Centre de développement du porc du Québec inc.

Évaluation des performances environnementales, agronomiques et économiques d'un système de contrôle automatisé de l'environnement des bâtiments utilisant différentes technologies de conditionnement de l'air

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

Juin 2023

Mise en contexte

- Dans les élevages porcins, les systèmes de chauffage sont au propane et rejettent leurs gaz de combustion dans les salles d'élevage.
- Ces gaz: CO_2 et vapeur d'eau, détériorent la qualité de l'air → effet négatif sur la santé et la croissance des animaux.
- Différentes technologies alternatives permettent de réduire les gaz à effet de serre (GES), mais le peu d'informations disponibles freine leur utilisation en production porcine.

Le projet a permis d'évaluer les performances environnementales, agronomiques et économiques de trois traitements sur le contrôle automatisé de l'environnement des bâtiments de pouponnière en utilisant différentes technologies de conditionnement de l'air pour répondre aux besoins de porcelets sevrés.

CDPQ

Objectifs

L'objectif principal du projet était d'évaluer deux technologies qui pourraient permettre de réduire les GES produits par le système de chauffage au propane dans les bâtiments de pouponnière porcine.

Objectifs secondaires :

- ✓ Évaluer les performances environnementales d'un système de contrôle automatisé couplé à deux technologies existantes (échangeur d'air récupérateur de chaleur de Énergie Solutions Air (ESA) et une fournaise au propane où les gaz de combustion (CO_2 et vapeur d'eau) sont expulsés à l'extérieur du bâtiment), comparativement à l'utilisation des systèmes classiques de chauffage au propane où les gaz de combustion sont relâchés dans les salles d'élevage;
- ✓ Évaluer les impacts agronomiques de l'utilisation de ces technologies, notamment sur la santé et le bien-être des animaux, sur leur taux de croissance et leur efficacité alimentaire;
- ✓ Évaluer l'impact technico-économique de l'utilisation de ces technologies et déterminer leur intervalle de retour sur investissement;
- ✓ Diffuser les résultats pour faciliter l'adoption de ces technologies et améliorer les performances environnementales, agronomiques et économiques du secteur porcin.

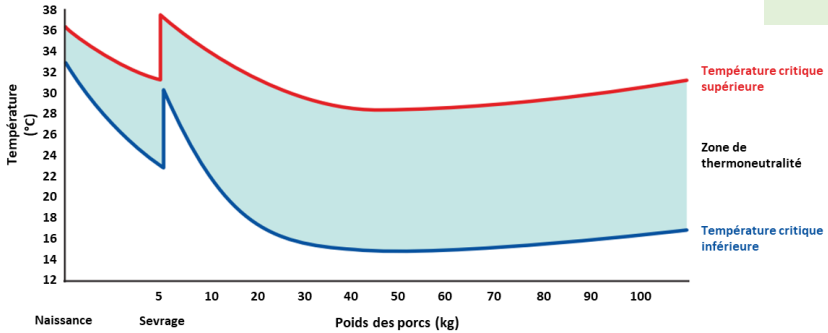
Impact des conditions d’ambiance sur les performances des porcelets en pouponnière

CDPQ
Centre de développement du porc du Québec inc.

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

Les performances des porcelets en pouponnière sont influencées par plusieurs facteurs, notamment la ventilation, la température ambiante et les polluants de l'air.

- Dégradation des conditions d'ambiance → impact négatif sur la santé des animaux, les performances zootechniques et les résultats économiques.
- Porcs = sensibles au stress thermique (température très élevée ou basse).



Zone de thermoneutralité des porcelets selon le poids (adapté de AHDB, 2016).

- Performances et santé optimales dans leur zone de thermoneutralité ou de confort.

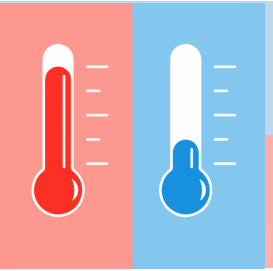
Zone de thermoneutralité = intervalle de conditions d'ambiance souhaitables pour les animaux, minimisant leurs efforts de thermorégulation.

- ✓ Borné par les températures critiques inférieure et supérieure.
- ✓ Dans cette zone, l'énergie disponible pour la croissance de l'animal est optimale, c'est-à-dire qu'il s'agit de l'intervalle où l'aliment est le mieux utilisé pour les dépôts de maigre et de gras.

