

La filtration d'air dans les bâtiments porcins : état de la situation



Mai 2013

Revue de littérature

Marie-Aude Ricard, ing.
Elizabeth Gobeil Tremblay, B. Sc. A.
Valérie Dufour, M. Sc.
Francis Pouliot, ing. MBA

© Centre de développement du porc du Québec inc.
Dépôt légal 2013
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
Bibliothèque et Archives Canada
ISBN 978-2-922276-62-6

Équipe de réalisation

Répondant	Francis Pouliot, ing. MBA Centre de développement du porc du Québec inc.
Direction scientifique	Francis Pouliot, ing. MBA Centre de développement du porc du Québec inc.
Chargé de projet	Marie-Aude Ricard, ing. Centre de développement du porc du Québec inc.
Rédaction	Marie-Aude Ricard, ing. Centre de développement du porc du Québec inc. Elizabeth Gobeil Tremblay, B. Sc. A. Centre de développement du porc du Québec inc. Valérie Dufour, M.Sc. Centre de développement du porc du Québec inc. François Pouliot, ing. MBA Centre de développement du porc du Québec inc.

Ce document est une mise à jour des revues de littérature des documents « 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 » et « 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 ».

Remerciements

Une partie du financement de ce projet a été fournie par l'entremise des conseils sectoriels du Québec, de l'Ontario, de l'Alberta, du Manitoba et de la Saskatchewan, qui gèrent le Programme canadien d'adaptation agricole (PCAA) pour le compte d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. Cette étude a également été financée par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) dans le cadre du volet 3 du Programme d'appui financier pour un secteur agroalimentaire innovateur, le Conseil canadien de la santé porcine (CCSP), R. Robitaille et fils, la Fédération des producteurs de porcs du Québec (FPPQ), Ontario Pork, Manitoba Pork, Sask Pork, Alberta Pork, le Centre de recherche de l'Institut universitaire de cardiologie et de pneumologie de Québec (CRIUCPQ) affilié à l'Université Laval, JSR Genetics (Canada Ltd.), le Prairie Swine Centre Inc. (PSCI) et le Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ).

Une partie du financement de ce projet a été assurée par Agriculture et Agroalimentaire Canada, par l'entremise du Programme canadien d'adaptation agricole (PCAA). Au Québec, la part destinée au secteur de la production agricole est gérée par le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec.



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada

**Agriculture, Pêcheries
et Alimentation**

Québec



Canadian Swine
Health Board

Conseil canadien
de la santé porcine



Fédération des
producteurs de porcs
du Québec



ONTARIO PORK



Locally Grown. Globally Preferred.



PRAIRIE
SWINE
CENTRE

Research Profits Everyone



Robitaille



CENTRE DE RECHERCHE
INSTITUT UNIVERSITAIRE
DE CARDIOLOGIE
ET DE PNEUMOLOGIE
DE QUÉBEC

AFILIÉ À  UNIVERSITÉ
LAVAL



Centre de développement
du porc du Québec inc.



Table des matières

1. La transmission des agents pathogènes par aérosol.....	1
1.1 La transmission du virus du SRRP par aérosol sous conditions expérimentales	1
1.2 La transmission du virus du SRRP par aérosol lors d'études de champ	2
2. Les autres modes de transmission du virus du SRRP et les mesures de biosécurité permettant de s'en protéger	3
2.1 Les sources de contamination potentielles	3
2.1.1 L'introduction de porcs.....	3
2.1.2 La semence.....	3
2.1.3 Les véhicules de transport.....	4
2.1.4 Les objets inanimés.....	4
2.1.5 L'humain.....	5
2.1.6 Les autres animaux et les insectes.....	5
2.1.7 La disposition du lisier et du fumier.....	5
2.1.8 Les vaccins.....	5
2.1.9 Les aiguilles.....	6
2.1.10 L'eau	6
2.1.11 L'air	6
2.1.11.1 Les infiltrations d'air dans les bâtiments sous air filtré.....	6
2.1.11.2 Les infiltrations d'air par les ventilateurs arrêtés sporadiquement	6
2.2 L'importance de la biosécurité	8
3. Études épidémiologiques sur la transmission du virus du SRRP	9
4. L'importance du syndrome reproducteur et respiratoire porcin (SRRP)	11
5. La filtration d'air dans les bâtiments porcins	13
6. Les systèmes de filtration d'air	14
6.1 Méthode de certification des filtres	14
6.2 Le filtre HEPA.....	16
6.3 Le filtre à action antimicrobienne	16
6.4 Le filtre à action mécanique.....	17
6.5 Évaluation du potentiel d'interception du virus SRRP de différents filtres	18
6.6 Les performances d'un système de filtration d'air	19
6.7 L'efficacité de la filtration d'air.....	21
6.8 Un sommaire des coûts.....	23
6.9 La disposition des filtres	24
Références	25

1. La transmission des agents pathogènes par aérosol

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 comme 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.

Les bactéries et 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 pseudorage), le virus de l'influenza, le virus du syndrome reproducteur et respiratoire porcin (SRRP), *Mycoplasma hyopneumoniae* (l'agent de la pneumonie enzootique), *Actinobacillus pleuropneumoniae* (l'agent de la pleuropneumonie), *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 exempt de la fièvre aphteuse et de la pseudorage (Broes, 2002). Toutefois, le virus de l'influenza, *Mycoplasma hyopneumoniae*, *Actinobacillus pleuropneumoniae* ainsi que le virus du SRRP comptent parmi les pathogènes les plus préoccupants pour l'industrie porcine canadienne (Broes, 2002).

À l'état libre, le virus du SRRP 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 actuellement d'importantes pertes économiques chez les producteurs (Dee *et al.*, 2009a). Le virus du SRRP et *Mycoplasma hyopneumoniae* peuvent être transmis par l'air sur une distance pouvant aller jusqu'à 9,2 km (Dee *et al.*, 2009b; Otake *et al.*, 2010). Desrosiers (2011) rapporte que *Mycoplasma hyopneumoniae* peut demeurer viable durant quatre à huit jours lorsqu'il se retrouve dans l'air sec à température de la pièce. Une récente étude menée par Corzo *et al.* (2012) a démontré que des porcs infectés à l'influenza de type A peuvent excréter des virus transmissibles par aérosol capables de voyager à l'extérieur de la ferme.

La possibilité de la transmission par aérosol du virus du SRRP a suscité la controverse pendant de nombreuses années (Cho et Dee, 2006). Toutefois, elle est maintenant reconnue. Le virus du SRRP figure donc sur la liste des pathogènes qui peuvent être transmis par aérosol entre les élevages et de nombreuses études de cas supportent ce fait (Stärk, 1999; Baekbo et Mortensen, 2001; Desrosiers, 2004).

1.1 La transmission du virus du SRRP par aérosol sous conditions expérimentales

Il a d'abord été démontré que des porcs infectés pouvaient transmettre le virus du SRRP 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.* (2005a) 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 brumisateuse et transportée dans un tuyau long de 150 m jusqu'à une chambre contenant un porc sain. Le porc sain a été infecté par le virus trois fois sur six.

Les résultats d'une étude de Tribble et Rowland (2011) ont pour leur part indiqué que le risque de propagation du virus par aérosols est faible et supportent les études précédentes démontrant que la distance de propagation du virus du SRRP par aérosols est limitée à quelques mètres. Ceci est par contre contradictoire aux dernières études indiquant que la propagation d'une souche du virus tel MN-184 par aérosols peut s'étendre sur plusieurs kilomètres. Dans l'étude de Tribble et Rowland (2011), 190 porcs infectés d'une souche aux caractéristiques semblables à MN-184 n'ont contaminé aucun des porcs situés à une distance d'environ huit mètres. La raison de cette divergence n'est pas claire, mais elle pourrait s'expliquer par la méthode utilisée pour déterminer la propagation du virus. Dans cette étude, la transmission d'un porc à l'autre a été utilisée comme indicateur de la propagation aérosolée, alors que les études effectuées auparavant utilisant la souche MN-184 mesuraient la concentration du contenu d'échantillons d'air à diverses distances de la population source.

1.2 La transmission du virus du SRRP par aérosol lors d'études de champ

La transmission du virus du SRRP 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.*, 2004a; 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 d'Otake *et al.* (2002a). Les porcs sains n'étaient exposés au virus que pendant 72 heures alors qu'ils étaient exposés au virus pendant 28 à 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 influencer la transmission du virus.

