



Comparaison de méthodes pour une mesure rapide de la concentration en ammoniac en porcherie d'engraissement

Nadine GUINGAND (1), Romain DUBREUIL (2), Cyril HERRIER (2), Rachid MOUFLIH (3)

(1) IFIP-Institut du Porc, La Motte au Vicomte, BP 35104, 35651 Le Rheu Cedex, France

(2) ARYBALLE, 38000 Grenoble, France

(3) HEMERA, 25 Avenue du Granier, 38240 Meylan, France

nadine.quingand@ifip.asso.fr

Comparison of three methods for rapid measurement of ammonia concentration in pig-fattening housing

The ability of France to meet its European Union commitments to decreasing ammonia emissions requires better knowledge of concentrations in all sectors, including the pig sector. Thus, measuring equipment should provide reliable data and be easily used on farms. The aim of this study was to compare three types of measuring equipment used in a fattening room of Ifip's experimental farm. The room housed 54 pigs that weighed ca. 50 kg each, were kept on a fully slatted floor and had their slurry stored in a pit below the floor. The three types of equipment were an infrared photoacoustic analyser (Innova 1512, Lumasens Technologies, Denmark) that continuously measures ammonia, N₂O, CH₄ and CO₂; an opto-electronic nose (NeOse Advance, Aryballe, France) with a silicon-based optical sensor; and an ultraviolet (UV) spectrophotometer (G800, Hemera, France) that uses the spectral signature of ammonia. Each type of equipment was placed in the middle of a pen at ca. 1.8 m high and operated for 20 hours. The mean concentration of ammonia measured by the infrared photoacoustic analyser was 3.0 ± 0.6 ppm, which agreed with that observed previously under the same conditions and in the literature. The mean concentration measured by the opto-electronic "nose" and the UV spectrophotometer differed little: 2.5 ± 0 and 2.4 ± 0.8 ppm, respectively. These two types of equipment appeared more adaptable to measurements under commercial conditions than the gas analyser currently used for research on gaseous emissions from pig production.

INTRODUCTION

Le respect des engagements européens de la France sur la réduction des émissions d'ammoniac passe par une meilleure connaissance des concentrations, entre autres, au niveau des bâtiments des élevages porcins. Le nombre d'élevages de porcs en France et leurs diversités techniques représentent un niveau de difficulté supplémentaire dans l'acquisition de cette connaissance. L'utilisation de méthodologies de mesure robustes et facilement déployables en conditions d'élevage pourrait permettre d'améliorer rapidement l'inventaire des concentrations et émissions d'ammoniac dans les élevages. L'objectif de ce premier essai est de comparer les valeurs de concentration en ammoniac obtenues dans l'ambiance d'une porcherie avec trois équipements de mesures correspondant à trois méthodes de mesures différentes.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Description des conditions de mesures

Les équipements de mesures ont été installés dans une salle d'engraissement de la station expérimentale de l'Ifip à Romillé (35). La salle abrite un total de 54 porcs à l'engraissement d'environ 50 kg, élevés sur caillebotis intégral béton avec stockage des effluents en préfosse sur la durée de présence des animaux. La ventilation de la salle est dynamique avec une entrée d'air par plafond diffuseur et une extraction basse sous caillebotis. Les conditions d'élevage sont représentatives des conditions nationales d'élevage des porcs charcutiers.

1.2. Présentation des méthodes de mesures

La première méthode repose sur l'utilisation d'un analyseur photoacoustique à infra-rouge permettant la mesure simultanée de l'ammoniac (NH₃), du protoxyde d'azote (N₂O), du méthane (CH₄) et du dioxyde de carbone (CO₂ - Innova 1512 multigaz, Lumasens Technologies A/S, Danemark). Le prélèvement d'air se fait dans l'ambiance par l'intermédiaire d'un tuyau inerte en PTFE relié à un échantillonneur 6 voies (Innova 1409, Lumasens Technologies A/S, Danemark) qui l'achemine vers l'analyseur pour une mesure toutes les minutes. A l'issue du cycle d'analyses, l'appareil affiche et stocke une concentration pour chaque gaz mesuré exprimée en mg.m⁻³. Dans notre essai, cette méthode est considérée comme la méthode de référence à laquelle seront comparées les deux autres méthodes.

La deuxième méthode utilise un nez opto-électronique (Neose Advance, Aryballe, France). Cette technologie utilise une méthode optique (interférométrie Mach-Zehnder) sur support silicium. Si la précision sur la mesure de l'ammoniac est un peu moins bonne que les technologies onéreuses de laboratoire, le potentiel de miniaturisation et de réduction des coûts en font un outil pertinent pour le déploiement sur site. Par ailleurs, d'autres composés aminés que l'ammoniac peuvent être détectés pour compléter la mesure. L'apprentissage est réalisé en utilisant les données effectuées sur site, en prenant comme référence l'Innova 1512. La prédiction est alors effectuée le lendemain en utilisant ces données d'apprentissage. Ici, l'équipement est utilisé dans une phase exploratoire, ainsi seuls quelques points de mesure sont réalisés.

La troisième méthode utilise un spectrophotomètre ultra-violet (G800, Hemera, France). La signature de l'ammoniac est très particulière dans le domaine UV ce qui permet de le quantifier précisément après avoir effectué une calibration en laboratoire. L'appareil embarque tous les calculs nécessaires pour traduire le spectre obtenu en une valeur de concentration de l'échantillon analysé, ce qui le rend facile d'utilisation. Assez compact et intuitif, il est à mi-chemin entre l'instrumentation scientifique de laboratoire et les systèmes de capteur gaz peu onéreux. L'affichage instantané de la concentration mesurée permet un suivi rapide des mesures effectuées en temps réel. Lors des tests effectués à Romillé, la fréquence de mesure a été fixée à 10 secondes. Ce paramètre est aisément modifiable grâce à l'Interface Homme-Machine (IHM) de l'analyseur G800.

