

Lavage d'air en porcheries : contrôle du fonctionnement par mesure de conductivité

Éric DUMONT (1), Solène LAGADEC (2), Nadine GUINGAND (3), Laurence LOYON (4), Abdeltif AMRANE (5),
Annabelle COUVERT (5)

(1) UMR CNRS 6144 GEPEA, IMT Atlantique, 44307 Nantes, France

(2) Chambre d'agriculture de Bretagne, rue Le Lannou, 35042 Rennes, France

(3) IFIP Institut du porc, La Motte au Vicomte, 35651 Le Rheu, France

(4) INRAE UR OPAALE, 17 avenue de Cucillé, 35044 Rennes, France

(5) Univ Rennes, École Nationale Supérieure de Chimie de Rennes, CNRS, ISCR-UMR 6226, 35000 Rennes, France

eric.dumont@imt-atlantique.fr

Avec la collaboration de Delphine Loiseau (3), Pierre Le Devehat (2) et Valérie Courousse (5)

Air scrubbers: functional monitoring by measuring conductivity

Ammonia emitted by piggeries can be removed with an air scrubber: the polluted air crosses an inert packing material continuously moistened with water from a buffer tank. Ammonia absorbed by the water is converted to ammonium (NH_4^+) and then oxidized to nitrite (NO_2^-) and nitrate (NO_3^-) by microorganisms in the water. Since ammonia is highly water soluble, a removal efficiency of 70-80% can be expected. However, the accumulation of nitrogen ions ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) in the water causes the treatment efficiency to decrease. It is therefore necessary to improve management of air scrubbers by monitoring the water to determine how much should be replaced with fresh water to decrease accumulation of dissolved nitrogen ions. Water samples from six air scrubbers were collected and analyzed. This study supported the hypothesis of a correlation between electrical conductivity of water in the buffer tank and its amount of dissolved nitrogen ions. The linear regression determined was: $\Sigma([\text{NH}_4^+] + [\text{NO}_2^-] + [\text{NO}_3^-]) \text{ g}_\text{N} \text{ L}^{-1} = 0.22 \text{ EC mS cm}^{-1}$ (accuracy $\pm 20\%$, $R^2=0,945$). Therefore, the amount of nitrogen ions dissolved in the water can be estimated by measuring electrical conductivity.

INTRODUCTION

Le lavage d'air est considéré comme une technique efficace et économique pour réduire les émissions d'ammoniac des élevages porcins. Son principe est basé sur la solubilisation dans l'eau de certains composés gazeux. Ainsi, une fois l'ammoniac (NH_3) absorbé dans l'eau, il est d'abord converti en ammonium (NH_4^+) qui est ensuite oxydé en ions nitrites (NO_2^-), puis en ions nitrates (NO_3^-) par la biomasse présente dans l'eau. L'ammoniac étant très soluble, un taux d'abattement d'environ 70 à 80% est attendu. Cependant, l'accumulation dans l'eau de lavage de quantités élevées d'ions azote (principalement sous les formes NH_4^+ , NO_2^- et NO_3^-) entraîne une diminution de l'efficacité de cette technique avec le temps. Une partie de l'eau du réservoir doit alors être évacuée et remplacée par de l'eau propre, ce qui requiert une bonne gestion de l'équipement. Un contrôle de la qualité de l'eau d'un laveur d'air pourrait être obtenu par la mesure de la conductivité électrique (CE) de l'eau.

Les objectifs de cette étude étaient donc de mettre en évidence de manière expérimentale que la conductivité électrique et la quantité d'ions azote dissous dans l'eau pouvaient être corrélés sur une large plage de concentrations en azote et d'établir l'équation reliant ces deux paramètres.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Échantillonnage d'eau de lavage

Des échantillons d'eau provenant de 6 laveurs d'air en fonctionnement dans des exploitations bretonnes ont été analysés au cours de deux campagnes de mesures (printemps 2017 pour les sites n° 1, 2, 3, 4 ; automne 2017 pour les sites n° 1, 2, 5, 6). Par campagne de mesure et pour chaque laveur d'air, deux échantillons d'eau ont été prélevés, à la surface et au fond du réservoir (appelés, respectivement, « eau de surface » et « eau profonde »). Pour le site n° 4, le nombre d'échantillons a été doublé. Pour chaque échantillon d'eau, les paramètres suivants ont été déterminés : conductivité électrique, concentrations en ions NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- et en azote total.

