

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

## Rapport final



Centre de  
développement du  
porc du Québec inc.



INSTITUT DE RECHERCHE  
ET DE DÉVELOPPEMENT EN  
AGROENVIRONNEMENT

MICHIGAN STATE  
UNIVERSITY

**Valérie Dufour<sup>1</sup>, M. Sc.**  
**Dominique Hamel<sup>1</sup>, M. Sc., ing., agr.**  
**Francis Pouliot<sup>1</sup>, ing., M.B.A.**  
**Réjean Leblanc<sup>1</sup>, agr.**  
**Stéphane Godbout<sup>2</sup>, Ph. D., ing., P. eng., agr.**  
**Robert D. von Bernuth<sup>3</sup>, Ph. D., P. eng.**  
**Jeff Hill<sup>3</sup>, Ph. D.**

**12 janvier 2007**

---

<sup>1</sup> Centre de développement du porc du Québec inc.

<sup>2</sup> Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc.

<sup>3</sup> Michigan State University



# RAPPORT FINAL SUR LES ESSAIS CONDUITS AU MICHIGAN STATE UNIVERSITY DANS LE CADRE DU VOLET I DU PROJET « SÉPARATION À LA SOURCE »

## ÉQUIPE DE RÉALISATION (VOLETS I ET III)

Répondant :	Francis Pouliot, ing., M.B.A.
Chargés de projet :	Dominique Hamel, M. Sc., ing., agr. Valérie Dufour, M. Sc.
Responsable scientifique du projet :	Stéphane Godbout, Ph. D., ing., P. eng., agr.
Responsable de la réalisation des essais :	Robert D. von Bernuth, Ph. D., P.eng.

## COLLABORATEURS :

Erin Henderson	Simon Dubreuil, ing. stag.
Roch Joncas, M. Sc., ing.	Christian Drolet, ing.
Stéphane P. Lemay, Ph. D., ing.	Michel Leblanc, TP
Mélanie Drapeau, agr.	Robert Fillion, agr.
Maryse Trahan, agr.	Denis Côté, agr.
Yves Choinière, M. Sc. ing., P. eng., agr.	

## ÉQUIPE DE RÉDACTION

Dominique Hamel, M. Sc., ing., agr.	Stéphane Godbout, Ph. D., ing., P. eng., agr.
Réjean Leblanc, agr.	Robert D. von Bernuth, Ph. D., P.eng.
Francis Pouliot, ing., M.B.A.	Jeff Hill, Ph. D.
Valérie Dufour, M. Sc.	

## SITE EXPÉRIMENTAL

Swine Research Facility of Michigan State University (East-Lansing, Michigan, États-Unis)

## REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée grâce au support financier des partenaires suivants : le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ), la Fédération des producteurs de porcs du Québec (FPPQ), l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) et La Coop fédérée. Nous tenons à remercier le Michigan State University (MSU) qui a été l'hôte de ce projet. Merci également à Robert von Bernuth, Jeff Hill et Erin Henderson du MSU pour leur précieuse implication dans la partie du projet réalisée au Michigan.





# Table des matières

<b>RÉSUMÉ .....</b>	<b>IX</b>
<b>1 INTRODUCTION ET HISTORIQUE .....</b>	<b>1</b>
<b>2 CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE .....</b>	<b>1</b>
2.1 PROBLÉMATIQUE AGROENVIRONNEMENTALE QUÉBÉCOISE .....	1
2.2 PROBLÉMATIQUE TECHNOLOGIQUE .....	2
<b>3 REVUE DE LITTÉRATURE.....</b>	<b>3</b>
3.1 DIFFÉRENTS SYSTÈMES D'ISOLEMENT À LA SOURCE.....	3
3.1.1 <i>Système de gratte-dalot en «V».....</i>	<i>4</i>
3.1.2 <i>Système de courroie de type « Caroline du Nord » .....</i>	<i>4</i>
3.1.3 <i>Système de courroie perforée du type « CEMAGREF » .....</i>	<i>4</i>
3.2 PERFORMANCES DES SYSTÈMES D'ISOLEMENT À LA SOURCE.....	5
3.2.1 <i>Concentration du phosphore, de l'azote, du potassium et des métaux dans la fraction solide.....</i>	<i>5</i>
3.2.2 <i>Réduction de la charge fertilisante de la partie liquide.....</i>	<i>5</i>
3.2.3 <i>Réduction des superficies d'épandage.....</i>	<i>5</i>
3.2.4 <i>Réduction des émissions d'ammoniac et d'odeurs.....</i>	<i>6</i>
3.2.5 <i>Le calcul des efficacité lors de séparation de phase.....</i>	<i>6</i>
3.3 CRITÈRES DE CONCEPTION ET INFORMATIONS MANQUANTES .....	8
<b>4 DESCRIPTION GÉNÉRALE DU PROJET ET OBJECTIFS .....</b>	<b>8</b>
4.1 LE PROJET DANS SON ENSEMBLE .....	8
4.2 OBJECTIFS SPÉCIFIQUES PAR VOLET .....	9
4.3 ÉTAPES ET ÉCHÉANCIERS DE RÉALISATION POUR LES VOLETS I ET III (RÉVISÉS OU TELS QUE RÉALISÉS) .....	10
<b>5 MATÉRIEL ET MÉTHODE.....</b>	<b>13</b>
5.1 BÂTIMENT ET ANIMAUX .....	13
5.1.1 <i>Description du site expérimental « Swine Research Facility ».....</i>	<i>13</i>
5.1.2 <i>Description du système d'isolement « fèces-urine » étudié (gratte en « V »).....</i>	<i>15</i>
5.2 MÉTHODOLOGIE .....	17
5.2.1 <i>Campagne de mesures de l'équipe du MSU au Swine Research Facility du MSU.....</i>	<i>17</i>
5.2.1.1 <i>Méthode d'échantillonnage.....</i>	<i>20</i>
5.2.1.2 <i>Instrumentation.....</i>	<i>20</i>
5.2.2 <i>Campagne de mesures par l'IRDA au Swine Research Facility du MSU.....</i>	<i>22</i>
5.2.2.1 <i>Données prises et analyses .....</i>	<i>22</i>
5.2.2.2 <i>Méthode d'échantillonnage et instrumentation .....</i>	<i>23</i>
5.3 ÉQUATIONS UTILISÉES POUR ÉTABLIR LES BILANS MASSIQUES .....	23
5.3.1 <i>Équations utilisées pour établir l'efficacité d'isolement.....</i>	<i>23</i>
5.3.2 <i>Équations utilisées pour calculer les paramètres zootechniques.....</i>	<i>25</i>
5.4 ANALYSE STATISTIQUES .....	27
5.5 ANALYSE AGRONOMIQUE .....	27
5.6 ANALYSE ÉCONOMIQUE .....	27
<b>6 RÉSULTATS ET ANALYSES.....</b>	<b>28</b>
6.1 RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURES (ÉQUIPE DU MSU) .....	28
6.1.1 <i>Performances zootechniques.....</i>	<i>28</i>
6.1.2 <i>Analyses de la moulée et de l'eau de consommation .....</i>	<i>30</i>
6.1.3 <i>Efficacité d'isolement .....</i>	<i>32</i>
6.1.3.1 <i>Efficacité d'isolement sur l'ensemble de l'élevage.....</i>	<i>32</i>

6.1.3.2	Efficacité d'isolement en fonction de la semaine de l'élevage .....	33
6.1.4	<i>Analyse agronomique des échantillons</i> .....	35
6.1.5	<i>Bilan massique</i> .....	35
6.1.6	<i>Quantité de déjections solides et liquides rejetées</i> .....	36
6.1.7	<i>Effluent liquide</i> .....	38
6.1.8	<i>Mesures des gaz</i> .....	39
6.1.9	<i>Masse volumique des solides</i> .....	40
6.2	CAMPAGNE DE MESURES PAR L'ÉQUIPE DE L'IRDA AU « MICHIGAN STATE UNIVERSITY SWINE RESEARCH FACILITY ».....	40
6.2.1	<i>Analyse agronomique des échantillons</i> .....	40
6.2.2	<i>Efficacité d'isolement</i> .....	41
6.2.3	<i>Bilan massique</i> .....	42
6.2.4	<i>Mesure de la DCO et DBO<sub>5</sub></i> .....	44
<b>7</b>	<b>ÉTUDES AGROENVIRONNEMENTALE ET TECHNICO-ÉCONOMIQUE</b> .....	<b>45</b>
7.1	AVENUES DE VALORISATION DES FRACTIONS SOLIDES ET LIQUIDES .....	45
7.2	SCÉNARIOS DE VALORISATION DES LIQUIDES ET SOLIDES PAR ÉPANDAGE .....	46
7.2.1	<i>Fraction liquide</i> .....	47
7.2.2	<i>Fraction solide</i> .....	50
7.2.2.1	Valorisation au champ.....	51
7.2.2.2	Oligo-éléments .....	51
7.2.2.2.1	<i>Fraction solide versus fumier de volaille</i> .....	53
7.2.2.3	Application d'automne.....	53
7.2.2.4	Autres avenues de disposition.....	54
7.3	ÉTUDE TECHNICO-ÉCONOMIQUE .....	54
7.3.1	<i>Paramètres du modèle</i> .....	54
7.3.1.1	Paramètres reliés aux bâtiments et à la production .....	54
7.3.2	<i>Coûts de rénovation et d'installation du système d'isolement des fèces avec grattes en « V »</i> .....	56
7.3.3	<i>Analyse financière : budget partiel</i> .....	57
7.3.3.1	Impact de l'augmentation du coût des ententes d'épandage.....	60
7.4	RECOMMANDATIONS TECHNIQUES ET TRANSFERT TECHNOLOGIQUE .....	61
	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>63</b>
	<b>RÉFÉRENCES</b> .....	<b>64</b>
	Annexe A - Résultats d'efficacité d'isolement .....	69
	Annexe B - Résultats de concentration.....	75
	Annexe C - Masses des déjections .....	89
	Annexe D - Concentration des éléments fertilisants selon trois périodes d'accumulation quotidienne .....	93
	Annexe E - Mesures de DBO <sub>5</sub> et DCO lors de la semaine 16 .....	97
	Annexe F - Guide d'utilisation du fichier d'analyse économique et financière du MAPAQ.....	101
	Annexe G - Activités de transferts technologiques et d'informations.....	109

## Liste des figures

<b>FIGURE 1 . VUE DU DALOT ET DE LA GRATTE SOUS LES LATTES.....</b>	<b>4</b>
<b>FIGURE 2 . LE « SWINE RESEARCH FACILITY » DU MICHIGAN STATE UNIVERSITY .....</b>	<b>13</b>
<b>FIGURE 3 . VUE INTÉRIEURE D'UNE CHAMBRE D'ENGRASSEMENT AU MICHIGAN STATE UNIVERSITY.....</b>	<b>13</b>
<b>FIGURE 4 . SCHÉMA DE POSITIONNEMENT DES ABREUVOIRS ET TRÉMIES DANS UNE CHAMBRE .....</b>	<b>14</b>
<b>FIGURE 5 . TRÉMIE .....</b>	<b>14</b>
<b>FIGURE 6 . ABREUVOIR DRIK-O-MAT .....</b>	<b>15</b>
<b>FIGURE 7 . PERFORATIONS DU MUR POUR L'EXTRACTION BASSE .....</b>	<b>15</b>
<b>FIGURE 8 . VUE DU DALOT ET DE LA GRATTE EMPLOYÉS AU MICHIGAN STATE UNIVERSITY .....</b>	<b>16</b>
<b>FIGURE 9 . VUE DE LA DÉCHARGE DU DALOT EN « V » VERS LA CHAÎNE À ÉCURER .....</b>	<b>16</b>
<b>FIGURE 10 . PLATE-FORME D'ENTREPOSAGE DES DÉJECTIONS SOLIDES ET LA MONTÉE DE LA CHAÎNE À ÉCURER .....</b>	<b>16</b>
<b>FIGURE 11 . PLATE-FORME DE COMPOSTAGE À LA FERME.....</b>	<b>17</b>
<b>FIGURE 12 . PLAN D'AMÉNAGEMENT DES CHAMBRES 3 ET 4 .....</b>	<b>18</b>
<b>FIGURE 13 . RÉSERVOIRS DE COLLECTE DES FRACTIONS LIQUIDE ET SOLIDE .....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURE 14 . COMPTEUR D'EAU ABB MODÈLE C700 .....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURE 15 . VUE D'ENSEMBLE DU MONTAGE .....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURE 16 . VUE DE LA CELLULE DE CHARGE .....</b>	<b>22</b>
<b>FIGURE 17 . VUE DE L'ACQUISITEUR DE DONNÉES .....</b>	<b>22</b>
<b>FIGURE 18 . VUE DE LA PROCÉDURE DE LEVAGE ET PESÉE DU RÉSERVOIR DE COLLECTE DES SOLIDES.....</b>	<b>22</b>
<b>FIGURE 19 . CONSOMMATION D'EAU DE CHAQUE RANGÉE DES CHAMBRES 3 ET 4 .....</b>	<b>30</b>
<b>FIGURE 20 . PROPORTIONS D'ÉLÉMENTS FERTILISANTS CONTENUS DANS LA FRACTION SOLIDE LORS DES ÉCHANTILLONNAGES HEBDOMADAIRES ET TENEUR EN MATIÈRE SÈCHE DES FÈCES .....</b>	<b>33</b>
<b>FIGURE 21 . VARIATION DES PROPORTIONS DES NUTRIMENTS ISOLÉS DANS LA FRACTION SOLIDE EN FONCTION DE LA SEMAINE D'ÉCHANTILLONNAGE .....</b>	<b>34</b>
<b>FIGURE 22 . ÉVOLUTION DES MASSES ET PROPORTION DE DÉJECTIONS COLLECTÉES .....</b>	<b>36</b>
<b>FIGURE 23 . ZONES TYPIQUES DE DÉFÉCATION RELEVÉES LE 9 SEPTEMBRE DANS LA CHAMBRE 4.....</b>	<b>37</b>
<b>FIGURE 24 . MOYENNE DES MASSES DES FRACTIONS COLLECTÉES DANS LES DIFFÉRENTS DALOTS DES CHAMBRES PENDANT LA PÉRIODE DE L'ÉLEVAGE .....</b>	<b>38</b>
<b>FIGURE 25 . MASSE DES FRACTIONS SOLIDE ET LIQUIDE COLLECTÉES PENDANT TROIS JOURS SOUS L'ABREUVOIR.....</b>	<b>42</b>
<b>FIGURE 26 . MASSE DES FRACTIONS SOLIDE ET LIQUIDE COLLECTÉES PENDANT TROIS JOURS SOUS LA TRÉMIE SÈCHE .....</b>	<b>43</b>

## Liste des tableaux

<b>TABLEAU 1 .</b>	<b>ÉCHÉANCIER DU VOLET I .....</b>	<b>11</b>
<b>TABLEAU 2 .</b>	<b>ÉCHÉANCIER DU VOLET III .....</b>	<b>11</b>
<b>TABLEAU 3 .</b>	<b>ÉLÉMENTS ANALYSÉS DANS LES DIFFÉRENTS ÉCHANTILLONS.....</b>	<b>19</b>
<b>TABLEAU 4 .</b>	<b>NOMBRE D'ÉCHANTILLONS RÉCOLTÉS PAR PÉRIODE D'ACCUMULATION .....</b>	<b>23</b>
<b>TABLEAU 5 .</b>	<b>POIDS D'ENTRÉE ET DE SORTIE DES PORCS.....</b>	<b>28</b>
<b>TABLEAU 6 .</b>	<b>PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES .....</b>	<b>29</b>
<b>TABLEAU 7 .</b>	<b>INGRÉDIENTS ET ANALYSE DES DIÈTES ALIMENTAIRES SERVIES AU MSU .....</b>	<b>31</b>
<b>TABLEAU 8 .</b>	<b>ANALYSE DE L'EAU DE CONSOMMATION .....</b>	<b>32</b>
<b>TABLEAU 9 .</b>	<b>EFFICACITÉ D'ISOLEMENT MOYENNE DES ÉLÉMENTS FERTILISANTS CONTENUS DANS LES FRACTIONS SOLIDE ET LIQUIDE PAR RAPPORT AUX DÉJECTIONS TOTALES DE L'ÉLEVAGE .....</b>	<b>33</b>
<b>TABLEAU 10 .</b>	<b>PROPORTION MOYENNE DES ÉLÉMENTS DANS LA FRACTION SOLIDE SANS VARIATION DANS LE TEMPS .....</b>	<b>34</b>
<b>TABLEAU 11 .</b>	<b>CONCENTRATION PONDÉRÉE EN ÉLÉMENTS FERTILISANTS DANS LES FRACTIONS SOLIDE ET LIQUIDE SUR UNE BASE HUMIDE (NE SONT PAS INCLUS : EAUX DE LAVAGE ET PRÉCIPITATIONS).....</b>	<b>35</b>
<b>TABLEAU 12 .</b>	<b>QUANTITÉS MOYENNES DES DÉJECTIONS SOLIDES ET LIQUIDES REJETÉES QUOTIDIENNEMENT ET HEBDOMADAIREMENT PAR PORC.....</b>	<b>37</b>
<b>TABLEAU 13 .</b>	<b>RÉSULTATS DES MESURES DE LA QUANTITÉ DES MATIÈRES DANS LES EFFLUENTS LIQUIDES.....</b>	<b>39</b>
<b>TABLEAU 14 .</b>	<b>RÉSULTATS DES MESURES DES GAZ NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> ET H<sub>2</sub>S .....</b>	<b>39</b>
<b>TABLEAU 15 .</b>	<b>MASSE VOLUMIQUE DES DÉJECTIONS SOLIDES À LA SORTIE DES DALOTS LA SEMAINE 15 DE L'ESSAI .....</b>	<b>40</b>
<b>TABLEAU 16 .</b>	<b>CONCENTRATION EN ÉLÉMENTS FERTILISANTS DANS LA FRACTION SOLIDE ET LIQUIDE POUR TROIS PÉRIODES D'ÉCHANTILLONNAGE DURANT LA JOURNÉE. RÉSULTATS CUMULÉS PENDANT TROIS JOURS D'ÉCHANTILLONNAGES.....</b>	<b>41</b>
<b>TABLEAU 17 .</b>	<b>EFFICACITÉ D'ISOLEMENT EN ÉLÉMENTS FERTILISANTS DANS LA FRACTION SOLIDE ET LIQUIDE POUR TROIS PÉRIODES D'ÉCHANTILLONNAGE DURANT LA JOURNÉE. RÉSULTATS CUMULÉS PENDANT TROIS JOURS D'ÉCHANTILLONNAGE .....</b>	<b>42</b>
<b>TABLEAU 18 .</b>	<b>MASSES MOYENNES DES DÉJECTIONS COLLECTÉES PENDANT TROIS PÉRIODES DANS UNE JOURNÉE.....</b>	<b>43</b>
<b>TABLEAU 19 .</b>	<b>RÉPARTITION DES VOLUMES DE LIQUIDE ET SOLIDE EN FONCTION DE LA POSITION DES DISTRIBUTEURS D'ALIMENTS ET D'EAU .....</b>	<b>44</b>
<b>TABLEAU 20 .</b>	<b>MOYENNE<sup>1</sup> DE DCO ET DBO<sub>5</sub> DES LIQUIDES COLLECTÉS SOUS LES TRÉMIES D'ALIMENTATION LORS DE LA SEMAINE 16 DE L'ESSAI.....</b>	<b>44</b>
<b>TABLEAU 21 .</b>	<b>MOYENNE<sup>1</sup> DE DCO ET DBO<sub>5</sub> DES LIQUIDES COLLECTÉS SOUS LES ABREUVOIRS LORS DE LA SEMAINE 16 DE L'ESSAI. ....</b>	<b>45</b>
<b>TABLEAU 22 .</b>	<b>RÉSULTATS COMPARATIFS DE DIVERS SCÉNARIOS DE VALORISATION DES LIQUIDES ISOLÉS ET DU LISIER CONVENTIONNEL .....</b>	<b>48</b>



<b>TABLEAU 23 .</b>	<b>APPLICATION DE LISIER BRUT RECOMPOSÉ (MSU) ET DE LA FRACTION SOLIDE SUR UNE PRAIRIE DE GRAMINÉES AYANT UN SOL PAUVRE<sup>1</sup> EN PHOSPHORE ET L'IMPACT SUR LES APPORTS EN ÉLÉMENTS FERTILISANTS (MANQUE (-) OU EXCÉDENT) ET LES DÉPÔTS EN CUIVRE ET ZINC.....</b>	<b>52</b>
<b>TABLEAU 24 .</b>	<b>CARACTÉRISTIQUES DES FUMIERS .....</b>	<b>53</b>
<b>TABLEAU 25 .</b>	<b>LISTE DES PARAMÈTRES DU MODÈLE DE PRODUCTION.....</b>	<b>55</b>
<b>TABLEAU 26 .</b>	<b>COMPARAISON DES COÛTS DE CONSTRUCTION POUR UN ENGRAISSEMENT DE 1 000 PLACES.....</b>	<b>56</b>
<b>TABLEAU 27 .</b>	<b>ANALYSE FINANCIÈRE RELATIVE À LA PRÉSENTE ÉTUDE.....</b>	<b>58</b>
<b>TABLEAU 28 .</b>	<b>BUDGET PARTIEL.....</b>	<b>60</b>
<b>TABLEAU 29 .</b>	<b>IMPACT PROJETÉ SUR LA TRÉSORERIE DÙ À LA GESTION DE LA FRACTION SOLIDE ET LIQUIDE EN FONCTION DE DIFFÉRENTS COÛTS DE DISPOSITION DE LISIER BRUT ET DEUX MODES DE DISPOSITION DE LA FRACTION SOLIDE .....</b>	<b>61</b>

## Liste des équations

ÉQUATION 1 :	EFFICACITÉ DE SÉPARATION SELON SVAROVSKY (1985).....	7
ÉQUATION 2 :	EFFICACITÉ DE SÉPARATION SELON PELLETIER (2000).....	7
ÉQUATION 3 :	EFFICACITÉ DE SÉPARATION SELON MARTIN <i>ET AL.</i> (2001).....	7
ÉQUATION 4 :	EFFICACITÉ DU SYSTÈME DE « GRATTE-DALOT » EN V À ISOLER UN NUTRIMENT DANS UNE FRACTION .....	23
ÉQUATION 5 :	EFFICACITÉ HEBDOMADAIRE D'ISOLEMENT D'UN NUTRIMENT DANS UNE FRACTION .....	24
ÉQUATION 6 :	EFFICACITÉ GLOBALE D'ISOLEMENT D'UN NUTRIMENT DANS UNE FRACTION.....	24
ÉQUATION 7 :	CONCENTRATION D'UN NUTRIMENT DANS UNE FRACTION SUR L'ENSEMBLE DE L'ÉLEVAGE....	25
ÉQUATION 8 :	MASSE DE DÉJECTIONS QUOTIDIENNES PRODUITES PAR PORC POUR UNE FRACTION.....	25
ÉQUATION 9 :	MASSE TOTALE D'ALIMENTS SECS CONSOMMÉS LORS D'UN ÉLEVAGE POUR UNE CHAMBRE OU UNE RANGÉE DONNÉE .....	25
ÉQUATION 10 :	TAUX DE MORTALITÉ .....	26
ÉQUATION 11 :	CONSOMMATION TOTALE D'ALIMENTS SECS PAR PORC VENDU .....	26
ÉQUATION 12 :	CONSOMMATION MOYENNE PAR JOUR D'ALIMENTS SECS PAR PORC VENDU .....	26
ÉQUATION 13 :	GAIN DE POIDS MOYEN PAR JOUR D'ÉLEVAGE PAR PORC VENDU.....	26
ÉQUATION 14 :	EFFICACITÉ ALIMENTAIRE DES PORCS POUR UNE RANGÉE D'ENCLOS DONNÉE .....	27

## RÉSUMÉ

Ce projet a permis de mettre en évidence l'efficacité d'un système de grappe-dalot en « V ». Ce système a permis, en moyenne, l'isolement de 91 % du phosphore, 66 % de l'azote total et plus de 95 % des métaux dans une fraction solide ayant 34 % de matière sèche correspondant à 42 % du volume total de rejet. Au Québec, pour un cas particulier d'engraissement de 1 000 places, en respectant les normes de fertilisation reconnues, l'épandage de la fraction liquide sur des cultures de maïs ou des prairies requiert environ 7 à 8 fois moins de superficie de terres cultivables. Les coûts de construction supplémentaires, dans le cas d'un bâtiment d'engraissement avec grappe en « V » incluant une fosse neuve, sont évalués à 66 \$/place.porc par rapport à un bâtiment conventionnel. Toutefois, à moyen terme, il est possible de penser que l'optimisation du système pourra permettre une réduction des coûts.

Finalement, les auteurs soulignent que l'intérêt pour ce type de système se manifeste en fonction des besoins de chaque producteur. Ce système n'est pas nécessairement la solution à toutes les situations mais constitue une alternative intéressante pouvant être utilisée seule ou conjointement avec d'autres technologies. Il est important de consulter les professionnels requis (ingénieurs, agronomes, comptables...) afin de considérer l'ensemble des systèmes de gestion ou de traitement de lisier qui pourraient solutionner la problématique de surplus de phosphore rencontrée à la ferme.



## **1 INTRODUCTION ET HISTORIQUE**

En 1995, une étude menée au Michigan State University (MSU) a permis d'observer que les fonds de dalot en forme de « V » sous les lattes permettaient l'isolement des fèces et de l'urine. Les fonds de dalot pouvaient retenir les fèces sur un plan incliné permettant à l'urine ou à l'eau de s'écouler continuellement dans un réservoir à l'extérieur du bâtiment et ainsi, séparer la matière solide (fèces) de la matière liquide (urine).

En se basant sur cette étude et sur les connaissances techniques provenant du Japon, des chercheurs du MSU ont conçu et construit, en 1998, un système de gratte et de dalot en forme de « V » à l'intérieur de leur unité de recherche (Swine Research Facility). Ce type de système est employé depuis au moins vingt ans dans des bâtiments porcins commerciaux du Japon. C'est d'ailleurs dans ce pays que les chercheurs du MSU ont acquis le système de gratte installé dans leur bâtiment. Présentement aux États-Unis, particulièrement au MSU et au North Carolina State University (NCSU), l'aspect d'isolement sous les lattes soulève de plus en plus d'intérêt étant donné que la problématique du niveau de phosphore dans les sols s'amplifie dans leurs régions respectives.

Par ailleurs, au début des années 1990, en Hollande, des études ont été réalisées sur un système d'isolement des fèces et de l'urine, semblable à celui installé au MSU. Le but était alors d'évaluer l'impact du système sur les émissions d'ammoniac et la qualité de l'air dans le bâtiment.

Également, au Canada, depuis quelques années, les chercheurs s'intéressaient au principe d'isolement des déjections sous les lattes. En général, cet intérêt serait relié à la qualité de l'air et à la réduction des odeurs. Lors d'une visite des installations au MSU en septembre 2002, des ingénieurs de l'IRDA et du CDPQ constatèrent que ce système offrirait un bon potentiel d'isolement des fèces (phosphore) et de l'urine (azote) et qu'il fournirait aux producteurs du Québec un traitement partiel des déjections intéressant pour solutionner totalement ou partiellement leur problématique environnementale. Cette visite a finalement débouché sur un projet conjoint entre l'IRDA, le CDPQ et le MSU. Ce projet a permis d'évaluer l'impact de ce type de gratte sur l'efficacité d'isolement du phosphore dans la fraction solide et de connaître le potentiel de réduction des émissions de gaz et d'odeurs.

## **2 CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE**

### ***2.1 PROBLÉMATIQUE AGROENVIRONNEMENTALE QUÉBÉCOISE***

En juin 2002, le *Règlement sur les exploitations agricoles* (REA, Éditeur officiel, 2002) était adopté par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP). L'article 46 du règlement interdisait tout nouveau lieu d'élevage porcine en zone d'activités limitées. Cette interdiction (moratoire) a été levée le 15 décembre 2005 mais la réglementation comporte toujours aujourd'hui plusieurs restrictions à l'implantation de nouveaux lieux d'élevage porcine. Pour sa part, l'article 50 du règlement contient les normes de gestion du phosphore produit sur un site d'élevage. Par cet article, le MDDEP oblige les fermes, suivant un échéancier progressif, à obtenir un bilan de phosphore équilibré d'ici l'an 2010 (Boutin et Richard, 2002).

Avec le REA, le MDDEP vise à améliorer la qualité des eaux en milieu rural et à s'assurer que les engrais de ferme soient gérés adéquatement. En fait, le MDDEP compte sur le bilan phosphore, l'élément clé du REA, afin de déterminer le niveau d'équilibre ou de surplus d'une entreprise agricole. L'impact environnemental du phosphore est important, car cet élément est directement relié à la pollution des eaux lorsqu'il est en surplus. Un surplus de phosphore dans l'eau cause la formation d'algues, augmente la demande biologique en oxygène, engendre la mort de poissons et l'eutrophisation des sources d'eau.

Au Québec, dans 97,5 % des bâtiments porcins québécois, la gestion des déjections animales se fait sous forme liquide. Cette gestion peu coûteuse est appropriée dans un contexte d'hygiène et de contrôle sanitaire élevé. Cependant, dans un contexte de surplus de phosphore, la gestion du lisier cause un problème de gestion des éléments fertilisants. L'accumulation excessive de phosphore dans les sols provient du déséquilibre des éléments fertilisants dans le lisier par rapport aux besoins des plantes. Ainsi, le lisier contient une concentration trop élevée de phosphore comparativement à l'azote.

Les contraintes imposées par le règlement ont pour effet de freiner le développement de la production porcine au Québec et, à long terme, elles risquent d'affecter les éleveurs qui ne possèdent pas suffisamment de terres pour épandre les déjections animales produites sur leur site. Ainsi, une législation sévère et une pression sociale grandissante pour protéger l'environnement (odeurs et contamination de l'eau), confrontent les éleveurs de porcs, les pressant de trouver des solutions afin d'équilibrer leur bilan phosphore et de diminuer les odeurs émis par les bâtiments et lors de l'épandage.

Le secteur porcine canadien, ainsi que celui de plusieurs autres pays, subissent des pressions pour développer et mettre en place des pratiques de production plus durables aux niveaux économique, environnemental et social. Dans ce contexte, considérant les impacts économique et social de ce secteur d'activité, il est impératif de trouver des solutions à court et à moyen termes afin de favoriser une meilleure cohabitation. Ces solutions devraient permettre une gestion des surplus d'éléments fertilisants des déjections à moindre coût et une réduction des émissions d'odeurs et de gaz de cette production agricole.

## **2.2 PROBLÉMATIQUE TECHNOLOGIQUE**

Au début des années 80, la gestion liquide des déjections s'est développée afin de réduire les coûts en main-d'œuvre et en capital des bâtiments (Jongebreur, 1981). Ce type de gestion comporte cependant certains désavantages dont principalement la formation de lisier difficile à gérer sur le plan agronomique car il contient une concentration trop élevée de phosphore comparativement à l'azote. La séparation des fractions solide et liquide des déjections des porcs possède un excellent potentiel afin de concentrer la majorité du phosphore et une partie de l'azote dans une fraction solide et faciliter la gestion des rejets. Il existe, dans la littérature, différentes techniques de séparation « solide-liquide » des déjections porcines; entre autres, les séparateurs mécaniques de type centrifuge, à tamis, à bande ou de presse à vis (Zhang et Westerman, 1997; Moller *et al.*, 2000). Jusqu'à présent, ces types de séparateurs sont peu utilisés dans les élevages porcins québécois pour des raisons économiques.

La majorité des producteurs de porcs possèdent ou louent des terres. Ainsi, pour ces producteurs en surplus de phosphore, le traitement partiel du lisier est une alternative intéressante. En effet, ils peuvent enlever la quantité de phosphore en surplus contenue dans les déjections (phase solide) et la transporter sur une plus grande distance pour être valorisée au champ, expédier vers des centres de compostage ou encore, vers des usines régionales de traitement. La phase liquide, contenant moins de phosphore tout en conservant une concentration intéressante d'azote et du potassium, peut être appliquée sur une plus petite surface de terre près de la ferme ou servir d'intrant à un procédé de traitement secondaire.

Une autre alternative permettant de résoudre la problématique de surplus consiste à se tourner vers le traitement complet. Il s'agit d'une solution pour les éleveurs en surplus de lisier et ne disposant pas suffisamment de superficies d'épandage dans leur région. Jusqu'à maintenant, certains systèmes de traitements complets sont au stade de commercialisation. Aujourd'hui, peu de systèmes de traitement complet sont en fonction au Québec pour divers facteurs, dont ceux économiques. Il semble que la percée de ces technologies sur le marché se fera graduellement dans les prochaines années. Il est à noter que la majorité des systèmes de traitement de lisier nécessite une séparation solide-liquide en première étape de procédé (FPPQ, 2001).

Par ailleurs, le lisier dégage des gaz (ammoniac, sulfure d'hydrogène) et des odeurs. Dans le but de résoudre cette problématique, plusieurs approches ont été étudiées. Entre autres, la séparation de phases sous les lattes (isolement à la source) jumelée à l'évacuation rapide des phases liquide et solide des déjections à l'extérieur du bâtiment semblent offrir, à moindre coût, un potentiel intéressant de réduction d'émissions de gaz et d'odeurs au bâtiment (van Kempen *et al.*, 2003). De plus, ce concept d'isolement à la source permet d'isoler le solide et le liquide, facilitant la gestion et la manutention des composés fertilisants du lisier.

Finalement, il est à noter qu'un tel concept de séparation solide-liquide peut aussi être utilisé dans d'autres types de production tels que la production laitière.

### **3 REVUE DE LITTÉRATURE**

#### **3.1 DIFFÉRENTS SYSTÈMES D'ISOLEMENT À LA SOURCE**

Il existe différents types de systèmes d'isolement sous les lattes. Notons particulièrement les convoyeurs à courroies et gouttières (Ogink *et al.*, 2000), à filets mobiles (Marchal, 2002; Kroodsmas, 1986; Jongebreur, 1981) et les systèmes de grattes avec fonds de dalot en pente en forme de « V » (von Bernuth, 2001, Voermans et van Poppel, 1993). Godbout *et al.* (2002) indiquaient que le système étudié par von Bernuth (2001) avait un bon potentiel d'isolement des fèces de l'urine. De plus, les mêmes auteurs considèrent que l'adaptation de la technologie aux bâtiments porcins québécois sera peu complexe parce que des systèmes, utilisant les mêmes principes de construction de dalot et de mécanique, tels que les grattes conventionnelles, sont déjà fabriquées et utilisées au Québec.

### 3.1.1 Système de gratte-dalot en «V»

Le système de séparation évalué par les chercheurs du Michigan State University (MSU) est illustré à la figure 1. L'isolement du solide et du liquide se fait par gravité dans le dalot comportant une pente longitudinale de 0,42 % et une pente transversale de 9 % 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 (chaîne à écurer conventionnelle utilisée en production bovine) permettant de l'évacuer vers une plate-forme extérieure indépendante.

Le système de gratte-dalot en « V » est distribué par l'entreprise japonaise Sekine Corp. Inc. Cette dernière recommande une pente transversale de 1/10 et longitudinale pouvant varier entre 1/100 et 1/300. Ce fabricant offre une variété de largeurs de gratte de 500 à 2 900 mm. L'installation du MSU présente des dalots avec une pente transversale de 9/100 et longitudinale de 1/237, une largeur de 2,29 m et une longueur de 18,1 m.

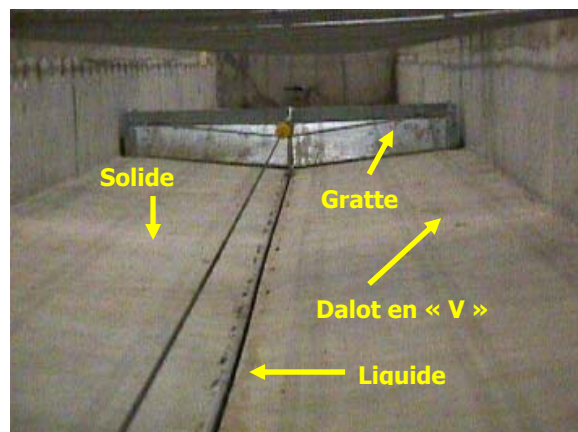


Figure 1 . Vue du dalot et de la gratte sous les lattes

### 3.1.2 Système de courroie de type « Caroline du Nord »

Le système a été développé par une équipe multidisciplinaire de la *North Carolina State University*. Le système à courroie permet d'isoler sous les lattes les fractions solide et liquide (Elmer *et al.*, 2001). Afin d'isoler les fractions, le convoyeur à courroie est incliné de 6,7 % transversalement (van Kempen *et al.*, 2003). Cette pente permet l'écoulement du liquide vers le côté de la courroie et il est pompé vers une fosse à l'extrémité du dalot. De ce côté, celle-ci est recourbée de façon à former une gouttière pour le liquide. Le convoyeur est également pourvu d'une pente longitudinale de 1,7%, permettant une évacuation continue des liquides. Le solide est évacué en actionnant la courroie.

