



HAL
open science

L'engraisement de porcs sur litière de particules de bois ou de sciure en couche fine

Yannick Ramonet, Paul Robin

► To cite this version:

Yannick Ramonet, Paul Robin. L'engraisement de porcs sur litière de particules de bois ou de sciure en couche fine. 34èmes Journées de la Recherche Porcine en France, INRA, Feb 2002, Paris, France. pp.143-148. hal-02674609

HAL Id: hal-02674609

<https://hal.inrae.fr/hal-02674609>

Submitted on 13 Sep 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

L'engraissement de porcs sur litière de particules de bois ou de sciure en couche fine

Yannick RAMONET (1), Paul ROBIN (2)

Chambres d'Agriculture – EDE de Bretagne, CA d'Ille et Vilaine, Maison de l'Agriculture, Technopôle Atalante-Champeaux, 35042 Rennes Cedex

(2) INRA, UMR Sol Agronomie Spatialisation, 65 Rue de Saint Brieuc, 35042 Rennes Cedex

Avec la collaboration technique du personnel de la station régionale porcine de Bretagne de Guernevez.

L'engraissement de porcs sur litière de particules de bois ou de sciure en couche fine

Les bilans d'eau et d'éléments minéraux ainsi que les performances zootechniques de porcs en croissance ont été évalués dans une porcherie d'engraissement sur litière. Le bâtiment est isolé et équipé d'une ventilation dynamique et d'un sol en pente légère. Deux lots de 48 porcs ont été engraisés sur deux litières disposées en couche fine. L'épaisseur initiale de litière était de 24 cm de sciure brute dans la salle 1 et de 15 cm de particules de bois dans la salle 2.

Pour maintenir la litière dans un état correct en cours d'engraissement, il a été nécessaire de rajouter de la sciure ou des particules de bois dans chacune des 2 salles. Le volume total de litière sorti de la porcherie était de 193 et 218 l/porc, respectivement dans les salles 1 et 2. En cours d'élevage, l'équivalent de 80% de l'eau excrétée par les porcs est évaporé. L'abattement d'azote est de 63,2% et 62,8% respectivement pour les salles 1 et 2. L'estimation des flux d'ammoniac laisse penser que l'essentiel de l'azote est émis sous forme ammoniacale, dont plus de 70% au cours du dernier tiers de la période d'engraissement.

Fattening pigs on a thin litter of wood grain or sawdust

Balances of water and minerals, and performance of growing pigs were evaluated in a fattening pig house with litter. The pig house was isolated and mechanically ventilated, the slope of the floor was low. Two batches of 48 pigs were fattened on two thin litters. The thickness and the composition of the litter were 24 cm of sawdust in room 1 and 15 cm of wood grain in room 2.

To maintain the litter in an acceptable condition, it was necessary to add sawdust or wood grain in the two rooms. At the end of the growing period, the amount of litter produced in rooms 1 and 2 were 193 and 218 l per pig, respectively. During the breeding period, around 80% of the water excreted by pigs was evaporated. In the rooms 1 and 2, 63.2% and 62.8% of the total nitrogen of the manure was removed as gases, respectively. The estimation of the ammonia flow indicated that most of the lost nitrogen was emitted as ammonia, from which 70% in the last third part of the growing period.

INTRODUCTION

L'élevage de porcs sur litière de sciure est une technique qui s'est développée essentiellement en couche profonde. Il s'agit d'élever plusieurs lots successifs de porcs sur une litière ayant une épaisseur variant de 50 à 80 cm. Les données scientifiques ou zootechniques concernant le fonctionnement de ce système sont particulièrement bien documentées (MATTE et al., 1993 ; NICKS et al., 1995 ; ROBIN et al., 1999a). La couche profonde de sciure offre des avantages en terme environnemental. En cours d'élevage, de 60 à 80% de l'azote excrété s'évaporent dans l'atmosphère, essentiellement sous une forme non polluante (LESGUILLER et al., 1995 ; KERMARREC, 1999 ; ROBIN et al., 1999a, 1999b). On observe de plus une réduction significative du volume des déjections à traiter ou à épandre (NICKS et al., 1995).

