

FORMATION CONTINUE – ARTICLE DE SYNTHÈSE

Caractéristiques techniques et aspects environnementaux de l'élevage de porcs charcutiers et de porcelets sevrés sur litières accumulées

NICKS B.

Université de Liège, Faculté de Médecine vétérinaire
Département des Productions animales, Service d'Hygiène et Bioclimatologie
Boulevard de Colonster, B43, 4000 Liège

Correspondance : Prof. B. Nicks
Baudouin.Nicks@ulg.ac.be

RESUME : L'élevage sur litières accumulées consiste à héberger des animaux sur une couche de 30 à 50 cm d'épaisseur de litière qui n'est évacuée qu'après le séjour d'un ou de plusieurs lots. Cet article présente la synthèse des résultats d'expérimentations se rapportant aux séjours successifs de 3 à 4 lots de porcs charcutiers ou de 5 à 6 lots de porcelets sevrés sur litières accumulées de paille ou de sciure.

Pour les porcs charcutiers, cette technique d'élevage a nécessité l'utilisation d'environ 80 kg de sciure ou 45 kg de paille par animal et a produit en moyenne, par porc engraisé, 123 kg de compost de sciure ou 159 kg de fumier pailleux contenant respectivement 1,29 et 1,87 kg d'azote.

Le séjour de porcelets en post-sevrage a nécessité l'utilisation d'environ 15 kg de sciure ou 6 kg de paille par animal et a produit, en moyenne, 17 kg de compost à base de sciure ou une quantité équivalente de fumier pailleux par porcelet, dont les contenus en azote étaient respectivement de 177 et 210 g.

Les émissions cumulées de gaz à effet de serre (N_2O , CH_4 et CO_2), exprimées en équivalents CO_2 , ont été supérieures à partir des litières de sciure comparées à celles à base de paille, de respectivement 42 % lors de leur utilisation en engraissement et de 53 % en post-sevrage. A l'inverse, les émissions de NH_3 ont été plus élevées à partir des fumiers pailleux mais essentiellement en période de post-sevrage (+ 160 %), pas en engraissement. Aucune des deux litières ne présente un avantage décisif d'un point de vue environnemental par rapport à l'autre.

INTRODUCTION

Jusqu'au milieu du vingtième siècle, la paille fut systématiquement utilisée en porcheries, permettant de récolter les déjections sous forme de fumier. Mais, à partir des années 50, la mise au point des sols à caillebotis, associée à la récolte des déjections sous forme de lisier, allait rapidement faire disparaître la pratique du paillage dans la plupart des exploitations.

Le principal avantage procuré par l'utilisation de caillebotis est de réduire le temps consacré aux opérations d'évacuation des déjections et de nettoyage. Pomper du lisier demande moins de main-d'œuvre que

de régulièrement pailler et évacuer du fumier même si, pour alléger le travail lié à ces opérations, la fréquence de curage des loges paillées a été progressivement diminuée pour ne plus l'envisager qu'après le départ des animaux. Dans ce cas, les porcs vivent sur une litière qui s'accumule progressivement sous eux. C'est cette pratique qui porte le nom d'élevage sur litière accumulée. En porcheries d'engraissement équipées de caillebotis le besoin en main-d'œuvre est d'environ 15 minutes par porc. Lors d'élevage sur litière accumulée, il faut compter une dizaine de minutes supplémentaires (Maton, 1972 ; Daelemans *et al.*, 1980 ; Institut

Technique du Porc et Etablissements Départementaux de l'Élevage de Bretagne, 1983). On pourrait considérer que consacrer quelques minutes de plus par porc sur la totalité de la période d'engraissement, soit sur 120 jours en moyenne, ne représente pas un handicap majeur. Il s'agit cependant d'une augmentation substantielle du temps de travail, ce qui pénalise inévitablement la rentabilité.

Comparé au lisier, le fumier présente néanmoins des avantages reconnus. D'une part, il est admis que l'utilisation de litière, en enrichissant le milieu de vie des porcs, améliore leur bien-être (Bruce, 1990). D'autre part, comme les fumiers génèrent moins de

mauvaises odeurs que les lisiers, ils sont souvent considérés comme un effluent d'élevage potentiellement moins polluant.

L'évaluation de l'impact environnemental des activités d'élevage doit cependant prendre en compte l'ensemble des facteurs susceptibles de contribuer à la pollution de l'air, du sol et de l'eau.

La pollution de l'air est attribuable à des rejets de gaz et de poussières. Les gaz les plus polluants sont : l'ammoniac (NH_3), le protoxyde d'azote (N_2O), le méthane (CH_4) et le gaz carbonique (CO_2) (Degré *et al.*, 2001). L'ammoniac, lorsqu'il retombe sur les sols, est impliqué, à travers des réactions chimiques complexes, dans leur acidification et dans le dépérissement des forêts de conifères. Quant aux trois autres gaz, leur accumulation dans l'atmosphère contribue à l'effet de serre, le protoxyde d'azote s'attaquant aussi à la couche d'ozone. Il faut enfin ajouter l'émission de dizaines de composés volatils odorants, l'ammoniac y compris, dont l'association donne l'odeur caractéristique des différents types d'effluents (lisiers, fumiers).

Les pollutions des eaux et des sols ne sont pas directement liées à la présence des animaux mais à la façon dont leurs effluents sont utilisés. Ce sont des pratiques agricoles inadaptées qui génèrent des pollutions, en particulier lorsqu'il y a inadéquation entre les quantités d'effluents épanchés sur les terres agricoles et les besoins de la végétation. La pollution la plus usuelle consiste en une accumulation de nitrates dans les eaux de surface ou (et) dans les nappes phréatiques. Elle est attribuable à des excès d'apport d'azote. C'est la raison pour laquelle la législation actuellement en vigueur fixe des quantités maximales d'azote d'effluents d'élevage à épandre par hectare, les éleveurs ayant à justifier qu'ils disposent de suffisamment de terres pour respecter cette réglementation. Cet aspect peut s'avérer être un facteur limitant du développement de leurs activités.

