

Incidence d'une couverture photocatalytique au stockage de lisier porcin sur les émissions gazeuses (NH_3 , N_2O , CH_4 , CO_2)

Sandrine ESPAGNOL (1), Melynda HASSOUNA (2), Paul ROBIN (3), Pascal LEVASSEUR (1), Cédric VALLET (4)

(1) Institut Technique du Porc, 35650 Le Rheu

(2) INRA UMR SAS-SENAH, 35000 Rennes

(3) INRA UMR SAS, 35000 Rennes

(4) AHLSTROM, 38780 Pont-Evêque

sandrine.espagnol@itp.asso.fr

Avec la collaboration de Delphine Loiseau et Frédéric Guyomard et du personnel de la station expérimentale nationale porcine de l'ITP (35850 Romillé)

Incidence d'une couverture photocatalytique au stockage de lisier porcin sur les émissions gazeuses (NH_3 , N_2O , CH_4 , CO_2)

Le lisier issu de l'engraissement sur caillebotis de 54 porcs a été réparti dans deux cuves expérimentales de 13,2 m³, stockées à l'extérieur pour une durée de trois mois durant l'automne 2004. Une des cuves a été recouverte d'une couverture pilote photocatalytique. Les émissions gazeuses (NH_3 , N_2O , CH_4 , CO_2) des deux cuves ont été mesurées en continu sur quatre périodes (57 jours au total). La méthode dite par traçage, utilisant le SF_6 , a été employée pour mesurer les débits de la cuve couverte, et une chambre flottante de volatilisation a été utilisée pour la cuve non couverte. Les concentrations gazeuses ont été mesurées par spectrométrie d'absorption infrarouge photoacoustique au moyen d'un analyseur de gaz couplé à un échantillonneur doseur. Les émissions ont été calculées en croisant les débits avec les différentiels de concentrations et interpolées entre les périodes de mesures. Les résultats montrent une efficacité de la couverture qui permet de dégrader respectivement de 59 % et 71 % des émissions d'ammoniac et de méthane du lisier. En comparaison avec la cuve découverte, les émissions d'ammoniac sont réduites de 70 %. En revanche, les émissions de méthane sont plus importantes, ce qui conduit à penser que la couverture a favorisé les émissions de ce gaz toutefois dégradé en majorité.

Impact of a photocatalytic cover during the storage period of pig slurry on gaseous emissions (NH_3 , N_2O , CH_4 , CO_2)

The slurry issued from the fattening of 54 pigs on slatted floors divided between two experimental vats of 13.2 m³ and stored outside for a period of three months, during autumn 2004. One of the vats was overlaid with a pilot photocatalytic cover. Gaseous emissions (NH_3 , N_2O , CH_4 , CO_2) of these two vats were continuously measured over four periods (57 days all told). The tracer method, using SF_6 , was used to measure the flows of the covered vat and a floating volatilisation chamber was employed on the open vat. Gaseous concentrations were measured by photoacoustic infrared absorption spectrometry with a gas analyser coupled to a sampler dosimeter. Emissions were reckoned by crossing flows with differential concentrations and interpolated between the different measuring periods. Results show an efficiency of the covering with an oxidation of 59 and 71 % of the emissions of ammonia and methane from the slurry in the covered vat respectively. In comparison with the open vat, NH_3 emissions was reduced by 70 %. However, methane emissions are more important, which can bring in mind that the covering has favoured emissions of this gas, but that it was finally degraded for the main part.

INTRODUCTION

Les émissions gazeuses des élevages et leur incidence sur la qualité de l'air sont devenues un sujet d'actualité. Les gaz concernés sont l'ammoniac (NH_3) entraînant l'acidification des sols et l'eutrophisation des écosystèmes terrestres et aquatiques (Houdijk, 1993), le protoxyde d'azote (N_2O) et le méthane (CH_4) qui ont une incidence sur l'effet de serre (Béline et Martinez, 2002). Les éleveurs sont au fait de ces préoccupations car certains d'entre eux déclarent annuellement les émissions d'ammoniac de leur exploitation (arrêté du 24 décembre 2002).

Un élevage porcin émet des gaz sur l'ensemble de la filière : du bâtiment à l'épandage. A ce titre, des solutions de réduction sont recherchées sur chacun des postes, et notamment au stockage, maillon intermédiaire dont les émissions dépendent des pratiques d'élevage en bâtiment, et dont les conditions interviennent sur les émissions à l'épandage (Portejoie, 2002).

