

Caractérisation des lisiers de porcs

I. Volumes, teneurs et charges fertilisantes

*S. SEYDOUX¹, D. CÔTÉ² et M.-O. GASSER¹

Avant-propos

L'établissement des valeurs québécoises de référence en production porcine concernant les volumes de lisier produits et la composition de ceux-ci, de même que l'élaboration d'un protocole simplifié d'échantillonnage (en cours) ont pour origine une vaste étude de caractérisation des lisiers porcins dans la région Chaudière-Appalaches (Seydoux *et al.*, 2005). Ce premier article (Partie I) en présente les principaux résultats relatifs aux volumes, aux teneurs et aux charges en éléments fertilisants caractéristiques des lisiers porcins échantillonnés.

RÉSUMÉ - S. Seydoux, D. Côté, M.-O. Gasser. Caractérisation des lisiers de porcs. Partie I - Volumes, teneurs et charges fertilisantes. *Agrosolutions* 19 (1) : 39-48. En 2001 et en 2002, plus de 135 fosses à lisier de porcs ont fait l'objet d'un échantillonnage composite rigoureux lors de leur vidange, ainsi que de mesures de volume. Les valeurs moyennes des teneurs en éléments fertilisants, de même que celles des volumes et des charges produits annuellement par unité de cheptel, ont été établies pour 54 élevages spécialisés (43 croissances, 5 maternités et 6 pouponnières). Dans les élevages de type croissance, les entreprises utilisant des modes d'abreuvement plus économes en eau (trémies-abreuvoirs et bols économiseurs), consommant moins d'eau de lavage et dont les fosses étaient couvertes produisaient en moyenne moitié moins de lisier (1,35 vs 2,86 m³ par unité de cheptel) que celles où ces équipements et pratiques n'étaient pas utilisés. À la grande variabilité des volumes, inter catégories et intra catégorie, correspondait une variabilité générale et importante des teneurs en MS, N et P₂O₅, sur base humide. Rapportées sur base sèche (BS), les teneurs en éléments fertilisants variaient moins et constituent donc des valeurs de comparaison intéressantes pour situer des résultats d'analyse de lisier. La composition moyenne (BS) des lisiers de porcs en croissance était de 107 kg N/t, 61 kg N-NH₄/t, 55 kg P₂O₅/t et 63 kg K₂O/t, avec des coefficients de variation (CV) moyens de 20, 26, 14 et 27 % respectivement. Pour les charges en N (toutes catégories) et en P₂O₅ (croissance principalement), les résultats obtenus par échantillonnage concordaient assez bien avec ceux obtenus à partir des calculs du bilan alimentaire. En catégorie croissance, les charges en N et en P₂O₅ se situaient respectivement à environ 27 et 15 g/kg de gain de poids. Compte tenu des différences observées entre les élevages, la valorisation raisonnée du lisier par épandage impose

la caractérisation des effluents pour chacune des entreprises. Cette caractérisation, qui implique l'échantillonnage du lisier et une bonne évaluation des volumes produits, devrait en outre être répétée chaque année.

Mots clés : Lisier de porcs, échantillonnage, volumes d'effluents, valeur fertilisante, charges en éléments fertilisants.

ABSTRACT - S. Seydoux, D. Côté, M.-O. Gasser. Pig slurry characterization. Part I - Volume, nutrient contents, total nutrient discharge. *Agrosolutions* 19 (1): 39-48. During 2001 and 2002, more than 135 concrete manure storage facilities receiving pig slurry from controlled herds were monitored and the slurry was sampled using multiple subsampling technique at each manure removal event. Mean nutrient contents and volumes of slurry, as well as the total amount of nutrients produced per animal unit, were determined from 54 pig rearing facilities (43 growers-finishers, 5 farrowings and 6 nurseries). Grower-finisher farms equipped with more efficient drinking and washing systems and having covered manure storage tanks produced half the amount of slurry (1,35 vs 2,86 m³ per animal unit) compared to others. Large variability occurred in volume of slurry, dry matter and N and P₂O₅ contents on a wet basis between and within the three pig categories. When expressed on a dry basis, nutrient contents were more consistent for purpose of comparison. For example, mean nutrient content (dry basis) for grower-finisher category is as follows: 107 kg N/t, 61 kg N-NH₄/t, 55 kg P₂O₅/t and 63 kg K₂O/t, with mean variation coefficients of 20, 26, 14 and 27 %, respectively. Quantities of N (for the 3 pig categories) and P₂O₅ (particularly for grower-finisher pig category) accumulated yearly in the tanks and estimated by the slurry sampling method were well

1. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), 2 700 rue Einstein, Québec (Québec), G1P 3W8, Canada.

*Auteur pour la correspondance : téléphone : 1 418 643-7504, télécopieur : 1 418 644-6855, courriel : sandrine.seydoux@irda.qc.ca .

2. Retraité de l'IRDA depuis 2007.

related to those calculated with the feed nutrient budget. For grower-finisher pigs, accumulated N and P_2O_5 in the manure storages averaged 27 and 15 g/kg of weight gain, respectively. Since variability in slurry nutrient content is important between manure storage facilities, on-site characterization is highly recommended. Moreover, for accurate characterization on a same site, slurry sampling for nutrient content determination should be repeated in time.

Key words: Pig slurry, sampling method, volume of slurry accumulated, nutrient contents and total nutrient discharge.

Introduction

En vertu du règlement sur les exploitations agricoles (REA, MDDEP, 2005), les producteurs de porcs, comme les autres éleveurs, sont tenus de faire analyser chaque année les effluents d'élevage produits par leur entreprise (REA, section IV, art. 28). Ces résultats d'analyses servent à élaborer leur plan agroenvironnemental de fertilisation (PAEF). Les valeurs de référence (volume produit annuellement, teneurs en éléments fertilisants) sont utilisées dans le cas d'une demande de certificat d'autorisation ou d'un avis de projet, pour une augmentation du cheptel ou un nouvel élevage. Elles permettent également aux producteurs de situer la composition des effluents de leur entreprise par rapport aux valeurs moyennes rapportées pour la production.

Les valeurs de référence actuelles en production porcine, diffusées par le Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ, 2007), sont le fruit d'une grande campagne d'échantillonnage des lisiers dans la région Chaudière-Appalaches, amorcée en 2000. Ce projet avait été développé pour répondre au besoin des producteurs de disposer de valeurs spécifiques à leur exploitation pour la réalisation des PAEF et des « bilans phosphore », ainsi que de contribuer à la réactualisation de valeurs de référence jugées désuètes.