C'est dans le courant des années 70, que l'idée d'élever des porcs sur des litières accumulées de paille s'est précisée, mais sans grand succès. Fin des années 80, une nouvelle technique consistant à héberger des porcs sur des litières accumulées de sciure a été introduite en Europe, en provenance

d'Asie (Lo, 1992). Cet article présente une synthèse des résultats d'expérimentations dont les objectifs étaient de fournir des précisions à propos des caractéristiques techniques et des aspects environnementaux de l'élevage de porcs charcutiers et de porcelets sevrés sur des litières accumulées de paille ou de sciure. Les données recueillies ont été comparées à celles, présentées dans la littérature, qui caractérisent l'élevage sur caillebotis avec récolte des déjections sous forme de lisiers.

CONFECTION DES LITIÈRES ACCUMULÉES

Avant l'arrivée des premiers porcs, le sol des loges est recouvert de litière (paille ou sciure) sur une épaisseur de 30 à 50 cm. On observe dans ce cas, après l'arrivée des animaux, une montée rapide de la température dans la masse et son maintien à des valeurs supérieures à 30°C, assurant une évaporation régulière de l'eau des déjections (Nicks *et al.*, 1994 ; 1995 ; 1998 ; 1999 ; 2000). La hauteur peut être limitée à 30 cm pour autant que la température ambiante moyenne des locaux soit d'une vingtaine de degrés et que le sol soit isolé. En présence des porcs, et en fonction de leur état de propreté, des quantités supplémentaires de litières sont apportées.

Par rapport à la paille, la sciure offre l'avantage de former avec les déjections un substrat plus facilement manipulable. Il est ainsi possible d'obtenir par un retournement régulier de la sciure un mélange homogène aéré qui va évoluer par compostage, limitant fortement la production de composés malodorants. Les porcs ayant tendance à toujours choisir le même endroit de leur loge pour déposer leurs déjections, le travail d'homogénéisation et d'aération consiste à les étaler sur toute la surface en les enfouissant. Cette opération est à répéter à la fréquence moyenne d'une fois tous les 7 à 10 jours, et peut être accompagnée de la dispersion d'additifs chargés de « maîtriser » le phénomène de compostage. Ce sont les firmes qui commercialisent ces produits qui ont introduit la dénomination de « litière biomaîtrisée » pour désigner celles ainsi traitées. Il a cependant été démontré que le recours à de tels additifs n'est pas indispensable à un bon compostage

(Anonyme, 1994 ; Nicks *et al.*, 1997 ; 1998 ; 1999 ; 2000 ; 2003 ; 2004).

Le plus souvent, le travail d'homogénéisation et d'aération est effectué alternativement sur chaque moitié de la superficie des loges alors que l'accès des porcs est momentanément limité à l'autre et, si plusieurs lots successifs sont élevés sur la même litière, celle-ci est retournée et aérée dans l'intervalle de temps séparant le départ d'un lot de l'arrivée du suivant. Avec de la paille comme litière, un tel travail n'est pratiquement pas envisageable mais des additifs, destinés à stimuler le compostage, peuvent aussi être utilisés sans que cela ne soit indispensable.

La place à prévoir par animal, lors d'hébergement sur litières accumulées, est de 1,2 m² en engraissement et de 0,5 m² en post-sevrage. Ces superficies sont près de deux fois supérieures aux minimums fixés par la législation (Directive 91/630/CEE du 19/11/1991 du Conseil des Communautés européennes) à savoir, 0,65 m² en engraissement (départ des porcs au poids de 85 à 110 kg) et 0,3 m² en post-sevrage (sortie des porcelets au poids compris entre 20 et 30 kg). Cette augmentation de la surface mise à la disposition des animaux provient de la nécessité d'assurer un bon équilibre entre les quantités de déjections produites et celles de litière disponible dans les loges.

L'élevage de plusieurs lots sur la même litière permet d'en limiter les quantités à utiliser, critère important de rentabilité. Cette pratique peut cependant sembler aller à l'encontre des principes élémentaires d'hygiène. En effet, dans les porcheries à caillebotis, le nettoyage et la désinfection des loges entre deux lots sont des recommandations de base. Des études réalisées avec des porcs charcutiers et des porcelets sevrés ont cependant montré qu'il est possible de ne pas pénaliser les performances (vitesse de croissance, indice de consommation) dans de telles conditions de logement et que les problèmes sanitaires n'y sont pas nécessairement plus fréquents que sur caillebotis (Nicks *et al.*, 1995 ; 1997 ; 1998 ; 1999 ; 2000 ; 2003 ; 2004). Il convient cependant d'être plus attentif à la prévention des maladies parasitaires (ascaridiose) et de s'assurer de la qualité sanitaire des porcelets en début de séjour. Lors des études susmention-

nées, tous les porcelets provenaient de la même exploitation où un programme de déparasitage des truies était appliqué.

Pour l'engraissement de 3 à 4 lots successifs de porcs charcutiers, il convient de prévoir environ 45 kg de paille ou 80 kg de sciure par animal (Nicks *et al.*, 1995; 1997; 1998; 2004). L'élevage de 5 lots successifs de porcelets sevrés requiert quant à lui environ 6 kg de paille ou 15 kg de sciure (Nicks *et al.*, 1999; 2000; 2003). Ces valeurs ont été obtenues dans des locaux climatisés où la température ambiante moyenne était de l'ordre de 20°C en engraissement et de 23,5°C en post-sevrage. Si les températures sont inférieures, notamment en périodes hivernales dans des bâtiments ouverts, il faut prévoir de 60 à 80 kg de paille par porc en engraissement et de 8 à 13 kg en post-sevrage (Institut Technique du Porc, 2000). Des données équivalentes ne sont pas disponibles pour la sciure mais on peut partir du principe qu'il faut fournir les mêmes quantités de matière sèche (MS) quel que soit le substrat utilisé. Si la teneur en MS de la paille est stable, de l'ordre de 90 %, celle de la sciure peut varier en fonction des conditions d'entreposage.

