

Article original

Émissions de vapeur d'eau et bilan azoté lors d'élevage de porcelets sevrés sur litière accumulée de sciure

Baudouin NICKS*, Martine LAITAT, Marc VANDENHEEDE,
Alain DÉSION, Bernard CANART

Université de Liège, Faculté de Médecine Vétérinaire,
bld de Colonster, B43, 4000 Liège, Belgique

(Reçu le 3 septembre 1999 ; accepté le 6 janvier 2000)

Abstract — Water vapour emission and nitrogen balance from a sawdust deep litter system for weaned pigs. Five batches of a total of 180 weaned pigs were reared successively in an experimental room on 30 cm deep litter without cleaning between the batches. The litter was a mixture of sawdust from coniferous and beech trees. Water was added to the litter every 10 days to lower the dust concentration in the room. The total amounts of sawdust and water used were respectively 21.3 kg per pig and 10.2 l per pig. The mean temperature of the litter at 20 cm depth recorded during each of the 5 periods varied from 32.5 °C to 41.8 °C. The average liveweight of the pigs at the beginning and at the end of the post-weaning period was respectively 7.9 ± 1.2 kg and 24.5 ± 4.2 kg. The average daily gain was 392 ± 87 g. The temperature and the relative humidity of the air inside and outside the experimental room and the ventilation rate were continuously recorded in order to calculate the water vapour emission for each batch. The amount of water vapour produced was significantly correlated to the water consumption of the pigs and reached an average of 1 732 g per pig per day. This amount is 36% greater than the reference used for pigs on slatted floors. This value may be used as a reference to calculate the minimum ventilation rate for piggeries with pigs on sawdust deep litters. The amount of compost produced was 19.9 kg per pig with a dry matter content of 44.7%. The amount of nitrogen in the compost was 231 g per pig which is about 50% lower than the reference used for the slurry. The volatile nitrogen emissions are thus much higher from composts than from slurries.

deep litter / sawdust / weaned pig / water vapour / nitrogen

Résumé — Cinq lots, totalisant 180 porcelets, ont été élevés successivement sur une même litière de 30 cm d'épaisseur, sans curage entre les lots. La litière était composée d'un mélange de sciure d'épicéa et de hêtre. Les poids moyens des porcelets au début et en fin de séjour ont été respectivement de $7,9 \pm 1,2$ kg et $24,5 \pm 4,2$ kg. Le gain moyen quotidien a été de 392 ± 87 g. Le relevé, en continu, des températures et des humidités relatives intérieures et extérieures ainsi que du débit de ventilation

* Correspondance et tirés à part
Tél. : (32) 4 366 41 45 ; fax : (32) 4 366 41 22 ; e-mail : baudouin.nicks@ulg.ac.be

a permis de déterminer pour chaque lot la production de vapeur d'eau. Celle-ci était significativement corrélée à la consommation d'eau des porcs et s'élevait en moyenne à 1732 g par porc par jour, soit une valeur supérieure de 36 % à la norme relative à l'élevage de porcelets sur caillebotis. Cette valeur peut servir de référence pour le calcul des débits minimums de ventilation à assurer en périodes froides dans les bâtiments hébergeant des porcelets sur litière. La quantité de compost retirée en fin d'essai a été de 19,9 kg par porc à 44,7 % de matière sèche. La quantité d'azote présent dans le compost a été de 231 g par porcelet, valeur qui correspond à environ la moitié de la norme retenue lors de récolte des déjections sous forme de lisier. Les pertes azotées par volatilisation sont donc nettement plus élevées à partir des litières que des lisiers.

litière accumulée / sciure / porcelets sevrés / vapeur d'eau / azote

1. INTRODUCTION

Les données disponibles sur l'utilisation de sciure comme litière accumulée en porcherie se rapportent essentiellement à la période d'engraissement. Il en ressort que les principaux avantages de cette technique par rapport à la récolte des déjections sous forme de lisier sont : une réduction allant jusqu'à 75 % de la masse d'effluents produits [13, 14], une nette diminution de la nuisance olfactive [2, 7, 10, 11, 17] et des conditions de logement plus favorables au bien-être des porcs [1, 3]. Il convient cependant de disposer de 65 à 100 kg de sciure par porc produit [13, 14].

