

Mise au point sur une ferme porcine
d'un système de filtration d'air,
muni d'agents virucides/bactéricides,
afin d'éviter la transmission aérienne de pathogènes

Rapport final

Mars 2011



Francis Pouliot, MBA, ing.

Valérie Dufour, M. Sc.

Marie-Aude Ricard, ing. jr.

Élizabeth Gobeil-Tremblay, B. Sc.

Lilly Urizar, dipl. en m.v. de l'USAC du Guatemala

Michel Morin, agr.

Christian Klopfenstein, Ph.D., DMV

Équipe de réalisation

Chargé de projet :	Francis Pouliot, MBA, ing. (CDPQ)
Collaborateurs :	Simon Labrecque, v.p. filtration d'air (Noveko) Serge Couture, directeur des ventes (Monitrol) Joël Rivest, M. Sc. (CDPQ) Sonia Goulet, technicienne en santé animale (CDPQ) Laura Batista, DMV, Ph. D.
Équipe de rédaction :	Valérie Dufour, M. Sc. (CDPQ) Marie Aude Ricard, ing. jr. (CDPQ) Lilly Urizar, dipl. en m.v. de l'USAC du Guatemala (CDPQ) Michel Morin, agr. (CDPQ) Élizabeth Gobeil Tremblay, B. Sc. (CDPQ) Francis Pouliot, MBA, ing. (CDPQ) Christian Klopfenstein, Ph.D., DMV (CDPQ)

Remerciements

La réalisation de ce projet a été rendue possible grâce à la contribution financière du Programme pour l'avancement du secteur canadien de l'agriculture et de l'agroalimentaire (PASCAA). Ce programme d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) est livré par l'intermédiaire du Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ). Cette étude a également été possible grâce à la participation financière de Noveko inc., de Monitrol inc., du Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ) et des trois producteurs ayant participé au projet.



Résumé

Trois fermes québécoises, sur lesquelles le système de filtration d'air de Noveko a été installé, ont été suivies durant une année. Ce suivi a porté sur les éléments techniques et économiques du système ainsi que sur le statut sanitaire des troupeaux. Durant l'étude, l'évaluation de la biosécurité sur deux de ces fermes a également été effectuée. Sur la Ferme A (site naisseur-finiisseur), les aspects d'ingénierie et d'économie ont été suivis. Pour la Ferme B (site naisseur), un suivi sanitaire du troupeau, un suivi des conditions d'ambiance et une évaluation de la biosécurité ont été effectués. Finalement, un suivi sanitaire, une évaluation de la biosécurité et de l'amélioration des performances zootechniques du troupeau reproducteur de la Ferme C (site naisseur) ont été réalisés, à la suite d'un processus d'éradication de plusieurs maladies, dont le SRRP, à l'intérieur du troupeau. La pression statique relative et la température à l'intérieur de chaque bâtiment, de même que la température extérieure sur le site des Fermes A et B ont été enregistrées. Pour le suivi sanitaire des Fermes B et C, des analyses sérologiques ont été effectuées. Les mesures de biosécurité sur ces deux mêmes fermes ont été évaluées à l'aide de l'outil PADRAP (« Production Animal Disease Risk Assessment Program ») qui évalue le risque de contamination au vSRRP.

En ce qui a trait au suivi ingénierie, aucun problème, alerte ou souci de fonctionnement relié aux filtres n'a eu lieu. De plus, aucune mortalité n'a été répertoriée durant les périodes chaudes, qui ont été de courte durée au cours de l'année. En effet, sur un an, la température extérieure a dépassé 35°C à quelques reprises seulement (à peine 18 heures). Elle s'est maintenue entre 30 et 35°C et entre 25 et 30°C pour un total de temps cumulatif de 8 et 25 jours, respectivement. Pour ce qui est de la température intérieure, elle a dépassé 25°C pour un maximum de temps équivalant à 45 jours, dont 2,5 jours au-dessus de 30°C.

Le différentiel entre la température intérieure et extérieure, lorsque les ventilateurs fonctionnaient à plein régime, s'est maintenu à moins de 3°C (maximum souhaité) dans environ 96,5 % et 91 % du temps sur le site des Fermes A et B. Sur ces deux sites, ce différentiel a été supérieur à 3°C pour une durée équivalente à 12 et 34 jours, respectivement. Ces périodes de chaleur ont été réparties en plusieurs événements dans le temps, ce qui fait que les animaux ont été affectés par ces températures sur de courtes durées à chaque fois.

Les données de pression statique ont généralement été en-dessous de la pression maximum recommandée de 0,15 po d'eau. À la Ferme A, la pression statique s'est maintenue sous la pression maximale théorique attendue, déterminée par calcul. Par contre, elle a dépassé quelques fois la pression maximale théorique de la Ferme B (45 occurrences sur un an). Les calculs théoriques semblent surestimer légèrement la pression dans les deux engraissements de la Ferme A. Ainsi, les paramètres servant aux calculs de pression théorique lors de la conception du système devront être validés et optimisés, car ils servent à déterminer le nombre de filtres à installer et ainsi le coût du système de filtration d'air.

Les interventions sur le système de filtration d'air se sont limitées à des tournées d'inspection pour surveiller l'apparition de bris, à un lavage des filtres et à quelques dépoussiérages des moustiquaires de chaque bâtiment. Le temps de lavage des filtres a varié entre 13 à 20 minutes par boîtier (deux cartouches de filtres antimicrobiens et une moustiquaire), selon la facilité d'accès aux filtres de chaque bâtiment. À la suite du lavage des filtres, une légère diminution de la pression statique et de la température intérieure, lorsque le système de ventilation fonctionnait à 100 % de sa capacité a pu être observée pour la Ferme A. Pour la Ferme B, seule la pression statique a diminué après le lavage. Étant donné un nombre insuffisant d'observations, aucune

conclusion ne peut être tirée quant à l'impact du nettoyage. Il est donc conseillé de respecter les recommandations du fabricant.

Entre l'installation des filtres et la fin du projet, la mise en place de nouvelles mesures de biosécurité a permis de réduire le risque global de contamination par le SRRP, selon l'analyse à l'aide de l'outil PADRAP, de 18,2 à 16,8 et de 27,5 à 22,7 pour les Fermes B et C, respectivement. La réduction du risque de la Ferme C a surtout été causée par les changements dans la gestion des animaux de remplacement à la suite de l'implantation du processus d'éradication de certaines maladies, dont le SRRP. Cette ferme, située dans une zone à haute densité porcine, n'a pas été contaminée durant le projet. Par contre, la Ferme B a connu une crise liée au SRRP par une souche exogène à l'élevage, au début du projet. Cependant, la souche était homologue (>98 %) à une souche provenant d'un autre élevage appartenant au même propriétaire. La cause exacte de la contamination est inconnue, mais une contamination croisée ou l'introduction du virus par les volets anti-retour d'air non étanches des ventilateurs serait à son origine. Ainsi, malgré l'installation d'un système de filtration de l'air à la Ferme B et la mise en place d'un bon protocole de biosécurité, la contamination du troupeau au vSRRP démontre bien que l'utilisation de ces outils n'offre pas une garantie contre l'introduction de ce virus dans un troupeau, car il y a plusieurs voies possibles de contamination. De bonnes règles de biosécurité et l'observance de ces dernières sont essentielles pour maintenir la stabilité sanitaire d'un troupeau et il est important de bien contrôler les sources d'entrée d'air parasite (non filtré), surtout dans les zones à haute densité porcine.

Sur le plan économique, pour la Ferme A, avec un changement de filtres aux deux ans, le coût total (installation, entretien et remplacement) des filtres antimicrobiens Noveko s'élèverait à 36 814 \$/an (115 \$/troupeau/an) pour ce site naisseur-finisser de 320 truies. Avec des changements de filtres aux 3 ans, le coût annuel pour ce site naisseur-finisser passerait de 115 à 93 \$/troupeau/an. Près de 72 % du coût est relié au remplacement des filtres, soit plus de 26 000 \$/an. Les coûts d'installation représentent 24 % du total (8 800 \$/an), alors que les lavages ne comptent que pour 4 % du total des frais annuels. Lorsque le pourcentage est ramené en place, le coût pour la maternité, la pouponnière et les engraisements est de 41,13, 6,59 et 6,06 \$/an, respectivement. Ces coûts sont représentatifs de la situation au moment du projet (2008-2009). Depuis, ceux-ci ont été réduits et la durée de vie des filtres a été allongée. L'entreprise offre maintenant sur le marché de nouveaux modèles de filtre.

À la Ferme C, la réalisation d'une éradication des maladies au sein du cheptel à la suite de la pose de filtres s'est traduite par une augmentation de 2,61 porcelets sevrés/troupeau/an. Cependant, une évaluation économique globale des coûts d'installation des filtres et du processus d'éradication serait nécessaire pour déterminer la rentabilité de ces investissements. L'augmentation des performances zootechniques à la Ferme C démontre qu'il est très intéressant d'avoir des élevages possédant un bon statut sanitaire. Toutefois, pour les fermes situées dans des zones à haute densité porcine, la gestion du risque par la mise en place et l'application de protocoles de biosécurité (allant jusqu'à la filtration de l'air) adaptés devient primordiale afin de réduire les risques de réinfection.

Table des matières

Résumé	i
Liste des tableaux	v
Liste des figures	vii
Liste des figures	vii
Abréviations.....	ix
1 Introduction.....	1
1.1 Problématique et mise en contexte	1
1.2 Revue de littérature	2
1.2.1 La transmission des pathogènes par aérosol en production porcine	2
1.2.2 Démonstration de la transmission par aérosol du vSRRP	3
1.2.3 L'impact de la transmission par aérosol du vSRRP.....	6
1.2.4 Les autres modes de transmission du vSRRP et les mesures de biosécurité permettant de s'en protéger	7
1.2.5 La filtration d'air	11
1.3 Description du projet.....	15
1.3.1 Objectif général.....	15
1.3.2 Objectifs spécifiques.....	15
1.3.3 Plan expérimental	16
Ferme A.....	17
2 Matériel et méthode.....	19
2.1 Description de la Ferme A	19
2.1.1 Organisation et description du site	19
2.1.2 Historique sanitaire	19
2.2 Période de suivi et interventions.....	19
2.3 Suivi ingénierie	20
2.3.1 Appareillages et mesures	20
2.3.2 Conditions de température et pression statique durant le suivi	23
2.3.3 Impact du lavage des filtres	23
2.3.4 Observation de l'impact des filtres sur les conditions d'ambiance à l'intérieur des bâtiments	23
2.3.5 Validation de la conception du système de filtration d'air	24
2.4 Suivi économique	24
2.4.1 Paramètres techniques.....	24
2.4.2 Hypothèses pour le calcul du coût de revient des investissements.....	25
3 Résultats et discussion.....	26
3.1 Suivi ingénierie	26
3.1.1 Conditions de température et pression statique durant l'année du suivi	26
3.1.2 Impact du lavage des filtres de la section de gestation de la Ferme A.....	27
3.1.3 Observations de l'impact des filtres sur les conditions d'ambiance à l'intérieur des bâtiments	29
3.1.4 Validation de la conception.....	31
3.2 Suivi économique	32
3.2.1 Pose et installation du système de boîtiers et des cartouches de filtre	32
3.2.2 Coûts d'entretien des filtres	33
3.2.3 Sommaire des coûts d'installation et d'entretien des filtres	34

Ferme B.....	37
4 Matériel et méthode.....	39
4.1 Description de la ferme B.....	39
4.1.1 Organisation et description du site.....	39
4.1.2 Historique sanitaire du troupeau.....	39
4.2 Période de suivi et interventions.....	40
4.3 Suivi ingénierie.....	40
4.3.1 Appareillage et mesures.....	40
4.3.2 Impact du lavage.....	43
4.3.3 Observation de l'impact des filtres sur les conditions d'ambiance à l'intérieur des bâtiments.....	43
4.3.4 Validation de la conception.....	43
4.4 Suivi sanitaire.....	44
4.5 Biosécurité.....	44
5 Résultats et discussion.....	45
5.1 Suivi ingénierie.....	45
5.1.1 Conditions de température et pression statique durant l'année de suivi.....	45
5.1.2 Impact du lavage des filtres de la section de gestation de la Ferme B.....	46
5.1.3 Observation de l'impact des filtres sur les conditions d'ambiance à l'intérieur des bâtiments.....	47
5.1.4 Validation de la conception.....	48
5.2 Suivi sanitaire.....	49
5.3 Théories de la contamination par le virus du SRRP :.....	50
5.4 Biosécurité.....	51
5.4.1 Évaluation de la biosécurité.....	51
Ferme C.....	55
6 Matériel et méthode.....	57
6.1 Description de la ferme.....	57
6.1.1 Organisation et description du site.....	57
6.1.2 Historique sanitaire du troupeau.....	57
6.2 Période de suivi et interventions.....	57
6.3 Suivi sanitaire.....	57
6.4 Biosécurité.....	58
6.5 Suivi économique.....	58
7 Résultats et discussion.....	59
7.1 Suivi sanitaire.....	59
7.1.1 Suivi des résultats sérologiques et des nécropsies.....	59
7.2 Biosécurité.....	60
7.2.1 Filtration de l'air et éradication.....	62
8 Conclusions.....	63
9 Référence.....	66

Annexe A Plans de la Ferme A

Annexe B Mesure de la pression différentielle

Annexe C Questionnaire santé

Liste des tableaux

Tableau 1-1	Classement MERV des filtres à air	12
Tableau 1-2	Description du suivi effectué sur trois fermes porcines commerciales.....	16
Tableau 2-1	Principales interventions effectuées sur le système de filtration d'air durant le suivi de la ferme A.....	20
Tableau 2-2	Liste des paramètres techniques des bâtiments de la ferme A	24
Tableau 3-1	Moyenne et écart-type de la température intérieure (Tint) et de la pression statique (Ps) à l'intérieure des divers bâtiments de la Ferme A durant le suivi ingénierie	26
Tableau 3-2	Fréquence d'observation (%) de différentes catégories de température intérieure (Tint) durant le suivi de la ferme A	26
Tableau 3-3	Fréquence d'observation (%) de différentes catégories de température extérieure (Text) durant le suivi de la ferme A	27
Tableau 3-4	Pression statique (Ps), différentiel de température (ΔT) et température intérieure (Tint) selon la température extérieure (Text), 30 jours avant et 30 jours après le lavage des filtres* de la section de gestation de la Ferme A lorsque tous les ventilateurs fonctionnent au maximum.....	28
Tableau 3-5	Différentiel de température (ΔT)*, entre la température intérieure et extérieure, observé à la ferme A lorsque la température intérieure était supérieure à 26°C	30
Tableau 3-6	Pression statique observée sur 12 mois pour les bâtiments de la Ferme A	31
Tableau 3-7	Comparaison de la perte de charge totale (ΔP) maximale prévue par calcul avec celles mesurées durant le suivi de la Ferme A lorsque les filtres étaient propres*.....	31
Tableau 3-8	Coûts d'achat (en dollar canadien) et d'installation des boîtiers, excluant le financement et les cartouches de filtres.....	32
Tableau 3-9	Annuités reliées aux investissements de départ (capital et intérêt)	32
Tableau 3-10	Dépenses de remplacements des filtres	33
Tableau 3-11	Total des dépenses de remplacements des filtres aux 3 ans	34
Tableau 3-12	Estimé des coûts de lavages des filtres pour la ferme A	34
Tableau 3-13	Total annuel des coûts d'installation et d'entretien (\$ canadien) des filtres par type de bâtiment pour un remplacement de filtres aux deux ans pour la ferme A.....	35
Tableau 3-14	Sommaire des coûts totaux annuels par truie en inventaire avec changement de filtres aux 2 ans et aux 3 ans.....	35
Tableau 3-15	Nombre de crises majeures à éviter sur 10 ans pour rentabiliser le système de filtration d'air.....	36
Tableau 4-1	Principales interventions effectuées durant le suivi du système de filtration d'air et du statut sanitaire de la ferme B.....	40
Tableau 5-1	Moyenne de la température intérieure (Tint) et pression statique (Ps) durant le suivi ingénierie de la Ferme B	45
Tableau 5-2	Fréquence d'observation (%) de différentes catégories de température intérieure (Tint) durant le suivi de la ferme B	45
Tableau 5-3	Fréquence d'observation de différentes catégories de températures extérieures (Text) durant le suivi de la ferme B	46

Tableau 5-4	Pression statique (Ps) et différentiel de température (ΔT) moyen entre la température ambiante (Tint) dans la gestation de la Ferme B et la température extérieure, 30 jours avant et 30 jours après le lavage des filtres* de la section de gestation pour une même température extérieure (Text) alors que tous les ventilateurs fonctionnaient au maximum	46
Tableau 5-5	Différentiel de température (ΔT) observé chez la Ferme B lorsque la température intérieure était supérieure à 26°C	47
Tableau 5-6	Nombre d'événements durant l'année par catégorie de pression statique (Ps) pour les bâtiments de la Ferme B.....	48
Tableau 5-7	Comparaison de la perte de charge totale (ΔP) maximale prévue par calcul avec celle mesurée durant le suivi de la Ferme B lorsque les filtres étaient propres*.....	48
Tableau 5-8	Statut sérologique (ELISA) et virémique (PCR) du troupeau de la Ferme B au regard du SRRP.....	49
Tableau 5-9	Pourcentage d'homologie entre 3 souches isolées durant le suivi sanitaire de la Ferme B et différentes souches de référence	49
Tableau 5-10	Évaluation PADRAP de la biosécurité de la Ferme B avant l'installation des filtres, au début et à la fin du projet.....	51
Tableau 6-1	Principales interventions durant le suivi du système de filtration d'air de la Ferme C	57
Tableau 7-1	Évaluation PADRAP de la biosécurité de la Ferme C avant et après l'installation des filtres	60
Tableau 7-2	Performances zootechniques des truies de la Ferme C, avant et après la pose des filtres.....	62

Liste des figures

Figure 1-1	Causes possibles de l'infection de 35 troupeaux négatifs par le virus du SRRP	5
Figure 1-2	Multiplés voies de contamination	10
Figure 2-1	Plan du site de la Ferme A.....	19
Figure 2-2	Emplacement des sondes de la section de la mise bas de la Ferme A.....	21
Figure 2-3	Emplacement des sondes de la section du bloc saillie de la Ferme A	21
Figure 2-4	Emplacement des sondes de la section de gestation de la Ferme A	22
Figure 2-5	Emplacement des sondes de la pouponnière de la Ferme A	22
Figure 2-6	Emplacement des sondes de l'engraissement C de la Ferme A	22
Figure 2-7	Emplacement des sondes de l'engraissement D de la Ferme A	23
Figure 3-1	Impact du lavage sur la propreté des filtres	28
Figure 3-2	Laveuse à filtre.....	29
Figure 4-1	Plan du site de la Ferme B.....	39
Figure 4-2	Emplacement des sondes de la section gauche de la gestation de la Ferme B	41
Figure 4-3	Emplacement des sondes de la section droite de la gestation de la Ferme B.....	41
Figure 4-4	Emplacement des sondes de la cochetterie de la Ferme B.....	42
Figure 4-5	Emplacement des sondes de la section de gauche de la mise bas de la Ferme B	42
Figure 4-6	Emplacement des sondes de la section de droite de la mise bas de la Ferme B	43
Figure 5-1	Quadrants des risques externes et internes de la ferme B au début (a) et à la fin (b) du suivi sanitaire par rapport à toutes les fermes dans la base de données PADRAP.....	52
Figure 7-1	Évolution du ratio S/P pour ce qui est du SRRP de 15 truies de la Ferme C selon le jour du suivi sanitaire	59
Figure 7-2	Quadrants des risques externes et internes de la Ferme C avant (a) et après (b) l'installation des filtres par rapport à toutes les fermes dans la base de données PADRAP	60

Abréviations

APP :	<i>Actinobacillus pleuropneumoniae</i>
Cd	coefficient de perte de charge
CDPQ :	Centre de développement du porc du Québec inc.
ΔP :	différentiel de pression
ΔT :	différentiel de température
ELISA :	Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay ou dosage d'immunoabsorption par enzyme liée, c'est-à-dire dosage immunoenzymatique sur support solide.
ex. :	exemple
kg :	kilogramme
MERV :	Minimum Efficiency Rated Value (valeur de référence d'efficacité minimale)
PADRAP :	Production Animal Disease Risk Assessment Program (en français : Programme d'évaluation des risques de maladies en production porcine)
PCR :	abréviation anglaise de polymerase chain reaction qui signifie amplification en chaîne par polymérase ou réaction en chaîne par polymérase
Ps :	Pression statique relative
SRRP :	Syndrome reproducteur et respiratoire porcin
ρ :	densité de l'air (kg air sec/m ³ air sec)
V :	vitesse moyenne d'air à l'entrée d'air (m/s)
vSRRP :	virus du Syndrome reproducteur et respiratoire porcin

1 Introduction

1.1 Problématique et mise en contexte

Les problèmes sanitaires qui affectent les porcs se sont considérablement aggravés en 2005. Cette dégradation résulte en bonne partie de l'accumulation des effets combinés des maladies associées à la présence de plusieurs virus (SRRP, influenza, circovirus) et à nos modèles de production. L'ampleur des pertes (mortalité et morbidité) associées à la maladie dans le cheptel porcin en 2005 et 2006 a mis sérieusement en cause la viabilité économique de plusieurs entreprises porcines et, par conséquent, affecte l'ensemble de la filière porcine québécoise. À lui seul, le syndrome respiratoire et reproducteur porcin (SRRP) cause annuellement plus de 150 millions de dollars de pertes aux producteurs de porcs canadiens (FMV, 2007) alors qu'elles sont de 560 millions de dollars aux États-Unis (Neumann *et al.*, 2005).

Les problèmes sanitaires des élevages de porcs localisés dans les différentes fermes du Québec peuvent se contrôler par des actions individuelles mais ces problèmes exigent également des actions collectives. Dans ce contexte sanitaire difficile, le marché des animaux reproducteurs destinés aux producteurs commerciaux a évolué rapidement. Les producteurs commerciaux, sur les conseils de leur vétérinaire, exigent des animaux exempts de maladies à incidence économique importante.

Les entreprises bénéficiant d'un isolement géographique significatif peuvent espérer produire des animaux à haut statut sanitaire. Tout de même, il arrive que ces élevages soient contaminés et doivent faire l'objet de coûteuses mesures d'éradication. Beaucoup de maladies peuvent être transportées dans l'air et contaminer des élevages de porcs situés à quelques kilomètres de distance. Les entreprises de taille suffisante ont eu les moyens de créer de nouveaux nucléus dans les zones périphériques où il y a très peu ou pas de production porcine (principalement le Bas-Saint-Laurent, la Gaspésie et l'Estrie). Les éleveurs plus anciens sont installés dans la vallée du Saint-Laurent des deux côtés du fleuve, au centre de la zone de production porcine commerciale. Aujourd'hui, les contraintes environnementales et sociales sont devenues telles qu'il est très difficile de construire de nouveaux centres de production, peu importe la région.

Les techniques d'assainissement d'élevage sont bien connues. Il est possible de rendre un site d'élevage négatif en regard de presque toutes les maladies qui peuvent affecter une entreprise porcine commerciale. D'ailleurs, plusieurs entreprises ont procédé avec succès à de telles mesures. Cependant, dans la majorité des cas, bien que l'assainissement soit possible, il est très difficile de conserver un niveau sanitaire exempt de maladies. Les élevages commerciaux avec des statuts sanitaires de bas niveau et étant situés à proximité, contamineraient ces élevages en quelques mois.

Le coût des actions d'assainissement pour une entreprise s'élève à plusieurs centaines de milliers de dollars. Bien que la rentabilité offerte par un statut sanitaire élevé soit récupérable financièrement, il est impératif que l'entreprise puisse conserver son statut sanitaire sur la plus longue période possible pour maximiser son retour sur l'investissement. Dans la situation actuelle, aucun éleveur n'est prêt à prendre le risque financier de telles actions d'assainissement à grande échelle.

Il a été prouvé dans des conditions expérimentales que la transmission par voie aérienne du virus du SRRP est possible entre les élevages (Torremorell *et al.*, 1997; Willis *et al.*, 1997; Lager et Mengeling, 2000; Kristensen *et al.*, 2004). Il existe également d'autres virus, tel l'influenza, qui peuvent contaminer les troupeaux par l'air. Ainsi, il apparaît pertinent de considérer la filtration de l'air entrant dans les bâtiments porcins afin d'éviter la contamination des troupeaux porcins par voie aérienne.

Au printemps 2007, l'entreprise Noveko inc. s'est associée au Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ) et à la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal (FMV), avec la collaboration de D^{re} Laura Batista, afin d'évaluer en laboratoire l'efficacité de son filtre virucide/bactéricide à réduire la transmission aérienne du virus du SRRP dans les bâtiments d'élevages porcins. Dans 95 % des essais, le filtre commercialisé par Noveko a empêché la contamination.

Ainsi, les résultats très encourageants émanant du projet dirigé par D^{re} Batista, en laboratoire, incitent les partenaires du présent projet à planifier dès maintenant le transfert technologique de ce système de filtration d'air. Le présent projet constitue donc une étape essentielle au transfert structuré d'une technologie à fort potentiel auprès des producteurs de porcs québécois. Toutefois, des incertitudes sont présentes car il n'y a aucun type de bâtiment agricole, commercial, institutionnel ou industriel, ventilé par pression négative, muni d'un système de filtre virucide/bactéricide tel que celui conçu par Noveko.

Par ailleurs, la filtration d'air n'est pas une fin en soi pour protéger les élevages contre les pathogènes. En effet, il faut que l'ensemble de la biosécurité soit mis en place sur les sites d'élevage (ex. : entrée d'animaux de remplacement sains, contrôle de l'entrée des visiteurs). Par conséquent, il est primordial qu'un système de filtration d'air soit intégré avec un protocole de biosécurité global. Ce dernier aspect sera considéré dans le projet.

1.2 Revue de littérature

1.2.1 La transmission des pathogènes par aérosol en production porcine

1.2.1.1 La transmission par aérosol

Le développement de la production porcine sans plan d'aménagement structuré a entraîné la création de zones à très forte densité porcine au Québec. Selon le D^r Cardinal (2006), les fermes se trouvant à l'intérieur de ces zones sont particulièrement vulnérables à la transmission régionale des pathogènes, c'est-à-dire la propagation d'une maladie d'une ferme à l'autre sans qu'un vecteur précis ne puisse être identifié. Par exemple, ce vecteur pourrait être un insecte, le vent ou encore les rongeurs. Lorsqu'il est possible d'identifier précisément le vent ou l'air comme vecteur, l'expression « transmission par aérosol » est alors utilisée.

Par définition, les aérosols sont composés de matières finement divisées se trouvant en suspension dans l'atmosphère, comme la poussière (Hirst, 1995). Les virus et les bactéries sont généralement transportés par des aérosols (Dutertre, 1995). Lorsque les aérosols comprennent des particules d'origine biologique pouvant affecter un organisme vivant, tels les virus et les bactéries, le terme « bioaérosols » est alors utilisé (Hirst, 1995). Les bioaérosols présentent un diamètre variant de 0,5 à 100 µm.

1.2.1.2 Les pathogènes porcins transmis par aérosol

Les bactéries et les virus suivants peuvent se propager par aérosol d'une ferme porcine à une autre : le virus de la fièvre aphteuse, le virus d'Aujeszky (agent de la pseudo-rage), le virus de l'influenza, *Mycoplasma hyopneumoniae* (l'agent de la pneumonie enzootique), *Actinobacillus pleuropneumoniae* (l'agent de la pleuropneumonie), le virus du syndrome respiratoire et reproducteur porcin, *Bordetella bronchiseptica* et *Pasteurella multocida* (les agents de la rhinite atrophique) et le coronavirus respiratoire (Stärk, 1999; Baekbo et Mortensen, 2001; Desrosiers, 2004). Le Canada est toutefois exempt de la fièvre aphteuse et de la pseudo-rage (Broes, 2002). Toutefois, le virus de l'influenza, le *Mycoplasma hyopneumoniae*, l'*Actinobacillus pleuropneumoniae* ainsi que le virus du syndrome respiratoire et reproducteur porcin (vSRRP) comptent parmi les pathogènes les plus préoccupants pour l'industrie porcine québécoise.

À l'état libre, le vSRRP présente un diamètre variant de 0,050 à 0,065 µm et *Mycoplasma hyopneumoniae*, un diamètre variant de 0,3 à 0,9 µm (Quinn *et al.*, 2002; Zimmerman *et al.*, 2006). Ils sont toutefois généralement transportés sous forme de bioaérosols. Ces agents infectieux sont souvent retrouvés en co-infection virale-bactérienne et entraînent présentement d'importantes pertes économiques chez les producteurs (Dee *et al.*, 2009a). La transmission par aérosol du virus du vSRRP a suscité la controverse pendant de nombreuses années (Cho et Dee, 2006) mais elle est maintenant reconnue.

1.2.2 Démonstration de la transmission par aérosol du vSRRP

1.2.2.1 La transmission du vSRRP par aérosol sous conditions expérimentales

Il a d'abord été démontré que des porcs infectés pouvaient transmettre le vSRRP à des porcs sains se trouvant dans une autre unité reliée par un tuyau de 1 m de longueur (Torremorell *et al.*, 1997; Brockmeier et Lager, 2002; Kristensen *et al.*, 2004). Torremorell *et al.* (1997), qui ont testé la transmission de deux souches différentes, ont conclu que la transmission par aérosol du virus est possible mais qu'elle semble influencée par la souche utilisée pour infecter les animaux. En effet, dans leur étude, lorsque la souche MN-1b a été utilisée, aucun porc n'a été infecté par transmission aérosol, alors que tous les porcs ont été infectés lorsque la souche VR-2332 a été utilisée. Kristensen *et al.* (2004) ont utilisé pour leur expérience des porcs naturellement infectés pour tester la transmission du virus. De 94 à 100 % des porcs ont été infectés par transmission aérosol.

Dee *et al.* (2005) ont démontré que le virus pouvait être transmis par aérosol sur une plus longue distance. La souche MN-30100 du virus a été vaporisée par un brumisateur et transportée dans un tuyau de 150 m de longueur jusqu'à une chambre contenant un porc sain. Le porc sain a été infecté par le virus trois fois sur six.

1.2.2.2 La transmission du vSRRP par aérosol lors d'études de champ

La transmission du vSRRP a été testée en conditions de terrain mais aucun porc des installations périphériques n'a été infecté par aérosol lors de ces premières expériences (Otake *et al.*, 2002a; Trincado *et al.*, 2004; Fano *et al.*, 2005). Quelques raisons ont été invoquées pour expliquer cette situation. Premièrement, Kristensen *et al.* (2004) soulignent que la période d'exposition était particulièrement courte dans l'expérience de Otake *et al.* (2002a). Les porcs sains n'étaient exposés au virus que pendant 72 heures alors que les porcs étaient exposés au virus entre 28 et 35 jours dans l'expérience de Kristensen *et al.* (2004). Deuxièmement, lorsque l'infection est induite expérimentalement, elle ne cause généralement pas les symptômes physiques d'expulsion des sécrétions qui facilitent la transmission par aérosol (toux et éternuements), ce qui peut influencer les résultats de ces expériences (Lager et Mengeling, 2000). La troisième explication, proposée par Cho et Dee (2006), concerne la virulence de la souche utilisée. Cho *et al.* (2007) ont démontré qu'il existe une différence significative de transmission entre les deux souches du virus : MN-30100 et MN-184. Dans cette expérience, les porcs sains exposés aux aérosols des porcs infectés avec la souche MN-184 ont été contaminés alors que ceux exposés aux aérosols des porcs infectés avec la souche MN-30100 sont restés sains. Cho et Dee (2006) soulignent que c'est la souche de faible virulence, MN-30100, qui a été utilisée dans les trois études de champ, ce qui pourrait expliquer la faible transmission du virus.

Une plus récente étude de champ sur la transmission du vSRRP a été réalisée sur la ferme expérimentale de l'Université du Minnesota (Pitkin *et al.*, 2009a). L'étude s'est déroulée sur une période d'un an et le protocole d'une durée de deux semaines a été répété 26 fois au sein de ce modèle de production régionale. La souche MN-184 du virus était introduite dans un bâtiment

(bâtiment 1) comprenant 300 porcs afin de simuler la contamination d'une ferme naïve. Deux bâtiments comprenant chacun 20 porcs sains et se trouvant tous les deux à 120 m de distance de la ferme contaminée et à 4 m de distance l'un de l'autre représentaient deux niveaux de biosécurité différents. Le bâtiment 2 (niveau élevé de sécurité) était équipé d'un système de filtration d'air (MERV 16) et appliquait un protocole de biosécurité (entrée danoise) alors que le bâtiment 3 (niveau moyen de sécurité) appliquait uniquement le protocole de biosécurité sans filtration. Un protocole de surveillance basé sur des tests PCR a été instauré afin de contrôler l'infection des animaux et la présence du virus sur le personnel, les objets inanimés, les insectes et les aérosols entrant dans les bâtiments. La transmission par aérosol du vSRRP s'est produite dans 31 % des cas (8/26 répétitions) pour le bâtiment sans filtration d'air alors que le système de filtration d'air a complètement éliminé le risque de transmission par aérosol (0/26 répétitions). Cette expérience a donc démontré que le vSRRP peut être transmis sur une distance de 120 m et infecter des porcs. Elle a aussi démontré qu'une population vulnérable de porcs pouvait être protégée par un protocole de biosécurité élevé impliquant un système de filtration d'air. Les conditions météorologiques avaient un impact considérable sur la transmission du virus lors de cette expérience. Les paramètres tels que la direction des vents dominants, l'humidité relative et la pression barométrique avaient une influence significative sur la transmission aérienne du virus.