Normalement la sciure fraîche contient environ 50 % d'eau. Cette valeur peut cependant diminuer si le stockage se fait dans des locaux secs et aérés ou augmenter s'il est réalisé à l'extérieur avec une protection imparfaite contre l'infiltration des eaux de pluie.

L'approvisionnement en sciure peut se faire directement auprès de scieries ou auprès de sociétés spécialisées dans sa commercialisation. En Belgique, ces sociétés peuvent livrer de la sciure en containers à un prix qui a fluctué au cours des dix dernières années entre 30 et 40 euros la tonne livrée, ce qui, compte tenu des quantités préconisées, la met en situation concurrentielle avec la paille dont le prix, assez variable en fonction du moment, a été de l'ordre de 70 euros la tonne. Des éleveurs à proximité de scieries peuvent parfois disposer de sciure gratuitement en se chargeant eux-mêmes du transport, pratique qui est évidemment particulièrement avantageuse. Il faut noter que la demande actuelle des éleveurs est peu importante. Si elle devait augmenter, elle entrerait en concurrence avec le principal débouché actuel de

ce marché qui concerne la fabrication de panneaux d'isolation.

Selon le Larousse, le mot sciure désigne «un déchet en poussière qui tombe d'une matière que l'on scie, en particulier du bois» et le mot copeau «une parcelle de bois, de métal, etc., enlevée avec un instrument tranchant, rabot notamment». La différence entre sciure et copeau est donc relative à la taille des particules. En pratique, on retrouve une association de sciure et copeaux en proportions variables, mais avec une nette prédominance pondérale des petites particules. Des essais réalisés avec des sciures de granulométries différentes ont montré qu'il est préférable de confectionner les litières accumulées avec celles qui ont une structure plutôt grossière que fine, la première étant plus favorable à l'aération du substrat (Nicks *et al.*, 1996). L'espèce botanique ne semble pas jouer un rôle particulier lors du processus de compostage, mais on recommande de ne pas utiliser de bois traité.

Quantités de composts à base de sciure ou de fumiers pailleux produits

L'utilisation d'environ 80 kg de sciure ou de 45 kg de paille lors de l'élevage de 3 à 4 lots de porcs charcutiers sur une même litière aboutit à une production moyenne de 123 kg de compost à base de sciure ou de 159 kg de fumier pailleux (Nicks *et al.*, 1995; 1997; 2004). Ces valeurs sont de 2 à 3 fois moins élevées que celle correspondant à la récolte des déjections sous forme de lisier dont la production moyenne est de 344 L par porc, soit un peu plus de 350 kg (Dourmad *et al.*, 2002). Quant au volume occupé par les composts ou fumiers, sur base d'une superficie de litière disponible de 1,2 m² par porc et d'une accumulation sur 50 cm au maximum, il est de 0,6 m³, valable pour 1 an si on prévoit d'élever 3 lots de porcs sur la même litière.

L'élevage de porcelets sevrés sur litières accumulées avec une utilisation de 15 kg de sciure ou de 6 kg de paille aboutit à la production d'environ 17 kg de compost de sciure ou une quantité équivalente de fumier pailleux (Nicks *et al.*, 1999; 2000; 2003). Cette valeur est également nettement inférieure à la production de lisier, estimée à 50–80 L par porcelet (Texier, 1997). Quant au volume

occupé par les composts ou fumiers, sur base d'une superficie de litière de 0,5 m² par porcelet et d'une accumulation sur 50 cm au maximum, il est de 0,25 m³, valable pour 30 semaines si on prévoit d'élever 5 lots successifs sur la même litière.

La différence entre les poids de composts et de lisiers recueillis provient essentiellement de l'évaporation de l'eau des déjections au sein des litières dont la température en profondeur varie entre 30 et 40°C. On peut considérer qu'il s'agit d'un processus naturel d'épuration de l'eau des déjections qui n'aura pas à être transportée sur les terrains d'épandage. Cette réduction de la masse d'effluents à véhiculer diminue la pollution générée par ces opérations.

Contenu en azote des litières accumulées

Compte tenu des quantités de litières utilisées et de composts ou fumiers produits, telles que précisées ci-dessus, le contenu en azote des litières accumulées est, en moyenne, exprimé par porc engraisé, de 1,29 kg avec une litière à base de sciure et de 1,87 kg si elle est à base de paille (Nicks *et al.*, 1995; 1997; 2004). Quant au contenu en azote du lisier de porcs charcutiers, il est en moyenne de 2,56 kg/porc (Dourmad *et al.*, 2002). L'élevage sur litières accumulées permettrait donc de réduire, en moyenne, d'environ 50 % la production d'azote d'effluent si de la sciure est utilisée et de 25 % avec de la paille. La différence de contenu azoté des deux litières tient en partie au fait que de la paille fraîche apporte plus d'azote que de la sciure.

Les contenus en azote des composts à base de sciure ou des fumiers pailleux produits lors de l'élevage de porcelets sevrés sont respectivement de 177 g et 210 g par animal (Nicks *et al.*, 1999; 2000; 2003). Ces valeurs sont inférieures, de 40 % pour la première et de 28 % pour la seconde, à la charge azotée des lisiers, estimée à près de 300 g par animal (Latimier *et al.*, 1996).

La réduction du contenu en azote des litières accumulées, comparativement à celui du lisier, est due à une émission de diazote (N₂) par les litières, gaz non polluant et principal composant de l'atmosphère. Cette production de N₂ correspond à une transfor-

mation d'environ 50 % de l'azote des déjections des porcs charcutiers et de 46 % de celui des porcelets sevrés. La diminution de la charge azotée de l'effluent représente un avantage pour les exploitants en surproduction d'azote au vu de leurs capacités d'épandage.

