

Solène Lagadec, Brigitte Landrain, Paul Landrain, Yannick Ramonet, Chambres d'agriculture de Bretagne
Mélynda Hassouna, Paul Robin, Institut National de Recherche Agronomique (INRA)

Mélangée aux déjections des porcs, la litière, substrat riche en carbone, évolue au cours de l'engraissement. Les émissions gazeuses associées varient en fonction de différents paramètres. Comparée à une litière de sciure, la paille entraîne moins d'émissions de protoxyde d'azote (N_2O), gaz à effet de serre mais plus d'ammoniac (NH_3). Enfin en alimentation à sec, il y a plus d'émissions de N_2O qu'en alimentation soupe.



Ce document provient de l'AgriThèque. Toute reproduction sous quelque forme que ce soit, n'est autorisée que dans le cadre de l'usage privé du copiste ou après autorisation obtenue auprès des Chambres d'Agriculture de Bretagne.

1. Introduction

L'utilisation de la litière en engraissement de porcs permet un traitement partiel des déjections animales par un procédé de compostage conduisant à un abattement de l'azote (Kermarrec et Robin, 2002). D'après le CORPEN (2003), l'abattement de l'azote en engraissement de porcs sur litière de paille est supérieur à l'engraissement sur caillebotis. En effet, la volatilisation de l'azote en bâtiment s'élève à 57% de l'azote excrété sur litière de paille et à 72% sur litière de sciure. Les pertes gazeuses associées sont sous forme de diazote (N_2), gaz inerte, mais également d'ammoniac (NH_3), gaz contribuant aux dépôts acides et à l'eutrophisation, et du protoxyde d'azote (N_2O) et du méthane (CH_4), ces 2 derniers gaz contribuant à l'effet de serre.

Les émissions azotées et carbonées varient selon différents paramètres dont la densité animale dans le bâtiment, la nature, la quantité de litière apportée et les modalités d'apport, le brassage de la litière et le mode d'alimentation (Robin et al., 2004; Ramonet et Robin, 2002; Nicks et al., 2004, Philippe et al., 2007, Paboeuf, 2011).

L'objectif de cette étude était de comparer les effets suivants sur les émissions azotées (NH_3 , N_2O et N_2) et carbonées (CH_4 et CO_2). :

- la nature de la litière : paille ou sciure
- le mode d'alimentation : repas de soupe ou accès libre à des nourrisseurs
- l'ajout d'activateurs bactériens

2. Matériel et méthodes

2.1. Description des salles étudiées

L'expérimentation s'est déroulée à la station expérimentale porcine de Crecom à Saint Nicolas du Pelem (22) dans six salles d'engraissement de porcs sur litière.

→ 3 salles en alimentation soupe dont deux salles sur paille et une salle sur sciure

→ 3 salles en alimentation sec dont deux salles sur paille et une salle sur sciure

Chaque salle a hébergé 84 porcs avec une densité de 1,40 m²/place. Les porcs ont été engraisés de 25 kg à 115 kg avec une alimentation biphasé. Les animaux alimentés à sec avaient un accès permanent à des abreuvoirs et ceux alimentés en soupe recevaient 3 repas quotidiens d'un mélange d'aliments et d'eau.

La ventilation des salles était dynamique avec une entrée de l'air par des trappes latérales (salles avec paille) et dans la masse (salles avec sciure) et une sortie par une extraction haute.

Tableau 1 : description des salles étudiées

| Salle | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Litière | Paille | Paille | Sciure | Sciure | Paille | Paille |
| Alim | soupe | soupe | soupe | sec | sec | sec |
| Porcs | 84 | 84 | 84 | 84 | 84 | 84 |



Porc en entrée d'engraissement sur paille (salle 1)

2.2. Calendrier des mesures

Des mesures ont été réalisées de 2009 à 2012. Au total, 24 bandes de porcs ont été suivies (tableau 2).

