

# 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



Centre de  
développement du  
porc du Québec inc.



INSTITUT DE RECHERCHE  
ET DE DÉVELOPPEMENT EN  
AGROENVIRONNEMENT

MICHIGAN STATE  
UNIVERSITY

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

**Mai 2004**

---

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

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

<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)

<b>Répondant :</b>	Francis Pouliot, ing.
<b>Chargé de projet :</b>	Dominique Hamel, M. Sc., ing., agr.
<b>Responsable scientifique du projet :</b>	Stéphane Godbout, Ph. D., ing., agr.
<b>Responsable de la réalisation des essais :</b>	Robert D. von Bernuth, Ph. D., P.eng.
<b>Collaborateurs :</b>	Jeff Hill, Ph. D. Erin Henderson Roch Joncas, M. Sc., ing. Réjean Leblanc, agr. Stéphane P. Lemay, Ph. D., ing. Robert Fillion, agr. Denis Côté, agr.

## ÉQUIPE DE RÉDACTION

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

## 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 Conseil des recherches en pêches et en agroalimentaire du Québec (CORPAQ) et la Coopérative fédérée de Québec. 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 implication dans le projet et leur contribution dans la réalisation des essais conduits au Michigan sans qui il n'aurait pas été possible de réaliser ce type d'expérimentation qui exige une très grande rigueur.



MICHIGAN STATE  
UNIVERSITY



CORPAQ



# Table des matières

<b>RÉSUMÉ</b> .....	<b>VI</b>
<b>INTRODUCTION ET HISTORIQUE</b> .....	<b>1</b>
<b>1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE</b> .....	<b>1</b>
1.1 <i>PROBLÉMATIQUE AGROENVIRONNEMENTALE QUÉBÉCOISE</i> .....	1
1.2 <i>PROBLÉMATIQUE TECHNOLOGIQUE</i> .....	2
<b>2. REVUE DE LITTÉRATURE</b> .....	<b>3</b>
2.1 <i>DIFFÉRENTS SYSTÈMES D'ISOLEMENT À LA SOURCE</i> .....	3
2.1.1 <i>Système de gratte-dalot en «V»</i> .....	3
2.1.2 <i>Système de courroie de type « Caroline du Nord »</i> .....	3
2.1.3 <i>Système de courroie perforée du type « CEMAGREF »</i> .....	4
2.2 <i>PERFORMANCES DES SYSTÈMES D'ISOLEMENT À LA SOURCE</i> .....	4
2.2.1 <i>Concentration du phosphore, de l'azote, du potassium et des métaux lourds dans la fraction solide</i> .....	4
2.2.2 <i>Réduction de la charge fertilisante de la partie liquide</i> .....	4
2.2.3 <i>Réduction des superficies d'épandage</i> .....	4
2.2.4 <i>Réduction des émissions d'ammoniac et d'odeurs</i> .....	5
2.3 <i>CRITÈRES DE CONCEPTION ET INFORMATION MANQUANTE</i> .....	5
<b>3. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU PROJET ET OBJECTIFS</b> .....	<b>6</b>
3.1 <i>LE PROJET DANS SON ENSEMBLE</i> .....	6
3.2 <i>OBJECTIFS SPÉCIFIQUES PAR VOLET</i> .....	6
3.3 <i>ÉTAPES ET ÉCHÉANCIERS DE RÉALISATION POUR LES VOLETS I ET III (RÉVISÉS OU TELS QUE RÉALISÉS)</i> .....	7
<b>4. MATÉRIEL ET MÉTHODE</b> .....	<b>9</b>
4.1 <i>BÂTIMENT ET ANIMAUX</i> .....	9
4.1.1 <i>Description du site expérimental « Swine Research Facility »</i> .....	9
4.1.2 <i>Description du système d'isolement « fèces-urine » étudié (gratte en « V »)</i> .....	11
4.2 <i>MÉTHODOLOGIE</i> .....	13
4.2.1 <i>Campagne de mesures de l'équipe du MSU au Swine Research Facility du Michigan State University</i> .....	13
4.2.1.1 <i>Méthode d'échantillonnage</i> .....	16
4.2.1.2 <i>Instrumentation</i> .....	16

4.2.2	<i>Campagne de mesures par l'équipe de l'IRDA au Swine Research Facility du Michigan State University</i>	18
4.2.2.1	<i>Données prises et analyses</i>	18
4.2.2.2	<i>Méthode d'échantillonnage</i>	19
4.2.2.3	<i>Instrumentation</i>	19
4.3	<i>ÉQUATIONS UTILISÉES POUR ÉTABLIR LES BILANS MASSIQUES</i>	19
4.3.1	<i>Equations utilisées pour établir l'efficacité d'isolement</i>	19
4.3.2	<i>Equations utilisées pour établir les paramètres zootechniques</i>	20
<b>5.</b>	<b>RÉSULTATS ET ANALYSES</b>	<b>23</b>
5.1	<i>RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURES (ÉQUIPE DU MSU)</i>	23
5.1.1	<i>Performances zootechniques</i>	23
5.1.2	<i>Analyses de la moulée et de l'eau de consommation</i>	25
5.1.3	<i>Efficacité d'isolement</i>	27
5.1.3.1	<i>Efficacité d'isolement sur l'ensemble de l'élevage</i>	27
5.1.3.2	<i>Efficacité d'isolement en fonction de la semaine de l'élevage</i>	28
5.1.4	<i>Analyse agronomique des échantillons</i>	30
5.1.5	<i>Bilan massique</i>	31
5.1.6	<i>Quantité de déjections solides et liquides rejetées</i>	32
5.1.7	<i>Mesures des gaz</i>	34
5.1.8	<i>Masse volumique des solides</i>	35
5.2	<i>CAMPAGNE DE MESURES PAR L'ÉQUIPE DE L'IRDA AU «MICHIGAN STATE UNIVERSITY SWINE RESEARCH FACILITY»</i>	36
5.2.1	<i>Analyse agronomique des échantillons</i>	36
5.2.2	<i>Efficacité d'isolement</i>	37
5.2.3	<i>Bilan massique</i>	38
5.2.4	<i>Mesure de la DCO et DBO<sub>5</sub></i>	40
<b>6.</b>	<b>ÉTUDES AGROENVIRONNEMENTALE ET TECHNICO-ÉCONOMIQUE</b>	<b>40</b>
6.1	<i>SCÉNARIOS DE GESTION DES LIQUIDES ET SOLIDES</i>	40
6.2	<i>ÉTUDE TECHNICO-ÉCONOMIQUE PRÉLIMINAIRE</i>	42
6.2.1	<i>Impacts économiques</i>	42
6.2.2	<i>Paramètres économiques</i>	43
6.2.3	<i>Principaux paramètres utilisés</i>	43
6.2.4	<i>Comparaison des coûts de construction</i>	44
6.2.5	<i>Budget partiel</i>	45
6.2.6	<i>Synthèse</i>	46
6.3	<i>RECOMMANDATIONS TECHNIQUES PRÉLIMINAIRES</i>	47
	<b>CONCLUSION</b>	<b>48</b>
	<b>RÉFÉRENCES</b>	<b>49</b>

## LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 :	VUE DU DALOT ET DE LA GRATTE SOUS LES LATTES.....	3
FIGURE 2 :	LE « SWINE RESEARCH FACILITY » DU MICHIGAN STATE UNIVERSITY.....	9
FIGURE 3 :	VUE INTÉRIEURE D'UNE CHAMBRE D'ENGRASSEMENT AU MICHIGAN STATE UNIVERSITY .....	9
FIGURE 4 :	PERFORATIONS DU MUR POUR L'EXTRACTION BASSE.....	10
FIGURE 5 :	TRÉMIE.....	10
FIGURE 6 :	ABREUVOIR DRIK-O-MAT .....	10
FIGURE 7 :	SCHÉMA DE POSITIONNEMENT DES ABREUVOIRS ET TRÉMIES DANS UNE CHAMBRE .....	11
FIGURE 8 :	VUE DU DALOT ET DE LA GRATTE EMPLOYÉS AU MICHIGAN STATE UNIVERSITY .....	11
FIGURE 9 :	VUE DE LA DÉCHARGE DU DALOT EN « V » VERS L'ÉCUREUR À CHAÎNE .....	12
FIGURE 10 :	PLATE-FORME D'ENTREPOSAGE DES DÉJECTIONS SOLIDES ISOLÉES ET LA MONTÉE D'ÉCUREUR .....	12
FIGURE 11 :	PLATE-FORME DE COMPOSTAGE À LA FERME.....	12
FIGURE 12 :	PLAN D'AMÉNAGEMENT DES CHAMBRES 3 ET 4.....	14
FIGURE 13 :	RÉSERVOIRS DE COLLECTE DES FRACTIONS LIQUIDE ET SOLIDE .....	16
FIGURE 14 :	COMPTEUR D'EAU ABB MODÈLE C700.....	17
FIGURE 15 :	VUE D'ENSEMBLE DU MONTAGE.....	17
FIGURE 16 :	VUE DE L'ENSEMBLE DE LA CELLULE DE CHARGE .....	17
FIGURE 17 :	VUE DE L'ACQUISITEUR DE DONNÉES .....	18
FIGURE 18 :	VUE DE LA PROCÉDURE DE LEVAGE ET PESÉE DU RÉSERVOIR DE COLLECTE DES SOLIDES .....	18
FIGURE 19 :	CONSOMMATION D'EAU DE CHAQUE RANGÉE DES CHAMBRES 3 ET 4.....	24
FIGURE 20 :	ZONES DE DÉFÉCATION TYPIQUES DES PORCS RELEVÉES LE 9 SEPTEMBRE DANS LA CHAMBRE 4 .....	25
FIGURE 21 :	PROPORTIONS MOYENNES D'ÉLÉMENTS FERTILISANTS CONTENUS DANS LA FRACTION SOLIDE LORS DES ÉCHANTILLONNAGES HEBDOMADAIRES ET TENEUR EN MATIÈRE SÈCHE MOYENNE DES FÈCES .....	29
FIGURE 22 :	VARIATION DES PROPORTIONS DES NUTRIMENTS ISOLÉS DANS LA FRACTION SOLIDE EN FONCTION DE LA SEMAINE D'ÉCHANTILLONNAGE .....	30
FIGURE 23 :	ÉVOLUTION DES MASSES ET PROPORTION DE DÉJECTIONS COLLECTÉES .....	32
FIGURE 24 :	MOYENNE DES MASSES DES FRACTIONS COLLECTÉES DANS LES DIFFÉRENTS DALOTS DES CHAMBRES PENDANT LA PÉRIODE DE L'ÉLEVAGE.....	34
FIGURE 25 :	MASSE DES FRACTIONS SOLIDE ET LIQUIDE COLLECTÉES PENDANT TROIS JOURS SOUS L'ABREUVOIR.....	39
FIGURE 26 :	MASSE DES FRACTIONS SOLIDE ET LIQUIDE COLLECTÉES PENDANT TROIS JOURS SOUS LA TRÉMIE SÈCHE .....	39

## Liste des tableaux

TABLEAU 1	ÉLÉMENTS ANALYSÉS DANS LES DIFFÉRENTS ÉCHANTILLONS .....	15
TABLEAU 2 :	NOMBRE D'ÉCHANTILLONS RÉCOLTÉS PAR PÉRIODE D'ACCUMULATION .....	19
TABLEAU 3 :	POIDS D'ENTRÉE ET DE SORTIE DES PORCS .....	23
TABLEAU 4 :	PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES .....	24
TABLEAU 5 :	INGRÉDIENTS ET ANALYSE DES DIÈTES ALIMENTAIRES SERVIES AU MSU .....	26
TABLEAU 6 :	ANALYSE DE L'EAU DE CONSOMMATION.....	27
TABLEAU 7 :	EFFICACITÉ D'ISOLEMENT MOYENNE DES ÉLÉMENTS FERTILISANTS CONTENUS DANS LES FRACTIONS SOLIDE ET LIQUIDE PAR RAPPORT AUX DÉJECTIONS TOTALES DE L'ÉLEVAGE .....	28
TABLEAU 8 :	PROPORTION MOYENNE DES ÉLÉMENTS DE LA FRACTION SOLIDE SANS VARIATION DANS LE TEMPS .....	29
TABLEAU 9 :	CONCENTRATION DES ÉLÉMENTS FERTILISANTS BASÉE SUR L'ACCUMULATION DES DÉJECTIONS DE L'ÉLEVAGE POUR CHAQUE FRACTION SUR UNE BASE HUMIDE (NE SONT PAS INCLUS : EAUX DE LAVAGE ET PRÉCIPITATIONS) .....	31
TABLEAU 10 :	QUANTITÉS MOYENNES DES DÉJECTIONS SOLIDES ET LIQUIDES REJETÉES QUOTIDIENNEMENT ET HEBDOMADAIREMENT PAR PORC.....	33
TABLEAU 11 :	RÉSULTATS DES MESURES DE LA QUANTITÉ DES MATIÈRES DANS LES EFFLUENTS LIQUIDES .....	34
TABLEAU 12 :	RÉSULTATS DES MESURES DES GAZ NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> ET H <sub>2</sub> S.....	35
TABLEAU 13	MASSE VOLUMIQUE DES DÉJECTIONS SOLIDES À LA SORTIE DES DALOTS LA SEMAINE 15 DE L'ESSAI .....	36
TABLEAU 14 :	CONCENTRATION DES ÉLÉMENTS FERTILISANTS DANS LA FRACTION SOLIDE ET LIQUIDE POUR TROIS PÉRIODES D'ÉCHANTILLONNAGE DURANT LA JOURNÉE. RÉSULTATS CUMULÉS PENDANT TROIS JOURS D'ÉCHANTILLONNAGE .....	37
TABLEAU 15 :	EFFICACITÉ D'ISOLEMENT DES ÉLÉMENTS FERTILISANTS DANS LA FRACTION SOLIDE ET LIQUIDE POUR TROIS PÉRIODES D'ÉCHANTILLONNAGE DURANT LA JOURNÉE. RÉSULTATS CUMULÉS PENDANT TROIS JOURS D'ÉCHANTILLONNAGE .....	38
TABLEAU 16 :	MASSES MOYENNES DES DÉJECTIONS COLLECTÉES PENDANT TROIS PÉRIODES DANS UNE JOURNÉE.....	40
TABLEAU 17 :	RÉPARTITION DES VOLUMES DE LIQUIDE ET SOLIDE EN FONCTION DE LA POSITION DES DISTRIBUTEURS D'ALIMENTS ET D'EAU.....	40
TABLEAU 18 :	RÉSULTATS COMPARATIFS DE DIVERS SCÉNARIOS DE VALORISATION DES LIQUIDES ISOLÉS ET DU LISIER CONVENTIONNEL.....	42
TABLEAU 19 :	Liste des paramètres du modèle de production.....	43
TABLEAU 20 :	TABLEAU RÉSUMÉ DES DIFFÉRENCES DE COÛTS ENTRE LES DEUX TYPES DE BÂTIMENTS.....	45

TABLEAU 21 : COÛT ANNUEL DE FINANCEMENT POUR LA CONSTRUCTION DES BÂTIMENTS ET POUR L'ACHAT DE TERRES.....	46
TABLEAU 22 : BUDGET PARTIEL RELIÉ AUX COÛTS ANNUELS D'ENTRETIEN, DE RÉPARATION ET DE VALORISATION DES DÉJECTIONS DES DEUX TYPES DE BÂTIMENTS.....	46
TABLEAU 23 : RÉSUMÉ DU COÛT TOTAL DES DEUX BÂTIMENTS.....	47

## RÉSUMÉ

Ce projet a permis de mettre en évidence l'efficacité du 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 40 % du volume total de rejet. Pour un cas particulier d'engraissement de 1 000 places, l'épandage de la fraction liquide requiert environ 4 à 5 fois moins de superficie de terres cultivables. Les coûts de construction supplémentaires, pour le cas d'un bâtiment d'engraissement et d'une fosse neuve, par rapport à un bâtiment conventionnel sont évalués à 38 \$/place.porc mais, à moyen terme, l'optimisation du système de grappe-dalot en « V » permettra une réduction des coûts de manufacture.

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 tous les maux mais constitue une alternative intéressante pouvant être utilisée seule ou conjointement avec d'autres technologies. Que ce soit à titre de technologie unique ou en lien avec d'autres, il est important que le producteur consulte un ingénieur afin que l'ensemble du système de gestion ou de traitement solutionne la problématique rencontrée à la ferme.

## 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. Ainsi, les fonds de dalot sous les lattes 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). Il est important de mentionner que 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 acheté leur système de gratte. Présentement aux États-Unis, particulièrement au MSU et au North Carolina State University, l'aspect d'isolement sous les lattes soulève de plus en plus d'intérêt étant donné que la problématique du niveau de phosphore 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 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 était 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 offrait un bon potentiel et qu'il fournirait aux producteurs du Québec un traitement partiel alternatif 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, qui permet d'évaluer l'impact de ce type de gratte sur l'efficacité d'isolement du phosphore dans la fraction solide et sur la réduction des émissions de gaz et d'odeurs.

## 1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

### 1.1 *Problématique agroenvironnementale québécoise*

En juin 2002, le *Règlement sur les exploitations agricoles* (REA) (c.Q-2, r.11.1) était adopté par le ministère de l'Environnement du Québec (MENV). L'article 46 du règlement interdit tout nouveau lieu d'élevage porcine en zone d'activités limitées. Lors de la rédaction du présent document, cette interdiction (moratoire) était en vigueur jusqu'au 15 décembre 2004. 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 MENV obligera les fermes, suivant un échancier progressif, à obtenir un bilan de phosphore équilibré d'ici l'an 2010 (Boutin et Richard, 2002).

Avec le REA, le MENV 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 MENV compte sur le bilan phosphore, l'élément clé du REA, afin de déterminer le niveau d'équilibre ou de surplus d'une entreprise agricole. Cette réglementation obligera les fermes à avoir un bilan phosphore équilibré d'ici l'an 2010. 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, 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 aux autres éléments fertilisants dont 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 en surplus de lisier qui n'ont pas suffisamment de terres pour épandre les déjections animales produites sur le 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 aux bâtiments et lors de l'épandage.

Le secteur porcin 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.

## **1.2 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 aux autres éléments fertilisants dont l'azote. La séparation des fractions solide et liquide des déjections des porcs possède un excellent potentiel afin d'équilibrer les éléments fertilisants contenus dans le lisier et faciliter la gestion des divers 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 courroie ou de presse à vis (Zhang et Westerman 1997; Moller, Lund *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. C'est-à-dire qu'ils peuvent enlever la quantité en surplus de phosphore contenue dans les déjections (phase solide) qui peut être transportée sur une plus grande distance pour être valorisée au champ ou être expédiée vers des centres de compostage ou des usines régionales de traitement. La phase liquide, contenant moins de phosphore mais conservant une certaine partie de l'azote, 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 tourner vers le traitement complet. Il s'agit d'une solution pour les éleveurs qui ont un surplus considérable de lisier et peu de terres disponibles dans leur région. Jusqu'à maintenant, certains systèmes de traitements complet sont au stade de commercialisation. Aujourd'hui, peu de systèmes de traitement complet sont en fonction au Québec pour des raisons économiques et techniques, mis à part les systèmes installés dans le cadre des vitrines technologiques du programme Prime-vert du MAPAQ. 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 du procédé (*Groupe de travail « Transfert technologique du Plan agroenvironnemental de la production porcine »*, 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.

## 2. REVUE DE LITTÉRATURE

### 2.1 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 (Jongebreur, 1981; Kroodsmas, 1986, Marchal, 2002) et les systèmes de grattes avec fonds de dalot en pente en forme de « V » (von Bernuth, 2001, Voermans and Poppel, 1993). Godbout *et al.* (2002) indiquaient que le système étudié par von Bernuth avait un bon potentiel d'isolement des fèces de l'urine. De plus, ils 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 fabriqués et utilisés au Québec.

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

Le système de séparation évalué par les chercheurs du Michigan State University 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 1 % et une pente transversale de 10 % 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. Le fabricant recommande une pente transversale de 1/10 et longitudinale pouvant varier entre 1/100 et 1/300. Le fabricant offre une variété de largeurs de gratte de 500 à 2 900 mm. L'installation du Michigan State University présente des dalots avec une pente transversale de 9/100 et longitudinale de 1/237, une largeur de 2 286 mm et une longueur de 18,1 m. La largeur de la gratte est de 2 000 mm.

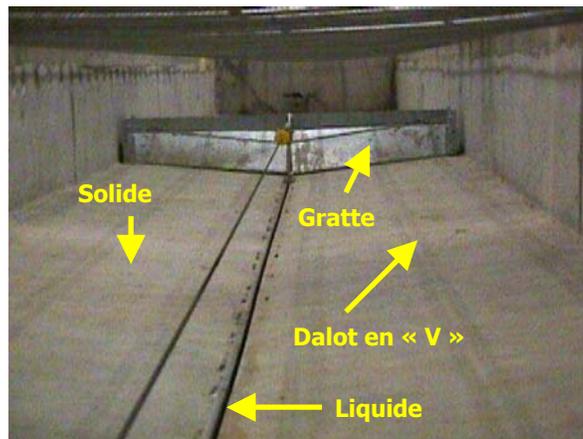


Figure 1 : Vue du dalot et de la gratte sous les lattes

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

Le système a été développé par une équipe multidisciplinaire de *North Carolina State University*. Le système à courroie permet de capter sous les lattes les deux fractions et les transporter hors de la zone d'élevage. Elmer K.A. *et al.* (2001) présente le système et mentionne que la courroie a une largeur de 3 m. Afin d'isoler les fractions, le convoyeur à courroie est incliné de 4° transversalement. Cette pente permet l'écoulement du liquide vers le côté de la courroie. 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°, permettant ainsi une évacuation continue des liquides.

### **2.1.3 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 µm permet de capter les déjections solides. Ce tamis est une courroie qui manutentionne les solides pour les sortir du bâtiment. Les déjections liquides, qui ont coulé au travers du tamis, sont captées dans un dalot puis pompées vers une fosse. Cette technologie permet d'obtenir une teneur en matière sèche de la déjection liquide variant de 1,95 % à 2,65 %.

## **2.2 Performances des systèmes d'isolement à la source**

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

Gracian (2000) mentionnait que le phosphore provient principalement des fèces, soit 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 % (von Bernuth 2001). 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 permet 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. 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.

