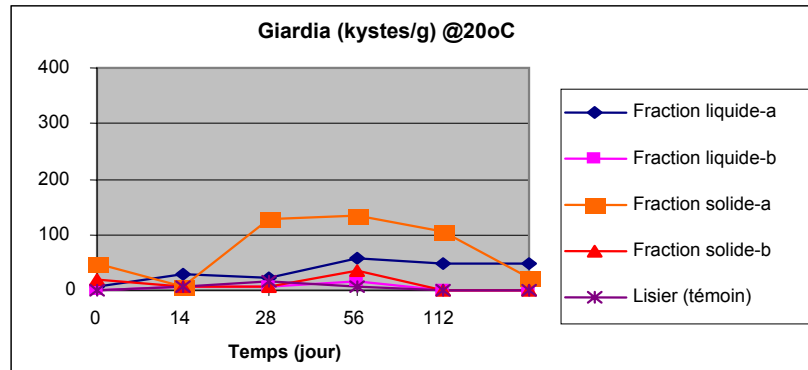


Figure 26 : Persistance des kystes de Giardia dans les déjections conservées à 20°C

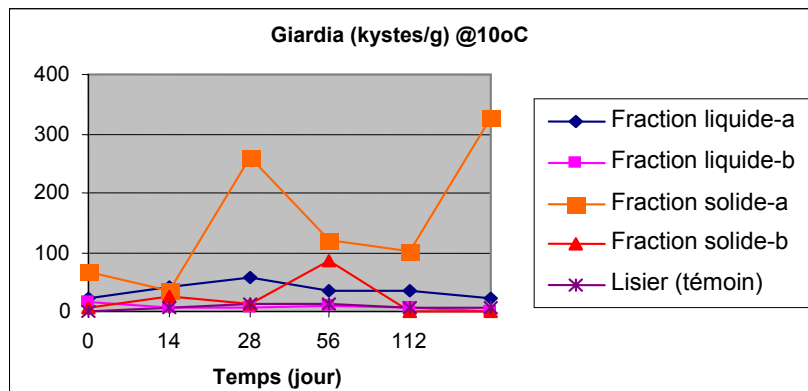


Figure 27 : Persistance des kystes de Giardia dans les déjections conservées à 10°C

La présence de *Cryptosporidium* a été détectée dans la moitié des chaudières et ce, à des quantités variant de 6 à 29 oocystes/g (figures 28 et 29). La quantification et la survie des oocystes de *Giardia* et/ou de *Cryptosporidium* n'ont pas varié ni dans le temps, ni à 10°C vs 20°C.

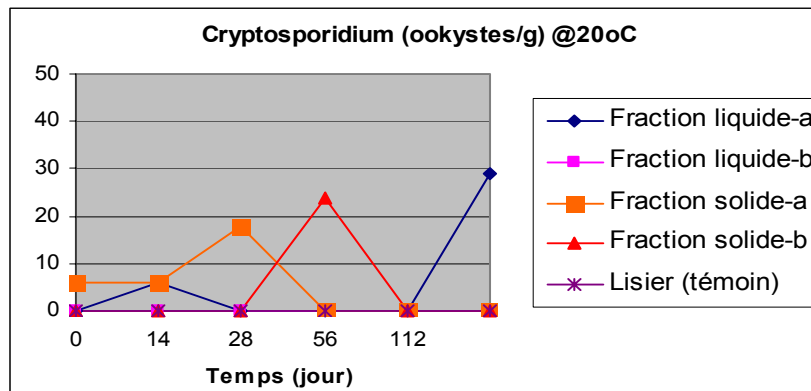


Figure 28 : Persistance de *Cryptosporidium* dans des déjections conservées à 20°C

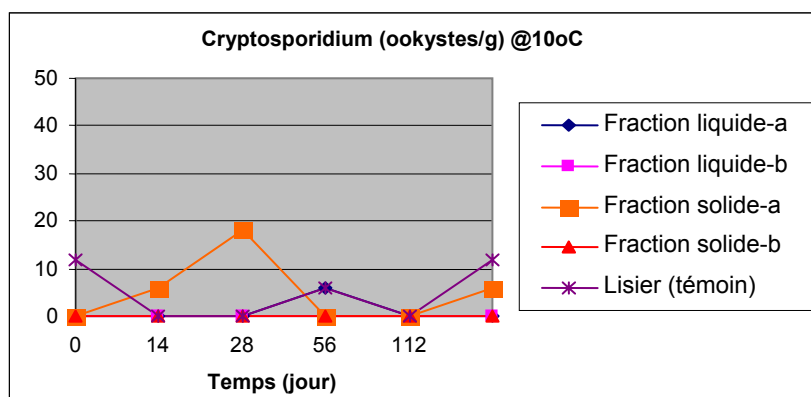


Figure 29 : Persistance de *Cryptosporidium* dans des déjections conservées à 10°C

3.10.1.1 Analyses de *Salmonella* et de *Campylobacter*

Tous les échantillons de lisier entier et les fractions liquides ont été exempts de *Campylobacter*, seules les fractions solides de la 1^{er} et de la 3^e campagne d'échantillonnage en ont révélé la présence. Par contre, la salmonelle de type B s'est manifestée dans presque tous les échantillons, peu importe leur provenance. Les quantités de *Campylobacter* et de salmonelle présentes étaient possiblement près des limites de détection puisque des résultats négatifs suivis de positifs ont été obtenus pour deux paires de duplicata (tableau 44).

Tableau 44 : Détection de *Salmonella* (groupe B) et de *Campylobacter* dans des déjections fraîches, résultat négatif (-), résultat positif (+)

	<i>Salmonella</i> échantillonnage			<i>Campylobacter</i> échantillonnage		
	1	2	3	1	2	3
Fraction solide-a	+	+	+	+	-	+
Fraction solide-b	-	+	+	+	-	+
Fraction liquide-a	-	+	+	-	-	-
Fraction liquide-b	+	+	+	-	-	-
Lisier (témoin)	+	-	+	-	-	-

Pour l'aspect persistance, voir tableau 45, seuls les échantillons de fractions solide et liquide contenaient des *Campylobacter* au départ (jour 0) et lors de l'échantillonnage suivant (jour 14), tous les échantillons étaient négatifs. Seul un échantillon de fraction solide tiré d'une chaudière gardée à 10°C a donné un résultat positif au 3^e échantillonnage (jour 28). La salmonelle est disparue rapidement durant l'entreposage, et ce, plus rapidement dans les chaudières gardées à 20°C que celles gardées à 10°C. La présence de *Salmonella* a été détectée après 28 jours d'entreposage dans les fractions solides gardées à 10°C.

Tableau 45 : Détection de *Salmonella* (groupe B) et de *Campylobacter* durant l'entreposage de déjections animales gardées à 20°C et 10°C

	Température (°C)	<i>Salmonella</i> durée entreposage (jour)				<i>Campylobacter</i> durée entreposage (jour)			
		0	14	28	56	0	14	28	56
Fraction liquide-a	20	-	-	-	-	-	-	-	-
Fraction liquide-b	20	+ B	-	-	-	-	-	-	-
Fraction solide-a	20	+ B	-	-	-	-	-	-	-
Fraction solide-b	20	+ B	+ B	-	-	+	-	-	-
Lisier (témoin)	20	-	-	-	-	-	-	-	-
Fraction liquide-a	10	+ B	-	-	-	-	-	-	-
Fraction liquide-b	10	+ B	+ B	-	-	-	-	-	-
Fraction solide-a	10	+ B	-	+ B	-	+	-	-	-
Fraction solide-b	10	+ B	+ B	+ B	-	-	-	+	-
Lisier (témoin)	10	+ B	-	-	-	-	-	-	-

3.10.1.2 Analyses des indicateurs

La concentration des indicateurs : coliformes totaux, coliformes fécaux et *E. coli* est régulièrement plus élevée dans les fractions solides plutôt que dans les fractions liquides prélevées au même moment et celle du lisier entier se retrouve entre les deux (figures 30 à 32).

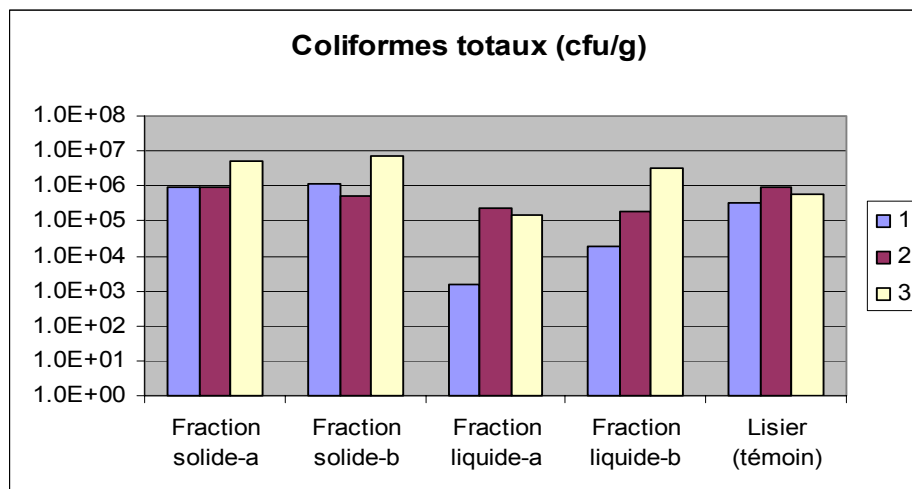


Figure 30 : Dénombrement des coliformes totaux dans les différentes fractions de déjections animales recueillis lors des 3 campagnes d'échantillonnage

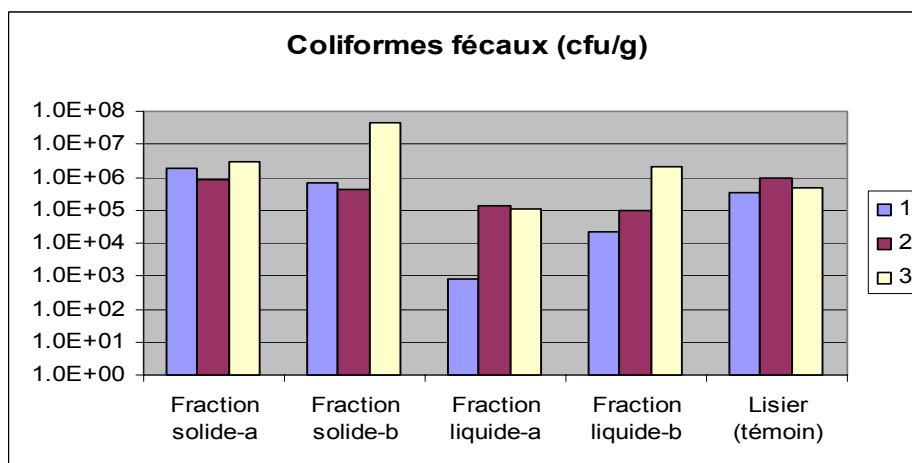


Figure 31 : Dénombrement des coliformes fécaux dans les différentes fractions de déjections animales recueillis lors des 3 campagnes d'échantillonnage

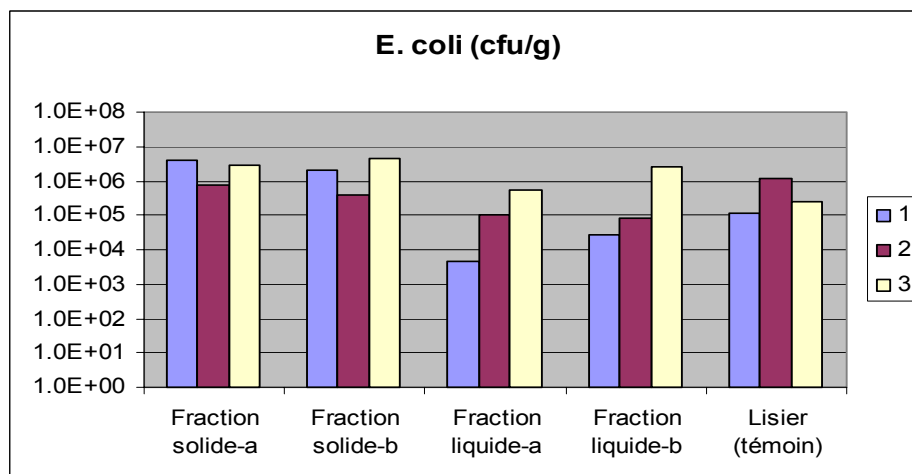


Figure 32 : Dénombrement des E. coli dans les différentes fractions de déjections animales recueillis lors des 3 campagnes d'échantillonnage

Pour les entérocoques, les niveaux sont similaires ou légèrement plus élevés dans les fractions solides par rapport aux fractions liquides (figure 33). Les 3 échantillons de lisier entier ont présenté des quantités semblables d'entérocoques entre eux et comparables au niveau le plus élevé des fractions solides du lisier séparé à la source.

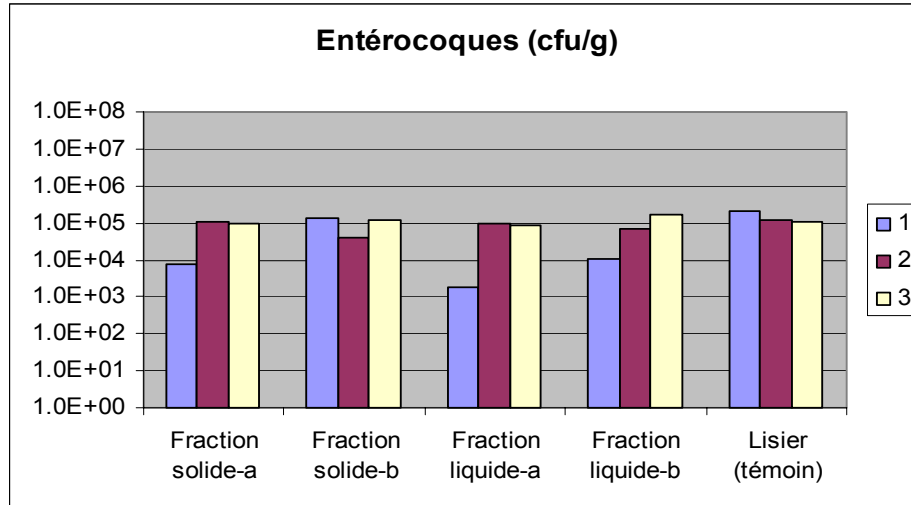


Figure 33 : Dénombrement des Entérocoques dans les différentes fractions de déjections animales recueillis lors des 3 campagnes d'échantillonnage

Les niveaux de *Clostridium* ont été inférieurs à la limite de quantification avec des résultats <10 ou <100 cfu/g pour la plupart des échantillons sauf pour les campagnes 1 et 2 avec les fractions solides et liquides séparées à la source. Les niveaux de *Clostridium* sont plus élevés dans les fractions solides que dans les fractions liquides (figure 34).

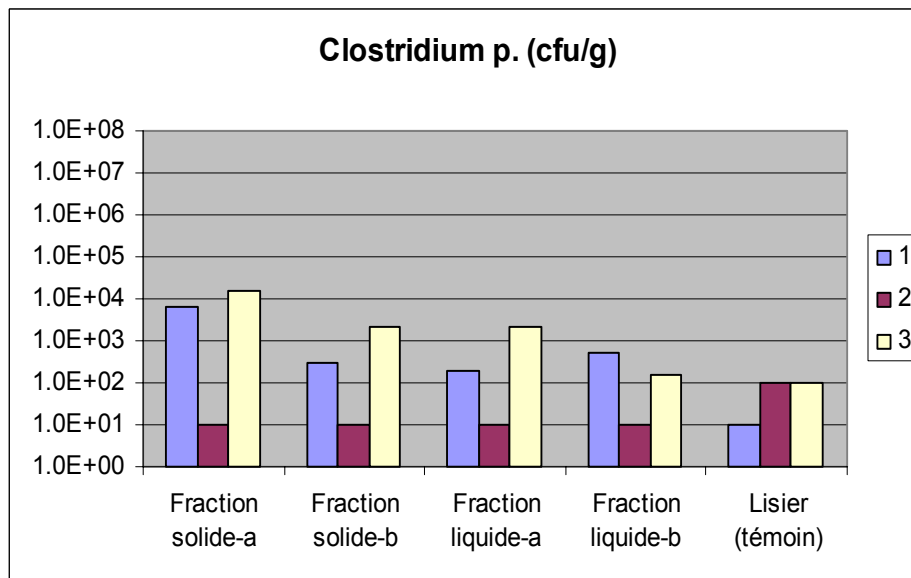


Figure 34 : Dénombrement des Clostridium dans les différentes fractions de déjections animales recueillis lors des 3 campagnes d'échantillonnage

Des quantités de *Yersinia* ont été mesurées dans tous les échantillons et présentent les mêmes tendances de niveaux plus élevés dans les fractions solides par rapport aux fractions liquides et le niveau dans le lisier est intermédiaire (figure 35).