En lien avec la Directive européenne 96/61 (septembre 1996) relative à la prévention et à la réduction intégrée de la pollution (IPPC), des techniques de réduction des émissions gazeuses (Meilleures Techniques Disponibles, MTD) ont été reconnues (European Commission, 2003). Au stockage des lisiers, la principale est la couverture de fosse dont l'efficacité a été estimée à 70-90 % de réduction des émissions de NH_3 (De Bode, 1990 ; Hartung et Phillips, 1994). Cependant, son utilisation ne permet pas un abattement d'azote, qui peut être recherché dans des régions d'élevage intensif. De plus, les émissions à l'épandage pourront être augmentées.

En cela, la photocatalyse est une technique intéressante de traitement de l'air qui pourrait permettre un abattement d'azote sans émission gazeuse azotée polluante (Vallet et al., 2003). Il s'agit d'un procédé d'oxydation des polluants organiques et minéraux mettant en jeu un catalyseur à base de dioxyde de titane (TiO_2), activé par un rayonnement UV. Le procédé a montré des résultats prometteurs par sa capacité à dégrader des polluants gazeux présents en faible concentration, et il semble adapté à la dépollution et la désodorisation des effluents gazeux en élevage porcin (Peral et al., 1997 ; Carp et al., 2004).

L'objectif de notre étude est de mesurer l'incidence d'une couverture photocatalytique au stockage du lisier sur les émissions gazeuses.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

1.1. Dispositif expérimental

Le lisier issu de l'engraissement de 54 porcs sur caillebotis intégral est homogénéisé, pesé, échantillonné et analysé sur les

paramètres suivants : matière sèche, pH, carbone total, azote total, azote ammoniacal, phosphore, potassium, cuivre, zinc.

La composition du lisier (Tableau 1) correspond à des valeurs légèrement inférieures à la moyenne des lisiers d'engraissement recensés par Levasseur (à paraître). L'azote ammoniacal, dont la quantité est directement proportionnelle à la quantité volatilisée, d'après Aneja et al. (2001), représente 74 % de l'azote total.

Le lisier est ensuite réparti (deux fois 12 m^3) dans deux cuves expérimentales stockées à l'extérieur pour une durée de trois mois de début octobre à fin décembre 2004. Les cuves en polyéthylène haute densité sont cylindriques et d'une capacité de $13,2 \text{ m}^3$ (2,9 m de diamètre et 2 m de hauteur). L'une des cuves est recouverte d'un dispositif pilote de couverture photocatalytique fourni par la société Ahlstrom, la seconde est laissée découverte (cuve témoin) (Figure 1). La couverture est un support poreux constitué de fibres synthétiques et naturelles maintenant du charbon actif en grain qui piège la plupart des composés gazeux qui le traversent. Il est recouvert sur la face supérieure de dioxyde de titane (TiO_2) qui va oxyder les composés stockés lorsqu'il est activé par les UV du rayonnement solaire. La couverture est installée en surface de la cuve à 30 cm de la surface du lisier. Pour le besoin des mesures d'émissions gazeuses, le renouvellement d'air au-dessus de la couverture est limité grâce à l'utilisation d'un filet brise-vent placé 50 cm au-dessus. Les parois de la cuve sont prolongées jusqu'au filet brise-vent avec des panneaux en plexiglas.

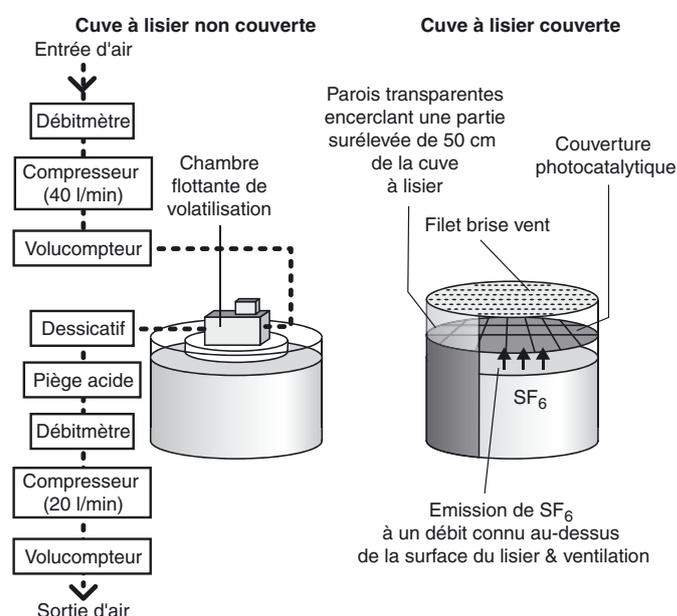


Figure 1 - Dispositif expérimental

Tableau 1 - Composition du lisier initial et des lisiers couverts et non couverts après trois mois de stockage