Cette étude a été prolongée pour, entre autres, évaluer l'effet d'une co-infection vSRRP - *Mycoplasma hyopneumoniae* à l'intérieur du même modèle de production régionale. Aucune transmission du vSRRP ou de *Mycoplasma hyopneumoniae* n'a eu lieu dans le bâtiment filtré mécaniquement (0/26 répétitions) alors que le vSRRP a été transmis dans 14/26 répétitions et le *Mycoplasma hyopneumoniae* dans 14/26 répétitions pour le bâtiment non filtré (Dee *et al.*, 2010). Durant, ce projet un 4^e bâtiment a été ajouté. Ce dernier était équipé d'un système de filtration d'air, avec filtre antimicrobien. Dans ce deuxième bâtiment sous air filtré (bâtiment 4), il n'a également pas eu de transmission du vSRRP ou de *Mycoplasma hyopneumoniae* (0/13 répétitions). Ce projet démontre qu'un système de filtration d'air protège efficacement les élevages. Ce qui est important, car il a été prouvé que la transmission du vSRRP et de *Mycoplasma hyopneumoniae* peut se produire sur une distance de 9,2 km et (Otake *et al.*, 2010).

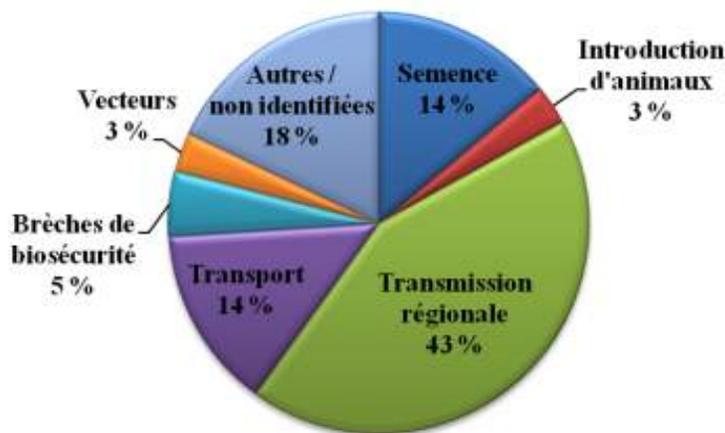
1.2.2.3 Études épidémiologiques sur la transmission du vSRRP

Quelques études épidémiologiques ont fourni l'évidence de la transmission par aérosol du vSRRP entre les élevages.

Zhuang *et al.* (2002) ont recueilli les données de 344 troupeaux participant à un programme de surveillance du SRRP au Danemark ainsi que de l'information sur leurs voisins grâce à un système d'information géographique. Leurs analyses ont permis de démontrer que le risque pour un troupeau d'être contaminé par le vSRRP, augmente avec la densité des troupeaux voisins infectés et diminue avec la distance par rapport à ceux-ci. Mortensen *et al.* (2002) ont eux aussi réalisé une étude épidémiologique sur les facteurs de risque pouvant influencer la contamination des élevages. Ils ont démontré que la présence de voisins infectés dans un rayon de 3 km augmentait le risque de contamination et que ce risque dépendait de la distance de séparation avec les élevages contaminés, de la taille des élevages contaminés et de la durée d'exposition. Ils suggèrent que la transmission par aérosol soit fréquente puisque le risque de contamination n'était pas affecté par les mesures de biosécurité appliquées mais fortement influencé par les facteurs qui affectent la dispersion des aérosols. En effet, Stärk (1999) souligne que, si la transmission de la maladie est influencée par des facteurs de risque tels que : la taille du troupeau, la distance le séparant des troupeaux infectés les plus près, la taille du troupeau le plus près et la densité animale de la région, il est fort probable que la transmission aérienne soit impliquée puisque ces facteurs jouent un rôle crucial dans la dispersion des aérosols.

D'autres études épidémiologiques réalisées en parallèle avec la caractérisation génomique du virus ont apporté une preuve supplémentaire de la transmission du vSRRP par aérosol entre les élevages. La caractérisation génomique fournit de l'information précieuse car le virus du SRRP est génétiquement très variable. Cette technique consiste à amplifier et séquencer la région ORF 5 du génome viral afin de comparer les souches entre elles et déterminer leur pourcentage d'homologie (D'Allaire, 2003). Lager et Mengeling (2000) ont été les premiers à identifier des souches similaires ou identiques sur différentes fermes. À la suite à une éclosion de cas de SRRP en Iowa, ils ont séquencé la région ORF 5 d'échantillons provenant de sept fermes situées dans la même région sans lien entre elles (la plus éloignée se trouvait à 33 km). Six des sept fermes étaient infectées de souches identiques (99,5 à 100 % d'homologie) et la septième était infectée d'une souche similaire (96,5 à 98 % d'homologie), ce qui les a amenés à conclure à une situation de propagation régionale et à suggérer qu'une transmission par aérosol du virus avait eu lieu.

Torremorell *et al.* (2004a ; 2004b) ont analysé 35 cas d'éclosion de SRRP dans des troupeaux négatifs en Iowa, au Minnesota, au Kansas, au Wisconsin, au Dakota du Sud, en Indiana et au Colorado. Les sources d'animaux de remplacement et de semence de ces troupeaux étaient SRRP négatives. Il faut toutefois noter que le centre d'insémination a été infecté pendant l'étude, ce qui explique que le pourcentage d'infection par la semence contaminée soit tout de même élevé (Torremorell, novembre 2007, communication personnelle). Pour chaque cas, ils ont comparé le génome du virus à d'autres génomes de la région et tenté de déterminer la source de contamination du troupeau. Ils ont conclu que l'introduction de semence contaminée (14 % des cas) ou d'animaux infectés (3 % des cas) n'étaient pas les principales portes d'entrée du virus puisque 83 % des cas de contamination n'étaient pas associés à ces modes de transmission (Figure 1-1). Dans 43 % des cas, la transmission régionale a été identifiée comme mode de transmission. Les véhicules servant à la sortie des porcs, les brèches de biosécurité et les vecteurs tels les insectes ont aussi été évalués comme sources potentielles de contamination. Torremorell *et al.* (2004b) ont conclu que la localisation des troupeaux, le transport des animaux et les infractions aux protocoles de biosécurité jouaient un rôle critique dans l'infection des troupeaux. Ils ont également souligné que la majorité des infections sont apparues en saison froide, ce qui démontre une plus grande facilité du virus à survivre dans des conditions froides et humides.



(Adapté de Torremorell *et al.*, 2004a et 2004b)

Figure 1-1 Causes possibles de l'infection de 35 troupeaux négatifs par le virus du SRRP

Larochelle *et al.* (2003) ont évalué la variation génétique parmi les souches de vSRRP provenant de 250 troupeaux québécois et identifié les relations entre les souches afin de mieux comprendre la propagation du virus. Ils ont établi que la principale relation existant entre les souches d'un même groupe était la propagation régionale (33 % des cas). La transmission par aérosol était suspectée lorsque des troupeaux infectés d'une souche semblable, appartenant à des propriétaires différents faisant affaires avec des fournisseurs d'aliments et d'animaux différents ainsi qu'avec des équipes de conseillers techniques différentes (environ la moitié des cas). Dans 40 % des cas où une propagation régionale était suspectée, les troupeaux étaient séparés par une distance de moins de 3 km et dans 37 % des cas, ils étaient séparés par une distance de 3 à 10 km. La majorité des cas étaient soumis en automne et en hiver (entre novembre et avril), ce qui diminue la probabilité de propagation par les insectes.

D'autres études épidémiologiques démontrent que l'homologie génétique entre les souches de SRRP diminue avec la distance séparant les élevages (Mondaca-Fernandez *et al.*, 2006). L'étude de Goldberg *et al.* (2000) fait cependant exception puisqu'elle n'a pas démontré de lien entre la similarité génétique du virus et la proximité géographique des élevages.

1.2.3 L'impact de la transmission par aérosol du vSRRP

Le virus du SRRP fait des ravages un peu partout dans le monde et infecte généralement de 60 à 80 % des troupeaux lorsqu'il est présent dans un pays (Zimmerman, 2003). Trois études du United States Department of Agriculture (USDA) portant sur sa prévalence aux États-Unis ont été réalisées en 1990, 1995 et 2000. Elles rapportent qu'au moins un animal était SRRP positif dans environ 36 % des troupeaux reproducteurs non vaccinés en 1990, 48 % en 1995 et 62 % en 2000 (USDA, 2005). Le virus est également très répandu au Canada. Dewey (1999) rapporte que l'on estimait que 80 % des troupeaux canadiens étaient infectés par le virus en 1999 et que sa prévalence était plus élevée dans les zones à très forte densité porcine du sud-ouest de l'Ontario, du Québec et de la Nouvelle-Écosse. La Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal (FMV, 2007) mentionne que jusqu'à 90 % des troupeaux sont infectés par le SRRP dans certaines régions à forte densité animale du Québec. Pour l'ensemble du Québec, ce serait 50 % des finisseurs qui seraient infectés par le SRRP (Moore, 2006).

Dans son mémoire présenté à la Commission sur l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire québécois, la FMV souligne que le SRRP est la maladie la plus coûteuse pour l'industrie porcine nord-américaine. Elle estime des pertes annuelles de 150 M \$ pour l'industrie porcine canadienne (FMV, 2007). Du côté américain, selon l'analyse économique de Neumann *et al.* (2005), les pertes économiques entraînées par le SRRP s'élèvent approximativement à 560 M \$ US (577 M \$ CAN¹) par année.

La revue de Holck et Polson (2003) sur les impacts financiers potentiels du SRRP regroupe les résultats de plusieurs études sur le sujet. À la suite de l'analyse des études de Hoefling (1992), Polson *et al.* (1992) ainsi que Dee *et al.* (1997), ils concluent que l'apparition du SRRP dans un troupeau reproducteur entraîne des pertes d'environ 250 \$ US (258 \$ CAN) par truie. Ils concluent également que les pertes dues à l'infection persistante du SRRP dans les troupeaux naisseurs et finisseurs varient de 6,25 à 15,25 \$ US (6,44 à 15,71 \$ CAN) par porc à la suite de l'analyse de l'information fournie par Dee et Joo (1993), Kerkaert *et al.* (1994), Dee et Joo (1994) ainsi que Polson *et al.* (1994). Ces pertes incluent, entre autres, les pertes financières causées par l'augmentation de la mortalité, la diminution des performances reproductives, l'augmentation significative des autres maladies, l'achat de médicaments et de vaccins ainsi que l'augmentation des coûts de diagnostics.

¹ 1 \$ US = 1,0303 \$ CAN, taux de change moyens pour 2010 selon la Banque du Canada

Albina (1995) rapporte que le SRRP comporte deux phases et affecte le troupeau sur une très longue période. Le virus se répand d'abord massivement et infecte sévèrement les animaux, puis demeure d'une façon endémique dans le troupeau, pouvant persister plus de 16 mois après l'infection initiale. Il a définitivement des effets dévastateurs, d'autant plus qu'il prédispose les porcs à contracter des infections opportunistes en altérant leurs défenses immunitaires (Châtillon *et al.*, 2004). Parmi les pathogènes responsables de ces infections secondaires, se trouvent, le *Streptococcus suis* et l'*Haemophilus parasuis*. Étant donné le peu de succès des méthodes traditionnelles pour contrôler le SRRP (Cho et Dee, 2006), nombreux sont ceux qui cherchent à prévenir l'introduction du virus dans les élevages.

1.2.4 Les autres modes de transmission du vSRRP et les mesures de biosécurité permettant de s'en protéger

1.2.4.1 L'importance de la biosécurité

Selon Boutin (2001), la biosécurité désigne « l'ensemble des mesures prises pour protéger les élevages de l'introduction de nouveaux agents infectieux ». Sans éliminer totalement le risque de contamination, un bon programme peut ralentir considérablement la dérive sanitaire d'un troupeau. Avant d'installer un système de filtration d'air, il est important de prendre en considération le fait que les aérosols ne sont pas les seuls vecteurs du vSRRP et que le maintien d'un programme de biosécurité est essentiel à la protection efficace de l'élevage. Le vSRRP peut être transmis par le sang, la salive, le lait et le colostrum, l'urine et les fèces, ainsi que par la semence contaminée (Pitkin *et al.*, 2009b). Les résultats de Pitkin *et al.* (2007) démontrent que l'application d'un protocole de biosécurité réduit les risques d'introduction du vSRRP dans un élevage et qu'un système de filtration procure une protection supplémentaire. Au cours de cette étude, il n'y a eu aucune transmission du virus sur une ferme au niveau de biosécurité élevé (avec filtration d'air) alors qu'une autre ferme avec un niveau de biosécurité moyen (sans filtration d'air) a été infectée par le vSRRP dans 31 % des cas (la transmission par aérosol a été identifiée comme source de contamination). La ferme qui n'appliquait aucun protocole de biosécurité a été infectée dans 66 % des cas par différentes sources (Vansickle, 2007). La biosécurité devrait faire partie de tout programme visant à empêcher l'introduction du vSRRP dans un élevage. Cette section présente donc les différentes portes d'entrée du virus sur les fermes ainsi que les principales mesures de biosécurité contribuant à les contrôler.

1.2.4.2 Sources de contamination potentielles

1.2.4.2.1 L'introduction de porcs

Il y a d'abord l'introduction de reproducteurs de remplacement et de porcelets qui présente un danger de contamination directe pour l'élevage. C'est pourquoi il est suggéré de ne faire affaires qu'avec un seul fournisseur, de connaître son statut sanitaire (s'assurer qu'il est exempt du SRRP) et de connaître les mesures de biosécurité appliquées chez son fournisseur et lors de la livraison des animaux. Il est également recommandé d'isoler en quarantaine les sujets reproducteurs achetés avant de les intégrer dans le troupeau (Broes et Boutin, 2002).

La quarantaine devrait être située à plus de 120 mètres du troupeau reproducteur et les animaux devraient y rester un minimum de 30 jours. Des tests sanguins devraient être effectués sur les animaux de remplacement de 24 à 48 heures après leur arrivée en quarantaine et 5 à 7 jours avant leur entrée dans le troupeau reproducteur (Pitkin *et al.*, 2009b).

1.2.4.2.2 La semence

La semence peut aussi contenir le virus. Il est donc très important de se procurer de la semence provenant de centres d'insémination qui offrent une garantie sanitaire sérieuse pour le virus du SRRP (Broes et Boutin, 2002).

1.2.4.2.3 Les véhicules de transport

Les véhicules peuvent également transporter le virus. C'est pourquoi un bac de récupération pour animaux morts devrait être installé à bonne distance de la porcherie afin d'éviter que le camion de récupération ne s'approche trop près de la ferme. C'est aussi pour cette raison qu'il est préférable que les camions qui viennent chercher des porcs arrivent vides et propres à la porcherie (Broes et Boutin, 2002).

Dee *et al.* (2004a) ont démontré qu'un véhicule de transport contaminé par le vSRRP peut transmettre le virus à des porcs naïfs. Dans cette expérience, le seul traitement permettant l'élimination du virus combinait l'enlèvement de la litière, le lavage, la désinfection au phénol et le séchage. Dans une deuxième expérience, Dee *et al.* (2004b) ont évalué l'efficacité de quatre protocoles sanitaires pour éliminer le virus des véhicules de transport. Les protocoles impliquant un lavage seulement ou un lavage suivi d'une fumigation à l'aide de formaldéhyde n'ont pas été efficaces alors que les protocoles impliquant un lavage suivi d'une fumigation avec glutaraldéhyde-chlorure d'ammonium quaternaire ou un lavage suivi d'un séchage durant une nuit complète ont efficacement désinfecté le véhicule. À la suite de ces expériences, le protocole de désinfection recommandé par Pitkin *et al.* (2009b) est le suivant : enlèvement de la matière organique; lavage; désinfection avec des produits ayant démontré leur efficacité tels Synergize (concentration de 0,8 %) ou Virkon (concentration de 1 %) appliqués pour une période minimale de 2 heures; et séchage. Le séchage est l'étape la plus importante du protocole permettant l'inactivation du virus. Le même protocole est recommandé pour la désinfection des installations ayant accueilli des animaux infectés par le vSRRP.

1.2.4.2.4 Les objets inanimés

Les objets inanimés comme les chaussures, les vêtements, le matériel et l'équipement peuvent également servir de supports et permettre une transmission mécanique du virus. C'est pour cette raison qu'il est primordial de laver et désinfecter les objets inanimés avant de les introduire dans l'élevage (Broes et Boutin, 2002). Bernick (2007) rapporte que de plus en plus de nouveaux bâtiments possèdent une chambre de désinfection permettant de désinfecter par fumigation le matériel entrant dans les élevages. Les produits Synergize et Virkon sont d'ailleurs recommandés pour leur efficacité reconnue contre le virus du SRRP (Pitkin *et al.*, 2009b). Dee *et al.* (2004c) ont démontré que l'utilisation de bottes en plastique jetables, l'utilisation de pédiluves contenant de l'hypochlorite et l'application de la méthode d'expédition « bag-in-a-box », prévenaient efficacement la transmission du vSRRP. Des combinaisons propres devraient également être disponibles dans chaque bâtiment et être lavées régulièrement (Pitkin *et al.*, 2009b). Dee *et al.* (2002; 2003) ont aussi démontré que la transmission mécanique du virus du SRRP, à travers une séquence d'événements reproduisant les habitudes des travailleurs de ferme, se produit plus facilement lors des journées froides (< 0 °C) que lors des journées chaudes (10 °C à 20 °C). La séquence d'événements testée impliquait des bottes, des contenants, le nettoyage des véhicules, le transport et les déplacements du personnel.

1.2.4.2.5 L'humain

Le vSRRP peut être transmis par des objets inanimés tels que les bottes et les vêtements, mais aussi par les mains (Otake *et al.*, 2002b). L'humain peut donc servir de vecteur mécanique au virus. Trois protocoles de biosécurité ont été testés par Otake *et al.* (2002b) dans le but de contrer ce risque. Le premier était un système danois (incluant le changement de bottes et de

vêtements ainsi que le lavage des mains), le deuxième était un protocole standard (changement de bottes et de vêtements, prise d'une douche et observation d'une période de retrait de 12 heures) et le troisième était un protocole alternatif (changement de bottes et de vêtements et prise d'une douche). Les trois protocoles ont démontré leur efficacité à empêcher la transmission du virus du SRRP. C'est pourquoi il est recommandé que l'entrée de l'élevage soit équipée d'une douche ou d'un système danois composé de trois zones : une zone contaminée, une zone de transition comprenant une douche ou un lavabo et une zone propre (l'élevage).

Le lavage fréquent des mains et l'utilisation d'un assainisseur à base d'iode peuvent éliminer le virus avec succès. L'utilisation de gants, à condition qu'ils soient changés régulièrement, peut empêcher le transfert du virus (Pitkin *et al.*, 2009b).

Il est aussi suggéré d'opérer un contrôle strict des gens qui entrent dans l'élevage (Broes et Boutin, 2002).

1.2.4.2.6 Les autres animaux et les insectes

Les chiens et les chats ne devraient pas entrer dans les bâtiments. Les rongeurs et les oiseaux ne devraient pas non plus avoir accès aux bâtiments ni aux silos (Broes et Boutin, 2002). Il a toutefois été démontré que le vSRRP infecte seulement les porcs et qu'aucun autre mammifère, oiseau ou insecte ne peut servir de vecteur biologique au virus (Pitkin *et al.*, 2009b).

Les mouches (Otake *et al.*, 2004) et les moustiques (Otake *et al.*, 2002c) peuvent servir de vecteurs mécaniques et transmettre le vSRRP sous conditions expérimentales. Il faut donc maintenir un bon contrôle des insectes par l'installation de moustiquaires dans les entrées d'air, l'utilisation d'insecticides et l'aménagement de l'environnement (Vansickle, 2007). De plus, Schurrer *et al.* (2004) ont démontré en conditions de terrain que les mouches pouvaient recueillir le virus sur des animaux infectés du vSRRP et le transporter sur une distance d'au moins 2,3 km. Lors de l'étude de Pitkin *et al.* (2007) qui visait à évaluer les modes de transmission du virus dans des conditions de champ, les mouches ont transmis le virus sur une distance de 120 m, mais à une très faible fréquence (Dee, 2007).

1.2.4.2.7 La disposition du lisier et du fumier

Même s'il n'a pas encore été clairement établi que le vSRRP peut être transmis par le lisier (Desrosiers, 2007), il est préférable de laver et désinfecter les équipements d'épandage utilisés sur d'autres fermes et de ne pas épandre de lisier à proximité des bâtiments (Broes et Boutin, 2002).

1.2.4.2.8 Les vaccins

Il est préférable de n'utiliser que des vaccins recommandés par le vétérinaire traitant (Broes et Boutin, 2002).

1.2.4.2.9 Les aiguilles

Il est recommandé de changer d'aiguille entre chaque truie pour les injections du troisième trimestre ou d'utiliser une technologie sans aiguille afin d'éviter la transmission du virus entre les animaux par la contamination sanguine (Pitkin *et al.*, 2009b).

1.2.4.2.10 L'eau

L'eau peut agir comme vecteur passif du virus du SRRP, d'où l'importance de bien surveiller sa qualité et de la désinfecter au besoin (Synthèse élevage, 2006).

La figure 1-2 résume schématiquement les voies de contamination possibles.

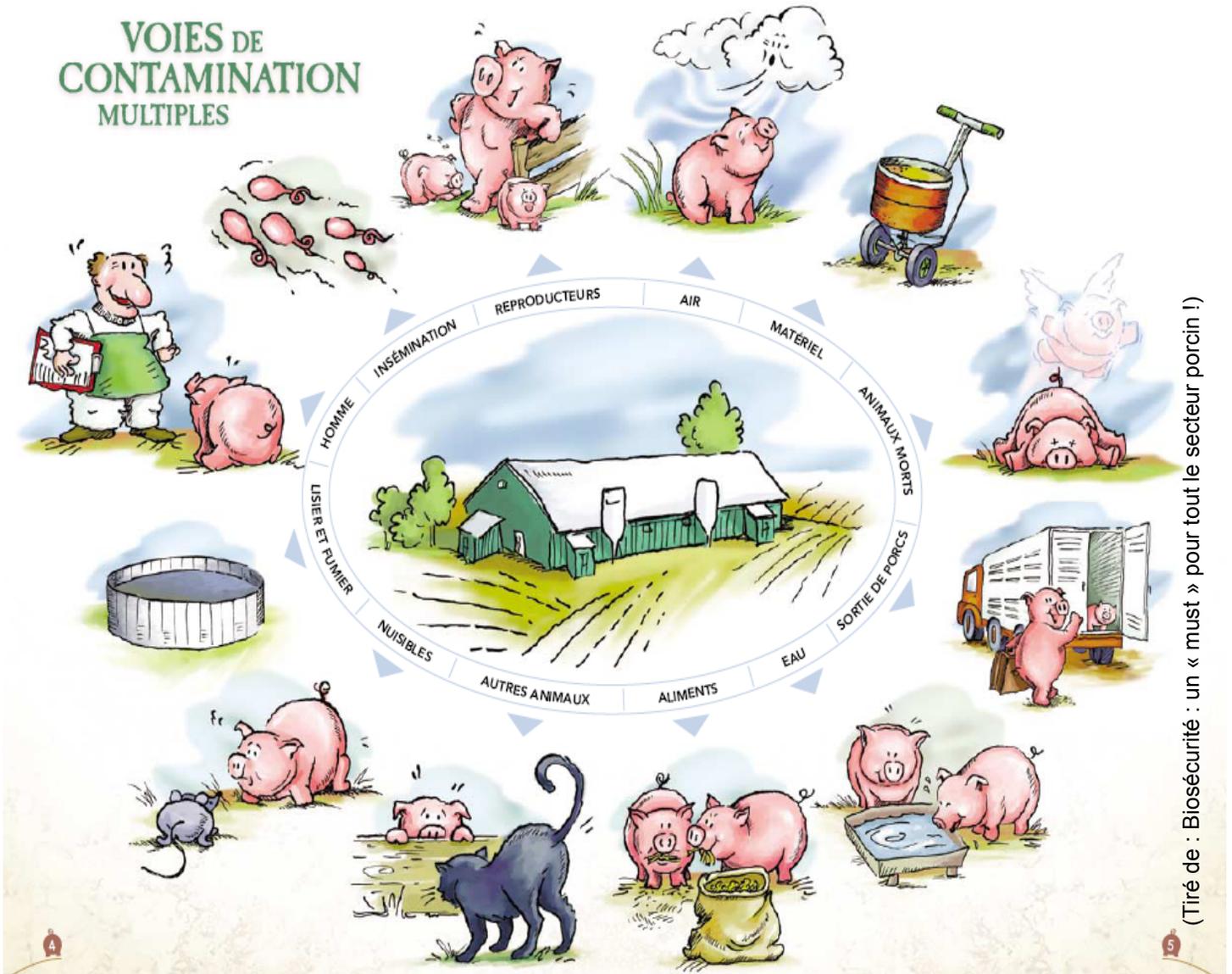


Figure 1-2 Multiples voies de contamination

1.2.5 La filtration d'air

Il n'y a pas que les troupeaux exempts du virus du SRRP qui bénéficieraient de l'installation d'un système de filtration d'air. Les troupeaux déjà infectés du virus en profiteraient aussi puisqu'ils seraient protégés contre l'introduction aérienne de nouvelles souches du virus (Dufour, 1995).

1.2.5.1 La classification des filtres

En Amérique du Nord, c'est l'American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) qui établit les standards permettant de mesurer l'efficacité des filtres à air et de les comparer entre eux (U.S. Environmental Protection Agency, 1997). En Europe, c'est le Comité Européen de Normalisation (CEN) qui établit ces standards (Zhou et Shen, 2007). L'Organisation internationale de normalisation (ISO) travaille présentement au développement d'un standard qui serait reconnu internationalement. Le développement de ce standard international risque cependant de nécessiter encore plusieurs années car il existe de nombreux standards nationaux bien établis à travers le monde; ceux-ci comportent de grandes différences au niveau des méthodes de testage en laboratoire et des systèmes de classification (Tronville, 2008).

En Amérique et en Europe, ASHRAE 52.2-2007 et EN779:2002 sont les méthodes de testage les plus récentes. Elles mesurent l'efficacité des filtres en fonction de la taille des particules (Zhou et Shen, 2007).

La méthode de testage 52.2 établie par l'ASHRAE mesure l'efficacité de filtration pour trois groupes de particules : 0,3 à 1 μm (E_1), 1 à 3 μm (E_2) et 3 à 10 μm (E_3). Elle permet d'accorder une valeur globale d'efficacité exprimée sur une échelle de 1 à 16 appelée valeur de référence d'efficacité minimale (MERV). Par exemple, pour les particules de 0,3 à 1 μm , les filtres classés MERV 14 présentent une efficacité de 75 à 85 %, les filtres classés MERV 15 présentent une efficacité de 85 à 95 % et les filtres classés MERV 16 présentent une efficacité supérieure à 95 % (. De plus, les filtres cotés MERV 8 ont une efficacité supérieure à 70 % pour les particules de 3 à 10 μm et les filtres cotés MERV 12 ont une efficacité supérieure à 80 % pour les particules de 1 à 3 μm (Zhou et Shen, 2007).

Tableau 1-1 Classement MERV des filtres à air

Classification MERV	Efficacité moyenne			Capacité de filtration (ASHRAE 52.1)
	E1 0,3 - 1,0 µm	E2 1,0 - 3,0 µm	E3 3,0 - 10,0 µm	
1	-	-	< 20	< 65%
2	-	-	< 20	65 - 69,9%
3	-	-	< 20	70 - 74,9%
4	-	-	< 20	75% ≤
5	-	-	20 - 34,9	-
6	-	-	35 - 49,9	-
7	-	-	50 - 69,9	-
8	-	-	70 ≤	-
9	-	< 50	85 ≤	-
10	-	50 - 64,9	85 ≤	-
11	-	65 - 79,9	85 ≤	-
12	-	80 ≤	90 ≤	-
13	< 75	90 ≤	90 ≤	-
14	75 - 84,9	90 ≤	90 ≤	-
15	85 - 94,9	90 ≤	90 ≤	-
16	95 ≤	95 ≤	90 ≤	-

La méthode EN779:2002 détermine l'efficacité moyenne du filtre pour les particules de 0,4 µm. Les filtres présentant une efficacité moyenne de moins de 40 % pour les particules de 0,4 µm sont appelés filtres grossiers (type G) et les autres sont appelés filtres fins (type F). Un filtre coté F9 présente une efficacité supérieure à 95 % pour les particules de 0,4 µm (Zhou et Shen, 2007).

1.2.5.2 Le filtre Noveko

Le filtre développé par l'entreprise québécoise Noveko inc. présente une technologie novatrice dans le domaine de la filtration d'air. Une solution brevetée d'agents virucides, bactéricides et fongicides est intégrée à même les fibres de polypropylène au moment de la fabrication du filtre (Noveko, 2008). Le système de filtration Noveko est constitué de trois cartouches de filtres. Le premier niveau du boîtier comprend un filtre de type moustiquaire. Le deuxième et le troisième filtre sont respectivement composés de 5 couches de la membrane exclusive à Noveko, mais le nombre de couches peut varier selon les besoins (Noveko, s.d.). Les filtres sont résistants et peuvent être nettoyés tour à tour.

D^{re} Batista de l'Université de Montréal a démontré l'efficacité du système de filtration antimicrobien Noveko à bloquer le passage du vSRRP (Batista *et al.*, 2008a). Le Dr Dee de l'Université du Minnesota a confirmé son efficacité de filtration et a aussi démontré que le vSRRP était inactivé par les agents antimicrobiens du filtre Noveko (Dee *et al.*, 2009b). Les quatre mécanismes physiques suivants se produisent lors du passage des particules à travers le filtre et permettent le blocage et l'aseptisation du vSRRP, soit : le tamisage, l'inertie, l'interception et la diffusion (Noveko, 2008).

Le système Noveko peut être installé sur les différents types d'entrées d'air des bâtiments existants à pression négative (Noveko, s.d.). Dans ces bâtiments, les ventilateurs expulsent l'air à l'extérieur, créant ainsi une légère pression négative entraînant l'aspiration de l'air par les entrées d'air (MWPS, 1990). Le filtre a été conçu de façon à minimiser la restriction de l'air et permettre que la pression statique à l'intérieur du bâtiment n'excède pas 0,1 pouce d'eau

lorsque la ventilation est à 100 % durant l'été. Cette précaution permet de réduire les infiltrations d'air par les ouvertures non filtrées du bâtiment (Bonneau *et al.*, 2009).

Les coûts d'utilisation des filtres antimicrobiens Noveko dans un bâtiment de maternité sont évalués à environ 2 \$/porcelet produit (sans mise de fonds pour financer l'achat et l'installation du système). Ces coûts sont calculés pour un système de filtration standard de 10 couches de filtres antimicrobiens lavés trois fois par année et remplacés aux deux ans (Batista *et al.*, 2008b).

1.2.5.3 L'évolution des performances des systèmes de filtration d'air

Comme l'objectif premier d'un système de filtration est de purifier l'air, l'efficacité de filtration est le premier facteur à considérer lors de la sélection d'un filtre (Eurovent/Cecomaf, 2005). Lorsque le niveau de protection nécessaire a été établi, le deuxième facteur d'importance à considérer est la résistance à l'air du filtre, donc la perte de charge engendrée par le filtre (Pearson et Owen, 1994). La perte de charge représente l'énergie nécessaire pour vaincre les forces de frottement du filtre faisant obstacle à la libre circulation de l'air. Elle est égale à la différence entre les pressions statiques mesurées de chaque côté du filtre (Pearson et Owen, 1994). Même si le filtre est un élément passif et ne consomme pas directement d'énergie, la perte de charge qu'il engendre influence directement la consommation énergétique des ventilateurs (Eurovent/Cecomaf, 2005).

Ces deux éléments, efficacité et perte de charge, varient en fonction des paramètres suivants : la structure du filtre (ex. : degré de colmatage), les conditions d'opération (ex. : vitesse de l'air) et le type d'aérosol filtré (ex. : taille des particules) (Thomas *et al.*, 2001). En général, les conditions d'opération et le type d'aérosol filtré demeurent sensiblement les mêmes pour toute la durée d'utilisation du filtre. Toutefois, comme celui-ci s'encrasse progressivement, la structure du filtre, elle, évolue. C'est pourquoi le colmatage graduel du filtre, par sa grande influence sur les performances du système de filtration et la durée de vie de celui-ci, est un facteur majeur dans l'évolution des performances d'un système de filtration (Penicot *et al.*, 1999).

C'est aussi pour cette raison qu'il est recommandé de ne pas se limiter au prix d'achat lorsque vient le moment d'effectuer le choix d'un filtre mais plutôt d'évaluer le coût global qu'il entraînera pour toute la durée de son utilisation (Burroughs, 1998). Le coût global du cycle de vie d'un filtre inclut l'investissement initial à l'achat et l'installation ainsi que les montants investis en énergie, en entretien et en disposition (Eurovent/Cecomaf, 2005). Les montants investis en énergie dominent l'analyse du coût global et dépendent fortement de la perte de charge engendrée par le filtre (Burroughs, 1998).

Donc, si le débit d'air reste constant, la résistance et l'efficacité de filtration augmenteront au fur et à mesure que le filtre s'encrassera (Kowalski et Bahnfleth, 2002). Cependant, même si le comportement des filtres propres est bien connu, leur manière de se comporter durant le colmatage n'est pas encore complètement comprise (Penicot *et al.*, 1999). Thomas *et al.* (2001) ont dressé un tableau des événements se produisant au cours du colmatage d'un filtre de type HEPA (filtre à haute efficacité contre les particules aériennes). Dans un premier temps, lorsque le filtre commence à se charger de particules, son efficacité augmente dramatiquement jusqu'à ce qu'une croûte que l'on appelle gâteau de filtration se forme. À partir de ce moment, l'augmentation de l'efficacité est diminuée. Il devient ensuite plus difficile de prédire le comportement du filtre et l'évolution de ses performances. Selon Burroughs (1998), les filtres qui présentent une courbe d'évolution de perte de charge moins prononcée ou qui sont changés plus tôt lors de l'augmentation de leur résistance démontrent une utilisation plus favorable de l'énergie.

