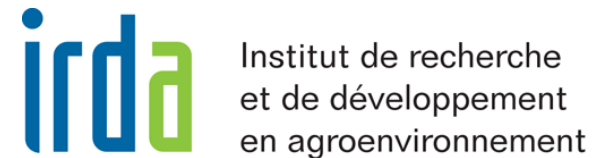


Réduire l'exposition des travailleurs aux gaz, odeurs, poussières et agents pathogènes humains présents dans les bâtiments porcins

V. Létourneau, A. Lévesque, J. Pilote, J. T. Gravel, C. Morin,
C. Gauthier, S. Godbout, S. P. Lemay, C. Duchaine et M. Girard



La recherche a été financée par :



Institut de recherche
Robert-Sauvé en santé
et en sécurité du travail



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada

Canada

Plan de la présentation

- Les gaz, les odeurs, les poussières et les bioaérosols des élevages de porcs
- Santé respiratoire des éleveurs
- Technologies et stratégies de réduction de l'exposition
- Les objectifs de l'étude
- La méthodologie et les résultats
- Les retombées pratiques

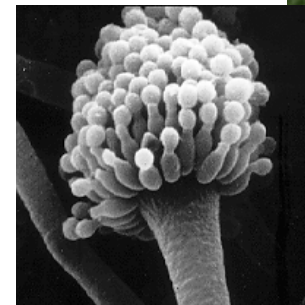
Les élevages de porcs du Québec

- 1,5 milliard de dollars par année
- 1 900 élevages de porcs, > 1 500 porcs par ferme
- 10 000 éleveurs de carrière :
 - Non-propriétaires
 - Responsables de l'élevage et de l'entretien dans plusieurs bâtiments
 - Passent la majeure partie de leur temps dans les bâtiments
 - Augmentation de l'exposition à l'environnement de travail



L'air des élevages de porcs

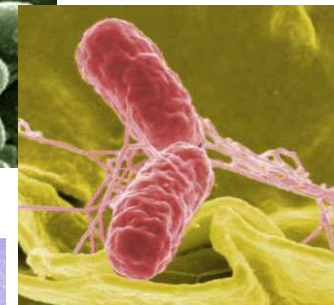
- Gaz :
 - Dioxyde de carbone (CO₂)
 - Ammoniac (NH₃), jusqu'à 36 ppm (Sun *et al.* 2010)
 - Sulfure d'hydrogène (H₂S), jusqu'à 0,39 ppm (Sun *et al.* 2010)
- Odeurs :
 - Jusqu'à 3 822 UO m⁻³ (Sun *et al.* 2010)
- Poussières totales (gravimétrie) :
 - Jusqu'à 9,6 mg m⁻³ (Pilote *et al.* 2019)
- Bioaérosols (contenu biologique) :
 - Bactéries
 - Proviennent principalement des lisiers (Nehmé *et al.* 2008)
 - Présentes jusqu'à 3,3 × 10⁹ bacteria m⁻³ (Pilote *et al.* 2019)
 - Moisissures
 - Virus



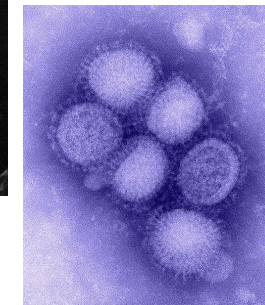
A. fumigatus



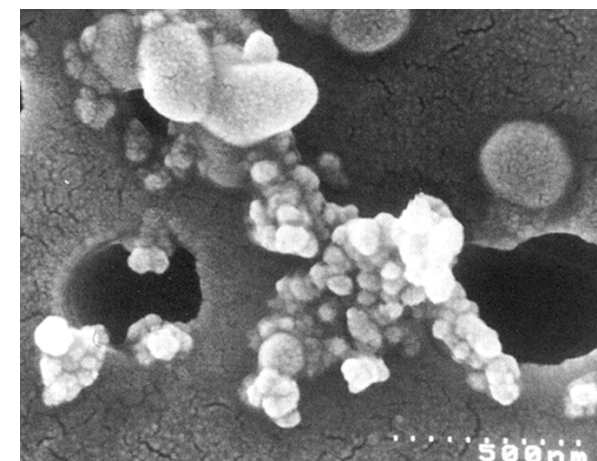
E. faecalis



Salmonella



virus Influenza



Air urbain (MacNee *et al.* 2003)

L'air des élevages de porcs

- Nature et concentrations des contaminants de l'air variables selon :
 - Densité et activités animales
 - Type et débits de ventilation
 - Nature et texture de la moulée (farinée vs cubée)
 - Plancher (lattes vs litière)
 - Gestion des lisiers (ex. fréquence de vidange)
 - Etc.



Santé respiratoire des travailleurs

- Maladies infectieuses (Keessen *et al.* 2013, Poggenborg *et al.* 2008)
- Problèmes respiratoires associés au temps d'exposition dans les bâtiments (Radon *et al.* 2000)
- Déclin des fonctions pulmonaires, sifflements, bronchites chroniques, asthme (Cormier *et al.* 1991, Donham *et al.* 1984, Iversen *et al.* 2000)



Réduction de l'exposition par l'application de technologies/stratégies

- Ozone
- Système d'ionisation
- Aspersions d'une émulsion d'huile végétale
- Séparation à la source des déjections
- Nouveau concept de lattes (plancher)
- Biofiltration
- Filtration mécanique (membrane filtrante)



Objectif 1

1. Évaluer la présence d'agents pathogènes humains et de gènes de résistance au zinc et aux antibiotiques dans :
 - a) L'air de bâtiments d'élevage de porcs
 - b) La flore du nasopharynx de travailleurs
 - c) Identifier un marqueur, un agent pathogène humain présent dans l'air de tous les élevages



Méthodologie 1

- Douze élevages de porcs du Québec :
 - 1200-1600 porcs, de 90kg à 120kg
 - Plancher au 2/3 latté
 - Ventilation mécanique
 - Moulée cubée
 - Aucun taux de mortalité inhabituel



Méthodologie 1

- Poussières totales, PM10, PM4, PM 2,5, PM1
 - 2-3 L/min pendant 4 heures, milligrammes par mètre cube d'air
- Endotoxines totales
 - 2-3 L/min pendant 4 heures, milligrammes par mètre cube d'air
- Agents pathogènes humains et gènes de résistance aux antibiotiques :
 - # par mètre cube d'air



– 325L /min 10min

+



300 L/min 33min

+

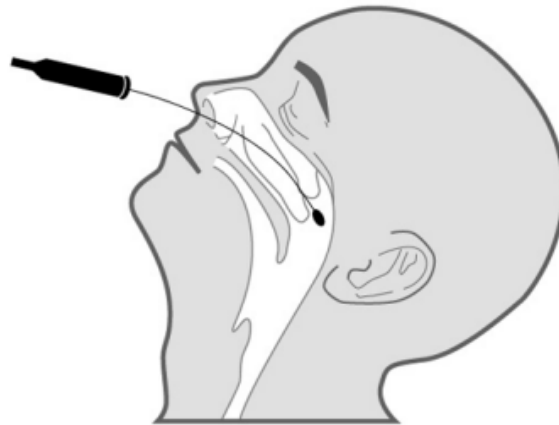


200 L/min 10 min

× 3

Méthodologie 1

- Caractérisation de la flore de bactéries présentes dans le nasopharynx de travailleurs :
 - 25 éleveurs de porcs
 - 29 contrôles n'ayant jamais été exposés à des élevages d'animaux
 - Critères d'inclusion : non fumeurs, ne prenant aucun antibiotique