	Densité L/kg	MS (%)	pH	Sur le brut					Sur le sec	
				C tot g/kg	NTK g/kg	NH_4^+ g/kg	P_2O_5 g/kg	K_2O g/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg
Lisier initial	1,05	5,97	7,45	22,50	4,47	3,31	2,44	4,67	187	1032
Lisier non couvert	1,03	5,74	7,55	21,60	3,67	2,88	1,43	3,70	157	955
Lisier couvert	1,01	4,58	7,75	16,40	3,53	2,89	1,13	3,69	166	1009

La couverture photocatalytique est maintenue pendant toute la durée du stockage. La cuve témoin est recouverte d'une chambre flottante sur 1/5^{ème} de sa surface pendant les périodes de mesure des émissions gazeuses.

1.2. Mesures des émissions gazeuses

Les mesures des émissions gazeuses sont réalisées en continu au cours de quatre périodes (57 jours au total) réparties sur 84 jours de stockage.

Pour la cuve couverte, la méthode dite par « traçage » est utilisée. Elle s'appuie sur l'emploi d'un gaz traceur inerte, l'hexafluorure de soufre (SF₆), méthode confirmée pour la quantification des émissions gazeuses (Phillips et al., 2000). Les débits d'air de part et d'autre de la couverture photocatalytique et du brise-vent, sont calculés en connaissant d'une part les concentrations en gaz traceur sous la couche photocatalytique, entre la couche et le brise-vent et à l'extérieur, et d'autre part le débit de gaz traceur injecté sous la couche au-dessus de la surface du lisier. Nous faisons l'hypothèse que le SF₆ n'est ni piégé, ni dégradé par la couche, car c'est un gaz inerte peu sensible aux phénomènes d'oxydation radicalaire (gaz à effet de serre).

Pour la cuve découverte, une chambre flottante de volatilisation en PVC (Peu, 1999) est utilisée pour maîtriser l'air. Cette dernière, d'un volume de 0,036 m³, est constituée d'un socle en polystyrène circulaire de 1,3 m de diamètre, et posée en surface du lisier. Elle recouvre 0,12 m² de surface de lisier au-dessus de laquelle une circulation d'air est créée à l'aide de deux pompes à membranes placées en entrée de chambre (débit de 40 L/min) et en sortie (débit de 20 L/min) connectées à des compteurs de débit (du dessicatif et des pièges acides ont protégé les pompes à membranes).

Les concentrations gazeuses sont mesurées par spectrométrie d'absorption infrarouge photoacoustique au moyen d'un analyseur de gaz (INNOVA 1312) couplé à un échantillonneur doseur 6 voies (INNOVA 1303) permettant le dosage du gaz traceur et l'échantillonnage de l'air à six endroits différents. Les échantillons d'air sont prélevés successivement et automatiquement toutes les 1min30s pendant 15 minutes (durée nécessaire à la stabilisation des concentrations mesurées) sous la couche photocatalytique, entre la couverture et le brise-vent, en sortie de chambre flottante et à l'extérieur. Les tubes d'échantillonnage d'une longueur de 25 m en téflon (entre le lieu de prélèvement et l'analyseur) sont réchauffés et isolés sur toute leur longueur afin d'éviter la condensation. Un ventilateur d'un débit de 100 m³/h est utilisé sous la couche photocatalytique pour homogénéiser la diffusion du SF₆ en surface du lisier et mesurer avec plus de précision le gradient de concentration de part et d'autre de la couverture. Les gaz analysés sont le NH₃, le N₂O, le CO₂, le CH₄, le SF₆ et la vapeur d'eau.

Durant le stockage, les conditions climatiques sont mesurées à l'aide d'une station météorologique Campbell : la température et l'hygrométrie de l'air extérieur, la vitesse et la direction du vent et la hauteur des précipitations. Les températures et humidités de l'air sont mesurées en continu au moyen d'un

capteur-enregistreur TESTO 177-H1 placé dans la chambre flottante de la cuve témoin. Nous avons considéré les valeurs obtenues comme représentatives de l'air en-dessous de la couverture photocatalytique. Les mesures de température et d'humidité de l'air servent à calculer la masse volumique de l'air utilisée dans le calcul des gradients de concentration en gaz.

