



Amélioration du bien-être animal en production porcine par l'adoption d'une stratégie de contrôle d'ambiance basée sur l'utilisation d'un indice de confort.

Présenté par : Jean-Gabriel Turgeon
Bachelier en génie agroenvironnemental
Chargé de projets, CDPQ



Équipe de réalisation et collaborateurs

Stéphane Godbout, ing., agr., Ph. D. Chercheur principal, IRDA.

A. Dalila Larios Larios-Martinez., Ph. D., IRDA.

Sébastien Fournel, ing., Ph. D., Professeur, Université Laval.

Alain N. Rousseau, Ph. D., Professeur, INRS.

Sébastien Turcotte, agr., Responsable bâtiments et régie, CDPQ.

Patrick Gagnon, Ph. D., Responsable analyse et valorisation des données, CDPQ.

Francis Pouliot, ing., M.B.A. Responsable - Infrastructures de recherche, CDPQ.

Mention également de Rémi Quirion, étudiant à la maîtrise en génie agroalimentaire sous la supervision de Sébastien Fournel, qui a également travaillé sur ce sujet dans le cadre de son projet de maîtrise intitulé « Perfectionnement d'une stratégie novatrice de ventilation et de refroidissement basée sur le confort thermique des porcs en engraissement ».



Plan de la présentation

Mise en contexte

Littérature

Objectifs du projet

Méthodologie et dispositif expérimental

Résultats et discussion:

- Exemple de fonctionnement des stratégies de ventilation
- Conditions d'ambiance dans les salles
- Performances zootechniques

Conclusion



Mise en contexte



Centre de développement
du porc du Québec inc.

Mise en contexte

Il y a des enjeux moraux et économiques de chercher à améliorer le bien-être des porcs et des truies lors des canicules.

L'une des priorités de recherche dans le secteur porcin – Horizon 2024, est de développer une stratégie de contrôle répondant mieux aux besoins réels des animaux afin d'optimiser le confort et la santé des porcs.

Comité recherche, développement et transfert de la filière porcine québécoise (Juin 2019)



Littérature



Centre de développement
du porc du Québec inc.

Études antérieures

2004 : Concept de température effective pour les porcs (Baker et McFarlane);

2004 : Modèle théorique d'échange d'énergie entre les porcs et leur environnement (Fialho et *collab.*);

2012 : Mise en application du concept de la réduction des débits de ventilation par l'utilisation de méthodes alternatives pour le refroidissement des porcs (Pouliot et al.);

2017 : Retour sur les différents modèles empiriques et mécanistes estimant la production d'énergie et la croissance des animaux et sur l'intérêt d'utiliser un indice de confort complet pour contrôler l'ambiance dans les salles d'élevage dans une optique d'élevage de précision (Fournel et al.);

2017 : Développement de l'indice Housed Swine Heat Stress Index (HS2I) pour les porcs en engraissement de 50 à 120 kg (Ramirez). Le modèle de confort est basé sur le modèle animal de Fialho et *collab.* (2004) et sur les équations de production d'énergie de Brown-Brandl et *al.* (2014);

Housed Swine Heat Stress Index (HS2I) (Ramirez, 2017)

Équation de dépendance fonctionnelle de l'indice:

$$HS2I = f(t_{db}, RH, u, BW, S_{on}) \pm \Delta f$$

Sachant,

t_{db} ($\pm \Delta t_{db}$), la température bulbe sec;

RH ($\pm \Delta RH$), l'humidité relative;

u ($\pm \Delta u$), la vitesse de l'air;

BW ($\pm \Delta BW$), la masse moyenne des porcs;

$S_{on} = 1$, si le système d'aspersion fonctionne, 0 sinon.

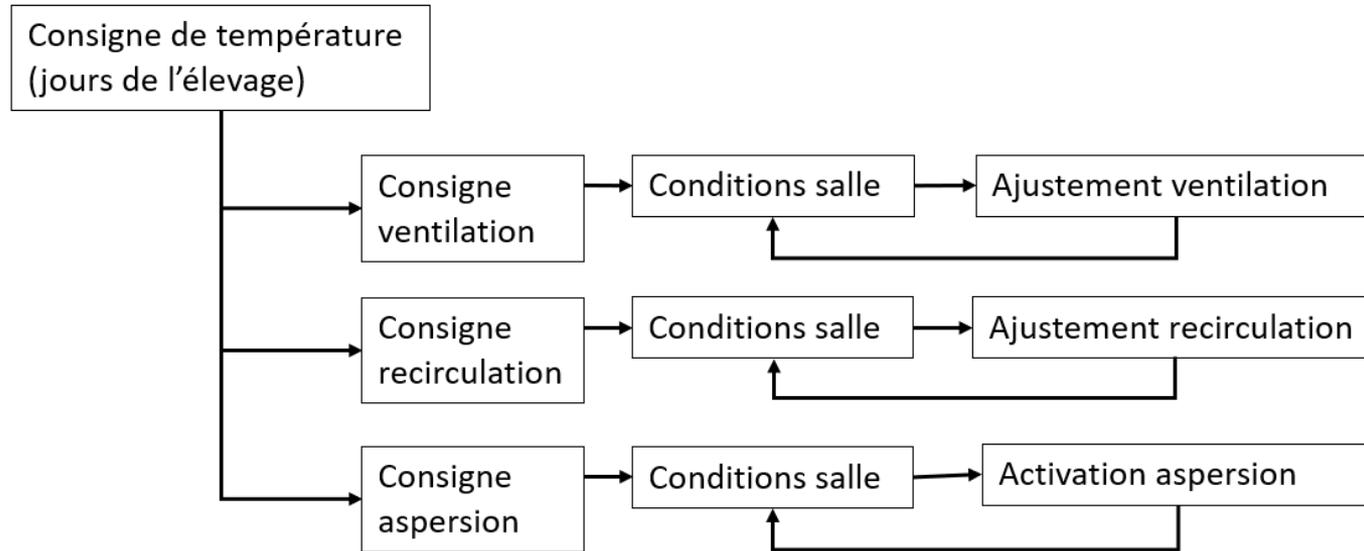
Échelle théorique de 0 à 10 (stress de chaleur sévère)

- De 16 à 33 °C
- De 10 à 90 % d'humidité relative
- Vitesse de l'air de 0,2 à 3 m/s
- Aspersion à basse pression (peau mouillée ou sèche)