L'étude de caractérisation (Seydoux *et al.*, 2005), dont les principaux résultats sont présentés ici, visait à déterminer, pour les

lisiers provenant exclusivement de porcs en croissance, de truies et porcelets non sevrés (catégorie maternité) ou de porcelets sevrés (catégorie pouponnière), les valeurs moyennes (et leur variabilité) des paramètres suivants : le volume d'effluents produit annuellement, les teneurs en matière sèche et en éléments fertilisants (N, P_2O_5 , K_2O , Ca, Mg et oligo-éléments), ainsi que les charges en éléments fertilisants générées annuellement. Un autre objectif consistait à comparer les charges annuelles en N et en P_2O_5 établies par l'échantillonnage du lisier d'une part avec celles calculées par la méthode du bilan alimentaire d'autre part.

Matériel et méthodes

Matériel

Plus de 135 « unités expérimentales » (UE) ont été suivies et échantillonnées en 2001 comme en 2002. Ces UE sont constituées par la production annuelle de lisier de porcs (mixte ou non) et sont dites « pairables » lorsqu'elles correspondent aux mêmes conditions d'élevage, dans un même bâtiment, durant deux années consécutives. Parmi les 185 UE issues d'élevages spécialisés (croissance surtout, maternité ou pouponnière), 80 UE ont pu être associées à une détermination précise de cheptel et à un bilan alimentaire réalisés par des nutritionnistes experts en production porcine. La plupart des résultats présentés ici concernent 54 UE dont les données sont jugées fiables pour tous les paramètres étudiés, soit 43 UE en croissance, 5 UE en maternité et 6 UE en pouponnière. Le petit nombre d'UE dans ces derniers groupes invite à la prudence lors de l'interprétation des données.

Les effluents d'élevages porcins spécialisés étaient majoritairement entreposés dans des fosses circulaires non couvertes de 1 000 à 4 000 m³, parfois précédées d'une préfosse. En catégorie croissance, le poids initial (Pi) des porcs était en moyenne de 26 kg, le gain de poids moyen (GPM) de 80 kg et l'indice de conversion alimentaire (ICA) de 2,66 kg de moulée par kg de gain de poids. En pouponnière, ces valeurs étaient de 5 kg (Pi), 20 kg (GPM) et 1,51 kg/kg (ICA). En maternité, le GPM s'élevait à 150 kg et l'ICA à 7,87 kg/kg, en moyenne. Notons que ces valeurs concernent les truies et leur

progéniture avant sevrage. Pour les UE de catégorie croissance associées à un bilan alimentaire, les teneurs moyennes en N et en P dans la moulée étaient respectivement de 2,5 et 0,46%. Ces valeurs étaient égales à 2,3% (N) et 0,69% (P), en maternité, et à 3,1% (N) et 0,67% (P) en pouponnière. Dans toutes les catégories, ces teneurs moyennes variaient peu d'un élevage à l'autre (CV inférieurs à 10%). Par contre, en catégories croissance et pouponnière, les écarts entre les exploitations étaient marqués pour l'alimentation en cuivre (CV de 17 et 14%) et surtout pour celle en zinc (CV de 38 et 42%). Enfin, tous les éleveurs concernés (54 UE) ont déclaré ajouter de la phytase à l'alimentation, à l'exception de deux (2) en croissance et deux (2) en pouponnière.

Méthodologie

La caractérisation des effluents d'élevage par échantillonnage (méthode EL) comprend, outre l'échantillonnage du lisier proprement dit (pour en analyser la composition), des mesures de volumes de lisier « annuelles » et « saisonnières » (lors de la vidange de la fosse).

Mesure des volumes

Le volume de lisier produit annuellement (VPA) a été calculé avec l'équation suivante :

$$VPA = \Delta Vf + \Delta Vpf + \Delta Vd + \Sigma Vs - \Sigma Vr$$

Les termes de droite de l'équation correspondent respectivement aux différences de volumes de lisier mesurés à un an d'intervalle dans la fosse (ΔVf), dans la préfosse (ΔVpf) et dans les dalots (ΔVd), ainsi qu'à la somme des volumes sortis de la fosse (ΣVs) et à celle des volumes reçus (ΣVr), lors d'un transfert de lisier ou d'ajout d'eau par exemple. Les volumes de lisier ont été établis à partir des dimensions intérieures de la structure d'entreposage et des mesures de hauteur libre de lisier (distance entre la surface du lisier et le bord supérieur de la fosse).

Pour simplifier les mesures, les dalots et la préfosse éventuelle ont été vidangés avant chaque mesure annuelle et au début de chaque chantier de vidange. Un « chantier » correspond à la vidange d'une fosse qui se déroule sur trois jours ou moins.

Échantillonnage

Le lisier a été échantillonné à raison de six échantillons composites formés de cinq prélèvements réalisés à intervalles réguliers au cours de la vidange de la fosse. Le lisier a été prélevé soit directement dans la citerne d'épandage moins d'une minute après la fin du chargement, soit au robinet d'échantillonnage spécialement installé sur la conduite de remplissage. Théoriquement, chaque échantillon composite était ainsi représentatif d'une « fraction » égale à un sixième (1/6) du volume total de lisier sorti annuellement. En pratique, comme les volumes des fractions pouvaient être très variables, chacun d'eux a été soigneusement mesuré. Cette façon d'échantillonner, en cours de vidange, intègre la variation temporelle de la composition du lisier liée aux conditions climatiques (précipitations / évaporation) et aux apports répétés de déjections plus fraîches dans la fosse. Elle donne ainsi un bon estimé de la composition moyenne du lisier par fraction, lors de son application au champ, ainsi que des volumes et des charges réellement épandus.

Analyses de laboratoire

Les échantillons de lisier, préalablement homogénéisés ont été analysés selon les méthodes en vigueur au *Laboratoire de physique et de chimie inorganique ISO 9001 (version 2000)* de l'IRDA (CPVQ, 1988). La teneur en matière sèche (MS) a été déterminée par séchage des échantillons à 105 °C pendant au moins 16 h ou jusqu'à l'obtention d'un poids constant. La teneur en cendres a été obtenue par calcination à 500 °C pendant 4 h. La teneur en azote total (N total Kjeldhal) a été établie sur les échantillons humides par digestion acide ($H_2SO_4 / H_2S_2O_3$) et dosage par colorimétrie automatisée. L'azote ammoniacal ($N-NH_4$) des échantillons humides a été extrait dans une solution de KCl 2N puis dosé par colorimétrie comme pour l'azote total. Les éléments P, K, Ca, Mg, Al, B, Cu, Fe, Mn, Zn et Na ont été dosés, à partir des cendres dissoutes en milieu acide (HCl), par spectroscopie d'émission au plasma à induction couplée (ICP). Les résultats d'analyse fournis par le laboratoire étaient exprimés sur bases humide et massique (en mg/kg).

Tableau 1. Taux de rétention en N et en P utilisés pour le calcul du bilan alimentaire.

