

COMPARAISON DES TEMPÉRATURES DE LITIÈRES ET DES NIVEAUX DE POLLUTION DE L'AIR LORS D'ENGRASSEMENT DE PORCS SUR LITIÈRES BIOMAÎTRISÉES À BASE DE SCIURE OU DE PAILLE HACHÉE

B. NICKS, D. MARLIER, B. CANART

*Université de Liège, Faculté de Médecine Vétérinaire, Service d'Hygiène et Bioclimatologie
Boulevard de Colonster, B43, 4000 Liège - Belgique*

Deux locaux identiques ont été utilisés pour l'aménagement de litières de 50 cm d'épaisseur, soit à base de sciure ou de paille hachée (brins de 10 cm). Sept jours avant l'arrivée des animaux, la fermentation des litières a été amorcée par adjonction de lisier et d'un produit activateur à base de souches bactériennes sélectionnées. Quinze porcs sur sciure et dix-sept sur paille ont été soumis à un régime d'engraissement du poids de 23,1 kg à 93,3 kg.

Chaque semaine, les déjections ont été enfouies dans la litière et traitées avec le produit activateur de fermentation; ce travail manuel a dû être arrêté au 105^{ème} jour de fonctionnement pour la litière de paille, car il devenait trop pénible. Aucune sciure ne fut ajoutée durant la période d'engraissement; par contre, 5 ajouts de paille furent nécessaires pour maintenir les porcs propres et assurer une température de litière supérieure à 30°C.

La température moyenne de litière a été significativement plus élevée dans la sciure ($38 \pm 5,0^\circ\text{C}$) que dans la paille ($35 \pm 6,7^\circ\text{C}$). La température dans la litière de sciure a également été plus stable: les amplitudes quotidiennes ont été de $1,3 \pm 1,6^\circ\text{C}$ dans ce substrat et de $2,2 \pm 2,4^\circ\text{C}$ dans la paille ($p < 0.001$). Les températures et humidités relatives ambiantes étaient équivalentes dans les 2 locaux (21°C et 60%).

Les concentrations en NH_3 ont été significativement plus élevées dans le local contenant la paille que dans celui contenant la sciure, tant durant les 7 jours précédant l'arrivée des porcs (48 ± 36 ppm vs $12 \pm 9,2$ ppm), que par après ($11 \pm 5,6$ ppm vs $6,7 \pm 3,9$ ppm). En revanche, la concentration en poussières fut 2 fois moins élevée ($p < 0.001$) dans le local paillé.

Les performances zootechniques des 2 lots furent comparables.

En conclusion, la litière de sciure a fourni de meilleurs résultats que la litière de paille, objectivés par une température de litière plus élevée et plus stable ainsi que par des concentrations en ammoniac moins élevées dans l'air du local. Pratiquement, le travail d'entretien de la litière a été plus facile sur sciure et celle-ci a pu être réutilisée pour débiter l'engraissement d'un deuxième lot de porcs, ce qui ne fut pas le cas pour la litière de paille.

Evolution of the temperature in the bedding and of the air pollution level in 2 deep litter systems, deep sawdust and deep straw, for fattening pigs

Two rooms of a pig house were used to study 2 deep litter systems where the animals were kept on a 50 cm thick layer of sawdust or of chopped straw (10 cm). Seven days before the arrival of the animals, slurry and a microbial product used to stimulate the fermentation were added to the litters. Fifteen pigs on sawdust and seventeen pigs on straw were fattened from 23.1 to 93.3 kg live weight.

Excreta from pigs was dung into the bedding weekly and treated with the microbial product. This labour was considered as too hard in the straw room and was ended at day 105. No sawdust was added during the fattening period but straw was added 5 times to keep the pigs clean and to keep the temperature in the bedding higher than 30°C.

The mean temperature of the bedding was significantly higher in the sawdust bed ($38 \pm 5.0^{\circ}\text{C}$) than in the straw bed ($35 \pm 6.7^{\circ}\text{C}$) and the mean daily variations were significantly lower in the sawdust bed ($1.3 \pm 1.6^{\circ}\text{C}$) than in the straw bed ($2.2 \pm 2.4^{\circ}\text{C}$). The air temperature and the relative humidity were similar in the 2 rooms (21°C and 60%).