2. Les autres modes de transmission du virus du SRRP et les mesures de biosécurité permettant de s'en protéger

Avant d'installer un système de filtration d'air, il est important de penser au fait que les aérosols ne sont pas les seuls vecteurs du virus du SRRP et que le maintien d'un programme de biosécurité est essentiel pour protéger efficacement l'élevage. 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, un bon programme peut ralentir considérablement la dérive sanitaire d'un troupeau.

Le bioconfinement et la bioexclusion sont deux concepts de biosécurité pour réduire la transmission du virus du SRRP. Le bioconfinement consiste, en cas de contamination de l'élevage par des agents pathogènes, à éviter la propagation aérienne de virus vers l'extérieur afin de protéger les élevages avoisinants. Le virus est donc confiné à l'intérieur du bâtiment. Un nouveau concept de bioconfinement a d'ailleurs été développé et a été mis à l'essai dans une quarantaine au printemps-été 2012 dans le cadre d'un projet réalisé par le Centre de développement du porc du Québec. Le concept de bioexclusion, pour sa part, permet de réduire ou d'éviter l'introduction d'agents pathogènes dans un élevage, par exemple en installation des filtres à l'entrée d'air.

Cette section présente les différentes portes d'entrée du virus sur les fermes ainsi que certaines mesures de biosécurité contribuant à les contrôler. La figure 2-1 résume schématiquement toutes les voies de contamination possibles.

2.1 Les sources de contamination potentielles

2.1.1 L'introduction de porcs

Il y a d'abord l'introduction de sujets reproducteurs de remplacement qui présente un danger de contamination directe pour l'élevage. C'est pourquoi il est suggéré de ne faire affaire 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, sans système de bioconfinement, 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 cinq à sept jours avant leur entrée dans le troupeau reproducteur (Pitkin *et al.*, 2009a). Une question demeure : est-ce que l'air sortant des ventilateurs de la quarantaine doit être filtrée en période de quarantaine, sachant que le vSRRP peut se transporter sur plus de 9,2 km en cas d'une éventuelle contamination ?

2.1.2 La semence

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

2.1.3 Les véhicules de transport

Les véhicules peuvent également transporter des 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 venant 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 virus du SRRP 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.* (2009a) est le suivant : enlèvement de la matière organique; lavage; désinfection avec des produits ayant démontré leur efficacité comme Synergize (concentration de 0,8 %) ou Virkon (concentration de 1 %) appliqués pour une période minimale de deux heures; et séchage. Le séchage est l'étape la plus importante du protocole. Le même protocole est recommandé pour la désinfection des installations ayant accueilli des animaux infectés par le virus du SRRP.

2.1.4 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 comprennent maintenant une chambre de désinfection permettant de désinfecter par fumigation le matériel qui entre dans les élevages.

Les produits Synergize et Virkon sont d'ailleurs recommandés pour leur efficacité reconnue contre le virus du SRRP (Pitkin *et al.*, 2009a). Dee *et al.* (2004c) ont démontré que l'utilisation de bottes jetables en plastique, l'utilisation de pédiluves contenant de l'hypochlorite et l'application de la méthode d'expédition « bag-in-a-box » (consiste à utiliser une boîte de carton dans laquelle y est placé un sac de plastique contenant le matériel à expédier), prévenaient efficacement la transmission du virus du SRRP. Des combinaisons propres devraient également être disponibles dans chaque bâtiment et être lavées régulièrement (Pitkin *et al.*, 2009a). 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 ($< 0^{\circ}\text{C}$) 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.

2.1.5 L'humain

Le virus du SRRP 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 d'entrée danoise (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'une entrée danoise composée de trois zones : une zone contaminée, une zone de transition comprenant une douche ou un lavabo et une zone propre (l'élevage). Il est aussi suggéré d'opérer un contrôle strict des gens qui entrent dans l'élevage (Broes et Boutin, 2002).

2.1.6 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).

Zimmerman *et al.* (1997) ont démontré que le canard malard est sensible au virus du SRRP et que le virus excrété dans ses fèces peut infecter des porcs. Trincado *et al.* (2004b) ont pour leur part démontré le contraire. Selon les conditions expérimentales de leur étude, il n'a pas été possible de démontrer que le virus du SRRP puisse se transmettre des porcs vers les canards malards ou des canards malards vers les porcs. Ils expliquent la différence des résultats possiblement par deux différences majeures entre les deux études : elles n'ont pas utilisé la même souche du virus et les canards n'avaient pas le même âge. Pitkin *et al.* (2009a), appuient ces faits en mentionnant qu'il a été démontré que le virus du SRRP infecte seulement les porcs et qu'aucun autre mammifère, oiseau ou insecte ne peut servir de vecteur biologique au virus.

Il faut également 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, 2007a). Les mouches (Otake *et al.*, 2004; Pitkin *et al.*, 2009b) et les moustiques (Otake *et al.*, 2002c) peuvent servir de vecteurs mécaniques et transmettre le virus du SRRP sous conditions expérimentales. De plus, Schurrer *et al.* (2004) ont démontré en conditions de terrain que les mouches pouvaient cueillir le virus sur des animaux infectés par le virus du SRRP et le transporter sur une distance d'au moins 2,3 km.

2.1.7 La disposition du lisier et du fumier

Même s'il n'a pas encore été clairement établi que le virus du SRRP 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).

2.1.8 Les vaccins

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

2.1.9 Les aiguilles

Dans les élevages commerciaux, les porcs reçoivent de nombreuses injections de vaccins et d'antibiotiques et les producteurs changent rarement d'aiguille entre les animaux étant donné les contraintes de temps et de coûts (Otake *et al.*, 2002d). Les résultats obtenus dans leur étude laissent croire que des aiguilles contaminées par le virus du SRRP peuvent servir de vecteur mécanique de contamination.

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.*, 2009a).

2.1.10 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).

2.1.11 L'air

L'air étant aussi un vecteur de transmission du virus du SRRP, il est important de porter une attention particulière en ce qui concerne l'étanchéité du bâtiment, lorsqu'il est muni d'un système de filtration d'air, et des équipements.

2.1.11.1 Les infiltrations d'air dans les bâtiments sous air filtré

L'inconvénient majeur d'un bâtiment sous air filtré opérant en ventilation sous pression négative (les ventilateurs aspirent l'air vicié intérieur et le poussent vers l'extérieur) vient des entrées d'air parasite potentielles que peuvent constituer les cadrages de portes et fenêtres, les joints du bâtiment, les cadres à volets des ventilateurs arrêtés, le quai de chargement, les conduites d'alimentation traversant les murs extérieurs, etc. Lorsque les ventilateurs expulsent l'air vers l'extérieur, il se crée un vide partiel dans le bâtiment, permettant l'entrée d'air frais par les entrées d'air, mais aussi par toutes autres ouvertures. L'ensemble de l'enveloppe d'un bâtiment sous air filtré devient une barrière contre l'entrée des virus et doit être le plus étanche possible, car l'efficacité d'un bâtiment sous air filtré dépend de l'efficacité du système de filtration, mais aussi de l'étanchéité du bâtiment.

2.1.11.2 Les infiltrations d'air par les ventilateurs arrêtés sporadiquement

Des enquêtes techniques effectuées sur des fermes québécoises munies de système de filtration d'air ayant été contaminées par le virus du SRRP ont révélé qu'il y a un risque important de contamination par des entrées d'air parasite, c'est-à-dire non filtré. Des tests fumigènes ont démontré que les volets traditionnels ne sont pas suffisamment étanches et permettent des infiltrations d'air parasite potentiellement contaminé. L'important niveau d'infiltration d'air par les volets traditionnels des ventilateurs en arrêt sporadique engendre ainsi un risque significatif de contamination du troupeau par voie aérienne.

Une étude d'Alonso *et al.* (2012) menée dans un bâtiment ventilé en pression négative a démontré qu'un véritable risque d'introduction du virus du SRRP peut exister lorsqu'il y a une introduction d'air ayant une vitesse minimum de 0,76 m/s par les ventilateurs temporairement inactifs et protégés seulement par un cadre à volets conventionnels en plastique, ce qui représente un risque majeur pour les bâtiments ventilés en pression négative. L'étude menée

par Alonso *et al.* (2012) avait aussi pour objectif de valider les produits disponibles commercialement et ayant été conçus en prévention de ce risque. Cinq produits commerciaux conçus pour prévenir l'infiltration d'air par les ventilateurs inactifs ont été testés : le cadre à volets conventionnels en plastique, ce même cadre à volets auquel une couverture de toile a été ajoutée, la manche à vent en nylon, un cadre à volets en aluminium combiné à une manche à vent en nylon et finalement un cadre à volets en aluminium combiné au cadre à volets conventionnels en plastique. Une infiltration d'air contaminé par le virus du SRRP a été observée lors des essais avec le cadre à volets conventionnels en plastique et avec ce même cadre à volets auquel est ajoutée une couverture de toile. Aucune introduction de virus du SRRP n'a été observée avec les autres traitements. Cette étude démontre que certaines solutions testées n'offrent pas une protection complète contre l'infiltration d'air et risque donc une contamination par le virus du SRRP. Par contre, un système de volets doubles ou de volets en combinaison avec une manche à vent semble éliminer ce risque.