Erreur sur l'estimation du HS2I en fonction des erreurs de mesures des capteurs:

$$\Delta f = \left| \frac{\partial f(t_{db}, RH, u, BW, S_{on})}{\partial t_{db}} \right| \Delta t_{db} + \left| \frac{\partial f(t_{db}, RH, u, BW, S_{on})}{\partial RH} \right| \Delta RH + \left| \frac{\partial f(t_{db}, RH, u, BW, S_{on})}{\partial u} \right| \Delta u + \left| \frac{\partial f(t_{db}, RH, u, BW, S_{on})}{\partial BW} \right| \Delta BW$$

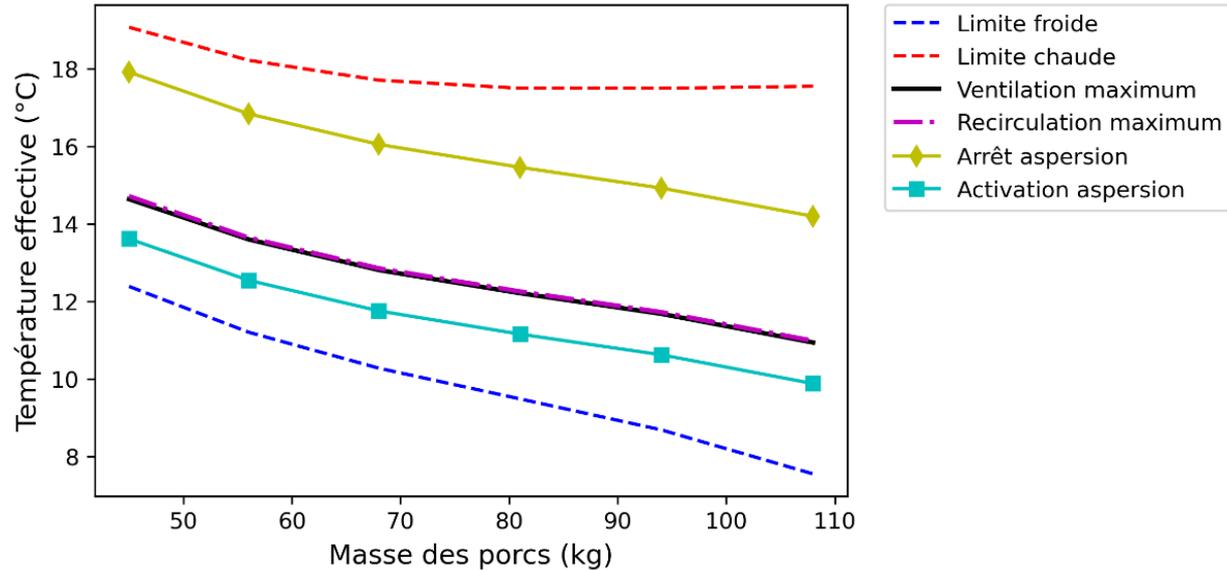
Stratégie de contrôle conventionnelle



Schématisation du fonctionnement d'une stratégie de contrôle de ventilation conventionnelle.



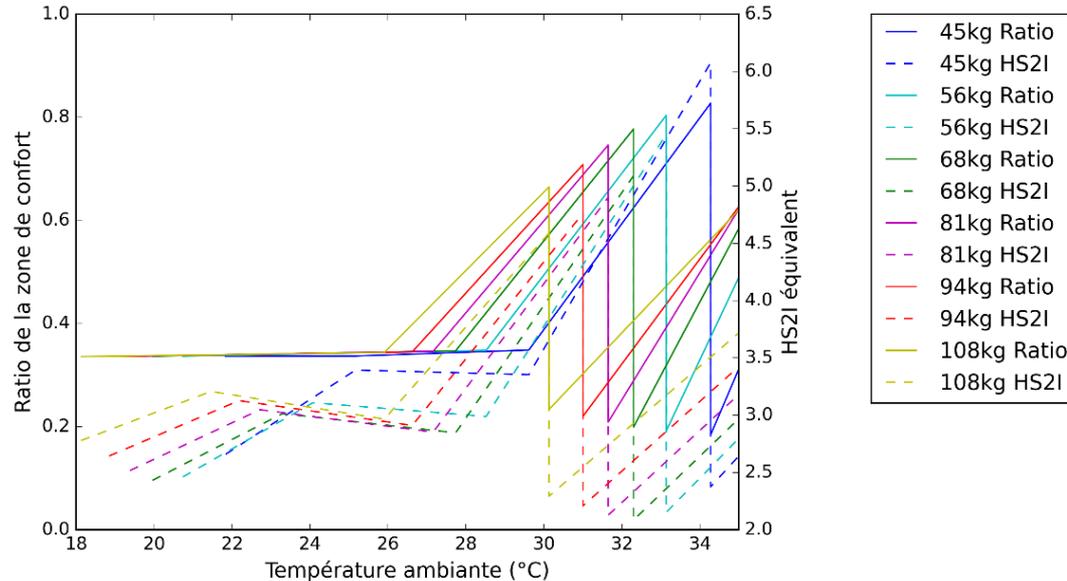
Stratégie de contrôle conventionnelle



Aperçu de l'intervalle de la zone de confort, rapportée sur la température effective ressentie par les porcs, dans laquelle la stratégie de ventilation conventionnelle module les équipements de refroidissement.



Stratégie de contrôle conventionnelle



Présentation du ratio de la zone de confort des porcs et du HS2I équivalent selon la température de la salle et le modèle de Baker (2004).



Objectifs



Centre de développement
du porc du Québec inc.

Objectifs

1. Intégrer la mesure de la vitesse de l'air au niveau des animaux à la stratégie de contrôle de la ventilation.
2. Étudier l'effet de la nouvelle stratégie de ventilation sur le bien-être et les performances des porcs en engraissement.
3. Identifier les facteurs techno-économiques à considérer pour l'implantation de la nouvelle stratégie dans un élevage commercial.