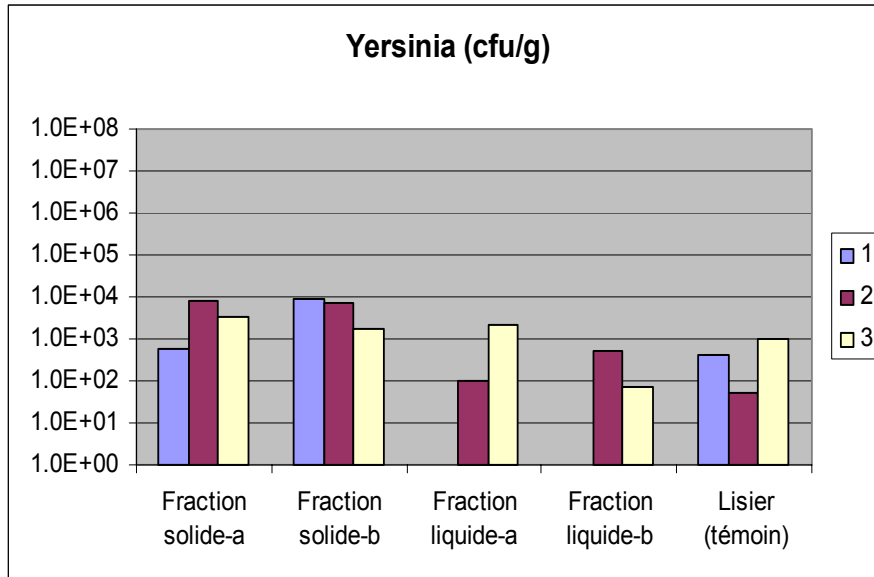


Figure 35 : Dénombrement des Yersinia dans les différentes fractions de déjections animales recueillis lors des 3 campagnes d'échantillonnage

Du côté persistance, les concentrations de coliformes totaux, fécaux et *E. coli* diminuent visiblement dans la période de 0 à 112 jours, plus rapidement à 20°C qu'à 10°C, et plus rapidement dans les fractions liquides, peu importe la température (figures 36 à 41).

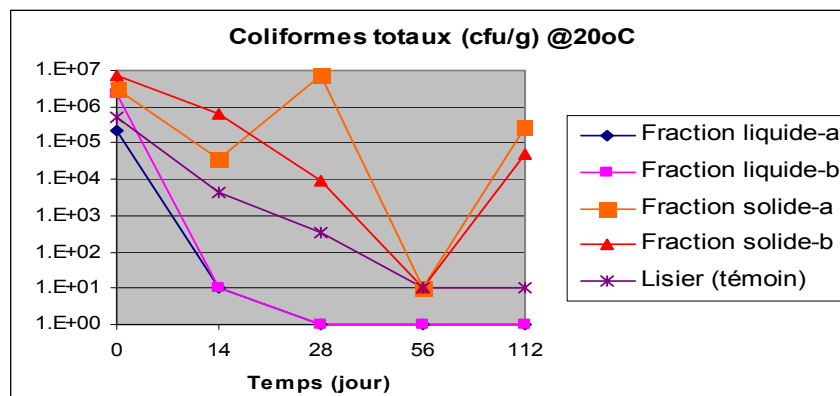


Figure 36 : Progression du nombre de coliformes totaux dans les déjections animales entreposées à 20°C

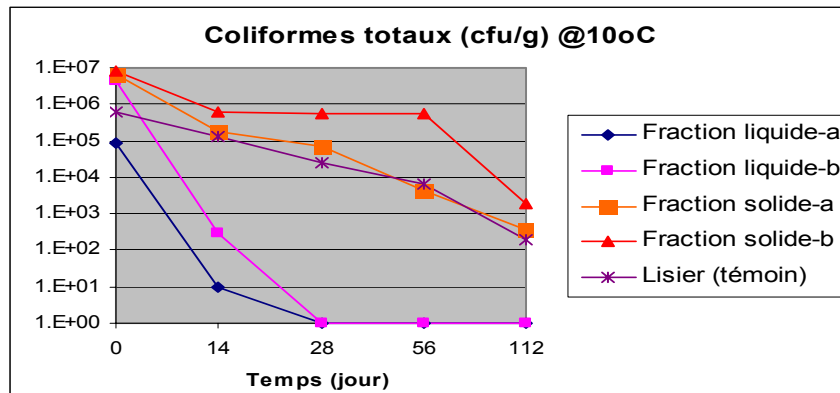


Figure 37 : Progression du nombre de coliformes totaux dans les déjections animales entreposées à 10°C

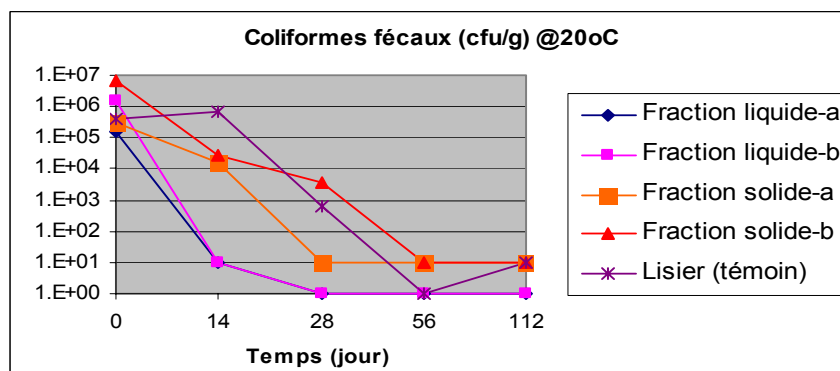


Figure 38 : Progression du nombre de coliformes fécaux dans les déjections animales entreposées à 20°C

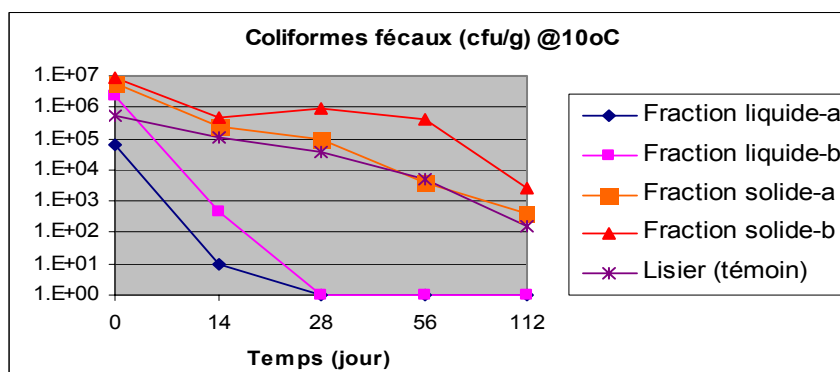


Figure 39 : Progression du nombre de coliformes fécaux dans les déjections animales entreposées à 10°C

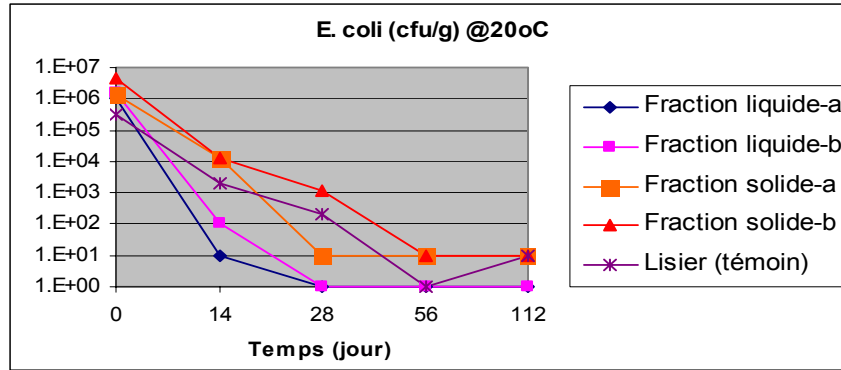


Figure 40 : Progression du nombre de *E. coli* dans les déjections animales entreposées à 20°C

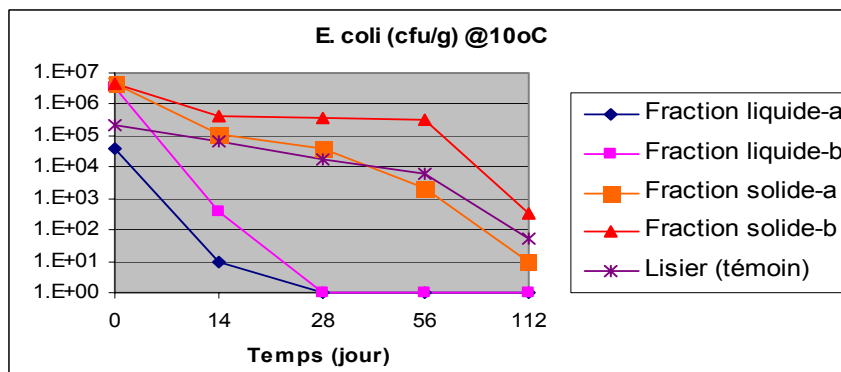


Figure 41 : Progression du nombre de *E. coli* dans les déjections animales entreposées à 10°C

Sur une période de 112 jours, la concentration d'entérocoques a diminué lentement à 20°C mais n'a presque pas changé à 10°C (figures 42 et 43).

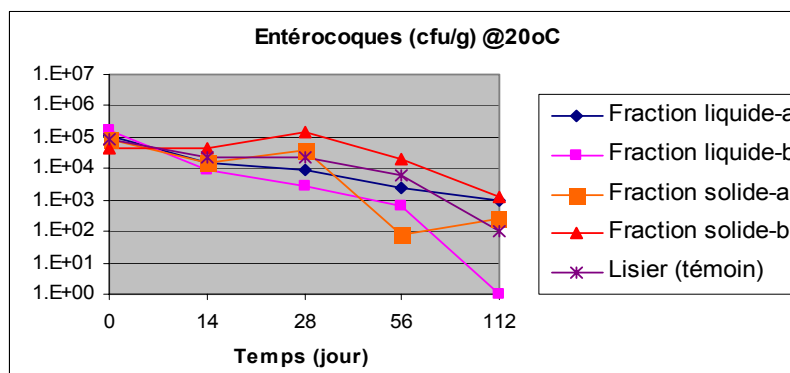


Figure 42 : Progression du nombre d'Entérocoques dans les déjections animales entreposées à 20°C

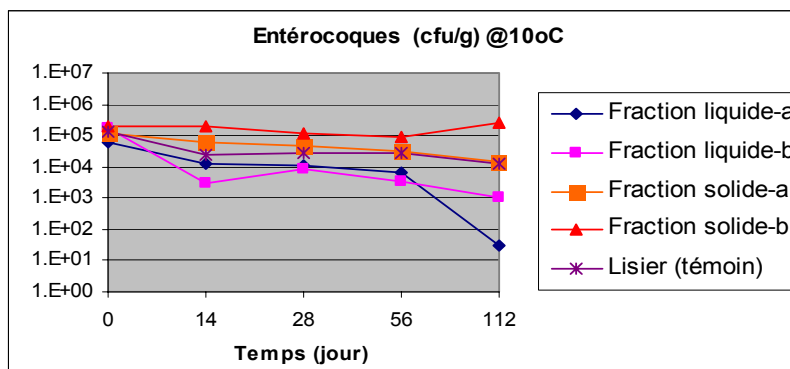


Figure 43 : Progression du nombre d'Entérocoques dans les déjections animales entreposées à 10°C

Les quantités de *Clostridium p.* ont peu varié durant la période de 112 jours, peu importe l'échantillon et la température d'entreposage (figures 44 et 45).

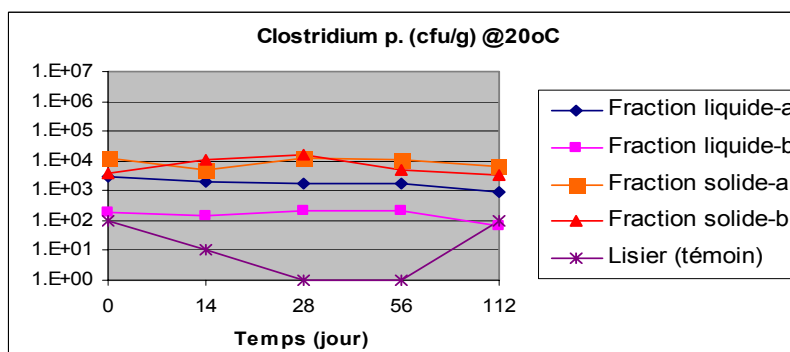


Figure 44 : Progression du nombre de Clostridium dans les déjections animales entreposées à 20°C

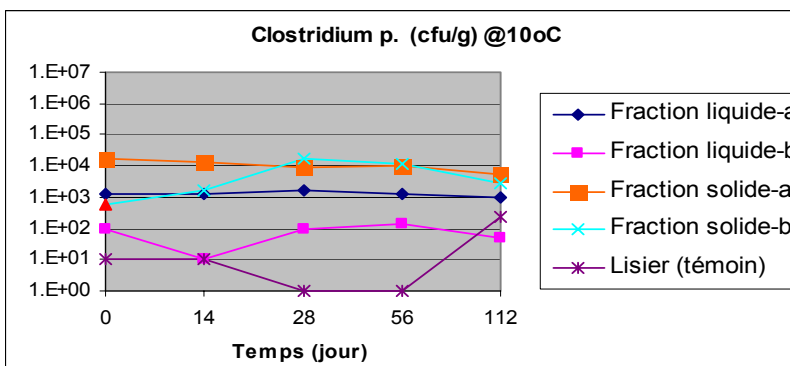


Figure 45 : Progression du nombre de Clostridium dans les déjections animales entreposées à 10°C

Les concentrations de *Yersinia* ont diminué régulièrement durant les premiers 56 jours sauf pour les 2 fractions solides (figures 46 et 47).

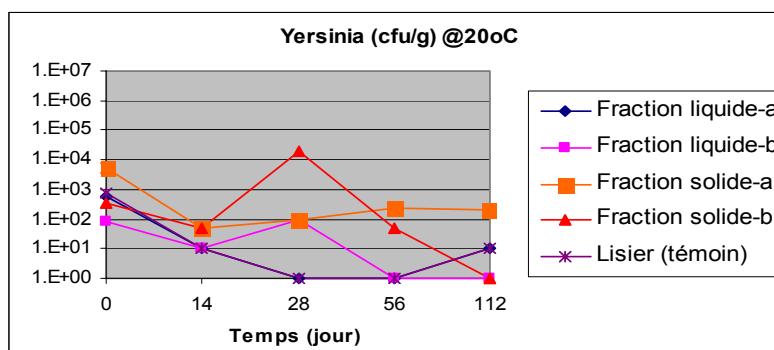


Figure 46 : Progression du nombre de *Yersinia* dans les déjections animales entreposées à 20°C

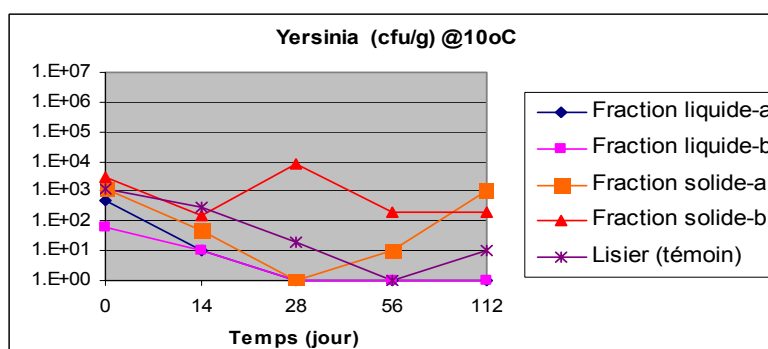


Figure 47 : Progression du nombre de *Yersinia* dans les déjections animales entreposées à 10°C

3.11 Étude technico-économique et financière

3.11.1 Généralité

L'objectif de cette section est d'analyser les effets, sur le flux de trésorerie, de l'implantation d'une nouvelle technologie de traitement de lisier, le système de grattes en « V ». Pour atteindre cet objectif, le système de grattes en « V » a été comparé au système de grattes conventionnelles au niveau des coûts de rénovation, des frais variables annuels et des annuités à payer pour le financement des rénovations. Le recours à un programme de subvention, prime-vert ou crédit d'impôt, a également été considéré afin d'analyser comment l'adhésion à ces programmes pouvait diminuer les coûts d'implantation du nouveau système.

