



Centre de développement
du porc du Québec inc.

Mars 2023

Amélioration du bien-être des porcelets en pouponnière par l'optimisation des conditions d'ambiance dans le climat québécois : un projet pilote

Sébastien Turcotte, agr., Responsable - Bâtiments et régie d'élevage
Jean-Gabriel Turgeon, Chargé de projets

Gabrielle Thibault, étudiante en agronomie
Marie-Aude Ricard, ing., Chargée de projets



Mise en contexte

- Au Québec, le parc de bâtiments dédiés à l'élevage des porcs est vieillissant et plusieurs producteurs profiteront des travaux de rénovations pour mettre à jour leur système de ventilation.
- Le climat québécois est très variable et les stratégies de ventilation actuelles ne sont pas optimales, surtout lorsque les températures se rapprochent des extrêmes (-30 °C et +30 °C).
 - ✓ Différence entre les performances zootechniques des porcelets en hiver et en été
- Solution pour résoudre cette problématique → installer des sondes permettant de monitorer les conditions d'ambiance afin de ventiler adéquatement.



Objectifs

L'objectif principal de ce projet était **d'améliorer le bien-être des porcelets en pouponnière par l'optimisation des conditions hivernales et estivales.**

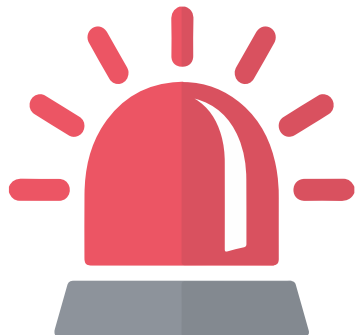
Objectifs secondaires :

- ✓ Monitorer les conditions d'ambiance en pouponnière dans le but de mieux comprendre les différences entre les saisons et de valider une stratégie de ventilation optimisée
- ✓ En été, valider l'impact de la stratégie de ventilation optimisée et de la recirculation de l'air sur le confort des porcelets et par le fait même, sur les performances zootechniques
- ✓ En hiver, valider l'impact de la stratégie de ventilation optimisée tenant compte de la température, de l'humidité et des gaz sur le confort des porcelets et par le fait même, sur les performances zootechniques
- ✓ Évaluer l'impact technico-économique de la stratégie de ventilation optimisée en pouponnière

Impact des conditions d'ambiance sur les performances des porcelets en pouponnière

Système de ventilation : remplacer l'air vicié comprenant le surplus de chaleur, la vapeur d'eau et le CO₂ produit par les animaux, de même que les poussières et les nombreux gaz produits par les microorganismes lors de la décomposition des excréments (Lemay, 2007).

**Principaux polluants générés
dans les porcheries :**



- NH₃
 - H₂S
 - CO₂
 - Poussières
 - Microorganismes en suspension dans l'air
- (Donham *et al.*, 1989)

Lemay (2007) explique qu'il peut être plus ardu de contrôler les débits d'air, les gaz et l'humidité et **qu'une dégradation de l'ambiance impacte la santé des animaux, les performances zootechniques et les résultats économiques.**

Impact des conditions d'ambiance sur les performances des porcelets en pouponnière

Confort des porcelets

Gras = isolation thermique importante pour le porc (Madec et al., 2003).

Amélioration génétique = animaux d'aujourd'hui plus maigres.

- Selon Anderson et al. (2002), la sélection génétique a fait en sorte que les porcs ont subi une perte moyenne de l'épaisseur de gras dorsal de 4,8 mm de 1991 à 2001.

Animaux plus maigres → moins de réserves → moins bien isolés et plus sensibles au froid.

- Ils perdent 15 % plus de chaleur dans leur environnement (Brown-Brandl *et al.*, 2014)

Pour diminuer les échanges de chaleur plus importants avec leur environnement, les porcelets doivent avoir accès à plus de chaleur, car si la perte de chaleur corporelle n'est pas diminuée par l'augmentation de la température de l'environnement, l'énergie dépensée par le porcelet servira à conserver une température corporelle optimale plutôt que d'être utilisée pour la croissance.

Impact des conditions d'ambiance sur les performances des porcelets en pouponnière

Confort des porcelets

Température

- Les animaux ont des performances et une santé optimales lorsqu'ils se trouvent dans leur zone de thermoneutralité ou de confort.
- La température souhaitable pour les porcelets à 5 et 20 kg est de 30 °C et 24 °C, respectivement. De plus, dans les 4 à 5 jours suivant le sevrage, il est préférable d'ajuster la température ambiante à 35 °C afin de compenser pour les stress causés par le changement d'environnement (CNSAE, 2014).

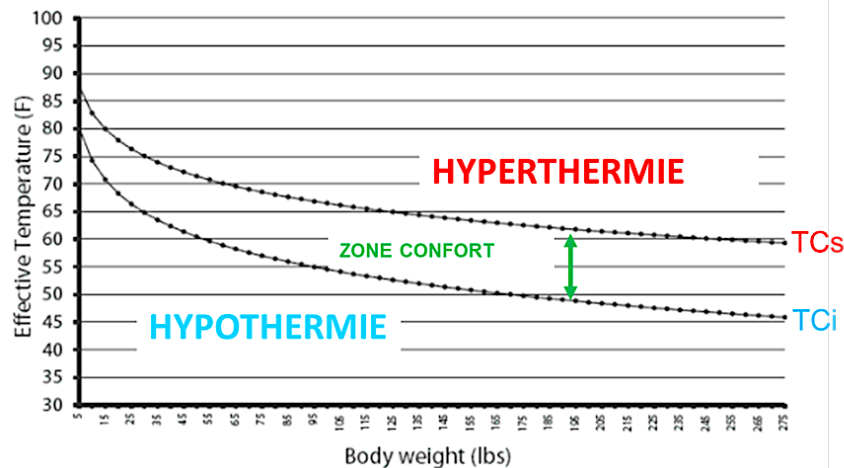


Impact des conditions d'ambiance sur les performances des porcelets en pouponnière

Confort des porcelets

Température effective ressentie

- La température ressentie par les animaux est appelée température effective (*effective environmental temperature*)
- La température mesurée par le thermomètre est augmentée ou diminuée par différents facteurs de l'environnement
- Lorsque la température effective se trouve en dessous de la température critique inférieure (TCi), les performances et la santé sont sacrifiés



Température effective ressentie chez le porc

(adapté de McFarlane 2004 - source Baker, 2004)

Impact des conditions d'ambiance sur les performances des porcelets en pouponnière

Confort des porcelets

Température effective ressentie

- **C'est la température ressentie par les animaux**

Plusieurs facteurs affectent la température effective ressentie:

- ✓ Conduction (surface)
- ✓ Convection (vitesse de l'air)
- ✓ Radiation (isolation du bâtiment)

Baker (2004) rapporte les limites de la zone de température effective de confort des porcs selon leur masse établie par McFarlane (2004) et propose différents facteurs d'ajustement permettant de convertir la température bulbe sec en température effective selon, notamment, le type de plancher, la vitesse de l'air au niveau des animaux, l'isolation du bâtiment et la présence de système de chauffage radiant ou de système de refroidissement.



