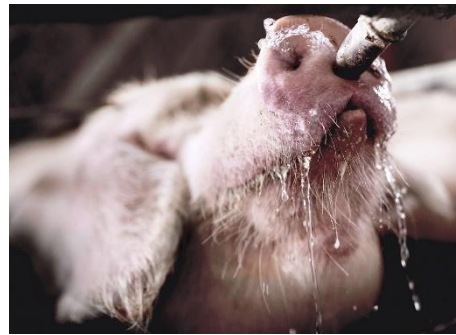


## Transition vers les systèmes de truies gestantes en groupe : évaluation et amélioration de la qualité de l'air

Présenté par : Vicki Clouet-Côté, agr., Chargée de projets et étudiante à la maîtrise à l'Université Laval

Collaborateurs : Sébastien Fournel, professeur agrégé, ing., Ph. D., Université Laval  
Alexis Ruiz Gonzalez, professionnel de recherche, Ph. D., Université Laval  
Dalila Larios, professionnelle de recherche, Ph. D., IRDA  
Stéphane Godbout, chercheur, ing., agr., Ph. D., IRDA



## Mise en contexte et objectifs



Centre de développement  
du porc du Québec inc.

# Mise en contexte



## CODE DE PRATIQUES



### POUR LE SOIN ET LA MANIPULATION DES **PORCS**



• Publication : 2014  
• Harmonisation avec la partie XII (Transport des animaux) du  
Règlement sur la santé des animaux : 2021

Canada

## 7.2 RECOMMANDATION 2

*Le groupe d'experts recommande que la partie 1.1.2 du Code de pratiques soit amendée comme suit :*

**À compter du 1er juillet 2029, les cochettes et les truies saillies doivent être logées :**

- **en groupe\***; ou
- **dans des enclos individuels.**

- Avec cette transition, la qualité de l'air dans les installations de truies en groupe pourrait être **détériorée**, notamment par l'**activité accrue** des animaux et la **propreté** des installations (Raynor et *al.*, 2018)
- En laissant davantage d'espace aux truies, la **superficie d'excrétion s'accroît**, favorise l'échange entre l'air et les déjections et de surcroît, **augmente la volatilisation de l'azote** (Olsson et *al.*, 2014)

Source : <https://www.nfacc.ca/overview-of-the-5-year-pig-code-review-and-amendment->

## Différence de qualité de l'air entre cages et groupes

|                           | Minnesota            | Saskatchewan                |
|---------------------------|----------------------|-----------------------------|
| Contaminants de l'air     | Raynor et al. (2018) | Castillo Toro et al. (2024) |
| NH <sub>3</sub>           | ↑                    | NS                          |
| CO <sub>2</sub>           | ↑                    | ↑                           |
| CH <sub>4</sub>           | Non mesuré           | ↑                           |
| N <sub>2</sub> O          | Non mesuré           | ↑                           |
| Matière particulaire (PM) | ↑                    | NS                          |
| Bioaérosols               | ↑                    | NS                          |

# Objectifs

## Principal

Proposer des stratégies efficaces, abordables et facilement implantables pour améliorer la qualité de l'air dans les nouvelles configurations d'élevage de truies gestantes en groupes.

## Secondaires

1. Identifier les contaminants dans l'air ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , PM) susceptibles d'être rehaussés par la transition vers des logements en groupe pour les truies gestantes.
2. Déterminer les stratégies de mitigation comportant le meilleur potentiel d'implantation dans un contexte porcin québécois.
3. Évaluer l'impact des stratégies retenues sur les contaminants d'intérêt.
4. Tester les stratégies à la maternité de recherche du Centre de développement du porc du Québec (CDPQ).



# Revue de littérature



Centre de développement  
du porc du Québec inc.

# Récapitulatif des différentes stratégies de mitigation

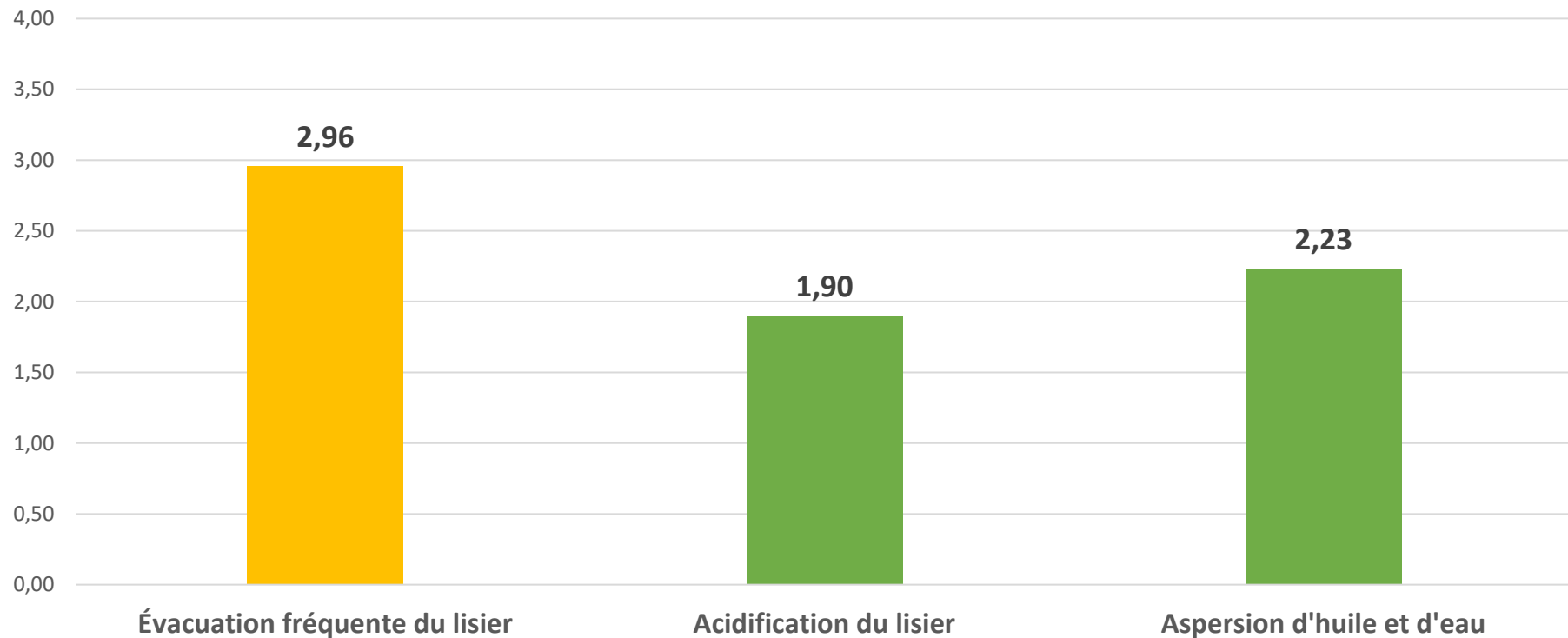
| Méthodes de mitigation                                        | Contaminants dans l'air (%) |                 |                 |                  |                                                                                     |             |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|                                                               | NH <sub>3</sub>             | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O | PM                                                                                  | Bioaérosols |
| Évacuation fréquente du lisier sous les lattes <sup>1,2</sup> | - 40,5                      |                 | - 7,5           |                  |                                                                                     |             |
| Utilisation de grattes en « V » <sup>3,4,5</sup>              | - 59,7                      | - 38,0          | - 50,0          | - 49,0           |                                                                                     |             |
| Acidification dans les dalots <sup>6,7,8,9,10</sup>           | - 61,0                      |                 | - 33,5          | 0                |                                                                                     |             |
| Entretien de la salle et du fond des dalots <sup>11</sup>     | 0                           |                 |                 |                  | PM <sub>2,5</sub> : 0                                                               |             |
| Lisiothermie <sup>12</sup>                                    | - 60,0                      |                 |                 |                  |                                                                                     |             |
| Aspersion d'huile végétale et d'eau <sup>13-26</sup>          | - 21,9                      | - 18,9          | - 20,4          |                  | PM <sub>T</sub> : - 61,8<br>PM <sub>10</sub> : - 71,6<br>PM <sub>2,5</sub> : - 65,0 | - 41,5      |
| Ionisation ou précipitation électrostatique <sup>27-32</sup>  | 0                           |                 |                 |                  | PM <sub>T</sub> : - 32,0<br>PM <sub>10</sub> : - 43,7<br>PM <sub>2,5</sub> : - 61,3 | - 82,0      |
| Filtration de l'air <sup>33-37</sup>                          | - 45,5                      | 0               |                 |                  | PM <sub>T</sub> : - 65,5<br>PM <sub>10</sub> : - 65,1<br>PM <sub>2,5</sub> : - 60,3 | 0           |

## Panel d'expert·e·s



Centre de développement  
du porc du Québec inc.