Puritan® HydraFlock® Collection Devices

Aerobiologia (2019) 35:283–296

<https://doi.org/10.1007/s10453-019-09562-6>



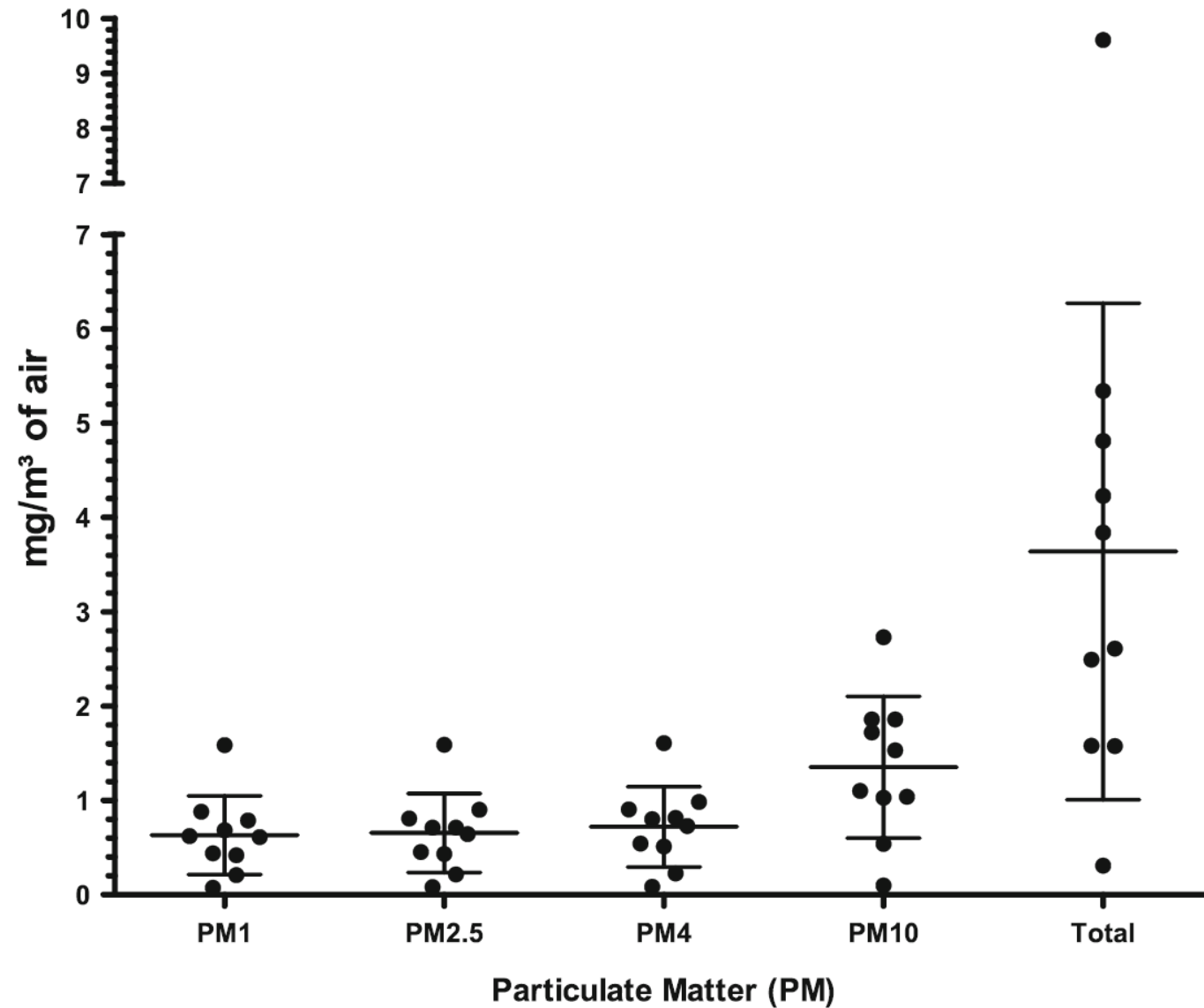
ORIGINAL PAPER

Quantification of airborne dust, endotoxins, human pathogens and antibiotic and metal resistance genes in Eastern Canadian swine confinement buildings

Jonathan Pilote · Valérie Létourneau · Matthieu Girard · Caroline Duchaine

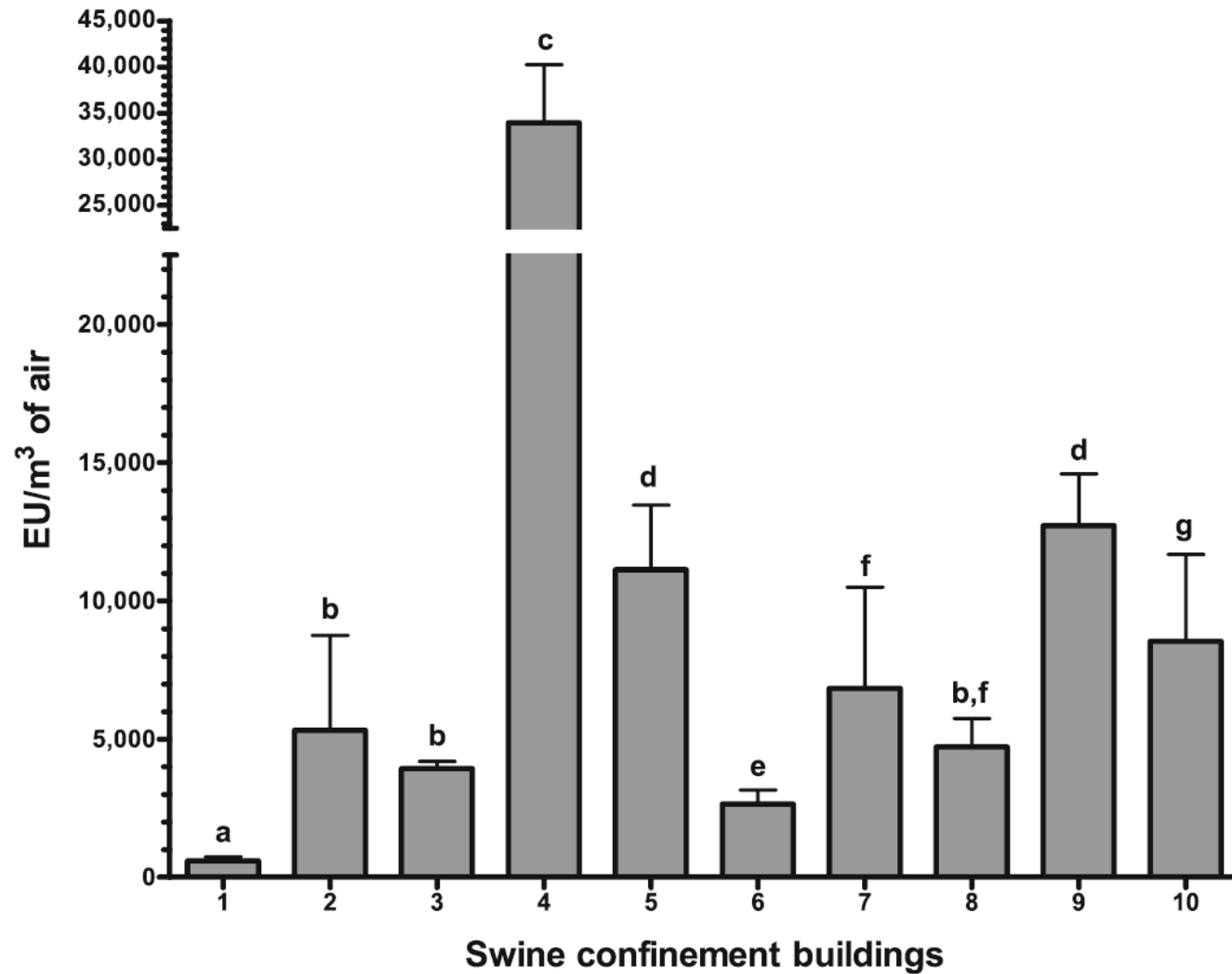
Résultats 1

Fig. 1 Airborne total dust, PM10, PM4 (respirable), PM2.5 and PM1 concentration in the studied SCBs (DustTrak DRX Aerosol Monitor, model 8534, $n = 10$)



Résultats 1

Fig. 2 Airborne endotoxin concentration in the visited SCBs ($n = 10$, mean \pm standard deviation, identical letters refer to non-statistically different endotoxin concentrations)



Résultats 1



Table 3 Concentration for the targeted human pathogenic agents obtained by quantitative PCR and culture

Targeted human pathogen	Frequency qPCR/culture	qPCR concentration [min]–[max] (copies/m ³) ^a	Culture concentration [min]–[max] (CFU/m ³) ^b
<i>Staphylococcus aureus</i>	100%/100%	5.04×10^4 – 7.43×10^5	4.19×10^2 – 9.05×10^4
MRSA	50%/30%	< 8 ^c – 1.99×10^4	< 14 ^d – 7.91×10^2
<i>Salmonella</i> spp.	100%/0%	7.59×10^2 – 1.07×10^6	< 14
<i>Clostridium difficile</i>	20%/60%	< 8– 4.21×10^4	< 14– 1.75×10^3
<i>Mycobacterium avium</i>	0%/40%	< 8	< 14– 2.12×10^3
<i>Listeria monocytogenes</i>	30%/0%	< 8– 3.16×10^3	< 14
Total (qPCR) and mesophilic (culture) bacteria	100%/100%	8.06×10^7 – 3.34×10^9	1.55×10^4 – 1.55×10^6

^aqPCR concentration was calculated from the sample analysis of Coriolisµ Biological Air Sampler (Bertin Corp.), SASS[®] 3100 Dry Air Sampler (Research International, Inc.) and SASS[®] 2300 Wetted-Wall Air Sampler (Research International, Inc.)