La durée de vie d'un filtre dépend donc de l'évolution de sa résistance. C'est pourquoi il est recommandé d'installer des manomètres électroniques qui indiquent le niveau d'encrassement du filtre et permettent de contrôler la perte de charge qu'il engendre pendant son utilisation (Burroughs, 1998). Pour optimiser le coût global de cycle de vie d'un filtre, il ne faudrait pas dépasser le moment au cours duquel il atteint le double de sa perte de charge initiale ou le $\frac{3}{4}$ de la distance entre la perte de charge initiale et la perte de charge finale publiée pour le remplacer (Burroughs, 1998).

Dans le cas où des quantités excessives de larges particules sont contenues dans l'air à filtrer, l'ajout de préfiltres dans le système de filtration peut présenter une bonne rentabilité (Burroughs, 1998). Davis et Kim (1999) ont étudié l'effet de la préfiltration sur les performances de filtres HEPA et ont conclu que la présence de préfiltres avait été bénéfique pour chaque scénario évalué. Les préfiltres ont augmenté la durée de vie des filtres HEPA de 58 à 78 %. Ils ont aussi permis une économie de 20 à 29 % sur les coûts d'achat de filtres, en incluant les montants investis pour l'achat des préfiltres. Ils ont également entraîné une réduction de 24 à 33 % du volume de filtres usagés à disposer, donc une réduction des coûts de disposition. Burroughs (1998) souligne cependant que les préfiltres ne sont pas recommandés dans toutes les situations. Comme ils font partie du système de filtration, la perte de charge qu'ils engendrent ainsi que leurs coûts d'achat, d'entretien et de disposition doivent être pris en considération lors du calcul du coût global du système de filtration. Dans certains cas, même s'ils augmentent la durée de vie du filtre principal, ils vont jusqu'à doubler les coûts d'énergie, doubler les coûts d'achat de filtre et jusqu'à multiplier par huit les coûts de travail et de disposition. De plus, en empêchant l'encrassement du filtre principal, ils l'empêchent d'améliorer son efficacité.

Les performances d'un système de filtration peuvent également être influencées par un autre élément : la croissance microbienne. Il a été démontré que les filtres sont susceptibles à la colonisation fongique (Kemp *et al.*, 1995; Price *et al.*, 1993; Simmons *et al.*, 1997). Les virus ne se multiplient pas dans l'environnement (Kuehn *et al.*, 1991) mais les bactéries et les champignons peuvent utiliser le filtre et le gâteau de filtration comme substrat de croissance (Verdenelli *et al.*, 2003). L'accumulation de matière organique à la surface du filtre n'a cependant pas besoin d'être importante pour permettre le développement de moisissures (Simmons *et al.*, 1997). Selon Price *et al.* (1993), la matière organique à la surface du filtre semble avoir peu d'influence sur le développement de moisissures. C'est un taux d'humidité élevé qui constitue le facteur environnemental ayant la plus grande influence sur le développement des moisissures à l'intérieur d'un système de filtration d'air.

Les micro-organismes se développant à la surface d'un filtre peuvent affecter son intégrité (Verdenelli *et al.*, 2003). Ils peuvent aussi produire des composés organiques volatils qui traverseront le filtre et contamineront l'air (Ahearn *et al.*, 1997). Les filtres colonisés peuvent même devenir une source de pathogènes (Verdenelli *et al.*, 2003).

Comme les spores de bactéries et de champignons peuvent survivre pendant de longues périodes sur des filtres neufs ou usagés (Maus *et al.*, 2001) et traverser des périodes au cours desquelles le taux d'humidité est bas, Simmons *et al.* (1997) recommandent que les installations qui sont périodiquement exposées à des taux d'humidité élevés, utilisent des filtres résistants à la colonisation fongique. L'efficacité des traitements antimicrobiens incorporés à l'intérieur des filtres à air est encore toutefois un sujet controversé. Plusieurs études ont démontré l'efficacité des traitements antimicrobiens à réduire la colonisation microbienne, la détérioration des filtres par les moisissures et le relâchement de micro-organismes en aval des filtres (Price *et al.*, 1993; Simmons et Crow, 1995; Foarde *et al.*, 2000; Verdenelli *et al.*, 2003; Cecchini *et al.*, 2004). Par contre, l'application de l'agent antimicrobien doit être faite de façon uniforme afin d'éviter que certaines parties du filtre soient colonisées et que celui-ci perde de son efficacité (Simmons et Crow, 1995). De plus, il est recommandé que l'agent antimicrobien soit non volatile et lié ou

intégré aux fibres du filtre (Price *et al.*, 1993). Il faut également savoir qu'il existe différents types d'agents antimicrobiens, qu'ils n'ont pas tous le même degré d'efficacité et que certains paramètres peuvent affecter cette efficacité (Foarde *et al.*, 2000). À la suite d'une étude sur la capacité de différents agents antimicrobiens à inhiber la croissance des micro-organismes sur les filtres, Foarde *et al.* (2000) rapporte que, bien qu'ils soient efficaces sur les filtres propres, les traitements antimicrobiens évalués n'étaient pas efficaces sur les filtres encrassés de poussière. Ils ont également souligné l'importance de tester l'efficacité des produits après leur intégration au filtre afin de tenir compte des interactions qui se produisent entre le produit antimicrobien et le média filtrant.

1.2.5.4 La disposition des filtres

Les montants investis pour la disposition des filtres sont souvent négligés mais sont également à prendre en considération (Burroughs, 1998). Eurovent/Cecomaf (1999) recommande d'envoyer les filtres au dépotoir ou de les incinérer afin de brûler les impuretés trappées, réduire les déchets et récupérer une forme d'énergie. Il peut cependant être difficile de brûler certains matériaux (Tronville, 2008). Pour les filtres durables et de constitution robuste, il pourrait être intéressant de récupérer les particules filtrées par aspiration et d'en disposer séparément plutôt que de les laisser à l'intérieur du filtre (Chadwick, 2006).

1.3 Description du projet

Ce projet permettra de faire connaître les paramètres techniques et économiques d'une technologie qui pourra se vendre sur le marché domestique et à l'exportation. En développant cette technologie, le Québec aura la possibilité de développer une expertise inédite sur le plan mondial. Pour le secteur porcin, le développement d'une technologie moins coûteuse aura comme effet de la rendre disponible à un plus grand nombre de producteurs porcins. L'information relative à l'aspect technico-économique du système de filtration d'air permettra d'informer et d'aider les producteurs dans leur réflexion concernant l'installation d'un tel système. La possibilité d'offrir un tel système conçu ici au Québec permettra aussi de faciliter le service après-vente.

1.3.1 Objectif général

Faire la mise au point et réaliser une évaluation technico-économique sur un système de filtration d'air virucide/bactéricide novateur fabriqué par l'entreprise québécoise Noveko sur trois fermes porcines commerciales.

1.3.2 Objectifs spécifiques

- Effectuer la mise au point à l'échelle commerciale, d'un nouveau procédé de filtration d'air virucide et bactéricide à l'intérieur de bâtiments porcins;
- Élaborer des plans d'ingénierie pour l'implantation du système de filtration d'air de Noveko à l'intérieur de bâtiments d'élevage porcins commerciaux conventionnels
- Tester et valider la conception et la performance du système de filtration d'air virucide et bactéricide développé par Noveko inc.;
- Observer le fonctionnement du système sur deux fermes pendant une période de 12 mois et noter les améliorations à y apporter;
- Effectuer un suivi de l'état de santé du troupeau de deux fermes sur une période d'un an ;
- Noter les problématiques liées à la santé du troupeaux dans la région d'une des fermes-pilotes afin d'avoir une idée de l'impact sanitaire que peut avoir le système de filtration d'air jumelé à l'ensemble du protocole de biosécurité sur la ferme-pilote;
- Effectuer un suivi des coûts (rénovation, équipements, opération entretien et réparations);

- Quantifier l'impact économique relatif à l'implantation d'un tel système pour le site étudié sur le coût de production et le risque financier.
- Cibler les endroits à risques dans les bâtiments porcins conventionnels où peuvent s'introduire les agents pathogènes transmissibles par l'air
- Développer des méthodes d'installation de ce nouveau type de filtre

1.3.3 Plan expérimental

Trois fermes sur lesquelles le système de filtration d'air de Noveko a été installé ont été suivies durant au moins une année. Ce suivi a porté sur les éléments technique et économique du système ainsi que le statut sanitaire des troupeaux. L'étude effectuée a été différente d'une ferme à l'autre et les éléments observés sur chacune d'elles également. Le tableau 1-2 présente les éléments suivis sur chaque ferme étant donné que le suivi a été différent sur chacune des fermes. D'ailleurs, elles seront traitées séparément dans les pages suivantes.

Tableau 1-2 Description du suivi effectué sur trois fermes porcines commerciales

	Ferme A	Ferme B	Ferme C
Description de la ferme	Oui	Oui	Oui
Suivi ingénierie	Oui	Oui	Non
Suivi sanitaire	Non	Oui	Oui
Biosécurité	Non	Oui	Oui
Suivi économique	Oui	Non	Oui

Ferme A

2 Matériel et méthode

2.1 Description de la Ferme A

2.1.1 Organisation et description du site

La Ferme A, située dans le comté Les Maskoutains en Montérégie, est constituée de deux engraissements d'une capacité de 1 300 porcs chacun, d'une pouponnière de 1 200 places et d'une maternité et gestation contenant 320 truies. La figure 2-1 représente une vue de la disposition des bâtiments de la ferme. Chaque façade des bâtiments a été numérotée afin de les identifier dans les plans sommaires de l'Annexe A.

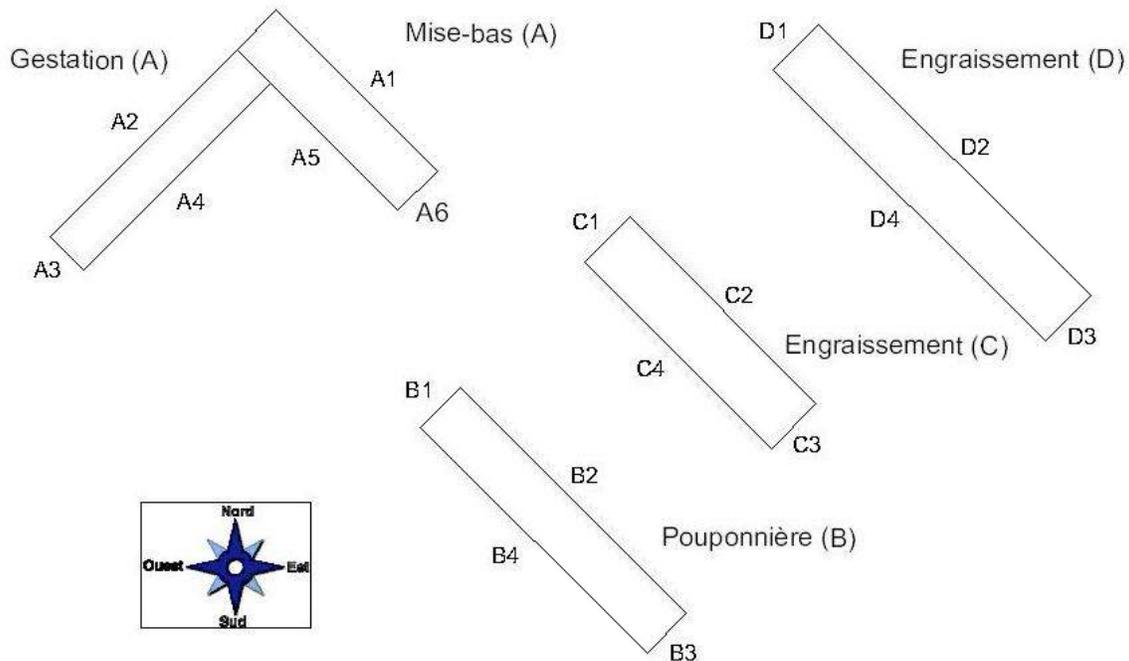


Figure 2-1 Plan du site de la Ferme A

2.1.2 Historique sanitaire

Le SRRP circulait de façon endémique dans le troupeau depuis plusieurs années. La dernière crise importante remontait à 2004, mais le troupeau était occasionnellement contaminé par de nouvelles souches. Celui-ci était également positif à *Mycoplasma hyopneumoniae* et subissait périodiquement des contaminations à l'influenza.

2.2 Période de suivi et interventions

L'installation des filtres s'est échelonnée sur une période d'environ six mois. Le 26 avril 2008, la maternité et la gestation ont été les premiers bâtiments à être équipés des filtres. Le système de filtration a été installé sur la pouponnière le 20 août et sur les engraissements C et D, les 2 et 5 septembre 2008, respectivement. Un guide d'installation pour le système de filtration d'air de Noveko a d'ailleurs été produit à partir de l'expérience acquise sur cette ferme (Pouliot *et al.*, 2011).

Le suivi technique a débuté lorsque l'installation des filtres et du système d'acquisition technique sur le site a été complétée, soit le 27 avril 2009 et s'est terminé un an plus tard. Les principales interventions effectuées durant le suivi sont présentées dans le tableau 2-1.

Tableau 2-1 Principales interventions effectuées sur le système de filtration d'air durant le suivi de la ferme A

Date	Jour	Événement
27 avr. 2009	0	Début du suivi
15 mai 2009	18	Balayage des filtres de la maternité et de la gestation
15 juil. 2009	79	Lavage des filtres de la maternité
17 juil. 2009	81	Lavage des filtres de l'engraissement C
21 juil. 2009	85	Lavage des filtres de l'engraissement D
18 août 2009	113	Lavage des filtres de la pouponnière
22-23 août 2009	117 et 118	Lavage des filtres de la gestation
15 avr. 2010	353	Lavage des filtres de l'engraissement D
26 avr. 2010	364	Fin du suivi

2.3 Suivi ingénierie

2.3.1 Appareillages et mesures

Durant le suivi de cette ferme, la température intérieure (T_{int}) et la pression statique relative (P_s) dans chaque bâtiment ainsi que la température extérieure (T_{ext}) ont été enregistrées quotidiennement à toutes les heures. La collecte des données s'est effectuée à l'aide d'un système d'acquisition Farmquest (Varifan Inc, Boucherville, QC, Canada). Le système enregistrait les valeurs minimum, maximum et moyenne de chaque heure. L'étude a porté sur ces valeurs moyennes pour tous les paramètres mentionnés ci-haut. Lorsqu'il y avait plusieurs sondes dans un bâtiment, c'est la valeur moyenne de ces sondes qui a été utilisée.

L'emplacement des sondes de température (intérieure et extérieure) et des transducteurs de différentiel de pression par bâtiment ainsi que par salle est décrit ci-dessous. Les sondes de température sont représentées par des cercles et les transducteurs de différentiel de pression, par des triangles. Les sondes de température étaient suspendues à 1,2 m du plafond. Les transducteurs de différentiel mesuraient la pression relative à l'endroit où l'appareil était fixé. Une brève description du type de pression mesuré et du fonctionnement des transducteurs est disponible à l'Annexe B.

La maternité (bâtiment A)

Pour la section de la mise bas, le transducteur de différentiel de pression et la sonde de température extérieure étaient situés dans l'entretoit au-dessus du corridor (Figure 2-2). Une sonde pour la température extérieure a été installée sous la corniche, à l'ombre (coin inférieur droit; Figure 2-2). Au total, sept sondes de température étaient installées pour cette section du bâtiment, soit une sonde par chambre.

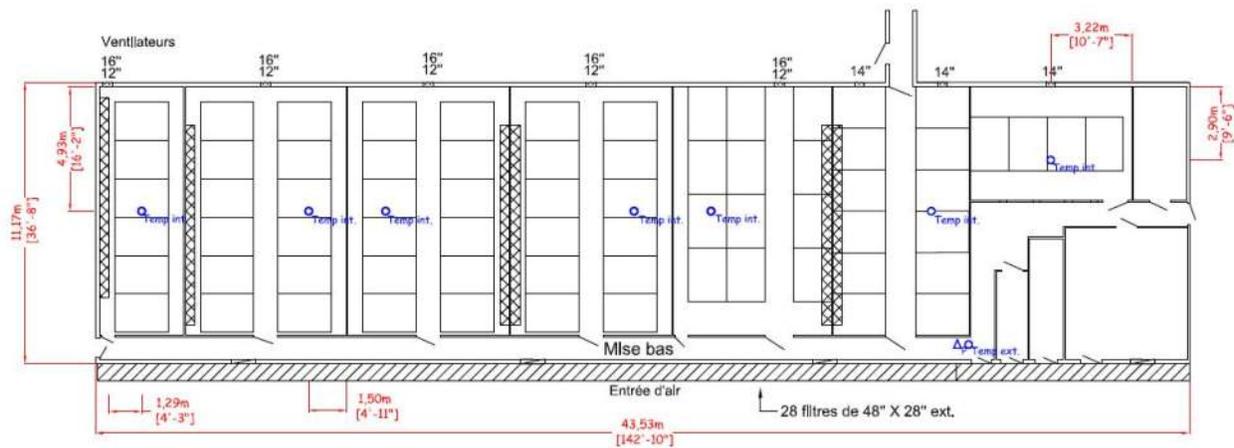


Figure 2-2 Emplacement des sondes de la section de la mise bas de la Ferme A

La section du bloc saillie comptait une sonde de température intérieure et un transducteur de différentiel de pression installés au plafond. Ils étaient installés au centre de la section (Figure 2-3). Une sonde pour la température extérieure a été installée sous la corniche, à l'ombre (coin supérieur gauche; Figure 2-3).

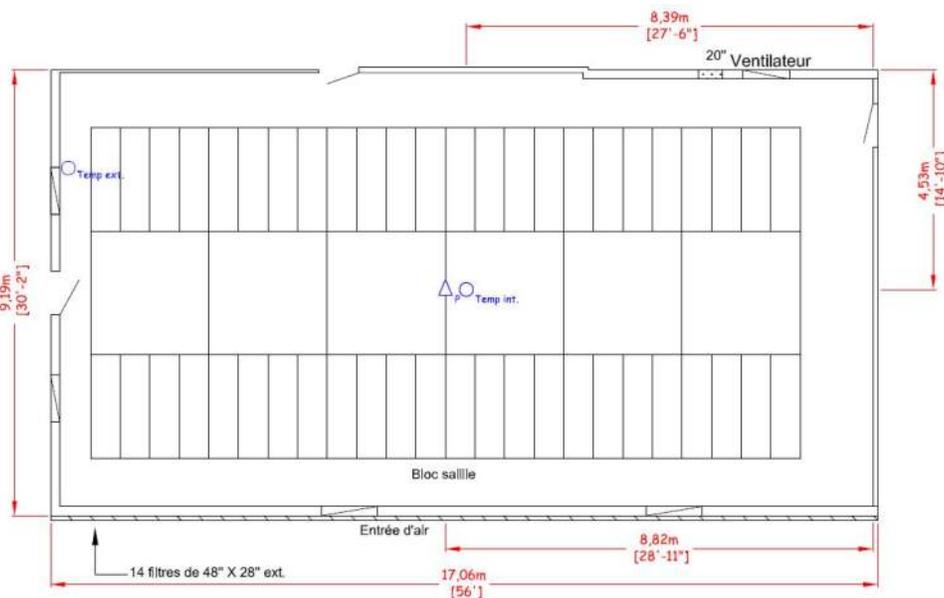


Figure 2-3 Emplacement des sondes de la section du bloc saillie de la Ferme A

Pour la section de gestation (Figure 2-4), le transducteur de différentiel de pression était fixé au plafond environ au tiers du bâtiment. La sonde de température extérieure était installée près de l'entrée d'air, sous la corniche et à l'ombre (coin inférieur gauche; Figure 2-4). La température intérieure de la section était enregistrée par trois sondes installées au-dessus de la rangée de cages faisant face à l'entrée d'air.

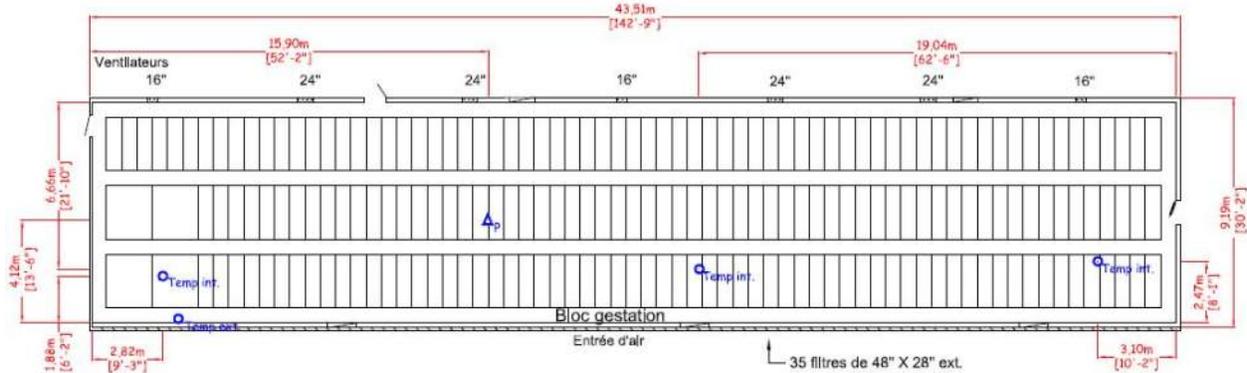


Figure 2-4 Emplacement des sondes de la section de gestation de la Ferme A

La pouponnière (bâtiment B)

Ce bâtiment comptait treize sondes de température, soit une par salle, un transducteur de différentiel de pression ainsi qu'une sonde de température extérieure (Figure 2-5). Le transducteur de différentiel de pression était situé dans un plénum étanche. La sonde de température extérieure était située dans le plénum (du côté de l'entrée d'air).

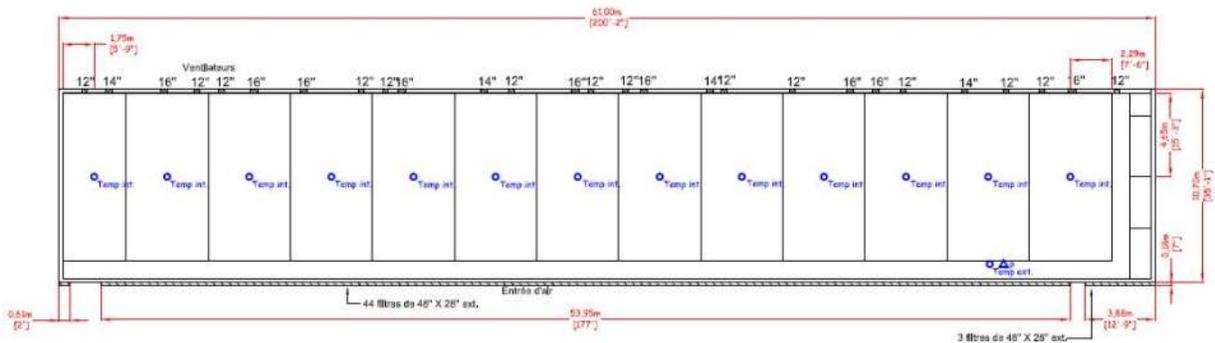


Figure 2-5 Emplacement des sondes de la pouponnière de la Ferme A

L'engraissement C

L'engraissement C comportait un transducteur de différentiel de pression situé dans la première chambre (chambre de droite; Figure 2-6). Chaque chambre comportait une sonde de température.

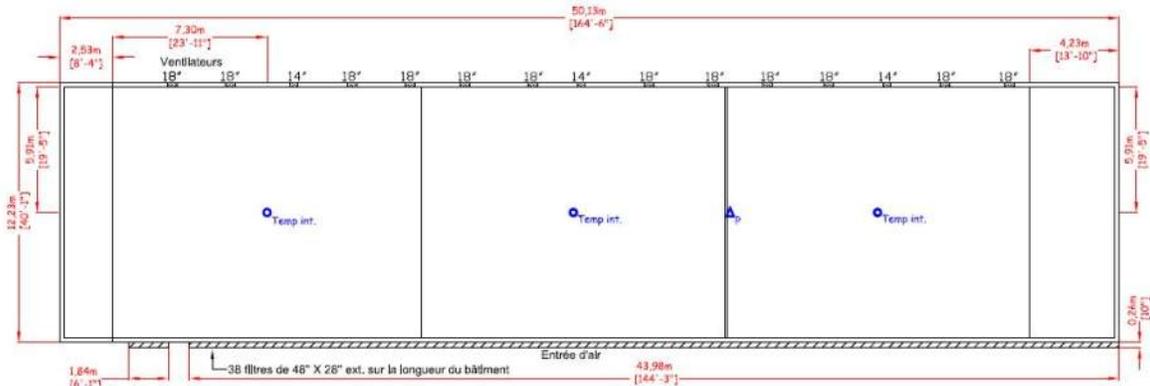


Figure 2-6 Emplacement des sondes de l'engraissement C de la Ferme A

L'engraissement D

Pour l'engraissement D, des transducteurs de différentiel de pression ont été installés seulement dans trois des cinq chambres. Chaque chambre, comportait deux sondes de température (chambres de droite; Figure 2-7).

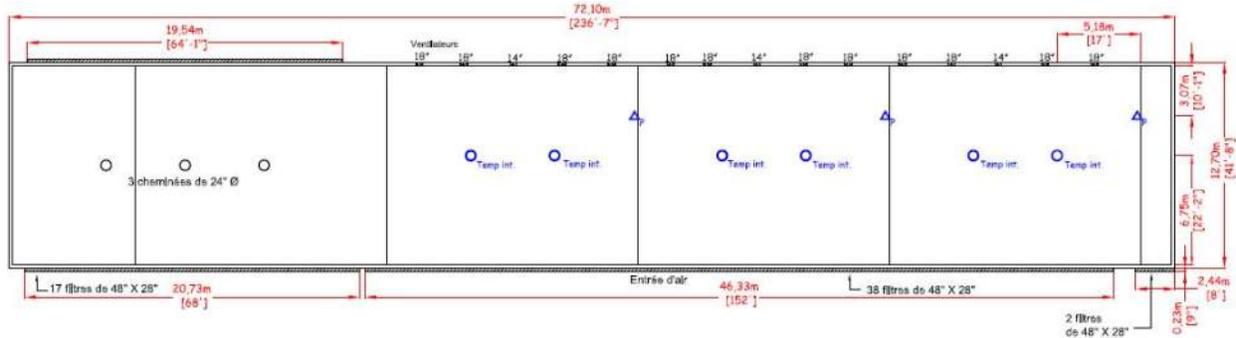


Figure 2-7 Emplacement des sondes de l'engraissement D de la Ferme A

2.3.2 Conditions de température et pression statique durant le suivi

Toutes les valeurs de T_{int} et de T_{ext} enregistrées sur ce site durant le suivi ont été classées par catégories de température (incrément de 5 °C). Le nombre et le pourcentage d'observation ont été déterminés afin de décrire les conditions climatiques durant le suivi du système de filtration d'air. La T_{int} et la P_s moyenne ainsi que l'écart-type des 365 jours du suivi sont également rapportés pour chaque bâtiment.

2.3.3 Impact du lavage des filtres

Les valeurs de pression statique et de température intérieure de la gestation durant les 30 jours avant et les 30 jours après la journée du lavage des filtres de la gestation ont été comparées pour vérifier si cette mesure avait eu un impact sur les conditions d'ambiance à l'intérieur du bâtiment et par le fait même, valider si les filtres étaient ou non colmatés de façon à nécessiter un lavage. La comparaison a été effectuée pour une même température extérieure.

Des moyennes de pression statique et des différentiels de température ont été calculés en fonction de la température extérieure lorsque celle-ci était égale ou supérieure à 24°C, par incrément de 1°C, étant donné que la conception d'un système de filtration s'effectue lorsque le débit des ventilateurs est à son maximum. En effet, lorsque la température était supérieure à 24°C, la programmation du contrôleur électronique de ventilation faisait en sorte que tous les ventilateurs de la salle fonctionnaient au maximum de leur capacité. Le différentiel de température a été calculé en utilisant l'équation suivante :

$$\Delta T = T_{int} - T_{ext} \quad \text{Équation 1}$$

Dans laquelle ΔT représente le différentiel de température, T_{int} est la température ambiante à l'intérieur du bâtiment et T_{ext} est la température extérieure.

2.3.4 Observation de l'impact des filtres sur les conditions d'ambiance à l'intérieur des bâtiments

Afin de valider si les filtres ont eu ou non un impact sur les conditions d'ambiance à l'intérieur de tous les bâtiments durant l'année du suivi, les fréquences de P_s et de ΔT lorsque la température à l'intérieure du bâtiment était supérieure ou égale à 26°C ont été répertoriées afin de déterminer dans quelle proportion de temps, elles ont été observées. Les ΔT ont été classés par

incrément de 1°C et les Ps, par incrément de 0,05°po d'eau. Les valeurs de température ont été arrondies à l'unité et celles de Ps, au dixième. Pour la pouponnière et les deux engraissements, le calcul du ΔT a été effectué avec la Text enregistrée par la sonde de température de la gestation puisqu'aucune sonde de température n'avait été installée à l'extérieur de ces bâtiments.

2.3.5 Validation de la conception du système de filtration d'air

Le différentiel de pression à l'intérieur de la gestation et des deux engraissements a été calculé dans le but de valider la méthode de calcul servant à évaluer les pertes de charge. Ceci a permis de vérifier que la méthode de calcul employée représentait bien la réalité sur le terrain. La perte de charge correspond aux frottements que l'air doit vaincre pour s'écouler dans le circuit et dépend, entre autres, de la vitesse d'écoulement de l'air ainsi que du nombre de circuits d'air à emprunter. La perte de charge totale a été obtenue en utilisant l'équation suivante :

$$\Delta P = \left(\frac{\rho}{2} \right) \times \left(\frac{V}{C_d} \right)^2 \quad \text{Équation 2}$$

Dans laquelle ΔP représente le différentiel de pression, c'est-à-dire la perte de charge ou de pression statique (Pa), ρ est la densité de l'air (kg air sec/m³ air sec), V représente la vitesse moyenne d'air à l'entrée d'air (m/s) et C_d est le coefficient de perte de charge.

La densité de l'air (ρ) utilisée est 1,1806 kg air sec/m³ air sec et le coefficient de perte d'énergie utilisé a été de 0,8, valeur correspondant à une fente étroite avec restrictions.

Pour la gestation et les deux engraissements de la Ferme A, une comparaison de la perte de charge a été effectuée. La perte de charge théorique a été comparée à la perte de charge moyenne des valeurs enregistrées pour des températures dans le bâtiment supérieure à 24°C sur une période de 30 jours suivants le lavage des filtres et ce, lorsque les ventilateurs fonctionnaient au maximum. Seules les données obtenues lorsque le débit de ventilation est maximum ont été considérées, car les calculs de conception d'un système de filtration d'air s'effectuent pour un débit d'air maximum à filtrer. La validation n'a pu être effectuée pour tous les bâtiments de cette ferme, car certaines données sont manquantes.

2.4 Suivi économique

2.4.1 Paramètres techniques

Le tableau 2-2 présente certaines données techniques des bâtiments de la ferme A étant tous situés sur un même site. La maternité compte 320 truies en inventaire. La pouponnière possède 1 200 places et les deux engraissements comportent, au total, 2 600 places. Le système de filtration a été conçu afin que la pression statique à l'intérieur du bâtiment n'excède pas 0,10 à 0,15 po d'eau lorsque la ventilation est à 100 % durant l'été. La productivité des truies est estimée à 23 porcelets sevrés par truie en production par année.

Tableau 2-2 Liste des paramètres techniques des bâtiments de la ferme A

Bâtiments	Maternité	Pouponnière	Total engraissements
Nombre de places	320 truies	1 200	2 600
Nombres de filtres	77	47	93
Places par filtre	4	26	28

2.4.2 Hypothèses pour le calcul du coût de revient des investissements

En ce qui concerne le financement, les hypothèses suivantes sont émises :

- Le prix des filtres et des boîtiers, au moment du projet, étaient respectivement de 240 \$/filtre et de 235 \$/boîtier;
- L'achat et l'installation des boîtiers pour les filtres sont financés sur dix ans avec un taux moyen de 6,51 % (Banque du Canada, moyenne 2001-2010 du taux hypothécaire ordinaire sur cinq ans);
- Aucune mise de fonds initiale n'est considérée;
- Les premiers filtres et les remplacements aux deux ans sont considérés comme des dépenses d'entretien (et payés dans le fonds de roulement);
- L'hypothèse de remplacements aux trois ans est également étudiée;
- Le taux horaire retenu est de 16 \$/h pour l'entretien et de 38 \$/h pour la pose initiale par des contracteurs.

À noter que les prix des boîtiers et des filtres utilisés sont représentatifs de la situation au moment du projet (2008-2009), avec un équipement de première génération. Depuis, le développement technologique a permis de réduire ces coûts et d'augmenter la durée de vie des filtres. Aujourd'hui, l'entreprise Noveko offre également de nouveaux modèles de filtres sur le marché.

3 Résultats et discussion

3.1 Suivi ingénierie

3.1.1 Conditions de température et pression statique durant l'année du suivi

La température et la pression statique moyennes annuelles, à l'intérieure des différents bâtiments ont varié respectivement entre 19,8 et 21,0°C et 0,02 et 0,05 po d'eau (Tableau 3-1). Au-delà de 8 640 données par paramètre et par bâtiment ont été compilées.