L'élevage sur litière s'accompagne normalement d'un échauffement de celle-ci entraînant une production importante de vapeur d'eau. De Oliveira et al. [16] ont établi, qu'en engraissement, la production de vapeur d'eau par le couple animal-litière est de l'ordre de 6,12 kg par porc par jour, soit près de 1,75 fois plus que la production observée avec récolte de lisier. Il est évidemment de première importance de tenir compte de cette particularité lors de l'aménagement des bâtiments prévus pour un élevage sur litière et, notamment, dans le choix de l'équipement destiné à assurer la ventilation et la qualité de l'isolation.

Les émissions de composés azotés volatils sont également nettement plus élevées avec une litière comparativement au lisier. Il en résulte que, par porc engraisé, les litières

compostées contiennent de 3 à 4 fois moins d'azote que les lisiers [10, 13, 14]. Cet aspect ne nécessite pas d'adaptation particulière des porcheries mais on doit en tenir compte dans l'évaluation comparative de l'impact environnemental des 2 systèmes.

Le but de cette étude était de mesurer la production de vapeur d'eau et d'établir le bilan azoté relatif à l'élevage de porcelets sevrés sur litière accumulée de sciure.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Description du local d'expérimentation

Les porcelets étaient hébergés dans une loge de 20,2 m² aménagée dans un local de 30,2 m² et de 106 m³. La ventilation était assurée par un extracteur dont le débit était automatiquement adapté en fonction de la température ambiante. L'air frais entrant dans le local après avoir été réchauffé au niveau d'un couloir d'accès. Le chauffage du local était assuré par des radiateurs à eau chaude. La loge était équipée d'un nourrisseur de type Tubomat comprenant une mangeoire et 2 abreuvoirs à tétine situés de part et d'autre de celle-ci. Un compteur d'eau permettait le relevé des quantités consommées. L'approvisionnement du nourrisseur se faisait manuellement à l'aide de sacs d'aliment de 25 kg dont l'utilisation était comptabilisée.

Tableau I. Composition de l'aliment.

Énergie nette (kcal)	2 300
Cellulose (%)	3,4
Protéine brute (%)	18,5
Acides aminés digestibles (g·kg ⁻¹)	
lysine	13
méthionine + cystine	6,5
thréonine	4,9
tryptophane	1,6
Vitamine A (U.I.)	27 500
Vitamine D (U.I.)	2 000
Vitamine E (mg·kg ⁻¹)	50
Facteur de croissance	Olaquinox
Ca (g·kg ⁻¹)	10
P digestible (g·kg ⁻¹)	3,5

2.2. Animaux

Cinq lots successifs, totalisant 180 porcelets, ont été hébergés sur la même litière. Tous les porcelets provenaient du même élevage où ils étaient sevrés entre 3 et 5 semaines. Les lots étaient formés d'un même nombre de mâles et de femelles. En cours d'essai deux mortalités accidentelles ont été enregistrées. Les animaux ont été pesés individuellement à l'arrivée et au départ pour chaque période d'hébergement. Les moyennes obtenues ont été soumises à une analyse de la variance avec détermination de la plus petite différence significative.

Les porcelets étaient nourris à volonté avec un aliment du commerce composé de 64 % de céréales (orge, maïs, froment), de graines de soja toastées (15 %), de poudre de lait (6 %), de farine de poisson (5 %), de pulpe de betteraves (2,5 %), de rebulet (2,5 %) et d'un complément minéral-vitaminé. La teneur en protéines brutes de l'aliment était limitée à 18,5 % mais il était enrichi en acides aminés essentiels (Tab. I). Les quantités d'aliment et d'eau consommées ont été déterminées par lot.

2.3. Réalisation et entretien de la litière

L'apport initial de sciure a été de 2250 kg pour une surface de loge de 20,2 m², de façon à obtenir une couche d'une trentaine de centimètres d'épaisseur après tassement par les premiers porcelets. Deux lots de sciure ont été utilisés, l'un provenant de bois d'épicéa, pour un apport de 1 610 kg, l'autre de bois de hêtre, pour 640 kg. Les teneurs en matière sèche (MS) de ces 2 sciures étaient respectivement de 33,7 et 55,4 % et les caractéristiques de leur granulométrie sont présentées au tableau II. La plus faible teneur en MS de la sciure d'épicéa s'explique par une longue période de stockage à l'extérieur sous une bâche n'assurant pas une protection parfaite contre la pluie.

En cours d'essai, 4 apports de sciure fraîche de hêtre, totalisant 1 585 kg, ont été effectués, les deux premiers pour rétablir une hauteur de sciure de 30 cm lors du passage des deux premiers lots, les suivants en fin de séjour des lots 3 et 4 pour maintenir la litière suffisamment propre en surface. La quantité totale de sciure utilisée a donc été de 3 835 kg pour 180 porcelets, soit 21,31 kg par porcelet. En fin d'essai, un peu de paille (96 kg) a été épandue dans la loge pour éviter un « salissement » excessif des zones à déjections.