L'information contenue dans cette section devrait permettre au producteur d'être en mesure d'estimer le coût économique à supporter pour l'adoption d'un système de grattes en « V ». Cependant, le producteur doit avoir à l'esprit que cette information est présentée à titre indicatif et que par conséquent elle dépend du modèle de production considéré. Il est à ce titre recommandé que le producteur adapte la méthodologie d'analyse utilisée à son contexte de production afin d'évaluer les effets du nouveau système de grattes en « V » sur sa trésorerie.

3.11.2 Modèle de production utilisé

3.11.2.1 Paramètres techniques

Le tableau 46 présente les données du modèle de production de notre analyse.

Tableau 46 : Liste des paramètres du modèle de production

Donnée technique	Porcs à l'engrais¹
Nombre de porcs en inventaire	1 200
Mode d'élevage	Tout plein/tout vide
Nombre de rotations par année	3
Nombre de chambres	4
Nombre de dalots	8
Dimension des dalots	4 dalots de 1,22 m (4 pi) 4 dalots de 1,83 m (6 pi)
Volume de lisier produit	1 587 m ³
Volume de la fraction solide	358 m ³
Volume de la fraction liquide ²	1 229 m ³

¹ Porcs de 25 à 105 kg

² Inclut les eaux de lavage et de précipitations

3.11.2.2 Hypothèses considérées

L'analyse économique a été faite en considérant les hypothèses qui suivent :

- Le producteur devrait en 2010 avoir recours à des ententes d'épandage lui permettant de disposer de 144 hectares de terre cultivable pour l'épandage de la partie solide du lisier. Pour ce qui est de la fraction liquide, le producteur devrait avoir à sa disposition 34 hectares de terre en sol moyennement riche en phosphore.
- Le producteur n'achète pas de terre.
- Une structure d'entreposage de la fraction solide est prévue et la durée d'entreposage devrait être de 250 jours.
- En ce qui a trait au financement, la durée de l'emprunt est de 15 ans avec un taux moyen de 6,4 %² capitalisé semestriellement. Il a également été considéré pour le financement que le producteur avait la possibilité de recourir à une mise de fonds.
- Les estimations sont basées sur le coût de rénovation du bâtiment et non sur le coût de construction d'un bâtiment neuf.

3.11.3 Coûts de la rénovation du bâtiment et de la construction d'une structure d'entreposage du solide

Le tableau 47 présente globalement les coûts réels de la rénovation du bâtiment de Engraissement Saint-Louis, de l'installation du système d'isolement des fèces avec grattes en « V » et de la construction d'une structure d'entreposage pour la fraction solide. Dans le cas présent, la fosse existante est utilisée pour la fraction liquide et aucun coût ne lui est attribué.

² Ce taux est une moyenne du taux hypothécaire des 5 dernières années complètes données par la Banque du Canada. Il tient compte de la réduction du taux d'intérêt de La Financière agricole en vigueur depuis 2004.

Tableau 47 : Coûts de rénovation d'un engraissement de 1 200 places

Préparation du bâtiment à rénover	Coût total (\$)	Coût/porc (\$)
Contreventer et démanteler les équipements existants	12 900	10,75
Casser le béton et sortir le matériel à l'extérieur	15 650	13,04
Enlever le surplus de sable (forme de « V »)	1 150	0,96
Réparer les fermes de toit	6 450	5,38
SOUS-TOTAL	36 150	30,13
Bâtiment		
Système d'évacuation du liquide		
Tuyaux SDR fendus (6 po Ø) et raccords	7 660	6,38
Assise en béton, ancrage et installation	14 500	12,08
Tuyaux collecteurs SDR (6 po Ø)	700	0,58
Système de recirculation du liquide	150	0,13
Dalots en "V"		
Fond en forme de "V" (béton & main-d'œuvre)	12 000	10,00
Murets (béton & main-d'œuvre)	16 900	14,08
Chambre		
Allée, dos d'âne et division (béton & main-d'œuvre)	7 200	6,00
Lattes de béton préfabriquées et installation	24 500	20,42
Aire de service		
Caniveau pour écurieur	1 100	0,92
Plaques d'acier au-dessus de l'écurieur	2 100	1,75
Quai d'expédition et atelier (matériaux & main d'œuvre)	2 400	2,00
Annexe pour préfosse		
Préfosse	4 850	4,04
Murs et toiture (matériaux & main d'œuvre)	7 500	6,25
SOUS-TOTAL	101 560	84,63
Structure d'entreposage de la fraction solide		
Excavation, béton et abri avec toiture en tôle	63 000	52,50
Plan & devis et gérance de chantier	6 000	5,00
SOUS-TOTAL	69 000	57,50
Équipements		
Entrée électrique et raccordement des équipements	12 150	10,13
Alimentation en eau (raccorder la pompe du puits)	1 100	0,92
Division de parcs et installation des trémies	21 000	17,50
Système d'alimentation automatique (installer et adapter le système existant)	4 100	3,42
Écurieur à chaîne (chaîne de 69,8 m, plaque, coin, moteur et démarreur)	14 675	12,23
Système de grattes en « V » (8 unités), (accessoires, transmission et contrôles)	17 500	14,58
SOUS-TOTAL	70 525	58,77
Frais d'ingénierie		
Plan & devis et gérance de chantier	24 000	20,00
SOUS-TOTAL	24 000	20,00
TOTAL	301 235	251,03

Rappelons que les données proviennent de l'estimation des coûts réels des travaux exécutés lors de la réalisation du projet à Engraissement Saint-Louis.

Selon les calculs, dans le présent cas, le coût total de la rénovation s'élève à 301 235 \$ qui correspond à 251 \$ par place porc en engraissement. Le système d'isolement avec grattes en « V », c'est-à-dire la préparation du bâtiment, le bâtiment en lui-même et les équipements, représente 69 % du coût total (174 \$/place) et la structure d'entreposage du solide représente 21 % du coût total 57,50 \$/place.

Le tableau 48 ne présente que les coûts liés à l'installation d'un système d'isolement des fèces avec grattes en « V ». Les coûts normalement reliés à une rénovation, avec une installation d'une gratte conventionnelle, sont exclus.

Tableau 48 : Coûts reliés à l'installation d'un système d'isolement des fèces avec grattes en « V »

	Coût réel (\$)	Coût /porc (\$)
Cassage de béton		
Excavation, enlever surplus de sable ¹	1 150	0,96
SOUS-TOTAL	1 150	0,96
Tuyaux collecteurs		
Tuyaux SDR, 6 po diam et système de recirculation	850	0,71
SOUS-TOTAL	850	0,71
Tuyau SDR fendu (drainage de la fraction liquide)		
Tuyaux 6 po diam et raccords	5 350	4,46
Quincaillerie	2 750	2,29
Assise en béton et ancrage ¹	7 900	6,58
SOUS-TOTAL	16 000	13,33
Système d'isolement avec grattes en « V »		
Grattes en V (8 unités) de (4 pi) et 6 pi de large	4 300	3,58
Poulies et câbles	7 700	6,42
Transmission et moteur et contrôles	3 700	3,08
Installation du système	1 700	1,42
Raccordement électrique	450	0,38
SOUS-TOTAL	17 850	14,88
Structure d'entreposage de la fraction solide		
Excavation	6 000	5,00
Contrat béton	30 000	25,00
Contrat bois : murs et toiture	13 000	10,83
Matériaux : bois, chevons et tôle	14 000	11,67
SOUS-TOTAL	63 000	52,50
Écureur à chaîne		
Montée et chaîne de 229 pi de long, plaque, coin, moteur et démarreur	14 600	12,17
Raccordement électrique	75	0,06
SOUS-TOTAL	14 675	12,23
Frais d'ingénierie		
Plan et devis	15 000	12,50
SOUS-TOTAL	15 000	12,50
TOTAL	128 525	107,10

¹ inclus seulement la main-d'œuvre supplémentaire à une installation conventionnelle

3.11.4 Comparaison des coûts de rénovation des deux systèmes

La comparaison des coûts de rénovation repose principalement sur les coûts des équipements et des bâtiments. Il faut noter que seuls les postes de dépenses pour lesquelles subsiste une différence de coût ont été considérés.

Tableau 49 : Comparaison des coûts de rénovation

	Grattes conventionnelles	Grattes en « V »	Différence ("V" - conventionnelles)
Préparation du bâtiment			
Enlever surplus de sable	- \$	1 150,00 \$	1 150,00 \$
Sous-total préparation du bâtiment	- \$	1 150,00 \$	1 150,00 \$
Coût par place	- \$	0,96 \$	0,96 \$
Équipement et bâtiment			
Raclettes (matériel et installation)	10 000,00 \$	- \$	(10 000,00) \$
Grattes en « V » (matériel et installation)	- \$	17 500,00 \$	17 500,00 \$
Système d'évacuation du lisier/liquide	1 450,00 \$	22 310,00 \$	20 860,00 \$
Dalots	24 444,00 \$	28 900,00 \$	4 456,00 \$
Écureur à chaîne (matériel et installation)	- \$	14 675,00 \$	14 675,00 \$
Aire de service (caniveau et plaques d'acier)		3 200,00 \$	3 200,00 \$
Sous-total équipement et bâtiment	35 894,00 \$	86 585,00 \$	50 691,00 \$
Coût par place	29,91 \$	72,15 \$	42,24 \$
Structure d'entreposage			
Abri pour la fraction solide pour 250 jours, 360 m ³ de capacité ³	- \$	63 000,00 \$	63 000,00 \$
Sous-total structure	- \$	63 000,00 \$	63 000,00 \$
Coût par place	- \$	52,50 \$	52,50 \$
Frais d'ingénierie			
Frais professionnels, plans et devis, surveillance de chantier	14 000,00 \$	30 000,00 \$	16 000,00 \$
Sous-total frais d'ingénierie	14 000,00 \$	30 000,00 \$	16 000,00 \$
Coût par place	11,67 \$	25,00 \$	13,33 \$
Autres frais	- \$	220,00 \$	220,00 \$
Total	49 894,00 \$	180 955,00 \$	131 061,00 \$
coût par place	41,58 \$	150,80 \$	109,22 \$

³ La durée d'entreposage est celle prévue par le contrat d'entente d'épandage

Le tableau 49 révèle que le producteur qui choisit d'implanter un système de grattes en « V » doit déboursier 131 061 \$ de plus que ce qu'il dépenserait s'il optait plutôt pour un système de grattes conventionnelles. Cette différence s'explique surtout par le coût additionnel de l'équipement et du bâtiment (les grattes en « V », l'écureur à chaîne et le système d'évacuation du liquide) dans le cas des grattes en « V ». À ce coût s'ajoute le coût de construction d'un abri pour la fraction solide; coût qui est inexistant pour un système de grattes conventionnelles. Cependant, la capacité de l'abri pourrait être réduite ce qui permettrait au producteur de réaliser des économies. Toutefois, la réduction de la capacité nécessitera que le producteur envoie plus fréquemment le solide dans un centre de compostage⁴. De plus, si le producteur prévoit une structure plus petite pour l'entreposage de sa fraction solide, il faudra qu'il prévoie également des frais additionnels pour le chauffage.

3.11.5 Comparaison des frais variables des deux systèmes

La mise en place du système de grattes en V engendre des frais variables qui sont décrits au tableau 50 ci-dessous. Ces coûts sont comparés à ceux occasionnés par le système de grattes conventionnelles.

Tableau 50 : Comparaison des frais variables

	Grattes conventionnelles	Grattes en " V "	
		Centre de traitement	Entente d'épandage
Coût d'entretien ouvrages et bâtiments ⁵	342 \$	1 663 \$	1 663 \$
Coût d'entretien équipements	458 \$	1 287 \$	1 287 \$
Énergie (moteurs)	0 \$	1 234 \$	1 234 \$
Épandage du lisier brut ⁶	9 522 \$	0 \$	0 \$
Épandage (fraction liquide) ⁷	0 \$	3 134 \$	3 134 \$
Transport de la fraction solide vers un receveur	0 \$	2 066 \$	1 253 \$
Coût d'entrée à un site autorisé	0 \$	7 160 \$	0 \$
Taxes foncières nettes	42 \$	161 \$	161 \$
Assurances	374 \$	1 357 \$	1 357 \$
Total :	10 738 \$	18 062 \$	10 089 \$

Le coût d'entretien des bâtiments, dans le cas du système de grattes en « V », représente 1,4 % de la valeur du bâtiment (118 740 \$). Pour ce qui est des coûts d'entretien et de réparation, le montant est estimé à 4 % du coût des équipements (32 175 \$). Les coûts d'entretien et de réparation du bâtiment et des équipements se chiffrent ainsi à 2 950 \$ comparativement à 800 \$ pour un système de grattes conventionnelles (les même taux ont été utilisés pour l'estimation des différents coûts).

⁴ Pour ce qui est d'épandre sa fraction solide, le producteur ne serait pas en mesure de réduire son abri puisque sa capacité devrait être suffisamment élevée pour tenir compte du fait qu'il ne puisse pas épandre en hiver, la capacité suggérée est de 250 jours.

⁵ Sont compris dans cette valeur, les coûts associés à la construction du bâtiment et de la structure d'entreposage de la fraction solide ainsi que les autres frais.

⁶ Ce coût a été estimé à 6 \$ du mètre cube, mais pourrait être sujet à augmentation d'ici 2010.

⁷ L'épandage de la fraction liquide est effectué à forfait au coût de 2,55 \$ du mètre cube.

Dans le cas du système de grattes en « V », la gestion de la fraction liquide est différente de celle de la fraction solide. La fraction liquide est épandue à forfait au coût de 3 134 \$. La fraction solide est soit traitée dans un centre de traitement ou épandue suite à une entente entre le producteur et un receveur. Dans le premier cas, le coût est estimé à 9 226 \$⁸ comparativement à 1 253 \$⁹ dans le deuxième cas. Si le producteur utilise un système de grattes conventionnelles, le coût de disposition du lisier est de 9 522 \$.

3.11.6 Analyse financière

Le montant des investissements pour l'implantation d'un système de grattes en « V » est largement supérieur à celui des investissements associés à l'implantation du système de grattes conventionnelles (tableau 51). Si le producteur, pour sa gestion de lisier, décide d'opter pour un système de grattes conventionnelles, il devra contracter un emprunt d'un montant de 49 894 \$ et payer des remboursements annuels s'élevant à 7 368 \$¹⁰. Par contre, s'il opte pour un système de grattes en « V », le montant de l'emprunt sera environ quatre fois supérieurs (180 955 \$) et il devra payer une annuité s'élevant à 26 723 \$. Néanmoins, le producteur a la possibilité de diminuer le montant de l'annuité en effectuant une mise de fonds de 45 239 \$; cette opération lui permettra de verser 6 681 \$ en moins, par année.

Tableau 51 : Analyse financière

	Grattes conven- tionnelles	Grattes en " V "		Grattes en " V "	
		(aucune mise de fonds)		(25 % de mise fonds)	
		Centre de traitement	Entente d'épandage	Centre de traitement	Entente d'épandage
Investissements					
Coût des équipements et bâtiments	35 894 \$	87 735 \$	87 735 \$	87 735 \$	87 735 \$
Coût des structures d'entreposage	0 \$	63 000 \$	63 000 \$	63 000 \$	63 000 \$
Frais d'ingénierie	14 000 \$	30 000 \$	30 000 \$	30 000 \$	30 000 \$
Autres frais	0 \$	220 \$	220 \$	220 \$	220 \$
Total	49 894 \$	180 955 \$	180 955 \$	180 955 \$	180 955 \$
Financement					
Mise de fonds	0 \$	0 \$	0 \$	45 239 \$	45 239 \$
Annuités liées aux rénovations	7 368 \$	26 723 \$	26 723 \$	20 042 \$	20 042 \$

⁸ Ce montant comprend le transport de la fraction solide au centre de traitement et le coût d'entrée à un site autorisé. Le coût de transport a été estimé à 5,77 \$/m³ et se décompose comme suit : 2 heures de location d'un camion semi-remorque, 30 m³ par voyage au tarif horaire de 80 \$ et une demi-heure pour le chargement au coût de 0,44 \$/m³. Le coût d'entrée à un site autorisé s'élève à 20 \$/m³ en moyenne. Il est à noter que ce coût d'entrée varie selon plusieurs facteurs notamment la structure du solide, sa teneur en matière sèche et sa teneur en éléments fertilisants. Il est donc important que le producteur fasse une analyse de sa fraction solide afin d'obtenir un juste estimé des coûts qui seront exigés.

⁹ Dans le cas des ententes d'épandage, le coût de transport a été fixé à 7 \$/m³ et le receveur assume la moitié du coût.

¹⁰ L'emprunt est également sur 15 ans avec un taux de 6,4 %.

