

Évaluation de différentes méthodes de refroidissement pendant la saison chaude pour les truies gestantes et les porcs charcutiers

Francis POULIOT (1), Valérie DUFOUR (1), Sébastien TURCOTTE (1), Michel MORIN (1), Patrick MASSABIE (2),
Julie MÉNARD (3), Guy MAYNARD (3)

(1) Centre de développement du porc du Québec inc., 2590, boulevard Laurier, bureau 450, Québec (QC), Canada, G1V 4M6

(2) IFIP-Institut du porc, La Motte au Vicomte, BP 35104, 35651 Le Rheu Cedex, France

(3) F. Ménard inc., 251, route 235, Ange-Gardien-de-Rouville, Québec (Qc), Canada, J0E 1E0

fpouliot@cdpq.ca

Évaluation de différentes méthodes de refroidissement durant la saison chaude pour les truies gestantes et les porcs charcutiers

L'objectif de ce projet était de démontrer qu'il est possible d'optimiser l'efficacité d'un système de ventilation en vue de réduire les débits de ventilation par l'intégration de méthodes de refroidissement, sans affecter les animaux et les travailleurs. L'atteinte de cet objectif permettrait de diminuer les coûts liés à la filtration de l'air de 30 à 50 %, tant pour les élevages naisseurs que naisseurs-engraisseurs. Pour ce faire, différents systèmes de refroidissement (recirculation d'air, goutte à goutte, brumisation et aspersion d'eau) ont été testés dans quatre salles de gestation et quatre salles d'engraissement avec différents taux de renouvellement de l'air. Des mesures de conditions d'ambiance dans les bâtiments (température, humidité, concentrations en poussière et en gaz) et de consommation d'eau et d'énergie ont été prises. De plus, en engraissement, la consommation moyenne journalière (CMJ) et le gain moyen quotidien (GMQ) ont été mesurés, alors qu'en gestation, le rythme respiratoire et la température corporelle des truies ont été mesurés. L'augmentation de la vitesse d'air au niveau des animaux, l'obtention d'un écart de température inférieur à 4°C avec la salle témoin et le maintien des performances zootechniques en engraissement confirment qu'il est possible d'optimiser et de réduire les débits de ventilation en ajoutant des brasseurs d'air et, si désiré, un système de refroidissement par l'eau. Malgré l'eau utilisée pour rafraîchir les porcs en engraissement, l'utilisation totale d'eau a été inférieure à celle de la salle témoin. En conclusion, il est possible de réduire de façon importante les coûts de filtration, ce qui constituait notre objectif premier.

Evaluation of different methods of cooling gestating sows and finishing pigs during the warm season

The objective of this project was to show if it is possible to optimize the efficiency of a ventilation system in order to reduce ventilation rates by integrating cooling methods with no adverse effects on animals and workers. Achieving this goal would allow the air filtration costs to be reduced by 30 to 50% for both farrowing and growing-finishing facilities. To this end, different cooling systems (air recirculation, drip, mist and sprinkling systems) were tested in gestation and finishing barns with different ventilation rates. Certain elements derived from ambient conditions in the buildings (temperature, humidity, dust concentrations and gas), as well as water and energy consumption, were measured. In addition, average daily feed intake (DFI) and average daily gain (ADG) were measured in the finishing barn, and the sows' respiratory rate and body temperature were measured in gestation. The increase in air velocity at pig level, a temperature difference of less than 4°C with the control room, and the maintenance of technical performance led to the conclusion that it is possible to optimize efficiency and reduce ventilation flows by adding recirculation fans and a cooling system using water, if desired. Despite the amount of water used to cool the finishing pigs, total water use was less than in the control room. We therefore concluded that it is possible to attain our primary objective, i.e. to reduce filtration costs significantly.

INTRODUCTION

En Amérique du Nord, les débits d'air préconisés pour ventiler les bâtiments porcins durant la saison estivale sont deux fois plus élevés que ceux préconisés en France, alors que le climat estival est assez voisin de celui du Québec, voire plus chaud dans le sud de la France (Tableau 1).

Tableau 1 - Débits de ventilation maximums ($\text{m}^3/\text{h}/\text{animal}$) recommandés en période estivale en France et au Québec

Stade	France ¹	Québec
Lactation	250	680
Gestation	150	380
Post-sevrage	30	70
Engraissement	65	170

¹ Jégou et al. (2008)

En Amérique du Nord, la tendance est à l'augmentation des débits de ventilation dans les élevages porcins. Avec l'avènement des bâtiments équipés d'un système de filtration d'air, visant à éviter la contamination par voie aérienne des troupeaux par le virus du syndrome dysgénésique et respiratoire du porc (SDRP), il est stratégique de trouver des façons de réduire les débits d'air en combinant différentes méthodes de refroidissement. Cela permet de réduire les coûts d'implantation et de fonctionnement de ce type de bâtiment de façon significative, car moins de filtres seront requis. En réduisant ces coûts, davantage d'élevages pourront installer des filtres, ce qui permettra de mieux les protéger contre une éventuelle contamination par le virus du SDRP.