Tableau 2 : calendrier des mesures de gaz en engraissement de porcs sur litière

| Salles | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Bande s 2009 | Mars - juillet | Mai-sept | Mai-sept | Janv -mai | Janv -mai | Mars-juillet |
| | Aout-dec | Sept-janv | Sept-janv | Juin-oct | Juin-oct | Aout-dec |
| Bande s 2010 | | Fev-juin | Fev-juin | Nov-mars | Nov-mars | |
| Bande s 2011 | *Oct-janv | Oct-janv | | | Juin-oct | *Juin-oct |
| Bande s 2012 | *Fev-juin | Fev-juin | | | Nov-mars | *Nov-mars |

*ajout d'activateurs bactériens

2.3. Description des données enregistrées

2.3.1. Données zootechniques

Afin de réaliser un bilan de masse et d'estimer les pertes azotées et carbonées totales ainsi que de quantifier la consommation en paille et la quantité de fumier produit, les données zootechniques suivantes sont enregistrées :

- ✓ poids des animaux en entrée et en sortie d'engraissement
- ✓ quantités d'aliments (croissance et finition) distribuées aux animaux
- ✓ caractéristiques des aliments distribués (matière sèche, matière azotée totale, phosphore)
- ✓ composition des effluents produits (N total, C total, MS, P₂O₅)
- ✓ consommation d'eau

2.3.2. Données température et hygrométrie

Afin de calculer le débit de ventilation, les températures intérieure et extérieure de la salle sont enregistrées.

Deux sondes thermo-hygrométriques de marque KIMO sont placées dans chaque salle et à l'extérieur durant toute la durée du suivi. Elles enregistrent la température et l'hygrométrie toutes les deux minutes.



Relevé des données températures et hygrométrie

2.4. Mesure des concentrations gazeuses

Les concentrations gazeuses ont été mesurées à l'aide d'un analyseur de gaz photo-acoustique à infrarouge INNOVA® 1412. Elles ont été enregistrées dans chaque salle et à l'extérieur du bâtiment toutes les 12 minutes sur toute la durée d'engraissement.

Les gaz mesurés sont l'ammoniac (NH₃), le protoxyde d'azote (N₂O), le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et l'eau (H₂O).

Les prélèvements de l'air ambiant se font dans l'ambiance de la salle et à l'extérieur du bâtiment



L'analyseur de gaz permet de mesurer cinq gaz différents

2.5. Calcul des émissions gazeuses

Les émissions de chaque gaz sont calculées à partir des gradients de concentrations de gaz (en mg/m³) et des débits d'air appliqués (m³/h/porc). Les débits d'air sont calculés à partir du bilan CO₂ (Robin et al, 2010). Les gradients de concentrations correspondent à la différence entre les concentrations mesurées sur l'air ambiant et sur l'air extérieur au bâtiment. Pour chaque bande étudiée, en sommant les émissions horaires et en interpolant les données manquantes on évalue les émissions totales pour toute la durée de la période suivie. Cela nous permet ensuite de déterminer les facteurs d'émissions (en g/porc/jour) en divisant le total des émissions cumulées de chaque gaz par le nombre de porcs présents et la durée de la période (en jours).

2.6. Validation des émissions gazeuses

Pour valider les émissions gazeuses calculées, des bilans de masse sur l'azote (N), le carbone (C) et l'eau (H₂O) ont été réalisés pour chaque bande. Les bilans phosphore ont également été calculés pour valider l'échantillonnage de l'effluent et les données d'entrée du bilan de masse. Ces bilans correspondent à la différence entre les entrées et les sorties d'azote, de carbone, d'eau et phosphore (schéma ci-dessous).