Impact des conditions d'ambiance sur les performances des porcelets en pouponnière

CO₂

- Des niveaux élevés en CO₂ et en humidité relative sont des indicateurs d'une mauvaise ventilation
- Des niveaux > 1 500 ppm de CO₂ sont associés à une réduction des taux de croissance et à une augmentation des maladies respiratoires (Donham *et al.*, 1989)
- D'après Schneberger *et al.* (2015), la combinaison d'une forte exposition au CO₂ et à la poussière augmente les réponses immunitaires des voies respiratoires des porcs
 - ✓ L'influence combinée de ces gaz a été associée à une susceptibilité accrue aux maladies respiratoires, au stress et à une baisse de productivité des porcs (Michiels *et al.*, 2015)
- Selon Smith et Crabtree (2005), une cible typique pour l'ajustement du débit minimal de ventilation est de 3000 ppm de concentration de CO₂, alors que la limite supérieure à ne pas dépasser est de 5000 ppm
 - ✓ Des niveaux élevés de CO₂ dans les salles d'élevages réduisent l'appétit des porcs, ce qui peut affecter les performances de croissance des animaux

Impact des conditions d'ambiance sur les performances des porcelets en pouponnière

NH₃

- Généré par l'hydrolyse de l'urine ou par la décomposition des matières organiques
- > 50 ppm : baisse des performances pouvant aller jusqu'à 10 % du GMQ
 - ✓ À ces taux, la capacité du porc à évacuer les pathogènes de son système respiratoire est grandement affectée, causant toux et augmentation de la fréquence respiratoire, irritation de la muqueuse respiratoire et augmentation des pneumonies. Des changements de comportements (nervosité, morsures de queues, d'oreilles et de flancs) sont également observés (www.epidalis.com).
- Pour les porcelets sevrés, la concentration maximale recommandée pour l'ammoniac est de 20 ppm (Lemay 2007)

Matériel et méthode

- Les informations provenant de la littérature concernant l'impact de la qualité de l'air (gaz, poussières, humidité relative (HR), microorganismes) en lien avec les performances des porcelets en pouponnière ont été colligées
 - ✓ Une attention particulière a été portée sur l'impact des courants d'air sur les animaux selon les conditions d'ambiance
- Ces informations essentielles ont servi à établir la stratégie de ventilation optimisée :
 - ✓ Établir les seuils de concentration maximaux tolérables de chacun des gaz et de l'humidité avant qu'ils ne détériorent les performances des porcelets
 - ✓ Bien calibrer le système de ventilation (charte de température, charte de vitesse minimum de l'air, différentiel des paliers de ventilation et de chauffage, seuil limite acceptable en CO₂, NH₃ et HR) dans le but de maintenir un confort optimal des porcelets, tout en optimisant les dépenses énergétiques et ce, tant en été qu'en hiver
- La stratégie de ventilation optimisée a été validée par des experts en ventilation du CDPQ, ainsi que par le Groupe Robitaille et Maximus, avant sa mise en application à la ferme

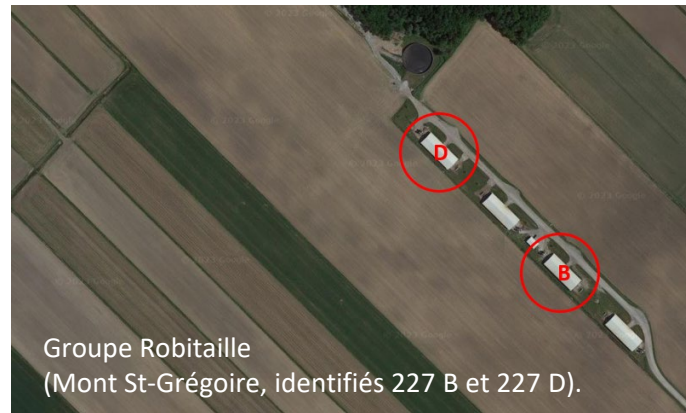
Matériel et méthode – Description du dispositif expérimental

Essais de différentes stratégies de ventilation dans 2 bâtiments identiques du Groupe Robitaille

- Élevage multi-sources en TPTV
- Durée d'un lot = 52 j (56 j entre 2 entrées de porcelets, donc 4 j dédiés au protocole de lavage)
- 4 salles/bâtiment
- 20 enclos/salle
- 550 places/salle

➤ Plusieurs équipements et appareils de mesure ajoutés :