Tableau 3-1 Moyenne et écart-type de la température intérieure (Tint) et de la pression statique (Ps) à l'intérieure des divers bâtiments de la Ferme A durant le suivi ingénierie

Bâtiment	Tint (°C) (moyenne ± ET)	Ps (po d'eau) (moyenne ± ET)
Gestation	19,81 ± 2,86	0,03 ± 0,01
Bloc saillie	19,59 ± 2,63	0,03 ± 0,01
Maternité	21,69 ± 1,94	0,02 ± 0,01
Pouponnière	22,76 ± 2,89	0,04 ± 0,02
Engraissement C	20,94 ± 3,27	0,04 ± 0,03
Engraissement D	21,04 ± 2,66	0,05 ± 0,03

Pour tous les bâtiments, la Tint moyenne s'est généralement située entre 15 et 25°C (Tableau 3-2). Dépendamment du bâtiment, la période pendant laquelle tous les ventilateurs ont fonctionné à plein régime (>25°C) représente environ entre 5 et 7 % de l'année (un peu plus de 3 semaines). Ainsi, la période où la température a été critique s'est échelonnée que sur une courte période. La température intérieure a été supérieure à 30°C dans moins de 0,22 % du temps pour chacun des bâtiments. Ces derniers résultats indiquent que la performance du système de ventilation n'a pas été affectée dans son rôle de maintenir la température intérieure à un niveau acceptable par rapport à la température extérieure durant la saison chaude (Tableau 3-2).

Tableau 3-2 Fréquence d'observation (%) de différentes catégories de température intérieure (Tint) durant le suivi de la ferme A

Tint (°C)	Gestation	Mise bas	Bloc saillie	Pouponnière	Engraissement C	Engraissement D
<15	4,45	0,14	3,66	0,00	6,52	2,86
15-<20	51,31	14,91	65,94	1,71	17,42	28,38
20-<25	38,18	78,30	26,00	91,31	71,25	63,55
25-<30	5,84	6,54	4,28	6,97	4,65	5,05
30-<35	0,22	0,11	0,12	0,00	0,16	0,16

La température extérieure enregistrée par la sonde de la mise bas a été supérieure à 25°C dans moins de 5 % du temps, ce qui correspond à environ 18 jours durant l'année (Tableau 3-3). Cette proportion est légèrement supérieure pour la sonde de la gestation avec 8 % des observations (29 jours). Un très faible pourcentage (0,14 %) de ces observations a même été supérieur à 35°C soit l'équivalent d'une douzaine d'heures. La sonde du bloc saillie donne des données similaires à celles de la gestation. Les trois sections font partie du même bâtiment par

contre l'orientation de ces bâtiments est différentes. Les sections gestation et bloc saillies sont côte à côte et leur sonde était probablement plus exposée au soleil même si lors de l'installation des sondes différentes mesures avaient été prises afin de les protéger du soleil. Aucune sonde de température n'était installée à l'extérieur de la pouponnière et des deux engraisements.

Tableau 3-3 Fréquence d'observation (%) de différentes catégories de température extérieure (Text) durant le suivi de la ferme A

Text (°C)	Gestation	Bloc saillie	Mise bas
< -10	4,10	4,26	3,78
-10 à < -5	6,43	6,49	5,56
-5 à < 0	10,92	10,98	9,74
0 - <5	16,46	16,41	16,90
5 - <10	13,72	13,74	15,58
10 - <15	14,19	14,23	15,53
15 - <20	14,77	14,76	16,77
20 - <25	11,34	11,33	11,68
25 - <30	5,87	5,87	4,05
30 - <35	2,06	1,84	0,41
>35	0,14	0,09	0,00

Étant donné que la température extérieure est supérieure à 25°C dans seulement 7 % du temps annuellement (environ 25 jours), il est de mise de s'interroger sur la conception des systèmes de ventilation pour cette relativement courte période de temps. En effet, les débits d'air ne cessent d'augmenter dans les bâtiments depuis quelques années, ce qui augmente le coût des systèmes de filtration d'air puisqu'une quantité plus importante de filtres doit être installée pour soutenir ces débits d'air élevé.

3.1.2 Impact du lavage des filtres de la section de gestation de la Ferme A

La pression statique tend à augmenter ou diminuer, selon la variation de la température extérieure. En effet, une augmentation de la température extérieure entraîne une augmentation de la pression statique, car une plus grande quantité d'air doit être sortie du bâtiment d'élevage. Étant donné l'effet de la température extérieure sur la Ps, pour savoir si les filtres étaient colmatés de façon à nécessiter un lavage à cette période, il est nécessaire de comparer la Ps et le ΔT pour une même température extérieure, principalement lorsque tous les ventilateurs fonctionnent à plein régime. En période chaude, le ΔT attendu est égal ou inférieur à 3°C, tandis que la pression statique doit être égale ou inférieure à 0,15 po d'eau.

Ainsi, il apparaît que le lavage des filtres dans la section de gestation après 16 mois d'opération a permis de réduire légèrement la Ps moyenne pour une température extérieure se situant entre 24 et 29°C, (Tableau 3-4). Cependant, la Ps était inférieure à 0,06 po d'eau avant le lavage des filtres, ce qui est en deçà des recommandations. Au-delà de 29°C, la pression statique moyenne a été parfois plus élevée à la suite du lavage des filtres par contre, le peu d'observation ne permet pas de tirer de conclusion à ce sujet au-delà de cette température. Le lavage des filtres a été effectué à la fin du mois d'août et la température extérieure n'a pas dépassé souvent 29°C après cette date. De plus, l'effet du vent sur les appareils de mesure de même que leur précision peut avoir un impact sur la précision des données enregistrées. Pour les sondes de température extérieure, même si elles sont à l'abri du soleil, il se peut que le rayonnement de celui-ci ait quand même eu un effet d'augmentation de la température et peu de données ont pu être enregistrées pour des températures extérieures critiques.

Tableau 3-4 Pression statique (Ps), différentiel de température (ΔT) et température intérieure (Tint) selon la température extérieure (Text), 30 jours avant et 30 jours après le lavage des filtres* de la section de gestation de la Ferme A lorsque tous les ventilateurs fonctionnent au maximum

Text (°C)	N		Ps (po d'eau)		ΔT^\dagger (°C)		Tint (°C)	
	avant	après	avant	après	avant	après	avant	après
24 [‡]	56	19	0,060	0,046	0,5	-1,6	24,5	22,4
25	36	28	0,060	0,047	0,3	-2,5	25,3	22,5
26	28	25	0,058	0,049	-0,5	-3,2	25,5	22,8
27	28	19	0,058	0,052	-1,1	-3,4	25,9	23,6
28	37	14	0,058	0,053	-1,4	-4,1	26,7	23,9
29	28	22	0,058	0,055	-2,8	-5,4	26,2	23,6
30	32	11	0,056	0,062	-3,3	-6,1	26,7	23,9
31	13	3	0,056	0,057	-3,2	-5,7	27,8	25,3
32	25	9	0,056	0,062	-5,0	-8,1	27,0	23,9
33	12	3	0,056	0,054	-4,4	-8,0	28,6	25,0
34	11	3	0,058	0,053	-4,8	-9,0	29,2	25,0
35	6	2	0,058	0,065	-6,0	-10,0	29,0	25,0

* avant = 30 jours avant le 22 août 2009 et après = 30 jours après le 23 août 2009

[†] ΔT = Tint - Text

[‡] température extérieure arrondie à l'unité à partir de laquelle les ventilateurs fonctionnent à plein régime

Le deuxième facteur à observer est le ΔT entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. En théorie, une différence de température maximale de 2 à 3°C doit être observée entre la température intérieure et extérieure, lorsque la Tint dépasse la température de consigne (environ 19°C pour la Ferme A). Un ΔT supérieur à 3°C pourrait indiquer que les filtres sont colmatés et que la quantité d'air pouvant passer au travers des filtres est restreinte et par le fait même l'extraction d'air vicié est réduite. Selon les données recueillies, lorsque le débit maximum est atteint, le ΔT a toujours été inférieur à 3°C, même avant le lavage, mais il a quand même diminué de plus de 38 % après le lavage (Figure 3-1). Ceci indique que le système de filtration d'air n'a pas causé d'augmentation de température à l'intérieur de cette salle. Les filtres semblaient donc sales, comme le montre la figure 3-1, mais pas colmatés au point de restreindre l'entrée d'air. Ainsi, pour des températures extérieures de 24°C et 35°C, la température à l'intérieur de la chambre après le lavage était de 2°C et de 4°C moins élevée qu'avant le lavage, ce qui représente une diminution de la température intérieure de 8,5 % et 14,4 %.



Figure 3-1 Impact du lavage sur la propreté des filtres

Également, il est intéressant de mentionner que dans le cadre du présent projet, le producteur de la Ferme A a développé un système (Figure 3-2) permettant de laver les filtres de façon efficace et rapide. Il a été possible de laver environ une cartouche de filtre en moins de 30 secondes.



Figure 3-2 Laveuse à filtre

3.1.3 Observations de l'impact des filtres sur les conditions d'ambiance à l'intérieur des bâtiments

Le système de filtration ne semble pas avoir eu d'impact sur la température intérieure des bâtiments (Tableau 3-5). En effet, annuellement la température intérieure a dépassé de plus de 3°C la température extérieure dans seulement 3 % du temps (11 jours), mais cette différence n'a pas été supérieure à 5°C. Ce qui semble acceptable, car normalement l'objectif en été est de ne pas dépasser plus de 2 à 3°C.

Les ΔT négatifs (lorsque la température intérieure est inférieure à la température extérieure) peuvent s'expliquer par le délai de réchauffement de l'air ambiant à l'intérieur des bâtiments. En effet, il semble qu'il y ait un délai entre la hausse des températures extérieures et intérieures durant la saison estivale. Il est également possible qu'une proportion des ΔT négatifs s'explique par l'effet du soleil qui réchauffe directement la sonde de température extérieure par rayonnement. En effet, même si des efforts ont été effectués pour préserver la sonde de l'effet du soleil, il est possible que son rayonnement ait fait en sorte que la température enregistrée par la sonde extérieure soit de quelques degrés plus élevés que la température à l'ombre. Toutefois, les trois sondes de températures extérieures sur ce site ont donné des valeurs similaires. De plus, la précision des sondes peut aussi expliquer en partie ce phénomène. Toutefois, le délai de réchauffement à l'intérieur des bâtiments est plus plausible comme explication étant donné l'inertie thermique du bâtiment par la fraîcheur accumulée dans le plancher de béton, entre autres.

Tableau 3-5 Différentiel de température (ΔT)*, entre la température intérieure et extérieure, observé à la ferme A lorsque la température intérieure était supérieure à 26°C

ΔT^{**}	Gestation		Mise bas		Engraissement C		Engraissement D	
	N	%	N	%	N	%	N	%
-12	1	0,32	0	0	0	0	0	0
-11	1	0,32	0	0	0	0	0	0
-10	0	0	0	0	0	0	0	0
-9	3	0,96	0	0	0	0	0	0
-8	2	0,64	0	0	0	0	0	0
-7	8	2,56	0	0	0	0	0	0
-6	11	3,51	0	0	0	0	0	0
-5	18	5,75	0	0	1	0,4	0	0
-4	28	8,95	0	0	1	0,4	0	0
-3	63	20,13	5	1,47	6	2,42	11	4,49
-2	50	15,97	37	10,88	22	8,87	25	10,20
-1	65	20,77	51	15,00	61	24,60	48	19,59
0	41	13,10	75	22,06	78	31,45	54	22,04
1	17	5,43	90	26,47	62	25,00	65	26,53
2	5	1,60	70	20,59	8	3,23	29	11,84
3	0	0	9	2,65	3	1,21	5	2,04
4	0	0	2	0,59	1	0,40	1	0,41
5	0	0	1	0,29	5	2,02	6	2,45
6	0	0	0	0	0	0	1	0,41

* un ΔT négatif signifie qu'il fait plus froid à l'intérieur du bâtiment par rapport à l'extérieur.

** valeur arrondie pour laquelle les valeurs comprises entre $> -0,5$ et $< 0,5$ correspondent à 0

Tel que mentionné plus haut, la Ps ne devrait pas dépasser 0,15 po d'eau, idéalement, afin d'éviter d'affecter la performance du système de ventilation. Ainsi, seulement cinq événements supérieurs à 0,15 po d'eau ont été enregistrés durant l'année dans l'engraissement D (Tableau 3-6), ce qui est très peu. Dans les engraissements, quelques valeurs de Ps entre 0,10 et 0,15 po d'eau ont été enregistrées avec 8 et 7,2 % des observations annuelles dans l'engraissement C et D, respectivement. Toutefois, pour tous les bâtiments, les valeurs de Ps enregistrées se trouvaient généralement entre 0 et 0,05 po d'eau (au-delà de 63 % du temps). En mise bas, la Ps n'a jamais été supérieure à 0,05 po d'eau tandis qu'en pouponnière, elle n'a jamais dépassé 0,10 po d'eau. Donc, pour l'ensemble des bâtiments, la majorité des événements se sont situés entre 0 et 0,15 po d'eau, ce qui respecte les valeurs attendues, et très peu d'événements ont dépassé la limite de pression attendue.

Pour tous les bâtiments du site d'élevage, sauf la gestation, des valeurs de pression statique inférieures à zéro ont été enregistrées. Ceci peut s'expliquer par la précision des appareils de mesure, la présence de très faibles débits et par l'effet du vent ayant pu avoir un impact sur la lecture des données (dépendamment de l'orientation du tube relié au transducteur de pression).

Tableau 3-6 Pression statique observée sur 12 mois pour les bâtiments de la Ferme A

Ps (po d'eau)	Gestation		Bloc saillie		Mise bas		Pouponnière		Engraissement C		Engraissement D	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<0	0	-	1407	16,19	1 289	14,92	7	0,08	197	2,27	31	0,36
0-0,05	7 415	85,35	7053	81,18	7 351	85,08	7 074	82,56	6 653	76,79	5 493	63,40
>0,05-0,10	1 273	14,65	228	2,62	0	-	1 487	17,36	1 117	12,89	2 509	28,96
>0,10-0,15					0	-	0	-	697	8,04	626	7,23
>0,15-0,20	0	-			0	-	0	-	0	-	5	0,06

3.1.4 Validation de la conception

Les calculs entourant la conception du système de filtration ont été effectués en fonction d'une pression statique inférieure à 0,1 po d'eau en gestation et à moins de 0,15 po d'eau en engraissement (Tableau 3-7). La perte de charge (ΔP) mesurée à partir des données collectées durant l'année du suivi ont été inférieures à la ΔP totale maximale attendue lors de la conception du système pour cette ferme, et ce, pour les trois bâtiments analysés. Elle a même été près de la moitié moins élevée dans l'engraissement D (0,071 vs 0,141 po d'eau). De plus, aucune perte de charge supérieure à la perte de charge totale maximale théorique n'a été enregistrée. Ces bâtiments sont ventilés en pression négative et le principal inconvénient de l'utilisation d'un système de filtration d'air sur ce type de bâtiment est le risque d'entrée d'air parasite par les portes et les fenêtres, les volets de ventilateurs, les fissures dans les murs ou la toiture, etc. Pour limiter les risques d'infiltration d'air non filtré, la perte de charge ne devrait pas dépasser 0,15 po d'eau. Ainsi, un nombre suffisant de filtres doit être installé pour ne pas dépasser cette perte de charge.

Tableau 3-7 Comparaison de la perte de charge totale (ΔP) maximale prévue par calcul avec celles mesurées durant le suivi de la Ferme A lorsque les filtres étaient propres*

Bâtiment	ΔP moyenne (po d'eau)		
	Théorique	Mesurée*	
		moyenne \pm ET	maximum
Gestation	0,098	0,063 \pm 0,006	0,073
Engraissement C	0,133	0,093 \pm 0,021	0,120
Engraissement D	0,141	0,071 \pm 0,019	0,110

*période de 30 jours après le lavage des filtres

D'après ces résultats, les calculs théoriques semblent conservateurs, c'est-à-dire que la pression statique réelle est inférieure à celle calculée. Ceci aura pour avantage d'avoir une marge de manœuvre afin de pallier à la problématique de l'encrassement des filtres par la poussière. Toutefois, une superficie moindre en filtres aurait peut-être pu être installée. Cela aurait permis de limiter les coûts d'achat de filtres, mais d'un autre côté cela aurait augmenté le risque d'infiltration d'air parasite. D'ailleurs même si la ΔP observée dans l'engraissement D est de la moitié moins élevée que celle du design théorique, c'est quand même le seul bâtiment dans lequel des valeurs de Ps au-delà du design théorique a été enregistrées bien que cela ne représente que 0,06 % des mesures prises (Tableau 3-6), ce qui peut s'expliquer par des bourrasques de vent au niveau du point de mesure extérieur et par l'encrassement des filtres par les poussières. D'un autre côté, aucune Ps supérieure à 0,05 po d'eau n'a été notée dans la gestation alors que la ΔP de conception était le double.

Par conséquent, il semble de mise de vérifier la méthode de calcul afin de s'assurer de représenter la réalité le plus fidèlement possible. Il faudra vérifier si ces différences proviennent de l'estimation des pertes de charge par les filtres, des pertes de charge par le circuit d'air emprunté entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment (facteur Cd de l'équation 2 particulièrement) ou par d'autres explications. La méthode de calcul a été également validée à la ferme B.

3.2 Suivi économique

3.2.1 Pose et installation du système de boîtiers et des cartouches de filtre

3.2.1.1 Coûts d'installation

Les coûts d'installation des boîtiers incluent la main-d'œuvre et la quincaillerie (vis, écrous, bois, silicone, etc.) pour faire la pose. Pour la ferme A, ces coûts ont été variables d'un bâtiment à l'autre, de 54 \$/filtre pour la pouponnière et de 73 \$/filtre pour la maternité. Ces différences s'expliquent par une adaptation plus ou moins aisée au système de ventilation mécanique existant des différents bâtiments.

Les coûts totaux d'achat et d'installation des boîtiers pour les filtres sont rapportés au tableau 3-8. Les coûts d'achat et d'installation sont plus élevés pour les engraissements, car ils requièrent 93 boîtiers, contre 77 pour la maternité et 47 pour la pouponnière. C'est donc pour ce dernier bâtiment que les coûts d'installation sont les plus faibles.

Tableau 3-8 Coûts d'achat (en dollar canadien) et d'installation des boîtiers, excluant le financement et les cartouches de filtres

	Maternité	Pouponnière	Engraissements
Coût d'achat des boîtiers	18 095	11 045	21 855
Par place	56,55	9,20	8,41
Par boîtier	235,00	235,00	235,00
Coût d'installation (quincaillerie et temps)	5 597	2 538	5 822
Par place	17,49	2,12	2,24
Par boîtier	72,69	54,00	62,60
Total des coûts d'achat et d'installation	23 692	13 583	27 677
Par place	74,04	11,32	10,65
Par boîtier	307,69	289,00	297,60

Les déboursés annuels que ces investissements impliquent sont présentés au tableau 3-9. C'est pour les engraissements que les paiements sont les plus élevés, représentant près du double de ceux de la pouponnière en valeur absolue. Cependant, ramenés par place, les déboursés pour la pouponnière s'avèrent plus onéreux que ceux de l'engraissement. C'est pour la maternité que les paiements par place sont les plus élevés, avec le ratio places/filtre le plus bas (quatre truies par filtre).

Tableau 3-9 Annuités reliées aux investissements de départ (capital et intérêt)

	Maternité	Pouponnière	Engraissements
Annuités totales (\$)	3 230	1 852	3 773
Par truie ou par place	10,09	1,54	1,45

Note : Coûts d'achat et d'installation des boîtiers, à un taux d'intérêt annuel de 6,5 % sur 10 ans.

3.2.2 Coûts d'entretien des filtres

Pour optimiser l'efficacité des filtres, un entretien régulier de ceux-ci est nécessaire. Cet entretien est de deux ordres. Il faut d'abord laver les filtres régulièrement et surtout les remplacer aux deux ans, selon les recommandations du manufacturier au moment de la réalisation du projet.

3.2.2.1 Remplacement des cartouches de filtres

L'hypothèse de départ est que le remplacement des filtres antimicrobiens devrait s'effectuer aux deux ans. Le coût des deux cartouches de filtres utilisées au moment du projet était de 240 \$. Le temps de remplacement retenu est similaire au temps nécessaire pour laver les filtres, soit 13 minutes par boîtier.

Compte tenu d'une durée de vie de dix ans pour l'installation de base, les cartouches de filtres seraient changés quatre fois au cours de cette période. L'achat des filtres de remplacement constitue la principale dépense du système (Tableau 3-10). C'est pour les engraisements que ce poste de dépense est le plus élevé, à près de 11 300 \$/an. Ramené par place, cela revient à 4,34 \$/place. Pour la maternité, cela représente plus de 9 300 \$ par an, soit 29,21 \$/place.

Tableau 3-10 Dépenses de remplacements des filtres

	Maternité	Pouponnière	Engraisements
Fréquence des remplacements (ans)	2	2	2
Nombre de remplacements p/r durée de vie 10 ans	4	4	4
Nombre total de séries de filtres (2 cartouches) par boîtier (départ + remplacements)	5	5	5
Prix pour 2 cartouches de filtre (\$)	240	240	240
Coûts totaux de départ et de remplacement sur 10 ans (\$)	92 400	56 400	111 600
Coût annuel de remplacement des filtres (\$)	9 240	5 640	11 160
Temps par remplacement (h)	17	10	20
Temps total de remplacement sur 10 ans (h) ^a	67	41	81
Temps de remplacement annualisé (h)	6,7	4,1	8,1
Taux horaire (\$/h)	16	16	16
Coût main d'œuvre remplacement annualisé (\$)	107	65	129
Coûts totaux annuels de remplacement (matériel et main-d'œuvre) (\$)	9 347	5 705	11 289
Par place (\$/place)	29,21	4,75	4,34

^a Le temps de pose des filtres lors de l'installation des boîtiers est exclu des calculs de cette section, car il est inclus dans le temps de pose et d'installation du système

L'hypothèse de changements moins fréquents (à tous les trois ans) a aussi été étudiée et les coûts sont présentés au tableau 3-11. Les frais de remplacement diminueraient de façon importante pour tous les bâtiments, et représentent une économie annuelle de plus de 7 000 \$ pour l'ensemble des bâtiments.

Tableau 3-11 Total des dépenses de remplacements des filtres aux 3 ans

	Maternité	Pouponnière	Engraissements
Fréquence des remplacements (ans)	3	3	3
Coûts totaux de remplacement (\$)	6 847	4 179	8 270
Économie par rapport aux changements aux 2 ans (\$/an)	2 500	1 526	3 019

3.2.2.2 Lavage des filtres

L'accumulation de poussières, de débris végétaux et d'autres particules peut nuire au bon fonctionnement du système de ventilation et de filtration et requiert de laver les filtres avec un jet d'eau pour les débarrasser de ces impuretés. Lors d'un projet précédent, il avait été estimé que trois lavages pourraient être nécessaires par année, soit un au printemps, un au milieu de l'été et un dernier à l'automne, avant l'hiver. En pratique, pour la ferme A, le nombre de lavages a varié de deux à trois lavages par année, selon les bâtiments. De nombreux facteurs, comme l'endroit où est situé le bâtiment (près d'une route achalandée, en plein champ, présence élevée de pollen, direction des vents, etc.) ou la présence de haies brise-vent, peuvent expliquer pourquoi les filtres de certains bâtiments ont requis plus de lavages que d'autres.

Selon l'information recueillie à la ferme A, le temps de lavage des filtres varie de 13 à 20 minutes par boîtier, contenant chacun deux cartouches de filtres antimicrobiens et une moustiquaire, selon le bâtiment. Cette variabilité de temps de lavage s'explique par la facilité d'accès aux filtres plus ou moins grande, selon l'installation. Compte tenu du fait qu'il s'agissait d'une installation dans le cadre d'un projet de mise au point, les techniques de poses des filtres et de lavage devraient s'améliorer avec le temps. C'est la valeur la plus faible qui est retenue comme temps de lavage (soit 13 minutes) et seuls deux lavages par année sont considérés. Un résumé des temps de lavage et des coûts afférents est présenté au tableau 3-12.

Tableau 3-12 Estimé des coûts de lavages des filtres pour la ferme A

	Maternité	Pouponnière	Engraissements
Nombre de lavages par année	2	2	2
Nombre de boîtiers de filtration	77	47	93
Nombre de minutes par boîtier par lavage	13,00	13,00	13,00
Nombre d'heures par année/bâtiment	33	20	40
Taux horaire	16	16	16
Laveuse pression (heures par lavage)	13	6	10
Coûts laveuse pression (2 \$/h)	51	24	40
Coûts totaux lavage annuel	585	350	685
Par truie ou par place	1,83	0,29	0,26

Au total, le lavage des filtres représente une dépense de quelques centaines de dollars par année. Ramenée par place, c'est pour la maternité que le coût est le plus important, à 1,83 \$/place, alors qu'il n'en coûterait que 0,26 \$ en engraissement et 0,29 \$ en pouponnière.

3.2.3 Sommaire des coûts d'installation et d'entretien des filtres

Pour la ferme A, avec un changement de filtres aux deux ans, les coûts totaux d'installation et d'entretien des filtres antimicrobien Noveko représentent 36 814 \$/an pour la maternité, la pouponnière et les engraissements combinés (Tableau 3-13). Près de 72 % des coûts sont reliés au remplacement des filtres, soit plus de 26 000 \$/an. Ramenés par place, ce sont les

coûts pour la maternité qui sont les plus élevés, à 41,13 \$/place. Pour la pouponnière et l'engraissement, les coûts s'élèvent à un peu plus de 6 \$/place.

Tableau 3-13 Total annuel des coûts d'installation et d'entretien (\$ canadien) des filtres par type de bâtiment pour un remplacement de filtres aux deux ans pour la ferme A

	Maternité	Pouponnière	Engraissements
Installation			
Achat, équipement et installation	3 230	1 852	3 773
Entretien			
Filtres de départ et remplacement	9 347	5 705	11 289
Lavage	585	350	685
Total des coûts	13 161	7 907	15 747
Total des coûts par place selon le bâtiment	41,13	6,59	6,06

Cependant, ces différents bâtiments composent une seule et même entreprise (ferme A). Pour représenter cette réalité, les coûts ont été ramenés sur une même base, la truie en inventaire, qui est l'unité productive maîtresse de l'entreprise porcine de type naisseur-finisser avec des changements de filtres aux deux et aux trois ans (Tableau 3-14). Le coût par truie est le plus élevé pour les engraissements étant donné le nombre de filtres plus élevé (93) dans ce type de bâtiment. Lorsque ces coûts annuels sont cumulés (maternité, pouponnière et engraissements), le coût total annuel par truie en inventaire s'élève à 115,04 \$/truie avec des changements de filtres aux deux ans. Si la fréquence des changements de filtres diminue et passe à trois ans, le coût total annuel cumulé pour les trois bâtiments s'élève à 93,03 \$/truie en inventaire.

Tableau 3-14 Sommaire des coûts totaux annuels par truie en inventaire avec changement de filtres aux 2 ans et aux 3 ans

	Maternité	Pouponnière	Engraissements
Changement de filtres aux 2 ans			
Coût total annuel par truie en inventaire par bâtiment	41,13	24,71	49,21
Coût total annuel cumulé par truie en inventaire	41,13	65,84	115,04
Changement de filtres aux 3 ans			
Coût total annuel par truie en inventaire par bâtiment	33,32	19,94	39,77
Coût total annuel cumulé par truie en inventaire	33,32	53,26	93,03

L'implantation d'un système de filtration d'air s'est traduit par des coûts annuels de 115,04 \$/truie en inventaire pour la ferme A, lors d'un changement de filtres aux deux ans. Ce coût passe à 93,03 \$/truie en inventaire avec un remplacement de filtres aux trois ans. À titre de comparaison, la Financière agricole du Québec estimait que le revenu stabilisé des producteurs de porcs (type naisseur-finisser) en 2010 était de 3 325 \$/truie² (FADQ, 2010). Le coût supplémentaire relié au système de filtration représente 3,5 % du revenu stabilisé.

² Le revenu stabilisé représente le coût de production, excluant certaines dépenses. La FADQ estimait que le revenu stabilisé par porc était de 181,88 \$/porc, pour un naisseur-finisser produisant 4 168 porcs et possédant 228 truies (janvier 2011).

L'objectif du système de filtration est de protéger l'élevage contre les maladies transmissibles par aérosol (principalement le SRRP) conjointement à un protocole de biosécurité complet. Or, les pertes liées à une crise de SRRP ont été estimées par Mussell (2010) à 257 \$/troupe/an pour une entreprise où le SRRP est présent de manière chronique, mais pouvant atteindre 464 \$/troupe pour une crise majeure touchant une entreprise naisseur-finiisseur, par rapport à une entreprise exempte de SRRP. Ainsi, selon Mussell, les pertes liées au SRRP pour une entreprise aux prises de manière chronique avec le SRRP seraient supérieures au coût total annuel du système pour la ferme A (257 \$/troupe contre 115 \$/troupe).

De leur côté, les pertes liées à une crise majeure seraient quatre et cinq fois plus importantes que les coûts du système de filtration respectivement pour des remplacements de filtres aux deux et trois ans. Autrement dit, sur une période de dix ans, le système de filtration installé sur l'ensemble des bâtiments doit permettre d'éviter 2,5 crises majeures avec changements de filtres aux deux ans pour se rentabiliser (ou 2,0 crises sur dix ans avec changements de filtres aux trois ans; Tableau 3-15).

Tableau 3-15 Nombre de crises majeures à éviter sur 10 ans pour rentabiliser le système de filtration d'air

	Maternité	Pouponnière	Engraissements
Coût total cumulé par truie (avec remplacement des filtres aux 2 ans)	41,13	65,84	115,04
Nombre de crises majeures à éviter sur 10 ans	0,9	1,4	2,5
Coût total cumulé par truie (avec remplacement des filtres aux 3 ans)	33,32	53,26	93,03
Nombre de crises majeures à éviter sur 10 ans	0,7	1,1	2,0

Dans le cas d'un élevage dans lequel le SRRP sévit de façon chronique, les coûts annuels du système sont moins élevés que les coûts annuels de la maladie. Cependant, pour rechercher une rentabilité dans un élevage considéré SRRP chronique avec le système de filtration d'air, il faudra éradiquer la maladie du troupeau afin d'éviter les pertes liées au SRRP chronique et dégager un avantage économique. Dans ce cas, l'objectif du système de filtration d'air et du protocole de biosécurité complet serait de mieux protéger l'élevage afin de réduire les risques et la fréquence de contamination et ainsi éviter les pertes liées au SRRP.

Par ailleurs, les coûts d'entretien du système de filtration pourraient, de plus, diminuer avec une réduction de la fréquence des changements de filtres. Un changement de filtres aux trois ans plutôt qu'aux deux ans feraient passer les coûts totaux annuels de 115 \$/troupe à 93 \$/troupe.

De plus, il est important de rappeler que cette ferme était de type naisseur-finiisseur sur un seul site. Les bâtiments situés sur différents sites pourraient voir leurs coûts d'opération diminuer encore plus si la maternité uniquement devait être équipée de filtres. Pour la ferme A, si cette possibilité avait été applicable, les coûts totaux avec un changement de filtres aux trois ans auraient été de 33,32 \$/troupe/an, moins du tiers des coûts actuels pour l'ensemble du site naisseur-finiisseur. Le nombre de crises majeures à éviter afin de rentabiliser le système diminue fortement et tombe sous le seuil d'une crise majeure à éviter sur dix ans pour rentabiliser le système (avec changements de filtres aux deux ou trois ans).

Ferme B

4 Matériel et méthode

4.1 Description de la ferme B

4.1.1 Organisation et description du site

Cette ferme, située dans le comté de Rouville en Montérégie (région à densité porcine intermédiaire), gère 1 000 truies. La ferme porcine la plus proche est située à environ 2,08 km.

La Ferme B comporte un bâtiment d'élevage comprenant des salles de mise bas, de gestation ainsi qu'une quarantaine et une section pour cochettes. Elle est constituée de deux bâtiments reliés entre eux par un corridor (figure 4-1).

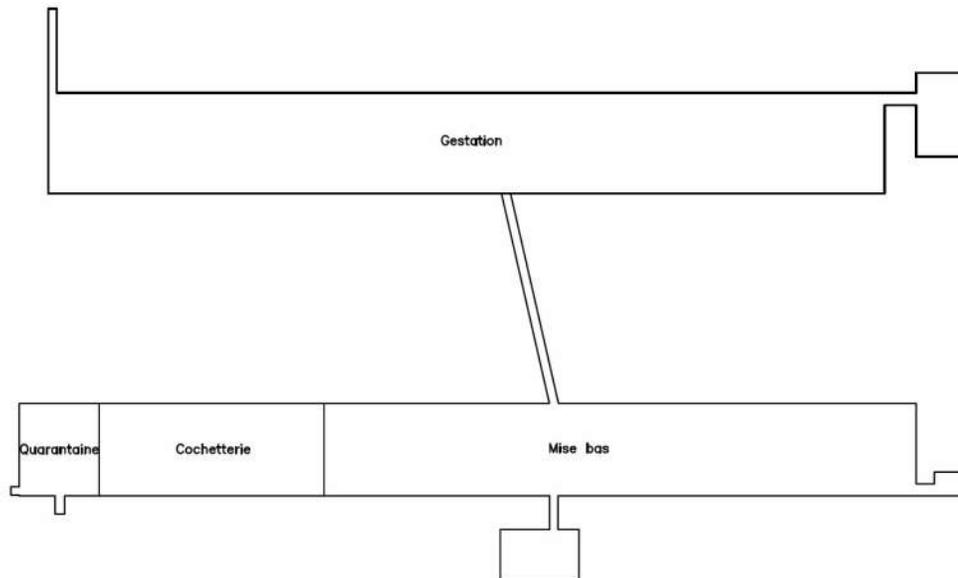


Figure 4-1 Plan du site de la Ferme B

Les dalots de la quarantaine sont séparés des dalots de la section logeant les cochettes.

4.1.2 Historique sanitaire du troupeau

La fréquence des crises de SRRP dans cette ferme était d'une par 1,5 an. Le dernier épisode clinique du vSRRP datait de 12 mois avant l'installation des filtres. Il avait été de sévérité modérée et son origine était une souche sauvage qui avait été identifiée par un séquençage du virus (souche 0).

