

Évaluation d'un système de courroie permettant de limiter le mélange fèces-urine sous le caillebotis chez la truie en gestation : bilan de masse et caractérisation des sous-produits

Francis POULIOT (1), Valérie DUFOUR (1), Stéphane GODBOUT (2), Bertrand LECLERC (3), Louise-Andrée LAROSE (4), Maryse TRAHAN (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) Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Direction régionale de la Chaudière-Appalaches (MAPAQ), 675 route Cameron, bureau 100, Sainte-Marie, Québec, Canada, G6E 3V7

(4) Fertior, coopérative de fertilisation organique, 1741 rue Saint-Georges, Saint-Bernard, Québec, Canada, G0S 2G0

fpouliot@cdpqinc.qc.ca

Évaluation d'un système de courroie permettant de limiter le mélange fèces-urine sous le caillebotis en gestation : bilan de masse et caractérisation des sous-produits

L'objectif du projet était d'évaluer l'efficacité d'un système de courroie permettant de séparer les fèces et l'urine sous le caillebotis. Pendant quatre semaines consécutives, les essais ont été réalisés dans une salle de gestation contenant 388 truies et deux systèmes de courroie. Les expérimentations réalisées ont permis de caractériser la composition des fractions solide et liquide. Le système a permis en moyenne de concentrer 94 % du phosphore, 31 % de l'azote total, 9 % de l'azote ammoniacal, 25 % du potassium, 85 % de la matière sèche, 93 % de la matière organique et plus de 88 % des métaux (Al, Cu, Fe, Zn) dans une fraction solide dont la teneur en matière sèche a été de 28 %. La fraction solide représentait 8 % de la masse totale des déjections. La teneur en éléments du solide n'a pas été affectée par la fréquence de vidange (24 h vs. 72 h).

Selon les normes de fertilisation québécoises, basées principalement sur le phosphore, la valorisation de la fraction liquide requiert 46 % moins de superficie de terres cultivables pour un sol riche en phosphore. L'effet sur la trésorerie, lié aux investissements et aux coûts d'opération supplémentaires du système dans le présent projet, par rapport à un système conventionnel, varie de 6 052 \$ à 9 393 \$ (4 176 € à 6 481 €, 15/09/2005) annuellement.

Efficacy of a conveyor belt system to separate urine and feces beneath the slatted floor in gestation barns: mass balance and by-product characterization

This project focused on evaluating the efficacy of a conveyor belt system with the objective of separating urine from feces under the slatted floor. Over a period of four consecutive weeks, tests were performed in a gestation room containing 388 sows and two belt systems. The tests performed permitted the characterization of solid and liquid fraction composition. During the trials, on average, the system permitted the concentration of 94 % of the phosphorus, 31 % of the total nitrogen, 9 % of the ammonia nitrogen, 25 % of the potassium, 85 % of the dry matter, 93 % of the organic matter and more than 88 % of the metals (Al, Cu, Fe, Zn) in a solid fraction having 28 % dry matter content. The solid fraction represented 8 % of the total mass of excrement. The concentration of fertilization elements in the solid was not affected by the frequency of excrement evacuation (24 hr vs. 72 hr).

According to Quebec fertilization norms which are based mainly on phosphorus, spreading the liquid fraction would require about 46 % less cultivable land area (soil with a high phosphorus concentration). The capital and operation costs of a belt system versus a conventional system, for a gestation barn of 388 sows, were evaluated at between \$6,052 and \$9,393 (€4176 to €6481, 15/09/2005) more annually.

INTRODUCTION

Dans la province de Québec (Canada), des exigences réglementaires plus sévères d'ici 2010 font que plusieurs exploitations porcines québécoises se retrouveront en surplus de lisier et devront rechercher des solutions permettant de se départir du phosphore excédentaire par des voies alternatives à l'épandage du lisier. Pour résoudre cette problématique, plusieurs approches ont été étudiées, dont celle de la séparation de phases sous le caillebotis avec un système de courroie perforée.

