

Mise au point
d'un système de filtration d'air
muni d'agents antimicrobiens
afin d'éviter la transmission aérienne
de pathogènes



Francis Pouliot, ing., M.B.A.

Valérie Dufour, M. Sc.,
Marie-Aude Ricard, ing. jr,
Lilly Urizar, Michel Morin, agr.

Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ)



Objectifs

- Général :
 - Faire la mise au point et réaliser une évaluation technico-économique d'un système de filtration d'air virucide/bactéricide novateur fabriqué par l'entreprise québécoise Noveko inc.
- Spécifiques :
 - Valider la méthode de conception du système de filtration d'air
 - Cibler les facteurs de risque en ce qui concerne la biosécurité
 - Observer le système sur 3 fermes pendant 1 an
 - Évaluer les coûts d'implantation et de fonctionnement



Dispositif expérimental

- 3 fermes :
 - Suivi ingénierie : Fermes A et B
 - Suivi sanitaire + évaluation de la biosécurité : Fermes B et C
 - Suivi économique : Fermes A et C

	Ferme A	Ferme B	Ferme C
Suivi ingénierie	Oui	Oui	Non
Suivi sanitaire	Non	Oui	Oui
Biosécurité	Non	Oui	Oui
Suivi économique	Oui	Non	Oui

Ferme A





Matériel et méthode

- Description :
 - Naisseur-finiisseur :
 - Maternité (320 truies)
 - Pouponnière (1 200 porcs)
 - 2 engraissements (1 300 porcs chacun)
 - Période de suivi :
 - 27 avril 2009 au 27 avril 2010
- Suivi ingénierie :
 - T° intérieure et extérieure et Ps :
 - 24 mesures/jour (valeur moyenne/h)
- Suivi économique :
 - Coût d'acquisition, d'installation et d'entretien



Impact du lavage des filtres sur la Ps et la Tint.

Conditions avant et après le lavage des filtres de la gestation

Température extérieure (°C)	N		Ps* (po d'eau)		Tint† (°C)	
	avant	après	avant	après	avant	↓ 2°C à 4°C
24	56	19	0,060	0,046	24,5	22,4
25	36	28	0,060	0,047	25,3	22,5
26	28	25	0,058	0,049	25,5	22,8
27	28	19	0,058	0,052	25,9	23,6
28	37	14	0,058	0,053	26,7	23,9
29	28	22	0,058	0,055	26,2	23,6

* Pression statique (Ps)

† Température intérieure (Tint.)

Faible Ps avant le lavage

↓ Ps et Tint. après le lavage



Nombre d'observation (%) au niveau du différentiel de ΔT par temps chaud

ΔT^*	Gestation	Mise bas	Engrais. C	Engrais. D
≤ -4	23,01	0	0,8	0
-3	20,13	1,47	2,4	0
-2	15,97	10,88	8,8	0
-1	20,77	15	24	0
0	13,1	22,06	31,4	0
1	5,43	26,47	25	26,53
2	1,6	20,59	3,23	11,84
3	0	2,65	1,21	2,04
4	0	0,59	0,4	0,41
5	0	0,29	2,02	2,45
6	0	0	0	0,41

Peu de valeurs supérieures au ΔT max. souhaité



Pourcentage d'événements par catégorie de Ps

- Valeurs généralement entre 0 et 0,15 po d'eau
 - Aucune longue période de Tint. critique
- Engraissement D : 0,06 % du temps où Ps >0,15 po d'eau
 - Peu d'observations
- La Ps a respecté les valeurs attendues

Ps (po H ₂ O)	Gestation	Mise bas	Poup.	Engrais. C	Engrais. D
<0	-	14,92	0,08	2,27	0,36
0-0,05	85,35	85,08	82,56	76,79	63,4
>0,05-0,10	14,65	-	17,36	12,89	28,96
>0,10-0,15	-	-	-	8,04	7,23
>0,15-0,20	-	-	-	-	0,06