Pour la cuve couverte, les concentrations mesurées en SF₆ et les données climatiques permettent de calculer les débits moyens horaires de part et d'autre de la couche photocatalytique et du filet brise-vent. Pour la cuve témoin, les débits de la chambre sont connus. Les débits appliqués aux différentiels de concentrations gazeuses permettent de calculer les émissions gazeuses moyennes horaires.

Les mesures des émissions de la chambre flottante, correspondant aux 0,12 m² recouverts, sont extrapolées à la surface de la cuve (6,6 m²). Entre les périodes de mesures, les émissions sont interpolées linéairement.

1.3. Mesures de températures des lisiers

Pendant le stockage du lisier, des mesures de température sont réalisées en continu avec deux sondes thermométriques reliées à une centrale de mesure (GRANT de type écurieul 1206) et positionnées à environ 30 cm sous la surface.

2. RÉSULTATS

2.1. Températures externes et internes aux lisiers et vitesse du vent

Les températures extérieures sont comprises entre -3°C à +20°C de début octobre à fin décembre 2004 (entre 2,5 et 18,5°C pendant les périodes de mesure). Les températures dans la chambre flottante suivent strictement les températures extérieures, ce qui d'après notre hypothèse, est également le cas sous la couverture photocatalytique. Les températures au-dessus du lisier ne sont pas modifiées avec la mise en place des dispositifs.

La température du lisier à 30 cm de profondeur varie entre 4 et 18°C en suivant la température extérieure avec 2-3 °C supplémentaires. L'amplitude des températures du lisier est plus faible et l'inertie plus importante par rapport aux variations des températures extérieures.

Les vitesses de vent varient entre 0 et 4 m/s avec quelques pics ponctuels à 6 et 10 m/s. Nous considérons que les vitesses de vent mesurées par la station météorologique sont celles appliquées à la surface du lisier non couvert, située à 1,7 m de hauteur et à 30 cm du bord de la cuve en début de stockage, et à moins de 5 cm du bord de la cuve en fin de stockage.

2.2. Emissions gazeuses

La figure 2 présente les émissions gazeuses cumulées des deux cuves à lisier au cours des trois mois de stockage. Les émissions de la cuve photocatalytique sont mesurées en utilisant les concentrations gazeuses de part et d'autre du brise-vent.

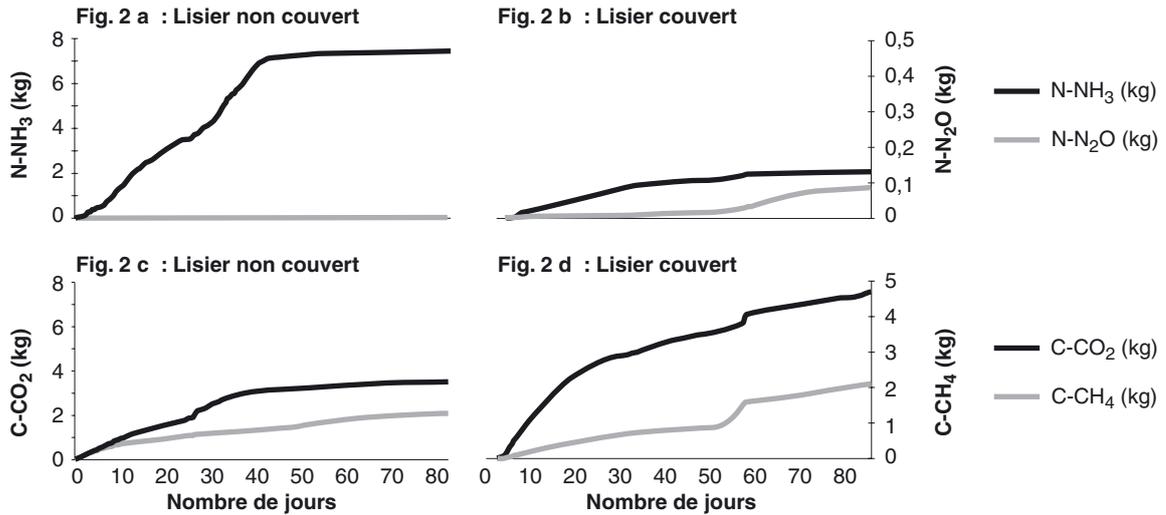


Figure 2 - Emissions cumulées en NH_3 , N_2O , CH_4 et CO_2 pour 84 jours de stockage du lisier couvert et du lisier témoin

Les émissions azotées se font principalement sous forme de NH_3 (96 %) et surtout au cours des deux premiers mois de stockage où 95 % des émissions ont eu lieu. Les émissions carbonées se font principalement sous forme de CO_2 (88 %) de manière continue pendant le stockage du lisier couvert. Elles ralentissent après un mois mais se poursuivent jusqu'à trois mois et n'indiquent pas de plateau.

