

## Répartition et bilans sur l'azote contenu dans les rejets gazeux et liquides d'un établissement porcin

*Dominique FITAMANT (1), J.P. QUILLIEN (2), J. CALLAREC (3), J. MORVAN (1),  
Marguerite LEMASLE (1), A. LAPLANCHE (1)*

*(1) E.N.S.C.R., Laboratoire de Chimie des Nuisances et Génie de l'Environnement  
263, avenue du Général Leclerc, 35700 Rennes  
(2) E.D.E. du Morbihan - avenue Borgnis Desbordes, B.P. 77, 56002 Vannes Cedex  
(3) E.D.E. du Finistère, Station Expérimentale de Guernévez - 29250 Saint-Goazec*

*Avec la collaboration technique de Paul Toularastel (3)*

### **Répartition et bilans sur l'azote contenu dans les rejets gazeux et liquides d'un établissement porcin**

Cette étude a pour objectif l'établissement d'un bilan sur l'azote contenu dans les rejets gazeux et liquides d'un atelier porcin mettant en œuvre une vidange précoce du mélange fèces-urine.

Le dispositif expérimental comprend trois bâtiments de conception différente, suivis d'une filière commune constituée d'un séparateur de phases, de fosses d'aération et de stockage, d'une plate forme de compostage du refus de tamis et d'un mécanisme de recirculation d'une partie de la phase liquide vers la porcherie. Un moniteur multigaz complète l'installation et a permis d'analyser en continu les concentrations en ammoniac et protoxyde d'azote à chaque étape du traitement. Après validation de la méthode de mesure, nous pouvons conclure qu'environ 30% de l'azote se volatilise sous forme d'ammoniac ou protoxyde d'azote au cours des opérations de traitement du lisier, mais que cette volatilisation a principalement lieu dans les bâtiments d'engraissement. Cependant, l'examen des flux gazeux émanant des trois bâtiments montre qu'une collecte quotidienne du lisier sous les caillebotis permet de réduire de près de 50% les rejets en ammoniac.

### **Nitrogen distribution and net flow in the form of gas and liquid from a piggery**

This paper deals with nitrogen release from a pig farm in the form of gas and liquid from a system where there was daily collection of slurry from under slatted floors. The pig farm consisted of three pig houses, which were built to different designs, and a common treatment system made up of a phase separator, an aeration and storage tank for the liquid phase, a composting area for the solid phase which did not pass through a screen and a recycling mechanism back to the piggery, for part of the liquid phase. Ammonia and nitrogen oxide concentrations were measured by a gas analyser at each step of the treatment. The gas analyser method was validated and the results showed that about 30% of the nitrogen was lost in volatile forms, such as ammonia and nitrous oxide, during collection under the slatted floor and during the treatment processes. However, the majority of this loss was in the pig houses. Measurement of the nitrogen emitted from the three different pig houses showed that by daily removal of the slurry from the piggeries a reduction of 50% in ammonia emissions could be obtained compared to a classical system where slurry is stored under slatted floors.

## INTRODUCTION

Quel que soit le mode de gestion du lisier, son traitement s'accompagne toujours d'émissions gazeuses, principalement d'ammoniac et de protoxyde d'azote. Outre la capacité odorante de l'ammoniac, une volatilisation trop importante engendre une baisse du pouvoir fertilisant et un risque de pollution de l'atmosphère (influence de l'ammoniac sur le phénomène des pluies acides et effet de serre dû au protoxyde d'azote). Cette volatilisation, estimée à 30-35% de l'azote contenu dans le lisier selon HARTUNG, 1990, peut avoir lieu au niveau des bâtiments d'élevage, du stockage et/ou traitement et de l'épandage. Bien que plusieurs auteurs aux Pays-Bas, Danemark (OOSTHOEK et al, 1990, SOMMER et al, 1991) se soient intéressés au sujet, il existe peu de données en France concernant les émissions d'azote dans les bâtiments d'élevage.