Validation de la conception

ΔP mesuré < ΔP conception du système

donc

Nombre suffisant de filtres

Perte de charge totale (ΔP) du design de conception (théorique) vs réel

Bâtiment	ΔP moyen (po d'eau)	
	Théorique	mesurée
Gestation	0,098	0,063
Engraissement C	0,133	0,093
Engraissement D	0,141	0,071

$\frac{1}{3}$

$\frac{1}{2}$



Paramètres techniques et hypothèses

- Design selon $P_s < 0,10 - 0,15$ po H_2O lorsque la ventilation fonctionne à 100 %
- Productivité de 23 porcelets sevrés/truie/année
- Financement sur 10 ans à 6,51 %
 - Aucune mise de fonds
- Remplacement des filtres aux 2 ans

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

* 2 bâtiments de 1 300 places chacun



Coûts d'achat (\$) et d'installation des boîtiers

Coûts	Maternité	Pouponnière	Engrais.
Achat des boîtiers	18 095	11 045	21 855
Par place	56,55	9,20	8,41
Par boîtier		35,00	235,00
Installation (quincaillerie + te)		538	5 822
Par place	17,49	2,12	2,24
Par boîtier	72,69	54,00	62,60
Total (achat + installation)	23 692	13 583	27 677
Par place	74,04	11,32	10,65
Par boîtier	307,69	289,00	297,60

Adaptation + complexe
au système de
ventilation



Annuités - investissements de départ (capital et intérêt)

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

- Coût annuel le plus élevé en engraissement ... mais par place, c'est en maternité qu'il est le plus élevé, car seulement 4 truies/filtre



Dépenses en filtres

- 5 remplacements (achat initial + 4 remplacements)
- 2 cartouches de filtres par boitier
- 240 \$ pour 2 cartouches de filtres

	Maternité	Pouponnière	Engrais.
Coût en filtres (\$/an)	9 240	5 640	11 160
Temps (h/remplacement)	17	10	20
Temps annualisé (h)	6,7	4,1	8,1
Coût main-d'œuvre annualisé [†] (\$)	107	65	129
Coûts totaux annuels (matériel + main-d'œuvre) (\$)	9 347	5 705	11 289
Par place (\$/place)	29,21	4,75	4,34

[†] n'inclut pas l'installation initiale; taux horaire = 16 \$/h



Lavage des filtres

- 2 à 3 lavages par année selon les bâtiments :
 - Varie selon la situation du bâtiment (près d'une route achalandée, présence élevée de pollen, direction des vents, etc.)
- 13 à 20 min. de lavage par boîtier (2 cartouches de filtres antimicrobiens + 1 moustiquaire) :
 - Varie selon la facilité d'accès aux filtres ± grande





Coûts de lavage

	Maternité	Pouponnière	Engrais.
Nombre de lavages par année	2	2	2
Nombre de boîtiers de filtration	77	47	93
Temps de main-d'œuvre* (h/an)	33	20	40
Temps d'utilisation de la laveuse à pression (h/lavage)	13	6	10
Coûts de la laveuse à pression (2 \$/h)	51	24	40
Coûts totaux du lavage annuel	585	350	685
Par truie ou par place	1,83	0,29	0,26

* 13 min. de lavage par boîtier à 16 \$/heure



Sommaire des coûts

	Maternité	Pouponnière	Engrais.
Installation			
Achat et installation	3 230	1 852	3 773
Entretien			
Filtres (départ + remplacement)	9 347	5 705	11 289
Lavage	585	350	685
Total des coûts	13 161	7 907	15 747
Total des coûts par place	41,13	6,59	6,06

- 72 % des coûts sont reliés au remplacement des filtres
- Le coût pour ce site naisseur-finisser = 115,04 \$/truie/an en inventaire avec des changements de filtres aux 2 ans
– 93 \$/truie par an si changement de filtres aux 3 ans