1.2. Analyses

La conductivité électrique a été mesurée au moyen d'un conductimètre (WTW Cond 340i, Weilheim, Allemagne) avec correction de température. Les mesures ont ensuite été normalisées à 25 °C. Les ions NO_2^- et NO_3^- ont été analysés à l'aide d'un chromatographe ionique DIONEX DX120 (ThermoFischer Scientific, USA), équipé d'un détecteur de conductivité utilisant une colonne échangeuse d'anions AS19

(4 x 250 mm) comme phase stationnaire, de l'eau comme phase mobile et du KOH comme éluant (débit 1 mL min⁻¹). La concentration en ions NH₄⁺ a été obtenue par spectrophotométrie de Nessler à la longueur d'ondes de 420 nm. Enfin l'azote total a été mesuré par un analyseur organique total Shimadzu TOC-VCPH/CPG (Société Shimadzu, France). Les composés azotés dissous ont été brûlés et convertis en oxyde d'azote (NO) puis en dioxyde d'azote (NO₂), ce composé étant in fine analysé par chimiluminescence.

2. RESULTATS

2.1. Répartition des ions NH₄⁺, NO₂⁻ et NO₃⁻ dans les eaux de lavage

D'après Ottosen et al. (2011), l'ion NH₄⁺ étant le seul cation suffisamment disponible pour contrebalancer les anions produits, la concentration en NH₄⁺ et la concentration en anions (NO₂⁻ + NO₃⁻) dans l'eau doivent être équilibrées. Dans notre étude, l'équilibre entre le cation et les deux anions n'a pas toujours été atteint et des écarts importants ont pu être obtenus (figure 1). Néanmoins, les résultats expérimentaux indiquent que les concentrations en cations (NH₄⁺) et en anions (NO₂⁻ + NO₃⁻) étaient généralement du même ordre de grandeur. De plus, il convient de noter que les valeurs mesurées sont similaires entre « eau de surface » et « eau profonde », ce qui indique qu'une erreur dans la procédure de mesure peut être raisonnablement exclue.

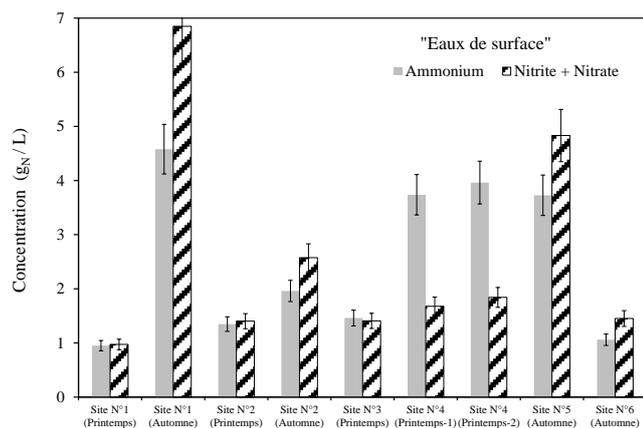


Figure 1 – Concentrations en azote mesurées dans les eaux de surface

2.2. Corrélation entre conductivité électrique et concentrations ioniques

Les résultats présentés en figure 2 indiquent qu'il existe une relation linéaire entre la concentration en ions azote dans l'eau (somme des ions ammonium, nitrites et nitrates) et la conductivité électrique de l'eau. Ainsi, la régression linéaire suivante a été obtenue :

$\Sigma([\text{NH}_4^+] + [\text{NO}_2^-] + [\text{NO}_3^-]) = 0,22 \text{ CE}$ (précision $\pm 20\%$, $R^2=0,945$) avec $\Sigma[\text{NH}_4^+] + [\text{NO}_2^-] + [\text{NO}_3^-]$ en g_N L⁻¹ et CE en mS cm⁻¹