Selon les estimations de von Bernuth (2002), à une échelle commerciale, une efficacité de séparation du phosphore de 80 % et de l'azote de 40 % dans la fraction solide est réalisable. Pour leur part, les chercheurs du Cemagref ont obtenu des résultats à l'échelle commerciale, montrant une efficacité de séparation du phosphore de 90 % et de l'azote de 75 % dans une fraction solide ayant 25 % de matière sèche (Marchal, 2002). Kroodsma (1986) a observé une efficacité de concentration du phosphore du même ordre de grandeur. Van Kempen (2003) de la North Carolina State University (NCSU) a mesuré qu'un système d'isolement avec des courroies sous les lattes permet 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 (NCSU) et Marchal (Cemagref)) démontrent l'efficacité du 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 %).

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

Avec le présent concept, selon Tengman (1995), comparativement à un lisier conventionnel, la fraction liquide contient 49 % d'azote et 7 % de phosphore. Cette réduction de la charge fertilisante permet donc d'augmenter les apports de 35 à 50 % sur les champs cultivés par rapport à un lisier non traité (Kroodsma, 1986, Gilbertson, 1987 cités par Marchal, 2002). Le risque de contamination de la nappe phréatique par les nitrates est réduit car la fraction liquide contient 50 % moins d'azote.

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

En outre, des expérimentations réalisées par Kroodsma (1986) et Gilbertson (1987) 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.

#### **2.2.4 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 Poppel, 1993 et Kroodsma, 1986,). Ces réductions sont fortement influencées, entre autres, par la fréquence d'évacuation, la pente des dalots, le débit de ventilation (vitesse d'air au plancher), les températures de consigne, les types de matériaux utilisés pour la construction et le pourcentage de surface lattée. En comparant à un entreposage sous le bâtiment (cave à lisier), cette réduction d'ammoniac pourrait atteindre 80 % (Voermans et Poppel, 1993).

Deux sources d'émissions d'odeurs aux bâtiments sont identifiées : l'animal et les déchets. Le système s'attaque évidemment aux déchets 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 de  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{S}$ . 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 permet de réduire de 50 % les émissions d'odeurs au bâtiment, en altérant le processus de dégradation du lisier (Kroodsma, 1986 et Gilbertson, 1987).

### **2.3 Critères de conception et information manquante**

La revue de littérature met en évidence un manque d'information quant à l'étude de facteurs très importants tels que la quantité de solide produit, quantité de liquide produit, 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 principalement européens différents de ceux présents au Québec. La plupart des études visaient le bilan d'azote 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 ce qui est des 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 qui se développe dans certains États des États-Unis.

### **3. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU PROJET ET OBJECTIFS**

#### **3.1 Le projet dans son ensemble**

Le projet d'évaluation du système d'isolement à la source comporte trois différents volets dont l'objectif général est 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
- Volet III : Évaluations technico-économique, environnementale et transfert technologique

Le volet I consistait à évaluer, à l'échelle réelle, l'efficacité de concentration 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). Le système étudié est constitué de grattes et de dalots en forme de « V ». De plus, ce volet consiste à noter les améliorations potentielles à apporter. Le but étant d'optimiser et d'adapter ce système de séparation, au système de production québécois. Par conséquent, l'étude de l'efficacité de séparation de ce type de système est primordiale. Le volet I constitue le cœur du présent document alors que le volet II et III feront l'objet de rapports différents. Le présent document a pour objectif de présenter les résultats obtenus dans le cadre de ce volet ainsi qu'une discussion concernant ces résultats.

Dans le cadre du volet II, à la suite des essais effectués au Michigan, l'IRDA conduira des expérimentations dans les installations des mini-porcheres à Deschambault. L'objectif est d'évaluer et de comparer l'impact sur les émissions de gaz, de poussières et d'odeurs, de différents systèmes de gestion des déjections au bâtiment, incluant le système étudié au MSU. Des résultats préliminaires seront disponibles à l'automne 2004.

Finalement, le volet III contient des activités qui permettront de transférer les connaissances liées à la technologie de gratte en « V » aux différents intervenants du secteur porcin québécois.

#### **3.2 Objectifs spécifiques par volet**

Dans le premier volet, une évaluation de l'efficacité de séparation du système gratte-dalot en « V » existant au Michigan State University (MSU) permettra 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 séparer 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 sera 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 seront complétés en réalisant les 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 des plans « concepts » pour les bâtiments nouveaux et existants

### 3.3 Étapes et échéanciers de réalisation pour les volets I et III (révisés ou tels que réalisés)

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

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

- Actualiser la recherche bibliographique;
- Finaliser l'approche théorique de calcul des efficacités de séparation 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, il est prévu de réaliser des activités afin de permettre le transfert de la technologie aux concepteurs de bâtiments porcins. Cette approche de transfert par le biais des concepteurs devrait permettre une pénétration accélérée de la technologie et la construction d'une nouvelle génération de bâtiments porcins performant et respectueux de l'environnement. Voici en bref les activités qui ont été ou seront réalisées dans ce volet.

- Évaluer l'impact agroenvironnemental de la gestion des fractions solide et liquide issus de ce système de séparation « solide-liquide » au Québec. Cette évaluation agroenvironnementale sera complétée dans le cadre de ce rapport d'étape mais sera bonifiée dans son aspect environnemental dans le rapport d'étape avec les données sur les émissions de gaz et d'odeurs du volet II.
- Concevoir (planifier) les nouveaux dalots à échelle réelle en fonction des exigences du concept optimisé pour une section d'engraissement.
- Étude sur le coût d'intégration de ce nouveau système dans les bâtiments existants et les nouveaux bâtiments d'engraissement. Étude complétée dans le cadre de ce rapport d'étape mais sera bonifiée par un modèle économique dans le rapport final.
- Réalisation d'un feuillet illustrant ce type de dalot pour les nouveaux bâtiments et pour la rénovation de bâtiments existants. Celui-ci profitera de l'expérience du projet d'implantation convenu entre le CDPQ et la Coopérative fédérée de Québec.

#### 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

<b>Étapes</b>	<b>Échéanciers</b>	<b>Personnes impliquées</b>
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 (visite prévue au début des essais)	juin à novembre 2003	Dominique Hamel Jeff Hill Francis Pouliot Stéphane Godbout Robert D. von Bernuth
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	octobre 2003	Dominique Hamel Frédéric Rompré Jeff Hill Francis Pouliot Stéphane Godbout Robert D. von Bernuth
Analyser les résultats et écrire le rapport d'étape sur les résultats obtenus au Michigan (visite prévue au Michigan)	novembre 2003 à juin 2004	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		

### Échéancier du volet III

<b>Étapes</b>	<b>Échéanciers</b>	<b>Personnes impliquées</b>
Évaluer l'impact agroenvironnementale de la gestion des fractions solides et liquides issus de ce système de séparation solide-liquide au Québec	novembre 2003 à juin 2004 novembre 2004 à janvier 2005	Dominique Hamel Denis Côté 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 novembre 2004 à janvier 2005	Dominique Hamel Réjean Leblanc Francis Pouliot Stéphane Godbout
Concevoir (planifier) les nouveaux dalots à échelle réelle en fonction des exigences du concept optimisé pour une section d'engraissement	février à août 2004	Dominique Hamel Stéphane Godbout Francis Pouliot
Réalisation d'un feuillet illustrant ce type de dalot pour les nouveaux bâtiments et pour la rénovation de bâtiments existants	novembre 2004 à janvier 2005	Dominique Hamel Denis Côté Francis Pouliot Stéphane Godbout
Rédiger le rapport final	décembre 2004 à février 2005	Dominique Hamel Francis Pouliot Stéphane Godbout Stéphane Lemay Denis Côté 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	Décembre 2004 à février 2005	Dominique Hamel Francis Pouliot Stéphane Godbout

## 4. MATÉRIEL ET MÉTHODE

### 4.1 Bâtiment et animaux

#### 4.1.1 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 il y avait une allée centrale de 1,02 m (3'4"). Le plancher était complètement latté au-dessus des quatre dalots de 2,13 m (7') par 18,08 m (59'4"). La ventilation était mécanisée et la ventilation minimum était de type « extraction basse » (figure 4).

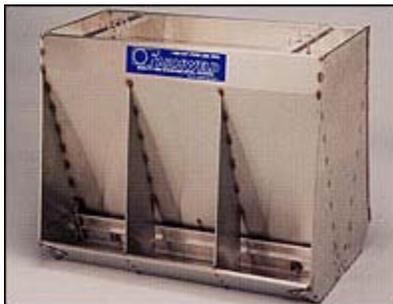


Figure 3 : Vue intérieure d'une chambre d'engraissement au Michigan State University



**Figure 4 : Perforations du mur pour l'extraction basse**

Pour la réalisation des essais, de légères modifications à la porcherie ont été effectuées afin qu'elle soit représentative des conditions québécoises et que la chute des excréments se fasse à un endroit adéquat du dalot en V. Chaque enclos est donc maintenant pourvu d'une trémie sèche de type « Farmweld » (figure 5) (similaires aux trémies sèches québécoises) et d'un bol économiseur d'eau en acier inoxydable de marque Drik-o-mat standard (figure 6). La figure 7 présente l'aménagement des abreuvoirs et de la trémie dans une chambre. Les trémies sont placées au-dessus du plan incliné du dalot, tandis que les abreuvoirs sont positionnés au-dessus des gouttières. De cette façon, les pertes des systèmes d'alimentation tombent dans les zones de collecte des fractions.



**Figure 5 : Trémie**



**Figure 6 : Abreuveur Drik-o-mat**

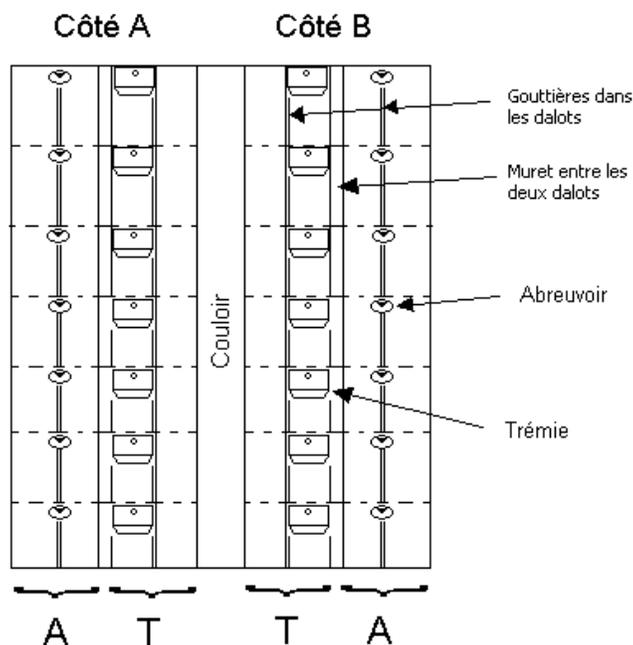


Figure 7 : Schéma de positionnement des abreuvoirs et trémies dans une chambre

#### 4.1.2 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 tombent d'un côté et les solides de l'autre côté d'un l'écurieur de marque Patz, modèle 400 (figure 9). Les déjections solides sont évacuées du bâtiment par l'écurieur. À la décharge de la montée extérieure, les solides tombent et sont entreposés pour un maximum de quatre jours sur une plate-forme couverte de 3,65 m par 7,30 m (figure 10). Les solides sont repris et transportés vers une plate-forme de compostage adjacente à la ferme (figure 11). Les solides sont mélangés à une litière d'écurie afin d'équilibrer le mélange. Les liquides sont poussés par l'écurieur vers un puits de pompage, puis pompés dans un réservoir à lisier en acier vitrifié.

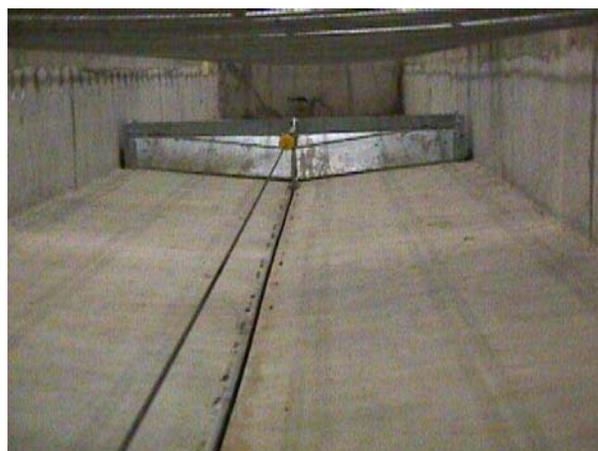


Figure 8 : Vue du dalot et de la gratte employés au Michigan State University



**Figure 9 : Vue de la décharge du dalot en « V » vers l'écureur à chaîne**



**Figure 10 : Plate-forme d'entreposage des déjections solides isolées et la montée d'écureur**



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

## **4.2 Méthodologie**

### **4.2.1 Campagne de mesures de l'équipe du MSU au Swine Research Facility du Michigan State University**

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. Chaque lot de porcs est entré simultanément dans deux chambres d'engraissement en « tout plein/tout vide ». La photopériode dans les chambres est de 12 heures à partir de 4 h.

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 pendant 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.

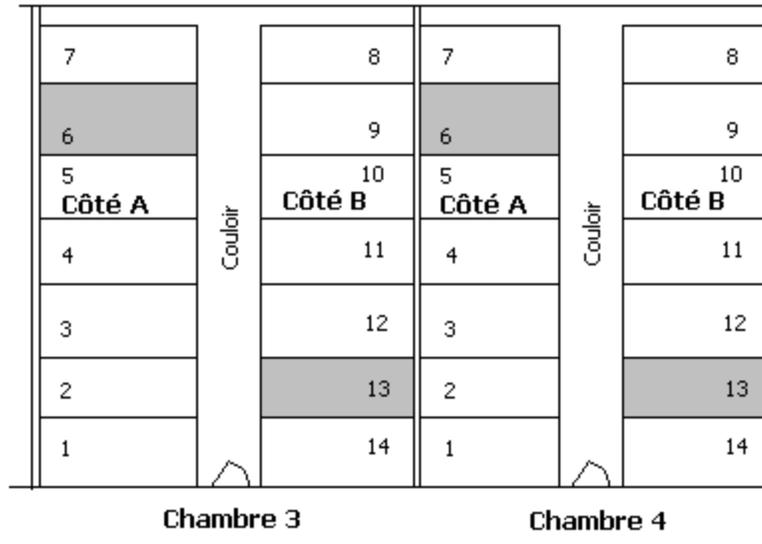
Par ailleurs, des échantillons d'aliments ont été recueillis à chaque livraison et analysés en laboratoire. La moulée a été pesée à chaque livraison et les refus pesés à la fin des essais. Les rations alimentaires utilisées ont été fournies par le MSU. Chaque semaine, la lecture des compteurs d'eau était 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 suivants : matière sèche (MS), rapport C/N, pH, carbone organique, matière organique, azote (N), phosphore (P), soufre (S), calcium (Ca), potassium (K), magnésium (Mg), sodium (Na), aluminium (Al), bore (B), cuivre (Cu), fer (Fe), manganèse (Mn) et zinc (Zn). La moulée a été également analysée en laboratoire.

Le tableau 1 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 volumes ont été constatées entre les deux dalots sous une même rangée d'enclos.



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

**Tableau 1 : 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	mg/l	✓	✓	✓	✓	mg/kg	✓	
Zinc	Zn	mg/l	✓	✓	✓	✓	mg/kg	✓	
Manganèse	Mn	mg/l	✓	✓	✓		mg/kg	✓	
Aluminium	Al	mg/l	✓	✓	✓	✓	mg/kg	✓	
Fer	Fe	mg/l	✓	✓	✓	✓	mg/kg	✓	
Bore	B	mg/l	✓	✓	✓	✓	mg/kg	✓	
Densité	ρ	g/cc	✓*	✓*					
Rapport C/N	C/N	-	✓	✓			-	✓	
pH	pH	-	✓	✓		✓			
Cendres							%	✓	
Demande biologique en O <sub>2</sub>	DBO <sub>5</sub>	mg/l		✓*			mg/l	✓	
Demande chimique en O <sub>2</sub>	DCO	mg/l		✓*			mg/l	✓	
	CDBO <sub>5</sub>	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	CaCO <sub>3</sub>	mg/l				✓			
Conductivité		mmho/cm				✓			
Dureté totale		mg/l				✓			
Chlore		mg/l				✓			
Ration absorption sodium		-				✓			

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

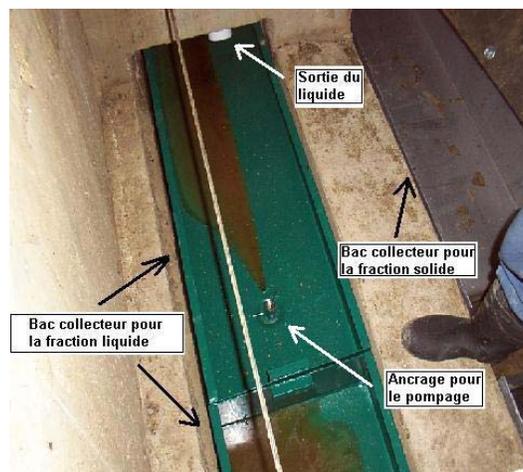
#### 4.2.1.1 Méthode d'échantillonnage

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

Des réservoirs, (figure 13) installés à la sortie de chaque dalot, permettent 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 est pris. Ceux-ci sont 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 sont pris (un échantillon pour chaque fraction par dalot).

Chaque livraison de moulée a été pesée et la lecture enregistrée. Il en est de même pour les masses restantes de moulée à la fin de l'élevage dans les silos et les trémies. Les échantillons d'aliments sont prélevés par le personnel de la meunerie, lequel utilise l'échantillonneur pour chacun des chargements de moulée acheminés aux silos des côtés A et B des chambres 3 et 4. Ceux-ci sont temporairement entreposés à l'intérieur du congélateur de la meunerie. Les échantillons de chargements de moulée sont transférés dans un laboratoire du MSU, où ils sont congelés et entreposés à long terme. Des sous-échantillons représentatifs (2 tasses) sont sélectionnés afin de fournir au laboratoire (A&L Great Lakes) un prélèvement représentatif des aliments qui se trouvent dans le bâtiment au moment de l'échantillonnage.

Des échantillons de la moulée ont été récoltés pour analyse toutes les semaines. 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 ont été analysés répartis comme suit : 4 échantillons pour la première ration, 20 pour la deuxième ration et 16 pour la troisième ration.



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

#### 4.2.1.2 Instrumentation

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

Par chambre, deux enclos (6 et 13, voir figure 12) sont conservés vides afin de disposer les différentes sondes de mesure des gaz, des poussières et des températures.



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

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

Les solides sont pesés à même les réservoirs de collecte qui sont suspendus au montage de la cellule de charge – grue mobile (figure 18). Le responsable des essais s'assure de l'équilibre du réservoir durant la pesée.



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



**Figure 16 : Vue de l'ensemble 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**

#### **4.2.2 Campagne de mesures par l'équipe de l'IRDA au Swine Research Facility du Michigan State University**

##### *4.2.2.1 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, du 27 au 31 octobre 2003, lors de la 16<sup>e</sup> semaine de l'élevage. Le laboratoire des sols de l'IRDA est responsable de l'analyse des échantillons. Le tableau 1 présente l'ensemble des analyses effectuées par le laboratoire.

Au laboratoire de l'IRDA de Ste-Foy, les méthodes d'analyse suivantes seront utilisées pour déterminer les caractéristiques des fractions solide et liquide :

- MS : Détermination de la matière sèche par chauffage, (Official methods of analysis of the association of official analytical chemist, 13<sup>th</sup> edition, 1975), p 29-30
- MO : Détermination de la matière organique par incinération. (Bell D F., 1964), Loss-on-ignition as an estimate of organic matrice and organic carbon in non-coloreous soils, Soil sc. p.84-92

N <sub>total</sub> :	Individual/simultaneous determination of nitrogen and/or phosphorus in block digester acid digest. (Industrial method 1977) 334-74WB Tarrytown NY10591
N <sub>ammo.</sub> :	Détermination de l'azote ammoniacal avec minéralisateur/distillateur Kjeldahl
DBO <sub>5</sub> :	Demande du besoin en oxygène DBO <sub>5</sub> (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. MA. 700-DBO <sub>5</sub> 1.0. Édition 2001-04)
DCO :	Détermination de la demande chimique en oxygène (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, MA.315 DCO 1.0. 1999)
C/N :	Calcul.
P, K, Cu, Zn, Mn, Ca, Mg :	Détermination à la suite d'une minéralisation en milieu nitrique/perchlorique avec un spectrophotomètre d'émission au plasma. Methods 3050 are contained in test methods for evaluating solid waste physical/chemical method, SW-846 3 <sup>rd</sup> edition, September (EPA, 1986)

#### 4.2.2.2 Méthode d'échantillonnage

À la fin des périodes d'accumulation (trois périodes par jour), les grattes sont actionnées pour collecter les fractions liquide et solide des déjections. La même méthodologie de collecte des déjections, employée lors des quinze premières semaines, est répétée pour ces essais. Le tableau 2 présente les échantillons ainsi que le nombre d'échantillons devant être récoltés pour chaque type d'échantillon. Trois échantillons de 100 ml sont récoltés afin de minimiser la variabilité dans les échantillons. Pour l'analyse de la DBO<sub>5</sub> et la DCO, deux échantillons de 100 ml supplémentaires sont récoltés pour les liquides de chaque dalot, puis mélangés. Suivant la prise des échantillons, ceux-ci ont été congelés et transportés au laboratoire de l'IRDA.

