

Évaluation de l'ozonation de l'air en porcherie à des fins de biosécurité

mars 2018

Sébastien Turcotte, Andréanne Caron, Patrick Gagnon, Jean-Gabriel Turgeon, Christian Klopfenstein



Plan de la présentation



1. Introduction / Objectifs du projet

2. Description du projet :

Phase 1 : banc d'essai

Phase 2 : validation du modèle

Phase 3 : bioessais

a. Objectifs

b. Matériel et méthodes

c. Résultats

d. Conclusion

3. Analyse économique

4. Conclusions globales

Introduction



- Est-ce que l'ozonation de l'air serait une bonne alternative à la filtration dans un contexte de ferme porcine?
- Objectifs principaux
 - Évaluer le potentiel de l'ozonation de l'air pour réduire les taux d'agents pathogènes (ex. : virus du syndrome reproducteur et respiratoire porcin (vSRRP), Influenza, *Mycoplasma*, etc.) de l'air de fermes porcines
 - Évaluer la faisabilité et les coûts d'implantation d'un système d'ozonation à la ferme

Introduction

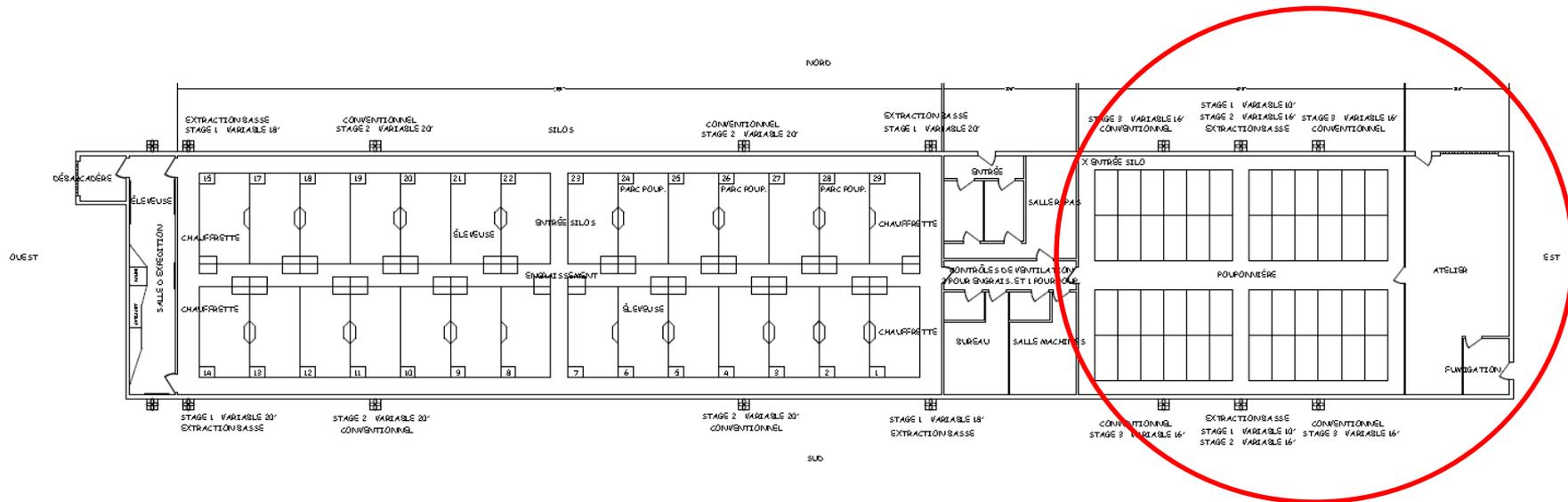


- **Modèle expérimental :**
Contamination naturelle au vSRRP
 - Porcelets : castrés, de race Yorkshire x Landrace;
 - Sources = différents multiplicateurs de hauts statuts sanitaires, membres de PigGen Canada ;
 - Étude de PigGen :
 - Résistance naturelle aux maladies;
 - 56 à 77 porcelets \approx 42 jours d'âge introduits aux trois semaines; dans une ferme de type pouponnière-engraissement de 400 places ;
 - Exposition naturelle à différentes maladies, dont le SRRP.

Introduction



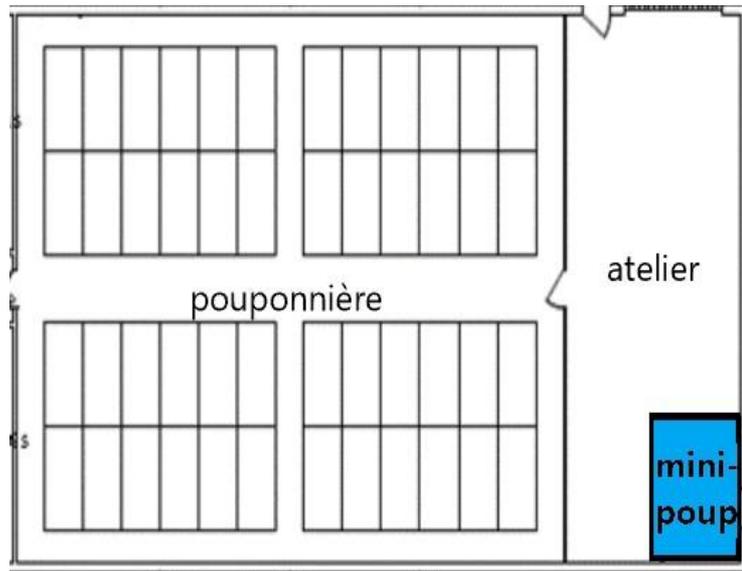
Ferme du CDPQ (Station)



Introduction



- Installations à la ferme

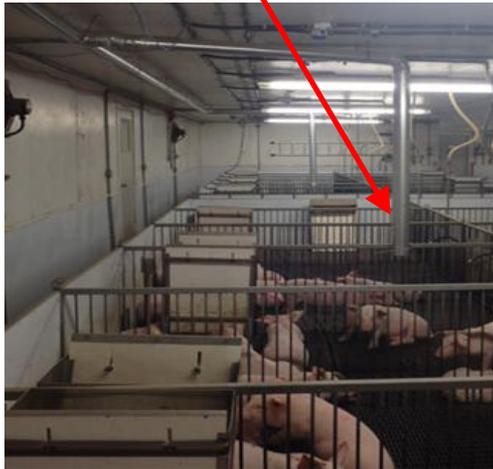


Introduction



- Installations à la ferme

Prise
d'air



Surplus
d'air rejeté
dans la
mini-poup.



Air envoyé dans
le parc de
porcelets en
mini-poup.

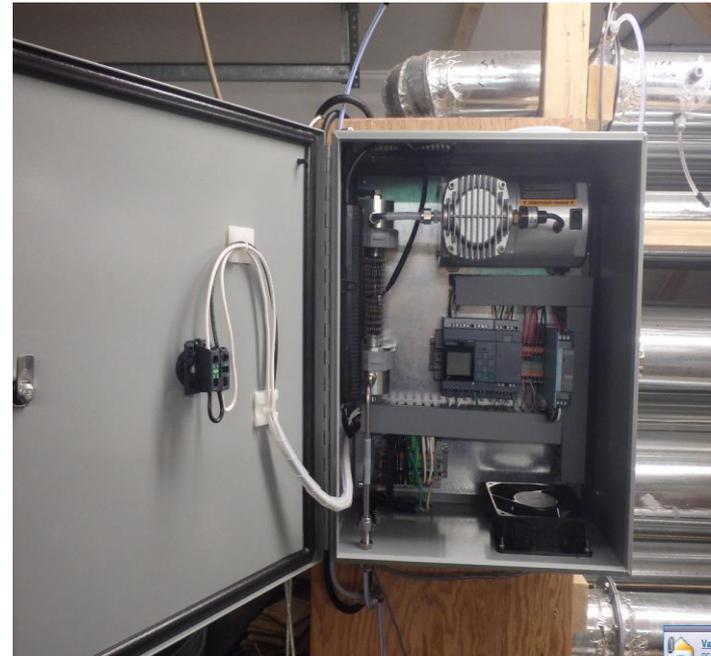


Introduction



- Installations à la ferme

Tunnel de vent et système d'ozonation
(phase 1: banc d'essai)





Phase 1 : banc d'essai

Phase 1 : banc d'essai



Objectifs spécifiques

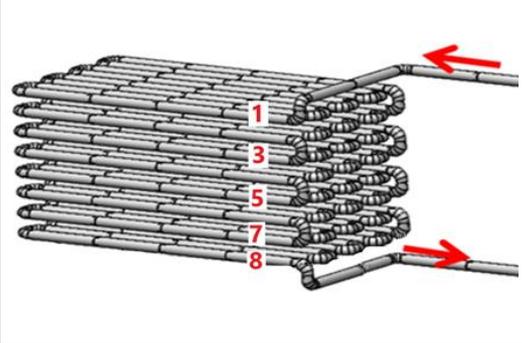
- Évaluer l'efficacité de l'ozonation de l'air à détruire le phage PhiX174 utilisé comme indicateur de performance, avec différentes concentrations d'ozone et différents temps de contact, sous deux conditions d'humidité relative et à température ambiante;
- Évaluer la concentration résiduelle en ozone à la sortie du banc d'essai.