	Truies et verrats	Truies avec porcelets	Porcs	
			du sevrage à 25 kg	de 25 kg à l'abattage
	g/kg de gain de poids			
N	15	18	25	23
P	4,0	2,7	5,3	6,0

(Bachand, 2002)

Calcul de la teneur moyenne pondérée et de la charge fertilisante annuelle

Pour un élément donné, la teneur moyenne pondérée (TMP) en kg/t est égale à la somme des charges en cet élément, pour chaque fraction échantillonnée, divisée par la masse totale de lisier échantillonné. Comme il aurait été contraignant pour les producteurs de déterminer la masse exacte de chaque fraction de lisier, la masse volumique du lisier a été supposée égale à celle de l'eau, soit 1,00 kg/l (1 t/m³). Cette approximation, acceptable en général, tend à sous-estimer légèrement la charge des fractions des fonds de fosse, riches en matière sèche et par conséquent plus denses que l'eau. Ainsi, pour des lisiers porcins à plus de 10 % de MS, Poirier (2005) a mesuré des masses volumiques supérieures à 1,05 kg/l.

La charge fertilisante produite annuellement d'un élément « X » (en kg/an) a simplement été obtenue par le produit de la TMP en « X » et du volume produit annuellement.

Détermination de l'inventaire moyen et du gain de poids total du cheptel

Pour pouvoir comparer les UE entre elles, les charges et les volumes ont été rapportés à deux paramètres représentatifs du cheptel : l'inventaire moyen annuel (IMA) et le gain de poids total (GPT). L'IMA, qui s'exprime en unités d'inventaire (ui), est égal au nombre de jours-porc cumulés au cours d'une année complète divisé par 365 jours. Le GPT concerne tous les animaux : vendus, consommés à la ferme ou morts durant l'élevage. Il correspond à la somme des GPT établis pour chaque porc ou lot de porcs à partir de la formule suivante : $GPT = Nt \times GPM$, où Nt est le nombre de têtes élevées et GPM le gain de poids moyen.

Détermination des charges par la méthode du bilan alimentaire (méthode BA)

Cette détermination des charges, ou des « rejets à la fosse », repose sur les équations suivantes (FPPQ, 2006) :

$$X \text{ (rejeté à la fosse)} = X \text{ (excrété « sous la queue »)} - X \text{ (perdu)}$$

$$X \text{ (excrété)} = X \text{ (ingéré)} - X \text{ (retenu)}$$

$$X \text{ (ingéré)} = \frac{\text{Quantité totale de moulée} \times \text{Teneur en X de la moulée}}{\text{GPT}}$$

$$X \text{ (retenu par les porcs)} = Tret \times GPT$$

X représente la masse en N ou en P, pour l'ensemble des animaux associés à l'UE suivie pendant un an; X (ingéré) correspond à la moulée donnée aux porcs (cela inclut donc aussi les pertes de moulée au sol); T_{ret} est le taux de rétention prenant les valeurs du tableau 1 selon l'élément et le type d'animal considéré et X (perdu) ne concerne que l'azote, qui est sujet à des émanations gazeuses. La perte d'azote par volatilisation ammoniacale a été estimée à 33 % dans les bâtiments et à 10 % dans la structure d'entreposage, soit une perte combinée totale d'environ 40 % (Bachand, 2002).

Résultats et discussion

Après un aperçu général concernant la vidange des fosses suivies en 2001 et en 2002, la discussion des résultats s'articule autour de trois types de paramètres : les volumes, les teneurs moyennes pondérées et les charges.

Distribution des vidanges de lisier

Les données des figures 1 à 3 sont issues de l'échantillonnage du lisier et des mesures de volumes d'effluents sur 136 sites d'entreposage en 2001 et 139 en 2002, la plupart ayant été suivis deux années de suite. Toutes catégories confondues, les fosses sont en majorité vidangées en trois à cinq chantiers au cours de la saison d'épandage, mais certaines le sont en sept à huit chantiers. Les lisiers des catégories croissance et pouponnière sont principalement repris en deux chantiers (35 et 50 % des fosses de chacune des catégories) (figure 1). En maternité, ce sont les vidanges en trois et quatre chantiers qui prévalent. Pour les fosses « mixtes », c'est la vidange en quatre chantiers qui domine (42 % des fosses). La vidange des fosses en un seul chantier apparaît quant à elle relativement marginale puisqu'elle ne concerne que 17 % des fosses de la catégorie pouponnière et 10 % ou moins de celles des autres catégories.

C'est au printemps qu'une bonne moitié du lisier est épandue : en présemis des cultures ou sur des prairies en début de croissance, pour vider les fosses remplies pendant l'hiver (figure 2). En 2002, le volume total caractérisé est moins important qu'en 2001, mais la répartition mensuelle des volumes vidangés est sensiblement la même, avec cependant plus de volume en avril et plus en juillet qu'en juin. Cette répartition varie selon les conditions climatiques qui influencent l'accès au champ des épandeurs et le stade de développement des cultures.

En proportion, les masses en azote et en phosphore de même que les volumes repris mensuellement ne sont pas tout à fait égaux chaque mois (figure 3). En effet, les teneurs en N et en P_2O_5 des lisiers vidangés varient au cours de la saison. Au printemps, le lisier épandu est moins concentré qu'en septembre, quelque peu moins riche en azote et encore moins en phosphore. Ainsi en 2001, 51 % du volume annuel est vidangé en mai et contient 49 et 45 % de la totalité du N et du P_2O_5 , alors qu'en septembre, 17 % du volume annuel en contient 17 et 19 %. En août par contre, les proportions (par rapport au total annuel) du volume et des masses en N et en P_2O_5 divergent moins.

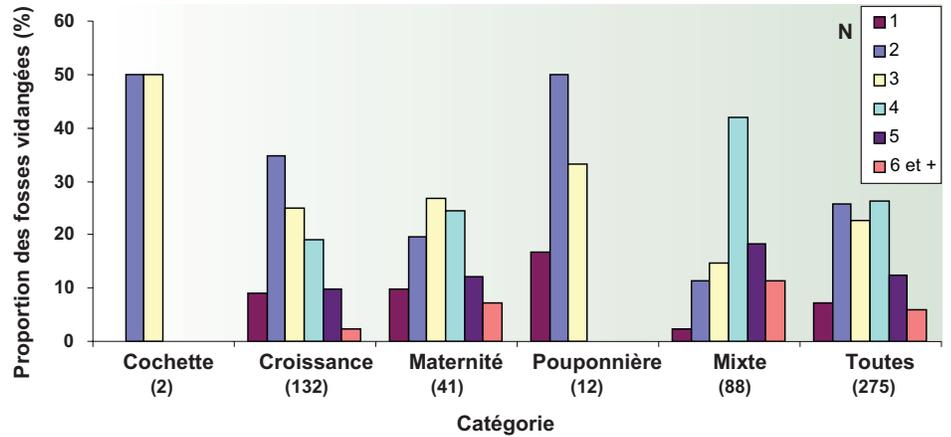


Figure 1. Proportion des fosses vidangées par nombre (N) de chantiers d'épandage et par catégorie de lisier.