Les cochettes de remplacement ont été testées sérologiquement avant leur entrée dans le troupeau. La maternité était positive et stable à l'égard du SRRP. L'exposition contrôlée au virus (feedback) et la séro-injection avaient été pratiquées dans l'acclimatation des cochettes de 2001 à 2009. La période de récupération pour la diminution de l'excrétion du virus durait six mois. Depuis juin 2009, les cochettes qui rentraient dans le troupeau étaient séronégatives (non vaccinées).

4.2 Période de suivi et interventions

Afin de permettre une vérification de l'impact des filtres sur les conditions d'ambiance à l'intérieur des bâtiments de cette ferme et sur la santé du troupeau, un suivi été effectué du 1 septembre 2009 (J0) au 10 septembre 2010 (J374). Les principales interventions survenues durant ce suivi sont présentées au tableau 4-1.

Tableau 4-1 Principales interventions effectuées durant le suivi du système de filtration d'air et du statut sanitaire de la ferme B

Date	Jour du suivi	Intervention
1 sept. 2009	0	Début du suivi
8 sept. 2009	7	Balayage des filtres de la maternité et de la gestation
24 sept. 2009	23	Prélèvement sanguin
6 oct. 2009	35	Audit biosécurité
6 avr. 2010	217	Lavage des filtres de la maternité et de la gestation
21 juil. 2010	323	Balayage des filtres de la maternité et de la gestation
31 août 2010	364	Fin du suivi technique
10 sept. 2010	374	Prélèvement sanguin et audit biosécurité Fin du suivi sanitaire

4.3 Suivi ingénierie

4.3.1 Appareillage et mesures

La température et la pression statique dans les bâtiments ainsi que la température extérieure ont été prises toutes les dix minutes durant un an à l'aide d'un système d'acquisition de données (HOBO® energy logger pro H22, Bourne, MA, États-Unis). Huit transducteurs de pression différentielle (Veris Industries, PXU, Portlans, Orégon, États-Unis) ont été installés dans les deux bâtiments du site, soit quatre en gestation et quatre en mise bas, tous répartis dans des salles différentes. Ces transducteurs ont été installés dans les plénums et mesuraient la pression statique relative entre l'extérieur du bâtiment et le plénum afin de mesurer la perte de charge générée par les filtres uniquement. Huit sondes de température et d'humidité relative (sonde combinée) (*Onset computer corporation*, S-THB-M008) ont aussi été installées dans les mêmes sections que les transducteurs et une neuvième sonde a été installée à l'extérieur. L'acquisition de données d'humidité relative n'a pu être possible car ces sondes sont très sensibles et elles avaient été installées dans un environnement qui s'est avéré trop hostile. Peu de données ont pu être recueillies et elles n'ont pas été analysées.

L'emplacement des sondes de température et des transducteurs de pression différentielle par bâtiment et par salle est décrit ci-dessous. Les sondes de température sont représentées par un cercle et les transducteurs de pression différentielle par un triangle.

La section de gestation

Étant donné que le bâtiment est très long, cette section sera présentée sur deux figures (la première figure représente la section située à gauche du corridor, au centre du bâtiment, et la deuxième présente la section à droite du corridor; figure 4-1). Dans la section de gauche, une sonde de température a été installée dans chaque chambre et deux transducteurs de pression différentielle l'ont été dans le plénum (figure 4-2).

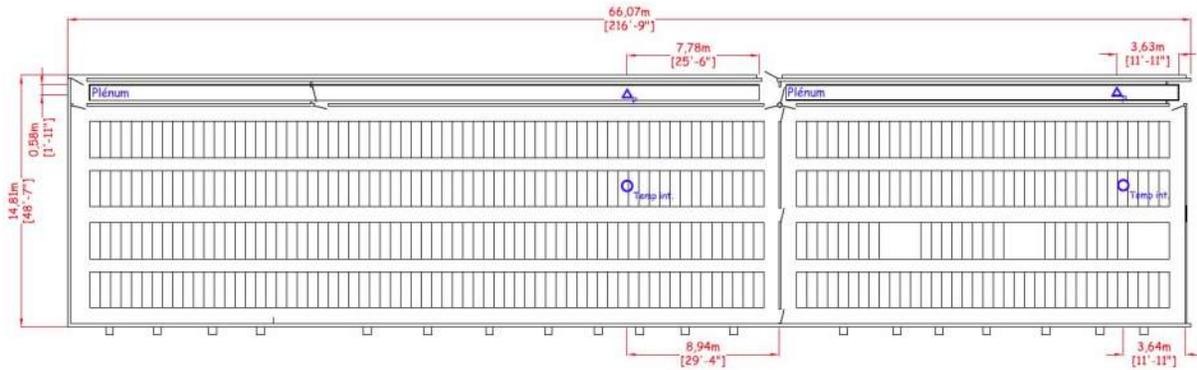


Figure 4-2 Emplacement des sondes de la section gauche de la gestation de la Ferme B

Pour la section de la gestation située à droite du corridor, deux sondes de température (une par chambre) et deux transducteurs de pression différentielle étaient installés (figure 4-3).

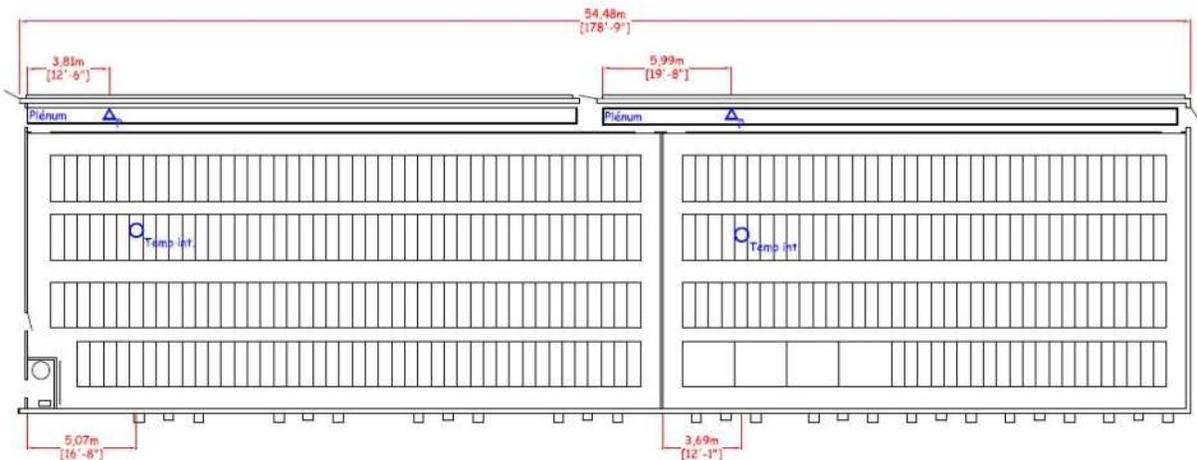


Figure 4-3 Emplacement des sondes de la section droite de la gestation de la Ferme B

Les sections de mise bas et de cochetterie

La section de cochetterie du bâtiment comptait une sonde de température dans la salle et un transducteur de pression différentielle (figure 4-4).

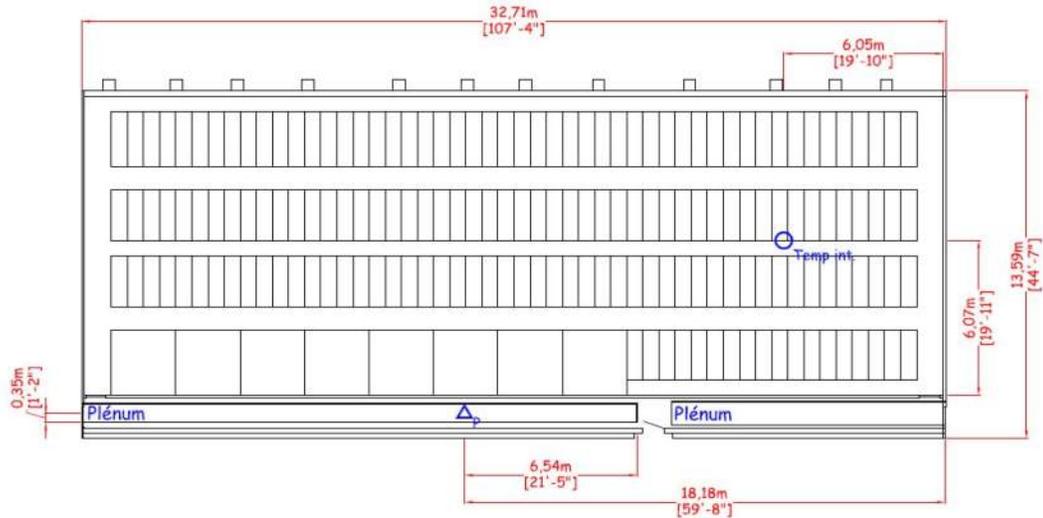


Figure 4-4 Emplacement des sondes de la cochetterie de la Ferme B

Pour la section de mise bas, étant donné que le bâtiment est également très long, cette section sera aussi présentée sur deux figures (la première figure représente la section située à gauche du corridor central et la deuxième présente la section à droite du corridor) (figure 4-1). Deux sondes de température et deux transducteurs de pression différentielle étaient installés dans chacune des deux sections du bâtiment (figure 4-5 et figure 4-6).

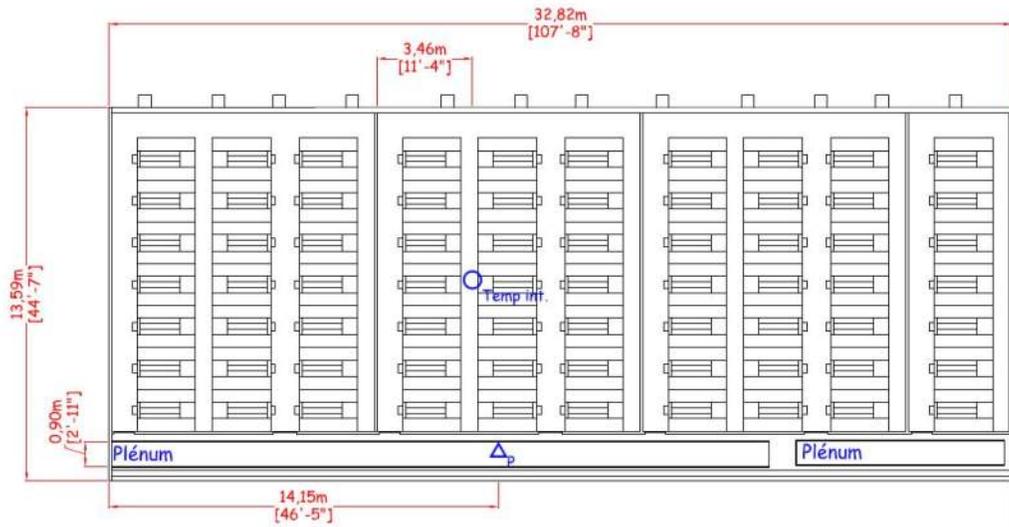


Figure 4-5 Emplacement des sondes de la section de gauche de la mise bas de la Ferme B

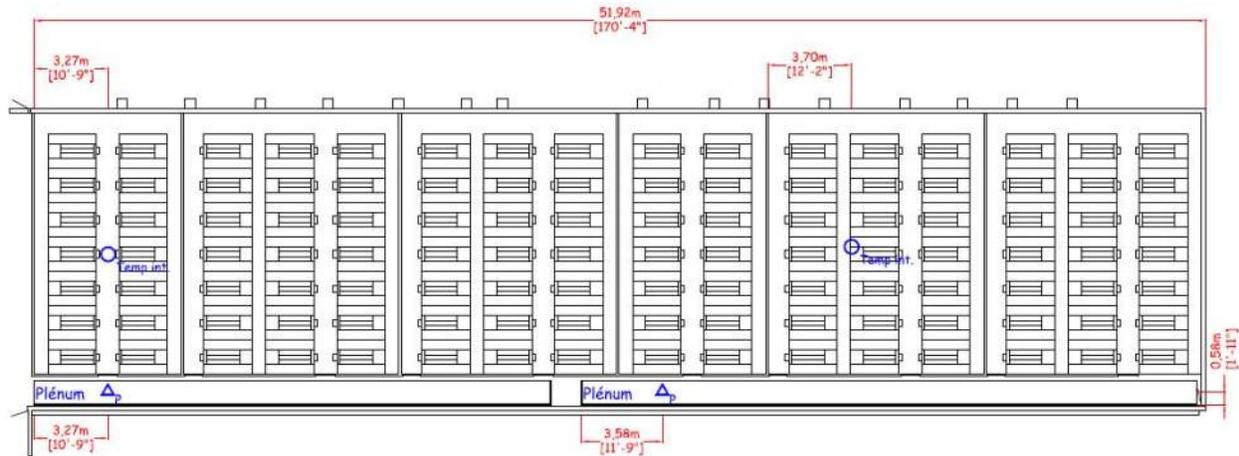


Figure 4-6 Emplacement des sondes de la section de droite de la mise bas de la Ferme B

4.3.2 Impact du lavage

De la même façon que la Ferme A, la variation de la pression statique et de la température intérieure du bâtiment sont les deux paramètres étudiés pour vérifier si le lavage des filtres au jour 217 a eu un impact sur les conditions d'ambiance à l'intérieur du bâtiment. De plus, ces deux éléments nous permettent de savoir si les filtres étaient colmatés ou non. Les valeurs de pression statique et de température intérieure de la gestation, 30 jours avant et 30 jours après le lavage des filtres ont été comparées pour vérifier si cette mesure a eu un impact sur les conditions d'ambiance à l'intérieur du bâtiment. La comparaison a été effectuée pour une même température extérieure.

Des moyennes de pression statique et de différentiels de température ont été calculés en fonction de la température extérieure lorsque celle-ci était égale ou supérieure à 23°C, par incrément de 1°C étant donné que la conception d'un système de filtration s'effectue lorsque le débit des ventilateurs est à son maximum. En effet, lorsque la température était supérieure à 24°C, la programmation du contrôleur électronique de ventilation faisait en sorte que tous les ventilateurs de la salle fonctionnaient au maximum de leur capacité. Le différentiel de température a été calculé en utilisant l'équation 1 décrite ci-haut.

4.3.3 Observation de l'impact des filtres sur les conditions d'ambiance à l'intérieur des bâtiments

L'évaluation de l'impact des filtres sur les conditions d'ambiance a été effectuée de la même façon que la Ferme A.

4.3.4 Validation de la conception

La validation de la conception a été effectuée de la même façon que la Ferme A. La perte de charge totale a été calculée pour le bâtiment de la gestation de la Ferme B à l'aide de l'équation 2 pour des températures extérieures supérieures à 23°C.

4.4 Suivi sanitaire

Au jour 23 du suivi de la ferme B, soit le 24 septembre 2009, des prélèvements sanguins ont été faits pour évaluer le statut sanitaire du troupeau. Ces prélèvements ont été effectués sur 10 cochettes de remplacement à l'entrée, 10 truies acclimatées de parité 1 à la mise bas et 10 truies acclimatées de parité 2 et plus au sevrage. Des analyses ELISA individuelles et six « pools » (groupes) de cinq truies par PCR ont été effectués.

Au jour 23, une inspection du troupeau et un audit de biosécurité avec le questionnaire PADRAP ont été effectués. Cette même journée, quatre cochettes (qui étaient séronégatives à leur entrée dans le troupeau reproducteur) ont avorté. Un test PCR a été effectué individuellement pour chacune de ces cochettes.

De quatre à huit porcelets ont été prélevés dans les mois suivants, à leur sortie de la pouponnière, c'est-à-dire aux deux semaines. Les résultats qui sortaient positifs à l'ELISA étaient analysés par PCR par la suite pour confirmer que c'étaient des vrais positifs.

Des séquençages ont été réalisés à partir des souches du virus retrouvées par PCR et les résultats ont été comparés par des tableaux d'homologie avec les souches de référence et les souches sauvages qui avaient été présentes antérieurement à la Ferme B et dans les sites des fournisseurs.

Au jour 374, dix cochettes ont été testées par PCR (deux pools de cinq cochettes), 20 truies de parités 1 et plus par PCR (quatre pools de cinq truies) et 30 porcelets à la sortie de la maternité par ELISA individuellement et par PCR (six pools de cinq porcelets). Les échantillons PCR positifs ont été séquencés pour identifier la souche. Toutes les analyses ont été effectuées par le laboratoire Biovet (Saint-Hyacinthe, Québec, Canada).

Des questionnaires sur les mesures sanitaires prises à la ferme ont été remplis par le vétérinaire responsable du site; deux avant l'installation des filtres et trois durant le projet. Le questionnaire à compléter est disponible à l'Annexe C.

4.5 Biosécurité

Trois évaluations des mesures de biosécurité implantées à la ferme ont été réalisées à l'aide du « Programme d'évaluation des risques de maladies en production porcine » (Production Animal Disease Risk Assessment Program). Cet outil a été utilisé parce que c'est un des rares questionnaires sur la biosécurité qui est accompagné d'un logiciel d'analyse statistique des résultats. Il permet d'identifier les facteurs les plus importants à contrôler pour diminuer les risques d'introduction et de propagation du virus du SRRP à la ferme et de se comparer avec les autres fermes ayant été évaluées par cet outil. Pour plus de détail sur ce dernier, le rapport d'évaluation effectué par Urizar et Klopfeinstein (2010) peut être consulté.

Le questionnaire PADRAP a été complété une première fois avec l'information de l'année précédant l'implantation des filtres et le début du projet (2008) et il a été rempli deux autres fois, soit au début et à la fin de l'année du suivi sanitaire. Avec l'installation des filtres, un processus d'éradication du virus du SRRP a été entamé et les règles de biosécurité sont devenues plus sévères.

5 Résultats et discussion

5.1 Suivi ingénierie

5.1.1 Conditions de température et pression statique durant l'année de suivi

La température intérieure des sections de gestation et des sections de la mise bas s'est maintenue, en moyenne, à 20,3 et 23,0°C respectivement, tandis que la pression statique a été, en moyenne, de 0,04 et 0,03 po d'eau (Tableau 5-1).

Tableau 5-1 Moyenne de la température intérieure (Tint) et pression statique (Ps) durant le suivi ingénierie de la Ferme B

Bâtiment	N	Tint (°C) (moyenne ± ET)	N	Ps (po d'eau) (moyenne ± ET)
Gestation	51 372	20,29 ± 2,73	50 434	0,04 ± 0,04
Mise bas	49 459	23,03 ± 1,79	48 328	0,03 ± 0,04

Pour les deux sections du bâtiment, la température intérieure moyenne s'est généralement située entre 15 et 25°C (Tableau 5-2). La période pendant laquelle tous les ventilateurs fonctionnaient à plein régime représente environ entre 9 et 13% de l'année (34 à 47 jours). Donc, la période au cours de laquelle la température a été critique n'a été que de courte durée. La température intérieure a été supérieure à 30°C dans moins de 1 % du temps (environ 2,5 jours) pour chacun des bâtiments. Ces derniers résultats indiquent que la performance du système de ventilation n'a pas été affectée dans son rôle qui consiste à maintenir la température intérieure à un niveau acceptable par rapport à la température extérieure durant la saison chaude.

Tableau 5-2 Fréquence d'observation (%) de différentes catégories de température intérieure (Tint) durant le suivi de la ferme B

Tint (°C)	Gestation	Mise bas
<15	0	0
15-<20	65,79	0,89
20-<25	24,85	86,15
25-<30	8,68	12,42
30-<35	0,68	0,55

La température extérieure a été supérieure à 25°C dans moins de 9 % du temps durant l'année (environ quatre semaines) (Tableau 5-3). Une température extérieure supérieure à 35°C a été observée durant 0,21 % de l'année (environ une journée).

Tableau 5-3 Fréquence d'observation de différentes catégories de températures extérieures (Text) durant le suivi de la ferme B

Text (°C)	Observation (%)
<-10	6,53
-10 à <-5	8,31
-5 à <0	11,80
0-<5	14,30
5-<10	10,92
10-<15	13,00
15-<20	14,24
20-<25	12,25
25-<30	6,70
30-<35	1,73
>35	0,21

Tout comme dans le cas de la ferme A, étant donné que la température extérieure a été supérieure à 25 °C dans moins de 9 % du temps durant l'année, il est de mise de s'interroger sur la conception des systèmes de ventilation pour cette courte période de temps.

5.1.2 Impact du lavage des filtres de la section de gestation de la Ferme B

Pour une même température extérieure, une diminution de la pression statique moyenne a pu être observée après le lavage des filtres lorsque la température extérieure se situait entre 23 et 28°C (Tableau 5-4). Comme mentionné précédemment, il est recommandé de maintenir une pression statique en deçà de 0,15 po d'eau. Ainsi, il apparaît que le lavage des filtres dans la section de gestation après 17 mois d'opération a permis de réduire légèrement la pression statique malgré qu'elle était encore acceptable avant le lavage.

Tableau 5-4 Pression statique (Ps) et différentiel de température (ΔT) moyen entre la température ambiante (Tint) dans la gestation de la Ferme B et la température extérieure, 30 jours avant et 30 jours après le lavage des filtres* de la section de gestation pour une même température extérieure (Text) alors que tous les ventilateurs fonctionnaient au maximum

Text (°C)	N		Ps (po d'eau)		ΔT (°C)		Tint (°C)	
	avant	après	avant	après	avant	après	avant	après
23	23	14	0,105	0,093	0,424	0,911	23,42	23,91
24	28	9	0,123	0,097	1,393	1,528	25,39	25,53
25	19	11	0,128	0,096	0,789	0,136	25,79	25,14
26	16	9	0,121	0,097	0,828	1,139	26,83	27,14
27	16	8	0,118	0,097	1,063	1,188	28,06	28,19
28	3	11	0,121	0,101	-1,917	0,477	26,08	28,48
29	n.d.	14	n.d.	0,100	n.d.	-0,143	n.d.	28,86

* 6 avril 2010

À la suite du lavage des filtres, il n'y a eu aucun impact sur la température intérieure alors qu'il était plausible de s'attendre à une baisse des Tint pour une même Text lorsque tous les ventilateurs fonctionnent au maximum. Étant donné que les mesures se sont effectuées lors d'une saison plutôt froide (avril), peu de données ont été enregistrées pour des Text supérieures à 23°C, particulièrement après le lavage. Ainsi, l'impact réel du nettoyage des filtres sur les conditions à l'intérieur de la gestation est difficile à déterminer. D'un autre côté, selon les

quelques données recueillies, le ΔT a toujours été inférieur à 3°C lorsque les ventilateurs fonctionnaient à plein régime, ce qui laisse croire que le nettoyage des filtres aurait pu être effectué un peu plus tard sur la base de l'impact de la température intérieure du bâtiment. Toutefois, il faudra valider auprès du fabricant afin de s'assurer que l'encrassement des filtres ne nuise pas à l'efficacité des agents antimicrobiens.

5.1.3 Observation de l'impact des filtres sur les conditions d'ambiance à l'intérieur des bâtiments

Pour les salles de gestation, les ΔT ont été supérieurs à 3°C pendant 1,65 % du temps (six jours) durant l'année du suivi (Tableau 5-5). En mise bas, les ΔT ont été supérieurs à 3°C pendant 9,25 % du temps (34 jours) alors qu'ils ont été 0,44 % à plus 5°C. En gestation, il apparaît qu'il n'y ait eu aucune hausse induite au niveau de la température. Toutefois, en mise bas il y a eu une hausse du ΔT plus marquée, mais pas nécessairement problématique, pouvant s'expliquer par la production de chaleur des lampes infrarouges (qui étaient éteintes autour de 30°C) et l'encrassement des filtres par le pollen sur les moustiquaires qui semblait plus problématique sur ce côté du bâtiment, occasionnant une restriction au niveau du débit d'air. Normalement, un ΔT inférieur à 3°C est visé durant la saison chaude.

Les ΔT négatifs (lorsque la température intérieure est inférieure à la température extérieure), tout comme c'est le cas pour la ferme A, peuvent s'expliquer par le délai de réchauffement de l'air ambiant à l'intérieur des bâtiments durant la matinée. Il est aussi possible qu'une proportion des ΔT négatifs s'explique par l'effet du soleil qui réchauffe directement la sonde de température extérieure par rayonnement. De plus, la précision des sondes peut aussi expliquer en partie ce phénomène. Toutefois, le délai de réchauffement à l'intérieur des bâtiments est plus plausible comme explication étant donné l'inertie thermique de ceux-ci par la fraîcheur accumulée, entre autres, dans le plancher de béton.

Tableau 5-5 Différentiel de température (ΔT) observé chez la Ferme B lorsque la température intérieure était supérieure à 26°C

ΔT^*	Gestation		Mise bas	
	N	%	N	%
-10	2	0,06	0	0
-9	1	0,03	0	0
-8	7	0,21	15	0,39
-7	29	0,85	41	1,06
-6	65	1,91	92	2,37
-5	100	2,94	96	2,47
-4	175	5,15	138	3,55
-3	229	6,74	232	5,98
-2	318	9,36	360	9,27
-1	568	16,71	527	13,58
0	608	17,89	511	13,16
1	554	16,30	508	13,09
2	489	14,39	548	14,12
3	198	5,83	455	11,72
4	56	1,65	257	6,62
5	0	0	85	2,19
6	0	0	16	0,41
7	0	0	1	0,03

* valeur arrondie pour laquelle les valeurs comprises entre $> -0,5$ et $< 0,5$ correspondent à 0

Comme mentionné précédemment, la pression statique ne devrait pas dépasser 0,15 po d'eau. Ainsi, dans l'année du suivi, la pression a été supérieure à 0,15 po dans les bâtiments dans seulement 0,1 % du temps, mais elle n'a jamais dépassé 0,2 po (Tableau 5-6). Pour l'ensemble des bâtiments, la majorité des événements se sont situés entre 0 et 0,5 po d'eau dans environ 60 % du temps et dans 15 à 20 % du temps entre 0,10 et 0,15 po. Donc, pour l'ensemble des bâtiments, la majorité des événements se sont situés entre 0 et 0,15 po d'eau, ce qui respecte les valeurs attendues, et très peu d'événements ont dépassé la limite de pression attendue.

Il est à noter que des valeurs de pression statique inférieures à zéro ont été enregistrées. Ceci peut s'expliquer par la précision des appareils de mesure, la présence de très faibles débits durant l'hiver (faible pression) et par l'effet du vent qui peut avoir eu un impact sur la lecture des données (dépendamment de l'orientation du tube relié au transducteur de pression).

Tableau 5-6 Nombre d'événements durant l'année par catégorie de pression statique (Ps) pour les bâtiments de la Ferme B

Ps (po d'eau)	Gestation		Mise bas	
	N	%	N	%
<0	2 418	5,49	7 162	16,27
0-0,05	28 246	64,17	26 395	59,95
>0,05-0,10	4 305	9,78	4 492	10,20
>0,10-0,15	9 014	20,48	5 930	13,47
>0,15-0,20	35	0,08	45	0,10
>0,20	0	-	1	0

5.1.4 Validation de la conception

Pour la gestation de la Ferme B, lorsque le débit est considéré au maximum, la perte de charge totale est 0,167 po d'eau (Tableau 5-7) par calcul. Lors de la collecte des données, la pression statique moyenne obtenue lorsque le débit de ventilation est maximal ($T_{int} > 23^{\circ}\text{C}$) a été de 0,10 po d'eau, ce qui respecte la pression idéale de conception. Toutefois, la pression maximale mesurée a atteint la pression maximale calculée théoriquement, soit 0,166 po d'eau. Pour l'ensemble de l'année, la pression statique maximale enregistrée sur cette ferme a été de 0,20 po d'eau, mais, somme toute, la pression maximale théorique n'a été dépassée qu'à très peu d'occasions (Tableau 5-6). Donc, les paramètres utilisés pour le calcul théorique semblent bien refléter la réalité.

Tableau 5-7 Comparaison de la perte de charge totale (ΔP) maximale prévue par calcul avec celle mesurée durant le suivi de la Ferme B lorsque les filtres étaient propres*.

Bâtiment	ΔP moyenne (po d'eau)		
	Théorique	Moyenne \pm ET	Mesurée*
Gestation	0,167	0,100 \pm 0,010	maximum 0,166

*période de 30 jours après le lavage des filtres

5.2 Suivi sanitaire

Les résultats des premières prises de sang (J23) ont démontré que les truies de la Ferme B étaient positives au regard du SRRP. Selon les analyses sérologiques (ELISA), 12 truies présentaient des anticorps contre le virus du SRRP et d'après les résultats PCR un pool de cinq truies ou cochettes sur six a été détecté positif (Tableau 5-8). D'autres analyses ont permis de démontrer que l'élevage commençait une crise du SRRP.

Tableau 5-8 Statut sérologique (ELISA) et virémique (PCR) du troupeau de la Ferme B au regard du SRRP

Jour	Animaux	Taux de positifs		Ratio S/P* (moyenne ± ET)
		ELISA	PCR	
23	Truies et cochettes	12/30	1/6 [†]	0,38 ± 0,40
35	Cochettes ayant avortés	-	3/4	-
51	Cochettes	5/5	-	1,24 ± 0,14

* Ratio S/P ≥ 0,4 = Positif

[†] Pools de 5 échantillons

En effet, les cochettes de remplacement avaient été testées avant leur transfert vers la quarantaine de la Ferme B. Les analyses sérologiques (ELISA) indiquaient que toutes les cochettes étaient négatives au SRRP. Par contre, des prélèvements sanguins ont été effectués au J35 sur quatre cochettes qui ont avorté et les analyses PCR individuelles ont permis de détecter la présence du virus du SRRP chez trois des quatre cochettes (Tableau 5-8).

D'autre part, en pouponnière, le taux de mortalité entre juin et octobre 2009 était faible, ce qui indique que le troupeau était stable. D'après des prélèvements sanguins effectués sur les porcelets à chaque lot sevré durant cette période, deux porcelets avaient eu des résultats ELISA positifs mais PCR négatifs, ce qui représentait deux faux positifs. Donc, selon toute vraisemblance, la crise était due à l'introduction d'une nouvelle souche du SRRP dans le troupeau reproducteur.

Une portion de l'ARN du virus SRRP présent dans les échantillons de sang du J35, nommé ci-après souche 1, fut séquencée pour obtenir l'homologie avec les différentes souches de référence. Le cadre de lecture ouvert 5 (ORF5 – « open reading frame ») de la souche 1 était différent (<98% d'homologie) des deux souches virales atténuées vaccinales (Ingelvac et Ingelvac-ATP) et de la souche européenne de référence Lelystad. La souche 1 possédait 89,7 % d'homologie avec la souche canadienne de référence IAF-KLOP et 93,1 % d'homologie avec la souche PRRSV0001359 (séquence dans GenBank avec le plus haut niveau d'homologie; Tableau 5-9).

Tableau 5-9 Pourcentage d'homologie entre 3 souches isolées durant le suivi sanitaire de la Ferme B et différentes souches de référence

Souche	Souche 1*	Souche 2 [†]	Souche 3 [‡]
Souche 1	ID	99,6 %	99,3 %
Souche 2	99,6 %	ID	99,0 %
Souche 3	99,3 %	99,0 %	ID
RespPRRS MLV	85,2 %	84,9 %	84,7 %
IngelVacATP	83,9 %	83,5 %	83,2 %
IAF-KLOP	89,7 %	89,7 %	89,2 %
Lelystad	60,1%	60,1%	59,8 %

* isolé au J35

[†] isolé au J51

[‡] isolé au J374

La souche 1 a été définie comme étant une souche sauvage car aucune souche présente à la Ferme B dans les crises des années antérieures n'était homologue (< 98 % d'homologie) avec la nouvelle souche. En effet, la souche 1 indique un pourcentage d'homologie de 91,5% par rapport à la dernière souche trouvée à la ferme B à l'automne 2008 (souche 0). Toutefois, une souche sauvage d'une autre ferme appartenant au même propriétaire (Ferme X) isolé en juin 2009 a été identifiée comme une souche homologue (> 98 % d'homologie) à celle trouvée à la Ferme B.

Les cochettes entrées dans le troupeau au J1du suivi ont eu de la fièvre et une perte d'appétit deux semaines après leur entrée dans le troupeau. Au J51, il y eu de la diarrhée abondante dans trois chambres de mise bas et les porcelets présentaient des signes de difficultés respiratoires. D'autres prélèvements sanguins ont été effectués et analysés au cours des semaines suivantes et d'autres truies ont obtenu des résultats positifs à l'ELISA et au PCR. Les analyses sérologiques ont démontrées qu'elles étaient positives au regard du SRRP ($1,24 \pm 0,14$). En effet, cinq cochettes entrées en acclimatation au jour 1 ont été prélevées et les cinq ont obtenu des résultats positifs à l'égard du SRRP et à l'ELISA et ceux-ci ont été confirmés par IFA IgG (870 ± 343).

Le séquençage du virus trouvé au jour 35 dans les cochettes ayant avortées (souche 2) a indiqué que l'ORF5 différait des deux souches virales atténuées vaccinales (Ingelvac et Ingelvac-ATP) et de la souche européenne de référence Lelystad (Tableau 5-9). La souche 2 possédait 89,7 % d'homologie avec la souche canadienne de référence IAF-KLOP et 93,1 % d'homologie avec la souche PRRSV0001359 (séquence dans GenBank avec le plus haut niveau d'homologie). En se basant sur la portion du virus séquencé et son taux d'homologie avec la souche 1 (99,6 %), la souche 2 peut être considérée comme étant la même souche sauvage que la souche 1.

Au bout de six mois, des signes cliniques de SRRP, des tests de laboratoire et des lésions post-mortem confirmaient que le virus était encore présent en pouponnière. À la fin du projet, le troupeau s'était stabilisé et les animaux ne présentaient pas de signes cliniques du SRRP. Les prélèvements sanguins du jour 374 du projet ont indiqué qu'un pool de porcelets en cage était positif selon le PCR. Son séquençage a permis de déterminer que c'était une souche sauvage, ayant 99,3 % d'homologie avec la souche 1 et 99 % homologue à la souche 2 (Tableau 5-9). Ce qui démontre que la même souche est parvenue à rester tout au long de l'année mais qu'aucune nouvelle souche n'a contaminé le troupeau.