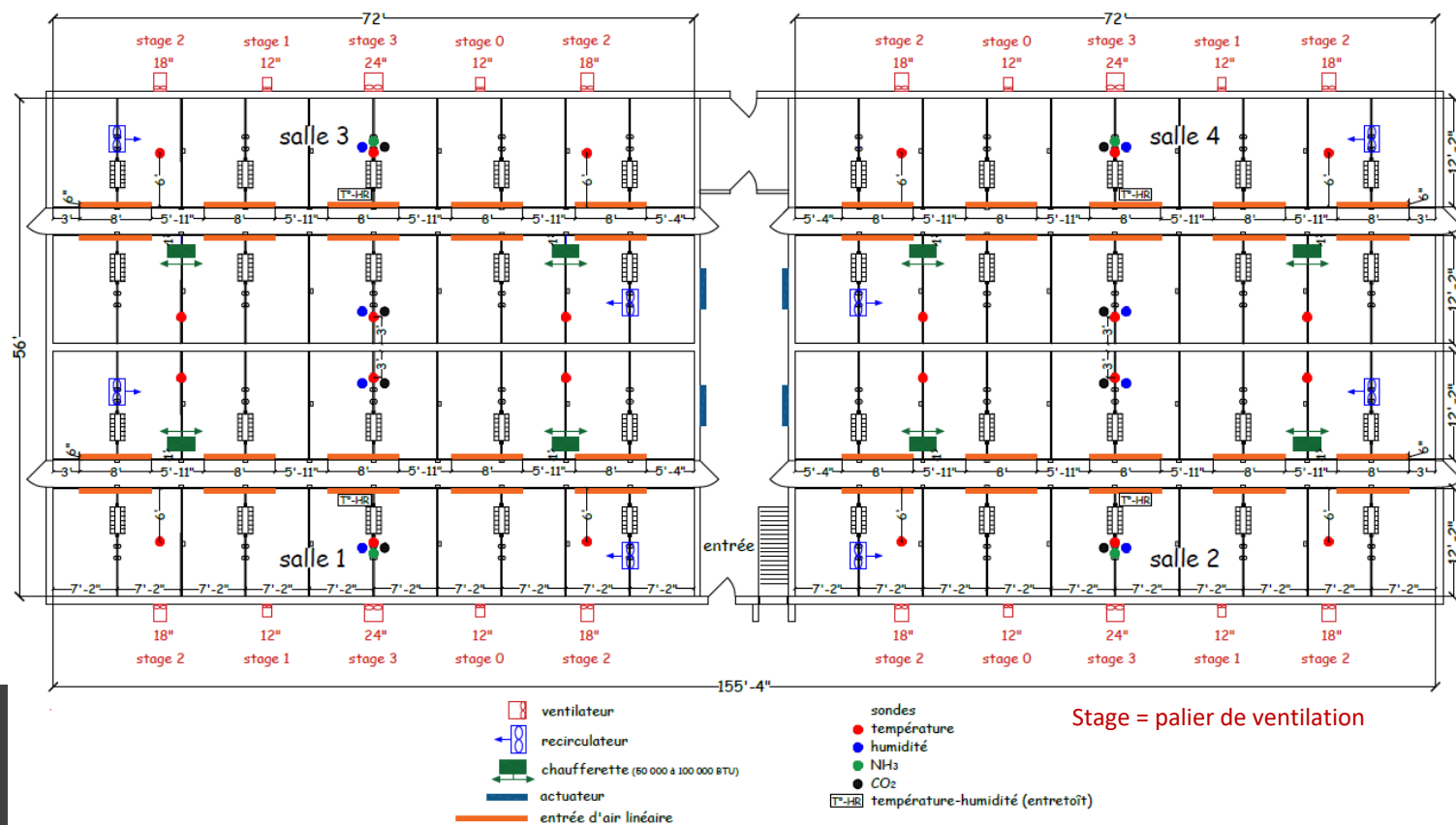
- ✓ 8 sondes de température, 2 sondes d'HR, 2 sondes de CO₂, 1 sonde de NH₃, 1 sonde de pression statique, 1 compteur d'eau, 1 compteur de propane, 2 ventilateurs de recirculation/salle



- ✓ Ajout de 2 silos/bâtiment avec vis
- ✓ Une balance de type plancher/bâtiment
- ✓ Une sonde de température et d'humidité/bâtiment afin de monitorer les paramètres de l'air entrant dans le bâtiment

Matériel et méthode – Description du dispositif expérimental

Plan de
plancher de la
pouponnière
227 B



Système d'alimentation et d'abreuvement

Alimentation à volonté

- 10 trémies sèches doubles / salle
- 3 points d'eau de type bol (urinoir et conventionnel) / parc
- 1 compteur d'eau / salle
- 1 silo / salle pour mesurer la quantité d'aliment consommée

→ À la fin des lots : moulée restante aspirée et pesée afin de connaître la quantité réelle consommée :

Moulée livrée - Moulée restante = Moulée consommée



Pesée des porcelets

Pesées effectuées:

- Lendemain de l'entrée des porcelets
- Porcelets morts en cours d'élevage
- À la fin du lot

Un allotement était fait afin de répartir des poids moyens semblables dans chacun des traitements :

- Porcelets regroupés dans 18 des 20 parcs de la salle
- Les 2 autres parcs étaient utilisés pour isoler les porcs malades et/ou pour les petits porcelets

Balance de plancher

Sureweight
avec cadran
indicateur
numérique



Système de contrôle des conditions d'ambiance

Système de contrôle Maximus

- Contrôle et monitoring de l'ambiance de chacune des salles en fonction des différentes stratégies de ventilation testées :
 - ✓ Température
 - ✓ HR
 - ✓ CO₂
 - ✓ NH₃
 - ✓ Pression statique
 - ✓ Consommation d'eau, consommation de propane
- Variations des différentes composantes du système de ventilation (entrée d'air, ventilateurs, chauffage, recirculation)



Système de contrôle des conditions d'ambiance

Débit de ventilation

5 ventilateurs / salle

Palier de ventilation	Diamètre des ventilateurs (po)	Nb de ventilateurs par palier	Débit de chaque ventilateur (CFM)	Débit de ventilation par palier (CFM)
Palier 1	12	2	1 200	2 400
Palier 2	18	2	3 300	6 600
Palier 3	24	1	5 800	5 800
			Débit total	14 800

Système de contrôle des conditions d'ambiance

Débit de ventilation

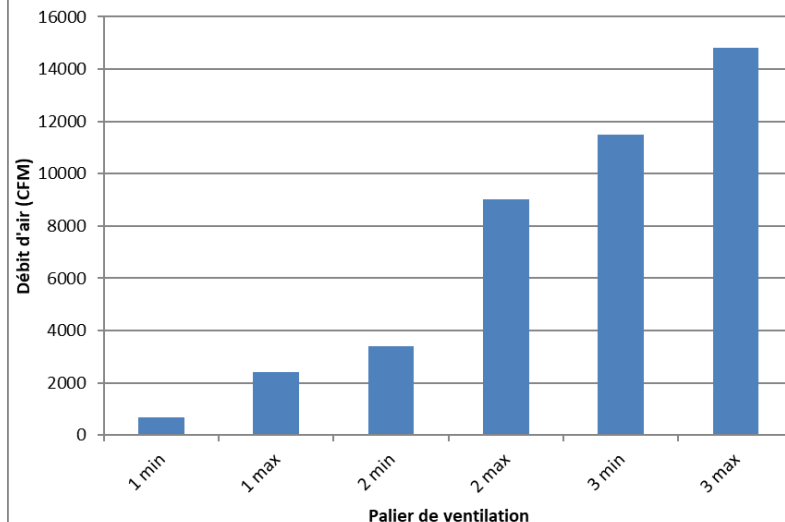
Évolution visée du débit par palier de ventilation = relativement constante.