3.11.7 Impact sur la trésorerie

Les données du tableau 52 permettent d'évaluer les effets directs sur la trésorerie selon le type de systèmes utilisés. S'il opte pour la nouvelle technologie, le producteur devra déboursier 44 785 \$ annuellement au lieu de 18 106 \$. Les effets sur la trésorerie sont donc négatifs et représentent un déboursé annuel supplémentaire se chiffrant à 26 679 \$, soit 22 \$ par place-porc. Si le producteur a recours à une entente d'épandage pour le traitement de sa fraction solide plutôt qu'à un centre de traitement, il pourra réaliser une économie de 7 973 \$. Les effets négatifs sur la trésorerie peuvent être atténués si le producteur décide de contracter un emprunt avec une mise de fonds de 25 %; le montant à déboursier passera ainsi de 44 785 \$ à 38 104 \$, dans le cas du traitement de la fraction solide par un centre et 36 812 \$ à 30 131 \$ dans le cas d'une entente d'épandage.

Tableau 52 : Effet sur la trésorerie

	Gestion standard	Gestion avec grattes en « V »		Gestion avec grattes en « V »	
		(aucune mise de fonds)		(25 % de mise fonds)	
		Centre de traitement	Entente d'épandage	Centre de traitement	Entente d'épandage
Frais variables	10 738 \$	18 062 \$	10 089 \$	18 062 \$	10 089 \$
Annuités	7 368 \$	26 723 \$	26 723 \$	20 042 \$	20 042 \$
Total	18 106 \$	44 785 \$	36 812 \$	38 104 \$	30 131 \$
Effet sur la trésorerie ¹¹		26 679 \$	18 706 \$	19 998 \$	12 025 \$

3.11.8 Effet de l'augmentation des frais d'épandage du lisier

Lorsque le coût d'épandage du lisier brut est faible (3 \$/m³), l'utilisation d'un système de grattes en « V » est nettement plus coûteux que le système conventionnel puisqu'il nécessite des frais additionnels variant de 23 467 \$ à 31 440 \$, avec une mise de fonds les frais diminuent et varient de 16 786 \$ à 24 759 \$ (tableau 53). Cependant, avec l'augmentation des frais d'épandage, l'implantation du système de grattes en « V » devient plus rentable. Ainsi, pour un coût d'épandage de 23 \$/m³, la nouvelle technologie est plus économique, et ce, quel que soit le mode de traitement de la fraction solide. Le producteur économise en moyenne 4 287 \$ lorsqu'il n'a pas recours à une mise de fonds et 10 968 \$ avec une mise de fonds.

¹¹ Il s'agit de la différence entre le coût total après et avant projet.

Tableau 53 : Analyse de sensibilité selon l'augmentation des frais d'épandage

Coût actuel (\$/m ³ lisier)	Impact sur la trésorerie (aucune mise de fonds)		Impact sur la trésorerie (25 % de mise de fonds)	
	Centre de traitement	Entente d'épandage (50 % frais transport)	Centre de traitement	Entente d'épandage (50 % frais transport)
3 \$	(31 440) \$	(23 467) \$	(24 759) \$	(16 786) \$
5 \$	(28 266) \$	(20 293) \$	(21 585) \$	(13 612) \$
7 \$	(25 092) \$	(17 119) \$	(18 411) \$	(10 438) \$
9 \$	(21 918) \$	(13 945) \$	(15 237) \$	(7 264) \$
11 \$	(18 744) \$	(10 771) \$	(12 063) \$	(4 090) \$
13 \$	(15 570) \$	(7 597) \$	(8 889) \$	(916) \$
15 \$	(12 396) \$	(4 423) \$	(5 715) \$	2 258 \$
17 \$	(9 222) \$	(1 249) \$	(2 541) \$	5 432 \$
19 \$	(6 048) \$	1 925 \$	633 \$	8 606 \$
21 \$	(2 874) \$	5 099 \$	3 807 \$	11 780 \$
23 \$	300 \$	8 273 \$	6 981 \$	14 954 \$

Le tableau 54 ci-dessous, résume les coûts pour lesquels le producteur serait indifférent entre implanter un système de grattes en « V » et un système de grattes conventionnelles (l'impact sur la trésorerie étant la même).

Tableau 54 : Coût d'épandage entraînant un effet nul sur la trésorerie

	Impact sur la trésorerie (aucune mise de fonds)		Impact sur la trésorerie (25 % de mise de fonds)	
	Centre de traitement	Entente d'épandage (50 % frais transport)	Centre de traitement	Entente d'épandage (50 % frais transport)
\$/m ³ lisier	22,80 \$	17,80 \$	18,60 \$	13,60 \$

La construction du système de grattes en « V » peut être subventionnée en partie par l'un ou l'autre des programmes suivants :

- Programme prime-vert pour lequel 70 % des dépenses admissibles sont remboursées;
- Crédit d'impôt sur 30 % des dépenses admissibles.

En considérant les dépenses admissibles¹² au programme de subvention, le montant éligible s'élève à 143 879 \$.

Le tableau suivant résume l'impact sur le financement selon le programme auquel le producteur est éligible.

¹² Ces dépenses ont été établies avec le concours du MAPAQ, juin 2006.

Tableau 55 : Effet des programmes de subvention sur le financement d'un système de grattes en « V »

Subvention prime-vert			
	Grattes conventionnelles	Grattes en " V "	
		sans mise de fonds	25 % de mise de fonds
Investissements	49 894 \$	180 955 \$	180 955 \$
Subvention	0 \$	100 715 \$	100 715 \$
Montant final après financement	49 894 \$	80 240 \$	80 240 \$
Mise de fonds	0 \$	0 \$	20 060 \$
Annuités	7 368 \$	11 850 \$	8 887 \$
Subvention crédit d'impôt			
	Grattes conventionnelles	Grattes en " V "	
		sans mise de fonds	25 % de mise de fonds
Investissements	49 894 \$	180 955 \$	180 955 \$
Subvention	0 \$	43 164 \$	43 164 \$
Montant final après financement	49 894 \$	137 791 \$	137 791 \$
Mise de fonds	0 \$	0 \$	34 448 \$
Annuités	7 368 \$	20 349 \$	15 262 \$

Avec la subvention prime-vert, le producteur investit un montant de 80 240 \$ au lieu de 180 955 \$, ce qui lui permet de verser une annuité s'élevant à 11 850 \$ soit 4 482 \$ de plus que ce qu'il aurait versé dans le cas d'une gratte conventionnelle. Si le producteur fait une mise de fonds, il ne verse plus que 8 887 \$ soit 1 519 \$ de plus que l'annuité versée pour le système conventionnel. Dans le cas du crédit d'impôt, la subvention étant de 30 %, les paiements à effectuer sont plus élevés, soit 20 349 \$ et 15 262 \$ avec une mise de fonds de 34 448 \$.

L'analyse de sensibilité, présentée au tableau 56, montre qu'avec une subvention prime-vert, l'adoption de la nouvelle technologie permet de réaliser des économies rapidement. En effet, si le producteur envoie sa fraction solide dans un centre de traitement et que le coût d'épandage du lisier brut est de 15 \$/m³ (ou 13 \$/m³ avec la mise de fonds) le producteur aura intérêt à adopter la nouvelle technologie. Dans le cas d'une entente d'épandage, le système de grattes en « V » devient plus économique que le système de grattes conventionnelles pour un coût d'épandage du lisier estimé à 9 \$/m³ (ou 7 \$/m³ avec une mise de fonds).

Tableau 56 : Analyse de sensibilité selon l'augmentation du coût d'épandage du lisier (montant de la subvention prime-vert pris en compte)

Coût actuel (\$/m ³ lisier)	Impact sur la trésorerie (aucune mise de fonds)		Impact sur la trésorerie (25 % de mise de fonds)	
	Centre de traitement	Entente d'épandage	Centre de traitement	Entente d'épandage
		(50 % frais transport)		(50 % frais transport)
3 \$	(16 567) \$	(8 594) \$	(13 604) \$	(5 631) \$
5 \$	(13 393) \$	(5 420) \$	(10 430) \$	(2 457) \$
7 \$	(10 219) \$	(2 246) \$	(7 256) \$	717 \$
9 \$	(7 045) \$	928 \$	(4 082) \$	3 891 \$
11 \$	(3 871) \$	4 102 \$	(908) \$	7 065 \$
13 \$	(697) \$	7 276 \$	2 266 \$	10 239 \$
15 \$	2 477 \$	10 450 \$	5 440 \$	13 413 \$
17 \$	5 651 \$	13 624 \$	8 614 \$	16 587 \$
19 \$	8 825 \$	16 798 \$	11 788 \$	19 761 \$
21 \$	11 999 \$	19 972 \$	14 962 \$	22 935 \$
23 \$	15 173 \$	23 146 \$	18 136 \$	26 109 \$

L'analyse de sensibilité présentée au tableau 57 tient compte du crédit d'impôt.

Tableau 57 : Analyse de sensibilité selon l'augmentation du coût d'épandage du lisier (montant de la subvention crédit d'impôt pris en compte)

Coût actuel (\$/m ³ lisier)	Impact sur la trésorerie (aucune mise de fonds)		Impact sur la trésorerie (25 % de mise de fonds)	
	Centre de traitement	Entente d'épandage	Centre de traitement	Entente d'épandage
		(50 % frais transport)		(50 % frais transport)
3 \$	(25 066) \$	(17 093) \$	(19 979) \$	(12 006) \$
5 \$	(21 892) \$	(13 919) \$	(16 805) \$	(8 832) \$
7 \$	(18 718) \$	(10 745) \$	(13 631) \$	(5 658) \$
9 \$	(15 544) \$	(7 571) \$	(10 457) \$	(2 484) \$
11 \$	(12 370) \$	(4 397) \$	(7 283) \$	690 \$
13 \$	(9 196) \$	(1 223) \$	(4 109) \$	3 864 \$
15 \$	(6 022) \$	1 951 \$	(935) \$	7 038 \$
17 \$	(2 848) \$	5 125 \$	2 239 \$	10 212 \$
19 \$	326 \$	8 299 \$	5 413 \$	13 386 \$
21 \$	3 500 \$	11 473 \$	8 587 \$	16 560 \$
23 \$	6 674 \$	14 647 \$	1 761 \$	19 734 \$

3.11.9 Synthèse

Cette section a permis de comparer d'un point de vue économique les effets de l'implantation d'un système de grattes en « V » à ceux d'un système de grattes conventionnelles. Les résultats montrent que l'adoption de la technologie de traitement de lisier engendre des coûts plus importants que ceux observés avec le système conventionnel. Cependant, le producteur a la possibilité de réduire ces coûts de manière significative en ayant accès à un programme de subvention.

Par ailleurs, les frais de disposition du lisier brut considérés dans notre analyse peuvent augmenter dans le futur pour diverses raisons telles que l'augmentation du prix du carburant et/ou l'éloignement des receveurs qui eux aussi sont soumis au REA et devront potentiellement réduire les doses d'application de lisier. Si cela s'avère être le cas, la nouvelle technologie permettrait de réaliser des économies de coûts, comme le montre d'ailleurs les analyses de sensibilité.

4 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

D'un point de vue agronomique, le lisier de porc contient une concentration trop élevée de phosphore comparativement aux autres éléments fertilisants dont l'azote. Puisque le phosphore est contenu principalement dans les fèces, la séparation des fèces et de l'urine s'avère une solution pour concentrer le phosphore dans une fraction solide et résoudre la problématique d'excédent de phosphore dans les sols. Une revue de littérature antérieure au projet a permis de démontrer que les systèmes de séparation des déjections au bâtiment sont très efficaces et permettent dans certain cas de réduire les émissions de gaz et d'odeurs. Par conséquent, le présent projet avait pour objectif général de développer un système d'isolement à la source pratique et économique améliorant la gestion environnementale des parties liquides et solides des déjections de porcs et réduisant les émissions d'odeurs et de gaz.

Dans le cadre du projet, un système de grattes en « V » fut installé lors d'une rénovation d'une porcherie d'engraissement de 1 200 porcs. Le suivi expérimental comprenait la mesure de l'efficacité de séparation, des émissions d'odeurs et de gaz. Les résultats des émissions de gaz et d'odeurs étaient comparés aux mesures prises dans une porcherie similaire mais sur gestion liquide (bâtiment témoin).

Globalement, ce système a permis de concentrer en moyenne 77 % du phosphore, 54 % de l'azote total et 47 % du potassium dans une fraction solide dont la teneur en matière sèche a été de 28 %. La fraction solide représentait 31 % de la masse totale des déjections excluant les eaux de lavage et de précipitations. La moyenne de déjection quotidienne, dans ce projet, a été de 3,08 kg/porc-jour dont 2,12 kg sous forme liquide et 0,96 kg sous forme solide.

La séparation des fèces et de l'urine avec ce système de grattes en « V » a également permis de réduire de manière importante les émissions de gaz par rapport au bâtiment témoin équipé d'un système de grattes conventionnelles. La réduction des émissions de CH₄ et NH₃ a été au-delà de 50 % et celle du CO₂ a été de 38 %. De leur côté, les émissions d'odeurs ont été réduites de plus de la moitié en automne en comparaison à celles du bâtiment témoin.

La valorisation de la fraction liquide permet de réduire de façon importante la superficie de terre nécessaire comparativement au lisier entier. Toutefois, les caractéristiques agronomiques particulières des fractions liquide et solide imposent une gestion particulière. De plus, bien que les apports en cuivre et en zinc ne semblent pas être plus élevés que ceux du lisier entier lors d'application au champ, il serait sage de vérifier l'impact de ces métaux au niveau des sols et des cultures.

La concentration des indicateurs : coliformes totaux, coliformes fécaux et *E. coli* est régulièrement plus élevée dans les fractions solides plutôt que dans les fractions liquides prélevées au même moment. La concentration des indicateurs est aussi moins élevée dans la fraction liquide que dans le lisier entier. Pour ce qui est des entérocoques, les niveaux sont similaires ou légèrement plus élevés dans les fractions solides par rapport aux fractions liquides. Les *Clostridium* ont été détectés lors des campagnes d'échantillonnage 1 et 2. Les niveaux de *Clostridium* étaient plus élevés dans les fractions solides que dans les fractions liquides. Pour ce qui est des *Yersinia*, leurs niveaux étaient similaires dans les fractions solides et liquides.

Du côté persistance lors d'un l'entreposage de 112 jours, les concentrations de coliformes totaux, fécaux et *E. coli* diminuent plus rapidement dans la fraction liquide que dans la fraction solide. Le taux de réduction était plus élevé à 20°C qu'à 10°C. Les quantités de *Clostridium p.* ont peu varié durant la période d'entreposage. La salmonelle est disparue rapidement durant l'entreposage, et ce, plus rapidement à 20°C qu'à 10°C.

La hausse des coûts reliée à un tel système a été de 107,10 \$/place par rapport à un système de grattes conventionnelles. La moitié de cette hausse est dû à l'abri pour la fraction solide. Tout comme les coûts de construction et d'équipement, les frais de gestion des déjections augmentent comparativement à la gestion du lisier. Dans le cadre de ce projet, le coût de gestion des lisiers issus de la ferme aurait dû être, selon le scénario le plus optimiste, d'au moins 13,50 \$/m³ avant l'implantation du système de grattes en « V », pour que l'impact sur la trésorerie ne soit pas négatif. En somme, les deux éléments les plus importants pour réduire les frais engendrés par le système de grattes en « V » sont l'abri à solide et la disposition de cette fraction. Il est primordial de bien évaluer le volume de la fraction solide pour ne pas surdimensionner l'abri à solide et de trouver de nouvelles avenues de disposition, à moindre coût, pour la fraction solide. Il est tout aussi important qu'un suivi du fonctionnement des différents systèmes installés au Québec soit effectué afin de parfaire le système et d'en évaluer la durée de vie.

Dans le cadre de travaux futurs, il serait intéressant de trouver et d'évaluer des alternatives de valorisation pour les fractions liquide et solide. De plus, il sera de mise de déterminer la largeur et la longueur optimales des dalots afin d'optimiser les performances et minimiser les risques de bris du système. Les techniques de construction des dalots en « V » devront être peaufinées pour que, entre autre, la surface du béton soit lisse et que la fente du tuyau d'écoulement des liquides soit parfaitement rectiligne.