Rentabilité du système

- Pertes reliées au SRRP = 257 \$/truie/an, si infestation chronique et 464 \$/truie, si crise majeure (Mussel, 2010)
- Coût total annuel du système pour la Ferme A est inférieur aux pertes, si SRRP chronique dans le troupeau
- Le système de filtration doit permettre d'éviter 2,5 crises majeures ou moins pour se rentabiliser

	Maternité	Pouponnière	Engrais.
Coût total cumulé par truie	41,13	65,84	115,04
Nombre de crises à éviter sur 10 ans	0,9	1,4	2,5

Ferme B





Matériel et méthode

- Suivi ingénierie :
 - T° intérieure, Ps et T° extérieure aux 10 min.
 - Bâtiment :
 - Gestation (4 sondes)
 - mise bas (4 sondes)
- Suivi sanitaire :
 - Audit biosécurité
 - Analyse sérologique et virémique
 - Séquençage PCR positif.

Analyse sérologique et virémique

J	Animaux	Analyse
23	10 cochettes 20 truies	ELISA ind. + PCR pool de 5
35	4 cochettes ayant avorté	PCR ind.
374	10 cochettes 20 truies	PCR pool de 5
	30 porcelets	ELISA ind. + PCR pool de 5
Aux 14 jours	4 à 8 porcelets fin poup.	ELISA + PCR si ELISA positif



Impact du lavage des filtres sur la Ps et la Tint. (section gestation)

Température extérieure (°C)	N		Ps* (po d'eau)		Tint. † (°C)	
	avant	après	avant	après	avant	après
23	23	14	0,105	0,093	23,42	23,91
24	28	9	0,123	0,097	25,39	25,53
25	19	11	0,128	0,096	25,79	25,14
26	16	9	0,121	0,097	26,83	27,14
27	16	8	0,118	0,097	28,06	28,19
28	3	11	0,121	0,101	26,08	28,48

* Pression statique (Ps)

† Température intérieure (Tint.)

Légère ↓ Ps après le lavage
Aucune ↓ de la Tint.



% d'événements par différentiel de température (ΔT)

- Normalement, vise un $\Delta T < 3^\circ\text{C}$ durant la saison chaude
- ΔT ont été $> 3^\circ\text{C}$
 - 1,65 % du temps (6 jours) en gestation
 - 9,25 % du temps (34 jours) en maternité
- \uparrow du ΔT + marquée en mise bas
 - production de chaleur des lampes infrarouges (éteintes autour de 30°C)
 - encrassement des filtres par le pollen sur les moustiquaires + problématique

ΔT^*	Gestation	Mise bas
≤ -3	17,89	15,82
-2	9,36	9,27
-1	16,71	13,58
0	17,89	13,16
1	16,30	13,09
2	14,39	14,12
3	5,83	11,72
4	1,65	6,62
5	0	2,19
6	0	0,41
7	0	0,03

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



Pourcentage d'événements par catégorie de pression statique

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



Observation de la Ps et du ΔT sur 12 mois

- Ps généralement entre 0 et 0,05 po d'eau
- Moins de 1 % des observations ont été $>0,15$ po d'eau
- Aucune longue période de Tint. critique
- La Ps a respecté les valeurs attendues



Validation de la conception

Perte de charge totale (ΔP) du design de conception (théorique) vs réel

Gestation

ΔP moyen théorique : 0,167 po d'eau

ΔP moyen mesuré : 0,097 po d'eau

ΔP max. mesuré : 0,166 po d'eau

ΔP mesuré < ΔP conception du système
donc

Respecte la conception



Suivi sanitaire – Ferme B

- Introduction d'une souche sauvage (<98 % d'homologie) de SRRP dans le troupeau juste avant le début du projet
 - Souche homologue (> 98 % d'homologie) à la souche sauvage de la Ferme X appartenant au même propriétaire

Statut sérologique (ELISA IDEXX) et virémique (PCR) du troupeau au regard du SRRP au jour 0

Taux de positifs		Ratio S/P* (x ± ET)
ELISA IDEXX	PCR	
12/30	1/6	0,38 ± 0,40

* Ratio S/P ≥ 0,4 = Positif



Origine de l'introduction (hypothèses)

