

## **Évaluation de l'efficacité d'un système de séparation fèces-urine sous caillebotis en engraissement : bilan de masse et caractérisation des sous-produits**

*Francis POULIOT (1), Stéphane GODBOUT (2), Valérie DUFOUR (1), Robert D. VON BERNUTH (3), Jeff HILL (4)*

*(1) Centre de développement du porc du Québec inc., 2795 boulevard Laurier, bureau 340, Sainte-Foy,  
Québec, Canada, G1V 4M7*

*(2) Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, 120-A, chemin du Roy, Deschambault,  
Québec, Canada, G0A 1S0*

*(3) Michigan State University, 213, Farrall Hall, East Lansing, Michigan, États-Unis, 48824-2892*

*(4) Premium Standard Farms, P.O. Box 194, Highway 65 North, Princeton, Missouri, États-Unis, 64673*

### **Évaluation de l'efficacité d'un système de séparation fèces-urine sous caillebotis en engraissement : bilan de masse et caractérisation des sous-produits**

Ce projet a permis d'évaluer l'efficacité d'un système de racloir en forme de « V », dont l'objectif est de séparer les fèces et l'urine sous le caillebotis. Sur une période de 15 semaines, les essais ont été réalisés simultanément à l'intérieur de deux salles d'engraissement contenant 144 porcs chacune. Chaque salle contenait quatre dalots munis de racloirs en « V » afin d'évacuer les déjections. Les expérimentations réalisées ont permis de caractériser la composition des fractions solides (fèces et aliments gaspillés) et liquides (urine et eau). Lors des essais, le système a permis en moyenne de concentrer 91 % du phosphore, 66 % de l'azote total, 37 % de l'azote ammoniacal, 60 % du potassium, 94 % de la matière organique et plus de 95 % des métaux (Al, Cu, Fe, Zn) dans une fraction solide ayant 33,7 % de matière sèche. La fraction solide correspondait à 42 % de la masse totale de rejets. Selon les normes de fertilisation québécoises, lesquelles sont principalement basées sur le phosphore, l'épandage de la fraction liquide requiert environ 4 à 5 fois moins de superficie de terres cultivables. Les coûts de construction supplémentaires liés au racloir en « V », par rapport à un bâtiment conventionnel, sont évalués à 38 \$/place-porc (24,25 € /place-porc, 29/09/2004).

### **Efficacy of a urine-feces separation system installed beneath the slatted floor in finishing barns: mass balance and by-product characterization**

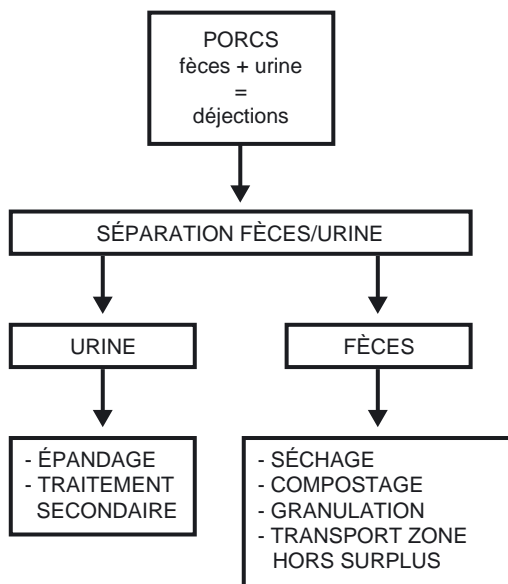
This project focused on evaluating the efficacy of a V-shaped scraper system with the objective of separating urine from feces under the slatted floor. Over a period of 15 weeks, tests were performed simultaneously in two finishing rooms, each containing 144 finisher pigs. Each room contained four gutters installed with V-shaped scrapers for evacuating the excrement. The tests performed permitted the characterization of solid (feces and feed spillage) and liquid (urine and water) fraction compositions. During the trials, on average, the system permitted the concentration of 91 % of the phosphorus, 66 % of the total nitrogen, 37 % of the ammonia nitrogen, 60 % of the potassium, 94 % of the organic matter and more than 95 % of the metals (Al, Cu, Fe, Zn) in a solid fraction having 33,7 % dry matter. The solid fraction corresponded to 42 % of the total mass of excrement. According to Quebec fertilization norms, based on phosphorus, spreading the liquid fraction would require about 4 to 5 times less cultivable land area. The construction costs of a V-shaped scraper system, versus a conventional system, were calculated at \$38/pig-place (24,25 € /pig-place, 29/09/2004).

