

Impact d'une couverture de tourbe sur les émissions d'ammoniac au cours du stockage et de l'épandage de lisier de porc : essais comparatifs sur fosses de 500 m³

Laurence LOYON, Fabrice GUIZIOU, Sylvie PICARD, Patricia SAINT-CAST

*CEMAGREF, Unité de recherche Gestion environnementale et traitement biologique des déchets
17, avenue de Cucillé, CS 64427, 35044 Rennes Cedex*

laurence.loyon@cemagref.fr

Impact d'une couverture de tourbe sur les émissions d'ammoniac au cours du stockage et de l'épandage de lisier de porc : Essais comparatifs sur fosses de 500 m³

La couverture des fosses à lisier est une des techniques permettant la réduction des émissions de NH₃. Des recherches récentes en laboratoire ont montré que les couvertures peuvent également réduire les émissions d'ammoniac après épandage du lisier couvert. Sur la base de ces recherches, l'efficacité d'une couverture flottante de tourbe à réduire les émissions de NH₃ au stockage du lisier de porc a été évaluée (i) en fosse grandeur réelle et (ii) lors d'un épandage expérimental. L'impact de la tourbe sur la production des gaz à effet de serre (CH₄, CO₂ et N₂O) au cours du stockage a également été déterminé. Les résultats indiquent une réduction d'environ 25 % des émissions d'ammoniac au stockage par rapport au lisier non couvert, une augmentation de 30 % des émissions de CH₄ et de CO₂ au stockage et une réduction de 8 % des émissions de NH₃ après épandage du lisier. Cette faible réduction des émissions de NH₃ et les exigences techniques (mise en place de la couverture, filtration de la tourbe avant l'épandage par injection) suggèrent que l'utilisation d'une couverture de tourbe naturelle n'est pas satisfaisante au regard des objectifs environnementaux recherchés.

Impact of a peat cover on ammonia emissions during storage and spreading of pig slurry. A farm-scale study

Slurry pit cover is a technique permitting the reduction of NH₃ emissions. Recent laboratory researches have shown that the covers could also reduce NH₃ emission after covered slurry spreading. Based on these researches, the efficiency of a floating peat cover to reduce NH₃ emission during pig slurry storage was evaluated (i) in field scale and (ii) after experimental spreading. The impact of the peat on greenhouse gases emission (CH₄, CO₂ and N₂O) during the storage was also determined. The results showed a reduction about 25% of ammonia emission during the storage compared to the uncovered slurry, an increase of 30% of CH₄ and CO₂ emissions and a reduction of 8% of NH₃ emission after slurry spreading. This low reduction of NH₃ emissions and the technical requirements (cover application, peat filtration before injection spreading) suggest that the use of a natural peat cover is unsatisfactory according to the expected environmental benefits.

INTRODUCTION

La France doit répondre aux dispositions de différentes conventions internationales (Convention de Genève sur la pollution atmosphérique à longue distance pour le NH_3 ; Convention sur le changement climatique pour les gaz à effet de serre CH_4 et N_2O) et directives européennes (directive 2001/81/EC relative aux plafonds d'émissions nationaux, directive 96/61/EC concernant la prévention et réduction intégrées de la pollution) afin de maintenir ou réduire les émissions de NH_3 ou de CH_4 et N_2O . Le secteur agricole est responsable de 95 % des émissions de NH_3 , l'élevage représentant 78 % de ces émissions (CITEPA, 2005). Les émissions d'ammoniac au cours du stockage des lisiers de porcs varient de 1,8 à 12 g $\text{N-NH}_3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ (De Bode, 1991 ; Sommer et al, 1993 ; Guingand, 2002 ; ...). Les processus et les facteurs responsables de la volatilisation de l'ammoniac sont connus. La recherche de solutions visant à limiter les pollutions liées aux déjections animales a fait l'objet de nombreuses études. Cependant, les avancées technologiques et les modifications des structures d'élevage qu'elles induisent ne sont pas toutes, pour des raisons techniques et économiques, applicables aux installations existantes. Des recherches récentes à l'échelle du laboratoire (Portejoie, 2002) ont montré l'efficacité de techniques de réduction de la volatilisation de l'ammoniac au cours du stockage. D'après ces essais, les couvertures de fosse (film plastique, tourbe, zéolite,...) pourraient réduire jusqu'à 70 % les émissions d'ammoniac au cours du stockage et de l'épandage. Ces techniques peuvent donc se révéler des méthodes rapides et efficaces de réduction des émissions de NH_3 . Cependant, il existe une incertitude quant à leur efficacité à l'échelle de l'exploitation et à leur impact sur les émissions de gaz à effet de serre (CH_4 , N_2O) au stockage. L'objectif de cette étude est de tester sur une fosse grandeur réelle de lisier de porc l'efficacité d'une couverture de tourbe vis à vis de la réduction des émissions de NH_3 et des émissions de gaz à effet de serre (CH_4 , N_2O).