The concentrations of ammonia in the air were significantly higher in the room with straw than in the room with the sawdust: 48 ± 36 ppm vs 12 ± 9.2 ppm during the 7 days before the arrival of the animals and 11 ± 5.6 ppm vs 6.7 ± 3.9 after the eighth day. Dust concentration was two times lower in the room with straw ($p < 0.001$).

Growth rates and food conversion ratios were similar for the 2 groups.

In conclusion, results were better with the sawdust bed than with the straw bed. The sawdust bed provided a higher temperature in the bedding and a lower ammonia concentration in the air. The routine weekly task of digging was easier in the sawdust bed and the bedding was used for a second batch.

INTRODUCTION

La technique de la litière biomaitrisée est connue depuis plus de 10 ans au Japon, où on estime que plus de 250.000 porcs sont élevés selon ce mode d'exploitation (LO, 1992). Depuis quelques années, elle semble vouloir se développer en Europe occidentale. Les trois principaux avantages que devrait apporter cette technique comparativement à l'hébergement de porcs sur caillebotis avec récolte des déjections sous forme de lisier sont: une réduction, voire une suppression des odeurs; une forte réduction du volume des déchets à traiter et de leur caractère polluant; une amélioration du bien-être des animaux.

L'expression «litière biomaitrisée», désigne une technique de compostage in situ des déjections, stimulé par l'ajout à la litière d'une flore bactérienne sélectionnée et/ou de produits favorisant l'apparition et le maintien d'une telle flore. Les procédés de biooxydation se traduisent par une augmentation de température dans la masse et conduisent à la production de CO₂, H₂O, de matière minérale et de matière organique stable.

Tout en étant peu nombreux, la plupart des résultats publiés ont été obtenus à partir de litières constituées de sciure ou copeaux de bois (BONAZZI et NAVAROTTO, 1992; HOY et al., 1992; KAY, 1992; THELOSEN et VOERMANS, 1992). Cependant ce substrat n'est pas toujours facilement disponible et, pour les exploitations situées loin des scieries, le coût du transport peut devenir supérieur à celui de la matière première.

Le but de cette étude était de confirmer les résultats annoncés sur sciure et de les comparer à ceux obtenus en utilisant de la paille comme litière.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Description des locaux

Deux locaux identiques et adjacents de 30,2 m² et 106 m³ ont été utilisés, l'un pour l'aménagement d'une litière à base de sciure, l'autre pour une litière à base de paille. Dans chaque local, une loge de 20,2 m² (4,8 x 4,2 m) a été aménagée pour héberger 17 porcs. La ventilation était assurée à l'aide d'un ventilateur réglé manuellement à l'aide d'un rhéostat. L'air entrant ne venait pas directement de l'extérieur et subissait un réchauffement passif dans un couloir. Le débit de ventilation a varié de 600 m³/h en début de période d'engraissement à 2.000 m³/h en fin de période. Les locaux ont été chauffés au cours des 3 premières semaines d'engraissement.

1.2. Réalisation et entretien des litières

Une couche de ± 50 cm de sciure provenant d'un mélange de bois blanc a été uniformément répartie dans une loge et imbibée de 3.720 kg de lisier à 4,3% de matière sèche. Le tout a été bêché puis recouvert par ± 5 cm de sciure propre. La quantité de lisier ajoutée pour amorcer les fermentations le fut sur base de la recommandation suivante: «la litière doit pouvoir former une balle en main quand on l'écrase mais sans laisser échapper de liquide» (LOOKER, 1990). Le poids de sciure utilisée par emplacement (1,2 m²/porc) a été estimé à 205 kg.

La litière de paille a été constituée à partir de 450 kg de paille

hachée (brins d'environ 10 cm) mélangée à 2.060 kg du même lisier. Le tout a été recouvert par 15 kg de paille entière propre. L'intention au départ était d'ajouter la même quantité de lisier aux 2 litières. On a pu cependant constater immédiatement que le pouvoir d'absorption de la paille était de loin inférieur à celui de la sciure. Pour éviter des écoulements, la paille fut imprégnée d'environ 2 fois moins de lisier que la sciure.