## INTRODUCTION

Depuis juin 2002, dans la province de Québec (Canada), le Règlement sur les exploitations agricoles est en vigueur. Entre autres, ce règlement fournit les normes à suivre relativement à la gestion du phosphore produit par les élevages d'animaux. Ainsi, les producteurs de porcs québécois, suivant un échéancier progressif, devront obtenir un bilan de phosphore équilibré en 2010 (BOUTIN et RICHARD, 2002). Les contraintes imposées par le règlement risquent d'affecter les éleveurs en surplus de lisier n'ayant pas accès à suffisamment de terres cultivables pour épandre les déjections animales produites.

Au Québec, 97,5 % des bâtiments porcins gèrent les déjections animales sous forme liquide (CDPQ, 1999). Dans un contexte de surplus de phosphore, la gestion du lisier cause un problème de planification de la fertilisation. Ainsi, le lisier contient une concentration trop élevée de phosphore comparativement aux autres éléments fertilisants, dont l'azote, ceci relativement aux besoins des plantes. Dans le but de résoudre cette problématique, plusieurs approches ont été étudiées. Parmi celles-ci, la séparation de l'urine et des fèces sous le caillebotis est envisagée pour trois raisons :

- Éviter la formation de lisier et augmenter la flexibilité de la planification de la fertilisation en concentrant le phosphore et les autres éléments fertilisants dans une fraction solide (figure 1)
- Réduire la charge fertilisante de la fraction liquide
- Diminuer les émissions de gaz ( $\text{NH}_3$  et  $\text{H}_2\text{S}$ ) et d'odeurs dans les bâtiments



**Figure 1** - Diagramme d'écoulement du procédé de séparation fèces/urine

GRACIAN (2000) et VON BERNUTH (2001) mentionnaient, respectivement, que chez le porc en croissance 82 % et 94 % du phosphore provient des fèces. Ces deux études démontrent donc l'intérêt de séparer les fèces et l'urine à la source dans l'optique de concentrer le phosphore. Il existe différents types de systèmes de séparation sous le caillebotis. Notons particulièrement les convoyeurs à courroies mobiles et gouttières (VAN KEMPEN et al, 2003 ; ELMER et al, 2001 ; OGINK et

al, 2000), les convoyeurs à filets mobiles (MARCHAL, 2002 ; KROODSMA, 1986 ; JONGEBREUR, 1981) et les systèmes de raclours en forme de « V » (VON BERNUTH, 2001 ; TENGMAN, 1995 ; VOERMANS et POPPEL, 1993). Selon ces diverses études, les différents systèmes ont permis de concentrer environ 90 % du phosphore dans une phase solide ayant une teneur en matière sèche variant de 25 à 53 %. Plus spécifiquement, le système de raclour en forme de « V » évalué par TENGMAN (1995) a permis de concentrer 51 % de l'azote total et 93 % du phosphore total dans un solide constitué de 35 % de matière sèche. En outre, ces divers procédés permettraient une augmentation des apports d'urine de 35 à 50 % sur des prairies par rapport à une gestion conventionnelle (GILBERTSON, 1987 ; KROODSMA, 1986).

Quant aux nuisances olfactives, la séparation et l'évacuation rapide des fèces et de l'urine permettraient de réduire de 50 % les émissions d'odeurs au bâtiment (GILBERTSON, 1987 ; KROODSMA, 1986). De plus, ce type de procédé permettrait notamment de réduire les émissions d'ammoniac de l'ordre de 40 à 65 % au bâtiment (VAN KEMPEN, 2003 ; HENDRIKS et WEERDHOFF, 1999 ; VOERMANS et POPPEL, 1993 ; KROODSMA, 1986).