## Déroulement du panel



# Méta-analyse



Centre de développement  
du porc du Québec inc.

# Méthodologie



## Critères d'exclusion

- Espèces autres que le porc d'élevage
- Porcs non inclus dans une production commerciale
- Autres techniques de mitigation non étudiées
- Températures non reliées à la salle (température de la peau, température rectale, température extérieure)
- Fosse extérieure
- Caractérisation de la qualité de l'air sans comparaison entre un traitement et un groupe témoin
- Données prises à l'extérieur du bâtiment
- Absence de données sur les concentrations et/ou les émissions d'ammoniac
- Résultats portant sur des impacts autres que ceux liés à la qualité de l'air

## Stratégie de recherche par mot clé

| Groupes | Mots clés                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | (Hog* or Pig* or "Sus domesticus" or "Sus scrofa domesticus" or Swine or "Sus scrofa" or Boar* or Gilt* or Piglet* or Sow* or "Pig housing" or "Pig manure" or "Pig finishing" or Hog* or "Pig farming" or "Pig slurry" or "Gestating sow*" or "Pregnant sow*" or "Gestating gilt*" or "Pregnant gilt*")                                 |
| 2       | pigs/ or sus scrofa/ or boars/ or gilts/ or piglets/ or sows/ or farrowing/ or pig farming/ or pig finishing/ or pig manure/ or pig slurry/ or sow reproduction/                                                                                                                                                                         |
| 3       | 1 ou 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 4       | (pen* or Housing or shelter* or kennel* or stall* or "barn* or Housing system" or "Swine building*" or "Swine facilities" or Piggeries or "Swine housing")                                                                                                                                                                               |
| 5       | animal housing/ or cages/ or farrowing houses/ or kennels/ or loose housing/ or pens/ or pig housing/ or shelters/ or stalls/ or animal husbandry/ or barns/ or farm buildings/ or housing/                                                                                                                                              |
| 6       | 4 ou 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 7       | ("slurry removal" or "frequent slurry removal system" or "manure removal" or "frequent removal of slurry" or "frequent manure removal" or "removal of slurry" or "Environmental temperature" or "Air temperature" or "Indoor temperature" or "Ambient temperature" or "Control temperature" or "cold temperature" or "cool temperature") |
| 8       | environmental temperature/ or air temperature/ or temperature/ or thermostats/                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 9       | 7 ou 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 10      | (Ammonia or "Indoor air pollution" or "air pollution" or "Air quality" or "Air contaminant*" or "air pollutants" or "air improvement" or Emission* or NH3)                                                                                                                                                                               |
| 11      | air quality/ or air pollution/ or ammonia/                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 12      | 10 ou 11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 13      | 3 et 6 et 9 et 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 14      | Limitation 13 (anglais ou français)                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

# Méthodologie – sélection des articles

## Bases de données

questionnées (n=651)

- Web of Science (n=202)
- Medline (n=52)
- CabAbstract (n=342)
- Google Scholar (n=55)

Analyse des titres (n=550)

Lecture

Références retirées  
(n=101)

- Doublons identifiés manuellement (n=6)
- Doublons identifiés par Covidence (n=95)

Études exclues (n=523)

Études

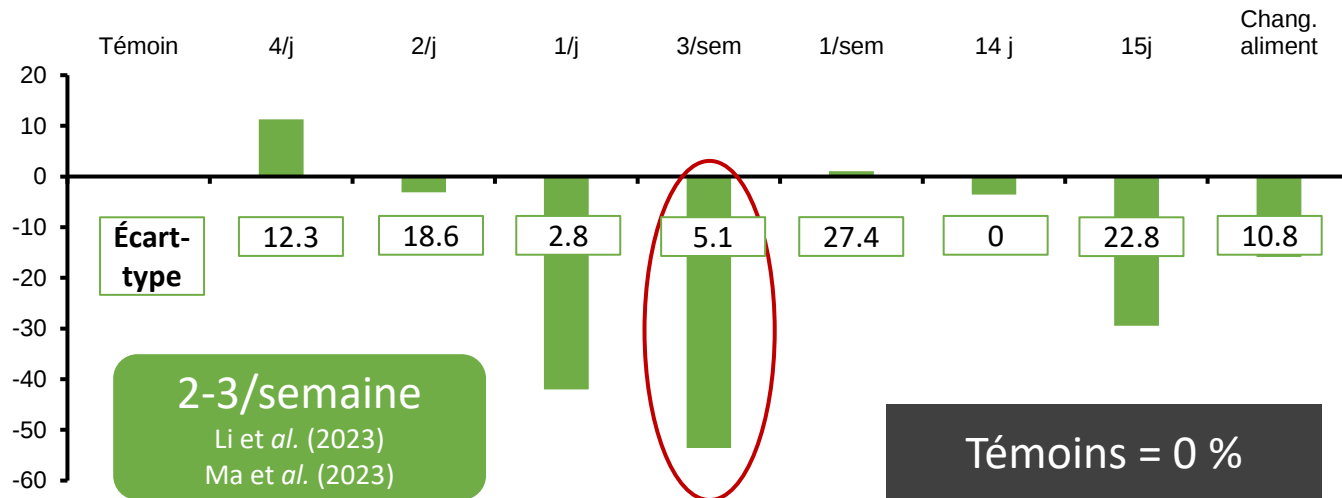
Inaccessibles

- Données non détaillées (n=4)
- Mauvais comparateur (n=2)
- Caractérisation (n=3)
- Stratégie de refroidissement et modèle (n=1)
- Mauvaise méthodologie (n=2)

| No_article | No_exp | Country         | Country | Floor_type | Facility | Floor_space | Nb_animals | ani |
|------------|--------|-----------------|---------|------------|----------|-------------|------------|-----|
| 173        | 1732   | West Lafayett U |         | S          | R        | 1.4         | 25         |     |
| 305        | 3051   | France, Romil F |         | S          | R        |             | 60         |     |
| 305        | 3051   | France, Romil F |         | S          | R        |             | 60         |     |
| 305        | 3051   | France, Romil F |         | S          | R        |             | 60         |     |
| 305        | 3052   | France, Romil F |         | S          | R        |             | 60         |     |
| 305        | 3052   | France, Romil F |         | S          | R        |             | 60         |     |
| 305        | 3052   | France, Romil F |         | S          | R        |             | 60         |     |
| 648        | 648    | Germany         | G       | P          | R        | 1           | 50         |     |
| 648        | 648    | Germany         | G       | P          | R        | 1           | 50         |     |
| 255        | 2551   | France          | F       | S          | R        |             | 60         |     |
| 255        | 2551   | France          | F       | S          | R        |             | 60         |     |
| 255        | 2552   | France          | F       | S          | R        |             | 60         |     |
| 255        | 2552   | France          | F       | S          | R        |             | 60         |     |
| 640        | 6401   | Western Deni D  |         | P          | R        | 0.7         | 45         |     |
| 640        | 6401   | Western Deni D  |         | P          | R        | 0.7         | 45         |     |
| 640        | 6401   | Western Deni D  |         | P          | R        | 0.7         | 45         |     |
| 640        | 6402   | Western Deni D  |         | P          | R        | 0.7         | 45         |     |
| 640        | 6402   | Western Deni D  |         | P          | R        | 0.7         | 45         |     |
| 640        | 6402   | Western Deni D  |         | P          | R        | 0.7         | 45         |     |
| 649        | 649    | Italy           | I       | S          | C        | 1           | 195        |     |
| 649        | 649    | Italy           | I       | S          | C        | 1           | 217        |     |
| 650        | 6501   | France, Romil F |         | S          | R        |             | 60         |     |
| 650        | 6501   | France, Romil F |         | S          | R        |             | 60         |     |
| 650        | 6501   | France, Romil F |         | S          | R        |             | 60         |     |