Les litières ont été ensemencées 2 fois, à 24 heures d'inter valle, avec un produit de traitement à base de souches bactériennes sélectionnées (Epuragri PO2, Hydro-Create). Une dose de charge de 200 grammes par loge (dilution dans 15 litres d'eau déchlorée à 37 °C et repos pendant 1 heure) a été incorporée aux litières. Un délai d'une semaine a été respecté entre la création de la litière et l'introduction des animaux.

Une fois par semaine, les déjections ont été collectées et placées alternativement au centre d'un des quatre quarts de la litière qui fut ensuite bêchée à cet endroit sur une profondeur de ± 40 cm. Tous les mois, la totalité de la litière avait ainsi été mélangée aux déjections. Lors de ces opérations, 80 grammes du produit de traitement (même modalité d'épandage) ont été incorporés. Dans la loge paillée, ce travail a été interrompu après 15 semaines, l'enfouissement des déjections devenant beaucoup trop pénible. La quantité de produit de traitement utilisé sur l'ensemble de la période d'engraissement a été de 1,92 kg sur sciure et 1,52 kg sur paille.

Jusqu'à la fin de l'engraissement, aucune sciure n'a été ajoutée. Par contre, de la paille a été ajoutée à 6 reprises afin de maintenir la loge propre. Au total, 86 kg de paille ont été utilisés par porc pour la durée de l'engraissement.

Alors que la litière de sciure fut conservée pour débiter l'engraissement d'un second lot de porcs, celle de paille fut évacuée. La quantité de fumier retirée a été de 305 kg par porc.

1.3. Animaux et alimentation

Le poids moyen des porcs au début de l'engraissement était de 23 kg. Pour des raisons de facilité, tous les porcs ont été abattus le même jour (127 jours après leur arrivée), la date d'abattage ayant été décidée en collaboration avec un marchand spécialisé, sur base de l'appréciation de l'état de finition moyen des 2 lots.

Le nombre d'animaux par loge fut établi sur base d'une superficie disponible de 1,2 m² par porc, soit 17 porcs par loge. Cependant, 2 mortalités ont été observées après allotement dans la loge sur sciure et l'expérience fut conduite avec 15 porcs sur litière de sciure et 17 porcs sur litière de paille.

Les porcs ont été nourris ad libitum durant toute la durée de l'engraissement avec des farines du commerce. L'équipement d'alimentation était du type bac à bouillie, avec tétine d'abreuvement au-dessus de la mangeoire. L'équipement installé au départ entraînant des gaspillages d'eau et d'aliment, il fut remplacé par un autre modèle après 37 jours. Des compteurs ont permis de déterminer les consommations d'eau dans les 2 loges.

1.4. Mesures réalisées

Dans chaque loge, 4 sondes de température (thermistances) ont été placées dans la litière, à environ 25 cm de profondeur,

à l'intérieur d'un tuyau en acier galvanisé. Les mesures ont été réalisées à la cadence d'une par heure et les résultats étaient stockés sur datalogger. Les températures et humidités relatives ambiantes et extérieures ont également été relevées à la même fréquence.

Les concentrations en ammoniac et en dioxyde de carbone ont été déterminées à l'aide de tubes réactifs (Gastec). Sur l'ensemble de la période d'engraissement 35 mesures ont été réalisées par local. Des mesures complémentaires ont été effectuées lors des opérations d'entretien: juste avant, pendant et quelques minutes après la fin du travail.

Des mesures de concentrations en poussières ont été réalisées par un compteur de particules (modèle KC 01 B Rion) dans chaque local durant 3 jours (1 relevé toutes les 5 min.) comprenant à chaque fois un jour d'entretien de la litière.