L'IFIP a démontré qu'à une température (T°) dans le bâtiment se situant entre 24 et 28°C, une vitesse d'air moyenne de 1 m/s permettait de réduire la T° ressentie par les porcs de 5 à 6°C (Massabie, 2001). De plus, à une T° ambiante de 28°C, cet accroissement de la vitesse d'air permettait d'augmenter le gain moyen quotidien (GMQ) de 100 g/j. Grâce aux courants d'air en été, les animaux évacuent davantage de chaleur vers l'environnement et, ainsi, se refroidissent, ce qui favorise leur consommation d'aliment. Toutefois, plus la T° dans la salle est élevée et se rapproche de la T° cutanée des animaux (environ 32°C), moins le transfert de chaleur et le refroidissement sont efficaces (IFIP, 2006). Par conséquent, lorsque la T° dans la salle est supérieure à 30°C, l'utilisation d'un système de refroidissement qui favorise les pertes de chaleur latente est requise (brumisation, goutte à goutte, aspersion...) en combinaison avec l'accroissement de la vitesse d'air, afin d'avoir un refroidissement efficace. En pratique, le principal problème observé durant la saison chaude est une réduction de la consommation d'aliment qui contribue à la thermorégulation, celle-ci étant associée à une diminution de la croissance des porcs à l'engrais, de la production laitière des truies après mise bas et du taux de fécondité après sevrage.

L'objectif de cette étude exploratoire était de développer et de tester des concepts de ventilation en gestation et en engraissement afin de minimiser les débits d'air requis durant les périodes chaudes sans affecter les performances zootechniques et le bien-être des animaux. Ceci permettrait de réduire les coûts liés à l'implantation de systèmes de filtration d'air dans des bâtiments porcins commerciaux de type naisseur et naisseur-engraisseur. Pour les bâtiments sans système de filtration d'air, cela permettrait d'améliorer le refroidissement des animaux et leur performance de croissance ou de reproduction durant la période estivale.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Dispositif expérimental

Les essais ont été conduits dans un élevage de type naisseur d'une capacité de 1 000 truies et un élevage de type engraisseur de 990 places comprenant chacun quatre salles distinctes. Les essais ont été réalisés dans quatre salles avec, pour chacune d'entre elles, une stratégie différente de ventilation et de refroidissement. Les salles de gestation 1, 2, 3 et 4 comptaient respectivement 136, 182, 135 et 260 places ; toutefois, l'effectif de truies a varié tout au long de l'essai. Dans chaque salle d'engraissement, 220 porcs étaient répartis dans 22 parcs (7 m^2 chacun) de 10 porcs.

1.2. Stratégies de ventilation

1.2.1. En salles de gestation

Quatre stratégies de ventilation ont été évaluées en gestation : (1) T (témoin) : 246 m^3 d'air/h/place ; (2) DR (débit réduit) : 178 $\text{m}^3/\text{h}/\text{place}$ et six brasseurs d'air (760 mm de diamètre) ; (3) GG (goutte à goutte) : 178 $\text{m}^3/\text{h}/\text{place}$, six brasseurs d'air et un système de goutte à goutte et (4) B (brumisation) : 178 $\text{m}^3/\text{h}/\text{place}$, neuf brasseurs d'air et un système de brumisation à haute pression. Les brasseurs d'air étaient disposés à 14 m l'un de l'autre et se mettaient en fonction lorsque la T° ambiante atteignait 23,9°C, ils augmentaient graduellement de vitesse jusqu'à 26,7°C. Le système de goutte à goutte se mettait en fonction pendant 45 s lorsque la T° de la salle était supérieure à 29,4°C puis il s'arrêtait pendant 15 min. Lorsqu'il faisait plus de 32,2°C, le temps d'arrêt était réduit à 10 min. Le système de brumisation fonctionnait une minute toutes les 4 min à une T° ambiante supérieure à 29,4°C ou 1 min sur 2, lorsqu'il faisait plus de 32,2°C.

1.2.2. En salles d'engraissement

Quatre stratégies de ventilation et de refroidissement étaient testées : (1) T (témoin) : 136 $\text{m}^3/\text{h}/\text{porc}$ sans système de refroidissement ; (2) DM (débit d'air moyen) : 102 m^3 d'air/h/porc combiné à six brasseurs d'air (760 mm) ; (3) BR (brumisation) : 76,5 $\text{m}^3/\text{h}/\text{porc}$ combiné à six brasseurs d'air et à un système de brumisation à haute pression ; (4) AS (aspersion) : 76,5 $\text{m}^3/\text{h}/\text{porc}$ combiné à six brasseurs d'air et à un système d'aspersion à basse pression couramment utilisé pour détremper les salles avant de les laver.