### 3.1.3 Système de courroie perforée du type « CEMAGREF »

Le système de séparation présenté par Marchal (2002) utilise le principe de tamis. Sous les lattes, un tamis avec un maillage de 800  $\mu\text{m}$  permet de capter les déjections solides. Il s'agit d'une courroie perforée qui achemine les solides pour les sortir du bâtiment. Les déjections liquides s'écoulent au travers du tamis et sont captées dans un dalot puis, pompées vers une fosse.



## **3.2 PERFORMANCES DES SYSTÈMES D'ISOLEMENT À LA SOURCE**

### **3.2.1 Concentration du phosphore, de l'azote, du potassium et des métaux dans la fraction solide**

Gracian (2000) mentionnait que le phosphore provient principalement des fèces (82 %) indiquant ainsi la performance potentielle de l'isolement des solides. Par ailleurs, selon von Bernuth (2001), 94 % du phosphore se retrouve dans les fèces, alors que l'urine en contient seulement 6 %. Ces deux études démontrent l'intérêt d'isoler les fèces et l'urine à la source dans l'optique de concentrer le phosphore.

Bien que la technologie proposée ne permette pas de réduire les volumes de déjections totaux issus de la ferme, elle permet de rendre plus flexible la gestion des éléments fertilisants contenus dans les déjections en les concentrant dans la fraction solide. Tengman (1995), a évalué que le système de dalot en pente permet de concentrer 51 % de l'azote total et 93 % du phosphore total dans un solide constitué à près de 35 % de matière sèche. Selon les estimations de von Bernuth (2002, Communications personnelles.), à une échelle commerciale, une efficacité de séparation du phosphore de 80 % et de l'azote de 40 % dans la fraction solide est réalisable. Le système présenté permettra de réduire le volume de déjection à transporter et/ou à traiter (compostage ou granulation), car la majorité des éléments fertilisants sont concentrés dans la fraction solide. De plus, une fois séparées, les deux fractions peuvent être mieux valorisées par épandage traditionnel en fonction du type de sol et des besoins des plantes.

Pour leur part, les chercheurs du Cemagref en France ont obtenu des résultats à l'échelle commerciale, montrant une efficacité de séparation de 90 % du phosphore et de 55 % de l'azote dans une fraction solide ayant 25 % de matière sèche (Marchal, 2002). Kroodsma (1986) a observé une efficacité de séparation du phosphore du même ordre de grandeur. Van Kempen *et al.* (2003) de la North Carolina State University (NCSU) ont mesuré qu'un système d'isolement avec des courroies sous les lattes permettait de concentrer jusqu'à 93 % du phosphore dans la phase solide ayant une teneur en matière sèche allant jusqu'à 53 %.

Les résultats obtenus (Tengman (MSU), van Kempen *et al.* (NCSU) et Marchal (Cemagref)) démontrent l'efficacité de ce type de système à concentrer la majorité du phosphore et une partie de l'azote dans une fraction solide ayant une teneur en matière sèche intéressante (plus de 25 %).

### **3.2.2 Réduction de la charge fertilisante de la partie liquide**

Selon Tengman (1995), comparativement à un lisier conventionnel, les systèmes de séparation sous les lattes permettent de produire une fraction liquide contenant 49 % d'azote et 7 % de phosphore. Le risque de contamination de la nappe phréatique par les nitrates est réduit car la fraction liquide contient 50 % moins d'azote.

### **3.2.3 Réduction des superficies d'épandage**

En outre, 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.

### **3.2.4 Réduction des émissions d'ammoniac et d'odeurs**

Comparativement à des systèmes conventionnels, avec entreposage de lisier sous les lattes, l'isolement des fèces de l'urine permet 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 des déjections, 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 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 ( $\text{NH}_3$ ), de méthane ( $\text{CH}_4$ ), de gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) et de sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ ). 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 (Jongebreur, 1981).

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

### **3.2.5 Le calcul des efficacité lors de séparation de phase**

Les méthodes de testage et d'analyse des données utilisées par les différents chercheurs varient beaucoup, sans mentionner la différence dans le lisier utilisé. Selon Pelletier (2000), le développement et l'imposition d'une méthode standard d'évaluation des séparateurs mécaniques seraient requis puisque l'efficacité de séparation des différentes composantes dépend en grande partie de la méthode d'expérimentation utilisée. De plus, selon le même auteur, une uniformisation de la présentation et de l'analyse des résultats serait souhaitable.

La méthode d'expérimentation retenue pour l'analyse des performances d'un séparateur dépend des objectifs de départ. D'une application à l'autre, les paramètres à évaluer peuvent varier. Pour comparer les séparateurs entre eux, sur une base commune, il est de façon générale admis que les méthodes d'expérimentation et d'analyse du lisier devraient inclure les paramètres suivant :

- la matière sèche présente dans toutes les phases (lisier brut, solide et liquide);
- les éléments fertilisants (azote, phosphore et potassium);
- la matière organique (MO);
- la demande biologique en oxygène ( $\text{DBO}_5$ );
- la demande chimique en oxygène (DCO);
- le rapport C/N;
- l'âge du lisier;
- le débit.

Dans l'analyse de ces paramètres, il est important de prélever un nombre suffisant d'échantillons pour diminuer les risques d'erreurs expérimentales. Le nombre d'échantillons nécessaires dépend de la fiabilité de la méthode d'évaluation. La méthode d'expérimentation devrait favoriser la caractérisation des différents paramètres sur une base massique. Par la suite, il est possible de valider les résultats d'une analyse en réalisant des bilans de masse dans les trois phases (brut, liquide, solide).

Pour une analyse complète de l'efficacité de séparation, la matière sèche, la matière organique et les éléments fertilisants doivent être connus dans toutes les phases (brut, solide et liquide). Ensuite, à l'aide des bilans massiques, il devient plus facile d'évaluer l'efficacité de séparation. Svarovsky (1985) propose l'équation suivante:

$$\text{Efficacité de séparation (\%)} = \frac{U \times M_c}{Q \times S_c} \quad (1)$$

où :

U = masse de la fraction solide (kg),  
 Mc = concentration des composants (g/kg) dans la fraction solide,  
 Q = masse de lisier traité (kg) et  
 Sc = concentration (g/kg) des composants dans le lisier brut.

Pelletier (2000) propose une équation équivalente et s'exprime de la façon suivante :

$$\text{Efficacité de séparation (\%)} = \left( \frac{m_{LB} - m_L}{m_{LB}} \right) \times 100 = \left( \frac{m_S}{m_{LB}} \right) \times 100 \quad (2)$$

où :

$m_{LB}$  = masse d'un constituant dans le lisier brut  
 $m_L$  = masse du constituant dans la partie liquide  
 $m_S$  = masse du constituant dans la partie solide

Cependant, certaines contraintes d'expérimentation compliquent parfois l'opération. Les mesures des masses ne sont pas toujours possibles et plusieurs auteurs utilisent une approche volumique. Cependant, il faut être prudent si une telle approche est utilisée puisque les densités des liquides et des solides varient fortement et ainsi introduisent des erreurs importantes au calcul si ces différences ne sont pas prises en compte. Pour leur part, Martin *et al.* (2001) ont utilisé lors d'essais l'équation suivante impliquant la connaissance de la masse volumique et le débit de chaque phase :

$$\text{Efficacité de séparation (\%)} = \frac{\rho_{solide} \times \%Mat.Sec_{solide} \times Q_{solide} \times C_{solide}}{\rho_{liquide} \times \%Mat.Sec_{liquide} \times Q_{liquide} \times C_{liquide}} \times 100 \quad (3)$$

où :

C : Concentration de l'élément analysé (ex.: N, P, K, ...) (mg/kg)  
 $\rho$  : Masse volumique des différentes phases (kg/m<sup>3</sup>)  
 Q : Débit des différentes phases (m<sup>3</sup>/heure)

### **3.3 CRITÈRES DE CONCEPTION ET INFORMATIONS MANQUANTES**

La brièveté de la revue de littérature sur les systèmes de séparation à la source met en évidence un manque d'information quant aux facteurs très importants tels que la quantité et les caractéristiques des solides et des liquides produits ainsi que le choix des pentes, des matériaux et des fréquences de nettoyage des systèmes de séparation sous les caillebotis.

De même, les différents taux de réduction des émissions de gaz sont donnés par rapport à des systèmes de production européens différents de ceux présents au Québec. La plupart des études visaient le bilan d'azote et de phosphore et par conséquent ne font pas mention des gaz à effet de serre. Pour sa part, la réduction des émissions d'odeurs n'a pas fait l'objet d'expérimentation comparative scientifique pour les systèmes québécois existants. Finalement, il semble exister peu de publications traitant de système d'isolement sous les animaux et de l'efficacité d'isolement du phosphore et de la teneur en matière sèche de la phase solide. Il faut mentionner que plusieurs études réalisées sur les systèmes de séparation sous les animaux visaient principalement la réduction des émissions d'ammoniac ainsi que l'amélioration de la qualité de l'air et du statut sanitaire.

Toutefois, présentement aux États-Unis, particulièrement au Michigan State University et au North Carolina State University, l'aspect de la séparation sous les lattes soulève de plus en plus d'intérêt étant donné la problématique reliée au phosphore présente dans certains États américains.

## **4 DESCRIPTION GÉNÉRALE DU PROJET ET OBJECTIFS**

### **4.1 LE PROJET DANS SON ENSEMBLE**

Le projet d'évaluation du système d'isolement à la source comportait trois différents volets dont l'objectif général était d'évaluer et d'adapter une approche de gestion des déjections sous les animaux facilitant la manutention, le traitement et la valorisation des phases solide et liquide de façon distincte. Les trois volets s'intitulent comme suit :

- Volet I : Évaluation de l'efficacité de séparation du système gratte-dalot existant au MSU
- Volet II : Évaluation d'un concept et adaptation au système québécois (essais effectués en mini-porcherie à Deschambault par l'IRDA)
- Volet III : Évaluations technico-économique, environnementale et transfert technologique

Le volet I consistait à évaluer, à l'échelle réelle, l'efficacité d'isolement des éléments fertilisants dans le solide issu d'un système d'isolement à la source installé dans un bâtiment porcin appartenant au Michigan State University (MSU). De plus, les fractions solide et liquide ont été caractérisées. Le système étudié était constitué de grattes et de dalots en forme de « V ». De plus, ce volet consistait à noter les améliorations potentielles à apporter. Le but étant d'optimiser et d'adapter ce système d'isolement, au système de production québécois. Par conséquent, l'étude de l'efficacité de séparation de ce type de système est primordiale. Le volet I et III constituent le cœur du présent document alors que le volet II fera l'objet d'un rapport différent. Le présent document a pour objectif de présenter les résultats obtenus dans le cadre du volet I ainsi qu'une discussion concernant ces résultats.

Dans le cadre du volet II, à la suite des essais effectués au Michigan, l'IRDA (Godbout, 2004) a conduit des expérimentations dans les installations des mini-porcheres à Deschambault. L'objectif était d'évaluer et de comparer l'impact sur les émissions de gaz, de poussière et d'odeurs, de différents systèmes de gestion des déjections au bâtiment, incluant le système étudié au MSU. Le rapport complet est disponible.

Finalement, le volet III contient des analyses technico-économiques et agroenvironnementales ainsi que des activités pour transférer les connaissances liées à la technologie de gratte en « V » aux différents intervenants du secteur porcin québécois.

#### **4.2 OBJECTIFS SPÉCIFIQUES PAR VOLET**

Dans le premier volet, l'évaluation de l'efficacité de séparation du système gratte-dalot en « V » existant au Michigan State University (MSU) a permis d'atteindre les objectifs suivants :

- Établir un bilan massique des phases liquide et solide afin de déterminer l'efficacité de séparation du système séparateur du MSU, avec gratte et dalot;
- Évaluer l'efficacité du système gratte-dalot à isoler le phosphore contenu dans la fraction solide des déjections.

Dans le second volet, une détermination des paramètres de conception requis pour l'adaptation et l'amélioration du concept américain au système de production québécois a été effectuée par l'atteinte des objectifs suivants (ce volet ne sera pas traité dans le présent document):

- Optimiser les critères de conception du système « gratte-dalot » américain tout en l'adaptant au contexte de production porcin québécois;
- Comparer le comportement de trois prototypes d'isolement à la source différents au niveau des émissions gazeuses, des émissions d'odeurs et de l'efficacité de séparation solide-liquide;
- Établir un bilan massique des phases liquide et solide afin de déterminer l'efficacité de séparation du phosphore contenu dans les déjections par les trois prototypes d'isolement à la source;
- Comparer l'effet des trois prototypes d'isolement à la source sur les émissions gazeuses et odorantes et les comparer à des systèmes de gestion de lisier utilisés présentement dans les bâtiments porcins québécois (système de siphons et système de grattes conventionnelles).

Dans le troisième et dernier volet, les évaluations technico-économique et agroenvironnementale ainsi que le transfert technologique réalisé au cours de l'atteinte des objectifs suivants :

- Évaluer l'impact environnemental de la gestion des résidus solides et liquides issus de ce système de séparation solide-liquide au Québec;
- Évaluer l'impact économique relatif à l'implantation d'un tel système;
- Élaborer un guide technique pour les bâtiments nouveaux et existants.

### **4.3 ÉTAPES ET ÉCHÉANCIERS DE RÉALISATION POUR LES VOIETS I ET III (RÉVISÉS OU TELS QUE RÉALISÉS)**

Volet I : Évaluation de l'efficacité de séparation du système « gratte-dalot » existant au MSU (section de l'engraissement)

Les différentes activités du volet I et III ont été réalisées suivant le cadre initialement prévu, soit schématiquement (tableau 1) :

- *Actualiser la recherche bibliographique;*
- *Finaliser l'approche théorique de calcul des efficacités d'isolement des différents éléments;*
- *Réaliser une campagne de mesures au Michigan State University dans deux chambres d'engraissement contenant chacune quatre dalots.*

Volet III : Évaluations technico-économique et environnementale ainsi que le transfert technologique

Dans le cadre de ce volet, des activités ont été réalisées afin de permettre le transfert de la technologie aux concepteurs de bâtiments porcins. Cette approche de transfert par le biais des concepteurs a permis une pénétration accélérée de la technologie et la construction d'une nouvelle génération de bâtiments porcins performants et respectueux de l'environnement. Voici en bref les activités réalisées dans ce volet (tableau 2).

- *Évaluer l'impact agroenvironnemental de la gestion des fractions solide et liquide issues de ce système de séparation « solide-liquide » au Québec. Cette évaluation agroenvironnementale est bonifiée dans son aspect environnemental par rapport aux émissions de gaz et d'odeurs dans le cadre du rapport final du volet II;*
- *Rédiger un rapport d'étape présentant les résultats obtenus au MSU et comportant des analyses préliminaires;*
- *Concevoir (planifier) les nouveaux dalots à échelle réelle en fonction des exigences du concept optimisé pour une section d'engraissement;*
- *Estimer le coût d'intégration de ce nouveau système dans les bâtiments existants et les nouveaux bâtiments d'engraissement. Un modèle économique de base a également été réalisé;*
- *Organiser une visite des installations du MSU par plusieurs intervenants québécois;*
- *Rédiger des articles vulgarisés dans des revues spécialisées en production porcine au Québec, aux États-Unis et en France;*
- *Présenter les résultats du projet dans des colloques provinciaux, nationaux et internationaux;*
- *Réaliser un feuillet illustrant ce type de dalot pour les nouveaux bâtiments et pour la rénovation de bâtiments existants.*

Tableau 1 . ÉCHÉANCIER DU VOLET I

Étapes	Échéanciers	Personnes impliquées
Actualiser la recherche bibliographique	juin à septembre 2003	Dominique Hamel Francis Pouliot Isabelle Lachance
Finaliser l'approche théorique de calcul des efficacités de séparation des différents éléments	juin à septembre 2003	Dominique Hamel Francis Pouliot Stéphane Godbout
Mettre en place le protocole, prendre les mesures régulières dans les bâtiments du Michigan State University et analyser des échantillons par l'équipe du Michigan	juin à novembre 2003	Dominique Hamel Jeff Hill Francis Pouliot Stéphane Godbout Robert D. von Bernuth Erin Henderson
Réaliser une campagne de mesures au Michigan State University dans deux chambres d'engraissement contenant chacune quatre dalots Prendre des mesures ponctuelles dans les bâtiments du Michigan State University et analyses des échantillons, lors d'une visite, par l'équipe du Québec Analyser les résultats et écrire le rapport d'étape sur les résultats obtenus au Michigan	octobre 2003  novembre 2003 à juin 2004	Dominique Hamel Frédéric Rompré Jeff Hill Francis Pouliot Stéphane Godbout Robert D. von Bernuth Dominique Hamel Francis Pouliot Stéphane Godbout Stéphane Lemay
Dépôt d'un rapport de suivi par le chargé de projet au responsable du projet et au directeur scientifique		

Tableau 2 . ÉCHÉANCIER DU VOLET III

Étapes	Échéanciers	Personnes impliquées
Évaluer l'impact agroenvironnemental de la gestion des fractions solides et liquides issues de ce système de séparation solide-liquide au Québec	novembre 2003 à juin 2004 juin à août 2005	Dominique Hamel Mélanie Drapeau Denis Côté Maryse Trahan Valérie Dufour Francis Pouliot Stéphane Godbout
Étude sur le coût d'intégration de ce nouveau système dans les bâtiments existants et les nouveaux engraisements	novembre 2003 à juin 2004 septembre à octobre 2005	Dominique Hamel Réjean Leblanc Bertrand Leclerc Valérie Dufour Francis Pouliot Stéphane Godbout
Concevoir (planifier) les nouveaux dalots à échelle réelle en fonction des exigences du concept optimisé pour une section d'engraissement	Janvier 2006 à juillet 2006	Valérie Dufour Michel Leblanc Henri Guimont Stéphane Godbout Francis Pouliot

<b>Étapes</b>	<b>Échéanciers</b>	<b>Personnes impliquées</b>
Réalisation d'un feuillet illustrant ce type de dalot pour les nouveaux bâtiments et pour la rénovation de bâtiments existants	Juillet 2006 à octobre 2006	Valérie Dufour Michel Leblanc Henri Guimont Francis Pouliot Stéphane Godbout
Rédiger le rapport final	Octobre 2005 à octobre 2006	Valérie Dufour Francis Pouliot Stéphane Godbout Stéphane Lemay Réjean Leblanc
Réaliser un feuillet fournissant des plans types pour la conception de ce type de dalot pour de nouveaux bâtiments et pour des bâtiments existants	Juillet 2006 à octobre 2006	Valérie Dufour Michel Leblanc Henri Guimont Francis Pouliot Stéphane Godbout



## 5 MATÉRIEL ET MÉTHODE

### 5.1 BÂTIMENT ET ANIMAUX

#### 5.1.1 Description du site expérimental « Swine Research Facility »

Le projet s'est déroulé au Michigan State University (MSU) à l'intérieur du complexe porcin nommé « Swine Research Facility » (figure 2). Le MSU est situé à East Lansing dans l'État du Michigan aux États-Unis.

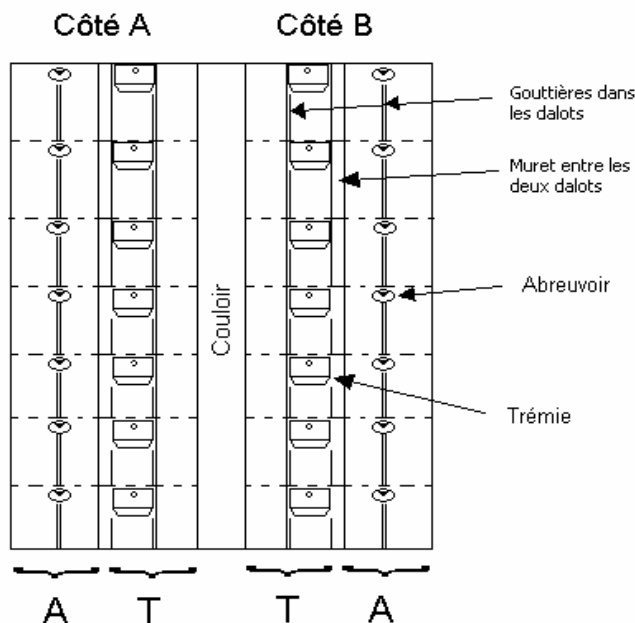


Figure 2 . Le « Swine Research Facility » du Michigan State University

Le Swine Research Facility est un complexe porcin de type naisseur-finisser de 250 truies. Plus spécifiquement, les essais ont été réalisés à l'intérieur de deux chambres d'engraissement de 10,82 m (35'-6") de large par 18,08 m (59'-4") de long contenant chacune 144 porcs (figure 3). Chaque chambre comptait deux rangées de sept enclos mesurant 2,44 m (8') par 4,88 m (16') et une allée centrale de 1,02 m (3'-4"),). Le plancher au-dessus des dalots de 2,13 m (7') par 18,08 m (59'-4") était complètement latté. Sous chaque rangée d'enclos se trouvait deux dalots côte à côte, un sous les trémies et l'autre sous les abreuvoirs, pour un total de quatre par chambre. La figure 4 présente l'aménagement des abreuvoirs et des trémies dans une chambre. Les trémies étaient placées au-dessus du plan incliné du dalot du côté de l'allée centrale, tandis que les abreuvoirs étaient positionnés au-dessus des gouttières de l'autre dalot. De cette façon, l'eau et la moulée gaspillées pouvaient tomber vis à vis leur zone de collecte respective.



Figure 3 . Vue intérieure d'une chambre d'engraissement au Michigan State University



**Figure 4 . Schéma de positionnement des abreuvoirs et trémies dans une chambre**

Pour la réalisation des essais, de légères modifications au bâtiment ont été effectuées afin qu'il soit représentatif des conditions québécoises et que la chute des excréments se fasse à un endroit adéquat dans le dalot en V. Chaque enclos a été doté d'une trémie sèche de type « Farmweld » (figure 5) (similaire aux trémies sèches québécoises) et d'un bol économiseur d'eau en acier inoxydable de marque Drik-o-mat standard (figure 6). La ventilation était mécanisée et la ventilation minimum était de type « extraction basse » (figure 7).



**Figure 5 . Trémie sèche de type « Farmweld »**



**Figure 6 . Abreuvoir économiseur d'eau de type « Drik-O-Mat »**



**Figure 7 . Perforations des conduites pour l'extraction basse**

### ***5.1.2 Description du système d'isolement « fèces-urine » étudié (gratte en « V »)***

Le système de gratte évalué dans ce projet était installé dans les dalots, sous le plancher latté des chambres d'engraissement (figure 8). Le système est fonctionnel depuis 1998.

À la décharge de la gratte en « V », les liquides tombaient d'un côté et les solides de l'autre côté d'une chaîne à écurer de marque Patz, modèle 400 (figure 9). Les déjections solides étaient évacuées du bâtiment par la chaîne à écurer. À la décharge de la montée extérieure, les solides tombaient et étaient entreposés pour un maximum de quatre jours sur une plate-forme couverte de 3,65 m par 7,30 m (figure 10). Les solides étaient repris et transportés vers une plate-forme de compostage adjacente à la ferme (figure 11). Les liquides étaient poussés par la chaîne à écurer vers un puits de pompage, puis pompés dans un réservoir à lisier en acier vitrifié.



**Figure 8 . Vue du dalot et de la gratte employée au Michigan State University**



**Figure 9 . Vue de la décharge du dalot en « V » vers la chaîne à écurer**



**Figure 10 . Plate-forme d'entreposage temporaire des déjections solides et la montée de la chaîne à écurer**



**Figure 11 . Plate-forme de compostage à la ferme**

## **5.2 MÉTHODOLOGIE**

### **5.2.1 Campagne de mesures de l'équipe du MSU au Swine Research Facility du MSU**

La période d'expérimentation a été de 108 jours, débutant le 8 juillet et se terminant le 24 octobre 2003. Les porcelets ont été allotés afin d'avoir le même nombre de porcs et le même poids moyen pour chacune des quatre rangées d'enclos. Dans le cadre du projet, les porcs sont entrés à un poids moyen de 17,9 kg et ils ont terminé les essais à un poids moyen de 111,2 kg. Les porcs sont entrés simultanément dans les deux chambres d'engraissement en tout plein, tout vide. La photopériode dans les chambres était de 12 heures.

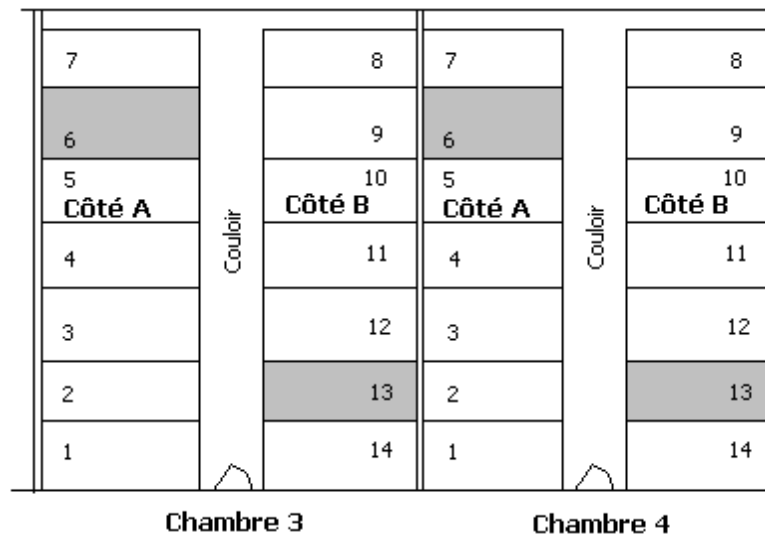
Le test réalisé à l'intérieur du Swine Research Facility du MSU a occupé deux chambres d'engraissement simultanément et un total de huit dalots ont été échantillonnés (figure 12). Pour chacune des deux chambres d'engraissement, les rejets solides et liquides de chaque dalot ont été récupérés séparément chaque semaine, sur une période de 24 heures, dans des bassins indépendants au cours des quinze semaines d'expérimentation. Cet échantillonnage hebdomadaire a permis d'évaluer l'efficacité de séparation en fonction de l'âge des porcs. Par la suite, le contenu a été pesé et des échantillons ont été prélevés pour être analysés en laboratoire.

Par ailleurs, des échantillons d'aliments ont été recueillis à chaque livraison et analysés en laboratoire. La moulée a été pesée à chaque livraison et les refus pesés à la fin des essais. Les rations alimentaires utilisées ont été fournies par le MSU. Chaque semaine, la lecture des compteurs d'eau était enregistrée. Les données sur les mortalités ont été compilées. Les porcs ont été pesés au début et à la fin des essais.

Afin d'évaluer la qualité de l'air ambiant, les concentrations ponctuelles de trois gaz ont été mesurées, dans les deux chambres de façon exploratoire, à l'aide de tubes Draeger. Les gaz mesurés étaient l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ), le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et le sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ ).

Pour les déjections, l'analyse des échantillons des solides et des liquides a porté sur les éléments mentionnés au tableau 3. La moulée a été également analysée en laboratoire. Le tableau 3 présente les éléments analysés par le laboratoire A&L Great Lake Laboratories inc. opérant au 3505, Conestoga Drive, Fort Wayne, Indiana.

Des observations complémentaires effectuées sur les zones de défécation des porcs dans les enclos ont permis de comprendre les variations dans les volumes collectés. En effet, certaines variations de volume ont été constatées entre les deux dalots sous une même rangée d'enclos.



**Figure 12 . Plan d'aménagement des chambres 3 et 4**

Tableau 3 . ÉLÉMENTS ANALYSÉS DANS LES DIFFÉRENTS ÉCHANTILLONS

Caractéristiques	Abrév.	Unité	Type d'échantillon				Unité	Solide (IRDA)	Liquide (IRDA)
			Solide (A&L)	Liquide (A&L)	Moulée (A&L)	Eau (A&L)			
Matière organique	MO	%	✓	✓					
Carbone organique	CO	%	✓	✓					
Matière sèche	MS	%	✓	✓	✓		✓	✓	
Azote total	N <sub>totale</sub>	%	✓	✓	✓		mg/kg	✓	
Azote ammoniacal	N-NH <sub>4</sub>	%	✓	✓		✓	mg/kg	✓	
Azote organique	N <sub>org.</sub>	%	✓*	✓*					
Phosphore	P	%	✓	✓	✓	✓	mg/kg	✓	
Potassium	K	%	✓	✓	✓	✓	mg/kg	✓	
Calcium	Ca	%	✓	✓	✓	✓	mg/kg	✓	
Magnésium	Mg	%	✓	✓	✓	✓	mg/kg	✓	
Soufre	S	%	✓	✓	✓	✓			
Sodium	Na	%	✓	✓	✓	✓	mg/kg	✓	
Cuivre	Cu	ppm	✓	✓	✓	✓	mg/kg	✓	
Zinc	Zn	ppm	✓	✓	✓	✓	mg/kg	✓	
Manganèse	Mn	ppm	✓	✓	✓		mg/kg	✓	
Aluminium	Al	ppm	✓	✓	✓	✓	mg/kg	✓	
Fer	Fe	ppm	✓	✓	✓	✓	mg/kg	✓	
Bore	B	ppm	✓	✓	✓	✓	mg/kg	✓	
Densité	ρ	g/cc	✓*	✓*					
Rapport C/N	C/N	-	✓	✓			-	✓	
pH	pH	-	✓	✓		✓			
Cendres							%	✓	
Demande biologique en O <sub>2</sub> durant 5 jours	DBO <sub>5</sub>	mg/l		✓*			mg/l	✓	
Demande chimique en O <sub>2</sub>	DCO	mg/l		✓*			mg/l	✓	
Demande biochimique de la partie carbonée en O <sub>2</sub> durant 5 jours	DBO <sub>5</sub> C	mg/l		✓*					
Solide, Total		mg/l				✓			
Solide, Total dissout		mg/l		✓*		✓			
Solide, Total suspendu		mg/l		✓*		✓			
Carbonate	CO <sub>3</sub>	mg/l				✓			
Bicarbonate	HCO <sub>3</sub>	mg/l				✓			
Azote, Total Kjeldahl		mg/l				✓			
Azote, Nitrate + Nitrite		mg/l				✓			
Alcalinité		mg CaCO <sub>3</sub> /l				✓			
Conductivité		mmho/cm				✓			
Dureté totale		mg/l				✓			
Chlorure		mg/l				✓			
Ration absorption sodium	RAS	-				✓			

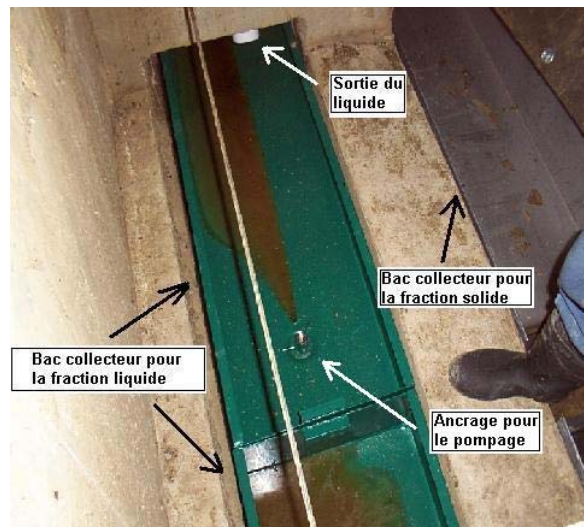
\* Analyses effectuées seulement lors de la semaine 15 de l'élevage.

### 5.2.1.1 Méthode d'échantillonnage

La procédure de collecte d'échantillons s'est déroulée entre le mardi et le jeudi pour chacune des semaines de l'élevage. Le mardi vers 11 h, les grattes de la chambre 3 étaient actionnées pour nettoyer les dalots. Le lendemain vers 11 h, les grattes étaient de nouveau actionnées pour collecter les déjections accumulées dans la période de 24 heures. Le même processus était employé pour la chambre 4 à partir de mercredi vers 11 h.

Des réservoirs, (figure 13) installés à la sortie de chaque dalot, permettaient de collecter les fractions solide et liquide. Pour les semaines 1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 13 et 14, un seul échantillon par fraction par chambre était pris. Ceux-ci étaient obtenus en combinant et mélangeant les quatre volumes collectés dans une chambre. Pour les semaines 3, 6, 9, 12 et 15, quatre échantillons par fraction par chambre étaient pris (un échantillon pour chaque fraction par dalot).

À chaque livraison de moulée, les quantités livrées ont été pesées et enregistrées. Il est de même pour les masses restantes de moulée à la fin de l'élevage dans les silos et les trémies. Toutes les semaines des échantillons de la moulée ont été récoltés pour analyse par le laboratoire A&L Great Lakes. Un échantillon par chambre a été pris lors des semaines 1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 13 et 14 et un échantillon par rangée d'enclos a été pris lors des semaines 3, 6, 9, 12 et 15. Un total de 40 échantillons répartis comme suit : 4 échantillons pour la première ration, 20 pour la deuxième ration et 16 pour la troisième ration ont été analysés.



**Figure 13 . Réservoirs de collecte des fractions liquide et solide**

### 5.2.1.2 Instrumentation

Chaque rangée d'enclos était approvisionnée en eau par un conduit individuel. Chacune de ces lignes d'arrivée d'eau était équipée d'un compteur d'eau volumique C700 de marque ABB à déplacement positif (figure 14). La lecture des compteurs d'eau était effectuée hebdomadairement de façon manuelle.

Dans chaque chambre, deux enclos (6 et 13, voir figure 12) étaient conservés vides afin de disposer les différentes sondes de mesure des gaz, de la poussière et des températures.





**Figure 14 . Compteur d'eau ABB modèle C700**

Pour la pesée de la fraction liquide, une pompe péristaltique pompait les liquides des réservoirs de collecte vers un baril (figure 15). Le baril était pesé vide et avec le liquide. Une cellule de charge (figure 16) suspendue à une grue mobile était reliée à un écran digital (figure 17) affichant le poids lorsque le baril était suspendu. Ce poids était par la suite compilé manuellement.

Les solides étaient pesés à même les réservoirs de collecte suspendus au montage de la cellule de charge – grue mobile (figure 18).



**Figure 15 . Vue d'ensemble du montage**



**Figure 16 . Vue de la cellule de charge**



**Figure 17 . Vue de l'acquisiteur de données**



**Figure 18 . Vue de la procédure de levage et pesée du réservoir de collecte des solides**

## ***5.2.2 Campagne de mesures par l'IRDA au Swine Research Facility du MSU***

### ***5.2.2.1 Données prises et analyses***

Deux prises de données ont été effectuées. Des échantillons ont été collectés sur les fractions solide et liquide pour être analysés et les échantillons de chaque fraction ont été pesés. Ces manipulations ont été faites sur trois périodes d'accumulation : 18 h à 6 h, 6 h à 12 h et 12 h à 18 h.

Les essais se sont tenus du côté A de la chambre 4 sur une période de quatre jours, soit du 27 au 31 octobre 2003, lors de la 16<sup>e</sup> semaine de l'élevage. Le laboratoire des sols de l'IRDA a été responsable de l'analyse des échantillons. Le tableau 3 présente l'ensemble des analyses effectuées par le laboratoire.

### 5.2.2.2 Méthode d'échantillonnage et instrumentation

À la fin des périodes d'accumulation (trois périodes par jour), les grattes ont été actionnées pour collecter les fractions liquide et solide des déjections. La même méthodologie de collecte des déjections, employée lors des quinze premières semaines, a été répétée pour ces essais. Le tableau 4 présente le nombre et les types d'échantillons récoltés pour chaque type de fraction. Trois échantillons de 100 ml furent récoltés afin de minimiser la variabilité dans les échantillons. Pour l'analyse de la DBO<sub>5</sub> et la DCO, deux échantillons supplémentaires ont été récoltés pour les liquides de chaque dalot (dalot A et dalot T) et deux autres dont les liquides ont été mélangés (dalot A et T combinés). Suivant la prise des échantillons, ceux-ci ont été congelés et transportés au laboratoire de l'IRDA à Québec.

La pesée des volumes collectés a été effectuée à l'aide d'une balance à plateau avec affichage électronique d'une capacité de 100 livres et d'une précision de 0,1 livre.