La technique de la couche fine de litière à base de bois permet d'économiser le matériau et de faire un vide sanitaire entre deux bandes, comme cela se fait dans les élevages de volailles de chair. Les données techniques et scientifiques sur le fonctionnement des litières fines sont peu nombreuses. Elles ont été réalisées essentiellement en laboratoire (ROBIN et al., 1999b) ou dans des conditions différentes de celles développées en France (BPR, 2001). La faible épaisseur de la litière la rend plus sensible à une hausse incontrôlée de son humidité qui peut entraîner en fin d'élevage une dégradation de la propreté des animaux et l'émission accrue d'ammoniac. L'objectif de notre étude est de présenter le fonctionnement d'une litière de particules de bois peu épaisse en condition d'élevage.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

1.1. Bâtiment d'élevage

Le bâtiment dans lequel s'est déroulée l'expérimentation est situé à la ferme expérimentale des EDE-Chambres d'Agriculture de Bretagne, à Guernevez (Finistère).

Le bâtiment est divisé en deux salles identiques d'une seule case. Dans chaque salle, la surface utile au sol est de 57,4 m² et le volume de 190 m³. Les salles sont équipées d'un nourrisseur de 1,60 m de longueur. Deux abreuvoirs par case, situés à proximité du nourrisseur, sont placés au dessus d'un regard permettant d'évacuer l'eau gaspillée.

Les murs extérieurs du bâtiment, la toiture, ainsi que la séparation entre salles sont isolés par de la laine de verre. Le bardage extérieur ainsi que les revêtements intérieurs sont en bois. Le sol est bétonné. Chaque salle est équipée d'un système de ventilation dynamique autonome. L'entrée d'air se fait par une cheminée située au plafond de la salle. L'extraction d'air est réalisée par un ventilateur de 60 cm de diamètre situé dans une cheminée de 0,4 m² de section. Le sol est en pente légère de la zone d'alimentation vers le fond de la salle.

1.2. Animaux

Les porcs sont issus de l'élevage de la ferme de Guernevez. L'effectif de 48 porcs par salle est établi sur la base d'une

surface utile de 1,2 m² par animal. Chaque lot est constitué de 24 mâles castrés et de 24 femelles. Les animaux sont entrés dans le bâtiment le 2 avril 2001. Le départ des porcs s'est fait en 2 fois, après 92 et 106 jours de présence en engraissement. Sur l'ensemble des 2 salles, six porcs sont morts ou ont été écartés pour des raisons sanitaires au cours de la période d'engraissement.

1.3. Litière, alimentation et abreuvement

La litière a été disposée dans chaque salle quelques heures avant l'arrivée des porcs. Dans la salle 1 (S1), une couche de 24 cm de sciure provenant d'une scierie locale a été uniformément répartie sur l'ensemble de la surface de la case. Dans la salle 2 (S2), la litière est constituée d'une épaisseur moyenne de 15 cm de Bio Pig[®]. Cette litière est un produit industriel à base de bois de résineux, déshydraté, calibré, hygiénisé et dépoussiéré. En cas de rajout de litière au cours de la période d'engraissement, les quantités et volumes de litière fraîche étaient enregistrés.

Les animaux, alimentés à volonté, ont reçu deux aliments au cours de l'étude. L'aliment croissance est distribué jusqu'à 60 kg de poids vif, puis les porcs reçoivent un aliment finition jusqu'à leur sortie du bâtiment. Les taux de protéines et de phosphore sont respectivement de 16% et 4,5 g/kg pour l'aliment croissance et de 14,5% et 4,5 g/kg pour l'aliment finition. Le passage de l'aliment croissance à l'aliment finition a lieu sans transition. Les porcs avaient accès à l'eau à volonté. Le débit des abreuvoirs, réglé à 0,4 l/min, était régulièrement vérifié.

1.4. Mesures et calculs

Les porcs sont pesés individuellement le jour de la mise à l'engrais ainsi que le jour de leur départ. La teneur en viande maigre (TVM) des animaux est mesurée à l'abattoir par Uniporc. Les porcs écartés de l'étude étaient pesés à leur sortie. Les compteurs d'eau étaient relevés chaque lundi matin, le compteur de la chaîne d'alimentation toutes les deux semaines.

