

# CONCEPTION D'UN BANC EXPÉRIMENTAL POUR L'ÉTUDE DES ÉMISSIONS D'AÉROSOLS CHEZ LE PORC

A. Boulbair<sup>\*1</sup>, L. Ait Ali Yahia<sup>1</sup>, E. Robine<sup>2</sup>, TL Ha<sup>2</sup>, E. Géhin<sup>1</sup>, F. Paboef<sup>3</sup>, J.M.Guionnet<sup>3</sup>, C. Fablet<sup>3</sup> et N. Rose<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Univ Paris-Est Creteil, CERTES, F-94010 Creteil, France

<sup>2</sup>Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), 77420, France

<sup>3</sup>Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzane-Niort, 22440 Ploufragan, France

\*Courriel de l'orateur : amir.boulbair@u-pec.fr

## TITLE

**Design of an experimental bench for studying airborne emissions from pigs**

## ABSTRACT

In this work, we designed and tested a first experimental bench for the estimation of aerosol exhalations in pigs. This new bench, modular and transportable, has been adapted to handling in protected experimental facilities of biosafety level A3. It allows emission measurements in a controlled environment. In addition to the characterization of bioaerosols produced by the animal, this bench allows controlling the concentration of particles using an Aerosol Particle sizer (APS). A first characterization to determine the rate of deposition on the bench has been performed. As well as primo measurements in animal house on healthy pigs.

## RESUME

Dans ce travail, nous avons conçu et testé un premier banc expérimental pour l'estimation des exhalaisons d'aérosols chez le porc. Ce nouveau banc, modulable et transportable, a été adapté à la manipulation dans des installations expérimentales protégées de niveau de biosécurité A3. Il permet de réaliser des mesures d'émission dans un environnement contrôlé. Outre la caractérisation des bioaérosols produits par l'animal, ce banc permet de contrôler la concentration en particules en utilisant un Aerosol Particle sizer (APS). Une première caractérisation pour déterminer le taux d'épuration et de dépôt du banc a été réalisée ainsi que des primomesures en animalerie sur des porcs exempts d'organismes pathogènes spécifiés de l'espèce ou EOPS.

**KEYWORDS:** Experimental bench, exhaled particles, infected swine models, emission rate. / **MOTS-CLÉS :** Banc expérimental, particules exhalées, modèles porcins infectés, taux d'émission.

## 1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Si les bâtiments et plus largement les environnements bâtis sont synonymes pour leurs occupants de bien-être et de protection contre les agressions du monde extérieur, ils constituent aussi un lieu favorable à la transmission de nombreuses infections. La pandémie actuelle nous interroge ainsi sur le rôle essentiel de ces espaces et pose notamment la question de leur importance dans la transmission virale, et les moyens pour nous en prémunir. Hormis les voies de contamination par contact direct ou indirect, pour lesquelles les mesures de distanciation physique et d'hygiène ont déjà fait leurs preuves d'efficacité, les modalités d'exposition à une émission d'aérosols contenant des pathogènes, notamment à partir des voies respiratoires, n'ont pas encore trouvé de réponses satisfaisantes.

Cette présentation s'inscrit ainsi dans le cadre d'un programme de recherche sur le risque pandémique dans les environnements bâtis. Il est porté par un consortium pluridisciplinaire : Institut Pasteur, UPEC-CERTES, Anses, CSTB, IUCP Quebec ; dont l'enjeu scientifique est de mieux appréhender les mécanismes de transmission des aéropathogènes.

En France et à l'international, de nombreuses équipes ont œuvré pour modéliser le transport et l'exposition des occupants des environnements intérieurs à l'aérosol de Sars-Cov-2. Pour autant, quels que soient le niveau de raffinement et l'approche retenue, ces travaux manquent toujours cruellement de données expérimentales relatives au terme source pour affermir leur projection et proposer, le cas échéant, une évaluation robuste du risque de transmission aéroportée.

La littérature montre l'existence d'un corpus de recherches sur les maladies humaines transmises par voie aérienne axé sur l'étude des événements " expiratoires ". Ainsi, il est démontré que les activités modérées (respiration normale, parole), violentes (toux, éternuement) ou intermédiaires (cri, chant, respiration forcée...), génèrent, par des processus d'atomisation du mucus qui se produisent dans les voies respiratoires, une quantité importante de particules dont le nombre, le volume et la proportion par taille sont variables (Bourouiba et al., 2014; Dhand & Li, 2020; Duguid, 1946; Fennelly et al., 2004; Jennison, 1942; Johnson & Morawska, 2009; Lindsley et al., 2013; Morawska, 2006; Morawska et al., 2009; Papineni & Rosenthal, 1997; Yang et al., 2007). Pour autant la dimension biologique de l'émission est souvent le parent pauvre de ces études. Et dans la pratique, la plupart de expérimentations décrivent l'utilisation de bancs qui négligent la fraction supermicronique des aérosols émis (Mahjoub Mohammed Merghani et al., 2021).