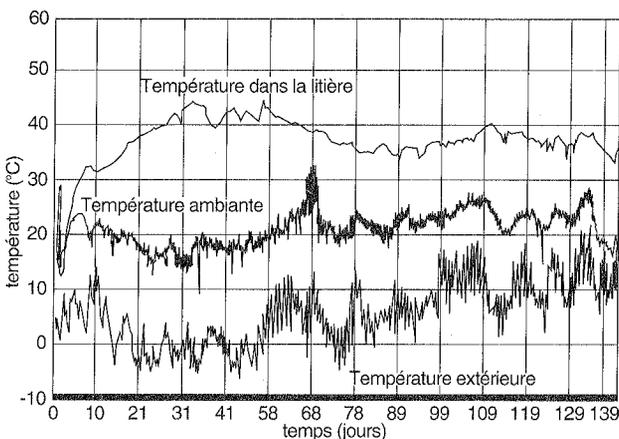
2. RÉSULTATS

2.1. Températures et humidités relatives

L'évolution des températures dans les deux locaux est reprise aux figures 1 et 2. Le tracé de l'évolution de la température dans la litière a été réalisé sur base de la moyenne des valeurs horaires des 4 sondes enfouies dans la masse. Les mesures ont débuté le jour précédant l'introduction du lisier, soit 8 jours avant l'arrivée des animaux. Elles se sont poursuivies après le départ des porcs (J 134), durant 1 semaine.

Dans les deux litières, la température a chuté après l'ajout du lisier puis très rapidement les fermentations ont débuté. L'augmentation de la température a été plus rapide dans la litière de paille comparativement à la litière de sciure et, au septième jour, la température moyenne journalière dans la masse était significativement ($p < 0.001$) plus élevée dans la paille ($38 \pm 5,4^\circ\text{C}$, $n=96$) que dans la sciure ($33 \pm 2,2^\circ\text{C}$, $n=96$).

Figure 1 - Évolution des températures (local avec la sciure)



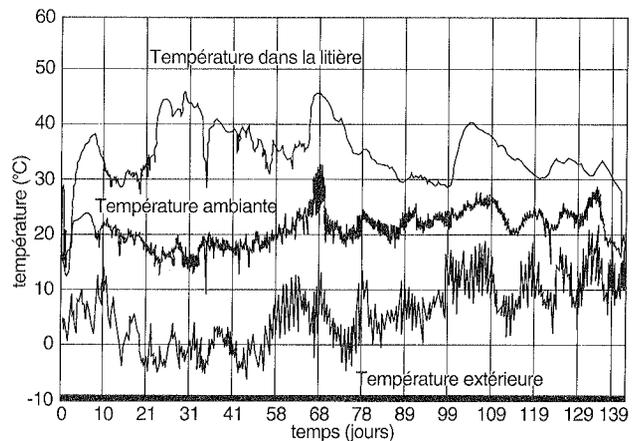
La température moyenne de litière a été significativement plus élevée ($p < 0.001$) dans la sciure ($38 \pm 5,0^\circ\text{C}$) que dans la paille ($35 \pm 6,7^\circ\text{C}$), les températures ambiantes étant équivalentes dans les deux locaux ($21 \pm 2,3^\circ\text{C}$ et $21 \pm 3,0^\circ\text{C}$).

La température a été plus stable dans la sciure que dans la paille. La moyenne des amplitudes quotidiennes (calculées à

partir de J 19) a été de $1,3 \pm 1,6^\circ\text{C}$ dans la sciure et de $2,2 \pm 2,4^\circ\text{C}$ dans la paille ($p < 0.001$).

Les traitements hebdomadaires n'ont pas eu d'influence nette sur les températures, par contre chaque ajout de paille a été suivi par une augmentation générale de la température dans la masse. Par exemple, le repailage à J 100 a entraîné une augmentation de plus de 10°C en 7 jours (de $28,6^\circ\text{C}$ à $39,0^\circ\text{C}$).

Figure 2 - Évolution des températures (local avec la paille)



La température de la litière n'était pas homogène. L'écart entre les températures les plus et les moins élevées enregistrées au même moment au niveau des 4 points de mesures fut en moyenne de $6,7 \pm 2,7^\circ\text{C}$ dans la sciure et de $9,6 \pm 4,3^\circ\text{C}$ dans la paille.

Entre le 33^{ème} et le 34^{ème} jour de fonctionnement, ± 1000 litres d'eau se sont écoulés dans le quart antérieur de la loge paillée. L'arrêt des fermentations s'est traduit par une chute nette des températures au niveau de 2 sondes. Le lendemain, toute la litière éteinte fut retirée et remplacée par de la paille hachée fraîche. Deux jours furent nécessaires pour rétablir les températures initiales, cet incident prouvant d'une part la grande sensibilité du système aux excès d'eau et d'autre part la possibilité de relancer les fermentations au cours du fonctionnement.