Phase 1 : banc d'essai



Matériel et méthodes

- Tunnel de vent :
 - Tuyau de 220 m de longueur et de 10 cm de diamètre;
 - Conçu de manière à pouvoir aspirer soit l'air ambiant de l'atelier ou l'air contaminé de la pouponnière;
 - Possible de nébuliser des phages afin de modéliser l'effet de l'ozone sur le vSRRP;
 - 5 ports d'échantillonnage dans le but de pouvoir aspirer l'air du tunnel de vent et analyser son contenu selon différents temps de contact avec l'ozone.

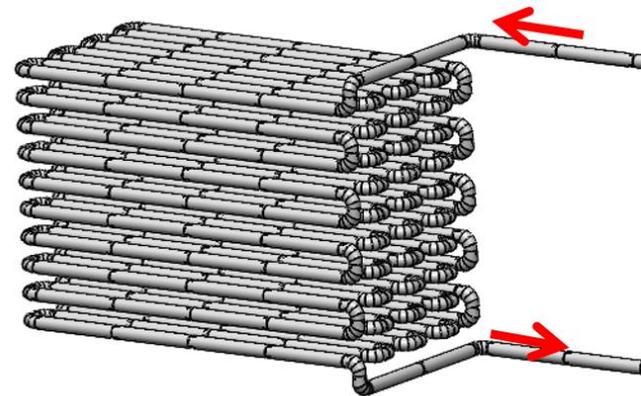
# des ports d'échantillonnage	Distance depuis l'entrée du tunnel (m)	Temps de contact dans le tunnel (min)
	0	0
	55	1,5
	110	3
	165	4,5
	220	6

Phase 1 : banc d'essai



Tunnel de vent

- Paramètres mesurés en tout temps :
 - Débit d'air
 - Pression au nébuliseur
 - Température et humidité relative (HR) à l'entrée et à la sortie du tunnel



Phase 1 : banc d'essai



- Équipements :
 - Humidificateur pour maintenir un taux HR désiré
 - Nébuliseur Collison à six jets : production des aérosols (phages)
 - Les aérosols passaient par un sécheur par diffusion avant d'entrer dans le tunnel
 - Les aérosols étaient injectés à l'entrée du tunnel, avant le port 1 et l'injection d'ozone
 - Ozonateur
 - L'injection d'ozone était faite après l'injection des phages et le port 1



Phase 1 : banc d'essai



- Équipements (suite) :
 - Appareil optique (OPS, TSI model 3330)
 - Mesure la concentration des particules après l'injection des aérosols de phages et avant le port 1.
 - Ports de prélèvement d'échantillons d'air (ports 1, 3, 5 et 8) :
 - Port 1 situé avant l'injection d'ozone;
 - Échantillons d'air prélevés à l'aide d'impulseurs AGI 30 actionnés par des pompes;
 - Impulseurs AGI-30 remplis avec 20 ml de tampon de phage (20 mM Tris-HCl, 100 mM NaCl, 10 mM MgSO₄, pH 7.5).
 - Destructeur d'ozone utilisé à la sortie du tunnel pour s'assurer qu'il n'y ait pas d'ozone résiduel dans l'air.

Phase 1 : banc d'essai



Méthodologie :

- Aérosolisations des phages effectuées à température ambiante, (17°C à 20°C) et à deux niveaux d'HR (40 % et 80 %)
 - Séquence des manipulations :
 1. Stabilisation du débit et de l'humidité relative dans le tunnel;
 2. Aérosolisation des phages sans ozone et prélèvement d'échantillons d'air à tous les ports d'échantillonnage;
 - Étape nécessaire pour connaître l'effet de la température et de l'humidité relative sur la viabilité des phages
 3. Purge du tunnel de vent;
 4. Génération d'ozone à la concentration désirée et aérosolisation des phages;
 5. Stabilisation des concentrations dans le tunnel;
 6. Prélèvement à tous les ports d'échantillonnage;
 7. Répétition des points 3 à 6 avec une concentration d'ozone différente;
 - 0,3 ppm, 0,6 ppm, 0,9 ppm, 1,2 ppm et 1,8 ppm d'ozone.

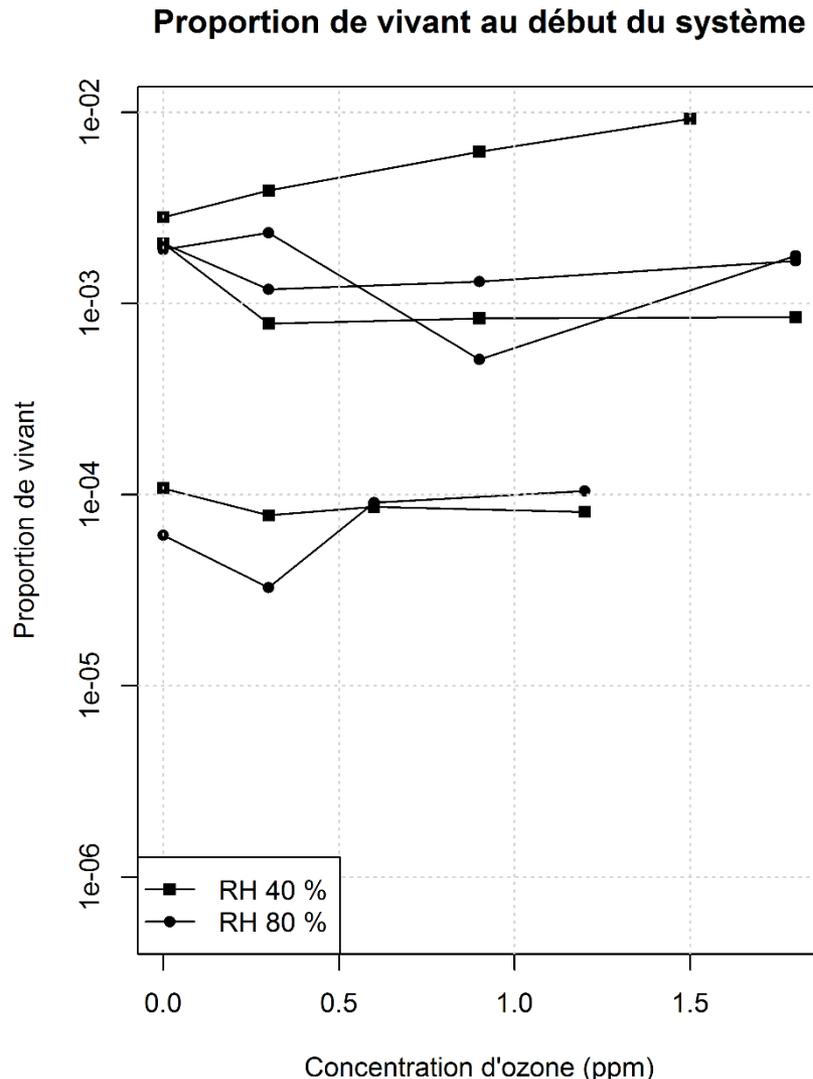
Phase 1 : banc d'essai



Méthodologie (suite) :