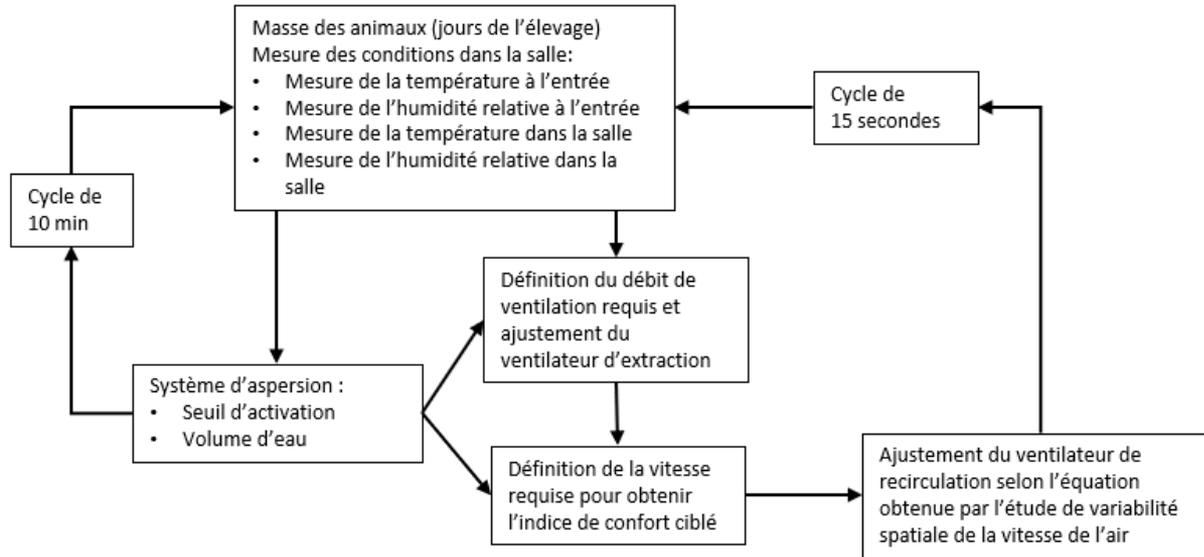
Méthodologie



Centre de développement
du porc du Québec inc.



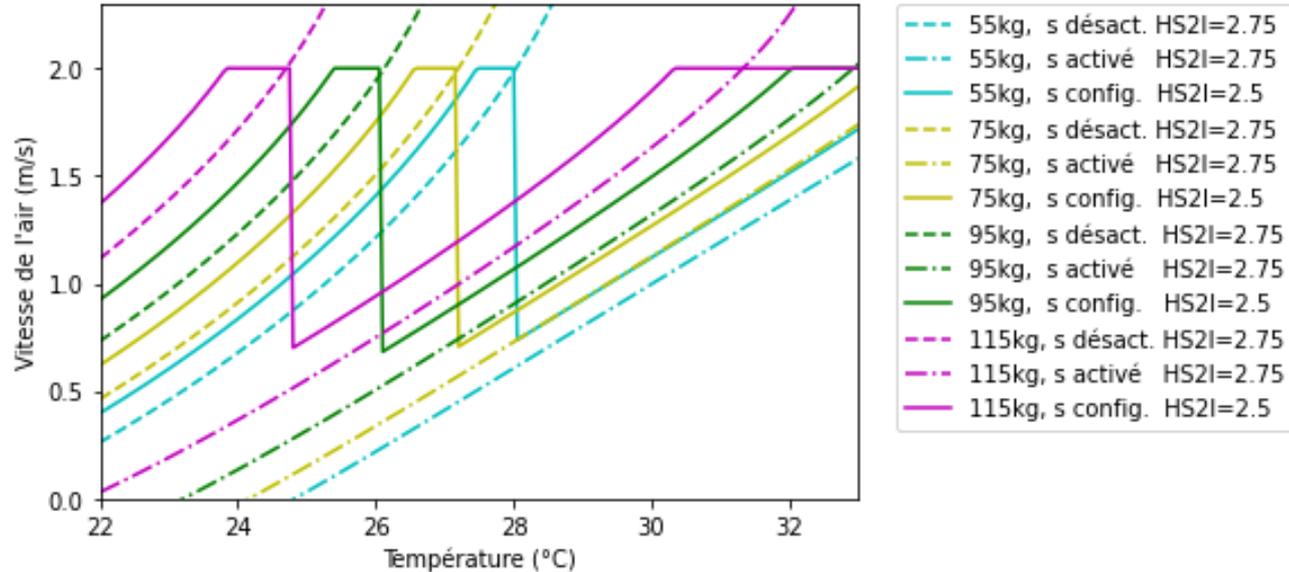
Stratégie de contrôle en confort



Schématisation de la logique de la stratégie de ventilation expérimentale.



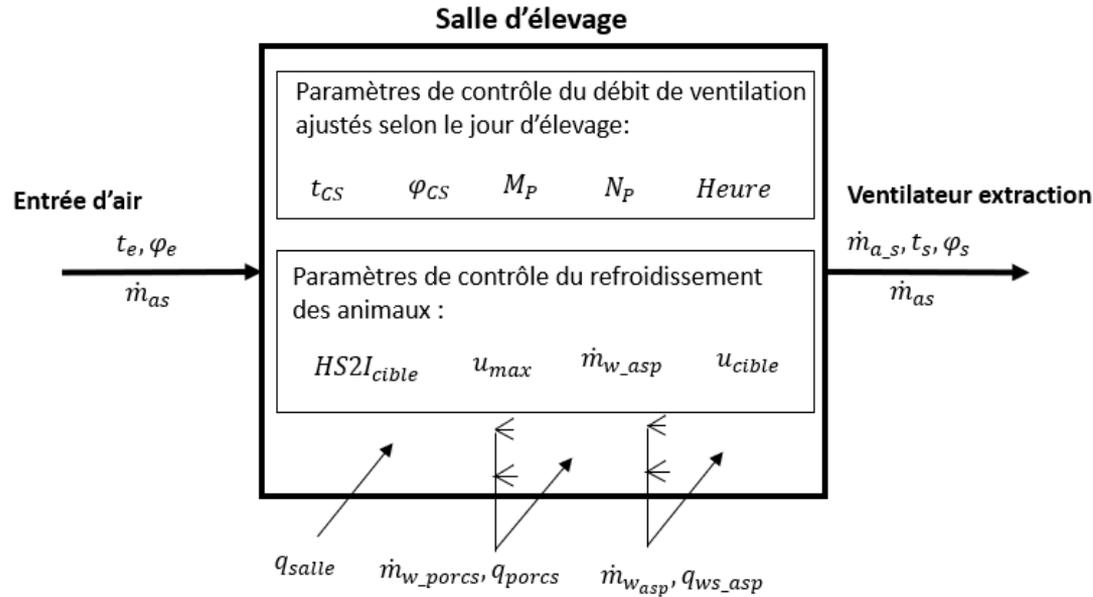
Stratégie de contrôle en confort



Vitesse de l'air selon la stratégie d'aspersion pour maintenir un HS2I de 2,5 pour une humidité relative de 70 % selon différentes masses des porcs.