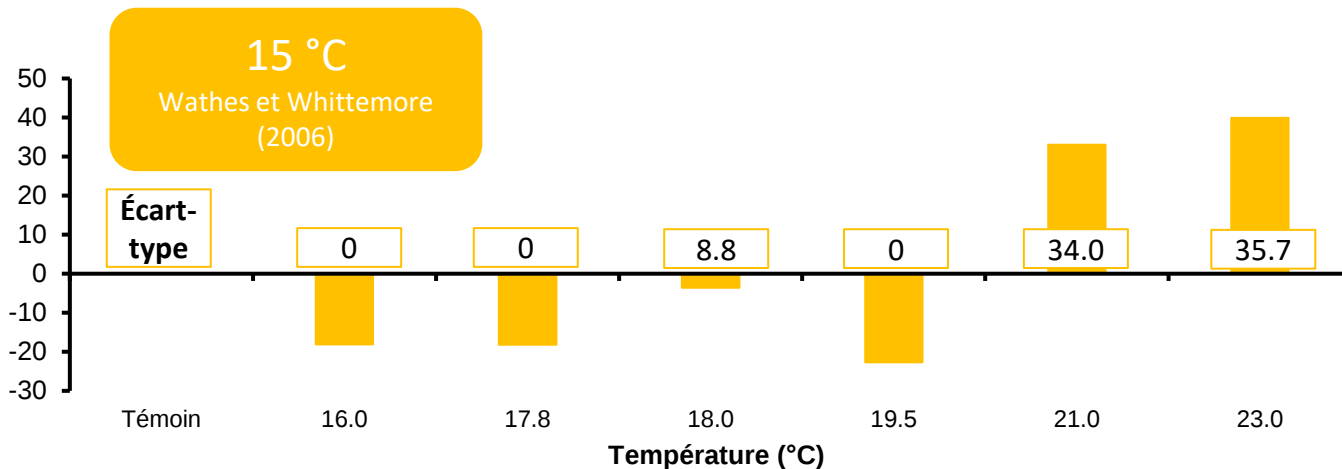
## Fréquence d'évacuation

Réduction  $\text{NH}_3$  (%)



## Baisse de T°

Réduction  $\text{NH}_3$  (%)



# Méta-analyse – facteurs d'influences

| Augmentation de la fréquence d'évacuation du lisier | Degrés de liberté | Valeur de $p$ ( $\leq 0,05$ ) |
|-----------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| Température de la salle                             | 38                | <.0001*                       |
| Humidité de la salle                                | 9                 | <.0001*                       |
| Taux de ventilation                                 | 22                | 0.0038*                       |

| Baisse de température de la salle | Degrés de liberté | Valeur de $p$ ( $\leq 0,05$ ) |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| Nombre de porcs par salle         | 17                | <.0001*                       |
| Taux de ventilation               | 11                | 0.0026*                       |

Le degré de liberté est plus haut quand il y a plus de données provenant des articles

# Méta-analyse – effet des méthodes de mitigation

| Fréquence d'évacuation                      | Degrés de liberté | Valeur de $p$ ( $\leq 0,05$ ) |
|---------------------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| Émission $\text{NH}_3$ (g/jour·porc)        | 41                | <.0001*                       |
| Émission $\text{CO}_2$ (g/jour·porc)        | 9                 | <.0001*                       |
| Émission $\text{CH}_4$ (g/jour·porc)        | 21                | <.0001*                       |
| Émission $\text{N}_2\text{O}$ (g/jour·porc) | 13                | 0.0046*                       |

| Température de la salle                     | Degrés de liberté | Valeur de $p$ ( $\leq 0,05$ ) |
|---------------------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| Émission $\text{NH}_3$ (g/jour·porc)        | 20                | <.0001*                       |
| Émission $\text{CO}_2$ (g/jour·porc)        | 13                | <.0001*                       |
| Émission $\text{CH}_4$ (g/jour·porc)        | 7                 | 0.0287*                       |
| Émission $\text{N}_2\text{O}$ (g/jour·porc) | 7                 | 0.0007*                       |

Le degré de liberté est plus haut quand il y a plus de données provenant des articles

## Essai exploratoire - Salle de gestation en groupe



Centre de développement  
du porc du Québec inc.