Dans le cas d'un procédé de gestion appelé "lisier frais" mettant en œuvre une vidange rapide du mélange fèces-urine, une séparation de phase, une aération de la partie liquide, un compostage de la partie solide, les flux d'azote ont été mesurés dans les différents milieux. Un bilan complet du devenir de cet élément a ainsi pu être réalisé de façon à comparer les résultats obtenus par ce mode de gestion à ceux de la gestion classique par fosses et pré-fosses.

## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1.1. Site expérimental

#### 1.1.1. Bâtiments expérimentaux

L'étude est réalisée à la station expérimentale de Guernévez qui comporte trois porcheries d'engraissement :

- une porcherie sur caillebotis intégral de 88 places, la ventilation est menée en surpression,
- une porcherie sur caillebotis partiel de 60 places, la ventilation se fait par dépression et par extraction haute (Cp n°1),
- une deuxième porcherie sur caillebotis partiel de 54 places, la ventilation se fait par dépression et par extraction basse (Cp n°2),

Afin de créer une zone d'inconfort et circonscrire la zone à déjections sur les caillebotis, un dispositif d'aspersion cyclique de lisier tamisé peut être mis en œuvre dans les porcheries.

#### 1.1.2. Gestion du lisier

Le mélange fèces-urine sortant des trois porcheries est évacué quotidiennement vers une fosse de réception puis est acheminé par une pompe vers un tamis vibrant muni d'une maille de 600  $\mu\text{m}$  (ACEMO).

La phase liquide est ensuite stockée dans une fosse d'une capacité de 50 m<sup>3</sup> (profondeur = 3,15 m). Cette fosse couverte est brassée de façon séquentielle (5 minutes toutes les 6 heures) par une pompe équipée d'un hydro-éjecteur avec débit d'air maximum égal à 130 m<sup>3</sup>.heure (ACEMO).

À l'issue du séjour dans la fosse de brassage (30 jours), le

lisier aéré est transféré dans une fosse de stockage. La matière solide, recueillie à la sortie du tamis vibrant dans un bac sur bascule, est transférée sur une plate forme bétonnée couverte de 10 m x 3 m pour être compostée.

Remarque : il est à noter que du fait de la configuration de la pré-fosse dans la porcherie de type caillebotis intégral, une partie des déjections s'accumule quand même dans les fosses latérales et n'est évacuée qu'une fois par semaine.

### 1.2. Mesures et contrôles des débits.

#### 1.2.1. Mesures des flux liquides et solides

Les quantités de refus de tamis, de liquide tamisé et de lisier accumulé dans les fosses latérales sont mesurées quotidiennement.

Après homogénéisation des effluents liquides et solides, deux échantillons moyens de chaque produit sont prélevés, puis analysés (paramètres : NTK, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, MST, MES, DCO) en respectant les normes AFNOR.

#### 1.2.2. Mesure des flux gazeux

Pour déterminer les flux gazeux de composés azotés, il est nécessaire de connaître d'une part les concentrations en continu de chacun des composés, et d'autre part, les débits d'air extrait des installations.

- Prélèvements et analyses des gaz :

Les prélèvements de sortie des gaz (extraction des 3 bâtiments, de l'unité de tamisage, de la fosse aérée et du compostage) se font au niveau des extractions au milieu de la veine fluide. L'air prélevé passe au travers d'un filtre de 0,45  $\mu\text{m}$  et est acheminé jusqu'à l'analyseur dans un tube en polyamide, inerte aux produits chimiques, revêtu d'un isolant et chauffé afin de maintenir une température supérieure à 25 °C et éviter la condensation.

L'analyseur (Brüel et Kjær, référence 1302) permet de prélever et d'analyser en continu l'ammoniac, le protoxyde d'azote et la vapeur d'eau (un point toutes les 7 minutes).

- Mesures des débits d'air :

La température à l'intérieur des bâtiments étant régulée et asservie aux débits de ventilation, les enregistrements en continu des températures permettent de calculer les débits.

Pour le poste de tamisage, l'unité de compostage et la fosse aérée, les débits de ventilation sont constants et égaux respectivement à 875 (ou 551 pour la première campagne), 1430, 1590 m<sup>3</sup>.h-1.