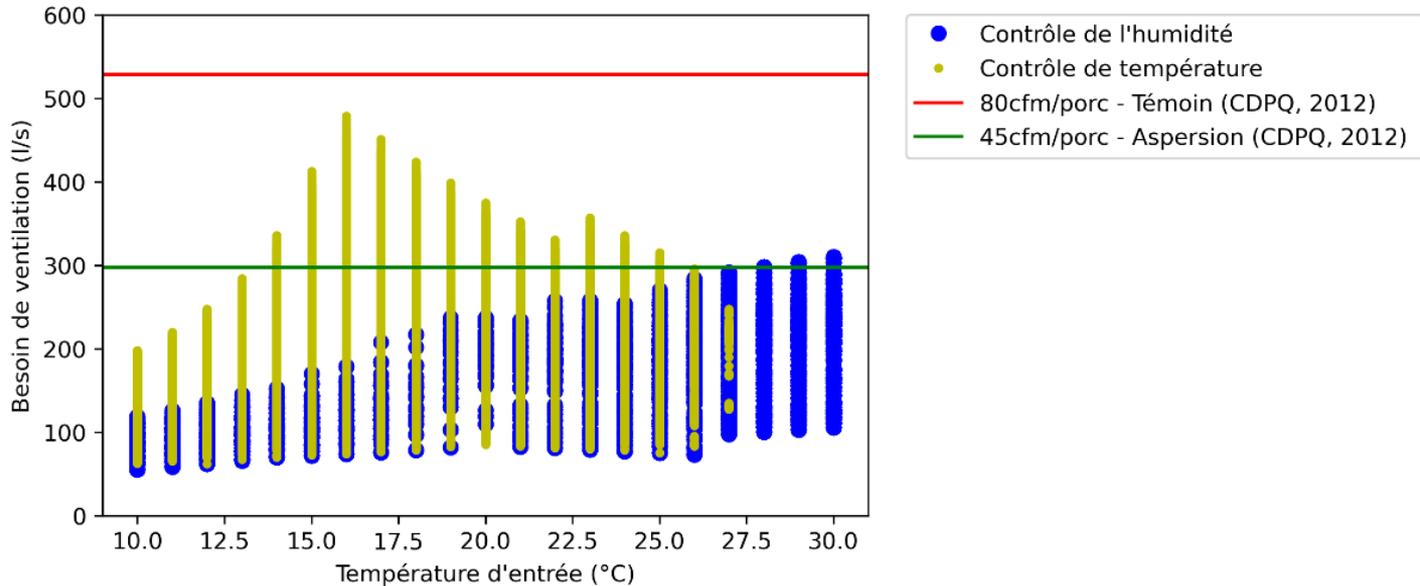
Modèle théorique de la salle d'élevage



Paramètres pris en compte par la stratégie de contrôle testée dans la définition des consignes des différents équipements.



Estimation des débits de ventilation requis



Estimation des besoins de ventilation pour une salle d'élevage de 14 porcs, dont la masse varie entre 45 et 115 kg, pour les différentes conditions environnementales attendues dans le cadre de la phase expérimentale du projet.



Dispositif expérimental

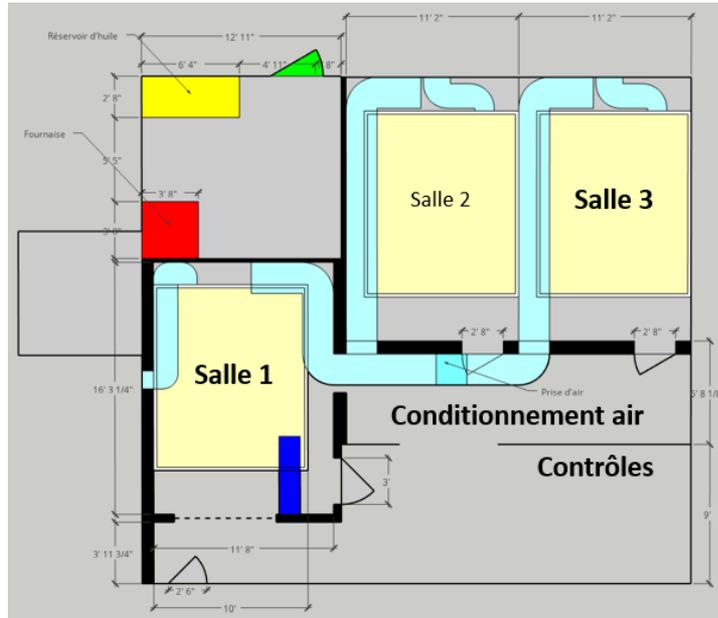


Schéma des salles du bâtiment DC-102 de l'IRDA.



Système de contrôle de ventilation et automate.

Salle d'élevage



Aperçu de la configuration des salles.

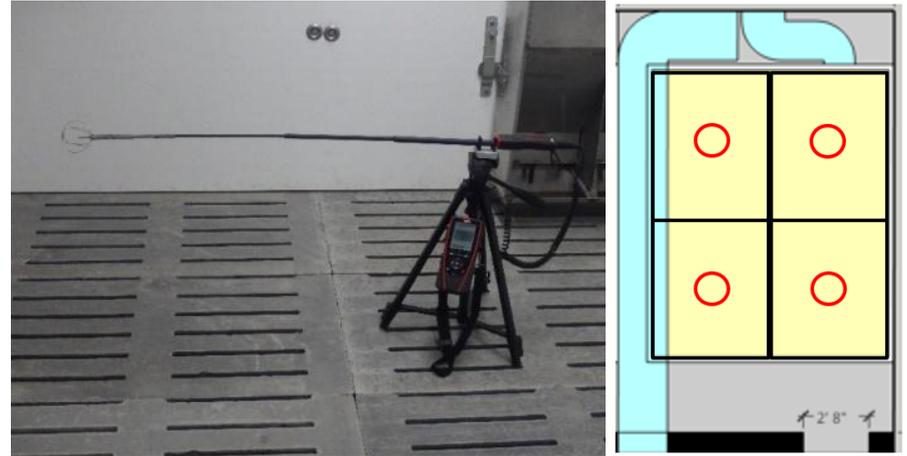
1. Ventilateur d'extraction à vitesse variable
2. Ventilateur de recirculation à vitesse variable
3. Gicleur basse pression ajusté à un débit de 25 ml/s
4. Conditions à l'entrée d'air (température et d'humidité relative)
5. Conditions à la sortie d'air (température et d'humidité relative)