BIBLIOGRAPHIES

- Ahlgrimm, H.J. et J. Breford. 1998. Methanemissionen aus der Schweinemast. [Methane emissions from fattening pigs.] Landbauforschung Völkenrode, 1 : 26-34.
- Bachand, C., Schiettekatte, D. et M. Bélanger. 2002. Bilan alimentaire dans les élevages porcins. Montérégie : MAPAQ, 27 p.
- Baloda, S.B., Christensen, L. et S. Trajcevska. 2001. Persistence of a *Salmonella enterica serovar typhimurium* DT12 clone in a piggery and in agricultural soil amended with Salmonella-contaminated slurry. Applied and Environmental Microbiology, 67 : 2859-2862.
- Bernard, C., C. Côté, D., Giroux, M., Grégoire, R., Joncas, R., D.Y. Martin. 2003. Mémoire de l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. Commission sur le développement durable de la production porcine au Québec. 16 avril. Saint-Hyacinthe, Québec: Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. 43 p.
- Bicudo, J.R., Tengman, C.L., Schmidt, D.R. et L.D. Jacobson. 2002. Ambient H₂S concentrations near swine barns and manure storages. ASAE Annual International Meeting, 28-31 July, St. Joseph, Michigan, paper no. 024059.
- Braam, C.R. et D. Swierstra. 1999. Volatilization of ammonia from dairy housing floors with different surface characteristics. Journal of Agricultural Engineering Research, 72 : 59-69.
- Brasseur, G.P., Orlando, J.J. et G.S. Tyndall. 1999. Atmospheric chemistry and global change. Oxford University Press, 654 pages.
- Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ). 2004. Performances en maternité et en engraissement : évolution des performances en engraissement, 1999-2003. Québec : CDPQ, 1 feuillet.
- Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 2003a. Charges fertilisantes des effluents d'élevage. Période transitoire. Argumentaire entourant la méthode du bilan alimentaire. Québec : CRAAQ, 15 p.
- Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 2003b. Guide de référence en fertilisation. Québec : CRAAQ, 294 p.
- Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 2003c. Charges fertilisantes des effluents d'élevage. Période transitoire. Production laitière. Québec : CRAAQ, 3 p.
- Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 2005. Charges fertilisantes des effluents d'élevage. Production porcine sous gestion liquide des effluents d'élevage. Québec : CRAAQ, 9 p.

- Chantigny, M., Angers, D.A., Rochette, P., Bélanger, G., Côté, D. et D. Massé. 2004. Les sous-produits liquides de traitements des lisiers. Impacts agronomiques et environnementales. *Porc Québec*, 15(4) : 32-36.
- Chauvel, J. et R. Granier. 1994. Incidence de l'utilisation d'aliments à taux azotés décroissants sur les performances zootechniques et les rejets du porc charcutier. *Journées Rech. Porcine en France*, 26 : 97-106.
- Cole, D.J., V.R. Hill, F.J. Humenik, et M.D. Sobsey. 1999. Health, safety, and environmental concerns of farm animal waste. *Occupational medicine Animal Handlers. State of the Art Reviews*, 14(2) : 423-448.
- Côté, C., Aktouche, N., Godbout, S., Massé, D.I., Bernard, Y., Chabot, R., Porcher, A.M. et J. Martinez. 2007. Qualité microbiologique du sous-produit liquide issu de procédés de traitement du lisier de porc. Québec : MAPAQ, programme Corpaq projet 604016, 88 pages.
- Côté, L. et D. Potvin. 1994. Caractérisation de certains composts commerciaux disponibles au Québec. Rapport présenté au Consortium québécois sur le développement du compostage au Québec. Québec : Centre de recherche industrielle du Québec, 19 p.
- Côté, D. et S. Seydoux. 2003. Nouvelles données sur les volumes et la composition des lisiers de porc. Implications pratiques pour une bonne gestion des lisiers. Colloque en agroenvironnement : la gestion des engrais organiques dans les régions de fortes concentrations animales, 13 novembre, Drummondville : 7-26.
- de Foy, C., Bégue, P., Hogue, R., Marquis, A., Godbout, S. et R. Gagné. 2004. Selection of interior finish materials to improve sanitary status in swine buildings : relations between odor emissions, material physical characteristics and bacterial retention on the surfaces. *ASAE/CSAE Annual International Meeting*, 1 - 4 August, Ottawa, Ontario, paper no 044090, 23 p.
- Dufour, V., Hamel, D., Pouliot, P., Leblanc, R., Godbout, S., von Bernuth, R.D. et J. Hill. 2006. Évaluation technico-économique d'un système de séparation liquide/solide des déjections à la source dans un bâtiment porcin et les impacts sur l'environnement – volet I. Rapport final. Québec : Centre de développement du porc du Québec inc., 115 p.
- Dufour, V., Pouliot, F., Leclerc, B., Godbout, S., Larose, L.A. et M. Trahan. 2005. Évaluation technique et économique d'un système d'isolement des fèces avec courroies sous les lattes dans un bâtiment porcin commercial québécois. Québec : Centre de développement du porc du Québec inc., 68 p.
- Éditeur officiel du Québec. 2002. Règlement sur les exploitations agricoles. *Gazette officielle du Québec*, 14 juin 2002, no 24A, 134^e année : 3525-3539.

- Éditeur officiel du Québec. 2006. Règlement sur les exploitations agricoles. [En ligne]. http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q_2/Q2R11_1.htm
- 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 J. Hardesty. 2001. Development of an energy efficient swine building using conveyor belts for manure handling. Livestock environment VI, May 21-23, Louisville, Kentucky : 749-757.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2001. Odour impacts and odour emission control measures for intensive agriculture : final report. R&D report series, no 14.
- European Committee for Standardization. 2003. Norme NF EN 13725 Air quality – determination of odor concentration by dynamic olfactometry. Bruxelles, Belgique : CEN Central secretariat.
- Freibauer, A. 2003. Regionalised inventory of biogenic greenhouse gas emissions from European agriculture. European Journal of Agronomy, 19(2) : 135-160.
- Gallman, E. et E. Hartung. 2000. Evaluation of the emission rates of ammonia and greenhouse gases from swine housings. Proceedings of the 2nd International Conference on Air Pollution from Agricultural Operations, October 9-11, Des Moines, IA : 92-99.
- Godbout, S. 2006. Évaluation technico-économique d'un système de séparation liquide/solide des déjections à la source dans un bâtiment porcin et les impacts sur l'environnement - volet II. Rapport non publié. Deschambault, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc., 68 p.
- Godbout, S., Joncas, R. et F. Pouliot. 2002. Séparation des lisiers à la source. Volet I : Voyage au Michigan. Québec : Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, 13p.
- Gracian, C. 2000. Phosphore et lisier de porc : Solutions et gestion des boues. Techniporc, 23(3) : 7-16.
- Groot Koerkamp, P.W.G. et G.H. Uenk. 1997. Climatic conditions and aerial pollutants in and emissions from commercial animal production systems in the Netherlands. Ammonia and odour control from animal production facilities, Proceedings of the International Symposium, 6-10 October, Vinkeloord, The Netherlands : 139-144.
- Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC). 1997. Revised 1996 ipcc guidelines for national greenhouse gas inventories, Vols. 1 and 3. Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, version révisée de 1996, Bracknell, R.-U.

- Guimont, H., Pouliot, F. et V. Dufour. 2005a. Évaluation technique d'un système de grattes en « V » permettant l'isolement des fèces sous les lattes dans un bâtiment d'engraissement porcin commercial québécois. Centre de développement du porc du Québec inc., 8 p. Non publié.
- Guimont, H., Pouliot, F., Turgeon, M.J., Godbout, S. et R. Leblanc. 2005b. Abreuvoirs économiseurs d'eau pour porcs en engraissement - Comparaison de l'utilisation d'eau et des performances zootechniques de différents types d'abreuvoirs utilisés au Québec : rapport final. Québec : Centre de développement du porc du Québec inc., 58 p.
- Guingand, N. 2000. Influence de la vidange des préfosses sur l'émission d'ammoniac et d'odeurs par les porcheries d'engraissement. Résultats préliminaires. Journée de la Recherche Porcine en France, 32 : 83-88.
- Hahne, J., Hesse, D. et K.D. Vorlop. 1999. Spurengasemissionen aus der Mastschweinehaltung. [Trace gas emissions from fattening pig housing.] Landtechnik, 54(3) : 180-181.
- Hamel, D., Pouliot, F., Leblanc, R., Godbout, S., von Bernuth, R.D. et J. Hill. 2004. Évaluation technico-économique d'un système de séparation liquide/solide des déjections à la source dans un bâtiment porcin et les impacts sur l'environnement – volet I. Rapport d'étape. Québec : Centre de développement du porc du Québec inc., 68 p.
- Hartung, J. et V.R. Phillips. 1994. Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure storages. Journal of Agricultural Engineering Resources, 57 : 173-189.
- Heber, A., Jones, D. et A. Sutton. 1996. Indoor air quality - Controlling ammonia gas in swine buildings. Agricultural and Biological Engineering, Animal Sciences and Industry. Cooperative extension work in agriculture and home economics, Indiana, USA: Purdue University and U.S. Department of Agriculture. [En ligne]. <http://www.cdc.gov/nasd/docs/d000901-d001000/d000992/d000992.pdf>
- Heber, A.J., Bundy, D.S., Lim, T.T., Ni, J.Q., Haymore, B.L., Diehl, C. et R. Duggirala. 1998. Odor emission rates from swine finishing buildings. Animal Production Systems and the Environment : An International Conference on Odor, Water Quality, Nutrient Management and Socioeconomic Issues, 20-22 July, Des Moines, IA : 305-310.
- Héduit, M., Roustan, J.L., Lefevre, B. et C.R. Bernard. 1978. Valorisation et dégradation des effluents d'élevage porcin. Journées Rech. Porcine en France : 336-362.
- Hendriks, H.J.M. et A.M. Weerhof. 1999. Dutch notes on BAT for pig and poultry intensive livestock farming. The Netherlands : MANMF, 52 p.

- Hoeksma, P., Verdoes, N., Oosthoek J. et J.A.M. Voermans. 1992. Reduction of ammonia volatilization from pig houses using aerated slurry as recirculation liquid. *Livestock Production Science*, 31 : 121-132.
- Institut technique du porc (ITP). 2000. Mémento de l'éleveur de porc. Paris, France : ITP, 374 p.
- Jacobson, L., Schmidt, D., Nicolai, R. et J. Bicudo. 1998. Odor control for animal agriculture. BAEU-17. November 1998. [En ligne]. <http://www.bae.umn.edu/extens/aeu/baeu17.html>
- Jongebreur, A.A. 1981. Housing system and their influence on the environment. *Environmental aspects of housing for animal production*. London, UK: Butterworths : 431-436.
- Jungbluth, T., Hartung, E. et G. Brose. 2001. Greenhouse gas emissions from animal houses and manure stores. *Nutrient cycling in Agroecosystems*, 60 : 133-145.
- Klopfenstein, K. 2005a. Interprétation de l'analyse chimique de l'eau de puits. *Engraissement St-Louis*. 1 p. Non publié.
- Klopfenstein, K. 2005b. Interprétation de l'analyse chimique de l'eau de puits. *Ferme Raydan*. 1 p. Non publié.
- Kroodsmas, W. 1986. Separation and removal of faeces and urine using filter nets under slatted floors in piggeries. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 34 : 75-84.
- Laguë, C., Gaudet, É., Agnew, J. et T.A. Fonstad. 2004. Greenhouse Gas and Odor Emissions from Liquid Swine Manure Storage Facilities in Saskatchewan. *ASAE/CSAE Annual International Meeting*, 1-4 August, Ottawa, Ontario, paper no 044157, 17 p.
- Latimier, P., Gallard, F. et A. Corlouër. 1996. Actualisation des volumes et des quantités d'azote, de phosphore et de potasse rejetés dans le lisier par un élevage naisseur-engraisseur. *Journées Rech. Porcine en France*, 28 : 241-248.
- Levasseur, P. et C. Textier. 2001. Teneurs en éléments-trace métalliques des aliments et des lisiers de porcs à l'engrais, de truies et de porcelets. *Journées Rech. Porcine en France*, 33 : 57-62.
- Lim, T.T., Heber, A.J., Ni, J.Q., Kendall, D.C. et B.R. Richert. 2002. Effects of manure removal strategies on odor and gas emission from swine finishing. *ASAE Annual International Meeting*, July 28-August 2, Chicago Illinois, paper no 024123.
- Marchal, P. 2002. Le système de séparation solide-liquide sous la queue : un choix technologique raisonné. 3^e Colloque sur les bâtiments porcins – Le bâtiment en évolution ! 20 mars : 23-36.

- Mol, G. et N.W.M. Ogink. 2003. The effects of three pig housing systems on odor emission. Proceedings of the 3rd international conference on air pollution from agricultural operations. 12-15 October, Raleigh, North Carolina : 1-8.
- USEPA, 2005. Method 1623: *Cryptosporidium* and *Giardia* in water by filtration/IMS/FA. United States Environmental Protection Agency. 76 p.
- Moller, H.B., Lund, I. et S.G. Sommer. 2000. Solid-liquid separation of livestock slurry : efficiency and cost. Bioresource Technology, 74(3) : 223-229.
- Moller, H.B., Sommer, S.G. et B.K. Ahring. 2002. Separation efficiency and particle size distribution in relation to manure type and storage conditions. Bioresource Technology, 85(2) : 189-196.
- National Research Council (NRC). 1974. Nutrients and toxic substances in water for livestock and poultry. Washington : National Academy of Sciences, 57 p.
- Ni, J.Q., Heber, A.J., Lim, T.T., Tao, P.C., Longman, A.L. et A.M. Schmidt. 2005. Methane and carbon dioxide emissions from two swine finishing barns with long term continuous measurement. Livestock Environmental Initiative Conference, 7 et 8 février, Toronto, Canada, 16 p.
- Ogink, N.W.M., Willers, H.C., Aarnink, A.J.A. et I.H.G Satter. 2000. Development of a new pig production system with integrated solutions for emission control, manure treatment and animal welfare demands. Swine Housing : Proceedings of the 1st International Conference, October 9-11, Des Moines, Iowa : 253-259.
- O'Neill, D.H. et V.R. Phillips. 1991. A review of the control of odor nuisance from livestock buildings. 1. Influence of the techniques for managing waste within the building. Journal of Agricultural Engineering Research, 50 : 1-10.
- Osada, T., Rom, H.B. et P. Dahl. 1998. Continuous measurements of nitrous oxide and methane emission in pig units by infrared photoacoustic detection. Transactions of the ASAE, 41(4) : 1109-1114.
- Porkboard. 2004. Odor control. Odor Reduction Strategies/Technologies. [En ligne]. <http://www.porkboard.org/environment/Information/odorControl.asp#odorReduction>
- Pouliot, F. et S.P. Lemay. 2004. Le contrôle des odeurs au bâtiment. Journée d'information provinciale sur « Les odeurs et la production porcine : les solutions accessibles », 27 janvier, Drummondville : 39-51.
- Robertson, J.F. 1994. Ammonia, dust and air quality: quantifying the problem. The pig journal, 33: 113-125.
- SAS. 1999. SAS version 8.0. Cary, NC : SAS Inst. Inc.

- Schiffman, S.S., Bennett, J.L. et J.H. Raymer. 2001. Quantification of odors and odorants from swine operations in North Carolina. *Agric. Forest Meteorol.*, 108(3) : 213-240.
- Sharpe, R.R., Harper, L.A. et J.D. Simmons. 2001. Methane emissions from swine lagoons in Southern US. *Chemosphere-Global change science*, 3 : 1-6.
- Tengman, C.L. 1995. Gravitational liquid-solid separation immediately below slats concentrating swine manure phosphorus in solids. Thesis (M.S.). Michigan State University : Dept. of Agricultural Engineering, 39 p.
- Tran, T.S., Côté, D. et A. N'Dayegamiye. 1996. Effets des apports prolongés de fumier et de lisier sur l'évolution des teneurs 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. *Advances in Pork Production*, 14 : 195-206.
- van Kempen, T., B. Kaspers, P. Brunette, M. van Kempen et J.B. Koger. 2003. Swine housing with a belt for separating urine and feces; key to flexibility? Swine housing II, October 12-15, North Carolina : 159-165.
- Verdoes, N. et N.W.M. Ogink. 1997. Odour emission from pig houses with low ammonia emission. Ammonia and odour control from animal production facilities, Proceedings of the International Symposium, 6-10 October, Vinkeloord, The Netherlands : 317-325.
- Voermans, J.A.M. et M.M.L. van Asseldonk. 1990. Separation of pig manure under a slatted floor. Proefverslag-Proefstation-voor-de-Varkenshouderij, No P1.151, 32 p. RÉSUMÉ.
- Voermans, J.A.M. et F. van Poppel. 1993. Scraper systems in pig houses. *Livestock Environment IV*, 6-9 July, Coventry, England : 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.
- Wagner-Riddle, C. et M. Marinier. 2004. Improved greenhouse gas emission estimates from manure storage systems. Final project report prepared for the climate change funding initiative in agriculture. Ontario : University of Guelph, 91 p.
- Weagant, S.D. 1983. Medium for presumptive identification of *Yersinia enterocolitica*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 45(2) : 472-473.
- Zhang, R.H. et P.W. Westerman. 1997. Solid-liquid separation of annual manure for odor control and nutrient management. *Applied Engineering in Agriculture*, 13(3) : 385-393.