# Traitements

## 1. Témoin (pratiques usuelles)

- ✓ 17 °C
- ✓ Bouchons 1x/sem

## 2. Salle froide

- ✓ 15 °C
- ✓ Bouchons 1x/sem

## 3. ↑ fréquence

- ✓ 17 °C
- ✓ Bouchons 2x/sem

## 4. Combinaison des techniques

- ✓ 15 °C
- ✓ Bouchons 2x/sem



- AM
  - PM
- 3 minutes  
7 points

### Gaz

- FTIR model DX4040, Gaset

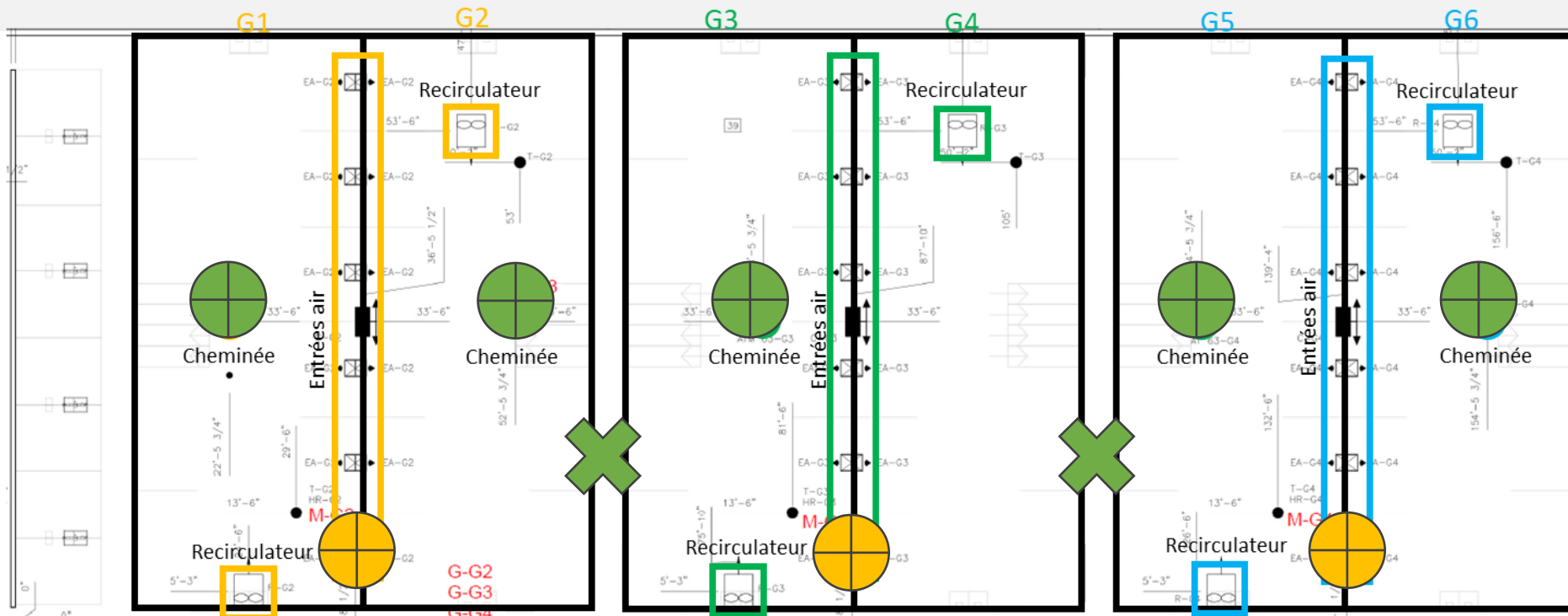


- AM
- 2 points  
10 minutes

### Poussières

- DustTrakTM DRX Aerosol Monitor

# Plan de la salle de gestation en groupe

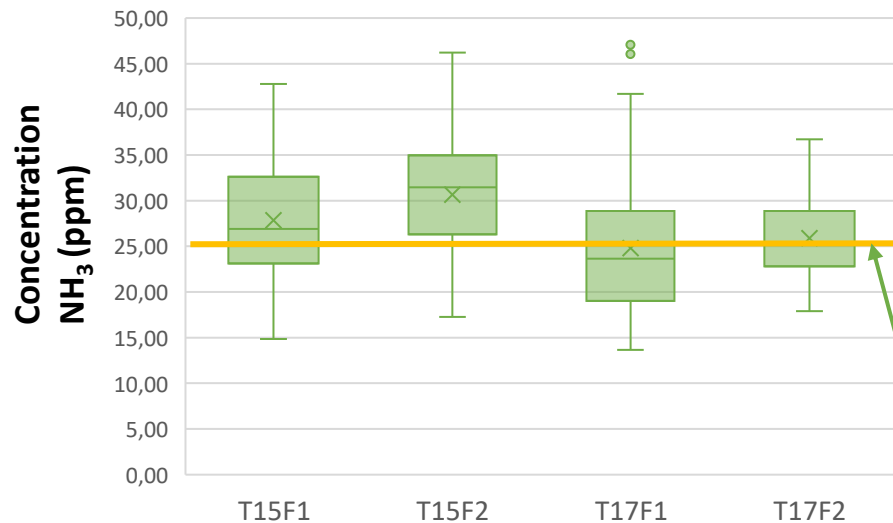


# Résultats



Centre de développement  
du porc du Québec inc.

# Effet des traitements sur la concentration en $\text{NH}_3$ et en PM



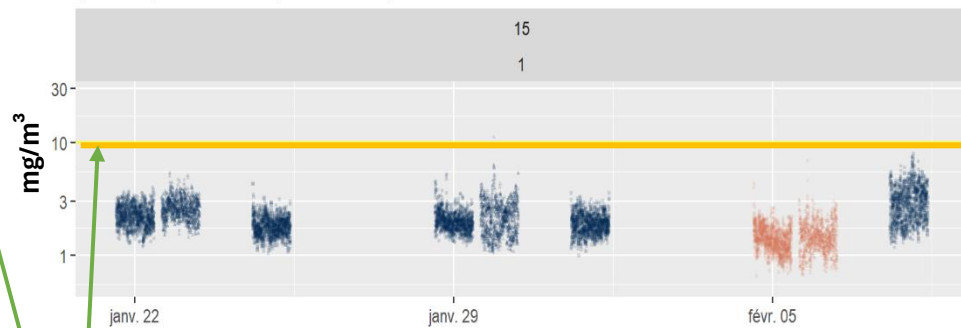
## Légende

T15F1 : 15°C Retrait 1x/sem  
T15F2 : 15°C Retrait 2x/sem  
T17F1 : 17°C Retrait 1x/sem  
T17F2 : 17°C Retrait 2x/sem

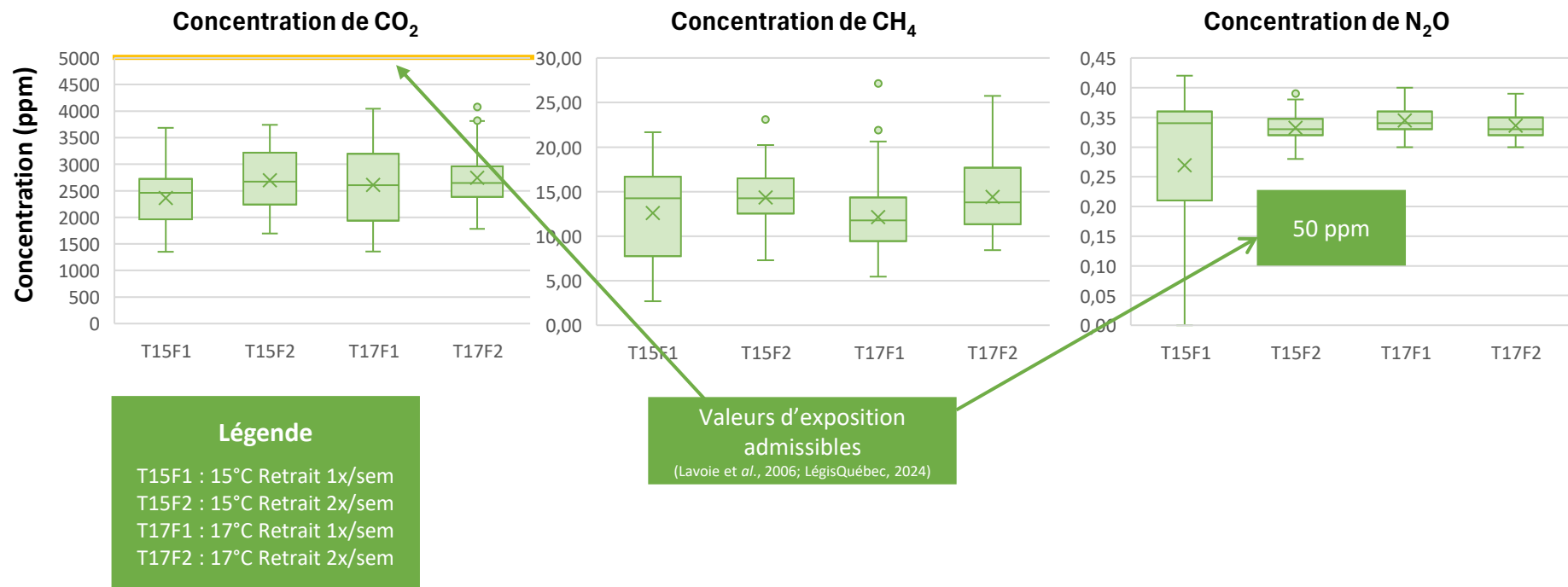
## Valeurs d'exposition admissibles

(Lavoie et al., 2006; LégisQuébec, 2024)

Concentration de Particules totales dans l'air  
(par Température X Fréq. d'évacuation)