Le Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ) a aussi démontré que les volets traditionnels ne sont pas suffisamment étanches et qu'il est possible de réduire de façon efficace ces infiltrations d'air par l'installation d'un système anti-retour d'air. Les volets traditionnels ainsi que quatre produits disponibles sur le marché, dont le volet motorisé fabriqué par la compagnie Trolec, le volet en aluminium à ressorts de la compagnie Automated Production Systems (AP), la manche à vent en tissu ainsi que le produit « No BackDraft » de Conception Ro-Main ont été testés en mode laboratoire et en ferme. L'étanchéité et la restriction de débit d'air que ces produits occasionnent ont été évaluées sur deux bancs d'essai distincts. Sur les quatre systèmes anti-retour d'air évalués (pour un ventilateur fonctionnant à pleine vitesse et une pression statique de 0,1 po d'eau, considérant une double protection en conservant les volets traditionnels), deux se sont démarqués par leur efficacité à réduire les infiltrations d'air, soit la manche à vent et le « No BackDraft » qui permettent, en combinaison avec le volet traditionnel, une réduction de l'infiltration d'air de 84 % et 96 %, respectivement, par rapport aux volets traditionnels. En restriction d'air, c'est la combinaison de la manche à vent et des volets traditionnels (double protection recommandée) qui crée le plus de restriction du débit d'air, soit une réduction de 23 % du débit par rapport au ventilateur avec les volets traditionnels, tandis que le « No BackDraft », avec les volets traditionnels (double protection), représente une diminution de 15 % (considérant un ventilateur de type marche/arrêt opérant en débit maximum et une pression statique de 0,1 po d'eau).

Nagorske *et al.* (2012) rapportent également des résultats intéressants obtenus lors d'essais portant sur l'efficacité du nouveau clapet anti-retour d'air « No BackDraft » à éviter l'entrée d'air parasite par les ventilateurs en arrêt dans un système en pression négative. Le clapet anti-retour installé sur un ventilateur qui n'était pas en fonction a empêché la transmission d'un aérosol artificiel contenant du virus SRRP brumisé directement vers le clapet alors que le virus du SRRP a été retrouvé à l'intérieur du bâtiment lorsque le clapet a été laissé ouvert intentionnellement. Le clapet a également empêché la transmission du virus lorsque le ventilateur sur lequel il était installé a été démarré et arrêté.

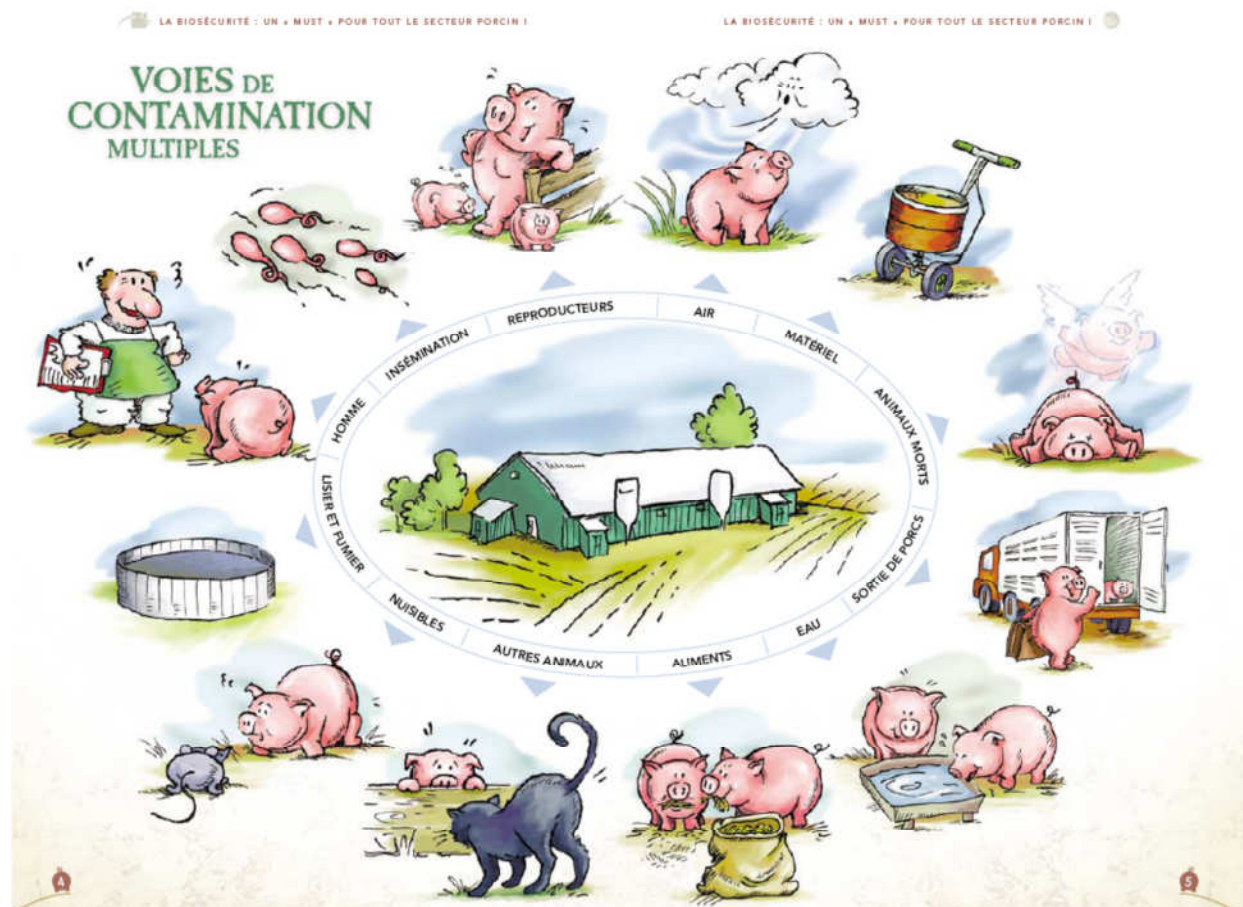


Figure 2-1 Multiples voies de contamination
(Tiré de : Biosécurité : un « must » pour tout le secteur porcin !)

2.2 L'importance de la biosécurité

La biosécurité doit faire partie de tout programme visant à empêcher l'introduction du virus du SRRP dans un élevage. L'importance de la biosécurité a été soulignée par Pitkin *et al.* (2007) qui ont évalué son influence sur la transmission du virus du SRRP. Leur modèle comprenait trois fermes naïves présentant des niveaux de biosécurité différents et se trouvant toutes à 120 m de distance d'une ferme contaminée. La première (aucune intervention) représentait le faible niveau de biosécurité, la deuxième (appliquant un protocole de biosécurité visant les insectes, les objets inanimés, le personnel et le transport) représentait le niveau moyen de biosécurité, et la troisième (équipée d'un système de filtration d'air et appliquant le même protocole de biosécurité que la deuxième) représentait le niveau de biosécurité élevé. L'étude s'est déroulée sur une période d'un an et le protocole a été répété 26 fois. Vansickle (2007a) rapporte qu'il n'y a eu aucune transmission du virus sur la ferme ayant un niveau de biosécurité élevée alors que la ferme ayant un niveau de biosécurité moyen a été infectée par le virus du SRRP 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. Ces résultats démontrent bien que l'application d'un protocole de biosécurité réduit les risques d'introduction du virus du SRRP dans un élevage et qu'un système de filtration d'air procure une protection supplémentaire.

