

Emission d'ammoniac liée au stockage de lisier de porcs : résultats de laboratoire et de terrain

Nadine GUINGAND

*ITP, Pôle Techniques d'élevage
La Motte au Vicomte, B.P. 3, 35651 LE RHEU Cedex*

Emission d'ammoniac liée au stockage de lisier de porcs : résultats de laboratoire et de terrain

La volatilisation de l'ammoniac du lisier pendant le stockage extérieur a fait l'objet de peu d'études. L'originalité de notre étude repose sur la comparaison de données obtenues en laboratoire avec des données mesurées sur une fosse de stockage en conditions réelles. La première partie en laboratoire, du fait des conditions d'études, nous a permis de mesurer des potentiels maximums de volatilisation d'ammoniac en fonction du type de lisier (lisiers de truies en maternité, de porcelets en post-sevrage et de porcs charcutiers). Cette première partie a montré l'influence de la composition et plus particulièrement de la matière sèche et du pool d'azote ammoniacal sur le potentiel de volatilisation du lisier étudié. Le lisier de porcs charcutiers se révélant comme celui permettant la plus forte émission d'ammoniac dans l'air. Dans une deuxième partie, les mesures réalisées sur une fosse de stockage d'un lisier dit mixte (lisiers provenant de différents stades physiologiques) ont abouti à des taux d'émissions très inférieurs à ceux mesurés en conditions de laboratoire ainsi qu'à ceux obtenus dans la littérature.

Ammonia emission during pig slurry storage : laboratory and pit results

Few studies have been already achieved on ammonia volatilisation during slurry storage. The originality of this work is the comparison of data obtained in laboratory conditions with data measured on a slurry outside pit. First part of this study allows to measure the maximum ammonia volatilisation rate in relation with kind of slurry (slurry of sows, post-weaning piglets and growing-finishing pigs). With this first part of the study, we show the influence of slurry composition in particular dry matter and ammoniacal nitrogen content. Slurry produced by growing-finishing pigs appears to be the one allowing the higher ammonia volatilisation rate. In a second part, measurements achieved on a outside pit with a floating chamber lead to lower ammonia volatilisation rate than those obtained in laboratory conditions or in literature.

INTRODUCTION

En France, 80 % des émissions d'ammoniac proviennent de l'élevage (CORPEN, 2001). Un peu plus de 10 % de l'ammoniac émis provient des élevages de porcs alors que la production bovine en représente 50 % et l'aviculture environ 20 % (CORPEN, 2001). Près de la moitié des émissions survenant au moment de l'épandage, la majorité des travaux ont donc été orientés vers cette phase de la volatilisation d'ammoniac alors que peu d'études ont été conduites sur la détermination des pertes lors du stockage. Celles entreprises sur le sujet ont toutes la particularité d'être réalisées soit dans des conditions de laboratoires (SOMMER et al., 1993 – HOBBS et al., 1989) soit sur des fosses miniaturisées (DE BODE et al., 1990) mais en aucun cas sur des fosses d'élevages en activité.

L'originalité de notre étude repose sur sa double approche. En effet, une première partie en laboratoire nous a permis de déterminer le potentiel maximum de volatilisation d'ammoniac du lisier en fonction de son origine et du temps tandis que la deuxième partie de l'étude était réalisée sur une fosse de stockage réelle d'un élevage.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Etude en laboratoire

1.1.1 Description des chambres de volatilisation et montage expérimental des mesures de l'ammoniac

La détermination du potentiel maximum de volatilisation de l'ammoniac du lisier est mise en œuvre selon le principe suivant : un flux d'air non chargé en ammoniac circule en surface d'un lisier et capte l'ammoniac volatilisé.