Dans ce contexte, le premier objectif du travail entrepris porte sur la conception d'un banc expérimental permettant la caractérisation du terme source (animal ou humain) en focalisant sur la dimension biologique en termes de charge aéroportée dès la première phase d'excrétion.

Sur le thème des bronchiolites à virus respiratoire syncytial (Hersen et al., 2008), un premier banc avait déjà été développé par le CERTES et le CSTB pour la collecte des émissions oropharyngées chez l'Homme. Les enjeux sont ici d'améliorer ce premier outil, tout particulièrement son efficacité de collecte des aérosols infectieux dans le domaine supermicronique, tout en intégrant les contraintes inhérentes à la manipulation d'animaux dans des installations expérimentales protégées de niveau de biosécurité A3 de l'Anses.

## 2. PRESENTATION DU BANC DE CARACTERISATION DES EMISSIONS RESPIRATOIRES

Le banc est présenté dans la figure 1. Afin de limiter les pertes des particules supermicroniques au moment de l'émission, le banc, de forme cylindrique, permet une insertion étanche du groin de l'animal. Son dimensionnement est ajusté en regard des débits ventilatoires de l'animal. Les excréments sont entraînés en dynamique par un écoulement d'air calibré, filtré vers la métrologie positionnée en partie basse du banc. Le flux d'éjection des aérosols est ainsi rabattu et les pertes minimisées. Le débit des écoulements exploité pour ventiler le banc est équilibré avec les débits des moyens métrologiques mis en œuvre (collecte et analyse en ligne) et permet une respiration non contrainte de l'animal. Une dérivation des moyens de collecte permet de ventiler le banc indépendamment de la phase de collecte.

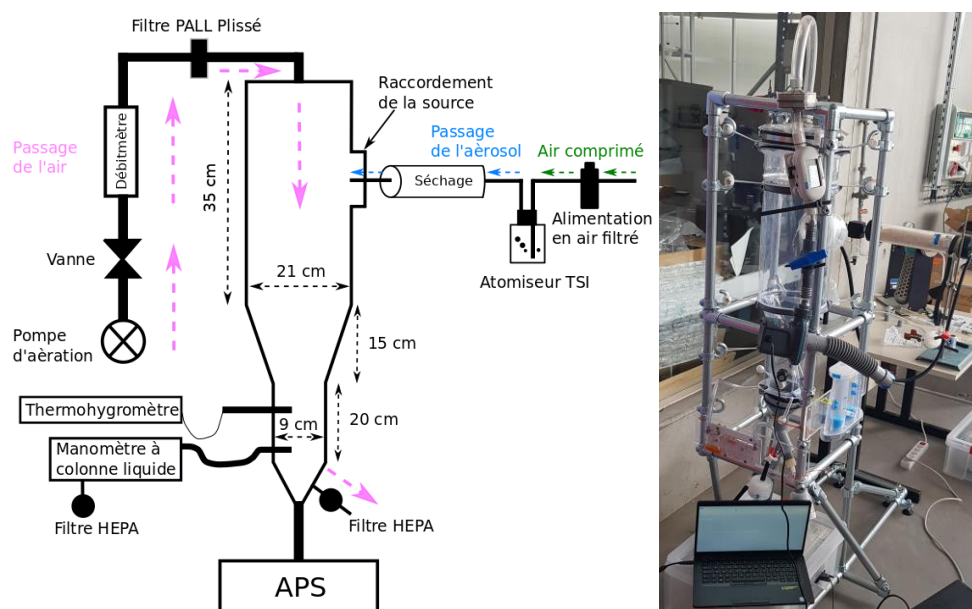


Figure 1. Schéma et photographie du banc expérimental.

Les dimensions du banc ont été orientées au regard des contraintes inhérentes aux dimensions de l'animalerie expérimentale. Le banc est fabriqué en PVC transparent, souple et antistatique et monté sur une structure en acier démontable et pliable facilitant son transport. Le cylindre comprend dans sa partie haute d'une ouverture circulaire sur laquelle est fixée un manchon ajustable et étanche. La ventilation et le conditionnement de l'air du banc sont assurés par une petite centrale de traitement d'air spécifique comprenant un groupe moto-ventilateur, une filtration particulaire très haute efficacité. L'air traité balaye le banc de façon descendante à l'aide d'un diffuseur réalisé à cet effet. Concernant la métrologie, outre la mesure des conditions environnementales (température et humidité), le banc associe un compteur aérodynamique à temps de vol (TSI/APS) et des dispositifs de collecte (BioSampler et impacteur) pour caractériser les bioaérosols émis. Une caractérisation physique à partir d'une production d'aérosols calibrés et des primo-essais sur des animaux EOPS ont été réalisés pour déterminer les limites d'utilisation du banc.