Tableau 4 . NOMBRE D'ÉCHANTILLONS RÉCOLTÉS PAR PÉRIODE D'ACCUMULATION

Nombre d'échantillons	Fraction solide			Fraction liquide		
	Dalot T	Dalot A	Mélangé	Dalot T	Dalot A	Mélangé
Analyse chimique	3	3	3	3	3	3
DBO <sub>5</sub> , DCO				2	2	2

## 5.3 ÉQUATIONS UTILISÉES POUR ÉTABLIR LES BILANS MASSIQUES

### 5.3.1 Équations utilisées pour établir l'efficacité d'isolement

Pour déterminer l'efficacité d'isolement du système, trois différentes équations ont été utilisées. L'équation 4 permet d'évaluer l'efficacité du système « gratte-dalot » en V à isoler un nutriment « n » dans une fraction « f ». Cette équation peut être utilisée sur les volumes collectés lors d'un ou plusieurs nettoyages du dalot au cours d'un élevage. Dans la présente étude, la sommation des masses des fractions sur l'élevage a été employée et la concentration a été déterminée suivant l'équation 7.

$$Eff(\%) = \frac{M_{f,n} \times C_{f,n}}{M_S \times C_{S,n} + M_L \times C_{L,n}} \times 100 \quad (4)$$

où :

Eff = Efficacité d'isolement (solide ou liquide, %)

M = Masse humide (kg)

C = Concentration de l'élément analysé (nutriment → N, P, K...) (mg/kg)

S = Fraction solide

L = Fraction liquide

n = Nutriment

f = Fraction (solide ou liquide)

L'équation 5 a permis de déterminer l'efficacité d'isolement sur l'ensemble des chambres «  $c$  » du système pour un nutriment «  $n$  » dans une fraction «  $f$  » pour une semaine «  $s$  » donnée.

$$Eff_{s,n,f} = \frac{\sum_{c=3}^4 M_{s,n,f}}{\sum_{c=3}^4 (M_S + M_L)_{s,n}} \quad (5)$$

où :

- Eff = Efficacité d'isolement (%)
- M = Masse humide (kg)
- S = Fraction solide
- L = Fraction liquide
- n = Nutriment
- f = Fraction (solide ou liquide)
- s = Semaine
- c = Chambre

La troisième équation (équation 6) a servi à déterminer l'efficacité d'isolement sur l'ensemble de l'élevage pour un nutriment «  $n$  » dans une fraction «  $f$  ».

$$Eff_{n,f} = \frac{\sum_{s=1}^{15} \sum_{c=3}^4 M_{f,n}}{\sum_{s=1}^{15} \sum_{c=3}^4 (M_S + M_L)_n} \quad (6)$$

où :

- Eff = Efficacité d'isolement (%)
- M = Masse humide (kg)
- S = Fraction solide
- L = Fraction liquide
- n = Nutriment
- f = Fraction (solide ou liquide)
- s = Semaine
- c = Chambre

La masse totale d'un élément a été déterminée, selon l'équation 3, en effectuant la sommation des masses collectées sur une période de 24 heures d'une semaine donnée multipliée par 7,2 jours (108 jours divisés par 15 périodes).

L'équation 7 a été retenue pour déterminer la concentration d'un nutriment « n » dans une fraction « f » sur l'ensemble de l'élevage. Cette équation a permis de convertir les résultats des analyses qui étaient en masse vers une concentration. Cette même équation peut être employée pour déterminer la concentration des nutriments de chaque période d'échantillonnage.

$$[ ]_{n,f} = \frac{\sum_{s=1}^{15} \sum_{c=3}^4 M_{f,n}}{\sum_{s=1}^{15} \sum_{c=3}^4 M_f} \quad (7)$$

où :

- [ ] = Concentration (kg/tonne)
- M = Masse humide (kg)
- n = Nutriment
- f = Fraction (solide ou liquide)
- s = Semaine
- c = Chambre

### 5.3.2 Équations utilisées pour calculer les paramètres zootechniques

Pour déterminer la masse de déjections quotidiennes produites par porc pour une fraction « f », l'équation 8 a été utilisée. À partir de ces résultats, il est possible de tracer le profil de l'augmentation des déjections dans les chambres et de déterminer une masse moyenne de déjections produites par jour par porc sur l'élevage.

$$\left( \frac{kg}{jour.porc} \right)_f = \frac{\sum_{s=1}^{15} \sum_{c=3}^4 M_f}{\sum_{p=1}^{288} J} \quad (8)$$

où :

- M = Masse humide (kg)
- f = Fraction (solide ou liquide)
- s = Semaine
- c = Chambre
- J = Nombre de jours de présence dans l'élevage
- p = Porc 1, 2, 3 ...

L'équation 9 a été utilisé pour déterminer la masse totale d'aliments secs consommés lors d'un élevage pour une chambre ou une rangée donnée.

$$Cons_r = \sum_{s=1}^{15} M_{alim.} \quad (9)$$

où :

- Cons<sub>r</sub> = Consommation totale d'aliments secs par rangée pendant l'élevage (kg)
- M<sub>alim.</sub> = Masse d'aliments secs donnés (kg)
- r = Rangée d'enclos
- s = Semaine

Le taux de mortalité a été calculé selon l'équation 10.

$$Mortalité = \frac{P_{morts}}{P_{entrée}} \times 100 \quad (10)$$

où :

Mortalité = Taux de mortalité des animaux (%)  
 $P_{morts}$  = Nombre de porcs morts  
 $P_{entrée}$  = Nombre de porcs au début de l'élevage

L'équation 11 a été employée pour déterminer la consommation totale d'aliments secs par porc vendu. La quantité d'aliments ayant été consommés par des porcs morts en cours d'élevage est répartie parmi les porcs vendus.

$$Cons_{r, P_{vendus}} = \frac{Cons_r}{P_{vendus}} \quad (11)$$

où :

$Cons_{r, p_{vendu}}$  = Consommation totale d'aliments secs par porc vendu (kg/porc)  
 $P_{vendus}$  = Nombre de porcs vendus  
 $r$  = Rangée d'enclos

L'équation 12 a été employée pour déterminer la consommation moyenne par jour d'aliments secs par porc vendu.

$$IMQ = \frac{Cons_{r, P_{vendus}}}{J_{élev.}} \quad (12)$$

où :

IMQ = Ingéré moyen quotidien (kg/jour)  
 $Cons_{r, p_{vendu}}$  = Consommation totale d'aliments secs par porc vendu (kg/porc)  
 $J_{élev.}$  = Durée de l'élevage (jour)  
 $r$  = Rangée d'enclos  
 $P_{vendus}$  = Nombre de porcs vendus

L'équation 13 a été appliquée pour déterminer le gain de poids moyen par jour d'élevage par porc vendu.

$$GMQ = \frac{\sum_{p=1}^{288} Gain}{J_{élev.} \times P_{vendus}} \quad (13)$$

où :

GMQ = Gain moyen quotidien (kg/jour)  
 $Gain_{élev.}$  = Poids à la sortie de l'élevage – Poids à l'entrée de l'élevage (kg)  
 $P_{vendus}$  = Nombre de porcs vendus  
 $J_{élev.}$  = Durée de l'élevage (jour)

L'équation 14 a été employée pour déterminer l'efficacité alimentaire des porcs pour une rangée d'enclos donnée.

$$Eff. Alim._r = \frac{Cons_c}{\sum_{p=1}^{288} Gain_{\acute{e}lev.}} \quad (14)$$

où :

$Eff. Alim_c$  = Efficacité alimentaire par chambre (kg moulée/kg porc produit)

$Gain_{\acute{e}lev.}$  = Poids à la sortie de l'élevage – Poids à l'entrée de l'élevage (kg)

c = Chambre

Cons = Consommation totale d'aliments secs (kg)

#### **5.4 ANALYSE STATISTIQUES**

Une analyse de régression en fonction du temps a été effectuée afin de connaître les éléments chimiques pour lesquels l'efficacité de séparation variait avec le temps (SAS, 1999). Un niveau de signification de 5 % ( $P=0,05$ ) a été employé pour cette analyse.

#### **5.5 ANALYSE AGRONOMIQUE**

Une analyse agronomique a été effectuée en fonction des résultats d'efficacité de séparation et de concentration en éléments fertilisants des deux fractions obtenues. Cette section présente l'impact de la séparation des déjections sur la valorisation des fractions liquide et solide versus le lisier brut.

#### **5.6 ANALYSE ÉCONOMIQUE**

Les éléments suivants ont été estimés :

- Les coûts des bâtiments et équipements;
- Les coûts des structures d'entreposage;
- Les coûts d'entretien et de réparation;
- Les coûts de disposition des fractions solide et liquide;
- Les impacts sur le coût de production.

## 6 RÉSULTATS ET ANALYSES

### 6.1 RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURES (ÉQUIPE DU MSU)

#### 6.1.1 Performances zootechniques

La période de croissance-finition des animaux a débuté le 8 juillet et s'est terminée le 24 octobre 2003 pour une durée de 108 jours. Le tableau 5 présente le poids des animaux à leur entrée et à leur sortie par rangée d'enclos et pour l'ensemble de l'élevage. À leur entrée, le poids moyen des porcelets variait de 17,1 à 18,7 kg pour les quatre rangées d'enclos et les écarts types variaient alors entre 3,91 et 4,21 kg. À la fin des essais, le poids moyen des porcs variait entre 104,7 et 113,9 kg pour les quatre rangées d'enclos et les écarts types variaient alors entre 14,58 et 25,64 kg. De façon globale, en considérant tous les porcs contenus dans les deux chambres, au début des essais, les porcs avaient un poids moyen de 17,86 kg avec un écart type de 4,12 kg. À la fin des essais, ils avaient un poids moyen de 111,2 kg avec un écart type de 14,24 kg. Le gain de poids total de l'élevage a été de 26 472,5 kg, comprenant les porcs morts en cours d'élevage. Le gain moyen de poids par porcs a été de 93,3 kg durant les essais.

Tableau 5 . POIDS D'ENTRÉE ET DE SORTIE DES PORCS

	Poids moyen		Poids moyen par rangée d'enclos (kg)							
	Entrée (kg)	Sortie (kg)	Entrée				Fin des essais			
			3A	3B	4A	4B	3A	3B	4A	4B
Moyenne	17,86	111,2	18,7	17,2	18,6	17,1	109,7	104,7	113,9	107,2
Écart type	4,12	14,24	4,21	3,91	4,21	3,94	23,29	25,64	19,15	14,58

Le tableau 6 présente les performances zootechniques moyennes de l'élevage ainsi que les performances par rangée d'enclos. Au total, six porcs sont morts en cours d'élevage. Ainsi, 282 porcs ont été vendus à la fin de l'élevage, ce qui donne un taux de mortalité moyen de 2,08 %. Les causes des mortalités sont : deux porcs morts à la suite de blessures causées par des morsures sévères à la queue, deux autres sont morts à la suite de blessures à une patte, un autre est mort en raison d'un ulcère à l'estomac et un dernier est décédé d'une cause inconnue. Les performances obtenues avant la mortalité de ces porcs ont été comptabilisées lors de l'évaluation des performances zootechniques globales de l'expérimentation. Globalement sur l'ensemble de l'expérimentation, pour les chambres 3 et 4, les porcs ont eu une ingestion moyenne quotidienne d'aliments (IMQ) de 2,2 kg/j, un gain moyen quotidien (GMQ) de 860 g/j et une conversion alimentaire de 2,55.

En considérant les performances zootechniques de chacune des quatre rangées d'enclos de façon indépendante, sur l'ensemble de l'expérimentation, l'IMQ a varié de 2,18 à 2,24 kg/j, le GMQ a varié de 834 à 898 g/j, la conversion alimentaire a varié de 2,49 à 2,62 et la consommation quotidienne d'eau de 3,76 à 4,09 l/j.porc (tableau 6). Le GMQ observé est nettement supérieur au gain moyen de 804 g/j, observé dans la province de Québec en 2003 et la conversion alimentaire est inférieure au 2,66 moyen observée au Québec en 2003 (CDPQ, 2005). Les poids vifs moyens à l'entrée et à la sortie pour les données du Québec sont respectivement de 24,37 kg et 106,9 kg.



La consommation moyenne quotidienne d'eau a été de 3,88 l/j.porc et le ratio consommation d'eau/consommation d'aliment a été de 1,77 l/kg d'aliment consommé. Toutefois, le besoin théorique en eau se situe autour de 2,5 l/kg d'aliment consommé. Donc, l'utilisation moyenne d'eau par porc durant cet essai semble basse. Par contre, Brumm (1998) a noté une consommation d'eau similaire (3,79 l/j.porc) pour des porcs à l'engrais (17 - 114 kg) avec le même type d'abreuvoir que ceux utilisés durant cet essai.

Tableau 6 . PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES

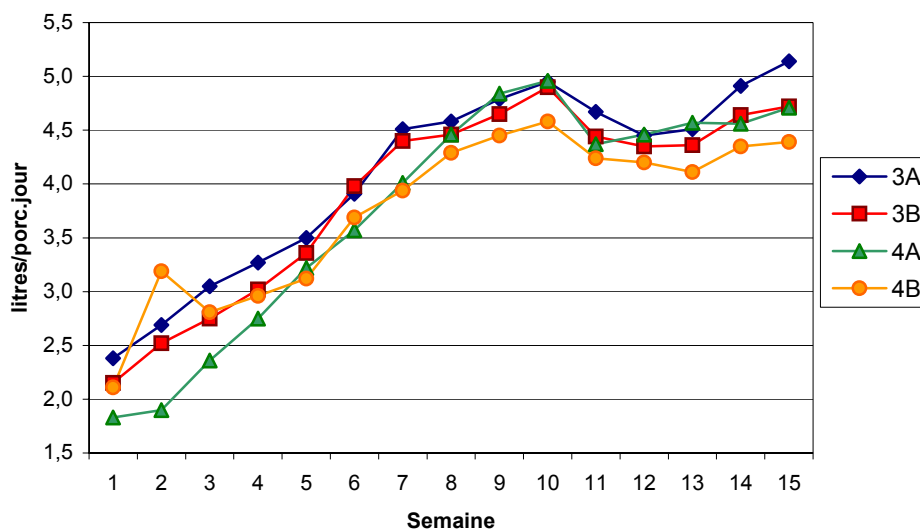
	Numéro de rangée				Moyenne	Moyenne au Québec †
	3A	3B	4A	4B		
Consommation totale d'aliments (kg)	16 534	16 237	17 144	17 002	16 729	
Consommation moyenne quotidienne d'eau (l/j/porc)	4,09	3,91	3,77	3,76	3,88	5,21 à 6,23
Consommation totale d'eau (l)	31 012	29 296	29 077	28 616	29 500	
Mortalité (%)	2,78	4,17	1,39	0	2,08	3,71
Nombre de porcs abattus	70	69	71	72	70,5	
Aliments consommés par porc vendu (kg/porc)	236	235	241	236	237	219,4
Eau consommée par porc vendu (l/porc)	443	425	410	397	419	
IMQ* (kg/porc/j)	2,19	2,18	2,24	2,19	2,20	2,12
GMQ* (kg/porc/j)	0,871	0,851	0,898	0,834	0,86	0,795
Conversion alimentaire*	2,511	2,559	2,491	2,620	2,55	2,66

\* IMQ = Ingestion moyenne quotidienne d'aliments

\* GMQ = Gain moyen quotidien

† CDPQ (2004)

De façon générale, la consommation d'eau au cours des quinze semaines d'expérimentation a augmenté linéairement entre la semaine 1 et 10. Une baisse de consommation d'eau a été observée entre la semaine 11 et 13 en relation avec une baisse de la température extérieure. Par ailleurs, lors de la semaine 2, soit le 20 juillet, des fuites importantes ont été identifiées sur certains abreuvoirs dans la rangée d'enclos 4B. Les pousses-tubes des abreuvoirs ont dû être remplacés. Ceci explique la pointe de consommation d'eau pour la rangée 4B lors de la semaine 2 (figure 19).



**Figure 19 . Consommation d'eau de chaque rangée d'enclos des chambres 3 et 4**

### ***6.1.2 Analyses de la moulée et de l'eau de consommation***

Le tableau 7 présente les ingrédients employés dans la fabrication des trois rations alimentaires (début, croissance et finition) ainsi que l'analyse chimique des moulées. Les rations sont principalement composées de maïs et de tourteau de soya. Selon Fillion (communication personnelle, 2004), la moulée utilisée se compare à la moulée employée à la station d'évaluation des porcs de Deschambault du CDPQ. Les ingrédients de celle-ci sont présentés en comparaison dans le tableau 7 avec l'analyse prévue.

Le tableau 8 présente les résultats des analyses des échantillons d'eau de consommation. Un échantillon par ligne d'alimentation a été pris lors de la semaine 9 de l'élevage. Cette eau est de type dure (plus de calcium et de magnésium que de sodium) moyennement minéralisée selon la classification proposée par le NRC (1974). Par conséquent, les interactions avec la nutrition et la santé des porcs sont peu probables (Klopfeinstein, C. communication personnelle, août 2005). Par ailleurs, cette eau aura tendance à acidifier le lisier.

Tableau 7 . INGRÉDIENTS ET ANALYSE DES DIÈTES ALIMENTAIRES SERVIES AU MSU

	Diète alimentaire						
	Début (MSU)	Début (Québec)	Croissance (MSU)	Croissance (Québec)	Finition (MSU)	Finition (Québec)	
Poids de l'animal (kg)	14 à 27	25 à 50	27 à 68	50 à 75	68 à 109	75 à 108	
<b>Ingrédient (kg/1000 kg)</b>							
Maïs	kg	658,8	522,65	734,7	598,22	812,4	628,93
Tourteau de soya (48 %)	kg	277,9	255,00	204,4	213,00	134,0	191,00
Blé	kg	-	150,00	-	150,00	-	150,00
Graisse (animale-végétale)	kg	30,0	35,00	30,0	5,00	30,0	-
Pierre de chaux fine	kg	6,1	15,20	5,8	15,20	5,6	13,90
Phosphate monodicalcique	kg	10,9	7,30	9,7	4,90	3,7	3,70
Sulfate de cuivre (25 %)	kg	-	0,22	-	0,22	-	0,22
Sel	kg	3,0	4,50	3,0	4,50	3,0	4,50
Pré mélange de vitamines	kg	6,0	-	6,0	-	5,0	-
Pré mélange de minéraux	kg	5,0	-	5,0	-	5,0	-
Lysine (L lysine Hcl)	kg	1,5	3,50	1,0	3,20	1,0	2,60
Phytase (600 U/kg)	kg	0,9	-	0,5	-	0,4	-
Phytase (500 U/kg)	kg	-	0,50	-	-	-	-
Phytase (400 U/kg)	kg	-	-	-	0,40	-	-
Phytase (300 U/kg)	kg	-	-	-	-	-	0,30
Concentré d'oligo-éléments et vitamines	kg	-	3,00	-	3,00	-	3,00
Autres	kg	-	3,18	-	2,36	-	1,85
<b>Analyse des diètes</b>							
Matière sèche	%	87,22	88,36	85,63	87,87	86,29	97,72
Protéine brute	%	19,27	18,98	16,00	17,56	12,66	16,69
N	%	3,08	3,04	2,58	2,81	2,02	2,67
Ca	%	0,92	0,77	0,91	0,72	0,75	0,65
K	%	0,78	-	0,66	-	0,54	-
Mg	%	0,15	-	0,15	-	0,12	-
Na	%	0,17	0,20	0,18	0,20	0,20	0,20
P	%	0,61	0,51	0,62	0,45	0,38	0,42
S	%	0,19	-	0,17	-	0,13	-
Al	ppm	129,75	-	123,95	-	81,63	-
B	ppm	11,75	-	9,38	-	5,06	-
Cu	ppm	19,50	92,50	19,90	91,10	17,13	90,30
Fe	ppm	349,75	150,00	339,81	100,00	268,63	100,00
Mn	ppm	42,50	-	39,10	-	34,88	-
Zn	ppm	177,75	100,00	145,24	100,00	140,13	100,00

Tableau 8 . ANALYSE DE L'EAU DE CONSOMMATION

Caractéristiques	Abrév.	Unité	3A	3B	4A	4B	Moyenne	Écart type
			2003-09-10	2003-09-11				
Alcalinité	CaCO <sub>3</sub>	mg/l	262	274	268	266	268	5
Conductivité		mmho/cm	0,73	0,73	0,73	0,73	1	0
Dureté totale		mg/l	353	352	352	352	352	1
pH	pH	-	7,74	7,61	7,67	7,83	7,71	0,09
Solide, Total		mg/l	504	568	681	608	590	74
Solide, Total dissout		mg/l	467	467	467	467	467	0
Chlorure		mg/l	24,43	24,60	24,74	24,38	24,54	0,16
Azote ammoniacal	N-NH <sub>4</sub>	mg/l	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	-
Azote, Nitrate + Nitrite		mg/l	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	-
Azote, Total Kjeldahl		mg/l	2	2	1	SLD	2	1
Phosphore	P	mg/l	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	-
Carbonate	CO <sub>3</sub>	mg/l	-	-	-	-	-	-
Bicarbonate	HCO <sub>3</sub>	mg/l	-	-	-	-	-	-
Aluminium	Al	mg/l	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	-
Bore	B	mg/l	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	-
Calcium	Ca	mg/l	92,5	92,1	92,0	92,2	92,2	0,2
Cuivre	Cu	mg/l	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	-
Fer	Fe	mg/l	0,25	0,14	0,19	0,40	0,25	0,11
Potassium	K	mg/l	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	0,0
Magnésium	Mg	mg/l	29,7	29,6	29,7	29,6	29,7	0,1
Sodium	Na	mg/l	14,1	14,0	14,0	14,0	14,0	0,0
Sulfate	SO <sub>4</sub>	mg/l	48	48	48	48	48	0
Zinc	Zn	mg/l	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	-
Ration absorption sodium	RAS	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,0

SLD : Sous la limite détectable

### 6.1.3 Efficacité d'isolement

#### 6.1.3.1 Efficacité d'isolement sur l'ensemble de l'élevage

Le tableau 9 présente l'efficacité d'isolement en considérant la masse totale des déjections collectées au cours de l'élevage. Comme le montre ce tableau, le système de dalot en « V » a permis, en moyenne, d'isoler 91 % du phosphore, 66 % de l'azote total et 60 % du potassium dans la fraction solide. Beaucoup d'autres études ont mesuré une efficacité de plus de 90 % pour le phosphore avec différent système de séparation à la source (van Kempen *et al.*, 2003; Marchal, 2002; Elmer *et al.*, 2001; Kroodsma, 1986; Tengman, 1995). Par contre, l'efficacité de séparation de l'azote total mesuré durant cet essai est supérieure aux 50-55 % obtenu par Tengman (1995) et Marchal (2002). De même, l'étude de Marchal avec un tamis métallique n'a permis d'isoler que 45 % du potassium dans la phase solide comparativement à 60 % dans le présent cas. De plus, 94 % du carbone organique, 94 % de la matière organique et plus de 90 % des métaux se retrouvent dans la fraction solide. Par ailleurs, la fraction solide était constituée de 34 % de matière sèche alors que la fraction liquide en contenait 2,5 %.

Tableau 9 . EFFICACITÉ D'ISOLEMENT MOYENNE DES ÉLÉMENTS FERTILISANTS CONTENUS DANS LES FRACTIONS SOLIDE ET LIQUIDE PAR RAPPORT AUX DÉJECTIONS TOTALES DE L'ÉLEVAGE

	Unité	Fractions	
		Solide	Liquide
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	91	9
N <sub>total</sub>	%	66	34
NH <sub>4</sub> -N	%	37	63
K <sub>2</sub> O	%	60	40
S	%	62	38
Mg	%	92	8
Ca	%	94	6
Na	%	62	38
Al	%	94	6
B	%	50	50
Cu	%	94	6
Fe	%	94	6
Mn	%	96	4
Zn	%	96	4
Carbone organique	%	94	6
Matière organique	%	94	6

### 6.1.3.2 Efficacité d'isolement en fonction de la semaine de l'élevage

La figure 20 présente l'évolution, durant les 15 semaines d'essais, du contenu en éléments fertilisants majeurs dans la fraction solide (azote total, azote ammoniacal, phosphore et potassium) et la teneur en matière sèche. Cette figure montre que l'efficacité d'isolement du phosphore dans la fraction solide a été relativement constante tout au long des essais en avoisinant 90 %. De plus, il est intéressant de remarquer que l'augmentation du poids des porcs (semaines d'échantillonnages) tend à faire diminuer la proportion d'azote total et d'azote ammoniacal dans la fraction solide en passant d'environ 70 à 60 % et de 40 à 30 % respectivement.

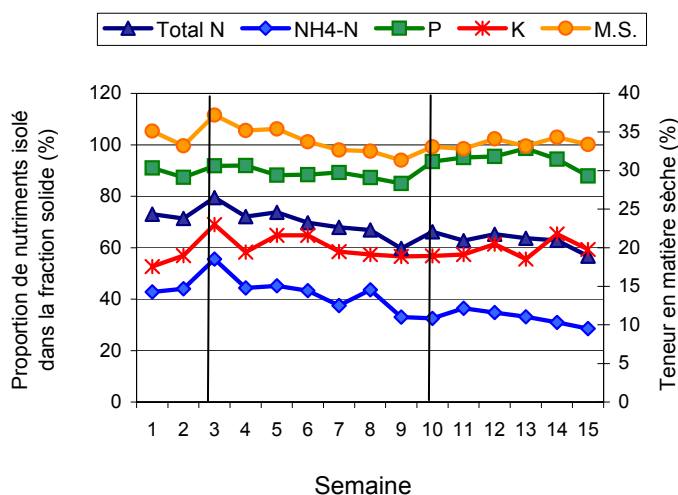


Figure 20 . Proportions d'éléments fertilisants contenus dans la fraction solide lors des échantillonnages hebdomadaires et la teneur en matière sèche des fèces

L'efficacité d'isolement des éléments est déterminée en observant la proportion de l'élément contenu dans la fraction solide ou liquide. Le tableau 10 présente la proportion moyenne des éléments dans la fraction solide qui ne présente pas de variation dans le temps avec la croissance des porcs.

Tableau 10 . PROPORTION MOYENNE DES ÉLÉMENTS DANS LA FRACTION SOLIDE SANS VARIATION DANS LE TEMPS

	P (%)	K (%)	Fe (%)	Cu (%)	Al (%)	Mg (%)	Mn (%)	Zn (%)
Moyenne	91,0	59,7	97,6	97,6	97,6	92,0	98,2	98,4
Écart type	3,8	4,5	1,3	1,3	1,4	2,0	1,1	0,9

Dans le cas de l'azote total, l'azote ammoniacal, le sodium, le soufre et le bore, il a été observé que la proportion contenue dans la fraction solide a diminué la croissance des porcs : l'azote total a varié de 79,4 à 56,7 %, l'azote ammoniacal de 55,5 à 28,6 %, le sodium de 86,3 à 57,2 %, le soufre de 87,2 à 51,5 % et le bore de 72,5 à 36,9 %. Ainsi, pour chacun de ces éléments, il y aurait une diminution de l'ordre 23 % pour l'azote total, 27 % pour l'azote ammoniacal, 29 % pour le sodium et 36 % pour le soufre et le bore. La figure 21 présente graphiquement ces variations.

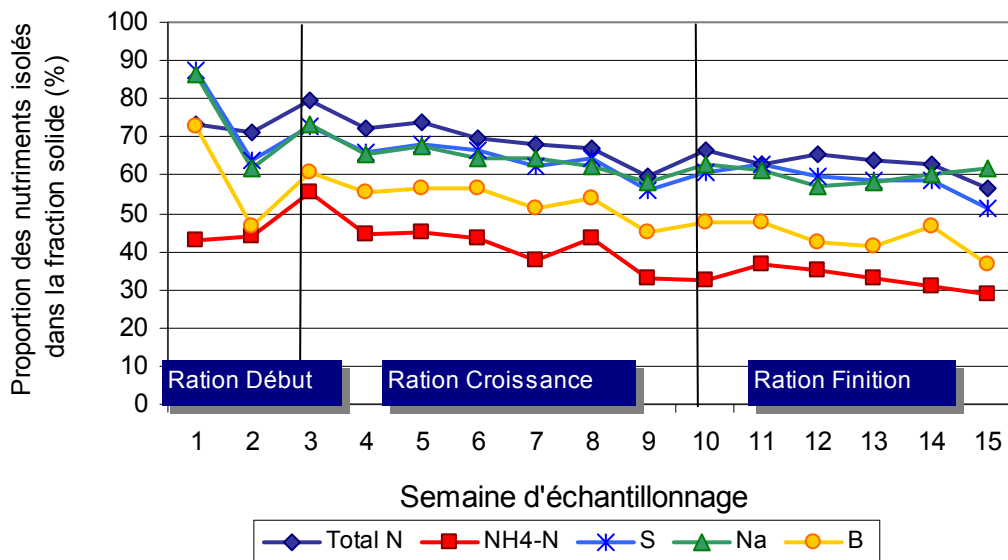


Figure 21 . Variation des proportions des nutriments isolés dans la fraction solide en fonction de la semaine d'échantillonnage

### 6.1.4 Analyse agronomique des échantillons

L'annexe B présente les données de concentrations moyennes par semaine, par chambre et par dalot. Le tableau 11 présente les concentrations moyennes pondérées des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide pour l'ensemble de l'élevage. Les concentrations ont été pondérées en fonction des quantités récoltées. La matière sèche des fractions ne présente pas de variation significative ( $P > 0,05$ ) en fonction de la semaine de l'élevage. La matière sèche moyenne de la fraction solide est de 33,82 % avec un écart type de 2,09 % et celle de la fraction liquide est de 2,53 % avec un écart type de 0,39 %.

En se basant sur les résultats présentés au tableau 11, la fraction liquide a une concentration en éléments fertilisants bien 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 8 à 12 durant l'expérimentation. Les échantillons analysés pour obtenir les résultats présentés au tableau 11 ne comprennent pas les eaux de lavage et les précipitations car ils ont été prélevés à l'extrémité des dalots.

Tableau 11 . CONCENTRATION PONDÉRÉE EN ÉLÉMENTS FERTILISANTS DANS LES FRACTIONS SOLIDE ET LIQUIDE SUR UNE BASE HUMIDE (NE SONT PAS INCLUS : EAUX DE LAVAGE ET PRÉCIPITATIONS)

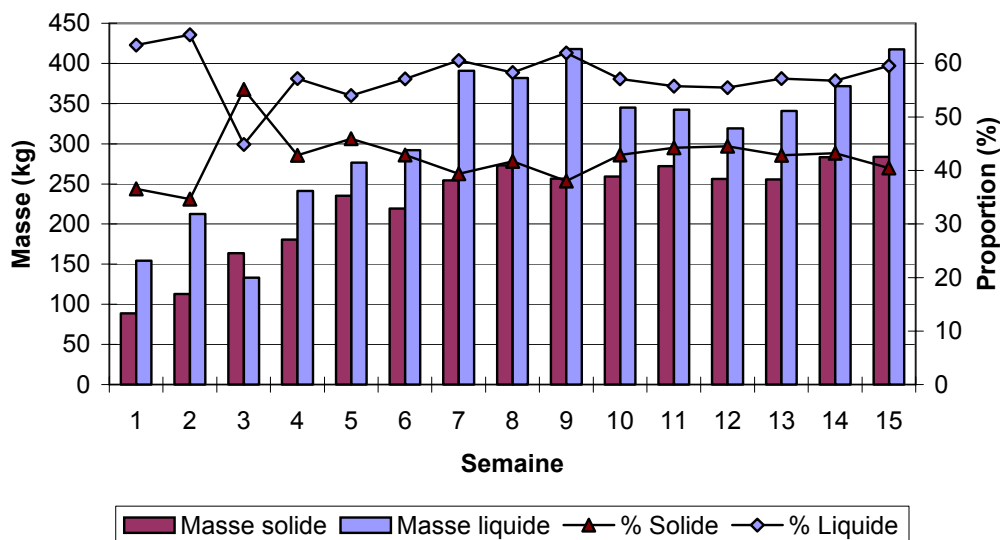
		<b>Solide</b>	<b>Liquide</b>
Matière sèche	%	33,7	2,5
Carbone organique	kg/t	167,60	8,14
Matière organique	kg/t	286,42	14,03
N <sub>total</sub>	kg/t	16,00	6,00
NH <sub>4</sub> -N	kg/t	4,05	5,02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	kg/t	14,46	1,07
K <sub>2</sub> O	kg/t	10,06	4,95
S	kg/t	1,52	0,68
Mg	kg/t	2,83	0,19
Ca	kg/t	6,42	0,29
Na	kg/t	1,61	0,71
Al	ppm	177	8
B	ppm	10	7
Cu	ppm	34	1
Fe	ppm	607	26
Mn	ppm	68	2
Zn	ppm	304	8

### 6.1.5 Bilan massique

La production moyenne quotidienne de déjection observée est de 0,79 kg/porc.jour pour la fraction solide et de 1,08 kg/porc.jour pour la fraction liquide.

La figure 22 présente la production de déjections solides et liquides et les proportions de chaque fraction par rapport à la masse totale de déjections. En moyenne, la fraction liquide représentait 57,7 % de la masse des déjections totales, ainsi les solides représentaient 42,3 %, avec un écart type de 4,71 %. La grande variabilité des masses de liquide collecté, comparativement aux solides, explique bien la variabilité dans les proportions. Par exemple, à la semaine 3, les masses de liquide collecté ne suivent pas la même courbe de croissance comparativement aux solides, expliquant ainsi la variabilité observée dans les proportions des fractions. La production de solide croît entre la semaine 1 et 8 pour se stabiliser par la suite. La production de liquide a une variation plus importante car elle est influencée par la température et la consommation d'eau.

En annexe C, sont présentées les masses des fractions solides et liquides collectées par chambre, par rangée et par dalot.



**Figure 22 . Évolution des masses et proportions de déjections collectées**

### 6.1.6 Quantité de déjections solides et liquides rejetées

Le tableau 12 montre que, par rapport à la masse totale de déjections, la fraction solide correspond à 42,3 % de la masse et la fraction liquide à 57,7 %. La quantité moyenne de lisier produit (fraction liquide + solide) est de 2,18 kg lisier/kg de gain de poids (1,87 kg/j.porc). Cette valeur est très inférieure au 4,23 l/kg de gains de poids mesuré comme valeur moyenne au Québec pour une fosse couverte (Côté et Seydoux, 2003). Toutefois, dans cette dernière étude les eaux de lavages sont incluses contrairement aux présents résultats. Dans quelques études françaises la production de lisier était comprise entre 3,15 et 3,58 l/j.porc (Chauvel et Granier, 1994; Latimier *et al.*, 1996; Levasseur et Textier, 2001).



Tableau 12 . QUANTITÉS MOYENNES DES DÉJECTIONS SOLIDES ET LIQUIDES REJETÉES QUOTIDIENNEMENT ET HEBDOMADAIREMENT PAR PORC

Semaine	Nombre de porcs	Quantité totale de solide		Quantité totale de liquide	
		(kg/jour.porc)	(kg/semaine.porc)	(kg/jour.porc)	(kg/semaine.porc)
1	288	0,31	2,22	0,54	3,86
2	288	0,39	2,82	0,74	5,32
3	286	0,57	4,12	0,47	3,35
4	286	0,63	4,55	0,84	6,07
5	286	0,82	5,92	0,97	6,96
6	286	0,77	5,52	1,02	7,35
7	285	0,89	6,43	1,37	9,88
8	285	0,96	6,90	1,34	9,65
9	285	0,90	6,48	1,47	10,56
10	285	0,91	6,55	1,21	8,72
11	285	0,95	6,87	1,20	8,65
12	284	0,90	6,50	1,12	8,09
13	282	0,90	6,50	1,21	8,68
14	282	1,00	7,21	1,31	9,46
15	282	1,00	7,21	1,48	10,62
Qté solide (kg/porc produit)		85,8		Qté liquide (kg/porc produit) 117,2	

Des observations ont été effectuées afin de localiser les zones de déjections privilégiées par les porcs. La figure 23 présente un relevé, représentatif de l'ensemble de l'élevage, effectué le 9 septembre dans la chambre 4. Pour les deux chambres et pour l'ensemble de l'élevage, les observations ont montré que les zones de défécation étaient situées à l'avant des enclos, c'est-à-dire dans les bouts d'enclos adjacents au couloir central. Autrement dit, au niveau des dalots situés sous les trémies d'alimentation.

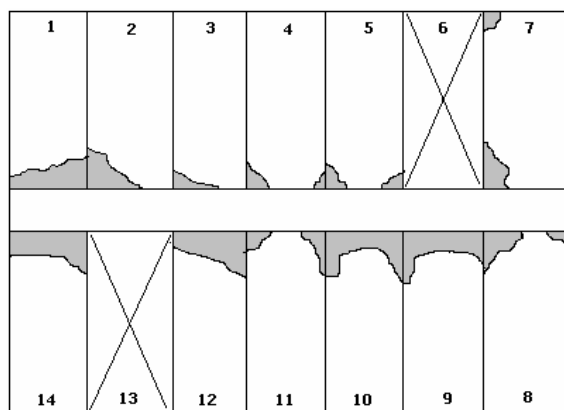
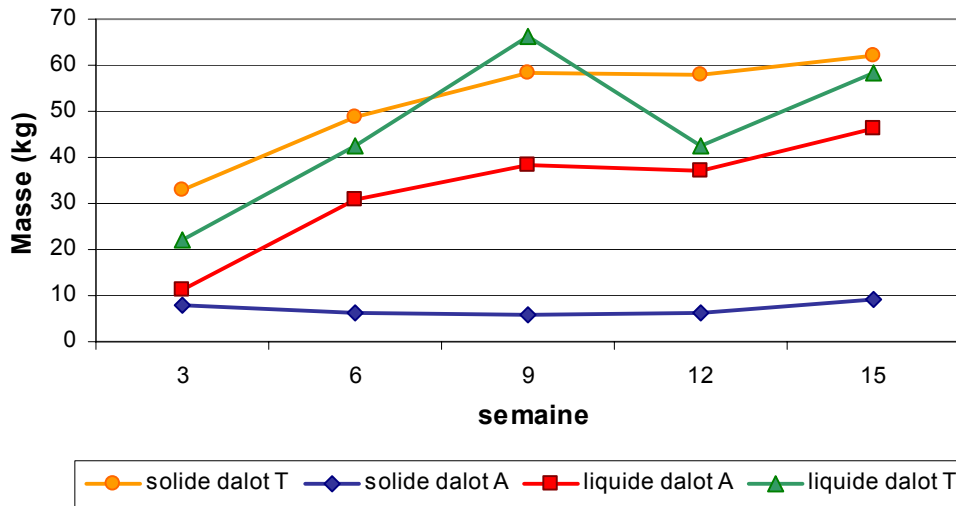


Figure 23 . Zones typiques de défécation relevées le 9 septembre dans la chambre 4

La figure 24 présente les variations dans les masses de deux fractions selon qu'elles soient récoltées dans le dalot, sous la trémie ou sous le bol d'eau. Les deux courbes supérieures présentent les masses de déjections recueillies dans les dalots sous la trémie d'alimentation. Elles indiquent que la zone des déjections dans les enclos se retrouve autour des trémies d'alimentation. Ces données viennent confirmer les observations relatives au patron de déjections des porcs.