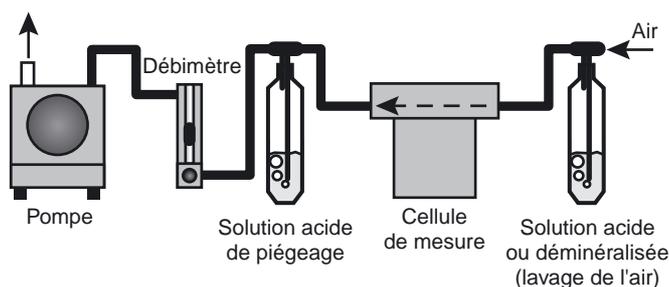
La mesure de la volatilisation de l'ammoniac d'un échantillon de lisier s'est faite à partir de cellules de mesure encore appelées chambres de volatilisation. Il s'agit de récipient en verre constitués de deux parties :

- une partie inférieure qui est destinée à recevoir le lisier
- une partie supérieure qui constitue le couvercle et qui comprend deux orifices permettant la circulation de l'air.

Ces deux parties sont jointes hermétiquement au moyen d'une fermeture métallique et d'un joint torique. La partie inférieure de la cellule de mesure d'un diamètre de 0,2 m et d'une hauteur de 0,3 m permet de stocker un volume d'environ 9,5 litres de lisier.

Une circulation d'air est maintenue en continu à la surface du lisier étudié stocké dans la cellule de mesure. En amont et en aval de cette cellule, l'air traverse une solution acide permettant le piégeage de l'ammoniac qui sera ultérieurement dosé par pHmétrie avec H_2SO_4 0,2 N grâce à un titrateur semi-automatique. Un débitmètre couplé à une pompe assure la constance du débit d'air à la surface du lisier à étudier. Le débit est fixé à 5 litres par minute pour limiter le bullage dans les solutions de piégeage en amont et en aval de la cellule de mesure. En amont de la cellule de mesure, la solution

Figure 1 - La cellule de mesure de l'ammoniac insérée dans son montage expérimental (MOAL, 1994).



de piégeage nous assure de la « pureté » de l'air en terme de concentration en ammoniac avant circulation en surface du lisier à étudier. En aval de la cellule, l'ammoniac piégé par la solution acide provient donc uniquement du lisier à étudier et non pas de l'air ambiant. Les solutions de piégeage sont renouvelées régulièrement afin de réaliser une cinétique d'accumulation de l'ammoniac volatilisé.

Dans nos conditions d'étude, la volatilisation d'ammoniac est amplifiée du fait de la vitesse importante et constante de balayage de l'air en surface des lisiers étudiés. C'est pourquoi les données d'émission d'ammoniac doivent être considérées comme des potentiels maximums de volatilisation et non pas comme des taux d'émission représentatifs.

1.1.2. Lisiers étudiés

Les prélèvements de lisiers ont été réalisés à l'intérieur des salles au sein des pré-fosses d'un élevage naisseur-engraisseur. Trois types de lisiers correspondant à trois stades physiologiques distincts (maternité, post-sevrage et engraissement) ont été échantillonnés en vue de déterminer leur potentiel maximum de volatilisation d'ammoniac en conditions de laboratoire. Avant de débuter la mesure de la volatilisation, chaque échantillon a fait l'objet d'analyses permettant de caractériser la composition des lisiers (pH, Matière Sèche, concentration en azote ammoniacal et concentration en azote total).

1.2. Etude sur le terrain

1.2.1. Mesures de l'ammoniac sur une fosse de stockage

Une cloche a été mise au point par le CEMAGREF pour les mesures d'ammoniac en conditions de terrain (PEU et al., 1999). Une première pompe à membrane permet d'alimenter à une extrémité en air propre la cellule posée à la surface du lisier, à un débit de l'ordre de 50 litres par minute. Une seconde pompe à membrane permet d'aspirer à l'autre extrémité l'air provenant de la cloche à un débit de l'ordre de 30 litres par minute. La surface que couvre la cloche est ainsi balayée par un flux d'air constant. Cet air est ensuite lavé dans deux pièges en parallèle afin de piéger les émissions d'ammoniac émises par le lisier sur la surface couverte par la cloche. Les solutions de piégeage sont ensuite analysées pour la détermination de la concentration en ion ammonium. Cette cloche étanche permet de couvrir et d'isoler une surface de 240 cm² et est équipée de flotteurs qui lui permettent de se maintenir à la surface du lisier. Les capteurs installés sur la cloche permet-