**Tableau 2 : 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

#### 4.2.2.3 Instrumentation

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

### 4.3 Équations utilisées pour établir les bilans massiques

#### 4.3.1 Equations utilisées pour établir l'efficacité d'isolement

Pour déterminer l'efficacité d'isolement du système, trois différentes équations sont utilisées. L'équation 1 permet d'évaluer l'efficacité du système « gratte-dalot » en V pour 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. La présente étude, la sommation des masses des fractions sur l'élevage est employée et la concentration est déterminée suivant l'équation 4.

$$Eff(\%) = \frac{M_{f,n} \times C_{f,n}}{M_S \times C_{S,n} + M_L \times C_{L,n}} \times 100 \quad (1)$$

où :

<i>Eff</i>	Efficacité d'isolement (solide ou liquide, %)
<i>M</i>	Masse humide (kg)
<i>C</i>	Concentration de l'élément analysé (nutriment → N, P, K...) (mg/kg)
<i>S</i>	Fraction solide
<i>L</i>	Fraction liquide
<i>n</i>	Nutriment
<i>f</i>	Fraction (solide ou liquide)

L'équation 2 est employée, dans le présent projet, pour déterminer l'efficacité d'isolement sur l'ensemble des chambres « *c* » du système sur un nutriment « *n* » dans une fraction « *f* » pour une semaine « *s* » donnée.

$$Eff_{s,n,f} = \frac{\sum_{c=3}^4 M_{s,n,f}}{\sum_{c=3}^4 (M_S + M_L)_{s,n}} \quad (2)$$

où *s* = Semaine  
*c* = Chambre

La troisième et dernière équation (équation 3) est employée, dans le présent projet, pour déterminer l'efficacité d'isolement sur l'ensemble de l'élevage du système sur un nutriment « *n* » dans une fraction « *f* ».

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

L'équation 4 est employée, dans le présent projet, pour déterminer la concentration d'un nutriment « *n* » dans une fraction « *f* » sur l'ensemble de l'élevage. Cette équation permet de convertir les résultats des analyses qui sont en masse vers une concentration. Cette même équation peut être employée pour déterminer la concentration des nutriments de chaque période d'échantillonnage.

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

où [ ] = Concentration (kg/tonne)

### 4.3.2 Équations utilisées pour établir les paramètres zootecniques

Pour déterminer la masse de déjections quotidiennes par porc pour une fraction « *f* », l'équation 5 est 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 par jour par porc sur l'élevage.

$$\left( \frac{kg}{jour.porc} \right)_f = \frac{\sum_{s=1}^{15} \sum_{c=3}^4 M_f}{\sum_{p=1}^{288} J} \quad (5)$$

où  $J =$  Nb de jours en vie

L'équation 6 est employée pour déterminer la masse totale d'aliments secs consommés lors d'un élevage pour une chambre ou une rangée donnée. Elle sera employée pour l'évaluation du rendement zootechnique.

$$Cons_r = \sum_{s=1}^i M_{alim.} \quad (6)$$

où  $Cons_r =$  Consommation totale d'aliments secs par chambre pendant l'élevage (kg)  
 $M_{alim.} =$  Masse d'aliments secs donnée (kg)  
 $r =$  Rangée d'enclos

L'équation 7 est employée pour déterminer le taux de mortalité dans une population. Elle sera employée pour l'évaluation du rendement zootechnique.

$$Mortalité = \frac{P_{morts}}{P_{entrée}} \times 100 \quad (7)$$

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

L'équation 8 est 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. Elle sera employée pour l'évaluation du rendement zootechnique.

$$Cons_{r.p.vendus} = \frac{Cons_r}{P_{vendus}} \quad (8)$$

où  $Cons_{c.p.vendu} =$  Consommation total d'aliments secs par porc vendu (kg/porc)  
 $P_{vendus} =$  Nombre de porcs vendus

L'équation 9 est employée pour déterminer la consommation moyenne par jour d'aliments secs par porc vendu. Elle sera employée pour l'évaluation du rendement zootechnique.

$$CMQ = \frac{Cons_{r.p.vendus}}{J_{élev.}} \quad (9)$$

où  $CMQ =$  Consommation moyenne quotidienne (kg/jour)  
 $J_{élev.} =$  durée de l'élevage (jour)

L'équation 10 est employée pour déterminer le gain de poids moyen par jour d'élevage par porc vendu. Elle sera employée pour l'évaluation du rendement zootechnique.

$$GMQ = \frac{\sum_{s=1}^i Gain}{J_{\text{élev.}} \times P_{\text{vendus}}} \quad (10)$$

où  $GMQ$  = Gain moyen quotidien (kg/jour)

L'équation 11 est employée pour déterminer l'efficacité alimentaire des porcs pour une rangée donnée.

$$Eff. Alim_c = \frac{Cons_c}{\sum_{p=1}^j Gain_{\text{élev.}}} \quad (11)$$

où  $Eff. Alim_c$  = Efficacité alimentaire par chambre

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

## 5. RÉSULTATS ET ANALYSES

### 5.1 Résultats de la campagne de mesures (équipe du MSU)

#### 5.1.1 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 3 présente les 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 est de 26 472,5 kg, comprenant les porcs morts en cours d'élevage. Le gain moyen de poids par porcs est de 93,3 kg.

Tableau 3 : 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 4 présente les performances zootechniques de l'élevage moyennes globales ainsi que les performances par rangée d'enclos. Globalement, un total de six porcs 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 de mortalité 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 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 consommation moyenne quotidienne d'aliments (CMQ) de 2,2 kg/jour, un gain moyen quotidien (GMQ) de 860 g/jour, une conversion alimentaire de 2,55 et une consommation moyenne quotidienne d'eau de 3,88 l/jour.

En considérant les performances zootechniques de chacune des quatre rangées d'enclos de façon indépendante, sur l'ensemble de l'expérimentation, la CMQ a varié de 2,18 à 2,24 kg/jour, le GMQ a varié de 834 à 898 g/jour, la conversion alimentaire a varié de 2,49 à 2,62 et la consommation quotidienne d'eau de 3,76 à 4,09 l/jour.porc (tableau 4). Le GMQ observé est nettement supérieur aux 795 g/jour moyen observés dans la province de Québec en 2002 et la conversion alimentaire est légèrement inférieure au 2,69 moyen observé dans la province de Québec en 2002 (CDPQ, 2004). Les poids vifs à l'entrée et à la sortie pour les données moyennes du Québec sont respectivement 24,42 kg et 106,9 kg.

**Tableau 4 : Performances zootechniques**

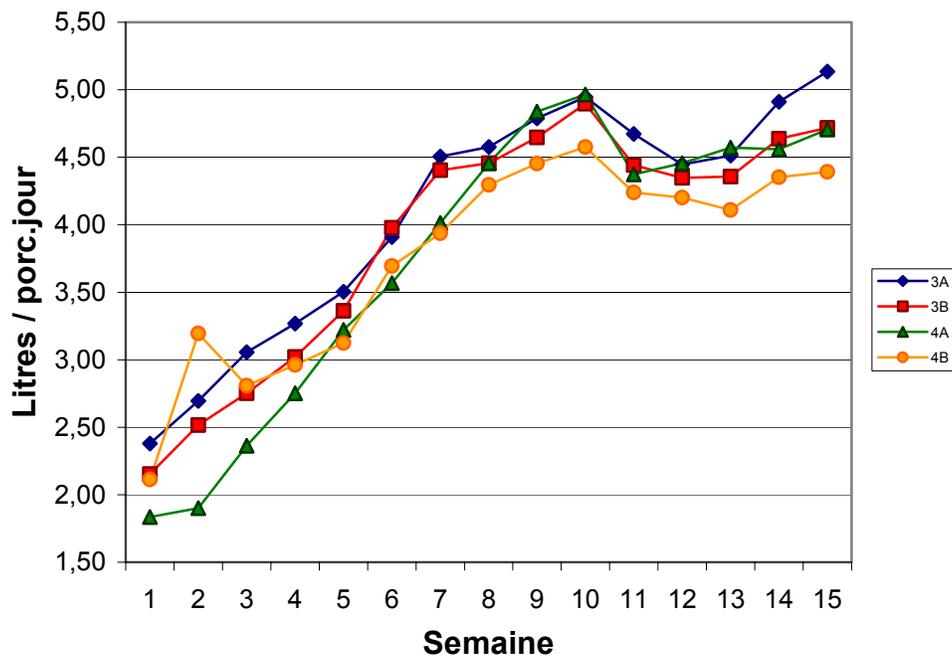
	Numéro de rangée				Moyenne	Moyenne au Québec †
	3A	3B	4A	4B		
Total d'aliments consommés (kg)	16 534	16 237	17 144	17 002	16 729	
Consommation d'eau quotidienne (l/jour)	4,09	3,91	3,77	3,76	3,88	5,21 à 6,23
Total d'eau consommée (litre)	31 012	29 296	29 077	28 616	29 500	
Mortalité (%)	2,78	4,17	1,39	0,00	2,08	3,71
Tête marquée	70	69	71	72	70,50	
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	
CMQ* (kg/jour)	2,19	2,18	2,24	2,19	2,20	2,12
GMQ* (kg/jour)	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

\* CMQ = Consommation moyenne quotidienne d'aliments

\* GMQ = Gain moyen quotidien

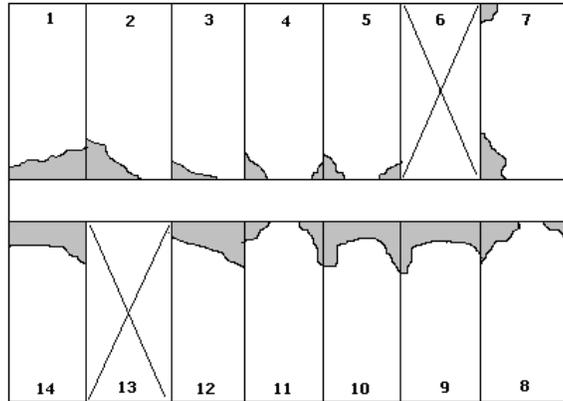
† CDPQ (2004)

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 les fluctuations de la température. Par ailleurs, lors de la semaine 2, 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 des chambres 3 et 4**

Des observations ont été effectuées afin de localiser les zones de déjections privilégiées par les porcs. Pour les deux chambres et pour l'ensemble de l'élevage, les observations ont montré que les zones de défécation étaient situées dans les bouts des enclos (adjacents au couloir central). La figure 20 présente un relevé, représentatif de l'ensemble de l'élevage, effectué le 9 septembre dans la chambre 4.



**Figure 20 : Zones de défécation typiques des porcs relevées le 9 septembre dans la chambre 4**

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

Le tableau 5 présente les ingrédients employés dans la fabrication des trois rations alimentaires (début, croissance et finition). De plus, il présente l'analyse chimique de celles-ci. Les rations sont principalement composées de maïs et de tourteau de soya. Selon Fillion, 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 5.

Le tableau 6 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.

**Tableau 5 : Ingrédients et analyse des diètes alimentaires servies au MSU**

		Diète alimentaire					
		Début	Début	Croissance	Croissance	Finition	Finition
		(MSU)	(Québec)	(MSU)	(Québec)	(MSU)	(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	---	150,0	---	150
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 (21 %)	kg	10,9	---	9,7	---	3,7	---
Phosphate monodicalcique (19,0/16,8)	kg	---	7,30	---	4,90	---	3,70
Sulfate de cuivre (25 %)	kg	---	0,22	---	0,22	---	0,22
Sel blanc	kg	3,0	4,5	3,0	4,5	3,0	4,50
Vitamine Premix	kg	6,0	---	6,0	---	5,0	---
Minéraux Premix	kg	5,0	---	5,0	---	5,0	---
Lysine (l lysine Hcl)	kg	1,5	3,5	1,0	3,2	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
DL méthionine	kg	---	1,25	---	0,75	---	0,30
L-thréonine	kg	---	0,90	---	0,60	---	0,60
L-tryptophane	kg	---	0,08	---	0,06	---	---
Concentré d'oligo-éléments et vitamines	kg	---	3,00	---	3,00	---	3,00
Chlorure de choline sec (60 %)	kg	---	0,95	---	0,95	---	0,95
<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		2,58		2,02	
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	
			40		40		40
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	92,5	19,90	91,1	17,13	90,3
Fe	ppm	349,75	150	339,81	100	268,63	100
Mn	ppm	42,50		39,10		34,88	
Zn	ppm	177,75	100	145,24	100	140,13	100

**Tableau 6 : 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	267,50	5,00
Conductivité		mmho/cm	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0
Dureté totale		mg/l	353	352	352	352	352,25	0,50
pH	pH	-	7,74	7,61	7,67	7,83	7,71	0,09
Solide, Total		mg/l	504	568	681	608	590,25	74,13
Solide, Total dissout		mg/l	467	467	467	467	467,00	0
Chlore		mg/l	24,43	24,6	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	1,67	0,58
Phosphore	P	mg/l	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	-
Carbonate	CO <sub>3</sub>	mg/l	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	-
Bicarbonate	HCO <sub>3</sub>	mg/l	262	274	268	266	267,50	5,00
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	92,2	92,20	0,22
Cuivre	Cu	mg/l	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	-
Fer	Fe	mg/l	0,25	0,14	0,19	0,4	0,25	0,11
Potassium	K	mg/l	1,9	1,9	1,9	1,9	1,90	0
Magnésium	Mg	mg/l	29,7	29,6	29,7	29,6	29,65	0,06
Sodium	Na	mg/l	14,1	14	14	14	14,03	0,05
Soufre	S	mg/l	48	48	48	48	48,00	0
Zinc	Zn	mg/l	SLD	SLD	SLD	SLD	SLD	-
Ration absorption sodium	-		0,3	0,3	0,3	0,3	0,30	0

SLD : Sous la limite détectable

### 5.1.3 Efficacité d'isolement

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

Le tableau 7 présente l'efficacité d'isolement en considérant la masse totale rapportée des déjections collectées au cours de l'élevage. La masse totale d'un élément est déterminée, selon l'équation 3, en effectuant la sommation des masses collectées sur une période de 24 heures d'une semaine donnée multiplié par 7,2 jours (108 jours divisé par 15 périodes).

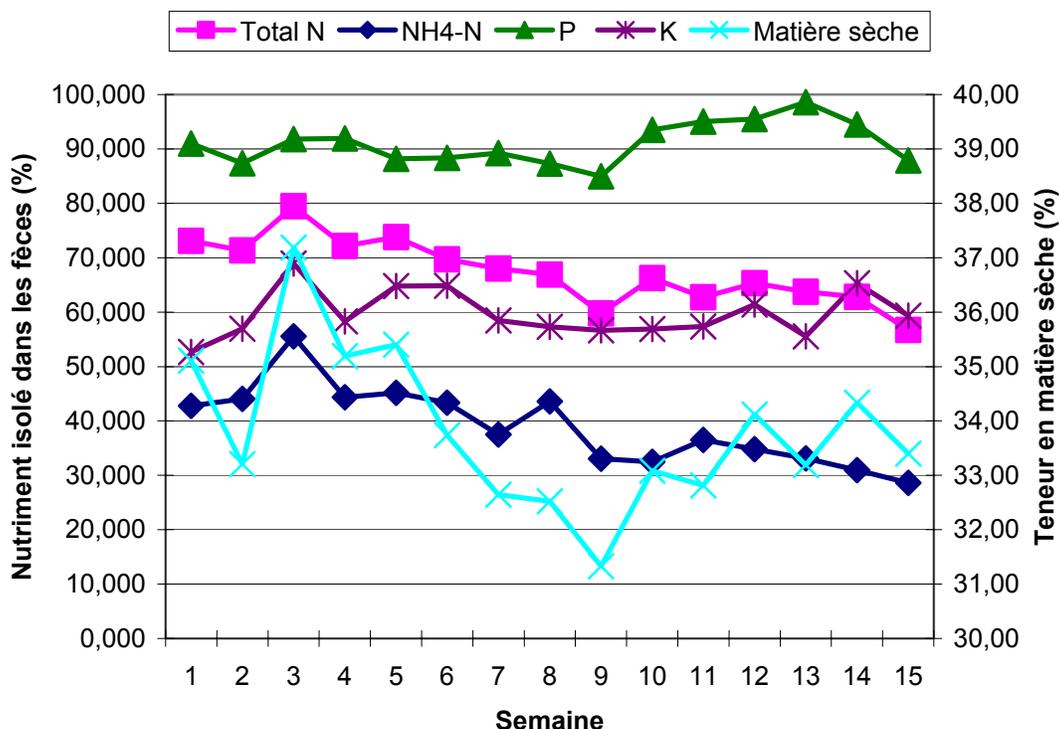
Comme le montre le tableau 7, le système de dalot en « V » a permis, en moyenne, de concentrer 91 % du phosphore, 66 % de l'azote total et 60 % de potassium dans la fraction solide. De plus, 94 % du carbone organique, 94 % de la matière organique et plus de 90 % des métaux se retrouvent dans la fraction solide. Par ailleurs, la fraction solide était constituée de 34 % de matière sèche alors que la fraction liquide en contenait 2,5 %.

**Tableau 7 : 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 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	91	9
N <sub>total</sub>	%	66	34
NH <sub>4</sub> -N	%	37	63
K (K <sub>2</sub> O)	%	60	40
S	%	62	38
Mg	%	92	8
Ca	%	94	6
Na	%	62	38
Al	%	98	2
B	%	81	19
Cu	%	98	2
Fe	%	98	2
Mn	%	99	1
Zn	%	99	1
C organique	%	94	6
Matière organique	%	94	6

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

La figure 21 présente l'évolution du contenu en éléments fertilisants majeurs dans la fraction solide (azote total, azote ammoniacal, phosphore et potassium). Cette figure montre l'efficacité de concentration du phosphore dans la fraction solide qui 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'échantillonnage) 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 21 : Proportions moyennes d'éléments fertilisants contenus dans la fraction solide lors des échantillonnages hebdomadaires et teneur en matière sèche moyenne des fèces**

L'efficacité d'isolement des éléments est déterminée en observant la proportion de l'élément contenu dans la fraction solide ou liquide. La table 8 présente la proportion moyenne des éléments, qui ne présente pas de variation dans le temps avec la croissance des porcs, dans la fraction solide. Un niveau de signification de 5 % ( $p=0,05$ ) a été employé pour cette analyse.

**Tableau 8 : Proportion moyenne des éléments de la fraction solide sans variation dans le temps**

	Proportion de l'élément dans la fraction solide (%)							
	P	K	Fe	Cu	Al	Mg	Mn	Zn
Moyenne	91,0	59,7	97,1	97,0	96,6	92,0	97,9	98,2
Écart type	3,8	4,5	2,0	2,5	3,9	2,0	1,5	1,3

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 de façon constante avec le temps : l'azote total a varié de 76,6 % à 59,5 %, l'azote ammoniacal de 49,9 % à 20,4 %, le sodium de 73,4 % à 56,3 %, le soufre de 75,7 % à 53,8 % et le bore de 85,9 % à 54,2 %. Ainsi, pour chacun de ces éléments, il y aurait une diminution de l'ordre 23 % pour l'azote total, de 40 % pour l'azote ammoniacal, de 23 % pour le sodium, de 29 % pour le soufre et de 37 % pour le bore. La figure 22 présente graphiquement ces variations.

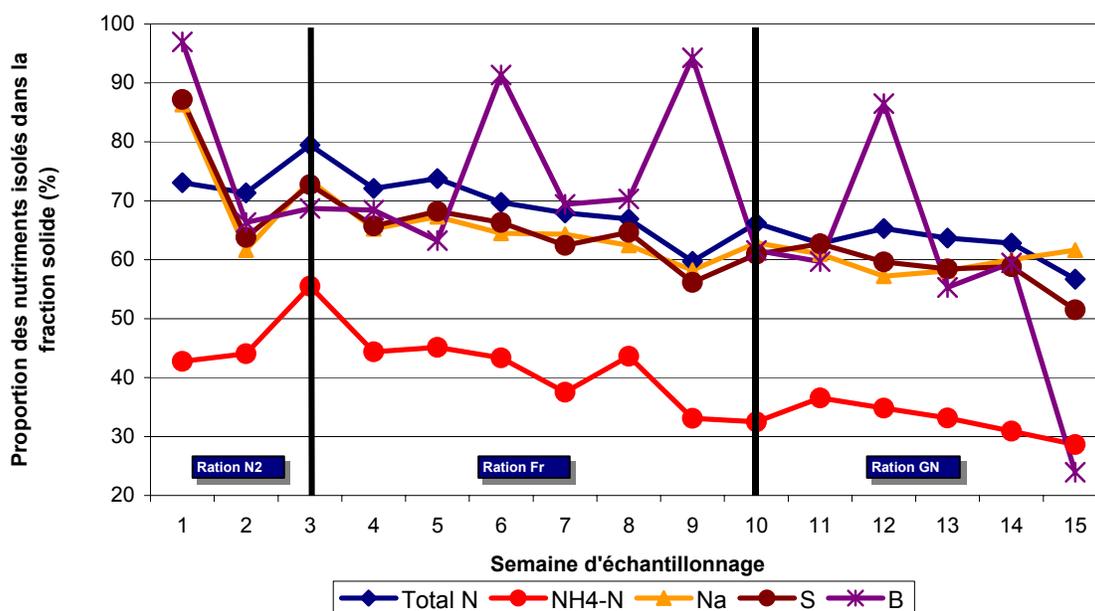


Figure 22 : Variation des proportions des nutriments isolés dans la fraction solide en fonction de la semaine d'échantillonnage

#### 5.1.4 Analyse agronomique des échantillons

Le tableau 9 présente les concentrations moyennes des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide pour l'ensemble de l'élevage. La matière sèche des fractions ne présente pas de variation significative (un niveau de signification de 5 % a été employé) 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 9, on observe que 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 9 ne comprennent pas les eaux de lavage et les précipitations.

L'annexe B présente les données moyennes par semaine, par chambre et par dalot.

**Tableau 9 : Concentration des éléments fertilisants basée sur l'accumulation des déjections de l'élevage pour chaque fraction 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
C 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 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	kg/t	14,46	1,07
K (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	54,02	0,75
B	ppm	3,14	0,55
Cu	ppm	9,64	0,14
Fe	ppm	192,34	2,65
Mn	ppm	20,48	0,22
Zn	ppm	89,93	0,88

#### **5.1.5 Bilan massique**

La production 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 23 présente la croissance des masses de déjections solides et liquides et les proportions de chaque fraction sur la masse totale de déjections. En moyenne, il a été observé que la fraction liquide représentait 57,6 % de la masse des déjections totales : ainsi les solides représentaient 42,4 %, 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 une courbe de croissance normale comparativement aux solides, expliquant ainsi la variabilité observée dans les proportions des fractions. La production de solides croît entre la semaine 1 et 8 pour se stabiliser par la suite. La production de liquide a une variation plus importante par l'effet de la température et consommation d'eau.

En annexe C, sont présentées les masses collectées par chambre, par rangée et par dalot.