Les émissions d'ammoniac

L'ammoniac provient essentiellement de la décomposition enzymatique des matières azotées des déjections, plus particulièrement de l'urée. Il y a donc un lien direct entre les émissions de NH_3 et le contenu en azote des déjections. Chez le porc charcutier, avec les rations usuelles, 2/3 de l'azote ingéré se retrouvent dans les déjections. Par exemple, un porc de 60 kg consommant 60 g d'azote par jour (soit 375 g de protéines) n'en fixe que 20 g. Le reste se retrouve à raison de 22 % dans les matières fécales (8,8 g) et de 78 % dans les urines (31,2 g) (Dourmad et Henry, 1994). Les porcelets en post-sevrage utilisent l'azote alimentaire avec une plus grande efficacité, retenant environ 51 % des 20 g consommés par jour (125 g de protéines).

Si les déjections sont récoltées sous forme de lisier, on estime que de 25 à 30 % de leur contenu initial en azote servent à la formation de NH_3 (Guillou *et al.*, 1993), ce qui correspond, au vu des valeurs citées ci-dessus, à une émission moyenne journalière d'azote sous forme ammoniacale de 10–12 g par porc charcutier (13,4 g de NH_3) et à 2,5–2,9 g par porcelet sevré (3,3 g de NH_3). Ces valeurs moyennes sont cependant soumises à d'importantes variations en fonction des caractéristiques du sol (caillebotis total ou caillebotis partiel), de la climatisation des locaux (débit et circuit de ventilation) et des propriétés physico-chimiques du lisier (pH et teneur en matière sèche).

Lors d'une étude relative à l'élevage de 3 lots de porcs charcutiers sur des litières accumulées de sciure ou de paille, sans curage entre les lots, les émissions de NH_3 ont été d'un niveau proche de celui relevé dans les porcheries équipées de caillebotis, la litière à base de sciure ayant eu cependant tendance à en produire un peu moins que celle à base de paille: 12,16 vs 13,61 g/jour en moyenne (Nicks *et al.*, 2004). En revanche, les émissions de NH_3 associées à l'élevage successif

de 5 lots de porcelets sevrés sur une même litière accumulée ont été nettement moins élevées que les 3,3 g cités ci-dessus, à savoir: 0,46 et 1,21 g/jour par porcelet selon que la litière était à base de sciure ou de paille (Nicks *et al.*, 2003).

Les émissions de gaz à effet de serre

Ces gaz sont le N_2O , le CH_4 et le CO_2 . Leurs contributions respectives à l'effet de serre sont loin d'être identiques, le N_2O et le CH_4 ayant, à même quantité émise dans l'atmosphère, un potentiel de réchauffement équivalent à respectivement 310 et 21 fois celui du CO_2 . Sur base de ces valeurs, il est possible de calculer des émissions « d'équivalents CO_2 » (E_{CO_2}), en utilisant la relation:

$$E_{\text{CO}_2} = P_{\text{CO}_2} + 21 \cdot P_{\text{CH}_4} + 310 \cdot P_{\text{N}_2\text{O}}$$

Avec : P_{CO_2} , P_{CH_4} et $P_{\text{N}_2\text{O}}$ les émissions de CO_2 , CH_4 et N_2O

Le protoxyde d'azote

Le protoxyde d'azote se forme au cours des processus de nitrification-dénitrification. La nitrification correspond à l'oxydation des ions ammonium (NH_4^+) en nitrites (NO_2^-) puis en nitrates (NO_3^-) et s'opère dans un substrat aéré. La dénitrification correspond à la conversion des nitrates en N_2 . Elle permet la couverture des besoins énergétiques de bactéries aérobies qui se trouvent en milieu anoxique. Ces bactéries sont anaérobies facultatives, n'effectuant la dénitrification que secondairement pour s'adapter à un milieu dépourvu d'oxygène. Notons qu'en milieu globalement aérobie, la dénitrification peut avoir lieu au sein de microcosmes anoxiques (de l'ordre de 200 μm de diamètre).

Tant lors de la nitrification que lors de la dénitrification, du protoxyde d'azote et de l'oxyde d'azote (NO) peuvent être produits si les conditions ne sont pas optimales pour équilibrer les activités bactériennes associées à ces processus. Les émissions seraient cependant plus liées à des déséquilibres au moment de la nitrification (Pahl *et al.*, 1997) et formées essentiellement de N_2O .

Les émissions de N_2O à partir des porcheries n'ont qu'exceptionnellement fait l'objet de mesures et sont souvent considérées comme négligeables lorsque les porcs sont élevés

sur caillebotis (Groenestein *et al.*, 1992). Kermarrec (1999) cite cependant une valeur de 0,75 g par porc charcutier et par jour. En revanche, lors de traitements de lisiers par aération, notamment en vue de les désodoriser, la succession de périodes de brassage et de repos peut conduire à des pertes d'azote sous forme de N_2O allant jusqu'à 20 % du contenu initial (Willers *et al.*, 1996).

Lors de l'élevage de 3 lots de porcs charcutiers sur litières, les émissions journalières ont été respectivement de 2,09 g et de 0,03 g par animal selon qu'ils étaient sur de la sciure ou de la paille (Nicks *et al.*, 2004). La production de N_2O à partir de la litière à base de sciure a diminué progressivement avec le vieillissement de celle-ci, passant d'une moyenne de 3,98 à 0,7 g par porc et par jour, en présence des premier et troisième lots. Lors de l'élevage de 5 lots de porcelets sevrés, les émissions journalières moyennes ont été de 1,39 g et 0,36 g, respectivement à partir des litières à base de sciure et de paille (Nicks *et al.*, 2003). Les émissions de la litière de sciure ont augmenté du premier au troisième lot pour diminuer par après; celles de la litière de paille sont apparues après le départ du premier lot en se stabilisant ensuite.