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

Zone de thermoneutralité

- Dans la zone de thermoneutralité, la production totale de chaleur de l'animal est constante pour une ingestion alimentaire donnée.



- ✓ En-dessous de la température critique inférieure (hypothermie), la chaleur métabolique commence à augmenter pour compenser l'élévation des pertes de chaleur
- ✓ Au-delà de la température critique supérieure (hyperthermie), la conductance des tissus est maximale et la répartition des pertes de chaleur latente commence à augmenter.

Lorsque la température ambiante se trouve en dehors des limites de thermoneutralité, les porcelets se retrouvent en déséquilibre thermique et doivent se rééquilibrer en adaptant leur prise alimentaire ou en fournissant des efforts de thermorégulation.

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

Zone de thermoneutralité (suite)

Les porcelets tentent de diminuer les effets des stress thermiques de deux façons :

- ✓ en augmentant la dissipation de la chaleur
- ✓ en réduisant la chaleur produite par le métabolisme

Comme l'ingestion alimentaire est une source de production de chaleur, les porcelets peuvent réduire la génération de chaleur métabolique en diminuant les quantités consommées (Myer et Bucklin, 2001). La prise alimentaire du porcelet est ainsi un facteur déterminant des seuils des températures critiques (AHDB, 2016).

L'environnement thermique doit être adapté pour contrôler la chaleur produite par le métabolisme et garder les animaux en zone de thermoneutralité.

- ✓ Peut être fait en ajustant la ventilation et le chauffage.
- ✓ Un mauvais paramétrage des conditions d'ambiance peut entraîner une réduction du gain de poids (GMQ) et une augmentation de la conversion alimentaire (CA).

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

Le sevrage est une période stressante pour les porcelets; les conditions d'élevage changent.

Facteurs de stress ayant des effets importants chez le porcelet :

- Retrait de la truie
- Mélange des portées
- Changement de ration alimentaire
- Changement d'environnement

Premiers jours suivant le sevrage = transition du lait vers aliment solide = **possible diminution de la prise alimentaire**.

Diminution de la production de chaleur liée à la réduction de la prise alimentaire + retrait de la truie = **augmentation des besoins en température chez le porcelet** nouvellement sevré (Le Dividich et Herpin, 1994).

Déficit énergétique marqué pendant la première semaine suivant le sevrage par rapport aux exigences thermiques assez élevées du porcelet sevré (Quiniou *et al.*, 2000).

Il est donc important de porter attention aux paramètres suivants.

CDPQ

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

Paramètres importants à surveiller :

- **Ventilation**
- **Température ambiante**
- **Température effective ou ressentie**
- **Vitesse d'air**
- **Humidité relative**
- **Variabilité spatiale des conditions d'ambiance**
- **Polluants de l'air**

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

Ventilation

- Impact majeur sur les performances des porcelets en pouponnière.
- Remplacer l'air vicié contenant :
  - ✓ Surplus de chaleur, d'eau et le CO_2 produits par les animaux
  - ✓ Poussières
  - ✓ Autres gaz produits par les microbes et la décomposition des excréments (Lemay, 2007)
- Principale voie de déperdition de la chaleur du bâtiment, surtout en saison hivernale (Le Dividich et Rinaldo, 1989).
- Influence sur la température ambiante, la température effective, les besoins en chauffage et les polluants atmosphériques.

Tous ces facteurs peuvent affecter de manière importante la consommation alimentaire ainsi que les performances des porcelets sevrés.

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

Température ambiante

- Porcelets sevrés (5 à 20 kg) : 30 à 24 °C
  - ✓ 4 à 5 jours après le sevrage : peut atteindre 35 °C pour compenser le changement d'environnement et le stress (CNSAE, 2014).
- Besoins en température peuvent être divisés en 2 périodes au moment du sevrage (Le Dividich et Herpin, 1994) :
  - ✓ Phase critique = deux semaines après le sevrage. Le porcelet commence la réalimentation et s'habitue à son environnement. Besoins en chaleur augmentés;
  - ✓ Phase post-critique = porcelet adapté au nouvel environnement.
- Deux semaines suivant le sevrage = zone de confort thermique élevée. Après ces deux semaines, une augmentation de la température ambiante = diminution de la consommation d'aliment (Quiniou *et al.*, 2000).
- Lorsque la température ambiante se rapproche de celle de la peau de l'animal, les pertes de chaleur latente augmentent par accroissement du rythme respiratoire (Massabie, 2006). L'appétit et par conséquent la consommation d'aliment diminuent, entraînant une dégradation du GMQ (Massabie, 2006).