La température de consigne a été fixée à 20°C pendant toute la durée de l'étude. Dans la salle 1 ainsi qu'à l'extérieur du bâtiment, la température et l'hygrométrie étaient enregistrées toutes les 15 minutes par des capteurs automatiques. Un relevé quotidien des températures mini et maxi permettait de s'assurer que la température d'ambiance était similaire dans les deux salles.

Chaque lundi à 9h00, la teneur en ammoniac dans l'air ambiant de chaque salle est mesurée au niveau de la cheminée d'extraction à l'aide d'un tube Draeger.

La litière a été échantillonnée le jour du départ des porcs. Pour ce faire 30 prélèvements ont été réalisés à différents points de chaque salle, sur toute l'épaisseur de la litière. Ils ont ensuite été brassés pour constituer un échantillon représentatif. Le volume terminal de litière est estimé par la mesure de son épaisseur moyenne dans la salle. Le poids de la litière est obtenu par pesée sur le pèse-essieu de la station de

Tableau 1 - Résultats zootechniques

	S1		S2	
Nombre d'animaux	48		48	
Poids moyen initial (kg)	34,3 ± 4,0		34,5 ± 3,4	
Nombre de pertes et sorties.	4		2	
Poids moyen porcs vendus (kg)	114,3 ± 7,7		110,1 ± 8,9	
Durée moyenne croissance (j)	96,3		100,1	
Gain moyen quotidien (kg/j)	0,79		0,73	
Indice de consommation	2,8		3,0	
	♂	♀	♂	♀
Teneur en Viande Maigre (%)	57,5 ± 3,3	61,6 ± 2,1	58,5 ± 2,6	61,1 ± 2,2

Guernevez. Les échantillons de litière initiale et finale sont analysés par le laboratoire Agrilabo, à Morlaix.

La méthodologie utilisée pour réaliser les bilans d'eau, d'azote de phosphore et de cuivre est décrite dans les thèses de DE OLIVIERA (1999) et KERMARREC (1999). Pour l'azote par exemple, la quantité fixée par les animaux est estimée à partir du poids des porcs, de leur croissance et de leur teneur en muscle (GUILLOU et al., 1993). Le débit d'air a été estimé par deux méthodes pour la salle 1. La première méthode consiste à mesurer la vitesse d'air à la sortie de la cheminée d'extraction avec un anémomètre à hélice. Cette mesure est mise en relation avec l'écart entre la température intérieure et la température de consigne. La relation statistique obtenue permet d'estimer le débit d'air pour chaque relevé de température. La seconde méthode consiste à estimer la production de chaleur totale (PHILIPS et al., 1998), la chaleur produite par la litière étant déduite des résultats obtenus par DE OLIVIERA (1999). L'écart d'enthalpie entre l'air intérieur et extérieur permet de déduire le débit d'air. Un flux d'ammoniac ponctuel est estimé à partir des mesures

hebdomadaires. Le flux entre deux mesures a été reconstitué par interpolation linéaire des flux estimés. Nous avons évalué la précision de la méthode en comparant le flux d'eau estimé de la même façon, au flux d'eau présumé d'après les résultats de DE OLIVIERA (1999) et à celui déduit du bilan solide, augmenté de la production d'eau métabolique. La comparaison des valeurs montre que l'interpolation à partir des mesures hebdomadaires conduit à une surestimation inférieure à 20% par rapport au flux gazeux ou à la perte d'eau liquide.

2. RÉSULTATS

2.1. Performances zootechniques

Les performances zootechniques sont présentées dans le tableau 1. Le gain moyen quotidien ainsi que l'indice de consommation mesurés dans la présente étude correspondent aux valeurs enregistrées par ailleurs dans l'élevage. En moyenne, la teneur en viande maigre est supérieure de 3 points chez les femelles par rapport aux mâles.