L'intérêt d'isoler les fèces de l'urine sous le caillebotis provient du fait que 94 % du phosphore se retrouve dans les fèces, alors que l'urine n'en contient seulement que 6 % (von Bernuth, 2001). Plusieurs chercheurs ont expérimenté des systèmes de courroie différents en engraissement, mais aucun en gestation. Selon van Kempen et al. (2003), Marchal (2002) et Elmer et al. (2001), différents systèmes de courroie sous caillebotis en engraissement ont permis de séparer de 91 % à 93 % du phosphore, de 26 % à 55 % de l'azote et de 45 % à 58 % du potassium dans une phase solide ayant une teneur en matière sèche variant de 25 % à 52 %.

L'objectif principal de ce procédé est de concentrer le phosphore, dans une fraction solide ayant le plus petit volume possible. Peu volumineux, le solide peut être transporté sur une plus grande distance vers des champs ou être expédié vers des centres de compostage ou des usines régionales de traitement.

Quant à la phase liquide, beaucoup plus pauvre en phosphore mais contenant une bonne proportion d'azote, elle peut être appliquée sur une plus petite surface de terre. Aux Pays-Bas, une expérimentation effectuée par Kroodsma (1986) avec un système de séparation fèces-urine, a démontré que l'application d'urine sur les prairies permettait une augmentation des apports de 35 à 50 % par rapport au lisier conventionnel. Au Québec, selon Hamel et al. (2004), avec un système de séparation fèces-urine en engraissement, l'épandage du liquide nécessiterait quatre à cinq fois moins de superficie de terre (culture de maïs grain et sol moyennement riche en phosphore). Par ailleurs, la phase liquide peut servir d'intrant à un procédé de traitement.

Toutefois, à ce jour, aucune donnée sur les performances d'un système à courroie sous caillebotis ne semble disponible dans la littérature pour les salles de gestation. Par contre, lors d'essais exploratoires effectués dans la même salle de gestation que le présent projet, Larose et Trahan (2004) ont mesuré que le système de courroie a permis de concentrer en moyenne 91 % du phosphore, 30 % de l'azote total et 27 % du potassium dans une fraction solide ayant une teneur en matière sèche de 29 %.

Étant donné l'applicabilité du système dans les bâtiments porcins québécois et les performances attendues, la courroie sous caillebotis apparaît intéressante pour résoudre la problématique du phosphore. La présente étude avait donc pour

but de valider la performance du système. Plus spécifiquement, les objectifs étaient :

- Établir un bilan massique des phases liquide et solide afin de déterminer l'efficacité de séparation d'un système d'isolement des fèces avec courroie sous caillebotis en gestation ;
- Caractériser le contenu des fractions solide et liquide en éléments fertilisants ;
- Évaluer l'efficacité du système à isoler le phosphore et les autres éléments fertilisants dans la fraction solide ;
- Évaluer l'impact agronomique de la gestion des fractions solide et liquide ;
- Évaluer l'impact économique relatif à l'implantation du système de courroie en gestation.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Bâtiment et équipement

Les essais ont été réalisés au Québec dans une salle de gestation contenant quatre rangées de cages et 388 places. La salle mesurait 12,19 m de large par 60,96 m de long et comportait deux dalots de 2,13 m par 60,35 m.

Dans chaque dalot, un convoyeur à courroie perforée était installé directement sous le caillebotis (Figure 1). Les deux courroies de polypropylène de 2,13 m par 60,35 m permettaient de recueillir la fraction solide des déjections. La fraction liquide s'écoulait dans le fond du dalot, grâce à trois rangées de trous au centre de la courroie et à sa forme en « V » très peu prononcée. Le dalot permettait une accumulation du liquide et était vidangé par un système de drainage gravitaire. Le solide était transporté par le convoyeur à courroie jusqu'à une extrémité du bâtiment, pour être évacué vers l'extérieur du bâtiment à l'aide d'un second système de convoyeur à courroie.



Figure 1 - Système de courroie séparant les fèces et l'urine sous le caillebotis

1.2. Déroulement de l'expérimentation

La durée d'expérimentation a été de quatre semaines, soit du 2 au 29 novembre 2004. Lors de l'expérimentation, les rejets solides sur chaque courroie ont été récupérés cinq fois par semaine (lundi au vendredi). Les rejets solides, accumulés durant 24 h la semaine et 72 h les fins de semaines, ont été pesés et échantillonnés pour chaque courroie. Chaque

lundi matin, la quantité de liquide accumulée pendant sept jours était mesurée et échantillonnée.