^bCulture concentration was determined from air samples of Coriolisµ Biological Air Sampler (Bertin Corp.) and SASS[®] 2300 Wetted-Wall Air Sampler (Research International, Inc.)

^cThe limits of PCR detection were 8 copies/m³ for SASS[®] 3100 Dry Air Sampler, 26 copies/m³ for SASS[®] 2300 Wetted-Wall Air Sampler and 125 copies/m³ for Coriolisµ Biological Air Sampler

^dThe limits of culture detection were 14 CFU/m³ for SASS 2300 Wetted-Wall Air Sampler and 75 CFU/m³ for Coriolisµ Biological Air Sampler (Bertin Corp.)

Résultats 1

Table 4 Airborne concentration of the three studied resistance genes quantified by PCR

Target gene	Given resistance	Frequency (%)	Concentration [min]–[max] (copies/m ³) ^a
<i>czrC</i>	Zinc/cadmium	100	1.73×10^2 – 1.78×10^5
<i>bla_{CTX-M-1}</i>	Cephalosporin	60	$< 8^b$ – 9.89×10^2
<i>mcr-1</i>	Colistin (Polymyxin E)	60	< 8 – 9.87×10^2



^aqPCR concentration was calculated from the sample analysis of Coriolisµ Biological Air Sampler (Bertin Corp.), SASS[®] 3100 Dry Air Sampler (Research International, Inc.) and SASS[®] 2300 Wetted-Wall Air Sampler (Research International, Inc.)

^bThe limits of PCR detection were 8 copies/m³ for SASS[®] 3100 Dry Air Sampler, 26 copies/m³ for SASS[®] 2300 Wetted-Wall Air Sampler and 125 copies/m³ for Coriolisµ Biological Air Sampler



Article

Bioaerosols Play a Major Role in the Nasopharyngeal Microbiota Content in Agricultural Environment

Hamza Mbareche ^{1,2} , Marc Veillette ¹, Jonathan Pilote ^{1,2}, Valérie Létourneau ¹ and Caroline Duchaine ^{1,2,*} 

¹ Centre de Recherche de l'Institut Universitaire de Cardiologie et de Pneumologie de Québec, Québec, QC G1V 4G5, Canada; hamza.mbareche.1@ulaval.ca (H.M.); Marc.Veillette@criucpq.ulaval.ca (M.V.); Jonathan.pilote.31@gmail.com (J.P.); Valerie.Letourneau@criucpq.ulaval.ca (V.L.)

² Département de Biochimie, de Microbiologie et de Bio-Informatique, Faculté des Sciences et de Génie, Université Laval, Québec, QC G1V 0A6, Canada

* Correspondence: caroline.duchaine@bcm.ulaval.ca

Résultats 1

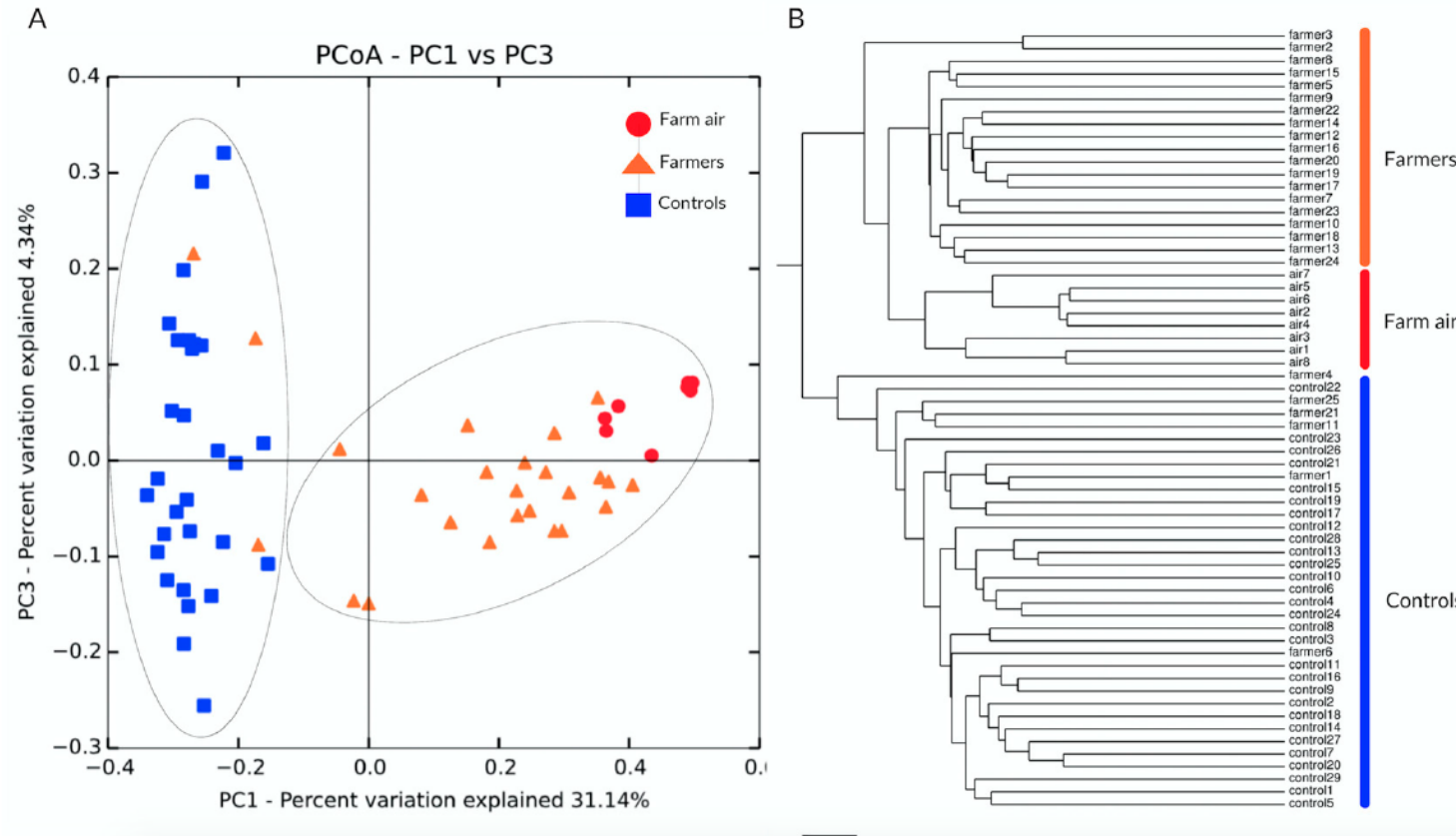


Figure 3. Pairwise sample dissimilarity compares the nasopharynxes of farmers and of non-exposed controls and air from pig buildings. The pairwise distances were calculated using the weighted UniFrac distance metric. **(A)** Principal coordinate analysis plot showing distances in the composition of the microbiota from three groups of samples. **(B)** Phylogram showing sample clustering using the unweighted pair group method with arithmetic mean. The clustering (air from pig buildings and pig farmers together, versus the non-exposed controls) was statistically significant as confirmed by the PERMANOVA test (p -value = 0.0001).

Résultats 1



Table 2. Human pathogens and antibiotic and zinc resistance genes in the nasopharyngeal flora of pig workers compared to non-exposed controls.

Targeted Pathogenic Agents and Resistance Genes	Controls (<i>n</i> = 29) ^a %	Pig Farmers (<i>n</i> = 25) %
<i>Staphylococcus aureus</i> (Firmicutes)	86.7	100
MRSA (Firmicutes)	10	60
<i>Salmonella</i> spp. (Proteobacteria)	80	60
<i>Clostridium difficile</i> (Firmicutes)	0	12
<i>Mycobacterium avium</i> (Actinobacteria)	0	0
<i>Listeria monocytogenes</i> (Firmicutes)	3.33	24
<i>czrC</i> (zinc/cadmium)	26.7	68
<i>bla</i>_{CTX-M-1} (cephalosporin)	0	4
<i>mcr-1</i> (colistin)	0	12

^a The results are expressed in percent of subjects in which pathogens or genes were detected.

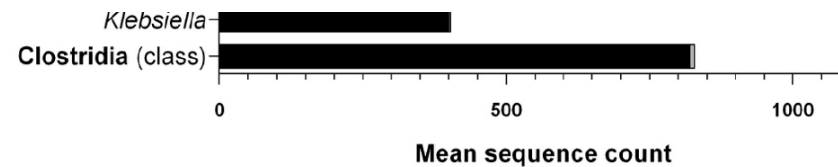


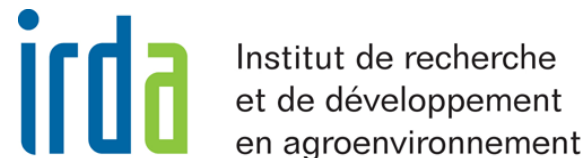
Figure 6. Taxa identified to highest possible taxonomic level with statistically significant differential abundances across pig farmers and non-exposed controls. From the bottom to the top: The first 15 taxa were the most abundant in samples from farmers and the last 15 were more abundant in non-exposed controls. The taxa written in bold type affect human health.