De plus, GODBOUT et al (2002) indiquaient que le système de raclour en « V » étudié par VON BERNUTH (2001) et TENGMAN (1995) présentait un bon potentiel d'implantation au Québec. En effet, il semble que l'adaptabilité de la technologie s'avèrera peu complexe car des systèmes similaires, avec raclours conventionnels, sont déjà fabriqués et utilisés au Québec. C'est pourquoi ce système fut testé, afin de valider sa performance dans le cadre d'une étude dont les objectifs étaient :

- Établir un bilan massique des phases liquide et solide afin de déterminer l'efficacité de séparation d'un raclour en « V ».
- Évaluer l'efficacité d'un raclour en « V » à concentrer le phosphore et les autres éléments fertilisants dans la fraction solide des déjections.

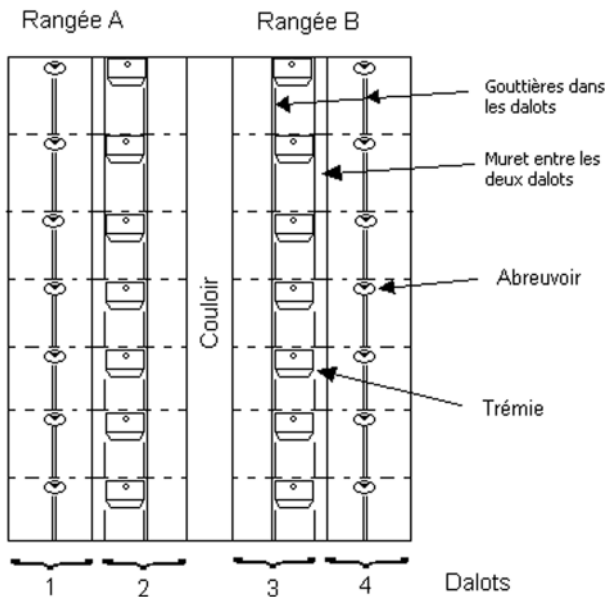
## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1.1. Bâtiment et équipement

Le projet s'est déroulé dans un bâtiment de type naisseur-finisserie de 250 truies appartenant au Michigan State University (East Lansing, Michigan, États-Unis). Les essais ont été réalisés dans deux salles d'engraissement mesurant chacune 10,82 m par 18,08 m. Chaque salle comptait deux rangées de sept enclos de 2,44 m par 4,88 m et 144 porcs. Le plancher était de type caillebotis intégral.

Les enclos était pourvu d'une trémie sèche de type Crystal Spring et d'un bol économiseur d'eau de type Drik-o-mat. Les trémies étaient placées au-dessus du plan incliné du dalot, tandis que les abreuvoirs étaient positionnés au-dessus des gouttières (figure 2). L'installation comportait quatre dalots par salle mesurant chacun 2 m par 18,1 m.

Les pentes longitudinale (0,42 %) et transversale (9 %) du dalot en forme de « V » permettent une séparation par gra-



**Figure 2** - Schéma du positionnement des abreuvoirs et trémies dans la salle

tivité (figure 3). Ainsi, la fraction solide (fèces et aliments gaspillés) est accumulée sur le plan incliné bétonné du dalot et évacuée par un racloir en forme de « V » tandis que le liquide (urine et eau) s'écoule dans le creux du « V ». La pente de plancher du dalot (pente transversale) permet ainsi au liquide de s'écouler en continu vers une conduite encastrée dans le fond du « V » pour être par la suite évacué vers l'extérieur du bâtiment (pente longitudinale).

## 1.2. Déroulement de l'expérimentation

La période d'expérimentation a été de 108 jours, soit du 8 juillet au 24 octobre 2003. Les porcs ont été introduits à un poids moyen de  $17,9 \pm 4,12$  kg et ils ont terminé les essais à un poids moyen de  $111,2 \pm 14,24$  kg. Chaque lot de porcs est entré simultanément dans les deux salles d'engraissement. À leur entrée, les porcelets ont été allotés par rangée d'enclos afin d'avoir le même nombre de porcs (72) et le même poids moyen ( $17,9 \pm 4,12$  kg) pour chacune des rangées.