- Le contenu des échantillons d'air a été analysé par culture et par un test de réaction de polymérase en chaîne quantitative (qPCR)
- La culture des phages a été effectuée sur la souche hôte HER1036, méthode de dilution sur gélose molle
- L'analyse par qPCR a été effectuée d'après le protocole décrit par Verreault et *al.* (2010)

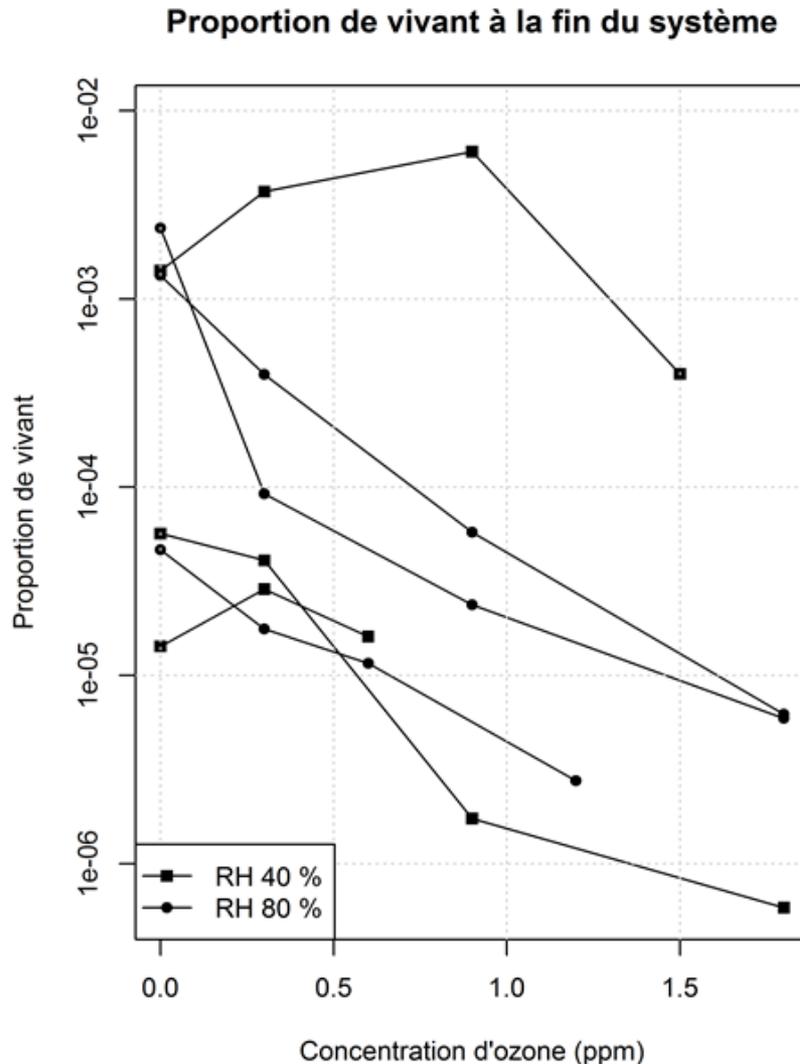
Phase 1 : banc d'essai



Résultats

- La procédure de récolte ne permet pas de conserver tous les phages vivants.
 - Moins de 1 % des phages sont vivants lors de la culture des échantillons
- La proportion de phages vivants est constante pour chaque séance d'essai
 - Aucun effet de l'ozone au port 1 (port situé avant l'injection d'ozone)
 - Bonne répétabilité des résultats
- Les deux lots de production de phages ont des viabilités différentes
 - 0,2% et 7%

Phase 1 : banc d'essai



Résultats

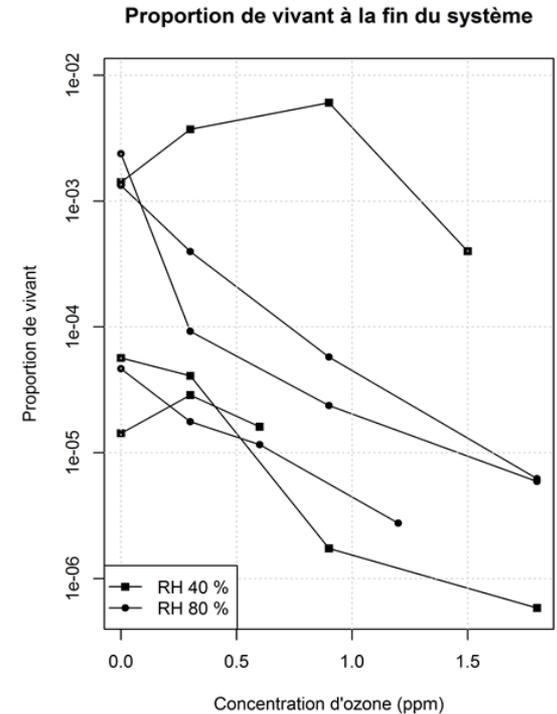
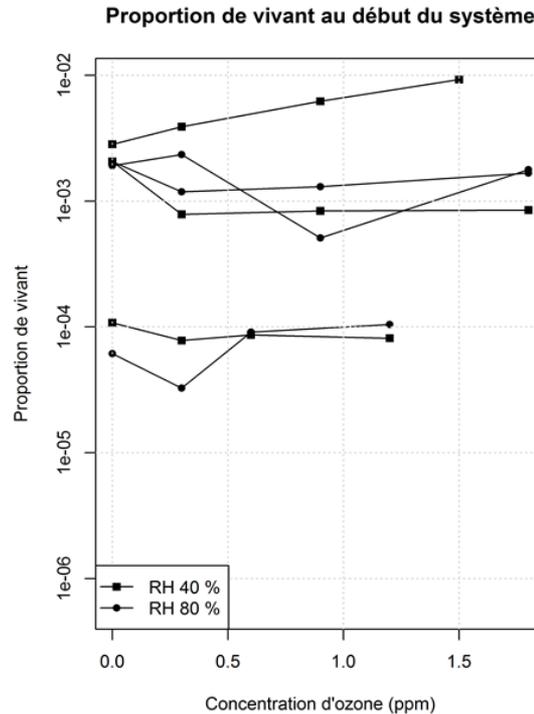
- Plus les concentrations d'ozone utilisées sont élevées, plus la proportion de phages vivants retrouvés à la fin du système est faible
- L'ozone a donc bel et bien un effet délétère sur la survie des phages

Phase 1 : banc d'essai



Résultats

- Les proportions de phages vivants à la fin du système sont généralement plus faibles que celles observées au début du système, surtout pour les valeurs obtenues à 40 % d'humidité relative



- Causé par deux phénomènes / biais :
 - Effet tunnel (PCR et Culture)
 - Dilution et perte de phages
 - Effet du temps de résidence dans le tunnel (Culture)
 - Sensibilité des phages à T° et HR