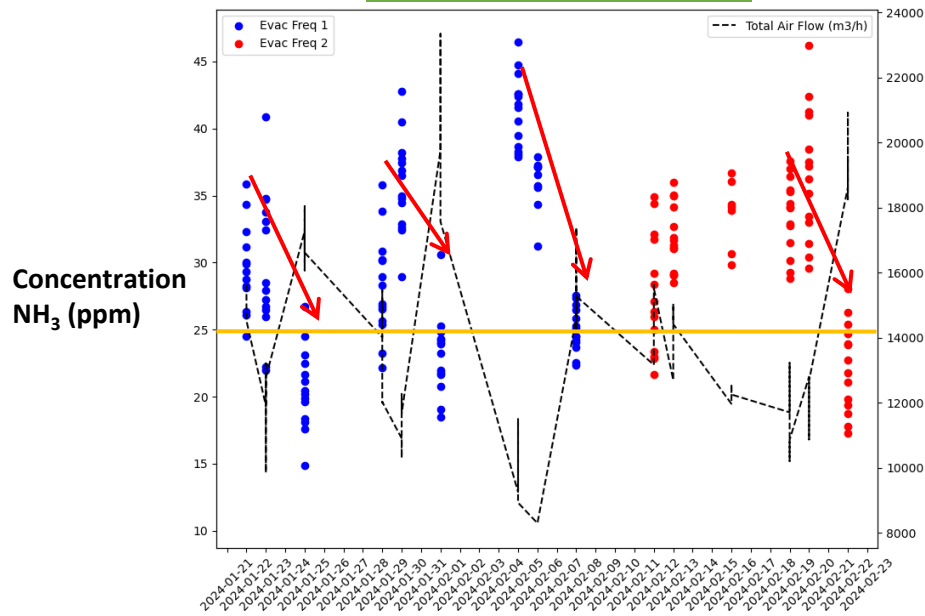


# Effet des traitements sur les concentrations en GES ( $\text{CO}_2$ , $\text{CH}_4$ , $\text{N}_2\text{O}$ )

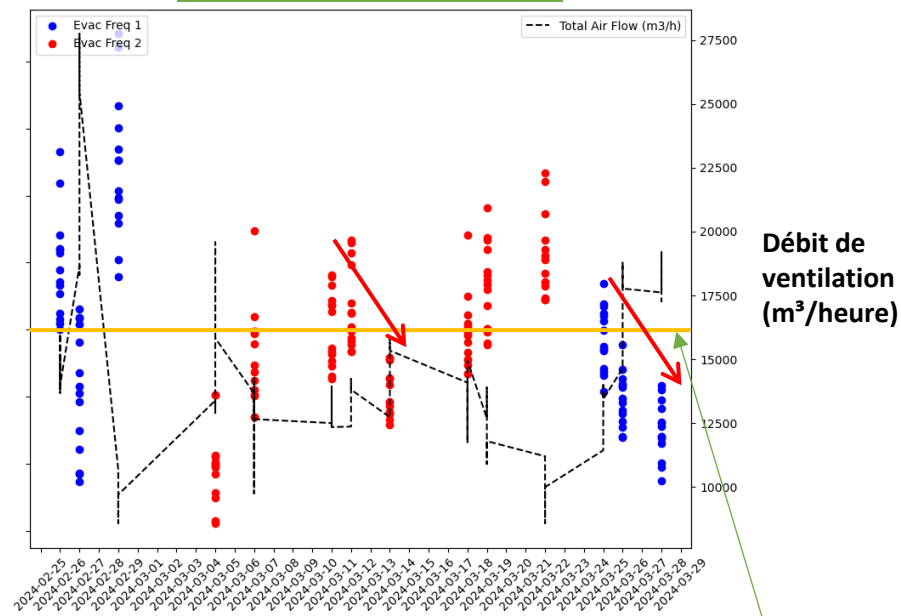


# Effet des jours sur la concentration en $\text{NH}_3$

Température salle = 15 °C



Température salle = 17 °C



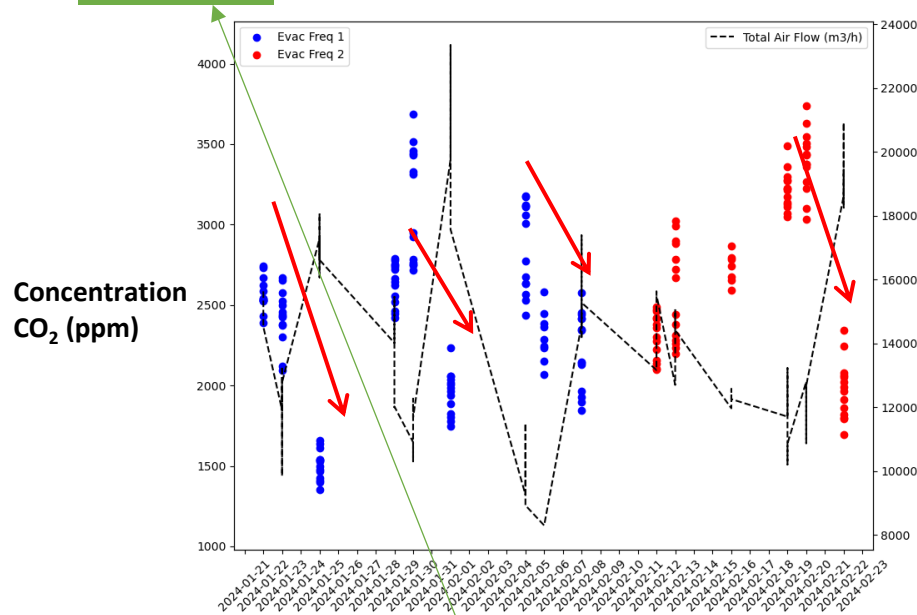
Valeurs d'exposition admissibles

(Lavoie et al., 2006; LégisQuébec, 2024)

# Effet des jours sur la concentration en CO<sub>2</sub>

5 000 ppm

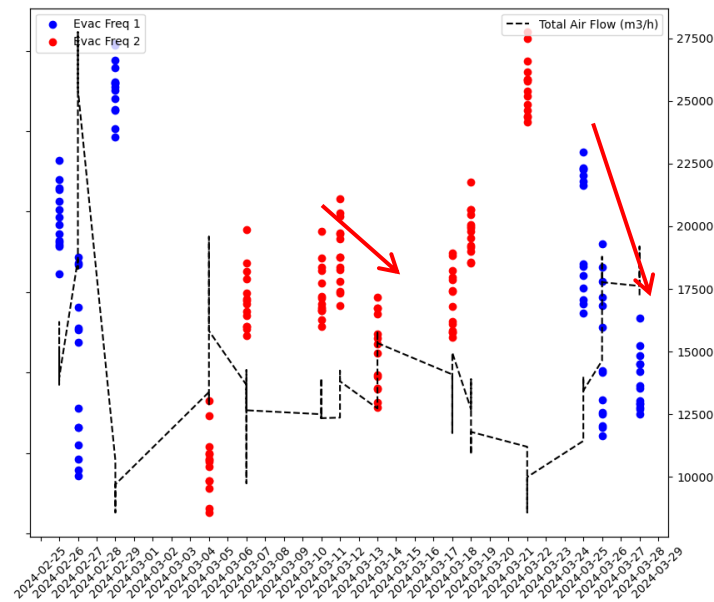
Température salle = 15 °C



Valeurs d'exposition  
admissibles

(Lavoie et al., 2006; LégisQuébec, 2024)

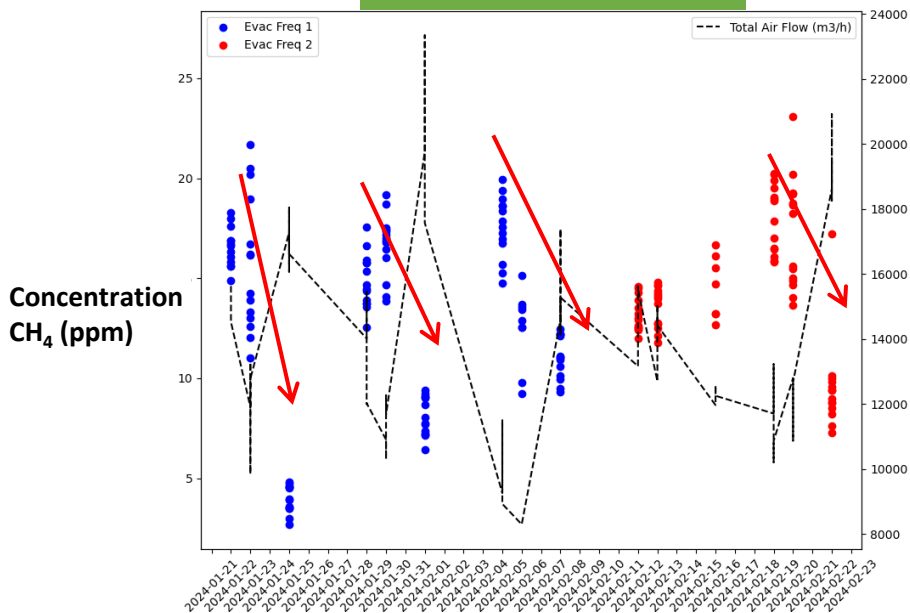
Température salle = 17 °C



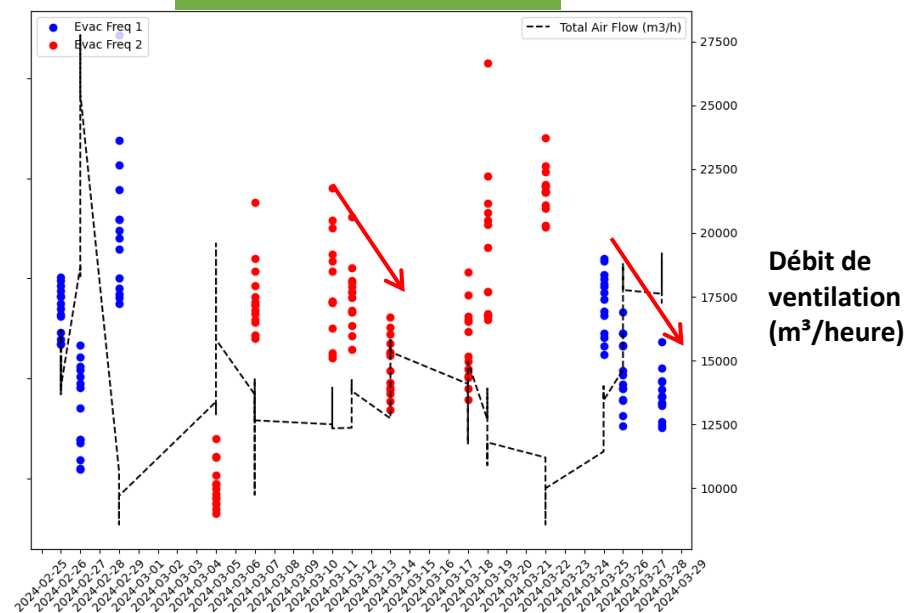
Débit de  
ventilation  
(m<sup>3</sup>/heure)