- Contamination indirecte à la suite de l'épandage du fumier de la Ferme B dans le champ à côté de la ferme
 - Même camion ayant servi à l'épandage du lisier de la Ferme X
 - Contamination de la route ou entrée de particules de ce fumier dans le bâtiment par les ventilateurs, lorsque ceux-ci ne fonctionnaient pas (« backdraft »)



Hypothèses (suite)

- Contamination croisée des cochettes de remplacement durant leur transport :
 - les camions étaient entreposés dans un garage double sans restriction quand à la propreté du camion - un camion désinfecté pouvait y côtoyer un camion sale
 - les camions qui allaient à la meunerie étaient tous pesés sur la même balance
 - camion lavé, désinfecté et séché (pendant 8 heures) mais...
 - Rotation importante du personnel de nettoyage
 - Pas d'audit de qualité

Au moment de la contamination, les cochettes de remplacement étaient encore en quarantaine, mais la propagation du virus à l'intérieur de la ferme par un jeune verrat de la quarantaine (détection des chaleurs en gestation) ou par le personnel



Évaluation de la biosécurité (Audit)

Pointage de risque PADRAP

	Avant l'installation des filtres	Au début du suivi	À la fin du suivi
Risque global	18,2	17,7 ⇒ ↓ 0,9	16,8
Risque interne*	16,7	16,7	19,7
Risque externe†	18,5	18,0	16,2

* risques causés par les virus résidents circulant déjà dans la population

† risques d'introduction de nouvelles souches du vSRRP dans le troupeau

↓ 0,9 point de risque global
malgré une crise SRRP dans le troupeau



Principaux risques de contamination

- La densité porcine dans un rayon de 1 à 3 milles : ~ 5 fermes
- La ferme positive à l'égard du SRRP la plus proche : porcs d'engraissement
- L'absence de routine d'évaluation des sérums d'animaux de remplacement pour le virus du SRRP à la sortie de l'acclimatation
- La livraison d'animaux de remplacement aux 30 jours
 - idéalement devrait se faire aux 91 jours ou plus
- L'absence de restrictions pour les véhicules utilisés pour le transport des porcs à l'abattoir
 - même si les véhicules étaient lavés, désinfectés et séchés avant le transport des différents types de porcs mais ils n'étaient pas à usage spécifique