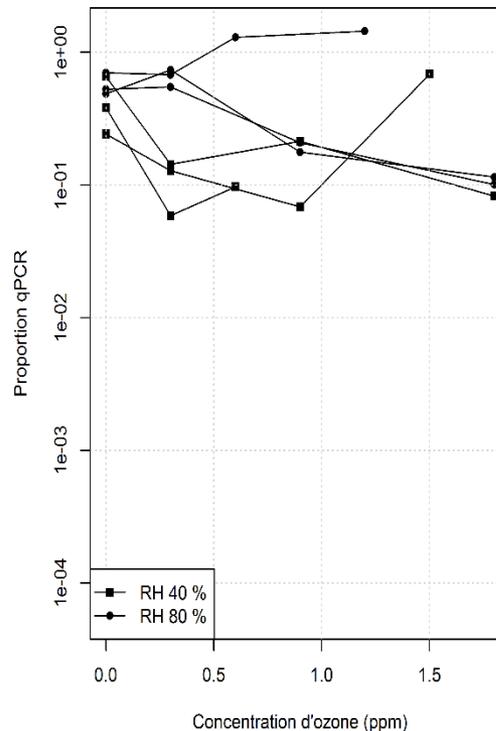
Phase 1 : banc d'essai



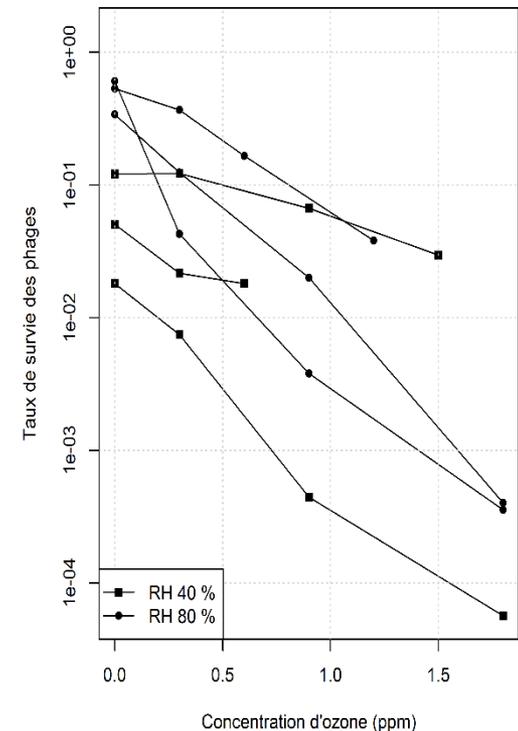
Résultats

- L'ozone a peu d'effets sur la détection des phages par qPCR (< 1 log)
 - Il agit surtout sur les protéines du phage
- Plus la concentration d'ozone est élevée, plus grande est la proportion de phages morts à la sortie du tunnel

Ratio qPCR à la fin du système sur qPCR initial



Taux de survie des phages à la fin du système



- **Selon la modélisation présentée dans ce projet, l'ozone est donc un moyen efficace pour tuer les pathogènes.**

Phase 1 : banc d'essai



Biais dus aux installations et à la méthodologie

- Les taux de survie bruts des phages doivent être corrigés pour tenir compte de deux biais non liés à l'ozone dans l'air

1. Effet tunnel

- Deux facteurs dans ce biais
 - Tunnel conçu n'est pas entièrement étanche
 - Infiltration d'air dans le tunnel par les joints non étanches = effet de dilution de l'ozone et des phages d'un port de mesure à l'autre
 - Tunnel conçu en serpentin (plusieurs coudes)
 - La cinétique de l'air fait en sorte que certaines des particules d'ozone et certains phages aient pu se déposer sur les parois du tunnel
- Ces facteurs affectent les deux types de mesures des phages, soit les cultures (vivant) et les qPCR (totaux)

Phase 1 : banc d'essai



Biais dus aux installations et à la méthodologie (suite)

2. Effet de l'ozone dans les échantillonneurs

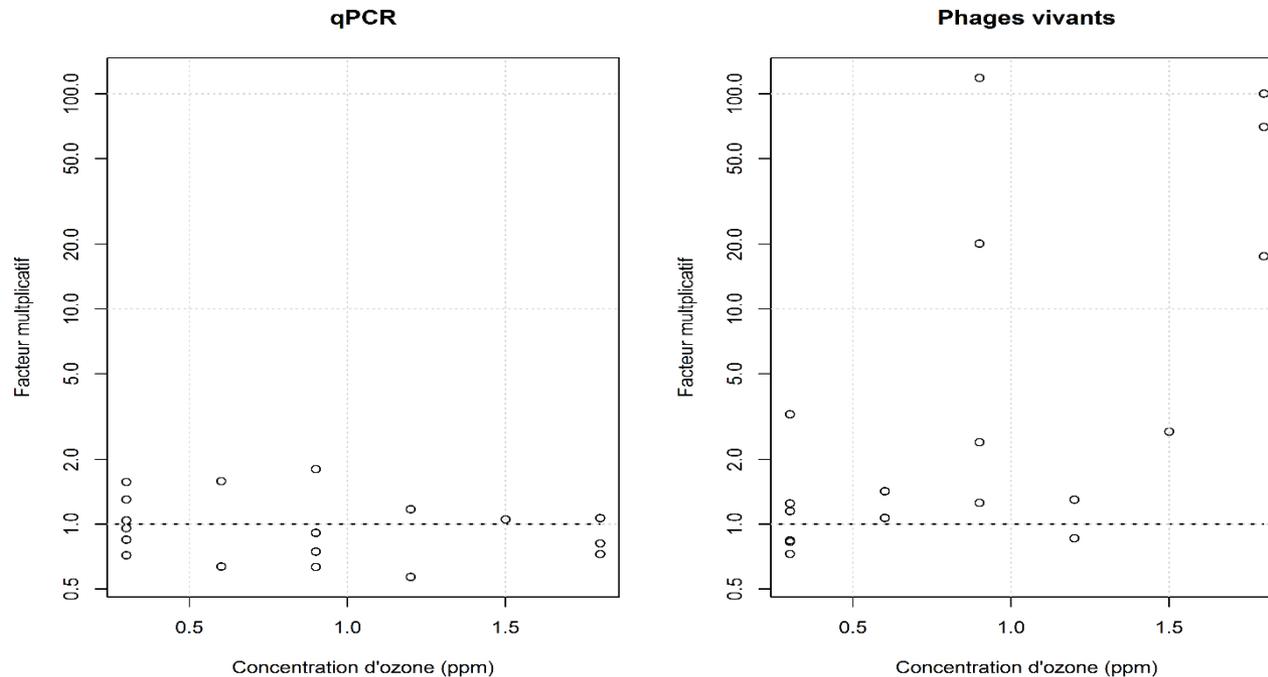
- $O_3 + H_2O =$ production de radicaux libres OH^- qui peuvent tuer les phages
- Méthode d'échantillonnage des phages = le passage de l'air (avec O_3) dans des aliquotes à base d'eau.
 - Production d'ions OH^- = destruction de certains phages récoltés dans ces aliquotes.
- Cet effet devrait principalement affecter les mesures obtenues par culture des phages (proportions de phages vivants)

Phase 1 : banc d'essai



Biais dus aux installations et à la méthodologie (suite)

2. Effet de l'ozone dans les échantillonneurs



- qPCR : Aucun effet observé
- Cultures : effet aléatoire du jour où le contrôle a été effectué
 - Facteur de correction unique appliqué à chaque test