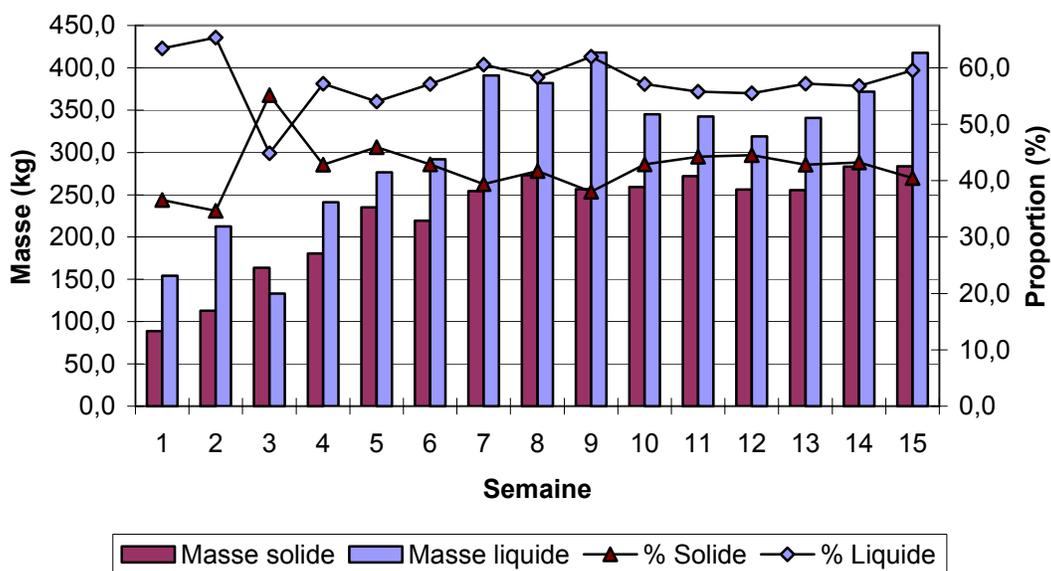


Figure 23 : Évolution des masses et proportion de déjections collectées

#### 5.1.6 Quantité de déjections solides et liquides rejetées

L'étude du tableau 10 permet de constater 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 %. Il est important de noter que l'eau de lavage est exclue des déjections car le solide et le liquide sont recueillis à l'extrémité du dalot. De plus, la masse volumique moyenne de la fraction solide a été d'environ 1 000 kg/m<sup>3</sup>. Toutefois, avant de conclure sur cette valeur de masse volumique, il est recommandé de prendre ultérieurement des mesures à la sortie du bâtiment afin de savoir si la manutention du solide a pour effet de modifier la densité de ce produit.

**Tableau 10 : Quantités moyennes des déjections solides et liquides rejetées quotidiennement et hebdomadairement par porc**

Semaine	Nombre de porcs, chambres 3 et 4	Qté tot de solide (kg/jour.porc)	Qté tot de solide (kg/semaine.porc)	Qté tot de liquide (kg/jour.porc)	Qté tot de liquide (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

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. Les deux courbes supérieures présentent les masses de déjections 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.

De plus, il est observé que les volumes de solides collectés dans les dalots sous les bols d'eau n'augmentent pas avec la croissance des porcs. Donc, les solides collectés ne proviennent pas de défécation, qui augmente proportionnellement avec le gain de poids de l'animal.

Finalement, une baisse des déjections est observée autour de la semaine 12, faisant ainsi référence aux observations précédentes sur la consommation d'eau. L'annexe C présente les données brutes.

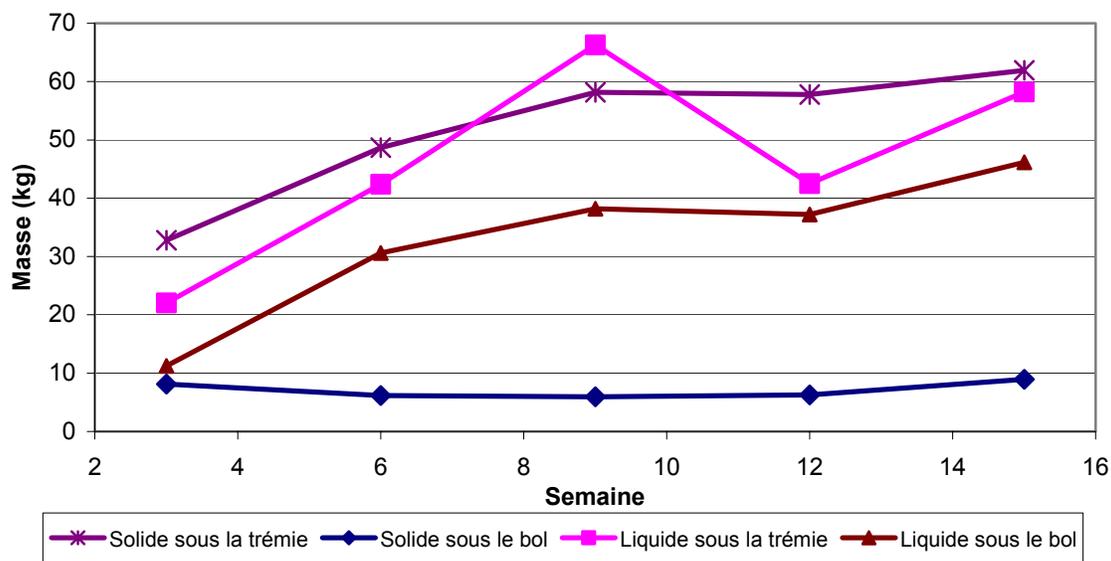


Figure 24 : Moyenne des masses des fractions collectées dans les différents dalots des chambres pendant la période de l'élevage

La qualité des effluents liquides peut être évaluée en fonction d'un traitement subséquent. Le tableau 11 présente les résultats des différents éléments mesurés lors de la semaine 15 seulement.

Tableau 11 : Résultats des mesures de la quantité des matières dans les effluents liquides

Chambre	Dalot	Rangée	Solide, Total dissout mg/l	Solide, Total suspendu mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	CDBO5 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>

### 5.1.7 Mesures des gaz

En général, pendant les 15 semaines d'expérimentation, la concentration en  $\text{NH}_3$  a varié entre 1 et 7,5 ppm, la concentration en  $\text{CO}_2$  a varié entre 300 et 1 400 ppm et il n'y a pas eu de  $\text{H}_2\text{S}$  détecté. Le tableau 12 présente ces résultats.

**Tableau 12 : 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> )	Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )	Sulfure d'hydrogène (H <sub>2</sub> S)
3	1,025	350	Indéecté
6	1,958	550	Indéecté
9	3,583	921	Indéecté
12	4,000	1 025	Indéecté
15	5,542	1 333	Indéecté

Bien que ces résultats soient très 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 sont 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, permettront de faire une évaluation beaucoup plus précise des émissions de gaz, d'odeurs et de poussières.

### **5.1.8 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 13, 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 inférieure 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 dimensions des plate-formes.

**Tableau 13 : Masse volumique des déjections solides à la sortie des dalots la semaine 15 de l'essai**

No. Échantillon	Densité	
	g/cc	kg/m <sup>3</sup>
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
<b>Moyenne</b>	<b>1,03</b>	<b>1 029</b>

## **5.2 Campagne de mesures par l'équipe de l'IRDA au «Michigan State University Swine Research Facility»**

### **5.2.1 Analyse agronomique des échantillons**

Le tableau 16 présente l'analyse moyenne des échantillons pour trois périodes d'accumulation des déjections de 6 h à 12 h, de 12 h à 18 h et de 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 éléments : aluminium, fer, manganèse et zinc. De plus, c'est dans cette même période que les teneurs en matière sèche, pour les deux fractions, les plus élevées ont été observées. L'annexe D présente les résultats de chacune des trois journées.

**Tableau 14 : Concentration des éléments fertilisants dans la fraction solide et liquide pour trois périodes d'échantillonnage durant la journée. Résultats cumulés pendant trois jours d'échantillonnage**

	Unité	Périodes d'accumulation des déjections							
		Moyenne		18h00 à 06:00		6 :00 à 12:00		12 :00 à 18:00	
		Liquide	Solide	Liquide	Solide	Liquide	Solide	Liquide	Solide
<b>N<sub>total</sub></b>	kg/t	8,68	16,56	10,82	17,63	8,50	16,09	7,20	16,33
<b>N-NH<sub>4</sub></b>	kg/t	5,33	4,45	6,49	4,79	5,27	4,23	4,58	4,43
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	kg/t	1,02	13,00	1,24	14,13	0,87	12,86	1,18	12,38
<b>K<sub>2</sub>O</b>	kg/t	5,60	9,65	6,63	10,35	5,45	8,94	4,94	9,46
<b>Ca</b>	kg/t	0,31	6,04	0,36	6,35	0,27	6,19	0,34	5,49
<b>Mg</b>	kg/t	0,28	2,76	0,36	3,02	0,22	2,73	0,32	2,62
<b>Al</b>	ppm/t	8,11	156,98	6,91	167,59	8,72	159,83	7,60	142,93
<b>B</b>	ppm/t	7,52	8,79	9,56	8,93	7,28	7,53	6,02	8,64
<b>Cu</b>	ppm/t	1,96	32,53	2,38	34,81	1,72	34,41	1,87	29,09
<b>Fe</b>	ppm/t	25,00	481,38	29,48	490,99	19,65	474,98	30,07	456,61
<b>Mn</b>	ppm/t	1,52	64,69	1,73	70,80	1,13	65,68	2,07	59,89
<b>Zn</b>	ppm/t	8,45	258,28	9,44	282,63	6,86	260,68	10,37	243,88
<b>Na</b>	ppm/t	907,90	1 648,36	938,95	1 824,81	861,07	1 476,90	907,78	1 588,36
<b>M.S.</b>	%	3,22	35,91	3,88	37,88	3,05	34,19	2,88	35,08
<b>Cendres</b>	%	46,86	15,04	44,65	15,20	44,45	14,78	51,05	14,92
<b>CIN</b>	%	0,98	9,12	1,00	9,12	1,00	9,07	0,99	9,14

### 5.2.2 Efficacité d'isolement

Le tableau 15 présente l'efficacité d'isolement des différents éléments fertilisants selon la masse totale de déjections collectées sur trois jours et selon les 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. De plus, pour cette même période, l'efficacité d'isolement est minimale pour 9 des 13 éléments. Pour la période de 6 h à 12 h, 7 des 13 éléments présentent une efficacité d'isolement maximale. Pour la période de 12 h à 18 h, 5 des 13 éléments présentent une efficacité d'isolement maximale.

**Tableau 15 : Efficacité d'isolement des 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>	9,0 %	91,0 %	10,7 %	89,3 %	8,1 %	<b>91,9 %</b>	10,0 %	90,0 %
<b>N<sub>total</sub></b>	39,7 %	60,3 %	45,7 %	54,3 %	40,9 %	59,1 %	33,7 %	<b>66,3 %</b>
<b>N-NH<sub>4</sub></b>	60,4 %	39,6 %	64,9 %	35,1 %	62,0 %	38,0 %	54,5 %	<b>45,5 %</b>
<b>K</b>	42,3 %	57,7 %	46,7 %	53,3 %	44,4 %	55,6 %	37,7 %	<b>62,3 %</b>
<b>Ca</b>	6,0 %	94,0 %	7,1 %	92,9 %	5,3 %	<b>94,7 %</b>	6,8 %	93,2 %
<b>Mg</b>	11,3 %	88,7 %	14,2 %	85,8 %	9,7 %	<b>90,3 %</b>	12,6 %	87,4 %
<b>Al</b>	6,1 %	93,9 %	5,4 %	<b>94,6 %</b>	6,7 %	93,3 %	5,9 %	94,1 %
<b>B</b>	53,2 %	46,8 %	59,1 %	40,9 %	55,9 %	44,1 %	44,9 %	<b>55,1 %</b>
<b>Cu</b>	6,9 %	93,1 %	8,6 %	91,4 %	6,2 %	<b>93,8 %</b>	6,9 %	93,1 %
<b>Fe</b>	6,2 %	93,8 %	7,7 %	92,3 %	5,1 %	<b>94,9 %</b>	7,2 %	92,8 %
<b>Mn</b>	2,8 %	97,2 %	3,3 %	96,7 %	2,2 %	<b>97,8 %</b>	3,9 %	96,1 %
<b>Zn</b>	3,9 %	96,1 %	4,4 %	95,6 %	3,3 %	<b>96,7 %</b>	4,7 %	95,3 %
<b>Na</b>	41,2 %	58,8 %	41,3 %	58,7 %	43,3 %	56,7 %	40,0 %	<b>60,0 %</b>

### 5.2.3 Bilan massique

Les figures 25 et 26 présentent les masses collectées des deux fractions. Les masses collectées à la fin des trois périodes ont été divisées par la durée en heures de la période afin de visualiser les écarts entre les périodes. Il y a deux périodes d'accumulation de 6 heures de 6 h à 12 h et de 12 h à 18 h et une période d'accumulation de 12 heures de 18 h à 6 h.

Pendant les 15 premières semaines de l'élevage, les déjections solides se retrouvent en plus grande masse sous la trémie d'alimentation. Lors des trois jours étudiés, il a été observé que plus de 75 % des déjections solides produites entre 6 h et 18 h se retrouvent du côté de la trémie d'alimentation.

Sous l'abreuvoir, la teneur en matière sèche des solides diminue pour la période nocturne à 38,7 en comparaison à 39,3 % pour le jour et la teneur en matière sèche dans le liquide augmente pour la période nocturne à 3,7 en comparaison à 2 % pendant le jour (figure 25). Une augmentation de la masse de liquide est remarquable pour la période de 6 h à 12 h, passant de près de 14 kg à 20 kg (tableau 16). La production de solides est relativement stable pendant les trois périodes variant entre 4,4 et 6,3 kg.

Sous la trémie, la période nocturne de 18 h à 6 h montre une augmentation de la teneur en matière sèche de 32,6 à 35,9 % pour les solides et une diminution pour les liquides de 4,1 à 3,6 %. Cette tendance est inversée par rapport à ce qui est observé sous l'abreuvoir. Une augmentation de la masse de liquide est remarquable pour la période de 6 h à 12 h, passant de près de 10 kg à 15 kg (tableau 16). La production de solides varie de façon importante pendant les trois périodes variant entre 11 et 22 kg.

La production de solides et de liquide s'effectue en proportion importante entre 6 h et 18 h, à raison de 73,8 % des déjections solides journalières et à raison de 71,9 % des déjections liquides journalières. Donc, la majorité des déjections ont lieu le jour. Les volumes de solides plus importants dans le dalot sous la trémie correspondent aux zones de défécation observées près des trémies d'alimentation (figure 21). De plus, la matière sèche des solides est plus faible dans le dalot sous la trémie. Ceci peut s'expliquer par le volume plus important de déjections liquides et solides qui accentue le lessivage des déjections dans le dalot ou le lavage des solides sur les lattes par l'urine.

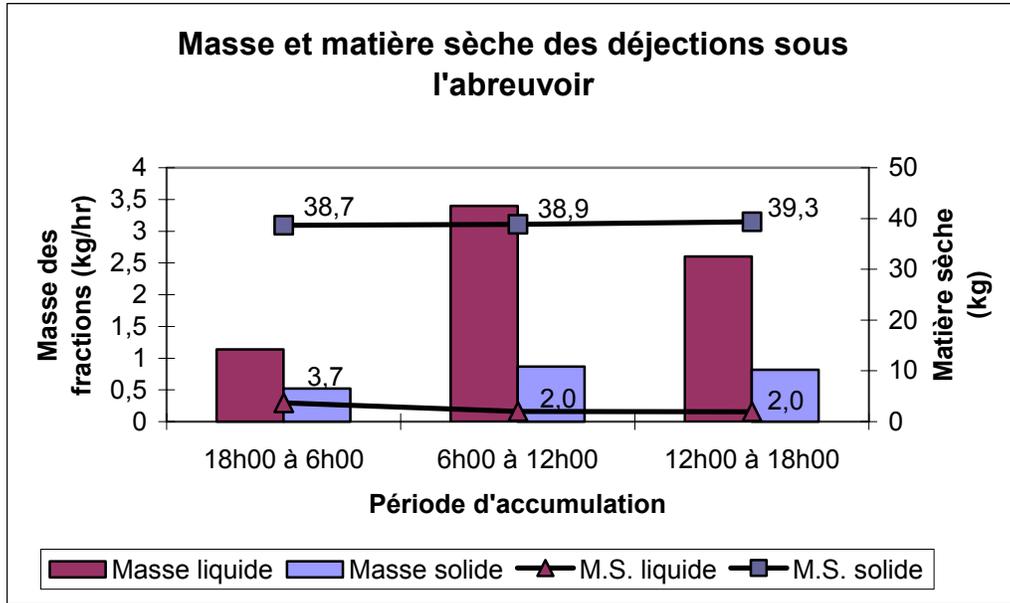


Figure 25 : Masse des fractions solide et liquide collectées pendant trois jours sous l'abreuvoir

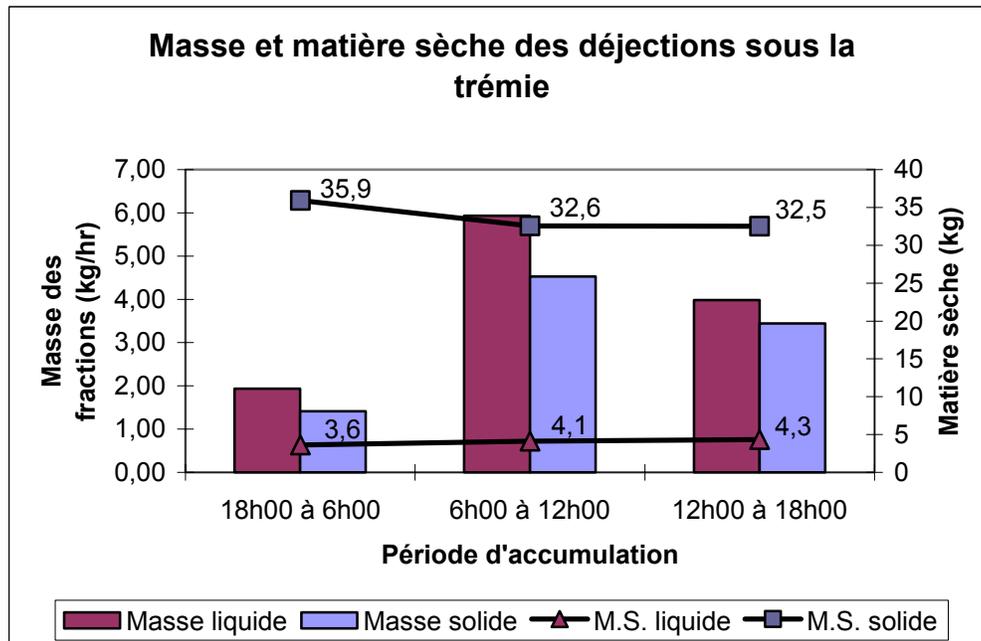


Figure 26 : Masse des fractions solide et liquide collectées pendant trois jours sous la trémie sèche

Le tableau 16 présente la masse totale pour la rangée d'enclos 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 la masse de la fraction liquide représente sur l'ensemble d'une journée 56,1 % des déjections produites.

Lors de ces essais, 42 % de la fraction solide et 43 % de la fraction liquide en moyenne, ont été produits entre 6 h et 12 h. Tandis que 74 % de la fraction solide et 72 % de la fraction liquide en moyenne, ont été

produits entre 6 h et 18 h démontrant ainsi que la majorité des déjections sont produites durant la journée (période diurne).

**Tableau 16 : Masses moyennes des déjections collectées pendant trois périodes dans une journée**

Masse moyenne et proportion de la fraction				
Période d'accumulation	Fraction liquide (kg) / (%)	Fraction solide (kg) / (%)	Masse totale des déjections (kg)	Proportion de la masse collectée dans la période sur les déjections totales (%)
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
<b>Totale</b>	<b>82,75 / 56,1</b>	<b>64,80 / 43,9</b>	<b>147,55</b>	<b>100</b>

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).

Le tableau 17 présente les masses de déjections collectées et les proportions de ces masses en fonction du dalot. Il a été observé que les déjections solides étaient principalement (75,5 %) effectuées dans le dalot sous la trémie et que les masses de liquides étaient plus importantes (57,6 %) dans le dalot sous l'abreuvoir.

**Tableau 17 : 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	9,6	41,3	13,6	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
<b>Totale</b>	<b>35,1</b>	<b>42,4</b>	<b>47,7</b>	<b>57,6</b>	<b>48,9</b>	<b>75,5</b>	<b>15,9</b>	<b>24,5</b>

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

Les données obtenues présentent une trop grande variabilité pour identifier un effet de la période de la journée sur les concentrations de la DBO et DCO<sub>5</sub>. Les données sont présentées en annexe E.

## 6. ÉTUDES AGROENVIRONNEMENTALE ET TECHNICO-ÉCONOMIQUE

### 6.1 Scénarios de gestion des liquides et solides

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

- Scénario #1 : Valoriser la fraction liquide, selon la caractérisation du MSU, issue du système d'isolement sur des cultures de maïs-grain
- Scénario #2 : Valoriser le lisier brut selon les données 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 issue du système d'isolement sur des cultures de prairie ayant moins de 40 % de légumineuses
- Scénario #5 : Valoriser le lisier brut selon les données 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 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 la phytase dans la moulée;
- Les eaux de lavage représentent 0,37 l/porc.jour

*Gestion des déjections*

- Les structures d'entreposage sont couvertes;
- Les lisiers sont tous épandus à l'aide de rampes basses et laissés en surface ou incorporés après 48 heures (indice de perte d'azote de 1,3 dans les deux cas);
- La fraction solide est acheminée vers un centre de traitement autorisé;
- Les pertes d'azote à l'entreposage représentent 30 % de l'azote total.

*Sol et agronomie*

- Les sols ont une teneur en phosphore entre 151-250 kg/ha et une saturation en phosphore (P/AI) entre 5-10;
- Le coefficient d'efficacité de l'azote de la fraction liquide est de 100 % en comparaison à 60 % dans le lisier et il est de 80 % pour le phosphore dans les deux produits.

*Paramètres liés aux structures d'entreposage*

- Capacité d'entreposage de la fosse 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 al, 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)). Dans ce scénario, un « Roll-Off » de 20 m<sup>3</sup> est utilisé et il est recouvert d'un abri dont les dimensions sont de 20' de long x 8' de large x 24' de haut.