Conclusions 1

- PM10 & PM2.5 concentrations plus élevées que les valeurs limites d'exposition de l'EPA
- *S. aureus* présents dans l'air de tous les élevages (marqueur*)
- SARM dans l'air de 4 porcheries
- Tous les élevages positifs pour un gène permettant une résistance au zinc
- L'air de 5 porcheries positif pour le gène *mcr-1* conférant une résistance à la colistine, un antibiotique non utilisé dans l'industrie porcine du Canada
- Agents pathogènes humains et gènes de résistance aux antibiotiques et au zinc plus fréquents dans le nasopharynx des travailleurs
- Flore du nasopharynx des travailleurs = un marqueur de l'exposition aux bioaérosols des porcheries

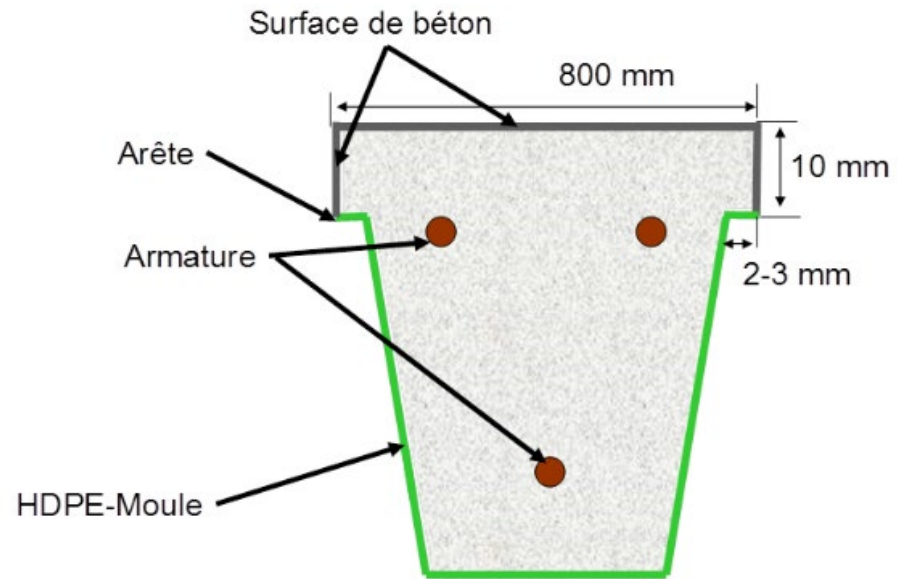
Objectif 2

2. À l'échelle laboratoire, sélectionner la meilleure combinaison de technologies de réduction des contaminants de l'air :
- a) Un nouveau concept de lattes pour le plancher
 - b) Une séparation à la source des déjections
 - c) L'aspersion d'huile
 - d) La biofiltration de l'air sortant du bâtiment d'élevage