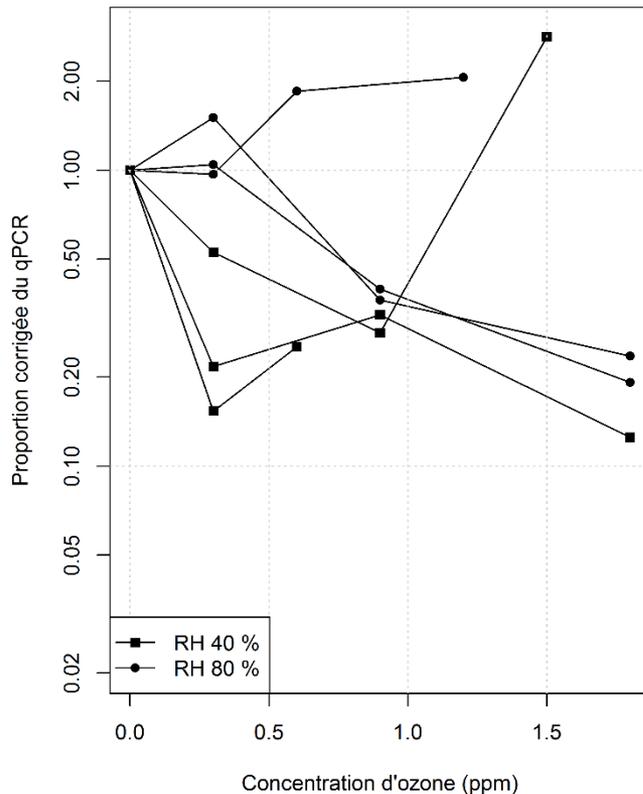
Phase 1 : banc d'essai



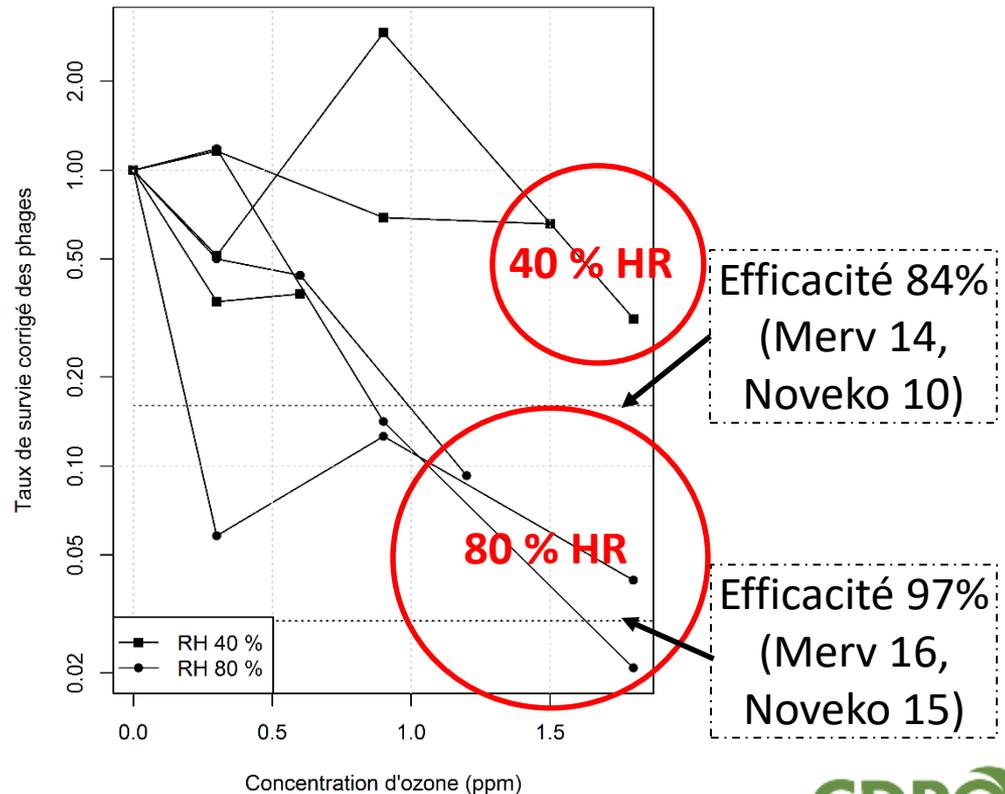
Résultats

- Corrigés pour les 2 biais, au port 8 (6 min d'exposition) :

Proportion corrigée du qPCR à la fin du système



Survie corrigée des phages à la fin du système



Phase 1 : banc d'essai

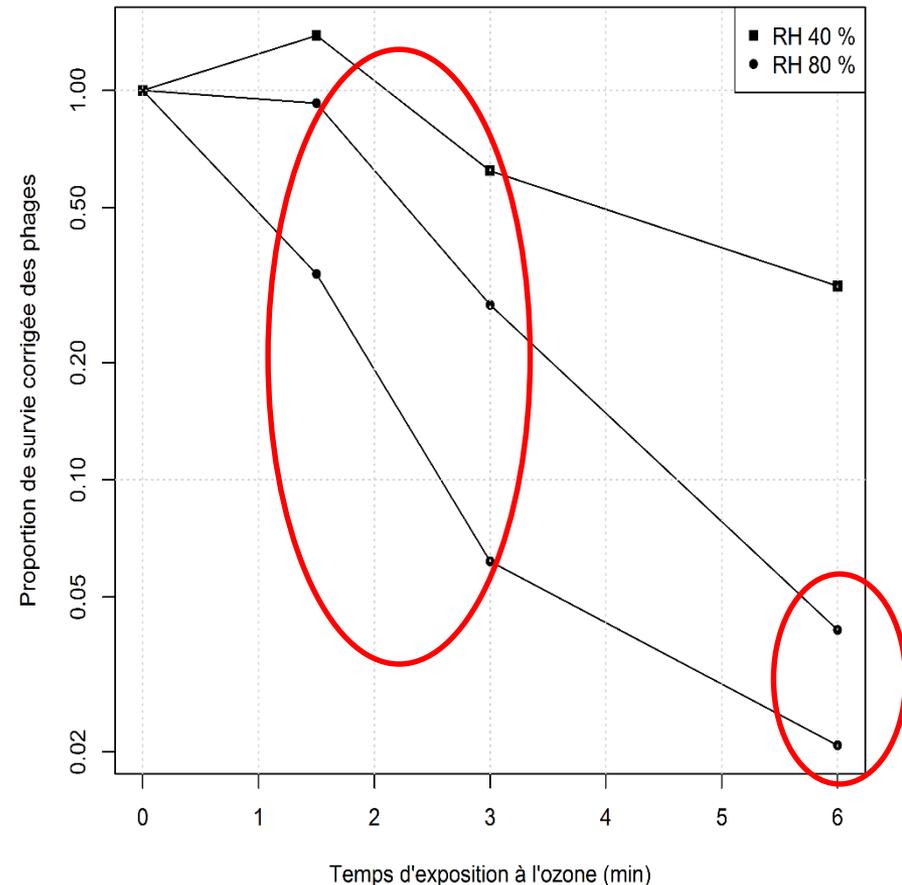


Résultats

- Résultats à 1,8 ppm d'ozone
- Plus la durée d'exposition à l'ozone est longue, moins le taux de survie des phages est élevé
 - Effet plus marqué entre 1,5 et 3 minutes;
 - Effet plus marqué pour les essais à 80% HR

À 80% HR,
1,8 ppm d'ozone permet
de détruire
> 95% des phages
après 6 minutes d'exposition

Taux de survie corrigé des phages vs temps d'exposition à l'ozone



Phase 1 : banc d'essai



Conclusions

- L'ozone a peu d'effets sur la détection des phages par qPCR (réduction observée < 1 log)
- Plus les concentrations d'ozone utilisées sont élevées, plus la proportion de phages vivants retrouvés à la fin du système est faible (plus grande est la proportion de phages morts à la sortie du tunnel)
- Selon la modélisation présentée dans ce projet, l'ozone est un moyen efficace pour tuer les pathogènes
- Meilleure efficacité de l'ozone à 80 % HR
- **À 80% HR, 1,8 ppm d'ozone permet de détruire > 95% des phages après 6 minutes d'exposition**
 - **Selon le modèle, efficacité similaire aux filtres Merv 16 ou Noveko 15 couches**



Phase 2 : validation du modèle

Phase 2 : validation du modèle



- Objectifs spécifiques
 - S'assurer que le système de filtration d'air de la quarantaine et les mesures de biosécurité permettent de maintenir les porcelets exempts des maladies présentes dans la Station;
 - Vérifier si l'air contaminé de la Station permet de contaminer les porcelets dans une mini-pouponnière en absence d'ozonation.

Phase 2 : validation du modèle



- Matériel et méthodes :

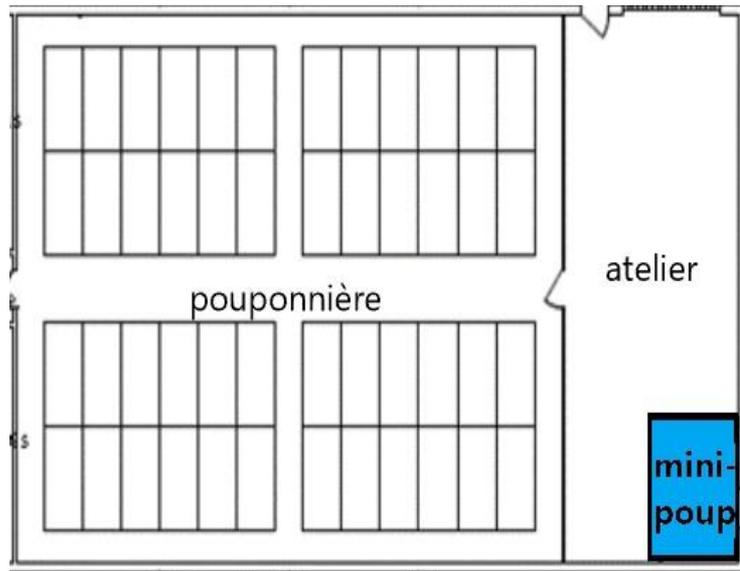
Mini-Pouponnière

- Neuf lots de trois porcelets sains
- Introductions aux trois semaines
- Biosécurité accrue
- Exposition à l'air de la grande pouponnière via une conduite d'air
- Présence en mini-pouponnière = 18 jours
- Échantillons prélevés à la fin, testés par qPCR pour le vSRRP