*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;
- Quantité de lisier produit avec grattes conventionnelles selon les résultats du MSU = [1,08 l/porc.jour (liquide) + 0,79 l/porc.jour (solide) + 0,37 l/porc.jour (lavage)] / 1000 l/m<sup>3</sup> x 1000 porcs x 345 jours = 772,9 m<sup>3</sup>;
- Quantité de liquide isolé obtenue au MSU avec grattes d'isolement = [1,08 l/porc.jour (liquide) + 0,37 l/porc.jour (lavage)] / 1000 l/m<sup>3</sup> x 1000 porcs x 345 jours = 500,3 m<sup>3</sup>;
- Quantité de solide isolé obtenue avec grattes d'isolement = [0,79 l/porc.jour (solide)] / 1000 l/m<sup>3</sup> x 1000 porcs x 345 jours = 272,6 m<sup>3</sup>;
- 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 est épandu à l'aide de rampes basses et laissé en surface ou incorporé 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.

Le tableau 18 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, la réduction de 35 % du volume à valoriser combinée à la réduction de la charge fertilisante permet de diminuer la superficie de terres requises de 3,5 fois ou de 21,4 hectares pour le maïs-grain et de 3 fois ou 20 hectares pour la prairie. Il est à noter que les doses d'application sont plus importantes, 58,1 et 50 m<sup>3</sup>/ha pour la fraction liquide sur une culture de maïs-grain et sur une prairie respectivement, comparativement à 25,9 m<sup>3</sup>/ha pour le lisier MSU et 32,5 m<sup>3</sup>/ha pour le lisier CRAAQ. 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. Par ailleurs, la bonne proportion de potassium restant dans la fraction liquide sera à considérer lors de la planification de la fertilisation des fourrages.

**Tableau 18 : Résultats comparatifs de divers scénarios de valorisation des liquides isolés et du lisier conventionnel**

Scénarios	Volume à valoriser (m <sup>3</sup> )	Superficie d'épandage <sup>3</sup> (ha)	Apport <sup>4</sup> (Besoins / surplus)	
			N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)
<i>Maïs-grain</i>				
1 Fraction liquide MSU	500	8,6	<b>140 (-)</b>	38 (-12)
2 Lisier MSU <sup>1</sup>	773	45	46 (-94)	<b>50 (-)</b>
3 Lisier CRAAQ <sup>2</sup>	1920	59,0	63 (-77)	<b>60 (10)</b>
<i>Prairie (- de 40 % légumineuses)</i>				
4 Fraction liquide MSU	500	10	<b>120 (-)</b>	33 (-8)
5 Lisier MSU	773	45	46 (-74)	<b>50 (25)</b>
6 Lisier CRAAQ	1920	59,0	63 (-57)	<b>60 (35)</b>

<sup>1</sup> Le lisier MSU est le mélange des deux fractions obtenues lors des essais conduit au MSU.

<sup>2</sup> Le lisier CRAAQ s'appuie sur les valeurs de références de mars 2003.

<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.

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

## 6.2 Étude technico-économique préliminaire

### 6.2.1 Impacts économiques

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 (ci-après appelé bâtiment standard) et les coûts de construction d'un engraissement avec grattes d'isolement en forme de « V » (ci-après appelé bâtiment isolateur). Les données proviennent d'estimations de deux firmes d'ingénieurs spécialisés dans le domaine des bâtiments porcins.

Pour ce rapport, l'évaluation économique portera uniquement sur la construction d'un bâtiment neuf. Toutefois, plusieurs entreprises possèdent des bâtiments en très bon état et pourraient être intéressées par le système avec grattes d'isolement en « V ». Les estimations des coûts de rénovation seront présentées dans le rapport final.

Dans le présent rapport, les étapes suivantes sont présentées :

- 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.

### 6.2.2 Paramètres économiques

Les coûts de construction sont variables d'un cas à l'autre et aussi d'une région à l'autre. L'exemple présenté dans cette section a plutôt pour objectif de souligner les étapes importantes à suivre lors d'une évaluation économique d'un système de gestion des déjections.

Pour l'exemple présenté dans ce rapport, quelques données spécifiques doivent être soulignée. Dans le cas du bâtiment avec grattes conventionnelles, le producteur doit acheter 35 ha de terres cultivables à un coût de 9 000 \$/ha<sup>1</sup> pour pouvoir disposer le lisier produit. Dans les deux cas, les terres en possession cultivables sont louées.

Pour ce qui est des mises de fonds pour la construction du nouveau bâtiment, pour le bâtiment standard, elle est de 80 000 \$ et pour le bâtiment isolateur de 90 000 \$. Ces mises de fonds correspondent à 25 % du coût de construction estimé<sup>2</sup>.

Pour le calcul du financement, la portion « bâtiment » est financée sur 15 ans à un taux moyen de 8 % et la portion « équipement » est financée sur 10 ans à un taux moyen de 7 %. Dans le cas du bâtiment standard, l'achat de terres est financé sur 20 ans à un taux d'intérêt moyen de 8 %.

### 6.2.3 Principaux paramètres utilisés

Le tableau 19 présente les paramètres qui seront utilisés dans le modèle de production employé pour effectuer l'analyse économique de la technologie.

**Tableau 19 : Liste des paramètres du modèle de production**

Données techniques	
Taille de l'élevage	1 000 places/porc
Mode d'élevage	Tout plein/tout vide
Production annuelle	3 000 porcs
Superficie de terres en possession	10 hectares et 35 hectares
Volume de lisier produit	773 m <sup>3</sup>
Volume de la partie solide	500 m <sup>3</sup>
Volume de la partie liquide	273 m <sup>3</sup>

<sup>1</sup> La valeur de 9 000 \$/ha correspond à la valeur des terres moyenne en Beauce en 2004.

<sup>2</sup> Ces mises de fonds permettent de respecter les normes financières généralement reconnues qui sont un financement autorisé jusqu'à 75 % de la valeur des actifs totaux.

---

## Investissements

---

Coût de construction d'un bâtiment conventionnel <sup>1</sup>	320 000 \$ (mise de fonds de 80 000 \$)
Coût de construction d'un bâtiment isolateur <sup>2</sup>	358 000 \$ (mise de fonds de 90 000 \$)
Achat de terres avec bâtiment conventionnel	315 000 \$ (35 ha x 9000 \$/ha)

## Frais divers

---

Entretien et réparation	500 \$/an
Épandage de la fraction liquide	3 \$/m <sup>3</sup>
Disposition de la fraction solide à un centre de traitement	15 \$/m <sup>3</sup>
Coût de transport de la fraction solide <sup>3</sup>	0,08 \$/km/m <sup>3</sup>

## Revenu

---

Location de terres en possession	185 \$/ha
----------------------------------	-----------

---

<sup>1</sup> incluant fosse couverte, équipements et bâtiment. Ne sont pas inclus : chemin d'accès, lignes téléphoniques et électriques et le coût du terrain.

<sup>2</sup> incluant fosse couverte, plate-forme de type «roll-off», équipements et bâtiment. Ne sont pas inclus : lignes téléphoniques et électriques et le coût du terrain.

<sup>3</sup> les frais de transport de la fraction solide sont en fonction du volume à transporter et de la distance à parcourir. Dans le scénario choisi, les frais de transport sont de 1 305,60 \$ (273 m<sup>3</sup>).

### 6.2.4 Comparaison des coûts de construction

Le tableau 20 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.

Le tableau 20 montre que le coût de construction supplémentaire d'un bâtiment isolateur s'élève à 37,81 \$/place porc comparativement au bâtiment standard. (Note : pour les fins de calcul, un montant de 38,00 \$/place/porc sera utilisé).

Dans le cas du bâtiment isolateur, les coûts reliés à la construction du bâtiment accaparent 26 % des dépenses additionnelles, principalement en raison de l'utilisation d'une plus grande quantité de béton. Pour ce qui est des équipements, ils accaparent la plus grande partie des coûts supplémentaires, soit 43 %, surtout avec l'ajout d'un écurier à chaîne. Pour ce qui est de la portion « structure d'entreposage », ils accaparent 21 % des coûts supplémentaires du fait de l'ajout d'une plate-forme solide pour la récupération de la partie solide. À l'égard des coûts de la fosse, une économie est réalisée, car le besoin d'entreposage de la fraction « liquide » est diminuée. Les frais d'ingénierie accaparent quant à eux, 10 % des dépenses additionnelles.

**Tableau 20 : Tableau résumé des différences de coûts entre les deux types de bâtiments**

Type de bâtiment	Grattes conventionnelles \$/place A	Grattes en ``V`` \$/place B	Différence B - A	Coût suppl. en % par section
<b>Section "bâtiment"</b>				
Béton	64,00 \$	70,65 \$	6,65 \$	<b>26</b>
Tuyau	2,44 \$	4,36 \$	1,92 \$	
Excavation	9,85 \$	10,92 \$	1,07 \$	
<b>Section "équipements"</b>				
Grattes	9,36 \$	14,15 \$	4,79 \$	<b>43</b>
Écureur à chaîne		11,53 \$	11,53 \$	
<b>Section "structure d'entreposage"</b>				
Fosse	61,32 \$	50,25 \$	-11,07 \$	<b>21</b>
Plateforme solide		19,17 \$	19,17 \$	
<b>Ingénierie</b>	7,25 \$	11,00 \$	3,75 \$	<b>10</b>
<b>Total</b>	<b>154,22 \$</b>	<b>192,04 \$</b>	<b>37,81 \$</b>	<b>100%</b>

### 6.2.5 Budget partiel

Les tableaux 21 et 22 présentent le détail du coût annuel de financement des bâtiments et équipements, de l'achat de terres et des coûts annuels d'entretien et de valorisation des déjections. Rappelons que seulement les coûts pour lesquels il y a une différence entre les deux bâtiments sont présentés.

Le tableau 21 souligne que le coût annuel de financement des équipements pour le bâtiment standard est de 15 047,64 \$ et correspond à un montant de 108 000 \$ financé sur dix ans à un taux moyen de 7 %. Pour le bâtiment isolateur, le coût annuel de financement des équipements est de 19 508,48 \$ et correspond à un montant de 134 000 \$ financé sur dix ans à un taux moyen de 7 %.

Pour le bâtiment standard, le coût annuel de financement de la portion « bâtiment » est de 15 137,52 \$ et correspond à un montant de 132 000 \$ financé sur 15 ans à un taux moyen de 8 %. Pour le bâtiment isolateur, le coût annuel de financement pour la portion « bâtiment » est de 15 366,84 \$ et correspond à un montant de 134 000 \$ financé sur 15 ans à un taux moyen de 8 %.

Les coûts annuels de financement du bâtiment isolateur sont donc plus élevés de 4 691,16 \$ comparativement aux coûts annuels de financement pour le bâtiment standard. Il faut rappeler que cela s'explique du fait que le coût de construction est plus élevé de 38 000 \$ pour ce bâtiment.

Dans le cas du bâtiment standard, il y a la nécessité d'acheter des terres cultivables pour disposer du lisier produit. Le coût annuel de financement de cet achat est important et représente un coût annuel de financement de 18 273,84 \$/an, et ce, après ajustement des revenus de location de terres. Rappelons que le prix d'achat des terres utilisé pour les calculs est de 9 000 \$/ha.

Un autre calcul a été effectué pour connaître quel devrait être le prix d'achat des terres dans le cas du bâtiment standard pour que le coût annuel de financement soit équivalent au coût annuel de financement supplémentaire relié aux coûts de construction du bâtiment isolateur, soit 4 691,16 \$. Pour que le coût annuel supplémentaire de l'achat de terres soit équivalent, le prix des terres devrait être de 1 325 \$/ha (35 ha x 1325 \$ = 46 375 \$). Ce montant de 46 375 \$ financé sur 20 ans (période sur laquelle les achats de terres sont généralement financés), à un taux moyen de 8 % correspond à un coût annuel de 4 691,16 \$.

**Tableau 21 : Coût annuel de financement pour la construction des bâtiments et pour l'achat de terres**

Type de bâtiment	Grattes conventionnelles (A) \$	Grattes isolatrices (B) \$	Différence (B-A) \$
<b>Coût du financement "bâtiment"</b>			
Équipements	15 047,64 \$	19 509,48 \$	4 461,84 \$
Bâtiments <sup>1</sup>	15 137,52 \$	15 366,84 \$	229,32 \$
<b>Sous-total annuel "bâtiment"</b>	<b>30 185,16 \$</b>	<b>34 876,32 \$</b>	<b>4 691,16 \$</b>
Coût du financement achat de terres <sup>2</sup>	31 829,00 \$	0,00 \$	-31 829,00 \$
Revenu mensuel location de terres <sup>3</sup>	(8 325,00 \$)	(1 850,00 \$)	6 475,00 \$
<b>Sous-total annuel terres</b>	<b>23 504,00 \$</b>	<b>-1 850,00 \$</b>	<b>-25 354,00 \$</b>

Source : CDPQ inc 2004

<sup>1</sup> incluant fosse couverte, équipements et bâtiment. Ne sont pas inclus, chemin d'accès, lignes téléphoniques et électriques et le coût du terrain.

<sup>2</sup> Dans le cas du bâtiment standard, il y a achat de 35 ha de terres cultivables.

<sup>3</sup> Les terres en possession sont louées par le propriétaire.

Le tableau 3 souligne que les coûts annuels d'entretien et de réparation pour les deux types de bâtiments sont estimés au même montant, soit 500 \$/an. Pour ce qui des coûts de gestion des déjections, il y a un coût supplémentaire de 4 570 \$ pour le bâtiment isolateur. Cela s'explique par des coûts additionnels des frais de compostage et de transport de la portion solide. Les coûts de disposition de la portion solide au centre de compostage à 15 \$/m<sup>3</sup> sont importants (45 % des frais annuels de gestion des déjections).

Pour ce qui est des frais d'épandage, ils sont moins élevés dans le cas du bâtiment standard du fait d'une plus petite quantité à épandre (portion liquide seulement).

**Tableau 22 : Budget partiel relié aux coûts annuels d'entretien, de réparation et de valorisation des déjections des deux types de bâtiments**

Type de bâtiment	Grattes conventionnelles (A) \$	Grattes isolatrices (B) \$	Différence (B-A) \$
Frais d'entretien et réparation	500,00 \$	500,00 \$	0,00 \$
Frais d'épandage	2 316,00 \$	1 500,00 \$	-816 \$
Frais de compostage	0,00 \$	4 080,00 \$	4 080 \$
Frais de transport	0,00 \$	1 305,60 \$	1 306 \$
<b>Sous-total annuel</b>	<b>2 816 \$</b>	<b>7 386 \$</b>	<b>4 570 \$</b>

Source : CDPQ inc. 2004

### 6.2.6 Synthèse

Le tableau 23 présente les frais annuels totaux pour les deux bâtiments. Ils sont de 56 505,16 \$/an pour le bâtiment standard et de 40 111,92 \$ pour le bâtiment isolateur. Il y a donc un coût moindre d'un montant de 16 093 \$ dans le cas du bâtiment isolateur.

L'impact de ces coûts par porc produit pour le bâtiment standard est de 18,84 \$/porc produit (56 505,16 \$/3000 porcs/an) comparativement à 13,47 \$/porc produit (40 111,92 \$/3000 porcs/an) pour le bâtiment isolateur. Il y a donc une économie de 5,36 \$/porc produit dans le cas du bâtiment isolateur.

**Tableau 23 : Résumé du coût total des deux bâtiments**

Type de bâtiment	Grattes conventionnelles (A) \$	Grattes isolatrices (B) \$	Différence (B-A) \$
Sous-total annuel financement	53 689,16 \$	33 026,32 \$	-20 662,84 \$
Sous-total annuel entretien et gestion des déjections	2 816,00 \$	7 385,60 \$	4 570 \$
<b>Total annuel</b>	<b>56 505,16 \$</b>	<b>40 411,92 \$</b>	<b>-16 093 \$</b>
<b>Total annuel (\$/porc produit)</b>	<b>18,84</b>	<b>13,47</b>	<b>-5,36</b>

Source : CDPQ inc 2004

L'objectif de cette section économique était de démontrer les étapes à suivre pour une évaluation économique d'un choix de technologies. On note que dans le cas du bâtiment standard, le coût annuel relié à l'achat de terres pour l'épandage est important. Si le prix d'achat des terres demeure élevé, la construction d'un bâtiment isolateur pourrait être une option intéressante. Autrement, c'est-à-dire dans les cas où l'achat de terres n'est pas nécessaire, on note un coût supplémentaire dans le cas du bâtiment isolateur. Il y a un coût supplémentaire pour ce qui est des coûts de construction et un coût supplémentaire relié à la gestion des déjections pour le bâtiment isolateur.

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, le développement d'un modèle serait justifié. Ce modèle sera développé et incorporé au rapport final. Avec ce modèle, chaque intervenant et/ou producteur pourra y inscrire ses propres données et ainsi effectuer l'évaluation économique de l'ajout d'un système de gestion des déjections.

### **6.3 Recommandations techniques préliminaires**

Il y a plusieurs recommandations que les auteurs doivent formuler, des recommandations que les promoteurs devraient suivre avant le démarrage d'un projet de mise en place d'un système gratte-dalot en « V ».

La sélection du système doit faire partie d'un plan de gestion global des déjections animales de la ferme.

Le promoteur doit consulter son ingénieur afin de planifier la réalisation de son projet d'implantation d'un système gratte-dalot 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 et l'aménagement générale des bâtiments sur la ferme.

Voici de façon non-exhaustive, les points importants à considérer lors de l'utilisation de ce rapport pour 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 afin que le système fonctionne de façon optimale.
2. Suivre les recommandations de pentes transversales (10 %) et longitudinales (1 %).
3. Limiter le gaspillage de moulée et d'eau en utilisant des équipements performants.
4. Maximiser la conversion alimentaire des porcs.
5. Bien disposer les trémies (au-dessus du plan incliné) et les abreuvoirs (au-dessus du tuyau) dans le parc.
6. Éviter qu'il y ait des accumulations de solide aux extrémités des dalots.
7. Au bout du dalot, s'organiser pour que le liquide s'écoule directement dans un tuyau menant à la préfosse.
8. Gratter fréquemment (au moins 1 fois par jour).
9. Éviter que le tuyau collecteur ne soit obstrué.
10. La gratte doit être conçue afin d'éviter qu'il y ait du solide dans la fente du tuyau.

11. Le béton dans le fond du dalot doit être très lisse.
12. Éviter que le fond du dalot ait des cavités dans lesquelles peut s'accumuler du liquide ou du solide.
13. 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 1 kg de solide par jour. Prévoir la robustesse du système en conséquence ainsi que des fréquences de grattage supplémentaires.

## CONCLUSION

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'isolation à la source. Cet objectif a été atteint avec succès par la réalisation des tests prévus d'une ferme au Michigan State University. Le présent rapport a présenté les résultats des tests réalisés. 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 40 % du volume total de rejet. Ces résultats permettent de conclure que le système isole efficacement le phosphore dans la fraction solide.

Le troisième volet du projet a été amorcé par l'évaluation des impacts agroenvironnementaux et économiques. Tel que prévu, les activités reliées aux objectifs dans ce volet seront complétées suivant la terminaison des tests du volet 2. Préliminairement, l'épandage de la fraction liquide requiert environ 4 à 5 fois moins de superficie de terres cultivables. Les coûts de construction supplémentaires par rapport à un bâtiment conventionnel sont évalués à 38 \$/place.porc mais à moyen terme l'optimisation du système de gratte en « V » permettra d'en réduire les coûts.

Les travaux réalisés au volet I de ce projet ont également permis aux auteurs de lister des recommandations relativement à la mise en place de cette technologie d'un bâtiment porcin. Les plus importantes recommandent l'implication d'un expert compétent, tel un ingénieur, un aménagement des équipements d'alimentation des porcs en fonction de la configuration du dalot et une fréquence de grattage quotidienne.

Ce rapport d'étape est un préambule au rapport final prévu au printemps 2005. Le rapport final approfondira l'analyse des résultats, l'étude agronomique et l'étude technique. De plus, le rapport final apportera de nouvelles questions, telles que : que seraient les résultats en pouponnière, à la mise bas et en gestation ? Est-ce que la technologie doit être modifiée pour le contexte québécois ? Est-ce que l'assèchement des fèces à la sortie du bâtiment permettrait des économies substantielles ? et bien d'autres, dans le but d'identifier certains enjeux autour de l'utilisation. Bien d'autres questions permettraient de cerner certains enjeux reliés à l'utilisation de cette nouvelle technique de gestion des déjections.

Finalement, il faut être conscient que l'intérêt pour ce type de système dépendra des besoins de chaque producteur. Ce système constitue une alternative parmi d'autres.

## 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. 2004. Performances en maternité et engraissement. Gestion et exploitation des données. Communication interne.
- 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. *Proc. 6<sup>th</sup> Livestock environment Conference*, 749 – 757. ASAE, St.Joseph, MI.
- Fillion, R. 2004. Communications personnelles.
- Foulds, C. 2001. Flushing par gouttières pour porcherie sans lisier. *Réussir Porcs* (75) : 109–110.
- Gilbertson, C.B., D.D. Schulte et C.J. Clanton. 1987. Dewatering screen for hydraulic setting of solids in swine manure. *Transactions of the ASAE* 30 (1): 202-206.
- Godbout, S., R. Joncas et F. Pouliot. 2002. Séparation des lisiers à la source. Volet I : Voyage au Michigan. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, Ste-Foy, Qc, CAN.
- Godbout, S., S.P. Lemay, R. Joncas, J.P. Larouche, D.Y. Martin, M. Leblanc, A. Marquis, J.F. Bernier, R.T. Zijlstra, E.M. Barber and D. Massé. 2000. Reduction of odour and gas emissions from swine buildings using canola oil sprinkling and alternate diets. *Proc. 2<sup>nd</sup> International Conference on Air Pollution from Agricultural Operations*, 211-219. ASAE Publication 701P0003, Des Moines, Iowa, USA.
- Godbout, S. et al. 2003. Évaluation des performances techniques des séparateurs mécaniques à lisier et de leur rapport d'efficacité/coût. Rapport final de projet de l'IRDA. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, Ste-Foy, Qc, CAN.
- Gracian, C. 2000. Phosphore et lisier de porc : Solutions et gestion des boues. *Techniporc* 23 (3) : 7-16. Institut technique du porc, Paris, FR.
- Groupe de travail « Transfert technologique du Plan agroenvironnemental de la production porcine ». 2002. Rapport d'évaluation des technologies de gestion et de traitement du lisier de porc. Fédération des producteurs de porcs du Québec, St-Hyacinthe, Qc, CAN.
- 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.
- Joncas, R. et S. Godbout. 2002. État de la recherche et du développement sur les concepts de bâtiments porcins réduisant les odeurs. Rapport final de projet de l'IRDA. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, Ste-Foy, Qc, CAN.
- Jongebreur, A.A. 1981. Housing system and their influence on the environment. Environmental aspects of housing for animal production, 431-436. Butterworths, London, UK.
- 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.