De ces deux mesures, on obtient les flux d'ammoniac et de protoxyde d'azote dans les effluents gazeux.

### 1.3. Déroulement de l'expérience

Du 18 novembre 1997 au 25 mai 1998 deux bandes de porcs ont été produites et trois campagnes de mesure ont été réalisées. La première a pris fin le 31 décembre 1997 pour la porcherie de type caillebotis partiel n°1, et le 18 janvier

1998 pour les porcheries de type caillebotis intégral et caillebotis partiel n°2. Afin de simplifier l'exploitation des résultats, les flux liquides ont été mesurés sur une courte période de 10 jours, du 25 novembre 1997 au 5 décembre 1997. La fosse aérée contenait initialement 12 m<sup>3</sup> d'eau pour initier le protocole d'arrosage des caillebotis et, de ce fait, le liquide de la fosse aérée est en réalité au cours de cette campagne, un lisier tamisé dilué.

La seconde bande est arrivée le 5 février 1998 et s'est terminée le 25 mai pour les porcheries de type caillebotis intégral et caillebotis partiel n°2, par contre la porcherie munie de caillebotis partiel n°1 était remplie dès le 13 janvier 1989 puis vidée le 5 mai. Deux campagnes d'échantillonnage des phases solide et liquide ont été menées sur 3 jours : campagne n°2 du 17 au 20 mars 1998, campagne n°3 du 21 avril au 24 avril. Seule la porcherie de type caillebotis intégral a conservé le recyclage du liquide de la fosse aérée mis en place lors de la première bande, et ce procédé a été arrêté pendant les campagnes n°2 et n°3. D'autre part, le liquide contenu dans la fosse aérée n'a pas subi de dilution initiale.

## 2. RÉSULTATS

### 2.1. Résultats de la première campagne

Le tableau 1 rassemble les résultats obtenus concernant les émissions gazeuses aux différents points de prélèvements. Les flux d'ammoniac ou de protoxyde d'azote exprimés en mg d'azote par heure et par kg de porc sont calculés en prenant un poids moyen de 60 kg par porc.

Il s'est avéré délicat d'écrire un bilan de la répartition de l'azote car la quantité exacte de lisier produite est inconnue compte tenu de la recirculation de la phase liquide. A ce stade de l'expérimentation, il a donc été nécessaire d'effectuer deux nouvelles campagnes sans recirculation pour obtenir des bilans sur l'azote.

### 2.2. Résultats des deuxième et troisième campagnes

Les résultats relatifs à la partie gazeuse sont reportés dans les tableaux 2 et 3 :

**Tableau 1** - Valeurs moyennes de quelques paramètres de l'air des installations de la 1<sup>ère</sup> campagne

	Caillebotis intégral	Caillebotis partiel n°1	Caillebotis partiel n°2	Tamis	Fosse aérée	Compost
Température, °C	24,8	22,3	22,3	10	10	10
Débit d'air, m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	1414	1773	1709	551 1h/semaine	1590	1432
NH <sup>3</sup> , ppmv	9,1	12,9	11,3	4,5	6,0	7,2
N <sub>2</sub> O, ppmv	1,5	1,2	1,4	0,6	0,3	0,3
Flux NH <sup>3</sup> , mg N.h <sup>-1</sup> .kg porc <sup>-1</sup>	1,36	3,69	3,18	-	0,5	0,5
Flux N <sub>2</sub> O, mg N.h <sup>-1</sup> .kg porc <sup>-1</sup>	0,45	0,67	0,62	-	0,01	0,01

**Tableau 2** - Valeurs moyennes des paramètres de l'air des installations de la 2<sup>ème</sup> campagne

	Caillebotis intégral	Caillebotis partiel n°1	Caillebotis partiel n°2	Tamis	Fosse aérée	Compost
Température, °C	26,9	22,6	23,6	10	10	10
Débit d'air, m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	1398	1861	1775	875 1 h/semaine	1590	1432
Débit d'air, m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> .kg porc <sup>-1</sup>	0,26	0,52	0,59	-	0,13	0,12
NH <sup>3</sup> , (ppmv)	9	13,3	16,5	6,8	6,1	6,9
N <sub>2</sub> O, (ppmv)	2,7	1,5	1,8	0,1	0,4	0,3
Flux NH <sup>3</sup> , mg N.h <sup>-1</sup> .kg porc <sup>-1</sup>	1,52	4,05	5,8	-	0,48	0,30
Flux N <sub>2</sub> O, mg N.h <sup>-1</sup> .kg porc <sup>-1</sup>	0,82	0,91	1,22	-	0,02	0,05