Phase 2 : validation du modèle



- Installations à la ferme

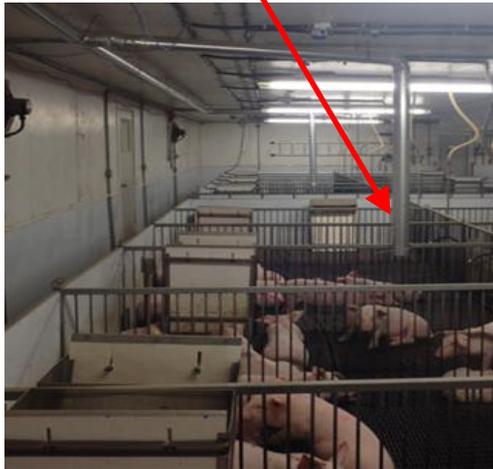


Phase 2 : validation du modèle



- Installations à la ferme

Prise
d'air



Surplus
d'air rejeté
dans la
mini-poup



Air envoyé dans
le parc de
porcelets en
mini-poup



Phase 2 : validation du modèle



■ Résultats

- 8 lots sur 9 sont restés négatifs au vSRRP
- 1 seul lot sur 9 testé positif au vSRRP

Date de début du lot	Description des essais	Débit d'air possiblement contaminé (l/min)	Distance du circuit d'air (m)	Statut ESPÉRÉ des porcelets au vSRRP	Statut RÉEL des porcelets au vSRRP
24 avril	Validation des mesures de biosécurité. 150 l/min d'air filtré	0	0	Négatif	Négatif
15 mai	Circuit d'air passant par le tunnel de vent : aspiration de 300 l/min d'air de la pouponnière contaminée au SRRP et ajout de 150 l/min d'air filtré; rejet du surplus d'air dans la mini-pouponnière	150	257	Positif	Négatif
5 juin				Positif	Négatif
26 juin	Circuit d'air passant par le tunnel de vent : aspiration de 2900 l/min d'air de la pouponnière contaminée; rejet d'une partie du surplus d'air à l'extérieur (2300 l/min) et le reste dans la mini-pouponnière (600 l/min)	600	257	Positif	Négatif
17 juillet				Positif	Négatif
7 août	Circuit d'air direct sans passer par le tunnel de vent; aspiration de 2900 l/min d'air de la pouponnière contaminée; rejet du surplus d'air dans la mini-pouponnière	900	25	Positif	Négatif
28 août		900	25	Positif	Positif
18 septembre		900	25	Positif	Négatif
9 octobre		900	25	Positif	Négatif

Phase 2 : validation du modèle



■ Conclusions

- Les mesures de biosécurité prises étaient suffisantes pour maintenir les porcelets exempts de SRRP
 - Une nuit de retrait entre les soins des porcs contaminés de la Station et ceux de la mini-pouponnière (même personnel aux deux endroits);
 - Soins des porcelets de la mini-pouponnière effectués le matin avant la Station;
 - Accès à la mini-pouponnière par la porte extérieure seulement;
 - Entrée danoise effectuée (port de bottes et d'un couvre-tout dédié à la mini-pouponnière et désinfection des mains)
 - Filtration de l'air qui entre dans la mini-pouponnière (débit de 150 l/min)

- L'air contaminé de la station n'a pas permis de contaminer de façon constante les porcelets
 - **Les installations ne pouvaient donc pas servir afin de tester l'efficacité de l'ozonation de l'air par rapport au vSRRP (Phase 3 : Bioessai).**



Phase 3 : bioessais

Phase 3 : bioessais



- Objectifs spécifiques
 - Objectif initial
 - Évaluer le statut vs vSRRP de porcelets sains exposés à l'air contaminé de la ferme et traité par ozonation, après 18 jours d'exposition.
 - Objectif modifié en raison des résultats de la phase 2

Phase 3 : bioessais



- Objectifs spécifiques
 - Nouveaux objectifs
 - Déterminer les concentrations de vSRRP à l'entrée de la prise d'air dans la grande pouponnière et à la sortie du corridor d'air dans la mini-pouponnière;
 - Corréler ces concentrations avec la proportion de porcelets positifs au vSRRP dans la grande pouponnière.

Phase 3 : bioessais



- Matériel et méthodes

Suivit du moment de contamination des animaux:

- Suivi de deux lots de porcelets contaminants (grande pouponnière);
- Échantillons sanguins prélevés à l'oreille sur des porcelets de trois parcs à proximité de l'entrée du corridor d'air;
- Jours d'échantillonnage :
 - **Lot 1** : J2; J5; J7; J10; J13; J15; J17; J20; J22; J24 et J27 ;
 - **Lot 2** : J1; J3; J6; J8; J11; J13; J15; J17; J20; J22; J24 et J27;
- Tests individuels qPCR pour le vSRRP
- Taux de porcelets positifs considéré représentatif de la dynamique d'infection et de propagation du virus dans la grande pouponnière.

Phase 3 : bioessais



■ Matériel et méthodes

Analyse de l'air pour quantifier le vSRRP:

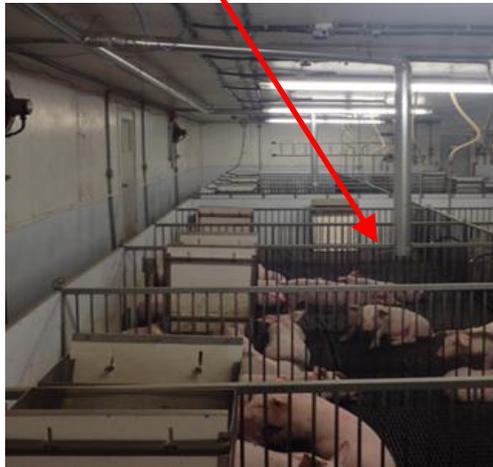
- Même période de suivi (deux mêmes lots);
- Mêmes jours d'échantillonnage que pour les animaux
- Séquence de prélèvement d'échantillons d'air quotidienne : Du moins contaminé au vSRRP au plus contaminé (en théorie) :
 - 1) blanc de terrain extérieur (selon la météo);
 - 2) sortie du corridor d'air en mini-pouponnière;
 - 3) entrée du corridor d'air dans la grande pouponnière.
- Extraction du vSRRP à l'IUCPQ-UL, puis qPCR à la FMV

Phase 3 : bioessais



- Sites d'échantillonnage de l'air dans la ferme
Échantillonneur d'air SASS3100 (Research international Inc)

Prise d'air dans
la grande poux



Surplus d'air rejeté
dans la mini-poux



Phase 3 : bioessais



- Résultats de la contamination des animaux :

Jour d'épreuve	Lot 32			Lot 33		
	N positifs	N testés	% positifs	N positifs	N testés	% positifs
J1				0	21	0 %
J2	1	9	11 %			
J3				4	21	19 %
J5	6	9	67 %			
J6				14	21	67 %
J7	8	8	100 %			
J8				20	21	95 %
J10	9	9	100 %	17	19	89 %
J13	8	8	100 %	18	18	100 %
J15	9	9	100 %	17	17	100 %
J17	7	7	100 %	15	16	94 %
J20	8	8	100 %	16	16	100 %
J22	7	7	100 %	11	16	69 %
J24	9	9	100 %	10	15	67 %
J27	9	9	100 %	6	14	43 %

Phase 3 : bioessais



- Résultats analyse d'air :
 - Grande pouponnière :
 - **Aucun échantillon positif pour le vSRRP**
 - Mini-pouponnière :
 - Échantillons non testés puisque la concentration attendue en virus était moindre qu'à la grande pouponnière
- Bancs de terrain (extérieur du bâtiment):
 - **Tous négatifs** (résultat attendu).