En fin de stockage, la cuve avec la couverture photocatalytique a émis 2,1 kg de N-NH_3 et 0,09 kg de $\text{N-N}_2\text{O}$ (soit respectivement 3,8 % et 0,2 % de l'azote initial), 15 kg de C-CO_2 et 2,1 kg de C-CH_4 (soit respectivement 5,4 % et 0,8 % du carbone initial).

Par ailleurs, en partant du principe que la couverture photocatalytique agit sur une partie des émissions de NH_3 et de CH_4 du lisier par piégeage et dégradation, les réactions peuvent être décrites par les équations suivantes :

$$Q_e = (Q_{e_1} - Q_{pc_1}) - (Q_{e_2} - Q_{pc_2}) \quad (1)$$

$$(Q_{e_1} - Q_{e_2}) - Q_e = (Q_{pc_1} - Q_{pc_2}) \quad (2)$$

Avec Q_e : quantités gazeuses émises par la cuve
 Q_{e_1} : quantités gazeuses émises par le lisier traversant la couverture
 Q_{pc_1} : quantités gazeuses émises par le lisier piégées et catalysées par la couverture
 Q_{e_2} : quantités gazeuses au-dessus de la couverture passant au dessous
 Q_{pc_2} : quantités gazeuses traversant la couverture de haut en bas y étant piégées et catalysées

A un instant t , les quantités de NH_3 piégées par la couverture photocatalytique peuvent être exprimées par une différence d'émissions :

$$q_{pc_1} - q_{pc_2} = [(C_1 - C_2) \times D_{12}] - [(C_2 - C_3) \times D_{23}] \quad (3)$$

Avec q_{pc_1} et q_{pc_2} : quantités gazeuses piégées par heure (kg/h)
 C_1, C_2, C_3 : concentrations gazeuses respectivement sous la couverture, entre la couverture et le filet brise-vent et à l'extérieur (kg/m³)
 D_{12}, D_{23} : débits respectifs au niveau de la couverture et au niveau du filet brise-vent (m³/h)

Les quantités de NH_3 et de CH_4 piégées par les flux d'air descendant à travers la couverture (Q_{pc_2}) sont considérées

comme nettement plus faibles que celles piégées par les flux ascendants (Q_{pc_1}) ; ceci en raison du différentiel de concentrations important constaté (concentrations près de 70 % et 85 % plus faibles au-dessus en début de stockage, respectivement pour le NH_3 et le CH_4). La différence des deux quantités piégées ($Q_{pc_1} - Q_{pc_2}$) est donc estimée très proche des quantités totales piégées.

Les émissions cumulées en NH_3 et en CH_4 de la cuve ($(C_2 - C_3) \times D_{23}$) sont connues (2,1 kg N-NH_3 et 2,1 kg C-CH_4). Les émissions théoriques de la couverture ($(C_1 - C_2) \times D_{12}$) représentent 5,1 kg N-NH_3 et 7,2 kg C-CH_4 . Les quantités piégées sont donc proches de 3 kg N-NH_3 et 5,1 kg C-CH_4 .

Pour la cuve témoin, les émissions mesurées avec la chambre flottante sont obtenues avec une vitesse d'air au-dessus de la surface de lisier recouverte proche de 0,1 m/s. Les émissions de NH_3 augmentant linéairement avec la vitesse du vent jusqu'à un plafond à 4 m/s (Sommer et al, 1993), nous avons utilisé la vitesse du vent mesurée en continu par la station météorologique pour ajuster les émissions mesurées en NH_3 dans la chambre, et ainsi approcher les émissions réelles de la cuve.

Les émissions azotées, essentiellement sous forme de NH_3 , et les émissions carbonées, essentiellement sous forme de CO_2 , se font surtout au cours des 50 premiers jours de stockage (plus de 95 % des émissions de NH_3 et plus de 90 % des émissions de CO_2).

Après 84 jours, la cuve non couverte a émis 7,4 kg de N-NH_3 et 0,002 kg de $\text{N-N}_2\text{O}$ (soit 13 % de l'azote initialement présent), 7 kg de C-CO_2 et 1,3 kg de C-CH_4 (soit respectivement 2,5 % et 0,5 % du carbone initialement présent).