Le méthane

Le méthane est produit au sein du tractus digestif des animaux. Il se dégage également des fumiers et lisiers. La production de méthane intestinal du porc charcutier est estimée à environ 3 g/jour et celle du porcelet sevré à 1,1 g/jour (Crutzen *et al.*, 1986; Texier, 1997). L'émission à partir du lisier est estimée par Anderson et collaborateurs (1987) à 148 kg/an pour 1000 kg de porc ce qui équivaut à 24,3 g/jour pour un porc de 60 kg. Groot Koerkamp et Uenk (1997) citent une production de 30,5 g/jour par porc dans des porcheries d'engraissement à caillebotis partiel. Cette production reste cependant encore peu documentée et on peut supposer que des variations, sans doute importantes, sont à prévoir en fonction de facteurs tels que la fréquence de vidange de la fosse à lisier, la hauteur du lisier, sa température, le taux de dilution, ...

Les émissions de méthane sont plus élevées à partir des litières accumulées de paille que de celles à base de

sciure. En engraissement, Nicks et collaborateurs (2004) ont relevé des moyennes de respectivement 4,96 et 7,39 g par porc et par jour. La production à partir de la litière de paille a augmenté régulièrement au cours du temps, passant de 3,25 à 12,67 g en moyenne lors du séjour d'un premier et d'un troisième lot. Des observations similaires ont été réalisées lors de l'élevage de porcelets sevrés (Nicks *et al.*, 2003). Les émissions moyennes associées aux séjours de 5 lots sur la même litière ont été respectivement de 0,77 g et 1,58 g selon que les animaux évoluaient sur de la sciure ou de la paille. La production de la litière à base de paille a augmenté régulièrement, passant de 0,8 à 3 g/jour du début du séjour du premier lot à la fin du séjour du dernier. Celle de la litière de sciure a également augmenté mais de façon plus irrégulière et moins prononcée.

Le CO₂

Les émissions de CO₂, comme celles de CH₄, ont une double origine: l'animal et l'effluent d'élevage. La production directe par les animaux représente la part prépondérante de ce qui se retrouve dans l'air des bâtiments d'élevage. Cette production est corrélée au niveau d'activité des animaux en étant plus élevée le jour que la nuit (Delcourt *et al.*, 2001). En porcheries d'engraissement équipées de caillebotis, l'émission est estimée à 1295 g/jour et par porc (Ni *et al.*, 1996). Des valeurs comparables ont été relevées dans des locaux où des porcs charcutiers étaient élevés sur litières accumulées, soit 1310 g/jour, quelle que soit la litière utilisée, paille ou sciure (Nicks *et al.*, 2004).

L'émission de CO₂ respiratoire par un porcelet de 15 kg est estimée à 451 g/jour (Bruce, 1981), valeur également proche de celles relevées dans des locaux hébergeant des porcelets sevrés sur litières accumulées à base de paille ou de sciure (Nicks *et al.*, 2003).

Les émissions d'équivalents CO₂

Les données citées ci-dessus, relatives aux émissions de CO₂, CH₄ et N₂O, montrent que l'élevage sur litière accumulée de sciure est associé à une production supérieure d'équivalents CO₂ que celui sur litière de paille: de 42 % en période d'engrais-

sement (moyenne en présence de 3 lots successifs) et de 53 % en post-sevrage (moyenne en présence de 5 lots successifs). En engraissement, cet écart a été maximum en début d'utilisation des litières, lors du séjour du premier lot, et minimum lors du séjour du troisième, car la production de N₂O du compost de sciure a progressivement diminué avec le temps tandis que, parallèlement, celle de CH₄ du fumier pailleux augmentait. Les données de la littérature relatives à la production d'équivalents CO₂ à partir de lisier sont intermédiaires entre celles caractérisant les émissions des litières à base de paille et de sciure.

Les émissions de vapeur d'eau

La connaissance des quantités de vapeur d'eau produite dans les bâtiments d'élevage est nécessaire au calcul des débits de ventilation à prévoir pour maintenir l'humidité relative sous les 80 %. Les inconvénients d'une hygrométrie supérieure à 80 % sont les suivants: elle favorise le développement microbien, elle peut s'accompagner de condensations sur les surfaces froides des bâtiments, par exemple sur des toitures non isolées, et, par temps chaud, elle accroît l'inconfort thermique perçu par les animaux.

La production directe de vapeur d'eau par les porcs est variable en fonction de leur poids et de la température ambiante. Pour un porc de 60 kg, elle varie entre 670 et 2020 g par jour selon qu'il ait froid ou très chaud. Les valeurs correspondantes pour un porcelet de 15 kg sont de 195 et 800 g/jour (Bruce et Clark, 1979). A la production par les animaux s'ajoute celle en provenance des effluents.

Dans des porcheries d'engraissement équipées de caillebotis et dont la température ambiante correspond aux normes usuelles, l'émission totale d'H₂O, exprimée par porc présent, est estimée à 1,5–2,0 L/jour; dans des locaux de post-sevrage, elle est de 0,8–1,3 L/jour (Commission Internationale du Génie Rural, 1984). Les émissions sont d'un niveau plus élevé si les porcs sont hébergés sur litières. En engraissement, des valeurs moyennes de 3,15 et 2,74 L par porc et par jour ont été relevées respectivement en présence de sciure et de paille, les valeurs correspondantes en post-sevrage étant de 1,12 et 0,93 L

par porcelet et par jour. Des variations ont été observées en fonction de la teneur en MS de la sciure, de la température de la litière et de la quantité d'eau bue par les animaux.