Phase 3 : bioessais



- Résultats analyse d'air :

Hypothèses émises pour expliquer les résultats qPCR SRRP négatifs dans la grande pouponnière :

- 1) La hauteur du collecteur d'air n'était peut-être pas la bonne;
 - Le patron de dispersion du virus SRRP dans l'air est inconnu et est possiblement influencé par les courants d'air et la température de l'air à différents endroits dans la chambre;
- 2) L'échantillonnage n'a peut-être pas été fait pendant la période d'excrétion maximale du virus (malgré une virémie et des symptômes respiratoires confirmés);

Phase 3 : bioessais



- Résultats analyse d'air :

Hypothèses émises (suite) :

- 3) Les particules virales de SRRP n'ont peut-être pas survécu au processus d'échantillonnage (collecte, récupération, congélation, décongélation, test).
 - Le vSRRP est peu résistant à différentes conditions environnementales;

Phase 3 : bioessais



- Résultats analyse d'air :

Hypothèses émises (suite) :

- 4) Il est possible que le principal mode de propagation de la souche virale présente dans la pouponnière de la Station se fasse par une autre voie (ex. : vecteurs, contacts directs).
 - Ex.: Influenza fortement vs faiblement excrété par les voies respiratoires;
 - Seulement un peu de toux a été constatée lors des deux essais. Le principal symptôme respiratoire était de la détresse respiratoire (pompage).

Phase 3 : bioessais



- Conclusion
 - D'autres études seront nécessaires afin d'éclaircir les raisons pour lesquelles il n'a pas été possible de détecter le virus dans l'air de la pouponnière contaminée lors de la présente étude.



Analyse économique

Analyse économique



- Deux concepts généraux en biosécurité
 - Bioconfinement :
 - Consiste à éviter la propagation des pathogènes hors d'un bâtiment afin de protéger les élevages voisins
 - Bioexclusion :
 - vise à réduire les risques d'introduction d'agents pathogènes dans un élevage

- Pourrait-on utiliser le traitement de l'air par ozonation dans les deux concepts de biosécurité?

Analyse économique



- Il pourrait y avoir des problématiques à utiliser le traitement de l'air en bioexclusion (à l'entrée):
 1. Très gros volume d'air à traiter :
 - L'efficacité de l'ozonation de l'air augmente avec l'augmentation du temps de contact entre l'ozone et l'air
 - Pour avoir un temps de contact suffisant, il faudrait d'énormes conduites d'entrées d'air afin d'assurer le temps de contact nécessaire pour obtenir l'efficacité voulue
 - Il serait très difficile et coûteux d'adapter les bâtiments existants pour y arriver

Analyse économique



- Il pourrait y avoir des problématiques à utiliser le traitement de l'air en bioexclusion (à l'entrée) :
 2. Concentration de l'ozone dans l'air :
 - Plus la concentration d'ozone est élevée, plus son efficacité à très court terme est grande
 - Cependant, travailler à de fortes doses d'ozone entraînera davantage d'ozone résiduel dans l'air de la porcherie
 - L'ozone a un impact négatif sur la santé et les performances des animaux et la santé des humains travaillant en ferme
 - Étude de Elenbaas-Thomas et *al.* (2005)
 - Ozone maintenu à 0,1 ppm en engraissement :
 - GMQ des porcs de la salle traitée à l'ozone 0,76 kg vs 0,89 kg.
 - Selon Santé Canada, les valeurs limites d'exposition à l'ozone sont de 0,02 ppm pour une exposition continue et de 0,04 ppm pour une exposition de 8 heures
 - Il existe des destructeurs d'ozone, mais ces équipements sont très dispendieux
 - Très gros volumes d'air à traiter

Analyse économique



- En raison de la durée d'exposition requise à l'ozone et de la persistance d'un ozone résiduel dans l'environnement (nécessité d'installer un destructeur d'ozone), l'installation d'un système d'ozonation pour filtrer **l'air entrant** (bioexclusion) dans une ferme porcine n'est pas facilement réalisable

Analyse économique



- Cependant, le traitement de l'air par ozonation s'appliquerait beaucoup plus facilement au concept de **bioconfinement** (traiter l'air sortant)
 - But : éviter la propagation des pathogènes hors d'un bâtiment afin de protéger les élevages voisins
 - Dans ce cas, l'ozone résiduel n'est pas problématique:
 - L'air à la sortie des ventilateurs de la ferme contient plusieurs contaminants (poussières, bactéries, virus, composés odorants...) qui accélèrent le processus de dégradation de l'ozone
 - L'air traité pouvant contenir de l'ozone résiduel sera dilué dans l'air extérieur et se retrouvera donc sous les seuils de dangerosité

Analyse économique



- En production porcine, le concept de bioconfinement est surtout utilisé dans les sections de bâtiment appelées quarantaines
 - La quarantaine est utilisée pour s'assurer que les nouveaux animaux qui entreront dans l'unité principale sont exempts de maladies
 - Les animaux y séjournent habituellement un minimum de 30 jours:
 - Le temps nécessaire pour voir l'apparition de signes cliniques de maladies et procéder à des tests de laboratoire
 - Ces quarantaines sont soit, situées très près du bâtiment principal de maternité, soit font partie du bâtiment principal occupant une des extrémités du bâtiment
 - Le but du bioconfinement est d'empêcher la contamination de l'unité principale, entre autres par voie aérienne/aérosols, dans le cas éventuel où les animaux de la quarantaine soient porteurs de maladies.

Analyse économique



- Il existe actuellement une méthode de bioconfinement aérien et elle consiste à utiliser des filtres, parfois combinés à un système d'abattement de la poussière par ionisation.
 - La problématique de l'utilisation de ce système est qu'il nécessite un entretien régulier et un changement/lavage de filtres à toutes les nouvelles introductions d'animaux dans la quarantaine.



Analyse économique

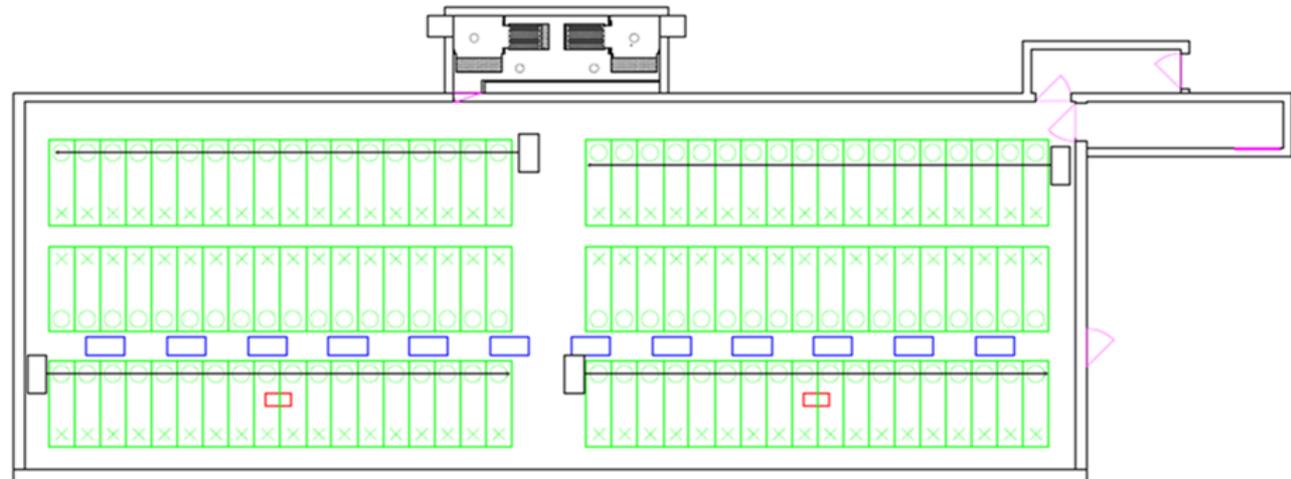


- L'objectif est d'évaluer si le bioconfinement d'une quarantaine en utilisant le traitement de l'air par l'ozonation est avantageux comparativement à la méthode existante de la filtration de l'air à la sortie
 - Utilisation du même scénario que celui qui avait été étudié dans un précédent projet du CDPQ :
 - «Essai d'un concept de bioconfinement en quarantaine - filtration d'air et réduction du taux de colmatage des filtres»

Analyse économique



- Paramètres de base de la quarantaine en bioconfinement:
 - 108 cochettes
 - 104 CFM/cochette (CFM = π^3 d'air/min)
 - Quatre ventilateurs de 500mm de diamètre
 - Entrées des cochettes aux huit semaines



Analyse économique



- La mise en place d'un système de traitement de l'air par ozonation va demander quelques modifications pour être effectif
 - Modifications à l'intérieur du bâtiment:
 - Acheminer des conduites d'ozone devant chaque ventilateur pour s'assurer d'envoyer l'ozone à l'extérieur du bâtiment en même temps que l'air à traiter
 - Modification à l'extérieur du bâtiment
 - Il est nécessaire de canaliser l'air sortant dans le but d'obtenir le temps de contact nécessaire à l'ozone pour tuer les agents pathogènes
 - Une annexe devrait être construite pour récupérer l'air des quatre ventilateurs de la quarantaine. Cette annexe doit être suffisamment grande pour atteindre le temps de contact visé.