Le retrait des animaux (J 134) a été accompagné d'une diminution de température des litières d'environ 1°C par jour. La litière de paille fut enlevée à J 141.

Sur l'ensemble de la période, l'humidité relative a été en moyenne de $72 \pm 22\%$ à l'extérieur, de $60 \pm 8,6\%$ dans le local contenant la litière à base de sciure et de $60 \pm 7,6\%$ dans le local paillé.

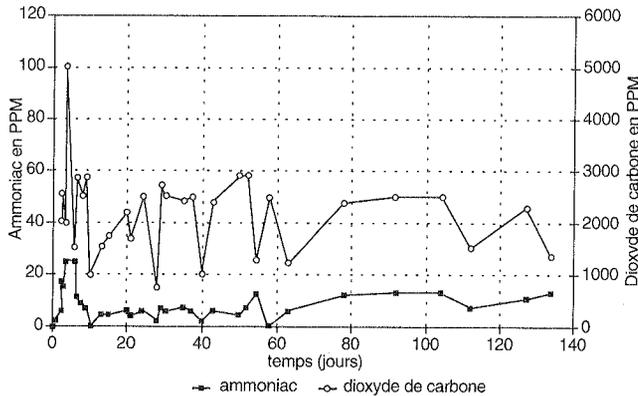
2.2. Niveau de pollution de l'air

Les figures 3 et 4 fournissent l'évolution des concentrations en ammoniac et dioxyde de carbone respectivement dans le local avec sciure et dans le local paillé.

Les concentrations en ammoniac ont été significativement plus élevées dans le local paillé que dans celui contenant la sciure, tant durant les 7 premiers jours (48 ± 36 ppm vs $12 \pm 9,2$ ppm) qu'au-delà du 8^{ème} jour ($11 \pm 5,6$ ppm vs

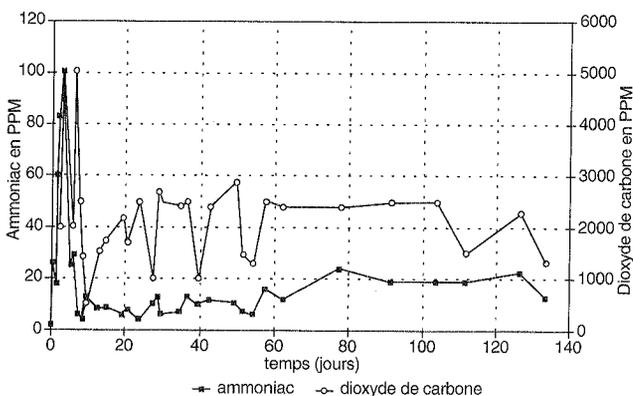
6,7 ± 3,9 ppm). Les différences de concentrations entre les 2 périodes sont également significatives.

Figure 3 - Évolution des concentrations en ammoniac et gaz carbonique dans le local contenant la litière de sciure



Les concentrations mesurées avant, pendant et immédiatement après les opérations d'entretien des litières ont été respectivement de 7,2 ± 3,5 ppm, 12 ± 5,5 ppm et 11 ± 7,0 ppm dans le local avec sciure et 19 ± 5,5 ppm, 34 ± 17,0 ppm et 39 ± 22 ppm dans le local paillé. Les différences en fonction du moment des mesures ne sont pas significatives.

Figure 4 - Évolution des concentrations en ammoniac et gaz carbonique dans le local paillé



Les concentrations en dioxyde de carbone dans les 2 locaux n'étaient pas significativement différentes. Dans le local paillé la concentration en dioxyde de carbone a été significativement supérieure lors de la phase de création de la litière comparativement à la période de présence des porcs.

Les concentrations en poussières ont été respectivement de 155 ± 45 particules > à 0,3 µ/litre dans le local avec sciure et 69 ± 40 dans le local paillé; la différence est significative ($p < 0,001$). Aucune influence nette du traitement de la litière (bêchage et ensemencement) sur la concentration en particules n'a pu être mise en évidence.