- 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, 23-36. CRAAQ, Ste-Foy, Qc.
- Ndegwa, P. M., J. Zhu, A. Luo. 2002. Effects of Solids Separation and Time on the Production of Odorous Compounds in Stored Pig Slurry. *Biosystems Engineering*. 81(1): 127-133.
- 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. *Proc. 1<sup>st</sup> Int. Conference*, 253-259. ASAE, St.Joseph, MI.
- 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. *Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Conference*, 159-165. ASAE, St.Joseph, MI.
- Voermans, J.A.M. and F. Poppel. 1993. Scraper systems in pig houses. *Proc. 4<sup>th</sup> Livestock environment Conference*, 431 – 436. ASAE, St.Joseph, MI.
- Von Bernuth, R.D. 2001. Separate Ways/keeping manure solids and liquids apart benefits transport. Resource, Engineering and technology or a sustainable world, September 2001, 9-10.
- Von Bernuth, R.D. 2002. Communications personnelles.
- Zhu, J., P. Ndegwa, L. Ancheng, C. Clanton, P. Goodrich et D. Schmidt. 2000. Solid-Liquid Separation for Controlling Odor and Improving Manure Handling, Annual Report 2000, Biosystems and Agricultural Engineering.
- Zhu, J., P.M. Ndegwa et A. Luo. 2000. Changes in swine manure solids during storage may affect separation efficiency. *Applied engineering in agriculture*. 16(5): 571-575.

## **Annexe A**

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

**Efficacité d'isolement par semaine (% dans les fèces)**

Semaine	Ration			C		Matière													
	alimentaire	Liquide	Solide	Organ.	Organ.	Total N	NH4-N	P	K	S	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
1	N2	27,7	89,0	92,8	92,9	73,1	42,8	91,0	52,7	87,2	93,8	93,0	86,3	99,5	97,0	99,6	99,8	99,7	99,6
2	N2	26,6	88,4	92,5	92,6	71,3	44,1	87,4	57,0	63,8	90,8	91,2	61,6	97,4	66,3	96,4	95,8	97,2	97,1
3	Gr	44,4	93,5	95,5	95,4	79,4	55,5	91,8	69,0	72,8	93,5	95,2	73,5	97,0	68,7	96,2	95,9	97,1	97,2
4	Gr	33,2	92,4	94,9	94,9	72,1	44,4	92,0	58,3	65,7	94,2	94,4	65,2	96,2	68,4	96,6	97,7	97,9	98,5
5	Gr	36,0	92,1	94,9	94,9	73,8	45,2	88,2	64,8	68,2	90,5	94,2	67,3	96,3	63,2	95,5	95,3	95,8	96,5
6	Gr	33,9	89,8	92,7	92,7	69,7	43,3	88,4	64,8	66,3	89,7	91,9	64,5	98,3	91,3	98,3	98,3	98,5	98,6
7	Gr	30,8	90,6	94,0	94,0	68,0	37,5	89,2	58,5	62,4	92,0	95,9	64,3	98,2	69,4	97,7	97,4	98,0	98,4
8	Gr	33,1	90,6	93,3	93,3	66,9	43,6	87,3	57,3	64,7	91,2	93,2	62,4	96,4	70,3	96,7	96,8	97,0	98,0
9	Gr	30,1	89,2	93,0	93,0	59,8	33,1	85,0	56,6	56,1	92,3	94,1	58,2	99,5	94,3	99,4	99,4	99,6	99,6
10	Fn	34,0	91,4	94,3	94,3	66,2	32,5	93,5	56,9	60,9	87,1	92,8	62,9	96,2	61,6	95,6	96,5	97,6	98,2
11	Fn	35,3	91,8	94,4	93,5	62,7	36,5	95,0	57,4	62,7	91,7	94,1	61,0	96,0	59,7	97,7	96,5	98,2	98,2
12	Fn	35,2	90,9	93,2	93,4	65,3	34,8	95,5	61,4	59,6	91,4	92,7	57,2	99,0	86,5	99,2	99,1	99,4	99,5
13	Fn	34,0	90,6	93,8	93,9	63,7	33,1	98,6	55,5	58,4	95,6	97,8	58,1	99,4	55,3	98,6	98,7	99,3	99,4
14	Fn	33,9	91,4	94,1	94,1	62,8	30,9	94,5	65,3	58,8	92,8	95,6	60,0	95,8	59,5	97,6	97,4	98,7	98,5
15	Fn	31,8	89,2	92,6	92,6	56,7	28,6	87,9	59,4	51,5	92,7	95,4	61,6	83,4	23,9	89,5	91,8	94,0	95,1
	<b>Moyenne</b>	<b>33,3</b>	<b>90,7</b>	<b>93,7</b>	<b>93,7</b>	<b>67,4</b>	<b>39,1</b>	<b>91,0</b>	<b>59,7</b>	<b>63,9</b>	<b>92,0</b>	<b>94,1</b>	<b>64,3</b>	<b>96,6</b>	<b>69,0</b>	<b>97,0</b>	<b>97,1</b>	<b>97,9</b>	<b>98,2</b>
	<b>Écart-type</b>	<b>4,1</b>	<b>1,4</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>6,0</b>	<b>7,2</b>	<b>3,8</b>	<b>4,5</b>	<b>8,2</b>	<b>2,0</b>	<b>1,7</b>	<b>7,3</b>	<b>3,9</b>	<b>18,4</b>	<b>2,5</b>	<b>2,0</b>	<b>1,5</b>	<b>1,3</b>

**Chambre 3 - Efficacité d'isolement par semaine (% dans les fèces)**

Semaine	Ration			C		Matière													
	alimentaire	Liquide	Solide	Organ.	Organ.	Total N	NH4-N	P	K	S	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
1	N2	34,7	90,6	94,2	94,3	75,1	49,1	90,6	54,7	84,3	94,6	94,6	87,3	99,5	97,5	99,7	99,9	99,8	99,8
2	N2	20,9	88,0	92,2	92,3	71,6	45,9	84,5	56,9	60,8	90,3	87,0	60,8	98,1	84,8	98,7	97,9	98,8	98,5
3	Gr	43,7	94,2	96,2	96,2	80,1	56,5	92,4	69,0	72,4	95,3	96,1	71,6	97,8	66,7	96,8	97,2	97,8	98,0
4	Gr	35,2	93,0	95,5	95,5	74,3	45,8	93,5	57,5	65,1	99,5	97,9	65,5	97,0	65,6	97,3	98,7	98,7	99,2
5	Gr	36,9	91,1	94,4	94,4	71,0	43,6	84,6	58,2	61,3	88,0	93,1	62,8	95,7	56,5	94,7	95,1	95,1	96,2
6	Gr	35,9	89,1	91,8	91,8	69,9	45,4	87,9	63,9	66,6	87,7	89,6	64,5	97,9	92,8	97,9	98,0	98,2	98,3
7	Gr	31,6	91,7	94,4	94,4	72,6	44,5	91,3	63,4	68,7	93,3	96,2	69,8	98,1	75,6	97,1	97,2	97,9	98,2
8	Gr	35,3	89,9	92,7	92,7	67,3	45,1	86,4	56,3	62,2	91,1	92,0	62,2	95,0	63,7	94,9	95,4	95,4	97,2
9	Gr	31,2	89,1	93,1	93,1	61,6	35,1	84,9	57,2	57,3	91,2	93,3	57,6	99,6	95,4	99,4	99,5	99,6	99,6
10	Fn	32,6	91,3	94,2	94,2	62,9	32,1	93,3	57,0	62,2	87,1	92,1	64,3	96,3	66,5	95,7	96,8	97,8	98,0
11	Fn	38,5	92,7	95,0	93,6	65,8	41,8	95,0	61,9	69,7	93,0	95,2	64,8	95,4	55,4	97,4	95,7	97,2	97,3
12	Fn	33,7	91,4	93,4	93,8	66,9	36,6	95,7	63,8	62,0	91,1	93,8	58,4	99,3	92,7	99,6	99,4	99,6	99,7
13	Fn	31,1	90,4	93,7	93,7	63,9	32,0	98,1	55,5	57,2	95,3	97,4	55,8	99,1	59,9	97,8	98,8	98,9	99,5
14	Fn	31,6	91,1	93,9	93,9	63,8	30,4	93,5	63,3	58,0	90,3	95,3	60,5	96,4	65,1	97,7	97,3	98,8	98,5
15	Fn	29,5	89,4	92,7	92,7	57,8	30,9	90,3	55,3	53,4	90,0	93,0	61,1	71,4	18,1	81,4	85,1	88,6	90,5
	<b>Moyenne</b>	<b>33,5</b>	<b>90,9</b>	<b>93,8</b>	<b>93,8</b>	<b>68,3</b>	<b>41,0</b>	<b>90,8</b>	<b>59,6</b>	<b>64,1</b>	<b>91,9</b>	<b>93,8</b>	<b>64,5</b>	<b>95,8</b>	<b>70,4</b>	<b>96,4</b>	<b>96,8</b>	<b>97,5</b>	<b>97,9</b>
	<b>Écart-type</b>	<b>5,0</b>	<b>1,6</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>5,9</b>	<b>7,7</b>	<b>4,3</b>	<b>4,3</b>	<b>7,6</b>	<b>3,4</b>	<b>2,9</b>	<b>7,6</b>	<b>6,9</b>	<b>20,7</b>	<b>4,4</b>	<b>3,6</b>	<b>2,8</b>	<b>2,3</b>

**Chambre 4 - Efficacité d'isolement par semaine (% dans les fèces)**

Semaine	Ration			C		Matière													
	alimentaire	Liquide	Solide	Organ.	Organ.	Total N	NH4-N	P	K	S	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
1	N2	22,5	87,5	91,6	91,6	71,5	37,7	91,2	51,1	89,7	93,2	92,0	85,6	99,6	93,4	98,7	99,4	98,9	98,5
2	N2	34,4	88,8	92,8	92,8	71,1	42,4	89,7	57,0	66,2	91,1	94,2	62,3	96,6	43,0	92,0	91,8	94,1	94,4
3	Gr	44,9	93,0	94,8	94,8	78,9	54,7	91,3	68,9	73,1	92,0	94,5	75,2	96,0	71,4	95,5	94,4	96,3	96,3
4	Gr	31,4	91,9	94,4	94,4	69,8	42,8	90,7	59,0	66,3	89,7	91,5	65,0	95,5	71,6	96,1	96,9	97,3	98,0
5	Gr	35,2	92,9	95,2	95,3	76,0	46,6	90,4	69,1	72,9	91,9	94,8	70,8	96,9	70,1	96,2	95,5	96,4	96,8
6	Gr	31,9	90,7	93,9	93,9	69,5	41,2	89,0	66,0	65,9	92,4	94,6	64,5	98,9	88,4	98,8	98,8	99,0	99,2
7	Gr	29,9	89,1	93,4	93,4	61,6	29,7	85,8	51,3	52,7	89,7	95,1	54,6	98,3	62,5	98,3	97,6	98,2	98,5
8	Gr	30,9	91,3	94,0	94,0	66,5	42,0	88,2	58,3	66,9	91,2	94,3	62,7	97,4	74,8	98,1	97,9	98,2	98,7
9	Gr	29,3	89,2	92,9	93,0	58,1	31,3	85,1	56,1	55,1	93,4	94,8	58,8	99,4	92,0	99,3	99,3	99,6	99,5
10	Fn	35,4	91,6	94,5	94,5	69,7	32,9	93,6	56,7	59,3	87,2	93,7	61,1	96,1	56,0	95,6	96,2	97,5	98,3
11	Fn	31,7	90,4	93,6	93,5	59,0	30,4	95,2	51,4	53,3	89,6	92,4	55,5	96,5	63,2	98,0	97,1	98,9	98,9
12	Fn	36,8	90,4	92,9	92,9	63,8	33,2	95,3	59,0	57,3	91,6	91,7	55,9	98,3	76,3	98,4	98,4	99,0	99,2
13	Fn	37,0	90,8	94,0	94,0	63,5	34,3	99,0	55,6	59,6	95,9	98,1	60,2	99,8	51,0	99,2	98,6	99,7	99,4
14	Fn	36,4	91,7	94,3	94,3	61,7	31,5	95,6	67,8	59,7	95,5	95,8	59,4	95,1	54,1	97,5	97,4	98,5	98,4
15	Fn	33,9	89,0	92,5	92,5	55,8	26,8	85,9	63,8	49,8	95,1	97,6	62,2	93,1	30,2	95,6	96,7	97,6	98,5
	<b>Moyenne</b>	<b>33,4</b>	<b>90,5</b>	<b>93,6</b>	<b>93,7</b>	<b>66,4</b>	<b>37,2</b>	<b>91,1</b>	<b>59,4</b>	<b>63,2</b>	<b>92,0</b>	<b>94,4</b>	<b>63,6</b>	<b>97,2</b>	<b>66,5</b>	<b>97,1</b>	<b>97,1</b>	<b>98,0</b>	<b>98,2</b>
	<b>Écart-type</b>	<b>4,9</b>	<b>1,6</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>6,7</b>	<b>7,6</b>	<b>4,1</b>	<b>6,3</b>	<b>10,2</b>	<b>2,4</b>	<b>1,9</b>	<b>8,2</b>	<b>1,9</b>	<b>17,9</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>1,5</b>	<b>1,4</b>

**Chambre 3 / Dalot T - Efficacité d'isolement par semaine (% dans les fèces)**

Semaine	Ration		C		Matière														
	alimentaire	Liquide	Solide	Organ.	Organ.	Total N	NH4-N	P	K	S	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
3	Gr	48,3	93,6	95,7	95,7	78,0	55,5	91,5	66,3	69,5	94,9	96,1	69,8	91,8	38,2	90,5	91,4	92,6	93,5
6	Gr	46,6	92,6	95,2	95,2	73,3	47,6	92,1	66,4	69,2	92,3	94,7	66,2	91,8	48,2	91,7	93,5	92,5	94,8
9	Gr	39,3	89,7	93,6	93,6	61,7	35,4	85,5	57,3	56,7	92,6	95,3	56,8	98,2	49,0	96,1	96,2	97,6	97,4
12	Fn	49,0	92,3	94,5	94,5	67,9	38,2	97,2	64,4	61,8	93,5	96,0	59,2	89,3	30,8	94,3	93,2	96,0	97,2
15	Fn	43,6	90,1	93,3	93,3	57,8	32,7	91,8	56,6	53,4	91,2	95,7	61,8	49,8	7,2	66,7	70,9	78,0	80,3
	<b>Moyenne</b>	<b>45,4</b>	<b>91,6</b>	<b>94,5</b>	<b>94,5</b>	<b>67,7</b>	<b>41,9</b>	<b>91,6</b>	<b>62,2</b>	<b>62,1</b>	<b>92,9</b>	<b>95,6</b>	<b>62,8</b>	<b>84,2</b>	<b>34,7</b>	<b>87,8</b>	<b>89,1</b>	<b>91,3</b>	<b>92,6</b>
	<b>Écart-type</b>	4,0	1,7	1,0	1,0	8,2	9,4	4,2	4,9	7,3	1,4	0,5	5,3	19,5	17,1	12,0	10,3	7,7	7,1

**Chambre 4 / Dalot T - Efficacité d'isolement par semaine (% dans les fèces)**

Semaine	Ration		C		Matière														
	alimentaire	Liquide	Solide	Organ.	Organ.	Total N	NH4-N	P	K	S	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
3	Gr	51,8	93,1	95,0	95,0	77,4	53,5	91,7	67,5	71,8	92,7	95,3	75,3	88,4	39,8	87,4	89,7	89,2	90,3
6	Gr	42,5	91,8	95,1	95,1	68,9	41,4	90,6	67,5	64,8	95,6	96,9	63,9	97,0	49,8	97,0	97,5	97,9	98,2
9	Gr	38,8	90,0	93,8	93,8	57,3	30,5	85,7	55,6	54,4	94,6	96,2	57,8	95,8	44,8	95,0	96,2	97,7	97,4
12	Fn	48,7	91,7	94,0	94,0	65,8	36,0	96,6	61,3	59,2	92,5	93,7	58,6	88,5	24,3	90,9	92,3	95,4	96,2
15	Fn	43,0	89,5	92,8	92,8	56,2	28,5	86,8	65,5	50,1	96,3	98,2	62,4	71,7	7,2	82,5	86,8	90,0	92,4
	<b>Moyenne</b>	<b>45,0</b>	<b>91,2</b>	<b>94,2</b>	<b>94,2</b>	<b>65,1</b>	<b>38,0</b>	<b>90,3</b>	<b>63,5</b>	<b>60,1</b>	<b>94,4</b>	<b>96,0</b>	<b>63,6</b>	<b>88,3</b>	<b>33,2</b>	<b>90,6</b>	<b>92,5</b>	<b>94,0</b>	<b>94,9</b>
	<b>Écart-type</b>	5,2	1,5	1,0	1,0	8,8	10,0	4,3	5,1	8,6	1,7	1,7	7,0	10,1	17,4	5,8	4,4	4,2	3,4
3+4	<b>Moyenne</b>	<b>45,2</b>	<b>91,4</b>	<b>94,3</b>	<b>94,3</b>	<b>66,4</b>	<b>39,9</b>	<b>91,0</b>	<b>62,8</b>	<b>61,1</b>	<b>93,6</b>	<b>95,8</b>	<b>63,2</b>	<b>86,2</b>	<b>33,9</b>	<b>89,2</b>	<b>90,8</b>	<b>92,7</b>	<b>93,8</b>
	<b>Écart-type</b>	4,4	1,5	1,0	1,0	8,1	9,4	4,1	4,7	7,6	1,6	1,2	5,9	14,8	16,3	9,0	7,7	6,0	5,4

**Chambre 3 / Dalot A - Efficacité d'isolement par semaine (% dans les fèces)**

Semaine	Ration		C			Matière													
	alimentaire	Liquide	Solide	Organ.	Organ.	Total N	NH4-N	P	K	S	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
3	Gr	30,9	96,1	97,6	97,6	87,1	62,1	95,3	79,2	83,3	96,4	96,4	77,8	98,9	79,7	97,9	98,2	98,7	98,9
6	Gr	8,3	69,3	71,6	71,6	51,4	31,8	65,1	50,8	53,4	63,2	65,7	53,9	98,3	97,5	98,3	98,3	98,5	98,5
9	Gr	5,5	85,3	89,3	89,3	60,5	32,2	79,6	56,8	61,4	81,3	79,6	62,1	99,6	98,3	99,5	99,6	99,7	99,7
12	Fn	4,6	86,8	84,5	89,9	61,1	25,9	86,6	60,7	62,9	78,4	82,2	54,6	99,7	98,1	99,7	99,6	99,7	99,8
15	Fn	7,5	86,8	90,3	90,1	57,7	23,7	84,2	50,8	53,7	85,4	83,6	58,7	94,7	73,9	95,9	96,4	97,6	97,7
	<b>Moyenne</b>	<b>11,4</b>	<b>84,9</b>	<b>86,6</b>	<b>87,7</b>	<b>63,6</b>	<b>35,1</b>	<b>82,2</b>	<b>59,7</b>	<b>62,9</b>	<b>80,9</b>	<b>81,5</b>	<b>61,4</b>	<b>98,2</b>	<b>89,5</b>	<b>98,3</b>	<b>98,4</b>	<b>98,9</b>	<b>98,9</b>
	<b>Écart-type</b>	<b>11,0</b>	<b>9,7</b>	<b>9,6</b>	<b>9,6</b>	<b>13,7</b>	<b>15,5</b>	<b>11,1</b>	<b>11,7</b>	<b>12,2</b>	<b>12,0</b>	<b>10,9</b>	<b>9,8</b>	<b>2,1</b>	<b>11,8</b>	<b>1,5</b>	<b>1,3</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>

**Chambre 4 / Dalot A - Efficacité d'isolement par semaine (% dans les fèces)**

Semaine	Ration		C			Matière													
	alimentaire	Liquide	Solide	Organ.	Organ.	Total N	NH4-N	P	K	S	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
3	Gr	25,9	92,4	94,0	94,0	83,7	60,6	90,2	73,2	77,1	90,0	92,5	74,8	97,1	82,4	96,7	95,1	97,3	97,2
6	Gr	11,0	86,5	89,3	89,4	71,4	40,6	83,3	61,3	69,8	81,5	87,0	66,3	99,2	96,1	99,1	99,0	99,2	99,3
9	Gr	7,8	85,9	89,5	89,6	61,4	35,4	82,5	58,1	57,8	88,3	89,1	62,0	99,7	98,2	99,7	99,6	99,7	99,7
12	Fn	11,7	83,0	86,5	86,6	52,8	18,8	87,2	48,3	48,0	85,5	79,8	44,0	99,1	92,6	99,3	99,0	99,4	99,5
15	Fn	11,1	87,1	91,2	91,3	53,7	18,7	81,6	57,0	48,5	88,6	94,5	61,5	98,1	81,0	98,2	98,6	99,0	99,3
	<b>Moyenne</b>	<b>13,5</b>	<b>87,0</b>	<b>90,1</b>	<b>90,1</b>	<b>64,6</b>	<b>34,8</b>	<b>84,9</b>	<b>59,6</b>	<b>60,2</b>	<b>86,8</b>	<b>88,6</b>	<b>61,7</b>	<b>98,6</b>	<b>90,1</b>	<b>98,6</b>	<b>98,3</b>	<b>98,9</b>	<b>99,0</b>
	<b>Écart-type</b>	<b>7,1</b>	<b>3,4</b>	<b>2,8</b>	<b>2,7</b>	<b>13,0</b>	<b>17,4</b>	<b>3,6</b>	<b>9,0</b>	<b>12,9</b>	<b>3,4</b>	<b>5,7</b>	<b>11,2</b>	<b>1,0</b>	<b>7,9</b>	<b>1,2</b>	<b>1,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>
3+4	Moyenne	12,4	85,9	88,4	88,9	64,1	35,0	83,6	59,6	61,6	83,9	85,1	61,6	98,4	89,8	98,4	98,3	98,9	99,0
	Écart-type	8,8	7,0	6,9	6,8	12,6	15,6	7,9	9,8	11,9	8,9	9,0	9,9	1,6	9,5	1,3	1,5	0,9	0,9