Chaque semaine, les matières fécales accumulées ont été dispersées sur toute la superficie de la loge et enfouies dans la litière. Dans l'intervalle séparant la sortie d'un lot de l'arrivée du suivant, un retournement de la litière a été effectué.

Tableau II. Importance pondérale de différentes classes de taille des particules de sciure (poids en % du total).

	Classes de taille (mm)				
	≤ 0,5	0,5-1	1-2	2-4	> 4
Sciure d'épicéa	20	36	29	8	7
Sciure de hêtre	58	38	3	1	0

Pour diminuer la contamination de l'air par les poussières, la litière a été arrosée environ 1 fois tous les 10 jours à raison d'apports moyens de 81 l d'eau, totalisant 1852 l sur l'ensemble de la période expérimentale, soit $0,48 \text{ l}\cdot\text{kg}^{-1}$ de sciure.

2.4. Mesures

Les températures et humidités de l'air à l'intérieur du local et dans le couloir de prélèvement de l'air frais ont été enregistrées en continu et traitées sur la base de moyennes horaires. La température de la litière a également été suivie en continu à l'aide de 4 sondes placées à demeure dans la masse à environ 20 cm de profondeur. Un appareillage de régulation Fancom FCTA a permis d'enregistrer en continu les débits horaires de ventilation. Les valeurs moyennes relevées au cours des 5 périodes ont été soumises à une analyse de la variance avec calcul de la plus petite différence significative.

La valeur agronomique du compost a été déterminée à la fin de l'essai. La teneur en azote a été établie par la méthode Kjeldahl et la teneur en C a été calculée sur la base de 55,55 % de C dans la matière organique [19].

3. RÉSULTATS

3.1. Caractéristiques climatiques du local d'expérimentation et performances des animaux

Le tableau III présente les résultats des mesures de températures, humidités relatives et débits de ventilation lors des 5 périodes successives d'hébergement des porcelets.

La température de la litière était de 18°C avant l'arrivée des premiers porcelets. Elle a progressivement augmenté, atteignant 25°C après 1 semaine, 36°C après 2 semaines pour arriver à un maximum de 45°C après 1 mois. Au cours des périodes d'inoccupation de la loge, entre les lots, la température diminuait pour remonter dès l'arrivée des nouveaux animaux.

Les température et humidité relative de l'air extérieur correspondaient à des conditions plutôt estivales, expliquant les valeurs élevées des débits de ventilation qui ont varié entre $18,9 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ par porcelet (lot 3) et $29,2 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ par porcelet (lot 4).

Le tableau IV fournit un récapitulatif des performances observées. Les différences de G.M.Q. relevées entre lots peuvent en

Tableau III. Température moyenne de la litière et caractéristiques climatiques des locaux au cours des 5 périodes.

	Périodes d'hébergement				
	1	2	3	4	5
Température ($^\circ\text{C}$) de :					
l'air extérieur	18,9 ^a (1,5)	20,9 ^b (2,1)	20,1 ^c (2,3)	19,4 ^a (1,7)	18,0 ^d (0,9)
l'air intérieur	23,2 ^a (0,9)	24,0 ^b (1,4)	23,9 ^b (1,1)	23,3 ^a (1,4)	23,2 ^a (0,9)
la litière	35,9 ^a (8,7)	41,8 ^b (7,0)	32,5 ^c (6,5)	40,7 ^b (7,9)	33,0 ^c (4,0)
Humidité relative (%) de :					
l'air extérieur	48,4 ^a (6,8)	45,7 ^b (7,6)	48,0 ^a (6,0)	43,0 ^c (5,1)	48,7 ^a (6,9)
l'air intérieur	54,2 ^a (6,8)	52,7 ^{ab} (6,5)	51,3 ^b (5,6)	45,9 ^c (6,1)	54,1 ^a (7,1)
Débit de ventilation ($\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$)	886 ^a (225)	857 ^a (326)	947 ^a (373)	876 ^a (186)	660 ^b (194)

Les valeurs affectées d'une lettre différente dans une même ligne diffèrent significativement ($p < 0,05$).

Tableau IV. Niveaux de performance des 5 lots de porcelets.