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

Température ambiante : exposition au froid

- Augmentation de la production de chaleur = réduction de la quantité d'énergie métabolisable disponible pour la croissance (Le Dividich et Rinaldo, 1989).

- Porcs maintenus à des températures plus basses que leur température critique inférieure = tendance à augmenter leur prise alimentaire et modifier leur métabolisme lipidique.

✓ Quantité ingérée utilisée en partie pour la production de chaleur

✓ Indice de consommation = augmentation; taux de gain de poids quotidien et dépôts lipidiques = tendance à diminuer (Chenard, 2001; Le Dividich et Herpin, 1994).

✓ Changements morphologiques, anatomiques et comportementaux pour diminuer les pertes de chaleurs.

- Importance de la constance de la température pour les porcelets :

✓ Fluctuation de la température de ± 4 °C lors de la première semaine après le sevrage = diminution de 10 % du GMQ en phase post-sevrage et augmentation des épisodes de diarrhée (Le Dividich, 1981).

Les températures en élevage doivent être optimisées afin que les porcelets se trouvent en zone de thermorégulation et éviter de descendre sous la température critique inférieure.

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

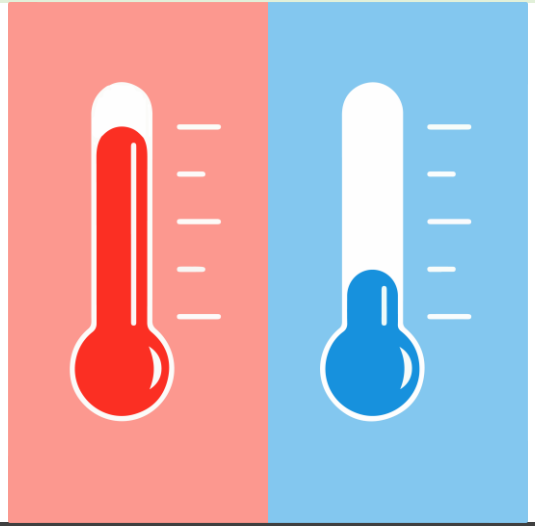
Température effective ou ressentie

Correspond à la température réellement ressentie par l'animal, celle-ci étant affectée par plusieurs facteurs.

Facteurs d'ajustement : température bulbe sec → température effective

- Type de plancher
- Vitesse d'air au niveau des animaux
- Isolation du bâtiment
- Présence de chauffage radiant
- Présence de système de refroidissement

Baker (2004)



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

Vitesse d'air

- Les jeunes animaux sont plus susceptibles aux courants d'air que les porcs plus âgés (Le Dividich et Herpin, 1994).
- Porcelets sevrés : vitesse d'air recommandée au niveau des animaux = 0,1 m/s (IFIP, 2019).
- Affecte la température ressentie (Baker, 2004) :
  - ✓ 30 pi/min = -7 °F
  - ✓ 90 pi/min = -13 °F
  - ✓ 300 pi/min = -18 °F
- Selon Massabie *et al.* (2001) :
  - ✓ Pour des températures entre 24 et 28 °C, une vitesse moyenne de 1 m/s (196,85 pi/min) réduit la température ressentie par les porcs de 5 à 6 °C.
- Courants d'air → animaux évacuent davantage de chaleur vers l'environnement et peuvent se refroidir.
- Plus la température dans la salle est chaude et se rapproche de la température de peau des porcs (environ 32 °C), moins le transfert de chaleur et le refroidissement sont efficaces (Chêne Vert, 2020).
  - ✓ Vitesse de l'air à moduler selon la température ambiante pour s'approcher de la zone de thermoneutralité des porcelets.

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

Humidité relative

- Porcelets sevrés : entre 60 et 70 % (Chenard, 2001).
- Dans la zone de thermoneutralité, l'humidité de l'air n'influence pas de façon marquée les performances des porcelets sevrés (Le Dividich et Herpin, 1994).
- Humidité relative élevée = pas d'influence majeure sur les porcelets (Myer et Bucklin, 2001).
    - L'effet de l'humidité relative peut être considérable lorsque les animaux se trouvent au-dessus de la température critique supérieure ou en dessous de la température critique inférieure (Le Dividich et Herpin, 1994). La température effective est alors divergente de la température ambiante.
        - ✓ Un taux d'humidité élevé peut affecter l'occurrence et la prévalence de certaines maladies infectieuses (prolifération de virus, de bactéries et de champignons). Ce taux élevé peut également contribuer à détériorer la qualité de l'aliment et à augmenter les risques de pathologies chez les porcs (Xiong *et al*., 2017).
    - Une humidité relative élevée peut exacerber les effets négatifs d'une température chaude chez les porcelets en diminuant la capacité d'évaporation et en augmentant le stress thermique (Le Dividich et Herpin, 1994; Xiong *et al*., 2017).