Caractérisation du fonctionnement des équipements

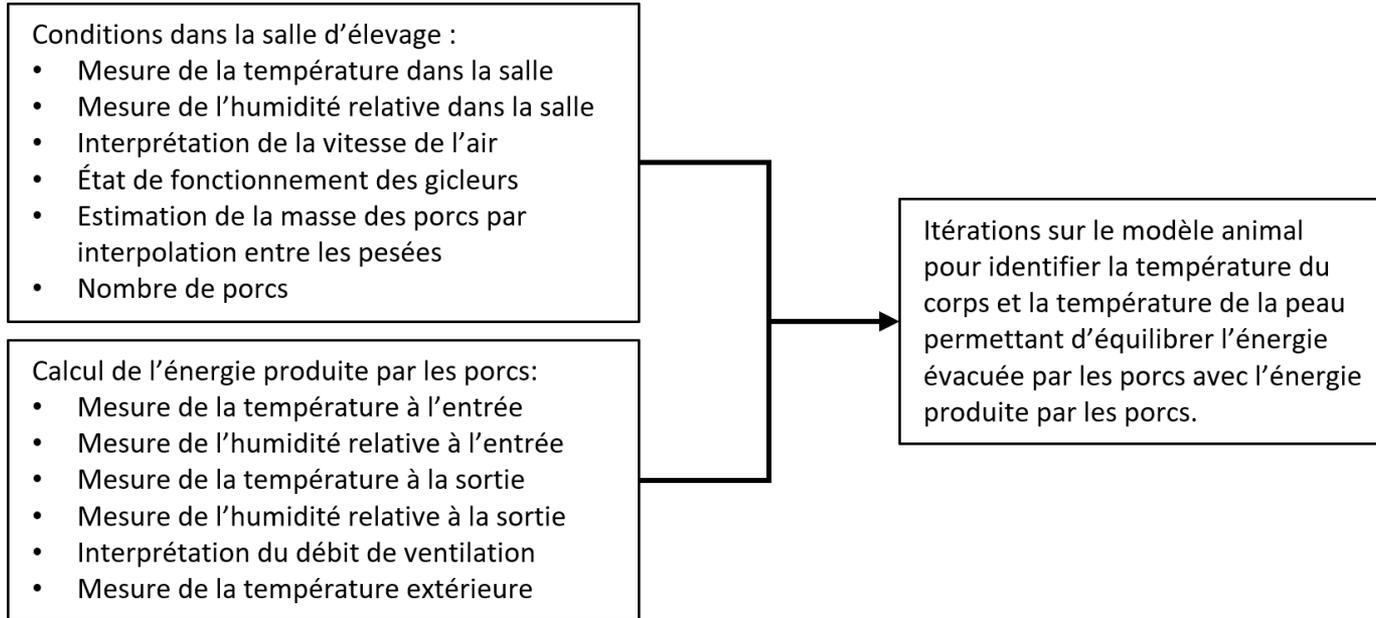


Système de conduites et anémomètre à fil chaud employés pour l'estimation du débit de ventilation.



Anémomètre sur trépied pour la mesure de la vitesse de l'air dans le parc en 4 positions pour différentes consignes aux ventilateurs.

Vérification du modèle théorique de Fialho et collab. (2004)



Informations utilisées pour le calcul de la température de la peau des porcs.



Estimation de la production d'énergie par les porcs

$$\dot{m}_w = \frac{\dot{m}_{as} \left(-e \left(\frac{\dot{m}_{ast}}{M_{as}} \right) W_{e+e} + e \left(\frac{\dot{m}_{ast}}{M_{as}} \right) W_{0+t} + W_e - W_0 \right)}{\left(e \left(\frac{\dot{m}_{ast}}{M_{as}} \right) - 1 \right)}$$

$$q_s = \frac{\left(-e \left(\frac{\dot{m}_{ast}}{M_{as}} \right) \dot{m}_{as} h_e + e \left(\frac{\dot{m}_{ast}}{M_{as}} \right) \dot{m}_{as} h_{0+t} - e \left(\frac{\dot{m}_{ast}}{M_{as}} \right) \dot{m}_w h_w + \dot{m}_{as} h_e - \dot{m}_{as} h_0 \right)}{\left(e \left(\frac{\dot{m}_{ast}}{M_{as}} \right) - 1 \right)}$$

Équations pour estimer la production d'eau et n'énergie dans la salle d'élevage.

q_s , bilan énergétique de la salle

$(q_s = q_{porcs} + q_{mur,fond.,plaf.} + q_{chauf} + q_{inertie})$

q_{porcs} , production d'énergie par les porcs

$q_{mur,fond.,plaf.}$, échange énergétique par la structure de la salle

h_e , enthalpie de l'air à l'entrée de la salle

h_0 , enthalpie de l'air de la salle, initiale

h_{0+t} , enthalpie de l'air de la salle, à la fin de la période

h_w , enthalpie de l'eau liquide à la température de la salle

\dot{m}_{as} , débit massique d'air sec

\dot{m}_w , débit massique d'eau évaporée

M_{as} , masse d'air sec dans la salle

t , intervalle de temps entre les données

W_e , ratio d'humidité de l'air à l'entrée de la salle

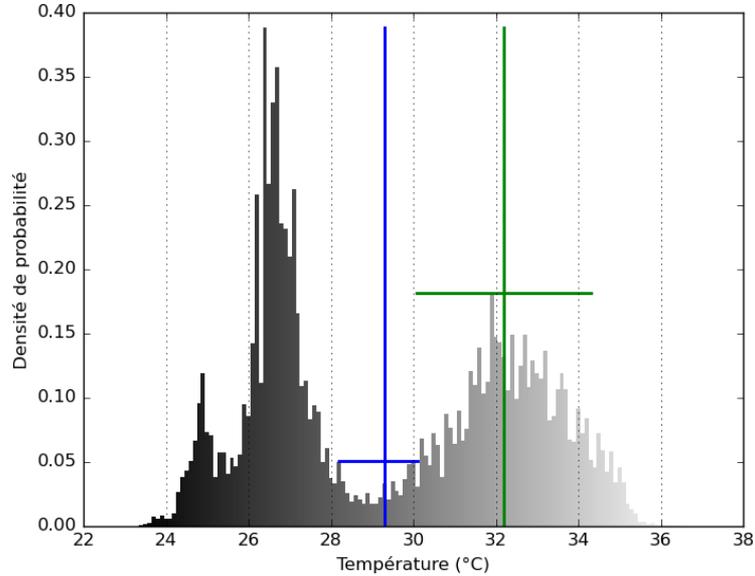
W_0 , ratio d'humidité de l'air de la salle initial