	Lots					Totaux et moyennes
	1	2	3	4	5	
Nombre de porcs	40	30	50	30	30	180
Poids (kg)						
initial ⁺	8,2 ^b (1,2)	8,0 ^{ab} (1,3)	7,7 ^{ab} (1,2)	8,2 ^b (1,1)	7,4 ^a (0,9)	7,9 (1,2)
final ⁺	24,9 ^a (2,7)	25,9 ^a (3,0)	20,6 ^b (3,7)	25,4 ^a (3,2)	28,4 ^c (3,6)	24,5 (4,2)
Gain moyen quotidien ⁺ (g)	363 ^a (50)	459 ^b (70)	324 ^c (80)	411 ^d (69)	455 ^b (36)	392 (87)
Durée de séjour (jour)	46	39	40	42	46	42,5 ⁺⁺
Indice de consommation	1,84	1,64	1,82	1,62	1,75	1,75 ⁺⁺
Eau bue						
(1 kg ⁻¹ d'aliment)	2,87	3,07	2,76	2,87	2,84	2,87 ⁺⁺
(1 par porc par jour)	1,92	2,30	1,63	1,91	2,26	1,96 ⁺⁺

⁺ : Moyenne et écart type ; ⁺⁺ : Moyenne pondérée en fonction du nombre de porcs par lot. Les valeurs affectées d'une lettre différente dans une même ligne diffèrent significativement ($p < 0,05$).

partie s'expliquer par le nombre d'animaux par lot, les valeurs les plus et les moins élevées étant observées respectivement avec des groupes de 30 et 50 porcs.

3.2. Quantité de litière récoltée et composition

Le poids de compost en fin d'essai a été de 3 585 kg, soit 19,9 kg par porcelet. Le tableau V en donne la composition. La teneur en MS de la litière en fin d'essai était comparable à celle de la sciure fraîche utilisée au départ.

Tableau V. Composition du compost en fin d'essai.

Matière sèche (%)	44,7
Teneur (en g·kg ⁻¹ de MS)	
N total	26,0
N ammoniacal	1,2
P ₂ O ₅	32,6
K ₂ O	38,6
Rapport C/N	18

Le contenu final en azote du compost a été de 231 g par porcelet produit.

3.3. Production de vapeur d'eau

La production de vapeur d'eau a été estimée en utilisant 2 méthodes. La première consiste à établir la différence entre les entrées d'eau dans le local et les quantités encore présentes en fin d'essai. La seconde repose sur le calcul de la quantité d'eau évacuée par la ventilation, calcul basé sur la connaissance des moyennes horaires du débit de ventilation ainsi que des températures et humidités relatives intérieures et extérieures. Dans les 2 cas, les résultats ont été exprimés sous forme d'une émission par porcelet. Nos mesures ne permettent cependant pas de distinguer la production de vapeur d'eau par les animaux eux-mêmes de celle de la litière. Il s'agit donc d'interpréter les résultats comme la production de vapeur d'eau par le couple « animal-litière ».

Le tableau VI présente les données relatives au calcul par la première méthode. La

Tableau VI. Bilan hydrique permettant d'établir la quantité d'eau vaporisée (l d'eau par porc).

Ingestion d'eau	86,79
Eau retenue	- 11,81
Eau rejetée	74,98
Apport d'eau de litière ⁺	+ 21,80
Apport total d'eau	96,78
Eau du compost	- 11,01
Eau vaporisée	85,77

⁺ : Y compris l'eau d'arrosage.

Tableau VII. Vapeur d'eau évacuée par la ventilation (kg par porc).

Lot	Eau évacuée
1	88,3
2	78,8
3	47,6
4	68,9
5	96,6
	73,6 ⁺

⁺ : Moyenne pondérée en fonction du nombre de porcs par lot.

Tableau VIII. Bilan azoté permettant d'établir les pertes azotées sous forme volatile (g d'N par porc).

Apport alimentaire	861
Dépôt corporel	- 319
Azote des déjections	542
Apport par la litière	+ 18
Azote du compost	- 231
Perte azotée volatile	329

consommation moyenne en eau a été de 83,3 l en 42,5 jours, à laquelle il faut ajouter l'apport d'eau par les aliments (88 % de MS), soit 3,49 l, ce qui correspond à une ingestion totale de 86,79 l par animal. En considérant que le corps des porcelets contient 71 %

d'eau [5], la quantité retenue a été de 11,81 l (pour 16,64 kg de gain de poids) et la quantité rejetée de 74,98 l. En tenant compte du contenu en eau de la litière et de celle du compost en fin d'essai, on obtient la quantité d'eau vaporisée soit 85,77 l par porc.