Tableau 1 - Caractérisation des lisiers prélevés par stade physiologique

Stade physiologique	Matière Sèche en %	pH	Concentration en azote ammoniacal (mg/g)	Concentration en azote total (mg/g)	Rapport azote ammoniacal/azote total
Maternité	0,67	7,08	0,82	1,02	80,4
Post-sevrage	5,00	7,55	3,37	4,48	75,2
Engraissement	11,13	7,40	6,82	9,98	68,3

tent de mesurer en continu la température extérieure, celle à l'intérieur de la cloche et celle à la surface du produit testé. Un premier essai réalisé en conditions de terrain a permis de calculer un taux de recouvrement proche de 80 %.

Différentes périodes de prélèvements ont été réalisées sur différents sites de mesures à la surface de la fosse. Les durées de prélèvements se sont échelonnées entre deux et seize heures consécutives.

1.2.2. Lisiers étudiés

Les prélèvements ont été réalisés dans une fosse de stockage extérieur non couverte recueillant le lisier d'un élevage naisseur-engraisseur d'environ 120 truies à deux périodes de l'année (février et juin). La fosse de stockage collecte tous les lisiers produits sur l'élevage ce qui représente un mélange de lisiers de truies, de porcelets et de porcs charcutiers. La fosse de stockage est très représentative des fosses classiquement présente sur le terrain. D'un diamètre de 21,5 mètres et d'une hauteur utile de 3 mètres, sa capacité de stockage est d'environ 1000 mètres cubes de lisier.

Lors de chaque campagne de mesures, des échantillons ont été prélevés dans la fosse en vue de réaliser un échantillon moyen servant à la détermination des caractéristiques du lisier stocké. Comme pour l'étude en laboratoire, les paramètres suivants ont été analysés : pH, Matière Sèche, azote ammoniacal et azote total.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Etude en laboratoire

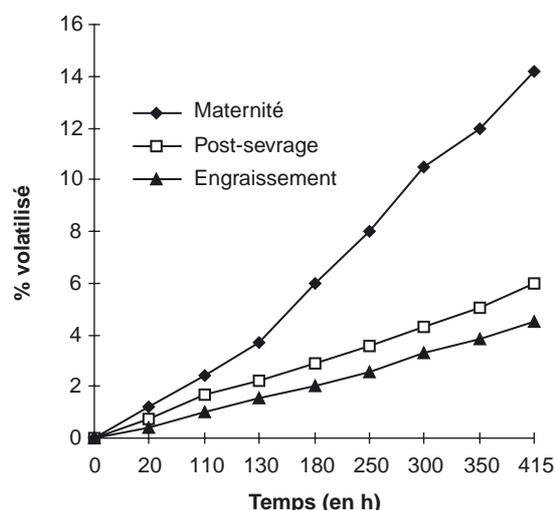
L'analyse des lisiers prélevés montre l'importance des différences de composition de ces lisiers en fonction du stade physiologique. Ainsi le lisier de maternité présente un très faible taux de matière sèche et une concentration en azote ammo-

niacal et en azote total plus faible par rapport aux lisiers de post-sevrage et d'engraissement. A l'opposé, le lisier prélevé en engraissement présente les niveaux de concentrations les plus élevés. Cependant, le rapport azote ammoniacal/azote total est le plus élevé pour le lisier de maternité et le plus faible pour le lisier d'engraissement (tableau 1).

La figure 2 illustre l'évolution au cours du temps, du pourcentage de volatilisation d'ammoniac en fonction de la concentration en azote total pour les trois types de lisiers étudiés.