Les composés volatils odorants

Des dizaines de composés volatils odorants ont été identifiés dans l'air des bâtiments d'élevage. Ceux qui, à titre principal, confèrent à l'air des porcheries son odeur caractéristique sont le phénol, p-crésol, indole, scatole, l'acide n-butyrique et le 2,3 butanedione (Schaefer *et al.*, 1974). La plupart d'entre eux sont détectables par l'odorat à de très faibles concentrations de l'ordre du ppb. L'ammoniac, détectable à des concentrations supérieures à 5 ppm, n'intervient que très partiellement dans ce qui fait l'odeur des porcheries.

L'évaluation de la nuisance olfactive reste toujours très difficile. En effet, la perception de l'odeur est un processus complexe qui correspond à l'interprétation par le cerveau de messages transmis par les cellules olfactives de la muqueuse nasale et une grande hétérogénéité existe entre les individus. Les commentaires d'un éleveur de porcs à propos de l'odeur dégagée par ses porcheries sont, le plus souvent, différents de ceux de ses voisins.

La méthode considérée comme la plus pertinente pour évaluer la charge olfactive de l'air consiste à diluer un échantillon odorant autant de fois que nécessaire pour que des personnes spécialisées dans la détection des odeurs ne sentent plus rien. Le taux de dilution correspond au nombre d'unités «odeur» de l'échantillon. Un avis est également donné sur le caractère plus ou moins désagréable de l'échantillon. Cette méthode peut cependant toujours faire l'objet de contestations.

La production de composés odorants est essentiellement associée à la décomposition en anaérobiose de la matière organique des déjections. Par conséquent, l'aération des lisiers est un procédé d'une grande efficacité pour permettre son stockage sans nuisance olfactive, l'abattement étant de l'ordre de 80 à 90 % (Ministère de l'Environnement, 1984). Les litières accumulées, étant de par nature un substrat plus aéré que du lisier, génèrent nettement moins d'odeur que ces

derniers. Cet aspect est reconnu par diverses réglementations qui fixent des distances minimales à respecter entre une porcherie et le voisinage le plus proche. C'est ainsi que l'arrêté du 1^{er} juin 1995 du gouvernement flamand, fixant les dispositions générales et sectorielles en matière d'hygiène de l'environnement, et prévoyant d'attribuer des points aux porcheries disposant d'équipements permettant de réduire les nuisances olfactives, accorde 80 points aux élevages utilisant la technique des litières accumulées avec compostage des déjections et 10 points aux porcheries équipées de caillebotis partiel couvrant moins de 50 % de la surface des loges. Toutes autres conditions étant égales par ailleurs, cette différence de 70 points correspond à une réduction de 36 % de la distance minimale d'implantation.

Les poussières

La concentration en poussières dans l'air des porcheries varie dans des proportions importantes d'un bâtiment à l'autre, mais aussi dans un même bâtiment au cours du temps. Au sein de 20 porcheries, Curtis et collaborateurs (1972) ont relevé des concentrations moyennes par bâtiment variant entre 0,5 et 28 mg/m³, tandis que Marlier et collaborateurs (1993) rapportent que dans un échantillon de 12 porcheries les concentrations moyennes par local étaient comprises entre 10 et 258 particules/ml. Ces derniers auteurs précisent que les moyennes horaires les plus et les moins élevées relevées sur 24 h en porcheries d'engraissement étaient dans un rapport de 5 à 1.

La législation fixe à 10 mg/m³ la concentration à ne pas dépasser sur les lieux de travail. Dans les bâtiments d'élevage, de nombreux facteurs peuvent interférer avec la charge en poussières dans l'air: la nature et le mode de distribution de l'aliment, la présence et le type de litière, le degré hygrométrique et la vitesse de l'air, le niveau d'activité des animaux, ... Aucune étude n'a jusqu'à présent déterminé l'importance et l'impact précis de chacun de ces facteurs. D'une enquête réalisée dans 130 porcheries réparties dans 4 pays, il ressort que ce sont les locaux pour porcelets en post-sevrage élevés sur caillebotis qui sont les plus contaminés (de 2,8 à 5,05 mg/m³) et les

locaux pour truies élevées sur litières qui sont les moins pollués (de 0,63 à 1,64 mg/m³). Cette enquête montre également que les concentrations relevées dans des porcheries d'engraissement utilisant une litière sont inférieures à celles obtenues lorsque les porcs sont sur caillebotis (Wathes, 2001).

Les litières à base de sciure génèrent cependant plus de poussières que celles à base de paille (Nicks *et al.*, 1994 ; 1995) et lors de leur utilisation pour l'élevage de porcelets sevrés, il peut s'avérer nécessaire de mouiller régulièrement la sciure pour éviter une trop forte concentration en poussière dans l'air (Nicks *et al.*, 1999 ; 2000).

CONCLUSIONS

Les études dont les résultats sont rapportés dans cet article ont montré la faisabilité de l'élevage de porcs charcutiers et de porcelets sevrés sur litières accumulées, en fournissant des informations pratiques relatives à leur utilisation. Elles ont apporté un certain nombre de données permettant une première évaluation de leur impact sur l'environnement qui dépend du substrat employé pour les confectionner. En effet, si les composts à base de sciure, régulièrement aérés, génèrent moins d'odeur que les fumiers pailleux, ils contribuent globalement plus que ces derniers à la production de gaz à effet de serre. En post-sevrage, l'emploi de sciure, comparée à de la paille, permet de réduire les émissions d'ammoniac, mais ce ne semble pas être le cas en engraissement. Compte tenu de l'ensemble des éléments qui interviennent dans l'évaluation de l'impact environnemental des techniques d'élevage, il est loin d'être évident qu'une technique soit indubitablement meilleure qu'une autre. Il convient donc de rechercher pour chacune d'elles les moyens de les améliorer, plutôt que de les opposer.

Technical and environmental aspects of raising fattening pigs and weaned pigs on deep litter.