## **Annexe B**

### **Résultats de concentration**

Concentration par semaine (kg / tonne de fèces)

Semaine	C		Matière															
	Liquide	Solide	Organ.	Organ.	Total N	NH4-N	P	K	S	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
1	649,7	350,3	173,9	300,7	17,42	3,68	5,76	8,36	1,64	2,64	6,06	1,09	1,90E-05	5,26E-06	1,66E-05	3,10E-04	3,62E-05	1,72E-04
2	667,6	332,4	165,9	286,0	18,45	4,47	6,06	9,50	1,71	2,56	5,86	1,25	1,14E-05	6,51E-07	1,59E-06	3,00E-05	3,36E-06	1,60E-05
3	628,9	371,1	189,4	326,6	19,70	4,98	6,69	9,41	1,79	2,67	6,28	1,46	2,39E-04	1,33E-05	4,09E-05	7,99E-04	8,77E-05	4,00E-04
4	648,0	352,0	173,9	299,9	16,67	4,29	6,89	8,69	1,65	2,45	5,95	1,50	4,25E-06	3,53E-07	7,93E-07	1,69E-05	1,73E-06	8,42E-06
5	643,7	356,3	175,8	303,1	17,14	3,88	7,34	10,90	1,88	3,36	7,60	1,56	3,35E-06	1,99E-07	5,38E-07	1,09E-05	1,16E-06	5,12E-06
6	662,3	337,7	166,1	286,5	16,11	4,14	6,13	9,24	1,60	3,07	7,06	1,45	2,00E-04	1,27E-05	3,65E-05	6,57E-04	7,73E-05	2,93E-04
7	670,2	329,8	157,6	271,7	15,65	3,76	8,07	8,96	1,65	3,54	9,05	1,66	2,90E-06	1,43E-07	5,15E-07	9,31E-06	1,03E-06	4,24E-06
8	676,4	323,6	160,8	277,3	15,39	4,80	6,88	8,24	1,53	2,89	6,71	1,39	2,45E-06	1,12E-07	3,45E-07	7,44E-06	7,62E-07	3,14E-06
9	686,8	313,2	154,6	266,4	15,07	3,95	6,66	8,14	1,44	2,89	7,21	1,20	2,31E-04	1,18E-05	3,52E-05	7,16E-04	7,70E-05	2,96E-04
10	668,8	331,2	165,5	285,3	13,88	2,89	5,93	7,75	1,45	2,70	6,11	1,81	1,85E-06	1,04E-07	4,05E-07	7,18E-06	7,66E-07	3,43E-06
11	670,2	329,8	166,2	245,7	14,13	4,23	5,33	7,42	1,37	2,77	6,02	1,67	1,60E-06	9,16E-08	3,76E-07	5,79E-06	7,17E-07	2,85E-06
12	658,9	341,1	168,7	299,8	15,88	3,77	5,54	7,25	1,31	2,58	5,07	1,90	1,16E-04	6,46E-06	2,18E-05	5,21E-04	4,51E-05	2,60E-04
13	668,5	331,5	167,3	288,6	16,01	4,11	6,20	7,38	1,40	2,90	5,96	1,75	1,82E-06	8,84E-08	4,51E-07	6,92E-06	7,95E-07	4,19E-06
14	656,7	343,3	173,8	299,6	16,00	3,74	5,46	8,29	1,50	2,60	5,65	1,95	1,43E-06	8,73E-08	3,18E-07	5,02E-06	5,85E-07	2,76E-06
15	666,9	333,1	167,9	289,4	16,55	4,38	5,79	7,36	1,32	2,55	5,40	1,75	1,27E-05	7,24E-07	2,86E-06	4,80E-05	5,26E-06	2,83E-05
<b>Moyenne</b>	<b>661,6</b>	<b>338,4</b>	<b>168,5</b>	<b>288,4</b>	<b>16,27</b>	<b>4,07</b>	<b>6,32</b>	<b>8,46</b>	<b>1,55</b>	<b>2,81</b>	<b>6,40</b>	<b>1,56</b>	<b>5,66E-05</b>	<b>3,46E-06</b>	<b>1,06E-05</b>	<b>2,10E-04</b>	<b>2,26E-05</b>	<b>9,99E-05</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>14,4</b>	<b>14,4</b>	<b>8,4</b>	<b>18,8</b>	<b>1,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>1,0</b>	<b>0,3</b>	<b>9,13E-05</b>	<b>5,11E-06</b>	<b>1,54E-05</b>	<b>3,04E-04</b>	<b>3,31E-05</b>	<b>1,42E-04</b>

**Chambre 3 - Concentration par semaine (kg / tonne de fèces)**

Semaine	C		Matière																
	Liquide	Solide	Organ.	Organ.	Total N	NH4-N	P	K	S	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
1	676,9	323,1	162,9	280,9	15,38	3,66	4,54	7,45	1,40	2,30	4,60	0,90	1,58E-05	8,86E-06	2,85E-05	5,27E-04	6,20E-05	2,93E-04	
2	671,1	328,9	165,2	284,9	18,27	4,80	5,76	9,44	1,60	2,40	5,20	1,20	1,39E-05	1,03E-06	2,37E-06	4,47E-05	5,06E-06	2,37E-05	
3	619,8	380,2	196,4	338,6	19,93	5,16	6,62	10,03	1,90	2,79	6,21	1,49	2,85E-04	1,63E-05	4,58E-05	9,49E-04	1,02E-04	4,65E-04	
4	653,1	346,9	171,5	295,8	18,04	4,60	6,49	8,49	1,60	2,40	5,70	1,40	4,17E-06	3,65E-07	7,55E-07	1,64E-05	1,64E-06	7,74E-06	
5	672,9	327,1	162,1	279,5	16,09	4,02	5,84	8,52	1,50	2,60	6,40	1,40	3,34E-06	1,96E-07	5,35E-07	1,15E-05	1,16E-06	5,39E-06	
6	655,3	344,7	169,2	291,7	15,81	4,19	6,25	9,66	1,69	3,26	7,15	1,65	2,32E-04	1,63E-05	4,34E-05	8,22E-04	9,48E-05	3,58E-04	
7	652,0	348,0	163,0	281,1	16,75	4,07	8,84	9,92	1,90	4,00	10,90	2,00	2,32E-06	1,42E-07	4,46E-07	8,01E-06	9,02E-07	3,61E-06	
8	700,2	299,8	148,8	256,5	14,52	4,87	6,27	7,33	1,30	2,70	6,10	1,30	1,82E-06	7,80E-08	2,73E-07	5,82E-06	6,14E-07	2,58E-06	
9	684,9	315,1	155,2	267,6	15,90	4,13	6,73	8,29	1,49	2,92	7,17	1,23	3,11E-04	1,71E-05	4,79E-05	9,97E-04	1,06E-04	4,06E-04	
10	656,1	343,9	171,7	296,0	13,11	3,04	6,22	8,37	1,60	2,80	6,50	2,00	1,96E-06	1,16E-07	3,73E-07	7,18E-06	7,33E-07	3,26E-06	
11	662,2	337,8	169,7	222,6	13,97	4,48	5,74	7,85	1,50	2,90	6,40	1,80	1,26E-06	6,55E-08	2,78E-07	4,35E-06	5,32E-07	2,21E-06	
12	648,6	351,4	167,9	307,6	16,11	3,88	5,79	7,58	1,37	2,65	5,24	2,05	1,57E-04	8,66E-06	2,83E-05	7,05E-04	6,05E-05	3,54E-04	
13	658,6	341,4	173,3	298,9	16,92	4,11	6,32	7,52	1,40	3,00	5,70	1,70	1,99E-06	9,68E-08	4,15E-07	7,88E-06	8,57E-07	5,06E-06	
14	654,8	345,2	173,9	299,8	17,12	3,71	5,59	9,01	1,60	2,70	5,90	2,00	1,53E-06	9,44E-08	3,04E-07	5,26E-06	6,08E-07	2,88E-06	
15	653,5	346,5	174,8	301,4	16,42	4,55	5,83	7,69	1,39	2,47	5,33	1,92	1,06E-05	6,10E-07	2,41E-06	4,06E-05	4,30E-06	2,46E-05	
<b>Moyenne</b>	<b>661,3</b>	<b>338,7</b>	<b>168,4</b>	<b>286,9</b>	<b>16,3</b>	<b>4,2</b>	<b>6,2</b>	<b>8,5</b>	<b>1,5</b>	<b>2,8</b>	<b>6,3</b>	<b>1,6</b>	<b>6,96E-05</b>	<b>4,67E-06</b>	<b>1,35E-05</b>	<b>2,77E-04</b>	<b>2,94E-05</b>	<b>1,30E-04</b>	
<b>Ecart-type</b>	<b>18,4</b>	<b>18,4</b>	<b>10,6</b>	<b>25,9</b>	<b>1,7</b>	<b>0,5</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>1,5</b>	<b>0,4</b>	<b>1,15E-04</b>	<b>6,84E-06</b>	<b>1,92E-05</b>	<b>3,96E-04</b>	<b>4,24E-05</b>	<b>1,82E-04</b>	

**Chambre 4 - Concentration par semaine (kg / tonne de fèces)**

Semaine	C		Matière																
	Liquide	Solide	Organ.	Organ.	Total N	NH4-N	P	K	S	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
1	620,9	379,1	185,6	321,6	19,58	3,71	7,05	9,32	1,90	3,00	7,60	1,30	2,24E-05	1,44E-06	3,98E-06	8,03E-05	8,85E-06	4,30E-05	
2	664,8	335,2	166,4	286,9	18,60	4,20	6,30	9,55	1,80	2,70	6,40	1,30	9,38E-06	3,40E-07	9,43E-07	1,79E-05	1,96E-06	9,61E-06	
3	636,5	363,5	183,6	316,6	19,51	4,84	6,76	8,90	1,69	2,58	6,34	1,43	2,02E-04	1,07E-05	3,69E-05	6,74E-04	7,62E-05	3,45E-04	
4	643,1	356,9	176,2	303,8	15,35	3,99	7,28	8,89	1,70	2,50	6,20	1,60	4,32E-06	3,42E-07	8,30E-07	1,74E-05	1,81E-06	9,08E-06	
5	619,1	380,9	187,3	322,9	18,03	3,76	8,60	12,90	2,20	4,00	8,60	1,70	3,37E-06	2,01E-07	5,41E-07	1,04E-05	1,16E-06	4,89E-06	
6	670,0	330,0	162,7	280,8	16,44	4,09	6,00	8,78	1,51	2,86	6,97	1,24	1,64E-04	8,63E-06	2,89E-05	4,75E-04	5,80E-05	2,22E-04	
7	695,1	304,9	150,1	258,8	14,14	3,34	7,01	7,65	1,30	2,90	6,50	1,20	3,71E-06	1,43E-07	6,09E-07	1,11E-05	1,20E-06	5,11E-06	
8	649,4	350,6	174,5	300,8	16,37	4,73	7,57	9,27	1,80	3,10	7,40	1,50	3,15E-06	1,51E-07	4,27E-07	9,27E-06	9,29E-07	3,79E-06	
9	688,5	311,5	153,9	265,4	14,32	3,78	6,61	8,01	1,40	2,86	7,25	1,17	1,60E-04	7,00E-06	2,39E-05	4,65E-04	5,11E-05	1,98E-04	
10	682,2	317,8	158,9	274,0	14,69	2,74	5,63	7,10	1,30	2,60	5,70	1,60	1,74E-06	9,03E-08	4,38E-07	7,17E-06	8,00E-07	3,61E-06	
11	681,5	318,5	161,2	278,0	14,35	3,89	4,75	6,83	1,20	2,60	5,50	1,50	2,06E-06	1,28E-07	5,12E-07	7,80E-06	9,76E-07	3,74E-06	
12	669,0	331,0	169,4	292,0	15,65	3,65	5,29	6,92	1,26	2,51	4,89	1,75	7,53E-05	4,30E-06	1,55E-05	3,39E-04	3,00E-05	1,66E-04	
13	677,6	322,4	161,9	279,2	15,17	4,10	6,09	7,25	1,40	2,80	6,20	1,80	1,67E-06	8,07E-08	4,84E-07	6,05E-06	7,37E-07	3,40E-06	
14	658,5	341,5	173,7	299,4	14,90	3,76	5,33	7,58	1,40	2,50	5,40	1,90	1,32E-06	8,03E-08	3,31E-07	4,79E-06	5,62E-07	2,64E-06	
15	678,5	321,5	161,9	279,1	16,66	4,24	5,76	7,08	1,26	2,62	5,46	1,59	1,46E-05	8,23E-07	3,26E-06	5,44E-05	6,10E-06	3,14E-05	
<b>Moyenne</b>	<b>662,3</b>	<b>337,7</b>	<b>168,5</b>	<b>290,6</b>	<b>16,3</b>	<b>3,9</b>	<b>6,4</b>	<b>8,4</b>	<b>1,5</b>	<b>2,8</b>	<b>6,4</b>	<b>1,5</b>	<b>4,46E-05</b>	<b>2,30E-06</b>	<b>7,83E-06</b>	<b>1,45E-04</b>	<b>1,60E-05</b>	<b>7,01E-05</b>	
<b>Ecart-type</b>	<b>23,8</b>	<b>23,8</b>	<b>11,4</b>	<b>19,8</b>	<b>1,9</b>	<b>0,5</b>	<b>1,0</b>	<b>1,6</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>1,0</b>	<b>0,2</b>	<b>7,07E-05</b>	<b>3,59E-06</b>	<b>1,23E-05</b>	<b>2,24E-04</b>	<b>2,53E-05</b>	<b>1,08E-04</b>	

**Chambre 3 / Dalot T - Concentration par semaine (kg / tonne de fèces)**

Semaine	Rangé	Matière																
		Liquide	Solide	C Organ.	Organ.	Total N	NH4-N	P	K	S	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn
3	a	648,9	351,1	179,8	310,0	17,97	4,91	5,46	8,65	1,70	2,40	4,90	1,30	3,10E-05	2,47E-06	5,71E-06	1,08E-04	1,31E-05
3	b	632,3	367,7	183,2	315,9	20,51	6,20	7,54	11,19	2,00	3,00	6,70	1,60	7,34E-05	5,38E-06	1,08E-05	2,42E-04	2,41E-05
Moyenne		640,6	359,4	181,5	313,0	19,24	5,56	6,50	9,92	1,85	2,70	5,80	1,45	5,22E-05	3,93E-06	8,23E-06	1,75E-04	1,86E-05
6	a	646,8	353,2	177,3	305,7	16,47	4,08	5,65	8,64	1,60	2,60	6,30	1,40	2,13E-05	1,32E-06	3,85E-06	7,27E-05	7,95E-06
6	b	681,2	318,8	154,2	265,9	14,49	4,15	6,25	9,61	1,60	3,50	7,10	1,70	9,76E-06	6,01E-07	1,95E-06	3,03E-05	4,15E-06
Moyenne		664,0	336,0	165,8	285,8	15,48	4,12	5,95	9,13	1,60	3,05	6,70	1,55	1,55E-05	9,62E-07	2,90E-06	5,15E-05	6,05E-06
9	a	695,3	304,7	151,1	260,5	16,54	4,31	7,00	8,34	1,50	2,90	6,90	1,10	1,76E-05	7,10E-07	2,68E-06	4,83E-05	5,84E-06
9	b	709,2	290,8	142,8	246,2	14,01	3,82	5,98	7,24	1,30	2,70	6,80	1,10	1,05E-05	4,32E-07	1,57E-06	3,16E-05	3,62E-06
Moyenne		702,3	297,8	147,0	253,4	15,28	4,07	6,49	7,79	1,40	2,80	6,85	1,10	1,41E-05	5,71E-07	2,12E-06	4,00E-05	4,73E-06
12	a	666,1	333,9	170,6	294,1	15,12	3,84	5,34	6,89	1,30	2,60	4,90	1,80	1,15E-05	4,14E-07	1,42E-06	3,54E-05	3,55E-06
12	b	682,4	317,6	159,8	275,4	15,29	3,82	5,62	7,05	1,20	2,40	4,90	2,00	7,92E-06	4,33E-07	1,42E-06	3,24E-05	3,03E-06
Moyenne		674,3	325,8	165,2	284,8	15,21	3,83	5,48	6,97	1,25	2,50	4,90	1,90	9,70E-06	4,24E-07	1,42E-06	3,39E-05	3,29E-06
15	a	657,4	342,6	173,7	299,5	15,09	4,26	5,38	6,98	1,30	2,40	5,20	1,80	3,62E-06	2,08E-07	8,90E-07	1,31E-05	1,57E-06
15	b	709,0	291,0	145,5	250,8	14,88	4,69	5,56	6,89	1,20	2,20	4,60	1,60	5,80E-06	3,11E-07	1,45E-06	2,27E-05	2,59E-06
Moyenne		683,2	316,8	159,6	275,2	14,99	4,48	5,47	6,94	1,25	2,30	4,90	1,70	4,71E-06	2,59E-07	1,17E-06	1,79E-05	2,08E-06
<b>Moyenne</b>		<b>672,9</b>	<b>327,1</b>	<b>163,8</b>	<b>282,4</b>	<b>16,04</b>	<b>4,41</b>	<b>5,98</b>	<b>8,15</b>	<b>1,47</b>	<b>2,67</b>	<b>5,83</b>	<b>1,54</b>	<b>1,92E-05</b>	<b>1,23E-06</b>	<b>3,17E-06</b>	<b>6,37E-05</b>	<b>6,95E-06</b>
<b>Écart-type</b>		<b>22,9</b>	<b>22,9</b>	<b>12,5</b>	<b>21,5</b>	<b>1,80</b>	<b>0,68</b>	<b>0,51</b>	<b>1,33</b>	<b>0,26</b>	<b>0,29</b>	<b>0,94</b>	<b>0,30</b>	<b>1,89E-05</b>	<b>1,53E-06</b>	<b>2,91E-06</b>	<b>6,35E-05</b>	<b>6,68E-06</b>

**Chambre 4 / Dalot T - Concentration par semaine (kg / tonne de fèces)**

Semaine	Rangé	Matière																
		Liquide	Solide	C Organ.	Organ.	Total N	NH4-N	P	K	S	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn
3	a	640,2	359,8	183,7	316,8	18,46	4,97	5,90	9,17	1,70	2,30	5,40	1,50	3,16E-05	2,32E-06	5,18E-06	1,34E-04	1,18E-05
3	b	679,7	320,3	161,2	277,9	17,31	4,59	6,60	7,14	1,40	2,40	5,80	1,20	2,38E-05	1,50E-06	5,45E-06	7,82E-05	9,67E-06
Moyenne		660,0	340,1	172,5	297,4	17,89	4,78	6,25	8,16	1,55	2,35	5,60	1,35	2,77E-05	1,91E-06	5,32E-06	1,06E-04	1,07E-05
6	a	684,4	315,6	157,9	272,3	14,90	3,59	5,08	7,61	1,30	2,50	5,60	1,00	1,75E-05	7,50E-07	3,09E-06	4,78E-05	6,37E-06
6	b	704,5	295,5	143,8	248,0	14,90	4,48	6,21	8,45	1,40	2,90	7,40	1,20	2,58E-05	1,15E-06	4,02E-06	6,84E-05	8,49E-06
Moyenne		694,5	305,6	150,9	260,2	14,90	4,04	5,65	8,03	1,35	2,70	6,50	1,10	2,17E-05	9,49E-07	3,56E-06	5,81E-05	7,43E-06
9	a	724,8	275,2	136,4	235,1	12,49	3,13	5,58	6,76	1,20	2,40	6,20	1,00	7,50E-06	2,95E-07	1,26E-06	2,30E-05	2,82E-06
9	b	700,7	299,3	148,4	255,8	13,58	3,96	6,78	7,72	1,30	3,00	7,40	1,00	1,76E-05	6,56E-07	2,79E-06	4,79E-05	6,15E-06
Moyenne		712,8	287,3	142,4	245,5	13,04	3,55	6,18	7,24	1,25	2,70	6,80	1,00	1,26E-05	4,76E-07	2,03E-06	3,55E-05	4,49E-06
12	a	693,6	306,4	156,7	270,2	14,75	4,04	4,87	6,01	1,10	2,40	4,50	1,60	4,56E-06	2,17E-07	1,17E-06	1,95E-05	2,13E-06
12	b	653,8	346,2	177,4	305,9	16,23	3,27	5,78	7,65	1,40	2,60	5,30	1,80	1,63E-05	5,94E-07	2,38E-06	6,03E-05	5,45E-06
Moyenne		673,7	326,3	167,1	288,1	15,49	3,66	5,33	6,83	1,25	2,50	4,90	1,70	1,04E-05	4,06E-07	1,77E-06	3,99E-05	3,79E-06
15	a	699,0	301,0	151,7	261,5	16,46	4,53	5,48	7,21	1,20	2,60	5,10	1,50	5,58E-06	3,13E-07	1,34E-06	1,99E-05	2,50E-06
15	b	697,9	302,1	151,7	261,6	14,61	3,82	5,59	5,71	1,10	2,40	5,30	1,40	1,14E-05	4,91E-07	2,62E-06	4,28E-05	5,07E-06
Moyenne		698,5	301,6	151,7	261,6	15,54	4,18	5,54	6,46	1,15	2,50	5,20	1,45	8,52E-06	4,02E-07	1,98E-06	3,14E-05	3,79E-06
<b>Moyenne</b>		<b>687,9</b>	<b>312,1</b>	<b>156,9</b>	<b>270,5</b>	<b>15,37</b>	<b>4,04</b>	<b>5,79</b>	<b>7,34</b>	<b>1,31</b>	<b>2,55</b>	<b>5,80</b>	<b>1,32</b>	<b>1,62E-05</b>	<b>8,29E-07</b>	<b>2,93E-06</b>	<b>5,41E-05</b>	<b>6,05E-06</b>
<b>Écart-type</b>		<b>20,9</b>	<b>20,9</b>	<b>12,4</b>	<b>21,5</b>	<b>1,73</b>	<b>0,49</b>	<b>0,41</b>	<b>0,74</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,82</b>	<b>0,28</b>	<b>8,19E-06</b>	<b>6,46E-07</b>	<b>1,51E-06</b>	<b>3,07E-05</b>	<b>3,02E-06</b>