Tableau 2 - Masse et volume des litières en début et fin de période

	S1	S2
Type de litière	Sciure Brute	Bio Pig
Litière initiale		
Matière sèche (%)	52,5	89
Apport initial (T)	3,2	1,7
Volume initial (m ³)	14	8,7
Nombre d'apports supplémentaires	1	2
Ajouts de litière (T)	0,68	0,49
Volume total (m ³)	17	11,2
Litière finale		
Matière sèche (%)	34,3	33,8
Litière finale (T)	7,54	8,82
Épaisseur litière en fond de case (cm)	32	33
Épaisseur litière en devant de case (cm)	8	10
Volume final (m ³)	9,2	10,5

Tableau 3 - Caractéristiques physico-chimiques des litières à la sortie du bâtiment

	Matière sèche	MM	MO	N ammoniacal	N nitrique	N organique	N total	P ₂ O ₅	K ₂ O	C/N	Cu	Zn
	%			kg/t MS				g/t MS				
S1	34,3	20,5	79,4	1,45	2,92	17,49	21,86	21,43	29,88	22,9	162,5	312,4
S2	33,7	28,2	71,7	2,07	1,78	15,86	19,71	21,35	26,39	25,9	196,3	297,5

2.2. Paramètres d'ambiance

L'évolution de la température et de l'hygrométrie dans la salle 1 et dans l'air extérieur est illustrée sur la figure 1. La température extérieure moyenne était de $14,3 \pm 5,5$ °C au cours de la période d'engraissement. Dans la salle 1, la température a été maintenue au dessus de la température de consigne puisqu'elle était en moyenne de $23,9 \pm 2,4$ °C.

2.3. Composition des litières initiales et finales

Les apports de litière ainsi que la quantité de litière sortie du bâtiment sont présentés dans le tableau 2. L'apport initial était de 67 kg et 36 kg de litière par porc respectivement pour les salles 1 et 2, correspondant à des apports respectifs de 35 kg et 32 kg de matière sèche. L'évolution de la litière, et notamment la dégradation de la zone de déjection, nous ont conduit à réaliser des apports complémentaires en cours d'engraissement, en une seule fois dans la salle 1 et en deux fois dans la salle 2.

La litière était disposée de manière homogène sur l'ensemble de la surface de la salle. Rapidement les porcs réservent une zone de déjections dans le fond de la case. Le jour de départ des porcs, l'épaisseur moyenne de la litière en fond de case était 3 à 4 fois supérieure à l'épaisseur mesurée à l'avant de la case. Cette hétérogénéité s'observait dès le premier mois d'engraissement. La température de la litière dans la zone profonde, mesurée de façon ponctuelle, était comprise entre 27 et 30°C.

Le volume total de litière sorti de la porcherie était 193 l et 218 l par place respectivement pour les salles 1 et 2, corres-

pondant à une production pondérale de 157 kg et 184 kg par porc.

Le tableau 3 présente le résultat des analyses physico-chimiques des litières à leur sortie des deux salles. On observe peu de différence entre les produits. La teneur en azote est en moyenne de 20,8 kg/t de MS, soit 7,1 kg par tonne de produit brut. Plus de 80% de l'azote total est présent sous forme organique. Les teneurs moyennes en P₂O₅ et en K₂O sont respectivement de 21,4 kg/t et 28,1 kg/t de MS. Le ratio N/P₂O₅, est en moyenne de 0,97.

2.4. Bilans sur le phosphore, le cuivre, l'eau et l'azote

Les résultats des bilans sont présentés dans le tableau 4. Les bilans massiques indiquent des taux de recouvrement moyens de 101 % et 88 % respectivement pour les éléments P et Cu. Ces résultats valident la représentativité des échantillons de litière analysés.

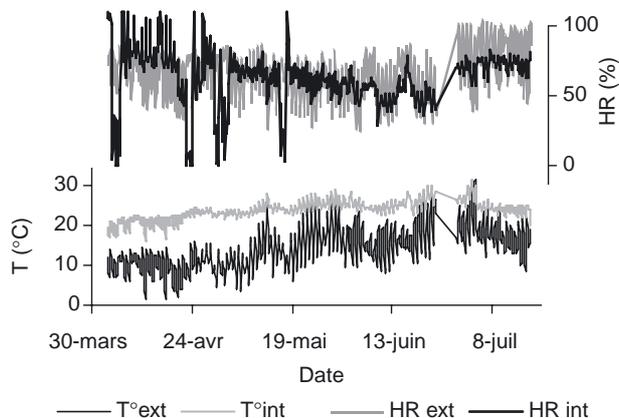
L'apport d'eau se fait essentiellement via l'eau de boisson, l'apport par l'aliment ou la litière ne représente que 5 à 10% du total. Chaque salle a évacué plus de 22 m³ d'eau au cours de la période d'engraissement, soit en moyenne 210 kg d'eau par jour.