**Tableau 3** - Valeurs moyennes des paramètres de l'air des installations de la 3<sup>ème</sup> campagne

	Caillebotis intégral	Caillebotis partiel n°1	Caillebotis partiel n°2	Tamis	Fosse aérée	Compost
Température, °C	28,3	22,9	24,2	10	10	10
Débit d'air, m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	1809	1965	2013	875 1 h/semaine	1590	1432
Débit d'air, m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> .kg porc <sup>-1</sup>	0,34	0,54	0,62	-	0,13	0,12
NH <sub>3</sub> , ppmv	12,5	14,1	18,5	11,3	10,4	9,6
N <sub>2</sub> O, ppmv	2,3	1,2	1,4	0,5	0,3	0,6
Flux NH <sub>3</sub> , mg N.h <sup>-1</sup> .kg porc <sup>-1</sup>	2,12	4,12	6,26	-	0,83	0,68
Flux N <sub>2</sub> O, mg N.h <sup>-1</sup> .kg porc <sup>-1</sup>	0,78	0,67	0,97	-	0,05	0,08

À la différence de la première campagne, les valeurs de flux liquides sont calculées dans des conditions (c'est-à-dire arrêt de la recirculation) qui permettent de minimiser les approximations.

**Tableau 4** - Azote rejeté (en kg par jour) pour chaque campagne

	2 <sup>ème</sup> campagne	3 <sup>ème</sup> campagne
NTK	3,9	4,7
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2,7	3,3
N organique	1,2	1,5

Après avoir établi les flux liquides et gazeux, les bilans azote pour la deuxième et troisième campagne peuvent être schématisés (figures 1 et 2).

Afin d'établir une comparaison entre les deux campagnes, entre parenthèses figurent les pourcentages calculés sans prendre en compte le lisier des fosses latérales.

### 3. DISCUSSION

#### 3.1. Comparaison avec des porcheries de même type n'utilisant pas le lisier frais

Une comparaison avec des porcheries en caillebotis partiel mais n'utilisant pas la technique du lisier frais peut être réalisée. En effet, OOSTHOEK et al. (1990) ont réalisé une étude concernant les émissions de NH<sub>3</sub> dans les bâtiments d'élevage. Ils ont trouvé que la teneur en ammoniac était de 3 kg de NH<sub>3</sub>.porc<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>, ce qui correspond à 41 g de N.kg porc<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>. Dans notre étude, les teneurs dans les bâtiments en caillebotis partiels sont de 35 g de N.kg porc<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> pour la Cp n°1 et de 51,6 g de N pour la Cp n°2. Les teneurs sont comparables quel que soit le mode de gestion utilisé.

Par contre les teneurs qui concernent les bâtiments en caillebotis intégral sont différentes. En effet, OOSTHOEK et al. (1990) et plus récemment GUINGAND et al (1997) trouvent

une émission d'ammoniac respectivement de 41,2 et 48,3 g de N.kg porc<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> alors que dans notre étude, la gestion du lisier par la technique "lisier frais" ne montre qu'une émission de 15 g de N.kg porc<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> (> 50 % réduction). En 1992, HOEKSMAN et al. ont réalisé une étude qui confirme ce résultat : ils expliquent qu'en évacuant plusieurs fois par jour les fèces et l'urine sous les caillebotis, il est possible d'atteindre un flux de 15 gN.kg porc<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>.