Méthodologie 2

a) Nouveau concept de lattes



b) Séparation à la source

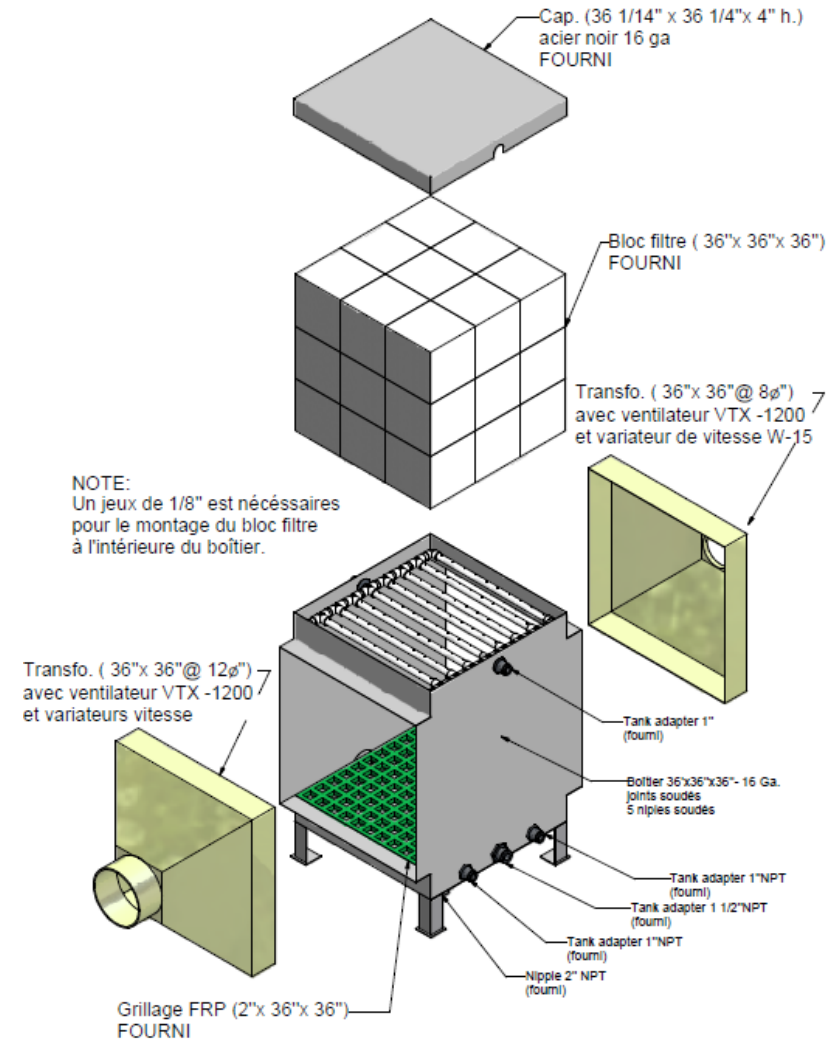


Méthodologie 2

c) Aspersions d'huile



d) Biofiltre percolateur

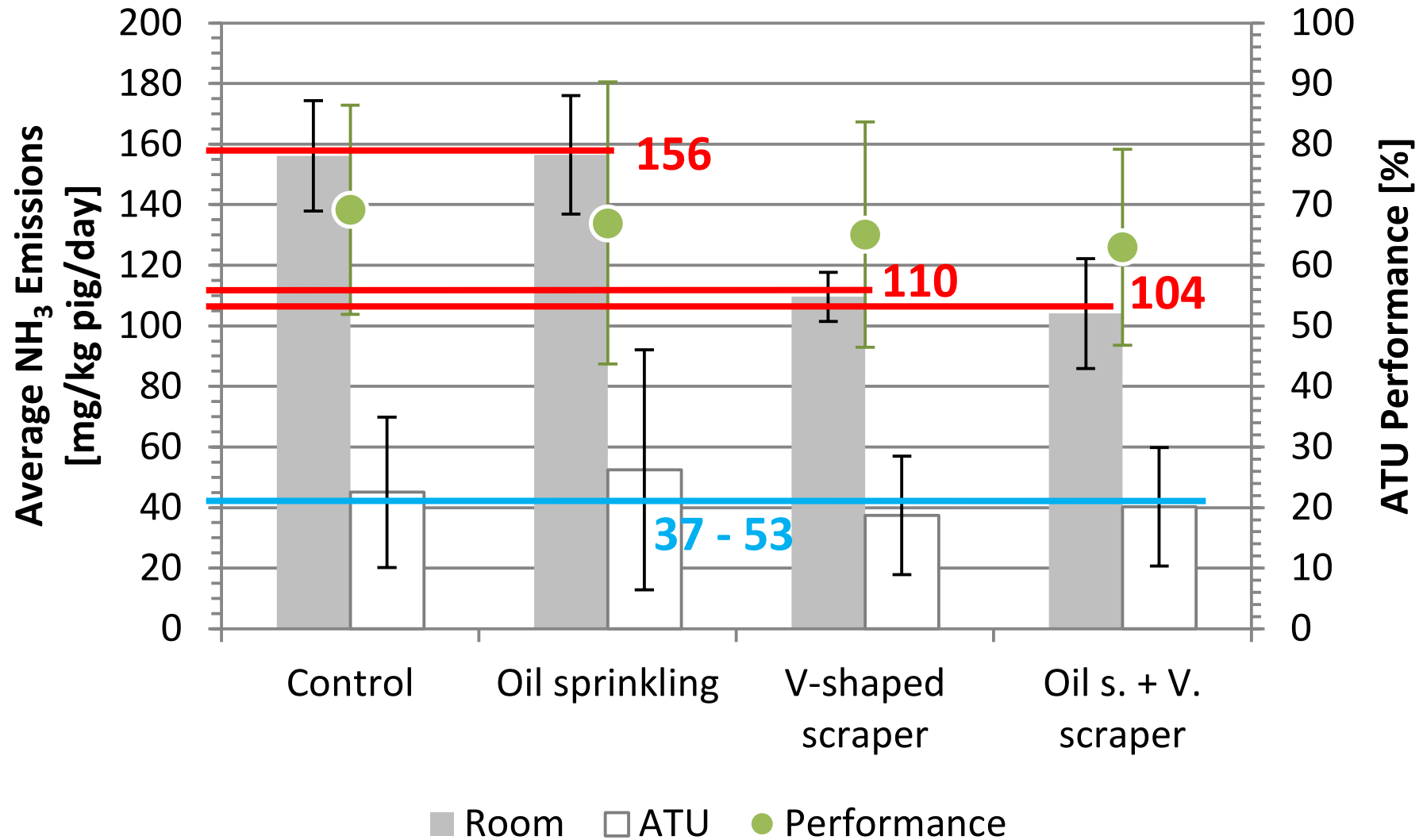


Méthodologie 2

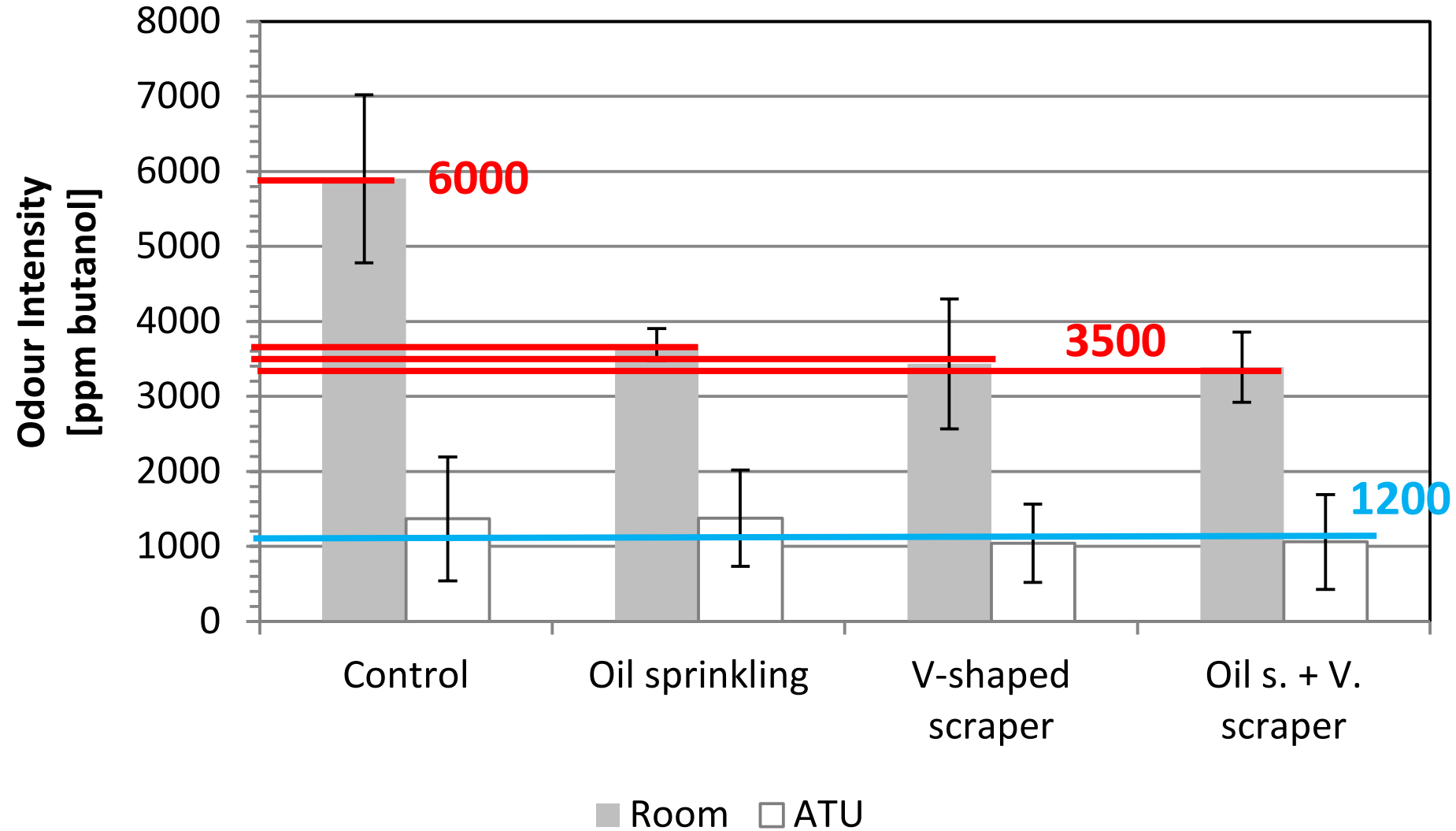
- À l'échelle laboratoire :
 - 8 chambres expérimentales
 - Hermétiques
 - Systèmes de ventilation indépendants
 - 4-5 porcs par chambre (selon la densité animale)
 - 7 semaines (4x)
- Évaluation des contaminants de l'air :
 - Ammoniac, odeurs, poussières, bactéries