Annexe A

**Quantité de déjections
produites par les porcs**

Tableau A-1 Quantité moyenne de déjections solides rejetées par section (kg/porc-jour)

Échantillonnage	Section nord				Section sud			
	lot 1	lot 2	lot 3	moyenne	lot 1	lot 2	lot 3	moyenne
1	0,64	0,61	0,82	0,69	0,68	0,70	0,86	0,75
2	0,66	0,86	0,73	0,75	0,69	0,76	0,92	0,79
3	0,77	1,11	0,79	0,89	0,90	0,92	1,07	0,96
4	0,95	1,47	1,08	1,17	1,05	1,48	1,14	1,22
5	1,08	1,03	1,39	1,17	1,11	1,11	1,37	1,20
moyenne	0,83	1,01	0,96	0,93	0,89	0,99	1,07	0,98
écart-type	0,19	0,32	0,24	0,23	0,19	0,30	0,18	0,22

Tableau A-2 Quantité moyenne de déjections liquides rejetées par section (kg/porc-jour)

Échantillonnage	Section nord				Section sud			
	lot 1	lot 2	lot 3	moyenne	lot 1	lot 2	lot 3	moyenne
1	-	0,72	1,51	1,12	-	1,75	1,76	1,76
2	-	1,75	1,85	1,80	-	1,18	1,61	1,40
3	2,00	2,55	-	2,28	2,51	2,97	-	2,74
4	2,37	3,05	2,60	2,50	2,77	2,18	2,95	2,63
5	1,86	2,71	2,42	2,22	1,82	2,38	2,05	2,08
moyenne	2,08	2,16	2,10	1,98	2,37	2,09	2,09	2,12
écart-type	0,26	0,94	0,50	0,55	0,50	0,67	0,60	0,57

Annexe B

Quantité de solide selon les périodes d'accumulation

Tableau B-1 Quantité moyenne de solide par période d'accumulation lors du lot 1 pour tout le bâtiment

	Période d'accumulation¹				Quantité (kg)
	1	2	3	4	
	10 h 30 à 15 h	15 h à 20 h	20 h à 8 h	8 h à 10 h 30	
1	21,5	-	-	-	872
2	21,9	20,6	45,7	16,7	880
3	24,1	25,6	33,6	16,8	1108
4	22,2	22,6	39,9	15,3	1304
5	19,1	12,7	46,9	21,3	1106

Tableau B-2 Quantité moyenne de solide par période d'accumulation lors du lot 1 pour la section nord seulement

Éch.	Période d'accumulation¹				Quantité (kg)
	1	2	3	4	
	10 h 30 à 15 h	15 h à 20 h	20 h à 8 h	8 h à 10 h 30	
1	21,8	-	-	-	441
2	20,0	23,7	44,1	18,3	460
3	22,7	24,3	33,4	19,6	565
4	19,4	23,5	40,4	16,7	683
5	19,7	12,6	50,8	16,9	585

Tableau B-3 Quantité moyenne de solide par période d'accumulation lors du lot 1 pour la section sud seulement

Éch.	Période d'accumulation¹				Quantité (kg)
	1	2	3	4	
	10 h 30 à 15 h	15 h à 20 h	20 h à 8 h	8 h à 10 h 30	
1	21,1	-	-	25,8	431
2	23,8	17,5	47,3	15,2	467
3	25,5	26,9	33,8	13,9	555
4	25,1	21,7	39,4	13,8	886
5	18,5	12,9	43	25,6	572

Tableau B-4 Quantité moyenne de solide par période d'accumulation lors du lot 2 pour tout le bâtiment

Éch.	Période d'accumulation ¹ (%)				Quantité (kg)
	1	2	3	4	
	10 h 30 à 15 h	15 h à 20 h	20 h à 8 h	8 h à 10 h 30	
1	15,3	16,1	52,9	15,7	808
2	16,1	17,6	45,8	20,5	990
3	22,1	17,5	41,2	19,2	1210
4	24,5	19,6	36,8	19,1	1735
5	27,5	24,4	38,0	10,1	1107

Tableau B-5 Quantité moyenne de solide par période d'accumulation lors du lot 2 pour la section nord seulement

Éch.	Période d'accumulation ¹ (%)				Quantité (kg)
	1	2	3	4	
	10 h 30 à 15 h	15 h à 20 h	20 h à 8 h	8 h à 10 h 30	
1	17,8	12,4	55,0	14,8	374
2	15,3	16,3	47,2	21,3	523
3	28,2	19,5	38,9	13,4	655
4	25,3	19,3	36,7	18,7	849
5	25,8	25,4	39,9	9,0	535

Tableau B-6 Quantité moyenne de solide par période d'accumulation lors du lot 2 pour la section sud seulement

Éch.	Période d'accumulation ¹ (%)				Quantité (kg)
	1	2	3	4	
	10 h 30 à 15 h	15 h à 20 h	20 h à 8 h	8 h à 10 h	
1	12,8	19,8	50,8	16,6	434
2	17,0	18,9	44,4	19,8	467
3	16,0	15,5	43,5	25,0	555
4	23,7	19,9	36,9	19,6	886
5	29,2	23,4	36,1	11,3	572

Tableau B-7 Quantité moyenne de solide par période d'accumulation lors du lot 3 pour tout le bâtiment

Éch.	Période d'accumulation ¹ (%)				Quantité (kg)
	1	2	3	4	
	10 h 30 à 15 h	15 h à 20 h	20 h à 8 h	8 h à 10 h 30	
1	18,9	15,6	52,2	13,3	958
2	22,0	17,9	46,0	14,0	931
3	22,6	20,7	44,0	12,6	1045
4	23,8	18,4	31,3	26,6	1247
5	24,8	21,5	41,0	12,7	1008

Tableau B-8 Quantité moyenne de solide par période d'accumulation lors du lot 3 pour la section nord seulement

Éch.	Période d'accumulation ¹ (%)				Quantité (kg)
	1	2	3	4	
	10 h 30 à 15 h	15 h à 20 h	20 h à 8 h	8 h à 10 h 30	
1	15,1	12,4	61,0	11,5	505
2	20,9	11,5	52,8	14,8	446
3	17,3	19,2	51,2	12,4	482
4	28,1	20,9	28,3	22,7	670
5	24,7	17,3	45,9	12,1	597

Tableau B-9 Quantité moyenne de solide par période d'accumulation lors du lot 3 pour la section sud seulement

Éch.	Période d'accumulation ¹ (%)				Quantité (kg)
	1	2	3	4	
	10 h 30 à 15 h	15 h à 20 h	20 h à 8 h	8 h à 10 h 30	
1	22,7	18,8	43,4	15,1	454
2	23,2	24,4	39,1	13,3	486
3	28	22,2	36,9	12,9	563
4	19,5	15,8	34,2	30,4	577
5	24,9	25,6	36,2	13,3	411

Annexe C

**Quantité de solide collectée
dans les dalots de 1,22 et 1,83 m de largeur**

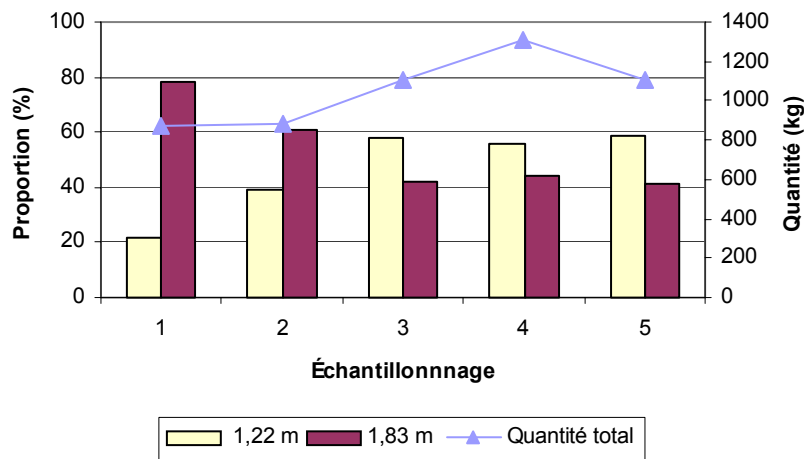


Figure C-1 Quantité totale de fraction solide collectée lors du lot 1 et sa répartition dans les deux différentes tailles de dalots (gratte de 1,22 comparé à 1,83 m)

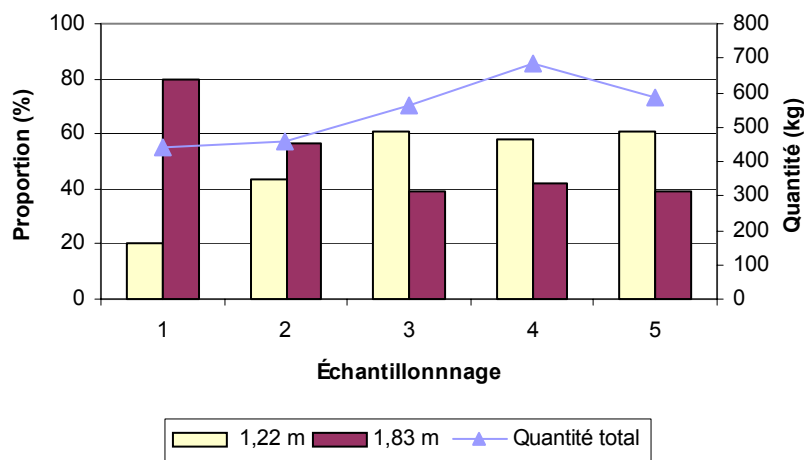


Figure C-2 Quantité totale de fraction solide collectée dans la section nord lors du lot 1 et sa répartition dans les deux différentes tailles de dalots (gratte de 1,22 comparé à 1,83 m)

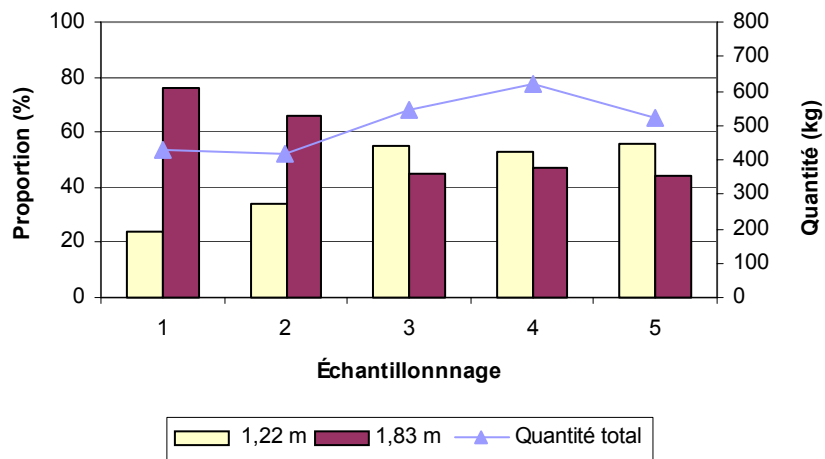


Figure C-3 Quantité totale de fraction solide collectée dans la section sud lors du lot 1 et sa répartition dans les deux différentes tailles de dalots (gratte de 1,22 comparé à 1,83m)

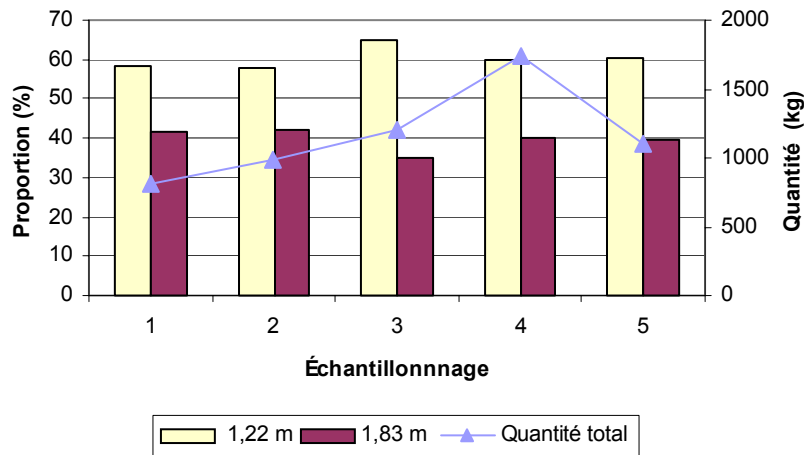


Figure C-4 Quantité totale de fraction solide collectée lors du lot 2 et sa répartition dans les deux différentes tailles de dalots (gratte de 1,22 comparé à 1,83 m) par échantillonnage

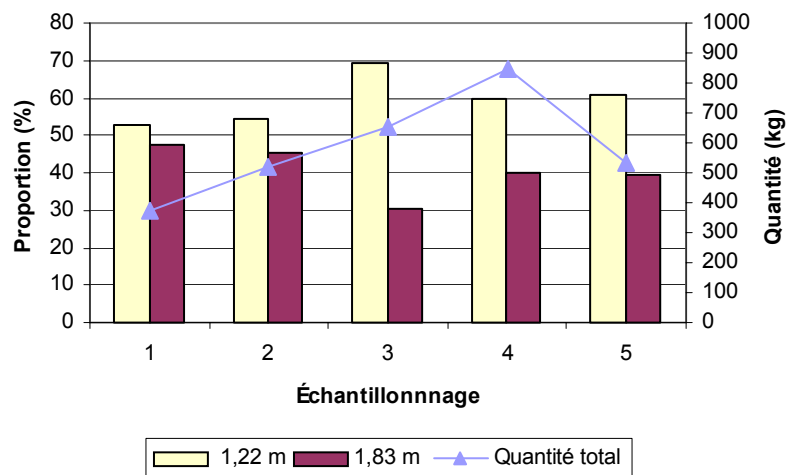


Figure C-5 Quantité totale de fraction solide collectée dans la section nord lors du lot 2 et sa répartition dans les deux différentes tailles de dalots (gratte de 1,22 comparé à 1,83 m) par échantillonnage

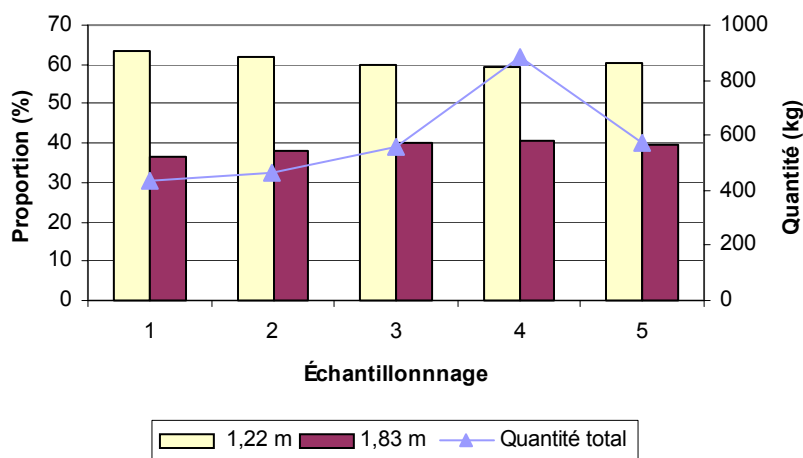


Figure C-6 Quantité totale de fraction solide collectée dans la section sud lors du lot 2 et sa répartition dans les deux différentes tailles de dalots (gratte de 1,22 comparé à 1,83 m) par échantillonnage

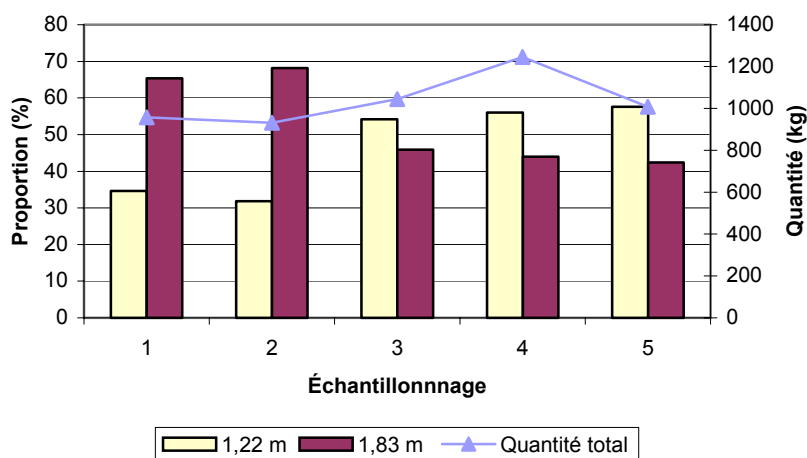


Figure C-7 Quantité totale de fraction solide collectée lors du lot 3 et sa répartition dans les deux différentes tailles de dalots (gratte de 1,22 comparé à 1,83 m) par échantillonnage