La validité des mesures des émissions gazeuses est contrôlée en vérifiant le bouclage du bilan d'eau entre les émissions de vapeur d'eau mesurées et les pertes constatées avec l'analyse des effluents. L'eau de pluie tombée pendant la durée du stockage (164 mm) est rajoutée à l'eau présente initialement dans les lisiers. Le défaut de bilan de la cuve couverte est de -15 %.

La pesée, l'échantillonnage et les analyses physico-chimiques des lisiers sont également des sources d'erreurs. Un contrôle est réalisé sur les bilans des éléments non volatils (phosphore

Tableau 2 - Bilan de masses des lisiers entre le début et la fin du stockage de trois mois

	Masse (kg)	Volume (m ³)	MS (kg)	Eau (kg)	C tot (kg)	NTK (kg)	P ₂ O ₅ (kg)	K ₂ O (kg)	Cu (g)	Zn (g)
Lisier initial découvert	12533	12	748	11785	282	56	31	58	139	772
Lisier initial couvert	12464	11,9	743	11721	280	56	30	58	139	767
<i>Pluie au cours des 3 mois</i>				1085						
Lisier final découvert	12664	12,3	727	11937	274	46	18	47	114	694
Lisier final couvert	12740	12,6	583	12157	209	45	14	47	97	588
Pertes lisier non couvert	-131	0	21	933	8	10	13	11	25	78
Pertes lisier couvert	-276	-1	160	649	71	11	16	11	42	179
% pertes lisier non couvert	-1%	-3%	3%	7%	3%	18%	42%	19%	18%	10%
% pertes lisier couvert	-2%	-6%	22%	5%	25%	20%	53%	19%	30%	23%

et potassium) (Tableau 2). Entre le début et la fin du stockage, les quantités de phosphore varient de -53 % et -41 %, respectivement pour le lisier couvert et le lisier découvert, et de -19 % et -20 % pour le potassium. Les importantes variations du phosphore s'expliquent par le fait que, malgré un brassage important des lisiers en fin de stockage avant le prélèvement d'échantillons, une couche sédimentaire est restée en fond de cuve dans les deux dispositifs. Ces sédiments concentrent de façon très importante le phosphore. L'erreur d'analyse de l'azote est donc plus proche de celle du potassium qui est estimée correcte pour valider la représentativité des échantillons de lisier.

Les bilans azotés et carbonés des deux cuves à lisier (figure 3) montrent des défauts de bilans azotés de 4 et 10 % et des défauts de bilans carbonés de 0,1 et 19 %, respectivement pour la cuve couverte et la cuve non couverte. Ces derniers sont attribués aux erreurs de mesures et à des émissions de N₂ en lien avec la dégradation des composés azotés gazeux.