Le tableau VII fournit, pour chaque période d'hébergement, les résultats des calculs de la quantité d'eau évacuée par la ventilation du local (2^e méthode). En moyenne, l'émission a été de 73,6 l par porcelet. Pour pouvoir établir un parallélisme entre les 2 méthodes de calcul, il convient d'ajouter à cette valeur la quantité d'eau évaporée de la litière en dehors des jours de présence des porcs, c'est-à-dire dans les intervalles de temps séparant la sortie d'un lot de l'arrivée du suivant. Des relevés effectués au cours de ces périodes (256 relevés horaires) ont permis d'établir que les pertes étaient en moyenne de 11,4 l par jour. Le temps total de non occupation ayant été de 87 jours, ces pertes ont été de 5,51 l par porc. Cette seconde méthode permet donc d'estimer à 79,07 l la quantité d'eau évaporée par porc produit.

Des différences d'émissions de vapeur d'eau étant observées entre lots, de 47,6 (lot 3) à 96,6 (lot 5) l par porc, une corrélation a été établie entre ces valeurs et la consommation d'eau par les porcs qui variait également d'un lot à l'autre (Tab. I). La figure 1 présente la droite de régression entre ces 2 variables ($r = 0,91$).

Pour un lot donné, la production de vapeur d'eau au cours du temps est restée relativement constante du début à la fin du séjour des animaux. À titre d'exemple, la figure 2 présente les productions moyennes observées durant les 6 semaines de séjour du lot 4.

3.4. Bilan azoté

Le tableau VIII présente les données du bilan azoté. Chaque porcelet ayant consommé en moyenne 29,1 kg d'un aliment à 18,5 % de protéines brutes, la

Figure 1. Relation entre la quantité d'eau évaporée par le couple porc-litière et la quantité d'eau bue par porc.

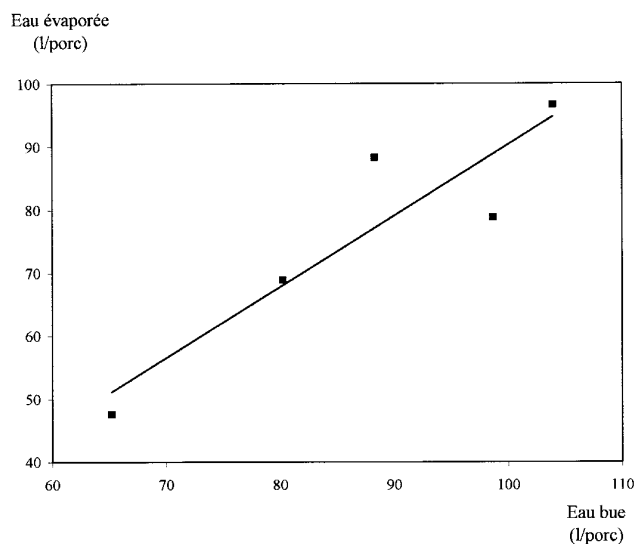
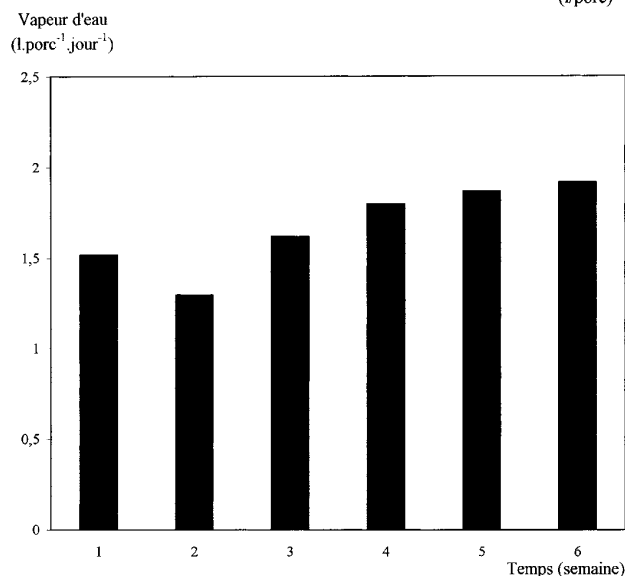


Figure 2. Évolution de l'émission de vapeur d'eau au cours d'une période de post-sevrage.



quantité d'azote ingéré a été de 861 g par porcelet. En considérant que la teneur en protéines du porcelet est de 12 % du poids vif [5], la quantité d'azote fixé peut être évaluée à 319 g. Les sciures d'épicéa et de hêtre contenaient respectivement 0,4 et 1 g d'azote au kilo et la paille 4,64 g. L'apport par la totalité de la litière a ainsi été de 3 314 g soit 18,4 g par porc. Le contenu en N du compost étant de 231 g par porc, les pertes sous forme volatile ont été estimées à 329 g

par porc, soit 61 % de l'N alimentaire non retenu par les porcelets.