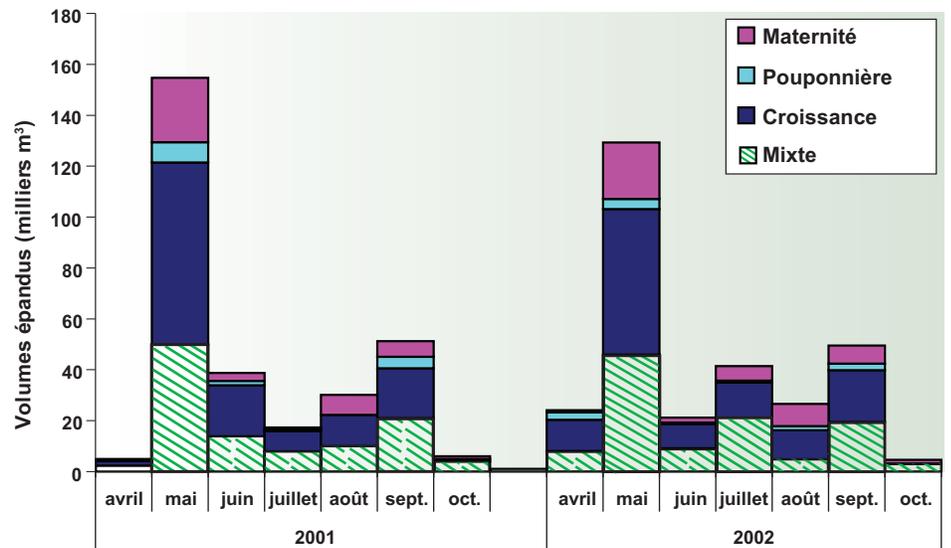


Figure 2. Répartition mensuelle des volumes de lisier épandus par an et par catégorie.

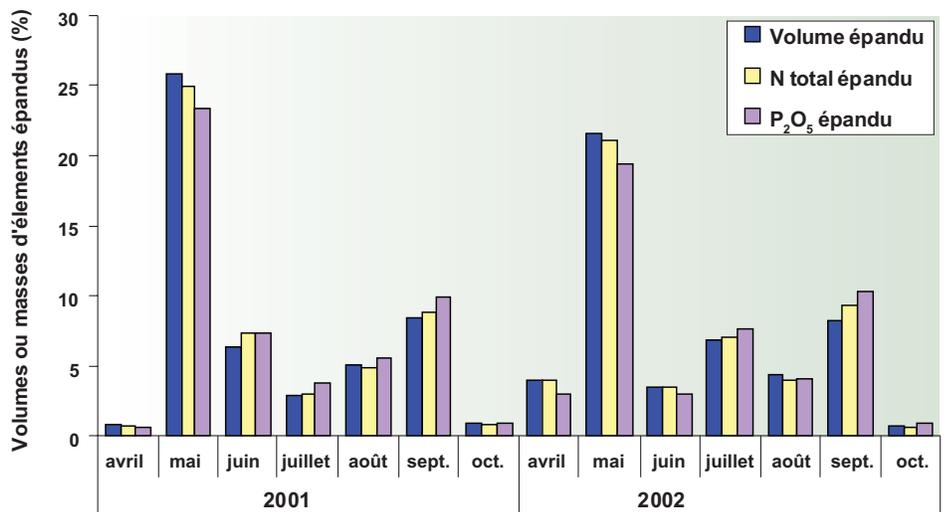


Figure 3. Répartition mensuelle du volume et des masses en N et P_2O_5 épandus en 2001 et 2002 (en proportion des valeurs totales annuelles).

Volume produit annuel (VPA)

Le volume produit annuellement VPA (en m³/ui ou en l/kg de gain de poids) varie d'une catégorie d'élevage à l'autre, passant de 0,76 m³/ui en pouponnière à 2,36 m³/ui en croissance et à 5,34 m³/ui en maternité. Cependant, ces volumes fluctuent de façon importante au sein de chaque catégorie (entre UE ou producteurs), surtout en croissance et en pouponnière (CV de 36 et 47%, tableau 2). Les valeurs moyennes de chaque catégorie présentées ici sont toutefois du même ordre de grandeur que celles rapportées par Bachand (2002) pour des entreprises porcines en surplus dans le bassin de la rivière Noire (Montérégie).

Le VPA dépend principalement de la quantité d'eau utilisée dans le bâtiment (eaux de lavage et d'abreuvement), de celle ajoutée occasionnellement à la reprise et des conditions météorologiques dans le cas des fosses non couvertes. Pour ces dernières, l'effet de dilution des précipitations ou de concentration par évaporation dépendrait alors des dimensions de la structure d'entreposage et du volume de lisier entreposé. De plus, la quantité d'eau accumulée dans une fosse sans toit lors de la première vidange de printemps est aussi liée à l'accumulation de neige; une accumulation d'ailleurs très aléatoire qui dépend notamment de la situation de la fosse par rapport au vent dominant.

Le tableau 2 indique également que les quantités d'eau de lavage par unité d'inventaire varient beaucoup entre les catégories et à l'intérieur de celles-ci (CV > 68%). Ce sont les lisiers des porcelets qui sont les plus dilués par les eaux de lavage (35% du VPA), bien plus que les lisiers des truies allaitantes (13%) ou ceux des porcs en croissance (8%).

Les 43 UE de la catégorie croissance sont réparties en 4 sous-catégories (C₁, C₂, C₃, et C₄) selon la couverture ou non de la fosse et le mode d'abreuvement des porcs (tableau 3 et figure 4). Comme on pouvait s'y attendre, la couverture des fosses de même que l'utilisation de trémies-abreuvoirs ou la réduction du volume des eaux de lavage se traduisent par une nette diminution des VPA et, conséquemment,

Tableau 2. Volume de lisier produit annuellement (VPA) et volume d'eau de lavage (VEL).

Catégorie d'élevage (nombre d'UE)		Lisier produit (VPA)		Eau de lavage (VEL)		MS
		m ³ /ui	litre/kg de gain	m ³ /ui	% VPA	%
Croissance* (43)	Moyenne	2,36	8,32	0,21	8	3,88
	Écart type	0,84	3,08	0,14	5	1,99
	CV	36	37	68	56	51
Maternité (5)	Moyenne	5,34	35,50	0,68	13	2,68
	Écart type	0,94	4,59	0,47	10	0,51
	CV	18	13	69	75	19
Pouponnière (6)	Moyenne	0,76	5,19	0,30	35	2,32
	Écart type	0,36	2,41	0,31	26	0,75
	CV	47	47	104	74	32

* Fosses couvertes et non couvertes

Tableau 3. Volume de lisier produit annuellement (VPA) et volume d'eau de lavage (VEL).