Pour les salles équipées de brasseurs d'air (DM, BR et AS), six brasseurs d'air reliés à des contrôleurs électroniques se mettaient automatiquement en fonction lorsque la T° dépassait de 4,4°C la T° de consigne. Le système de brumisation était paramétré comme suit : au-dessus de 29,4°C, il était actif pendant 1 min et arrêté pendant 3 min et, au-dessus de 32,2°C, il était actif pendant 1 min et à l'arrêt pendant 1 min. Le système d'aspersion fonctionnait pendant 1 min, suivi d'un temps d'arrêt de 15 min lorsque la T° était au-dessus de 29,4°C et d'un temps d'arrêt de 10 min, au-dessus de 32,2°C.

1.3. Mesures

1.3.1. Ambiance

La T° et l'humidité relative ont été mesurées toutes les 5 min grâce à deux appareils d'acquisition de données (HOBO U10-003, Onset, Bourne, MA, États-Unis) installés dans chacune des salles, près des sondes de T° des boîtiers de contrôles de ventilation. Des mesures de vitesse d'air et de T° ont été

effectuées avec un anémomètre à fil chaud (Velocalc Plus Model 8360, TSI Inc, Saint-Paul, Mn, États-Unis) une fois durant le déroulement du projet alors que les ventilateurs muraux et les brasseurs d'air fonctionnaient au maximum. Ces mesures ont été prises à 0,4 m au-dessus du sol et à la hauteur des sondes de T°, soit 1,6 m. Une mesure de la concentration en poussière en suspension dans l'air, a été réalisée à l'aide d'un compteur de particules (Fluke 983, Mississauga, ON, Canada). La concentration en dioxyde de carbone (CO₂) et en ammoniac (NH₃) a été mesurée ponctuellement avec un dosimètre passif (3D, Gastec, Kanagawa, Japon) exception faite du CO₂ en engraissement qui a été évalué avec un détecteur monogaz (Pac 7000, Drager, Mississauga, ON, Canada).

1.3.2. Consommations d'énergie et d'eau

La consommation électrique des ventilateurs d'extraction et de recirculation a été mesurée quotidiennement à l'aide de moniteurs de consommation d'énergie (MTP-3000, Les Instruments MTP, Montréal, Qc, Canada). La consommation d'eau des animaux et des systèmes de refroidissement a été mesurée à l'aide de compteurs d'eau (C-700, Les Compteurs Lecompte Ltée, Saint-Hyacinthe, QC, Canada).

1.3.3. Rythme respiratoire et température rectale

En salles de gestation uniquement, la T° rectale et le rythme respiratoire (nombre de respirations pendant 30 s) de dix truies par traitement ont été mesurés deux ou trois fois par jour durant la seule canicule ayant eu lieu au cours de l'essai. Lors de cette canicule, une T_{ext} (T° extérieure) maximale de 35,1°C et une humidité relative de 63% ont fait grimper l'indice humidex (chaleur ressentie) à 48°C.

1.3.4. Performances zootechniques en engraissement

En salles engraissement, les porcs ont été pesés à quatre reprises et les données d'abattage ont été collectées. La quantité d'aliment distribuée quotidiennement par case a été notée. Le gain moyen quotidien (GMQ) et la consommation moyenne journalière (CMJ) techniques ont été calculés ainsi que l'indice de consommation (IC) économique et le taux de mortalité.

1.4. Évaluation économique

Les coûts d'investissement en salles de gestation et d'engraissement ont été calculés ainsi que le coût de fonctionnement en engraissement. En engraissement, les coûts de conversion pour l'ensemble du bâtiment ont été estimés ; le coût rapporté est celui de l'installation du matériel dans les quatre salles du bâtiment plutôt qu'une seule. Les trois systèmes étudiés (DM, BR, AS) ne seront réellement utilisés que pendant la période estivale. Pour le reste de l'année, l'équipement (brasseur d'air, brumisation, aspersion) risque d'être peu ou pas du tout sollicité. La hausse de la consommation d'électricité durant le projet (87 jours) constitue l'ensemble des coûts supplémentaires de fonctionnement devant être assumés sur toute l'année par rapport au système témoin.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Ambiance

2.1.1. Température et humidité

En salles de gestation, malgré la réduction importante du débit d'air, il n'y a pas eu d'augmentation de T° importante dans les salles. La T_{int} (T° intérieure) des salles à débit d'air réduit a

quasiment toujours (98% du temps) été inférieure de 2°C par rapport à la salle témoin, et ce, quelle que soit la T_{ext}. Plus il faisait chaud dans les salles et à l'extérieur, moins il y avait de différence entre les salles à débit réduit et la salle témoin. Ceci peut s'expliquer par l'inertie thermique du bâtiment et du sol. Le brassage d'air a permis d'abaisser d'environ 0,7°C la T° au niveau des truies.