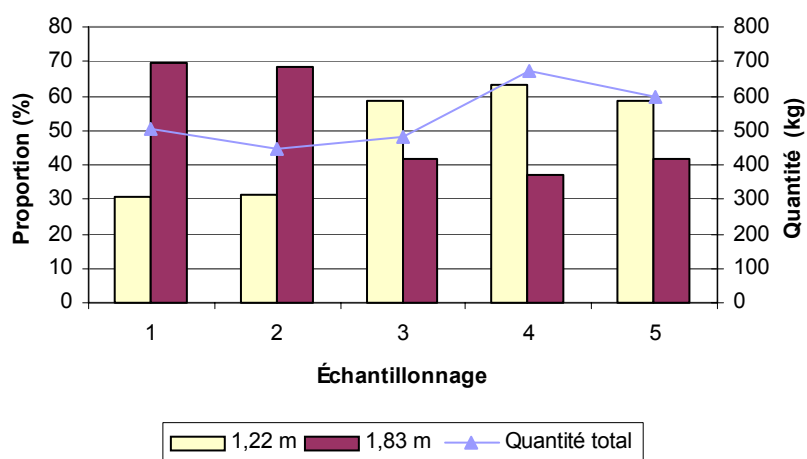


Figure C-8 Quantité totale de fraction solide collectée dans la section nord lors du lot 3 et sa répartition dans les deux différentes tailles de dalots (gratte de 1,22 comparé à 1,83 m) par échantillonnage

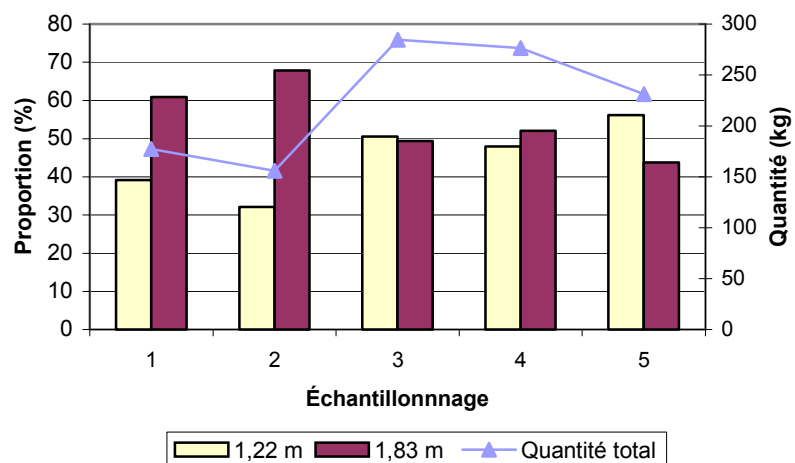


Figure C-9 Quantité totale de fraction solide collectée dans la section sud lors du lot 2 et sa répartition dans les deux différentes tailles de dalots (gratte de 1,22 comparé à 1,83 m) par échantillonnage

Annexe D

**Efficacité globale d'isolement
des éléments fertilisants par section de bâtiment**

Tableau D-1 Efficacité globale moyenne d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions solides par section de bâtiment

Élément		Section nord					Section sud				
		Lot 1	Lot 2	Lot 3	Moyenne	Écart-type	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Moyenne	Écart-type
P	%	75,9	72,5	80,3	76,2	9,6	76,1	74,4	83,6	78,0	8,2
N _{total}	%	55,9	55,1	52,1	54,4	7,5	55,0	55,0	55,4	55,1	5,9
NH ₄ -N	%	31,7	28,8	30,0	30,2	8,3	29,7	27,3	31,4	29,5	7,1
K	%	48,5	49,5	43,0	47,0	6,0	48,2	48,2	46,8	47,7	6,2
Mg	%	81,7	72,3	82,4	78,8	9,0	80,8	75,0	86,6	80,8	8,6
Ca	%	88,2	79,4	87,6	85,1	7,4	88,7	81,9	90,9	87,2	6,7
Na	%	42,7	44,6	42,0	43,1	6,0	41,2	42,6	43,6	42,5	6,5
Al	%	89,1	72,6	75,5	79,1	9,2	90,2	75,9	77,2	81,1	10,3
B	%	74,7	49,1	42,6	55,5	17,0	75,4	48,6	46,2	56,7	14,4
Cu	%	86,0	75,9	85,2	82,4	8,1	86,0	77,9	89,2	84,4	8,1
Fe	%	87,8	76,0	86,1	83,3	8,9	88,5	74,2	90,3	84,3	12,3
Mn	%	87,0	76,8	87,2	83,7	9,0	86,8	79,6	91,3	85,9	8,1
Zn	%	85,7	75,3	85,0	82,0	8,4	85,8	78,3	89,2	84,4	7,7
CO	%	87,3	71,9	81,9	80,4	12,2	86,9	76,4	85,8	83,0	9,2
MO	%	87,3	71,9	81,9	80,4	12,2	86,9	76,4	85,8	83,0	9,2
MS	%	83,2	75,3	82,5	80,3	7,3	83,0	77,2	86,7	82,3	6,6

Tableau D-2 Efficacité globale moyenne d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions liquides par section de bâtiment

Élément		Section nord					Section sud				
		lot 1	lot 2	lot 3	moyenne	écart type	lot 1	lot 2	lot 3	moyenne	écart type
P	%	24,1	27,5	19,7	23,8	9,6	23,9	25,6	16,4	22,0	8,2
N _{total}	%	44,1	44,9	47,9	45,6	7,5	45,0	45,0	44,6	44,9	5,9
NH ₄ -N	%	68,3	71,2	70,0	69,8	8,3	70,3	72,7	68,6	70,5	7,1
K	%	51,5	50,5	57,0	53,0	6,0	51,8	51,8	53,2	52,3	6,2
Mg	%	18,3	27,7	17,6	21,2	9,0	19,2	25,0	13,4	19,2	8,6
Ca	%	11,8	20,6	12,4	14,9	7,4	11,3	18,1	9,1	12,8	6,7
Na	%	57,3	55,4	58,0	56,9	6,0	58,8	57,4	56,4	57,5	6,5
Al	%	10,9	27,4	24,5	20,9	9,2	9,8	24,1	22,8	18,9	10,3
B	%	25,3	50,9	57,4	44,5	17,0	24,6	51,4	53,8	43,3	14,4
Cu	%	14,0	24,1	14,8	17,6	8,1	14,0	22,1	10,8	15,6	8,1
Fe	%	12,2	24,0	13,9	16,7	8,9	11,5	25,8	9,7	15,7	12,3
Mn	%	13,0	23,2	12,8	16,3	9,0	13,2	20,4	8,7	14,1	8,1
Zn	%	14,3	24,7	15,0	18,0	8,4	14,2	21,7	10,8	15,6	7,7
CO	%	12,7	28,1	18,1	19,6	12,2	13,1	23,6	14,2	17,0	9,2
MO	%	12,7	28,1	18,1	19,6	12,2	13,1	23,6	14,2	17,0	9,2
MS	%	16,8	24,7	17,5	19,7	7,3	17,0	22,8	13,3	17,7	6,6

Annexe E

**Efficacité d'isolement
des éléments fertilisants par séance d'échantillonnage**

Tableau E-1 Efficacité globale moyenne d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide par séance d'échantillonnage pour les trois lots pour tout le bâtiment

Élément	P	N_{total}	N-NH₄	K	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Corg	Morg	MS
Fraction	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Solide																
Échan. 1	80	60	35	47	75	83	45	69	52	76	79	80	78	82	82	79
Échan. 2	85	62	37	54	83	88	49	80	56	84	85	87	84	58	58	83
Échan. 3	72	52	27	46	73	84	38	84	59	79	76	80	78	81	81	77
Échan. 4	67	52	21	47	71	78	43	77	52	76	76	76	75	77	77	74
Échan. 5	75	54	31	49	81	86	43	83	67	84	85	85	84	86	86	82
Liquide¹																
Échan. 1	20	40	65	53	25	17	55	31	48	24	21	20	22	18	18	21
Échan. 2	15	38	63	46	17	12	51	20	44	16	15	13	16	42	42	17
Échan. 3	28	48	73	54	27	16	62	16	41	21	24	20	22	19	19	23
Échan. 4	28	48	73	54	27	16	62	16	41	21	24	20	22	19	19	23
Échan. 5	25	46	69	51	19	14	57	17	33	16	15	15	16	14	14	18

Tableau E-2 Efficacité d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide lors du lot 1 pour tout le bâtiment

Élément	P	N_{total}	N-NH₄	K	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Corg	Morg	MS
Fraction	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Solide																
Échan. 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échan. 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échan. 3	75,7	54,2	29,8	46,9	79,0	88,4	39,3	93,6	77,6	85,1	90,3	86,1	84,6	85,9	85,9	81,7
Échan. 4	70,9	51,6	26,9	44,8	77,6	85,1	39,5	81,6	59,1	82,7	83,5	83,0	82,5	83,2	83,2	79,0
Échan. 5	81,4	60,6	35,5	53,3	87,2	92,0	47,1	93,9	87,6	90,2	90,9	91,7	90,2	92,3	92,3	88,6
Liquide																
Échan. 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échan. 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échan. 3	24,3	45,8	70,2	53,1	21,0	11,6	60,7	6,4	22,4	14,9	9,7	13,9	15,4	14,1	14,1	18,3
Échan. 4	29,1	48,4	73,1	55,3	22,4	14,9	60,5	18,4	40,9	17,3	16,5	17,0	17,5	16,8	16,8	21,0
Échan. 5	18,6	39,4	64,5	46,7	12,8	8,0	52,9	6,1	12,4	9,8	9,1	8,3	9,8	7,7	7,7	11,4

Tableau E-3 Efficacité d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide lors du lot 1 pour la section nord seulement

Élément	P	N _{total}	N-NH ₄	K	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	CO	MO	MS
Fraction	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Solide																
Échan. 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échan. 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échan. 3	77,3	55,9	31,5	49,0	80,8	89,4	41,2	95,3	82,6	86,3	91,5	87,4	85,9	86,9	86,9	82,7
Échan. 4	70,0	51,6	29,0	43,9	77,3	83,7	40,6	78,5	52,0	81,8	81,8	81,9	81,2	82,5	82,5	78,3
Échan. 5	80,4	60,2	34,7	52,5	87,1	91,3	46,3	93,7	89,7	89,9	90,8	91,7	90,0	92,4	92,4	88,5
Liquide																
Échan. 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échan. 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échan. 3	22,7	44,1	68,5	51,0	19,2	10,6	58,8	4,7	17,4	13,7	8,5	12,6	14,1	13,1	13,1	17,3
Échan. 4	30,0	48,4	71,0	56,1	22,7	16,3	59,4	21,5	48,0	18,2	18,2	18,1	18,8	17,5	17,5	21,7
Échan. 5	19,6	39,8	65,3	47,6	12,9	8,7	53,7	6,4	10,3	10,1	9,2	8,3	10,0	7,6	7,6	11,5

Tableau E-4 Efficacité d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide lors du lot 1 pour la section sud seulement

Élément	P	N _{total}	N-NH ₄	K	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	CO	MO	MS
Fraction	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Solide																
Échan. 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échan. 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échan. 3	74,1	52,4	28,0	44,6	77,3	87,3	37,3	92,0	72,7	83,9	89,1	84,8	83,3	98,5	98,5	
Échan. 4	71,7	51,6	24,7	45,6	77,9	86,3	38,3	84,5	68,0	83,5	85,5	83,9	83,7	98,2	98,2	
Échan. 5	82,4	60,9	36,4	54,3	87,3	92,6	48,0	94,2	85,5	90,5	90,3	91,6	90,4	99,3	99,3	
Liquide																
Échan. 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échan. 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échan. 3	26,0	47,6	72,0	55,4		12,7		8,0	27,3	16,1	10,9	15,2	16,7	36,1	1,5	
Échan. 4	28,3	48,4	75,3	54,4		13,7		15,5	32,0	16,5	14,5	16,1	16,3	36,7	1,8	
Échan. 5	17,6	39,1	63,6	45,8		7,4		5,8	14,5	9,5	9,1	8,4	9,7	27,8	0,7	

Tableau E-5 Efficacité d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide lors du lot 2 pour tout le bâtiment

Élément	P	N _{total}	N-NH ₄	K	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	CO	MO	MS
Fraction	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Solide																
Échan. 1	80,1	60,3	34,8	47,4	75,2	82,9	45,3	69,0	52,0	76,1	79,0	80,3	78,5	82,0	82,0	78,8
Échan. 2	84,5	61,9	37,0	54,5	83,4	88,5	48,8	79,6	56,4	84,3	85,2	86,9	84,4	58,0	58,0	83,2
Échan. 3	67,8	50,1	23,8	44,4	67,2	79,7	36,5	74,2	41,1	73,6	61,5	73,2	71,9	76,6	76,6	72,7
Échan. 4	63,6	52,6	14,5	50,1	64,9	70,1	45,6	72,3	44,2	68,4	67,7	68,2	68,4	71,4	71,4	69,3
Échan. 5	68,3	47,0	26,0	44,1	73,8	80,0	38,0	72,7	47,0	78,5	78,6	79,2	77,4	79,3	79,3	74,9
Liquide																
Échan. 1	19,9	39,7	65,2	52,6	24,8	17,1	54,7	31,0	48,0	23,9	21,0	19,7	21,5	18,0	18,0	21,2
Échan. 2	15,5	38,1	63,0	45,5	16,6	11,5	51,2	20,4	43,6	15,7	14,8	13,1	15,6	42,0	42,0	16,8
Échan. 3	32,2	49,9	76,2	55,6	32,8	20,3	63,5	25,8	58,9	26,4	38,5	26,8	28,1	23,4	23,4	27,3
Échan. 4	36,4	47,4	85,5	49,9	35,1	29,9	54,5	27,7	55,8	31,6	32,3	31,8	31,6	28,6	28,6	30,7
Échan. 5	31,7	53,0	74,0	55,9	26,2	20,0	62,0	27,3	53,0	21,5	21,4	20,8	22,6	20,7	20,7	25,1

Tableau E-6 Efficacité d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide lors du lot 2 pour la section nord seulement

Élément	P	N _{total}	N-NH ₄	K	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	CO	MO	MS
Fraction	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Solide																
Échan. 1	91,5	73,0	46,8	60,4	87,9	91,2	58,5	81,6	64,6	89,1	91,0	92,1	90,1	91,8	91,8	89,2
Échan. 2	80,2	58,0	33,5	51,3	78,8	84,5	45,9	75,6	53,7	80,2	80,7	82,8	80,1	50,9	50,9	79,4
Échan. 3	67,8	52,4	25,9	47,6	66,3	78,9	40,4	74,0	44,3	72,6	71,8	71,9	70,6	75,3	75,3	72,4
Échan. 4	59,3	47,9	12,2	45,8	60,4	67,0	41,3	67,6	39,0	64,2	64,5	64,1	64,2	68,6	68,6	66,2
Échan. 5	63,6	44,0	25,2	42,5	68,2	75,3	36,9	63,9	44,0	73,2	72,0	73,0	71,5	73,1	73,1	69,1
Liquide																
Échan. 1	8,5	27,0	53,2	39,6	12,1	8,8	41,5	18,4	35,4	10,9	9,0	7,9	9,9	8,2	8,2	10,8
Échan. 2	19,8	42,0	66,5	48,7	21,2	15,5	54,1	24,4	46,3	19,8	19,3	17,2	19,9	49,1	49,1	20,6
Échan. 3	32,2	47,6	74,1	52,4	33,7	21,1	59,6	26,0	55,7	27,4	28,2	28,1	29,4	24,7	24,7	27,6
Échan. 4	40,7	52,1	87,7	54,2	39,6	33,0	58,7	32,4	61,0	35,8	35,5	35,9	35,8	31,4	31,4	33,8
Échan. 5	36,4	56,0	74,8	57,5	31,8	24,7	63,1	36,1	56,0	26,8	28,0	27,0	28,5	26,9	26,9	30,9

Tableau E-7 Efficacité d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide lors du lot 2 pour la section sud seulement