SUMMARY

The technique of raising pigs on deep litter consists of leaving the animals on a 30 to 50 cm depth of straw or sawdust which can be used for several batches. This article gives a synthesis on experimental results on rearing 3 to 4 successive batches of fattening pigs or 5 to 6 batches of weaned pigs on straw-based or sawdust-based deep litters.

For fattening pigs, this rearing technique required on average 80 kg of sawdust or 45 kg of straw per pig and produced, on average, 123 kg per pig of sawdust-based compost or 159 kg per pig of straw-based manure with a nitrogen content of 1.29 kg and 1.87 kg respectively.

For weaned pigs, the rearing technique required on average 15 kg of sawdust or 6 kg of straw per pig and produced, on average, 17 kg of sawdust-based compost per pig or an equivalent quantity of straw-based manure with a nitrogen content of 177 g and 210 g respectively.

The cumulative greenhouse gases emissions (CO₂, CH₄, N₂O), calculated in CO₂ equivalents, were higher with sawdust-based litter than with straw-based litter of 42 % during fattening periods and of 53 % during post-weaning periods. On the contrary, NH₃ emissions were higher from the straw-based litter than from the sawdust-based litter but only during post-weaning periods (+ 160 %), not during fattening periods. None of the two litters presents a decisive advantage on the other on an environmental point of view.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSON G.A., SMITH R.J., BUNDY D.S., HAMMOND E.G. Model to predict gaseous contaminants in swine confinement buildings. *J. Agric. Eng. Res.*, 1987, **37**, 235-253.
- ANONYME. Larger pens and bedding too. *Pig Int.*, 1994, **24**, 13-14.
- BRUCE J.M., CLARK J.J. Models of heat production and critical temperatures for growing pigs. *Anim. Prod.*, 1979, **28**, 353-369.
- BRUCE J.M. Ventilation and temperature control criteria for pigs. In: Clark J.A. (Ed.), Environmental aspects of housing for animal production. Butterworths: London, 1981, 197-216.
- BRUCE J.M. Straw-flow: a high welfare system for pigs. *Farm Build. Progr.*, 1990, **102**, 9-13.
- COMMISSION INTERNATIONALE DU GENIE RURAL. Report of working group on climatization of animal houses. Scottish Farm Buildings Investigation Unit: Aberdeen, 1984, 72 p.
- CRUTZEN P.J., ASELMANN I., SEILER W. Methane production by domestic animals, wild ruminants, other herbivorous fauna, and humans. *Tellus*, 1986, **38B**, 271-284.
- CURTIS S.E., GRUNLOH D.J., JENSEN A.H., SIMON J., HARMON B.J. BAKER D.H. Studies on the pig's air environment: a progress report. In: University of Illinois AS-662 F (Ed.), Illinois Pork Industry Day, March 4, 1972, 16-18.
- DAELEMANS J., MARTENS L., MATON A. Les investissements dans les porcheries d'engraissement et leur équipement. *Rev. Agric.*, 1980, **33**, 483-513.
- DEGRE A., VERHEVE D., DEBOUCHE C. Emissions gazeuses en élevage porcin et modes de réduction: revue bibliographique. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 2001, **5**, 135-143.
- DELCOURT M., VANDENHEEDE M., DESIRON A., LAITAT M., CANART B., NICKS B. Emissions d'ammoniac, de protoxyde d'azote, de méthane, de gaz carbonique et de vapeur d'eau lors d'élevage de porcs charcutiers sur litière accumulée de sciure: quantification et corrélations avec le niveau d'activité des animaux. *Ann. Méd. Vét.*, 2001, **145**, 357-364.
- DOURMAD J.Y., HENRY Y. Influence de l'alimentation et des performances sur les rejets azotés du porc. *INRA Prod. Anim.*, 1994, **7**, 263-274.
- DOURMAD J-Y, POMAR C., MASSE D. Modélisation du flux de composés à risque pour l'environnement dans un élevage porcin. In: Institut Technique du Porc (Ed.), 34^e Journées de la Recherche Porcine en France, Paris, les 5, 6 et 7 février 2002. Institut Technique du Porc, 2002, 183-194.
- GROENESTEIN C.M., OOSTHOEK J., MONTSMA H., REITSMA B. The emission of ammonia and other nitrogen compounds from deep litter system for fattening pigs: a field study. In: Voermans J.A.M. (Ed.), Proceedings workshop deep litter systems for pig farming. Rosmalen, The Netherlands, 21-22 September 1992. Research Institute for Pig Husbandry: Rosmalen, 1992, 51-56.
- GROOT KOERKAMP P.W.G., UENK G.H. Climatic conditions and aerial pollutants in and emissions from commercial animal production systems in the Netherlands. In: Voermans J.A.M., Monteny G.J. (Eds.), Proceedings of the International Symposium Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities. Vinkeloord, The Netherlands, 6-10 October 1997. Dutch Society of Agricultural Engineering: Wageningen, 1997, 139-144.
- GUILLOU D., DOURMAD J.Y., NOBLET J. Influence de l'alimentation, du stade physiologique et des performances sur les rejets azotés du porc à l'engrais, de la truie et du porcelet. In: Institut Technique du Porc (Ed.), 25^e Journées de la Recherche Porcine en France, Paris, les 2-3 et 4 février 1993. Institut Technique du Porc: Paris, 1993, 307-313.
- INSTITUT TECHNIQUE DU PORC ET ETABLISSEMENTS DEPARTEMENTAUX DE L'ELEVAGE DE BRETAGNE. Les bâtiments paillés en élevage porcin. Secteur Porc du Réseau National d'Expérimentation et de Développement (Ed.), 1983, 204 p.
- INSTITUT TECHNIQUE DU PORC. Memento de l'éleveur de porc, 6^e édition. Institut Technique du Porc: Paris, 2000, 374 p.
- KERMARREC C. Bilan et transformations de l'azote en élevage intensif de porcs sur litière (Thèse de Doctorat). Université de Rennes 1: Rennes, 1999, 181 p.
- LATIMIER P., GALLARD F., CORLOUER A. Actualisation des volumes et des quantités d'azote, de phosphore et de potasse rejetés dans le lisier par un élevage naisseur-engraisseur. In: Institut Technique du Porc (Ed.), 28^e Journées de la Recherche Porcine en France, Paris, les 30, 31 janvier et 1^{er} février 1996. Institut Technique du Porc: Paris, 1996, 241-248.
- LO C.Y.Y. Application and practice of the pig-on-litter system in Hong-Kong (in-situ composting of pig manure). In: Voermans J.A.M. (Ed.), Proceedings workshop deep litter systems for pig farming. Rosmalen, The Netherlands, 21-22 September 1992. Research Institute for Pig Husbandry: Rosmalen, 1992, 11-25.
- MARLIER D., NICKS B., CANART B. Résultats des mesures de la concentration en poussières dans l'air de 12 porcheries. *Ann. Méd. Vét.*, 1993, **137**, 111-115.
- MATON A. Les bâtiments d'élevage et le logement des animaux. *Equip. Elev.*, 1972, **5** (hors série), 1-226.
- MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT. Cahiers Techniques de la Direction de la Prévention des Pollutions: l'élevage porcin et l'environnement. Ministère de l'Environnement, Neuilly-sur-Seine Cedex (France), 1984, 112 p.
- NI, J., BERCKMANS D., VINCKIER C. Influence of contaminated floor on ammonia emission from pig house. In: Proceedings of the Agricultural Engineering 96 congress, Madrid, 22-24 September 1996. International