Catégorie d'élevage de porcs en croissance (nombre d'UE)			Volume de lisier produit annuellement (VPA)	Volume annuel d'eau de lavage (VEL)
			m ³ /ui	
C ₁ (5)	Fosses couvertes, trémies-abreuvoirs ou bols économiseurs	Moyenne	1,4	0,07
		Écart type	0,6	0,02
C ₂ (12)	Fosses non couvertes, trémies-abreuvoirs ou bols économiseurs	Moyenne	1,8	0,08
		Écart type	0,4	0,06
C ₃ (38)	Fosses non couvertes, tous modes d'abreuvement	Moyenne	2,5	0,20
		Écart type	0,8	0,10
C ₄ (25)	Fosses non couvertes, pas de trémies-abreuvoirs	Moyenne	2,9	0,30
		Écart type	0,7	0,10

par une augmentation des teneurs en MS. Les lisiers les plus concentrés (C₁, MS = 7,1%) proviennent de structures d'entreposage couvertes associées à des bâtiments d'élevage équipés de systèmes d'abreuvement économes en eau (trémies-abreuvoirs ou bols économiseurs) et où la consommation d'eau de lavage est restreinte (0,07 m³/ui, soit 5% du VPA). À l'autre extrême, les lisiers de porcs en croissance les moins concentrés (C₄, MS = 2,7%) sont ceux issus de fosses sans toit et d'élevages sans trémies-abreuvoirs où le producteur utilise près de 0,3 m³ d'eau /ui pour le lavage (soit 10% du VPA). Ainsi chaque année, les élevages de type C₁ génèrent-ils moitié moins d'effluents que ceux de type C₄, soit 1,4 m³/ui vs 2,9 m³/ui. Toutes ces observations soulignent l'importance de la règle de l'eau dans les aires d'élevage et

dans les structures d'entreposage. Elles démontrent également la nécessité de mesurer annuellement les volumes de lisier produits à la ferme pour réaliser une gestion raisonnée des effluents d'élevage.

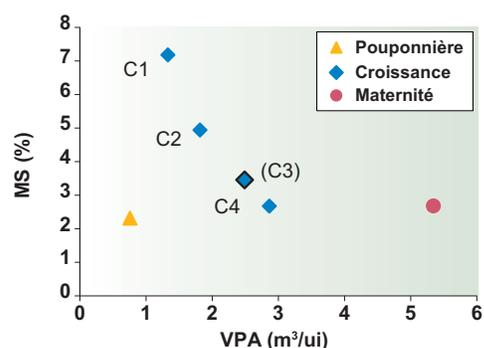


Figure 4. Teneur en MS (%) et volume de lisier produit annuellement (m³/ui) par catégorie (voir tableau 3).

Tableau 4. Teneurs moyennes pondérées en matière sèche (MS), en matière organique (MO) et en éléments fertilisants, sur base humide.

Catégorie (nombre d'UE)		MS	MO	N	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	
		%	% de MS	kg/t						
Croissance	C1-Fosses couvertes (5)	Moyenne	7,12	72,4	7,28	3,90	4,23	4,71	1,75	0,85
		Écart type	2,31	2,6	1,81	0,98	1,48	1,41	0,48	0,25
		CV (%)	32	4	25	25	35	30	27	30
	C2-Fosses non couvertes /avec trémies-abreuvoirs (12)	Moyenne	4,94	73,4	4,51	2,50	2,34	2,92	1,11	0,51
		Écart type	1,32	5,3	0,38	0,24	0,57	0,52	0,28	0,14
		CV (%)	27	7	8	9	24	18	25	28
	C3-Fosses non couvertes (toutes) (38)	Moyenne	3,46	72,2	3,45	1,94	1,82	2,06	0,82	0,41
		Écart type	1,51	4,1	1,01	0,54	0,65	0,88	0,32	0,14
		CV (%)	44	6	29	28	36	42	39	35
C4-Fosses non couvertes /sans trémies-abreuvoirs (25)	Moyenne	2,68	71,7	2,86	1,62	1,53	1,57	0,67	0,35	
	Écart type	0,93	3,4	0,64	0,32	0,48	0,51	0,23	0,10	
	CV (%)	35	5	22	20	31	33	34	30	
Maternité (5)	Moyenne	2,68	69,8	2,88	1,84	1,95	1,47	1,09	0,33	
	Écart type	0,51	2,7	0,22	0,10	0,56	0,11	0,30	0,08	
	CV (%)	19	4	8	6	29	7	28	25	
Pouponnière (6)	Moyenne	2,32	61,9	2,60	1,41	1,59	2,12	0,78	0,32	
	Écart type	0,75	3,1	0,58	0,30	0,37	0,49	0,21	0,09	
	CV (%)	32	5	22	21	23	23	26	28	

Teneurs moyennes pondérées (TMP)

Les teneurs moyennes pondérées sur base humide (BH) des lisiers porcins diffèrent selon leur provenance (croissance, maternité ou pouponnière) et selon les facteurs de dilution discutés plus haut (pour C₁, C₂, C₃, C₄); les lisiers les plus concentrés en MS étant aussi les plus riches en éléments fertilisants (tableau 4). Au sein de chaque catégorie, ces TMP présentent également de fortes variations (CV de 18 à 44%). Font exception (avec des CV de 6 à 9%), les teneurs en azote (N total et N-NH₄) pour les catégories C₂, et maternité, ainsi que la teneur en K₂O en maternité (tableau 4).

Exprimées sur base sèche (BS), donc dégaugées de l'influence très hétérogène de la gestion de l'eau, les TMP varient nettement moins pour N, P₂O₅, Ca et Mg (CV de 12 à 26%), au sein de chaque catégorie (tableau 5). En effet, comme l'illustre le tableau 6, les teneurs (BH) en ces éléments sont particulièrement liées à la teneur en matière sèche (r ≥ 0,91). La variabilité résiduelle observée sur base sèche dépend pour sa part de nombreux facteurs, dont la composition des moulées et les performances animales.

Tableau 5. Teneurs moyennes pondérées en éléments fertilisants, sur base sèche.

Catégorie		N	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
		kg/t					
Croissance (43)	Moyenne	107,0	60,9	55,2	63,1	24,4	12,4
	Écart type	21,7	15,6	7,9	17,2	2,9	2,1
	CV (%)	20	26	14	27	12	17
Maternité (5)	Moyenne	110,0	70,0	72,0	56,0	41,0	12,0
	Écart type	16,5	12,6	13,0	8,4	7,2	1,2
	CV (%)	15	18	18	15	18	10
Pouponnière (6)	Moyenne	117,0	64,4	71,4	94,4	35,2	14,0
	Écart type	19,9	16,0	13,6	13,1	9,1	1,8
	CV (%)	17	25	19	14	26	13

Attention : les TMP moyennes sur base sèche ont été établies à partir des concentrations sur base sèche de chaque fraction de lisier échantillonnée, selon la formule $C(X)BS = [C(X)_{BH} / MS] \times 100$ (où $C(X)_{BH}$ est la concentration en élément X en kg/t de lisier humide et MS la matière sèche en %). Cette formule n'est pas applicable directement entre les valeurs du tableau 5 celles du tableau 4.