Finalement, une baisse de liquide produit est observée autour de la semaine 12 tout comme la consommation d'eau. L'annexe C présente les données brutes.



**Figure 24 . Moyenne des masses des fractions collectées dans les différents dalots des chambres 3 et 4 pendant la période de l'élevage**

### 6.1.7 Effluent liquide

Le tableau 13 présente les résultats des différents éléments mesurés lors de la semaine 15 seulement. Les matières en suspensions dans la fraction liquide sont en moyennes de 2 239 mg/l au lieu de 40 000 mg/l pour un lisier conventionnel. De plus, un lisier brut a une valeur de DBO<sub>5</sub> d'environ 35 000-38 000 mg/l, donc la séparation des déjections avec un système de grappe permet d'abattre d'au moins 45% de la DBO<sub>5</sub> (Bellemare, G., communication personnelle, 2005). La DCO moyenne de la fraction liquide est de 28 350 mg/l, se qui représente une réduction de plus de 75 % de DCO comparativement à 118 750 pour un lisier (Côté *et al.*, 2003). Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> est donc de 1,6. Ce rapport, représente la biodégradabilité d'un effluent et son aptitude à être épuré par voie biologique. Les effluents avec un rapport de supérieur à 3 sont considérés comme difficilement biodégradable (Heduit *et al.*, 1978).

Tableau 13 . RÉSULTATS DES MESURES DE LA QUANTITÉ DES MATIÈRES DANS LES EFFLUENTS LIQUIDES

Chambre	Dalot	Rangée	Solide, Total		DBO <sub>5</sub> mg/l	DCO mg/l	DBO <sub>5</sub> C mg/l
			dissout mg/l	suspendu mg/l			
3	F	A	38	1 717	22 050	37 400	18 660
3	F	B	38	3 131	26 190	41 800	25 650
4	F	A	38	1 200	25 620	33 600	23 520
4	F	B	38	1 000	22 710	38 800	22 590
<b>Moyenne</b>			<b>38</b>	<b>1 762</b>	<b>24 143</b>	<b>37 900</b>	<b>22 605</b>
3	W	A	6	4 667	13 200	18 200	10 530
3	W	B	19	2 200	13 770	20 400	13 380
4	W	A	6	1 800	6 090	12 800	5 400
4	W	B	26	2 200	14 910	23 800	13 350
<b>Moyenne</b>			<b>14</b>	<b>2 717</b>	<b>11 993</b>	<b>18 800</b>	<b>10 665</b>
<b>Moyenne</b>			<b>26</b>	<b>2 239</b>	<b>18 068</b>	<b>28 350</b>	<b>16 635</b>

### 6.1.8 Mesures des gaz

En général, pendant les 15 semaines d'expérimentation, la concentration en NH<sub>3</sub> a varié entre 1 et 7,5 ppm, la concentration en CO<sub>2</sub> a varié entre 300 et 1 500 ppm et il n'y a pas eu de H<sub>2</sub>S détecté. Durant l'expérimentation, les concentrations en NH<sub>3</sub> et CO<sub>2</sub> ont augmenté avec la croissance des porcs (tableau 14). En été, les concentrations d'ammoniac pour un engraissement sur caillebotis intégral seraient de 8,3 ± 5,4 ppm d'ammoniac moyennes et s'accroîtraient avec l'augmentation du poids des porcs (Guingand, 2003). Tel que mentionné par Pouliot et Lemay (2004), l'évacuation journalière du lisier permet d'éviter la formation de sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S).

Tableau 14 . RÉSULTATS DES MESURES DES GAZ NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> ET H<sub>2</sub>S

Semaine	Ammoniac (NH <sub>3</sub> ) (ppm)	Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> ) (ppm)	Sulfure d'hydrogène (H <sub>2</sub> S) (ppm)
3	1,025	350	Indétecté
6	1,958	550	Indétecté
9	3,583	921	Indétecté
12	4,000	1 025	Indétecté
15	5,542	1 333	Indétecté

Bien que ces résultats semblent intéressants, il faut dire que les essais ont eu lieu au cours de l'été pour se terminer au milieu de l'automne. À cette période de l'année, la température à l'extérieur était plus chaude, ce qui fait en sorte que les débits de ventilation étaient plus élevés, diminuant ainsi les concentrations en gaz dans le bâtiment. Toutefois, ces résultats laissent présager des possibilités intéressantes pour la réduction des émissions de gaz. Les essais conduits par l'IRDA dans le cadre du volet 2, ont permis de faire une évaluation beaucoup plus précise des émissions de gaz, d'odeurs et de poussière.

### 6.1.9 Masse volumique des solides

La masse volumique de la fraction solide a été mesurée à la semaine 15 de l'essai. Selon les résultats obtenus, présentés au tableau 15, la masse volumique serait en moyenne de 1 029 kg/m<sup>3</sup>. Toutefois, des observations préliminaires indiqueraient un changement des propriétés physiques lors de l'entreposage. En effet, il fut observé, que les caractéristiques de la phase solide semblent se modifier, passant d'un état d'agrégat à la sortie du dalot à boueux à l'entreposage sur la plate-forme. Ces observations pourraient signifier une masse volumique légèrement supérieure à 1 000 kg/m<sup>3</sup> à la sortie du dalot et près de 1 000 kg/m<sup>3</sup> à l'entreposage. Il serait donc recommandé de prendre de nouvelles données à la sortie du dalot et à l'entreposage, pour la conception et les calculs des dimensions des équipements de manutention et les structures d'entreposage.

Tableau 15 . MASSE VOLUMIQUE DES DÉJECTIONS SOLIDES À LA SORTIE DES DALOTS LA SEMAINE 15 DE L'ESSAI

No. Échantillon	Densité	
	g/cc	kg/m3
10/22 3A (8-14) FM	1,05	1 050
10/22 3A (8-14) WM	1,03	1 030
10/22 3B (1-7) FM	1,03	1 030
10/22 3B (1-7) WM	1,04	1 040
10/23 4A (8-14) FM	1,03	1 030
10/23 4A (8-14) WM	1,04	1 040
10/23 4B (1-7) FM	1,00	1 000
10/23 4B (1-7) WM	1,01	1 010
Moyenne	1,03	1 029

## 6.2 CAMPAGNE DE MESURES PAR L'ÉQUIPE DE L'IRDA AU « MICHIGAN STATE UNIVERSITY SWINE RESEARCH FACILITY »

### 6.2.1 Analyse agronomique des échantillons

Le tableau 16 présente les analyses moyennes des échantillons pour trois périodes d'accumulation de déjections de 6 h à 12 h, 12 h à 18 h et 18 h à 6 h et pour l'ensemble des trois jours de récolte.

Il a été observé que les solides récoltés lors de la période de 18 h à 6 h présentent les concentrations les plus élevées pour tous les éléments. Les liquides récoltés dans cette même période présentent également les concentrations les plus élevées pour l'ensemble des éléments à l'exception de quatre : aluminium, fer, manganèse et zinc. Les liquides et les solides sont plus concentrés durant cette période puisqu'ils contiennent plus de matière sèche, donc de fèces riches en éléments. L'annexe D présente les résultats de chacune des trois journées.

Tableau 16 . CONCENTRATION EN ÉLÉMENTS FERTILISANTS DANS LA FRACTION SOLIDE ET LIQUIDE POUR TROIS PÉRIODES D'ÉCHANTILLONNAGE DURANT LA JOURNÉE. RÉSULTATS CUMULÉS PENDANT TROIS JOURS D'ÉCHANTILLONNAGES

Périodes d'accumulation des déjections									
	Unité	18:00 à 06:00		6:00 à 12:00		12:00 à 18:00		Moyenne	
		Liquide	Solide	Liquide	Solide	Liquide	Solide	Liquide	Solide
<b>N<sub>total</sub></b>	kg/t	10,82	17,63	8,5	16,09	7,2	16,33	8,68	16,56
<b>N-NH<sub>4</sub></b>	kg/t	6,49	4,79	5,27	4,23	4,58	4,43	5,33	4,45
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	kg/t	1,24	14,13	0,87	12,86	1,18	12,38	1,02	13
<b>K<sub>2</sub>O</b>	kg/t	6,63	10,35	5,45	8,94	4,94	9,46	5,6	9,65
<b>Ca</b>	kg/t	0,36	6,35	0,27	6,19	0,34	5,49	0,31	6,04
<b>Mg</b>	kg/t	0,36	3,02	0,22	2,73	0,32	2,62	0,28	2,76
<b>Na</b>	kg/t	0,94	1,82	0,86	1,48	0,91	1,59	0,91	1,65
<b>Al</b>	ppm	6,91	167,59	8,72	159,83	7,6	142,93	8,11	156,98
<b>B</b>	ppm	9,56	8,93	7,28	7,53	6,02	8,64	7,52	8,79
<b>Cu</b>	ppm	2,38	34,81	1,72	34,41	1,87	29,09	1,96	32,53
<b>Fe</b>	ppm	29,48	490,99	19,65	474,98	30,07	456,61	25	481,38
<b>Mn</b>	ppm	1,73	70,8	1,13	65,68	2,07	59,89	1,52	64,69
<b>Zn</b>	ppm	9,44	282,63	6,86	260,68	10,37	243,88	8,45	258,28
<b>M.S.</b>	%	3,88	37,88	3,05	34,19	2,88	35,08	3,22	35,91
<b>Cendres</b>	%	44,65	15,2	44,45	14,78	51,05	14,92	46,86	15,04
<b>C/N</b>	%	1,00	9,12	1,00	9,07	0,99	9,14	0,98	9,12

### 6.2.2 Efficacité d'isolement

Le tableau 17 présente l'efficacité d'isolement des différents éléments fertilisants selon la masse totale de déjections collectées sur trois jours et selon trois périodes d'accumulation. Le tableau indique que des treize éléments, seul l'aluminium présente une efficacité d'isolement maximale pour la période de 18 h à 6 h. Au contraire, pour cette période, l'efficacité d'isolement est minimale pour 9 des 13 éléments. Cela découle du fait que les concentrations en éléments fertilisants soient plus élevées dans les liquides que dans les solides. Pour la période de 6 h à 12 h, 7 des 13 éléments présentent une efficacité d'isolement maximale dans le solide et 5 pour la période de 12 à 18 h.

Tableau 17 . EFFICACITÉ D'ISOLEMENT EN ÉLÉMENTS FERTILISANTS DANS LA FRACTION SOLIDE ET LIQUIDE POUR TROIS PÉRIODES D'ÉCHANTILLONNAGE DURANT LA JOURNÉE. RÉSULTATS CUMULÉS PENDANT TROIS JOURS D'ÉCHANTILLONNAGE

	Périodes d'accumulation des déjections						Masse totale	
	18:00 à 06:00		6:00 à 12:00		12:00 à 18:00			
	Liquide	Solide	Liquide	Solide	Liquide	Solide	Liquide	Solide
<b>P</b>	10,7 %	89,3 %	8,1 %	<b>91,9 %</b>	10,0 %	90,0 %	9,0 %	91,0 %
<b>N<sub>total</sub></b>	45,7 %	54,3 %	40,9 %	59,1 %	33,7 %	<b>66,3 %</b>	39,7 %	60,3 %
<b>N-NH<sub>4</sub></b>	64,9 %	35,1 %	62,0 %	38,0 %	54,5 %	<b>45,5 %</b>	60,4 %	39,6 %
<b>K</b>	46,7 %	53,3 %	44,4 %	55,6 %	37,7 %	<b>62,3 %</b>	42,3 %	57,7 %
<b>Ca</b>	7,1 %	92,9 %	5,3 %	<b>94,7 %</b>	6,8 %	93,2 %	6,0 %	94,0 %
<b>Mg</b>	14,2 %	85,8 %	9,7 %	<b>90,3 %</b>	12,6 %	87,4 %	11,3 %	88,7 %
<b>Na</b>	41,3 %	58,7 %	43,3 %	56,7 %	40,0 %	<b>60,0 %</b>	41,2 %	58,8 %
<b>Al</b>	5,4 %	<b>94,6 %</b>	6,7 %	93,3 %	5,9 %	94,1 %	6,1 %	93,9 %
<b>B</b>	59,1 %	40,9 %	55,9 %	44,1 %	44,9 %	<b>55,1 %</b>	53,2 %	46,8 %
<b>Cu</b>	8,6 %	91,4 %	6,2 %	<b>93,8 %</b>	6,9 %	93,1 %	6,9 %	93,1 %
<b>Fe</b>	7,7 %	92,3 %	5,1 %	<b>94,9 %</b>	7,2 %	92,8 %	6,2 %	93,8 %
<b>Mn</b>	3,3 %	96,7 %	2,2 %	<b>97,8 %</b>	3,9 %	96,1 %	2,8 %	97,2 %
<b>Zn</b>	4,4 %	95,6 %	3,3 %	<b>96,7 %</b>	4,7 %	95,3 %	3,9 %	96,1 %

### 6.2.3 Bilan massique

Les figures 25 et 26 présentent les bilans de masse des deux fractions collectées selon chaque période. Il y a deux périodes d'accumulation de 6 heures (6 à 12 h et 12 à 18 h) et une de 12 heures (18 à 6 h). La production de solides sous les abreuvoirs est relativement stable pendant les trois périodes variant entre 4,9 et 6,3 kg (figure 25). Sous l'abreuvoir, la teneur en matière sèche dans le liquide augmente légèrement pour la période nocturne à 3,2 % en comparaison à 1,8 à 2,0 % pendant le jour. Cette hausse est probablement due à la baisse de l'utilisation d'eau, donc il y a moins de production d'urine, et il y a probablement moins de gaspillage d'eau.

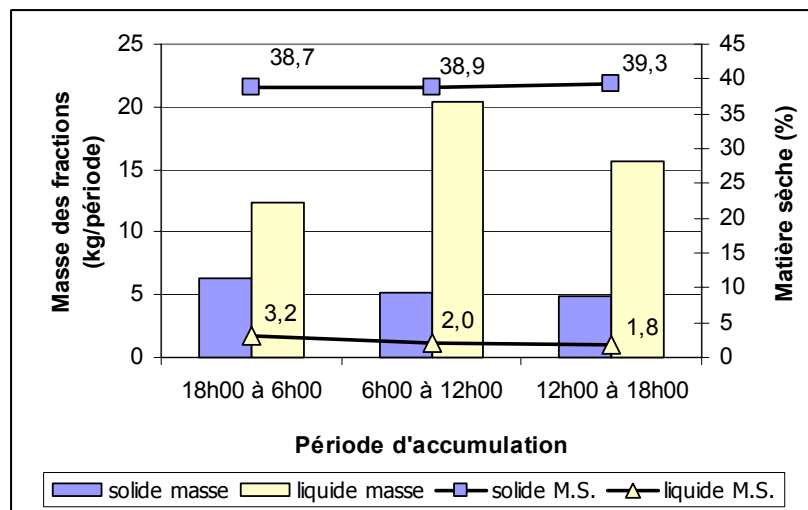
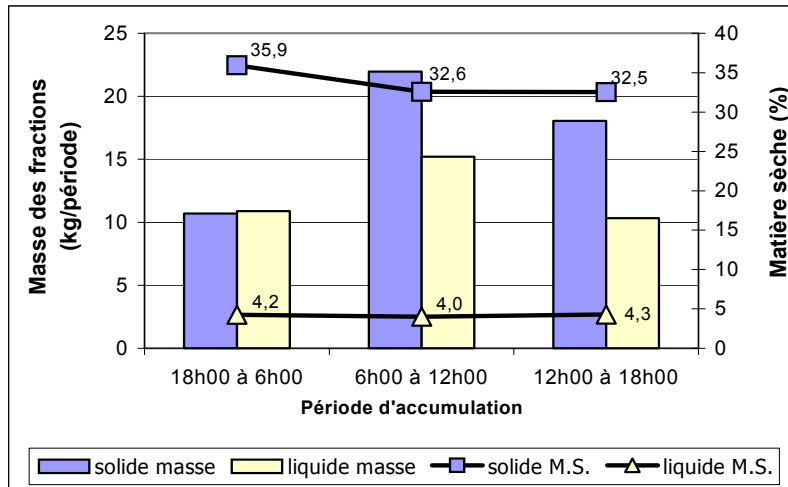


Figure 25 . Poids des fractions solide et liquide collectées pendant trois jours sous les abreuvoirs

Dans les dalots sous les trémies, la quantité de solide produite est plus importante, ce qui correspond aux zones de défécation observées tel que présenté plus tôt (figure 20 et 26). De plus, sous la trémie, la période nocturne de 18 h à 6 h montre une augmentation de la teneur en matière sèche de 32,5 à 35,9 % pour les solides (figure 26). La quantité de solide accumulé dans le dalot est plus faible, ce qui a favorisé l'écoulement du liquide. Il est également possible que la durée de la période, deux fois plus longue que les deux autres, ait permis un léger assèchement de la fraction solide.



**Figure 26 . Masse des fractions solide et liquide collectées pendant trois jours sous les trémies**

Le tableau 18 présente la masse totale de chaque fraction ainsi que la proportion qu'elle représente sur la masse totale de déjections récoltées lors de la période. Ce tableau indique que, lors de la 16<sup>e</sup> semaine d'expérimentation, la masse de la fraction liquide représentait sur l'ensemble d'une journée 56,1 % des déjections produites. De plus, 69,8 % des déjections ont été produites durant le jour alors qu'uniquement 30,2 % des déjections ont été produites entre 18 h et 6 h démontrant ainsi le comportement diurne des porcs.

Le tableau 19 présente les masses de déjections collectées et les proportions de ces masses en fonction du dalot. Les déjections solides étaient principalement effectuées dans le dalot sous la trémie (75,5 %) et les masses de liquide étaient plus importantes dans le dalot sous l'abreuvoir (57,6 %).

**Tableau 18 . MASSES MOYENNES DES DÉJECTIONS COLLECTÉES PENDANT TROIS PÉRIODES DANS UNE JOURNÉE**

<b>Masse moyenne et proportion de la fraction</b>				
<b>Période d'accumulation</b>	<b>Fraction liquide (kg) / (%)</b>	<b>Fraction solide (kg) / (%)</b>	<b>Masse totale des déjections (kg)</b>	<b>Proportion de la masse collectée par rapport aux déjections totales (%)</b>
06:00 à 12:00	23,26 / 57,8	16,96 / 42,2	40,22	27,3
12:00 à 18:00	35,59 / 56,7	27,16 / 43,3	62,75	42,5
18:00 à 06:00	23,90 / 53,6	20,68 / 46,4	44,58	30,2
<i>Totale</i>	<i>82,75 / 56,1</i>	<i>64,80 / 43,9</i>	<i>147,55</i>	<i>100</i>

Note: Les données pour la période de 12 :00 à 18 :00 du 30 octobre ont été retirées. Le volume de déjections semblant avoir été influencé par le travail effectué dans la chambre voisine (#3).

Tableau 19 . RÉPARTITION DES VOLUMES DE LIQUIDE ET SOLIDE EN FONCTION DE LA POSITION DES DISTRIBUTEURS D'ALIMENTS ET D'EAU

Heure	Liquide				Solide			
	Trémie		Abreuvoir		Trémie		Abreuvoir	
hh:mm	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
06:00	10,9	41,3	12,4	58,7	10,7	63,0	6,3	37,0
12:00	15,2	42,7	20,4	57,3	22,0	80,8	5,2	19,2
18:00	10,3	42,9	13,7	57,1	16,3	78,7	4,4	21,3
<i>Totale</i>	<i>36,4</i>	<i>42,4</i>	<i>46,4</i>	<i>57,6</i>	<i>48,9</i>	<i>75,5</i>	<i>15,9</i>	<i>24,5</i>

#### 6.2.4 Mesure de la DCO et DBO<sub>5</sub>

Les tableaux 20 et 21 présentent les valeurs de DCO et DBO<sub>5</sub> des liquides collectés sur les trois différentes périodes d'accumulation. La DCO et la DBO<sub>5</sub> des liquides collectés sous la trémie durant le jour (06:00 à 18:00) sont plus élevées que celles des liquides collectés sous l'abreuvoir. Durant le jour, une plus grande quantité de solide a été collectée dans les dalots sous les trémies et explique l'augmentation de la demande chimique et biologique en oxygène pour décomposer la matière organique. Il est important de ne pas oublier que les échantillons ont été prélevés à l'extrémité des dalots et que par conséquent les valeurs ne tiennent pas compte de l'eau de lavage ni des précipitations qui auraient eu pour effet de diluer le lisier et réduire les concentrations. Les données des tableaux 20 et 21 sont présentées uniquement à titre indicatif.

Tableau 20 . MOYENNE<sup>1</sup> DE DCO ET DBO<sub>5</sub> DES LIQUIDES COLLECTÉS SOUS LES TRÉMIES D'ALIMENTATION LORS DE LA SEMAINE 16 DE L'ESSAI.

Date	Heure	DCO mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l
28-10-03	6:00	29 267	16 000
29-10-03	6:00	46 233	19 333
30-10-03	6:00	38 967	27 633
moyenne	6:00	38 156	20 989
28-10-03	12:00	37 800	23 333
29-10-03	12:00	38 183	16 933
30-10-03	12:00	38 500	26 367
moyenne	12:00	38 161	22 211
28-10-03	18:00	48 967	24 333
29-10-03	18:00	41 267	28 000
30-10-03	18:00	35 500	23 333
moyenne	18:00	41 911	25 222
moyenne		39 409	22 807

<sup>1</sup> valeur non pondérée par la masse des déjections



Tableau 21 . MOYENNE<sup>1</sup> DE DCO ET DBO<sub>5</sub> DES LIQUIDES COLLECTÉS SOUS LES ABREUVOIRS LORS DE LA SEMAINE 16 DE L'ESSAI.

Date	Heure	DCO mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l
28-10-03		44 133	26 000
29-10-03	6:00	30 333	12 867
30-10-03	6:00	34 133	22 300
moyenne	6:00	36 200	20 389
28-10-03	12:00	19 167	11 000
29-10-03	12:00	23 300	10 033
30-10-03	12:00	21 400	14 167
moyenne	12:00	21 289	11 733
28-10-03	18:00	21 333	9 867
29-10-03	18:00	18 000	10 067
30-10-03	18:00	29 100	15 933
moyenne	18:00	22 811	11 956
moyenne		26 767	14 693

<sup>1</sup> valeur non pondérée par la masse des déjections

## 7 ÉTUDES AGROENVIRONNEMENTALE ET TECHNICO-ÉCONOMIQUE

### 7.1 AVENUES DE VALORISATION DES FRACTIONS SOLIDES ET LIQUIDES

La séparation de phase permet d'engendrer de nouvelles avenues de valorisation agronomique des fertilisants dorénavant contenus en grande partie dans la fraction solide (granulation, compostage, séchage, biocarburant, engrais organo-minéraux...). Par contre, il y a encore passablement de développement à faire au niveau des méthodes de gestion de ces sous-produits car l'implantation de systèmes de traitement de lisier au Québec est à un stade précoce. C'est comme la poule et l'œuf, il doit y avoir des systèmes de traitement de lisier qui se développent, pour avoir des sous-produits, afin d'intéresser des promoteurs à investir dans des méthodes de valorisation de ces sous-produits. La situation inverse est aussi vraie, les technologies de traitement ont avantage à ce que les méthodes de valorisation se développent afin d'écouler leurs sous-produits. En outre, lors du choix de technologie de traitement, il est important de déterminer les caractéristiques demandées par le marché ciblé pour les sous-produits afin d'y répondre convenablement et d'en favoriser l'écoulement à moindre coût. Ainsi, il est primordial de connaître la valeur fertilisante des engrais organiques à valoriser en faisant des échantillonnages réguliers dans le but de caractériser les effluents d'élevage et d'identifier la meilleure stratégie possible pour la valorisation de ces sous-produits.

Le niveau de connaissance de ces sous-produits est nettement inférieur à celui acquis pour le lisier brut. Le développement d'alternatives de valorisation durables doit être une priorité pour assurer la viabilité à long terme du traitement de lisier. Il est clair que moins il y aura de débouchés pour ces fractions, plus l'implantation de technologie de traitement sera difficile. Comme ailleurs dans le monde, la commercialisation ou la valorisation des sous-produits constitue un défi. Pour l'instant, un retour le plus rapide possible à la terre des sous-produits se veut le plus facile et économique. Dans le cadre de ce travail, le focus est mis sur la valorisation par épandage des deux fractions.

## **7.2 SCÉNARIOS DE VALORISATION DES LIQUIDES ET SOLIDES PAR ÉPANDAGE**

La superficie d'épandage requise pour valoriser les éléments fertilisants fait fonction des déjections à valoriser (volume à épandre et concentration en éléments fertilisants), des sols récepteurs, des choix de culture et des normes agroenvironnementales. Divers scénarios ont été étudiés pour illustrer l'impact de la gestion des éléments fertilisants :

Scénario #1 : Valoriser la fraction liquide issue du système d'isolement sur des cultures de maïs-grain, selon la caractérisation du MSU

Scénario #2 : Valoriser le lisier brut, selon la caractérisation du MSU, sur des cultures de maïs-grain

Scénario #3 : Valoriser du lisier brut, selon les données du CRAAQ, sur des terres de maïs-grain

Scénario #4 : Valoriser la fraction liquide, selon la caractérisation du MSU, sur des cultures de prairie ayant moins de 40 % de légumineuses

Scénario #5 : Valoriser le lisier brut, selon la caractérisation du MSU, sur des cultures de prairie ayant moins de 40 % de légumineuses

Scénario #6 : Valoriser du lisier brut, selon les données du CRAAQ, sur des terres en prairie ayant moins de 40 % légumineuses

Les hypothèses de base considérées sont les suivantes :

### *Bâtiment et production*

- Engraissement de 1 000 places;
- 3 rotations par année (345 jours d'élevage);
- Utilisation de trémies sèches et bols économiseurs d'eau;
- Utilisation de phytase dans la moulée;
- Les eaux de lavage représentent 0,37 l/porc.jour

### *Paramètres liés à la fertilisation des sols et aux cultures*

- Le producteur possède 10 hectares de terres cultivées pour lesquelles il n'a aucune dette;
- La quantité annuelle totale de lisier produit selon les résultats du MSU en considérant l'eau de lavage (estimée) =  $[1,08 \text{ l/porc.jour (liquide)} + 0,79 \text{ l/porc.jour (solide)} + 0,37 \text{ l/porc jour (lavage)}] / 1000 \text{ l/m}^3 \times 1000 \text{ porcs} \times 345 \text{ jours} = 772,8 \text{ m}^3$ ;
- La quantité annuelle totale de liquide isolé obtenue au MSU avec les grattes en « V » en considérant l'eau de lavage (estimée) =  $[1,08 \text{ l/porc.jour (liquide)} + 0,37 \text{ l/porc.jour (lavage)}] / 1000 \text{ l/m}^3 \times 1000 \text{ porcs} \times 345 \text{ jours} = 500,25 \text{ m}^3$ ;
- La quantité totale annuelle de solide isolé obtenue avec les grattes en « V » =  $[0,79 \text{ l/porc.jour (solide)}] / 1000 \text{ l/m}^3 \times 1000 \text{ porcs} \times 345 \text{ jours} = 272,55 \text{ m}^3$ ;
- Les sols ont une teneur en phosphore entre 151 et 250 kg/ha et une saturation en phosphore (P/AI) entre 5 et 10;

- Le coefficient d'efficacité de l'azote est de 100 % pour la fraction liquide isolée, de 60 % dans le cas du lisier et il est de 80 % pour le phosphore des deux produits;
- Le lisier ou la fraction liquide sont 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);
- Les pertes d'azote à l'entreposage représentent 30 % de l'azote total;
- La fraction solide est acheminée vers un centre de traitement autorisé.

#### *Paramètres liés aux structures d'entreposage*

- Capacité d'entreposage de la fosse et de la plate-forme de 250 jours;
- Les structures d'entreposage sont couvertes (fosse et abri pour le solide);
- La quantité d'eau de lavage considérée est de 0,37 l/porc.jour (Granger et Choquette, 1998);
- La densité du solide et du liquide est de 1 000 kg/m<sup>3</sup>;
- Pour le bâtiment avec gratte standard, la production de lisier considérée pour les dimensions de la fosse est de 4,44 l/porc.jour (0,79 l/porc.jour (solide MSU) + 1,08 l/porc.jour (liquide MSU) + 0,37 l/porc.jour (eau de lavage) + 2,2 l/porc.jour (facteur de sécurité)) (Fosse de 70' x 12');
- Pour le bâtiment avec gratte d'isolement, la production de liquide considérée pour les dimensions de la fosse est de 2,78 l/porc.jour (1,08 l/porc.jour (liquide MSU) + 0,37 l/porc.jour (eau de lavage) + 1,33 l/porc.jour (facteur de sécurité)) (Fosse de 56' x 12');
- Pour le bâtiment avec gratte d'isolement, la production de solide considérée pour les dimensions de la structure d'entreposage est de 1,66 l/porc.jour (0,79 l/porc.jour (solide MSU) + 0,87 l/porc.jour (facteur de sécurité)). (Partie béton de la plate-forme : 45' x 52' x 6').

### **7.2.1 Fraction liquide**

Un ratio azote total/phosphore ( $N_{\text{tot}}/P_2O_5$ ) plus élevé avec la fraction liquide comparativement au lisier brut constitue un apport intéressant pour des cultures nécessitant des besoins en fertilisants azotés élevés et faibles en phosphore. La fraction liquide présentant une faible concentration en phosphore peut ainsi être valorisée sur des terres considérées riches en cet élément. En effet, l'épandage n'étant plus limité par le phosphore selon les dépôts maximums prescrits par le REA<sup>1</sup>, il devient plus facile de combler les besoins en azote des cultures tout en respectant les abaques proposés.

Le tableau 22 présente clairement que l'apport en matières fertilisantes au sol sera limité par l'azote pour la fraction liquide et par le phosphore pour le lisier. Dans le cas de la fraction liquide, par rapport au lisier MSU, la réduction du volume à valoriser combinée à la réduction de la charge fertilisante permet de diminuer la superficie de terres requises de 6,7 fois (49 hectares) lors de l'application sur une culture de maïs-grain et de 7,7 fois (68 hectares) dans le cas d'une prairie. Il est important de noter que le critère de dose hydrique maximale n'a pas été considérée dans ce dernier calcul de superficie.

<sup>1</sup> 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

Tableau 22 . RÉSULTATS COMPARATIFS DE DIVERS SCÉNARIOS DE VALORISATION DES LIQUIDES ISOLÉS ET DU LISIER CONVENTIONNEL

Scénarios	Volume à valoriser (m <sup>3</sup> )	Superficie d'épandages <sup>3</sup> (ha)	Dose appliquée (m <sup>3</sup> /ha)	Apport <sup>4</sup> (manque (-) ou excédent)		Limite à l'épandage
				N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	
<b>Maïs grain</b>						
1 Fraction liquide MSU	500	8,6	58,1	140	-13	azote
2 Lisier MSU <sup>1</sup>	773	58	13,3	-103	10	phosphore
3 Lisier CRAAQ <sup>2</sup>	1920	59	32,5	-79	10	phosphore
<b>Prairies 60 % graminées</b>						
4 Fraction liquide MSU	500	10,1	49,5	0	6,5	azote
5 Lisier MSU	773	78	9,9	-99	19	phosphore
6 Lisier CRAAQ	1920	80	24,0	-85	19	phosphore

<sup>1</sup> Le lisier MSU est la combinaison des deux fractions obtenues lors des essais conduits au MSU.

<sup>2</sup> Le lisier CRAAQ s'appuie sur les valeurs de références de mars 2003 et tient compte des eaux de précipitations.

<sup>3</sup> La superficie d'épandage est déterminée à l'aide des abaques contenus dans le *Règlement sur les exploitations agricoles* (c. Q-2, r.11.1), couramment appelé norme 2010 et selon les rendements de cultures obtenus en Chaudière-Appalaches.

<sup>4</sup> Les apports aux champs sont déterminés selon les grilles de référence en fertilisation issues du Guide de références en fertilisation (CRAAQ, 2003b).

Les doses appliquées de fraction liquide sont plus importantes sur le maïs (58 m<sup>3</sup>/ha) et sur la prairie (50 m<sup>3</sup>/ha) comparativement au lisier MSU (13 et 10 m<sup>3</sup>/ha respectivement). Ces doses pourraient être particulièrement intéressantes pour les cultures ayant un déficit hydrique. Toutefois, lorsque le sol sera saturé en eau, les doses devront être ajustées en conséquence afin d'éviter du ruissellement. Ainsi, étant donné la concentration plus faible en éléments fertilisants dans la fraction liquide issue du système de grappe en « V », la dose hydrique risque d'être limitative plus fréquemment. Donc, le potentiel de réduction des superficies d'épandage pourrait être moindre à cause de la limitation due à la dose hydrique maximale acceptable.

abaques tiennent compte de la teneur en phosphore du sol, du pourcentage de saturation en phosphore et des rendements de la culture.

Il est à noter que les superficies d'épandage sont presque les mêmes pour le lisier MSU et le lisier CRAAQ car la charge en phosphore est presque identique. Toutefois, le volume de lisier CRAAQ à valoriser est beaucoup plus important car il inclut les eaux de précipitations. Le gaspillage d'eau y est sûrement plus élevé aussi. Ainsi, sur le maïs, les doses d'épandage sont 2,5 fois plus élevées pour le lisier CRAAQ (33 m<sup>3</sup>/ha) que pour le lisier MSU (13 m<sup>3</sup>/ha) et le phénomène est semblable dans le cas d'épandage sur prairie. En effet, cela est dû au fait que la charge en phosphore est la même entre le lisier MSU et le lisier CRAAQ mais que le lisier CRAAQ est 2,48 fois plus volumineux. Par conséquent, le lisier du MSU est beaucoup plus concentré en phosphore que le lisier CRAAQ. Dans une optique de valorisation par épandage, il est important que la fraction liquide soit la plus concentrée possible en éléments fertilisants. Pour ce faire, il faut limiter son contenu en eau par l'utilisation de techniques et d'équipements minimisant le gaspillage d'eau à la ferme et l'utilisation de toitures sur les fosses afin d'éviter l'ajout de précipitations. L'objectif est de minimiser le transport d'eau inutile lors des épandages et surtout, d'éviter que la dose hydrique ne devienne limitative lors des applications. En effet, pour l'instant, les receveurs pour ce type de liquide se questionnent sur la concentration en éléments fertilisants versus le risque de compaction et le coût d'épandage. De plus, si l'application du liquide est limitée par la dose hydrique et que les besoins en azote ne sont pas comblés, il y a un risque de ne pas répondre au besoin des receveurs. L'ajout de prairies au plan de rotation des cultures peut contribuer à diminuer davantage les superficies nécessaires à la valorisation de la fraction liquide puisque les applications de déjections animales peuvent être fractionnées et échelonnées tout au long de la saison de croissance, contrairement aux cultures de maïs, afin de combler les besoins en azote des plantes.

L'application pendant plusieurs années de fraction liquide sur les mêmes parcelles peut permettre d'appauvrir les sols considérés riches en phosphore jusqu'à un seuil plus acceptable. Les parcelles démontrant des teneurs riches à excessivement riches en phosphore pourraient ainsi profiter de ce type d'engrais tout en respectant les normes imposées par le REA en 2010. Cependant, la valorisation de ce produit sur des terres à teneur moyenne à pauvre doit être surveillée de façon à ne pas créer de carences en phosphore dans le sol. En général, l'impact de la fraction liquide sur la diminution des superficies requises pour l'épandage augmentera avec le degré de richesse du sol en phosphore.

La fraction liquide issue de la gratte en « V » montre une concentration plus faible en azote total comparativement à un lisier brut mais le liquide déchargé conserve la majorité de l'azote ammoniacal. Cette forme d'azote, immédiatement disponible pour les plantes, est comparable à l'efficacité des engrais minéraux. Un tel apport en azote doit être considéré avec un taux d'efficacité au champ se situant entre 90 et 100 % (Côté, D., IRDA, communication personnelle, janvier 2005) comparativement à 70 % pour un lisier de porc conventionnel dans un loam sableux (CRAAQ, 2003). L'utilisation de la fraction liquide implique une diminution potentielle de l'utilisation d'engrais azoté de synthèse.

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

Quant aux risques de contamination de la nappe phréatique par lessivage et des eaux de drainage par les nitrates, les résultats de l'étude de Chantigny *et al.* (2004) n'ont pas démontré de risques accrus entre la valorisation de liquide issu de la séparation de phase et de lisier brut sur prairie.