3. Études épidémiologiques sur la transmission du virus du SRRP

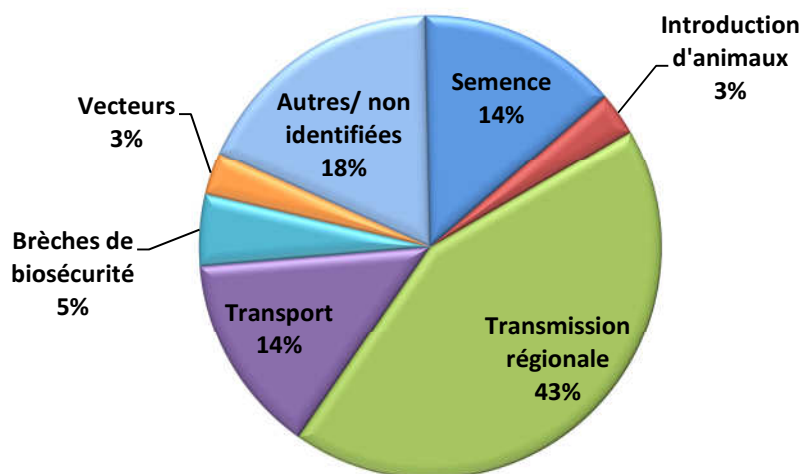
Quelques études épidémiologiques ont fourni l'évidence de la transmission par aérosol du virus du SRRP entre les élevages.

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 virus du SRRP 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 virus du SRRP par aérosol entre les élevages. La caractérisation génomique fournit de précieux renseignements, car le virus du SRRP est génétiquement très variable. Cette technique consiste à amplifier et à 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 d'une éclosion de cas de SRRP en Iowa, ils ont séquencé la souche 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 et 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 négatives au regard du virus du SRRP. 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'était pas la principale porte d'entrée du virus puisque 83 % des cas de contamination n'étaient pas associés à ces modes de transmission (figure 3-1). Dans 43 % des cas, la transmission régionale a été établie 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 montre une plus grande facilité du virus à survivre dans des conditions froides et humides.



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

Figure 3-1 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 virus du SRRP 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 par une souche semblable, appartenaient à des propriétaires différents faisant affaire avec des fournisseurs d'aliments et d'animaux différents ainsi que des équipes différentes de conseillers techniques (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 virus du 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.

4. L'importance du syndrome reproducteur et respiratoire porcin (SRRP)

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) 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. En 1999, il était estimé que 80 % des troupeaux canadiens étaient infectés par le virus 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 (Dewey, 1999). Selon Mussell *et al.* (2011), il n'existe pas de statistiques sur la prévalence du virus SRRP dans les fermes porcines canadiennes; au lieu de statistiques officielles, on réfère aux expériences connues en lien avec le SRRP afin de fournir des estimations de l'effet global. Par exemple, la Fédération des producteurs de porcs du Québec (FPPQ) a observé que 60 % des fermes sont touchées tous les deux ans par un épisode de SRRP et que 30 % le sont tous les quatre ans (Pettigrew, 2011). La Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal (FMV, 2007) mentionne que jusqu'à 90 % des troupeaux sont infectés par le virus du SRRP dans certaines régions à forte densité animale. Pour l'ensemble du Québec, ce serait 50 % des finisseurs qui seraient infectés par le virus du 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 les pertes annuelles à 150 M\$ pour l'industrie porcine canadienne (FMV, 2007). Les pertes pour une ferme porcine canadienne atteindraient de 250 à 460 \$/truite/année lorsque le troupeau est atteint de SRRP chronique ou s'il est affecté par une nouvelle crise aiguë (Mussell, 2010). Au Québec, les pertes sont estimées à 322,89 \$/truite/épisode (Surprenant, 2010). Du côté américain, les pertes économiques entraînées par le SRRP s'élèvent approximativement à 664 M\$ US par année soit 1,8 \$ millions par jour (NPB, 2011). Malakowsky (2011a) mentionne que dans un élevage naisseur-vente au sevrage, le coût relié à une crise due au virus du SRRP se situera entre 80 à 170 \$ US par truie en fonction de l'ampleur.

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 par truie. Ils concluent également que les pertes dues à l'infection persistante au SRRP dans les troupeaux naisseurs et finisseurs varient de 6,25 à 15,25 \$ US par porc à la suite de l'analyse des informations fournies 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.

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 suivant 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*. Considérant 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.

Haden *et al.* (2012) ont confirmé qu'une combinaison de deux agents pathogènes a plus d'impact sur les performances zootechniques et engendre des pertes supérieures comparées à l'impact généré par ces deux agents pathogènes pris séparément. La combinaison ayant l'impact économique le plus important est la combinaison SRRP-influenza, occasionnant des pertes de 10,41 \$ US/place en élevage.

5. La filtration d'air dans les bâtiments porcins

C'est en France (Bretagne), au milieu des années 1990, que les premières fermes porcines (centres d'insémination) ont commencé à installer des systèmes de filtration d'air. Ces bâtiments étaient équipés de systèmes de filtration d'air de type HEPA (High Efficiency Particulate Air). Étant donné les pertes de charge importantes occasionnées par ce type de système, les bâtiments devaient être ventilés en pression positive. Vers la fin des années 1990, l'implantation de ce type de système s'est élargie aux éleveurs sélectionneurs de type naisseur-finiisseur (Coudé, 2004).

En Amérique du Nord, c'est au Canada et plus particulièrement dans la province de Québec qu'ont été installés, en 2003, les premiers systèmes de filtration d'air en bâtiments porcins sur deux sites d'un centre d'insémination artificielle (CIA). Les bâtiments de ce CIA étaient équipés de filtres HEPA et ventilés en pression positive. Aujourd'hui, les CIA d'importance au Québec sont pratiquement tous sous air filtré avec des filtres HEPA. En 2004, un élevage naisseur-finiisseur s'est également équipé de ce même système.

À partir de 2005, étant donné le coût élevé des systèmes HEPA, plusieurs travaux de recherche et développement ont été menés aux États-Unis et au Canada sur divers types de filtres afin de réduire les coûts. Ces travaux se sont concentrés sur des systèmes de ventilation en pression négative afin de faciliter l'adaptation des bâtiments existants.

Au Canada, il y a à ce jour environ 30 élevages porcins munis de système de filtration d'air dont la majorité se trouve au Québec. Aux États-Unis, 98 bâtiments sont actuellement munis de système de filtration d'air (dont entre autres 62 maternités et 26 verrateries) (Reicks, 2012, communication personnelle).

6. Les systèmes de filtration d'air

6.1 Méthode de certification des filtres

En Amérique du Nord, c'est l'American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers Inc. (ASHRAE) qui établit les standards permettant de mesurer leur efficacité 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 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). Les filtres grossiers peuvent être classés G1 à G4 tandis que les filtres fins peuvent être classés F5 à F9. À titre d'exemple, un filtre coté F9 présente une efficacité supérieure à 95 % pour les particules de 0,4 μm (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) (tableau 1). 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).

Dutertre *et al.* (1995) expliquent les différentes méthodes permettant de tester les filtres. Tout d'abord, la méthode ASHRAE gravimétrique permet de mesurer l'efficacité des filtres qui sont utilisés comme préfiltres grossiers. Il faut toutefois prendre garde à l'interprétation des valeurs obtenues à partir de cette méthode, car l'efficacité du filtre est calculée à partir de la masse de poussière non retenue par le média filtrant, donc plus la valeur est élevée, moins le filtre retient de poussière. Il y a ensuite la méthode ASHRAE opacimétrique qui s'applique aux filtres à haute efficacité. Une valeur globale d'efficacité exprimée sur une échelle de 1 à 16 appelée « Minimum Efficiency Reporting Value (MERV) » dérive de ce test. Par exemple, les filtres cotés MERV 13 à 16 ont une efficacité de 80 à 95 % pour les particules de 0,3 à 1 μm et les filtres cotés MERV 9 à 12 ont une efficacité de 40 à 75 % pour les particules de 1 à 3 μm de diamètre (Rosenthal, 2007). Finalement, la méthode au dioctylphtalate (DOP) permet d'évaluer le rendement des filtres à très haute efficacité tels les filtres HEPA. Le Comité européen des constructeurs de matériel aéraulique a défini un classement EUROVENT des filtres basé sur ces trois méthodes (Dutertre *et al.*, 1995). Les filtres testés selon la méthode gravimétrique sont classés EU 1 à EU 4, les filtres testés selon la méthode ASHRAE opacimétrique sont classés EU 5 à EU 9 et les filtres testés selon la méthode DOP sont classés EU 10 à EU 14.

Il est à noter que les méthodes de classification de l'ASHRAE ne prennent pas en compte l'effet antimicrobien dont sont dotés certains filtres; elles sont basées uniquement sur le pouvoir de filtration mécanique des médias filtrants. Aucune méthode standardisée ne mesure l'efficacité des filtres à rendre non viables les bactéries ou les virus entrant en contact avec un produit antimicrobien.