Le système de refroidissement du traitement GG n'a pas eu d'influence sur la T_{int}. Toutefois, l'objectif du système de goutte à goutte était de mouiller les animaux pour les rafraîchir et non d'abaisser la T_{int}. La réduction du débit d'air n'a pas eu d'effet sur le taux d'humidité relative ; plus de 95% du temps, l'humidité de l'air des salles à débit réduit (DR, GG et B) se situait dans l'intervalle de ±5% de la valeur de la salle témoin. Par contre, lorsque les systèmes de refroidissement par l'eau se mettaient en fonction (GG et B), l'humidité dans ces salles était supérieure de 10% ou plus à celle de la salle témoin pendant 2 à 17% du temps.

En salles d'engraissement, au-delà d'une T_{ext} de 14°C, l'écart entre la T° dans les salles des différents traitements et celle de la salle témoin (traitement-témoin) a toujours été inférieur à 4°C. Dans le cas du traitement DM, cet écart a quasiment toujours été inférieur à 2°C.

Lorsque les brasseurs d'air se mettaient en fonction, la T° dans la pièce augmentait de 1 à 2°C. Ce phénomène s'expliquerait par la recirculation d'air qui permettait de dissiper dans la pièce la couche de chaleur sensible qui entoure les porcs. En effet, en présence de brassage d'air, la différence moyenne de T° entre les T° mesurées à 0,4 et 1,6 m de hauteur est de 0,2 ± 0,3°C, alors qu'elle s'élève à 0,5 ± 0,5°C sans brassage. La T° de la salle est donc légèrement plus homogène lorsque l'air est brassé.

2.1.2. Vitesse d'air

En salles de gestation avec recirculation d'air, la vitesse moyenne de l'air à 0,40 m du sol était environ quatre fois plus élevée (0,42 vs 0,09 m/s) que dans la salle témoin, mais avec des variations importantes selon la distance par rapport aux brasseurs d'air.

En salles d'engraissement équipées de brasseurs d'air (DM, BR et AS), la vitesse d'air à la hauteur des porcs était de quatre à cinq fois plus élevée (de 0,39 à 0,49 m/s) que dans la salle témoin (0,09 m/s) et de huit à neuf fois plus élevée à la hauteur des sondes de T° (1,70 à 1,87 vs 0,19 m/s).

2.1.3. Concentrations de poussières et gaz

La concentration en poussière dans les salles DR et GG de gestation était en dessous de 1,04 mg/m³ d'air. Les valeurs de la salle B ne sont pas disponibles car le système de brumisation était en fonction lors de la lecture ; or l'appareil de mesure tient compte des gouttelettes d'eau dans l'air. Les concentrations de CO₂ (800 à 950 ppm) et de NH₃ (4 à 7,5 ppm) n'étaient pas problématiques malgré la réduction du débit d'air car elles étaient en dessous des limites acceptables. En effet, la valeur moyenne tolérée d'exposition pondérée pour une période de 8 h par jour, en fonction d'une semaine de travail de 40 h, est respectivement pour le CO₂, le NH₃ et les poussières totales de 5000 ppm, 25 ppm et 10 mg/m³ selon la Loi québécoise sur la santé et la sécurité du travail (Règlement sur la santé et la sécurité du travail (R.R.Q., c. S-2.1, r. 13)).

En salles d'engraissement, la réduction du taux de ventilation s'est accompagnée d'une augmentation de 6 à 9% de la concentration en poussière totale, relativement à celle de la salle témoin (1,21 vs ~1,30 mg/m³ d'air), mais ces valeurs

restent bien en dessous de la limite acceptable, soit 10 mg/m³ d'air. Par ailleurs, même avec le plus faible débit d'air (76,5 m³/h/porc), les concentrations en NH₃ (5 ppm) et en CO₂ (< 1 000 ppm) sont demeurées à des niveaux très satisfaisants toujours selon le R.R.Q., c. S-2.1, r. 13.

2.2. Consommation d'énergie et d'eau

La salle témoin de gestation est celle qui a consommé le moins d'énergie avec en moyenne 0,39 kWh/truie/j (Tableau 2). La consommation est plus élevée pour les salles GG et B (0,50 kWh/truie/j en moyenne) et surtout la salle DR (0,67 kWh/truie/j), alors que le débit d'air par place est identique pour ces trois traitements.

