



Évaluation de l'efficacité de la biofiltration sur la réduction des émissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre

Khaled AMIN (1), Solène LAGADEC (1), Nicolas KOLYTCHEFF (1), Claude COCHET (2)

(1) Chambre Régionale d'agriculture de Bretagne, rue de Maurice Le Lannou, 35042 Rennes

(2) I-TEK, Z.A, Les Dineux, 22250 Trémeur

Khaled.amin@bretagne.chambagri.fr

Assessment of the effectiveness of biofiltration in reducing ammonia and greenhouse gas emissions

A biofilter is composed of an organic medium through which the air extracted from a pig building passes. The bacteria that grow in this substrate reduce pollutant emissions. Autotrophic nitrifying bacteria oxidise ammonia (NH_3) to nitrite and nitrate, and methanotrophic bacteria use methane (CH_4) as a source of carbon and energy. Multiple parameters influence the performance of this system, such as the retention time, the ambient conditions and the type of medium. To increase knowledge of the effectiveness of biofiltration in reducing NH_3 and greenhouse gas emissions, two biofilters (A and B) on pig farms were studied. Biofilter A treated the air from a fattening building with 1 800 places, whereas biofilter B treated air from a post-weaning building with 1 536 places. The medium consisted of wood chips. The size of the biofilters was set so that they would retain air for at least 5 seconds. The effectiveness of the biofilters was measured, during hot and cold periods, for periods of 3-15 days. A reduction in NH_3 emissions of $45 \pm 10\%$ and $57 \pm 20\%$ and in CH_4 emissions of $25 \pm 10\%$ and $22 \pm 24\%$ were observed for biofilters A and B, respectively. However, biofiltration had no influence on nitrous oxide emissions. These measurements made it possible to confirm the effectiveness of biofiltration in reducing NH_3 and CH_4 emissions from pig farms and identify key points for optimizing it, such as a sufficiently porous and humid medium and a retention time of at least 5 seconds.

INTRODUCTION

La biofiltration consiste à traiter l'air vicié sortant des porcheries par l'action de micro-organismes présents au sein d'un substrat à travers lequel passe l'air à traiter. Les premiers essais conduits sur des équipements pilotes à la Chambre d'Agriculture, montraient un fort niveau d'abattement sur l'ammoniac, pouvant atteindre 80% à 90% mais également que les performances du biofiltre étaient très sensibles aux conditions atmosphériques (Dumont *et al.* 2014). Afin d'améliorer les connaissances sur cette technique et d'identifier les points de vigilance, l'efficacité de deux biofiltres sur la réduction des émissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre a été analysée dans des élevages équipés en Bretagne et Pays de la Loire.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Description des deux biofiltres suivis

Les biofiltres sont installés dans deux élevages différents (Tableau 1). Le biofiltre A est utilisé pour traiter l'air extrait des bâtiments d'engraissement alors que le biofiltre B traite l'air d'un bâtiment de post sevrage. Tout l'air extrait des bâtiments concernés passe au travers des biofiltres. Les substrats utilisés sont des déchets de haies pour les deux biofiltres, formant une couche de 80 cm (biofiltre A) et 50 cm (biofiltre B). Les deux biofiltres ont été dimensionnés pour un temps de passage de l'air au travers de la couche de substrat de 5 secondes minimum.

Tableau 1 - Caractéristiques des biofiltres suivis

	Biofiltre A	Biofiltre B
Stade Physiologique	Engraissement	Post-sevrage
Nombre de place	1800	1536
Surface du biofiltre m ²	110	96
Volume du substrat m ³	88	48
Hauteur du substrat m	0,8	0,5

1.2. Méthode de mesure de l'effet de la biofiltration sur les émissions gazeuses

L'efficacité des deux biofiltres a été mesurée à la fois en période chaude et en période froide.

Des mesures de concentrations en ammoniac (NH_3), en méthane (CH_4) et en protoxyde d'azote (N_2O) ont été réalisées en continu à l'aide d'un analyseur de gaz photoacoustique INNOVA couplé à un échantillonneur d'air avant et après biofiltration. La température et l'hygrométrie de l'air à traiter avant biofiltration, et de l'air après biofiltration, ainsi que les paramètres d'ambiance extérieure ont été enregistrées toutes les heures durant l'essai à l'aide de sondes TH VOLTCRAFT.

En période chaude, la durée de mesures a été de 15 jours pour le biofiltre A (16/05 au 30/05) et 11 jours pour le biofiltre B (30/05 au 09/06). En période froide, elle a été de 9 jours, pour les deux biofiltres, complètement utilisables pour A (07/11 au 15/11), mais réduite à seulement 3 jours exploitables pour B (10/10 au 12/10), lié à un dysfonctionnement du matériel.

2. RESULTATS ET DISCUSSIONS

2.1. Efficacité sur la réduction des émissions d'ammoniac

La biofiltration permet de réduire les émissions d'ammoniac en moyenne de respectivement $45 \pm 10\%$ et $57 \pm 20\%$ pour les biofiltres A, B. Cette réduction est expliquée par i) le développement de bactéries nitrifiantes autotrophes au sein du substrat (Kristiansen *et al.*, 2011) et ii) un temps de passage suffisant pour permettre aux bactéries nitrifiantes oxydantes d'oxyder l'ammoniac. Un minimum de 5 secondes de temps de passage est préconisé pour avoir un taux d'efficacité optimal (Zeisig, 1987 ; Nicolai et Janni, 1999).