→ Convergences utilisées :

- ✓ Débit minimum = 1,1 CFM/porcelet
- ✓ Débit maximum = 26,9 CFM/porcelet
- ✓ Débit total de 14 800 CFM
(14 800 CFM / 550 porcelets = 26,9 CFM max. / porcelet)

Le débit maximal obtenu ne respecte pas la recommandation qui est de 45 CFM maximum/porc.

Étalement des paliers de ventilation



Système de contrôle des conditions d'ambiance

Ajustement des paramètres de ventilation

Paramètres de ventilation	Ajustement des paramètres dans le contrôleur	Unité
Différentiel palier 1	2,0	°F
Écart palier 2	0,5	°F
Différentiel palier 2	2,0	°F
Écart palier 3	0,5	°F
Différentiel palier 3	1,5	°F
Écart palier 4 (Recirculation)	1,7	°F
Différentiel palier 4 (Recirculation)	6,0	°F
Recirculation OFF	0 - 21	Jours d'élevage
Thermostat backup	85,0	°F
Chauffage relatif départ	-2,0	°F
Chauffage relatif arrêt	-1,5	°F

Système de contrôle des conditions d'ambiance

Ajustement des paramètres de ventilation

Calibration des ouvertures des entrées d'air ajustée pour obtenir les vitesses d'air désirées.

Ventilation minimum : ouverture des entrées d'air = $\frac{1}{4}$ de po. Vitesse d'air = 900 pi/min, l'air longe le plafond et se réchauffe avant de se diriger dans le fond de l'enclos.

Ventilation maximum : vitesse d'air = 400 pi/min
Entrées d'air ouvertes au maximum.

- ✓ L'objectif est d'envoyer l'air sur les animaux pour les rafraîchir.

Ouverture des entrées d'air en fonction du palier de ventilation

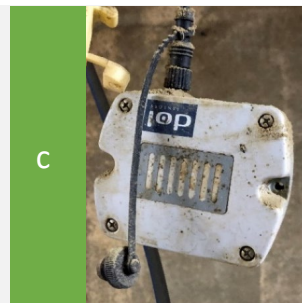
Palier de ventilation	Vitesse d'air désirée à l'entrée d'air (pi/min)	Ouverture de l'entrée d'air (po)
1 min	900	$\frac{1}{4}$
1 max	800	$1 \frac{3}{16}$
2 min	700	$1 \frac{15}{16}$
2 max	700	$5 \frac{1}{8}$
3 min	400	$11 \frac{1}{2}$
3 max	400	$14 \frac{3}{4}$

Système de contrôle des conditions d'ambiance

Capteurs

Dans chaque salle :

- 8 sondes de température (a)
- 2 sondes d'humidité relative (b)
- 2 sondes de CO₂ (c)
- 1 sonde de NH₃ (d)



Système de contrôle des conditions d'ambiance

Capteurs

Dans chaque salle :

- 1 sonde de pression statique (a)
- 1 compteur d'eau (b)
- 1 compteur de propane (c)



Deux sondes de températures et d'humidité ont également été positionnées dans le comble, vis-à-vis les entrées d'air, afin de monitorer les conditions de l'air entrant dans le bâtiment.

Système de contrôle des conditions d'ambiance

Système de chauffage

Dans chacune des salles : 2 fournaies au propane LB White à intensité variable (50 000 -100 000 BTU)

- Consigne de départ relatif = - 2,0°F
- Consigne d'arrêt relatif = - 1,5°F

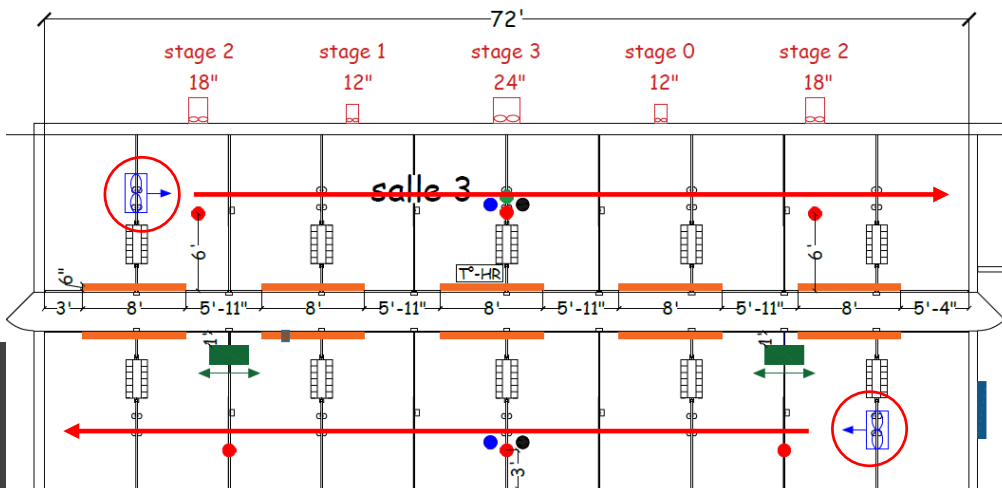


Système de contrôle des conditions d'ambiance

Ventilateurs de recirculation

2 ventilateurs de recirculation / salle :

- 30 po, vitesse variable
- À l'arrêt pour les 21 premiers jours suivant l'entrée des porcelets
- En fonction à bas régime lorsque la $T_{\text{salle}} = 7,2^{\circ}\text{F}$ de plus que la température de consigne
- Augmentation de leur vitesse selon l'augmentation de la T_{salle} . Vitesse maximale atteinte lorsque $T_{\text{salle}} = 13,2^{\circ}\text{F}$ de plus que la consigne de température