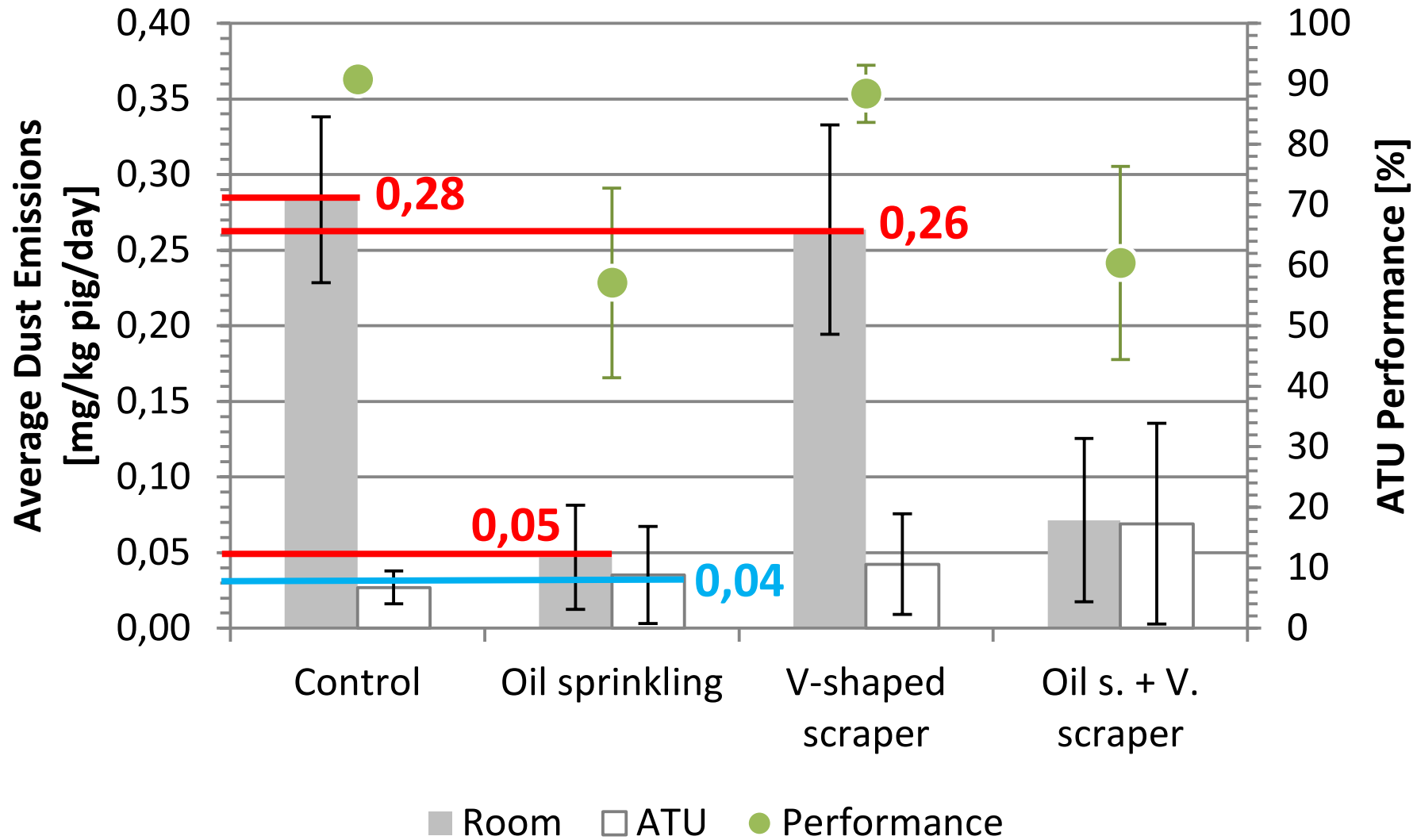
Résultats 2



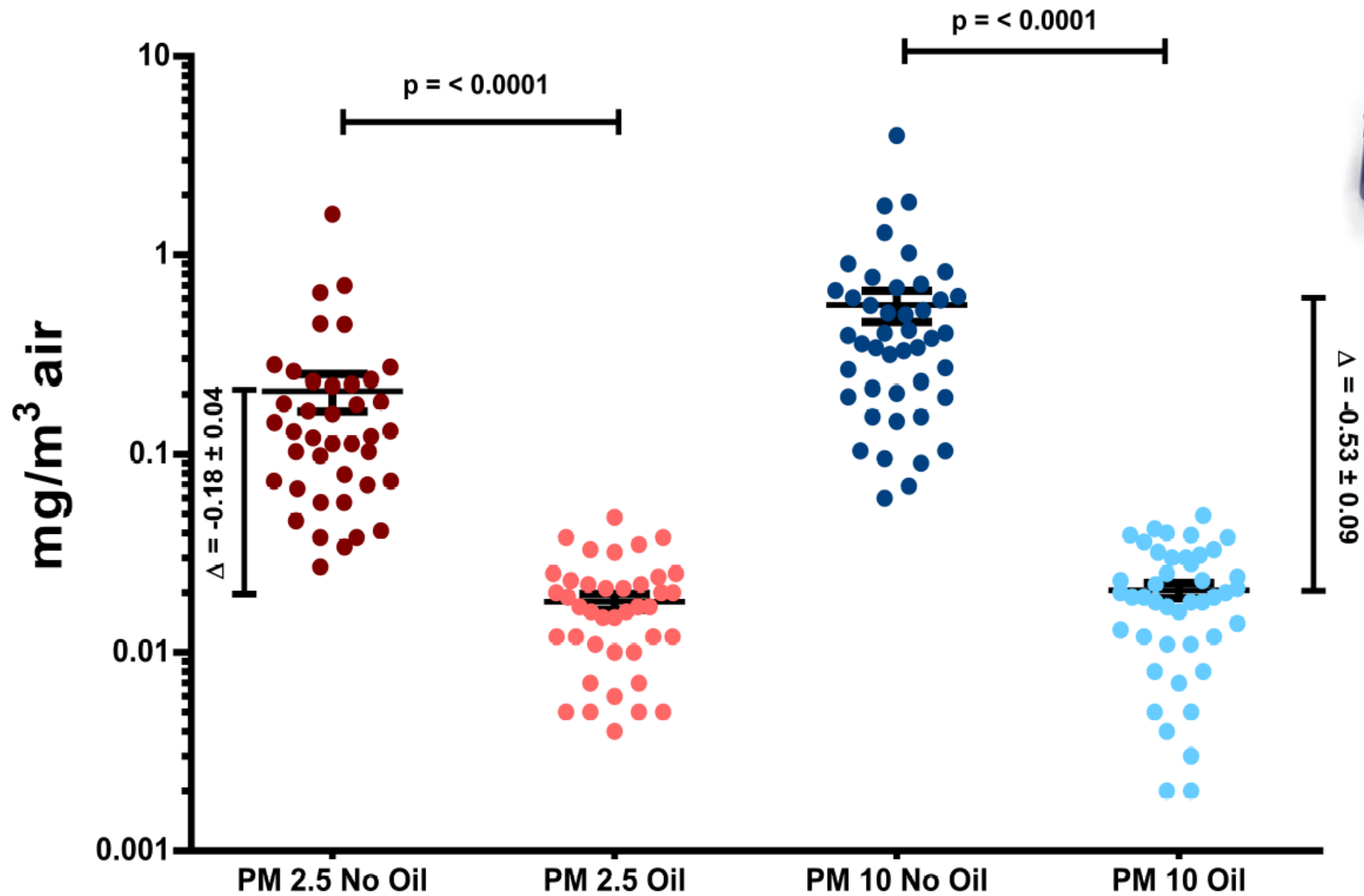
Résultats



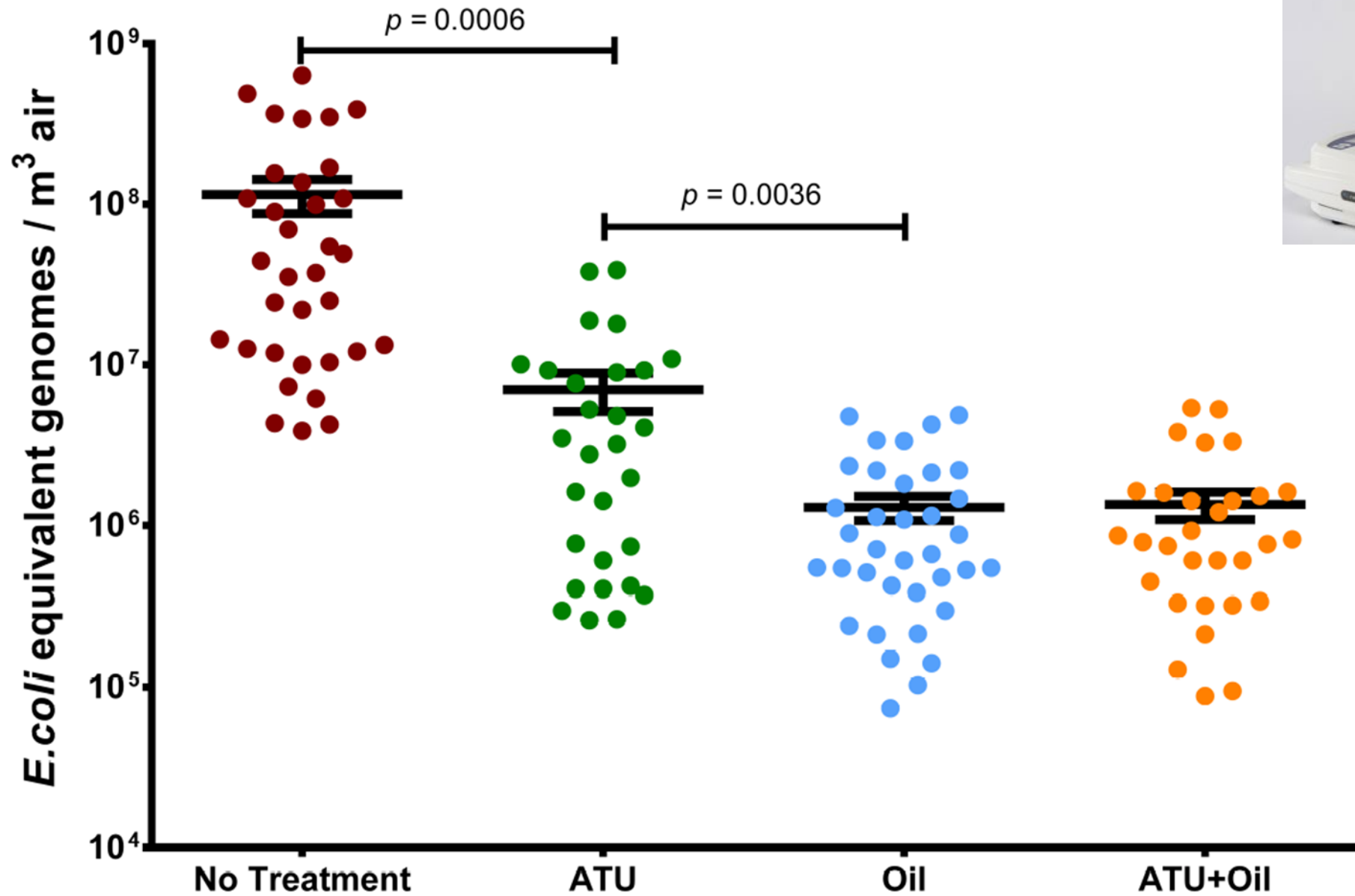
Résultats 2



Résultats 2



Résultats 2

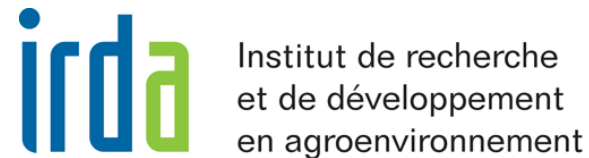


Conclusions 2

- L'aspersion d'huile a significativement réduit les concentrations d'odeurs, de poussières et de bactéries
- La séparation à la source a permis de réduire l'ammoniac
- La biofiltration a efficacement diminué l'ammoniac, les odeurs, les poussières et les bactéries
- Afin de protéger les travailleurs et de diminuer les émissions environnementales, les 3 technologies doivent être employées ensemble