Dans le cadre de l'étude et à l'issue des 18 jours (432 heures), les pourcentages de volatilisation de l'ammoniac sont mesurés (voir tableau 2).

Ainsi, le lisier de maternité est celui dont le pourcentage de volatilisation de l'ammoniac par rapport à l'azote ammoniacal et à l'azote total est le plus élevé. A l'inverse, le taux

Figure 2 - Evolution du pourcentage de volatilisation d'ammoniac par rapport à l'azote total en fonction du type de lisiers étudiés**Tableau 2** - Pourcentage de volatilisation de l'ammoniac par type de lisiers à l'issue des 18 jours

Lisiers par stade physiologique	% de volatilisation par rapport à l'azote ammoniacal initial	% de volatilisation par rapport à l'azote total initial	Taux d'émission (en g/m ² /j)
Maternité	18	14,3	2,3
Post-sevrage	8	6,2	5,4
Engraissement	7	4,7	7,6

Tableau 3 - Pourcentage calculé de volatilisation de l'ammoniac en fonction de l'azote initial, du type de lisier et du temps.

	Maternité	Post-sevrage	Engraissement
30 jours	24,6 %	10,7 %	8,0 %
60 jours	49,7 %	21,1 %	15,9 %
90 jours	74,7 %	31,5 %	23,8 %
100 % de volatilisation	120 jours	287 jours	378 jours

d'émission de ce lisier est le plus faible en raison des faibles concentrations initiales en azote ammoniacal dans ce type de lisier. Au stockage, bien que présentant un faible pourcentage de volatilisation, le lisier d'engraissement apparaît comme celui aboutissant à la plus forte émission d'ammoniac.

Parmi les trois types testés, le lisier de maternité est celui présentant le plus faible pourcentage de matière sèche et le plus fort pourcentage de volatilisation par rapport à l'azote ammoniacal initial. A l'inverse, le lisier d'engraissement présente le plus fort pourcentage de matière sèche et le plus faible pourcentage de volatilisation. Pour DE BODE (1990), plus le pourcentage de matière sèche est élevé, plus la diffusion moléculaire de l'ammoniac du fond de la fosse vers la surface se fait difficilement contribuant ainsi à une réduction du pourcentage de volatilisation de l'ammoniac.

Quelque soit le stade considéré, le processus de volatilisation de l'ammoniac pendant la durée de l'essai (18 jours) apparaît comme un processus continu et linéaire. En partant de l'hypothèse de la continuité du processus de volatilisation au-delà des 18 jours de l'étude, il devient alors possible de déterminer des équations de prédiction du pourcentage de volatilisation de l'ammoniac en fonction du temps et ainsi de déterminer à l'instant t le taux de pertes par volatilisation par type de lisier dans le cadre de notre étude :

Maternité : % volatilisé = $0,0348 H - 0,4517$

Post-sevrage : % volatilisé = $0,0145 H + 0,2237$

Engraissement : % volatilisé = $0,011 H + 0,0634$

avec H représentant le temps de stockage exprimé en heures.

Le tableau 3 regroupe, par type de lisier, les pourcentages d'ammoniac volatilisé calculé par rapport à l'azote en fonction du temps.

Ainsi, dans les conditions de l'étude, les trois-quarts de l'ammoniac est volatilisé au bout de 90 jours lorsqu'il s'agit de lisier provenant de maternité alors que les lisiers provenant de post-sevrage et d'engraissement n'ont volatilisé que respectivement 31 et 24 % de l'azote initial.

2.2. Mesures de la volatilisation d'ammoniac en conditions réelles

Pour les campagnes hivernales, dix piégeages de 4 à 16 heures ont été effectués à un seul emplacement pendant trois jours. Le taux d'émission d'ammoniac mesuré, varie entre 1,2 et 2 grammes d'ammoniac par mètre carré et par jour.