1.3. Analyses

Les éléments suivants ont été analysés dans les échantillons de solides et de liquides : teneur en matière sèche (MS), rapport carbone/azote (C/N), pH, carbone organique (CO), matière organique (MO), azote total (N), azote ammoniacal (N-NH₄), phosphore (P), potassium (K), calcium (Ca), magnésium (Mg), sodium (Na), aluminium (Al), bore (B), cuivre (Cu), fer (Fe), manganèse (Mn) et zinc (Zn).

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

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

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 de la fraction liquide (kg)

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

1.4. Statistique

Un test de T a été effectué sur les concentrations des différents éléments dans la fraction solide afin de comparer les deux courroies en fonction des fréquences de fonctionnement (24 vs. 72 h) (SAS, 1999). Toutefois, il faut demeurer prudent dans l'interprétation des résultats de ce test puisqu'il n'y avait qu'une seule unité expérimentale par traitement.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Quantité moyenne de déjections solides et liquides rejetées

En moyenne, la masse de déjection collectée a été de 1,06 ± 0,05 kg/truie/jour pour la fraction solide et de 11,86 ± 0,28 kg/truie/jour pour la fraction liquide, pour un total de 12,92 kg de déjections par truie par jour. Au cours des quatre semaines, la quantité de solide et de liquide pro-

duite par jour a été constante. La fraction solide correspondait en moyenne à 8 % de la quantité totale des déjections collectées.

2.2. Efficacité d'isolement globale moyenne des éléments fertilisants

L'efficacité d'isolement des éléments fertilisants fut constante durant l'expérimentation. Le système de courroie a permis, en moyenne, de concentrer 94 % du phosphore dans la fraction solide (Tableau 1). Plusieurs études ont également mesuré une efficacité au-delà de 90 % avec le principe de séparation sous caillebotis (Larose et Trahan, 2004 ; Hamel et al., 2004 ; van Kempen et al., 2003 ; Marchal, 2002 ; Elmer et al., 2001)

Le système a permis de retenir 31 % de l'azote total dans la fraction solide (Tableau 1). Ce taux correspond aux résultats obtenus par Elmer et al. (2001) et Larose et Trahan, (2004). Toutefois, ce résultat diffère de celui des études de Marchal (2002) et Hamel et al. (2004) avec respectivement 55 et 66 % de capture dans la fraction solide ; mais, dans ces deux cas, les résultats ont été obtenus avec des porcs charcutiers.

Tout comme dans l'étude de Larose et Trahan (2004), 25 % du potassium s'est retrouvé dans la fraction solide (Tableau 1). Toutefois, ceci diffère des résultats obtenus par Elmer et al. (2001), Marchal (2002) et Hamel et al. (2004) avec respectivement 58, 45 et 60 %. Le résultat obtenu peut s'expliquer par le fait qu'il puisse y avoir des différences entre les truies et les porcs charcutiers (physiologie, alimentation...) qui influencent l'efficacité de séparation du potassium. Par ailleurs, 93 % de la matière organique, plus de 88 % des métaux, exception faite du bore et du sodium, et 85 % de la matière sèche se sont retrouvés dans la fraction solide.

2.3. Efficacité d'isolement et concentration en fonction de la fréquence de vidange

La fréquence de vidange a eu très peu d'impact sur la concentration en éléments dans la fraction solide. En fait, seule la fraction solide recueillie après 72 heures d'accumulation montre une concentration en azote ammoniacal (2,21 g/kg) significativement plus élevée (P<0,05) que celle recueillie après 24 heures d'accumulation (1,79 g/kg) et ce, sur une base de matière sèche. Par contre, la concentration en azote total n'a pas été significativement différente (11,2 vs. 12,2 g/kg respectivement pour 24 et 72 h). La minérali-

Tableau 1 - Efficacité globale* moyenne d'isolement des éléments fertilisants dans les fractions solide et liquide