Les trois équipements (Photo 1) ont été mis en œuvre en simultané sur une période de 20 heures entre le 07 et le 08 juin 2023 correspondant à la fin de la phase de croissance des porcs à l'engraissement.

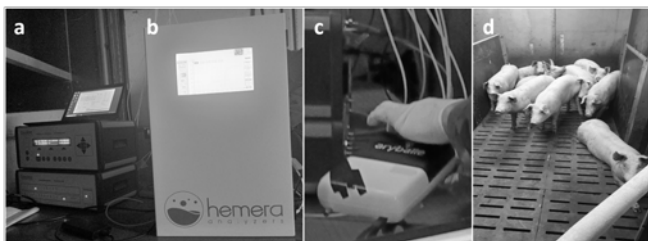


Photo 1 - Les trois équipements de mesure (a-Innova, b-Neose Advance, c-G800, d-salle d'engraissement)

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Conditions d'ambiance

Sur la période de mesure, la température moyenne de l'ambiance de la salle a été de $27,0 \pm 1,2$ °C alors que la température extérieure était de $24,5 \pm 7,4$ °C. L'hygrométrie ambiante était de $56,9 \pm 3,2\%$ vs $98,0 \pm 4,7\%$ pour l'hygrométrie extérieure. Les conditions d'ambiance sont représentatives de la période d'étude et du stade de croissance des animaux.

2.2. Concentrations en ammoniac

Sur la période de mesure, la concentration en ammoniac mesurée par l'analyseur photo-acoustique Innova a été de $3,0 \pm 0,6$ ppm. Cette valeur est en accord avec les concentrations déjà mesurées sur ce site dans des essais antérieurs en période estivale mais aussi aux valeurs de la littérature internationale donnant des valeurs de 2 à 15 ppm selon le type de sol, l'âge des animaux, la saison et le mode de gestion des effluents (Lagadec *et al.*, 2018).

La figure suivante illustre les valeurs de concentrations en ammoniac mesurées par les trois équipements. Les valeurs obtenues sont très proches avec respectivement une moyenne calculée de $2,4 \pm 0,8$ ppm et $1,4 \pm 0,5$ ppm pour le G800 d'Hemera et le NeoNose Advance d'Aryballe vs $3,0 \pm 0,6$ pour l'analyseur Innova (Figure 1).

2.3. Avantages et limites de chaque équipement

L'analyseur Innova est largement utilisé dans le domaine de la R&D en élevages du fait de la robustesse des données acquises. Cependant, son adaptabilité à des mesures à grande échelle en élevages commerciaux est limitée. L'appareil nécessite un échantillonneur et un ordinateur pour sa commande. De plus, il est nécessaire d'installer une voie de prélèvement (tuyau PTFE) pour assurer l'échantillonnage. Pour finir, la fragilité de l'équipement ne permet pas de le laisser sur une période plus ou moins longue dans l'ambiance d'une salle du fait du risque de corrosion et d'encrassement (particules).

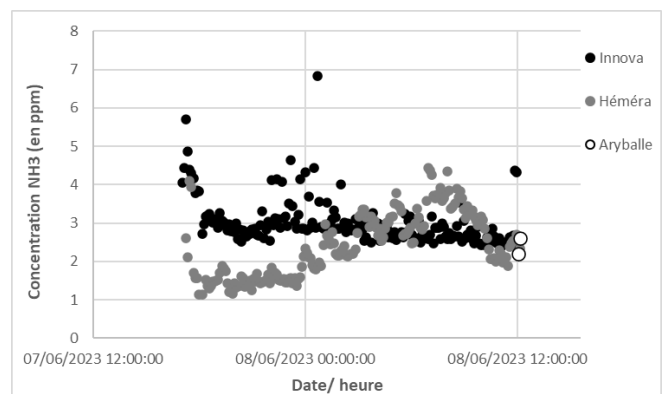


Figure 1 - Concentrations en ammoniac mesurées par les trois équipements

L'analyseur Hemera est un équipement compact et mobile ce qui lui permet d'être facilement déplacé d'une salle à une autre. Son interface permet aisément de suivre la valeur de la concentration, que ce soit grâce à la dernière valeur de concentration mesurée ou par la visualisation de la cinétique sur un graphique. L'exposition à un environnement très poussiéreux pourrait nécessiter l'installation d'une membrane filtrante en vue de protéger les optiques de mesures.

Le capteur Aryballe présente l'avantage d'être très compact - il est basé sur une technologie silicium. Les coûts peuvent donc devenir très bas dans une version industrialisée. Il présente également l'avantage de pouvoir être utilisé sur le terrain à condition d'installer de simples filtres. L'inconvénient de ce système est la difficulté de corréliser les concentrations terrain avec les concentrations mesurées en laboratoire. Ainsi, des apprentissages sur le terrain sont réalisés pour améliorer la robustesse des modèles et la performance.

CONCLUSION

Les premiers résultats obtenus lors de cet essai sont encourageants et permettent d'imaginer la mise en œuvre à plus grande échelle (temps et situations d'élevage) de ces équipements pour confirmer leurs intérêts.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Lagadec S., Guingand N., Truchau P., Gabrysiak L., Guinot L., Hassouna M., 2018. Exposition des travailleurs à l'ammoniac et aux particules PM2,5 durant l'alimentation des porcelets et le tri des porcs charcutiers. Journées Rech. Porcine 50, 1-6.