#### 3.2. Comparaison des différents types de bâtiments

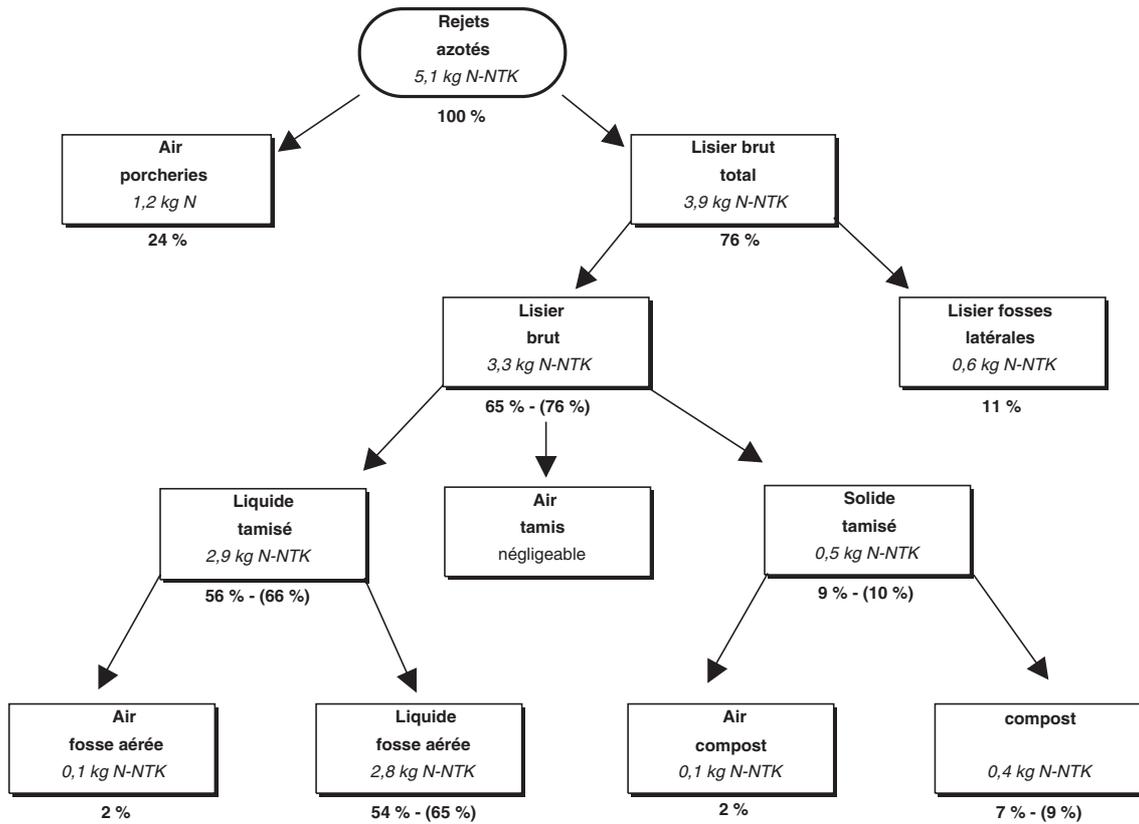
Bien que les concentrations en ammoniac dans chaque porcherie restent en dessous de la VME pour l'homme définie par la Mutualité Sociale Agricole (25 ppm), il est intéressant d'établir une comparaison des différents bâtiments en terme de flux.

Ainsi, nous constatons qu'à chaque campagne, le flux de NH<sub>3</sub>.kg porc<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> est nettement inférieur pour la porcherie de type caillebotis intégral à celui des autres bâtiments. Une telle différence souligne l'influence non seulement des conditions de température et de ventilation, mais aussi de la conception du bâtiment. En effet, la température moyenne dans la porcherie de type caillebotis intégral étant supérieure aux autres bâtiments, le processus physico-chimique de volatilisation de l'ammoniac devrait être favorisé. Or cette porcherie présente le flux le moins élevé. Le faible taux de ventilation par animal n'explique pas à lui seul cette différence car sur ce bâtiment, les concentrations en ammoniac sont aussi inférieures à celles des autres bâtiments (tableaux 2 et 3).