# Effet des jours sur la concentration en CH<sub>4</sub>

Température salle = 15 °C



Température salle = 17 °C



Valeurs d'exposition  
admissibles

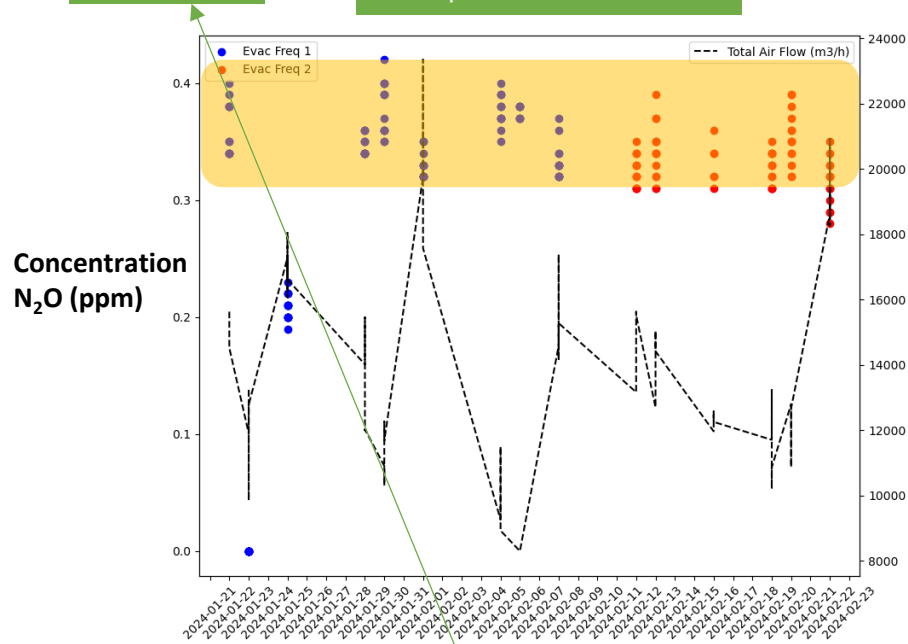
(Lavoie et al., 2006; LégisQuébec, 2024)

Aucune pour le CH<sub>4</sub>

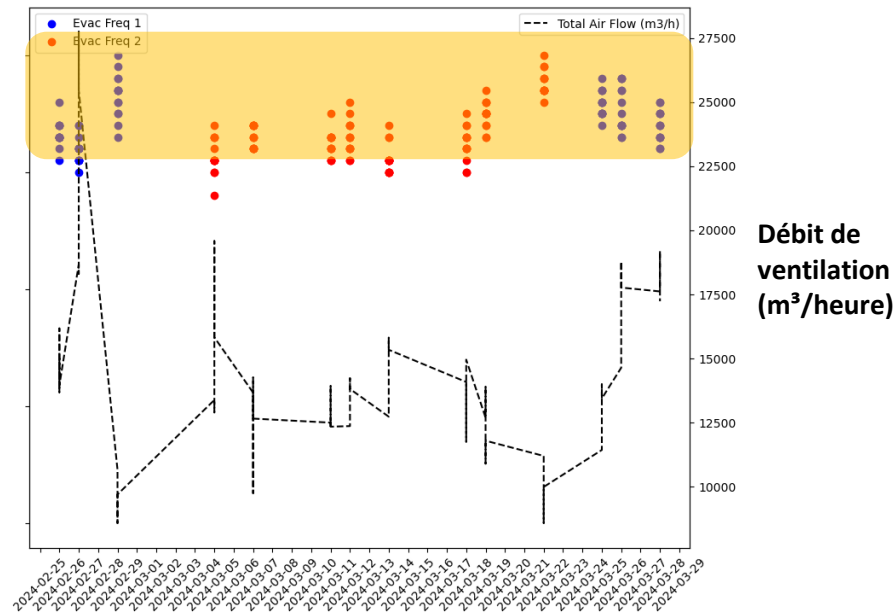
# Effet des jours sur la concentration en N<sub>2</sub>O

50 ppm

Température salle = 15 °C



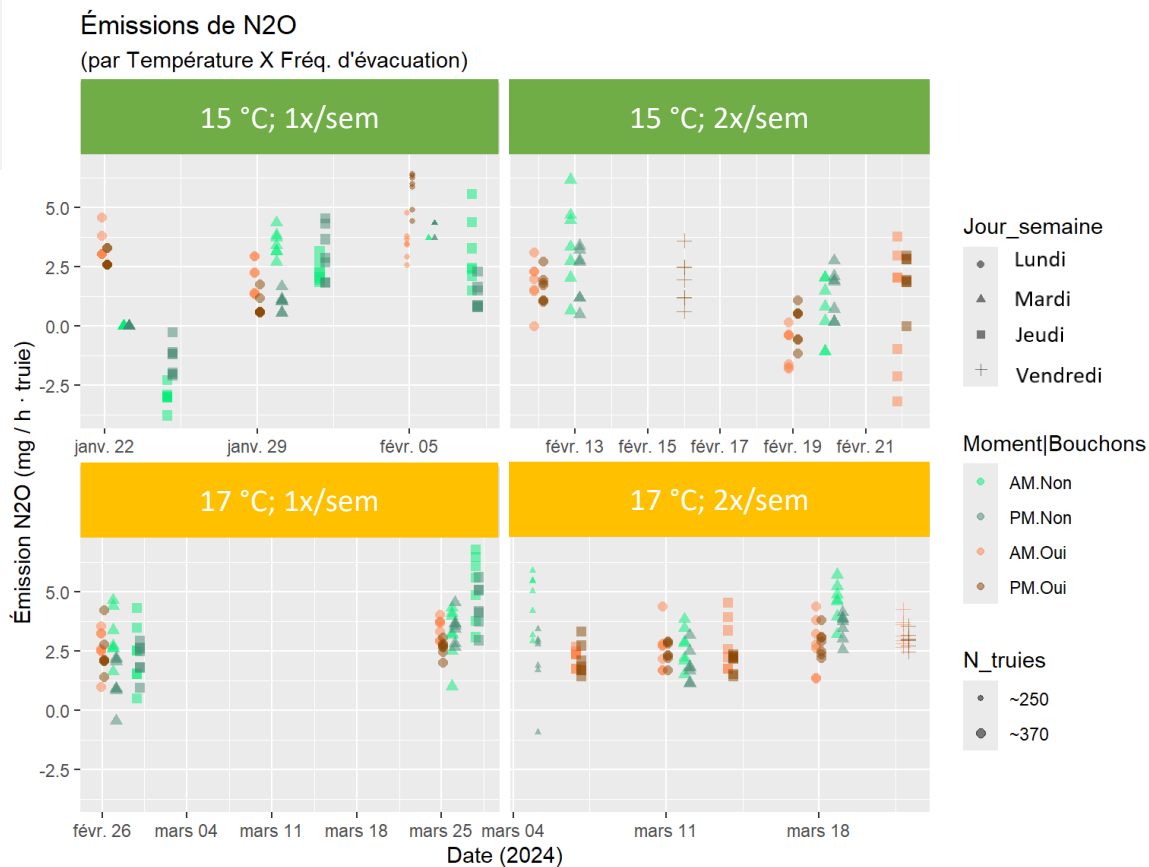
Température salle = 17 °C



# Résultats

## Émissions de gaz

- $\text{NH}_3$  stable puis réduction
- $\text{CO}_2$  fluctue puis réduction
- $\text{CH}_4$  stable
- $\text{N}_2\text{O}$  faible émission



# Conclusion



Centre de développement  
du porc du Québec inc.