Une relation linéaire est également observée entre la concentration en NH₄⁺ et la conductivité électrique :

$$[\text{NH}_4^+] = 0,11 \text{ CE} \text{ (précision } \pm 15\%, R^2=0,912)$$

avec [NH₄⁺] en g_N L⁻¹ et CE en mS cm⁻¹

Compte tenu de la précision des mesures sur une vaste gamme de concentrations en azote (jusqu'à 12 g_N L⁻¹), ces résultats sont en accord avec les données présentées par Melse et al. (2012) et par Lagadec et al. (2015). De plus, il convient de noter que le rapport entre les pentes des équations obtenues ($[\text{NH}_4^+] + [\text{NO}_2^-] + [\text{NO}_3^-]/\text{CE}$ et $[\text{NH}_4^+]/\text{CE}$) est de 2, ce qui correspond à la valeur attendue, les divergences mentionnées précédemment au niveau de la répartition des ions dans les eaux de lavage s'équilibrant mutuellement.

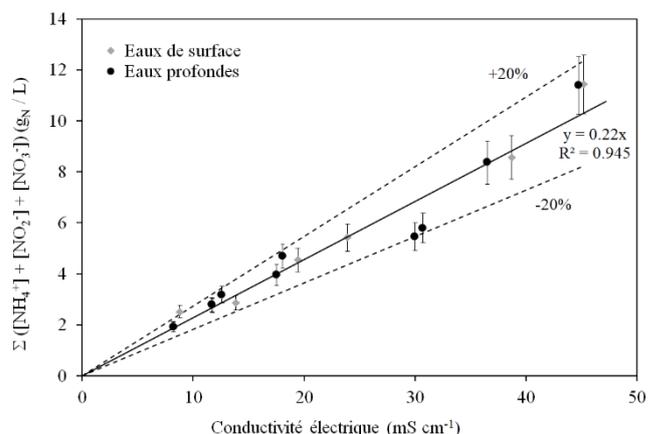


Figure 2 – Relation entre concentration en azote et conductivité électrique des eaux de lavage

CONCLUSION

La corrélation entre la conductivité électrique et la quantité d'ions azote dissous dans l'eau d'un laveur d'air a été mise en évidence. Par conséquent, la quantité d'azote dissous dans les eaux des laveurs d'air pourrait être facilement contrôlée par la régulation de la conductivité électrique. De plus, la distribution entre ions ammonium et les anions (NO₂⁻ + NO₃⁻) dans l'eau pourrait être aisément obtenue. À ce jour, des études expérimentales sont menées sur un laveur d'air dans un élevage porcin afin d'étudier l'effet du contrôle de la conductivité électrique sur l'efficacité de l'élimination de l'ammoniac.

Les auteurs remercient l'ADEME et le ministère de la transition écologique et solidaire pour son soutien financier (projet TARA PRIMEQUAL n° 1660C0014) ainsi que les groupements de porcs partenaires du projet : Porc Armor Evolution, Evel'Up et le Guessant.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Lagadec, S., Bellec, F., Masson, L., Dappelo, C., Landrain, P., Guingand, N., 2015. Enquête sur 31 laveurs d'air de porcherie en Bretagne, clés d'amélioration de l'efficacité sur l'abattement de l'ammoniac. Journées Rech. Porcine, 47, 177–182.
- Melse, R. W., Ploegaert, J. P. M., Ogink, N. W. M., 2012. Biotrickling filter for the treatment of exhaust air from a pig rearing building: Ammonia removal performance and its fluctuations. Biosyst. Eng. 113(3), 242–252.
- Ottosen, L. D. M., Juhler, S., Guldberg, L. B., Feilberg, A., Revsbech, N. P., Nielsen, L. P., 2011. Regulation of ammonia oxidation in biotrickling airfilters with high ammonium load. Chemical Engineering Journal, 167(1), 198–205.