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Mesure des émissions de NH_3 , N_2O , CH_4 et CO_2 au cours du stockage

1.1.1. Description du site expérimental

Les essais ont eu lieu dans un élevage porcin de type « naisseur-engraisseur » de 210 truies présentes et produisant 3 700 porcs charcutiers par an pour 4 500 porcelets. Cet élevage est équipé de deux fosses rectangulaires enterrées. En fonctionnement normal, une fosse de 597 m^3 (F1) stocke les lisiers du bâtiment destiné à la gestation, la maternité et le post-sevrage. La deuxième fosse (F2, 495 m^3) est alimentée par les lisiers de deux bâtiments d'engraissement. Dans le cadre de l'expérimentation la fosse F1 a été couverte par la tourbe et la deuxième fosse F2 a servi de témoin. Afin de disposer d'un lisier commun aux deux fosses, le contenu de la fosse F1 a été transféré en début d'expérimentation dans la fosse F2. Après homogénéisation le lisier final de la fosse F2 a été réparti entre les deux fosses. Au cours de l'expérimentation, l'éleveur a systématiquement réparti le lisier de

ces bâtiments dans les deux fosses. Le suivi expérimental a duré 7 semaines pendant l'été 2004.

1.1.2. Description de la couverture de tourbe

La couverture de tourbe est constituée de fibres de tourbe blonde d'origine baltique. Selon les données commerciales, la tourbe présente un caractère acide et hydrophile (pH 4). Une épaisseur minimale de 5 cm a été retenue selon les résultats de Portejoie (2002) qui ont montré l'influence de l'épaisseur sur la réduction des émissions de NH_3 . Cette épaisseur impose un volume de 12 m^3 de tourbe à appliquer sur la fosse F1. La tourbe a été dispersée à la surface du lisier à l'aide d'une pailleuse. Compte tenu de la configuration du site, la dispersion a été effectuée à partir d'un seul endroit entraînant une épaisseur de tourbe à la surface du lisier non homogène (5-15 cm).

1.2. Caractéristiques physico-chimiques du lisier

En début d'expérimentation un échantillon de lisier a été prélevé au cours de l'homogénéisation du lisier initial. A la fin du suivi expérimental les deux fosses ont également été homogénéisées et un échantillon de lisier prélevé. Les principales caractéristiques des ces trois échantillons ont été déterminées [azote ammoniacal (NAT), azote total (NTK), demande chimique en oxygène (DCO), pH, matières sèches (MS), matières organiques (MO)].

1.3. Mesures des émissions de NH_3 , CH_4 , CO_2 et N_2O au cours du stockage

La mesure des émissions gazeuses a été réalisée à l'aide de deux cloches flottantes (Peu et al, 1999) disposées à la surface du lisier témoin et à la surface de la couverture de tourbe. Les gaz émis sont entraînés par un flux continu d'air traversant les cloches. Les concentrations en CH_4 , CO_2 et N_2O ont été analysées par un détecteur infrarouge (URAS 10). Les émissions de NH_3 ont été évaluées sur la base de la quantité de NH_3 piégée dans une solution acide (H_2SO_4 ; 0,5 N) sur une période de prélèvement donnée. Les quantités d'ammoniac piégées sont déterminées en laboratoire par distillation-titration de la solution acide.