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

Variabilité spatiale des conditions d'ambiance

Problématique régulièrement observée : variabilité spatiale des conditions d'ambiance dans les salles d'élevage → affecte la température effective des porcelets.

Variations importantes de température et vitesse d'air entre différents emplacements d'une même salle d'élevage peuvent impacter le confort et les performances des animaux.

L'air frais entre à une température froide en hiver : écarts de température possiblement très importants entre les enclos et même à l'intérieur de ceux-ci.

Ces différences de température ne se reflètent pas nécessairement jusqu'au niveau des porcelets lorsque les entrées d'air sont bien calibrées. Cependant, un petit dérèglement de cette calibration augmente les risques d'obtenir des courants d'air froids sur les porcelets.

En saison froide l'entrée d'air est configurée pour que l'air entrant dans la salle longe le plafond et ne crée pas de courants d'air sur les porcelets. Le plafond sera plus froid que la température moyenne de la salle.

Augmentation de la perte de chaleur par radiation des porcelets.

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

Polluants de l'air en élevage

Principaux polluants générés dans les porcheries :

(Donham *et al.*, 1989)

- **NH_3**
- **H_2S**
- **CO_2**
- **Poussières**
- **Microorganismes en suspension dans l'air**

Les polluants atmosphériques comprenant notamment les bioaérosols et les gaz peuvent contribuer aux facteurs de stress vécus par les porcelets lors du sevrage, affectant ainsi leurs performances (Wathes, 2001).

La plupart des informations disponibles sur les limites d'exposition recommandées pour ces polluants proviennent de réglementation pour les normes du travail. Ces valeurs ne représentent pas les véritables exigences de qualité de l'air pour les porcs.

Conséquences → Susceptibilité accrue aux maladies respiratoires, au stress et à une baisse de productivité des porcs.

(Michiels *et al.*, 2015)

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

Polluants de l'air – Ammoniac (NH_3)

Généré par :

- Hydrolyse de l'urine
- Décomposition de matières organiques

(ÉPIDALIS, 2019)

Concentration maximale recommandée pour les porcelets sevrés = 20 ppm (Lemay, 2007).

Conséquences :

- > 50 ppm → jusqu'à -10 % du GMQ (ÉPIDALIS, 2019; Massabie, 2006).
  - ✓ Capacité du porc à évacuer les pathogènes de son système respiratoire grandement affectée = toux, augmentation de la fréquence respiratoire, irritation de la muqueuse respiratoire et augmentation des pneumonies.
  - ✓ Des changements comportementaux sont également observés (ÉPIDALIS, 2019).

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

Polluants de l'air – Dioxyde de carbone (CO_2)

Cible typique pour l'ajustement du débit minimal de ventilation

= 3 000 ppm

Limite supérieure à ne pas dépasser

= 5 000 ppm

(Smith et Crabtree, 2005)

- Concentration en CO_2 notamment influencée par :
  - ✓ type de bâtiment
  - ✓ saison
  - ✓ contrôle de la ventilation
  - ✓ dimensionnement des conduites de ventilation
  - ✓ hauteur de plafond

Banhazi *et al.*, 2011

- Niveaux élevés dans les salles = réduction de l'appétit → peut affecter les performances de croissance (Smith et Crabtree, 2005).
- Niveaux > 1 500 ppm associés à une réduction des taux de croissance et une augmentation des maladies respiratoires (Donham *et al.*, 1989).

Polluants de l'air – Dioxyde de carbone (CO_2) (suite)

Pouponnière = type d'élevage où les besoins en chauffage sont les plus élevés dans le domaine porcin.

- Les besoins thermiques des porcelets sont très élevés, notamment au moment du sevrage.

Dans la presque totalité des élevages québécois, le chauffage des salles est effectué par la combustion de propane par des fournaises à air pulsé ou éleveuses radiantes :

Rejettent des produits de combustion (CO_2 et vapeur d'eau) directement dans les salles d'élevage, nécessitant une ventilation supplémentaire pour les évacuer = chauffage additionnel pour conserver de bonnes conditions dans la salle (CCP, 2005).