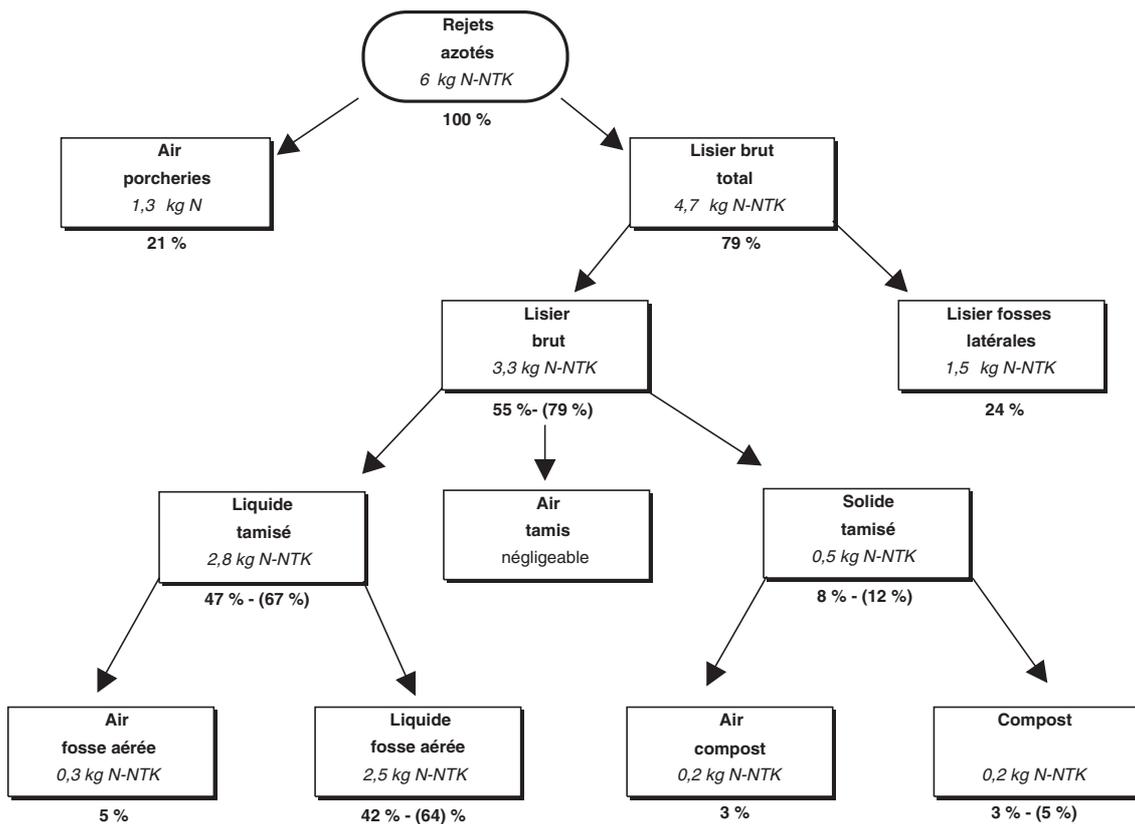
Cependant, de nombreux paramètres doivent intervenir dans ces émissions de flux, en particulier :

- La surface d'émission qui a priori semble être plus importante dans les bâtiments à caillebotis partiel que dans ceux à caillebotis intégral, le sol souillé par les déjections devient un émetteur d'ammoniac.
- Le transfert de masse de l'ammoniac des déjections à l'air. Ce transfert de masse est lié aux coefficients de transferts qui eux même dépendent de la turbulence au dessus des

**Figure 1** - Bilan azote de la deuxième campagne (17 -20 mars 1998)



**Figure 2** - Bilan azote de la troisième campagne (20-23 avril 1998)



fosses de stockage. Du fait du mouvement des animaux sur les ateliers en caillebotis partiel, la turbulence est forte au dessus des aires bétonnées souillées. En revanche, dans le cas du stockage sous caillebotis intégral, les caillebotis étant moins émetteurs d'ammoniac et l'air ne ventilant pas le dessus de la fosse, il y a beaucoup de diffusion et peu de convection.

