

Modélisation dynamique de l'émission et de la concentration d'ammoniac dans un bâtiment d'engraissement de porcs

Jean-Yves DOURMAD (1), Véronica MOSET-HERNANDEZ (1), Sandrine ESPAGNOL (2), Mélynda HASSOUNA (3), Cyrille RIGOLOTT(1, 2)

(1) INRA, UMR1079 Systèmes d'Elevage Nutrition Animale et Humaine, F-35590 Saint-Gilles

(2) IFIP-Institut du Porc, F-35651 Le Rheu cedex

(3) INRA, UMR1069 Sol - Agronomie - Spatialisation, F-35042 Rennes cedex

jean-yves.dourmad@rennes.inra.fr

A dynamic model of ammonia emission and concentration in fattening pig buildings

The control of gas emissions from livestock buildings, especially ammonia, is important to limit the environmental impact, which depends primarily on the total emission, and to improve the welfare and health of the animals and the stockmen, which are affected by the concentration in the air. Modelling is an essential tool for a global approach of the different processes involved in the emissions. The model developed in this work aims at integrating the information and models already available in the literature in order to predict, in a dynamic way, the gas emissions and the concentrations inside the fattening rooms. The model was validated with data from the literature. The results of this validation indicated that the model predicted in a coherent way as well the cumulated ammonia flow as the concentrations. However, we identified some lacks of knowledge, in particular concerning the estimate of the pH of the liquid manure. Likewise, it appeared that the phenomena of exchanges between the air located above and below the slats must also be better specified, because they strongly influence ammonia concentration. The simulations indicated that total emission and concentration are not well correlated and are highly dependant on the ventilation system and the temperature.

INTRODUCTION

La maîtrise des émissions d'ammoniac est importante à la fois pour réduire l'impact de ce gaz sur l'environnement (acidification, eutrophisation) et améliorer les conditions de vie dans les bâtiments d'élevages, aussi bien pour les animaux qui y sont élevés que pour les personnes qui y travaillent (Portejoie et al, 2002). La volatilisation d'ammoniac dans les bâtiments porcins représente en moyenne 25 % de l'azote excrété soit environ 10 g/j par place de porc à l'engraissement. Cependant, l'importance de cette fraction est susceptible de varier largement en fonction de la nature de l'aliment, des méthodes de collecte et de gestion des déjections et des conditions d'ambiance (Dourmad et al, 2002). L'objectif de ce travail est de développer un modèle dynamique permettant de prédire à la fois les flux d'émission de NH_3 vers l'extérieur et les teneurs dans l'ambiance au cours de la période d'engraissement.

1. DESCRIPTION DU MODÈLE

Le modèle est construit en trois modules représentant (i) les animaux et l'excrétion, (ii) le bâtiment et le climat et (iii) l'émission d'ammoniac. Ces modules sont en partie basés sur des modèles déjà publiés (Aarnink et al, 1998 ; Schauburger et al, 2000 ; Dourmad et al, 2002). La température ambiante est déterminée

à partir de l'enthalpie de la salle et elle dépend de la production de chaleur des animaux, des échanges par les parois du bâtiment et la ventilation et éventuellement de la présence d'un chauffage. Le débit de ventilation est régulé par le modèle en fonction des températures de consigne. L'excrétion des animaux et leur production de chaleur latente et sensible sont déterminées en fonction de leurs performances, des caractéristiques de l'aliment et de la température intérieure. L'ammoniac est reparti entre quatre compartiments : les déjections présentes sur le sol, le lisier et l'air présent au dessus et en dessous du caillebotis. Dans les compartiments liquides l'ammoniac est présent sous formes d'ammonium (NH_4^+) et d'ammoniac (NH_3) dissous ou gazeux. Les équations d'équilibre entre ces différentes formes sont représentées dans le modèle ainsi que leurs principaux facteurs de variation, en particulier le pH et la température de l'effluent. Enfin, la volatilisation est fonction de la teneur en NH_3 gazeux de l'effluent, de la température du lisier, de la surface d'émission et de la vitesse de l'air. Le modèle est construit en utilisant la plateforme de modélisation Vensim® avec un pas de temps de une minute. Différentes configurations du logement incluant plusieurs types de sols (caillebotis intégral ou partiel) et différentes modalités de ventilation (extraction basse ou haute) sont considérées. Une note de propreté du sol est également prise en compte afin d'estimer la quantité d'effluents restant sur la partie pleine.

2. SIMULATION ET VALIDATION

Le modèle a été utilisé pour simuler l'influence du type de caillebotis (total ou partiel), de la saison (été ou hiver) et du type d'extraction d'air (haute ou basse) sur la teneur moyenne en ammoniac dans l'ambiance et l'émission cumulée. Les principaux résultats sont rapportés au tableau 1. Pour le logement sur caillebotis intégral, l'émission cumulée maximale (1,05 kg N-NH₃/porc) est observée pendant l'été avec l'extraction basse, alors que cette situation s'accompagne de la teneur moyenne la plus faible dans l'ambiance (4 ppm). A l'inverse, l'émission cumulée est la plus faible (0,54 kg N-NH₃/porc) et la concentration la plus élevée (22 ppm) pendant l'hiver avec l'extraction haute. Pour un même débit l'extraction haute s'accompagne d'une teneur plus élevée dans l'ambiance, l'ammoniac émis sous le caillebotis devant transiter par la salle avant d'être éliminé. Par contre c'est ce système qui entraîne les émissions les plus faibles. Le caillebotis partiel s'accompagne d'une réduction de l'émission cumulée d'ammoniac lorsque la zone de sol plein reste propre, cet effet s'expliquant principalement par la réduction de la surface d'émission de la fosse. Par contre, lorsque cette zone est sale l'émission totale augmente. Ces résultats sont en accord avec la variabilité des réponses obtenues dans la bibliographie. Dans tous les cas le caillebotis partiel s'accompagne d'une détérioration de la qualité de l'ambiance, ceci étant lié à l'accroissement de la proportion des émissions ayant lieu au niveau du sol. L'augmentation de la température de consigne (résultats non présentés) engendre une augmentation à la fois de l'émission totale et de la teneur en ammoniac. Le modèle permet aussi de prédire l'influence de la conduite alimentaire sur les émissions d'ammoniac. Ainsi, la réduction de la teneur en protéines de l'aliment et/ou l'augmen-