W_{0+t} , ratio d'humidité de l'air de la salle à la fin de la période



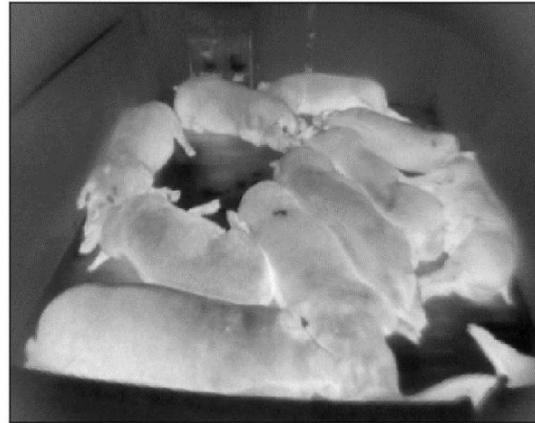
Interprétation des thermographe

400153_Salle3_Thermographe 2021-10-14 15:01:25

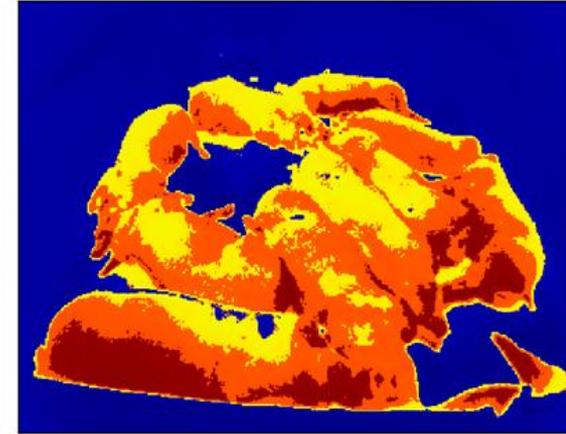


Exemple d'interprétation des thermographe.

400153_Salle3_Thermographe 2021-10-14 15:01:25



400153_Salle3_Zones temperature peau 2021-10-14 15:01:25



Exemple d'un thermographe et de sa segmentation pour différencier les zones de températures d'intérêt.



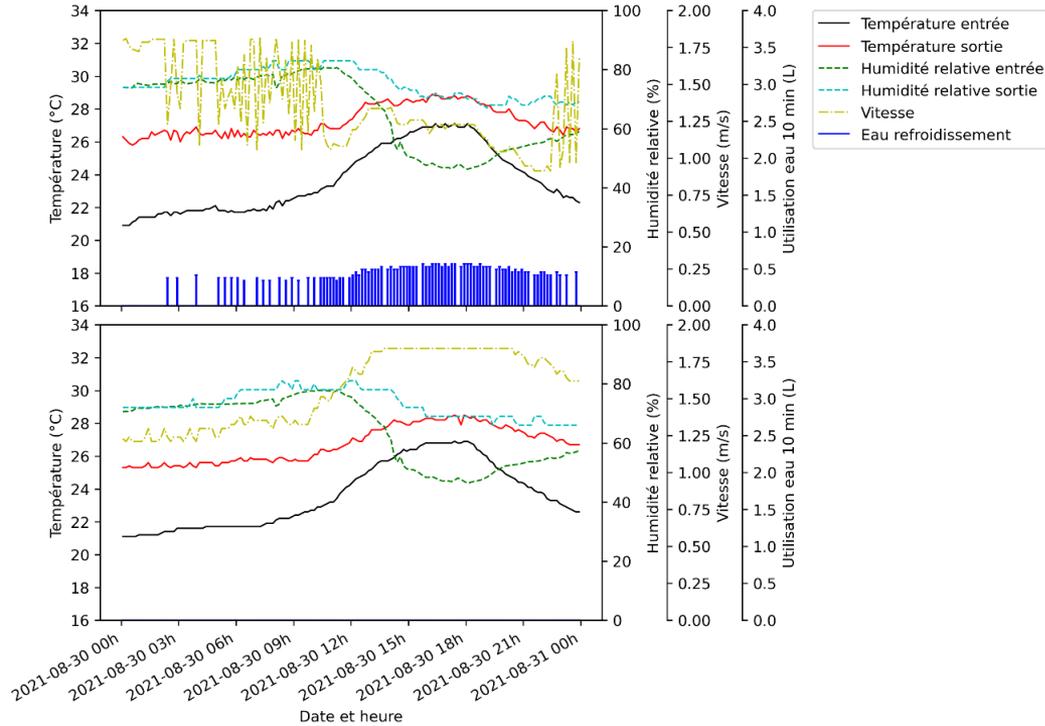
Résultats et discussion



Centre de développement
du porc du Québec inc.



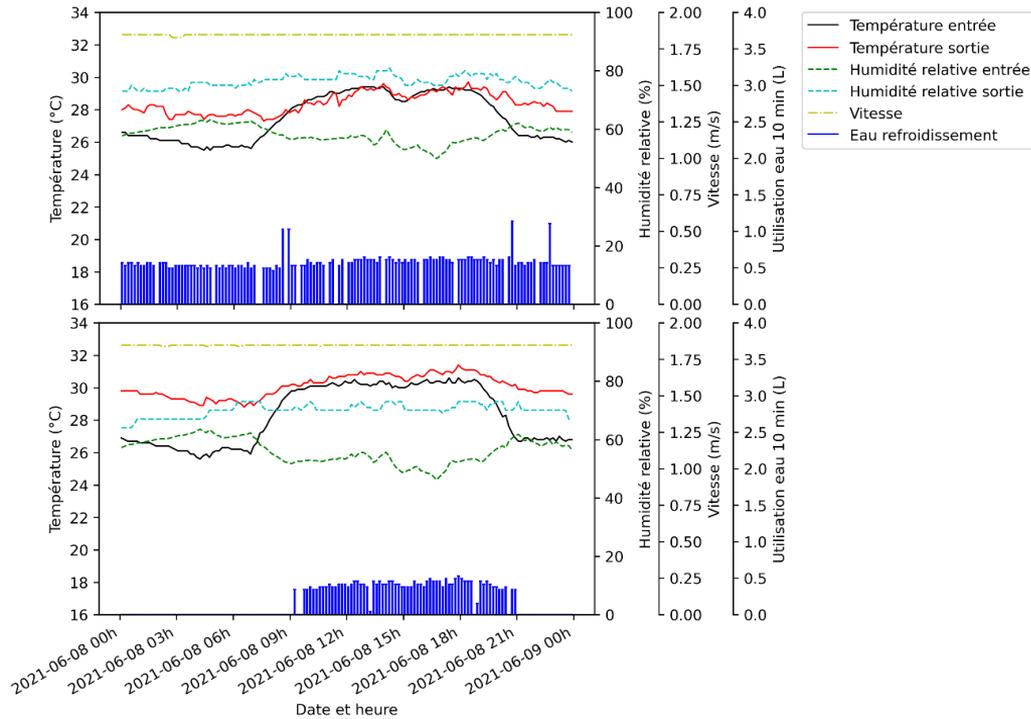
Exemple de fonctionnement des stratégies de ventilation