Au bout de trois mois de stockage, le taux de volatilisation de l'ammoniac par rapport à l'azote ammoniacal présent dans la fosse est relativement faible et peut varier, selon la saison, entre 3 et 10 %. L'effet de la température sur la volatilisation d'ammoniac est très important. Pour DE BODE (1990), la volatilisation d'ammoniac peut être trois fois supérieure en été par rapport à la volatilisation mesurée en hiver. Dans notre étude, une partie de cette variation peut s'expliquer du fait des différences de durées de stockage entre les deux périodes : pour la période hivernale, le lisier était stocké depuis près de quatre mois en fosse alors qu'il n'était stocké que depuis environ 2 mois pour la phase estivale.

2.3. Comparaison des résultats étude laboratoire/terrain

En partant de l'hypothèse qu'un lisier stocké en fosse extérieure est un lisier composé de :

- 60 % de lisier de porcs charcutiers
- 30 % de lisier de truies
- 10 % de lisier de porcelets en post-sevrage

et en appliquant les taux d'émissions mesurés par type de lisier dans la première partie de cette étude, le potentiel maximum calculé de volatilisation du lisier stocké serait proche de 6 grammes par mètre carré et par jour. En moyenne (sans prendre en considération la saison), le taux d'émission mesuré sur la fosse en conditions réelles est d'environ 2 grammes par mètre carré et par jour. Cette importante différence est en partie liée aux conditions de mesure. En effet, pour la première partie de l'étude, les conditions de

Tableau 4 - Composition des lisiers stockés en fosses extérieures

	Matière Sèche (en %)	pH	Concentration en azote ammoniacal (mg/g)	Concentration en azote total (mg/g)	Rapport azote ammoniacal/azote total
Fosse – juin	1,60	7,70	2,07	2,57	80,5
Fosse – février	1,44	8,20	1,87	2,51	74,5

Tableau 5 - Résultats des mesures d'émissions

	Été	Hiver
Surface de la fosse (en m ²)	363	363
Taux d'émission mesuré (en g/m ² /j)	2,1 à 2,3	1,2 à 2,0
Taux d'émission calculé (en g/j) de la surface de la fosse	798,6 (762,3 à 834,9)	580,8 (435,6 à 726)
Hauteur de lisier stocké (en m)	1	2,9
Volume de lisier stocké (en m ³)	363	10527
% de volatilisation d'ammoniac calculé par rapport à l'azote ammoniacal présent dans la fosse - au bout de trois mois	9,6 %	2,6 %
% de volatilisation d'ammoniac calculé par rapport à l'azote total présent dans la fosse - au bout de trois mois	7,7 %	2 %

laboratoire ont amplifié le taux de volatilisation d'ammoniac du fait principalement d'une vitesse de balayage de l'air environ trois fois plus importante qu'en conditions réelles de stockage extérieur. De plus, la composition du lisier stocké en fosse extérieure (tableau 4) nous amène à penser que le lisier à faible teneur en matière sèche (comme celui de truies) est présent dans une proportion supérieure à notre hypothèse de départ. Une autre explication concernant les faibles niveaux de concentrations des lisiers stockés pourrait être la dilution liée aux précipitations.

DE BODE (1990), sur des fosses miniatures exposées aux variations de températures extérieures, met en évidence un effet saison très net sur le taux d'émission d'ammoniac qui varie de près de 5 g/m²/j en hiver à 14,4 g/m²/j en été pour des lisiers ayant subi la même durée de stockage. Les niveaux d'émissions mesurés sont très largement supérieurs à ceux obtenus dans notre étude. En revanche, les niveaux de concentration en azote ammoniacal des lisiers de l'étude de DE BODE (1990) étaient près de deux fois supérieurs à ceux mesurés dans notre étude. SOMMER et al. (1993) mesurent des taux d'émissions d'ammoniac variant entre 3,9 et 4,6 g/m²/j pour des lisiers stockés sur une période de trois mois et présentant des niveaux de concentrations en azote assez élevés.