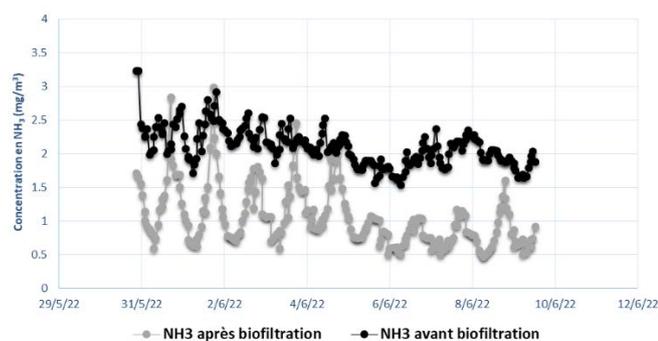


Figure 1 - Concentration en ammoniac (NH₃) avant et après biofiltration de l'élevage B en période chaude

La figure 1 présente l'évolution des concentrations en NH₃ en amont et aval du biofiltre B au cours de la période chaude. On observe trois pics où la concentration en NH₃ est plus élevée après qu'avant biofiltration, témoignant d'un relargage de l'ammoniac. Ce phénomène peut s'expliquer par une humidité insuffisante entraînant une réduction de l'activité des micro-organismes présents au sein du substrat. L'humidité recommandée varie entre 40 et 60% dans le biofiltre (Dumont *et al.* 2014 et Ottengraf *et al.* 1986) et la gamme de température permettant aux micro-organismes d'être les plus actifs se situe entre 21 et 31 °C.

La réalisation des mesures en période climatiques contrastées a montré une corrélation linéaire négative ($R = -0,7$) entre la température de l'air extérieur et la concentration en NH₃ avant biofiltration, lié au débit de ventilation inférieur en période froide et supérieur en période chaude (Dourmad *et al.*, 2008).

2.2. Efficacité sur la réduction des émissions des GES

Les mesures montrent que la biofiltration permet de réduire les émissions de méthane en moyenne de respectivement $25 \pm 10\%$ et $22 \pm 24\%$ pour les biofiltres A, B témoignant de l'action des bactéries méthanotrophes installés au sein du

substrat (Veillette *et al.* 2015). Une corrélation linéaire positive était observée entre la température de l'air extérieur et la concentration en CH₄ avant biofiltration ($R = 0,51$).

Par ailleurs, pour le biofiltre B, on observe à certaines périodes une augmentation de la teneur en méthane après biofiltration, signe d'un substrat compacté favorisant le développement des bactéries anaérobies comme les bactéries méthanogènes produisant le méthane (Figure 2).



Figure 2 - Concentration en méthane (CH₄) avant et après biofiltration de l'élevage B en période froide

Le choix du substrat du biofiltre est critique dans la conception d'un biofiltre. Pour qu'un biofiltre fonctionne efficacement, le substrat doit fournir un environnement approprié pour la croissance microbienne respectant certaines conditions comme une porosité élevée pour permettre à l'air de circuler facilement et une capacité de rétention d'humidité, une teneur suffisante en nutriments, et une décomposition lente du substrat lui-même (Schmidt *et al.* 2020). En revanche, aucun effet significatif du biofiltre sur la réduction des émissions du N₂O n'a été observé.

CONCLUSION

En conclusion, cette étude confirme l'efficacité des biofiltres sur la réduction des émissions d'ammoniac et de méthane dans les élevages porcins. Cependant, une gestion précise des conditions environnementales et du substrat est essentielle pour optimiser leur performance. La biofiltration offre ainsi une solution prometteuse pour atténuer l'impact environnemental de l'élevage porcin.

REMERCIEMENTS

Cette étude a bénéficié du soutien financier de la société I-TEK et Programme Régional pour le Développement Agricole et Rural Bretagne. Les auteurs remercient les éleveurs de porcs ayant participé à l'étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Dourmad J.-Y., Moset-Hernandez V., Espagnol S., Hassouna M., Rigolot C., 2008. Modélisation dynamique de l'émission et de la concentration d'ammoniac dans un bâtiment d'engraissement de porcs. Journées Rech. Porcine, 40, 267-268.
- Dumont E., Hamon L., Lagadec S., Landrain P., Landrain B., Andres Y., 2014. Traitement d'air de porcherie par biofiltration. Journées Rech. Porcine, 46, 207-208.
- Kristiansen A., Pedersen K.H., Nielsen P.H., Nielsen L.P., Nielsen J.L., Schramm A., 2011. Bacterial community structure of a full-scale biofilter treating pig house exhaust air. Syst. Appl. Microbiol., 34(5), 344e352.
- Nicolai R.K., Janni K.A., 1999. Biofiltration - adaptation to livestock facilities. In Proceedings of the 1999 ASAE Annual International Meeting, Paper No. 994062, Milwaukee, Wisconsin.
- Ottengraf S.P.P., 1986. Exhaust gas purification. Biotechnology, a Comprehensive Treatise, Vol. 8, pp. 426-452.
- Schmidt D., Jacobson L., Nicolai R., 2020. Biofilter design information - University of Minnesota, 28 p.
- Veillette M., Girard M., Viens P., Brzezinski R., Heitz M., 2012. Function and limits of biofilters for the removal of methane in exhaust gases from the pig industry. Appl. Microbiol. Biotechnol., 94, 601-611.
- Zeisig, H.D., Munchen T.U., 1987. Experiences with the use of biofilters to remove odours from piggeries and hen houses. In Volatile Emissions from Livestock Farming and Sewage Operations, Edited by V.C. Neilson J.H. Voorburg and P. L'Hermite. Elsevier Applied Science, 209-216.