

Mesure des quantités adsorbées d'ammoniac sur les poussières et conséquences de l'adsorption sur le dimensionnement d'un biofiltre pour le retrait des polluants atmosphériques des porcheries

Lomig HAMON (1), Solène LAGADEC (2), Éric DUMONT (1), Brigitte LANDRAIN (2), Paul LANDRAIN (2), Yves ANDRÈS (1)

(1) GEPEA, UMR CNRS 6144, École des Mines de Nantes, F-44307 Nantes Cedex 3, France

(2) Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne, F-35042 Rennes, France

lomig.hamon@mines-nantes.fr

Measurement of ammonia adsorbed amounts on dust and its consequences on the design of biofilter for aerial pollutants removing in piggeries

Through the framework of the aerial pollutants removal from the atmosphere of piggeries using a biofilter, this paper focuses on the effect of the presence of dust on the design of the biofilter. Different simultaneous measurements (dust size distribution, dust concentration and NH_3 concentrations) were carried out in the casing of the piggery air extraction unit. From primary results, dusts are porous material with a unimodal particle size distribution (centred around $0.07 \mu\text{m}$) and are composed of a large part of organic matter. Dust concentration was 1.4 mg m^{-3} and the total NH_3 concentration was $9.9 \pm 0.5 \text{ mg m}^{-3}$. The part of NH_3 fixed on dust is significant and represents 43% of the total amount of NH_3 . We suggest that the mechanism involved in the NH_3 fixation could be adsorption due to the apparent mesoporosity of accumulated dust. Beyond the aspect of dust abatement methodology, this result has to be taken into account to reduce the biofilter size.

INTRODUCTION

L'objectif de notre projet est de dimensionner un procédé permettant l'abattement du NH_3 en combinant un certain nombre de critères inhérents à l'élevage intensif tels que les faibles coûts d'investissement et de maintenance du procédé, ainsi que la réduction des émissions de produits secondaires induites par le procédé. Il apparaît ainsi que l'utilisation d'un biofiltre est adéquat pour répondre à ces critères. Néanmoins, les gaz polluants issus des porcheries sont accompagnés de poussières qui pourraient entraîner le colmatage du biofiltre. Aussi, apparaît-il nécessaire de trouver une stratégie d'abattement de ces poussières.

À ce stade, il nous paraît important de souligner que la taille microscopique des poussières, et donc leur surface spécifique, pourrait induire la fixation de quantités significatives de NH_3 impliquant des mécanismes d'adsorption. En effet, plusieurs études suggèrent que les odorants présents dans les atmosphères d'élevages intensifs sont fixés sur les poussières (Day *et al.*, 1965 ; Curtis *et al.*, 1975 ; Donham, 1986) et ne sont alors plus présents dans la phase gazeuse (Hammond *et al.*, 1981). Ainsi, si les polluants à éliminer sont fixés sur les poussières, le dimensionnement du biofiltre pourrait être affecté.

Aussi, l'objectif de cette étude est de valider ou non l'hypothèse de l'adsorption des odorants sur les poussières afin d'évaluer l'impact de l'adsorption de NH_3 sur le dimensionnement du biofiltre.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Description de l'élevage

L'étude a été réalisée à la station expérimentale de Guernevez (Saint Goazec, 29, $48^{\circ}9'50.7''\text{N}$, $3^{\circ}48'54.5''\text{W}$) gérée par la Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne, sur deux bandes de porcs charcutiers à l'engraissement. Dix huit porcs sont placés pendant 98 jours dans un enclos séparé en deux par un muret. L'engraissement est effectué sur caillebotis intégral avec préfosse à lisier. Une ventilation est assurée dans l'enclos de manière à maintenir une température constante de 26°C . L'arrivée d'air s'effectue par le plafond. L'air passe sur les porcs, puis traverse le caillebotis avant de passer dans la préfosse et d'être évacué dans une gaine de ventilation à la sortie de laquelle est placé un ventilateur ; le flux maximum de ventilation est de $75 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ porc}^{-1}$.

1.2. Méthode expérimentale

Les concentrations en NH_3 sont mesurées par colorimétrie. Les prélèvements sont réalisés dans la gaine de ventilation en respectant les conditions isocinétiques. Un système de barbotage permet de dissoudre le NH_3 prélevé dans une solution acide (200 mL d'acide chlorhydrique à 0,1 M) puis les ions NH_4^+ ainsi formés sont dosés par spectrophotométrie (réaction de Berthelot, Spectroquant®). Deux échantillonnages sont réalisés à la fois : l'un sans filtre, le second avec un filtre de 47 mm de

diamètre et une porosité de $0,7 \mu\text{m}$; cette mesure différentielle (avec et sans poussière) permet ainsi d'évaluer la quantité de NH_3 fixée sur les poussières. Un impacteur électrostatique (Elpi, Dekati) permet d'évaluer la fonction de distribution des tailles de poussière.

Les poussières prélevées sont, en outre, analysées par analyse élémentaire et par spectrométrie à fluorescence X à dispersion d'énergie (EDXRF) pour doser les éléments présents.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Mesure des concentrations en NH_3

L'échantillonnage a été réalisé sur 20 heures les 27 et 28 juin 2011. Les résultats sont les suivants : SANS FILTRE : concentration en NH_3 de $9,9 \text{ mg m}^{-3}$ (prélèvement de $3,001 \text{ m}^3$), AVEC FILTRE : concentration en NH_3 de $5,6 \text{ mg m}^{-3}$ (prélèvement de $2,398 \text{ m}^3$). La concentration en poussière est de $0,5 \text{ mg m}^{-3}$.