Contrairement aux attentes, la consommation d'eau d'abreuvement dans la salle témoin (15,2 l/truie/j) a été inférieure à celle des salles avec recirculation d'air (21,9 à 24,4 l/truie/j), fort probablement parce que cette salle était occupée par des truies en attente de saillie (Tableau 2). En effet, à ce stade ou en début de gestation, les truies consommeraient de 3 à 10 l par jour de moins que pendant le reste de la gestation (Gutzwiller *et al.*, 2005 ; ITP, 1991, 2000). Les quantités d'eau utilisées par les systèmes de refroidissement pendant l'été ont été, de respectivement 0,5 et 0,3 l/truie/j pour le système de goutte à goutte et la brumisation, ce qui est infime par rapport à la consommation des truies.

En salles d'engraissement, la consommation d'énergie des trois salles en débit réduit (2,8 à 3,1 kWh/porc/jour) est plus élevée que celle de la salle témoin (2,0 kWh/porc/jour), en

raison d'une durée de fonctionnement accrue des brasseurs d'air (Tableau 2). En effet, lorsque la T_{ext} se situait entre 16 et 26°C, la T_{int} des salles BR et AS était souvent plus élevée, surtout la nuit, que celle de la salle DM car, à ces T_{ext}, les porcs dégagent beaucoup de chaleur sensible. Pour expulser cette chaleur du bâtiment, la durée de fonctionnement des ventilateurs muraux a été plus élevée et les brasseurs d'air ont également fonctionné plus longtemps.

En abaissant de près de la moitié le taux de ventilation et en ajoutant des brasseurs d'air (traitement DM), la consommation d'eau des porcs a diminué de 22% comparativement à la salle témoin. Au cours de l'été, la consommation d'eau des systèmes de brumisation et d'aspersion a été respectivement de 3 000 et de 9 400 litres, soit 0,13 et 0,41 l/porc/j (Tableau 2). Malgré cela, la consommation totale d'eau dans ces salles (BR et AS) a été inférieure à celle de la salle témoin (13 à 24%), en raison d'une plus faible consommation d'eau des porcs. La consommation d'eau est même plus faible pour le traitement BR que pour le traitement DM qui n'avait que des brasseurs d'air. Comparativement au traitement témoin, les porcs des traitements DM, BR et AS ont consommé respectivement 2,39, 2,85 et 1,95 litres d'eau en moins par jour, ce qui constitue un écart important (17 à 25%). Cela indique que les porcs ont eu moins chaud. En effet, lorsqu'ils ont chaud, ils augmentent leur fréquence respiratoire pour évacuer de la chaleur sous la forme de vapeur d'eau (chaleur latente) et doivent boire plus pour maintenir leur hydratation. Ils ont aussi tendance à jouer avec l'eau pour se rafraîchir par évaporation cutanée en tentant de s'arroser.

Tableau 2 – Consommation moyenne d'énergie et d'eau durant l'essai selon le traitement

Stade	Gestation ^{1,2}				Engraissement ³			
	Témoin	DR	GG	B	Témoin	DM	BR	AS
Énergie, kWh/animal/j ⁴	0,39	0,67	0,51	0,49	1,99	2,80	3,07	3,06
Eau d'abreuvement, l/animal/j	15,2	21,9	24,4	23,4	11,49	9,10	8,64	9,54
Eau de refroidissement, l/animal/j	S.O.	S.O.	0,5	0,3	S.O.	S.O.	0,13	0,41
Eau totale, l/animal/j	15,2	21,9	24,9	23,7	11,49	9,10	8,77	9,95

1. Nombre de truies moyen par salle : T : 108 ; DR : 130 ; GG : 175 ; B : 256

2 T : 246 m³ d'air/h/place ; DR : 178 m³/h/place + 6 brasseurs d'air ; GG : 178 m³/h/place + 6 brasseurs d'air + système de goutte à goutte et B : 178 m³/h/place, 9 brasseurs d'air + système de brumisation

3 T : 136 m³/h/porc ; DM : 102 m³ d'air/h/porc + 6 brasseurs d'air ; BR : 76,5 m³/h/porc + 6 brasseurs d'air + système de brumisation ; AS : 76,5 m³/h/porc + 6 brasseurs d'air + système d'aspersion

4. Ventilateurs muraux et brasseur d'air

2.2.1. Rythme respiratoire et température rectale des truies

Au moment de la canicule, l'augmentation du rythme respiratoire et de la T° rectale a été la plus élevée chez les truies du traitement T.

Le rythme respiratoire des truies le matin du premier jour de la canicule (T_{int} entre 29 et 31°C) était déjà de deux à quatre fois plus élevé (25 à 45 respirations/30 s) (Figure 1a) que le rythme respiratoire rapporté dans la bibliographie pour des truies logées à 21-22 °C, à savoir en moyenne de six à neuf respirations par 30 s pour une T° rectale de 38,7 ± 0,3 °C (Dewey et Straw, 2006).