La conception même du bâtiment et la gestion des déjections jouent donc un rôle important dans la maîtrise des flux d'ammoniac.

Contrairement aux observations précédentes sur l'ammoniac, les flux en  $N_2O$  (gaz indicateur de la réaction de nitrification-dénitrification), sont relativement constants dans les trois bâtiments sur la période étudiée. Nous pouvons néanmoins constater que la part du protoxyde d'azote dans les effluents gazeux est nettement plus importante dans le bâtiment muni de caillebotis intégral (26 % contre 15 % dans les bâtiments en caillebotis partiel).

### 3.3. La répartition de l'azote

L'examen des bilans de chaque campagne permet d'établir que la répartition entre l'air des porcheries et le lisier brut total est équivalente pour les deux dernières campagnes. Cependant, la quantité totale rejetée est plus importante pour la troisième campagne, ce qui est probablement dû à l'âge des porcs.

Les flux d'ammoniac et de protoxyde d'azote émis lors de la gestion du lisier représentent 28% et 29% pour la deuxième et la troisième campagne respectivement. C'est au niveau des porcheries que la volatilisation de ces composés azotés vers l'atmosphère est la plus importante : elle représente environ 80 % de la perte totale, et l'ammoniac est le gaz majoritaire-

ment volatilisé (environ 81 % des émissions gazeuses). Par contre les teneurs en ammoniac volatilisé au niveau du tamis sont faibles. La séparation de phase par tamisage n'affecte pas le pouvoir fertilisant du lisier. A la suite de cette étape, 15 % de l'azote se trouve dans la partie solide qui, rappelons le, contient la majorité du phosphore. Ce résultat pourrait être amélioré par l'utilisation d'un tamis à maille plus fine (100 à 200  $\mu m$  contre les 600  $\mu m$  utilisés).

Enfin, nous notons une très faible volatilisation d'ammoniac lors de l'étape d'aération de la phase liquide. La fosse recueillant le liquide tamisé dans cette étude est peu aérée et il est logique que les émissions soient faibles à ce niveau. Elles seraient plus importantes avec un débit d'aération plus fort et/ou des cycles d'aération plus rapprochés.

## CONCLUSION

Le but de cette étude était de réaliser un bilan du devenir de l'azote des déjections porcines. Après validation de la méthode d'analyse les valeurs de flux obtenues montrent que la gestion du lisier selon la méthodologie "lisier frais" permet de diminuer d'au moins 50 % les émissions en ammoniac dans les bâtiments d'engraissement par rapport à un stockage classique sous caillebotis. L'examen des bilans sur l'azote réalisés au cours de deux campagnes permet d'établir d'une part que les flux d'ammoniac et de protoxyde d'azote rejetés dans l'atmosphère restent constants par rapport à l'azote total des déjections et que cette volatilisation a lieu majoritairement au niveau des bâtiments.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions la Région Bretagne pour son aide financière.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- GUINGAND N., LAPLANCHE A., LECOMTE I., LEMASLE M., MORVAN J., 1997. "Flux odorants issus d'ateliers porcins". Deuxième colloque international de recherche sur les sous produits de traitement et d'épuration des fluides. Nuisances agricoles : constats et solutions. Tome 1, session 4 : "Déjections animales". Rennes.
- HARTUNG J., 1990. In : Odour and ammonia emission in livestock farming. Nielson V.C., Voorburg J.H. et L'Hermitte P. (eds.). Elsevier Applied Science, London, 22-30.
- HOEKSMAS P., VERDOES N., OOSTHOEK J., VOERMANS J.A.M., 1992. Livestock Production Sciences, 31, 121-132.
- OOSTHOEK J., KROODSMA W., HOEKSMAS P., 1990. In : Odour and ammonia emission in Livestock farming. Nielsen V.C., Voorburg J.H. et L'Hermitte P.(eds). Elsevier Applied Science, London, 59-66.
- SOMMER S.G., OLESEN J.E., CHRISTENSEN B.T., 1991. In : The N, P and organic matter research program 1985-1990, Ministry of the Environment, Denmark, 221-229.