Hebdomadairement, pour les quinze premières semaines d'expérience, les rejets solides et liquides, produits sur une

période de 24 heures, ont été récupérés séparément grâce à des réservoirs, installés à la sortie de chaque dalot dans chacune des deux salles. Les fractions solide et liquide ont été pesées et des échantillons ont été prélevés à des fins d'analyse. Pour les semaines 1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 13 et 14, un seul échantillon par fraction, par salle a été prélevé. Ceux-ci étaient obtenus en combinant et mélangeant les quatre volumes collectés par salle. Pour les semaines 3, 6, 9, 12 et 15, un échantillon par fraction, par dalot, par chambre était prélevé. À la seizième semaine d'élevage, d'autres essais, ont été effectués sous la rangée A de la chambre 2 seulement. Durant trois jours, les solides et liquides ont été pesés, échantillonnés, et analysés sur trois périodes d'accumulation différentes: 18 h à 6 h, 6 h à 12 h et 12 h à 18 h.

## 1.3. Analyses

L'analyse des échantillons de solides et de liquides pour les seize semaines d'expérimentation a porté sur les éléments suivants : matière sèche (MS), rapport carbone azote (C/N), pH, carbone organique (CO), matière organique (MO), azote total (N), azote ammoniacal ( $N-NH_4$ ), 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). Pour les quinze premières semaines, les analyses ont été effectuées par le laboratoire A&L Great Lake Laboratories inc. (Fort Wayne, Indiana, Etats-Unis). Le laboratoire des sols de l'IRDA (Sainte-Foy, Québec, Canada) a été responsable de l'analyse des échantillons de la seizième semaine.

Pour chaque phase, un bilan massique a été réalisé afin d'établir l'efficacité de séparation des différents éléments dans la phase solide selon l'équation suivante :

$$Eff (\%) = \frac{M_{Solide} \times C_{Solide}}{M_{Solide} \times C_{Solide} + M_{Liquide} \times C_{Liquide}} \times 100 \quad (1)$$

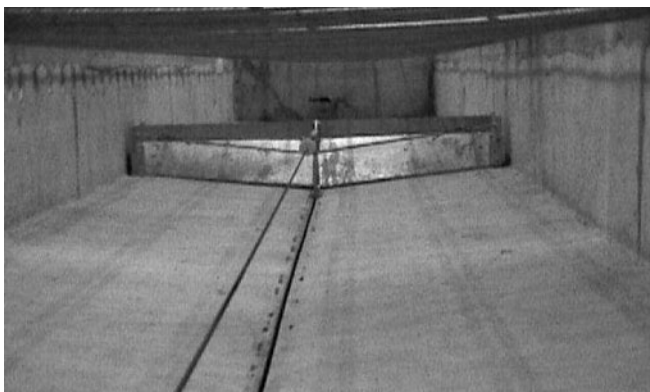
où : *Eff.* : Efficacité de séparation dans la fraction solide (%)

$M_{Solide}$  : Masse humide de la fraction solide (kg)

$C_{solide}$  : Concentration de l'élément analysé dans la fraction solide (mg/kg)

$M_{Liquide}$  : Masse humide de la fraction liquide (kg)

$C_{Liquide}$  : Concentration de l'élément analysé dans la fraction liquide (mg/kg)



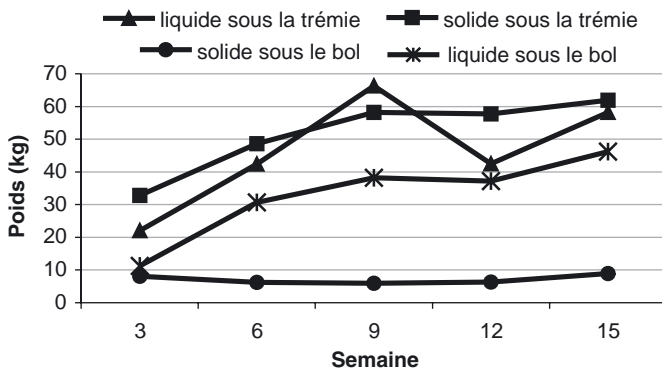
**Figure 3** - Vue du dalot et du racloir en « V » installés au Michigan State University