Tableau 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 ≤	-

Le système de filtration doit pouvoir intercepter efficacement le virus du SRRP et il est important de bien comprendre comment se présente le virus pour choisir le filtre approprié. Reicks (2006) rapporte le diamètre de quatre agents infectieux affectant l'espèce porcine et qui peuvent être transmis par voie aérienne : le virus de l'influenza porcine (0,080 à 0,120 µm), le virus du SRRP (0,050 à 0,065 µm), le circovirus porcin (0,0017 à 0,0022 µm) et le *Mycoplasma* (0,3 à 0,9 µm). Comme la taille du virus de l'influenza, du virus du SRRP et du circovirus porcin est inférieure à 0,2 µm, ils devraient en théorie pouvoir traverser un filtre HEPA. Toutefois, puisqu'ils survivent mal à l'état libre, les virus sont souvent transportés par des aérosols (Dutertre, 1995). Puisque, selon Hirst (1995), les bioaérosols ont un diamètre variant de 0,5 à 100 µm, il devient possible d'intercepter les virus véhiculés de cette façon à l'aide d'un filtre HEPA ou d'un autre genre de filtre.

Divers types de filtres ont fait l'objet d'évaluation en regard de leur efficacité à éviter la contamination aérienne des troupeaux porcins par le virus du SRRP et par le mycoplasme. Ces filtres peuvent avoir une action mécanique ou antimicrobienne.

6.2 Le filtre HEPA

Selon Reicks (2009), les virus de l'influenza porcine et du SRRP sont capables de passer au travers des filtres HEPA, mais les particules qui les véhiculent ne peuvent passer (généralement des bioaérosols 0,4 à 0,7 μm).

Dee *et al.* (2005b) ont évalué la capacité d'un système de filtration de type HEPA à empêcher la transmission par aérosol du virus du SRRP. Ce filtre HEPA (filtre à haute efficacité contre les particules aériennes) retient les particules de $\geq 0,3 \mu\text{m}$ avec un taux d'efficacité de 99,99 %. Deux installations ont été réalisées pour cette expérience. Les installations étaient composées de deux pièces reliées par un tuyau de 1,3 m. Une des installations comprenait un système de filtration de la compagnie Fancom Agri-Computers, adapté au modèle expérimental, qui filtrait l'air entre les deux pièces alors que l'autre installation n'en comprenait pas. Le système de filtration était composé de trois niveaux de filtration, soit un préfiltre à 20 % gravimétrique (grillage) interceptant les insectes et les débris, un filtre à sac à 95 % opacimétrique classé EU 8 et un filtre HEPA 99,99 % DOP classé EU 13. Cinq porcs infectés de la souche MN-184 du virus étaient placés dans la première pièce et un porcelet sain dans la deuxième. Dans l'installation sans filtre, la transmission du virus s'est produite dans six des vingt répétitions alors que dans l'installation filtrée, aucun des vingt porcs sains n'est devenu positif au regard du SRRP, démontrant ainsi que le filtre HEPA réduit de façon significative la transmission aérienne du virus du SRRP.

Fancom Eurl a été le premier constructeur à équiper une ferme porcine avec un système de filtration d'air de type HEPA en 1996 (Innovet, 2006). En 1997, Cooperl a proposé ce système à ses éleveurs sélectionneurs (Coudé, 2004). Quinze fermes de Bretagne, région de la France avec la plus grande population de porcs, en sont maintenant équipées (Leriche, P. février 2008, communication personnelle). Onze fermes supplémentaires sont équipées d'un système de filtration du même genre avec d'autres compagnies et aucune depuis n'a perdu son statut SRRP négatif (Desrosiers, 2005).

Pour opérer avec ces filtres, le bâtiment doit être équipé d'un système de ventilation à pression positive (Dee *et al.*, 2005b). Le Centre d'insémination porcine du Québec a payé plus d'un million de dollars pour l'installation de ce système et tout ce qui en découle dans ses deux élevages (550 verrats au total) (Parent, 2004). En France, les coûts d'installation varient entre 1 000 et 1 500 € par truie pour un naisseur-finisser et entre 500 et 1 000 € par verrat pour un centre d'insémination (Desrosiers, 2005). En raison de son coût élevé, la plupart des troupeaux commerciaux ne peuvent pas envisager l'installation d'un filtre HEPA. C'est pourquoi les recherches se poursuivent afin de trouver un système de filtration moins coûteux (Desrosiers, 2004).

6.3 Le filtre à action antimicrobienne

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). Ce filtre comprend plusieurs couches de membranes antimicrobiennes offrant à la fois une filtration mécanique jumelée à l'action antimicrobienne des agents intégrés dans la fibre du média. La propriété de ces agents antimicrobiens est de rendre non viables les virus et bactéries entrant en contact avec eux. Ce filtre a été conçu spécifiquement pour le milieu agricole afin d'en faciliter l'adaptation aux bâtiments existants. Il est disponible en deux niveaux de protection, soit 10 ou 15 couches (le nombre de couches peut également varier selon le

besoin) et deux modèles sont proposés avec différentes capacités et dimensions : le filtre de type cubique, pouvant être installé sur des entrées d'air dans les entretoits et le filtre de type rideau pouvant être installé sur des entrées d'air linéaires autant à l'extérieur du bâtiment que dans l'entretoit. Bien que ce filtre soit lavable, le fabricant recommande d'installer un préfiltre afin de réduire le taux d'encrassement et les fréquences de lavage.

Les trois mécanismes physiques suivants se produisent lors du passage des particules à travers le filtre et permettent le blocage et l'aseptisation du virus du SRRP, soit : l'inertie, l'interception et la diffusion (Noveko, 2008).

D^{re} Batista de l'Université de Montréal a démontré l'efficacité du système de filtration antimicrobien Noveko à bloquer le passage du virus du SRRP (Batista *et al.*, 2008a). Le Dr Dee de l'Université du Minnesota a confirmé son efficacité de filtration et a aussi démontré que le virus du SRRP était inactivé par les agents antimicrobiens du filtre Noveko (Dee *et al.*, 2009c).

D^{re} Batista a également évalué l'efficacité des filtres commercialisés par Noveko après 16 mois d'exposition à des conditions environnementales de production porcine commerciale. Dans les conditions expérimentales de cette étude, les résultats obtenus ont démontré que la technologie de Noveko conserve sa performance à éviter la transmission aérienne du virus du SRRP pour au moins 16 mois d'utilisation continue sur un bâtiment porcin exposé à des conditions climatiques extrêmes (Batista *et al.*, 2009).

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).

En 2008, les coûts d'utilisation des filtres antimicrobiens Noveko dans un bâtiment de maternité étaient évalués à environ 2 \$/porcelet produit. Ces coûts sont calculés pour un système de filtration standard de 10 couches de filtres antimicrobiens lavés trois fois par année et remplacés tous les deux ans (Batista *et al.*, 2008b). Aujourd'hui, ces coûts ont significativement diminué.

6.4 Le filtre à action mécanique

Ce type de filtre capte les particules de l'air lorsqu'elles entrent en contact avec la surface des fibres du média et y adhèrent. Présentement, il y a deux fabricants de filtres à action mécanique sur le marché porcin, soit : Camfil Farr et AirGuard®. Ils ont développé des filtres à caisson en forme de « V » dont le média est plissé.

Le fabricant Camfil Farr propose au secteur porcin le filtre dont le nom commercial est « PathogenBarrier ». Ce filtre est disponible en deux catégories d'efficacité : L6 et L9 correspondant à des classifications MERV 14 et 16 respectivement. Le filtre L9 offre le plus haut niveau de protection tandis que le L6 peut être utilisé lorsque le risque de contamination est plus faible. Le fabricant AirGuard® offre également un filtre en forme de « V » classé MERV 15 dont le nom commercial est « Vari+Plus® AG ». Ces filtres mécaniques n'étant pas lavables, il faut utiliser un préfiltre efficace en amont pour bloquer les plus grosses particules et augmenter leur durée de vie.

Le standard utilisé sur les fermes porcines correspondait à la classification MERV 16, mais depuis les trois dernières années, en raison des coûts, certaines fermes américaines ont commencé à utiliser des filtres classés MERV 14 (Devries, 2012). Certaines études ont démontré que ce type de filtre réduit significativement le risque de contamination d'un élevage par voie aérienne (Dee *et al.*, 2010; Dee *et al.*, 2011).