Par ailleurs, la quantité de potassium restante dans la fraction liquide sera à considérer lors de la planification de la fertilisation des fourrages. Les taux d'application en potassium devront être considérés afin d'éviter des problèmes de déséquilibre entre le potassium et le magnésium. Dans le cas d'un sol riche en potassium, une application excédentaire en cet élément par rapport aux besoins de la plante, a pour effet d'enrichir davantage le sol en cet élément. Puisque le potassium interagit directement avec le magnésium et le calcium, il est important de respecter les ratios optimaux établis entre ces éléments afin d'éviter des déséquilibres pouvant affecter le rendement des cultures. Cet aspect est d'autant plus important dans la culture des fourrages destinés aux bovins laitiers sensibles à la tétanie d'herbage causé entre autres par une diminution des apports alimentaires en magnésium. L'application de chaux magnésienne pourrait constituer une avenue intéressante afin de diminuer les risques de déséquilibre.

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 de l'entreprise. La connaissance de la valeur fertilisante des effluents d'élevage est essentielle et passe par leur caractérisation à l'échelle de la ferme selon un protocole rigoureux et représentatif de la gestion des engrais organiques produits par l'entreprise.

### **7.2.2 Fraction solide**

À court terme, il y a peu d'alternatives viables pour valoriser les fractions solides produites par les technologies de traitements des lisiers. Cette fraction solide est intéressante lorsque son volume est minimisé dans le but de réduire les contraintes liées au transport et que sa teneur en humidité est la plus basse possible afin de favoriser l'accès à des méthodes telles le compostage, la granulation ou le séchage. Elle doit être la plus concentrée et équilibrée possible quant à son contenu en éléments fertilisants afin de répondre le mieux possible aux besoins des cultures, des receveurs ou des marchés potentiels. En général, comparativement à un lisier brut ou à une fraction liquide épurée, ce solide est plus concentré en éléments tels que le phosphore, les oligo-éléments et la matière organique.

### 7.2.2.1 Valorisation au champ

Dans le contexte actuel, la voie des ententes d'épandage est le moyen le plus simple, le plus rapide, le moins coûteux et le plus accessible pour valoriser les fractions solides. L'application de la fraction solide sur des terres agricoles est possible et doit faire l'objet d'un plan agroenvironnemental de fertilisation (PAEF). Il demeure de la responsabilité de l'agronome de s'assurer que le produit est valorisé adéquatement en fonction de ses caractéristiques. Ceci implique une analyse approfondie de la fraction solide puisque celle-ci retient une grande partie des éléments majeurs et mineurs contenus dans les déjections. Étant plus concentré en phosphore, la valorisation de ce sous-produit par épandage vise les champs ayant des sols carencés en cet élément fertilisant. Le produit doit être le moins volumineux possible pour réduire les frais de transport et offrir la possibilité de pouvoir l'exporter, à moindre coût, sur une plus grande distance pour le sortir d'une zone où les terres sont peu disponibles. 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 en oligo-éléments présents dans ce sous-produit.

De façon générale, pour des éléments nutritifs tels que l'azote et le potassium, malgré une concentration élevée dans la fraction solide, la dose applicable ne permet généralement pas de combler les besoins de certaines cultures. La concentration en phosphore limite les applications possibles de ce fertilisant et peut engendrer des carences en azote et en potassium. La valorisation de lisier brut en sol pauvre en phosphore permet une meilleure fertilisation des prairies, mais nécessite un apport supplémentaire pour les éléments nutritifs déficitaires pour la culture. Le mélange de la fraction solide avec une autre source d'engrais organique peut s'avérer une alternative intéressante afin de bien balancer la composition de l'amendement organique et de pouvoir effectuer des épandages à dose plus élevée.

Le choix du type d'épandeur est un facteur important. En effet, l'épandeur doit être en mesure d'appliquer des doses beaucoup plus faibles comparativement au lisier brut. Le solide devra répondre aux besoins des receveurs mais encore faut-il leur faire reconnaître la valeur de ce fertilisant qui est encore méconnue. Le coût de disposition du solide dépendra de la distance à parcourir et de l'intérêt du receveur à défrayer les frais de transport en tout ou en partie. Les receveurs devront avoir accès à des épandeurs solides ou semi-liquides permettant d'épandre de façon uniforme les faibles doses requises. À l'heure actuelle, il y a peu d'essais d'épandage réalisés afin de tester la précision de différents épandeurs avec ce type de solide, dans le but de déterminer les épandeurs à recommander. À défaut de pouvoir épandre la dose recommandée, l'entreprise peut disposer de la fraction solide en alternance sur plusieurs parcelles. De plus, il faut prévoir des aires de réception ou d'entreposage lors de la livraison du solide car cette fraction solide n'a pas la siccité nécessaire pour faire des amas au champ.

### 7.2.2.2 Oligo-éléments

La fraction solide issue de la séparation des déjections permet d'isoler 94 % du cuivre et 96 % du zinc rejeté dans 42 % 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.

Le lisier de porcs est un effluent d'élevage relativement riche en cuivre et en zinc (Hébert, 1998). L'utilisation de cuivre comme facteur de croissance et de zinc pour son effet anti-diarrhéique couplée à une faible adsorption de ces éléments par le porc en sont à l'origine. L'accumulation de ces éléments dans les sols par des applications répétitives peut créer des problèmes de phytotoxicité et donc une baisse de rendement. Des essais menés par Tran *et al.* (1996) ont montré que 16 ans d'épandages répétés de lisier de porcs à des doses agronomiques menait à une augmentation des concentrations en cuivre et en zinc dans les sols.

Selon Côté et Potvin (1994) et Tran *et al.* (1996), 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. Ces valeurs sont plus élevées que celles mesurées lors des essais menés au MSU bien que la séparation des déjections ait eu pour effet de concentrer les éléments dans un plus petit volume. Sur une base sèche, les concentrations en cuivre et en zinc du solide issu de la séparation des déjections sont respectivement de 101 mg/kg et 902 mg/kg. Par contre, la moulée servant à l'alimentation des porcs au MSU ne contenait pas de cuivre à un niveau facteur de croissance ni de zinc à un niveau antidiarrhéique, ce qui a certainement contribué à cette faible concentration dans les déjections produites.

Le tableau 23 présente le résultat d'une comparaison entre l'épandage de lisier brut et de fraction solide selon les normes 2010 sur des sols pauvres en phosphore sur les dépôts de cuivre et de zinc. L'efficacité de séparation du cuivre et du zinc dans le solide est un peu plus élevée que celle du phosphore, cependant, le respect des abaques prescrits par le REA limite les dépôts en phosphore à l'épandage. En limitant les dépôts en phosphore sur une prairie de graminées cela permet également de limiter, par le fait même, les dépôts en cuivre et en zinc. En effet, avec une fraction solide contenant plus de 90 % du phosphore des déjections produites, la dose d'épandage est très réduite même en situation de sol pauvre en phosphore. Les dépôts au sol de cuivre et de zinc réalisés dans le cadre de la valorisation de la fraction solide appliquée à faible dose se rapprochent ainsi des dépôts provenant de la valorisation d'un lisier brut appliqué à dose plus élevée. Le respect des abaques prévus au REA au niveau du phosphore permet donc de limiter les apports en cuivre et zinc.

Tableau 23 . APPLICATION DE LISIER BRUT RECOMPOSÉ (MSU) ET DE LA FRACTION SOLIDE SUR UNE PRAIRIE DE GRAMINÉES AYANT UN SOL PAUVRE<sup>1</sup> EN PHOSPHORE ET L'IMPACT SUR LES APPORTS EN ÉLÉMENTS FERTILISANTS (MANQUE (-) OU EXCÉDENT) ET LES DÉPÔTS EN CUIVRE ET ZINC

	Dose (m <sup>3</sup> /ha)	N	P	K	Cu (kg/ha)	Zn (kg/ha)	Limite
Lisier brut	19,6	-13	48	-24	0,29	2,6	phosphore
Fraction solide	7,6	-52	32	-60	0,26	2,3	phosphore

<sup>1</sup> sol pauvre : teneur en phosphore de 61 à 90 kg/ha

Malgré une concentration en azote et en potassium plus forte dans la fraction solide, les besoins de la culture en ces éléments ne sont pas comblés car la dose d'application est limitée par la concentration en phosphore (tableau 23). Dans les deux cas, un apport supplémentaire sera nécessaire afin de combler le déficit en azote. Toutefois l'achat d'engrais azoté sera plus important avec la fraction solide qu'avec le lisier.



L'application de la fraction solide emmène un excédent de phosphore par rapport au besoin de la culture. L'entreprise réceptrice pourra l'utiliser quelques temps afin de rehausser la fertilité de certains sols mais devra la valoriser en rotation sur plusieurs parcelles afin d'éviter de trop enrichir les sols en phosphore et en oligo-éléments.

Puisque la dose d'application de la fraction solide est faible (7,6 m<sup>3</sup>/ha), il est important d'employer des équipements d'épandage performants et précis. Bien entendu, des conditions de terrain propices tel l'absence de pentes faciliteront l'application. Par contre, à défaut de pouvoir épandre la dose recommandée, la fraction solide pourrait être disposée en plus grande quantité mais en alternance avec d'autres parcelles dont la fertilité doit être redressée. Afin de limiter l'apport en oligo-élément, de mieux équilibrer la valeur agronomique et faciliter l'épandage, il est également possible de diluer la fraction solide avec une autre source d'engrais organique.

#### 7.2.2.2.1 Fraction solide versus fumier de volaille

Comparativement aux deux fumiers de volailles (poule pondeuse et poulet à griller, tableau 24), la fraction solide du MSU est environ deux fois moins concentrée en azote et en cuivre, légèrement plus concentrée en phosphore et elle a les mêmes concentrations en potassium et en zinc.

La concentration en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> étant plus élevée dans la fraction solide que dans le fumier de poule pondeuse ou de poulet à griller, les dépôts en zinc dans les champs seront moindres, car le respect des abaques relativement au phosphore permettra d'en limiter l'application. Ceci est d'autant plus vrai pour le cas du cuivre car sa concentration cuivre est inférieure à celle du fumier de volaille.

Tableau 24 . CARACTÉRISTIQUES DES FUMIERS

	Fumier poule pondeuse <sup>1</sup>	Fumier poulet à griller <sup>1</sup>	Fraction solide
M.S %	69	76	34
N tot (kg/t)	28,1	30,5	16,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/t)	13,4	9,6	14,46
K <sub>2</sub> O (kg/t)	12,7	11,8	10,06
Cu (g/t)	56	80	34
Zn (g/t)	332	276	304

<sup>1</sup> St-Pierre et Rivest, R. sans date.

#### 7.2.2.3 Application d'automne

La fraction solide pourrait faire l'objet d'une application d'automne sans augmenter le risque environnemental dû à la perte en éléments fertilisants dans l'environnement (Dufour *et al.* 2005). La minéralisation de l'azote se fait moins rapidement dans le sol car le ratio C:N de la fraction solide est plus élevé que celui d'un lisier brut. Le ratio C:N se situe entre 8 à 12 comparativement à 3,4 pour un lisier brut (Couture et Robert, 2003).

#### *7.2.2.4 Autres avenues de disposition*

Lorsque possible, la valorisation au champ est certainement l'avenue la moins contraignante pour ce type de produit. Toutefois, l'envoi de la fraction solide issue de la séparation vers un centre de compostage autorisé est également une autre alternative disponible actuellement. Par ailleurs, le compostage à la ferme est aussi possible. En revanche, cela nécessite plus d'investissement (main-d'œuvre et équipement) à la ferme afin d'obtenir un compost de qualité. Il existe plusieurs techniques de compostage et des règles de base à respecter pour produire un compost mature et désinfecté. Cependant, présentement, il y a peu d'informations disponibles sur le compostage à la ferme de ce type de fraction solide. Par ailleurs, il sera intéressant de valider le potentiel de granulation de ce type de produit en vue de l'intégrer à l'intérieur d'engrais organo-minéraux. Ce nouveau type d'engrais est actuellement disponible sur le marché.

### **7.3 ÉTUDE TECHNICO-ÉCONOMIQUE**

#### **7.3.1 Paramètres du modèle**

Cette section présente une estimation des coûts d'investissement pour un cas précis, soit l'évaluation des coûts de construction d'un engraissement standard avec grattes conventionnelles (bâtiment standard) et les coûts de construction d'un engraissement avec grattes en forme de « V ». Les données proviennent d'estimations réalisées en janvier 2004 par deux firmes d'ingénieurs spécialisées dans le domaine des bâtiments porcins.

Pour ce rapport, l'évaluation économique portera uniquement sur la construction d'un bâtiment neuf. Toutefois, plusieurs propriétaires d'entreprises possèdent des bâtiments en très bon état et pourraient être intéressés par le système d'isolement avec grattes en « V ». D'ailleurs, un guide d'utilisation de l'outil d'analyse économique et financière du MAPAQ, tenant compte des particularités du système de grattes en « V », est joint en annexe F.

L'analyse économique est faite pour un cas hypothétique où le producteur posséderait un engraissement de 1 000 places et 10 hectares de terre. La superficie de terre possédée correspond alors à la superficie de terre d'épandage requise pour la fraction liquide issue du système d'isolement avec gratte en « V » (tableau 22). Étant donné que les coûts de construction sont variables d'un cas à l'autre ainsi que d'une région à l'autre, l'exemple présenté dans cette section a plutôt pour objectif de souligner les étapes importantes à suivre lors de l'évaluation de l'impact économique résultant de l'implantation d'un système de gestion des déjections avec grattes en « V ». Donc, chaque cas doit être évalué individuellement.

##### *7.3.1.1 Paramètres reliés aux bâtiments et à la production*

Le tableau 25 présente les paramètres qui seront utilisés pour effectuer l'analyse économique pour la situation étudiée.

Tableau 25 . LISTE DES PARAMÈTRES DU MODÈLE DE PRODUCTION

Données techniques	
Taille de l'élevage	1 000 places en inventaire
Mode d'élevage	Tout plein/tout vide
Production annuelle	~ 3 000 porcs
Superficie de terres en possession	10 hectares
Superficie de terre supplémentaire requise pour l'option bâtiment standard	68 hectares
Volume de lisier produit	773 m <sup>3</sup>
Volume de la partie solide <sup>1</sup>	273 m <sup>3</sup>
Volume de la partie liquide	500 m <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Inclus les eaux de lavage et il n'y a pas de précipitations ajoutées

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

- Le producteur devrait, en 2010, avoir recours à des ententes d'épandage pour 68 hectares de terres cultivables afin de pouvoir disposer de tout le lisier brut produit, soit un total de 78 hectares de terre en sol moyennement riche en phosphore requis pour épandre le lisier recomposé (tableau 22);
- Les ententes d'épandage ne sont pas nécessaires avec l'utilisation du système de grappe en « V »;
- Le coût moyen d'épandage et de transport du lisier brut, chez des receveurs (ententes d'épandage), considéré est de 6,00 \$/m<sup>3</sup> dans le cas du bâtiment standard. Toutefois, en 2010, ce coût pourrait être plus élevé;
- La possibilité d'acheter des terres pour l'option bâtiment standard n'a pas été considérée dans la présente simulation, mais elle pourrait être éventuellement intéressante dans certaines conditions;
- La capacité d'entreposage prévue pour l'abri à solide est de 250 jours. Ceci afin d'avoir la possibilité de valoriser la fraction solide par ententes d'épandage;
- Deux niveaux de mise de fonds ont été considérés pour le financement. En premier lieu, aucune mise de fonds n'est appliquée, le producteur doit financer à 100 % les coûts de la construction. Ceci sous-entend que les garanties sont suffisantes pour permettre un tel emprunt. En second lieu, une mise de fonds de 25 % a été considérée.
- Pour le financement, la durée d'emprunt est de 20 ans pour les bâtiments avec un taux d'intérêt moyen de 7 %. La durée de l'emprunt pour les équipements est de 10 ans à 7 % d'intérêt;

- Bien qu'aujourd'hui le système de gratte en « V » soit admissible aux aides financières du programme Prime-Vert du MAPAQ et aux crédits d'impôts du ministère du Revenu, ces aides financières n'ont pas été considérées dans la présente étude. Dans le cadre d'un projet réel, il faudrait considérer ces aides en s'informant auprès d'un conseiller du MAPAQ pour connaître les conditions du programme.

### 7.3.2 Coûts de rénovation et d'installation du système d'isolement des fèces avec grattes en « V »

Le tableau 26 présente une comparaison entre les coûts de construction d'un bâtiment standard et isolateur. Le tableau présente seulement les postes de dépenses pour lesquels il y a une différence de coûts entre les deux types de bâtiments.

Tableau 26 . COMPARAISON DES COÛTS<sup>2</sup> DE CONSTRUCTION POUR UN ENGRAISSEMENT DE 1 000 PLACES

	Grattes conventionnelles	Grattes en « V »	Différence (« V » – conventionnelles)
<b>Équipements et bâtiment</b>			
Raclettes (matériel et installation)	10 000 \$	---	(10 000 \$)
Grattes en « V » (matériel et installation)	---	15 400 \$	15 400 \$
Chaîne à écurer (matériel et installation)	---	12 000 \$	12 000 \$
Tuyau SDR-35 <sup>3</sup>	2 500 \$	5 500 \$	3 000 \$
Béton (main-d'œuvre et armature)	77 300 \$	82 800 \$	5 500 \$
Frais professionnels, plans et devis, surveillance de chantier	7 500 \$	10 000 \$	2 500 \$
Sous-total équipement et bâtiment	97 300 \$	125 700 \$	28 400 \$
Coût par place	97,30 \$	125,70 \$	28,40 \$
<b>Structure d'entreposage</b>			
Abri pour la fraction solide pour 250 jours, 415 m <sup>3</sup> de capacité <sup>4</sup>	---	46 500 \$	46 500 \$
Fosse à lisier	61 000 \$	48 400 \$	(12 600 \$)
Frais professionnels	3 100 \$	6 600 \$	3 500 \$
Sous-total structure	64 100 \$	101 500 \$	37 400 \$
Coût par place	64,10 \$	101,50 \$	37,40 \$
<b>Autres frais<sup>5</sup></b>			
	---	220 \$	220 \$
<b>Total</b>	161 400 \$	227 420 \$	66 020 \$
<b>coût par place</b>	161,40 \$	227,42 \$	66,02 \$

<sup>2</sup> Prix obtenus en janvier 2004 par des firmes d'ingénieurs impliquées dans la construction de bâtiments porcins.

<sup>3</sup> Des frais d'adaptation du tuyau sont à prévoir en surplus

<sup>4</sup> La durée d'entreposage est celle prévue aux fins d'entente d'épandage.

<sup>5</sup> Consultation d'un Club conseil pour analyser l'impact des nouvelles fractions sur les ententes d'épandage, 4 heures à 55 \$ l'heure. A noter que, tout dépendant de la situation, d'autres frais peuvent s'ajouter pour : l'analyse économique, la création d'un dossier pour une demande de subvention, la réalisation d'un suivi, etc.

Selon les calculs, dans le présent cas, le coût en équipements et en bâtiment pour la construction d'un engraissement avec grattes en « V » s'élève à 125 700 \$ et à 97°300°\$ dans le cas des grattes conventionnelles (tableau 26). En incluant les structures d'entrepôts, la différence de coûts entre les deux types de grattes est de 66 020 \$ au total, soit 66,02 \$ de plus par place-porc pour la gratte en « V ».

Selon l'hypothèse que le solide est expédié vers un centre de traitement régional, la capacité de l'abri à solide pourrait être moindre car le producteur aurait la possibilité d'y envoyer plus fréquemment le solide et ainsi réduire sa capacité et son coût de construction. Par contre, dans un tel cas, l'option d'épandage ne sera plus possible si l'abri est trop petit. Il faut noter que l'envoi fréquent de solide en hiver nécessitera un abri isolé et chauffé pour éviter que le solide soit gelé lors de sa reprise, ce qui annulera en partie ou en totalité la réduction de coût de construction.

Dans le cas du bâtiment avec gratte en « V », les coûts reliés à la construction du bâtiment (tuyaux SDR-35, béton, main d'oeuvre et frais professionnels) accaparent 16 % des dépenses additionnelles. Les équipements (grattes en « V » et chaîne à écurer) constituent 26 % des coûts supplémentaires, ce surcoût est engendré principalement par l'ajout de la chaîne à écurer. La portion « structure d'entrepôt » accapare la plus grande partie des coûts supplémentaires (57 %), à cause de l'ajout de l'abri à solide. À l'égard des coûts de la fosse, une économie de 12 600 \$ est réalisée, car la capacité d'entrepôt requise pour la fraction « liquide » est diminuée puisqu'une partie des déjections est entreposée dans l'abri à solide.

### ***7.3.3 Analyse financière : budget partiel***

L'analyse du tableau 27 a comme objectif d'estimer et de comparer l'impact sur la trésorerie de la construction entre un bâtiment neuf de 1 000 places avec raclettes conventionnelles et un bâtiment neuf avec gratte en « V ».

Tableau 27 . ANALYSE FINANCIÈRE RELATIVE À LA PRÉSENTE ÉTUDE

	Grattes conventionnelles	Grattes en « V » (aucune mise de fonds)		Grattes en « V » (25 % de mise fond)	
	avec ententes d'épandage	Centre de traitement	Entente d'épandage	Centre de traitement	Entente d'épandage
<b>Investissements</b>					
Coût des équipements et bâtiments	97 300 \$	125 700 \$	125 700 \$	125 700 \$	125 700 \$
Coût des structures d'entreposage	64 100 \$	101 500 \$	101 500 \$	101 500 \$	101 500 \$
Autres frais	--	220 \$	220 \$	220 \$	220 \$
<b>Total :</b>	161 400 \$	227 420 \$	227 420 \$	227 420 \$	227 420 \$
<b>Financement</b>					
Mise de fonds	0 \$	0 \$	0 \$	56 855 \$	56 855 \$
Annuités liées aux rénovations	16 819 \$	22 915 \$	22 915 \$	17 186 \$	17 186 \$
<b>Frais variables</b>					
Coût d'entretien ouvrages et bâtiments <sup>6</sup>	1 974 \$	2 568 \$	2 568 \$	2 568 \$	2 568 \$
Coût d'entretien équipements <sup>7</sup>	400 \$	1 096 \$	1 096 \$	1 096 \$	1 096 \$
Énergie (moteurs)	63 \$	683 \$	683 \$	683 \$	683 \$
Épandage du lisier brut <sup>8</sup>	4 638 \$	--	--	--	--
Épandage (fraction liquide) <sup>9</sup>	--	1 275 \$	1 275 \$	1 275 \$	1 275 \$
Transport de la fraction solide vers un receveur <sup>10</sup>	--	1 575 \$	956 \$	1 575 \$	956 \$
Coût d'entrée à un site autorisé <sup>11</sup>	--	5 460 \$	--	5 460 \$	--
Taxes foncières nettes	152 \$	198 \$	198 \$	198 \$	198 \$
Assurances additionnelles	646 \$	910 \$	910 \$	910 \$	910 \$
<b>Total :</b>	7 873 \$	13 765 \$	7 686 \$	13 765 \$	7 686 \$

<sup>6</sup> Le taux est fixé à 1,4 % de la valeur du bâtiment et des structures d'entreposage. Ces coûts excluent les frais professionnels. Les valeurs considérées pour le système de gratte en « V » sont : bâtiment (88 300 \$) et structures d'entreposage (94 900 \$). Pour la gratte conventionnelle: bâtiment (79 800 \$) et structures d'entreposage (61 000 \$).

<sup>7</sup> Le taux est fixé à 4 % de la valeur des équipements. Les valeurs considérées pour le système de gratte en « V » sont : grattes (15 400 \$) et chaîne à écurer (12 000 \$). La valeur de la gratte conventionnelle est de 10 000 \$.

<sup>8</sup> Transport et épandage de 773 m<sup>3</sup> au coût moyen de 6,00 \$/m<sup>3</sup> actuellement mais en 2010 ce coût pourrait être plus élevé.

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

<sup>10</sup> Le coût du transport à l'aide d'un camion semi-remorque est de 5,77 \$/m<sup>3</sup>, incluant le chargement. Pour le centre de traitement, cela comprend deux heures de location d'un camion semi-remorque, 30 m<sup>3</sup> par voyage, tarif horaire de 80 \$ et une demi-heure pour le chargement au coût de 0,44 \$/m<sup>3</sup>. Pour les ententes d'épandage, le coût du transport a été fixé à 7 \$/m<sup>3</sup> et le receveur assume la moitié du coût.

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

Ce tableau permet de noter une différence appréciable au niveau des investissements requis entre la gestion conventionnelle (161 400 \$) et la gestion avec système de gratte en « V » (227 420 \$). Au niveau des annuités, l'analyse financière permet de constater l'impact considérable des paiements annuels en capital et intérêts selon la technologie retenue. Ainsi, sans mise de fonds, les annuités avec le système conventionnel seront moindres (16 819 \$) comparativement au système de gratte en « V » (22 915 \$). Toutefois, une mise de fonds de 56 855 \$ sur le système de gratte en « V » aura pour effet de réduire les annuités à 17 186 \$. Il est important de noter que les aides financières du programme Prime-Vert ne sont pas considérées. Toute aide financière sur les immobilisations aura pour effet de réduire les annuités.

Quant aux frais variables, ils sont inférieurs dans le cas du système conventionnel (7 873 \$) par rapport au système de gratte en « V », si le solide soit valorisé dans un centre de traitement (13 765 \$). Les frais variables sont similaires si le solide est valorisé par entente d'épandage (7 686 \$). Par conséquent, selon les hypothèses posées, une baisse des frais variables de 6 079 \$ pourrait être réalisée si l'entreprise parvient à valoriser la fraction solide par entente d'épandage au lieu du centre de traitement régional.

Relativement aux coûts globaux de gestion des déjections selon les hypothèses posées, la valorisation de la fraction solide dans un centre de traitement entraîne un coût plus important (8 310 \$) comparativement à l'option d'entente d'épandage (2 231 \$). Cela s'explique surtout par le coût additionnel (5 460 \$) engendré par les frais élevés d'entrée au site (20 \$/m<sup>3</sup>), ce qui représente 66 % des frais de gestion des déjections avec ce mode de valorisation. Dans le cas d'un recours à des ententes d'épandage pour la fraction solide, le coût moindre s'explique par la réduction du coût de transport et d'épandage puisque les terres servant à valoriser la fraction liquide seront plus près de la ferme et que la moitié des coûts de transport de la fraction solide sont assumés par le receveur.

L'impact de la mise en place de cette nouvelle technologie sur la trésorerie de l'entreprise est décrit au tableau 28. Selon ce tableau, en l'absence de subvention et sans mise de fonds initiale, le producteur devra s'attendre à déboursier 11 988 \$ de plus annuellement pour la gestion de ses fumiers en expédiant la fraction solide vers un centre de traitement. Cet effet négatif sur la trésorerie s'explique en bonne partie par la hausse des coûts variables et des paiements en capital et intérêts liés aux 66 020 \$ d'emprunt supplémentaire nécessaire à la mise en place de cette technologie. Dans les mêmes conditions, dans l'éventualité où l'entreprise aurait recours à des ententes d'épandage, l'entreprise pourrait réduire l'impact négatif sur le flux de trésorerie à 5 935 \$. Avec une mise de fonds initiale de 25 %, le flux de trésorerie négatif diminuerait à 6 259 \$ dans le cas du centre de traitement et à 180 \$ dans le cas des ententes d'épandage.

Tableau 28 . BUDGET PARTIEL

	Gestion standard avec entente d'épandage	Gestion avec gratte en « V » (aucune mise de fonds)		Gestion avec grattes en « V » (25 % de mise fond)	
		Centre de traitement	Entente d'épandage	Centre de traitement	Entente d'épandage
Frais variables	7 873 \$	13 765 \$	7 686 \$	13 765 \$	7 686 \$
Annuités	16 819 \$	22 915 \$	22 915 \$	17 186 \$	17 186 \$
Total	24 692 \$	36 680 \$	30 601 \$	30 951 \$	24 872 \$
Impact sur la trésorerie <sup>12</sup>		11 988 \$	5 909 \$	6 259 \$	180 \$

### 7.3.3.1 Impact de l'augmentation du coût des ententes d'épandage

Un calcul additionnel a été effectué pour estimer quel devrait être le coût moyen pondéré de la gestion standard des lisiers pour avoir le même impact sur la trésorerie avec un système de gratte en « V ». Dans le cas de la valorisation de la fraction solide vers un centre de traitement (gratte en « V »), considérant une production totale (liquide + solide) de déjections de 773 m<sup>3</sup> et un effet négatif de 11 988 \$ (tableau 28) sur la trésorerie, le coût global de la gestion des lisiers augmentera de 15,51 \$/m<sup>3</sup> (11 988 \$/773 m<sup>3</sup>) pour avoir le même impact sur la trésorerie que l'ajout du système. Ainsi, s'il en coûte 6 \$/m<sup>3</sup> actuellement pour la gestion des lisiers, il faudrait atteindre 21,51 \$/m<sup>3</sup> pour que l'impact sur la trésorerie soit nul pour justifier financièrement l'utilisation de cette nouvelle technologie. Ce montant devrait passer à 13,64 \$/m<sup>3</sup> si le producteur à recours à des ententes d'épandage. De plus, si une mise de fonds de 25 % est appliquée, ceci aurait pour effet de diminuer les frais annuels de gestion du lisier de 7,41 \$/m<sup>3</sup> (5 729 \$/773 m<sup>3</sup>) peu importe le scénario de disposition du solide.

Toutefois, il ne faudrait pas oublier que les frais de disposition actuels pourrait augmenter dans le futur pour diverses raisons. Entre autres, l'augmentation du prix du transport dû à une augmentation du prix du carburant et à l'éloignement des receveurs, car ces derniers sont soumis également au REA et devront potentiellement réduire les doses d'application de lisier. Les frais encourus pour l'achat d'engrais chimique sont également à considérer. Ainsi, l'application de la fraction liquide permet des apports plus important en azote et par conséquent nécessite moins d'engrais pour compléter les besoins en azote des plantes. Dans ce cas ci, pour les 10 hectares de terre en possession, les besoins en azote de la plante pour une prairie sont comblés avec la fraction liquide. L'achat d'un engrais azoté n'est pas nécessaire dans ce cas (tableau 22).

Le tableau 29 montre l'effet envisageable sur la trésorerie suite à la mise en place du système d'isolement avec gratte en « V » en fonction de différents coûts de gestion des lisiers d'avant-projet. Comme on peut le constater à ce tableau, le coût de gestion du lisier brut, avant le projet, varie entre 5 à 21 \$/m<sup>3</sup> pour avoir un effet nul sur le flux de trésorerie, selon le mode de valorisation de la fraction solide et la mise de fonds initiale.

<sup>12</sup> Différence de coûts entre une gestion standard des lisier et une gestion avec gratte en « V ».



Tableau 29 . IMPACT PROJETÉ SUR LA TRÉSORERIE DÛ À LA GESTION DE LA FRACTION SOLIDE ET LIQUIDE EN FONCTION DE DIFFÉRENTS COÛTS DE DISPOSITION DE LISIER BRUT ET DEUX MODES DE DISPOSITION DE LA FRACTION SOLIDE

Coût actuel (\$/m <sup>3</sup> lisier)	Impact sur la trésorerie (aucune mise de fonds)			Impact sur la trésorerie (25 % de mise de fonds)		
	Centre de traitement	Entente (50 % frais transport)	d'épandage	Centre de traitement	Entente (50 % frais transport)	d'épandage
3	(14 307 \$)		(8 228 \$)	(8 578 \$)		(2 499 \$)
5	(12 761 \$)		(6 682 \$)	(7 032 \$)		(953 \$)
7	(11 215 \$)		(5 136 \$)	(5 486 \$)		593 \$
9	(9 669 \$)		(3 590 \$)	(3 940 \$)		2 139 \$
11	(8 123 \$)		(2 044 \$)	(2 394 \$)		3 685 \$
13	(6 577 \$)		(498 \$)	(848 \$)		5 231 \$
15	(5 031 \$)		1 048 \$	698 \$		6 777 \$
17	(3 485 \$)		2 594 \$	2 244 \$		8 323 \$
19	(1 939 \$)		4 140 \$	3 790 \$		9 869 \$
21	(393 \$)		5 686 \$	5 336 \$		11 415 \$
23	1 153 \$		7 232 \$	6 882 \$		12 961 \$

Enfin, les différentes hypothèses présentées dans cette section montrent qu'il y a plusieurs possibilités qui s'offrent relativement à la gestion des solides et liquides qui peuvent influencer les coûts. Ainsi, il est recommandé de faire des analyses individualisées car il y a autant de cas qu'il y a de fermes.

Les calculs présentés dans cette section sont basés sur les données d'un cas précis. Comme il a été souligné précédemment, les résultats des calculs seront variables d'un cas à l'autre. Pour permettre de bien estimer les coûts selon des cas spécifiques, un guide d'utilisation pour l'outil d'analyse économique et financière du MAPAQ est présenté à l'annexe F. Avec cet outil, chaque intervenant et/ou producteur pourra y inscrire ses propres données et ainsi effectuer l'impact économique dû à l'ajout d'un système de gestion des déjections.

#### **7.4 RECOMMANDATIONS TECHNIQUES ET TRANSFERT TECHNOLOGIQUE**

Afin de transmettre efficacement cette technologie de grappe en « V », il est primordial de porter attention aux critères généraux qui figurent dans la liste suivante.

Premièrement, la sélection du système doit faire partie d'un plan de gestion global des déjections animales de la ferme effectué à l'aide d'un agronome. Il est possible que d'autres technologies de traitement de lisier puissent être avantageuses selon les cas.

Le producteur doit consulter son ingénieur afin de planifier la réalisation de son projet d'implantation de système grappe en « V ». Celui-ci définira l'aménagement du système dans le bâtiment en considérant la ventilation dans le bâtiment, l'aménagement des planchers, la position des bols et trémies d'alimentation, les aires de circulation dans le bâtiment, l'aménagement général des bâtiments sur la ferme et il verra à la conception des ouvrages d'entrepôts pour les fractions solides et liquides. De plus, l'ingénieur pourra conseiller le producteur sur les aspects légaux qui pourraient être applicables.

Voici de façon non-exhaustive, les points importants à considérer lors de l'implantation d'un système d'isolement des fèces :

1. Les essais au MSU ont été faits pour des longueurs de dalot de 18,3 m (60'). Pour des longueurs supérieures, consulter votre spécialiste.
2. La transmission actionnant les grattes doit être suffisamment robuste car la force requise est supérieure comparativement aux grattes conventionnelles.
3. Suivre les recommandations de pentes transversales (10 %) et longitudinales (plus de 0,42 % et idéalement 1 %) qui doivent être constantes dans les deux sens.
4. La pente transversale doit être identique pour les deux côtés de dalot.
5. Le tuyau collecteur doit être étanche.
6. Lors de la coulée de béton, le tuyau collecteur doit être solidement fixé afin qu'il ne se déplace pas.
7. La fente du tuyau collecteur doit être droite sur toute sa longueur.
8. Limiter le gaspillage de moulée et d'eau en utilisant des équipements d'alimentation performants.
9. Maximiser la conversion alimentaire des porcs.
10. Bien disposer les trémies (au-dessus du plan incliné) et les abreuvoirs (au-dessus du tuyau) dans le parc.
11. Éviter qu'il y ait des accumulations de solide aux extrémités des dalots.
12. Au bout du dalot, s'organiser pour que le liquide s'écoule directement dans une préfosse.
13. Gratter fréquemment en fonction de la longueur et la largeur des dalots et de l'âge des animaux.
14. Éviter que le tuyau collecteur ne soit obstrué.
15. La gratte doit être conçue afin d'éviter qu'il y ait du solide dans la fente du tuyau.
16. La gratte doit avoir un procédé mécanique simple pour l'enlèvement des fèces dans le tuyau collecteur à chaque vidange.
17. Le béton dans le fond du dalot doit être le plus lisse possible.
18. Éviter que le fond du dalot ait des cavités dans lesquelles peut s'accumuler du liquide ou du solide.
19. Lors de la conception du système de gratte, même s'il y a deux dalots par rangée d'enclos, il faut considérer que les porcs puissent faire leurs déjections à 100 % dans le même dalot. La gratte et le câble doivent être suffisamment robustes et résistants pour ces spécifications. Selon les données obtenues au MSU, un porc de 108 kg produit jusqu'à 1 kg de solide par jour. Prévoir la robustesse du système en conséquence ainsi que des fréquences de grattage supplémentaires.
20. Le système mécanique doit être adéquat car le lisier est un produit corrosif.
21. La gratte doit épouser le profil du plancher.
22. La lame de la gratte doit se soulever lors de sa rétraction suite à la vidange afin d'éviter que des excréments reviennent avec la gratte.
23. La hauteur de la gratte doit être suffisante pour empêcher le débordement des déjections lors de la vidange (refoulement).

## CONCLUSION

Le présent rapport regroupe les différents résultats reliés au volet I et volet III de ce projet d'évaluation d'un système d'isolement à la source avec grattes en « V ». Dans l'ensemble, le projet visait à évaluer et adapter une approche de gestion des déjections sous les animaux facilitant la manutention, le traitement et la valorisation des phases solide et liquide de façon distincte.