Le taux d'épuration du banc à l'aide d'aérosols calibrés a été estimé pour quatre débits de ventilation. Comme attendu, le taux d'épuration varie linéairement avec le débit de ventilation. Ces mesures permettent d'évaluer le taux de dépôt dans le banc en utilisant la méthode développée par (Géhin et al., 2008) avec la mesure du taux d'émission moyen pour des sources d'aérosols non constantes (sources intermittentes par exemple). Cette caractérisation du banc expérimental sera prochainement complétée au regard des conditions opératoires de température et d'humidité mesurées dans l'animalerie.

### 3. RÉFÉRENCES

- Bourouiba, L., Dehandschoewercker, E., & Bush, J. W. M. (2014). Violent expiratory events: On coughing and sneezing. *Journal of Fluid Mechanics*, 745, 537–563. <https://doi.org/10.1017/jfm.2014.88>
- Dhand, R., & Li, J. (2020). Coughs and Sneezes: Their Role in Transmission of Respiratory Viral Infections, Including SARS-CoV-2. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 202(5), 651–659. <https://doi.org/10.1164/rccm.202004-1263PP>
- Duguid, J. P. (1946). The size and the duration of air-carriage of respiratory droplets and droplet-nuclei. *Epidemiology and Infection*, 44(6), 471–479. <https://doi.org/10.1017/S0022172400019288>
- Fennelly, K. P., Martyny, J. W., Fulton, K. E., Orme, I. M., Cave, D. M., & Heifets, L. B. (2004). Cough-generated Aerosols of *Mycobacterium tuberculosis*: A New Method to Study Infectiousness. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 169(5), 604–609. <https://doi.org/10.1164/rccm.200308-1101OC>
- Géhin, E., Ramalho, O., & Kirchner, S. (2008). Size distribution and emission rate measurement of fine and ultrafine particle from indoor human activities. *Atmospheric Environment*, 42(35), Art. 35. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.07.021>
- Hersen, G., Moularat, S., Robine, E., Géhin, E., Corbet, S., Vabret, A., & Freymuth, F. (2008). Impact of Health on Particle Size of Exhaled Respiratory Aerosols: Case-control Study. *CLEAN - Soil, Air, Water*, 36(7), 572–577. <https://doi.org/10.1002/clen.200700189>
- Jennison, M. (1942). *Atomizing Of Mouth And Nose Secretions Into The Air As Revealed By High Speed Photography*. (American Association for the Advancement of Science ,AAAS publication no. 17). Moulton, F. R.
- Johnson, G. R., & Morawska, L. (2009). The mechanism of breath aerosol formation. *Journal of Aerosol Medicine and Pulmonary Drug Delivery*, 22(3), Art. 3. <https://doi.org/10.1089/jamp.2008.0720>
- Lindsley, W. G., Reynolds, J. S., Szalajda, J. V., Noti, J. D., & Beezhold, D. H. (2013). A Cough Aerosol Simulator for the Study of Disease Transmission by Human Cough-Generated Aerosols. *Aerosol Science and Technology: The Journal of the American Association for Aerosol Research*, 47(8), Art. 8. <https://doi.org/10.1080/02786826.2013.803019>
- Mahjoub Mohammed Merghani, K., Sagot, B., Gehin, E., Da, G., & Motzkus, C. (2021). A review on the applied techniques of exhaled airflow and droplets characterization. *Indoor Air*, 31(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1111/ina.12770>
- Morawska, L. (2006). Droplet fate in indoor environments, or can we prevent the spread of infection? *Indoor Air*, 16(5), 335–347. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2006.00432.x>
- Morawska, L., Johnson, G. R., Ristovski, Z. D., Hargreaves, M., Mengersen, K., Corbett, S., Chao, C. Y. H., Li, Y., & Katoshevski, D. (2009). Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities. *Journal of Aerosol Science*, 40(3), 256–269. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2008.11.002>
- Papineni, R. S., & Rosenthal, F. S. (1997). The Size Distribution of Droplets in the Exhaled Breath of Healthy Human Subjects. *Journal of Aerosol Medicine*, 10(2), 105–116. <https://doi.org/10.1089/jam.1997.10.105>
- Yang, S., Lee, G. W. M., Chen, C.-M., Wu, C.-C., & Yu, K.-P. (2007). The Size and Concentration of Droplets Generated by Coughing in Human Subjects. *Journal of Aerosol Medicine*, 20(4), Art. 4. <https://doi.org/10.1089/jam.2007.0610>