Variabilité spatiale de la vitesse d'air

Prise de mesure de la vitesse d'air ressentie au niveau des animaux à deux hauteurs :

- 0,6 m du sol
- 1 m du sol

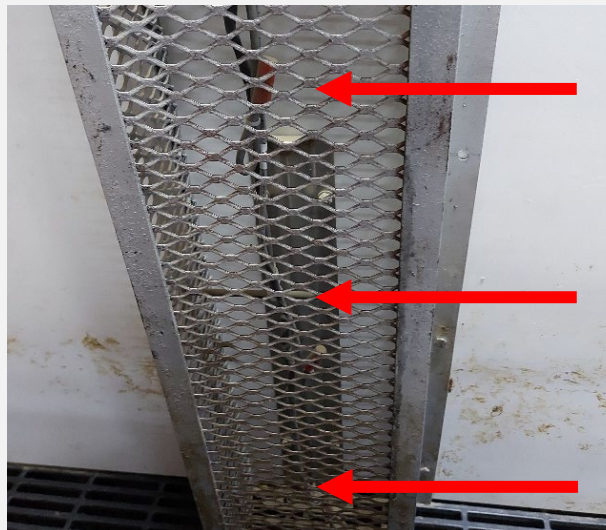
Ces données ont été utilisées pour déterminer l'effet de refroidissement de la recirculation de l'air pour la stratégie de ventilation compensée estivale.

Situation	Vitesse (pi/min)				
	Minimum	Moyenne	Mediane	Maximum	Écart-type
Palier 3 min. et recirculation min.	0,0	39,1	38,4	120,1	22,1
Palier 3 max. et recirculation max.	23,6	84,0	84,6	214,6	32,4

Variation de la température selon la hauteur des sondes

Valider l'effet de la stratification de la température :

- Installation d'un dispositif à 3 sondes de hauteurs différentes dans une des salles :
 - ✓ Niveau du plancher
 - ✓ 10 pouces du sol
 - ✓ 20 pouces du sol



Stratégies de ventilation

Trois stratégies : une conventionnelle (témoin) et deux compensées (une en hiver et une en été)

Consignes de température selon la stratégie de ventilation

Jour d'élevage	Consigne de température selon la stratégie		
	Conventionnelle (témoin)	Compensée (hiver)	Compensée (été)
	°F	°F	°F
0	78,0	86,5	83,0
4	78,0	86,5	83,0
7	77,0	84,5	80,0
14	76,0	80,5	77,0
21	75,0	78,5	75,0
35	70,0	74,5	71,0
49	67,0	71,5	68,0

Stratégie de ventilation conventionnelle (témoin)

Diminution graduelle de la température sur 49 jours :

- Température à l'entrée : 78°F
- Température à la sortie : 67°F

Ajustement de la $V_{\min}$ en hiver = selon l'expérience de l'opérateur :

- Odeur désagréable dans le bâtiment, sensation d'irritation oculaire, air qui semble trop humide:
→ $V_{\min}$ du ventilateur du palier augmentée
- Système de chauffage semble inefficace ou fonctionne trop souvent :
→ $V_{\min}$ diminuée

Jour d'élevage	Consigne de température selon la stratégie
	Conventionnelle (témoin)
	°F
0	78,0
4	78,0
7	77,0
14	76,0
21	75,0
35	70,0
49	67,0

Stratégie de ventilation compensée en hiver

Stratégie basée sur la variation automatisée du débit de ventilation minimum en fonction des paramètres d'ambiance mesurés par le contrôleur.

Débit de ventilation augmenté lorsque $HR_{salle} > 70 \%$

- La V_{min} des ventilateurs du premier palier augmentait graduellement pour sortir l'humidité supplémentaire
- L'augmentation de la vitesse des ventilateurs pouvait être au maximum 15% plus élevée que la vitesse minimum

Les consignes de température ambiante sont plus élevées (86,5 °F à 71,5 °F) que dans la stratégie conventionnelle (78 °F à 67 °F).

Jour d'élevage	Consigne de température selon la stratégie	
	Conventionnelle (témoin)	Compensée (hiver)
	°F	°F
0	78,0	86,5
4	78,0	86,5
7	77,0	84,5
14	76,0	80,5
21	75,0	78,5
35	70,0	74,5
49	67,0	71,5

Stratégie de ventilation compensée en été

Stratégie basée sur l'effet de refroidissement de la vitesse d'air.

Consigne de température supérieure tout au long de l'élevage (83 °F à 68 °F) comparativement à la stratégie conventionnelle (78 °F à 67 °F).

Les ventilateurs de recirculation démarraient à très bas régime lorsque $T_{\text{salle}} = 7,2$ °F de plus que la T_{consigne}

→ Augmentation graduelle de la vitesse en fonction de l'augmentation de la T_{salle}

→ V_{max} lorsque $T_{\text{salle}} = 13,2$ °F de plus que la consigne

Jour d'élevage	Consigne de température selon la stratégie	
	Conventionnelle (témoin)	Compensée (été)
	°F	°F
0	78,0	83,0
4	78,0	83,0
7	77,0	80,0
14	76,0	77,0
21	75,0	75,0
35	70,0	71,0
49	67,0	68,0

Protocole expérimental

Pour atteindre les objectifs du projet et noter les différences de performances selon la stratégie de ventilation :

- 26 lots nécessaires (13/bâtiment)
- Chaque pouponnière remplie totalement dans la même journée
 - ✓ L'entrée des porcelets se faisait dans un intervalle de 2 semaines entre le bâtiment B et le D
- 4 salles/bâtiment et 2 types de stratégie de ventilation → 2 salles dédiées à la stratégie de ventilation conventionnelle (témoin) + 2 salles dédiées à la stratégie de ventilation compensée
 - ✓ Le traitement des salles était inversé pour le lot suivant
- Pour éviter des biais liés à l'emplacement des traitements en fonction des vents dominants, les salles 1-4 et 2-3 était pairées, car à l'opposé l'une de l'autre
- Le J0 de la charte de T⁹ correspond à la journée de la pesée et de l'allotement, le lendemain de l'entrée