Plus spécifiquement, le premier volet de ce projet avait comme objectif l'évaluation à l'échelle réelle de l'efficacité de concentration des éléments fertilisants dans le solide issu d'un système d'isolement à la source. Cet objectif a été atteint avec succès par la réalisation de tests au Michigan State University. En résumé, la technologie permet en moyenne, de concentrer 91 % du phosphore, 66 % de l'azote total et plus de 95 % des métaux dans une fraction solide ayant 34 % de matière sèche et dont la fraction solide correspond à 42 % du volume total de rejet. Ces résultats permettent de conclure que le système isole efficacement le phosphore dans une fraction solide moins volumineuse. Ce système constitue donc une alternative très intéressante pour les fermes en surplus de phosphore au Québec. Il est à prévoir que plusieurs fermes s'installeront avec ce type de système au Québec.

Le troisième volet du projet impliquait l'évaluation des impacts agroenvironnementaux et économiques ainsi que des activités de transferts technologiques. Sur le plan agronomique, l'épandage de la fraction liquide requiert environ 6,7 à 7,7 fois moins de superficie de terres cultivables. D'un point de vue économique, les coûts de construction supplémentaires par rapport à un bâtiment conventionnel sont évalués à 66 \$/place.porc mais à moyen terme l'optimisation du système de gratte en « V » pourra permettre d'en réduire les coûts. Selon le scénario le plus optimiste, l'installation d'un système de gratte en « V » nécessiterait que 206 \$ de plus que la gestion standard sans achat de terre en ayant recours à des ententes d'épandage et une mise de fonds de 25 %.

## RÉFÉRENCES

- Boutin, F. et S. Richard. 2002. Le règlement sur les exploitations agricoles (REA). Porc Québec, 13(4): 28-32.
- Centre de développement du porc du Québec. 2005. Performances en maternité et engraissement. Gestion et exploitation des données. Communication interne.
- Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 2003a. Période transitoire. Charges fertilisantes des effluents d'élevage. Québec : CRAAQ, 54p.
- Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 2003b. Guide de référence en fertilisation. Québec : CRAAQ, 294 p.
- Chantigny, M.H., D.A. Angers, P. Rochette, G. Bélanger, D. Côté, et D. Massé. 2004. Les sous-produits liquides de traitement des lisiers. Implications agronomiques et environnementales. Porc Québec, vol 15, no 4. p. 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 de la recherche porcine, 26 : 97-106.
- Côté, D. et S. Seydoux. 2003. Nouvelles données sur les volumes et la composition des lisiers de porcs. 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.
- 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. Centre de recherche industrielle du Québec, 19 p.
- Côté, M., S. Godbout, et R. Joncas. 2003. Caractérisation des lisiers frais et mesure des émissions de H<sub>2</sub>S lors des opérations de vidange. Québec : IRDA, 10 p.
- Couture, J.N. et L. Robert. 2003. La gestion des fumiers : solide ou liquide. MAPAQ. [En ligne] [http://www.centre-du-quebec.upa.qc.ca/engrais.asp?id\\_section=89](http://www.centre-du-quebec.upa.qc.ca/engrais.asp?id_section=89)
- Dufour, V., F. Pouliot, B. Leclerc, S. Godbout, L.A. Larose et M. Trayan. 2005. Évaluation technique et économique d'un système d'isolement des fèces avec courroie sous les lattes dans un bâtiment porcin commercial québécois. Rapport final. Centre de développement du porc du Québec inc., Québec. 67 p.
- Éditeur officiel du Québec. 2002. Règlement sur les exploitations agricoles. Gazette officielle du Québec, 14 juin 2002, no 24A, p. 3525-3539.

- 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.
- Fédération des producteurs de porcs du Québec (FPPQ). 2001. Rapport d'évaluation des technologies de gestion et de traitement du lisier de porc : par le Groupe de travail « transfert technologique » du Plan agroenvironnemental de la production porcine, 57 p.
- 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. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc., Deschambault, Qc. 68 p.
- Godbout, S., R. Joncas, et F. Pouliot. 2002. Séparation des lisiers à la source. Volet I : Voyage au Michigan. Québec : IRDA, 13 p.
- Gracian, C. 2000. Phosphore et lisier de porc : solutions et gestion des boues. *Techniporc*, 23(3) : 7-16.
- Granger, F. et Choquette, R. 1998. Effet de l'utilisation des trémies-abreuvoirs et des bols-abreuvoirs sur la production de lisier de porcs en engraissement. Rapport final. Saint-Charles sur Richelieu : Urgel Delisle & associées inc.
- Guingand, N. 2003. Qualité de l'air en bâtiment et stades physiologiques. *Techniporc*, 26(3) : 17-24.
- Hébert, M. 1998. Contamination des sols agricoles du Québec par les éléments-traces : situation actuelle et perspectives. *Agrosol*, 10(2). p. 87-95.
- Héduit, M., J.L. Roustan, B. Lefèvre et C.R. Bernard. 1978. Valorisation et dégradation des effluents d'élevage porcin. *Journées de la recherche porcine*, 10 : 336-362.
- Hendriks, H.J.M. et A.M. Weerhof. 1999. Dutch notes on BAT for pig and poultry intensive livestock farming. Ministry of housing, spatial planning and the environment, MANMF, 52 p.
- Jongebreur, A.A. 1981. Housing system and their influence on the environment. *Environmental aspects of housing for animal production*. London : Butterworths, p. 431-436.
- Kroodsma, 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.
- Latimier, P., F. Gallard 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 de la recherche porcine*, 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 de la recherche porcine, 33 : 57-62.
- Marchal, P. 2002. Le système de séparation solide-liquide sous la queue: un choix technologique raisonné. 3<sup>e</sup> Colloque sur les bâtiments porcins – Le bâtiment en évolution, 20 mars, Drummondville : 23-36.
- Martin, D.-Y, F. Léveillé, R. Joncas, M. Côté. 2001. Faisabilité de l'oxydation humide assistée par plasma (OHAP) pour la déshydratation du lisier de porc. Rapport de recherche confidentiel. IRDA-Hydro-Québec, 19 p.
- Moller, H.B., I. Lund et S.G. Sommer. 2000. Solid-liquid separation of livestock slurry: efficiency and cost. *Bioresource Technology*, 74(3) : 223-229.
- National Research Council (NRC). 1974. Nutrients and toxic substances in water for livestock and poultry. Washington : National Academy of Sciences, 57 p.
- Ogink, N.W.M., H.C. Willers, A.J.A. Aarnink et I.H.G. Satter. 2000. Development of a new pig production system with integrated solutions for emission control, manure treatment and animal welfare demands. *Swine Housing*, October 9-11, Des Moines, Iowa : 253-259.
- Pelletier, F. 2000. Revue de littérature sur les séparateurs à lisier. Québec : CDPQ, 49 p.
- Pouliot, F et S.P. Lemay. 2004. Le contrôle des odeurs au bâtiment. Journée d'information provinciale : Les odeurs et la production porcine: les solutions accessibles, 27 janvier, Drummondville : 39-51.
- SAS. 1999. SAS version 8.0, Cary, NC. : SAS Inst. Inc.
- St-Pierre, M. et R. Rivest. s.d. Teneur en oligo-éléments de divers fumiers. *Agri-Quanta - MAPAQ Montérégie-Est*, p. 9.
- Svarovsky, L. 1985. Solid-liquid separation processes and technology. Dans: *Handbook of Powder Technology*, Vol. 5, eds. J.C. Williams and T. Allen, Butterworth, London : 18-22.
- 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., D. Côté et A. N'Dayegamiye. 1996. Effets des apports prolongés de fumier et de lisier sur l'évolution des teneurs du sol en éléments nutritifs majeurs et mineurs. *Agrosol IX(1)* : 21-30.
- van Kempen, T. 2003. Re-Cycle: a profitable swine production system with zero waste. *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.

Voermans, J.A.M. et F.I. van Poppel. 1993. Scraper systems in pig houses. Livestock environment IV, 6-9 July, Coventry, England : 431 – 436.

von Bernuth, R.D. 2001. Separate Ways : keeping manure solids and liquids apart benefits transport. Resource, September : 9-10.

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**

### **Résultats d'efficacité d'isolement**



Tableau A1. Efficacité moyenne hebdomadaire d'isolement dans la fraction solide pour les chambres 3 et 4

semaine	Ration alimentaire	M.S. (%)	C org. (%)	M.org. (%)	N total (%)	N- NH <sub>4</sub> (%)	P (%)	K (%)	S (%)	Mg (%)	Ca (%)	Na (%)	Al (%)	B (%)	Cu (%)	Fe (%)	Mn (%)	Zn (%)
1	Début	89,0	92,8	92,9	73,1	42,8	91,0	52,7	87,2	93,8	93,0	86,3	98,5	72,5	94,9	97,8	95,4	94,5
2	Début	88,4	92,5	92,6	71,3	44,1	87,4	57,0	63,8	90,8	91,2	61,6	91,5	46,6	92,7	90,6	94,0	93,3
3	Croissance	93,5	95,5	95,4	79,4	55,5	91,8	69,0	72,8	93,5	95,2	73,5	95,8	60,6	94,9	95,0	96,2	96,3
4	Croissance	92,4	94,9	94,9	72,1	44,4	92,0	58,3	65,7	94,2	94,4	65,2	93,2	55,4	93,9	95,7	96,1	97,1
5	Croissance	92,1	94,9	94,9	73,8	45,2	88,2	64,8	68,2	90,5	94,2	67,3	95,2	56,7	94,0	93,7	94,4	95,3
6	Croissance	89,8	92,7	92,7	69,7	43,3	88,4	64,8	66,3	89,7	91,9	64,5	92,1	56,6	91,8	91,7	92,9	93,5
7	Croissance	90,6	94,0	94,0	68,0	37,5	89,2	58,5	62,4	92,0	95,9	64,3	95,8	51,3	94,6	94,1	95,5	96,2
8	Croissance	90,6	93,3	93,3	66,9	43,6	87,3	57,3	64,7	91,2	93,2	62,4	93,1	54,1	93,6	93,9	94,2	96,2
9	Croissance	89,2	93,0	93,0	59,8	33,1	85,0	56,6	56,1	92,3	94,1	58,2	95,3	44,8	93,5	94,0	96,0	95,7
10	Finition	91,4	94,3	94,3	66,2	32,5	93,5	56,9	60,9	87,1	92,8	62,9	93,4	47,8	92,5	94,0	95,9	96,7
11	Finition	91,8	94,4	93,5	62,7	36,5	95,0	57,4	62,7	91,7	94,1	61,0	93,8	47,6	96,3	94,4	97,1	97,1
12	Finition	90,9	93,2	93,4	65,3	34,8	95,5	61,4	59,6	91,4	92,7	57,2	92,4	42,3	95,0	94,0	96,6	97,3
13	Finition	90,6	93,8	93,9	63,7	33,1	98,6	55,5	58,4	95,6	97,8	58,1	98,9	41,3	97,4	97,7	98,7	99,0
14	Finition	91,4	94,1	94,1	62,8	30,9	94,5	65,3	58,8	92,8	95,6	60,0	93,0	46,5	95,9	95,5	97,7	97,4
15	Finition	89,2	92,6	92,6	56,7	28,6	87,9	59,4	51,5	92,7	95,4	61,6	91,1	36,9	94,5	95,3	96,9	97,3
	moyenne	90,7	93,7	93,7	67,4	39,1	91,0	59,7	63,9	92,0	94,1	64,3	94,2	50,7	94,4	94,5	95,8	96,2
	écart type	1,4	0,9	0,9	6,0	7,2	3,8	4,5	8,2	2,0	1,7	7,3	2,3	8,9	1,5	1,9	1,5	1,5

Tableau A2. Efficacité hebdomadaire d'isolement dans la fraction solide pour la chambre 3

semaine	ration alimentaire	M.S. (%)	C org. (%)	M. org. (%)	N total (%)	NH <sub>4</sub> -N (%)	P (%)	K (%)	S (%)	Mg (%)	Ca (%)	Na (%)	Al (%)	B (%)	Cu (%)	Fe (%)	Mn (%)	Zn (%)
1	Début	90,6	94,2	94,3	75,1	49,1	90,6	54,7	84,3	94,6	94,6	87,3	99,2	69,6	95,7	98,3	96,0	96,2
2	Début	88,0	92,2	92,3	71,6	45,9	84,5	56,9	60,8	90,3	87,0	60,8	88,3	45,6	92,1	87,3	92,5	90,6
3	Croissance	94,2	96,2	96,2	80,1	56,5	92,4	69,0	72,4	95,3	96,1	71,6	97,2	58,6	95,7	96,6	97,5	97,5
4	Croissance	93,0	95,5	95,5	74,3	45,8	93,5	57,5	65,1	99,5	97,9	65,5	95,6	55,9	95,9	98,1	98,1	98,8
5	Croissance	91,1	94,4	94,4	71,0	43,6	84,6	58,2	61,3	88,0	93,1	62,8	94,1	48,2	92,7	93,3	93,2	94,8
6	Croissance	89,1	91,8	91,8	69,9	45,4	87,9	63,9	66,6	87,7	89,6	64,5	89,3	58,4	89,4	89,5	90,7	91,3
7	Croissance	91,7	94,4	94,4	72,6	44,5	91,3	63,4	68,7	93,3	96,2	69,8	96,0	59,7	94,2	94,3	95,6	96,3
8	Croissance	89,9	92,7	92,7	67,3	45,1	86,4	56,3	62,2	91,1	92,0	62,2	91,6	50,3	91,4	92,3	92,3	95,2
9	Croissance	89,1	93,1	93,1	61,6	35,1	84,9	57,2	57,3	91,2	93,3	57,6	96,1	44,2	92,6	93,3	95,3	95,0
10	Finition	91,3	94,2	94,2	62,9	32,1	93,3	57,0	62,2	87,1	92,1	64,3	93,1	50,7	92,0	94,1	95,8	96,2
11	Finition	92,7	95,0	93,6	65,8	41,8	95,0	61,9	69,7	93,0	95,2	64,8	94,7	51,3	96,9	94,9	96,8	96,9
12	Finition	91,4	93,4	93,8	66,9	36,6	95,7	63,8	62,0	91,1	93,8	58,4	92,8	46,6	95,1	94,0	96,3	97,5
13	Finition	90,4	93,7	93,7	63,9	32,0	98,1	55,5	57,2	95,3	97,4	55,8	98,0	40,1	95,3	97,4	97,6	98,8
14	Finition	91,1	93,9	93,9	63,8	30,4	93,5	63,3	58,0	90,3	95,3	60,5	92,6	47,0	95,2	94,5	97,6	96,9
15	Finition	89,4	92,7	92,7	57,8	30,9	90,3	55,3	53,4	90,0	93,0	61,1	88,1	38,9	92,8	93,6	95,8	96,0
	moyenne	90,9	93,8	93,8	68,3	41,0	90,8	59,6	64,1	91,9	93,8	64,5	93,8	51,0	93,8	94,1	95,4	95,9
	écart type	1,6	1,2	1,2	5,9	7,7	4,3	4,3	7,6	3,4	2,9	7,6	3,4	8,2	2,1	3,0	2,2	2,3

Tableau A3. Efficacité hebdomadaire d'isolement dans la fraction solide pour la chambre 4

semaine	ration alimentaire	M.S. (%)	C org. (%)	M. org. (%)	N total (%)	NH4-N (%)	P (%)	K (%)	S (%)	Mg (%)	Ca (%)	Na (%)	Al (%)	B (%)	Cu (%)	Fe (%)	Mn (%)	Zn (%)
1	Début	87,5	91,6	91,6	71,5	37,7	91,2	51,1	89,7	93,2	92,0	85,6	97,9	74,8	94,3	97,4	94,8	93,2
2	Début	88,8	92,8	92,8	71,1	42,4	89,7	57,0	66,2	91,1	94,2	62,3	94,3	47,4	93,2	93,0	95,0	95,2
3	Croissance	93,0	94,8	94,8	78,9	54,7	91,3	68,9	73,1	92,0	94,5	75,2	94,7	62,6	94,3	93,8	95,1	95,4
4	Croissance	91,9	94,4	94,4	69,8	42,8	90,7	59,0	66,3	89,7	91,5	65,0	91,1	54,9	92,2	93,8	94,5	95,9
5	Croissance	92,9	95,2	95,3	76,0	46,6	90,4	69,1	72,9	91,9	94,8	70,8	95,8	63,1	94,8	93,9	95,2	95,7
6	Croissance	90,7	93,9	93,9	69,5	41,2	89,0	66,0	65,9	92,4	94,6	64,5	95,0	54,3	94,6	94,5	95,6	96,1
7	Croissance	89,1	93,4	93,4	61,6	29,7	85,8	51,3	52,7	89,7	95,1	54,6	95,4	37,5	95,3	93,7	95,3	96,1
8	Croissance	91,3	94,0	94,0	66,5	42,0	88,2	58,3	66,9	91,2	94,3	62,7	94,4	57,3	95,8	95,4	96,1	97,1
9	Croissance	89,2	92,9	93,0	58,1	31,3	85,1	56,1	55,1	93,4	94,8	58,8	94,6	45,4	94,4	94,6	96,5	96,3
10	Finition	91,6	94,5	94,5	69,7	32,9	93,6	56,7	59,3	87,2	93,7	61,1	93,8	44,0	93,0	94,0	96,1	97,3
11	Finition	90,4	93,6	93,5	59,0	30,4	95,2	51,4	53,3	89,6	92,4	55,5	92,5	43,2	95,5	93,7	97,6	97,5
12	Finition	90,4	92,9	92,9	63,8	33,2	95,3	59,0	57,3	91,6	91,7	55,9	91,7	37,8	95,0	93,9	97,0	96,9
13	Finition	90,8	94,0	94,0	63,5	34,3	99,0	55,6	59,6	95,9	98,1	60,2	99,7	42,4	98,9	98,0	99,6	99,2
14	Finition	91,7	94,3	94,3	61,7	31,5	95,6	67,8	59,7	95,5	95,8	59,4	93,3	45,9	96,6	96,4	97,9	97,8
15	Finition	89,0	92,5	92,5	55,8	26,8	85,9	63,8	49,8	95,1	97,6	62,2	93,6	35,3	95,9	96,8	97,8	98,4
	moyenne	90,5	93,6	93,7	66,4	37,2	91,1	59,4	63,2	92,0	94,4	63,6	94,5	49,7	94,9	94,9	96,3	96,5
	écart type	1,6	1,0	1,0	6,7	7,6	4,1	6,3	10,2	2,4	1,9	8,2	2,2	11,2	1,6	1,6	1,5	1,5

Tableau A4. Efficacité hebdomadaire d'isolement dans la fraction solide du dalot T de la chambre 3

semaine	ration alimentaire	M.S. (%)	C org. (%)	M. org. (%)	N total (%)	NH4-N (%)	P (%)	K (%)	S (%)	Mg (%)	Ca (%)	Na (%)	Al (%)	B (%)	Cu (%)	Fe (%)	Mn (%)	Zn (%)
3	Croissance	93,6	95,7	95,7	78,0	55,5	91,5	66,3	69,5	94,9	96,1	69,8	97,0	57,4	95,7	96,7	97,5	97,4
6	Croissance	92,6	95,2	95,2	73,3	47,6	92,1	66,4	69,2	92,3	94,7	66,2	95,0	59,4	94,9	96,0	95,8	96,9
9	Croissance	89,7	93,6	93,6	61,7	35,4	85,5	57,3	56,7	92,6	95,3	56,8	98,0	43,0	94,8	95,2	96,9	96,7
12	Fn	92,3	94,5	94,5	67,9	38,2	97,2	64,4	61,8	93,5	96,0	59,2	94,2	46,6	97,0	96,8	98,2	98,8
15	Fn	90,1	93,3	93,3	57,8	32,7	91,8	56,6	53,4	91,2	95,7	61,8	90,7	38,3	95,7	96,5	97,5	97,9
	moyenne	91,6	94,5	94,5	67,7	41,9	91,6	62,2	62,1	92,9	95,6	62,8	95,0	48,9	95,6	96,2	97,2	97,5
	écart type	1,7	1,0	1,0	8,2	9,4	4,2	4,9	7,3	1,4	0,5	5,3	2,8	9,1	0,9	0,6	0,9	0,8

Tableau A5. Efficacité hebdomadaire d'isolement dans la fraction solide du dalot T de la chambre 4

semaine	ration alimentaire	M.S. (%)	C org. (%)	M. org. (%)	N total (%)	NH4-N (%)	P (%)	K (%)	S (%)	Mg (%)	Ca (%)	Na (%)	Al (%)	B (%)	Cu (%)	Fe (%)	Mn (%)	Zn (%)
3	Croissance	93,1	95,0	95,0	77,4	53,5	91,7	67,5	71,8	92,7	95,3	75,3	95,4	62,0	95,0	95,7	95,8	96,3
6	Croissance	91,8	95,1	95,1	68,9	41,4	90,6	67,5	64,8	95,6	96,9	63,9	96,8	52,4	97,2	97,3	97,9	98,0
9	Croissance	90,0	93,8	93,8	57,3	30,5	85,7	55,6	54,4	94,6	96,2	57,8	95,9	42,7	95,5	96,4	97,9	97,5
12	Finition	91,7	94,0	94,0	65,8	36,0	96,6	61,3	59,2	92,5	93,7	58,6	93,2	39,1	96,4	96,0	98,1	98,0
15	Finition	89,5	92,8	92,8	56,2	28,5	86,8	65,5	50,1	96,3	98,2	62,4	94,5	34,7	97,0	97,8	98,4	98,8
	moyenne	91,2	94,2	94,2	65,1	38,0	90,3	63,5	60,1	94,4	96,0	63,6	95,1	46,2	96,2	96,6	97,6	97,7
	écart type	1,5	1,0	1,0	8,8	10,0	4,3	5,1	8,6	1,7	1,7	7,0	1,4	11,0	1,0	0,9	1,1	0,9

Tableau A6. Efficacité moyenne globale d'isolement dans la fraction solide du dalot T pour les chambres 3 et 4

	M.S. (%)	C org. (%)	M. org. (%)	N total (%)	NH4-N (%)	P (%)	K (%)	S (%)	Mg (%)	Ca (%)	Na (%)	Al (%)	B (%)	Cu (%)	Fe (%)	Mn (%)	Zn (%)
moyenne	91,4	94,3	94,3	66,4	39,9	91,0	62,8	61,1	93,6	95,8	63,2	95,1	47,6	95,9	96,4	97,4	97,6
écart type	1,5	1,0	1,0	8,1	9,4	4,1	4,7	7,6	1,6	1,2	5,9	2,1	9,6	0,9	0,8	0,9	0,8

Tableau A7. Efficacité hebdomadaire d'isolement dans la fraction solide du dalot A de la chambre 3

semaine	ration alimentaire	M.S. (%)	C org. (%)	M. org. (%)	N total (%)	NH <sub>4</sub> -N (%)	P (%)	K (%)	S (%)	Mg (%)	Ca (%)	Na (%)	Al (%)	B (%)	Cu (%)	Fe (%)	Mn (%)	Zn (%)
3	Croissance	96,1	97,6	97,6	87,1	62,1	95,3	79,2	83,3	96,4	96,4	77,8	97,7	64,2	95,7	96,2	97,4	97,6
6	Croissance	69,3	71,6	71,6	51,4	31,8	65,1	50,8	53,4	63,2	65,7	53,9	61,1	52,6	61,2	60,4	64,9	63,9
9	Croissance	85,3	89,3	89,3	60,5	32,2	79,6	56,8	61,4	81,3	79,6	62,1	82,3	52,4	77,5	81,5	83,9	83,7
12	Finition	86,8	84,5	89,9	61,1	25,9	86,6	60,7	62,9	78,4	82,2	54,6	83,8	46,4	85,1	80,8	85,8	89,7
15	Finition	86,8	90,3	90,1	57,7	23,7	84,2	50,8	53,7	85,4	83,6	58,7	79,8	41,3	82,7	84,6	89,5	89,9
	moyenne	84,9	86,6	87,7	63,6	35,1	82,2	59,7	62,9	80,9	81,5	61,4	81,0	51,4	80,5	80,7	84,3	85,0
	écart type	9,7	9,6	9,6	13,7	15,5	11,1	11,7	12,2	12,0	10,9	9,8	13,1	8,6	12,6	12,9	12,0	12,8

Tableau A8. Efficacité hebdomadaire d'isolement dans la fraction solide du dalot A de la chambre 4

semaine	ration alimentaire	M.S. (%)	C org. (%)	M. org. (%)	N total (%)	NH <sub>4</sub> -N (%)	P (%)	K (%)	S (%)	Mg (%)	Ca (%)	Na (%)	Al (%)	B (%)	Cu (%)	Fe (%)	Mn (%)	Zn (%)
3	Croissance	96,1	97,6	97,6	87,1	62,1	95,3	79,2	83,3	96,4	96,4	77,8	97,7	64,2	95,7	96,2	97,4	97,6
6	Croissance	69,3	71,6	71,6	51,4	31,8	65,1	50,8	53,4	63,2	65,7	53,9	61,1	52,6	61,2	60,4	64,9	63,9
9	Croissance	85,3	89,3	89,3	60,5	32,2	79,6	56,8	61,4	81,3	79,6	62,1	82,3	52,4	77,5	81,5	83,9	83,7
12	Finition	86,8	84,5	89,9	61,1	25,9	86,6	60,7	62,9	78,4	82,2	54,6	83,8	46,4	85,1	80,8	85,8	89,7
15	Finition	86,8	90,3	90,1	57,7	23,7	84,2	50,8	53,7	85,4	83,6	58,7	79,8	41,3	82,7	84,6	89,5	89,9
	moyenne	84,9	86,6	87,7	63,6	35,1	82,2	59,7	62,9	80,9	81,5	61,4	81,0	51,4	80,5	80,7	84,3	85,0
	écart type	9,7	9,6	9,6	13,7	15,5	11,1	11,7	12,2	12,0	10,9	9,8	13,1	8,6	12,6	12,9	12,0	12,8

Tableau A9. Efficacité moyenne globale d'isolement dans la fraction solide du dalot A pour les chambres 3 et 4

	M.S. (%)	C org. (%)	M. org. (%)	N total (%)	NH <sub>4</sub> -N (%)	P (%)	K (%)	S (%)	Mg (%)	Ca (%)	Na (%)	Al (%)	B (%)	Cu (%)	Fe (%)	Mn (%)	Zn (%)
moyenne	84,9	86,6	87,7	63,6	35,1	82,2	59,7	62,9	80,9	81,5	61,4	81,0	51,4	80,5	80,7	84,3	85,0
écart type	9,2	9,1	9,1	12,9	14,6	10,5	11,0	11,5	11,4	10,3	9,2	12,4	8,1	11,9	12,2	11,3	12,0

## **Annexe B**

### **Résultats de concentration**





Tableau B1. Concentration moyenne en éléments dans la fraction solide pour les chambres 3 et 4

Semaine	Humidité (%)	Matière sèche (%)	C. org (%)	M. org (%)	Total N (kg/t)	NH <sub>4</sub> -N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	S (kg/t)	Mg (kg/t)	Ca (kg/t)	Na (kg/t)	Al (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
1	64,89	35,11	17,43	30,13	17,48	3,69	5,80	8,39	1,65	2,65	6,10	1,10	182	11	33	631	72	344
2	66,80	33,21	16,58	28,59	18,44	4,50	6,03	9,50	1,70	2,55	5,80	1,25	175	13	33	625	70	334
3	62,82	37,18	19,00	32,76	19,72	5,00	6,69	9,46	1,80	2,68	6,28	1,46	203	14	36	697	76	347
4	64,81	35,19	17,39	29,98	16,70	4,30	6,89	8,69	1,65	2,45	5,95	1,50	169	14	32	671	69	335
5	64,60	35,40	17,47	30,12	17,06	3,89	7,22	10,71	1,85	3,30	7,50	1,55	228	14	37	735	79	346
6	66,26	33,74	16,59	28,62	16,13	4,14	6,13	9,22	1,60	3,06	7,06	1,44	206	11	37	615	77	282
7	67,36	32,65	15,66	27,00	15,45	3,71	7,93	8,79	1,60	3,45	8,70	1,60	226	12	41	732	81	333
8	67,48	32,52	16,17	27,87	15,45	4,80	6,92	8,30	1,55	2,90	6,75	1,40	219	10	31	668	69	283
9	68,67	31,33	15,46	26,65	15,11	3,96	6,67	8,15	1,45	2,89	7,21	1,20	213	9	33	625	74	273
10	66,92	33,09	16,53	28,50	13,90	2,89	5,93	7,74	1,45	2,70	6,10	1,80	152	9	33	587	63	280
11	67,19	32,82	16,55	25,03	14,16	4,19	5,25	7,34	1,35	2,75	5,95	1,65	142	8	33	510	63	252
12	65,88	34,12	16,87	29,98	15,88	3,77	5,54	7,25	1,32	2,58	5,07	1,90	150	7	26	567	55	313
13	66,81	33,19	16,76	28,91	16,05	4,11	6,21	7,39	1,40	2,90	5,95	1,75	145	7	36	548	63	331
14	65,67	34,34	17,38	29,96	16,01	3,74	5,46	8,30	1,50	2,60	5,65	1,95	139	9	31	489	57	269
15	66,60	33,40	16,83	29,02	16,54	4,39	5,79	7,38	1,33	2,55	5,39	1,76	134	7	32	495	58	298
Moyenne	66,18	33,82	16,84	28,87	16,27	4,07	6,30	8,44	1,55	2,80	6,36	1,55	179	10	33	613	68	308
Écart type	1,45	1,45	0,85	1,82	1,51	0,51	0,74	0,99	0,17	0,29	0,93	0,25	34	3	3	80	8	32

Tableau B2. Concentration en éléments dans la fraction solide issue de la chambre 3

Semaine	Humidité (%)	Matière sèche (%)	C. org (%)	M. org (%)	Total N (kg/t)	NH <sub>4</sub> -N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	S (kg/t)	Mg (kg/t)	Ca (kg/t)	Na (kg/t)	Al (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
1	67,69	32,31	16,29	28,09	15,38	3,66	4,54	7,45	1,40	2,30	4,60	0,90	161	9	29	535	63	298
2	67,11	32,89	16,52	28,49	18,27	4,80	5,76	9,44	1,60	2,40	5,20	1,20	176	13	30	566	64	300
3	61,98	38,02	19,64	33,86	19,93	5,16	6,62	10,03	1,90	2,79	6,21	1,49	208	14	34	690	76	348
4	65,31	34,69	17,15	29,58	18,04	4,60	6,49	8,49	1,60	2,40	5,70	1,40	160	14	29	628	63	297
5	67,29	32,71	16,21	27,95	16,09	4,02	5,84	8,52	1,50	2,60	6,40	1,40	187	11	30	644	65	302
6	65,53	34,47	16,92	29,17	15,81	4,19	6,25	9,66	1,69	3,26	7,15	1,65	195	12	38	634	79	287
7	65,20	34,80	16,30	28,11	16,75	4,07	8,84	9,92	1,90	4,00	10,90	2,00	244	15	47	844	95	380
8	70,02	29,98	14,88	25,65	14,52	4,87	6,27	7,33	1,30	2,70	6,10	1,30	187	8	28	597	63	264
9	68,49	31,51	15,52	26,76	15,90	4,13	6,73	8,29	1,49	2,92	7,17	1,23	216	9	33	633	73	261
10	65,61	34,39	17,17	29,60	13,11	3,04	6,22	8,37	1,60	2,80	6,50	2,00	168	10	32	617	63	280
11	66,22	33,78	16,97	22,26	13,97	4,48	5,74	7,85	1,50	2,90	6,40	1,80	154	8	34	531	65	270
12	64,86	35,14	16,79	30,76	16,11	3,88	5,79	7,58	1,37	2,65	5,24	2,05	168	8	25	605	58	363
13	65,86	34,14	17,33	29,89	16,92	4,11	6,32	7,52	1,40	3,00	5,70	1,70	144	7	30	570	62	366
14	65,48	34,52	17,39	29,98	17,12	3,71	5,59	9,01	1,60	2,70	5,90	2,00	146	9	29	501	58	275
15	65,35	34,65	17,48	30,14	16,42	4,55	5,83	7,69	1,39	2,47	5,33	1,92	129	7	31	485	56	291
Moyenne	66,13	33,87	16,84	28,69	16,29	4,22	6,19	8,48	1,55	2,79	6,30	1,60	176	10	32	605	67	305
Écart type	1,84	1,84	1,06	2,59	1,72	0,54	0,91	0,94	0,18	0,42	1,46	0,36	31	3	5	87	10	39

Tableau B3. Concentration en éléments dans la fraction solide issue de la chambre 4

Semaine	Humidité (%)	Matière sèche (%)	C. org (%)	M. org (%)	Total N (kg/t)	NH <sub>4</sub> -N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	S (kg/t)	Mg (kg/t)	Ca (kg/t)	Na (kg/t)	Al (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
1	62,09	37,91	18,56	32,16	19,58	3,71	7,05	9,32	1,90	3,00	7,60	1,30	203	13	36	726	80	389
2	66,48	33,52	16,64	28,69	18,60	4,20	6,30	9,55	1,80	2,70	6,40	1,30	174	13	36	684	75	367
3	63,65	36,35	18,36	31,66	19,51	4,84	6,76	8,90	1,69	2,58	6,34	1,43	197	13	39	705	76	346
4	64,31	35,69	17,62	30,38	15,35	3,99	7,28	8,89	1,70	2,50	6,20	1,60	177	14	34	713	74	372
5	61,91	38,09	18,73	32,29	18,03	3,76	8,60	12,90	2,20	4,00	8,60	1,70	268	16	43	826	92	389
6	67,00	33,00	16,27	28,08	16,44	4,09	6,00	8,78	1,51	2,86	6,97	1,24	218	10	37	596	76	278
7	69,51	30,49	15,01	25,88	14,14	3,34	7,01	7,65	1,30	2,90	6,50	1,20	207	8	34	619	67	285
8	64,94	35,06	17,45	30,08	16,37	4,73	7,57	9,27	1,80	3,10	7,40	1,50	251	12	34	739	74	302
9	68,85	31,15	15,39	26,54	14,32	3,78	6,61	8,01	1,40	2,86	7,25	1,17	211	9	34	617	75	286
10	68,22	31,78	15,89	27,40	14,69	2,74	5,63	7,10	1,30	2,60	5,70	1,60	135	7	34	556	62	280
11	68,15	31,85	16,12	27,80	14,35	3,89	4,75	6,83	1,20	2,60	5,50	1,50	129	8	32	488	61	234
12	66,90	33,10	16,94	29,20	15,65	3,65	5,29	6,92	1,26	2,51	4,89	1,75	132	6	26	529	52	263
13	67,76	32,24	16,19	27,92	15,17	4,10	6,09	7,25	1,40	2,80	6,20	1,80	145	7	42	525	64	295
14	65,85	34,15	17,37	29,94	14,90	3,76	5,33	7,58	1,40	2,50	5,40	1,90	132	8	33	477	56	263
15	67,85	32,15	16,19	27,91	16,66	4,24	5,76	7,08	1,26	2,62	5,46	1,59	138	7	32	505	61	306
Moyenne	66,23	33,77	16,85	29,06	16,25	3,92	6,40	8,40	1,54	2,81	6,43	1,51	181	10	35	620	70	310
Écart type	2,38	2,38	1,14	1,98	1,87	0,51	1,01	1,57	0,29	0,38	0,99	0,23	45	3	4	107	10	50

Tableau B4. Concentration en éléments dans la fraction solide issue du dalot T de la chambre 3

Semaine	Rangée	Humidité (%)	Matière sèche (%)	C Org. (%)	M Org. (%)	Total N (kg/t)	NH <sub>4</sub> -N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	S (kg/t)	Mg (kg/t)	Ca (kg/t)	Na (kg/t)	Al (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
3	A	64,89	35,11	17,98	31,00	17,97	4,91	5,46	8,65	1,70	2,40	4,90	1,30	163	13	30	568	69	269
3	B	63,23	36,77	18,32	31,59	20,51	6,20	7,54	11,19	2,00	3,00	6,70	1,60	232	17	34	766	76	418
	moyenne	64,06	35,94	18,15	31,30	19,24	5,56	6,50	9,92	1,85	2,70	5,80	1,45	198	15	32	667	73	344
	écart type	1,17	1,17	0,24	0,42	1,80	0,91	1,47	1,80	0,21	0,42	1,27	0,21	49	3	3	140	5	105
6	A	64,68	35,32	17,73	30,57	16,47	4,08	5,65	8,64	1,60	2,60	6,30	1,40	177	11	32	604	66	254
6	B	68,12	31,88	15,42	26,59	14,49	4,15	6,25	9,61	1,60	3,50	7,10	1,70	195	12	39	606	83	289
	moyenne	66,40	33,60	16,58	28,58	15,48	4,12	5,95	9,13	1,60	3,05	6,70	1,55	186	12	36	605	75	272
	écart type	2,43	2,43	1,63	2,81	1,40	0,05	0,42	0,69	0,00	0,64	0,57	0,21	13	1	5	1	12	25
9	A	69,53	30,47	15,11	26,05	16,54	4,31	7,00	8,34	1,50	2,90	6,90	1,10	223	9	34	612	74	259
9	B	70,92	29,08	14,28	24,62	14,01	3,82	5,98	7,24	1,30	2,70	6,80	1,10	195	8	29	585	67	238
	moyenne	70,23	29,78	14,70	25,34	15,28	4,07	6,49	7,79	1,40	2,80	6,85	1,10	209	9	32	599	71	249
	écart type	0,98	0,98	0,59	1,01	1,79	0,35	0,72	0,78	0,14	0,14	0,07	0,00	20	1	4	19	5	15
12	A	66,61	33,39	17,06	29,41	15,12	3,84	5,34	6,89	1,30	2,60	4,90	1,80	194	7	24	598	60	339
12	B	68,24	31,76	15,98	27,54	15,29	3,82	5,62	7,05	1,20	2,40	4,90	2,00	128	7	23	523	49	354
	moyenne	67,43	32,58	16,52	28,48	15,21	3,83	5,48	6,97	1,25	2,50	4,90	1,90	161	7	24	561	55	347
	écart type	1,15	1,15	0,76	1,32	0,12	0,01	0,20	0,11	0,07	0,14	0,00	0,14	47	0	1	53	8	11
15	A	65,74	34,26	17,37	29,95	15,09	4,26	5,38	6,98	1,30	2,40	5,20	1,80	122	7	30	442	53	259
15	B	70,90	29,10	14,55	25,08	14,88	4,69	5,56	6,89	1,20	2,20	4,60	1,60	112	6	28	438	50	267
	moyenne	68,32	31,68	15,96	27,52	14,99	4,48	5,47	6,94	1,25	2,30	4,90	1,70	117	7	29	440	52	263
	écart type	3,65	3,65	1,99	3,44	0,15	0,30	0,13	0,06	0,07	0,14	0,42	0,14	7	1	1	3	2	6
	moyenne	67,29	32,71	16,38	28,24	16,04	4,41	5,98	8,15	1,47	2,67	5,83	1,54	174	10	30	574	65	295
	écart type	2,68	2,68	1,49	2,57	1,95	0,73	0,75	1,43	0,26	0,38	1,01	0,31	42	3	5	94	12	57