1.4. Quantification des émissions de NH_3 après épandage du lisier

La quantification de la volatilisation de l'ammoniac après l'épandage du lisier préalablement stocké avec ou sans couverture de tourbe a été effectuée à l'aide de la technique des « wind tunnel » (Lockyer, 1984 ; Moal, 1994). Les "wind tunnel" permettent de couvrir une surface expérimentale de 1 m^2 et d'appliquer une vitesse d'air de 1 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. Cet outil permet une étude comparative de la volatilisation de NH_3 entre le lisier témoin et le lisier couvert par la tourbe. A la fin des essais sur le stockage, des échantillons de lisiers ont été prélevés et stockés à 4°C. Afin de tenir compte de l'influence des conditions climatiques sur la volatilisation de NH_3 , chaque essai d'épandage en surface représentait un essai comparatif entre lisier couvert et lisier témoin. Les doses de lisiers épandues étaient de 60 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, soit 6 litres de lisier

par micro parcelle de 1m². L'air circulant dans les tunnels de ventilation a été échantillonné en continu pendant trois jours. L'ammoniac volatilisé des parcelles a été mesuré en piégeant une partie de l'air sortant des « wind tunnel » dans une solution d'acide (50 ml d'H₂SO₄ 2N) titrée ultérieurement en laboratoire.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Caractéristiques des lisiers

Les analyses des lisiers avant et après stockage pour la fosse couverte de tourbe et la fosse témoin sont présentées tableau 1. Les résultats ne permettent pas de comparer la volatilisation de NH₃ des deux fosses en fonction de la teneur en NH₄⁺ des lisiers. En effet, à la fin du suivi expérimental le lisier couvert présente une teneur en NH₄⁺ et matières sèches plus faibles que le lisier non couvert. Ce résultat est inattendu car des études ont montré que la tourbe permet de conserver la teneur en azote et augmente la teneur en MS (Barrington et Moreno, 1995). Ce résultat peut être dû à une mauvaise homogénéisation des lisiers suite à la configuration inadaptée des fosses (fond de fosse en pente) ou à une capacité insuffisante d'homogénéisation.

2.2. Impact de la couverture de tourbe sur les émissions gazeuses NH₃, N₂O, CH₄, CO₂ au cours du stockage

Les émissions moyennes journalières de NH₃, CH₄ et CO₂ de la fosse couverte et de la fosse témoin sont très irrégulières au cours de la période de mesure (Tableau 2 et Figure 1). Concernant l'ammoniac, la mesure des émissions est réalisée suivant une technique d'absorption par une solution acide. Cette technique est un système d'accumulation sur une période de mesure variant de 1 à 2 jours. Aussi, la figure 1 présente la variation des facteurs journaliers de NH₃ en fonction de la période de mesure.

Pour la période entière de mesure, les facteurs d'émission moyens de la fosse témoin sont de 4,1 g N-NH₃.m⁻².j⁻¹, 56,9 g C-CH₄.m⁻³.j⁻¹ et 44,5 C-CO₂.m⁻³.j⁻¹. Pour la fosse couverte les facteurs moyens sont 3,1 N-NH₃.m⁻².j⁻¹, 75,8 g C-CH₄.m⁻³.j⁻¹ et 58,5 g C-CO₂.m⁻³.j⁻¹. Pour les deux fosses les émissions de N₂O sont nulles. Sur la base de ces facteurs moyens d'émission, la couverture de tourbe réduit les émissions de NH₃ de 24,4 % et augmente de 30 % les émissions de CH₄ et CO₂. La décomposition de la matière organique de la tourbe peut participer à l'augmentation de la produc-

Tableau 1 - Principales caractéristiques du lisier de porc stocké avec ou sans couverture de tourbe

Caractéristiques	Début J ₀ (Avant ajout de tourbe)	Fin J ₊₄₀	
		Témoin	Couverture de tourbe
N-NH ₄ ⁺ (kg N.m ⁻³)	2.3	2.7	2.3
NTK (kg N.m ⁻³)	3.8	4.2	3.3
DCO (kgO ₂ .m ⁻³)	58	68	38
MS (%)	5.3	4.9	3.8
MO (%)	3.8	3.5	2.5

Tableau 2 - Facteur d'émission journalier de NH₃, N₂O, CH₄ et CO₂ pour une fosse de lisier de porc couverte et non couverte de tourbe (en gN.m⁻².j⁻¹ et gC.m⁻³.j⁻¹ ; ND : Non détecté)