**Dalot T**

<b>Moyenne</b>	<b>680,4</b>	<b>319,6</b>	<b>160,3</b>	<b>276,5</b>	<b>15,70</b>	<b>4,22</b>	<b>5,88</b>	<b>7,75</b>	<b>1,39</b>	<b>2,61</b>	<b>5,82</b>	<b>1,43</b>	<b>1,77E-05</b>	<b>1,03E-06</b>	<b>3,05E-06</b>	<b>5,89E-05</b>	<b>6,50E-06</b>
<b>Écart-type</b>	<b>22,1</b>	<b>22,1</b>	<b>12,3</b>	<b>21,2</b>	<b>1,70</b>	<b>0,59</b>	<b>0,45</b>	<b>1,10</b>	<b>0,22</b>	<b>0,22</b>	<b>0,83</b>	<b>0,30</b>	<b>1,38E-05</b>	<b>1,13E-06</b>	<b>2,19E-06</b>	<b>4,73E-05</b>	<b>4,91E-06</b>

**Chambre 3 / Dalot A - Concentration par semaine (kg / tonne de fèces)**

Semaine	Rangé	Matière																
		Liquide	Solide	C Organ.	Organ.	Total N	NH4-N	P	K	S	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn
3	a	355,6	644,4	327,3	564,3	31,73	4,07	10,41	15,56	3,10	4,40	11,00	2,60	2,74E-03	1,58E-04	4,50E-04	9,55E-03	9,94E-04
3	b	626,6	373,4	215,9	372,2	18,92	3,95	6,16	8,90	1,70	2,70	6,80	1,30	3,97E-04	1,76E-05	5,98E-05	1,11E-03	1,32E-04
Moyenne		491,1	508,9	271,6	468,3	25,33	4,01	8,29	12,23	2,40	3,55	8,90	1,95	1,57E-03	8,77E-05	2,55E-04	5,33E-03	5,63E-04
6	a	430,0	570,0	279,4	481,8	26,82	4,44	10,20	16,46	3,00	4,80	12,50	2,50	3,96E-03	2,90E-04	7,26E-04	1,47E-02	1,54E-03
6	b	577,8	422,2	203,8	351,3	18,40	5,24	7,94	13,09	2,40	4,30	10,30	2,30	1,73E-03	1,16E-04	3,36E-04	5,73E-03	7,67E-04
Moyenne		503,9	496,1	241,6	416,6	22,61	4,84	9,07	14,78	2,70	4,55	11,40	2,40	2,85E-03	2,03E-04	5,31E-04	1,02E-02	1,16E-03
9	a	466,9	533,1	265,2	457,2	20,32	3,30	9,43	13,52	2,60	3,90	10,20	2,30	8,30E-03	4,15E-04	1,27E-03	2,52E-02	2,74E-03
9	b	419,8	580,2	280,6	483,7	29,15	6,36	11,30	17,17	3,10	5,20	12,50	3,40	2,48E-03	1,61E-04	3,86E-04	8,73E-03	8,91E-04
Moyenne		443,4	556,7	272,9	470,5	24,74	4,83	10,37	15,35	2,85	4,55	11,35	2,85	5,39E-03	2,88E-04	8,29E-04	1,70E-02	1,81E-03
12	a	304,5	695,5	358,6	618,3	27,45	4,10	8,76	16,01	2,90	4,20	8,80	4,10	1,71E-03	1,05E-04	3,16E-04	6,52E-03	6,53E-04
12	b	431,3	568,7	27,8	496,2	24,82	4,85	9,84	12,64	2,40	4,30	9,20	3,40	1,87E-03	9,39E-05	3,37E-04	9,83E-03	7,36E-04
Moyenne		367,9	632,1	193,2	557,3	26,14	4,48	9,30	14,33	2,65	4,25	9,00	3,75	1,79E-03	9,96E-05	3,26E-04	8,18E-03	6,94E-04
15	a	417,3	582,7	296,7	511,6	28,54	4,99	8,57	12,53	2,40	3,70	8,70	3,40	7,26E-05	3,94E-06	1,51E-05	2,81E-04	2,69E-05
15	b	521,5	478,5	240,5	414,7	23,83	5,28	7,99	12,45	2,20	3,40	7,40	3,20	5,62E-05	3,47E-06	1,30E-05	2,11E-04	2,32E-05
Moyenne		469,4	530,6	268,6	463,2	26,19	5,14	8,28	12,49	2,30	3,55	8,05	3,30	6,44E-05	3,71E-06	1,41E-05	2,46E-04	2,51E-05
<b>Moyenne</b>		<b>455,1</b>	<b>544,9</b>	<b>249,6</b>	<b>475,1</b>	<b>25,00</b>	<b>4,66</b>	<b>9,06</b>	<b>13,83</b>	<b>2,58</b>	<b>4,09</b>	<b>9,74</b>	<b>2,85</b>	<b>2,33E-03</b>	<b>1,37E-04</b>	<b>3,91E-04</b>	<b>8,19E-03</b>	<b>8,51E-04</b>
<b>Écart-type</b>		<b>53,9</b>	<b>53,9</b>	<b>34,0</b>	<b>51,0</b>	<b>1,46</b>	<b>0,43</b>	<b>0,86</b>	<b>1,40</b>	<b>0,23</b>	<b>0,51</b>	<b>1,54</b>	<b>0,71</b>	<b>1,98E-03</b>	<b>1,11E-04</b>	<b>3,07E-04</b>	<b>6,18E-03</b>	<b>6,73E-04</b>

**Chambre 4 / Dalot A - Concentration par semaine (kg / tonne de fèces)**

Semaine	Rangé	Matière																
		Liquide	Solide	C Organ.	Organ.	Total N	NH4-N	P	K	S	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn
3	a	526,7	473,3	239,3	412,7	27,65	3,76	8,09	10,87	2,10	3,30	8,80	1,70	2,12E-03	9,92E-05	3,64E-04	7,11E-03	8,10E-04
3	b	527,4	472,6	234,9	405,0	26,54	5,74	9,26	13,16	2,50	3,70	9,90	1,90	4,73E-04	2,80E-05	9,48E-05	1,49E-03	1,73E-04
Moyenne		527,1	473,0	237,1	408,9	27,10	4,75	8,68	12,02	2,30	3,50	9,35	1,80	1,29E-03	6,36E-05	2,29E-04	4,30E-03	4,91E-04
6	a	605,7	394,3	193,3	333,3	26,10	3,98	6,62	9,23	1,70	3,00	7,80	1,70	1,28E-03	6,13E-05	2,17E-04	3,71E-03	4,62E-04
6	b	481,0	519,0	253,4	439,6	25,01	4,86	9,34	15,95	2,90	4,40	11,40	2,30	8,15E-04	4,83E-05	1,50E-04	2,38E-03	2,80E-04
Moyenne		543,4	456,7	223,4	386,5	25,56	4,42	7,98	12,59	2,30	3,70	9,60	2,00	1,05E-03	5,48E-05	1,84E-04	3,04E-03	3,71E-04
9	a	436,8	563,2	279,2	481,5	25,15	5,31	10,27	14,89	2,60	4,30	12,60	2,50	2,48E-03	8,97E-05	3,73E-04	6,84E-03	7,87E-04
9	b	514,6	485,4	234,7	404,7	24,80	6,56	10,85	14,35	2,60	4,50	10,80	2,50	6,66E-04	3,99E-05	9,57E-05	2,14E-03	2,09E-04
Moyenne		475,7	524,3	257,0	443,1	24,98	5,94	10,56	14,62	2,60	4,40	11,70	2,50	1,58E-03	6,48E-05	2,34E-04	4,49E-03	4,98E-04
12	a	557,0	443,0	227,4	392,0	19,01	3,38	5,25	9,93	1,90	2,90	6,20	2,90	8,39E-04	5,83E-05	2,04E-04	4,24E-03	3,61E-04
12	b	630,3	369,7	188,0	324,2	17,42	2,75	6,10	8,24	1,40	2,60	5,00	1,90	4,61E-04	1,92E-05	6,85E-05	1,67E-03	1,54E-04
Moyenne		593,7	406,4	207,7	358,1	18,22	3,07	5,68	9,09	1,65	2,75	5,60	2,40	6,50E-04	3,87E-05	1,36E-04	2,95E-03	2,57E-04
15	a	306,7	693,3	351,9	606,8	34,48	4,65	9,98	15,84	3,10	4,80	10,70	4,10	1,55E-04	9,99E-06	3,35E-05	5,66E-04	6,17E-05
15	b	632,3	367,7	184,7	318,4	18,82	4,03	6,36	8,26	1,50	2,70	6,00	1,90	5,68E-05	3,32E-06	1,29E-05	2,17E-04	2,40E-05
Moyenne		469,5	530,5	268,3	462,6	26,65	4,34	8,17	12,05	2,30	3,75	8,35	3,00	1,06E-04	6,66E-06	2,32E-05	3,91E-04	4,28E-05
<b>Moyenne</b>		<b>521,9</b>	<b>478,2</b>	<b>238,7</b>	<b>411,8</b>	<b>24,50</b>	<b>4,50</b>	<b>8,21</b>	<b>12,07</b>	<b>2,23</b>	<b>3,62</b>	<b>8,92</b>	<b>2,34</b>	<b>9,34E-04</b>	<b>4,57E-05</b>	<b>1,61E-04</b>	<b>3,04E-03</b>	<b>3,32E-04</b>
<b>Écart-type</b>		<b>51,3</b>	<b>51,3</b>	<b>24,5</b>	<b>42,1</b>	<b>3,61</b>	<b>1,03</b>	<b>1,75</b>	<b>1,98</b>	<b>0,35</b>	<b>0,59</b>	<b>2,22</b>	<b>0,47</b>	<b>5,74E-04</b>	<b>2,42E-05</b>	<b>8,68E-05</b>	<b>1,64E-03</b>	<b>1,90E-04</b>

**Dalot A**

<b>Moyenne</b>	<b>518,6</b>	<b>481,4</b>	<b>216,2</b>	<b>417,7</b>	<b>23,76</b>	<b>4,82</b>	<b>8,43</b>	<b>12,46</b>	<b>2,30</b>	<b>3,80</b>	<b>9,08</b>	<b>2,53</b>	<b>1,12E-03</b>	<b>6,21E-05</b>	<b>1,94E-04</b>	<b>4,08E-03</b>	<b>4,21E-04</b>
<b>Écart-type</b>	<b>69,2</b>	<b>69,2</b>	<b>71,0</b>	<b>51,9</b>	<b>3,91</b>	<b>0,96</b>	<b>1,77</b>	<b>2,40</b>	<b>0,41</b>	<b>0,77</b>	<b>2,14</b>	<b>0,71</b>	<b>8,12E-04</b>	<b>5,05E-05</b>	<b>1,35E-04</b>	<b>3,29E-03</b>	<b>3,10E-04</b>



## **Annexe C**

### **Masses des déjections**

**Masse de déjections solide en kg sur une période de 24 heures**

<b>Semaine</b>	<b>Côté</b>	<b>3A</b>	<b>3B</b>	<b>Total 3</b>	<b>4A</b>	<b>4B</b>	<b>Total 4</b>	<b>(3+4)</b>	<b>Moyenne</b>
1		22,82	22,91	45,72	14,06	29,08	43,14	88,86	22,21
2		34,47	16,56	51,03	41,68	20,09	61,78	112,81	28,20
3	F	32,89	25,50	58,38	33,93	38,87	72,80	131,18	32,79
3	W	5,11	10,82	15,92	4,99	11,50	16,49	32,42	8,10
3		37,99	36,31	74,30	38,91	50,38	89,29	163,59	40,90
4		47,26	41,60	88,87	47,04	44,77	91,81	180,68	45,17
5		55,52	51,87	107,40	71,61	56,29	127,90	235,29	58,82
6	F	41,34	64,11	105,45	46,85	42,34	89,18	194,64	48,66
6	W	3,95	5,48	9,43	6,08	9,23	15,30	24,73	6,18
6		45,29	69,59	114,88	52,93	51,56	104,49	219,37	54,84
7		63,48	83,74	147,22	55,09	52,05	107,14	254,35	63,59
8		63,82	81,42	145,24	67,79	60,26	128,05	273,28	68,32
9	F	51,07	61,70	112,77	69,87	50,08	119,95	232,71	58,18
9	W	2,73	5,41	8,14	5,46	10,16	15,62	23,76	5,94
9		53,79	67,11	120,91	75,33	60,24	135,56	256,47	64,12
10		65,19	67,75	132,93	70,45	55,86	126,31	259,24	64,81
11		80,47	78,04	158,51	63,63	49,79	113,42	271,93	67,98
12	F	58,96	57,65	116,61	68,85	45,59	114,44	231,05	57,76
12	W	5,41	5,13	10,54	5,94	8,66	14,61	25,15	6,29
12		64,37	62,78	127,15	74,80	54,25	129,05	256,20	64,05
13		67,81	54,18	121,99	76,09	57,53	133,62	255,61	63,90
14		65,78	74,26	140,05	79,23	63,96	143,19	283,24	70,81
15	F	63,85	50,15	114,00	78,79	54,94	133,73	247,72	61,93
15	W	6,63	11,11	17,74	5,69	12,40	18,09	35,83	8,96
15		70,48	61,26	131,74	84,47	67,34	151,82	283,56	70,89

**Masse de déjections liquide en kg sur une période de 24 heures**

<b>Semaine</b>	<b>Côté</b>	<b>3A</b>	<b>3B</b>	<b>Total 3</b>	<b>4A</b>	<b>4B</b>	<b>Total 4</b>	<b>(3+4)</b>	<b>Moyenne</b>
1		37,42	22,41	59,83	61,92	32,52	94,44	154,27	38,57
2		61,26	70,44	131,70	40,88	40,17	81,06	212,75	53,19
3	F	29,65	11,85	41,50	26,24	20,40	46,64	88,14	22,03
3	W	9,66	9,83	19,48	10,81	14,68	25,49	44,97	11,24
3		39,30	21,68	60,98	37,05	35,08	72,13	133,11	33,28
4		59,69	49,30	108,99	68,64	63,41	132,05	241,04	60,26
5		70,50	56,48	126,98	88,27	61,38	149,66	276,63	69,16
6	F	47,03	36,55	83,58	50,17	35,86	86,02	169,60	42,40
6	W	29,87	25,69	55,56	40,37	26,60	66,96	122,52	30,63
6		76,90	62,24	139,14	90,53	62,45	152,99	292,13	73,03
7		115,83	96,88	212,71	102,09	76,14	178,24	390,94	97,74
8		117,23	74,32	191,55	104,61	85,85	190,46	382,00	95,50
9	F	67,63	58,70	126,32	97,00	41,94	138,95	265,27	66,32
9	W	33,66	27,67	61,33	35,03	56,45	91,49	152,81	38,20
9		101,28	86,37	187,65	132,04	98,39	230,43	418,08	104,52
10		98,87	85,46	184,33	93,13	67,74	160,87	345,19	86,30
11		97,84	74,40	172,23	90,04	80,23	170,26	342,49	85,62
12	F	50,91	33,99	84,91	58,35	26,76	85,11	170,01	42,50
12	W	39,66	41,80	81,45	27,92	39,54	67,46	148,91	37,23
12		90,57	75,79	166,36	86,26	66,30	152,57	318,93	79,73
13		99,94	82,32	182,26	88,54	70,25	158,79	341,04	85,26
14		108,57	94,38	202,95	94,86	73,96	168,83	371,78	92,94
15	F	58,45	45,81	104,26	79,68	48,87	128,55	232,80	58,20
15	W	61,55	45,00	106,55	32,36	45,83	78,19	184,74	46,18
15		120,00	90,80	210,80	112,04	94,70	206,73	417,54	104,38



## **Annexe D**

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

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

		2003-10-28			2003-10-29			2003-10-30		
		06:00	12:00	18:00	06:00	12:00	18:00	06:00	12:00	18:00
<b>N-TOTAL</b>	kg/t	10,80	8,24	7,09	10,82	8,76	7,31	10,83	8,50	6,69
<b>N-NH4</b>	kg/t	6,82	5,67	4,75	7,12	5,06	4,42	5,54	5,08	4,02
<b>P</b>	kg/t	0,56	0,37	0,53	0,65	0,41	0,51	0,42	0,36	0,36
<b>K</b>	kg/t	5,55	4,40	4,14	5,42	4,61	4,07	5,54	4,56	3,95
<b>Ca</b>	ppm/t	330,73	263,44	367,84	431,26	289,05	316,78	304,29	243,28	275,93
<b>Mg</b>	ppm/t	352,25	234,71	340,97	455,55	244,29	306,88	287,09	192,40	221,15
<b>Al</b>	ppm/t	6,59	7,28	9,26	9,46	10,06	5,93	4,68	8,82	9,43
<b>B</b>	ppm/t	9,48	6,73	6,08	10,07	7,81	5,97	9,12	7,30	5,99
<b>Cu</b>	ppm/t	3,57	1,69	2,00	2,21	2,00	1,74	1,37	1,49	1,98
<b>Fe</b>	ppm/t	33,20	20,63	33,28	31,65	21,70	26,87	23,57	16,63	25,25
<b>Mn</b>	ppm/t	1,67	1,10	2,20	2,17	1,26	1,93	1,36	1,02	1,56
<b>Zn</b>	ppm/t	9,66	6,88	10,91	10,57	7,61	9,82	8,10	6,08	8,69
<b>Na</b>	ppm/t	945,98	858,92	978,40	1003,41	910,54	837,16	867,46	813,76	995,63
<b>M.S.</b>	%	3,87	2,99	3,14	4,29	3,28	2,63	3,48	2,88	2,44
<b>Cendres</b>	%	43,00	43,42	43,55	40,27	43,66	58,55	50,67	46,27	52,35
<b>C\N</b>		1,02	1,03	1,25	1,19	1,06	0,74	0,79	0,91	0,87

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

		2003-10-28			2003-10-29			2003-10-30		
		06:00	12:00	18:00	06:00	12:00	18:00	06:00	12:00	18:00
<b>N-TOTAL</b>	kg/t	17,53	16,80	16,48	17,88	15,59	16,19	17,50	15,87	16,92
<b>N-NH4</b>	kg/t	4,86	4,53	4,53	5,08	4,05	4,33	4,44	4,09	4,31
<b>P</b>	kg/t	6,48	5,62	5,64	5,90	5,52	5,17	6,13	5,70	5,68
<b>K</b>	kg/t	8,40	7,64	8,14	8,94	7,01	7,55	8,43	7,60	8,74
<b>Ca</b>	ppm/t	6802,05	5828,65	5653,79	6148,36	6158,55	5321,27	6108,26	6584,50	6198,63
<b>Mg</b>	ppm/t	3188,42	2744,44	2754,29	2870,21	2661,73	2494,45	3015,18	2774,68	2792,06
<b>Al</b>	ppm/t	181,69	152,67	153,13	164,19	165,33	132,73	156,90	161,49	155,56
<b>B</b>	ppm/t	8,17	7,21	9,70	11,10	7,80	7,58	7,54	7,59	9,76
<b>Cu</b>	ppm/t	38,52	33,17	28,13	32,37	32,59	30,05	33,54	37,49	32,21
<b>Fe</b>	ppm/t	578,64	467,29	521,86	453,23	509,67	391,35	441,10	447,99	507,85
<b>Mn</b>	ppm/t	77,10	64,30	62,08	66,39	65,33	57,70	68,90	67,39	62,64
<b>Zn</b>	ppm/t	301,05	258,26	252,48	261,82	252,03	235,27	285,02	271,75	250,94
<b>Na</b>	ppm/t	1851,07	1468,67	1636,82	1893,82	1414,98	1539,89	1729,52	1547,06	1776,68
<b>M.S.</b>	%	38,91	34,33	34,91	37,04	35,18	35,25	37,68	33,05	36,88
<b>Cendres</b>	%	15,23	14,87	14,97	15,06	14,43	14,87	15,32	15,05	15,53
<b>C\N</b>		9,42	8,70	9,00	8,81	9,66	9,28	9,12	8,86	9,22

## **Annexe E**

**Mesures de  $\text{DBO}_5$  et DCO de la semaine 16 de l'essai**

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

Date	Heure	Moyenne	
		DCO mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l
2003-10-28	06:00	44133	26000
2003-10-29	06:00	24333	10533
2003-10-30	06:00	35900	21867
Moyenne		34789	19467
2003-10-28	12:00	26800	14633
2003-10-29	12:00	23300	10033
2003-10-30	12:00	33000	22700
Moyenne		27700	15789
2003-10-28	18:00	27433	12067
2003-10-29	18:00	35967	23967
2003-10-30	18:00	29100	15933
Moyenne		30833	17322
<b>Moyenne</b>		<b>31107</b>	<b>17526</b>

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

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

Date	Heure	Moyenne	
		DCO mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l
2003-10-28	06:00	29267	16000
2003-10-29	06:00	43800	20000
2003-10-30	06:00	24900	11900
Moyenne		32656	15967
2003-10-28	12:00	20000	11000
2003-10-29	12:00	38183	16933
2003-10-30	12:00	32933	22867
Moyenne		30372	16933
2003-10-28	18:00	44283	18200
2003-10-29	18:00	32467	22233
2003-10-30	18:00	35500	23333
Moyenne		37417	21256
<b>Moyenne</b>		<b>33481</b>	<b>18052</b>

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

Moyenne des mesures des DCO et DBO<sub>5</sub> sur liquides collectés sous l'abreuvoir et la trémie d'alimentation à la semaine 16 de l'essai.

Abreuvoir + Trémie

Date	Heure	Moyenne	
		DCO mg/l	DBO5 mg/l
2003-10-28	06:00	36700	21000
2003-10-29	06:00	34067	15267
2003-10-30	06:00	30400	16883
Moyenne		33722	17717
2003-10-28	12:00	23400	12817
2003-10-29	12:00	30742	13483
2003-10-30	12:00	32967	22783
Moyenne		29036	16361
2003-10-28	18:00	35858	15133
2003-10-29	18:00	34217	23100
2003-10-30	18:00	32300	19633
Moyenne		34125	19289
<b>Moyenne</b>		<b>32294</b>	<b>17789</b>

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