Tableau B5. Concentration en éléments dans la fraction solide issue du dalot T de la chambre 4

Semaine	Rangée	Humidité (%)	Matière sèche (%)	C Org. (%)	M Org. (%)	Total N (kg/t)	NH <sub>4</sub> -N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	S (kg/t)	Mg (kg/t)	Ca (kg/t)	Na (kg/t)	Al (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
3	A	64,02	35,98	18,37	31,68	18,46	4,97	5,90	9,17	1,70	2,30	5,40	1,50	177	13	29	747	66	290
3	B	67,97	32,03	16,12	27,79	17,31	4,59	6,60	7,14	1,40	2,40	5,80	1,20	175	11	40	574	71	323
	moyenne	66,00	34,01	17,25	29,74	17,89	4,78	6,25	8,16	1,55	2,35	5,60	1,35	176	12	35	661	69	307
	écart type	2,79	2,79	1,59	2,75	0,81	0,27	0,49	1,44	0,21	0,07	0,28	0,21	1	1	8	122	4	23
6	A	68,44	31,56	15,79	27,23	14,90	3,59	5,08	7,61	1,30	2,50	5,60	1,00	187	8	33	510	68	238
6	B	70,45	29,55	14,38	24,80	14,90	4,48	6,21	8,45	1,40	2,90	7,40	1,20	225	10	35	596	74	272
	moyenne	69,45	30,56	15,09	26,02	14,90	4,04	5,65	8,03	1,35	2,70	6,50	1,10	206	9	34	553	71	255
	écart type	1,42	1,42	1,00	1,72	0,00	0,63	0,80	0,59	0,07	0,28	1,27	0,14	27	1	1	61	4	24
9	A	72,48	27,52	13,64	23,51	12,49	3,13	5,58	6,76	1,20	2,40	6,20	1,00	178	7	30	546	67	266
9	B	70,07	29,93	14,84	25,58	13,58	3,96	6,78	7,72	1,30	3,00	7,40	1,00	215	8	34	584	75	271
	moyenne	71,28	28,73	14,24	24,55	13,04	3,55	6,18	7,24	1,25	2,70	6,80	1,00	197	8	32	565	71	269
	écart type	1,70	1,70	0,85	1,46	0,77	0,59	0,85	0,68	0,07	0,42	0,85	0,00	26	1	3	27	6	4
12	A	69,36	30,64	15,67	27,02	14,75	4,04	4,87	6,01	1,10	2,40	4,50	1,60	105	5	27	449	49	239
12	B	65,38	34,62	17,74	30,59	16,23	3,27	5,78	7,65	1,40	2,60	5,30	1,80	165	6	24	609	55	280
	moyenne	67,37	32,63	16,71	28,81	15,49	3,66	5,33	6,83	1,25	2,50	4,90	1,70	135	6	26	529	52	260
	écart type	2,81	2,81	1,46	2,52	1,05	0,54	0,64	1,16	0,21	0,14	0,57	0,14	42	1	2	113	4	29
15	A	69,90	30,10	15,17	26,15	16,46	4,53	5,48	7,21	1,20	2,60	5,10	1,50	125	7	30	446	56	284
15	B	69,79	30,21	15,17	26,16	14,61	3,82	5,59	5,71	1,10	2,40	5,30	1,40	140	6	32	524	62	304
	moyenne	69,85	30,16	15,17	26,16	15,54	4,18	5,54	6,46	1,15	2,50	5,20	1,45	133	7	31	485	59	294
	écart type	0,08	0,08	0,00	0,01	1,31	0,50	0,08	1,06	0,07	0,14	0,14	0,07	11	1	1	55	4	14
	moyenne	68,79	31,21	15,69	27,05	8,19	2,32	3,29	4,37	0,77	1,42	3,36	0,75	169	8	31	559	64	277
	écart type	2,49	2,49	1,44	2,49	7,77	1,90	2,74	3,52	0,65	1,23	2,76	0,65	37	3	4	87	9	26

Tableau B6. Concentration moyenne en élément dans la fraction solide issue du dalot T pour les chambres 3 et 4

	Humidité (%)	Matière sèche (%)	C Org. (%)	M Org. (%)	Total N (kg/t)	NH <sub>4</sub> -N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	S (kg/t)	Mg (kg/t)	Ca (kg/t)	Na (kg/t)	Al (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
moyenne	68,04	31,96	16,03	27,65	15,70	4,22	5,88	7,75	1,39	2,61	5,82	1,43	172	9	31	566	65	286
écart type	2,63	2,63	1,47	2,54	1,85	0,68	0,67	1,29	0,23	0,31	0,96	0,31	39	3	5	89	10	44

Tableau B7. Concentration en éléments dans la fraction solide issue du dalot A de la chambre 3

Semaine	Rangée	Humidité (%)	Matière sèche (%)	C Org. (%)	M Org. (%)	Total N (kg/t)	NH <sub>4</sub> -N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	S (kg/t)	Mg (kg/t)	Ca (kg/t)	Na (kg/t)	Al (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
3	A	35,56	64,44	32,73	56,43	31,73	4,07	10,41	15,56	3,10	4,40	11,00	2,60	347	20	57	1210	126	586
3	B	62,66	37,34	21,59	37,22	18,92	3,95	6,16	8,90	1,70	2,70	6,80	1,30	226	10	34	633	75	310
	moyenne	49,11	50,89	27,16	46,83	25,33	4,01	8,29	12,23	2,40	3,55	8,90	1,95	287	15	46	922	101	448
	écart type	19,16	19,16	7,88	13,58	9,06	0,08	3,01	4,71	0,99	1,20	2,97	0,92	86	7	16	408	36	195
6	A	43,00	57,00	27,94	48,18	26,82	4,44	10,20	16,46	3,00	4,80	12,50	2,50	300	22	55	1115	117	469
6	B	57,78	42,22	20,38	35,13	18,40	5,24	7,94	13,09	2,40	4,30	10,30	2,30	253	17	49	836	112	385
	moyenne	50,39	49,61	24,16	41,66	22,61	4,84	9,07	14,78	2,70	4,55	11,40	2,40	277	20	52	976	115	427
	écart type	10,45	10,45	5,35	9,23	5,95	0,57	1,60	2,38	0,42	0,35	1,56	0,14	33	4	4	197	4	59
9	A	46,69	53,31	26,52	45,72	20,32	3,30	9,43	13,52	2,60	3,90	10,20	2,30	300	15	46	912	99	382
9	B	41,98	58,02	28,06	48,37	29,15	6,36	11,30	17,17	3,10	5,20	12,50	3,40	353	23	55	1244	127	484
	moyenne	44,34	55,67	27,29	47,05	24,74	4,83	10,37	15,35	2,85	4,55	11,35	2,85	327	19	51	1078	113	433
	écart type	3,33	3,33	1,09	1,87	6,24	2,16	1,32	2,58	0,35	0,92	1,63	0,78	37	6	6	235	20	72
12	A	30,45	69,55	35,86	61,83	27,45	4,10	8,76	16,01	2,90	4,20	8,80	4,10	244	15	45	929	93	473
12	B	43,13	56,87	2,78	49,62	24,82	4,85	9,84	12,64	2,40	4,30	9,20	3,40	239	12	43	1256	94	613
	moyenne	36,79	63,21	19,32	55,73	26,14	4,48	9,30	14,33	2,65	4,25	9,00	3,75	242	14	44	1093	94	543
	écart type	8,97	8,97	23,39	8,63	1,86	0,53	0,76	2,38	0,35	0,07	0,28	0,49	4	2	1	231	1	99
15	A	41,73	58,27	29,67	51,16	28,54	4,99	8,57	12,53	2,40	3,70	8,70	3,40	221	12	46	854	82	437
15	B	52,15	47,85	24,05	41,47	23,83	5,28	7,99	12,45	2,20	3,40	7,40	3,20	194	12	45	729	80	496
	moyenne	46,94	53,06	26,86	46,32	26,19	5,14	8,28	12,49	2,30	3,55	8,05	3,30	208	12	46	792	81	467
	écart type	7,37	7,37	3,97	6,85	3,33	0,21	0,41	0,06	0,14	0,21	0,92	0,14	19	0	1	88	1	42
	moyenne	45,51	54,49	24,96	47,51	25,00	4,66	9,06	13,83	2,58	4,09	9,74	2,85	268	16	48	972	101	464
	écart type	9,74	9,74	9,11	8,18	4,57	0,87	1,49	2,49	0,45	0,71	1,94	0,80	54	5	7	222	19	92

Tableau B8. Concentration en éléments dans la fraction solide issue du dalot A de la chambre 4

Semaine	Rangée	Humidité (%)	Matière sèche (%)	C Org. (%)	M Org. (%)	Total N (kg/t)	NH <sub>4</sub> -N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	S (kg/t)	Mg (kg/t)	Ca (kg/t)	Na (kg/t)	Al (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
3	A	52,67	47,33	23,93	41,27	27,65	3,76	8,09	10,87	2,10	3,30	8,80	1,70	256	12	44	860	98	420
3	B	52,74	47,26	23,49	40,50	26,54	5,74	9,26	13,16	2,50	3,70	9,90	1,90	304	18	61	960	111	560
	moyenne	52,71	47,30	23,71	40,89	27,10	4,75	8,68	12,02	2,30	3,50	9,35	1,80	280	15	53	910	105	490
	écart type	0,05	0,05	0,31	0,54	0,78	1,40	0,83	1,62	0,28	0,28	0,78	0,14	34	4	12	71	9	99
6	A	60,57	39,43	19,33	33,33	26,10	3,98	6,62	9,23	1,70	3,00	7,80	1,70	229	11	39	666	83	289
6	B	48,10	51,90	25,34	43,96	25,01	4,86	9,34	15,95	2,90	4,40	11,40	2,30	337	20	62	983	116	497
	moyenne	54,34	45,67	22,34	38,65	25,56	4,42	7,98	12,59	2,30	3,70	9,60	2,00	283	16	51	825	100	393
	écart type	8,82	8,82	4,25	7,52	0,77	0,62	1,92	4,75	0,85	0,99	2,55	0,42	76	6	16	224	23	147
9	A	43,68	56,32	27,92	48,15	25,15	5,31	10,27	14,89	2,60	4,30	12,60	2,50	360	13	54	991	114	438
9	B	51,46	48,54	23,47	40,47	24,80	6,56	10,85	14,35	2,60	4,50	10,80	2,50	334	20	48	1072	105	414
	moyenne	47,57	52,43	25,70	44,31	24,98	5,94	10,56	14,62	2,60	4,40	11,70	2,50	347	17	51	1032	110	426
	écart type	5,50	5,50	3,15	5,43	0,25	0,88	0,41	0,38	0,00	0,14	1,27	0,00	18	5	4	57	6	17
12	A	55,70	44,30	22,74	39,20	19,01	3,38	5,25	9,93	1,90	2,90	6,20	2,90	144	10	35	727	62	362
12	B	63,03	36,97	18,80	32,42	17,42	2,75	6,10	8,24	1,40	2,60	5,00	1,90	168	7	25	609	56	293
	moyenne	59,37	40,64	20,77	35,81	18,22	3,07	5,68	9,09	1,65	2,75	5,60	2,40	156	9	30	668	59	328
	écart type	5,18	5,18	2,79	4,79	1,12	0,45	0,60	1,20	0,35	0,21	0,85	0,71	17	2	7	83	4	49
15	A	30,67	69,33	35,19	60,68	34,48	4,65	9,98	15,84	3,10	4,80	10,70	4,10	264	17	57	962	105	560
15	B	63,23	36,77	18,47	31,84	18,82	4,03	6,36	8,26	1,50	2,70	6,00	1,90	154	9	35	589	65	336
	moyenne	46,95	53,05	26,83	46,26	26,65	4,34	8,17	12,05	2,30	3,75	8,35	3,00	209	13	46	776	85	448
	écart type	23,02	23,02	11,82	20,39	11,07	0,44	2,56	5,36	1,13	1,48	3,32	1,56	78	6	16	264	28	158
	moyenne	52,19	47,82	23,87	41,18	12,83	2,69	4,53	6,88	1,28	1,97	5,07	1,34	255,00	14	46	842	92	417
	écart type	9,86	9,86	4,99	8,61	12,46	2,22	4,09	5,85	1,05	1,75	4,30	1,20	79,75	5	12	178	23	100

Tableau B9. Concentration moyenne en éléments dans la fraction solide issue du dalot A pour les chambres 3 et 4

Semaine	Humidité (%)	Matière sèche (%)	C Org. (%)	M Org. (%)	Total N (kg/t)	NH <sub>4</sub> -N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	S (kg/t)	Mg (kg/t)	Ca (kg/t)	Na (kg/t)	Al (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
moyenne	48,85	51,15	24,41	44,35	24,75	4,58	8,64	12,95	2,41	3,86	9,33	2,60	0,26	261	15	47	907	96
écart type	10,14	10,14	7,17	8,80	4,70	1,00	1,77	2,89	0,54	0,79	2,26	0,79	0,08	67	5	10	207	21

Tableau B10. Concentration moyenne en éléments dans la fraction liquide pour les chambres 3 et 4

Semaine	Humidité (%)	Matière sèche (%)	C. org (%)	M. org (%)	Total N (kg/t)	NH <sub>4</sub> -N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	S (kg/t)	Mg (kg/t)	Ca (kg/t)	Na (kg/t)	Al (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
1	97,49	2,51	0,77	1,32	0,37	0,29	0,03	0,44	0,02	0,01	0,03	0,01	2	3	1	8	2	11
2	97,52	2,49	0,77	1,31	0,43	0,33	0,05	0,41	0,06	0,02	0,03	0,05	9	9	2	36	3	13
3	96,88	3,12	1,10	1,89	0,62	0,49	0,07	0,52	0,08	0,02	0,04	0,07	11	11	2	44	4	16
4	97,84	2,17	0,70	1,20	0,49	0,41	0,04	0,47	0,07	0,01	0,03	0,06	9	9	2	22	2	7
5	97,40	2,60	0,81	1,39	0,52	0,40	0,08	0,51	0,08	0,03	0,04	0,07	10	9	2	43	4	15
6	97,10	2,90	0,99	1,71	0,53	0,41	0,06	0,38	0,06	0,03	0,05	0,06	14	6	3	43	5	15
7	97,78	2,22	0,66	1,13	0,48	0,41	0,06	0,42	0,07	0,02	0,03	0,06	7	8	2	30	3	9
8	97,60	2,41	0,82	1,42	0,54	0,44	0,07	0,44	0,06	0,02	0,04	0,06	12	6	2	31	3	8
9	97,66	2,34	0,72	1,23	0,62	0,49	0,07	0,38	0,07	0,02	0,03	0,05	6	7	1	25	2	8
10	97,67	2,34	0,75	1,29	0,53	0,45	0,03	0,44	0,07	0,03	0,04	0,08	8	7	2	28	2	7
11	97,65	2,35	0,78	1,35	0,67	0,58	0,02	0,44	0,07	0,02	0,03	0,09	8	7	1	24	2	6
12	97,25	2,75	0,99	1,72	0,68	0,57	0,02	0,37	0,07	0,02	0,03	0,11	10	7	1	29	2	7
13	97,42	2,59	0,83	1,42	0,69	0,62	0,01	0,45	0,08	0,01	0,01	0,10	1	8	1	10	1	3
14	97,53	2,48	0,84	1,44	0,73	0,64	0,02	0,33	0,08	0,02	0,02	0,10	8	8	1	18	1	6
15	97,26	2,74	0,91	1,58	0,86	0,74	0,05	0,34	0,08	0,01	0,02	0,07	9	8	1	16	1	6
Moyenne	97,47	2,53	0,83	1,43	0,58	0,49	0,05	0,42	0,07	0,02	0,03	0,07	8	7	1	27	2	9
Écart type	0,26	0,26	0,12	0,21	0,13	0,13	0,02	0,05	0,02	0,01	0,01	0,02	3	2	1	11	1	4

Tableau B11. Concentration en éléments dans la fraction liquide issue de la chambre 3

Semaine	Humidité (%)	Matière sèche (%)	C. org (%)	M. org (%)	Total N (kg/t)	NH <sub>4</sub> -N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	S (kg/t)	Mg (kg/t)	Ca (kg/t)	Na (kg/t)	Al (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
1	97,45	2,55	0,76	1,30	0,39	0,29	0,04	0,47	0,02	0,01	0,02	0,01	1	3	1	7	2	9
2	98,26	1,74	0,54	0,92	0,28	0,22	0,04	0,28	0,04	0,01	0,03	0,03	9	6	1	32	2	12
3	97,16	2,84	0,95	1,63	0,61	0,48	0,07	0,55	0,09	0,02	0,03	0,07	7	12	2	30	2	11
4	97,86	2,14	0,66	1,14	0,51	0,44	0,04	0,51	0,07	0,00	0,01	0,06	6	9	1	10	1	3
5	97,29	2,71	0,82	1,41	0,56	0,44	0,09	0,52	0,08	0,03	0,04	0,07	10	10	2	39	4	14
6	96,52	3,48	1,25	2,16	0,56	0,42	0,07	0,45	0,07	0,04	0,07	0,08	19	7	4	61	7	23
7	97,81	2,19	0,67	1,15	0,44	0,35	0,06	0,40	0,06	0,02	0,03	0,06	7	7	2	35	3	10
8	97,45	2,55	0,89	1,54	0,54	0,45	0,08	0,43	0,06	0,02	0,04	0,06	13	6	2	38	4	10
9	97,53	2,47	0,75	1,29	0,64	0,49	0,08	0,40	0,07	0,02	0,03	0,06	6	8	2	29	2	9
10	97,63	2,37	0,76	1,31	0,56	0,46	0,03	0,46	0,07	0,03	0,04	0,08	9	7	2	28	2	8
11	97,55	2,45	0,82	1,41	0,67	0,58	0,03	0,45	0,06	0,02	0,03	0,09	8	7	1	26	2	8
12	97,48	2,52	0,90	1,55	0,61	0,51	0,02	0,33	0,06	0,02	0,03	0,11	10	7	1	29	2	7
13	97,57	2,43	0,78	1,34	0,64	0,59	0,01	0,40	0,07	0,01	0,01	0,09	2	7	1	10	1	3
14	97,66	2,34	0,78	1,35	0,67	0,59	0,03	0,36	0,08	0,02	0,02	0,09	8	7	1	20	1	6
15	97,43	2,57	0,86	1,49	0,75	0,64	0,04	0,39	0,08	0,02	0,03	0,08	11	7	2	21	2	8
Moyenne	97,51	2,49	0,81	1,40	0,56	0,46	0,05	0,43	0,07	0,02	0,03	0,07	8	7	2	28	2	9
Écart type	0,38	0,38	0,16	0,28	0,12	0,11	0,02	0,07	0,02	0,01	0,01	0,02	4	2	1	14	2	5

Tableau B12. Concentration en éléments dans la fraction liquide issue de la chambre 4

Semaine	Humidité (%)	Matière sèche (%)	C. org (%)	M. org (%)	Total N (kg/t)	NH <sub>4</sub> -N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	S (kg/t)	Mg (kg/t)	Ca (kg/t)	Na (kg/t)	Al (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
1	97,53	2,47	0,78	1,34	0,36	0,28	0,03	0,41	0,01	0,01	0,03	0,01	2	2	1	9	2	13
2	96,77	3,23	0,99	1,70	0,58	0,43	0,06	0,55	0,07	0,02	0,03	0,06	8	11	2	39	3	14
3	96,59	3,41	1,25	2,15	0,64	0,49	0,08	0,50	0,08	0,03	0,05	0,06	14	9	3	58	5	21
4	97,81	2,19	0,73	1,26	0,46	0,37	0,05	0,43	0,06	0,02	0,04	0,06	12	8	2	33	3	11
5	97,51	2,49	0,80	1,37	0,49	0,37	0,08	0,49	0,07	0,03	0,04	0,06	10	8	2	46	4	15
6	97,68	2,32	0,73	1,25	0,49	0,40	0,05	0,31	0,05	0,02	0,03	0,05	8	6	1	24	2	8
7	97,75	2,25	0,64	1,10	0,53	0,48	0,07	0,44	0,07	0,02	0,02	0,06	6	8	1	25	2	7
8	97,74	2,26	0,75	1,30	0,55	0,44	0,07	0,45	0,06	0,02	0,03	0,06	10	6	1	24	2	6
9	97,79	2,21	0,69	1,18	0,61	0,49	0,07	0,37	0,07	0,01	0,02	0,05	7	6	1	21	2	6
10	97,70	2,30	0,73	1,26	0,50	0,44	0,03	0,43	0,07	0,03	0,03	0,08	7	7	2	28	2	6
11	97,75	2,25	0,74	1,28	0,67	0,59	0,02	0,43	0,07	0,02	0,03	0,08	7	7	1	22	1	4
12	97,03	2,97	1,09	1,88	0,75	0,62	0,02	0,41	0,08	0,02	0,04	0,12	10	8	1	29	1	7
13	97,26	2,74	0,87	1,50	0,74	0,66	0,01	0,49	0,08	0,01	0,01	0,10	0	8	0	9	0	2
14	97,39	2,61	0,89	1,53	0,79	0,70	0,02	0,31	0,08	0,01	0,02	0,11	8	8	1	15	1	5
15	97,10	2,90	0,97	1,66	0,97	0,85	0,07	0,29	0,09	0,01	0,01	0,07	7	10	1	12	1	4
Moyenne	97,43	2,57	0,84	1,45	0,61	0,51	0,05	0,42	0,07	0,02	0,03	0,07	8	7	1	26	2	9
Écart type	0,39	0,39	0,17	0,29	0,16	0,15	0,02	0,07	0,02	0,01	0,01	0,03	3	2	1	14	1	5



Tableau B13. Concentration en éléments dans la fraction liquide issue du dalot T de la chambre 3

Semaine	Rangée	Humidité (%)	Matière sèche (%)	C Org. (%)	M Org. (%)	Total N (kg/t)	NH <sub>4</sub> -N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	S (kg/t)	Mg (kg/t)	Ca (kg/t)	Na (kg/t)	Al (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
3	A	96,64	3,36	1,07	1,85	0,75	0,61	0,08	0,69	0,11	0,02	0,03	0,09	7	16	2	27	2	11
3	B	96,31	3,69	1,35	2,33	0,78	0,63	0,09	0,71	0,12	0,02	0,04	0,08	12	14	2	42	4	16
	moyenne	96,48	3,53	1,21	2,09	0,77	0,62	0,09	0,70	0,12	0,02	0,04	0,09	10	15	2	35	3	14
	écart type	0,23	0,23	0,20	0,34	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	4	1	0	11	1	4
6	A	96,98	3,02	0,89	1,54	0,71	0,59	0,06	0,56	0,09	0,02	0,03	0,08	9	10	2	24	2	7
6	B	96,19	3,81	1,22	2,09	0,68	0,56	0,07	0,63	0,09	0,05	0,07	0,13	17	10	3	42	7	16
	moyenne	96,59	3,42	1,06	1,82	0,70	0,57	0,07	0,60	0,09	0,04	0,05	0,11	13	10	3	33	5	12
	écart type	0,56	0,56	0,23	0,39	0,02	0,02	0,01	0,05	0,00	0,02	0,03	0,04	6	0	1	13	4	6
9	A	96,93	3,07	0,90	1,55	0,88	0,66	0,10	0,52	0,09	0,02	0,03	0,07	0	10	2	28	2	8
9	B	96,97	3,03	0,89	1,54	0,80	0,66	0,09	0,51	0,10	0,02	0,03	0,08	8	10	1	25	2	7
	moyenne	96,95	3,05	0,90	1,55	0,84	0,66	0,10	0,52	0,10	0,02	0,03	0,08	4	10	2	27	2	8
	écart type	0,03	0,03	0,01	0,01	0,06	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	6	0	1	2	0	1
12	A	96,25	3,75	1,33	2,29	1,04	0,91	0,02	0,54	0,11	0,02	0,02	0,18	14	11	1	20	1	4
12	B	96,27	3,73	1,29	2,22	0,91	0,77	0,03	0,52	0,10	0,03	0,04	0,18	13	11	1	34	2	9
	moyenne	96,26	3,74	1,31	2,26	0,98	0,84	0,02	0,53	0,11	0,03	0,03	0,18	14	11	1	27	2	7
	écart type	0,01	0,01	0,03	0,05	0,09	0,10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	1	0	0	10	1	4
15	A	96,29	3,71	1,22	2,11	1,17	1,00	0,02	0,41	0,12	0,02	0,02	0,12	11	12	1	12	1	4
15	B	95,97	4,03	1,31	2,27	1,23	1,00	0,10	0,80	0,12	0,03	0,03	0,11	16	11	2	25	2	9
	moyenne	96,13	3,87	1,27	2,19	1,20	1,00	0,06	0,60	0,12	0,03	0,03	0,12	14	12	2	19	2	7
	écart type	0,23	0,23	0,06	0,11	0,05	0,00	0,06	0,27	0,00	0,01	0,01	0,01	4	1	1	9	1	4
	moyenne	96,48	3,52	1,15	1,98	0,90	0,74	0,07	0,59	0,11	0,03	0,03	0,11	11	12	2	28	3	9
	écart type	0,37	0,37	0,19	0,33	0,19	0,17	0,03	0,12	0,01	0,01	0,01	0,04	5	2	1	9	2	4

Tableau B14. Concentration en éléments dans la fraction liquide issue du dalot T de la chambre 4

Semaine	Rangée	Humidité (%)	Matière sèche (%)	C Org. (%)	M Org. (%)	Total N (kg/t)	NH <sub>4</sub> -N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	S (kg/t)	Mg (kg/t)	Ca (kg/t)	Na (kg/t)	Al (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
3	A	96,34	3,66	1,30	2,24	0,85	0,69	0,07	0,60	0,09	0,02	0,03	0,06	9	11	2	36	3	10
3	B	95,81	4,19	1,52	2,63	0,77	0,59	0,12	0,62	0,10	0,04	0,06	0,08	19	12	4	58	7	29
	moyenne	96,08	3,93	1,41	2,44	0,81	0,64	0,09	0,61	0,10	0,03	0,05	0,07	14	12	3	47	5	20
	écart type	0,37	0,37	0,16	0,28	0,05	0,07	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	7	1	1	16	3	13
6	A	97,08	2,92	0,87	1,50	0,73	0,62	0,06	0,54	0,08	0,02	0,03	0,06	9	8	1	21	2	8
6	B	97,32	2,68	0,71	1,22	0,65	0,56	0,06	0,20	0,07	0,00	0,01	0,07	4	9	1	8	1	2
	moyenne	97,20	2,80	0,79	1,36	0,69	0,59	0,06	0,37	0,08	0,01	0,02	0,07	7	9	1	15	2	5
	écart type	0,17	0,17	0,11	0,20	0,06	0,04	0,00	0,24	0,01	0,01	0,01	0,01	4	1	0	9	1	4
9	A	97,34	2,66	0,80	1,37	0,84	0,71	0,08	0,51	0,09	0,01	0,02	0,06	6	8	1	15	1	5
9	B	97,12	2,88	0,83	1,43	0,81	0,62	0,11	0,46	0,09	0,02	0,03	0,07	10	10	2	26	2	8
	moyenne	97,23	2,77	0,82	1,40	0,83	0,67	0,09	0,49	0,09	0,02	0,03	0,07	8	9	2	21	2	7
	écart type	0,16	0,16	0,02	0,04	0,03	0,06	0,02	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	3	1	1	8	1	2
12	A	3,00	3,91	1,40	2,42	1,09	0,92	0,02	0,51	0,11	0,03	0,05	0,15	13	11	1	27	1	7
12	B	96,05	3,95	1,42	2,44	1,04	0,84	0,04	0,69	0,12	0,02	0,03	0,18	12	12	2	32	2	7
	moyenne	49,53	3,93	1,41	2,43	1,06	0,88	0,03	0,60	0,12	0,03	0,04	0,17	13	12	2	30	2	7
	écart type	65,80	0,03	0,01	0,01	0,04	0,06	0,01	0,13	0,01	0,01	0,01	0,02	1	1	1	4	1	0
15	A	96,32	3,68	1,28	2,21	1,33	1,16	0,08	0,37	0,12	0,01	0,01	0,08	8	11	1	11	1	4
15	B	96,29	3,71	1,15	1,99	1,17	1,03	0,10	0,35	0,12	0,01	0,01	0,11	8	16	1	12	1	3
	moyenne	96,31	3,70	1,22	2,10	1,25	1,09	0,09	0,36	0,12	0,01	0,01	0,10	8	14	1	12	1	4
	écart type	0,02	0,02	0,09	0,16	0,11	0,09	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0	4	0	1	0	1
	moyenne	87,27	3,42	1,13	1,95	0,93	0,77	0,07	0,48	0,10	0,02	0,03	0,09	10	11	2	25	2	8
	écart type	29,61	0,58	0,30	0,52	0,22	0,20	0,03	0,14	0,02	0,01	0,02	0,04	4	2	1	15	2	8

Tableau B15. Concentration moyenne en élément dans la fraction liquide issue du dalot T pour les chambres 3 et 4

	Humidité (%)	Matière sèche (%)	C Org. (%)	M Org. (%)	Total N (kg/t)	NH <sub>4</sub> -N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	S (kg/t)	Mg (kg/t)	Ca (kg/t)	Na (kg/t)	Al (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
moyenne	91,87	3,47	1,14	1,96	0,91	0,76	0,07	0,54	0,10	0,02	0,03	0,10	10	11	2	26	2	9
écart type	20,92	0,47	0,24	0,42	0,20	0,18	0,03	0,14	0,02	0,01	0,02	0,04	4	2	1	12	2	6

Tableau B16. Concentration en éléments dans la fraction liquide issue du dalot A de la chambre 3

Semaine	Rangée	Humidité (%)	Matière sèche (%)	C Org. (%)	M Org. (%)	Total N (kg/t)	NH <sub>4</sub> -N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	S (kg/t)	Mg (kg/t)	Ca (kg/t)	Na (kg/t)	Al (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
3	A	98,97	1,03	0,33	0,57	0,15	0,09	0,02	0,18	0,02	0,01	0,02	0,04	2	5	1	10	1	3
3	B	98,00	2,00	0,69	1,19	0,40	0,31	0,04	0,29	0,05	0,01	0,03	0,04	8	7	2	43	3	13
	moyenne	98,49	1,52	0,51	0,88	0,28	0,20	0,03	0,24	0,04	0,01	0,03	0,04	5	6	2	27	2	8
	écart type	0,69	0,69	0,25	0,44	0,18	0,15	0,02	0,07	0,02	0,00	0,01	0,00	4	1	1	23	1	7
6	A	96,71	3,29	1,47	2,54	0,27	0,13	0,08	0,18	0,03	0,04	0,09	0,03	29	2	6	119	10	43
6	B	95,94	4,06	1,72	2,97	0,45	0,24	0,08	0,31	0,05	0,05	0,11	0,04	30	4	5	91	11	37
	moyenne	96,33	3,68	1,60	2,76	0,36	0,18	0,08	0,24	0,04	0,05	0,10	0,04	30	3	6	105	11	40
	écart type	0,54	0,54	0,18	0,30	0,12	0,08	0,00	0,09	0,01	0,01	0,01	0,01	1	1	1	20	1	4
9	A	98,70	1,30	0,45	0,78	0,19	0,12	0,03	0,11	0,02	0,01	0,04	0,02	10	2	2	41	3	13
9	B	98,73	1,27	0,42	0,72	0,28	0,19	0,04	0,22	0,03	0,02	0,04	0,03	9	3	2	26	3	10
	moyenne	98,72	1,29	0,44	0,75	0,23	0,15	0,04	0,17	0,03	0,02	0,04	0,03	10	3	2	34	3	12
	écart type	0,02	0,02	0,02	0,04	0,06	0,05	0,00	0,07	0,01	0,01	0,00	0,01	1	1	0	11	0	2
12	A	98,96	1,04	0,43	0,75	0,13	0,09	0,02	0,07	0,01	0,01	0,02	0,02	5	1	1	37	2	8
12	B	98,56	1,44	0,51	0,88	0,30	0,24	0,02	0,17	0,03	0,02	0,03	0,06	7	3	1	30	2	8
	moyenne	98,76	1,24	0,47	0,82	0,21	0,16	0,02	0,12	0,02	0,02	0,03	0,04	6	2	1	34	2	8
	écart type	0,28	0,28	0,06	0,09	0,12	0,10	0,00	0,07	0,01	0,01	0,01	0,03	1	1	0	5	0	0
15	A	98,89	1,11	0,44	0,77	0,20	0,15	0,02	0,13	0,02	0,01	0,03	0,03	9	2	2	29	2	11
15	B	98,41	1,59	0,51	0,89	0,47	0,46	0,04	0,30	0,05	0,01	0,02	0,05	8	4	1	16	1	6
	moyenne	98,65	1,35	0,48	0,83	0,33	0,30	0,03	0,21	0,04	0,01	0,03	0,04	9	3	2	23	2	9
	écart type	0,34	0,34	0,05	0,08	0,19	0,22	0,01	0,12	0,02	0,00	0,01	0,01	1	1	1	9	1	4
	moyenne	98,19	1,81	0,70	1,21	0,28	0,20	0,04	0,20	0,03	0,02	0,04	0,04	12	3	2	44	4	15
	écart type	1,04	1,04	0,49	0,84	0,12	0,11	0,02	0,08	0,01	0,01	0,03	0,01	10	2	2	34	4	13

Tableau B17. Concentration en éléments dans la fraction liquide issue du dalot A de la chambre 4

Semaine	Rangée	Humidité (%)	Matière sèche (%)	C Org. (%)	M Org. (%)	Total N (kg/t)	NH <sub>4</sub> -N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	S (kg/t)	Mg (kg/t)	Ca (kg/t)	Na (kg/t)	Al (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
3	A	97,64	2,36	1,01	1,75	0,28	0,16	0,05	0,26	0,04	0,02	0,05	0,04	15	4	3	86	5	22
3	B	97,37	2,63	0,94	1,63	0,38	0,26	0,07	0,32	0,05	0,03	0,05	0,04	14	7	3	75	5	27
	moyenne	97,51	2,50	0,98	1,69	0,33	0,21	0,06	0,29	0,05	0,03	0,05	0,04	15	6	3	81	5	25
	écart type	0,19	0,19	0,05	0,08	0,07	0,07	0,01	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	1	2	0	8	0	4
6	A	98,53	1,47	0,57	0,99	0,21	0,13	0,03	0,15	0,02	0,02	0,03	0,02	8	2	2	30	3	9
6	B	98,02	1,98	0,71	1,22	0,27	0,18	0,05	0,26	0,03	0,02	0,04	0,03	11	3	2	41	4	13
	moyenne	98,28	1,73	0,64	1,11	0,24	0,16	0,04	0,20	0,03	0,02	0,04	0,03	10	3	2	36	4	11
	écart type	0,36	0,36	0,10	0,16	0,05	0,03	0,01	0,08	0,01	0,00	0,01	0,01	2	1	0	8	1	3
9	A	98,72	1,28	0,52	0,89	0,15	0,08	0,03	0,11	0,02	0,01	0,03	0,02	8	1	1	31	2	9
9	B	98,47	1,53	0,49	0,84	0,34	0,26	0,04	0,22	0,04	0,01	0,02	0,03	6	3	1	20	2	6
	moyenne	98,60	1,41	0,51	0,87	0,25	0,17	0,04	0,17	0,03	0,01	0,03	0,03	7	2	1	26	2	8
	écart type	0,18	0,18	0,02	0,04	0,13	0,12	0,01	0,08	0,01	0,00	0,01	0,01	1	1	0	8	0	2
12	A	98,51	1,49	0,64	1,10	0,21	0,14	0,01	0,12	0,02	0,01	0,03	0,04	5	2	1	34	2	8
12	B	98,02	1,98	0,72	1,24	0,45	0,38	0,02	0,27	0,05	0,01	0,03	0,08	8	5	1	27	1	7
	moyenne	98,27	1,74	0,68	1,17	0,33	0,26	0,02	0,19	0,04	0,01	0,03	0,06	7	4	1	31	2	8
	écart type	0,35	0,35	0,06	0,10	0,17	0,17	0,01	0,10	0,02	0,00	0,00	0,03	2	2	0	5	1	1
15	A	99,18	0,82	0,29	0,49	0,15	0,12	0,01	0,11	0,02	0,01	0,01	0,02	4	2	1	13	1	4
15	B	97,83	2,17	0,70	1,20	0,70	0,65	0,06	0,24	0,07	0,01	0,01	0,05	6	6	1	14	1	4
	moyenne	98,51	1,50	0,50	0,85	0,43	0,38	0,04	0,17	0,05	0,01	0,01	0,04	5	4	1	14	1	4
	écart type	0,95	0,95	0,29	0,50	0,39	0,37	0,03	0,09	0,04	0,00	0,00	0,02	1	3	0	1	0	0
	moyenne	98,23	1,77	0,66	1,14	0,31	0,24	0,04	0,21	0,04	0,02	0,03	0,04	9	4	2	37	3	11
	écart type	0,55	0,55	0,21	0,37	0,17	0,17	0,02	0,08	0,02	0,01	0,01	0,02	4	2	1	25	2	8