6.5 Évaluation du potentiel d'interception du virus SRRP de différents filtres

Dee *et al.* (2006a) ont testé divers types de filtres ayant le potentiel d'intercepter le virus du SRRP. Ils ont utilisé les mêmes installations, mais cette fois, un brumisateurs vaporisant le virus remplaçait les porcs infectés. Trois méthodes de filtration ont été testées : la filtration de type HEPA, un système d'irradiation par rayons ultraviolets (UV) et un système composé d'une moustiquaire (préfiltre), un filtre à fournaise en fibre de verre (MERV 4) et un filtre électrostatique à fournaise (MERV 12) classé EU 3. Le filtre HEPA a été significativement plus efficace que les autres filtres puisqu'aucun des dix porcs n'est devenu positif au regard du SRRP. Neuf porcs sur dix sont devenus positifs au regard du SRRP lorsqu'aucun filtre n'était utilisé, huit sur dix avec le système d'irradiation par UV et quatre sur dix avec la moustiquaire combinée au filtre à fournaise.

Lors de l'expérience suivante, Dee *et al.* (2006b) ont utilisé les mêmes installations pour tester quatre méthodes de filtration : la filtration de type HEPA; un système « HEPA-like » (Cho et Dee, 2006) composé de filtres pli-sur-pli jetables avec une cote d'efficacité de 95 % pour les particules de DOP ayant un diamètre de 0,3 µm ou plus et des cotes EU 9 et MERV 15; un système composé d'un préfiltre en grillage 20 % gravimétrique et d'un filtre à sac 95 % opacimétrique classé EU 8 et MERV 14; et finalement, un système composé d'une moustiquaire (préfiltre), de deux filtres à fournaise en fibre de verre (MERV 4) et de deux filtres électrostatiques à fournaise classés EU 3 et MERV 12. Pour la première étape, aucun porc sur dix n'est devenu positif au regard du SRRP avec le filtre HEPA ou le filtre « HEPA-like », alors que deux porcs sur dix le sont devenus avec le filtre à sac, quatre sur dix avec les filtres à fournaise, et dix sur dix lorsqu'aucun filtre n'était utilisé.

Pour la deuxième phase qui opposait le filtre HEPA au filtre « HEPA-like », seul le filtre HEPA a complètement empêché la transmission du virus avec tous les porcs qui sont demeurés négatifs au regard du SRRP sur soixante-seize répétitions alors que deux porcs sur soixante-seize sont devenus positifs au regard du SRRP avec le filtre « HEPA-like ». Comme le filtre « HEPA-like » doit normalement retenir les particules de 1,0 à 10,0 µm avec un taux d'efficacité de 90 %, il aurait normalement dû démontrer une plus grande efficacité si les particules avaient eu un diamètre de 0,5 à 100 µm tel que rapporté par Hirst (1995). Mais Dee *et al.* (2006b) soulignent que les particules vaporisées par le brumisateurs avaient un diamètre de 0,3 à 3,0 µm. Selon Dee *et al.* (2006b), le filtre 95 % DOP sur 0,3 µm peut donc représenter une option intéressante en considérant son coût d'implantation, sa compatibilité avec le système de ventilation à pression négative et le niveau de risque que le producteur est prêt à accepter.

Le filtre 95 % DOP sur 0,3 µm testé par Scott Dee et son équipe a été installé sur quelques fermes aux États-Unis et il semblait prévenir l'introduction du virus du SRRP, de l'influenza ainsi que du *Mycoplasma hyopneumoniae* (Dee, 2007). Selon Dee (2006), il présente l'avantage de fonctionner dans des bâtiments équipés d'un système de ventilation à pression négative et de coûter 10 % du prix d'un système de filtration de type HEPA. Pohl (2007) rapporte des résultats satisfaisants sans réapparition de la maladie dans quatre centres d'insémination de 200 à 250 têtes. Un de ces centres d'insémination avait connu un épisode de SRRP en 2005 alors qu'une ferme contaminée par le virus du SRRP se trouvait à environ 1,25 km d'un des sites.

Vansickle (2007b) rapporte qu'après deux ans et demi de travail avec 15 entreprises situées dans des régions à forte densité porcine du Minnesota et ayant installé différents systèmes de filtration, le Dr Reicks n'a observé aucune apparition de SRRP durant les périodes de filtration complète. Trois épisodes de SRRP sont survenus pendant l'été alors que l'air n'était pas filtré. Environ 75 % de ces fermes avaient déjà connu des épisodes de SRRP.

6.6 Les performances d'un système 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. La durée de vie des filtres peut varier de trois à cinq ans et habituellement, les préfiltres sont lavés ou remplacés à tous les six ou douze mois. 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 les trois quarts 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 (Price *et al.*, 1993; Kemp *et al.*, 1995; 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 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 microorganismes 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 d'agents 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 microorganismes 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 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 microorganismes 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.

6.7 L'efficacité de 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). Diverses études ont démontré que la filtration d'air diminuait significativement le risque de contamination d'un élevage.

Selon Reicks (2010), sur 38 fermes sélectionnées (21 verreries, 12 maternités, 3 fermes de recherche et 2 sites d'engraissement), la filtration d'air a réduit le taux de crise annuelle passant de 34 % avant filtration à 8 % après filtration partielle et à 4 % pour les fermes 100 % filtrées. Ces statistiques sont basées sur le nombre d'années-ferme, indiquant le nombre d'années d'existence de la ferme dans les cinq ans avant l'implantation de la filtration d'air, puisque quelques fermes avaient moins de cinq ans d'existence au moment de la filtration.

Dee *et al.* (2010) rapportent les résultats d'une étude pilote à échelle commerciale conduite sur une période d'un an (septembre 2008 à août 2009) sur sept sites d'élevage localisés au sud du Minnesota et au nord-ouest de l'Iowa dans des régions à haute densité porcine. Deux fermes étaient équipées de système de filtration d'air (pression négative), l'une utilisant un système de filtration MERV 16 et l'autre MERV 14 (Camfil Farr), tandis que les cinq autres fermes n'étaient pas sous air filtré. Durant l'étude, les deux fermes sous air filtré n'ont montré aucun signe clinique de contamination et aucune introduction de virus. Les cinq fermes sans système de filtration d'air ont pour leur part été contaminées avec de nouvelles souches de virus du SRRP.

Une étude de quatre ans réalisée par Dee *et al.* (2011) sur la ferme expérimentale de l'Université du Minnesota, représentant un modèle de production régionale, a permis d'évaluer la capacité de filtres à air commerciaux à protéger les élevages contre la transmission aérienne du virus du SRRP et de *Mycoplasma hyopneumoniae* (*M. hyo.*). Cette étude a permis de simuler la contamination de fermes naïves. Quatre bâtiments ont été impliqués : le bâtiment 1 représentait la source de bioaérosols pour les environs (porcs contaminés au virus du SRRP et *M. hyo.*) et était situé à 120 m des autres bâtiments. Les autres bâtiments contenaient pour leur part des porcs naïfs. Le bâtiment 2 servant de contrôle n'était pas filtré, tandis que les bâtiments 3 et 4 étaient filtrés par différents types de filtres (mécaniques et antimicrobiens; Tableau 2). Plusieurs répétitions ont eu lieu durant l'étude; une répétition consistait en un lot de 10 à 20 porcs pendant une période de 2 à 4 semaines.

Tableau 2 Résumé des essais effectués pendant l'étude se déroulant sur quatre ans

Année	Agents pathogènes testés	Types de filtres testés
1	vSRRP	Bâtiment 1 : contaminé Bâtiment 2 : non filtré Bâtiment 3 : MERV 16
2	vSRRP et M. hyo.	Bâtiment 1 : contaminé Bâtiment 2 : non filtré Bâtiment 3 : MERV 16
3	vSRRP et M. hyo.	Bâtiment 1 : contaminé Bâtiment 2 : non filtré Bâtiment 3 : MERV 14 Bâtiment 4 : antimicrobien
4	vSRRP et M. hyo.	Bâtiment 1 : contaminé Bâtiment 2 : non filtré Bâtiment 3 : MERV15 électrostatique Bâtiment 4 : filtre antimicrobien usagé (2 ans d'utilisation sur ferme porcine)

La transmission aérienne du virus du SRRP et de *Mycoplasma hyopneumoniae* a été retrouvée dans respectivement 43 % et 34 % des répétitions effectuées dans le bâtiment 2 (non filtré). Par contre, aucune infection n'a été retrouvée dans les bâtiments 3 et 4, peu importe le type de filtre utilisé (Tableau 3). Tous les types de filtres testés ont réduit le risque de transmission aérienne de ces deux agents pathogènes de façon égale.