2.3. Santé et performances des animaux

Lors de leur arrivée, les porcs présentaient de la toux et ont été traités aux antibiotiques. Deux décès ont eu lieu durant la première semaine d'engraissement. Par après, plus aucune

perte, ni problème sanitaire particulier ne furent observés. Les données zootechniques sont reprises au tableau 1. Les carcasses des 2 lots ont été jugées comme étant de qualité comparable.

Tableau 1 - Comparaison des résultats zootechniques dans les deux locaux

	Type de litière	
	SCIURE	PAILLE
Nombre d'animaux	15	17
Durée de l'engraissement (jour)	127	127
Croissance (g/porc.jour)	553 ± 89	551 ± 78
Indice de consommation (kg/kg)	3,66	3,85
Eau bue par kg d'aliment consommé (litre)	2,16	2,35
Poids moyen		
- au début de l'engraissement (kg)	22,5 ± 2,67	23,6 ± 2,45
- à l'abattage (kg)	92,9 ± 11,8	93,6 ± 9,82
- des carcasses (kg)	80,3 ± 8,13	77,3 ± 8,13

3. DISCUSSION

3.1. Températures et humidités relatives

La mesure de la température de la litière est le moyen le plus simple de juger de son bon fonctionnement. Sur cette base, les résultats montrent clairement que la litière de sciure a mieux évolué que celle de paille, le maintien de la température à des valeurs supérieures à 30°C n'ayant été possible dans cette dernière que par apport régulier de litière fraîche tandis qu'aucune sciure n'a été ajoutée durant toute la période d'engraissement.

Les températures moyennes de litière (38°C dans la sciure et 35°C dans la paille) sont proches de celles obtenues par d'autres Auteurs. C'est ainsi que BONAZZI et NAVAROTTO (1992) renseignent des températures entre 35 et 45°C à 20 cm de profondeur d'une litière de copeaux de bois; HERVO et THEOBALD (1992) citent des températures de 36 ± 3,2°C dans des litières de paille et de 37 ± 9,4°C dans des litières de sciure (moyenne de 10 exploitations); GERLACH et MEHLHORN (1992) ont relevé des températures moyennes de 40,2 et 46°C dans 2 litières de 70 cm de copeaux de conifères.

D'un point de vue tout à fait pratique, et en fonction des résultats obtenus, on peut dire qu'un seul relevé journalier est suffisant pour suivre l'évolution générale de la température, mais cette mesure devrait se faire à plusieurs endroits pour repérer les zones plus humides ou moins bien aérées qui se caractérisent par une température plus basse.

3.2. Niveau de pollution de l'air

La concentration en ammoniac dans des bâtiments d'élevage

est un indicateur de la qualité de la ventilation des locaux et de la nuisance olfactive. Les valeurs relevées dans les 2 locaux (6,7 et 11 ppm) sont de loin inférieures au seuil de 20 ppm au-delà duquel la ventilation des locaux est considérée comme déficiente (C.I.G.R., 1984). Des mesures réalisées par OOSTHOEK (1993), il ressort que la libération d'azote ammoniacal à partir de porcheries travaillant en litières biomaitrisées est moindre que dans les porcheries avec récolte de lisier, soit de 1,1 à 1,9 kg par place vs 2,1 à 2,5 kg.

Nous avons pu constater un parallélisme entre les concentrations en ammoniac et la nuisance olfactive. Celle-ci était quasi nulle dans le local avec litière de sciure, détectable dans le local paillé, tout en restant nettement inférieure (en tout cas différente) de celle que l'on perçoit habituellement dans les porcheries où les déjections sont récoltées sous forme de lisier. Cette opinion fut partagée par tous les visiteurs, qu'ils soient ou non des professionnels de l'élevage porcin. Lors de l'entretien des litières, l'odeur augmentait cependant dans les 2 locaux. Ces observations non quantifiées concordent avec les mesures de nuisances olfactives réalisées par KAY (1992).

Bien que la concentration en poussières fut 2 fois plus élevée dans le local avec litière de sciure que dans le local paillé (155 vs 69 particules/ml), la première valeur reste dans l'ordre de grandeur des concentrations rencontrées en porcheries d'engraissement à sol en caillebotis (MARLIER et al., 1993).