Ferme C





Matériel et méthode

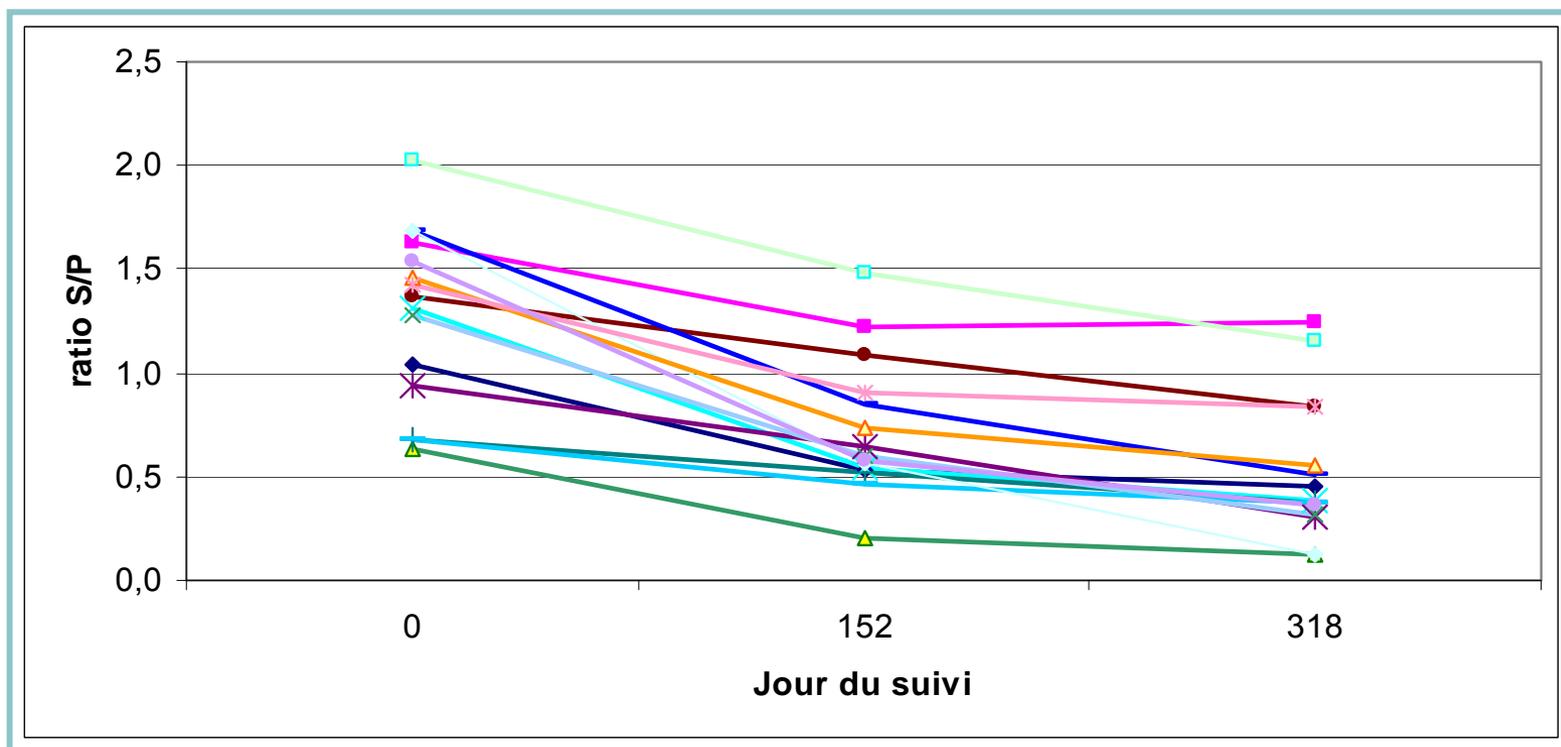
- Suivi sanitaire :
 - 2 audits de biosécurité
 - Ferme participant au projet Vaccination régionale Beauce du CDPQ

Jour	Animaux	Analyse
0	15 truies	ELISA ind.
152		
318		
479	10 cochettes + 21 truies	PCR pool de 5
	30 porcelets au sevrage	PCR pool de 5



Suivi sanitaire – Ferme C

Le titre des truies a diminué tout au long du suivi





Évaluation de la biosécurité (Audit)

- 6 facteurs de risque très élevés concernent le nombre de fermes à proximité et leur statut viral face au SRRP
 - Ces éléments ne peuvent être modifiés ou gérés par le producteur sauf par l'installation d'un système de filtration d'air

Pointage de risque PADRAP

	Année 2008	Année 2009	36 fermes de la région
Risque global	27,5	22,7	29,2
Risque interne	31,4	↓4,8 20,7	20,3
Risque externe	26,5	23,1	31,2



Principaux risques internes – gestion de l'exposition au vSRRP

- Avant :
 - Injection de sérums provenant d'animaux infectés par le vSRRP aux animaux de remplacement
 - Introduction de cochettes directement dans le troupeau (pas d'isolement)
 - Utilisation de la même aiguille pour 16 animaux ou plus
- Après :
 - Passage en bande aux 4 semaines
 - Arrêt de l'injection de sérums provenant de truies infectées par le vSRRP aux animaux de remplacement
 - Cochettes en acclimatation entrent négatives ou naïves
 - Les cochettes qui deviennent positives en isolement sont commercialisées



Principaux risques externes – animaux de remplacement :