# Sommaire et recommandations

## Augmentation de la fréquence de vidange du lisier et baisse de température de la salle

- Techniques qui fonctionnent chez le porc en engraissement (méta - analyse)
  - ✓ Grandes variations entre les études
  - ✓ Petit échantillon d'études
  - ✓ En général, seule l'évaluation de l'effet sur le  $\text{NH}_3$  est réalisée, donc moins de données sur les autres contaminants
- Semble transmissible chez la truie gestante logée en groupe (visualisation de tendances)

## Essai exploratoire en ferme

- Pas d'effets marqués
  - ✓ Brassage du lisier en semaine et stagnant la fin de semaine
  - ✓ Écart de température faible entre le témoin et les traitements
  - ✓ Conditions changeantes et bris des grattes des parcs 1 et 2
- **Suite** : tester en salles à environnement contrôlé et ajouter des répétitions



Ce projet a été financé par  
Agrivita Canada inc.



[https://www.agrivita.ca/2019-2024-canadian-agrisafety-program/activity-4\\_fr.php?ls=1#Aper%C3%A7uduprojet](https://www.agrivita.ca/2019-2024-canadian-agrisafety-program/activity-4_fr.php?ls=1#Aper%C3%A7uduprojet)

L'autrice tient aussi à remercier la CLEBAD de l'Université Laval, l'IRDA, Agrivita, l'IUCPQ, le Prairie Swine Centre, Mitacs et l'Université de la Saskatchewan pour leur contribution à ce projet.



Cette présentation est rendue possible grâce au soutien financier du gouvernement du Québec dans le cadre du programme d'appui à la lutte contre les changements climatiques dans le secteur bioalimentaire, qui découle du Plan pour une économie verte 2030.

Plan pour une  
économie  
verte



*Partenaire financier*

Québec



Merci aux collaborateurs pour leur contribution !



# Références bibliographiques – Capsule

- Castillo Toro A, Kirychuk S, Thompson B, Nolting C, Lemieux J, Veillette M, Turgeon N. et Duchaine C. Antimicrobial-Resistance Genes in Bioaerosols from Livestock Operations. Health Sciences 990 Seminar Series, February 6, 2024.
- Lavoie, J., Beaudet, Y., Létourneau, C., Godbout, S., Lemay, S., Belzile, M., Lachance, I. et Pouliot, F. (2006). Évaluation de la qualité de l'air dans les porcheries équipées d'un système de séparation liquide-solide des déjections. <http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/R-460.pdf>
- LégisQuébec. (2019). *Règlement sur la santé et la sécurité du travail* (RLRQ, chapitre S-2.1, r. 13). <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/pdf/rc/S-2.1,%20R.%2013.pdf>
- Li, Y., Li, T., Shang, B., Zhao, Y., Tao, X., Peng, F., Zou, X. et Zhang, S. (2023). Evaluation of the effect of the indoor environment on the physiological responses of early-gestation sows in a commercial house in China. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1178970.
- Ma, H., Xie, Y., Li, A., Zhang, T., Liu, Y. et Luo, X. (2023). A review on the effect of light–thermal–humidity environment in sow houses on sow reproduction and welfare. *Reproduction in Domestic Animals*, 58(8), 1023-1045.
- Olsson, A.-C., Jeppsson, K.-H., Botermans, J., von Wachenfelt, H., Andersson, M., Bergsten, C. et Svendsen, J. (2014). Pen hygiene, N, P and K budgets and calculated nitrogen emission for organic growing–finishing pigs in two different housing systems with and without pasture access. *Livestock Science*, 165, 138-146. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.03.025>
- Raynor, P. C., Engelman, S., Murphy, D., Ramachandran, G., Bender, J. B. et Alexander, B. H. (2018). Effects of Gestation Pens Versus Stalls and Wet Versus Dry Feed on Air Contaminants in Swine Production. *Journal of Agromedicine*, 23(1), 40–51. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2017.1387633>
- Wathes C, Whittemore C. Environmental management of pigs. in: Kyriazakis I, Whittemore CT, editors. *Whittemore's Science and Practice of Pig Production*. Oxford, UK: Blackwell (2006). p. 533–92 doi: 10.1002/9780470995624.ch17

# Références bibliographiques – Tableau récapitulatif

## Évacuation fréquente du lisier sous les lattes

1. Guarino, M., Fabbri, C., Navarotto, P., Valli, L., Moscatelli, G., Rossetti, M. et Mazzotta, V. (2003, juin). Ammonia, methane and nitrous oxide emissions and particulate matter concentrations in two different buildings for fattening pigs. In *Proc. International Symposium on Gaseous and Odor Emissions from Animal Production Facilities* (pp. 140-149)
2. Lachance, I., Marquis, A., Godbout Stéphane et Godbout, S. (2005). Effets de la séparation des déjections porcines sous les planchers lattés sur les émissions gazeuses et d'odeurs. *Dissertation, Université Laval*.

## Utilisation de grattes en « V »

3. Guimont, H., Dufour, V., Pelletier, F., Coulibaly, A., Giguère, C., Godbout, S., P. Lemay, S., I. Massé, D., Pouliot, F. et Fortin, N. (2007). Évaluation technique et économique d'un système d'isolement des fèces avec grattes en « V » dans un engraissement commercial.  
<https://www.agrireseau.net/porc/documents/%C3%89valuation%20technique%20et%20%C3%A9conomique%20Final.pdf>
4. Lagadec, S., Toudic, A., Decoopman, B., Espagnol, S., Richard, R., Genermont, S., Trochard, R., Voylokov, P. et Hassouna, M. (2019). Evaluation des pertes d'azote et de carbone de filières de gestion de déjections porcines associées au raclage en V: émissions d'ammoniac et de GES au bâtiment, stockage et compostage des effluents produits, valorisation énergétique et agronomique. *Journées Recherche Porcine en France*, 51, 175-180.
5. Landrain, B., Ramonet, Y., Quillien, J. P. et Robin, P. (2009). Impact of the installation of a V-shaped scraper under slats in a fattening piggy on performances et on ammonia and nitrous oxide emissions. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 41, 259-264.

# Références bibliographiques – Tableau récapitulatif

## **Acidification dans les dalots**

6. Kai, P., Pedersen, P., Jensen, J. E., Hansen, M. N. et Sommer, S. G. (2008). A whole-farm assessment of the efficacy of slurry acidification in reducing ammonia emissions. *European Journal of Agronomy*, 28(2), 148-154. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.06.004>
7. Overmeyer et al. (2023) Overmeyer, V., Trimborn, M., Clemens, J., Hölscher, R. et Büscher, W. (2023). Acidification of slurry to reduce ammonia and methane emissions : Deployment of a retrofittable system in fattening pig barns. *Journal of Environmental Management*, 331, 117263. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117263>
8. Petersen, S. O., Hutchings, N. J., Hafner, S. D., Sommer, S. G., Hjorth, M. et Jonassen, K. E. N. (2016). Ammonia abatement by slurry acidification : A pilot-scale study of three finishing pig production periods. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 216, 258-268. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.09.042>
9. Ten Hoeve, M., Nyord, T., Peters, G. M., Hutchings, N. J., Jensen, L. S. et Bruun, S. (2016). A life cycle perspective of slurry acidification strategies under different nitrogen regulations. *Journal of Cleaner Production*, 127, 591-599. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.014>
10. VERA. (2016). VERA verification statement - verification of environmental technologies for agricultural production. [https://www.vera-verification.eu/app/uploads/sites/9/2019/05/VERA-Statement006\\_JH-Forsuring-NH4.pdf](https://www.vera-verification.eu/app/uploads/sites/9/2019/05/VERA-Statement006_JH-Forsuring-NH4.pdf)