Schéma 1 : validation des pertes azotées mesurées avec l'analyseur

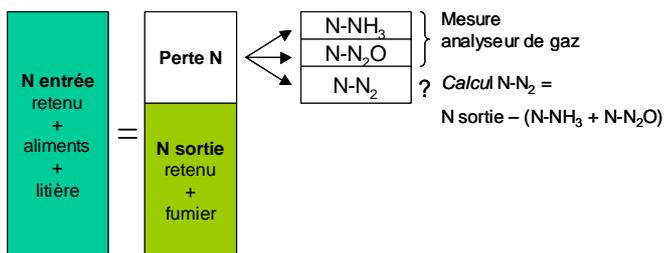


Schéma 2 : Validation des pertes carbonées mesurées avec l'analyseur

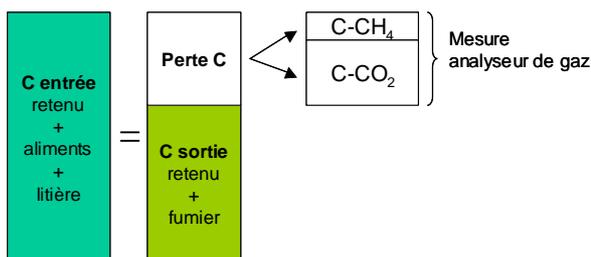


Schéma 3 : Validation des pertes en eau mesurées avec l'analyseur

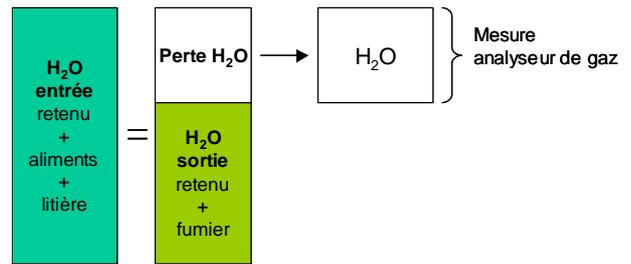
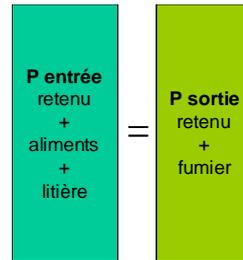


Schéma 4 : Validation des pertes en phosphore mesurées avec l'analyseur



2.7. Analyse des données

Pour analyser l'effet de chaque paramètre étudié, une analyse de la variance à un facteur (ANOVA) est réalisée à l'aide du logiciel de statistique R.

Les facteurs analysés sont les suivants :

- nature de la litière : paille ou sciure
- mode d'alimentation : soupe ou sec
- utilisation d'activateur : avec ou sans

Les facteurs d'émission de NH₃ mesurés sont également comparés facteur d'émission de référence issus du CORPEN qui correspond à 25% de l'azote excrété.

3. Résultats et discussion

3.1. Pratiques de paillage à la station expérimentale

En engraissement de porcs sur litière, l'objectif est d'avoir une litière permettant une fermentation aérobie optimale. Pour cela, il faut apporter la quantité de paille nécessaire en fonction de l'évolution des zones souillées afin de prévenir l'arrêt du compostage qui se traduit par un refroidissement des litières, celui-ci étant accentué par l'augmentation de leur taux d'humidité (Kermarrec et al, 1998).

A la station expérimentale de Crecom, la quantité de paille apportée a été de 71,8 ± 15,1 kg/porc/110 j. Cette valeur est proche de l'apport moyen de paille en litière accumulée de 70 kg/porc (Ramonet et al, 2003). On note qu'avec une alimentation soupe la consommation de paille est plus élevée

qu'avec une alimentation à sec (84 vs 58 kg/porc/110 j).

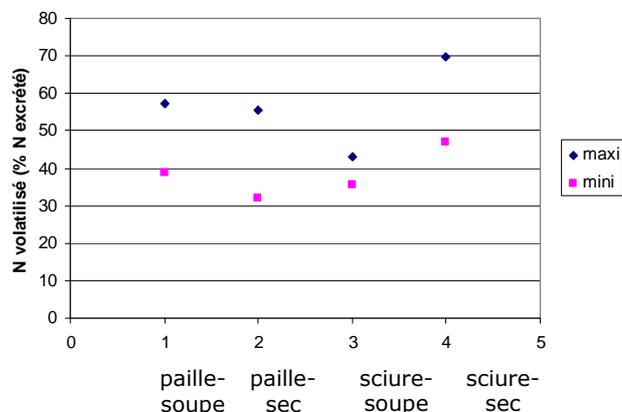
La quantité de sciure apportée est plus faible en moyenne, de l'ordre de 51 ± 43 kg/porc/110 j. Cependant, l'écart type est important car les consommations de sciure sont nettement plus élevées avec une alimentation soupe (88 ± 21 kg/porc/110 j) qu'avec une alimentation à sec (13 ± 4 kg/porc/110 j).