- Avant :
 - Absence d'isolement
 - Utilisation des cochettes positives comme reproductrices
 - Livraison de cochettes aux 28 jours
 - Absence d'évaluation du sérum des animaux de remplacement
 - Présence de 7 fermes porcines dans un rayon de 1 à 3 miles
 - Aucune désinfection de la cabine des véhicules
- Après :
 - Implantation de 28 jours d'acclimatation
 - Cochettes négatives à leur entrée dans le troupeau reproducteur
 - Livraison de cochettes aux 56 jours



Filtration d'air et éradication – Performances zootechniques

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

- Éradication responsable de cette hausse?
- ↑ de 2,61 porcelets sevrés/truie/an
 - ↑ revenu de 79,83 \$/truie/an
- \$ d'une fermeture de troupeau estimé entre 34 et 43 \$ (Yeske, 2010)
 - Délai de récupération de 5 à 6,5 mois



Conclusion - ingénierie

- Aucun problème, alerte ou souci de fonctionnement relié aux filtres
- Aucune mortalité répertoriée durant les courtes périodes chaudes
- Text. $> 25^{\circ}\text{C}$ pour un total équivalant à 33 jours
- Tint. $> 25^{\circ}\text{C}$ pour un maximum de 47 jours
- Différentiel de température inférieur à 3°C dans au moins 91 % du temps
- Ps généralement $< 0,15$ po d'eau et Ps max. théorique
- Ps max. théorique surestimée sur Ferme A, surtout en engraissement
 - paramètres de conception à réviser



Conclusion - ingénierie

- Le système de filtration d'air a nécessité peu d'entretien
 - tournées d'inspection pour surveiller l'apparition de bris
 - un lavage des filtres de chaque bâtiment
 - brossage régulier des moustiquaires
- Le lavage a varié de 13 à 20 min. par boîtier, selon le bâtiment et la facilité d'accès
- À la suite du lavage des filtres :
 - légère diminution de la pression statique
 - diminution des températures intérieures pour la Ferme A seulement
- La fréquence de lavage des filtres est variable d'une ferme à l'autre
- Un suivi des Tint. et de la Ps est nécessaire pour prévenir le colmatage des filtres
- Le lavage favorise le contact entre le produit antimicrobien intégré aux fibres des filtres et les virus et les bactéries circulant dans l'air



Conclusion - Sanitaire

- Diminution du pointage de risque global de contamination au vSRRP des 2 fermes après l'application de nouvelles mesures de biosécurité
- Ferme C située dans une zone à haute densité porcine non contaminée
- Ferme B contaminée par une souche SRRP exogène à l'élevage
- Gestion de la transmission par aérosol, ce qui représente un risque important dans une région à haute densité porcine, grâce à un système de filtration d'air... mais plusieurs autres voies possibles de contamination
- Avantages du système de filtration :
 - autoévaluation par rapport aux protocoles de biosécurité – remise en question des protocoles
 - Augmente le niveau de conscience et de respect des règles de biosécurité par les employés

L'observance des règles de biosécurité
constitue un défi quotidien.



Conclusion - économique

- Ferme A (site naisseur-finisser de 320 truies)
 - Coût total = 36 814 \$/an ou 115 \$/an/truie en inventaire
 - 72 % = coûts de remplacement des filtres aux 2 ans
 - 24 % = coûts d'installation
 - 4% = lavages des filtres
 - prix lors du projet (2008-2009) - équipement de 1^{re} génération
- Ferme C
 - + 2,61 porcelets sevrés/truies/an - après installation des filtres + éradication
 - évaluation économique globale nécessaire pour déterminer la rentabilité des investissements (\$ syst. de filtration d'air et éradication)
 - la gestion du risque de réinfection est primordiale
 - Mise en place et application de protocoles de biosécurité
 - Filtration de l'air
- Nouveaux modèles de filtre (plus durable et moins cher)



Remerciements



FINANCÉ PAR :



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada

Canada



NOVEKO



Centre de développement
du porc du Québec inc.

Merci !