5.3 Théories de la contamination par le virus du SRRP :

La contamination serait survenue quelques jours avant ou au tout début du suivi. La ferme voisine la plus proche (environ à 987 m) était de statut positif, mais stable, ce qui indique que la contamination est venue de plus loin. D'ailleurs, la souche était homologue à celle qui avait été retrouvée auparavant dans une autre ferme appartenant au même propriétaire (Ferme X). Selon l'audit et l'analyse effectuée par le vétérinaire de la ferme, il y a deux hypothèses à considérer pour déterminer l'origine de la contamination du troupeau avec le virus du SRRP :

1. Contamination indirecte à la suite de l'épandage de fumier dans le champ à côté de la ferme : 35 jours avant le début du suivi sanitaire, il y a eu un épandage avec du fumier de la Ferme B, mais le véhicule avait transporté du fumier provenant de la Ferme X, antérieurement. Il est possible que ce fumier ait été contaminé par la souche du SRRP et qu'il en soit resté un peu sur le véhicule d'épandage. Celui-ci a peut-être contaminé la route ou des particules de ce fumier se sont peut-être introduites dans le bâtiment par les ventilateurs lorsque ceux-ci ne fonctionnaient pas et dont les volets n'étaient pas étanches (« backdraft »)

2. Contamination des cochettes de remplacement durant leur transport : Bien que le camion ayant servi au transport des cochettes de remplacement de la Ferme B ne soit pas allé à la Ferme X dans les jours précédant la contamination, il était exposé à des risques de contamination croisée. La veille, le camion avait livré à un abattoir, des truies de réformes provenant de deux maternités et avait transporté de la moulée et des porcelets trois jours plus tôt. Or, tous les camions qui allaient à la meunerie étaient pesés sur la même balance, ce qui peut être un risque de contamination croisée. La veille du transport des cochettes le camion avait été lavé, désinfecté et séché (pendant 8 heures). Cependant, il n'y a pas eu d'audit formel de ce processus et, au cours de cette période, il y a eu une rotation importante du personnel responsable du lavage des camions, ce qui a pu influencer la qualité du lavage. De plus, le garage pouvait contenir deux camions sans égard à leur propreté. Un camion désinfecté pouvait y côtoyer un camion sale.

Au moment de la contamination du troupeau reproducteur, le lot de cochettes de remplacement était encore en quarantaine mais la propagation du virus à l'intérieur de la ferme pourrait être due à un jeune verrat de la quarantaine qui était utilisé pour la détection des chaleurs des cochettes en gestation ou au personnel qui pouvait se déplacer entre les chambres.

5.4 Biosécurité

5.4.1 Évaluation de la biosécurité

Avant l'implantation du système de filtration d'air, le pointage du risque global de cette ferme était de 18,2 avec un rang percentile de 26,7 %, c'est-à-dire qu'à ce moment-là seulement 26,7 % des fermes de la base de données du PADRAP avaient obtenu un meilleur pointage de risque global que la Ferme B. De toutes les fermes évaluées en Amérique du nord grâce au PADRAP, celles ayant le moins et le plus de risques de contamination avaient obtenu respectivement des pointages de 9,2 et de 39,8.

Pour ce qui est de la biosécurité interne, c'est-à-dire les risques causés par les virus résidents circulant déjà dans la population, la ferme a obtenu un pointage de 16,7 avec un rang percentile de 31,7 % et pour ce qui est de la biosécurité externe, soit les risques d'introduction de nouvelles souches du vSRRP dans le troupeau, elle a obtenu un pointage de 18,5 et un rang percentile de 29,1 % (Tableau 5-10).

Tableau 5-10 Évaluation PADRAP de la biosécurité de la Ferme B avant l'installation des filtres, au début et à la fin du projet

	Avant installation des filtres	Au début du suivi	A la fin du suivi
Risque global	18,2	17,7	16,8
Risque interne	16,7	16,7	19,7
Risque externe	18,5	18,0	16,2

Le pointage du risque global de la Ferme B obtenu au début du projet (jour 35) fut 17,7 avec un rang percentile de 23,9 %. Sur plus de 1 118 fermes déjà évaluées à l'aide du PADRAP en octobre 2009, seulement 23,9 % de ces dernières avaient un risque de contamination au SRRP moins élevé que la Ferme B. Le pointage obtenu pour la biosécurité interne et externe furent respectivement de 16,7 et 18 avec, dans l'ordre, un rang percentile de 31,7 % et 27 %.

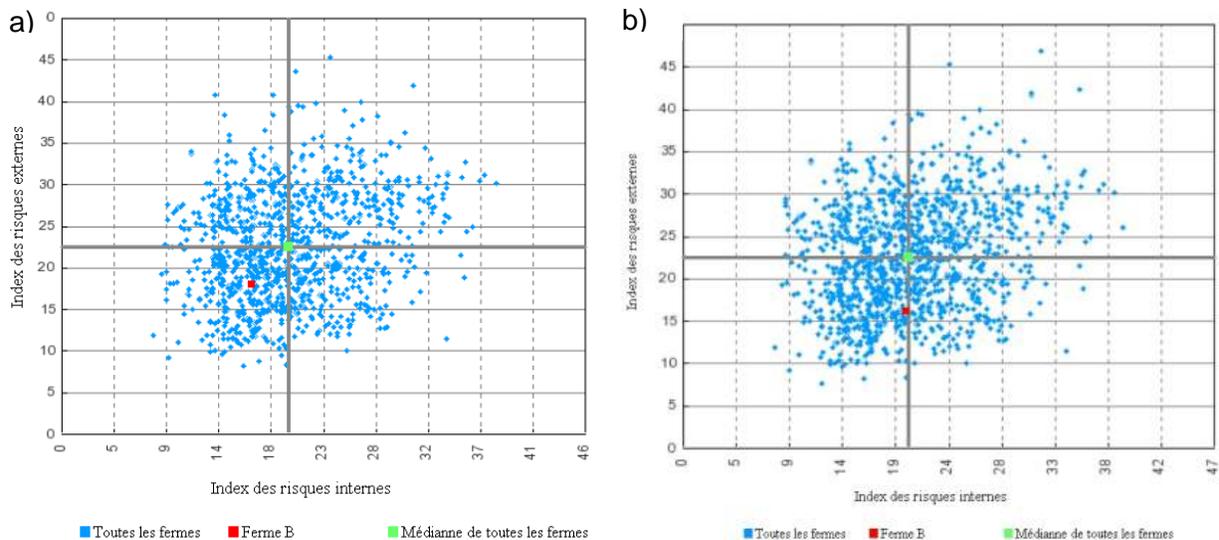


Figure 5-1 Quadrants des risques externes et internes de la Ferme B au début (a) et à la fin (b) du suivi sanitaire par rapport à toutes les fermes dans la base de données PADRAP

Selon l'évaluation PADRAP à la fin du suivi sanitaire (jour 374), le pointage du risque global de la Ferme B était de 16,8 avec un rang percentile de 18,5 %. Le pointage obtenu pour la biosécurité interne et externe ont été respectivement de 19,7 (53,1^e rang percentile) et de 16,2 (18,6^e rang percentile).

Les facteurs qui ont obtenu le plus d'impact dans l'évaluation des risques de contamination par le virus du SRRP selon les deux premières évaluations, soit avant l'installation des filtres et au début du suivi sanitaire, ont été :

- La densité porcine (nombre de sites porcins) dans un rayon de 1,61 à 4,83 km (1 à 3 milles) de la ferme : il y a environ 5 fermes dans ce rayon, ce qui représente un haut risque;
- La ferme positive (à l'égard du SRRP) la plus proche de la Ferme B contient des porcs d'engraissement, ce qui représente un plus grand risque que si elle comportait seulement des animaux de reproduction ou de pouponnière;
- L'absence de routine d'évaluation du sérum des animaux de remplacement pour le virus du SRRP à la sortie de l'acclimatation;
- La livraison d'animaux de remplacements aux 30 jours, ce qui devrait idéalement se faire aux 91 jours ou plus;
- L'absence de restrictions pour les véhicules utilisés pour le transport des porcs à l'abattoir, c'est-à-dire qu'ils pouvaient être utilisés pour transporter des animaux reproducteurs ou des porcelets dans le même système de production. Ces véhicules étaient lavés, désinfectés et séchés avant le transport des différents types de porcs mais ils n'étaient pas à usage spécifique.

Le rapport de la dernière évaluation indique qu'il y a eu des améliorations dans les protocoles de biosécurité et une réduction des risques de transmission de 0,9 point. Quelques changements de protocoles ont été effectués, entre autres, dans la catégorie des animaux vivants et dans celle du transport. Pour les cochettes de remplacement, le nombre de sites fournisseurs de cochettes a été réduit à un et il y a eu une fermeture de troupeau afin de stabiliser le statut sanitaire. Pour minimiser les risques de contamination par le transport, un itinéraire a été programmé pour que les camions ne circulent plus sur les routes où il y a un trafic important de porcs.

Les filtres à air, permettent de diminuer et contrôler le risque relié à la transmission aérienne du virus et la haute densité porcine, mais comme le démontre la contamination du troupeau par une nouvelle souche de SRRP avant le début du projet, les autres facteurs de risque sont aussi importants à corriger afin d'assurer la protection sanitaire du troupeau. Il est important de connaître les facteurs qui augmentent le risque dans une ferme, même s'ils ne sont pas reliés directement à l'usage des filtres, car la filtration de l'air est un complément aux protocoles généraux de biosécurité d'une ferme.

À la Ferme B, le suivi de santé a permis de constater que malgré une contamination au regard du SRRP juste avant le début du projet, le statut sanitaire du troupeau s'est stabilisé et que le processus d'éradication du SRRP continuera. Une évaluation des causes de la contamination a démontré deux hypothèses, mais la cause exacte n'a pas été identifiée. Ce qui est certain, c'est que la souche séquencée ne se retrouvait pas dans les fermes environnantes de la Ferme B, ce qui ne remet pas en cause l'efficacité des filtres. Toutefois, cela souligne l'importance du respect des autres mesures de biosécurité pour s'assurer que l'élevage reste indemne.

Ferme C

6 Matériel et méthode

6.1 Description de la ferme

6.1.1 Organisation et description du site

La Ferme C, située dans le comté de la Nouvelle-Beauce en Chaudière-Appalaches, comporte trois bâtiments d'élevage, localisés sur un même site et contenant 1 550 truies : deux gestations distinctes reliées entre elles par un corridor et une maternité reliée par un second corridor à l'une des gestations.

6.1.2 Historique sanitaire du troupeau

La Ferme C a commencé un processus d'éradication du SRRP et d'autres maladies à la suite de l'installation des filtres au printemps 2009. Auparavant, le statut de la ferme était positif. Cette dernière subissait généralement une crise de SRRP aux 10 à 18 mois. La dernière crise était survenue entre la mi-janvier et la mi-février 2009, mais le troupeau était redevenu stable au moment de débuter le suivi. Toutefois, dans les mois précédant le début du suivi, le troupeau montrait des signes cliniques de *Mycoplasma hyopneumoniae* et il était positif et stable à l'égard de l'APP et de l'influenza.

6.2 Période de suivi et interventions

Sur cette ferme, un suivi sanitaire et un suivi économique (impact sur les performances zootechniques seulement) ont été effectués. Quand celle-ci a été intégrée dans ce projet, elle faisait déjà partie du projet « Essai d'un programme régional innovateur pour contrer le syndrome reproducteur et respiratoire porcin (SRRP) dans la région de la Beauce. » du CDPQ, nommé ci-après projet SRRP Beauce. Le projet SRRP Beauce se déroulait en même temps que le présent projet. Dans le cadre du projet SRRP Beauce, des prises de sang étaient faites environ aux six mois (180 jours) sur cette ferme, donc à partir de mai 2009 les données sérologiques ont été analysées et utilisées pour assurer le suivi sanitaire de ce projet-ci (filtration d'air; Tableau 6-1).

Tableau 6-1 Principales interventions durant le suivi du système de filtration d'air de la Ferme C

Date	Jour du suivi	Évènement
1 ^{er} mai 2009	0	Début du suivi et prélèvement sanguin
19 août 2009	110	Audit biosécurité
30 sept. 2009	152	Prélèvement sanguin
15 mars 2010	318	Prélèvement sanguin
23 août 2010	479	Fin du suivi et prélèvement sanguin

6.3 Suivi sanitaire

Il y a eu des prélèvements sanguins aux jours 0, 152, 318 et 479 du suivi de cette ferme. Les trois premiers prélèvements ont été effectués dans le cadre du projet SRRP Beauce alors que les prélèvements au J479 ont été effectués uniquement dans le cadre du présent projet. Les prélèvements sanguins ont été effectués de la façon suivante : 40 truies ont été sélectionnées au hasard (parité 0 à 4). Ces truies sont demeurées les mêmes tout au long du projet et lors de la réforme, elles n'ont pas été remplacées. Des analyses individuelles à l'ELISA ont été effectuées sur les 15 truies parmi les 40 du départ ayant un prélèvement pour les trois premiers

jours d'échantillonnage. Les analyses de chaque truie pour ces trois premiers prélèvements ont été effectuées sur une même plaque ELISA. Pour le dernier jour (J479), 30 prélèvements ont été effectués sur des porcelets au moment du sevrage (avant le transfert en pouponnière), 10 ont été faits sur des cochettes et 21 sur des truies. Des analyses individuelles à l'ELISA et par groupes au PCR et ont été effectués sur les prélèvements sanguins des truies et des cochettes. Pour les porcelets, des analyses PCR par pool de cinq ont été faites. Toutes les analyses ont été effectuées par le laboratoire de la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal (Saint-Hyacinthe, Québec, Canada).

Un questionnaire de santé a également été rempli par le vétérinaire traitant de la Ferme C avec les détails du statut sanitaire du troupeau et son programme de vaccination. Le questionnaire utilisé a été le même que celui du projet SRRP Beauce et est présenté à l'Annexe C.

6.4 Biosécurité

Une évaluation de l'outil PADRAP a été effectuée avec 36 fermes du projet SRRP Beauce. Ceci a permis de comparer le risque sanitaire de la Ferme C à 35 autres fermes de la région. Les fermes du projet de vaccination régionale ont été utilisées afin d'avoir plusieurs données et permettre ainsi une meilleure évaluation de l'outil.

Un premier rapport PADRAP de la Ferme C a été complété au J110 et il y a eu une version rétroactive de l'année 2008 pour comparer l'impact de l'installation des filtres et aussi des changements de protocoles de biosécurité établis en cours de l'année 2009. Une évaluation PADRAP devait être réalisée à la fin du suivi sanitaire, mais puisque les protocoles de biosécurité n'avaient pas été modifiés, l'évaluation n'a pas été refaite.

6.5 Suivi économique

Outre un suivi sanitaire, l'entreprise a également fait l'objet d'un suivi des performances zootechniques des truies dans le cadre du projet SRRP Beauce. L'entreprise a fourni ses VSD (vecteurs standards de données) couvrant une période allant de septembre 2006 à juin 2010.

Ces données permettent une comparaison des performances zootechniques du troupeau avant et après la stabilisation sanitaire. L'analyse économique s'attarde principalement au nombre de porcelets sevrés par truie. Les facteurs déterminants pour cette analyse sont le taux de mise-bas, le nombre de portées par truie par an et le nombre de porcelets sevrés par portée. Les périodes retenues sont du 1^{er} mai 2008 au 30 avril 2009 (avant les filtres) et du 1^{er} mai 2009 au 30 avril 2010 (après les filtres). Les années précédentes n'ont pas été retenues compte tenu de changements dans l'inventaire de truies.

7 Résultats et discussion

7.1 Suivi sanitaire

7.1.1 Suivi des résultats sérologiques et des nécropsies

Le titre des truies a baissé tout au long du suivi sanitaire. En effet, au J0, les premières analyses sériques (ELISA) ont indiqué que les 15 truies ont obtenues un ratio S/P considéré comme positif à l'égard du SRRP (moyenne de $1,29 \pm 0,42$). Cinq mois plus tard (J152), 14 truies sur 15 ont obtenues un ratio S/P positif face au SRRP (ratio moyen de $0,73 \pm 0,33$), mais celui-ci était moins élevé qu'au J0. Au J318, il restait sept truies sur 15 positives face au SRRP (ratio moyen de $0,53 \pm 0,34$). Bien qu'il restait encore des truies positives au regard du SRRP au J318, le ratio S/P des truies n'a pas cessé de diminuer au cours du suivi (Figure 7-1).

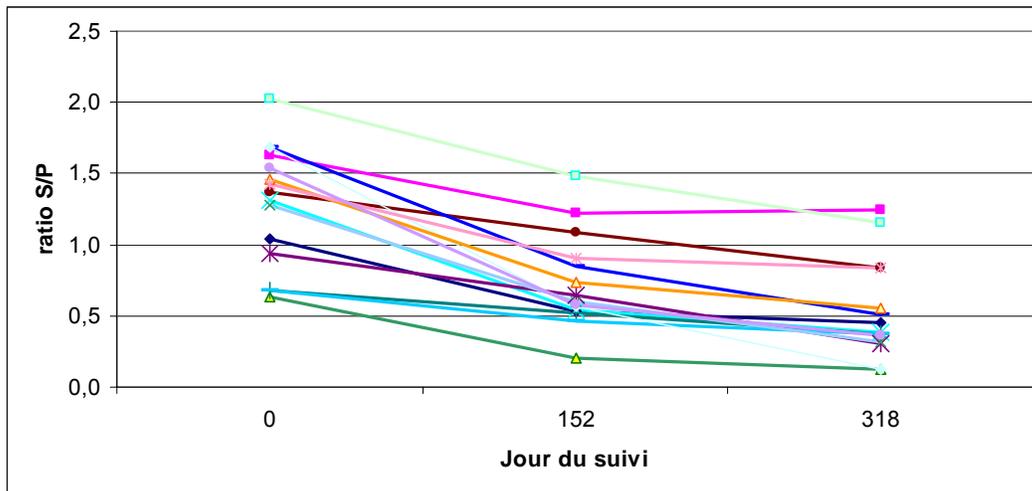


Figure 7-1 Évolution du ratio S/P pour ce qui est du SRRP de 15 truies de la Ferme C selon le jour du suivi sanitaire

Au J479, les résultats PCR des truies étaient négatifs face au SRRP. Les sérologies ont indiqué que six truies avaient encore des anticorps sanguins contre le SRRP avec un ratio moyen de 0,37 et un écart-type de 0,27. Chez les cochettes, aucune présence d'ARN du SRRP, ni d'anticorps SRRP n'a été trouvée. Finalement, les sérums des 30 porcelets étaient tous négatifs face au SRRP.

Durant cette période, 24 fermes qui étaient suivies dans la région ont eu une crise de SRRP. Donc, malgré la présence du vSRRP dans la région, le statut sanitaire des truies s'est amélioré. D'ailleurs, la probabilité d'avoir une crise sanitaire liée au SRRP dans une année, dans cette zone à forte densité porcine (Saint-Bernard, Saint-Elzéar, Saint-Lambert, Saint-Narcisse-de-Beaurivage et Saint-Patrice) est de 40 % (Klopfenstein *et al.*, 2009). Malgré cela, grâce aux filtres et à l'amélioration des mesures de biosécurité de la Ferme C, le processus d'éradication multiple de cette ferme se déroule bien. Quatre mois après le début du suivi, le mycoplasme s'était stabilisé, le statut par rapport à l'APP était devenu négatif, ainsi que celui de la gale. Après un an, le statut à l'égard du SRRP et du mycoplasme était devenu négatif. Seize mois après le début du suivi, la ferme était devenue négative à l'égard du SRRP.

7.2 Biosécurité

Une évaluation PADRAP des mesures de biosécurité en place à la Ferme C a déterminé que l'indice de risque était de 27,5 pour un rang percentile de 81,3 %, donc 81,3 % des fermes de la base de données PADRAP avait un meilleur indice de risque (Tableau 7-1). Pour ce qui est de la biosécurité interne, la ferme a obtenu un pointage de 31,4 avec un rang percentile de 93,5 % et pour la biosécurité externe elle a obtenu un pointage de 26,5 et un rang percentile de 70,0 %. À la suite de l'installation des filtres, les mesures de biosécurité ont été resserrées et certaines façons de faire ont été modifiées. Une seconde évaluation de la biosécurité de la Ferme C a été faite et le pointage est descendu à 22,7 (56,3^e rang percentile). Parmi les facteurs de risque très élevés pour la ferme pointée par le PADRAP, six éléments concernent le nombre de fermes à proximité et le statut viral du SRRP de ces fermes. Ces éléments ne peuvent être modifiés ou gérés par le producteur sauf par l'installation d'un système de filtration d'air.

Tableau 7-1 Évaluation PADRAP de la biosécurité de la Ferme C avant et après l'installation des filtres

	Année 2008	Année 2009	36 fermes du projet Beauce
Risque global	27,5	22,7	29,2
Risque interne	31,4	20,7	20,3
Risque externe	26,5	23,1	31,2

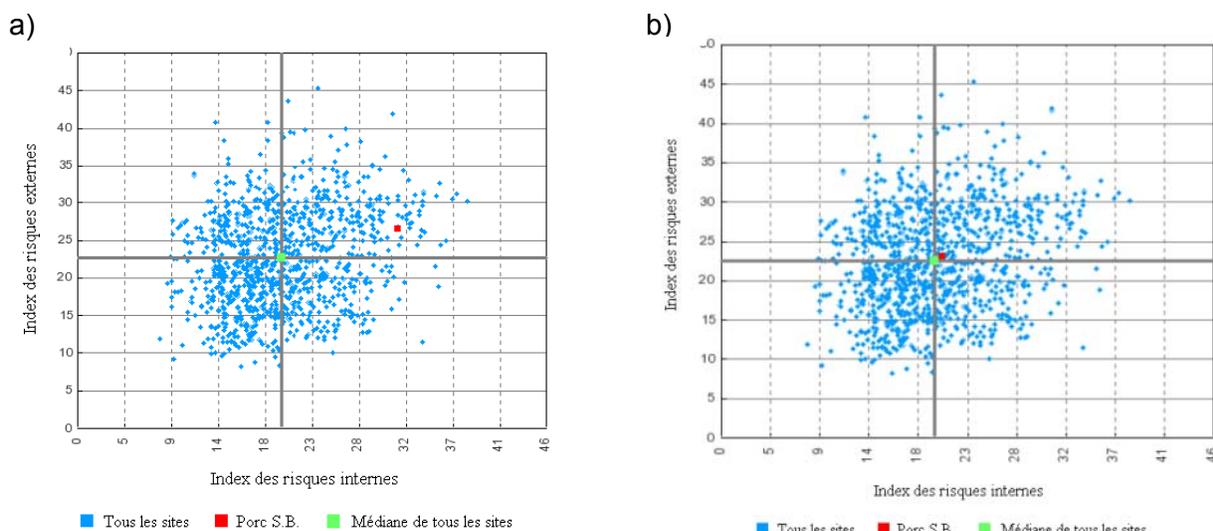


Figure 7-2 Quadrants des risques externes et internes de la Ferme C avant (a) et après (b) l'installation des filtres par rapport à toutes les fermes dans la base de données PADRAP

Les facteurs ayant le plus d'impact négatif dans l'évaluation des risques avant l'installation des filtres ont été :

Risques internes, gestion de l'exposition au vSRRP :

- Injection de sérums provenant d'animaux infectés par le vSRRP aux animaux de remplacement;
- Introduction de cochettes directement dans le troupeau et acclimatation sans isolement;
- Utilisation de la même aiguille pour une moyenne de 16 animaux ou plus.

Risques externes, animaux de remplacement :

- Absence d'isolement;
- Utilisation des cochettes positives comme reproductrices;
- Livraison de cochettes aux 28 jours;
- Absence de routine d'évaluation du sérum des animaux de remplacement pour le virus du SRRP par PCR ou des anticorps par ELISA à leur entrée dans l'acclimatation;
- Proximité et quantité de sites porcins dans un rayon d'un à trois milles du site d'où provient la semence et leur statut sanitaire;
- Présence de sept fermes porcines dans un rayon d'un à trois milles de la Ferme C;
- Présence de porcs d'engraissement dans la ferme porcine la plus proche, ce qui augmente le risque de contamination;
- Aucune désinfection de la cabine des véhicules pour le transport des porcs à l'abattoir.

Après l'installation des filtres, la ferme a entamé un processus d'éradication de plusieurs maladies, dont le SRRP, et a donc apporté des modifications dans ses protocoles de biosécurité ; cette dernière est passée en bande aux quatre semaines. Selon l'évaluation de 2009, les facteurs ayant changé et permis de diminuer le plus les risques ont été :

- L'arrêt de l'injection de sérums provenant de truies infecté par le vSRRP aux animaux de remplacement;
- L'implantation de 28 jours d'acclimatation/isolement (avant il n'y avait aucun isolement);
- Le statut sanitaire des cochettes au regard du SRRP à leur entrée et à leur sortie de l'isolement ou de l'acclimatation. Elles sont maintenant négatives ou naïves alors qu'avant l'installation des filtres elles devenaient positives au virus sauvage, à la suite d'une exposition naturelle à la sortie de l'acclimatation;
- Les cochettes sont négatives à leur entrée dans le troupeau reproducteur (avant, la séroconversion se produisait lors de l'acclimatation et plus de 80 % devenaient positives);
- Si les cochettes en isolement/acclimatation deviennent positives, elles sont commercialisées et ne sont pas utilisées comme reproductrice;
- Les livraisons de cochettes dans le troupeau se font tous les 56 jours (avant 28 jours s'écoulaient entre les livraisons);
- Le flux d'animaux à l'isolement est devenu en « tout plein-tout vide » par chambre sur le site, mais est situé dans un espace différent du troupeau reproducteur.

À la Ferme C, le suivi de santé a jusqu'à maintenant permis de constater que même si dans une région à forte densité porcine le risque de contamination annuel est de 40 %, selon les données issues du projet SRRP Beauce (Klopfenstein *et al.*, 2009), la ferme n'a pas subi de nouvelle crise. Historiquement, cette ferme avait régulièrement des crises de SRRP à l'intérieur du troupeau, c'est pourquoi elle a amorcé un processus d'éradication multiple; processus qui n'aurait pas été amorcé sans l'installation d'un système de filtration.

7.2.1 Filtration de l'air et éradication

En réduisant les risques de contamination, la filtration de l'air aide à protéger les investissements liés à une éradication, spécialement dans une région à forte densité porcine. C'est ce scénario qui a été appliqué pour la Ferme C, soit l'installation de filtres pour la maternité en mai 2009, suivie d'une éradication (par la fermeture du troupeau). Les performances zootechniques des animaux pour l'année précédant la pose des filtres et l'année suivant cette pose sont comparées au tableau 7-2.

Tableau 7-2 Performances zootechniques des truies de la Ferme C, avant et après la pose des filtres

	Avant	Après
Période	Mai 2008 à avril 2009	Mai 2009 à avril 2010
Taux de mise bas	78%	83%
Portées/truie	2,08	2,22
Porcelets sevrés/portée	9,94	10,50
Porcelets sevrés/truie/période	20,69	23,30

Même s'il est difficile de conclure que l'éradication est la cause de l'amélioration des performances, la productivité des truies enregistre une augmentation de 2,61 porcelets sevrés/truie/an de plus après la pose des filtres et la fermeture du troupeau pour éradication. Pour une maternité en sevrage hâtif, cela représente des revenus supplémentaires de 79,83 \$/truie/an³. Ainsi, le processus d'éradication a permis d'augmenter significativement les performances zootechniques tout comme les revenus. Compte tenu des coûts de fermeture de troupeaux estimés, entre 34 et 43 \$ US/truie, par Yeske (2010) le délai de récupération (« Payback ») d'une éradication de ce type irait de 5 à 6,5 mois. Pour une éradication de type dépeupler-repeupler (coûts estimés à 228 \$ US/truie par Yeske), le délai de récupération atteindrait 34 mois, d'où l'importance de protéger et de diminuer les risques de recontamination du troupeau.

³ La moitié de la moyenne 2006-2010 du prix du porc en livre, plus 2 \$ par porcelet de 5 kg.

8 Conclusions

Concernant le suivi en ingénierie, bien que les périodes chaudes sont critiques dans le domaine de la ventilation des bâtiments d'élevage, aucun problème, alerte ou souci de fonctionnement relié aux filtres n'a eu lieu. De plus, aucune mortalité n'a été répertoriée pendant ces périodes, qui ont été de courte durée au cours de l'année. Sur un an, la température extérieure, dans les deux fermes situées en Montérégie, a dépassé 35°C à quelques reprises seulement (à peine 18 heures). Elle s'est tenue entre 30 et 35°C pour un maximum de 2,06 % du temps (équivalent à environ 8 jours) et à plus de 25°C pour un total équivalent à 25 jours. Quant à la température intérieure, pour toutes les salles de ces deux fermes, à la suite de l'installation des filtres, elle a dépassé 25°C pour un maximum de 45 jours équivalent et n'a dépassé 30°C que pour un maximum de 2,5 jours.

Normalement, durant les périodes chaudes de l'été, le débit d'air des systèmes de ventilation est déterminé afin que la température dans le bâtiment ne dépasse pas la température extérieure de plus de 3°C environ. Sur l'ensemble du site des Fermes A et B, la température intérieure a été supérieure de 4 à 6°C pour une durée équivalente à 12 jours et à 34 jours, respectivement. Bien entendu, ces périodes de chaleur ont été réparties en plusieurs événements dans le temps, ce qui a eu pour effet d'affecter les animaux sur de courtes périodes à chaque fois. Le différentiel entre la température intérieure et extérieure s'est maintenu à moins de 3°C dans environ 96,5 % et à 91 % du temps sur ces deux sites. Il est à noter que les températures étaient plus élevées en mise bas et en engraissement. Ce qui peut s'expliquer par le dégagement de chaleur accru lorsque les porcs s'activent en engraissement et par le fonctionnement de lampes infrarouges en section de la mise bas (pour la Ferme B en particulier).

Pour les Fermes A et B, les données de pression statique relative enregistrées ont toutes été, à une ou deux exceptions près, en dessous de la pression maximum recommandée de 0,15 po d'eau. Pour la Ferme A, la pression s'est maintenue à moins de 0,10 po d'eau pour un minimum de 92 % du temps dans les engraissements et à 100 % du temps en maternité et en pouponnière. Les calculs théoriques de pression maximale en gestation et dans les engraissements C et D indiquaient des résultats respectifs de 0,10, 0,13 et de 0,14 po d'eau. Il semble que les calculs théoriques aient surestimé légèrement la pression dans les engraissements. Quant à la Ferme B, la pression s'est maintenue à moins de 0,15 po d'eau pour un minimum de 99,9 % du temps pour l'ensemble du site. Le calcul théorique de pression maximale pour la section de gestation est similaire à la pression statique maximale mesurée lorsque les filtres étaient propres. Donc, pour cette ferme le calcul théorique semble bien refléter la réalité.

Ainsi, la pression statique dans certains bâtiments s'est maintenue légèrement en deçà de la pression théorique évaluée par calcul avec des filtres propres. Les paramètres servant à la conception du système devront être validés et optimisés, car ils servent à déterminer le nombre de filtres à installer et ainsi le coût du système de filtration d'air. Les observations effectuées dans cette étude laissent croire que la méthode de calcul pourrait être optimisée afin d'avoir un nombre de filtres optimal, et ce, en considérant le taux d'encrassement des filtres.

Sur les Fermes A et B, les filtres n'ont été nettoyés qu'une seule fois durant le suivi, mais les moustiquaires ont été brossées à l'aide de balais à plusieurs reprises afin d'enlever les grosses particules. Le système de filtration d'air a nécessité peu d'entretien sur les deux fermes. Les interventions se sont limitées à des tournées d'inspection pour surveiller l'apparition de bris et à un lavage des filtres de chaque bâtiment. Le temps de lavage de ces derniers a varié, selon le bâtiment, de 13 à 20 minutes par boîtier, renfermant chacun deux cartouches de filtres antimicrobiens et une moustiquaire. Ce temps dépend surtout de la facilité d'accès aux filtres.

À la suite du lavage des filtres, une légère diminution de la pression statique a pu être observée pour la Ferme A et la Ferme B. Une diminution des températures intérieures (environ 3°C) a également pu être observée dans la Ferme A mais il n'y a pas eu de différences notables dans la Ferme B. Il est à noter que ces analyses ont été effectuées pour des périodes au cours desquelles le système de ventilation fonctionnait à 100 % de sa capacité. Dans les deux cas, la température extérieure avant et après le lavage n'a pas été chaude (>23-24°C) sur une période assez longue pour permettre de tirer des conclusions sur l'impact du nettoyage. Chose certaine, la fréquence de lavage des filtres demeure un aspect variable d'une ferme à l'autre, reposant sur plusieurs facteurs pouvant influencer le taux d'encrassement des filtres. De plus, il est important de vérifier les recommandations du fabricant afin de s'assurer que l'encrassement des filtres n'affecte pas l'efficacité des agents antimicrobiens. Le suivi des températures intérieures et de la pression statique est donc nécessaire, puisque leur évolution permet d'évaluer le niveau de colmatage des filtres. De plus, même si le passage de l'air n'était pas restreint de façon excessive par l'encrassement des filtres, il est clair que leur lavage élimine la saleté accumulée sur ces derniers et cela favorise le contact entre le produit antimicrobien intégré aux fibres des filtres, les virus et les bactéries pouvant circuler dans l'air. Il demeure prudent de les laver régulièrement selon les recommandations du fabricant afin d'assurer la protection sanitaire du troupeau.