Tableau 6. Coefficients de corrélation entre le niveau de matière sèche (MS) et les teneurs moyennes pondérées en éléments fertilisants, sur base humide (52 UE, toutes catégories confondues).

X	N	N-org.	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
r (MS; X)	0,91	0,92	0,86	0,92	0,83	0,91	0,94

Tableau 7. Teneurs moyennes pondérées en MO, Na et en oligo-éléments, sur base sèche, et principaux rapports entre éléments.

Catégorie		MO	Na	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	C/N	C/ Norg	N-NH ₄ / N	N-NH ₄ / P ₂ O ₅	K/ Ca+Mg
		— kg/t —		g/t										
Croissance (43)	Moyenne	723	18,4	649	78	800	1 997	512	1 438	3,60	8,1	0,56	1,11	1,44
	Écart type	389	6,9	159	25	241	535	106	514	0,95	1,8	0,04	0,28	0,40
	CV (%)	5	38	25	32	30	27	21	36	27	22	8	25	28
Maternité (5)	Moyenne	698	18,0	764	52	278	2 107	475	1 672	3,20	9,0	0,64	1,01	0,91
	Écart type	266	3,7	224,3	15	39	935	45	471	0,55	1,4	0,03	0,33	0,23
	CV (%)	4	21	29	29	14	44	10	28	17	16	4	32	25
Pouponnière (6)	Moyenne	619	17,1	1 367	138	1 662	3 806	731	13 791	2,70	6,0	0,55	0,92	1,64
	Écart type	311	3,7	429	23	342	684	101	6 593	0,54	0,8	0,05	0,22	0,30
	CV (%)	5	21	31	17	21	18	14	48	20	13	8	24	18

Les teneurs (BS) en éléments majeurs (N, N-NH₄, P₂O₅, K₂O, Ca et Mg) des lisiers à l'étude sont comparables dans l'ensemble à celles rapportées par Levasseur (2005). En considérant des coefficients d'efficacité de 65% pour N, de 80% pour P₂O₅ et de 90% pour K₂O (CRAAQ, 2003), les lisiers étudiés ici équivalent à des engrais minéraux dont les formulations chimiques seraient approximativement (en % d'éléments disponibles, sur base sèche) 7-4-6 (croissance), 7-6-5 (maternité) ou 8-6-8 (pouponnière). Les rapports N/P₂O₅ (en éléments disponibles) de 1,6 (croissance), 1,2 (maternité) et 1,3 (pouponnière) indiquent que ces engrais organiques peuvent être appliqués, selon un plan azote, sur des sols pauvres en phosphore. En sols riches en P, la fertilisation des cultures avec ces effluents d'élevage doit par contre suivre un plan phosphore, c'est-à-dire que les doses doivent être ajustées selon le niveau de saturation des sols en P, en utilisant au besoin un complément de fumure minérale azotée.

Les valeurs de TMP avec leurs écarts types, sur BH et BS, peuvent constituer des repères pour le producteur ou son conseiller. Cependant, même pour des groupes d'UE mieux ciblés (catégories C₁ ou C₃ pour les TMP sur BH, tableau 4), la variabilité des teneurs indique clairement qu'il est préférable de caractériser les lisiers de chaque site d'élevage afin d'en assurer une gestion agronomique plus rigoureuse.

Le tableau 7 présente à titre indicatif les teneurs (BS) pour d'autres éléments mineurs et oligo-éléments, ainsi que les rapports entre éléments. Sans entrer dans les détails, il ressort cependant que les lisiers de pouponnières sont beaucoup plus riches en Al, B, Cu, Fe et surtout en Zn que les autres types de lisier. Ils sont aussi plus riches en ces éléments que les lisiers de porcelets français caractérisés par Levasseur (2005). Ces teneurs plus élevées en éléments augmentent les teneurs en cendres dans les lisiers de pouponnières et par différence réduisent les teneurs en matière organique

(MO). Ainsi, la teneur moyenne en MO (tableau 5) du lisier de pouponnières de notre étude tend à être plus faible que celle des lisiers des catégories croissance et maternité, et que celle des lisiers français qui varient autour de 68% pour les trois catégories. Il est à noter que les fortes teneurs en cuivre et zinc des lisiers de porcs épandus sur les sols peuvent causer leur contamination (Giroux *et al.*, 2005).

Charges produites annuellement en matière sèche et en éléments fertilisants et comparaison EL/BA

Le tableau 8 présente les valeurs obtenues par les deux méthodes d'estimation des charges en N et P₂O₅ (par ui et par kg de gain de poids), soit la méthode basée sur l'échantillonnage du lisier et les mesures des volumes (EL) d'une part, et la méthode de calcul du bilan alimentaire (BA) d'autre part. Compte tenu du petit nombre d'élevages ne recevant pas de phytase avec la moulée, il n'est pas possible d'observer l'effet attendu de l'utilisation de cette enzyme sur la diminution des rejets en phosphore (FPPQ, 2006).

Comme dans l'étude de Bachand (2002), il apparaît que les valeurs moyennes par catégorie varient plus selon la méthode EL (fondée sur des mesures réelles) que selon les calculs du bilan alimentaire (utilisant des constantes, tels le facteur de perte d'azote ou les taux de rétention) (figures 5 et 6). Le tableau 9 et les figures 5a et 6a montrent par ailleurs qu'il y a, en moyenne, concordance entre les deux méthodes pour l'estimation des charges en N (rapport

Tableau 8. Charges moyennes en éléments fertilisants produites annuellement, selon les méthodes EL et BA.

Catégorie d'élevage		Charge annuelle moyenne selon EL						Charge annuelle moyenne selon BA			
		N			P ₂ O ₅			N		P ₂ O ₅	
		kg/ui	g/kg de gain	g/kg de gain	kg/ui	g/kg de gain	kg/ui	g/kg de gain			
Croissance (43 UE)	Moyenne	8,07	4,28	4,74	28,2	15,0	16,4	7,57	4,18	26,3	14,6
	Écart type	1,32	1,06	1,08	5,03	4,03	3,5	0,79	0,48	2,9	2,0
Maternité (5 UE)	Moyenne	15,3	10,4	7,81	102	68,4	51,9	14,6	17,5	97,6	118
	Écart type	2,2	3,7	1,06	8	17,9	4,1	0,4	0,83	8,2	14
Pouponnière (6 UE)	Moyenne	1,82	1,14	1,47	12,5	7,85	10,1	1,85	1,55	12,5	10,5
	Écart type	0,54	0,41	0,40	3,8	3,04	2,9	0,56	0,29	3,2	1,9

Tableau 9. Comparaison des charges moyennes annuelles en N et en P₂O₅ (en g/kg de gain) obtenues selon les méthodes EL et BA.