4. DISCUSSION

4.1. Température de litière et quantité récoltée

La façon la plus pratique de juger du bon fonctionnement d'une litière compostée est

d'en suivre la température. Nos résultats montrent qu'une température supérieure à 30 °C, mesurée à 20 cm sous la surface, est suffisante pour empêcher l'accumulation d'eau dans la litière, ce qui confirme les observations réalisées sur des litières pour porcs charcutiers [10, 13, 14]. Tout en étant supérieure à 30 °C, les températures moyennes de la litière ont varié significativement d'un lot à l'autre, avec un minimum de 32,5 °C (lot 3) et un maximum de 41,8 °C (lot 2). Plusieurs facteurs pourraient expliquer ces différences sans qu'il soit possible de déterminer l'importance respective de chacun d'eux : intensité du travail hebdomadaire d'aération de la litière et de l'activité de fouille des porcelets qui le complète, variation du rapport pondéral litière/déjection, teneur en matière sèche de la litière, modification de la population microbienne assurant le compostage. Les écarts entre les températures moyennes de l'air dans le local au cours des 5 périodes ont été trop faibles (maximum 0,8 °C) pour avoir pu interférer avec ceux de la litière. Notons que la très grande stabilité de la température de l'air au cours de chaque période explique pourquoi de faibles écarts entre périodes sont statistiquement significatifs.

La technique de la litière accumulée permet une réduction de 75 % de la quantité d'effluent récolté comparativement à l'élevage sur caillebotis. En effet, la quantité de compost retiré après le passage de 5 lots de porcelets a été de 19,9 kg/porcelet alors que le volume de lisier récolté en post-sevrage est estimé à 80 l/porc [18]. La même réduction pondérale a été observée lors de l'utilisation de litière accumulée pour les porcs charcutiers [13, 14].

4.2. Production de vapeur d'eau

Le calcul des besoins de ventilation des bâtiments d'élevage se base sur les productions de chaleur sensible et de vapeur d'eau des animaux. Pour des porcelets élevés sur caillebotis, ces productions peuvent être

estimées à partir du poids des animaux et de la température ambiante. La CIGR [4] a proposé, à cet effet, des formules qui, appliquées aux conditions de cette expérience, c'est-à-dire des porcelets de poids moyen de 16,2 kg et une température ambiante de 23,2 °C, donnent une production de chaleur sensible de 47 W et de chaleur latente de 35,9 W. Cette dernière équivaut à une production par porcelet de 1 276 g·j⁻¹ de vapeur d'eau.

Les 2 méthodes utilisées lors de cette expérience pour estimer l'émission de vapeur d'eau ont donné des valeurs de 85,8 et 79,1 l par porc sur l'ensemble de la période d'observation, c'est-à-dire, y compris durant le temps de non occupation des locaux par les animaux. En principe, la seconde méthode est plus fiable car reposant sur un beaucoup plus grand nombre de données que la première dont la précision va dépendre de la qualité de l'échantillonnage de la litière et du compost pour la détermination des teneurs en MS. Compte tenu de la difficulté de bien échantillonner plusieurs tonnes de substrats, la concordance entre les 2 résultats peut être considérée comme très satisfaisante.

Le couple animal-litière a produit en moyenne 73,6 l sur une période de 42,5 jours, soit 1732 g·j⁻¹. Cette valeur est supérieure de 36 % à celle calculée pour des porcelets sur caillebotis. Pour des porcs à l'engraissement (30 à 100 kg), de Oliveira et al. [16] ont obtenu un surplus de production de 74 % lors d'élevage sur litière comparativement à celui sur caillebotis. Ces auteurs ont cependant utilisé une très grande quantité de litière représentant un apport d'eau qui, exprimé par kilo de poids vif, est 4 fois plus élevé que celui de notre essai (5,4 kg vs. 1,35 kg). Dans les 2 cas on peut considérer que la totalité de l'eau des déjections est évaporée, ce qui confirme des résultats antérieurs [15].