L'apport d'azote par la litière neuve ne représente que 3 % de l'azote total présent à un moment donné dans la litière. Le reste provient des déjections puisque plus de 60% de l'azote ingéré est excrété par les porcs. On ne retrouve dans la litière finale qu'une partie de l'azote. L'abattement d'azote observé est de 62,4% et 63,6% respectivement dans les salles 1 et 2.

Tableau 4 - Bilan sur le phosphore, le cuivre, l'eau et l'azote

	Phosphore (kg)		Cuivre (g)		Eau (kg)		Azote (kg)	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Apport aliment	46,6	47,5	622	633	1347	1372	251,9	255,4
Apport boisson					26288	28622		
Apport par litière	0	0	20	9	1841	242	5,8	4,0
Fixé porcs	22,1	21,2	62	63	2171	2105	101,6	94,3
Excrété	24,6	26,3	560	570			150,4	161,0
Litière finale	24,2	27,8	420	584	4954	5843	56,5	58,7
Abattement (kg)					22350	22287	93,8	102,4
Abattement (%)					81,9	79,2	62,4	63,6
% recouvrement	98,5	105,6	71	100				

Figure 1 - Évolution de la température et de l'hygrométrie dans la salle 1 et dans l'air extérieur



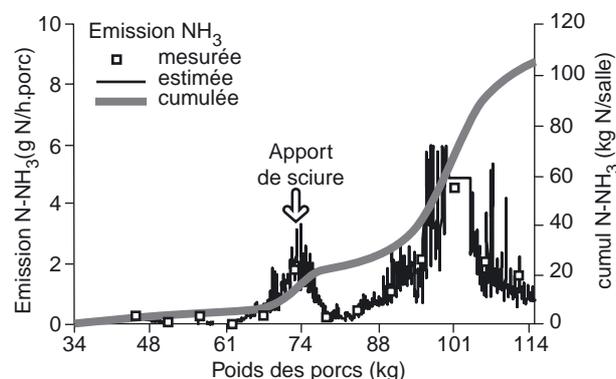
Les teneurs en ammoniac dans l'ambiance du bâtiment s'échelonnaient entre 5 et 70 ppm, avec des valeurs moyennes de 20 ppm et 35 ppm respectivement pour les salles 1 et 2. La figure 2 présente l'évolution du flux d'ammoniac dans la salle 1. La perte d'azote sous forme ammoniacale est estimée respectivement à 111 kg et 117 kg pour les deux méthodes d'estimation du débit d'air. La perte d'azote minimale, compte tenu de la surestimation possible de 20%, est comprise entre 88 et 93 kg d'azote. L'azote évacué sous forme d'ammoniac atmosphérique représente donc plus de la moitié de l'azote excrété. Il est à plus de 70% émis dans le dernier tiers de la période d'engraissement. Il est intéressant de noter sur la figure 2 la réduction de volatilisation au cours de la période suivant le rajout de sciure.

5. DISCUSSION

L'élevage sur litière fine de sciure a induit une réduction importante du volume des déjections. Avec un volume moyen proche de 200 litres par porc, la quantité de litière évacuée est comparable à celle enregistrée en couche profonde où la litière reste en place pour engraisser plusieurs lots de porcs (NICKS et al., 1995). Ce résultat est probablement lié à la faible pente du sol qui a induit une zone de compostage plus épaisse en fond de salle. Le volume de déjections observé est inférieur à celui enregistré en élevage sur lisier, proche de 350 L par porc produit (LATIMIER et al., 1993 ; GRANIER et TEXIER, 1993 ; LATIMIER et al., 1996). Cette réduction du volume des déjections s'explique par une importante évaporation de l'eau excrétée, estimée dans notre étude à 80%, en accord avec les résultats obtenus en couche profonde de sciure (LESGUILLIER et al., 1995). De plus, en admettant un CUD moyen pour la matière organique (MO) de l'aliment de 84,8% (LE GOFF et NOBLET, 2001), 40% de la MO incluse dans la litière proviendrait des fèces. Dans nos conditions, 60% de la matière organique de la litière est dégradée en cours d'engraissement soit l'équivalent de 90% de la MO excrétée par les animaux.