Résultats et discussion

Impact de la stratégie de ventilation hiver

- Performances zootechniques très semblables (aucune différence significative observée)
- GMQ identique dans les deux traitements
- CMQ supérieure de 10 g/j pour la stratégie conventionnelle
 - ✓ Hypothèse concernant ce résultat : les consignes plus élevées de T° dans la stratégie compensée font en sorte que les porcelets sont plus confortables = moins de consommation d'aliment pour combattre les périodes de température critique inférieure

Performances zootechniques et consommation d'eau et de propane selon la stratégie de ventilation en hiver

	Stratégie conventionnelle	Stratégie compensée (hiver)
Poids moyen à l'entrée (kg)	6,01	6,00
Poids moyen à la sortie (kg)	28,07	28,01
GMQ économique (g/j)	449	450
GMQ technique (g/j)	461	459
CMQ moyen (g/j)	634	624
Conversion alimentaire économique	1,42	1,39
Conversion alimentaire technique	1,38	1,36
Mortalité des porcelets (%)	7,33	6,39
Consommation propane (L)	383	558
Consommation d'eau (L/j/porcelet sorti)	1,88	2,05

Résultats et discussion

Impact de la stratégie de ventilation hiver

Porcelets maintenus dans ces conditions :

- ✓ 78 °F à l'arrivée
- ✓ plancher de plastique
- ✓ bâtiment bien isolé

Ressentent alors une température de 70 °F selon le tableau suivant. (78 °F – 7 °F – 1 °F)

Cette température est alors en-dessous de la température critique inférieure pour des porcelets de 6 kg.

Facteurs affectant l'estimation de la température effective					
		Diminution ou augmentation à considérer			Diminution ou augmentation à considérer
Type de plancher	Tapis de sol	+3	Isolation des bâtiments *	Bonne (R14 mur/R30 cloison)	-1
	Treillis métallique	-9		Modérée (R10/R20)	-3
	Tenderfoot	-7		Faible (R5/R10)	-13
	Plastique extrudé	-7	Système de refroidissement	Rideau d'évaporation	-6
	Béton sec	-9		Brumisateur	-6
	Béton humide	-18		Goutte-à-goutte	-10
				Aspersion	-10
Vitesse de l'air	30 pi/min	-7	Source de chaleur radiante **		+12
	90 pi/min	-13			
	300 pi/min	-18			

* Correction pour temps froid seulement

** Pour les porcs ayant un accès direct à la zone chauffée

Adapté de Baker 2004

Résultats et discussion

Impact de la stratégie de ventilation hiver

- CA presque identique, légèrement mieux dans la stratégie compensée
 - ✓ Différence de 0,03 équivaut à 0,44 \$/porcelet
- Amélioration du taux de mortalité de 0,94 %
 - ✓ Statistiquement non significative
- Statut sanitaire = instable durant le projet
 - ✓ Très grande variabilité de la mortalité d'un lot à l'autre et d'une salle à l'autre (pour le même traitement)

Performances zootechniques et consommation d'eau et de propane selon la stratégie de ventilation en hiver

	Stratégie conventionnelle	Stratégie compensée hiver
Poids moyen à l'entrée (kg)	6,01	6,00
Poids moyen à la sortie (kg)	28,07	28,01
GMQ économique (g/j)	449	450
GMQ technique (g/j)	461	459
CMQ moyen (g/j)	634	624
Conversion alimentaire économique	1,42	1,39
Conversion alimentaire technique	1,38	1,36
Mortalité des porcelets (%)	7,33	6,39
Consommation propane (L)	383	558
Consommation d'eau (L/j/porcelet sorti)	1,88	2,05

Résultats et discussion

Impact de la stratégie de ventilation hiver

- Consommation de propane supérieure de 175 L pour la stratégie compensée
 - ✓ Augmentation d'environ 45,7 %
 - ✓ Consommation attendue car T° + chaude et taux de ventilation + élevé lorsque conditions d'ambiances + humides
 - ✓ En moyenne 3,36 L de plus par jour sur une durée d'élevage de 52 j
- Consommation d'eau légèrement plus élevée dans la stratégie compensée (170 ml/porcelet/j)
 - ✓ Pourrait s'expliquer par les T° plus élevées

Performances zootechniques et consommation d'eau et de propane selon la stratégie de ventilation en hiver

	Stratégie conventionnelle	Stratégie compensée (hiver)
Poids moyen à l'entrée (kg)	6,01	6,00
Poids moyen à la sortie (kg)	28,07	28,01
GMQ économique (g/j)	449	450
GMQ technique (g/j)	461	459
CMQ moyen (g/j)	634	624
Conversion alimentaire économique	1,42	1,39
Conversion alimentaire technique	1,38	1,36
Mortalité des porcelets (%)	7,33	6,39
Consommation propane (L)	383	558
Consommation d'eau (L/j/porcelet sorti)	1,88	2,05

Résultats et discussion

Impact de la stratégie de ventilation hiver

- HR des salles supérieure à 70 % = différence de 1 % du temps où l'HR est inférieure dans la stratégie compensée
 - ✓ Compensation sur l'humidité augmente le taux de ventilation et évacue l'humidité
- HR des salles inférieure à 70 % = différence de 2 % du temps où l'HR est inférieure dans la stratégie compensée
 - ✓ L'air plus chaud est capable de contenir plus d'humidité, donc les consignes plus élevées expliquent cette différence

Selon le traitement,
proportion de temps
passé dans chacune des
catégories d'humidité
relative(HR) quand la
température extérieure
est inférieure à 0 °C.

Traitement	HR > 55	HR > 60	HR > 65	HR > 70	HR > 75	HR > 80	HR > 85
Stratégie compensée hiver	96 %	92 %	86 %	75 %	45 %	12 %	1 %
VS							
Stratégie conventionnelle	98 %	94 %	88 %	76 %	46 %	14 %	1 %

Résultats et discussion

Impact de la stratégie de ventilation hiver

- Des concentrations de CO₂ supérieures à 6000 ppm sont mesurées sur 1% moins de temps avec l'utilisation de la stratégie de ventilation compensée
- Présence d'une plus grande proportion de temps où la ventilation est au minimum, ce qui explique les pourcentages plus élevés de temps avec des concentrations de plus de 3000 et 4000 ppm de CO₂

Proportion de temps d'un lot dans chacune des catégories de concentration de CO₂ quand la température extérieure est inférieure à 0°C selon le traitement.