	Fosse témoin				Fosse couverte de tourbe			
	NH ₃	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	NH ₃	N ₂ O	CH ₄	CO ₂
Facteur moyen	4,1	ND	56,9	44,5	3,1	ND	75,8	58,5
Ecart Type	3,9	ND	9,9	6,9	3,1	ND	62,4	48,6
Minimum	1,4	ND	45,3	31,2	0,0	ND	10,3	4,8
Maximum	18,2	ND	86,3	59,8	11,9	ND	212,1	176,3

Tableau 3 - Pertes cumulées d'ammoniac à l'issue de l'épandage d'un lisier préalablement stocké avec ou sans couverture de tourbe

Essai	Volatilisation cumulée de l'ammoniac		
	% du N-NH ₄ ⁺ apporté		
	Lisier témoin	Lisier couvert	Effet de la tourbe
1	47,6	33,6	- 29,4%
2	27,6	24,5	-11,2%
3	30,7	39,6	+ 28%
Moyenne	35,3	32,6	-7,6%

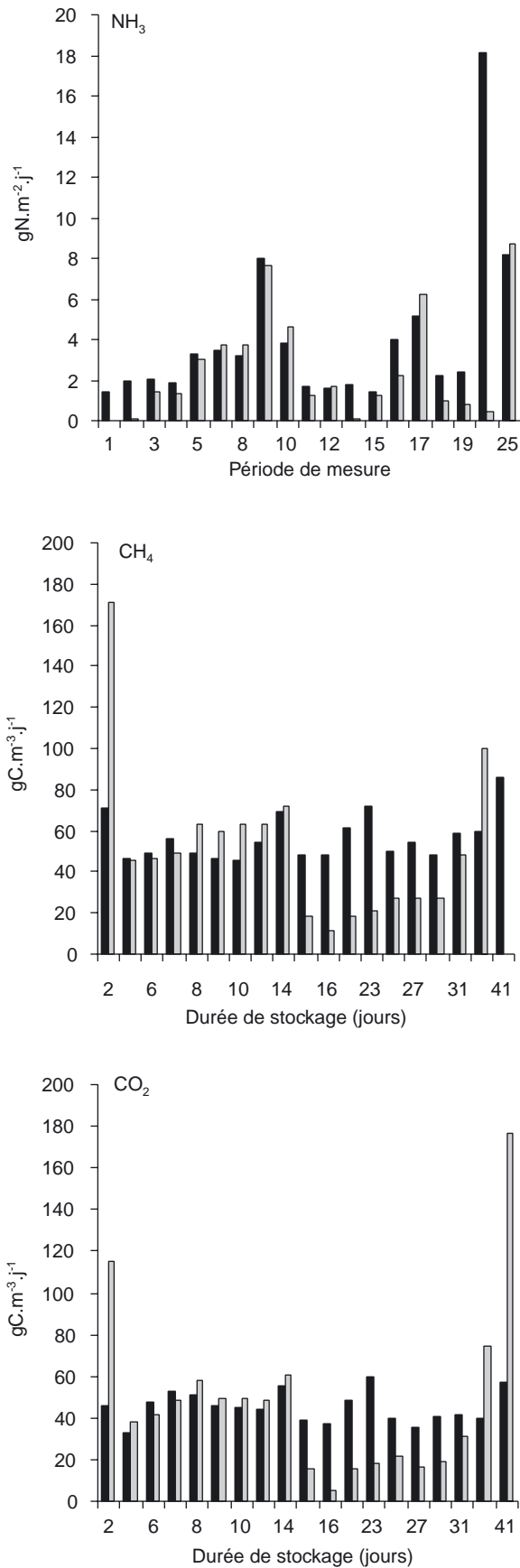


Figure 1 - Evolution des émissions journalières de NH₃, CH₄ et CO₂ pour la fosse témoin (■) et la fosse couverte de tourbe (▒)