2.2. Caractérisation des poussières

Une mesure de concentration en poussière a été réalisée sur une période de 15 jours (volume d'air filtré : 138 m^3 ; concentration en poussière mesurée : $1,4 \text{ mg m}^{-3}$). L'analyse de la fonction de distribution des tailles de particule présente une distribution unimodale centrée sur $0,07 \mu\text{m}$ (Figure 1).

Il apparaît que les particules avec un diamètre aérodynamique médian supérieur à $1 \mu\text{m}$ sont particulièrement rares en termes de nombre alors que leur contribution massique est importante.

L'analyse par EDXRF montre la présence de grandes quantités de Ca, P, S et K. Des traces de Mg, Si, Fe, Zn, Mn et Cu sont aussi détectées. Les composés organiques ont également été quantifiés par analyse élémentaire. Les résultats sont : C 38%, H 6%, N 6%, S 2% en masse.

2.3. Discussion

Les mesures différentielles avec et sans filtre montrent qu'environ 43% du NH_3 est fixé sur les poussières. Plus précisément, cela signifie qu'avec un filtre, seule la fraction de NH_3 présente dans l'air est transférée dans la solution acide alors que sans filtre, le NH_3 de l'air ainsi que la partie contenue sur les poussières sont transférés. Le mécanisme de la fixation du NH_3 n'est pas clairement déterminé : elle pourrait avoir lieu à la surface ou à l'intérieur des poussières. La fonction de distribution de taille des particules suggère néanmoins que la surface de contact accessible au NH_3 est particulièrement grande et pourrait induire un phénomène d'adsorption. Or aucune information sur le type d'interaction mis en jeu entre le NH_3 et les particules de poussières n'est disponible dans la littérature.

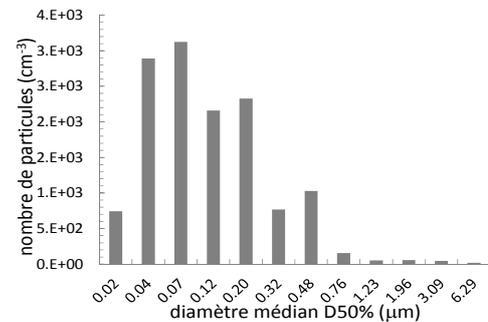


Figure 1 - Fonction de distribution de la taille des poussières

Nous pouvons seulement suggérer que le phénomène est de type physisorption ou chimisorption avec une désorption du NH_3 qui passe sous forme d'ion NH_4^+ dans la solution acide utilisée pour le dosage : en effet la variation du pH pourrait influencer sur l'équilibre chimique.

Avant traitement de l'air pollué par un biofiltre, l'élimination des poussières permettra d'abattre une part importante du NH_3 . Les techniques d'abattement des poussières telles que l'utilisation d'additifs alimentaires (Pearson et Sharples, 1995), la pulvérisation d'eau ou d'huile (Zhang *et al.*, 1994) ou les précipiteurs électrostatiques (Rosentrater, 2003) peuvent être utilisés ; des techniques d'abattement telles que les laveurs d'air (Guingand, 2008) ou les cyclones sont plus adaptées pour traiter de grands volumes d'air ($1080 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ dans notre cas). La technique cyclonique peut être utilisée pour traiter l'air des porcheries car ce type d'appareillage retient les particules de diamètre supérieur à $0,3 \mu\text{m}$. De plus, les particules de diamètre inférieur à $0,3 \mu\text{m}$, non arrêtées par le cyclone, ne colmateront pas le biofiltre.

CONCLUSION

Cette étude a montré qu'une part importante du NH_3 présent dans l'air des porcheries est fixée sur les poussières.

Les mécanismes de fixation restent à être mis en évidence. L'étape suivante de cette recherche consiste donc à réaliser des expériences thermogravimétriques couplées à la spectrométrie de masse afin d'analyser, d'une part, les capacités d'adsorption des poussières, et d'autre part, de déterminer quels composés sont fixés sur les poussières. En effet, nous nous sommes ici focalisés sur le NH_3 , mais les polluants gazeux et odorants présents dans les porcheries sont multiples. De plus, dans le but d'évaluer les interactions entre les gaz adsorbés et les particules de poussière, des mesures d'isothermes d'adsorption à plusieurs températures pourront être effectuées de manière à établir la chaleur isostérique d'un tel système en vue d'obtenir des informations sur les interactions mises en jeu.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Curtis S.E., Drummond J.G., Grunloh D.J., Lynch P.B., Jensen, A.H., 1975. Relative and qualitative aspects of aerial bacteria and dust in swine houses. *J. Anim. Sci.*, 41, 1512-1520.
- Day D.L., Hansen E.L., Anderson S., 1965. Gases and odors in confinement swine building. *Trans. Am. Soc. Agric. Engrs.*, 8, 118-121.
- Donham K.J., 1986. Studies on environmental exposures, swine health and engineering design in swine confinement buildings in southern Sweden. *Am. J. Ind. Med.*, 10, 205-220.
- Guingand N., 2008. Le lavage d'air en élevages porcins. *TechniPorc*, 31, 23-27.
- Hammond E.G., Fedler C., Smith R., 1981. Analysis of particle-borne swine house odors. *J. Agric. Environ.*, 6, 395-401.
- Pearson C.C., Sharples T.J., 1995. Airborne dust concentrations in livestock buildings and the effect of feed. *J. Agric. Eng. Res.*, 60, 145-154.
- Rosentrater K., 2003. Performance of an electrostatic dust collection system in swine facilities. *CIGR J.*, 5, BC 03 003.
- Zhang Y., Nijsen L., Barber E.M., Feddes J.J.R., Sheridan M., 1994. Sprinkling mineral oil to reduce dust concentration in swine buildings. *ASHRAE Trans.*, 100, 1043-1050.