Conditions d'ambiance obtenues avec la stratégie de contrôle en confort (haut) et la stratégie de contrôle en température (bas), pour la journée du 30 août 2021, pour une salle expérimentale où sont logés 14 porcs d'une masse approximative de 80 kg.



Exemple de fonctionnement des stratégies de ventilation



Conditions d'ambiance obtenues avec la stratégie de contrôle en confort (haut) et la stratégie de contrôle en température (bas), pour la journée du 8 juin 2021, pour des salles expérimentales où sont logés 12 porcs d'une masse approximative de 120 kg.



Humidité relative dans les salles d'élevage

Critère d'humidité relative	Proportion de la durée d'élevage	
	SCT	SCC
(%)	(%)	(%)
55	93,8	99,4
60	81,0	90,9
65	57,3	70,4
70	36,6	44,7
75	17,1	22,8
80	3,7	7,5
85	0,2	2,6



Débits de ventilation utilisés

Débit de ventilation	Rapport de ventilation	Proportion de la durée d'élevage	
	max	SCT	SCC
L/s-porcs	(%)	(%)	(%)
13,0	55	84,2	80,7
14,1	60	84,1	78,3
15,3	65	84,1	75,5
16,5	70	84,1	74,0
17,7	75	77,2	68,1
18,9	80	76,8	63,7
20,0	85	68,3	53,2
21,2	90	60,1	49,3
22,4	95	59,0	30,9
23,6	100	55,7	23,6