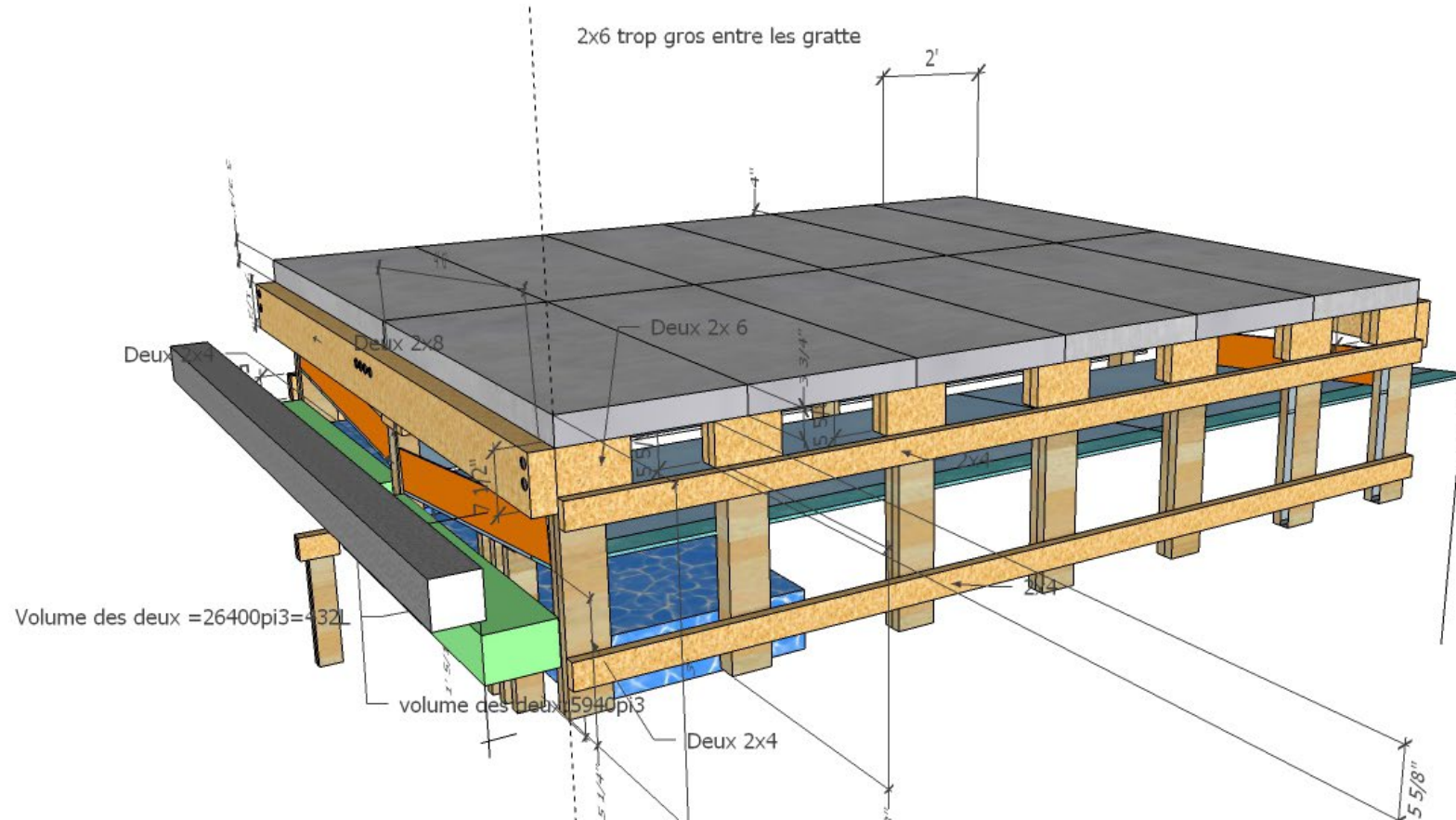
Objectif 3

3. À l'échelle **précommerciale**, valider la performance de la meilleure combinaison de stratégies



Méthodologie 3

- Aménager 2 salles d'élevage d'une capacité de 16 porcs :
 - 1 salle sans technologie de réduction, l'autre avec



Méthodologie 3



Méthodologie 3



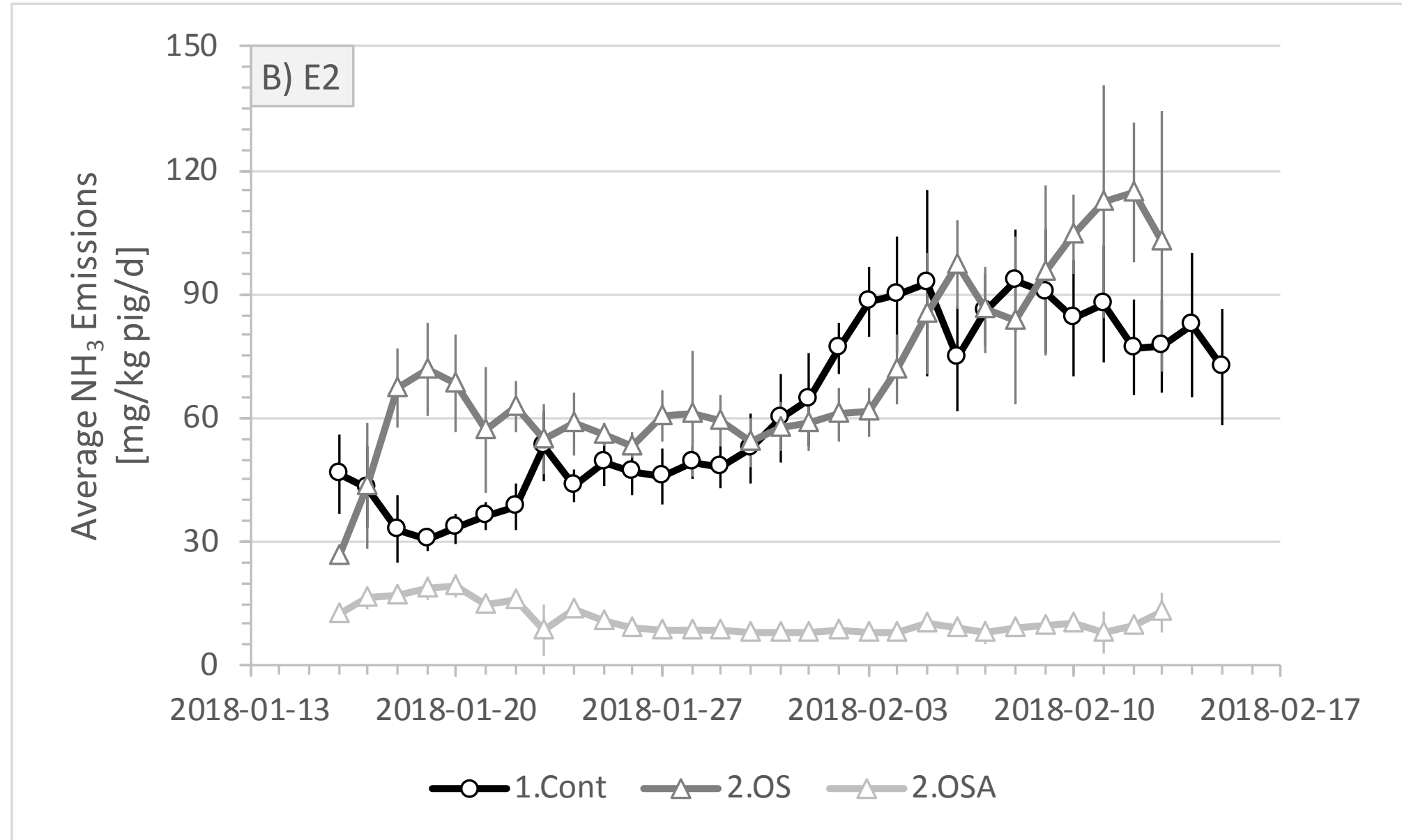
Méthodologie 3



Méthodologie 3

- 2 répétitions d'un élevage de 6-8 semaines
 - 2 salles (1 salle sans technologie de réduction, l'autre avec)
 - 16 cochons par salle, de 25 à 90 kg
- Combinaison des 3 technologies :
 - Séparation à la source
 - Aspersions d'huile
 - Biofiltre percolateur
- Évaluation des contaminants de l'air :
 - Ammoniac, odeurs, poussières, bactéries