Les truies de la salle témoin montraient des signes de dyspnée et elles ont été arrosées à deux reprises après la deuxième

mesure du rythme respiratoire, ce qui a permis d'abaisser le rythme respiratoire d'environ 20 respirations par 30 s à la troisième mesure (jour 1, fin pm).

Ceci confirme que l'arrosage des truies lorsqu'elles sont en stress thermique est très efficace pour les refroidir rapidement, que l'air soit sec ou humide. En effet, l'utilisation d'énergie pour évaporer l'eau présente sur la surface corporelle des truies les refroidit.

En fin d'après-midi du jour 1, les truies du traitement DR étaient également en dyspnée (61 respirations/30 s) et, à leur tour, ont dû être arrosées après la mesure.

Le lendemain matin (jour 2, am) leur rythme respiratoire était beaucoup plus bas et il s'est maintenu par la suite.

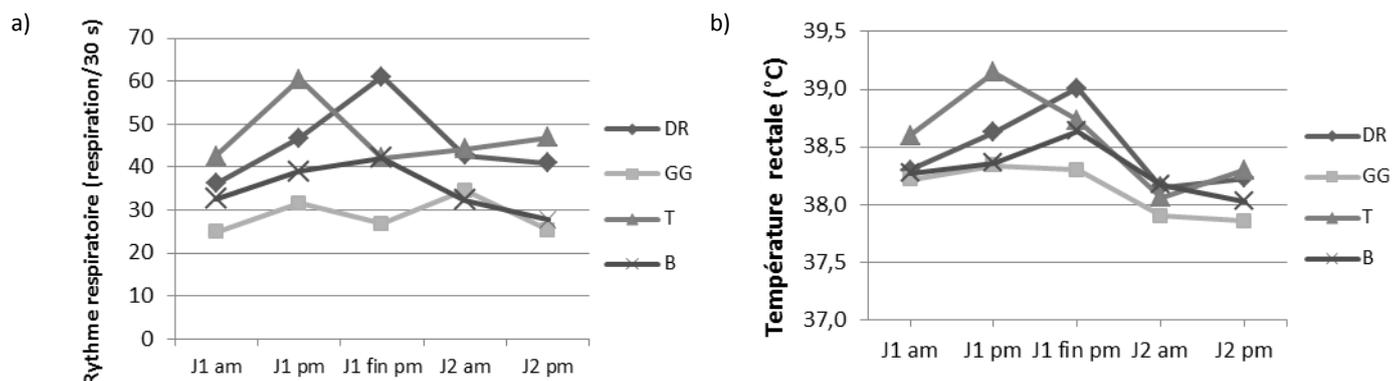


Figure 1 - Évolution du rythme respiratoire (a) et de la température rectale (b) des truies gestantes au cours d'une période de 2 jours de canicule (mesures réalisées le matin et l'après-midi)

Le traitement B a permis de ralentir et limiter l'augmentation du rythme respiratoire des truies, mais c'est avec le traitement GG qu'il est resté le plus stable et le plus faible. En effet, dans ce traitement, les truies ont dormi pratiquement toute la journée et elles n'ont pas semblé être incommodées par la chaleur. En combinant la recirculation qui augmente la vitesse d'air au niveau des animaux et le système de goutte à goutte qui permet de maintenir leur nuque toujours humide, il y a constamment de l'évaporation qui se produit à la surface de la peau, ce qui permet de refroidir les truies. La combinaison « goutte à goutte » et « courant d'air » s'est donc avérée très efficace durant la canicule.

Le lendemain matin, le rythme respiratoire des truies des traitements GG et T était plus élevé que le dernier compte de la veille. Dans la salle témoin, l'effet de l'arrosage des truies s'était dissipé et leur rythme respiratoire s'est remis à augmenter lentement. Le rythme respiratoire des truies du traitement GG a augmenté quand le système de goutte à goutte a cessé de fonctionner lorsque la T_{int} est descendue sous la consigne de départ (28,9°C) pendant la nuit. Cela démontre l'intérêt d'évaluer la possibilité de démarrer le système de goutte à goutte à une T° inférieure et de revalider les paramètres de temps de marche et d'arrêt.

Les T° rectales des truies des différents traitements suivent les mêmes tendances que le rythme respiratoire. La T° rectale s'accroît de façon marquée pour les truies du traitement T, alors que pour les truies GG, elle reste pratiquement stable. De plus, les truies des traitements GG et B présentent les valeurs les plus basses, ce qui confirme qu'elles ont eu moins chaud que celles des autres traitements.

Durant la canicule, l'humidité élevée a limité l'efficacité du système de brumisation et le rythme respiratoire ainsi que la T° rectale des truies ont été plus élevés que pour le traitement GG. L'efficacité du système de brumisation est donc supérieure lorsque l'air ambiant est sec, c'est-à-dire lorsque l'humidité relative de l'air est faible; l'air sec ayant une plus grande capacité d'absorption des gouttelettes d'eau froide produites par le système de brumisation (IFIP, 2006).