Catégorie (Nombre d'UE)	Moyenne EL/BA (CV en %)	
	Charge (en g/kg de gain) selon EL /	Charge (en g/kg de gain) selon BA
	N-total	P₂O₅
Croissance (43)	1,07 (17)	1,05 (30)
Maternité (5)	1,05 (15)	0,60 (40)
Pouponnière (6)	1,08 (42)	0,74 (33)

EL/BA proche de 1, avec une majorité des UE situées près de la droite de pente 1). Cela confirmerait, dans le cas du bilan alimentaire de l'azote, la justesse de l'estimation, à environ 40 %, des pertes d'azote dans le bâtiment et à l'entreposage pour une bonne part des UE.

Pour l'estimation des charges en P₂O₅, les méthodes ne concordent pas toujours pour les UE de maternité et de pouponnière (EL/BA de 0,60 et 0,74 respectivement) (tableau 9 et figure 5b). Pour les cinq maternités suivies dans son étude, Bachand (2002) observe la même tendance. Celle-ci serait peut-être due à une sous-estimation du taux de rétention en P des truies. Toutefois, le faible nombre d'UE pour les catégories maternité et pouponnière ne permet pas d'approfondir la discussion.

En croissance, les deux méthodes EL et BA donnent des résultats comparables en moyenne (EL/BA de 1,05); par contre, les valeurs par UE varient beaucoup (CV de 30 %) (tableau 9 et figures 5b et 6b). Ainsi, pour certaines UE, la méthode de l'échantillonnage fournit des charges en P₂O₅ jusqu'à deux fois supérieures à celles calculées par bilan alimentaire. Comme si, par échantillonnage (EL), on avait récupéré du « vieux phosphore » (P résiduel produit avant l'année en cours). On pourrait penser que cela arrive lorsque le volume épandu (VEP) ou vidangé est supérieur au volume produit VPA. Mais la figure 7 suggère que ce rapport VEP/VPA n'est pas le seul facteur en jeu. Les modalités de reprise, telles la durée et l'intensité du brassage ou la position du pied de pompe, ont certainement une influence dans la mise en solution et en suspension ou non du P éventuellement accumulé en fond de fosse.

Par ailleurs, il se pourrait qu'une fraction du P qui précipiterait au fond des fosses sous forme de struvite (phosphate de magnésium) échappe totalement à l'échantillonnage. Dans ce cas, cela pourrait accentuer l'écart entre les rejets en phosphore établis par la méthode EL et ceux calculés (et donc surestimés) par la méthode BA.

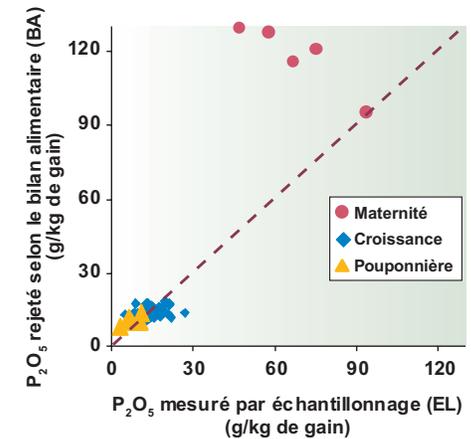
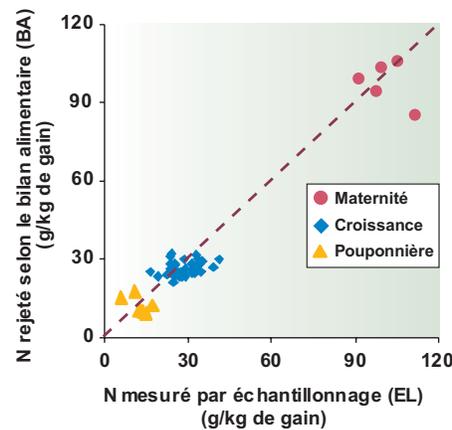


Figure 5. Comparaison des charges annuelles en N (a) et en P₂O₅ (b) par kg de gain de poids estimées par échantillonnage ou calculées par bilan alimentaire.

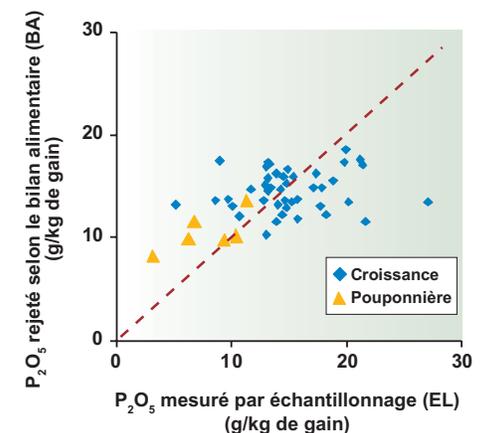
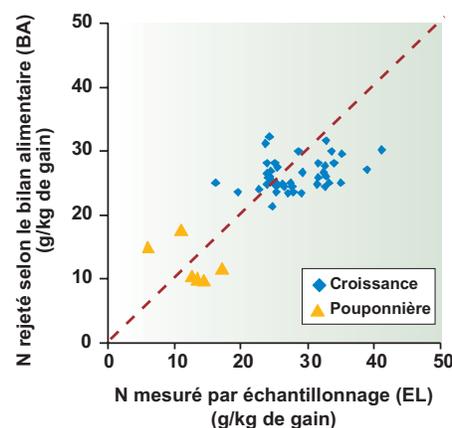


Figure 6. Comparaison des charges annuelles en N (a) et en P₂O₅ (b) par kg de gain de poids estimées par échantillonnage ou calculées par bilan alimentaire pour les catégories croissance et pouponnière.

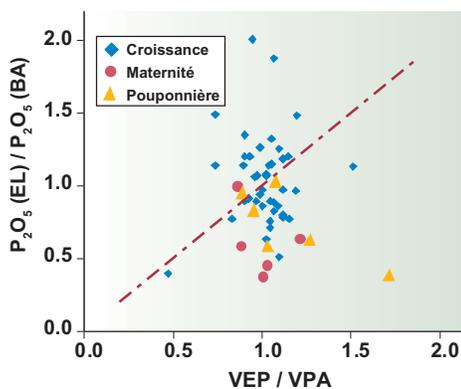


Figure 7. Rapport entre la quantité de P_2O_5 estimée par échantillonnage (EL) et celle calculée par bilan alimentaire (BA) en fonction du rapport entre le volume de lisier épandu (VEP) et le volume annuel produit (VPA).

récente (Pomar *et al.*, 2006) met notamment en évidence que le taux de rétention en phosphore par kg de gain de poids corporel n'est pas constant et qu'il augmente avec la teneur en P assimilable des moulées. Autrement dit, la prédiction du P rejeté par la méthode simplifiée du bilan alimentaire telle qu'utilisée dans cette étude (avec les taux de rétention en P du tableau 1) pourrait ne pas être fiable pour toutes les UE puisque les niveaux de P assimilable (par rapport au P total) sont peut-être très variables.