Nous avons mesuré un abattement d'azote moyen de 63% dans les deux salles. Dans les bâtiments d'engraissement de porcs sur litière l'abattement d'azote observé en cours d'élevage est compris entre 12% et 80% (LE BRIS et al., 2000, MØLLER et al.,

Figure 2 - Évolution du flux d'ammoniac dans la salle 1



2000). Cette plage de variation importante s'explique essentiellement par le type de litière utilisée, paille ou sciure, et le mode de gestion de celle-ci. L'abattement d'azote pourrait également se poursuivre au cours d'une phase de stockage du compost avant épandage. TEXIER et al. (2000) soulignent cependant la difficulté d'effectuer un compostage efficace avec une litière composée de particules de bois. La réduction du taux d'azote dans le compost peut être intéressante pour diminuer la charge azotée lors de l'épandage. En revanche, il conviendra de prendre en considération les teneurs en P, K, Cu et Zn pour établir un plan de fertilisation adapté. Dans notre étude, où un seul lot de porcs est engraisé sur la litière, le rapport N_{Total}/P_2O_5 est proche de 1. L'engraissement de plusieurs lots de porcs sur une même litière a pour effet de concentrer encore plus le phosphore et les minéraux dans le compost (NICKS et al., 1995).

L'estimation du flux d'ammoniac indique que l'essentiel de l'azote abattu dans le bâtiment est volatilisé sous forme ammoniacale. Dans les conditions de notre étude, le bâtiment évacue de 1,8 à 2,4 kg d'azote par place. L'importance de l'émission d'ammoniac observée est en accord avec les données de la bibliographie. Dans une série d'expérimentations où les conditions d'animaux et d'aliment sont maintenues constantes, KERMARREC (1999) et ROBIN et al. (1999b) mesurent une perte d'azote sous forme ammoniacale qui varie de 11 à 76% de la perte totale. Par ailleurs, BPR (2001) suggère que les pertes gazeuses d'azote se feraient à 80% sous forme de NH₃ dans les bâtiments ayant une couche fine de litière. Lorsque la concentration en ammoniac de l'ambiance d'élevage est élevée, on peut donc s'attendre à un risque d'émission ammoniacale importante. Il convient de plus de considérer le risque d'un effet de l'ammoniac sur la santé de l'éleveur et des porcs. En France le ministère du travail a fixé pour l'ammoniac une valeur limite d'exposition de 50 ppm pour une durée d'exposition de 15 minutes et une valeur moyenne d'exposition de 25 ppm pour une durée d'exposition de 8 heures, valeurs indicatives qui peuvent être admises dans l'air des locaux de travail (INRS, 1997).

Des expériences antérieures montrent que la litière permet un abattement d'azote important sous forme d'azote moléculaire (jusqu'à 77% de l'azote perdu sous forme de N₂ non polluant ; KERMARREC, 1999). La conduite de la litière en

couche fine devrait donc être améliorée pour que les bio-transformations de l'azote ammoniacal soient plus rapides. L'influence d'un apport de sciure sur la réduction du flux d'azote, observé dans la salle 1, mérite d'être explorée plus en détail. En conditions expérimentales, KERMARREC (1999) observe que le mélange d'une litière neuve à une litière ancienne permet de modifier son fonctionnement par la modification de sa porosité et de la disponibilité du carbone. On peut étudier l'intérêt d'une isolation du sol pour maîtriser l'humidité et augmenter la diffusion d'oxygène. Une forte humidité de la litière favorise l'émission d'ammoniac à travers une moindre nitrification (réduction de la diffusion d'oxygène dans la litière) et une plus forte surface émettrice (animaux souillés, urines restant en surface). L'isolation du sol permettrait de récupérer pour l'évaporation une partie de la chaleur produite par la litière et perdue dans le sol. De plus, l'isolation éviterait la condensation de l'eau qui limite la diffusion de l'oxygène au contact du sol.