Tableau 3 Résumé des événements où il y a eu contamination des animaux selon l'agent pathogène et le type de filtre utilisé durant l'étude de quatre ans réalisée à l'Université du Minnesota

Agent pathogène	Sans filtration	Type de filtre				
		MERV 16	MERV 14	Antimicrobien (neuf)	Antimicrobien (usagé)	MERV 15 électrostatique
vSRRP	28/65	0/39	0/13	0/13	0/13	0/13
<i>Mycoplasma hyopneumoniae</i>	17/39	0/13	0/13	0/13	0/13	0/13

Afin d'analyser l'occurrence de nouvelle contamination au virus du SRRP, Dee *et al.* (2012) ont mené entre septembre 2008 et janvier 2012 une étude sur 38 sites d'élevage sélectionnés. L'effet de la filtration d'air à long terme sur la réduction de l'occurrence de nouvelles contaminations au virus du SRRP a été démontré. Cette étude incluait la probabilité d'une contamination dans les élevages filtrés (ventilés sous pression négative et utilisant des filtres de la compagnie Camfil Farr ou Clarcor) et non filtré de même que la probabilité de contamination avant et après l'implantation de la filtration. Les résultats ont démontré que le taux de nouvelles contaminations dans les élevages sous air filtré étaient significativement inférieures aux élevages non filtrés. Les probabilités d'avoir une nouvelle contamination dans les élevages avant filtration étaient environ huit fois plus élevée qu'après que la filtration soit initiée. Au cours

de l'étude, huit nouvelles introductions de virus du SRRP ont eu lieu dans les élevages filtrés alors que 89 nouvelles introductions ont eu lieu dans les élevages non filtrés.

Selon Reicks (2012, communication personnelle), en septembre 2012, pour tous les types de production, le taux de contamination annuel de 98 fermes américaines s'élevait à 61 % avant l'implantation de la filtration d'air et s'est vu diminué à 13 % par suite de l'implantation de la filtration d'air. Pour 62 maternités, le taux de contamination était de 80 % et s'est vu diminué à 25 % après l'implantation de la filtration d'air.

En février 2013, à la suite de l'implantation de la filtration d'air, le nombre d'épisodes de SRRP de 20 fermes canadiennes étaient de 14, basés sur 51 années-fermes (soit un taux de contamination annuel de 27 %). À la fin de l'année 2011, 16 fermes se retrouvent contaminées à l'intérieur de cinq à six semaines aux États-Unis (Reicks, 2012, communication personnelle). On questionnait alors si ces contaminations étaient causées par la durée de vie des filtres, la charge virale, la construction ou la finition des bâtiments (étanchéité) ou le retour d'air par les ventilateurs.

6.8 Un sommaire des coûts

Les coûts de l'implantation de la filtration d'air peuvent varier entre autres en fonction des modifications apportées au bâtiment et du niveau de filtration désiré. Le retour sur l'investissement variera considérablement d'un cas à l'autre et dépendra de la fréquence et de l'intensité des crises.

Le Dr Reicks rapportait en 2006 avoir travaillé pour une période de 13 mois avec neuf centres d'insémination ayant installé le système de filtration 95 % DOP à 0,3 µm. Il a établi que le coût d'un système à pression négative 95 % DOP variait entre moins de 30 \$ et 100 \$ US par place de verrat sans air conditionné ou de 330 à 430 \$ US avec air conditionné. Le coût d'un système HEPA à pression positive variait de 300 à 600 \$ US par place de verrat sans air conditionné ou de 1 000 à 1 200 \$ US avec air conditionné.

Au Canada, pour une installation de filtre antimicrobien de 15 couches, basés sur quatre maternités (ou 7 500 places) et considérant une filtration pendant les quatre saisons, les coûts liés à la filtration (coût par truies en inventaire) sont les suivants :

Tableau 4 Estimé des coûts pour un système de filtration d'air au Canada

Maternité		
Coûts investissements par place ¹	46-98 \$	
Annuité par place ²	6-13 \$	
Fréquence de changement des filtres	3 ans	5 ans
Coûts d'entretien par place par année	18-31 \$	12-21 \$
Total coûts annuels d'opération	25-45 \$	18-35 \$

¹ Ne comprend pas les filtres et préfiltres de départ et de remplacement. Ceux-ci sont inclus dans les coûts d'entretien.

² Pour un prêt sur 10 ans à un taux annuel de 6,5 %.

Selon Malakowsky (2011b), aux États-Unis (clients AgStar, installation de filtre mécanique MERV 14 et MERV 15), basés sur 33 maternités¹ (ou 116 000 places), et considérant la filtration durant quatre saisons, les coûts liés à la filtration ont varié de 120 à 170 \$ US par truie en inventaire, dont le coût moyen était de 150 \$/truie en inventaire.

6.9 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 (2009) 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 Considérant une ventilation conventionnelle, soit des entrées d'air au plafond seulement.

Références

- 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.
- Albina, E. 1995. Epidemiology of PRRS : an overview. Second international symposium on porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS), August 9-10, p. 23.
- Alonso, C., Otake, S., Davies, P. et S. Dee. 2012. An evaluation of interventions for reducing the risk of PRRSV introduction to filtered farms via retrograde air movement through idle fans. *American Association of Swine Veterinarians* : 45-46.
- Baekbo, P. et S. Mortensen. 2001. Airborne transmission of swine pathogens. *Allen D. Leman Swine Conference* : 30-36.
- Batista, L., Urizar, L. et F. Pouliot. 2009. Évaluation de l'efficacité du filtre à air antimicrobien commercialisé par Noveko après 16 mois d'utilisation dans un bâtiment porcin commercial. Québec : Centre de développement du porc du Québec inc., 6 p.
- 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-chambers-improve-biosecurity/>. Consulté en 2008.
- 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! 22^e Colloque sur la production porcine, 31 octobre, Saint-Hyacinthe, p. 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, 10 p.
- Broes, A. et R. Boutin. 2002. Biosécurité : un « must » pour tout le secteur porcin! Québec : Centre de développement du porc du Québec inc., 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.

- 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. SDRP : pathologie et épidémiologie. Un virus encore mystérieux. *Porc Magazine*, juin(378) : 58-61.
- 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.
- Cho, J.G. et S.A. Dee. 2006. Porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Theriogenology*, 66(3) : 655-662.
- Corzo, C.A., Torremorell, M., Gramer, M., Dee, S. et R. Morrison. 2012. Detection of airborne swine influenza A under field conditions. *American Association of Swine Veterinarians* : 65-66.
- Coudé, N. 2004. La filtration de l'air est en marche. *Le Courrier*, 8(1) : 3-4.
- 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, p. 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., Cano, J.P., Spronk, G., Reicks, D., Ruen, P., Pitkin, A. et D. Polson. 2012. Evaluation of the long-term effect of air filtration on the occurrence of new PRRSV infections in large breeding herds in swine-dense regions. *Viruses*, 4 : 654-662.
- Dee, S., Pitkin, A., Otake, S. et J. Deen. 2011. A four-year summary of air filtration system efficacy for preventing airborne spread of porcine reproductive and respiratory syndrome virus and *Mycoplasma hyopneumoniae*. *Journal of Swine Health and Production*, 19(5) : 292-294.
- 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.
- 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.A., Otake, S., Oliviera, S. et J. Deen. 2009b. Evidence of long distance airborne spread of porcine reproductive and respiratory syndrome virus and *Mycoplasma hyopneumoniae*. *Veterinary Research*, 40 : 39.
- Dee, S., Pitkin, A. et J. Deen. 2009c. 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.A. 2007. Indirect transmission of PRRSV: Let's take it out of the equation! International Pigletter, 27(2b), 2 p.
- Dee, S.A. 2006. The Next 10 years in animal health. International Pigletter, 26(10b), 2 p.
- Dee, S.A., Batista, L., Deen, J. et C. Pijoan. 2006a. Evaluation of systems for reducing the transmission of Porcine reproductive and respiratory syndrome virus by aerosol. The Canadian Journal of Veterinary Research, 70(1) : 28-33.
- Dee, S.A., Deen, J., Cano, J.P., Batista, L. et C. Pijoan. 2006b. Further evaluation of alternative air-filtration systems for reducing the transmission of Porcine reproductive and respiratory syndrome virus by aerosol. The Canadian Journal of Veterinary Research, 70(3) : 168-175.
- Dee, S.A., Deen, J., Jacobson, L., Rossow, K.D., Mahlum, C. et C. Pijoan. 2005a. 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., Batista, L., Deen, J. et C. Pijoan. 2005b. Evaluation of an air-filtration system for preventing aerosol transmission of Porcine reproductive and respiratory syndrome virus. The Canadian Journal of Veterinary Research, 69(4) : 293-298.
- 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., 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., 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., 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. 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. et H.S. Joo. 1993. PRRS clinical management and control: Eradication from herds. Allen D. Leman Swine Conference : 93-97.