- Commission of Agricultural Engineering, 1996, 96B-062.
- NICKS B., MARLIER D., CANART B. Comparaison des températures de litières et des niveaux de pollution de l'air lors d'engraissement de porcs sur litières biomâtrisées à base de sciure ou de paille hachée. In: Institut Technique du Porc (Ed.), 26^e Journées de la Recherche Porcine en France, Paris, 1, 2 et 3 février 1994. Institut Technique du Porc: Paris, 1994, 85-90.
- NICKS B., DESIRON A., CANART B. Bilan environnemental et zootechnique de l'engraissement de 4 lots de porcs sur litière biomâtrisée. In : Institut Technique du Porc (Ed.), 27^e Journées de la Recherche Porcine en France, Paris, 31 janvier et 1-2 février 1995. Institut Technique du Porc: Paris, 1995, 337-342.
- NICKS B., DESIRON A., CANART B., PLUYMERS T. Influence du type de sciure et d'un traitement des porcs aux antibiotiques sur l'évolution de la température dans les litières biomâtrisées. In : Institut Technique du Porc (Ed.), 28^e Journées de la Recherche Porcine en France, Paris, les 30, 31 janvier et 1^{er} février, 1996. Institut Technique du Porc: Paris, 1996, 275 – 278.
- NICKS B., DESIRON A., CANART B. Deep litter materials and the ammonia emissions in fattening pig houses. In: Voermans J.A.M., Monteny G.J. (Eds.), Proceedings of the International Symposium Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities. Vinkeloord, The Netherlands, 6-10 October 1997. Dutch Society of Agricultural Engineering: Wageningen, 1997, 335-342.
- NICKS B., DESIRON 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.*, 1998, **47**, 107-116.
- NICKS B., LAITAT M., DESIRON A., VANDENHEEDE M., CANART B. Bilan environnemental de l'hébergement de porcelets sevrés sur litière accumulée de sciure. In: Institut Technique du Porc (Ed.), 31^e Journées de la Recherche Porcine en France, Paris, 2-4 février 1999. Institut Technique du Porc: Paris, 1999, 105-109.
- NICKS B., LAITAT M., VANDENHEEDE M., DESIRON A., CANART B. Emissions de vapeur d'eau et bilan azoté lors de l'élevage de porcelets sevrés sur litière accumulée de sciure. *Ann. Zootech.*, 2000, **49**, 119-128.
- NICKS B., LAITAT M., VANDENHEEDE M., DESIRON M., VERHAEGHE C., CANART B. Emissions of ammonia, nitrous oxide, methane, carbon dioxide and water vapor in the raising of weaned pigs on straw-based and sawdust-based deep litters. *Anim. Res.*, 2003, **52**, 299-308.
- NICKS B., LAITAT M., FARNIR F., VANDENHEEDE M., DESIRON A., VERHAEGHE C., CANART B. Gaseous emissions from deep litter pens with straw or sawdust for fattening pigs. *Anim. Sci.*, 2004, **78**, 99-1074..
- PAHL O., BURTON C.H., BIDDLESTONE A.J. N₂O emission from redox controlled aerobic treatment of pig slurry. In: Voermans J.A.M., Monteny G.J. (Eds.), Proceedings of the International Symposium Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities. Vinkeloord, The Netherlands, 6-10 October 1997. Dutch Society of Agricultural Engineering: Wageningen, 1997, 93-99.
- SCHAEFER J., BEMELMANS J.M.H., TEN HOEVER DE BRAUW M.C. Onderzoek naar de voor de stank van varkensmesterijen verantwoordelijke componenten. *Landbouwk. Tijdschr.*, 1974, **86**, 228-232.
- TEXIER C. Elevage porcin et environnement. Institut Technique du Porc: Paris, 1997, 110 p.
- WATHES C.M. Aerial pollutants from weaner production. In : Varley M.A., Wiseman J. (Eds.), The weaner pig: nutrition and management. CAB International: Oxon, 2001, 259-271.
- WILLERS H.C., DERIKX P.J.L., TEN HAVE P.J.W., VIJN T.K., Emissions of ammonia and nitrous oxide from aerobic treatment of veal calf slurry. *J. Agric. Eng. Res.*, 1996, **63**, 345-352.