Ainsi, la comparaison avec la littérature existante sur le sujet montre que le taux d'émission mesuré dans notre étude en conditions réelles est inférieur aux taux d'émissions mesurés dans diverses études. Cependant, le taux d'émission recalculé à partir des résultats de la première partie de l'étude (6 g/m²/j) est très proche des résultats de la littérature.

Les résultats de la deuxième partie de l'étude montrent que pour une durée de stockage de trois mois, le pourcentage de volatilisation de l'ammoniac par rapport à l'azote total varie entre 2 et 8 % selon la saison (tableau 5). Ces résultats confortent ceux du CORPEN (1996) qui annonce une perte d'azote par volatilisation d'ammoniac au cours du stockage de 5 % de l'azote à la sortie du bâtiment. Cependant, l'augmentation des durées de stockage en fosse extérieure et les résultats obtenus en conditions de laboratoire devraient peut-être nous amener à prendre en consi-

dération des taux finaux de volatilisation d'ammoniac au stockage plus importants.

CONCLUSION

La première phase de l'étude conduite en laboratoire nous a permis de mettre en évidence des différences de potentiel de volatilisation entre les lisiers étudiés. Dans nos conditions expérimentales, la volatilisation a été amplifiée par rapport à une situation réelle et les valeurs obtenues correspondent à des potentiels maximums de volatilisation et non pas à des taux d'émission courants. Ainsi, les taux maximum d'émissions par type de lisiers sont de 2,3 g/m²/j pour le lisier de truies en maternité, 5,4 g/m²/j pour le post-sevrage et 7,6 g/m²/j pour les charcutiers.

La confrontation entre les données de laboratoire et celles obtenues en conditions réelles de stockage en fosse extérieure a mis en évidence des différences notables, probablement liées aux méthodes de mesures et plus particulièrement aux vitesses d'air en surface de lisier. Il apparaît donc nécessaire de multiplier le nombre de campagnes de mesures en conditions réelles de stockage, en intégrant les paramètres de variation tels que l'origine et la composition des lisiers, l'effet saison, la durée et les conditions de stockage.

Bien que la quantité d'ammoniac volatilisée pendant le stockage soit inférieure à celle volatilisée à l'épandage, et dans un souci constant et croissant de protection de la qualité de l'air, la réduction des émissions pendant le stockage semble être une voie à privilégier. Les différents résultats déjà publiés sur l'efficacité de la couverture des fosses en terme de réduction de la volatilisation d'ammoniac et d'odeurs doivent encourager les acteurs de la filière à soutenir le développement de cette technique dans les élevages français.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier l'Association de Coordination des Techniques Agricoles (A.C.T.A) pour sa participation financière ainsi que le CEMAGREF de Rennes pour la réalisation des mesures de cette étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CORPEN, 1996, In « Estimation des rejets d'azote et de phosphore des élevages de porcs – impact des modifications de conduite alimentaire et des performances techniques », 23 p
- CORPEN, 2001, In « Les émissions d'ammoniac d'origine agricole dans l'atmosphère – état des connaissances et perspectives de réduction des émissions » ; 110 p
- DE BODE M.J.C, 1990. In « Odour and ammonia emissions from livestock farming », 59-66, Elsevier Applied Science, 222 p
- HOBBS P.J., MISSELBROOK T.H., CUMBY T.R., J. Agric. Engng. Res., 72, 291-298
- MOAL J.F., 1994 . In « Volatilisation de l'azote ammoniacal des lisiers après épandage » CEMAGREF éd, 230 p
- PEU P., BELINE F., MARTINEZ J., 1999, J. Agric. Engng. Res. 73, 101-104
- SOMMER S.G., CHRISTENSEN B.T., NIELSEN N.E., SCHJORRING J.K., 1993, J. Agric. Sc., 121, 63-71