Élément	P	N _{total}	N-NH ₄	K	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	CO	MO	MS
Fraction	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Solide																
Échan. 1	72,0	52,1	28,3	40,2	66,7	76,7	37,9	60,7	44,5	67,3	70,8	72,2	70,6	75,0	75,0	71,5
Échan. 2	90,2	67,0	41,6	58,8	89,8	93,3	52,7	84,8	59,9	90,0	91,4	92,5	90,6	68,6	68,6	87,8
Échan. 3	67,7	47,6	21,9	40,9	68,3	80,7	32,4	74,3	37,6	75,0	52,4	74,9	73,7	78,1	78,1	73,2
Échan. 4	68,5	58,3	17,7	55,2	70,0	73,5	50,8	77,3	50,3	72,8	71,0	72,6	72,9	74,4	74,4	72,7
Échan. 5	73,7	50,1	26,8	45,8	80,1	85,1	39,2	82,4	50,8	84,3	85,5	85,7	83,8	85,9	85,9	80,9
Liquide																
Échan. 1	28,0	47,9	71,7	59,8	33,3	23,3	62,1	39,3	55,5	32,7	29,2	27,8	29,4	25,0	25,0	28,5
Échan. 2	9,8	33,0	58,4	41,2	10,2	6,7	47,3	15,2	40,1	10,0	8,6	7,5	9,4	31,4	31,4	12,2
Échan. 3	32,3	52,4	78,1	59,1	31,7	19,3	67,6	25,7	62,4	25,0	47,6	25,1	26,3	21,9	21,9	26,8
Échan. 4	31,5	41,7	82,3	44,8	30,0	26,5	49,2	22,7	49,7	27,2	29,0	27,4	27,1	25,6	25,6	27,3
Échan. 5	26,3	49,9	73,2	54,2	19,9	14,9	60,8	17,6	49,2	15,7	14,5	14,3	16,2	14,1	14,1	19,1

Tableau E-8 Efficacité d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide lors du lot 3 pour tout le bâtiment

Élément	P	N _{total}	N-NH ₄	K	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	CO	MO	MS
Fraction	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Solide																
Échan. 1	83,6	55,4	34,5	45,6	81,7	88,5	46,0	76,4	44,0	83,5	86,2	87,3	85,1	87,4	87,4	83,5
Échan. 2	85,9	55,5	32,3	45,3	85,7	90,3	41,0	79,5	43,5	87,1	88,5	90,3	88,1	68,5	68,5	85,6
Échan. 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échan. 4	73,1	47,5	22,9	38,8	80,4	86,0	37,8	67,4	40,2	84,9	85,2	86,1	83,4	86,8	86,8	81,0
Échan. 5	84,1	55,9	33,0	49,3	88,7	91,2	45,9	81,6	49,4	92,0	91,6	92,1	90,5	91,7	91,7	87,3
Liquide																
Échan. 1	16,4	44,6	65,5	54,4	18,3	11,5	54,0	23,6	56,0	16,5	13,8	12,7	14,9	12,6	12,6	16,5
Échan. 2	14,1	44,5	67,7	54,7	14,3	9,7	59,0	20,5	56,5	12,9	11,5	9,7	11,9	31,5	31,5	14,4
Échan. 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échan. 4	26,9	52,5	77,1	61,2	19,6	14,0	62,2	32,6	59,8	15,1	14,8	13,9	16,6	13,2	13,2	19,0
Échan. 5	15,9	44,1	67,0	50,7	11,3	8,8	54,1	18,4	50,6	8,0	8,4	7,9	9,5	8,3	8,3	12,7

Tableau E-9 Efficacité d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide lors du lot 3 pour la section nord seulement

Élément	P	N _{total}	N-NH ₄	K	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	CO	MO	MS
Fraction	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Solide																
Échan. 1	79,7	55,4	34,5	46,1	77,2	85,8	47,4	74,5	42,7	78,7	82,1	82,9	80,8	83,7	83,7	80,4
Échan. 2	87,7	51,8	29,3	40,8	87,7	90,8	36,9	76,3	39,1	87,7	89,1	91,8	89,0	69,1	69,1	85,1
Échan. 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échan. 4	72,5	47,2	23,3	37,5	78,9	85,1	38,9	71,9	40,4	84,3	84,0	84,7	82,1	85,1	85,1	79,5
Échan. 5	81,4	53,8	33,1	47,6	85,8	88,7	44,8	79,2	48,1	89,9	89,1	89,5	88,0	89,5	89,5	85,0
Liquide																
Échan. 1	20,3	44,6	65,5	53,9	22,8	14,2	52,6	25,5	57,3	21,3	17,9	17,1	19,2	16,3	16,3	19,6
Échan. 2	12,3	48,2	70,7	59,2	12,3	9,2	63,1	23,7	60,9	12,3	10,9	8,2	11,0	30,9	30,9	14,9
Échan. 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échan. 4	27,5	52,8	76,7	62,5	21,1	14,9	61,1	28,1	59,6	15,7	16,0	15,3	17,9	14,9	14,9	20,5
Échan. 5	18,6	46,2	66,9	52,4	11,3	14,2	55,2	20,8	51,9	10,1	10,9	10,5	12,0	10,5	10,5	15,0

Tableau E-10 Efficacité d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide lors du lot 3 pour la section sud seulement

Élément	P	N _{total}	N-NH ₄	K	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	CO	MO	MS
Fraction	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Solide																
Échan. 1	88,4	55,4	34,6	45,0	87,2	92,1	44,6	79,0	45,4	89,5	91,3	92,7	90,5	91,9	91,9	87,2
Échan. 2	84,3	59,3	35,7	50,1	84,0	89,7	45,5	82,5	48,1	86,5	88,0	89,0	87,3	67,9	67,9	86,2
Échan. 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échan. 4	73,9	47,8	22,3	40,3	82,1	87,1	36,6	61,8	39,8	85,6	86,6	87,6	85,0	88,6	88,6	82,7
Échan. 5	88,0	59,2	32,9	52,0	93,0	94,7	47,8	85,3	51,5	95,1	95,1	95,8	94,1	94,9	94,9	90,7
Liquide																
Échan. 1	11,6	44,6	65,4	55,0	12,8	7,9	55,4	21,0	54,6	10,5	8,7	7,3	9,5	8,1	8,1	12,8
Échan. 2	15,7	40,7	64,3	49,9	16,0	10,3	54,5	17,5	51,9	13,5	12,0	11,0	12,7	32,1	32,1	13,8
Échan. 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Échan. 4	26,1	52,2	77,7	59,7	17,9	12,9	63,4	38,2	60,2	14,4	13,4	12,4	15,0	11,4	11,4	17,3
Échan. 5	12,0	40,8	67,1	48,0	7,0	5,3	52,2	14,7	48,5	4,9	4,9	4,2	5,9	5,1	5,1	9,3

Annexe F

**Concentration des éléments fertilisants
dans chaque dalot**

Tableau F-1 Concentration en éléments fertilisants dans les fractions solides du lot 1 par section de bâtiment sur une base humide (eaux de lavage et précipitations exclues)

		Section nord				Section sud			
		Dalot				Dalot			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Quantité	kg	169,5	101,0	119,0	175,0	174,5	120,5	125,0	124,0
M.S.	%	30,0	34,8	37,6	28,3	27,8	34,0	30,4	31,5
Ntotal	mg/kg	2944	2105	2580	2945	2849	2414	2055	2186
P (P ₂ O ₅)	mg/kg	2527	1421	1881	2286	2344	1676	1669	1789
K (K ₂ O)	mg/kg	1065	744	1012	1001	1003	899	684	742

Tableau F-2 Concentration en éléments fertilisants dans les fractions solides du lot 2 par section de bâtiment sur une base humide (eaux de lavage et précipitations exclues)

		Section nord				Section sud			
		Dalot				Dalot			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Quantité	kg	217,5	102,5	97,0	238,0	170,5	113,0	109,5	162,0
M.S.	%	27,7	34,4	37,2	24,4	26,4	31,4	33,7	25,0
Ntotal	mg/kg	2927	1739	1749	2895	2292	1778	1805	2008
P (P ₂ O ₅)	mg/kg	2436	1326	1327	2386	1786	1282	1223	1593
K (K ₂ O)	mg/kg	1283	869	832	1237	973	800	786	809

Tableau F-3 Concentration en éléments fertilisants dans les fractions solides du lot 3 par section de bâtiment sur une base humide (eaux de lavage et précipitations exclues)

		Section nord				Section sud			
		Dalot				Dalot			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Quantité	kg	133,5	93,0	108,0	147,5	141,5	137,0	141,0	143,0
M.S.	%	30,4	26,6	26,8	30,6	26,5	27,7	28,6	28,1
Ntotal	mg/kg	2070	1332	1431	2346	1943	1935	1833	2016
P	mg/kg	1743	1041	1272	2030	1665	1546	1779	1797
K	mg/kg	915	605	582	976	882	860	788	925

Annexe G

Problèmes d'échantillonnage

Problèmes survenus lors de l'évaluation du système de grattes en « V » et ayant pu affecter les résultats

Voici une liste de problèmes rencontrés à Engraissement Saint-Louis qui ont pu affecter les performances du système durant son évaluation.

Premièrement, il y avait des dépressions sur la surface des dalots et du solide s'y accumulait sans que la gratte puisse l'enlever. Le liquide lessivait ce solide entraînant avec eux des éléments fertilisants. De plus, lorsque la capacité de charge était dépassée, les grattes en « V » poussaient du solide dans les tuyaux du liquide. Par conséquent, la teneur en matière sèche de la fraction liquide devenait plus élevée et elle contenait alors davantage d'éléments fertilisants. L'accumulation de solide dans le fond des dalots peut aussi avoir engendré des émissions d'odeurs et de gaz dans le bâtiment.

Les câbles qui servent à relever les palettes des grattes lorsque ces dernières reculent vers le fond du bâtiment sortaient fréquemment des poulies. Ainsi, les palettes des grattes ne se relevaient pas, en mode reculons, ce qui poussait du solide dans le tuyau au fond du « V ». Donc, cela diminue l'efficacité de séparation. Ce problème a toutefois été réglé au début du troisième élevage par l'ajout d'une pièce métallique afin de maintenir les câbles en place.

Le drainage de la fraction liquide vers la préfosse se faisait par le tuyau fendu longitudinalement installé au fond du « V » du dalot. Le tuyau est installé avec une pente, ce qui devrait permettre d'évacuer le liquide vers la préfosse. Cependant, le tuyau n'est jamais complètement vide, on a observé des barrages formés d'accumulation de solide à différents endroits, malgré le fait que les grattes sont munies d'une pièce (valve papillon) qui circule dans le tuyau en même temps qu'elles afin d'empêcher la formation d'embâcles dans le tuyau. Il est arrivé que des embâcles cèdent durant la période d'échantillonnage.

Finalement, l'étanchéité du bâtiment n'était pas adéquate. À deux reprises, il y a eu de fortes pluies durant la période d'échantillonnage. Suite à des précipitations dans les heures et les jours qui suivaient, de l'eau de pluie s'infiltrait dans le bâtiment, surtout dans le caniveau de l'écureur. Cette eau dans le caniveau se mélangeait avec le solide apporté dans le caniveau par les grattes. À ce moment là, il y a formation de « lisier ». L'écureur n'étant pas conçu pour évacuer un fumier aussi humide, le « lisier » passait par le trop plein du caniveau et se retrouvait avec la fraction liquide dans la préfosse.

Les infiltrations d'eau et le fait que l'écureur ne soit pas conçu pour manutentionner ce type de solide ont fait en sorte qu'une très grande quantité de déjections et d'eau s'est accumulée sous la montée d'écureur. Ces déjections sont une source d'odeurs et ne peuvent être évacuées car la cavité sous la montée d'écureur ne communique pas avec la préfosse bien que celle-ci soit juste à côté. De plus, au printemps, la quantité de liquide était si importante que celui-ci refoulait dans le caniveau lorsqu'il y a quelques jours consécutifs de pluies puis le liquide s'écoulait par le trop plein du caniveau.

Annexe H

**Observation sur le fonctionnement du
système de grattes en « V »**

Observation sur le fonctionnement du système d'isolement avec grattes en « V »

Voici une énumération des observations et modifications effectuées sur le système depuis son installation. Cette section a pour objectif de recueillir des informations pertinentes pour améliorer le système et faire profiter de l'expérience acquise à tous, lors de l'installation et du fonctionnement de ce premier système de grattes en « V » au Québec.

La qualité de construction des dalots dans lesquels les grattes circulent s'avère d'une grande importance. Lors des tests de mise en marche, le fond des dalots était rugueux, les grattes accrochaient sur du béton mal poli. De plus, la fente du tuyau encastré dans le fond du dalot en « V » n'est pas droite. Tous ces points font en sorte que la gratte n'a pas un bon appui sur la surface du dalot ni une trajectoire parfaitement rectiligne sur toute la longueur du dalot, ce qui nuit en partie à l'efficacité de séparation.

Le dimensionnement des dalots a également une grande conséquence sur l'efficacité du système. Tout d'abord, l'emplacement des dalots de 1,22 m (4 pi) dans le bâtiment est inadéquat. Les dalots de 1,22 m sont situés du côté des murs du bâtiment, là où la quantité de déjections des porcs est plus élevée par rapport aux dalots de 1,83 m (6 pi) (60 comparé à 40 %). De plus, la longueur des dalots (50 m ou 165 pi) semble excessive. Lors des grattages, plus le dalot est long, plus la quantité de solide à transporter jusqu'à l'extrémité du dalot est importante. Les grattes de 1,22 m ne suffisent pas à la tâche puisque le volume de solide à transporter dépasse leur capacité de charge. Ces grattes auraient dû être plus larges ou activées plus fréquemment.

Les tuyaux installés au fond des dalots sont raccordés directement à des tuyaux collecteurs qui sont situés sous le caniveau de l'écureur (extrémité des dalots). Durant les premiers essais du système de grattes en « V », les tuyaux collecteurs se sont complètement bouchés. Un plombier avec un équipement de siphonage et muni d'une caméra a été engagé pour débloquer la tuyauterie. Ces manœuvres ont permis de découvrir que la méthode utilisée pour fixer et encastrer les tuyaux n'était pas adéquate car des pentes inversées ont été observées sur la tuyauterie.

Afin de réparer l'erreur sur le système de drainage, un système de recirculation du liquide a été installé. Ainsi, une tuyauterie relie la pompe de vidange de la préfosse aux extrémités de chaque tuyau collecteur. Le système de recirculation fonctionne manuellement, deux à trois fois par semaine. Ce système est efficace pour empêcher l'accumulation de solide dans le tuyau collecteur.

Pour les futures rénovations, il serait important de modifier l'installation du tuyau collecteur. Afin d'obtenir une vidange rapide de la fraction liquide, le tuyau installé dans le fond de dalot devrait se déverser dans une canalisation ouverte (un caniveau) ou directement dans une préfosse construite à l'extrémité des dalots.

Le système muni d'une montée d'écureur, communément appelé écureur à vaches, a été choisi pour l'évacuation de la fraction solide vers l'extérieur du bâtiment. En plus d'être dispendieux, cet équipement n'est pas parfaitement conçu pour manipuler le fumier solide des porcs. La teneur en matière sèche de ce fumier est inférieure à 30 % et ne contient aucun matériel qui pourrait faciliter l'évacuation du solide. De plus, la largeur du caniveau est trop grande par rapport à celle de l'écureur. Les palettes de l'écureur ne peuvent pas racler complètement le solide dans le caniveau, donc il y a des accumulations de solide. La présence du solide dans le caniveau a comme conséquence une concentration élevée des odeurs et des gaz dans l'aire de service.

Dès le troisième élevage, un des câbles principal a commencé à s'effiloche, donc les câbles ont été changés au printemps et la transmission fut renforcie.

Finalement, contre toute attente, l'angle de repos du tas dans l'abri à solide fut nul. La pente de la plate-forme vers l'intérieur est de 1 % ce qui s'avère insuffisant. De plus, puisque l'angle de repos est nul la hauteur de l'abri est inutilement trop importante. L'abri est couvert mais serait avantageux d'ajouter une porte afin d'éviter d'augmenter la teneur en humidité de la fraction solide avec les précipitations (pluie, neige).

Annexe I

**Analyse de la fraction solide dans l'abri à solide
au moment de l'épandage**

Tableau I-1 Caractéristiques de la fraction solide provenant de l’abri à solide au printemps 2006

Élément	Unité	Valeur
M.S	%	25,32
N total	kg/t	13,9
N-NH ₄	kg/t	4,1
P	kg/t	4,9
K	kg/t	5,0
C/N	-	7,7
Ca	kg/t	4,6
Mg	kg/t	2,7
Na	kg/t	2,0
Mn	mg/kg	129
Cu	mg/kg	182
Zn	mg/kg	232
Al	mg/kg	129
Fe	mg/kg	595
B	mg/kg	6
pH	-	5,88
Densité	g/cm ³	1,085