3.2. Pertes azotées très variables

Les pertes azotées sont très variables. En effet, sur litière de paille, elles varient de 39 à 57% de l'azote excrété avec une alimentation soupe et de 32 à 55% de l'azote excrété lorsque les porcs sont alimentés à sec.

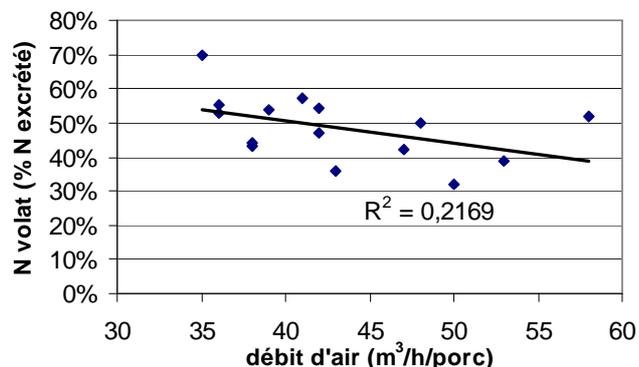
La variabilité observée est plus faible sur litière de sciure avec une alimentation soupe (du fait du faible nombre de bandes étudiées). Elles vont de 36 à 43% de l'azote excrété. Enfin, les pertes azotées les plus élevées ont été mesurées sur litière de sciure avec une alimentation à sec puisqu'elles s'élèvent à 70%.

Figure 1 : Variabilité des pertes azotées



Le graphique ci-dessous montre que les pertes azotées ne sont pas corrélées au débit de ventilation mesuré pour chaque bande ($R^2=0,2169$). Cependant une légère tendance est observée : plus le débit est élevé et plus les pertes sont faibles. Cette même tendance est observée sur les concentrations en NH_3 et N_2O ($R^2=0,1895$ et $R^2=0,1544$).

Figure 2 : Corrélation entre pertes azotées (% N excrété) et débit d'air ($m^3/h/porc$)



3.3. Effet de la nature de la litière

Avec un débit moyen de ventilation très proches entre paille et sciure ($43 \pm 6,1$ $m^3/h/porc$ pour la paille et $43,2 \pm 8,9$ $m^3/h/porc$ pour la sciure), l'ambiance sur litière de paille est plus chargée en ammoniac que sur litière de sciure ($18,4 \pm 4,6$ vs $11,3 \pm 5,1$ ppm). Cependant, les concentrations en protoxyde d'azote dans la salle sont plus élevées avec une litière de sciure qu'avec une litière de paille ($3,2 \pm 2,9$ vs $1,4 \pm 0,7$ ppm).

Les facteurs d'émission mesurés sur litière de paille et sur litière de sciure sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : facteurs d'émission en fonction de la nature de la litière (g/porc/jour)

| | NH_3 | N_2O | CH_4 |
|--------|------------------|-----------------|-----------------|
| Paille | $11,63 \pm 1,90$ | $1,96 \pm 0,98$ | $8,38 \pm 2,52$ |
| sciure | $6,84 \pm 3,61$ | $3,96 \pm 2,96$ | $6,39 \pm 1,54$ |
| Stat | ** | . | |

*** $P < 0$, ** $P < 0,001$, * $P < 0,01$, . $P < 0,05$

→ pertes azotées (NH_3 et N_2O)

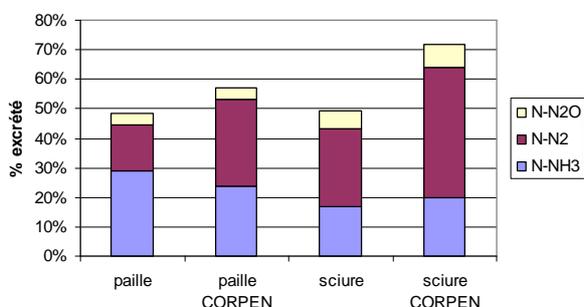
Raclée en fin de bande, la litière de sciure permet une réduction très significative des émissions de NH_3 par rapport à la litière de paille (6,84 vs 11,63 g/porc/jour) alors qu'une augmentation des émissions de N_2O est observée (3,96 vs 1,96 g/porc/jour).