	P	N_{total}	NH₄-N	K	Mg	Ca	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	CO	MO	MS
Fraction	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Solide	94	31	9	25	93	97	15	88	19	91	97	100	97	93	93	85
Liquide	6	69	91	75	7	3	85	12	81	9	3	0	3	7	7	15

* basée sur 3 semaines d'essais

sation de l'azote organique et l'augmentation du rapport $N-NH_4/N_{total}$ lors de l'entreposage pourraient expliquer ce phénomène (Coillard, 1996 ; cité par Levasseur, 1999). Une partie de l'azote organique des fèces pourrait s'être hydrolysée permettant au processus d'ammonification de s'amorcer.

Aucune autre différence significative dans les concentrations en éléments ou les teneurs en matière sèche n'a été observée en fonction de la fréquence de vidange. Par contre, selon Kaspers et al., (2002), plus les fèces demeurent longtemps sur la courroie, plus la teneur en matière sèche risque d'être faible, car les fèces nuisent alors à l'écoulement de l'urine sur la courroie.

Tableau 2 - Concentration des éléments fertilisants pour chaque fraction sur une base humide¹

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

¹ eaux de lavage et précipitations exclues

2.4. Concentrations des différentes fractions

La teneur en matière sèche moyenne des fractions solide et liquide a été de 28,16 ± 3,65 % et 0,42 ± 0,02 % respectivement (Tableau 2). La fraction solide est surtout concentrée en phosphore, en azote total, en matière organique et en métaux. Dans la phase liquide, la concentration en matière organique est faible, l'azote s'y trouve en majorité sous forme ammoniacale et elle contient une bonne proportion de potassium. Les concentrations en azote, phosphore et potassium obtenues dans le solide et le liquide sont du même ordre de grandeur que celles obtenues par Larose et Trahan (2004).

2.5. Impacts sur la dose d'application et les superficies d'épandage

Le potentiel agronomique des deux fractions issues de la séparation des déjections a été évalué à partir des données (N et P) présentées au tableau 2. Toutefois, les concentrations dans la fraction liquide ont été corrigées pour tenir compte de la dilution par les précipitations dans la fosse extérieure. Le volume d'eau de lavage dans le lisier n'a pas été considéré car il est peu fréquent de laver en gestation au Québec.

Le tableau 3 résume l'impact de la richesse du sol et du type de lisier valorisé sur les superficies requises pour respecter les normes de fertilisation du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ, 2003) ainsi que les normes réglementaires québécoises (2010). Pour le besoin des calculs, une rotation de culture de soya, maïs-grain et d'orge a été considérée. Sur les sols pauvres et moyens en phosphore, l'épandage du lisier recomposé est restreint en premier par la dose hydrique applicable mais suivi de très près par la teneur en azote total. Pour les sols riches en phosphore, le phosphore constitue le facteur limitant.

La fraction liquide ne réduit les superficies que de 7 % par rapport à la valorisation du lisier recomposé en sol pauvre et moyen en phosphore car la dose appliquée est limitée par la dose hydrique maximale applicable. Cette dose tient compte

Tableau 3 - Impact de la richesse des sols en phosphore et du type de lisier sur les superficies requises pour respecter les normes réglementaires québécoises de 2010

Sol	Lisier recomposé ¹			Fraction liquide			% de réduction des superficies
	Superficie requise (ha)	Dose appliquée (m ³ /ha)	Limite à l'épandage	Superficie requise (ha)	Dose appliquée (m ³ /ha)	Limite à l'épandage	
Pauvre ²	61	35	Dose hydrique	57	35	Dose hydrique	7
Moyen ³	61	35	Dose hydrique	57	35	Dose hydrique	7
Riche ⁴	105	20	P ₂ O ₅	57	35	Dose hydrique	46

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

² sol pauvre : teneur en phosphore de 61 à 90 kg/ha

³ sol moyen : teneur entre 151 et 250 kg/ha de phosphore, taux de saturation en phosphore entre 5 et 10

⁴ sol riche : teneur en phosphore de 501 kg/ha et plus

Tableau 4 - Comparaison des coûts entre une gestion conventionnelle et à courroie pour une gestation de 388 places