## 2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

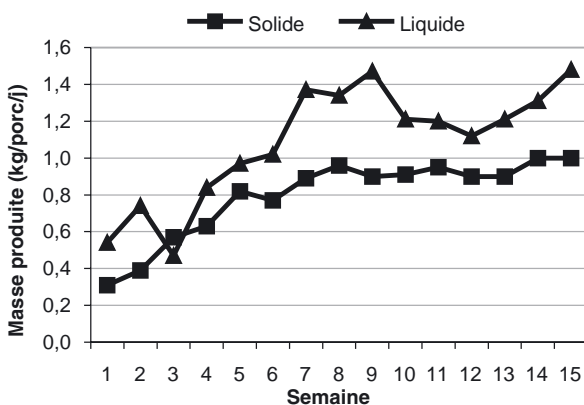
### 2.1. Quantité moyenne de déjections solides et liquides rejetées

Dans cette étude, les fractions solide et liquide représentent respectivement 42,3 % et 57,7 % de la masse totale des déjections. Il est important de noter que ces fractions ne contiennent pas les eaux de lavage et les précipitations car elles ont été recueillies à l'extrémité du dalot.

L'utilisation de deux dalots par rangée d'enclos, un en dessous des trémies et l'autre sous les abreuvoirs (figure 2) a permis de montrer que la zone privilégiée de déjections se retrouve sous les trémies (figure 4). D'autre part, la quantité de solide dans les dalots situés sous les bols d'eau demeure constante malgré la croissance des porcs. Finalement, autour de la semaine 12, une baisse de la production de déjections a été observée ce qui peut s'expliquer par une température extérieure plus froide jumelée à une diminution de la consommation d'eau (figures 4 et 5).



**Figure 4** - Quantité moyenne pondérée de solide et de liquide produits dans les dalots sous les trémies et les bols à eau



**Figure 5** - Production quotidienne moyenne de solide et de liquide sur 15 semaines

Avec l'augmentation du poids des porcs, la production de déjections a augmenté en passant de 0,31 à 1,00 kg/porc/jour pour la phase solide et de 0,54 à 1,48 kg/porc/jour pour la phase liquide (figure 5). Sur une période de 108 jours, un porc a produit en moyenne 85,8 kg de solide et 117,2 kg de liquide. Ainsi, la production de solide et de liquide combinée a été de 1,87 kg/porc/jour alors qu'au Québec, GRANGER et COURNOYER (1999) ont évalué que les porcs produisaient

3,3 kg/porc/jour. Cette différence s'explique surtout par le fait que les déjections recueillies au Michigan ne contenaient pas d'eaux de lavage. Également, d'autres explications résident par l'économie d'eau liée à l'utilisation de bols économeurs d'eau et par une bonne conversion alimentaire.

### 2.2. Caractéristiques des fractions solides et liquides

La phase liquide contenait de l'azote, surtout sous forme ammoniacale, et elle contenait une bonne proportion de potassium. Cette phase liquide avait une concentration moyenne en éléments fertilisants bien inférieure à celle du solide. Les concentrations en métaux, phosphore, azote total, carbone organique et matière organique étaient plus élevées dans la phase solide (tableau 1). Le rapport (C/N) de la fraction solide a varié entre 7,4 et 13,1 lors des essais. Pour la phase solide, les coefficients de variation de la concentration des éléments fertilisants majeurs soit l'azote total, le phosphore et le potassium étaient de 10,9 %, 16,5 % et 15,8 % respectivement. Pour les mêmes éléments fertilisants contenus dans la fraction liquide, les coefficients de variation de la concentration étaient de 21,0 %, 52,3 % et de 18,8 % respectivement. Le coefficient de variation plus élevé dans le cas du phosphore dans le liquide peut s'expliquer par la variation substantielle de la consommation d'eau par les porcs influençant ainsi le taux de dilution de l'urine. Par ailleurs, une production accrue d'urine a pu favoriser le lessivage du solide accumulé dans le dalot.