Traitement	CO ₂ > 3000 ppm	CO ₂ > 4000 ppm	CO ₂ > 5000 ppm	CO ₂ > 6000 ppm
Stratégie compensée hiver	94 %	59 %	19 %	2 %
Stratégie conventionnelle	91 %	57 %	19 %	3 %

Résultats et discussion

Impact de la stratégie de ventilation en été

- Performances zootechniques très semblables dans les deux traitements
 - ✓ Aucune différence significative
- GMQ supérieur de 10 g pour stratégie compensée
- CMQ 8 g/j supérieur avec la stratégie compensée
- Conversion alimentaire presque identique pour les 2 traitements
- Détérioration de la mortalité non significative
 - ✓ Différence numérique due à la dérive sanitaire
- Consommation d'eau similaire

Performances zootechniques et consommation d'eau et de propane selon la stratégie de ventilation en été

	Stratégie conventionnelle	Stratégie compensée été
Poids moyen à l'entrée (kg)	6,32	6,38
Poids moyen à la sortie (kg)	27,27	27,78
GMQ économique (g/j)	429	439
GMQ technique (g/j)	441	451
CMQ moyen (g/j)	531	539
Conversion alimentaire économique	1,33	1,30
Conversion alimentaire technique	1,20	1,19
Mortalité des porcelets (%)	9,48	10,53
Consommation propane (L)	0,46	2,50
Consommation d'eau (L/j/porcelet sorti)	2,10	2,13

Résultats et discussion

Impact de la stratégie de ventilation en été

- À 75 et 80 % d'humidité, il y a 1 % moins de temps dans ces conditions lors de l'utilisation de la stratégie compensée en été
- À 55, 65 et 70 % d'humidité, il y a 1 % de plus de temps dans ces conditions lors de l'utilisation de la stratégie compensée en été.

Proportion de temps du projet, selon le traitement, dans chacune des catégories d'humidité relative (HR) quand la température extérieure est supérieure à 15°C

Traitement	HR > 55	HR > 60	HR > 65	HR > 70	HR > 75	HR > 80	HR > 85
Stratégie compensée été	98 %	93 %	85 %	68 %	34 %	9 %	1 %
Stratégie conventionnelle	97 %	93 %	84 %	67 %	35 %	10 %	1 %

Résultats et discussion

Impact de la stratégie de ventilation en été

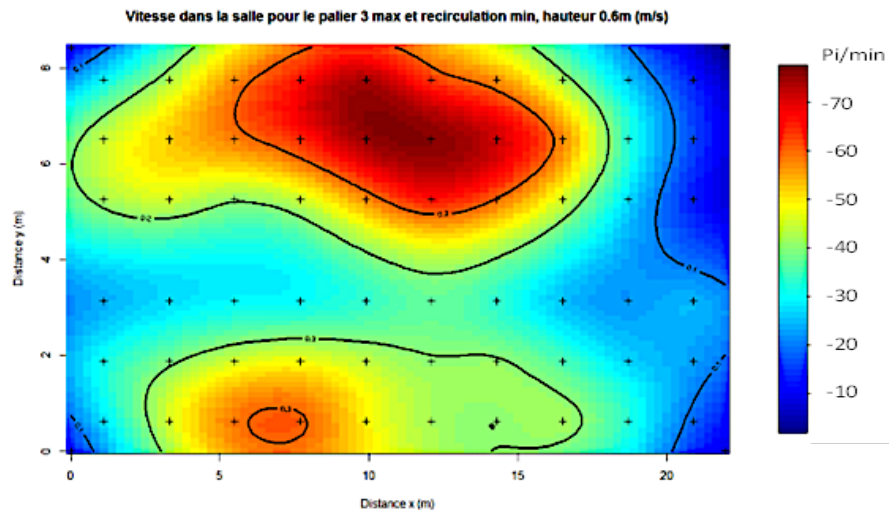
- La proportion de temps de la stratégie compensée avec des concentrations de CO₂ de plus de 3000 ppm est supérieure de 7 % comparativement à la stratégie conventionnelle
- En général, la proportion de temps de la stratégie compensée est plus élevée dans toutes les catégories de concentrations de CO₂ confondues

Proportion de temps d'un lot dans chacune des catégories de concentrations de CO₂ quand la température extérieure est supérieure à 15 °C selon le traitement.

Traitement	CO ₂ > 3 000	CO ₂ > 4 000	CO ₂ > 5 000	CO ₂ > 6 000
Stratégie compensée été	47 %	21 %	6 %	1 %
Stratégie conventionnelle	40 %	18 %	5 %	1 %

Résultats et discussion

Impact de la stratégie de ventilation en été



Impact de la stratégie de ventilation en été

Variabilité spatiale de la vitesse d'air dans les salles lorsque les ventilateurs de recirculation fonctionnent à leur vitesse maximale



Résultats et discussions

Impact de la stratégie de ventilation en été

- En moyenne, les ventilateurs fonctionnent 214 heures par lots
- L'ajustement des ventilateurs de recirculation empêchait leur démarrage dans les 21 premiers jours, ce qui a eu une incidence sur le temps de fonctionnement (ex. : août)

Nombre d'heures de fonctionnement des ventilateurs de recirculation dans les lots de la stratégie compensée en été

# du lot	Date d'entrée	Nombre d'heures de fonctionnement
2	12-aout-20	76
11	04-mai-21	321
12	18-mai-21	328
13	30-juin-21	325
14	14-juil-21	400
15	25-aout-21	52
23	05-avr-22	137
24	19-avr-22	140
25	31-mai-22	141
26	14-juin-22	217
Moyenne des lots		214

Contraintes rencontrées en cours de projet



- Impossible de faire varier automatiquement le débit de ventilation selon l'âge et le poids des animaux
- J0 correspondait au lendemain de l'arrivée des porcelets
- Températures plus basse que la consigne lors des pesées (bien-être des travailleurs)
- Application de la stratégie conventionnelle pas toujours constante
- Porcelets mélangés avant la pesée et l'allotement : élevage multi-sources
- Dérives sanitaires et santé variable des porcelets = impact sur les résultats : taux de mortalité
- Durée de vie très courte des sondes HR, CO₂ et NH₃



Impact technico-économique des stratégies de ventilation compensée

Fait de manière indépendante pour les stratégies hivernale et estivale

Facteurs différents d'un traitement à l'autre :

- Équipements à mettre en place
- Équipements à entretenir
- Résultats des performances zootechniques

Il était donc plus intéressant de les traiter indépendamment afin de mieux les comparer.