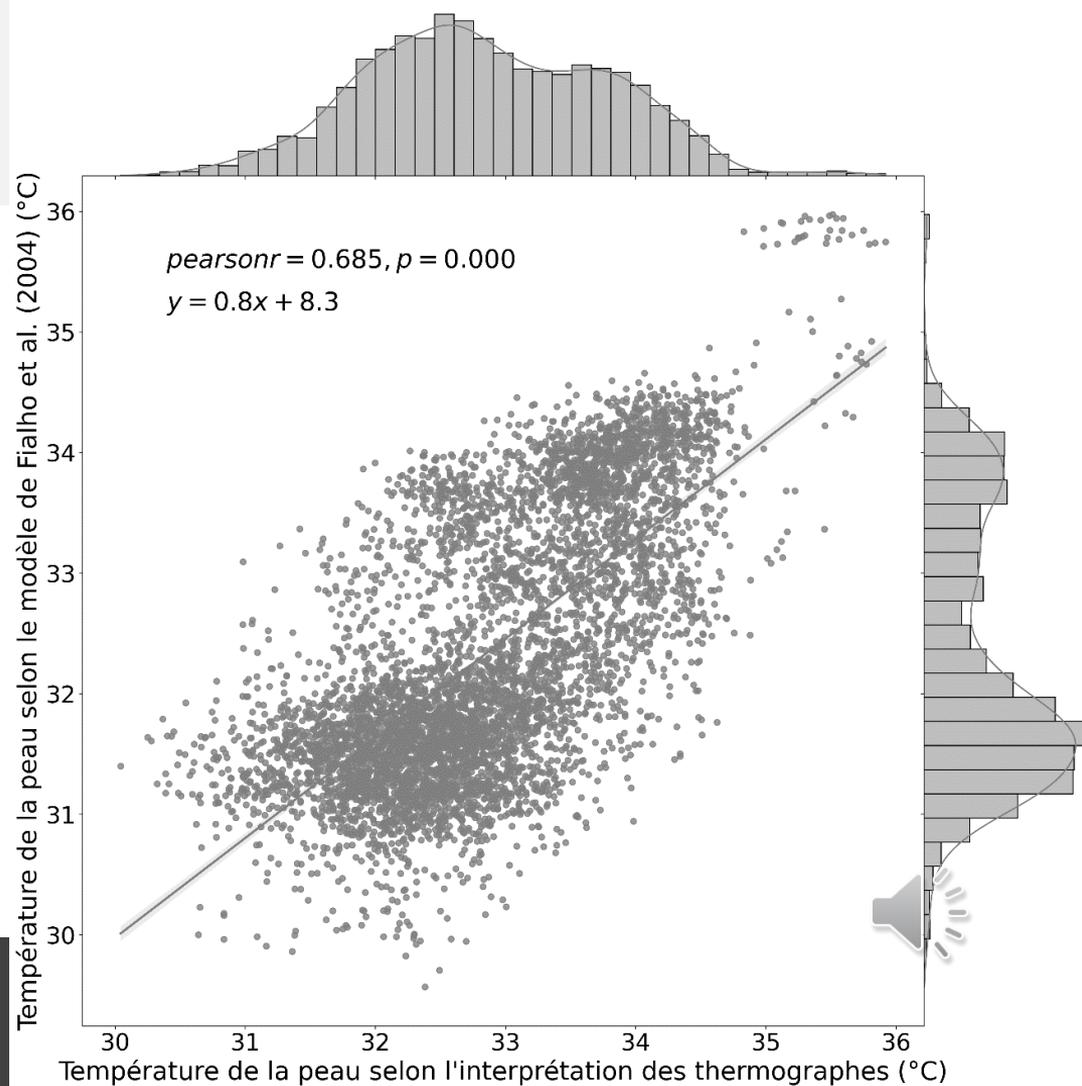
Performances zootechniques

Paramètre (unité)	Essai 1		Essai 2		Moyenne globale
	Stratégie SCT (témoin)	Stratégie SCC	Stratégie SCT (témoin)	Stratégie SCC	
Performance de croissance					
Poids vif moyen début (kg)	66,50±7,42,	66,79±8,38	47,14±3,66	47,36±3,93	
Poids vif moyen fin (kg)	124,27±10,47	126,08±9,53	138,08±9,48	140,08±8,65	
Période d'élevage (semaines)	7	7	10	10	
Mortalité (%)	1,78	0	0	0	
Performance de consommation					
Gain moyen quotidien (kg/j)	1,18±0,16	1,24±0,16	1,27±0,15	1,29±0,10	1,25
Conversion alimentaire	2,67	2,74	2,75	2,72	2,72
Ingéré moyen quotidien (kg/j-porc)	3,15±0,23	3,40±0,31	3,50±0,47	3,51±0,52	3,39
Consommation quotidienne d'eau (l/j-porc)	7,29±1,60	8,79±1,08	10,39±3,32	7,54±1,34	8,50
Volume total d'eau utilisée par le système d'aspersion (l/j-porc)	Négligeable	0,64	Négligeable	1,42	



Modèle animal

Corrélation de Pearson entre la température de la peau des porcs évaluée théoriquement avec le modèle de Fialho et collab. (2004) et l'interprétation des thermographes obtenus expérimentalement avec la caméra Epsilon TIM40 dans la salle 3, lorsque la température moyenne théorique du corps des porcs est estimée entre 38,5 et 39,5 °C.



Potentiel de l'utilisation de stratégie de contrôle en confort

Développement d'une stratégie basée sur un indice de confort:

- La faisabilité d'utiliser une stratégie de contrôle en confort est démontrée, mais il reste de l'optimisation à faire avant d'envisager des essais à l'échelle commerciale.
- Les stratégies de contrôle conventionnelle en température ont prouvé leur efficacité.

Adaptation des contrôles de ventilation:

- À courts termes, il est possible d'envisager de formuler des recommandations pour améliorer les contrôles commerciaux sans modifier leur logique.

Améliorations potentielles des bâtiments d'élevage:

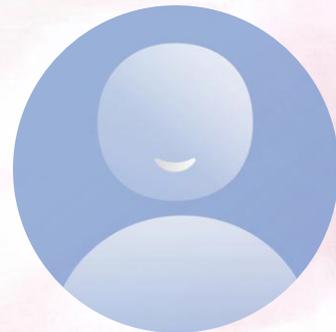
- Optimisation des choix et du dimensionnement des équipements de contrôle d'ambiance.
- La réduction des débits de ventilation peut faciliter le conditionnement et le traitement de l'air.



Conclusion



Centre de développement
du porc du Québec inc.



Conclusion

Dans le présent projet nous avons ébauché et testé une stratégie de contrôle de ventilation basée sur le confort animal permettant l'intégration du fonctionnement d'équipement de refroidissement (ventilateur et gicleur).

La prochaine étape est d'identifier la plage d'indice HS2I maximisant la performance des porcs et d'optimiser la stratégie d'aspersion.

Le modèle de Fialho et collab. (2004) semble être un outil intéressant pouvant servir à définir théoriquement des indices de confort. Dans une phase ultérieure, il s'agira d'évaluer l'intérêt de réviser les coefficients employés dans le modèle d'échange de sorte à améliorer la précision.



Ce projet de recherche a été réalisé grâce à une aide financière accordée par le Programme Innov'Action agroalimentaire, un programme issu par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). Des remerciements s'adressent également à l'IRDA qui a fourni une contribution importante dans le cadre de cette étude. Les auteurs remercient également les participants du projet et reconnaissent également l'appui technique fourni par le personnel de recherche de l'IRDA, du CDPQ, l'Université Laval, l'INRS et de l'entreprise Maximus.



Institut de recherche
et de développement
en agroenvironnement



Centre de développement
du porc du Québec inc.

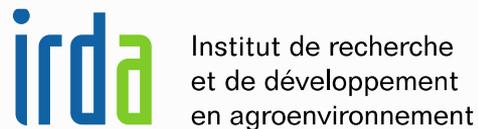


CHAIRE DE LEADERSHIP
EN ENSEIGNEMENT
des bâtiments agricoles durables
de l'Université Laval



- Systèmes de production évolués
- Contrôle avancé de l'environnement
- Gestion optimale des ressources et des effluents
- Efficacité énergétique et énergies alternatives

Ce projet bénéficie d'un financement dans le cadre du Programme d'appui à la lutte contre les changements climatiques en agriculture (PALCCA) découlant du Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques.



Merci aux collaborateurs pour leur contribution !



Références bibliographiques

- Baker, J.E., 2004. Effective environmental temperature. *J Swine Health Prod* 12, 140-143.
- Brown-Brandl, T., Hayes, M., Xin, H., Nienaber, J., Li, H., Eigenberg, R., Stinn, J., Shepherd, T., 2014. Heat and moisture production of modern swine.
- Fialho, F., van Milgen, J., Noblet, J., Quiniou, N., 2004. Modelling the effect of heat stress on food intake, heat production and growth in pigs. *Animal Science* 79, 135-148.
- Fournel, S., Rousseau, A.N., Laberge, B., 2017. Rethinking environment control strategy of confined animal housing systems through precision livestock farming. *Biosystems Engineering* 155, 96-123.
- McFarlane, J., 2004. How do your pigs really feel? . Marysville, Ohio: Animal Environment Specialists.
- Pouliot, F., Dufour, V., Turcotte, S., Morin, M., Ricard, M.A., Ménard, J. et B. Laplante. , 2012. Développer des concepts de ventilation permettant de minimiser les débits d'air requis durant la période estivale en maternité et en engraissement. CDPQ, p. 86.
- Ramirez, B.C., 2017. A novel approach to measure, understand, and assess the thermal environment in grow-finish swine facilities. Iowa State University.
- Stéphane Godbout, Jean-Gabriel Turgeon, A. Dalila Larios-Martinez, Sébastien Fournel, Alain N. Rousseau, Sébastien Turcotte, Patrick Gagnon, Francis Pouliot. 2023. Titre du rapport. Amélioration du bien-être animal en production porcine par l'adoption d'une stratégie intelligente de contrôle d'ambiance. 88 pages.