3.3. Santé et performances des animaux

Les vitesses de croissance, identiques dans les 2 loges, correspondent aux résultats techniques moyens enregistrés en Belgique (INSTITUT ÉCONOMIQUE AGRICOLE, 1993). La valeur élevée des indices de consommation s'explique certainement en grande partie par les problèmes sanitaires combinés au mauvais fonctionnement des mangeoires rencontrés en début d'engraissement. KAY (1992) ainsi que THELOSEN et VOERMANS (1992) n'ont enregistré aucune différence significative de performances entre des porcs

élevés sur caillebotis ou sur litière biomaitrisée.

Bien que le comportement des porcs n'ait pas été étudié spécifiquement, on peut préciser que les porcs extériorisent leur comportement fouisseur bien plus sur litière de sciure que sur paille, la première étant beaucoup plus friable, la seconde nettement plus tassée. Ce comportement est souhaitable puisqu'il contribue à l'aération de la litière.

3.4. Constitution et entretien de la litière

De l'avis des personnes ayant effectué hebdomadairement le travail d'entretien de la litière, la manutention de la sciure est beaucoup plus facile que celle de la paille transformée en fumier, tant lors de la conception de la litière que lors des entretiens. Le temps de travail et la difficulté de celui-ci ont été estimés comme étant 2 à 3 fois plus élevés dans la loge paillée. Seule une mécanisation correcte permettra à terme un développement de ce système au sein des exploitations.

Des études devront établir la quantité minimale de lisier qu'il conviendrait d'ajouter au départ pour lancer la fermentation. Les quantités qui ont été ajoutées dans cette étude pourraient vraisemblablement être diminuées sans modifier la qualité de la fermentation.

CONCLUSION

Cet essai d'hébergement de porcs à l'engraissement sur une litière biomaitrisée à base de sciure a été concluant. La litière a évolué comme attendu et cette nouvelle technique n'a pas fait apparaître de problèmes particuliers. En revanche, les résultats obtenus avec une litière de paille ont été moins satisfaisants, une trop grande quantité de paille devant être utilisée pour garder une température suffisante de litière et pour maintenir les porcs propres. Etant donné le coût des produits de traitement, des plans expérimentaux devront être planifiés pour établir leur utilité et les doses à employer.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BONAZZI G., NAVAROTTO P.L., 1992. In : Proceedings workshop deep litter systems for pig farming. Ed. VOERMANS J.A.M., 57-76.
- C.I.G.R., 1984. Report on working group on climatization of animal houses, published by the Scottish Farm Buildings Investigation Unit, Craibstone, Bucksburn, Aberdeen, AB2 9TR, Scotland.
- GERLACH K., MEHLHORN G., 1992. In : Proceedings workshop deep litter systems for pig farming. Ed. VOERMANS J.A.M., 176-197.
- HERVO N., THEOBALD O., 1992. In : Proceedings workshop deep litter systems for pig farming. Ed. VOERMANS J.A.M., 8-10.
- HOY St., WILLIG R., BUCHHOLZ I., 1992. In : Proceedings workshop deep litter systems for pig farming. Ed. VOERMANS J.A.M., 37-50.
- INSTITUT ÉCONOMIQUE AGRICOLE, 1993. La rentabilité des productions porcines dans les exploitations spécialisées. Exercice 1991-1992. Ministère de l'Agriculture, Av. du Boulevard, 21, 1210 Bruxelles.
- KAY R.M., 1992. In : Proceedings workshop deep litter systems for pig farming. Ed. VOERMANS J.A.M., 93-103.
- LO C.Y.Y., 1992. In : Proceedings workshop deep litter systems for pig farming. Ed. VOERMANS J.A.M., 11-25.
- LOOKER M., 1990. Farm Buildings and Engineering, 7, 41-42.
- MARLIER D., NICKS B., CANART B., 1993. Ann. Méd. Vét., 137, 111-115.
- OOSTHOEK J., 1993. In : Inleidingen Studiemiddag diepstrooiselsysteem. Ed. VOERMANS J. A.M., 17-24.
- THELOSEN J.G.M., VOERMANS J.A.M. In : Proceedings workshop deep litter systems for pig farming. Ed. VOERMANS J.A.M., 26-35.