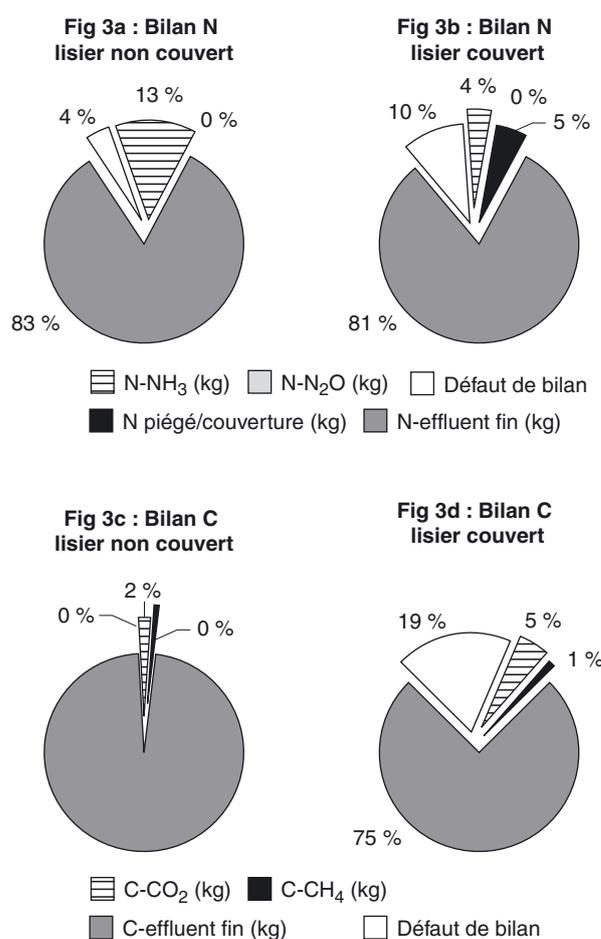
3. DISCUSSION

Les émissions de NH₃ mesurées (Tableau 3) sur la cuve témoin sont élevées par rapport aux références du Corpen (2003), de 5 à 15 % de l'azote présent initialement dans le lisier. La faible quantité de lisier stockée et le fait que la surface du lisier soit soumise à une circulation d'air importante peuvent expliquer ces émissions. Toutefois, notre expérimentation n'a pas pour vocation de préciser les facteurs d'émission de NH₃ au stockage des lisiers de porcs. Les émissions mesurées pour les deux cuves sont utilisées à titre de comparaison. Elles sont estimées représentatives des conditions de stockage opérées et de la méthode de mesure utilisée.

Tableau 3 - Emissions gazeuses des lisiers mesurées pendant 84 jours de stockage

Pertes gazeuses mesurées	Lisier couvert		Lisier non couvert	
	Quantité / t brut	% / initial	Quantité / t brut	% / initial
Ammoniac (N-NH ₃)	176 g	3,8 % N	621 g	13 % N
Protoxyde d'azote (N-N ₂ O)	6,92 g	0,16 % N	0,16 g	<0,01 % N
Méthane (C-CH ₄)	177 g	0,82 % C	109 g	0,5 % C
Dioxyde de carbone (C-CO ₂)	1260 g	5,4 % C	585 g	2,5 % C
Vapeur d'eau (H ₂ O)	46 kg	4,3 % H ₂ O	-*	-*

* Quantités de vapeurs d'eau émises mesurées pour une surface de 0,12 m² de la chambre non ramenées à la cuve car jugées non représentatives

**Figure 3** - Bilans azotés et carbonés des lisiers pour 84 jours de stockage

Pour autant, la part des émissions carbonées mesurées de 3 % pour le lisier non couvert correspond à celle trouvée par Martinez et al. (1999) : entre 3 et 20 % du carbone présent initialement dans le lisier. Les faibles émissions peuvent s'expliquer par la teneur en matières sèches du lisier initial et les températures automnales du stockage qui limitent les émissions de CH_4 (Martinez et al., 1999).

Les résultats obtenus permettent de mesurer l'efficacité de la couverture photocatalytique sur les émissions de NH_3 et de CH_4 . La cuve a émis 2,1 kg N- NH_3 et 2,1 kg C- CH_4 et la couverture a piégé (et potentiellement dégradé) 2,9 kg N- NH_3 et 5,1 kg C- CH_4 . Avec une couverture inefficace, la quantité de NH_3 émise par cette cuve aurait dû être au minimum de 5,1 kg N- NH_3 et les émissions de CH_4 de 7,2 kg C- CH_4 . Le pouvoir absorbant et oxydant de la couverture a donc permis d'abattre les émissions de 59 % et 71 %, respectivement pour le NH_3 et le CH_4 .

Au-delà de l'efficacité catalytique de la couverture sur ces deux gaz, il est intéressant de comparer le comportement des émissions de NH_3 , fortement liées au renouvellement d'air, d'un lisier stocké avec une couverture photocatalytique et d'un lisier non couvert. En effet, la couche crée un confinement et limite les échanges entre la surface du lisier et l'atmosphère. Les débits mesurés de part et d'autre de la couverture et de part et d'autre du brise-vent en témoignent : respectivement de 200 m^3/h et 2000 m^3/h . L'hypothèse d'une diminution des émissions liée uniquement au confinement est confirmée en comparant les émissions théoriques (5,1 kg N- NH_3) de la cuve couverte et les émissions cumulées de la cuve témoin mesurée de 7,44 kg N- NH_3 .

Un résultat plus surprenant est que malgré l'efficacité de la couverture photocatalytique mesurée sur le CH_4 , les émissions de ce gaz par la cuve couverte restent supérieures à celles de la cuve témoin. Une explication possible est que la couche, en limitant les renouvellements d'air en surface du lisier, induit un stockage plus anaérobie qui favorise les émissions de CH_4 . Il sera nécessaire de vérifier ce point, notamment avec des conditions d'émission en CH_4 plus favorables (en été avec des températures plus élevées) pour le

lisier non couvert. Toutefois, si l'utilisation d'une couverture photocatalytique favorise les émissions de CH_4 , c'est vraisemblablement également le cas pour les couvertures classiques utilisées en élevages porcins. La couverture photocatalytique présenterait l'avantage de dégrader 71 % des émissions de CH_4 produites par les conditions de confinement.