CONCLUSION

L'expérimentation d'engraissement de porcs sur couche fine de sciure ou de particules de bois, réalisée à Guernevez, a permis d'évaluer l'abattement d'azote dans l'effluent et la proportion d'ammoniac volatilisé. Nous avons mesuré que

plus de 60% de l'azote excrété par les porcs est volatilisé sous forme gazeuse, essentiellement ammoniacale. L'abattement d'azote observé peut se révéler intéressant pour réduire la surface nécessaire pour l'épandage des effluents. En revanche, pour réaliser un plan de fumure adapté à l'exportation par les cultures, il conviendra de considérer la teneur du produit en éléments non volatils, le phosphore en particulier. Le transport du compost en dehors des zones en excédent est facilité par une réduction importante du volume des déjections.

Cette étude souligne le besoin de contrôler le flux d'ammoniac pour des litières disposées en couche fine. La mise au point d'une gestion fiable, par des apports réguliers de produit par exemple, ou par l'isolation du sol sont autant de pistes à explorer pour limiter la volatilisation de l'ammoniac en réduisant l'apport de litière.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le Conseil Régional de Bretagne pour le financement de l'étude et la société SICSA pour la fourniture de la litière Bio Pig®. Ce projet constitue une action du programme Porcherie Verte. Les auteurs remercient également Marc Toudic ainsi que l'ensemble du personnel de la station de Guernevez.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BPR, 2001. Technique d'élevage du porc sur litière mince. Expérimentation et suivi agronomique, environnemental et économique. FPPQ. 52 p.
- DE OLIVIERA P.A., 1999. Comparaison des systèmes d'élevage des porcs sur litière de sciure ou caillebotis intégral. Thèse Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Rennes. 264 pages
- GRANIER R., TEXIER C., 1993. *Techni Porc*, 16(3), 23-31.
- GUILLOU D., DOORMAD J.Y., NOBLET J., 1993. *Journées Rech. Porcine en France*, 25, 307-314.
- INRS, 1997. Fiche Toxicologique n°16. Ammoniac et solutions aqueuses. 6 p.
- KERMARREC, C. 1999. Bilan et transformations de l'azote en élevage intensif de porcs sur litière. Thèse Université de Rennes1. 165 pages.
- LATIMIER P., DOORMAD J.Y., CORLOUER A., 1993. *Journées Rech. Porcine en France*, 25, 295-300.
- LATIMIER P., GALLARD F., CORLOUER A., 1996. *Journées Rech. Porcine en France*, 28, 241-248.
- LE BRIS B., JEGOU J.Y., CALLAREC J., QUILLIEN, J.P., 2000. Rejets sur litière, Synthèse bibliographique. Document de travail. EDE-Chambres d'Agriculture de Bretagne.
- LE GOFF G., NOBLET J., 2001. *Journées Rech. Porcine en France*, 33, 211-220.
- LESGUILLIER F., GOUIN R., GUIZIOU F., ORAIN B., 1995. *Journées Rech. Porcine en France*, 27, 343-350.
- MATTE, J.J., 1993, *Canadian J. Anim.Sci.*, 73, 643-647.
- MØLLER H.B., SOMMER S.G., ANDERSEN B.H., 2000. *J. Agric. Sci.*, 135, 287-286.
- NICKS B., DESIRON A., CANART B., 1995. *Journées Rech. Porcine en France*, 27, 337-342.
- PHILLIPS V.R., HOLDEN M.R., SNEATH R.W., SHORT J.L., WHITE R.P., HARTUNG J., SEEDORF J., SCHRÖDER M., LINKERT K.H., PEDERSEN S., TAKAI H., JOHNSEN J.O., GROOT KOERKAMP P.W.G., UENK G.H., SCHOLTENS R., METZ J.H.M., WATHES C.M., 1998. *J. Agric. Engng. Res.*, 70, 11-24.
- ROBIN P., DE OLIVIERA P.A., KERMARREC, 1999a. *Journées Rech. Porcine en France*, 31, 111-115.
- ROBIN P., SOULAMIAC D., DE OLIVEIRA P.A.V., KERMARREC C., 1999b. Rapport final. Maîtrise à la source des émissions gazeuses et de l'état final des effluents en élevage intensif de porcs sur litière. Bretagne Eau Pure. 66P.
- TEXIER C., LEVASSEUR P., VAUDELET J.C., 2000. *Journées Rech. Porcine en France*, 32, 77-82.