Nicks et al (2003) ont suivi trois lots successifs sur litière accumulée de paille et de sciure sans racler entre chaque lot. Les émissions d' NH_3 à partir du compost de sciure ont évolué au cours du temps en augmentant significativement de 50 % lors du séjour du

troisième lot de porcs comparativement à la moyenne des deux premiers. Afin de limiter les émissions de NH₃, il est recommandé de ne pas élever plus de deux lots de porcs sur une même litière de sciure. Par ailleurs, le facteur d'émission sur litière de paille est en cohérence avec celui mesuré par Philippe et al (2007) de 12,1 ± 0,6 g/porc/jour avec un apport de paille de 47 kg/porc.

Les pertes totales azotées atteignent entre 48 % et 49 % de l'azote des déjections quelque soit le type de litière. Toutefois, la répartition des gaz n'est pas identique. En effet, il y a plus d'émissions de N-NH₃ et moins d'émissions de N-N₂O et de N-N₂ avec une litière de paille qu'avec une litière de sciure. La litière de paille étant plus humide que la litière de sciure (28,5 ± 2,8 % MS vs 34,6 ± 7,8 % MS), les émissions d'ammoniac sont favorisées à travers une moindre nitrification (réduction de la diffusion d'oxygène dans la litière) et une plus forte surface émettrice (animaux souillés, urines restant en surface) (Ramonet et al, 2002). On note cependant que le taux de MS du fumier en fin de bande ne reflète pas totalement la Ms en cours de bande.

Figure 3 : émissions azotées en % du N excrété en fonction de la nature de la litière



On note que les pertes azotées totales mesurées sont légèrement inférieures à celles annoncées par le CORPEN. Cet écart est lié aux émissions de diazote plus faibles dans notre étude : 16% vs 29% pour la paille et 26 vs 44%).

→ pertes carbonées (CH₄)

Aucun effet significatif de la nature de la litière sur les émissions de CH₄ n'est observé. D'après Nicks et al (2003), si la litière n'est pas raclée en fin de bande, la production de CH₄ double avec le deuxième lot et presque quadruple avec le troisième lot. Pour minimiser les émissions de CH₄, il est donc

recommandé de n'élever qu'un seul lot sur une litière de paille.

3.4. Effet de la quantité de paille apportée

Dans notre étude, nous ne pouvons pas analyser l'effet de la quantité de paille apportée car les différences d'apport sont liés au mode d'alimentation.

Selon Guingand et al (2013), une réduction importante de la quantité de paille (50 kg/porc) induit une augmentation des émissions de NH₃ et une réduction des émissions de CH₄. Toutefois l'association d'une réduction de la quantité apportée et d'une augmentation de la fréquence de paillage conduit à une moindre dégradation de la propreté de la litière, principal responsable de l'augmentation des émissions d'ammoniac.

3.5. Effet du mode d'alimentation

En engraissement sur paille, les concentrations en ammoniac et en protoxyde d'azote sont plus élevées lorsque les porcs sont alimentés à sec qu'en soupe (14 vs 12 mg NH₃/m³ et 4 vs 2 mg N₂O/m³). En engraissement sur sciure, la même tendance est observée avec des concentrations moins élevées (9 vs 7 mg NH₃/m³ et 8 vs 2 mg NH₃/m³).

Les facteurs d'émission mesurés sur litière de paille et sur litière de sciure avec une alimentation soupe et sec sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : facteurs d'émission en fonction du mode d'alimentation (g/porc/jour)

| | NH ₃ | | N ₂ O | | CH ₄ | |
|-------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | paille | sciure | paille | sciure | paille | sciure |
| Sec | 11,85 ± 0,95 | 7,82 ± 4,66 | 2,70 ± 0,71 | 5,35 ± 2,86 | 7,65 ± 2,26 | 6,84 ± 1,72 |
| soupe | 11,30 ± 3,01 | 5,36 ± 1,22 | 1,47 ± 0,86 | 1,60 ± 0,45 | 8,86 ± 2,76 | 5,70 ± 1,39 |
| Stat | | | * | | | |