Les émissions de CO_2 sont plus importantes pour la cuve couverte que pour la cuve non couverte. Ce constat n'est pas surprenant et s'explique par le fait que le CO_2 est un co-produit de la catalyse des composés carbonés, notamment du CH_4 . Les émissions plus importantes témoignent de l'activité de la couverture.

CONCLUSION

Les résultats permettent de distinguer deux effets de la couverture photocatalytique sur les émissions de NH_3 au stockage : (1) une diminution d'environ 30 % des émissions d'un lisier stocké avec une couverture photocatalytique par rapport à un lisier non couvert, en raison de la limitation des échanges entre la surface du lisier et l'atmosphère, (2) une diminution supplémentaire de 40 % en lien avec le pouvoir spécifique de rétention et d'oxydation de la couverture photocatalytique. Au final, la couverture photocatalytique a permis de réduire les émissions de NH_3 de 70 % pendant les trois mois de stockage de lisier de porcs en engraissement.

La cuve avec la couverture a émis plus de CH_4 que la cuve non couverte, malgré une dégradation de 71 % des émissions générées par le lisier couvert. L'efficacité devra se mesurer davantage en comparaison avec d'autres systèmes de couverture.

L'utilisation d'une telle couverture semble intéressante car elle permet un abattement d'azote au stockage avec une réduction des émissions de NH_3 . Par ailleurs, son pouvoir d'oxydation peut être attendu sur d'autres composés responsables des odeurs.

Cette étude a bénéficié du soutien financier de l'ADAR.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aneja V.P., Bunton B., Walker J.T., Malik B.P., 2001. Measurement and analysis of atmospheric ammonia emissions from anaerobic lagoons. *Atmospheric Environment*, 35, 1949-1958.
- Béline F., Martinez J., 2002. Nitrogen transformations during biological aerobic treatment of pig slurry : effect of intermittent aeration on nitrous oxide emissions. *Bioresource Technology*, 83, 225-228.
- Carp O., Huisman C.L., Reller A., 2004. Photoinduced reactivity of titanium dioxide. *Progress in Solid State Chemistry*, 32(1-2), 33-177.
- 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 animales. Juin 2003. 41p.
- De Bode M.J.C., 1990. Odour and ammonia emissions from manure storage. "Ammonia and odours emissions from livestock production". Elsevier Applied Science, 59-66.
- European Commission, 2003. Integrated pollution prevention and control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques for Intensive Rearing of Poultry and Pigs. 341p.
- Houdijk A.L.F.M., Smolders A.J.P., Roelofs J.G.M., 1993. The effects of atmospheric nitrogen deposition on the soil chemistry of coniferous forests in the Netherlands. *Environmental Pollution*, 80, 73-78.
- Hartung J., Phillips V. R., 1994. Control of Gaseous Emissions from Livestock Buildings and Manure Stores. *J. Agric. Engng Res.*, 57, 173-189.
- Levasseur P., 2005. Composition des effluents porcins et de leurs co-produits de traitement – Quantités produites. 36 p. Edition ITP à paraître
- Martinez J., Béline F., Peu P., Guiziou F., 1999. Emissions de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O) au cours du stockage, du traitement et de l'épandage de déjections animales. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 85, 87-101.
- Peral J., Domenech X., Ollis D.F., 1997. Heterogeneous photocatalysis for purification, decontamination and deodorization of air. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 70, 117-140.
- Peu P., Béline F., Martinez J., 1999. A Floating chamber for estimating nitrous oxide emissions from farm scale treatment units for livestock wastes. *J. Agric. Engng Res.*, 73, 101-104.
- Phillips V.R., Scholtens R., Lee D.S., Garland J.A., Sneath R.W., 2000. *J. Agric. Engng. Res.* 77 (4), 355-6-364.
- Portejoie S., 2002. Volatilisation ammoniacale lors du stockage de lisiers de porc : impact des apports protéiques, de l'utilisation de couvertures de fosse et d'additifs. Thèse, 137p.
- Sommer S.G., Christensen B.T., Nielsen N.E., Schjorring J.K., 1993. Ammonia volatilization during storage of cattle and pig slurry : effect of surface cover. *Journal of agricultural Science*, 121, 63-71.
- Vallet C., Bouzaza A., Laplanche A., Dussaud J., 2003. Dégradation photocatalytique de quelques composés odorants dans un réacteur continu. *Récents progrès en génie des procédés*, 90, 691-698.