	Gestion conventionnelle €	Gestion avec courroie séparatrice €	Différence €
Équipements			
Racloir	3 542	-	-3 542
Convoyeur à courroie	-	23 990	23 990
Convoyeur à chaîne	-	8 247	8 247
Frais professionnels	3 795	3 795	-
Sous-total pour équipements	7 337	36 032	28 695
Structure d'entreposage			
Abri à solide, 250 j de capacité	-	28 376	28 376
Frais professionnels	-	2 415	2 415
Sous-total pour structure	0	30 791	30 791
Autres frais²	-	152	152
Total	7 337	66 975	59 638
Coût par place	19	173	154

¹ Taux de change du 15 septembre 2005, multiplier par 1,4493 pour convertir en dollar canadien

² Consultation d'un club agroenvironnemental de fertilisation

Tableau 5 - Analyse financière relative à la présente étude pour 388 truies en gestation

	Gestion conventionnelle €	Gestion avec courroie	
		Centre de traitement €	Entente d'épandage €
Investissements			
Équipements, bâtiment, entreposage	7 337	66 975	66 975
Frais variables			
Entretien - ouvrages et bâtiment	-	397	397
Entretien - équipements, énergie, assurance	174	1 577	1 577
Épandage du lisier brut ¹	8 752	-	-
Épandage (fraction liquide) ²	-	3 456	3 456
Transport du solide vers un receveur ³	-	598	362
Entrée à un site de compostage ⁴	-	2 070	-
Taxes foncières nettes	0	86	86
Total :	8 926	8 183	5 878
Financement			
Annuités liées aux rénovations ⁵	1 023	7 224	7 224

¹ Transport et épandage de 2 114 m³ au coût actuel moyen de 4,14 €/m³ sur la ferme étudiée.

² L'épandage est effectué à forfait à proximité au coût de 1,76 €/m³.

³ Le coût du transport vers le site de compostage est de 4 €/m³. Pour les ententes d'épandage, le coût du transport a été fixé à 2,42 €/m³.

⁴ Le coût a été fixé à 13,80 €/m³ mais il pourrait varier de manière importante.

⁵ Aucune mise de fond ne fut appliquée, durée d'emprunt pondérée à 15 ans à 7 % d'intérêt.

de la fréquence des passages aux champs durant l'année (Tableau 3). En condition de sols riches en phosphore, l'impact sur la réduction des superficies requises est plus important, soit de l'ordre de 46 %, mais la dose hydrique applicable demeure limitative pour la fraction liquide. Par conséquent, pour réduire les superficies de terre requises, l'installation d'une toiture sur la fosse serait appropriée.

3. IMPACTS ÉCONOMIQUES

3.1. Les investissements

Dans le cas de la présente étude, le coût en équipements du système de courroie s'élève à 36 032 € (Tableau 4). Des frais de 30 791 € s'ajoutent pour la construction d'un abri

Tableau 6 - Impact du système de courroie sur la trésorerie de l'entreprise étudiée

	Gestion AVANT projet	Gestion avec courroie	
	€	Centre de traitement	Entente d'épandage
		€	€
Frais variables	8 926	8 183	5 878
Annuités liées au projet	-	7 224	7 224
Total	8 926	15 407	13 102
Impact sur la trésorerie :	Témoin	6 481	4 176

pour entreposer la fraction solide. Par rapport à une gestion conventionnelle du lisier, le système de courroie engendre un coût d'investissement supplémentaire de 59 638 €, soit 154 € par place-truie.

3.2. L'analyse financière : budget partiel

L'analyse du tableau 5 a comme objectif d'estimer et de comparer l'impact sur la trésorerie qu'engendre une gestion solide-liquide avec un système de courroie par rapport à une gestion avec lisier conventionnel en gestation. De plus, deux scénarios de gestion de la fraction solide sont considérés (centre de traitement et entente d'épandage). Ce tableau permet de noter une différence appréciable au niveau des investissements requis entre la gestion avec courroie (66 975 €) et la gestion conventionnelle avec raclettes (7 337 €). Pour les frais variables, ceux-ci baissent légèrement, passant de 8 926 € à 8 183 € avec le système de courroie si le solide est expédié vers un centre de traitement. Si le solide est valorisé par entente d'épandage, ces frais baissent à 5 878 €. Enfin, les paiements annuels en capital et intérêts (annuités) liés au système de courroie (7 224 €/an) sont plus élevés par rapport à une gestion avec raclettes conventionnelles (1 023 €/an).