2.2.2. Performance zootechnique des porcs à l'engrais

Les poids moyens des animaux à l'entrée (23,4 kg) et à la sortie (125,4 kg) de l'engraisement sont similaires dans les quatre traitements (Tableau 3). Le brassage d'air à lui seul (DM) a permis d'augmenter le GMQ de 26 g durant l'essai. Par contre, le GMQ des porcs a été numériquement supérieur d'environ 45 g pour les deux traitements avec un système de refroidissement par l'eau (BR et AS) combiné à du brassage d'air. L'augmentation du GMQ des traitements DM, BR et AS s'est accompagnée d'une diminution de la durée moyenne

d'engraisement des porcs. Ainsi, le brassage d'air à lui seul (DM) a permis de diminuer la durée de l'élevage de 2,9 jours par rapport au traitement témoin. Lorsqu'il est combiné à des systèmes de refroidissement par l'eau, la durée moyenne d'engraisement est réduite, de 4,7 jours supplémentaires pour le traitement BR et, de 5,1 jours, pour le traitement AS.

Tableau 3 – Performances zootechniques des porcs selon la stratégie de ventilation et de refroidissement

Traitement ¹	T	DM	BR	AS
Nombre initial de porcs	220	220	219	220
Morts	5	3	6	9
Mortalité, %	2,27	1,36	2,74	4,09
Poids moyen initial, kg	23,3	23,2	23,4	23,5
Poids moyen final, kg	125,1	125,7	125,7	125,2
GMQ, g/j	918	944	964	963
CMJ, kg/j	2,14	2,22	2,22	2,23
IC économique, kg/kg	2,37	2,37	2,37	2,40
Durée moyenne d'engraisement, j	110,8	107,9	106,1	105,7

¹ T : 136 m³/h/porc ; DM : 102 m³ d'air/h/porc + 6 brasseurs d'air ; BR : 76,5 m³/h/porc + 6 brasseurs d'air + système de brumisation ; AS : 76,5 m³/h/porc + 6 brasseurs d'air + système d'aspersion

La CMJ des porcs des trois traitements expérimentaux a été supérieure de 80 à 90 g/j comparativement au témoin. Ceci confirme bien que ces porcs ont moins souffert de la chaleur. Il est en effet établi que lorsqu'il fait chaud, les porcs réduisent leur prise alimentaire d'environ 44 g/j par degré Celsius au-dessus de 17°C (Massabie *et al.*, 1996). L'indice de conversion économique est similaire pour les différents salles (2,37), sauf pour le traitement AS qui présente un IC un peu plus élevé. Cela semble dû au taux de mortalité dans le traitement AS qui est 1,8 fois plus élevé que celui du traitement témoin. Toutefois, cette mortalité ne semble pas avoir été causée par le traitement. En effet, six porcs sont morts subitement de cause inconnue, mais assez tôt durant l'élevage et alors que le système d'aspersion avait très peu fonctionné.

2.3. Bilan économique

2.3.1. En salles de gestation

Pour les salles de gestation, c'est la stratégie BR qui a nécessité les investissements les plus importants, soit 20,89 \$ CA/place alors que le traitement avec des brasseurs d'air (DM) a été celui qui en a nécessité le moins (15,04 \$/place). L'investissement pour la stratégie GG s'élève à 17,04 \$/place.

2.3.2. Salles d'engraissement

Des trois salles à débit de ventilation réduit, c'est le traitement DM qui a requis l'investissement le moins élevé, soit 11,20 \$/place alors que le traitement BR est le plus coûteux, soit 20,01 \$/place (Tableau 4).

Par rapport au traitement témoin en période d'été, la consommation d'électricité a augmenté de 45% pour le traitement DM et de 55%, pour les traitements BR et AS. Les dépenses annuelles reliées aux trois traitements, incluant les coûts supplémentaires en électricité, varient de 2,76 \$/place pour le débit moyen (DM) à 4,69 \$/place pour la brumisation (BR) lorsque les équipements sont amortis sur 5 ans. Le coût sera moindre si l'amortissement est réalisé sur 10 ans.

Toutefois, d'autres éléments pourraient permettre de compenser les dépenses ou de les abaisser. Entre autres, l'augmentation du GMQ pourrait permettre d'augmenter le poids moyen d'envoi à l'abattoir (ou d'augmenter le nombre de lots produits) et les revenus.