### 2.3. Impact de la période de la journée sur les caractéristiques des fractions solide et liquide

Dans l'ensemble, la période d'accumulation de la fraction solide dans le dalot n'a pas eu d'influence sur la teneur en matière sèche ni sur la concentration en éléments fertilisants, que ce soit dans la fraction solide ou dans la fraction liquide. De plus, l'efficacité d'isolement des éléments fertilisants dans les deux phases a été similaire pour les trois périodes d'accumulation.

Lors des essais de la seizième semaine, il a été mesuré que 69,8 % de la production de solide et de liquide s'effectue entre 6 h et 18 h. Ceci semble en lien direct avec le patron de consommation journalière des porcs qui, bien que non mesurée dans cette étude, soit typiquement diurne. De plus, la masse de liquide et de solide représentait respectivement 56,1 % et 43,9 % des déjections produites sur l'ensemble d'une journée (tableau 2).

### 2.4. Efficacité de séparation

En moyenne, le système de racler en « V » a permis de concentrer 91 % du phosphore, 66 % de l'azote total, 60 % du potassium et environ 95 % des métaux lourds dans la fraction solide (tableau 3).

L'efficacité de séparation moyenne du phosphore dans la fraction solide a été relativement constante tout au long des essais. Cette constance est aussi remarquée dans le cas du potassium. Par contre, avec l'augmentation du poids des

**Tableau 1** - Concentration moyenne pondérée en éléments fertilisants dans les fractions solides et liquides sur une base humide

	MS	CO	MO	N <sub>total</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	%	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Solide	33,7	167,6	286,4	16,0	4,05	14,46	10,06	1,52	2,83	6,42	1,61	185,0	10,6	36,3	658,7	72,9	332,2
Liquide <sup>1</sup>	2,5	8,1	14,0	6,0	5,02	1,07	4,95	0,68	0,19	0,29	0,71	7,4	6,7	1,4	25,6	2,1	8,1

<sup>1</sup> ne sont pas incluses : eaux de lavage et précipitations

**Tableau 2** - Production moyenne de déjections pour trois périodes journalières

Période d'accumulation	Fraction liquide (kg)	Fraction solide (kg)	Fraction solide + liquide (kg)
06:00 à 12:00	23,26	16,96	40,22 (27,3 %)
12:00 à 18:00	35,59	27,16	62,75 (42,5 %)
18:00 à 06:00	29,90	20,68	44,58 (30,2 %)
Total	82,75 (56,1 %)	64,80 (43,9 %)	147,55 (100 %)

**Tableau 3** - Efficacité de séparation des éléments fertilisants contenus dans les fractions solides

	CO	MO	N <sub>total</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	S	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Efficacité moyenne (%)	94	94	66	37	91	60	62	92	94	62	98	81	98	98	99	99
Écart-type (%)	1,9	0,9	6,0	7,2	3,8	4,5	8,2	2,0	1,7	7,3	3,9	18,4	2,5	2,0	1,5	1,3

porcs, la proportion moyenne d'azote total et d'azote ammoniacal dans la fraction solide tend à diminuer en passant de 79,4 à 56,7 % et de 55,5 à 28,6 % respectivement (figure 6). La teneur moyenne en matière sèche dans la fraction solide a été de  $33,7 \pm 2,09$  % et celle de la fraction liquide a été de  $2,5 \pm 0,39$  %. L'analyse de la figure 6 suggère que le poids des porcs et la composition alimentaire influence la composition (MS, N, N-NH<sub>4</sub> et P) des phases liquide et solide des déjections animales. Une analyse exhaustive future est requise afin d'être en mesure de connaître les facteurs responsables de ces variations.