## **Entretien de la salle et du fond des dalots**

11. Jin, Y. et Predicala, B. (2011). Evaluation of engineering and management control measures for improving air quality in swine production. *Conférence présentée à La Société Canadienne de Génie Agroalimentaire et de Bioingénierie, Canada, Saskatchewan*. <https://library.csbe-scgab.ca/docs/meetings/2011/CSBE11300.pdf>

# Références bibliographiques – Tableau récapitulatif

## Lisiothermie

12. Bittman, S., Dedina, M. C. M. H., Howard, C. M., Oenema, O. et Sutton, M. A. (2014). Options for ammonia mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen. *NERC/Centre for Ecology & Hydrology*. <https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/510206/1/N510206CR.pdf>

## Aspersation d'huile végétale et d'eau

13. Heber, A. J., Lim, T. T., Tao, P. C. et Ni, J. Q. (2004). Control of air emissions from swine finishing buildings flushed with recycled lagoon effluent. *Au congrès annuel du ASAE (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers, Ottawa, Canada*. <https://doi.org/10.13031/2013.17692>
14. Ouellette, C., Lemay, S., Godbout, S. et Edeogu, I. (2006). Oil Application To Reduce Dust And Odour Emissions From Swine Buildings. *CSBE/SCGAB, Edmonton, Alberta*. <https://doi.org/10.13031/2013.22093>
15. Paszek, D. A., Jacobson, L. D., Johnson, V. J. et Nicolai, R. E. (2001). Design and Management of an Oil Sprinkling System to Control Dust, Odor, and Gases in and from a Curtain-Sided Pig Finishing Barn. *Dans la rencontre annuelle de ASAE (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers*. <https://doi.org/10.13031/2013.5535>
16. Takai, H. et Pedersen, S. (2000). A comparison study of different dust control methods in pig buildings. *Applied Engineering in Agriculture*, 16(3), 269-277. <https://doi.org/10.13031/2013.5143>
17. Heber, A. J., Lim, T. T., Ni, J. Q., Tao, P. C., Schmidt, A. M., Koziel, J. A., Hoff, S. J., Jacobson, L. D., Zhang, Y. H. et Baughman, G. B. (2006). Quality-assured measurements of animal building emissions : Particulate matter concentrations. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 56(12), 1678.

# Références bibliographiques – Tableau récapitulatif

18. Jin, Y. et Predicala, B. (2011). Evaluation of engineering and management control measures for improving air quality in swine production. Conférence présentée à La Société Canadienne de Génie Agroalimentaire et de Bioingénierie, Canada, Saskatchewan. <https://library.csbe-scgab.ca/docs/meetings/2011/CSBE11300.pdf>
19. Kim, K., Ko, H., Kim, H. et Kim, C. (2006). Effect of spraying biological additives for reduction of dust and bioaerosol in a confinement swine house. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 13(1), 133-138.
20. Lemay, S. P., Chenard, L., Barber, E. M. et Fengler, R. (2000). Optimization of a sprinkling system using undiluted canola oil for dust control in pig buildings. *Retrouvé dans Air pollution from agricultural operations, 2000* (337-344). Conférence au Second International Conference, Iowa, USA, American Society of Agricultural Engineers.
21. Nonnenmann, M. W., Donham, K. J., Rautiainen, R. H., O'Shaughnessy, P. T., Burmeister, L. F. et Reynolds, S. J. (2004). Vegetable Oil Sprinkling as a Dust Reduction Method in Swine Confinement. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 10(1), 7-15. <https://doi.org/10.13031/2013.15670>
22. Mostafa, E., Hoelscher, R., Diekmann, B., Ghaly, A. et Buescher, W. (2017). Evaluation of two indoor air pollution abatement techniques in forced-ventilation fattening pig barns. *Atmospheric Pollution Research*, 8(3), 428-438. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2016.11.003>
23. Rule, A. M., Chapin, A. R., McCarthy, S. A., Gibson, K. E., Schwab, K. J. et Buckley, T. J. (2005). Assessment of an aerosol treatment to improve air quality in a swine concentrated animal feeding operation (CAFO). *Environmental Science and Technology*, 39(24), 9649-9655. <https://doi.org/10.1021/es0501316>
24. Siggers, J. L., Kirychuk, S. P., Lemay, S. P. et Willson, P. J. (2011). Size distribution of particulate and associated endotoxin and bacteria in traditional swine barn rooms and rooms sprinkled with oil. *Journal of Agromedicine*, 16(4), 271-279. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2011.606418>

# Références bibliographiques – Tableau récapitulatif

- 25. Wang, X., Zhang, Y., Riskowski, G. L. et Ellis, M. (2002). SE—Structures and Environment. *Biosystems Engineering*, 81(2), 225-236. <https://doi.org/10.1006/bioe.2001.0014>
- 26. Winkel, A., Vermeij, I. et Ellen, H. H. (2014). Testing of various techniques for dust reduction in an experimental pig house. <https://www.geysec.es/geystiona/adjs/comunicaciones/304/C04160001.pdf>

## **Ionisation ou précipitation électrostatique**

- 27. Alonso, C., Raynor, P. C., Davies, P. R., Morrison, R. B. et Torremorell, M. (2016). Evaluation of an electrostatic particle ionization technology for decreasing airborne pathogens in pigs. *Aerobiologia*, 32(3), 405-419. <https://doi.org/10.1007/s10453-015-9413-3>
- 28. Cho, M. S., Ko, H. J., Kim, D. et Kim, K. Y. (2012). On-site application of air cleaner emitting plasma ion to reduce airborne contaminants in pig building. *Atmospheric Environment*, 63, 276-281. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.08.049>
- 29. De Jong, J. A., Card, K. N., DeRouchey, J. M., Baumgartner, M. et Tomlinson, P. J. (2014). Effects of electrostatic particle ionization on air quality, emissions, and growth performance of pigs housed in a thermo-regulated facility. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, 10, 310-314. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.6888>
- 30. La, A., Zhang, Q., Levin, D. B. et Coombs, K. M. (2019). The Effectiveness of Air Ionization in Reducing Bioaerosols and Airborne PRRS Virus in a Ventilated Space. *Transactions of the ASABE*, 62(5), 1299-1314. <https://doi.org/10.13031/trans.13430>
- 31. Nicolai, R. E. et Hofer, B. (2009). Swine finishing barn dust reduction resulting from an electrostatic space discharge system. *Conférence retrouvée dans Livestock Environment VIII, 31 August–4 September 2008, Iguassu Falls, Brazil (p. 18)*.

# Références bibliographiques – Tableau récapitulatif

32. Winkel, A., Vermeij, I. et Ellen, H. H. (2014). Testing of various techniques for dust reduction in an experimental pig house. <https://www.geyseco.es/geystiona/adjs/comunicaciones/304/C04160001.pdf>

## Filtration de l'air

33. Anthony, T. R., Altmaier, R., Park, J. H. et Peters, T. M. (2014). Modeled effectiveness of ventilation with contaminant control devices on indoor air quality in a swine farrowing facility. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 11(7), 434-449. <https://doi.org/10.1080/15459624.2013.875186>
34. Anthony, T., Altmaier, R., Jones, S., Gassman, R., Park, J. et Peters, T. (2015). Use of Recirculating Ventilation With Dust Filtration to Improve Wintertime Air Quality in a Swine Farrowing Room. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 12(9), 635-646. <https://doi.org/10.1080/15459624.2015.1029616>
35. Anthony, T., Yang, A. et Peters, T. (2017). Assessment of Interventions to Improve Air Quality in a Livestock Building. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 23(4), 247-263. <https://doi.org/10.13031/jash.12426>
36. Mostafa, E., Hoelscher, R., Diekmann, B., Ghaly, A. et Buescher, W. (2017). Evaluation of two indoor air pollution abatement techniques in forced-ventilation fattening pig barns. *Atmospheric Pollution Research*, 8(3), 428-438. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2016.11.003>
37. Wenke, C., Pospiech, J., Reutter, T., Altmann, B., Troyen, U. et Speck, S. (2018). Impact of different supply air and recirculating air filtration systems on stable climate, animal health, and performance of fattening pigs in a commercial pig farm. *Plos*