Pour les bâtiments neufs, l'économie sur le nombre de ventilateurs muraux lors de la construction devrait permettre de rentabiliser plus rapidement les trois systèmes visant à réduire le débit d'air. Pour ce qui est des coûts de filtration d'air, ils sont réduits de moitié par exemple avec les traitements en débit réduit (BR et AS) comparativement au débit de ventilation standard (coûts d'immobilisation et de fonctionnement de filtres mécaniques de 4,87 vs 9,95 \$/place/an); des économies supplémentaires liées à la réduction du débit d'air sont aussi possibles (par exemple : volets anti-retour d'air, installation des filtres). Ces économies sont supérieures aux coûts d'installation et de consommation d'énergie des trois traitements.

Bref, dans le cas de l'installation d'un système de filtration, l'ajout d'un système pour réduire le débit de ventilation pourrait se financer à même les économies réalisées sur les coûts d'investissement et de fonctionnement du système de filtration.

Tableau 4 - Coût du matériel en salles d'engraissement¹

Traitement	DM	BR	AS
Coût total du matériel, \$ CA/place (€) ^{2,3}	6,15 (4,47)	12,65 (9,19)	7,54 (5,48)
Coût d'installation, \$ CA/place (€)	5,05 (3,67)	7,35 (5,34)	6,02 (4,37)
Coût total du matériel et d'installation, \$ CA/place (€)	11,20 (8,14)	20,01 (14,53)	13,56 (9,85)
Coût total du matériel et d'installation amorti sur 5 ans, \$ CA/place/an (€)	2,24 (1,63)	4,00 (2,91)	2,71 (1,97)
Coût d'électricité supplémentaire, \$ CA/place/an (€) ⁴	0,52 (0,38)	0,69 (0,50)	0,68 (0,49)
Coûts totaux (amorti 5 ans), \$ CA/place/an (€)	2,76 (2,00)	4,69 (3,41)	3,39 (2,46)

1. Bâtiment de 990 places avec 3 rangées de parcs

2. DM : 24 brasseurs d'air de 0,76 m et contrôles électromécaniques. BR : 24 brasseurs d'air, 2 pompes de haute pression, 24 cerceaux de brumisation (avec buses, tuyaux et valves), contrôles électromécaniques et un régulateur de ventilation (CM-4). AS : 24 brasseurs d'air, un CM-4 et des contrôles électromécaniques, valve électrique de basse pression, tuyau et buses à basse pression.

3. 1 € = 1,3767 \$ CA, taux de change moyens pour 2011 selon la Banque du Canada

4. Selon le tarif D d'Hydro-Québec (soit 0,0751 \$/kWh ou 0,5455 €/kWh)

CONCLUSION

L'augmentation de la vitesse d'air au niveau des animaux, l'obtention d'un écart de température inférieur à 4°C avec la salle témoin et le maintien des performances zootechniques confirment qu'il est possible d'optimiser et de réduire les débits de ventilation en ajoutant des brasseurs d'air et, si nécessaire, un système de refroidissement par l'eau.

Cet essai a permis de confirmer qu'il était possible de réduire de façon importante les coûts de filtration, ce qui était notre premier objectif, en réduisant le nombre de filtres requis et les frais y étant associés.

REMERCIEMENTS

Une partie du financement de ce projet a été fournie par l'entremise des conseils sectoriels du Québec, de l'Ontario et du Manitoba 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 Programme d'appui financier aux regroupements et aux associations de producteurs désignés, par F. Ménard et par le Centre de développement du porc du Québec inc.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Dewey C.E., Straw B.E., 2006. Chapter 1. Herd examination. In: Straw B.E., Zimmerman J.J., D'Allaire S., Taylor D.J. (Eds), Diseases of Swine. 9th edition, 3-14, Blackwell Publishing, Ames, IA.
- Gutzwiller A., Bracher A., Gafner J.L., Jost M., Kessler J., 2005. Chapitre 6. Recommandations particulières. In : Agroscope Liebefeld-Posieux (Ed.), Apports alimentaires recommandés et tables de la valeur nutritive des aliments pour porcs, Zurich, Suisse, 77-104.
- IFIP, 2006. Manuel de chauffage et de ventilation pour les bâtiments d'élevage porcin. IFIP Eds, Paris, 54 p.
- ITP, 1991. Conduite alimentaire des truies. In : L'alimentation de la truie : synthèse bibliographique, ITP (Ed.) Paris, 27-32.
- ITP, 2000. La conception de l'élevage, les bâtiments et les aménagements intérieurs. In : Mémento de l'éleveur de porc, ITP (Ed.), Paris, 41-94.
- Massabie P., 2001. Incidence des paramètres d'ambiance sur les performances zootechniques du porc charcutier. ITP (Ed.), Paris, 16 p.
- Massabie P., Granier R., Le Dividich J., 1996. Influence de la température ambiante sur les performances zootechniques du porc à l'engrais alimenté ad libitum. Journées Rech. Porcine, 28, 189-194.