Résultats 3 - Ammoniac



Résultats 3 - poussières



Stratégies de réduction	Poussières totales (gravimétrie)	Poussières totales (compteur optique)	PM10	PM4	PM2,5	PM1
Aspersion d'huile et séparation à la source	42 ± 14%	60 ± 21%	65 ± 20%	60 ± 18%	59 ± 19%	59 ± 19%
Biofiltre percolateur	39 ± 19%	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Résultats 3 - bioaérosols

Stratégies de réduction	Endotoxines totales	Bactéries cultivables	Bactéries totales
Aspersion d'huile et séparation à la source	Réduction pour 4 des 6 échantillons [-6 – 87]	84 ± 14 [56 – 95]	Réduction pour 5 des 6 échantillons [-4 – 84]
Biofiltre percolateur	Réduction pour 3 des 6 échantillons [-3,127 – 64]	Aucune réduction [-80,733 - -627]	Réduction pour 3 des 6 échantillons [-593 – 63]

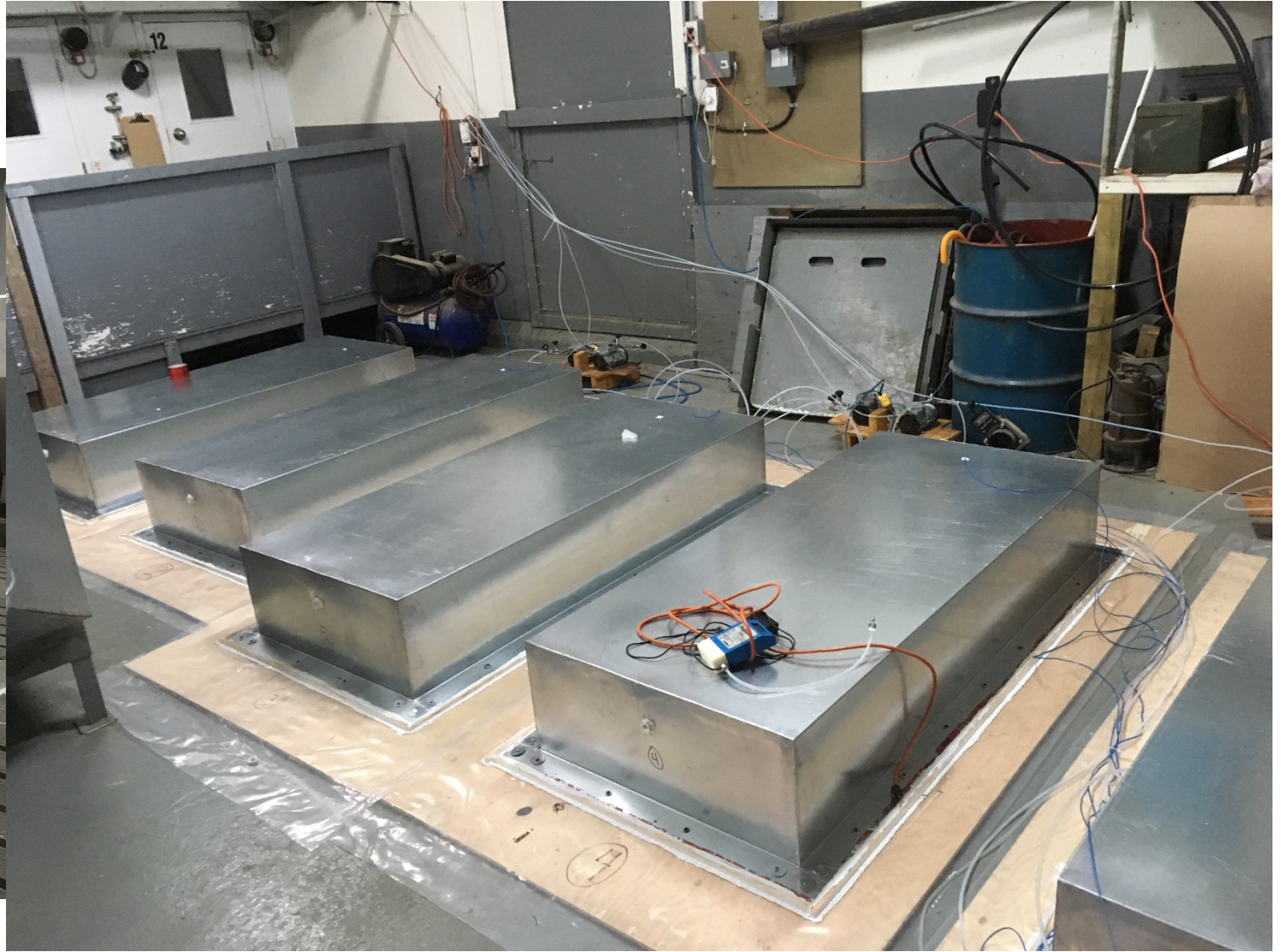
Conclusions 3

- Séparation à la source = aucune réduction de l'ammoniac
- Aspersions d'huile et biofiltre percolateur = efficaces envers les concentrations d'ammoniac, de poussières et de bactéries

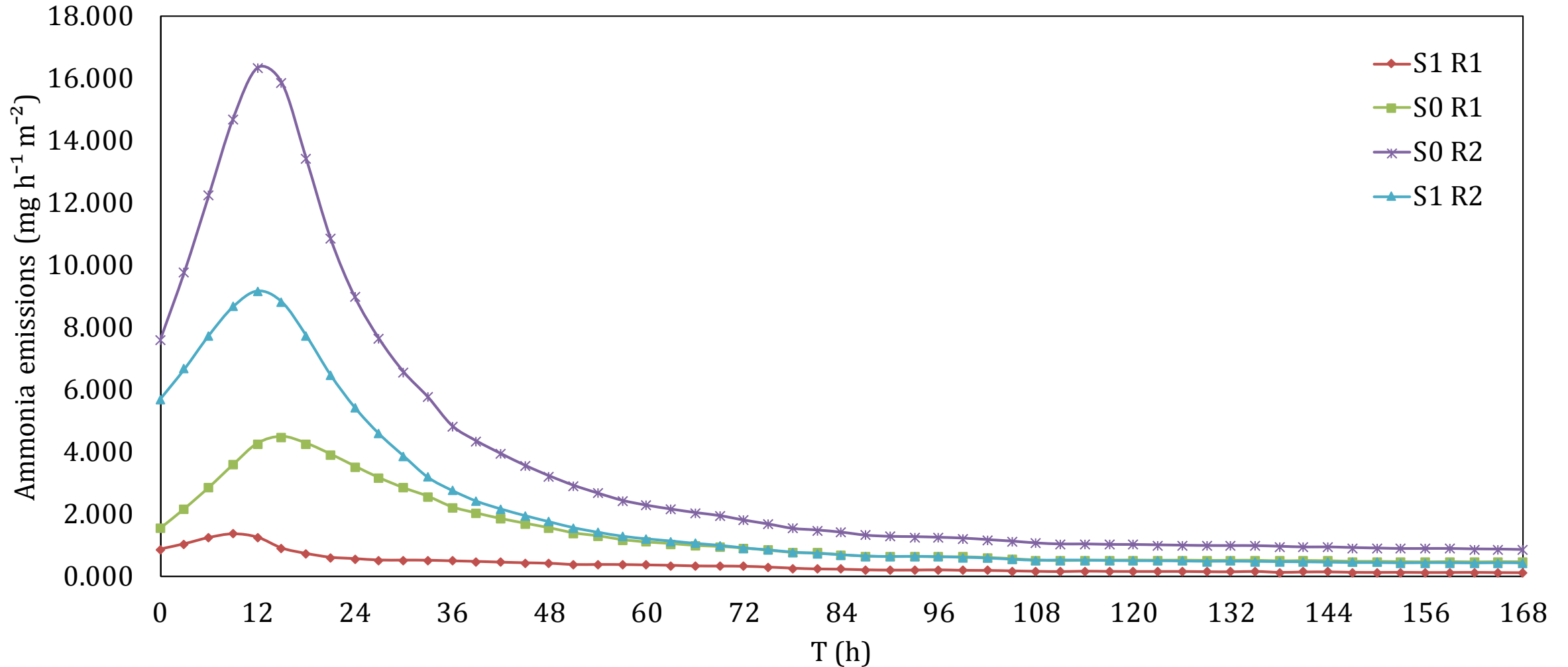
Nouveau concept de lattes



Nouveau concept de lattes



Nouveau concept de lattes



Retombées

- Un nouveau marqueur d'exposition à l'air de milieux de travail : la flore du nasopharynx (?)
- Développement d'une expertise permettant de conseiller les éleveurs de porcs envers différentes façons d'améliorer la qualité de l'air (rétention des employés)
- Transfert des connaissances (Agrivita Canada Inc) :
 - Production d'une vidéo
 - Publications



MERCI!