## 2.5. Impact sur les coûts de construction

Une estimation des coûts d'investissement pour la construction d'un nouveau bâtiment d'engraissement de 1 000 places a été effectuée. Deux scénarios de construction

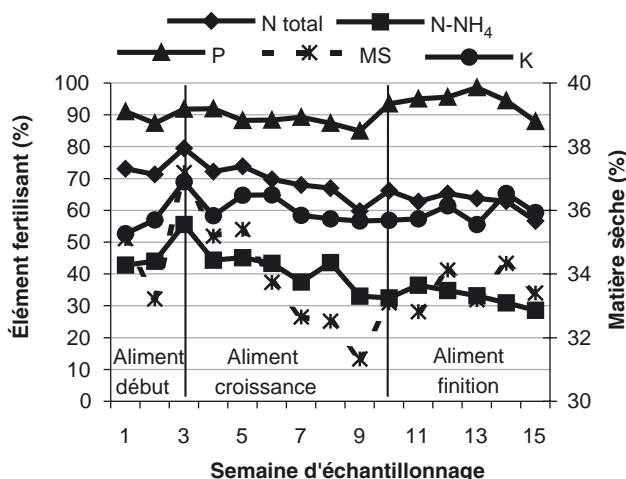
sont présentés, soit la construction d'un engraissement avec racloir conventionnel et d'un engraissement avec racloir en « V ». L'évaluation considère seulement les postes de dépenses pour lesquels il y a une différence de coûts entre les deux types de bâtiments. Les hypothèses de calculs sont identifiées dans l'étude de HAMEL et al (2004). Selon l'estimé, le système de racloir en « V » a un coût de construction supplémentaire de 37,81 \$/place-porc (24,13 €/place-porc, 29/09/2004) comparativement au système conventionnel (tableau 4).

## 2.6. Impact sur la dose d'application et les superficies d'épandage

Pour la situation du Québec, une évaluation de l'impact du système de racloir en « V » sur la planification de la fertilisation, dans le cas d'un engraissement de 1 000 places, a été réalisée à titre d'exemple. Sur la base des hypothèses présentées dans l'étude de HAMEL et al (2004), la dose d'épandage de la fraction liquide serait trois fois plus élevée que celle du lisier conventionnel pour cette ferme type. Toutefois, pour éviter le ruissellement la dose pourrait être inférieure selon la saturation en eau et le type de sol. De plus, en supposant que toute la fraction solide serait exportée vers des usines de compostages ou d'autres terres agricoles, la superficie requise pour l'épandage pourrait ainsi être de quatre à cinq fois moindres que celle nécessaire pour épandre du lisier.

## CONCLUSION

Les résultats issus de la présente étude, portant sur le séparateur fèces-urine de type racloir en « V », ont permis de confirmer les résultats bibliographiques (efficacité de séparation et composition des sous-produits). Le transfert de cette technologie est en cours au Québec dans différents bâtiments commerciaux d'engraissement afin d'évaluer l'aspect



**Figure 6** - Proportions moyennes pondérées d'éléments fertilisants contenus dans la fraction solide et sa teneur en matière sèche moyenne pondérée.

**Tableau 4** - Coûts comparatifs entre deux types de bâtiments d'engraissement de 1 000 places (racloirs conventionnels vs racleurs en « V »)

Type de bâtiment	Racloir standard \$/place (€/place) <sup>1</sup> A	Racloir en « V » \$/place (€/place) B	Différence \$/place (€/place) B - A
<b>Section bâtiment</b>			
Béton	64,00 (40,84)	70,25 (44,83)	6,65 (3,99)
Tuyau	2,44 (1,56)	4,36 (2,78)	1,92 (1,22)
Excavation	9,85 (6,29)	10,92 (6,97)	1,07 (0,68)
<b>Section équipement</b>			
Racleurs	9,36 (5,97)	14,15 (9,03)	4,79 (3,06)
Racleurs à chaîne	0,00 (0,00)	11,53 (7,36)	11,53 (7,36)
<b>Fosse</b>	61,32 (39,13)	50,25 (32,06)	-11,07 (- 7,07)
<b>Plateforme (solide)</b>	0,00 (0,00)	19,17 (12,23)	19,17 (12,23)
<b>Ingénierie</b>	7,25 (4,63)	11,00 (7,02)	3,75 (2,39)
<b>Total</b>	155,22 (99,05)	192,03 (122,53)	37,81 (23,48)

<sup>1</sup> Taux de change en vigueur le 29/09/2004

technico-économique. Par ailleurs, des essais conduits au printemps 2004 par l'IRDA permettront d'évaluer l'impact sur les émissions de gaz et d'odeurs de différents systèmes de séparations à la source comparativement à une gestion conventionnelle du lisier.

## REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée grâce au support financier des partenaires suivants : le Conseil pour le développement de

l'agriculture du Québec, la Fédération des producteurs de porcs du Québec, l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec et La Coop fédérée. Nous tenons à remercier le Michigan State University (MSU) qui a été partenaire financier et l'hôte de ce projet. Merci également à Robert von Bernuth, Jeff Hill et Erin Henderson du MSU et à Dominique Hamel pour leur implication dans le projet et leur contribution dans la réalisation des essais conduits au MSU.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOUTIN F., RICHARD S., 2002. Porc Québec, 13(4), 28-32.
- CDPQ. 1999. Coup d'œil – La production porcine au Québec. Statistiques sur la production porcine au Québec. 20 p.
- ELMER K.A., RIMBACH C.A., BOTTCHE R.W., HUMENIK F.J., CLASSEN J.J., RICE J.M., VAN KEMPEN T.A., VAN HEUGTEN E., ZERING K.D., GREGORY J., HARDESTY J., 2001. In "Proc. 6<sup>th</sup> Livestock environment Conference". 749-757. ASAE, St. Joseph, MI.
- GILBERTSON C.B., SCHULTE D.D., CLANTON C.J., 1987. Transactions of the ASAE. 30(1), 202-206.
- GODBOUT S., JONCAS R., POULIOT F., 2002. Séparation des lisiers à la source. Rapport de mission au Michigan State University, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), Québec, Canada, septembre, 13 p.
- GRACIAN C. 2000. Techni Porc, 23(3), 7-16.
- GRANGER F., COURNOYER M., 1999. Porc Québec, 10(3), 43-44.
- HAMEL D., POULIOT F., LEBLANC R., GODBOUT S., VON BERNUTH R.D., HILL J., 2004. Évaluation technico-économique d'un système de séparation liquide-solide des déjections à la source dans un bâtiment porcin et les impacts sur l'environnement. Rapport d'étape. Centre de développement du porc du Québec inc., Ste-Foy, Québec, Canada.
- HENDRIKS, H.J.M., WEERHOF A.M., 1999. Dutch notes on BAT for pig and poultry intensive livestock farming. Ministry of housing, spatial planning and the environment, MANMF, 52 p.
- JONGEBREUR A.A., 1981. In "Environmental aspects of housing for animal production." 431-436. Clark JA. éd., Butterworths, London, 511 p.
- KROODSMA W., 1986. J. Agric. Eng. Res., 34, 75-84.
- MARCHAL P., 2002. In "3<sup>e</sup> colloque sur les bâtiments porcins – Le bâtiment porcin en évolution!" 23-36. 20 mars, CRAAQ, Ste-Foy, Qc.
- OGINK, N.W.M., WILLERS H.C., AARNINK A.J.A., SATTER I.H.G., 2000. In "Swine Housing, Proc. of the 1<sup>st</sup> Int. Conference". 253-259. Oct. 9-11, Des Moines, Iowa, ASAE, St. Joseph, MI.
- TENGMAN C.L., 1995. Gravitational liquid-solid separation immediately below slats concentrating swine manure phosphorus in solids. Master thesis submitted to Michigan State University, Department of Agricultural Engineering.
- VAN KEMPEN T., KASPERS B., BRUNETTE P., VAN KEMPEN M., KOGER J.B., 2003. In "Swine housing II. Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Conference". 159-165. ASAE, St. Joseph, MI.
- VOERMANS J.A.M., POPPEL F., 1993. In "Proc. 4<sup>th</sup> Livestock environment Conference". 431-436. ASAE, St. Joseph, MI.
- VON BERNUTH R.D., 2001. Resource, Engineering and technology for a sustainable world, 8(9), 9-10.