tion des gaz carbonés. La réduction des émissions de NH₃ est essentiellement liée à la limitation du transfert gazeux à l'atmosphère par la couche dense de tourbe (Sommer et al, 1993). La réduction de 24,4 % des émissions de NH₃ est très largement inférieure aux résultats obtenus en laboratoire par Portejoie et al (2003) qui indiquent une réduction jusqu'à 100 % avec de la tourbe. D'autre part, la réduction de NH₃ n'est pas stable au cours du temps. En début d'expérimentation la réduction des émissions de NH₃ par la tourbe est de 100 %. Par la suite certaines périodes de mesure ont révélé des émissions plus importantes pour la fosse couverte. L'évolution de la couverture de tourbe semble être à l'origine de cette variation d'efficacité. Lors de sa mise en place la tourbe était sèche. Par la suite, la couche s'est humidifiée progressivement pour aboutir à une croûte non homogène présentant des fissures certainement favorables aux émissions d'ammoniac. Ce phénomène a été observé par Sommer et al (1993). De plus, selon De Bode (1991), le taux de réduction dépend également des paramètres météorologiques. L'effet des couvertures diminue avec des températures plus faibles. Comme pour les émissions de NH₃, les émissions de CH₄ et CO₂ sont variables dans le temps. Certaines périodes de mesure indiquent des facteurs d'émission trois fois plus importants pour la fosse couverte et d'autres périodes des émissions réduites de plus de 50 %. Ces résultats sont en contradiction avec ceux de la littérature. Dans le cas des déjections bovines, les couvertures des fosses réduisent les émissions de méthane de 38 % à 50 % selon le type de matériaux utilisés (Williams et Nigro, 1997; Hilhorts et al, 2001; Sommer et al, 2000). Compte tenu de la variabilité des facteurs moyens journaliers, l'analyse statistique de l'ensemble des données obtenues (test de Student à 0,05) n'indique pas d'écart significatif entre les deux fosses pour les trois gaz NH₃, CH₄ et CO₂.

2.2. Impact de la couverture de tourbe sur la volatilisation de NH₃ après épandage du lisier couvert de tourbe

Les quantités cumulées d'ammoniac volatilisé (Tableau 3), exprimées en pourcentage de l'azote ammoniacal total apporté (%N-NH₄⁺ apporté) montrent une variation de la volatilisation selon la période des essais. Les résultats obtenus à partir des trois répétitions expérimentales réalisées à des périodes différentes donnent un coefficient de variation de 10,8 pour le lisier témoin et de 7,6 pour le lisier préalablement couvert de tourbe. Cette variation est acceptable sur le plan expérimental. En effet, de nombreuses études ont montré l'influence des conditions climatiques (température et humidité) sur la volatilisation au cours de l'épandage de lisier porcin. Pour les deux premiers essais, l'épandage du lisier témoin se traduit par une volatilisation plus importante que pour le lisier préalablement couvert de tourbe. Le dernier essai donne un résultat inverse. Selon l'essai, 27,6 à 47,6 % du N-NH₄⁺ apporté sont volatilisés pour le lisier témoin et de 24,5 à 39,6 % pour le lisier stocké avec une couverture de tourbe. Le pourcentage moyen de volatilisation est de 35,3 ± 10,8 % pour le lisier témoin et de 32,6 ± 7,6 % pour le lisier couvert de tourbe au stockage. Les quantités cumulées moyennes d'ammoniac volatilisé sont de 58,8

$\pm 19,6$ kg N-NH₃.ha⁻¹ pour le lisier témoin et de $47,1 \pm 12,5$ kg N-NH₃.ha⁻¹ pour le lisier préalablement couvert de tourbe. Sur la base des taux de volatilisation (%N-NH₄⁺), une réduction de 7,6 % des émissions de NH₃ est ainsi observée au cours de l'épandage du lisier couvert par rapport au lisier témoin. Ce taux n'est pas significatif d'un point de vue statistique (test de Student 0,05). De plus, suite à nos expérimentations sur site, pour répondre à ses objectifs d'épandage, l'éleveur s'est vu dans l'obligation de filtrer le lisier stocké avec une couverture de tourbe afin de pouvoir utiliser un épandeur à injection. Cette contrainte technique est également à considérer dans le choix d'une couverture de fosse.