Aux Fermes B et C, des évaluations des mesures de biosécurité implantées sur ces fermes ont été réalisées à l'aide de l'outil PADRAP « Programme d'évaluation des risques de maladies en production porcine » (Production Animal Disease Risk Assessment Program) qui détermine un pointage de risque de contamination au vSRRP. Entre l'installation des filtres et la fin du projet, la Ferme B a mis en place de nouvelles mesures de biosécurité qui ont permis de réduire le risque global en passant d'un pointage de 18,2 à 16,8. Quant à la Ferme C, entre l'installation des filtres et la fin du projet, la mise en place de nouvelles mesures de biosécurité a permis de réduire le risque global en passant d'un pointage de 27,5 à 22,7. Il est à noter que la réduction du risque a surtout été causée par les changements dans la gestion des animaux de remplacement à la suite de l'implantation du processus d'éradication de certaines maladies, dont le SRRP. Cette ferme située dans une zone à haute densité porcine n'a pas été contaminée durant le projet.

Malheureusement, la Ferme B a connu une crise liée au SRRP par une souche exogène à l'élevage au début du projet. Selon l'audit et l'analyse effectuée par le vétérinaire de la ferme, il y a deux hypothèses sur l'origine de la contamination du troupeau avec le virus du SRRP : une contamination indirecte à la suite d'un épandage de fumier dans le champ à côté de la ferme ou une contamination des cochettes de remplacement durant leur transport, mais la cause exacte n'est pas connue.

Quant à la biosécurité, un système de filtration d'air efficace permet de gérer la voie de transmission par aérosol, représentant un risque important de contamination dans une région à haute densité porcine. Mais comme le démontre la contamination de la Ferme B, il est important de considérer l'implantation du système de filtration d'air conjointement avec l'application stricte de protocoles de biosécurité de base pour compléter la gestion du risque et favoriser le maintien de la stabilité sanitaire des troupeaux. Ainsi, malgré l'installation de filtres à la Ferme B et la mise en place d'un bon protocole de biosécurité, la contamination du troupeau au vSRRP démontre bien que l'utilisation de ces outils n'offre pas une garantie contre la contamination au vSRRP, car il y a plusieurs voies possibles de contamination, somme toute, complexes à gérer.

Un des avantages à implanter un système de filtration d'air est d'amener la nécessité de réaliser une autoévaluation par rapport aux protocoles de biosécurité. Cela permet de réfléchir et de se remettre en question pour trouver les lacunes aux protocoles et ainsi y trouver des solutions. Également, le personnel tend à augmenter son niveau de conscience et de respect des règles

de biosécurité, puisque le système représente un investissement économique important, mais qui peut apporter des retombées très positives d'un point de vue économique. Les employés des fermes impliquées dans ce projet ont dû améliorer leurs protocoles de biosécurité et en augmenter l'observance (respect des règles), afin d'assurer la stabilité sanitaire de leur troupeau. L'observance des règles de biosécurité constitue un défi quotidien.

Sur le plan économique pour la Ferme A, avec un changement de filtres aux deux ans, les coûts totaux annuels d'installation, d'entretien et de remplacement des filtres antimicrobiens Noveko représentaient 36 814 \$/an pour la maternité, la pouponnière et les engraisements combinés (site naisseur-finisser de 320 truies). Près de 72 % des coûts sont reliés au remplacement des filtres, soit plus de 26 000 \$/an. Les coûts d'installation représentent 24 % du total (8 800 \$/an), alors que les lavages ne comptent que pour 4 % du total des frais annuels. Ramenés en place, ce sont les coûts de la maternité qui sont les plus élevés, à 41,13 \$/place. Pour la pouponnière et les engraisements, les coûts s'élèvent à plus de 6 \$/place chacun. Lorsque ces coûts sont cumulés pour l'ensemble du site (maternité, pouponnière et engraissement), le coût annuel par truie en inventaire s'élève à 115 \$/truie avec des changements de filtres aux deux ans comme le recommande le manufacturier.

À noter que les prix des boîtiers et des filtres utilisés sont représentatifs de la situation au moment du projet (2008-2009) avec un équipement de première génération. Depuis, le développement technologique a permis de réduire ces coûts et d'augmenter la durée de vie des filtres. Aujourd'hui, l'entreprise offre également sur le marché de nouveaux modèles de filtres.

À la Ferme C, la réalisation d'une éradication des maladies au sein du cheptel à la suite de la pose des filtres s'est traduite par une amélioration notable des performances des truies (2,61 porcelets sevrés/truies/an) et de la situation financière de l'entreprise. Cependant, une évaluation économique globale des coûts d'installation des filtres et du processus d'éradication serait nécessaire pour déterminer la rentabilité de ces investissements. Cette hausse des performances zootechniques à la Ferme C démontre qu'il y a un intérêt économique certain à avoir des élevages possédant un bon statut sanitaire. Toutefois, pour les fermes situées dans des zones à haute densité porcine, la gestion du risque par la mise en place et l'application de protocoles de biosécurité (allant jusqu'à la filtration de l'air) adaptés devient primordiale afin de réduire les risques de réinfection.

Finalement, le présent projet a permis de produire un guide d'installation du système de filtration d'air Noveko et il a surtout permis d'introduire l'utilisation de l'outil d'évaluation de risque PADRAP au Québec pour des élevages munis de systèmes de filtration d'air.

9 Référence

- Albina, E. 1995. Epidemiology of PRRS : an overview. Abstracts PRRS. Second international symposium on porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) : 23-29.
- Ahearn, D.G., Crow, S.A., Simmons, R.B., Price, D.L., Mishra, S.K. et D.L. Pierson. 1997. Fungal colonization of air filters and insulation in a multi-story office building : Production of volatile organics. *Current Microbiology*, 35(5) : 305-308.
- Baekbo, P. et S. Mortensen. 2001. Airborne transmission of swine pathogens. Allen D. Lemans Swine Conference : 30-36.
- Batista, L., Pouliot, F., Dufour, V. et M. Morin. 2008a. Evaluation of commercial filters to avoid or reduce reproductive and respiratory syndrome virus aerosol transmission. 20th IPVS Congress : P01.138.
- Batista, L., Dufour, V., Pouliot, F., Gobeil-Tremblay, E. et M. Morin. 2008b. Évaluation d'un système de filtration d'air visant à réduire ou à éviter la transmission par voie aérienne du virus du syndrome respiratoire et reproducteur porcin (SRRP) à l'intérieur des bâtiments d'élevage : Rapport final. Québec : Centre de développement du porc du Québec inc., 39 p.
- Bernick, K. 2007. Disinfectant chambers improve biosecurity. *National Hog Farmer*, November 15. [En ligne]. <http://nationalhogfarmer.com/health-diseases/disinfectant-chambersimprove-biosecurity/>
- Bonneau, M., Batista, L. et F. Pouliot. 2009. Noveko introduces a new filtration concept that fits air filtration needs of existing production facilities in the swine industry. *American Association of Swine Veterinarians* : 275-282.
- Boutin, R. 2001. La biosécurité à la ferme : un « must » pour tous les élevages ! 22e Colloque sur la production porcine, 31 octobre, Saint-Hyacinthe : 57-81.
- Brockmeier, S.L. et K.M. Lager. 2002. Experimental airborne transmission of porcine reproductive and respiratory syndrome virus and *Bordetella bronchiseptica*. *Veterinary Microbiology*, 89(4) : 267-275.
- Broes, A. 2002. Les mesures de biosécurité dans les élevages porcins québécois. Journée: "De la démarche hygiène à la biosécurité", 24 avril, Ploufragan, Ispaia – Sogeval, 10 p.
- Broes, A. et R. Boutin. 2002. Biosécurité : un « must » pour tout le secteur porcin! Québec : CDPQ, 11 p.
- Burroughs, H.E.B. 1998. The art and science of air filtration management in health care. *Heating, piping and air conditioning*, 70(10) : 79-86.
- Cardinal, F. 2006. Les défis à relever pour l'amélioration et le maintien de la santé du cheptel porcin québécois. 27e Colloque sur la production porcine : Comment faire autrement?, 7 octobre, Drummondville : 121-128.
- Cecchini, C., Verdenelli, M.C., Orpianesi, C., Dadea, G.M. et A. Cresci. 2004. Effects of antimicrobial treatment on fiberglass-acrylic filters. *Journal of Applied Microbiology*, 97(2) : 371-377.
- Chadwick, C. 2006. Filtering out waste. *Nuclear Engineering International*, 51(624) : 16-20.

- Châtillon, G., Godreau, C. et É. Hamelin. 2004. Combattre le SDRP : Dossier. Porc Magazine, Juin(378) : 57-79.
- Cho, J.G. et S.A. Dee. 2006. Porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Theriogenology*, 66(3) : 655-662.
- Cho, J.G., Deen, J. et S.A. Dee. 2007. Influence of isolate pathogenicity on the aerosol transmission of Porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *The Canadian Journal of Veterinary Research*, 71(1) : 23-27.
- CPAQ et CPVQ. 1998. La ventilation des porcheries et autres bâtiments d'élevage. Québec : CPVQ, 174 p.
- D'Allaire, S. 2003. Épidémiologie du syndrome reproducteur et respiratoire porcin (SRRP) dans les élevages québécois. 24e Colloque sur la production porcine, 4 novembre, Saint-Hyacinthe : 121-131.
- Davis, W.T. et G.D. Kim. 1999. Effect of prefilters on the performance of HEPA filters. *Filtration and Separation*, 36(3) : 51-56.
- Dee, S.A. et H.S. Joo. 1993. PRRS clinical management and control: Eradication from herds. Allen D. Lemans Swine Conference : 93-97.
- Dee, S.A. et H.S. Joo. 1994. Factors involved in successful eradication of PRRS virus using nursery depopulation. *American Association of Swine Practitioners* : 239-243.
- Dee, S.A., Joo, H.S., Polson, D.D. et W.E. Marsh. 1997. Evaluation of the effects of nursery depopulation on the profitability of 34 pig farms. *Veterinary Record*, 140 : 498-500.
- Dee, S.A., Deen, J., Rossow, K., Wiese, C., Otake, S., Joo, H.S. et C. Pijoan. 2002. Mechanical transmission of porcine reproductive and respiratory syndrome virus throughout a coordinated sequence of events during cold weather. *The Canadian Journal of Veterinary Research*, 66(4) : 232-239.
- Dee, S.A., Deen, J., Rossow, K., Weise, C., Eliason, R., Otake, S., Joo, H.S. et C. Pijoan. 2003. Mechanical transmission of porcine reproductive and respiratory syndrome virus throughout a coordinated sequence of events during warm weather. *The Canadian Journal of Veterinary Research*, 67(1) : 12-19.
- Dee, S.A., Deen, J., Otake, S. et C. Pijoan. 2004a. An experimental model to evaluate the role of transport vehicles as a source of transmission of porcine reproductive and respiratory syndrome virus to susceptible pigs. *The Canadian Journal of Veterinary Research*, 68(2) : 128-133.
- Dee, S.A., Deen, J., Burns, D., Douthit, G. et C. Pijoan. 2004b. An assessment of sanitation protocols for commercial transport vehicles contaminated with porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *The Canadian Journal of Veterinary Research*, 68(3) : 208-214.
- Dee, S.A., Deen, J. et C. Pijoan. 2004c. Evaluation of 4 intervention strategies to prevent the mechanical transmission of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *The Canadian Journal of Veterinary Research*, 68(1) : 19-26.
- Dee, S.A., Deen, J., Jacobson, L., Rossow, K.D., Mahlum, C. et C. Pijoan. 2005. Laboratory model to evaluate the role of aerosols in the transport of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *The Veterinary Record*, 156(16) : 501-504.
- Dee, S.A. 2007. Biosecurity: Where & how to invest? *International Pigletter*, 27(4b) : 2 p.

- Dee, S., Otake, A. et J. Deen. 2009a. Use of a production region model to address issues regarding the aerobiology of PRRSV and *Mycoplasma hyopneumoniae* and to investigate alternative protocols of aerosol biosecurity. American Association of Swine Veterinarians : 111.
- Dee, S., Pitkin, A. et J. Deen. 2009b. Evaluation of alternative strategies to Merv 16-based air filtration systems for reduction of the risk of airborne spread of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. Veterinary Microbiology, 138(1/2) : 106-113.
- Dee, S., Otake, S. et J. Deen. 2010. Use of a production region model to assess the efficacy of various air filtration systems for preventing airborne transmission of porcine reproductive and respiratory syndrome virus and *Mycoplasma hyopneumoniae*: results from a 2-year study. Virus Research, 154 : 177-184.
- Desrosiers, R. 2004. Epidemiology, diagnosis and control of swine diseases. American Association of Swine Veterinarians : 9-38.
- Desrosiers, R. 2007. Indirect transmission of the PRRS virus (Part 7). International Pigletter, 27(8a) : 2 p.
- Dewey, C. 1999. History, occurrence, dynamics and current status of PRRS in North America, Latin America, and Asia. Proceedings PRRS and Aujeszky's Disease, June 21-23 : 189-193.
- Dufour, J. 1995. Mesures de biosécurité. [En ligne].
<http://rechamakayajo.qc.ca/medecine/biosecur/biosecur.htm>
- Dutertre, C. 1995. La filtration d'air pour protéger la sélection. Porc Magazine, avril(277) : 30-31.
- Eurovent/Cecomaf. 1999. Recommendation concerning air filters for better indoor air quality. [En ligne]. <http://www.eurovent-cecomaf.org/web/eurovent/web/Recommendations/REC06.pdf>
- Eurovent/Cecomaf. 2005. Recommendation concerning calculating of life cycle cost for air filters. [En ligne]. <http://www.eurovent-cecomaf.org/web/eurovent/web/Recommendations/REC10.pdf>
- Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal (FMV). 2007. Formation et recherche en santé animale : Préparer l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire québécois. Mémoire présenté par Jean Sirois, doyen, à la Commission sur l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire québécois, 14 p.
- Fano, E., Pijoan, C. et S. Dee. 2005. Evaluation of the aerosol transmission of a mixed infection of *Mycoplasma hyopneumoniae* and porcine reproductive and respiratory syndrome virus. The Veterinary Record, 157(4) : 105-108.
- La Financière agricole du Québec (FADQ). 2011. Assurance stabilisation. Tableau résumé d'informations administrative et économique. Secteur porcin - porcs. [En ligne]. http://www.fadq.qc.ca/statistiques_et_taux/statistiques/assurance_stabilisation/informations_administratives_et_economiques.html
- Foarde, K.K., Hanley, J.T. et A.C. Veeck. 2000. Efficacy of antimicrobial filter treatments. ASHRAE Journal, 42(12) : 52-58.
- Goldberg, T.L., Hahn, E.C., Weigel, R.M. et G. Scherba. 2000. Genetic, geographical and temporal variation of porcine reproductive and respiratory syndrome virus in Illinois. Journal of General Virology, 81(1) : 171-179.

- Hamelin, É. 2004. SDRP: pathologie et épidémiologie. Un virus encore mystérieux. Porc Magazine, juin(378): 58-61.
- Hirst J.M. 1995. Bioaerosols; introduction, retrospect and prospect. Bioaerosol Handbook. Boca Raton, Florida : CRC Lewis Publishers, p. 5-14.
- Hoefling, D.C. 1992. Overview and history of SIRS. Proceedings of the Annual Meeting of the Livestock Conservation Institute : 239-242.
- Holck, J.T. et D.D. Polson. 2003. The Financial impact of PRRS virus. PRRS Compendium Producer Edition, chapter 6 : 46-54.
- Kemp, S.J., Kuehn, T.H., Pui, D.Y.H., Vesley, D. et A.J. Streifel. 1995. Growth of Microorganisms on HVAC Filters Under Controlled Temperature and Humidity Conditions. ASHRAE Transactions, 101(1) : 305-316.
- Kerkaert, B.R., Pijoan, C. et G. Dial. 1994. Financial impact of chronic PRRS. Allen D. Leman Swine Conference, 21 : 217-218.
- Klopfenstein, C., Bonneau, M., Dufour, V. et C. Gagnon. 2009. Vaccin autogène pour le virus du SRRP : une vaccination régionale comme outil de contrôle. Le Rendez-vous porcin de l'AQINAC, 10 novembre, Drummondville : 21-27.
- Kowalski, W. J. et W.P. Bahnfleth. 2002. Airborne-microbe filtration in indoor environments. HPAC Heating, Piping, Air Conditioning Engineering, 74(1) : 57-69.
- Kristensen, C.S., Bøtner, A., Takai, H., Nielsen, J.P. et S.E. Jorsal. 2004. Experimental airborne transmission of PRRS virus. Veterinary Microbiology, 99(3/4) : 197-202.
- Kuehn, T.H., Pui, D.Y.H., Vesley, D., Berg, C.D. et M. Peloquin. 1991. Matching to health filtration requirements. ASHRAE Transactions, Part 2, 3505 (RP-625) : 164-169.
- Lager, K.M. et W.L. Mengeling. 2000. Experimental aerosol transmission of pseudorabies virus and porcine reproductive and respiratory syndrome virus. The proceeding of 31st annual meeting of American Association of Swine Practitioners, Indianapolis : 409-410.
- Larochelle, R., D'Allaire, S. et R. Magar. 2003. Molecular epidemiology of porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) in Québec. Virus Research, 96(1/2) : 3-14.
- Maus, R., Goppelsröder, A. et H. Umhauer. 2001. Survival of bacterial and mold spores in air filter media. Atmospheric Environment, 35(1) : 105-113.
- Midwest Plan Service (MWPS). 1990. Mechanical ventilating systems for livestock housing. MWPS-32, 69 p.
- Mondaca-Fernandez, E., Murtaugh, M.P. et R.B. Morrison. 2006. Association between genetic sequence homology of Porcine reproductive and respiratory syndrome virus and geographic distance between pig sites. The Canadian Journal of Veterinary Research, 70 : 237-239.
- Moore, C. 2006 Résultats de l'enquête épidémiologique sur le SDPS et quelques moyens de contrôle. Expo-congrès du porc du Québec, 12 et 13 avril, St-Hyacinthe : 15-23.
- Mortensen, S., Stryhn, H., Sogaard, R., Boklund, A., Stärk, K.D.C., Christensen, J. et P. Willeberg. 2002. Risk factors for infection of sow herds with porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) virus. Preventive Veterinary Medicine, 53(1/2) : 83-101.
- Mussell, A. 2010. Pour une stratégie d'éradication du SRRP. George Morris Centre. Forum canadien sur la santé porcine, 25 et 26 octobre, Québec.

- Neumann, E.J., Kliebenstein, J.B., Johnson, C.D., Mabry, J.W., Bush, E.J., Seitzinger, A.H., Green, A.L. et J.J. Zimmerman. 2005. Assessment of the economic impact of porcine reproductive and respiratory syndrome on swine production in the United States. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 227(3) : 385-392.
- Noveko. 2008. Filtre antimicrobien noveko : présentation technique et utilisation recommandée dans les bâtiments de ferme. Québec : Noveko inc., 4 p.
- Noveko. s.d. La filtration de l'air : élément essentiel de tout programme de biosécurité : développé par et pour les professionnels de l'industrie porcine. Québec : Noveko inc., 4 p.
- Otake, S., Dee, S.A., Jacobson, L., Torremorell, M. et C. Pijoan. 2002a. Evaluation of aerosol transmission of porcine reproductive and respiratory syndrome virus under controlled field conditions. *The Veterinary Record*, 150(26) : 804-808.
- Otake, S., Dee, S.A., Rossow, K.D., Deen, J., Joo, H.S., Molitor, T.W. et C. Pijoan. 2002b. Transmission of porcine reproductive and respiratory syndrome virus by fomites (boots and coveralls). *Journal of Swine Health and Production*, 10(2) : 59-65.
- Otake, S., Dee, S.A., Rossow, K.D., Moon, R.D. et C. Pijoan. 2002c. Mechanical transmission of porcine reproductive and respiratory syndrome virus by mosquitoes, *Aedes vexans* (Meigen). *The Canadian Journal of Veterinary Research*, 66(3) : 191-195.
- Otake, S., Dee, S.A., Moon, R.D., Rossow, K.D., Trincado, C. et C. Pijoan. 2004. Studies on the carriage and transmission of porcine reproductive and respiratory syndrome virus by individual houseflies (*Musca domestica*). *The Veterinary Record*, 154(3) : 80-85.
- Otake, S., Dee, S., Corzo, C., Oliveira, S. et J. Deen. 2010. Long-distance airborne transport of infectious PRRSV and *Mycoplasma hyopneumoniae* from a swine population infected with multiple viral variants. *Veterinary Microbiology*, 145 : 198-208.
- Pearson, C.C. et J.E. Owen. 1994. The resistance to air flow of farm building ventilation components. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 57(1) : 53-65.
- Penicot, P., Thomas, D., Contal, P., Leclerc, D. et J. Vendel. 1999. Clogging of HEPA fibrous filters by solid and liquid aerosol particles : An experimental study. *Filtration and Separation*, 36(2) : 59-64.
- Pitkin, A., Deen, J. et S. Dee. 2007. Aerosol transmission of PRRSV: Application to the field. *Allen D. Lemans Swine Conference* : 85.
- Pitkin, A., Deen, J. et S. Dee. 2009a. Use of a production region model to assess the airborne spread of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Veterinary Microbiology*, 136(1/2) :1-7.
- Pitkin, A., Otake, S. et S. Dee. 2009b. Biosecurity protocols for the prevention of spread of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *American Association of Swine Veterinarians* : 17 p.
- Polson, D.D., Marsh, W.E., Dial, G.D. et W.T. Christianson. 1992. Financial impact of porcine epidemic abortion and respiratory syndrome (PEARS). *Proceedings of the International Pig Veterinary Society Congress* : 132.
- Polson, D.D., Gorcyca, D. et R.B. Morrison. 1994. An evaluation of the financial impact of porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) in nursery pigs. *Proceedings of the International Pig Veterinary Society Congress* : 436.

- Pouliot, F., Ricard, M.A. et V. Dufour. 2011. Devis d'installation d'un système de filtration d'air. Québec : Centre de développement du porc du Québec inc., 10 p.
- Price, D.L., Simmons, R.B., Ramey, D.L., Crow, S.A. et D.G. Ahearn. 1993. Assessment of air filters treated with a broad spectrum biostatic agent. *Proceedings of indoor Air '93*, vol. 6 : 527-532.
- Quinn, P.J., Markey, B.K., Carter, M.E., Donnelly, W.J. et F.C. Leonard. 2002. Mycoplasma. In: *Veterinary microbiology and microbial disease*. Ames, IA : Iowa State University Press, p. 189.
- Schurrer, J.A., Dee, S.A., Moon, R.D., Rossow, K.D., Mahlum, C., Mondaca, E., Otake, S., Fano, E., Collins, J.E. et C. Pijoan. 2004. Spatial dispersal of porcine reproductive and respiratory syndrome virus-contaminated flies after contact with experimentally infected pigs. *American Journal of Veterinary Research*, 65(9) : 1284-1292.
- Simmons, R.B. et S.A. Crow. 1995. Fungal colonization of air filters for use in heating, ventilating, and air conditioning (HVAC) systems. *Journal of Industrial Microbiology*, 14(1) : 41-45.
- Simmons, R.B., Price, D.L., Noble, J.A., Crow, S.A. et D.G. Ahearn. 1997. Fungal colonization of air filters from hospitals. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 58(12) : 900-904.
- Stark, K.D.C. 1999. The role of infectious aerosols in disease transmission in pigs. *The Veterinary Journal*, 158(3) : 164-81.
- Synthèse élevage. 2006. SDRP : les règles « clés » de la biosécurité. *Porc Magazine*, février(396) : 102-103.
- Thomas, D., Penicot, P., Contal, P., Leclerc, D. et J. Vendel. 2001. Clogging of fibrous filters by solid aerosol particles experimental and modelling study. *Chemical Engineering Science*, 56(11) : 3549-3561.
- Torremorell, M., Pijoan, C., Janni, K., Walker, R. et H.S. Joo. 1997. Airborne transmission of *Actinobacillus pleuropneumoniae* and porcine reproductive and respiratory syndrome virus in nursery pigs. *American Journal of Veterinary Research*, 58(8) : 828-832.
- Torremorell, M., Geiger, J.O., Thompson, B. et W.T. Christianson. 2004a. Evaluation of PRRSV outbreaks in negative herds. *Proceedings of the International Pig Veterinary Society Congress* : 103.
- Torremorell, M., Geiger, J.O., Thompson, B. et W.T. Christianson. 2004b. Evaluation of potential sources of PRRS virus infection in negative herds. *Allen D. Lemans Swine Conference* : poster.
- Trincado, C., Dee, S., Jacobson, L., Otake, S., Rossow, K. et C. Pijoan. 2004. Attempts to transmit porcine reproductive and respiratory syndrome virus by aerosols under controlled field conditions. *The Veterinary Record*, 154(10) : 294-297.
- Tronville, P. 2008. Developing standards : Global standards for air cleaning equipment. *Filtration + Separation*, November : 28-31.
- United States Department of Agriculture (USDA). 2005. Swine 2000: Part IV: Changes in the U.S. Pork Industry, 1990-2000. [En ligne].
<http://www.aphis.usda.gov/vs/ceah/ncahs/nahms/swine/swine2000/swine2kPt4.pdf>

- Urizar, L. et C. Klopfenstein. 2010. Portrait de la biosécurité d'un secteur de la région de la Beauce, Québec, effectué avec l'outil PADRAP : Rapport final. Québec : Centre de développement du porc du Québec inc., 47 p.
- U.S. Environmental protection agency. 1997. Overview of ASHRAE Standard 52.2: Research triangle institute, 5 p.
- Vansickle, J. 2007. Reducing The Area Spread of PRRS. National Hog Farmer, November 15. [En ligne]. <http://nationalhogfarmer.com/health-diseases/reducing-spread-prrs/>
- Verdenelli, M.C., Cecchini, C., Orpianesi, C., Dadea, G.M. et A. Cresci. 2003. Efficacy of antimicrobial filter treatments on microbial colonization of air panel filters. Journal of Applied Microbiology, 94(1): 9-15.
- Willis, R.W., Zimmerman, J.J., Yoon, K-Y., Swenson, S.L., Hoffman, L.J., McGinley, M.J., Hill, H.T. et K.B. Platt. 1997. Porcine reproductive and respiratory syndrome virus: routes of excretion. Veterinary Microbiology, 57(1) : 69-81.
- Yeske, P. 2010. Cost of Eradicating Diseases According to Method. American Association of Swine Veterinarians : 15-18.
- Zhou, B. et J. Shen. [2007]. Comparison of general ventilation air filter test standards between America and europe. [En ligne]. http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive%5CIAQVEC2007%5CZhou_5.pdf
- Zhuang, Q., Barfod, K., Wachmann, H., Mortensen, S. et P. Willeberg. 2002. Serological surveillance for PRRS in Danish genetic pig herds and risk factors for PRRS infection. Proceedings of the International Pig Veterinary Society Congress : 406.
- Zimmerman, J.J. 2003. Epidemiology and Ecology. PRRS Compendium Producer Edition, chapter 4 : 26-34.
- Zimmerman, J., Benfield, D., Murtaugh, M., Osorio, F., Stevenson, G. et M. Torremorell. 2006. Porcine reproductive and respiratory syndrome virus. In: Diseases of Swine, 9th Ed. Ames, IA : Iowa State University Press, p. 387-417.

Annexe A

Plans de la Ferme A

Description de l'installation des bâtiments sous air filtré du site de la Ferme A

2 mars 2011



Marie-Aude Ricard, ing. jr
Francis Pouliot, ing., M.B.A.
Valérie Dufour, M. Sc.

Remerciements

Ce document a été réalisé dans le cadre d'un projet financé par le Programme pour l'avancement du secteur canadien de l'agriculture et de l'agroalimentaire (PASCAA). Ce programme d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) est livré par l'intermédiaire du Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ). Cette étude a également été possible grâce à la participation financière de Noveko inc., de Monitrol inc., du Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ) et des trois producteurs ayant participé au projet.



1 Plans des bâtiments de la Ferme A

Des plans sommaires de plancher et de coupes de mur ont été effectués pour les bâtiments de la ferme (voir section plans). Les plans de plancher permettent de visualiser l'emplacement des entrées d'air, des filtres, des ventilateurs, des sondes de température et des transducteurs de différentiel de pression de chacun des bâtiments. Les coupes associées à certaines façades permettent de dimensionner et de positionner les entrées d'air, les abrivents et les filtres ainsi que de représenter l'ensemble du circuit emprunté par l'air. Le présent document vise à expliquer les installations des bâtiments sous air filtré situés à la Ferme A, ayant participé au projet.

Maternité-Gestation (bâtiment A)

Pour la maternité (section mise bas), 28 filtres de 48" par 28" (dimensions extérieures du cadre) sont installés sur la façade A1 (figure 1). Treize ventilateurs retrouvés sur la façade opposée A5 assurent la sortie d'air (figure 2) à raison de deux ventilateurs par chambre, à l'exception de la chambre tampon qui n'en a qu'un seul (plans p. 1 et 2).



Figure 1 : Filtres de la façade A1 (section mise bas)



Figure 2 : Ventilateurs de la façade A5 (section mise bas)

Pour la section gestation (plan p. 3) et le bloc saillie (plan p. 4), 49 filtres de 48'' par 28'' sont installés sur la façade A2 (figure 3). Huit ventilateurs assurent la sortie d'air sur la façade opposée (A4) (figure 4), dont un est situé dans la section du bloc saillie.



Figure 3 : Filtres de la façade A2 (section gestation)



Figure 4 : Ventilateurs de la façade A4 (section gestation)

La coupe du mur A1 (section mise bas) présente la dimension de l'entrée d'air filtré ainsi que le mouvement d'air et la coupe du mur A2 (section de gestation) permettant de dimensionner l'abrivent extérieur, l'entrée d'air et de positionner les filtres, tout en représentant aussi le chemin emprunté par l'air (plan p. 5).

Pouponnière (bâtiment B)

Au total, 47 filtres de 48" par 28" sont installés sur la façade B2 (figure 5) du bâtiment destiné à l'élevage des porcelets (plan p. 6). La section de filtres est divisée en deux : une section de 44 filtres et une de trois filtres. La sortie d'air est assurée par 27 ventilateurs situés sur la façade opposée B4 (figure 6), à raison de deux ventilateurs par chambre et d'un ventilateur situé à l'extrémité d'un corridor.



Figure 5 : Filtres de la façade B2 (section pouponnière)



Figure 6 : Ventilateurs de la façade B4 (section pouponnière)

La coupe du mur B2 permet de dimensionner l'abrivent, l'entrée d'air et de positionner le filtre, tout en représentant le circuit emprunté par l'air (plan p. 6).

Engraissement C

Pour ce bâtiment, 38 filtres de 48" par 28" sont installés sur la façade C2 (figure 7). La sortie d'air est assurée par 15 ventilateurs situés sur la façade opposée C4 (figure 8), à raison de cinq ventilateurs par chambre (plan p. 7).



Figure 7 : Filtres de la façade C2 (section engraissement)



Figure 8 : Ventilateurs de la façade C4 (section engraissement)

La coupe du mur C2 permet de dimensionner l'abrivent, l'entrée d'air et de positionner le filtre, tout en représentant le chemin emprunté par l'air (plan p. 7).

Engraissement D

Au total, 73 filtres de 48'' par 28'' (extérieur) sont installés de part et d'autre du bâtiment. Trois sections de filtres sont retrouvées sur la façade D2 : une section de 17 filtres, une autre de 38 filtres et finalement une petite section de deux filtres (figure 9) (plan p. 8).



Figure 9 : Filtres de la façade D2 (section engraissement)

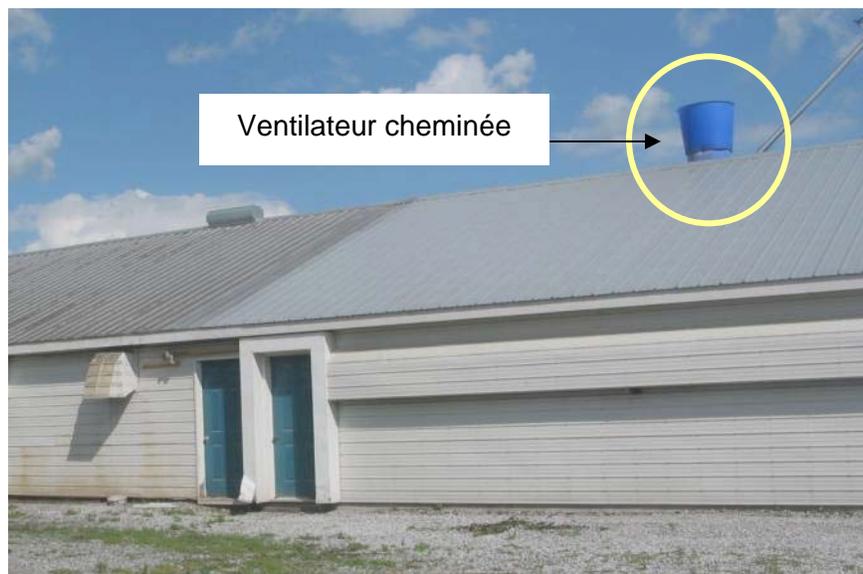
La façade D4, celle où sont retrouvés les ventilateurs, a une section de 16 filtres (figure 10). La section de gauche du plan de plancher a des entrées d'air de chaque côté et l'air sort par les trois ventilateurs cheminée situés sur le toit (figure 11). La ventilation du reste de la bâtisse se fait de la même façon que les autres bâtiments du site, c'est-à-dire que l'air sort par les ventilateurs du mur opposé à l'entrée d'air. La sortie d'air est assurée par 15 ventilateurs situés sur la façade opposée D4 (figure 12) ainsi que par trois ventilateurs cheminée pour la section de l'extrémité gauche. La section du bâtiment comportant des ventilateurs de type cheminée n'a

pas été analysée durant le projet; aucune sonde de température ou de transmetteur de différentiel de pression n'y était installé.