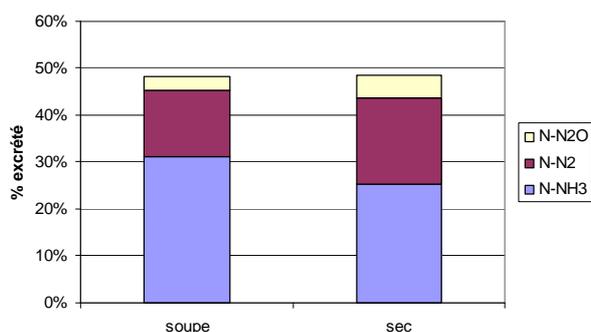
*** 0, **0,001, *0,01, .0,05

Sur litière de paille, avec une alimentation à sec, les émissions de N₂O sont significativement plus élevées alors qu'il n'y a pas d'effet sur les émissions de NH₃ et de CH₄.

Lorsque les données sont ramenés au pourcentage de l'azote excrété, une tendance est observée avec des émissions d'ammoniac plus élevées en alimentation soupe. En effet,

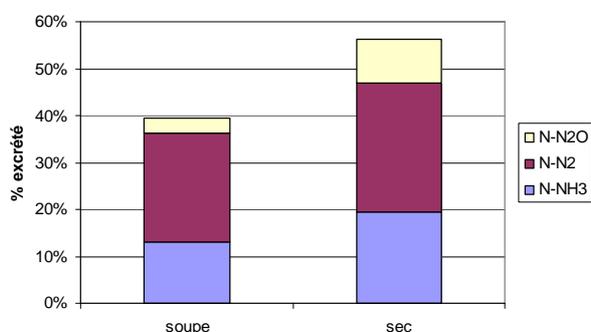
les porcs sont plus agités avec ce mode d'alimentation, lié au rationnement, ce qui augmente la surface émettrice d'ammoniac. De plus, la litière est plus humide en alimentation soupe favorisant les transformations anaérobies.

Figure 4 : émissions azotées en % du N excrété en fonction du mode d'alimentation sur litière de paille



Sur litière de sciure, il n'y a pas d'effet significatif mais on observe toutefois une augmentation des émissions de NH₃, N₂O et CH₄ avec une alimentation à sec comparativement à une alimentation soupe. On remarque également que les pertes azotées sont plus importantes avec un alimentation à sec (56%) qu'avec une alimentation soupe (39%). Cela peut s'expliquer par une humidité de la litière plus importante qui sature la porosité, empêchant la diffusion de l'oxygène et la biotransformation de l'azote ammoniacal qui requièrent la disponibilité de carbone et d'oxygène (Robin et al, 2004).

Figure 5 : émissions azotées en % du N excrété en fonction du mode d'alimentation sur litière de sciure



3.6. Effet de l'ajout d'activateur bactérien

Des produits sont disponibles sur le terrain pour aider les éleveurs à mieux gérer le processus de dégradation des litières et les effets négatifs qui lui sont liés (moins d'humidité, réduction des dégagements gazeux, diminution des risques sanitaire). Les additifs sont soit applicables directement sur la litière (en pulvérisation pour les produits liquides ou répandu à la volée pour les produits solides) soit distribués aux animaux via l'eau de boisson ou l'aliment et répandus sur la litière via les déjections.

Il peut s'agir d'un mélange complexe de minéraux, de complexes de micro-organismes (bactéries et/ou champignons) ou encore un mélange de composés organiques.

Leur mode de fonctionnement suit différentes stratégies parfois combinées : assécher, acidifier et/ou alcaliniser les litières.

Les facteurs d'émission mesurés avec et sans activateurs sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7 : facteurs d'émission en fonction de l'utilisation ou non d'activateurs bactériens (g/porc/jour)

| | NH ₃ | N ₂ O | CH ₄ |
|------|-----------------|------------------|-----------------|
| sans | 11,34 ± 2,32 | 1,86 ± 1,02 | 7,83 ± 2,32 |
| avec | 12,31 ± 1,24 | 2,19 ± 1,08 | 9,66 ± 2,99 |
| Stat | | | |

*** 0, **0,001, *0,01, .0,05

D'après les résultats obtenus à la station expérimentale de Crecom, il n'y a pas d'effet significatif de l'utilisation des activateurs bactériens sur les émissions de NH₃, N₂O et CH₄. Le même résultat a été observé sur les concentrations de ces gaz dans les salles.