Tableau 1 - Influence du type de caillebotis (total ou partiel), de la saison (été ou hiver) et du type d'extraction d'air (haute ou basse) sur l'émission d'ammoniac (kg N-NH₃/porc) et la teneur en ammoniac dans l'ambiance (ppm)¹

	Total	Partiel	
		sale	propre
Été			
Basse	1,05 (3,5)	1,10 (7,1)	0,91 (6,0)
Haute	0,94 (14,0)	1,03 (15,7)	0,85 (13,2)
Hiver			
Basse	0,64 (7,9)	0,68 (15,0)	0,57 (12,6)
Haute	0,54 (22,1)	0,67 (28,0)	0,56 (23,6)

¹les valeurs entre parenthèses correspondent à la teneur en ammoniac (ppm)

tation du rapport eau/aliment réduit à la fois les émissions cumulées et la concentration dans l'ambiance.

Le modèle a été validé en comparant des simulations à des données expérimentales. Il prédit correctement la quantité de lisier produite ($r=0,95$) et sa teneur en N ($r=0,77$). Les effets du débit de ventilation (minimal ou optimal) et du type de sol (caillebotis partiel ou total) sur la concentration en NH₃ mesurés dans l'expérience de Guingand et al (2001) sont bien prédits, de même que l'influence de la température ambiante sur la teneur en NH₃ dans l'ambiance et sous le caillebotis (Granier et al, 1996 ; Figure 1).

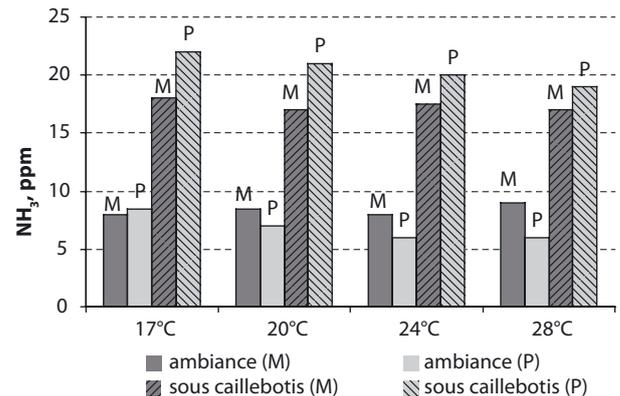


Figure 1 - Comparaison des valeurs de teneurs en NH₃, dans l'ambiance et sous le caillebotis, prédites (P) par le modèle avec celles mesurées (M) par Granier et al. (1996) pour différentes températures ambiantes

CONCLUSION

Le modèle développé dans le cadre de ce travail permet de prédire de façon cohérente la teneur moyenne et l'émission d'ammoniac dans le bâtiment. Certains aspects mériteraient cependant d'être améliorés comme une meilleure prise en compte des facteurs de variation du pH du lisier ou des phénomènes d'échanges d'air dans la salle. Les simulations réalisées confirment bien l'antagonisme qui peut exister entre l'amélioration de la qualité de l'air dans la salle et la réduction de l'impact sur l'environnement. Ce type de modèle complété de modules concernant les gaz à effet de serre devrait contribuer à identifier les pratiques optimales permettant de trouver un meilleur compromis entre ces deux objectifs.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aarnink A.J.A., Elzing A. 1998. Dynamic model for ammonia volatilization in housing with partially slatted floors, for fattening pigs. *Livest. Prod. Sci.* 53, 153-169.
- Dourmad J.Y., Pomar C., Massé D. 2002. Modélisation des flux de composés à risque pour l'environnement. *Journ. Rech. Porcine Fr.* 34, 183-194.
- Granier R., Guingand N., Massabie P. 1996. Influence du niveau d'hygrométrie, de la température et du taux de renouvellement de l'air sur l'évolution des teneurs en ammoniac. *Journ. Rech. Porcine Fr.* 28, 209-216.
- Guingand N., Granier R., 2001. Comparaison caillebotis partiel et caillebotis intégral en engraissement. Effets sur les performances zootechniques et l'émission d'ammoniac. *Journ Rech Porcine Fr.* 33, 31-36.
- Portejoie S., Martinez J., Landmann G. 2002. L'ammoniac d'origine agricole : impact sur la santé humaine et animale et sur le milieu naturel. *INRA Prod. Anim.* 15, 151-160.
- Schauberger G., Piringer M., Petz E. 2000. Steady-state balance model to calculate the indoor climate of livestock buildings. *Int J. Biometeorol.* 43, 154-162.