Ventilateurs de la façade D4

Figure 10 : Filtres de la façade D4 (section engraissement)



Ventilateur cheminée

Figure 11 : Façade D4, avant l'installation des filtres (section engraissement)



Figure 12 : Ventilateurs de la façade D4 et ventilateurs cheminée (section engraissement)

Les coupes des murs D2 et D4 permettent de dimensionner l'abrivent, l'entrée d'air et de positionner le filtre, tout en représentant le chemin emprunté par l'air (plan p. 8).

2 Sources potentielles d'infiltration d'air non filtré répertoriées par bâtiment

Les bâtiments de cette ferme sont ventilés en pression négative; les ventilateurs aspirent l'air intérieur et le poussent vers l'extérieur (effet vacuum). L'inconvénient de ce type de ventilation est qu'il augmente le risque d'infiltration d'air parasite par les portes, les volets des ventilateurs, les fissures et tout autre endroit non étanche par rapport à un bâtiment sous pression positive (l'air est poussé dans le bâtiment). C'est pourquoi les endroits propices à l'infiltration d'air parasite doivent être répertoriés et calfeutrés afin de rendre le bâtiment étanche.

Plusieurs ventilateurs assurent l'extraction d'air dans chacun des bâtiments et ces ventilateurs sont une source potentielle d'infiltration d'air parasite, entre autres, lorsqu'ils sont arrêtés. Il est important d'appliquer un scellant sur le pourtour des ventilateurs afin d'étancher le joint entre le boîtier et le mur. De plus, les ventilateurs sont une source majeure d'introduction d'air non filtré lorsque ceux-ci sont en arrêt. Idéalement, tous les ventilateurs de palier 3 et plus doivent être condamnés en hiver (bouchés de façon étanche) et des volets anti-retour d'air (backdraft damper) étanches devraient être installés sur tous les ventilateurs des bâtiments. Les volets commerciaux utilisés avec les ventilateurs agricoles utilisés communément ne sont pas suffisamment étanches, il faudra trouver d'autres solutions afin d'éviter les retours d'air parasite. Une étude plus poussée devra être réalisée afin de trouver un ou plusieurs types de volets anti-retour efficaces pour contrer ce problème. Dans le présent projet, la ferme n'était pas équipée de volets anti-retour étanches.

Les tuyaux de ventilation « vent » des préfosse de l'ensemble des bâtiments sont également des sources potentielles d'infiltration d'air parasite. L'ajout d'un clapet anti-retour et idéalement d'un filtre antimicrobien en forme de « tuque » sur le bout du tuyau à l'intérieur de la préfosse devrait prévenir l'introduction d'air extérieur non filtré.

Les sources potentielles d'infiltration d'air parasite sont présentées plus spécifiquement pour chaque bâtiment ci-dessous.

Maternité-gestation

Ce bâtiment comporte de nombreux accès : il compte neuf portes servant à l'entrée et à la sortie du personnel, des animaux et du matériel. L'air s'infiltrant par les portes n'est pas filtré : il est donc primordial d'avoir un système à double porte (SAS) afin d'éviter les infiltrations d'air contaminé. Certains points d'accès au bâtiment n'étaient pas munis de systèmes de doubles portes, mais il s'agissait de portes d'urgence en général. Le personnel de la ferme devait accéder aux bâtiments par des accès munis de SAS. Le contour des portes a été étanché avec un scellant et une vérification des caoutchoucs de portes a été effectuée. Ces derniers doivent être en bon état, surtout celui du bas pour être efficace en hiver.

Les portes des quais d'expédition représentent une source d'entrée d'air parasite importante, car beaucoup d'air peut franchir ces portes durant les opérations de chargement/déchargement. Il est bien sûr recommandé de laisser les portes ouvertes le moins longtemps possible et d'éviter de faire ces opérations lors d'une journée fraîche et brumeuse, dans la mesure du possible, car cela favorise la transmission aérosol du vSRRP. Idéalement, un système de ventilation en pression positive et un SAS devraient être aménagés au niveau du quai de chargement.

Ce bâtiment compte 13 ventilateurs qui assurent l'extraction de l'air vicié. Chacun d'eux a été étanché au niveau du périmètre du boîtier afin de réduire les risques d'infiltration d'air parasite. Le bâtiment possède également 14 fenêtres pouvant représenter des sources potentielles d'infiltration d'air non filtré. Plusieurs fenêtres ont été scellées dans le haut et aménagées afin de

pouvoir y faire circuler de l'air filtré et ainsi ventiler le corridor à l'intérieur du bâtiment. Étant donné que la fenêtre du bureau pouvait être ouverte par les employés, cette dernière a été couverte d'un filtre, ce qui permet de filtrer l'air entrant par cette ouverture (Figure 13). Avant l'installation du système de filtration d'air, un climatiseur était installé dans l'une des fenêtres du bureau, mais ce dernier a été retiré car il puisait l'air extérieur. S'il est nécessaire de climatiser, un filtre devrait être installé en amont du climatiseur.



Figure 13 : Fenêtre du bureau recouverte d'un filtre

Pouponnière

La pouponnière compte quatre portes et dix fenêtres. Aucune des ouvertures n'est filtrée. Par contre, les fenêtres ont été recouvertes d'un plexiglas (figure 14) afin d'empêcher toute infiltration d'air parasite et aménagées afin de pouvoir y faire circuler de l'air filtré et ainsi ventiler le corridor à l'intérieur du bâtiment. Ce bâtiment compte 27 ventilateurs qui assurent l'extraction de l'air vicié. Chacun d'eux a été étanché sur le périmètre du boîtier afin de réduire les risques d'infiltration d'air parasite.



Figure 14 : Fenêtre du bâtiment couverte d'un plexiglas (section pouponnière)

Engraissement C et D

Les engraissements C et D comportent respectivement trois et quatre portes. L'engraisement (C) n'a aucune fenêtre et la seule fenêtre de l'engraisement D ne peut être ouverte (figure 15).



Figure 15 : Fenêtre permettant l'infiltration d'air contaminé (section engraissement)

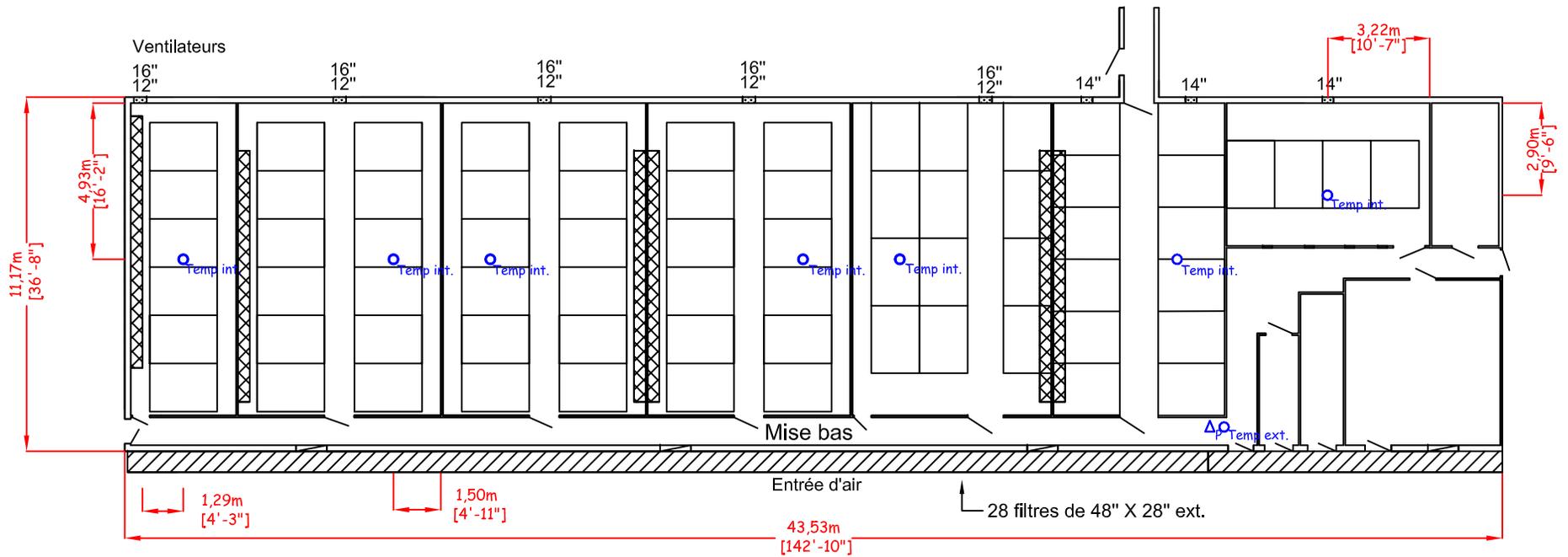
Pour le quai d'expédition de ces deux engraissements, des coussins en bon état étaient fixés au bâtiment et permettaient au camion de s'arrimer de la façon la plus étanche possible aux bâtiments (Figure 16). Éventuellement, un camion sous air filtré en pression positive permettra de limiter l'entrée d'air parasite lors du chargement des animaux. Les camions n'étaient pas filtrés lors de la réalisation du projet.



**Figure 16 : Coussins pour un arrimage étanche entre le camion et le bâtiment
(section engraissement)**

Finalement, la méthode d'installation des filtres et l'enveloppe du bâtiment sont susceptibles de laisser passer de l'air parasite en petites quantités, mais de façon constante. Ceci aura pour effet d'augmenter le risque d'entrée de pathogènes. Il est donc important d'inspecter régulièrement afin de détecter rapidement tous bris ou ouvertures qui pourraient se créer avec le temps afin de les étancher le plus rapidement possible.

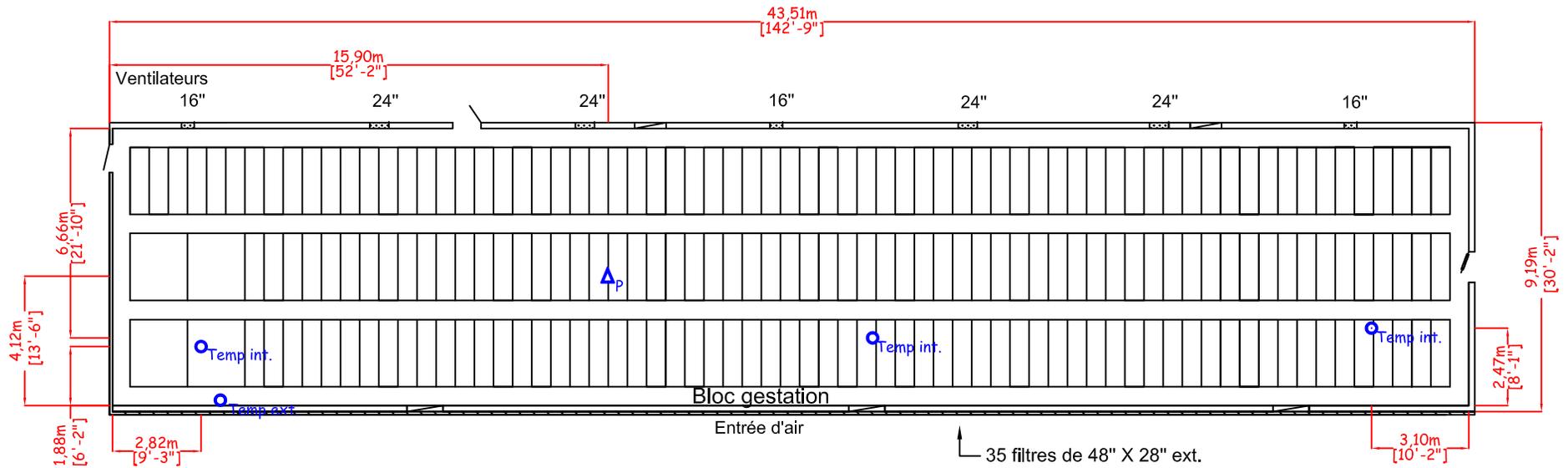
Plans



Légende

-  Abrisent extérieur
-  Ventilateur
-  Transducteur de différentiel de pression
-  Sonde température

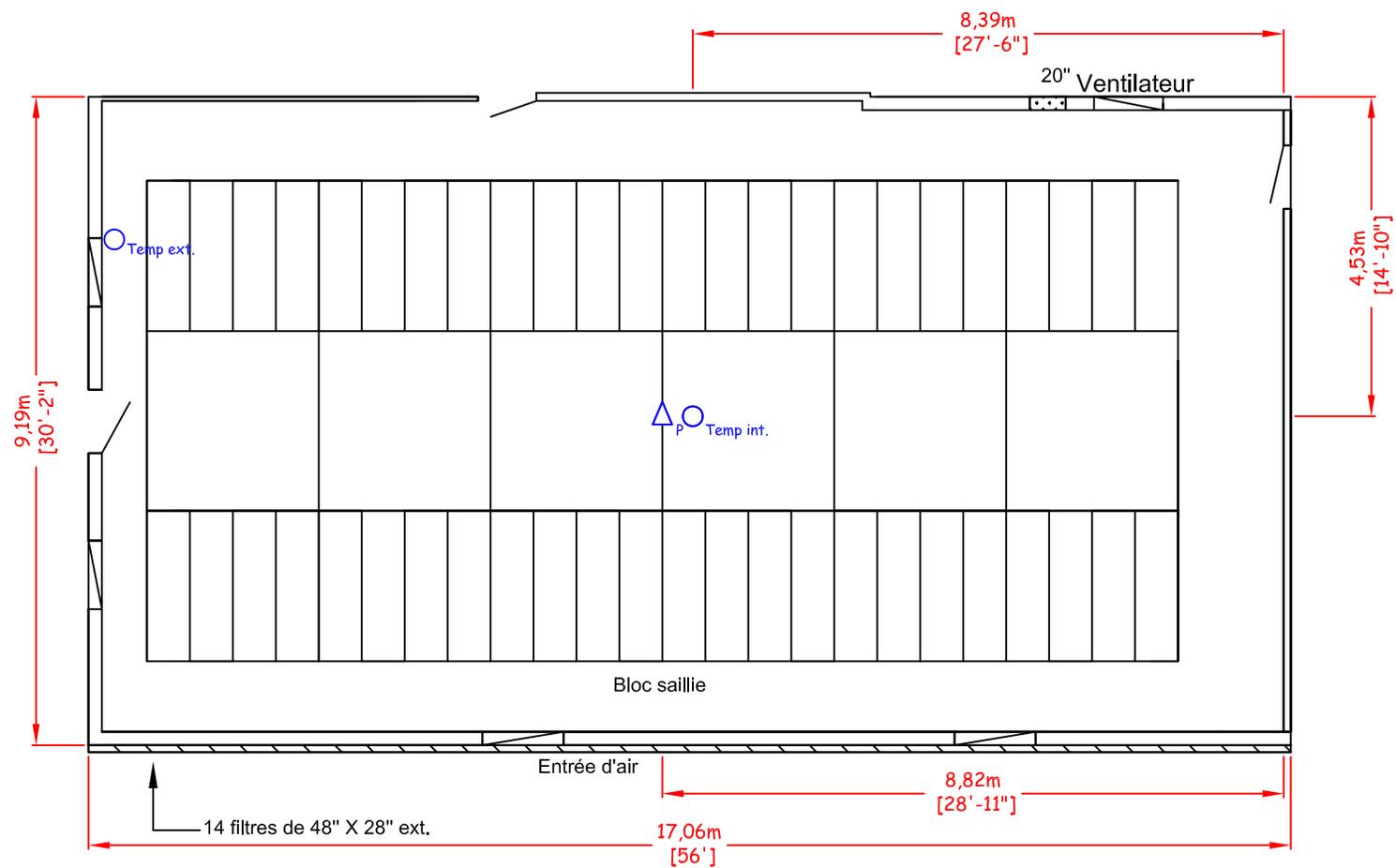
Client : Ferme A	
Bâtiment : Maternité - Gestation	
Titre du dessin : Plan de plancher de la maternité	
Dessiné par : Marie-Aude Ricard, Ing. jr	Date : Février 2011
Vérifié par : Francis Poullot, Ing.	Échelle : 5mm = 1m (Format 8.5" x 11")
 Centre de développement du porc du Québec inc.	
2795, boul. Laurier, bureau 340 Québec, Québec G1V 4M7 Tel : (418) 650-2440 Fax : (418) 650-1626	
Page 2	



Légende

-  Abrivent extérieur
-  Ventilateur
-  Transducteur de différentiel de pression
-  Sonde température

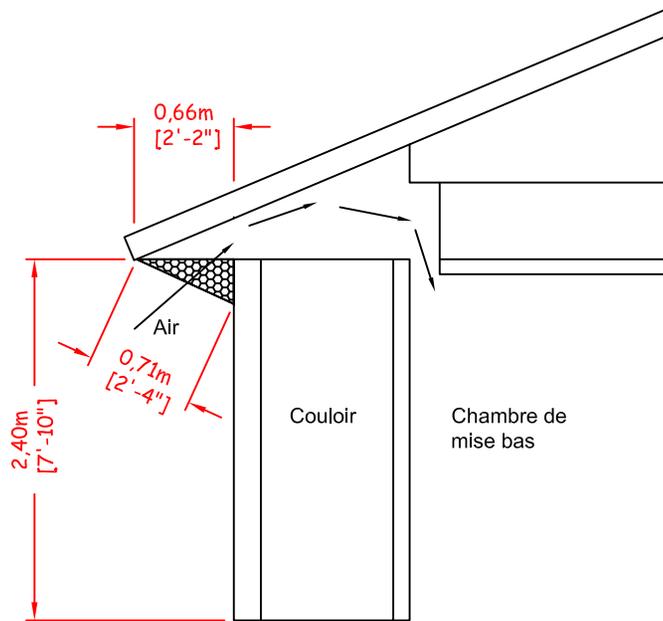
Client : Ferme A	
Bâtiment : Maternité - Gestation	
Titre du dessin : Plan de plancher de la section gestation	
Dessiné par : Marie-Aude Ricard, Ing. jr	Date : Février 2011
Vérifié par : Francis Poullot, Ing.	Échelle : 5mm = 1m (Format 8.5" x 11")
	
2795, boul. Laurier, bureau 340 Québec, Québec G1V 4M7 Tel : (418) 650-2440 Fax : (418) 650-1626	



Légende

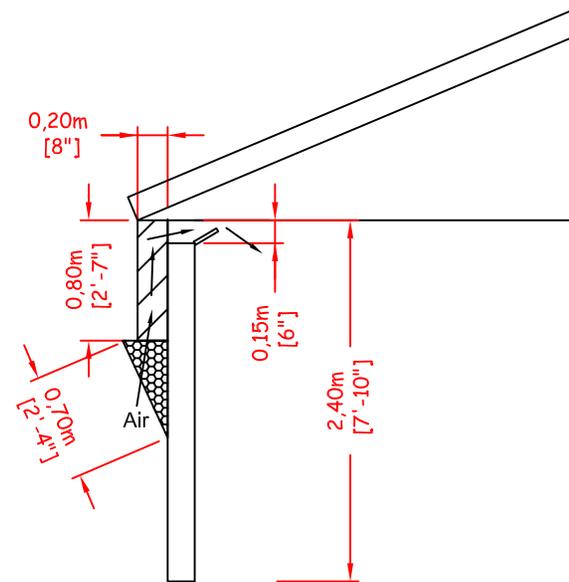
-  Abrivent extérieur
-  Ventilateur
-  Transducteur de différentiel de pression
-  Sonde température

Client : Ferme A	
Bâtiment : Maternité - Gestation	
Titre du dessin : Plan de plancher de la section bloc saillie	
Dessiné par : Marie-Aude Rtcard, Ing. jr	Date : Février 2011
Vérifié par : Francis Pouillot, Ing.	Échelle : 10mm = 1m (Format 8.5" x 11")
	
2795, boul. Laurier, bureau 340 Québec, Québec G1V 4M7 Tel : (418) 650-2440 Fax : (418) 650-1626	
Page 4	



Coupe du mur A1 (section mise bas)

Note : circuit d'air étanché en aval des filtres et en amont de l'entrée d'air de la salle afin d'éviter l'entrée d'air parasite (non filtré).



Coupe du mur A2 (section gestation)

Note : circuit d'air étanché en aval des filtres et en amont de l'entrée d'air de la salle afin d'éviter l'entrée d'air parasite (non filtré).

Légende

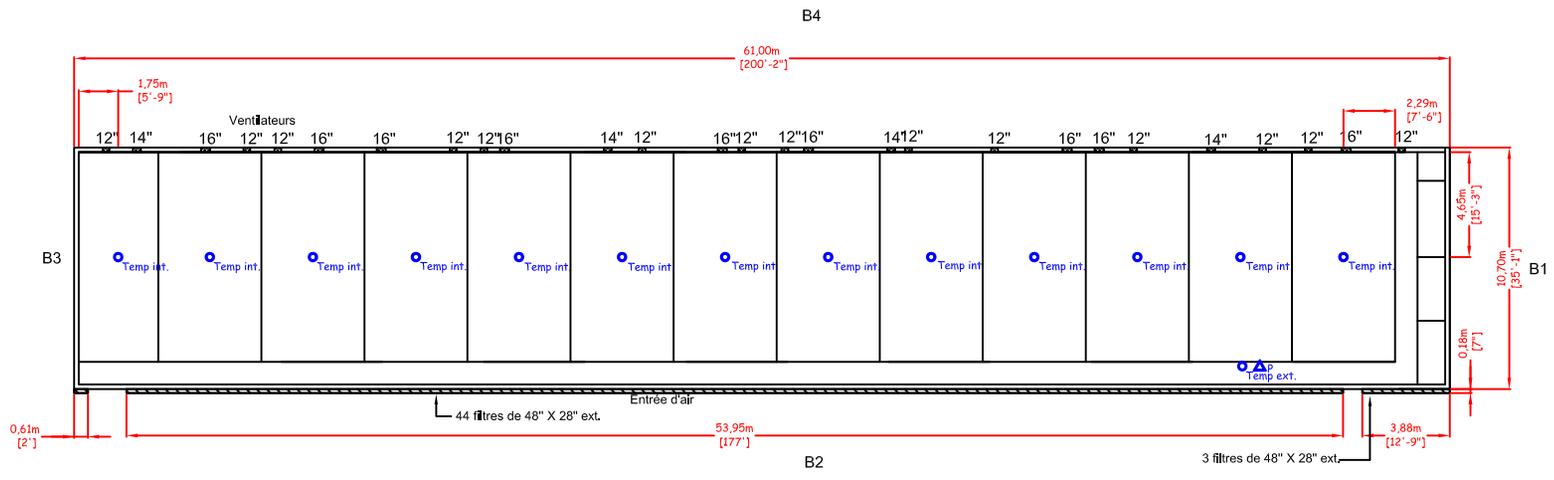


Filtre

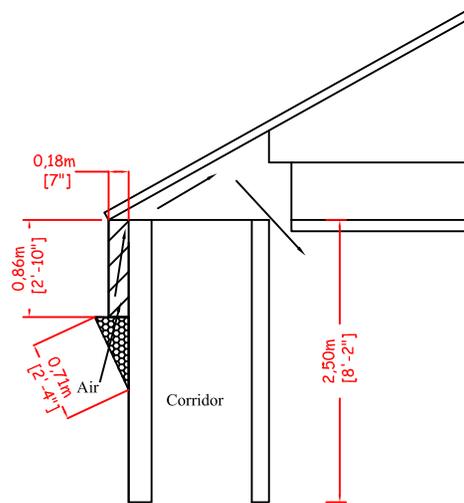


Ventilateur

Client : Ferme A	
Bâtiment : Maternité - Gestation	
Titre du dessin : Coupe du mur A1 et du mur A2	
Dessiné par : Marie-Aude Ricard, Ing. jr	Date : Février 2011
Vérifié par : Francis Poullot, Ing.	Échelle : 20mm = 1m (Format 8.5" x 11")
2795, boul. Laurier, bureau 340 Québec, Québec G1V 4M7 Tel : (418) 650-2440 Fax : (418) 650-1626	



Plan de plancher Échelle : 3mm = 1m

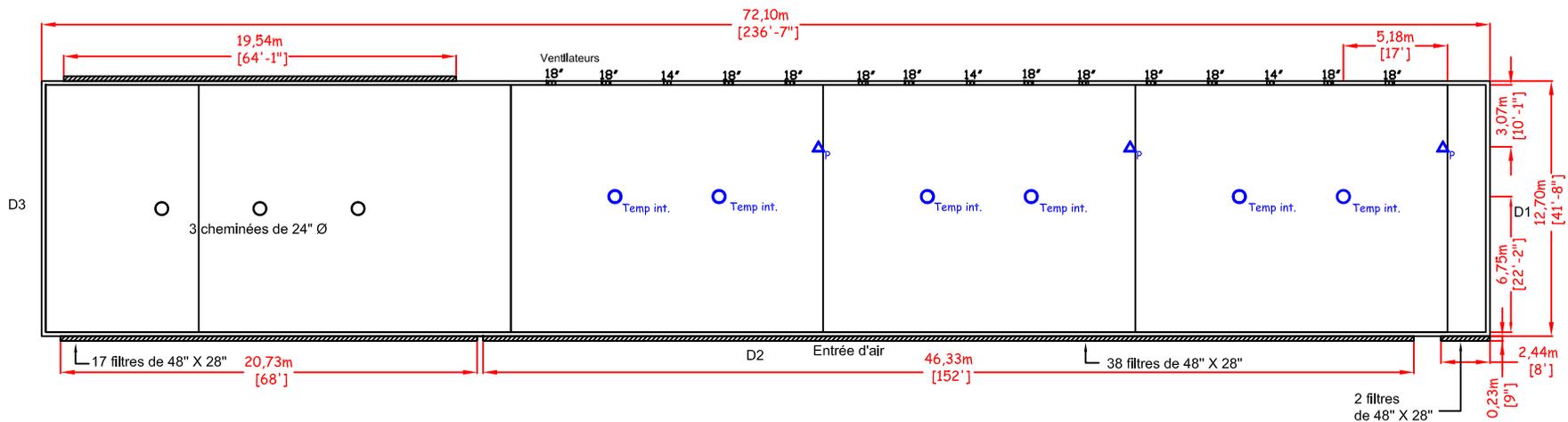


Coupe du mur B2 Échelle : 15mm = 1m

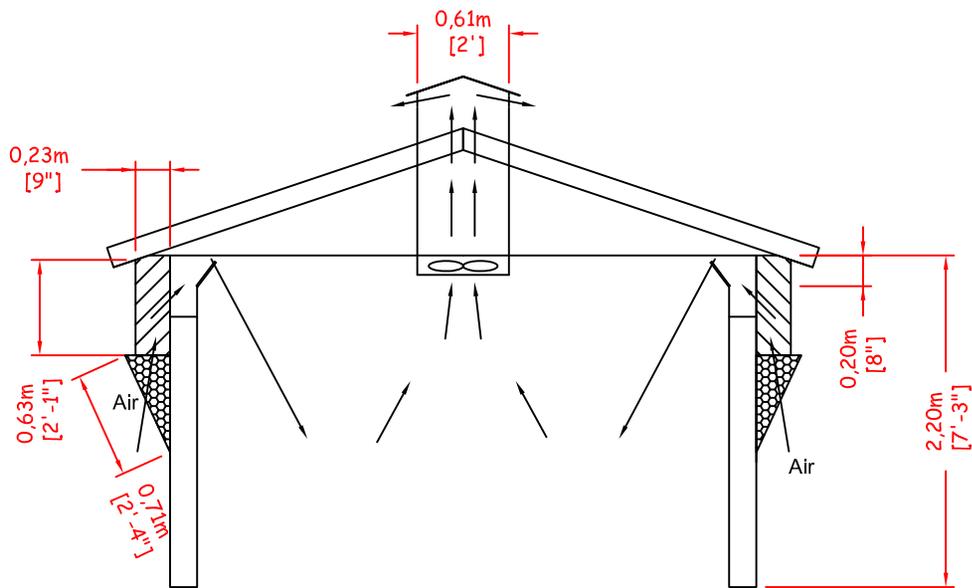
Note : circuit d'air étanché en aval des filtres et en amont de l'entrée d'air de la salle afin d'éviter l'entrée d'air parasite (non filtré).

Légende	
	Filtre
	Abrivent extérieur
	Ventilateur
	Transducteur de différentiel de pression
	Sonde température

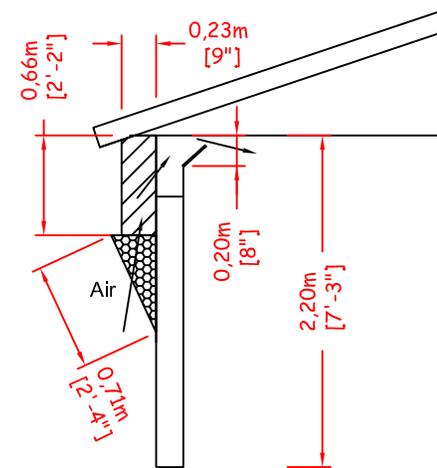
Client : Ferme A	
Bâtiment : Pouponnière	
Titre du dessin : Plan de plancher de la pouponnière et coupe	
Dessiné par : Marle-Aude Ricard, Ing. jr	Date : Février 2011
Vérifié par : Francis Poullot, Ing.	Échelle : Indiquée (Format 8.5" x 11")
2795, boul. Laurier, bureau 340 Québec, Québec G1V 4M7 Tel : (418) 650-3440 Fax : (418) 650-1626	



Plan de plancher Échelle : 3mm = 1m



Coupe du mur transversale Échelle : 20mm = 1m



Coupe du mur D2 Échelle : 20mm = 1m

Légende

-  Filtre
-  Abrivent extérieur
-  Ventilateur
-  Transducteur de différentiel de pression
-  Sonde température

Note : circuit d'air étanché en aval des filtres et en amont de l'entrée d'air de la salle afin d'éviter l'entrée d'air parasite (non filtré)

Client : Ferme A	
Bâtiment : Engraissement D	
Titre du dessin : Plan de plancher de l'engraissement D et coupes	
Dessiné par : Marie-Aude Ricard, Ing. jr	Date : Février 2011
Vérifié par : Francis Poullot, Ing.	Échelle : Indiquée (Format 8.5" x 11")
 Centre de développement du porc du Québec Inc.	
2795, boul. Laurier, bureau 340 Québec, Québec G1V 4M7 Tel : (418) 650-2440 Fax : (418) 650-1626	

Annexe B

Mesure de la pression différentielle

L'amplitude de la pression peut être exprimée sous trois formes : différentielle, relative et absolue. C'est le point de référence qui différencie ces trois types de pression. La pression différentielle indique la différence de pression entre deux systèmes de pression. Le point de référence se trouve à être l'un des deux systèmes. La pression relative est la pression entre un système de pression et la pression environnementale. Dans ce cas, la pression environnementale au moment de la prise de mesure est le point de référence. C'est la mesure de pression la plus couramment utilisée. Cette pression peut prendre une valeur positive si elle est supérieure à la pression atmosphérique ou une valeur négative si elle est inférieure à la pression atmosphérique. La dernière forme de pression, la pression absolue utilise comme point de référence le vide, c'est-à-dire aucune pression ou l'absence de matière. Cette pression est toujours positive et correspond à l'addition de la pression relative et de la pression atmosphérique.

$$P_{\text{absolue}} = P_{\text{relative}} + P_{\text{atmosphérique}}$$

Dans cette étude, c'est la pression relative à l'intérieur des bâtiments qui a été mesurée et donc la pression par rapport à la pression atmosphérique. La mesure a été obtenue par des transducteurs de pression différentielle. Un transducteur de pression a deux connecteurs et un système de pression est relié à chacun d'eux. Dans le cas présent, le premier système était la pression atmosphérique (point de référence) et l'autre était celui de la salle où était installé le transducteur. La sortie analogique des transducteurs de pression était reliée à un enregistreur de données.



Transducteur de pression différentielle

Annexe C

Questionnaire santé

Essai d'un programme de vaccination régionale innovateur pour contrer le SRRP dans la région de la Beauce



Ferme : _____

Date de visite : _____

Depuis votre dernière visite quelles sont les modifications du statut sanitaire du troupeau reproducteur de ce site en ce qui a trait aux maladies suivantes ? Comment a été établi le diagnostic POSITIF ou NÉGATIF ?

	Statut sanitaire du troupeau				Fondement du diagnostic (Cocher toutes les cases qui s'appliquent)			
	Ne sait pas	Nég.	Pos. stable	Pos. actif	Tests labo	Post Mortem	Signes cliniques	Période de manifestation des signes cliniques
A. SRRP*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
B. <i>Mycoplasma</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
C. APP**	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
D. Influenza	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
E. Parvovirus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
F. <i>Leptospira</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
G. <i>E. coli</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
H. Rouget	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
I. GET***	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
J. Gale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
K. Autre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

* SRRP: *Syndrome reproducteur et respiratoire porcin*

** APP: Pleuropneumonie à *Actinobacillus*

*** GET: Gastro-entérite transmissible

Depuis votre dernière visite est-ce que les problèmes suivant ont été rencontré en engraissement ? Comment a été établi le diagnostic POSITIF ou NÉGATIF ?

	Statut sanitaire du troupeau				Fondement du diagnostic (Cocher toutes les cases qui s'appliquent)			
	Ne sait pas	Nég.	Pos. stable	Pos. actif	Tests labo	Post Mortem	Signes cliniques	Période de manifestation des signes cliniques
A. Circovirus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
B. <i>Salmonella</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
C. Iléite	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
D. Autre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Essai d'un programme de vaccination régionale innovateur pour contrer le SRRP dans la région de la Beauce



Quel est le programme de vaccination des truies de ce site ?

Nom du vaccin	Quantité reçu	Fréquence

Quel est le programme de vaccination en quarantaine / acclimatation ?

Nom du vaccin	Quantité reçu	Fréquence

Quel est le programme de vaccination des fournisseurs de cochettes ?

Nom du vaccin	Quantité reçu	Fréquence

Commentaire : _____

Signature : _____

Date : _____