Analyse économique



- En utilisant les résultats des travaux de Tseng et Li (2006)
 - Temps de contact de 13,8 secondes à 55 % de HR
 - 2,5 ppm et 3,43 ppm d'ozone étaient nécessaires afin de réduire de 99 % la concentration des bactériophages Phi6 et PhiX174 respectivement
 - Il a été décidé d'accorder une **marge de sécurité** pour être plus que certain que l'efficacité du traitement de l'air par ozonation soit au moins équivalent ou supérieur à la filtration de l'air
 - Les paramètres suivants ont été utilisés pour dimensionner l'annexe;
 - **Concentration de l'ozone à 5 ppm**
 - **Temps de contact de 15 secondes**

Analyse économique

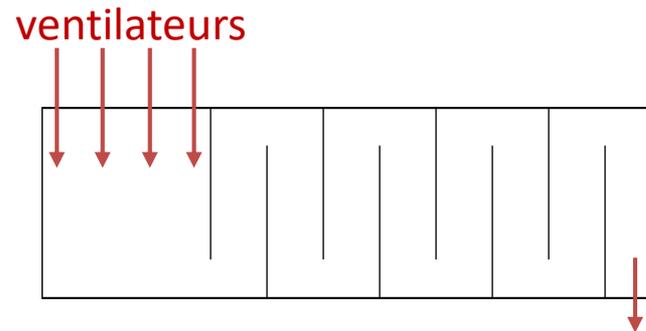


- Dimensionnement du bâtiment annexe servant à obtenir le temps de contact nécessaire de 15 secondes entre l'ozone et l'air sortant de la quarantaine
 - Débit de ventilation maximale:
 - $108 \text{ cochettes} \times 104 \text{ pi}^3 \text{ d'air/min/cochette} = 11\,232 \text{ pi}^3 \text{ d'air / min}$
 - Pour connaître le volume d'air sortant des ventilateurs pendant 15 secondes:
 - $11\,232 \text{ pi}^3 \text{ d'air / min} \div 60 \text{ sec/min} \times 15 \text{ sec} = 2\,808 \text{ pi}^3$
 - En supposant un bâtiment de 8 pi de hauteur, la superficie de l'annexe doit alors être de 351 pi²:
 - $2\,808 \text{ pi}^3 \div 8 \text{ pi} = 351 \text{ pi}^2$

Analyse économique



- L'intérieur de ce bâtiment devrait être subdivisé en différentes sections pour former un conduit géant et ainsi s'assurer que l'air séjourne le temps voulu



- En considérant un coût de $35\$/\text{pi}^2$ pour la construction de cette annexe en plus des matériaux pour former le conduit géant ainsi que de la sortie d'air mécanisé, un coût de 18 192 \$ est à prévoir.

Analyse économique



- Comparaison des coûts des installations de bioconfinement pour traiter l'air à la sortie
 - Système de traitement de l'air par ozonation

Types de dépenses	Coûts estimés
Système d'ozonation (180 g d'O ₃ /heure) ^a	28 000 \$
Annexe pour récupérer l'air des 4 ventilateurs	18 192 \$
Quincaillerie	500 \$
Total	46 692 \$

Système amorti sur 10 ans

- Système de filtration de l'air

Types de dépenses	Coûts estimés
Filtres	10 050,00 \$
Préfiltres	1 250,00 \$
Système d'ionisation	18 700,00 \$
Main d'œuvre	5 775,00 \$
Quincaillerie	625,00 \$
Total (2013)	36 400 \$
Total (en dollars 2018)	39 300 \$

Système amorti sur 10 ans SAUF filtres et préfiltres sur 5 ans

Coût actualisé en \$\$ 2018

Analyse économique



- Coûts d'entretien annuel des deux systèmes de traitement de l'air en bioconfinement

	Heures	\$
Ozonation de l'air	8	149,28
Filtration de l'air	26	485,16

Lavage de l'annexe 1x/an

Lavage des filtres et préfiltres
aux 8 semaines

- Coût par place des systèmes de traitement de l'air

	Ozonation	Filtration de l'air
Coût d'investissement par place	432,00 \$	364,00 \$
Annuité par place	58,91 \$	61,87 \$
Coût d'entretien par place	1,38 \$	4,49 \$
Total coût annuels d'exploitation par place	60,29 \$	66,37 \$

Analyse économique



Constats et conclusions:

- Le système d'ozonation a un coût d'investissement plus élevé que la filtration de l'air
- Le coût d'entretien est plus élevé pour le système de filtration de l'air
 - Lavage des filtres et préfiltres aux 8 semaines
 - Changement des filtres aux 5 ans
- **Le coût d'exploitation (investissement + annuité + entretien) du système d'ozonation par place est un peu moindre que celui de la filtration de l'air**
- Il est important de mentionner que ces coûts sont préliminaires et théoriques.
 - Ils ne proviennent pas d'une installation concrétisée
 - Les coûts pourraient donc varier
 - Une analyse plus poussée serait nécessaire pour valider les coûts réels de construction et d'entretien du système d'ozonation dans les conditions d'un élevage porcin.



Conclusions

Conclusions



- 1) Le traitement de l'air avec 1,8 ppm d'ozone à 80 % HR permet de tuer >95 % des phages lorsque le temps de contact est de 6 minutes (Phase 1):
 - Plus le temps de contact est long, plus l'ozone est efficace à détruire les phages;
 - Plus les concentrations d'ozone utilisées sont élevées, plus grande est la proportion de phages morts à la sortie du tunnel.
- 2) L'efficacité de l'ozonation de l'air est augmentée lorsque l'air est à 80 % d'humidité relative vs 40 % (Phase 1)
- 3) Les mesures de biosécurité mises en place dans la mini-pouponnière étaient efficaces et ont permis de garder les porcelets négatifs au virus du SRRP (Phase 2)

Conclusions



- 4) Il n'a pas été possible de contaminer à tout coup, par voie aérienne, les porcelets de la mini-pouponnière au virus du SRRP, et ce, malgré la confirmation que les porcelets de la Station étaient contaminés (Phase 2)

- 5) D'autres études seront nécessaires afin d'éclaircir les raisons pour lesquelles il n'a pas été possible de détecter le virus dans l'air de la pouponnière contaminée lors de la présente étude, ainsi que pour comprendre pourquoi il a été difficile de contaminer les porcelets de la mini-pouponnière par voie aérienne (Phase 3)

Conclusions



- 6) En raison de la durée d'exposition requise à l'ozone (longueur du tunnel) et de la persistance d'un ozone résiduel dans l'environnement (nécessite l'installation d'un destructeur d'ozone), l'installation d'un système d'ozonation pour traiter **l'air entrant** dans une ferme porcine n'est pas facilement réalisable
- 7) L'installation d'un système d'ozonation de **l'air à la sortie** d'air d'une quarantaine serait économiquement comparable/avantageux par rapport à un système de filtration Noveko 10 couches avec préfiltre MERV 14

Conclusions



- 8) Des tests supplémentaires en conditions de ferme sont nécessaires pour confirmer l'efficacité de l'ozonation au regard du SRRP et d'autres maladies porcine à propagation aérienne (aérosols)
- 9) Des tests supplémentaires sont requis pour mieux comprendre l'aérobiologie du vSRRP (dispersion, taille des particules, etc.)

Remerciements



- Programme de développement sectoriel
Volet 3 - Appui à l'innovation en réponse à des enjeux sectoriels prioritaires (Cultivons l'avenir 2)



Canada

Québec

- Autres partenaires financiers et collaborateurs



MERCI!



sturcotte@cdpq.ca