L'impact sur la trésorerie de l'entreprise étudiée est décrit au tableau 6. Selon ce tableau, le producteur devra s'attendre à déboursier 6 481 € de plus annuellement avec le système de courroie pour la gestion de ses fumiers comparativement à la gestion conventionnelle. Cet effet négatif sur la trésorerie est dû principalement au faible gain sur les coûts variables combiné aux paiements supplémentaires importants en capital et intérêts. Dans l'éventualité où l'entreprise aurait recours

à des ententes d'épandage, cette hausse de coût est amoindrie à 4 176 €/an.

CONCLUSION

Le présent projet visait à évaluer l'efficacité de séparation d'un système à courroie sous caillebotis en gestation. Pour ce stade de production, les résultats de la présente étude, en conformité avec des études antérieures, démontrent la possibilité de concentrer 94 % du phosphore, dans une très petite masse de solide (8 %), dont la teneur en matière sèche est de (28 %). Ceci permet donc de composter la phase solide ou de la transporter à moindre coût. Toutefois, les sous-produits issus du système possèdent des propriétés agronomiques distinctes nécessitant un contexte de valorisation approprié pour chacun. Dans le futur, un suivi devra être fait afin de connaître la durabilité du système. De plus, afin d'évaluer le potentiel de cette technologie sur la qualité de l'air, la mesure des émissions de gaz et odeurs devrait être faite dans le cadre d'une étude ultérieure.

REMERCIEMENTS

Outre l'implication du Centre de développement du porc du Québec inc., cette étude a été réalisée grâce au support financier des partenaires suivants : les Industries et Équipements Laliberté Ltée, le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec, la ferme Porc S.B. inc., le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Direction régionale de la Chaudière-Appalaches, la Fédération des producteurs de porcs du Québec, l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. et Fertior.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), 2003. Guide de référence en fertilisation. 1^{ère} éd. CRAAQ, Ste Foy, Québec. 294 p.
- 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., Hardesty J., 2001. Development of an energy efficient swine building using conveyor belts for manure handling. Proc. 6th Livestock environment Conference, 749-757. ASAE, St-Joseph, MI.
- Hamel D., Pouliot 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, Qc, Canada. 68 p.
- Kaspers B., Koger J., van Kempen T., 2002. Evaluation of a conveyor belt waste collection system for swine: fecal drying efficiency and ammonia emission reductions. North Carolina State University. Annual Swine Report 2002.
- Kroodsma W., 1986. Separation and removal of Faeces and Urine using Filter Nets under Slatted Floors in Piggeries. J. Agric. Eng. Res. 34: 75-84.
- Larose L.A., Trahan M., 2004. Évaluation préliminaire de l'efficacité de séparation d'un système à courroie sous les lattes. Rapport final. Fertior, coopérative de fertilisation organique. St-Bernard, Qc, Canada. 8 p.
- Levasseur P., 1999. Mieux connaître les lisiers de porc. Compositions, volumes et analyses. ITP. France. 32 p.
- Marchal P., 2002. Le système de séparation solide-liquide sous la queue : un choix technologique raisonné. 3^{ème} Colloque sur les bâtiments porcins - Le bâtiment en évolution ! 20 mars, CRAAQ, Ste-Foy, Qc. p. 23-36.
- SAS. 1999. SAS version 8.0, SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- van Kempen T., Kaspers B., Brunette P., van Kempen M., Koger J.B., 2003. Swine housing with a belt for separating urine and feces; key to flexibility ? Swine housing II. Proc. 2nd Int. Conference, 159-165. ASAE, St.Joseph, MI.
- von Bernuth R.D., 2001. Separate ways keeping manure solids and liquids apart benefits transport. Resource, Engineering and technology or a sustainable world, September, Vol. 8. No 9, p. 9-10.