Tableau B18. Concentration moyenne en éléments dans la fraction liquide issue du dalot A pour les chambres 3 et 4

Semaine	Humidité (%)	Matière sèche (%)	C Org. (%)	M Org. (%)	Total N (kg/t)	NH <sub>4</sub> -N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	S (kg/t)	Mg (kg/t)	Ca (kg/t)	Na (kg/t)	Al (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
moyenne	98,21	1,79	0,68	1,17	0,30	0,22	0,04	0,20	0,03	0,02	0,04	0,04	10	3	2	41	3	13
écart type	0,81	0,81	0,37	0,63	0,14	0,14	0,02	0,08	0,02	0,01	0,02	0,02	7	2	1	29	3	11

## **Annexe C**

### **Masses des déjections**



Tableau C1. Masse des fractions solides (kg) recueillies sur une période de 24 heures (chambres 3 et 4)

Semaine	Dalot	3A	3B	3	4A	4A	4	Total	Moyenne	Écart type
1	T+A	22,82	22,91	45,72	14,06	29,08	43,14	88,86	22,21	6,17
2	T+A	34,47	16,56	51,03	41,69	20,09	61,78	112,81	28,20	11,87
3	T	32,89	25,50	58,38	33,93	38,87	72,80	131,18	32,79	5,52
3	A	5,11	10,82	15,92	4,99	11,50	16,49	32,42	8,10	3,54
4	T+A	47,26	41,60	88,87	47,04	44,77	91,81	180,68	45,17	2,63
5	T+A	55,52	51,87	107,40	71,61	56,29	127,90	235,30	58,82	8,74
6	T	41,34	64,11	105,45	46,85	42,34	89,18	194,64	48,66	10,58
6	A	3,95	5,48	9,43	6,08	9,23	15,30	24,73	6,18	2,22
7	T+A	63,48	83,74	147,22	55,09	52,05	107,14	254,36	63,59	14,28
8	T+A	63,82	81,42	145,24	67,79	60,26	128,05	273,29	68,32	9,26
9	T	51,07	61,70	112,77	69,87	50,08	119,95	232,71	58,18	9,40
9	A	2,73	5,41	8,14	5,46	10,16	15,62	23,76	5,94	3,09
10	T+A	65,19	67,75	132,93	70,45	55,86	126,31	259,24	64,81	6,34
11	T+A	80,47	78,04	158,51	63,63	49,79	113,42	271,93	67,98	14,22
12	T	58,96	57,65	116,61	68,86	45,59	114,44	231,05	57,76	9,54
12	A	5,41	5,13	10,54	5,94	8,66	14,61	25,15	6,29	1,62
13	T+A	67,81	54,18	121,99	76,09	57,53	133,62	255,61	63,90	9,99
14	T+A	65,78	74,26	140,05	79,23	63,96	143,19	283,24	70,81	7,19
15	T	63,85	50,15	114,00	78,79	54,94	133,73	247,72	61,93	12,59
15	A	6,63	11,11	17,74	5,69	12,40	18,09	35,84	8,96	3,30

Tableau C2. Masse des fractions liquides (kg) recueillies sur une période de 24 heures (chambres 3 et 4)

Semaine	dalot	3A	3B	3	4A	4A	4	Total	Moyenne	Écart type
1	T+A	37,42	22,41	59,83	61,92	32,52	94,44	154,27	38,57	16,77
2	T+A	61,26	70,44	131,70	40,88	40,17	81,06	212,75	53,19	15,09
3	T	29,65	11,85	41,50	26,24	20,40	46,64	88,14	22,03	7,79
3	A	9,66	9,83	19,48	10,81	14,68	25,49	44,97	11,24	2,35
4	T+A	59,69	49,30	108,99	68,64	63,41	132,05	241,04	60,26	8,18
5	T+A	70,50	56,48	126,98	88,27	61,38	149,66	276,64	69,16	14,01
6	T	47,03	36,55	83,58	50,17	35,86	86,02	169,60	42,40	7,27
6	A	29,87	25,69	55,56	40,37	26,60	66,96	122,52	30,63	6,73
7	T+A	115,83	96,88	212,71	102,09	76,14	178,24	390,94	97,74	16,46
8	T+A	117,23	74,32	191,55	104,61	85,85	190,46	382,01	95,50	19,12
9	T	67,63	58,70	126,32	97,00	41,94	138,95	265,27	66,32	23,06
9	A	33,66	27,67	61,33	35,04	56,45	91,49	152,82	38,20	12,58
10	T+A	98,87	85,46	184,33	93,13	67,74	160,87	345,19	86,30	13,54
11	T+A	97,84	74,40	172,23	90,04	80,23	170,26	342,50	85,62	10,39
12	T	50,91	33,99	84,91	58,35	26,76	85,11	170,02	42,50	14,63
12	A	39,66	41,80	81,45	27,92	39,54	67,46	148,92	37,23	6,29
13	T+A	99,94	82,32	182,26	88,54	70,25	158,79	341,05	85,26	12,39
14	T+A	108,57	94,38	202,95	94,86	73,96	168,83	371,78	92,94	14,26
15	T	58,45	45,81	104,26	79,68	48,87	128,55	232,80	58,20	15,30
15	A	61,55	45,00	106,55	32,36	45,83	78,19	184,74	46,18	11,96



## **Annexe D**

**Concentration des éléments fertilisants  
selon trois périodes d'accumulation quotidienne**



Tableau D1. Concentration des éléments dans la fraction liquide pour trois périodes d'accumulation quotidienne.

		28-10-2003			29-10-2003			30-10-2003		
		06:00	12:00	18:00	06:00	12:00	18:00	06:00	12:00	18:00
N-total	kg/t	10,80	8,24	7,09	10,82	8,76	7,31	10,83	8,50	6,69
N-NH <sub>4</sub>	kg/t	6,82	5,67	4,75	7,12	5,06	4,42	5,54	5,08	4,02
P	kg/t	0,56	0,37	0,53	0,65	0,41	0,51	0,42	0,36	0,36
K	kg/t	5,55	4,40	4,14	5,42	4,61	4,07	5,54	4,56	3,95
Ca	ppm	330,73	263,44	367,84	431,26	289,05	316,78	304,29	243,28	275,93
Mg	ppm	352,25	234,71	340,97	455,55	244,29	306,88	287,09	192,40	221,15
Al	ppm	6,59	7,28	9,26	9,46	10,06	5,93	4,68	8,82	9,43
B	ppm	9,48	6,73	6,08	10,07	7,81	5,97	9,12	7,30	5,99
Cu	ppm	3,57	1,69	2,00	2,21	2,00	1,74	1,37	1,49	1,98
Fe	ppm	33,20	20,63	33,28	31,65	21,70	26,87	23,57	16,63	25,25
Mn	ppm	1,67	1,10	2,20	2,17	1,26	1,93	1,36	1,02	1,56
Zn	ppm	9,66	6,88	10,91	10,57	7,61	9,82	8,10	6,08	8,69
Na	ppm	945,98	858,92	978,40	1003,41	910,54	837,16	867,46	813,76	995,63
M.S.	%	3,87	2,99	3,14	4,29	3,28	2,63	3,48	2,88	2,44
Cendres	%	43,00	43,42	43,55	40,27	43,66	58,55	50,67	46,27	52,35
C\N		1,02	1,03	1,25	1,19	1,06	0,74	0,79	0,91	0,87

Tableau D2. Concentration des éléments dans la fraction solide pour trois périodes d'accumulation quotidienne.

		28-10-2003			29-10-2003			30-10-2003		
		06:00	12:00	18:00	06:00	12:00	18:00	06:00	12:00	18:00
N-total	kg/t	17,53	16,80	16,48	17,88	15,59	16,19	17,50	15,87	16,92
N-NH <sub>4</sub>	kg/t	4,86	4,53	4,53	5,08	4,05	4,33	4,44	4,09	4,31
P	kg/t	6,48	5,62	5,64	5,90	5,52	5,17	6,13	5,70	5,68
K	kg/t	8,40	7,64	8,14	8,94	7,01	7,55	8,43	7,60	8,74
Ca	ppm	6 802,05	5 828,65	5 653,79	6 148,36	6 158,55	5 321,27	6 108,26	6 584,50	6 198,63
Mg	ppm	3 188,42	2 744,44	2 754,29	2 870,21	2 661,73	2 494,45	3 015,18	2 774,68	2 792,06
Al	ppm	181,69	152,67	153,13	164,19	165,33	132,73	156,90	161,49	155,56
B	ppm	8,17	7,21	9,70	11,10	7,80	7,58	7,54	7,59	9,76
Cu	ppm	38,52	33,17	28,13	32,37	32,59	30,05	33,54	37,49	32,21
Fe	ppm	578,64	467,29	521,86	453,23	509,67	391,35	441,10	447,99	507,85
Mn	ppm	77,10	64,30	62,08	66,39	65,33	57,70	68,90	67,39	62,64
Zn	ppm	301,05	258,26	252,48	261,82	252,03	235,27	285,02	271,75	250,94
Na	ppm	1 851,07	1 468,67	1 636,82	1 893,82	1 414,98	1 539,89	1 729,52	1 547,06	1 776,68
M.S.	%	38,91	34,33	34,91	37,04	35,18	35,25	37,68	33,05	36,88
Cendres	%	15,23	14,87	14,97	15,06	14,43	14,87	15,32	15,05	15,53
C\N		9,42	8,70	9,00	8,81	9,66	9,28	9,12	8,86	9,22



## **Annexe E**

### **Mesures de DBO<sub>5</sub> et DCO lors de la semaine 16**



Tableau E1. Mesures de DCO et de DBO<sub>5</sub> des liquides collectés sous l'abreuvoir à la semaine 16 de l'essai.

Date	Heure	DCO mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l
28-10-2003	6:00	29 267	16 000
29-10-2003	6:00	46 233	19 333
30-10-2003	6:00	38 967	27 633
moyenne	6:00	38 156	20 989
28-10-2003	12:00	37 800	23 333
29-10-2003	12:00	38 183	16 933
30-10-2003	12:00	38 500	26 367
moyenne	12:00	38 161	22 211
28-10-2003	18:00	48 967	24 333
29-10-2003	18:00	41 267	28 000
30-10-2003	18:00	35 500	23 333
moyenne	18:00	41 911	25 222
moyenne globale		39 409	22 807

Note : Les moyennes sont à titre indicatif. Elles ne prennent pas en compte le bilan de masse.

Tableau E2. Mesures des DCO et de DBO<sub>5</sub> des liquides collectés sous la trémie d'alimentation à la semaine 16.

Date	Heure	DCO mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l
28-10-2003	6:00	44 133	26 000
29-10-2003	6:00	30 333	12 867
30-10-2003	6:00	34 133	22 300
moyenne	6:00	36 200	20 389
28-10-2003	12:00	19 167	11 000
29-10-2003	12:00	23 300	10 033
30-10-2003	12:00	21 400	14 167
moyenne	12:00	21 289	11 733
28-10-2003	18:00	21 333	9 867
29-10-2003	18:00	18 000	10 067
30-10-2003	18:00	29 100	15 933
moyenne	18:00	22 811	11 956
moyenne globale		26 767	14 693

Note : Les moyennes sont à titre indicatif. Elles ne prennent pas en compte le bilan de masse.

Tableau E3. Mesures moyennes de DCO et de DBO5 des liquides collectés à la semaine 16 de l'essai (abreuvoir et trémie d'alimentation).

Date	Heure	DCO mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l
28-10-2003	6:00	36 700	21 000
29-10-2003	6:00	38 283	16 100
30-10-2003	6:00	36 550	24 967
moyenne	6:00	37 178	20 689
28-10-2003	12:00	28 483	17 167
29-10-2003	12:00	30 742	13 483
30-10-2003	12:00	29 950	20 267
moyenne	12:00	29 725	16 972
28-10-2003	18:00	35 150	17 100
29-10-2003	18:00	29 633	19 033
30-10-2003	18:00	32 300	19 633
moyenne	18:00	32 361	18 589
moyenne globale		33 088	18 750

Note : Les moyennes sont à titre indicatif. Elles ne prennent pas en compte le bilan de masse.



## **Annexe F**

### **Guide d'utilisation du fichier d'analyse économique et financière du MAPAQ**



## GUIDE D'UTILISATION DE L'OUTIL D'ANALYSE ÉCONOMIQUE DU MAPAQ

Ce guide a pour objectif de vous orienter et vous souligner les points importants lors d'une analyse des coûts reliés à l'installation d'un système de gratte en « V », mais également pour tout autre système de traitement de lisier. Ce guide a été réalisé pour vous accompagner dans l'utilisation du **chiffrier d'analyse économique et financière** développée par des agronomes du MAPAQ. Ce chiffrier est disponible sur le site web d'agrireseau à l'adresse ci-dessous. Toutefois, il est fortement suggéré de consulter un spécialiste dans le domaine financier.

[http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Chiffrier\\_pour\\_les\\_couts\\_de\\_traitement\\_des\\_fumiers.pdf](http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Chiffrier_pour_les_couts_de_traitement_des_fumiers.pdf)

Le chiffrier Excel comprend plusieurs feuilles mais vous aurez seulement besoin de remplir les cellules en vert de la feuille de calcul **Données**. Les différents résultats vous seront donnés sous les onglets **Synthèse, Analyse économique et Analyse financière**. Les autres onglets sont là uniquement à titre indicatif pour ceux qui désirent approfondir leur analyse. Après avoir rempli la feuille **Données** vous pourrez connaître l'impact économique dû à l'installation d'un système de gratte en « V » sous l'onglet **Analyse économique**. Les informations dans ce guide vous aideront à remplir la feuille **Données** en tenant compte des particularités liées à la rénovation d'un bâtiment muni d'un système de gratte en « V ». Si vous voulez analyser la situation financière de l'entreprise vous pouvez le faire avec l'aide de la feuille **Analyse financière**. Par contre, cette feuille ne sera pas abordée dans ce guide et nous vous conseillons de consulter un conseiller financier.

Pour compléter votre analyse vous aurez besoin de connaître le volume de lisier produit annuellement, sa concentration moyenne en  $P_2O_5$  et en  $N_{total}$  pour la chambre ou le bâtiment où sera installé les grattes en « V ». Vous pouvez aussi l'estimer à partir des valeurs de référence du CRAAQ. Par contre, il est préférable de connaître le volume de lisier produit par votre entreprise et sa concentration en  $P_2O_5$  et en N.

Le système de gratte en « V » est admissible au volet 6 « les technologies de gestion des surplus » du programme de soutien financier Prime-Vert du MAPAQ ainsi qu'à des crédits d'impôts du ministère du Revenu. Pour connaître, les détails vous pouvez accéder au texte à l'adresse suivante :

[http://www.mapaq.gouv.qc.ca/NR/rdonlyres/32F6530C-9A4F-4CA7-8ECC-3CF48AFE875/0/PrimeVert\\_2004.pdf](http://www.mapaq.gouv.qc.ca/NR/rdonlyres/32F6530C-9A4F-4CA7-8ECC-3CF48AFE875/0/PrimeVert_2004.pdf)

De même, pour savoir si votre entreprise est admissible et quels sont les frais maximum admissibles, adressez-vous à un centre de services du MAPAQ de votre région. Vous devriez consulter un conseiller du centre de service avant de débiter les travaux car vous devez obtenir une approbation de MAPAQ avec de commencer les travaux.

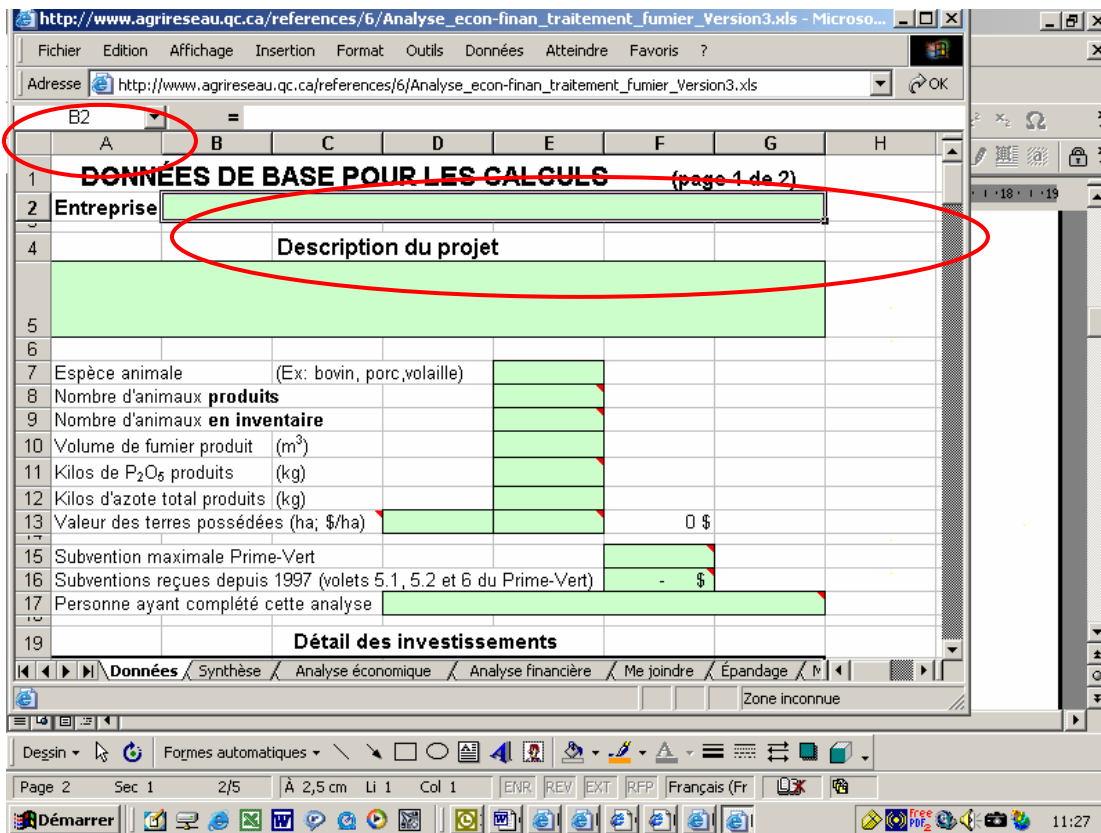
## Analyse économique

1<sup>ère</sup> étape : Remplir la feuille **Données**

Vous devez remplir les cellules en vert. Pour les cellules en jaune, le calcul se fera automatiquement.

### DONNÉES DE BASE POUR LES CALCULS (page 1 de 2)

- Commencer par indiquer le nom de votre entreprise dans la cellule **B2** sous l'onglet **Données** et une brève description du projet en **A5**. Vous pouvez vous assurer d'inscrire l'information dans la bonne cellule en vérifiant dans la zone nom dans le coin supérieur gauche de l'écran (voir image ci dessous).



Aperçu du chiffrier d'analyse économique et financière

- Remplissez également, dans la section **Description du projet**, les cellules **E7** à **E12**. Certaines précisions, explications ou suggestions effectuées par les agronomes ayant créés le chiffrier sont déjà présente dans le fichier sous forme de commentaire. Pour lire ces commentaires, placer le pointeur de la souris sur les cellules avec un indicateur de commentaire (↗). Par exemple (image ci-dessous), pour la cellule **E8**, le commentaire dit ceci : Si vous fournissez le nombre d'animaux produits et en inventaire, l'analyse économique sera sur la base des animaux produits. Donc, si vous voulez que l'analyse économique soit faite sur le nombre d'animaux en inventaire laissez cette case en blanc mais n'oubliez pas d'inscrire le nombre d'animaux en inventaire en **E9**. Sinon, inscrivez le nombre d'animaux produits.

http://www.agrireseau.qc.ca/references/6/Analyse\_econ-finan\_traitement\_fumier\_Version3.xls - Microsoft Internet Explorer

Fichier Edition Affichage Insertion Format Outils Données Atteindre Favoris ?

Adresse http://www.agrireseau.qc.ca/references/6/Analyse\_econ-finan\_traitement\_fumier\_Version3.xls

E8

**DONNÉES DE BASE POUR LES CALCULS** (page 1 de 2)

2 **Entreprise**

4 **Description du projet**

7 Espèce animale (Ex: bovin, porc, volaille)

8 Nombre d'animaux **produits**

9 Nombre d'animaux **en inventaire**

10 Volume de fumier produit (m<sup>3</sup>)

11 Kilos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> produits (kg)

12 Kilos d'azote total produits (kg)

13 Valeur des terres possédées (ha; \$/ha) 0 \$

15 Subvention maximale Prime-Vert

16 Subventions reçues depuis 1997 (volets 5.1, 5.2 et 6 du Prime-Vert) - \$

17 Personne ayant complété cette analyse

19 **Détail des investissements**

20 **Achat de terre** **Prix**

21 1 (ha; \$/ha) 0 \$

22 2 (ha; \$/ha) 0 \$

Cellule E8 commentée par Bertrand Leclerc

Zone inconnue

### Aperçu du chiffrier d'analyse économique et financière

- o Pour ce qui est de la valeur des terres possédées, indiquez le nombre d'hectare en possession en **D13** et valeur moyenne pondérée en \$/hectare de ces terres en possession en **E13**
- o Dans la cellule **F15**, pour les technologies de gestion des surplus 70 % des coûts sont admissibles jusqu'à un maximum de 200 000 \$. En **E16** indiquez la somme des subventions que vous avez reçues depuis 1997.
- o Si malgré l'installation d'un système de grappe en « V » vous devez acheter des terres, inscrivez le nombre d'hectare et le coût à l'hectare respectivement dans les cellules **C21** et **D21** dans la section **Achat de terre** sous **Détail des investissements**.
- o Les équipements à inscrire au niveau du **Détail des investissements** dans la section **équipements subventionnables** (lignes 27 à 36) et pour lesquels vous devez avoir obtenu une soumission sont les suivants :
  - grattes en « V » incluant un(e) ou des minuterie(s), démarreur(s), transmission(s), câbles et poulies
  - chaîne à écurer ou convoyeur à courroie incluant une transmission et un moteur
  - tuyau collecteur vers la préfosse et système de recirculation si la préfosse n'est pas sous la chaîne à écurer
  - vous référer à votre conseiller du MAPAQ pour vous assurer de considérer tous les montants admissibles auxquels vous avez droit

- o Les équipements à inscrire au niveau du **Détail des investissements** dans la section **bâtiments subventionnables** (lignes 40 à 49) et pour lesquels vous devez avoir obtenu une soumission sont:
  - cassage de béton et excavation du sol pour lui donner la bonne pente ;
  - tuyaux SDR et adaptation des tuyaux ;
  - coulage du béton du dalot en forme de « V » ;
  - coulage du béton pour le système d'évacuation du lisier soit la chaîne à écurer ou le convoyeur à courroie ;
  - abri à solide ;
  - vous référer à votre conseiller du MAPAQ pour vous assurer de considérer tous les montants admissibles auxquels vous avez droit.
- o Les frais non admissibles doivent être inscrit section **Bâtiments, structures et équipements, partie non subventionnable** (lignes 57 à 59) :
  - tapis de caoutchouc dans le dalot et entre les chambres pour faciliter la ventilation et le chauffage (recommandé);
  - système de ventilation pour la préfosse si elle se trouve à l'intérieur du bâtiment;
  - consultation d'un club conseil en agroenvironnement pour évaluer l'impact sur son PAEF et ses ententes d'épandage;
  - perte de revenu pour arrêt de production durant les rénovations;
  - autres équipements limitant le gaspillage d'eau et de moulée (ex. bol économiseur, compteur d'eau) ;
  - si nécessaire, remplacement de la fosse (peut être plus petite qu'une fosse pour loger du lisier);
  - couverture de la fosse (facultatif).
- o Dans la cellule **E64** indiquer la somme d'argent que vous pouvez mettre dans le projet. Une mise de fonds d'au moins 25 % est généralement recommandée par les financiers mais tout montant investi permettra de réduire les annuités.

## **DONNÉES DE BASE POUR LES CALCULS**

(page 2 de 2)

- o Remplissez la section **coûts de possession (fixes)** sous **Détails des coûts et revenus** c'est-à-dire les lignes 83 à 88.
- o **Sous coût d'opération (variables)** indiquez vos divers coûts d'entretien en **F93** à **F95**
- o Calculez le coût d'électricité pour le fonctionnement du ou des moteur(s) pour les grattes en « V » (jusqu'à 5 à 6 grattages par jour) et celui de la chaîne à écurer ou du convoyeur à courroie et indiquez le dans la cellule **F96**.
- o Si la fraction solide est envoyée dans un centre de traitement, dans la cellule **E97**, inscrire le nombre de m<sup>3</sup> de fraction solide à transporter et dans la cellule **F97**, le prix du transport par mètre cube. À la ligne 102, indiquer également le nombre de mètre cube et le prix d'entrée par mètre cube au centre de traitement. Si la fraction solide est épandue, remplir la ligne 99. Si elle est compostée à la ferme, indiquer à la ligne 109, les revenus nets provenant de la vente de ce compost.
- o Pour la fraction liquide indiquer les volumes et le taux pour l'épandage à la ligne 99, 100 ou 101. La fraction liquide étant pauvre en phosphore, la dose d'application peut-être plus élevée donc l'apport en azote plus élevé. L'achat d'engrais azoté devrait être moins important. Le coût des engrais devrait être inscrit à la ligne 103.

- Complétez la section **Revenus liés à la gestion des fumiers suite au projet** soit les lignes 108 à 114. À la ligne 108, n'oubliez pas d'écrire vos revenus provenant de la location de terre.
- Finalement, remplissez les lignes 116 à 125 sous **Coût de gestion des fumiers avant le projet** afin de pouvoir connaître l'impact que l'installation d'un système de gratte en « V » aura sur votre trésorerie.

Par la suite, vous n'aurez qu'à vérifier les informations dans les cellules en jaune sous l'onglet **Synthèse**. Si des corrections doivent être apportées retourner sous l'onglet **Données**.

En terminant, il ne vous reste plus qu'à consulter les onglets **Analyse économique** pour pouvoir connaître quelle sera la nouvelle situation de l'entreprise suite à l'installation d'un système de séparation des fèces avec gratte en « V ». Consulter votre conseiller financier afin d'analyser ces informations.

Pour tout problème concernant le fichier vous pouvez communiquer avec Bertrand Leclerc du MAPAQ, ses coordonnées sont sous l'onglet **Me joindre**. Si vous désirez plus d'information technique sur la gratte, contacter l'équipementier qui la fabrique.





## **Annexe G**

### **Activités de transferts technologiques et d'informations**



## **Transfert des résultats**

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

Le système de séparation à la source des effluents d'élevage (gratte en « V ») se veut un outil intéressant pour l'obtention d'une phase solide riche en phosphore et ayant une siccité intéressante facilitant son traitement, sa valorisation ou son exportation. En outre, la séparation à la source présente de nouvelles avenues pour les producteurs dans les zones en surplus. Par ailleurs, ce projet a eu un impact au niveau international car plusieurs pays, dont l'Ouest canadien s'intéresse désormais à ce type de procédé (Etats-Unis, France et Danemark).

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

En date du 26 octobre 2006, il y a environ 10 à 15 bâtiments installés avec ce type de technologie au Québec. Il y a un équipementier québécois qui en fait la fabrication et la vente. Cette technologie est admissible au programme d'aide financière Prime-Vert du MAPAQ et aux crédits d'impôts du ministère du Revenu.

Il est également intéressant de noter que les nouvelles connaissances engendrées dans le cadre de ce projet ont permis de développer une autre technologie d'isolement à la source au Québec (système de courroie perforée installé sous les lattes). Ce type de système est également admissible à des aides financières et il est fabriqué et vendu par un équipementier québécois.

## DIFFUSION DES RÉSULTATS

### ***Journée portes ouvertes***

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

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

### ***Rapport d'étape***

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. Rapport de projet déposé au Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec, 50 p. (Disponible sur Agri-Réseau)

### ***Publications***

Anonyme, 2004. Séparation urine et fèces par raclage. Réussir Porc, 110 : 24.

Châtillon, G. 2005. Prévisions technologiques : les innovations qui vont compter. Porc magazine, 384 : 52-55.

Fortin, N. 2004. L'isolation sous les lattes : une technologie du Pays du soleil levant au service du développement durable. Le Coopérateur agricole, mai-juin : 66-68.

Godbout, S., Turgeon, M.J., Belzile, M., Pouliot, F., Dufour, V. et S.P. Lemay. 2006. Séparation des lisiers de porcs au bâtiment : trois technologies à l'épreuve. Porc Québec, 17(3) : 42-45.

Guivarch, C. 2004. Lisier frais sans chasse d'eau : Racleur et fond de fosse en « V ». Atout Porc Bretagne, 25 : 21.

Hamel, D., Pouliot, F., Godbout, S. et R. Leblanc. 2004. Séparation liquide-solide des déjections – Un système de gratte prometteur. Porc Québec, 15(4) : 28-31.

Klages, K. 2005. V-shaped scraper help deter ammonia, phosphorus concerns., National Hog farmer, mars. [En ligne].

[http://nationalhogfarmer.com/mag/farming\\_vshaped\\_scraper\\_helps](http://nationalhogfarmer.com/mag/farming_vshaped_scraper_helps)

Lavoie, J., Beaudet, Y., Létourneau, C., Godbout, S., Lemay, S.P, Belzile M., Lachance, I. et F. Pouliot. 2006. Évaluation de la qualité de l'air dans les porcheries équipées d'un système de séparation liquide-solide de déjections. Rapport d'études et de recherches, IRSST R-460, 35 p.

Poilvet, D. 2004. La séparation précoce urine/fèces supprime les gaz. Réussir Porc, 110 : 32.

Poilvet, D. 2004. Le racleur en « V » testé avec succès. Réussir Porc, 110 : 30-32.

Pouliot, F., Godbout, S., Dufour, V., von Bernuth, R.D. et J. Hill. 2005. Efficacité de la séparation fèces-urine sous caillebotis : bilan et sous-produits. *Techniporc*, 28(4) : 35-39.

Quillien, J.P., Guivarch, C., Flageul, P., Floch, G. et G. Haudry. 2005. Lisier frais sans chasse d'eau : Racleur et fond de fosse en « V ». *Atout Porc Bretagne*, 26 : 20-21.

### ***Colloques ou conférencier invité***

Belzile, M., Godbout, S., Lemay, S.P., Lavoie, J., Lachance, I. et F. Pouliot. 2006. Impact de la séparation fèces-urine sous caillebotis sur la qualité de l'air ambiant en porcherie. *Journées de la recherche porcine*, 38 : 21-26.

Belzile, M., Godbout, S., Marquis, A., Lemay, S.P., Lachance, I. et F. Pouliot. 2005. Séparation des déjections porcines sous les lattes, partie 2 : efficacité de séparation. *Journée scientifique et technique en génie agroalimentaire*, 23 mars, Saint-Hyacinthe.

Godbout, S., Lavoie, J., Lemay, S.P., Lachance, I., Pouliot, F. et M. Belzile. 2005. Impact of in-barn manure separation on the biological air quality of swine buildings. *ASAE Annual International Meeting*, 17-20 July, Tampa, Florida, paper no. 055018, 15 p.

Godbout, S., Lemay, S.P., Belzile, M., Lachance, I. et F. Pouliot. 2004. Réduire les rejets dans l'environnement : quatre systèmes de gestion sous les lattes à l'étude. 25<sup>e</sup> colloque sur la production porcine, 19 octobre, Saint-Hyacinthe : 153-161.

Lachance I., Godbout, S., Lemay, S.P. et J.P. Larouche. 2005. Separation of pig manure under slats : to reduce releases in the environment! *ASAE Annual International Meeting*, 17-20 July, Tampa, Florida, paper no. 054159, 19 p.

Lachance, I., Godbout, S., Marquis, A., Lemay, S. P., Belzile, M. et F. Pouliot. 2005. Séparation des déjections porcines sous les lattes, partie 1 : émission de gaz, de poussière, d'odeurs et caractère hédonique. *Journée scientifique et technique en génie agroalimentaire*, 23 mars, Saint-Hyacinthe.

Lachance, I., Godbout, S., Marquis, A., Lemay, S. P., Hamel, D. et J.P. Larouche. 2004. Would separating feces and urine under pigs be a key to minimize odors and gas emissions? *ASAE Annual International Meeting*, 1-4 August, Ottawa, Ontario, paper no. 044160, 14 p.

Leblanc, R. et F. Pouliot. 2004. Experiment on a manure isolation system in swine barn : Results for a finishing barn. Conférence présentée à un groupe d'ingénieurs ontariens de l'Université de Guelph et du ministère de l'agriculture de l'Ontario, 1 avril, London, Ontario.

Lemay, S.P., Godbout, S., Pouliot, F., von Bernuth, R.D., Joncas, R., Marchal, P., Stewart, K., Barber, E.M., Laguë, C. et T. Crowe. 2004. Experimental systems for in-barn manure handling in swine housing. *Integrated Solutions to Manure Management II*, 8-9 mars, London, Ontario, p. 5A3.

- Martin, D.Y., Pouliot, F. et D. Potvin. 2003. La séparation de phase, un incontournable. Colloque en agroenvironnement : la gestion des engrais organiques dans les régions de fortes concentrations animales : faire mieux au moindre impact, 13 novembre, Drummondville : 101-127.
- Pouliot, F. 2003. Méthodes alternatives au lisier pour évacuer les déjections porcines. Conférence présentée dans le cadre d'un dîner conférence à l'Université Laval, 27 février.
- Pouliot, F. 2004. Présentation des projets de développement réalisés par le CDPQ dans les bâtiments et l'environnement. Conférence présentée au groupe Hytek, 9 septembre, Manitoba.
- Pouliot, F. 2005. Isoler les fèces et l'urine sous les lattes : des résultats en engraissement. Les journées agricoles : une mine d'information : S'adapter aux changements, la stratégie gagnante : production porcine, 26 janvier, Joliette, 20 p.
- Pouliot, F., Godbout, S., Dufour, V., von Bernuth, R.D. et J. Hill. 2005. Évaluation d'un système de séparation fèces-urine sous caillebotis en engraissement : bilan de masse et caractérisation des sous-produits. Journées de la Recherche Porcine, 37 : 45-50.
- Pouliot, F., Godbout, S., Hamel, D. et R. Leblanc. 2004. Isoler les fèces et l'urine sous les lattes : des résultats en engraissement. Expo-Congrès du porc du Québec, 7 et 8 avril, Saint-Hyacinthe : p. 9-27.
- Pouliot, F., Godbout, S., Hamel, D. et R. Leblanc. 2004. Système d'isolement des parties solide et liquide des déjections sous les lattes. Conférence présentée dans le cadre d'une rencontre du groupe d'éleveurs porcins Évoluporc, 14 juillet, Sainte-Marie-de-Beauce.
- Pouliot, F., Godbout, S., Hamel, D. et R. Leblanc. 2004. Système d'isolement des parties solide et liquide des déjections : un système avec des retombées prometteuses... Conférence présentée dans le cadre de l'Assemblée générale annuelle du Centre de développement du porc du Québec – Au cœur des changements... et des partenaires, 3 juin.
- Pouliot, F., Leclerc, B., Bernard, H., Naud D. et F. Gagnon. 2004. État de la situation sur les traitements de lisier de porcs au Québec. Colloque agricole Desjardins, 4 octobre, Bromont.
- von Bernuth, R.D., Hill, J.D., Henderson, E., Godbout, S., Hamel, D. et F. Pouliot. 2004. Efficacy of a liquid/solid isolation system for swine manure. ASAE Annual International Meeting, 1-4 August, Ottawa, Ontario, paper no. 044131, 16 p.

### ***Kiosques d'information***

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

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

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

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

***Étudiants gradués***

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