Impact économique de la stratégie de ventilation compensée hivernale

Paramètres utilisés pour l'analyse économique



- Utilisation des résultats de performances zootechniques, sauf pour la mortalité, car la différence est attribuable à la dérive sanitaire.
 - ✓ Taux de mortalité moyen = 4,26 %
- Pouponnière de 2 200 places (4 salles de 550 places), produisant annuellement 13 676 porcelets
- Prix de la moulée : 608,07 \$/tonne
- Prix du propane : 0,49 \$/litre
 - ✓ Il est considéré que le chauffage est utilisé pour 50 % des lots élevés dans l'année
- Achat de 4 sondes HR au prix unitaire de 511 \$. Durée de vie des sondes = seulement un an
- Installation par des électriciens (matériel et main d'œuvre) : 1 080 \$

Impact économique de la stratégie de ventilation compensée hivernale

Amélioration de la conversion alimentaire

- 0,73 kg de moulée de moins par porcelet @ 608,07 \$/tonne = 0,44 \$/porcelet vendu

Augmentation de la consommation du propane pour le chauffage des salles

- Augmentation de 175 litres de propane par salle @ 0,49 \$/litre = 86,46 \$ x 4 salles = 345,84 \$ par lot
- En considérant 50 % du temps d'élevage en stratégie hivernale: 345,84 \$/lot x 6,5 lots x 50 % = 1123,98 \$ par an / 13 767 porcelets
- Cout supplémentaire en chauffage = 0,08 \$/porcelet vendu

Achat et installation des équipements pour la SCH

- Achat des 4 sondes d'HR + installation = 3 123 \$
- Amortissement des sondes sur une année = 0,15 \$/porcelet vendu
- Coût d'entretien annuel pour le remplacement des sondes HR = 0,01 \$/porcelet vendu

La stratégie compensée hivernale engendre un profit de l'ordre de 0,20 \$/porcelet vendu



Impact économique de la stratégie de ventilation compensée estivale

Paramètres utilisés pour l'analyse économique

- Utilisation des résultats de performances zootechniques, sauf pour la mortalité, car la différence est attribuable à la dérive sanitaire
 - ✓ Taux de mortalité moyen de 4,26 %
- Pouponnière de 2200 places (4 salles de 550 places) produisant annuellement 13 676 porcelets
- Prix de la moulée: 608,07 \$/tonne
- Prix moyen du porcelet de 25,5 kg pour la période 2018 - 2022 = 59,77 \$ (ou 2,34\$/kg)
- Achat de 8 ventilateurs de recirculation à vitesse variable. Prix unitaire = 582 \$
 - ✓ Durée de vie de ces ventilateurs = 10 ans
- Installation par des électriciens (matériel et main d'œuvre) = 2820 \$

Impact économique de la stratégie de ventilation compensée estivale

Augmentation du poids à la sortie : 0,5 kg @ 2,34 \$/kg = **1,17 \$/porcelet vendu**

Amélioration de la conversion alimentaire : 0,04 kg de moulée de moins par porcelet @ 608,07 \$/tonne = **0,03 \$/porcelet vendu**

Achat et installation des équipements pour la SCE

Coût d'achat + filage électrique + raccordement au contrôleur de ventilation par un électricien = 7 478 \$

- Ventilateurs amortis sur 10 ans et installations électriques sur 20 ans
- Amortissement = **0,04 \$/porcelet vendu**
- Entretien annuel = **0,01 \$/porcelet vendu**

Coût d'électricité de l'utilisation des ventilateurs de recirculation

- Puissance nominale : 8 ventilateurs de recirculation (SCE) consomment 6 Kw/h x 0,105 \$/Kw/h x 214 h de fonctionnement par lot
- Coût de fonctionnement de ces ventilateurs = 134,82 \$ x 40 % (en fonction sur 40 % des lots) = **0,03 \$ par porcelet vendu**

La stratégie compensée estivale engendre un gain financier de l'ordre 1,12 \$/porcelet vendu





Conclusion

- Les stratégies de ventilation testées ont eu un impact sur les conditions d'ambiance et donc sur le confort des porcelets en pouponnière
- La stratégie de ventilation compensée en hiver a amélioré le confort des porcelets
 - ✓ Taux d'humidité relative (HR) plus bas
 - ✓ Concentration de CO₂ = même tendance que HR
- Les ventilateurs de recirculation utilisés dans la stratégie de ventilation compensée en été permettaient de créer des courants d'air sur les porcelets pour les refroidir



Conclusion

- Même si les conditions d'ambiance étaient meilleures dans les salles où les stratégies compensées étaient utilisées (été et hiver), ces améliorations ne se sont pas traduites par de meilleures performances zootechniques
- Pour la stratégie compensée en hiver, la consommation de propane a été supérieure de 3,36 litres par jour, ce qui était prévisible puisque la consigne de température était plus chaude durant la période d'élevage et le taux de ventilation plus élevé en raison des conditions d'ambiance plus humides
- L'état de santé variable des porcelets (dérives sanitaires) ainsi que les ajustements manuels effectués par les opérateurs sur les paramètres de ventilation de la stratégie conventionnelle ont peut-être influencé les résultats du projet



Conclusion

À la lumière des résultats, d'autres travaux menés dans un contexte plus contrôlé seraient nécessaires pour améliorer et optimiser ces stratégies, le résultat attendu étant que l'amélioration des conditions d'ambiances observée se reflète sur les performances des porcelets.

Ce projet a été financé par l'entremise du Programme de développement sectoriel, en vertu du Partenariat canadien pour l'agriculture, entente conclue entre les gouvernements du Canada et du Québec.

 PARTENARIAT
CANADIEN pour
l'**AGRICULTURE**

Canada  Québec 

Les auteurs tiennent aussi à remercier Groupe Robitaille et Maximus pour leur contribution à ce projet.


Robitaille


MAXIMUS[®]
Une entreprise d'Ingersoll Rand

CDPQ 
Centre de développement
du porc du Québec inc.