Sur la base d'une production de 1732 g d'eau par jour et d'une température inférieure de 23 °C, les débits minimums de ventilation à prévoir pour éviter une

humidité relative supérieure à 80 % sont respectivement de 5,96 et 9,1 m³/h/porc aux températures extérieures de 0 et 10 °C et à une humidité relative extérieure de 90 %. Exprimées par kilo de poids vif et en prenant un poids moyen de 16,2 kg, ces valeurs deviennent : 0,4 et 0,6 m³·h⁻¹·kg⁻¹. Elles peuvent servir de référence lors de l'aménagement de la ventilation des locaux avec porcelets sur litière et sont évidemment supérieures de 36 % à celles que l'on obtiendrait en prenant comme référence l'estimation de la production de vapeur d'eau lors d'élevage sur caillebotis. En conséquence, l'apport de chaleur sensible devra être supérieur sur litière pour maintenir la température des locaux à la valeur souhaitée. La litière peut certainement participer à cet apport mais nos données ne permettent pas d'en déterminer la contribution. Il convient cependant d'éviter tout apport excessif d'eau, par la litière ou par des gaspillages d'eau de boisson, afin de limiter les éventuels besoins en chauffage. Une isolation correcte des bâtiments doit également permettre de limiter ces derniers.

En conditions estivales, le niveau de ventilation doit également être supérieur lors d'élevage sur litière, pour évacuer la chaleur sensible qu'elle dégage. Les débits de ventilation mesurés lors de cette expérience donnent une indication à ce propos étant donné que la température de l'air extérieur a été en moyenne de 19,5 °C. Le débit moyen a été de 24,17 m³·h⁻¹·kg⁻¹, assurant un écart moyen de 4 °C entre les températures intérieure et extérieure. Exprimé par kilo de poids vif, le débit a été de 1,49 m³·h⁻¹ alors que les recommandations concernant le débit maximum à prévoir pour des porcelets sur caillebotis est de l'ordre de 1 m³·h⁻¹·kg⁻¹ [8].

4.3. Bilan azoté

Le contenu en azote du compost s'élevait à 231 g par porcelet produit. Cette valeur est supérieure de 66 % à celle obtenue

lors d'un essai antérieur [15] alors que les apports azotés alimentaires étaient comparables. Les pertes azotées sous forme volatile ont donc été moindres au cours de cet essai. Les différences essentielles entre ces 2 expériences se rapportent à la quantité de litière utilisée (12 kg par porc pour l'essai antérieur et 21,3 kg pour celui-ci) et à la nature de la litière : uniquement d'épicéa pour l'essai antérieur et un mélange d'épicéa et de hêtre pour cet essai. Les quantités et les granulométries des substrats étaient donc différentes, ces 2 facteurs jouant vraisemblablement un rôle dans la transformation de l'azote des déjections, rôle qui reste cependant à préciser. Le contenu en azote du compost est cependant, dans les 2 cas, nettement inférieur à celui du lisier qui est estimé à 440 g par porcelet (normes CORPEN 1996). Ce moindre contenu en azote des composts par rapport au lisier a également été mis en évidence lors de la période d'engraissement [10, 12, 13, 14].

Pour comparer les impacts environnementaux respectifs de la récolte des déjections sous forme de compost ou de lisier, il conviendrait de déterminer l'importance respective des principaux composés azotés volatils issus de ces effluents. Les données sur les composts sont cependant actuellement encore trop fragmentaires et trop disparates [6, 9, 19] pour conclure à ce propos.

5. CONCLUSION

L'élevage de porcs sur litière accumulée de sciure requiert une adaptation de l'équipement de ventilation qui doit fournir des débits supérieurs à ceux prévus pour l'élevage sur caillebotis. La production de vapeur d'eau étant supérieure de 36 % sur litière, le débit minimum de ventilation à prévoir en période froide doit être augmenté en proportion. Pour éviter qu'il ne le soit davantage, il est impératif de limiter les apports d'eau par la litière.

Les rejets azotés sous forme volatile sont nettement plus élevés lors de l'élevage sur

litière. Cet aspect, important au plan environnemental, devrait faire l'objet d'études détaillées afin de déterminer la part respective des divers composés produits et les facteurs qui pourraient les faire varier tels que la quantité et la nature de la litière utilisée.

REMERCIEMENTS

Nous remercions C. Remy pour les soins apportés aux animaux et l'aide à la récolte des données.