Quelle que soit la méthode retenue, l'établissement de la charge en P générée annuellement par l'exploitation permet de faire un suivi des efforts de réduction du phosphore à la source. Par contre, la détermination des charges en éléments fertilisants réellement épandues n'est possible que par l'échantillonnage du lisier et la mesure des volumes (méthode EL).

Conclusion et recommandations

L'échantillonnage rigoureux du lisier d'un grand nombre d'élevages porcins dans la région Chaudière-Appalaches et la mesure des volumes d'effluents produits annuellement ont mis en évidence plusieurs éléments. La plupart des fosses sont vidées en deux (2) à quatre (4) chantiers entre avril et octobre, avec un pic de vidange en mai. Le lisier épandu en mai est en moyenne moins concentré en N et en P qu'au cours

des mois suivants. De plus, le volume de lisier produit annuellement par unité d'élevage ou par kg de gain de poids varie non seulement d'une catégorie d'élevage à l'autre, mais aussi entre entreprises pour une même catégorie. Cela est également vrai pour le volume d'eau de lavage utilisé dans le bâtiment. Grâce à la couverture des fosses et à l'utilisation de trémies-abreuvoirs, les volumes de lisier à gérer sont nettement plus faibles. La dilution plus ou moins marquée des déjections, par les eaux de lavage, les eaux d'abreuvement et éventuellement les précipitations (eau et neige), se traduit par des teneurs moyennes pondérées sur base humide très variables en MS et en éléments fertilisants. Cette variabilité des volumes et des teneurs démontre l'importance, pour une gestion raisonnée des lisiers, que chaque entreprise procède à la caractérisation annuelle de ses propres effluents.

Qu'elles aient été établies par la méthode de l'échantillonnage du lisier et des mesures des volumes ou par calcul du bilan alimentaire (en tenant compte d'une perte totale de 40% de N dans le bâtiment et à l'entreposage), les valeurs moyennes des charges annuelles en N sont comparables pour chacune des catégories. En croissance, maternité et pouponnière, celles-ci avoisinent respectivement 27, 100 et 13 g/kg de gain. Pour les charges annuelles moyennes en P_2O_5 , les deux méthodes présentent des résultats du même ordre de grandeur en croissance et pouponnière seulement, soit environ 15 et 9 g/kg de gain.

La méthode de l'échantillonnage du lisier est la plus fiable pour estimer les charges totales en N ou P_2O_5 réellement épandues chaque année. Par contre, elle ne fournit pas nécessairement une bonne évaluation de la charge annuelle produite pour toutes les entreprises. Compte tenu notamment de la variabilité des modalités de reprise du lisier d'une année à l'autre, une moyenne des charges sur deux ans ou plus constituerait alors une meilleure estimation.

Remerciements

Ce projet financé par le Fonds d'action québécois pour le développement durable (FAQDD), le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et le Centre de développement de l'agriculture du Québec (CDAQ) a été géré par la Fédération de l'UPA de la Beauce. Il a été réalisé avec succès grâce à la collaboration de nombreuses personnes. Nous tenons à remercier en particulier P. Audesse et son équipe; L. Beaulieu; I. Bourque; D. Champagne; S. Choquette; J.-N. Couture; A. Denault; J. Deprez; M. Drapeau; D. Drouin; L. Dubreuil; C. Labbé; L.-A. Larose; S. Lavoie; N. Leblond; N. Leclerc; C. Fecteau; F. Gagnon; N. Gauvin; S. Goyette; P. Giguère; A. Lanctôt; R. Leblanc; J. Magnan; I. Masson; H. Moore; L. Perreault; S. Pigeon; S. Pouliot; C. Pomar; S. Proulx; D. Provençal; G. Quenneville; E. Rickli; M. Roy; V. Samson; D. Simard; R. Tahiri et K. Verret.

Références bibliographiques

- Bachand, C., D. Schiettekatte et M. Bélanger. 2002. Bilan alimentaire dans les élevages porcins. Document inédit. 27 p. <http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/prod-porcine/documents/Fuli49.pdf>
- CPVQ. 1988. Méthodes d'analyse des sols, des fumiers et des tissus végétaux. AGDEX 533.
- CRAAQ. 2003. Guide de référence en fertilisation (1^{re} édition). Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, 293 p.
- CRAAQ. 2007. Caractéristiques des effluents d'élevage. Valeurs références pour les volumes et pour les concentrations d'éléments fertilisants. Production porc (lisier). 7 p. <http://pub.craaq.qc.ca/transit/validees/tdm.pdf>

- FPPQ. 2006. Bilan alimentaire en production porcine. Guide technique. Fédération des producteurs de porcs du Québec, 66 p.
http://www.leporcduquebec.qc.ca/fppq/pdf/Bilan_alimentaire.pdf
- Giroux, M., R. Chassé, L. Deschênes et D. Côté. 2005. Étude sur les teneurs, la distribution et la mobilité du cuivre et du zinc dans un sol fertilisé à long terme avec des lisiers de porcs. *Agrosol*. 16 (1) : 23-32.
- Levasseur, P. 2005. Composition des effluents porcins et de leurs co-produits de traitement : Quantités produites. Institut technique du porc (ITP), Paris. 68 p.
- MDDEP 2005. Réglementation sur les exploitations agricoles (REA). Ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs.
http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q_2/Q2R11_1.HTM
- Poirier, V. 2005. Évaluation de trois méthodes rapides d'estimation de la valeur fertilisante (N, P, K) du lisier de porc provenant d'élevages de type croissance. IRDA, 53 p. et annexes.
- Pomar, C., C. Jondreville, J.-Y. Dourmad et J. Bernier. 2006. Influence du niveau de phosphore des aliments sur les performances zootechniques et la rétention corporelle de calcium, phosphore, potassium, sodium, magnésium, fer et zinc chez le porc de 20 à 100 kg de poids vif. *Journées recherche porcine*, 38 : 209-216.
<http://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2006/06Alim/a09.pdf>
- Seydoux, S., D. Côté, M. Grenier et le Comité technique-porc. 2005. Caractérisation des volumes et des concentrations en éléments fertilisants des déjections animales liquides en Chaudière-Appalaches. IRDA. 76 p. et annexes.
http://www.irda.qc.ca/_documents/_Results/110.pdf