- Desrosiers, R. 2011. Transmission of swine pathogens: different means, different needs. *Animal Health Research Reviews*, 12(1) : 1-13.
- Desrosiers, R. 2007. Indirect transmission of the PRRS virus (Part 7). *International Pigletter*, 27 (8a), 2 p.
- Desrosiers, R. 2005. Aerosol transmission of swine pathogens: overview of the subject and evaluation of suspected field cases. *American Association of Swine Veterinarians* : 405-416.
- Desrosiers, R. 2004. Epidemiology, diagnosis and control of swine diseases. *American Association of Swine Veterinarians* : 9-38.
- Devries, S. 2012. Air filtration for swine operations. 31st Annual Centralia Swine Research Update : I-25 à I-26.
- 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, p. 189-193.
- Dufour, J. 1995. Mesures de biosécurité. [En ligne]. <http://rechamakaya.qc.ca/medecine/biosecur/biosecur.htm>. Consulté en 2008.
- Dutertre, C. 1995. La filtration d'air pour protéger la sélection. *Porc Magazine*, avril(277) : 30-31.
- Dutertre, C., Risson, K. et P. Rousseau. 1995. La filtration d'air appliquée à la protection sanitaire des élevages. *Techni-Porc*, 18(1) : 15-27.
- Eurovent. 2009. Recommendation concerning air filters for better indoor air quality. [En ligne]. <http://212.123.1.105/web/eurovent/web/Recommendations/REC06.pdf>. Consulté en 2012.
- Eurovent/Cecomaf. 2005. Recommendation concerning calculating of life cycle cost for air filters. [En ligne]. <http://212.123.1.105/web/eurovent/web/Recommendations/REC10.pdf>. Consulté en 2012.
- 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.
- 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.

- Haden, C.D., Painter, T., Fangman, T. et D. Holtkamp. 2012. Assessing production parameters and economic impact of swine influenza, PRRS and Mycoplasma hyopneumoniae on finishing pigs in a large production system. American Association of Swine Veterinarians : 75-76.
- 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.
- Innovet. 2006. Yvon Lintanff. [En ligne]. http://www.innovet.ca/2006/cv/8_fr.html. Consulté en 2008.
- 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 : 217-218.
- 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. American Association of Swine Practitioners : 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.
- Malakowsky, S. 2011a. A lenders evaluation of PRRS filters. Allen D. Leman Swine Conference : 43-44.
- Malakowsky, S. 2011b. Lenders views of PRRS filters. Leman Conference, September, 33 p.
- 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, Saint-Hyacinthe, p. 15-23.
- Mortensen, S., Stryhn, H., Søgaaard, 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., Oginsky, A., Grier, K., Morin, M., Lachance, M.P., Whittington, L. et R. Friendship. 2011. A Risk, Benefit, Strength, Weakness, Opportunity and Threat Analysis for the Control and Possible Eradication of Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome (PRRS) Virus Within the Canadian Swine Herd. Guelph : George Morris Centre, 122 p.
- Mussell, A. 2010. Pour une stratégie d'éradication du SRRP. George Morris Centre. Forum canadien sur la santé porcine, 25 et 26 octobre, Québec.
- Nagorske, M., Pitkin, A., Kurt, J. et S. Dee. 2012. Investigation of a novel retrograde air movement intervention to prevent aerosol transmission of PRRSV. *American Association of Swine Veterinarians* : 83-84.
- National Pork Board (NPB). 2011. Pork Checkoff Study : PRRS cost industry \$664 million annually. [En ligne]. <http://www.pork.org/News/1265/PRRSCostsIndustry664Million.aspx>. Consulté en 2008.
- 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., 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.
- 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.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., Rossow, K.D., Joo, H.S., Deen, J., Molitor, T.W. et C. Pijoan. 2002d. Transmission of porcine reproductive and respiratory syndrome virus by needles. *The Veterinary Record*, 150 : 114-115.

- Parent, M.J. 2004. Aux grands maux, grands moyens. Le Bulletin des agriculteurs, 87(3-4) : 66-70.
- 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.
- Pettigrew, R. 2011. Des nouvelles technologies ou approches en production porcine. Expo-Congrès du Porc du Québec, 13-14 avril : 28-38.
- Pitkin, A., Otake, S. et S. Dee. 2009a. Biosecurity protocols for the prevention of spread of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *American Association of Swine Veterinarians* : 17 p.
- Pitkin, A., Deen, J., Otake, S., Moon, R. et S. Dee. 2009b. Further assessment of houseflies (*Musca domestica*) as vectors for the mechanical transport and transmission of porcine reproductive and respiratory syndrome virus under field conditions. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 73(2) : 91-96.
- Pitkin, A., Deen, J. et S. Dee. 2007. Aerosol transmission of PRRSV : Application to the field. Allen D. Lemman Swine Conference : 85.
- Pohl, S. 2007. Engineering air filtration systems of swine facilities. Allen D. Lemman Swine Conference : 86-88.
- 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.
- 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.
- 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, p. 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.
- Reicks, D. 2011. Operation and maintenance of barn filtration for disease control. [En ligne]. http://www.mnpork.com/FileLibrary/States/MN/Workforce%20Development%20Seminars/2011/Air_Filtration_Workforce_2011.pdf. Consulté en 2012.
- Reicks, D. et D. Polson. 2011. A financial evaluation of PRRSV introduction risk mitigation attributed to air filtration of pig production sites. Allen D. Lemman Swine Conference : 37-42.
- Reicks, D.L. 2010. Using air filtration to reduce the risk of PRRS introduction. *Proceedings of the International Pig Veterinary Society Congress* : 271.

- Reicks, D.L. 2009. Application of air filtration systems in swine operations. *Advances in Pork Production*, 20 : 163-171.
- Reicks, D.L. 2006. Alternative filters for boars. Allen D. Leman Swine Conference : 99-100.
- Rosenthal, J. 2007. Understanding MERV or the minimum efficiency reporting value : How the ASHRAE 52.2 helps you select an air filter. [En ligne]. <http://www.allergyclean.com/article-understandingmerv.htm>. Consulté en 2008.
- 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., 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.
- 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.
- Stärk, K.D.C. 1999. The Role of infectious aerosols in disease transmission in pigs. *The Veterinary Journal*, 158(3) : 164-181.
- Surprenant, C. 2010. Vivre avec le SRRP, peut-on encore se le permettre? Le rendez-vous porcin AQINAC, 23 novembre, Drummondville : 25-33.
- 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., 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. Leman Swine Conference : poster.
- 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.
- Trible, B.R. et R.R.R. Rowland. 2011. Is aerosol transmission an important risk for PRRSV transmission? An example of how simple biosecurity procedures can prevent virus spread within a barn. *Swine Day* : 6-11.
- Trincado, C., Dee, S., Jacobson, L., Otake, S., Rossow, K. et C. Pijoan. 2004a. Attempts to transmit porcine reproductive and respiratory syndrome virus by aerosols under controlled field conditions. *The Veterinary Record*, 154(10) : 294-297.

- Trincado, C., Dee, S., Rossow, K., Halvorson, D. and C. Pijoan. 2004b. Evaluation of the role of mallard ducks as vectors of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *The Veterinary Record*, 154 : 233-237.
- Tronville, P. 2008. Developing standards: Global standards for air cleaning equipment. *Filtration and 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>
- U.S. Environmental protection agency. 1997. Overview of ASHRAE Standard 52.2 : Research triangle institute, 5 p.
- Vansickle, J. 2007a. Reducing The Area Spread of PRRS. *National Hog Farmer*, November 15. [En ligne]. <http://nationalhogfarmer.com/health-diseases/reducing-spread-prrs/>. Consulté en 2008.
- Vansickle, J. 2007b. Filtering out viral pathogens. *National Hog Farmer*, November 15. [En ligne]. <http://nationalhogfarmer.com/health-diseases/filtering-viral-pathogens/>. Consulté en 2008.
- 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.
- 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., 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.
- Zimmerman, J.J. 2003. *Epidemiology and Ecology. PRRS Compendium Producer Edition*, chapter 4 : 26-34.
- Zimmerman, J.J., Yoon, K.J. Pirtle, E.C., Wills, R.W., Sanderson, T.J. et M.J. McGinley. 1997. Studies of porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) virus infection in avian species. *Veterinary Microbiology*, 55 : 329-336.



Centre de développement du porc du Québec inc.
Place de la Cité, tour Belle Cour
2590, boulevard Laurier, bureau 450
Québec (Québec) G1V 4M6
☎ 418 650-2440 • 📠 418 650-1626
cdpq@cdpq.ca • www.cdpq.ca