CONCLUSION

Les essais effectués en grandeur réelle sur le stockage du lisier porcin en présence d'une couverture de tourbe indiquent une réduction d'environ 25 % des émissions d'ammoniac au stockage par rapport au lisier non couvert et une

augmentation de 30 % des émissions de CH₄ et de CO₂. Cette augmentation pourrait être due à la décomposition de la matière organique de la tourbe. Suite à l'épandage du lisier couvert, une réduction de 7,6 % des émissions de NH₃ par rapport au lisier témoin est observée. Néanmoins, la variabilité des émissions journalières au cours du stockage et de l'épandage pour les deux modes de stockage implique un écart non significatif entre le stockage couvert de tourbe et le stockage témoin. De plus, les contraintes techniques (mise en place de la couverture, filtration de la tourbe avant l'épandage) suggèrent que l'utilisation d'une couverture de tourbe naturelle n'est pas satisfaisante au regard des objectifs environnementaux recherchés.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée par le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Les auteurs tiennent à remercier Monsieur Dondel pour avoir mis à la disposition du CEMAGREF ses installations.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Barrington S.F., Moreno R.G., 1995. Swine manure nitrogen conservation in storage using Sphagnum Moss. *J. Environ. Qual.*, 24, 603-607.
- CITEPA, 2005. Emissions dans l'air en France métropole. Substances impliquées dans les phénomènes d'acidification, d'eutrophisation et de pollution photochimique.
- De Bode M., 1991. Odour and ammonia emissions from manure storage. In: V C Neilsen, J H Voorburg and P L'Hermite, Editors, *Odour and Ammonia Emissions from Livestock Farming*, Elsevier Applied Science, London, 59-66.
- Guingand N., 2002. Emission d'ammoniac liée au stockage de lisier de porcs : résultats de laboratoire et de terrain. *Journées de la Recherche Porcine*, 34, 161-166.
- Hillhorst M.A., Willers H.C., Groenestein C.M., Monteny G.J., 2001. Effective strategies to reduce methane emissions from livestock. 2001 ASAE Annual International Meeting. Sacramento Convention Center. Sacramento, California, USA, July 30 - August 1.
- Hornig G., Turk M., Wanka U., 1999. Slurry Covers to reduce Ammonia Emission and Odour Nuisance. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 73, (2), 151-157.
- Hüther L., Schuchardt F., Wilcke T., 1997. Emissions of ammonia and greenhouse gases during storage and composting of animal manures. *Proceedings of International Symposium "Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities"*, Vinkeloord (6-10 October, 1997), pp. 327-334.
- Lockyer D.R., 1984. A system for the measurement in the field of losses of ammonia through volatilisation. *J. Food Agric.*, 35, 837-848.
- Moal J.F., 1994. Volatilisation de l'azote ammoniacal des lisiers après épandage : quantification et étude des facteurs d'influence. Thèse d'agrochimie, Université de Perpignan, *Equipement pour l'eau et l'environnement* 20, Cemagref, 230.
- Peu P., Beline F., Martinez J., 1999. A Floating Chamber for estimating Nitrous Oxide Emissions from Farm Scale Treatment Units for Livestock Wastes. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 73, (1), 101-104.
- Portejoie S., 2002. Volatilisation ammoniacale lors du stockage et à l'épandage de lisiers de porc : impact des apports protéiques, de l'utilisation de couvertures de fosse et d'additifs. Thèse de Doctorat de L'université de Perpignan. 137p.
- Portejoie S., Martinez J., Guiziou F., Coste C.M., 2003. Effect of covering pig slurry stores on the ammonia emission processes. *Bioresource Technology*, 87, (3), 199-207.
- Sommer S.G., Christensen B.T., Nielson N.E., Schjørring J.K., 1993. Ammonia volatilization during storage of cattle and pig slurry: effect of surface cover. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 121, 63-71.
- Sommer S.G., Petersen S.O., Sogaard H.T., 2000. Greenhouse gas emission from stored livestock slurry. *Journal of Environmental Quality*, 29, (3), 744-751.
- Williams A.G., Nigro E., 1997. Covering slurry store and effects on emissions of ammonia and methane. *Proceedings of the International Symposium "Ammonia and odour control from animal production facilities"*. Vinkeloord, the Netherlands, October 6-10, 1997. Jan A.M. Voermans and Gert Jan Monteny (Eds), 421-428.