4. Conclusion

Comparée à une litière de sciure, la paille entraîne moins d'émissions de protoxyde d'azote (N₂O), gaz à effet de serre mais plus d'ammoniac. En alimentation à sec, les émissions de N₂O sont significativement plus importantes qu'en alimentation soupe.

Les pertes totales azotées se situent entre 40 et 60% de l'azote excrété avec les pertes les plus fortes observées sur litière de sciure avec une alimentation à sec (56%).

5. Applications pratiques

Les conclusions de cette étude fournissent aux techniciens de groupement et aux éleveurs des éléments précis sur les émissions gazeuses en engraissement de porcs sur litière et pertes d'azote.

6. Pour plus d'informations...

Solène Lagadec – Chambre d'agriculture de Bretagne – Rue Maurice Le Lannou – CS 74223 – 35042 Rennes Cedex

Téléphone : 02 23 48 26 76

Mail : solene.lagadec@bretagne.chambagri.fr

7. Références bibliographiques

Corpen, 2003. Estimation des rejets d'azote – phosphore – potassium – cuivre et zinc des porcs. Influence de la conduite alimentaire et du mode de logement des animaux sur la nature et la gestion des déjections produites. Juin 2003. 41 p.

« Elever des porcs sur litière – Comprendre les fonctionnements, améliorer les résultats ». Chambres d'agriculture de Bretagne et des Pays de la Loire, Ifip, Inra. 2012, 60p.

Guingand N., Rugani A., 2013. Incidence de la réduction de la quantité de paille et de la fréquence des apports sur les émissions d'ammoniac, de GES et d'odeurs chez les porcs en engraissement. Journées Rech. Porcine, 45, 141-142

Lagadec S., Quillien J-P., Landrain B., Landrain P., Robin P., Hassouna M., 2012. Incidence du mode d'alimentation et de la nature de la litière sur les émissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre. Journées Rech. Porcine, 44, 137-138

Nicks B., Laitat M., Desiron A., Vandenheede M., Canart B., 2003. Emissions d'ammoniac, de protoxyde d'azote, de méthane, de gaz carbonique et de vapeur d'eau lors de l'élevage de porcs charcutiers sur litières accumulées de paille et de sciure, 65, 7-14

Paboeuf F., 2011. Approche expérimentale de deux systèmes de production porcine différenciés par le mode de logement : Contribution à la recherche d'un développement durable. Thèse à l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement. 183 p.

Philippe F-X, Laitat M., Canart B., Vandenheede M., Nicks B., 2007. Emissions d'ammoniac lors de l'engraissement de porcs sur caillebotis, litière de paille accumulée et litière à pente paillée. 39, 61-62

Ramonet Y., Robin P., 2002. L'engraissement de porcs sur litière de particules de bois ou de sciure en couche fine. Journées Rech. Porcine, 34, 143-148

Ramonet Y., Dapello C., 2003. L'élevage des porcs sur litière. Une diversité de systèmes en engraissement. Journées Rech. Porcine, 35, 1-6

Robin P., Hassouna M., Texier C., 2004. Emissions d'ammoniac et de protoxyde d'azote des porcs engraisés sur litière de paille. Journées Rech. Porcine, 36, 63-70

Robin P., Amand G., Aubert C., Babela N., Brachet A., Berckmans D., Burton C., Canart B., Cellier P., Dollé J.B., Durif M., Ehrlacher A., Eren Ozcan S., Espagnol E., Gautier F., Guingand N., Guiziou F., Hartung E., Hassouna M., Lee I.B., Leleu C., Loubet B., Loyon L., Nicks B., De Oliveira P.A.V., Ponchant P., Powers W., Sommer S.G., Thiard J., Xin H., Youssef A., Fiani E., 2010. Procédures de référence pour la mesure des émissions de polluants gazeux des bâtiments d'élevage et stockages d'effluents d'élevage. Rapport final ADEME. 473 p.

Comment citer ce document ?

Solène LAGADEC, Novembre 2013. Emissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre en engraissement de porcs sur litière, 10 pages.

Mots-clés :

Porc, litière, émissions, ammoniac, protoxyde d'azote, méthane