RÉFÉRENCES

- [1] Böhmer M., Hoy S., Keeping fattening pigs on deep litter system with additives for fermentation in comparison with slatted floor system from the ethological point of view, in: Proceedings of the 8th International Congress on Animal Hygiene, St Paul, Minnesota, USA, 1994, pp. 29–32.
- [2] Bonazzi G., Navarotto P.L., Wood shaving litter for growing-finishing pigs, in: Voermans J.A.M. (Ed.), Proceedings workshop deep litter systems for pig farming, Rosmalen, 21–22 September 1992, Research Institute for Pig Husbandry, Rosmalen, The Netherlands, 1992, pp. 57–76.
- [3] Bruce J.M., Straw-Flow: a high welfare system for pigs, *Farm Build. Progr.* 102 (1990) 9–13.
- [4] CIGR, report of working group on climatization of animal houses, Commission Internationale du Génie Rural, SFBIU, Aberdeen, 1984, 72 p.
- [5] Desmoulin B., Qualité des carcasses, in: Perez J.M., Mornet P., Rérat A. (Eds.), Le porc et son élevage, bases scientifiques et techniques, Maloine, 1986, pp. 431–460.
- [6] Groenestein C.M., Van Faassen H.G., Volatilization of ammonia, nitrous oxide and nitric oxide in deep-litter systems for fattening pigs, *J. Agric. Eng. Res.* 65 (1996) 269–274.
- [7] Hesse D., Straw in fattening pig husbandry, in: Voermans J.A.M. (Ed.), Proceedings workshop deep litter systems for pig farming, Rosmalen, 21–22 September 1992, Research Institute for Pig Husbandry, Rosmalen, The Netherlands, 1992, pp. 77–92.
- [8] Informatie en Kennis Centrum Veehouderij (IKC-Veehouderij), ventilatie in varkenstallen, Rosmalen, The Netherlands, Publikatie n° 36, 1992, 100 p.
- [9] Kaiser S., Van den Weghe H., Regulatory control of nitrogen emissions in a modified deep litter system, in: Proceedings of the International Symposium Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities, Vinkerloord, the Netherlands, 6–10 October, 1997, pp. 667–675.
- [10] Kaufmann R., Litière biomaitrisée pour porcs à l'engrais, in : 29^e Journées de la recherche porcine en France, Paris, 4–6 février 1997, Institut technique du porc, Paris, 1997, pp. 311–318.
- [11] Kaufmann R., Hartmann C., Maurer D., Schlatter M., Porcheries d'engraissement sur litière biomaitrisée, rapports FAT, Station fédérale de recherches en économie et technologie agricole (FAT), CH-8356 Tänikon TG, n° 520, 1998, 16 p.
- [12] Lesguillier F., Gouin R., Guiziou F., Orain B., L'élevage de porcs sur litières biomaitrisées: contribution au dossier environnemental sur l'évaluation des rejets, bilan des éléments azotés et minéraux des litières, in : 27^e Journées de la recherche porcine en France, Paris, 31 janvier, 1–2 février 1995, Institut technique du porc, Paris, 1995, pp. 343–350.
- [13] Nicks B., Désiron A., Canart B., Bilan environnemental et zootechnique de l'engraissement de quatre lots de porcs sur litière biomaitrisée, in : 27^e Journées de la recherche porcine en France, Paris, 31 janvier, 1–2 février 1995, Institut technique du porc, Paris, 1995, pp. 337–342.
- [14] Nicks B., Désiron A., Canart B., Comparaison de l'utilisation de sciure ou d'un mélange paille-sciure comme matériau de litière accumulée pour porcs charcutiers, *Ann. Zootech.* 47 (1998) 107–116.
- [15] Nicks B., Laitat M., Désiron A., Vandenneede M., Canart B., Bilan environnemental de l'hébergement de porcelets sevrés sur litière accumulée de sciure, in : 31^e Journées de la recherche porcine en France, Paris, 2–4 février 1999, Institut technique du porc, Paris, 1999, pp. 105–109.
- [16] Oliveira P.A.V. de, Souloumiac D., Robin P., Kermarrec C., Comparaison des productions de chaleur en engraissement de porcs sur litière de sciure ou sur caillebotis intégral, *Ann. Zootech.* 48 (1999) 117–129.
- [17] Shilton A., Shallow beds, mean simpler waste management, *Pig Int.* (1994) 15–16.
- [18] Texier C., Élevage porcin et respect de l'environnement, Institut technique du porc, 1997, 100 p.
- [19] Thelosen J.G.M., van Cuyck J.H.M., Voermans J.A.M., Vergelijking diepstrooiselsystemen met een traditioneel huisvestingssysteem; praktische ervaringen, in: Proefverslag P1.106, maart. Ed.: Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB Rosmalen, The Netherlands, 1994, 78 p.