Alternative

Utiliser des fournaises munies d'une chambre de combustion qui est reliée à une conduite d'évacuation permettant de rejeter les gaz de combustion directement à l'extérieur (CPVQ-CPAQ, 1998).

Polluants de l'air – Sulfure d'hydrogène (H_2S)

Ce gaz se retrouve dans les bâtiments d'élevage seulement lors de certaines opérations, comme les vidanges des pré-fosses.

La concentration optimale en H_2S doit être < 5 ppm.

(Lemay, 2007)

Durant ces courtes périodes, le taux de H_2S peut atteindre 200 ppm → peut indisposer les animaux et le personnel de la porcherie. À partir de 1 000 ppm, ce gaz peut entraîner la mort (Massabie, 2006).

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

Polluants de l'air - Poussières

Selon Massabie (2006), les poussières retrouvées en élevage porcin sont dues :

- **Aliments**
- **Fèces désséchées**
- **Desquamations de l'épiderme des animaux**

Les poussières peuvent avoir des effets importants sur les maladies porcines.

(Wathes, 2001)

- Elles fournissent un support pour les bactéries et les virus.
- Les différentes poussières peuvent se rendre à divers niveaux du système respiratoire selon leur taille.
  - ✓ Par exemple, les particules ayant un diamètre < 5 µm atteignent le système respiratoire inférieur comme les bronches.

Émissions de gaz à effet de serre (GES)

CDPQ
Centre de développement du porc du Québec inc.

Émissions de gaz à effet de serre (GES)

Les **émissions de la production porcine au Québec représentent près de 18 % des émissions totales de l'industrie de l'élevage**, la gestion du lisier étant responsable d'une grande part des émissions (Dennehy et al., 2017).

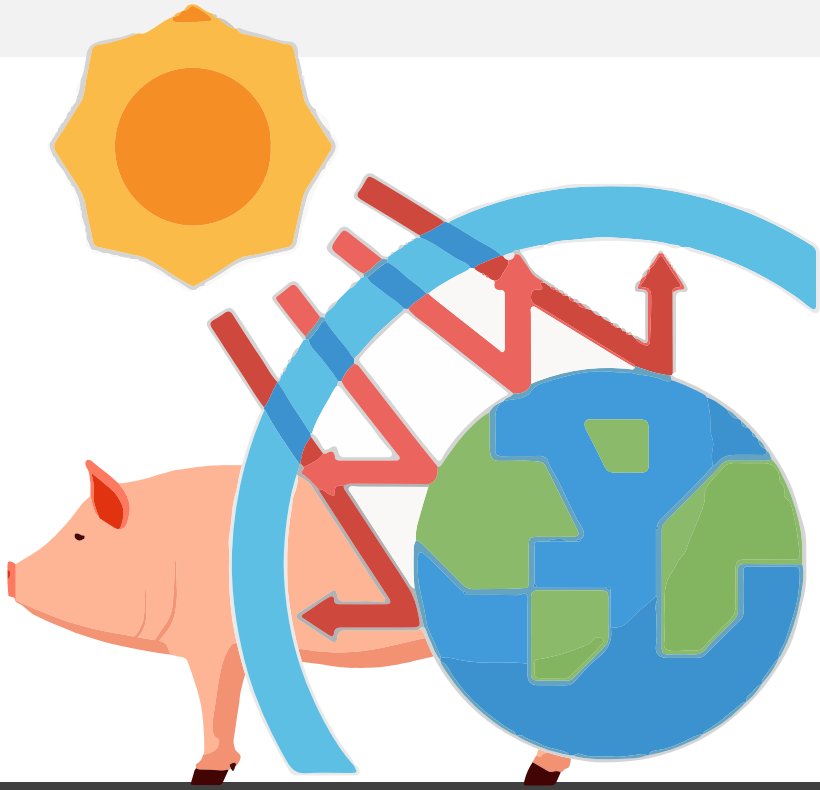
Une étude du Groupe Ageco sur les émissions de CO_2 éq., pour l'année 2015 au Québec, établit une production de 4,22 kg CO_2 éq./kg de carcasse de porc, dont 2,35 kg CO_2 éq. sont dus à la production et à la transformation des grains destinés à l'alimentation des porcs (Imbeault-Tétreault et Charron-Doucet, 2018).

- ✓ Même ordre de grandeur que les chiffres rapportés par Philippe et Nicks (2015), estimant que globalement, l'émission de GES était d'environ 4,87 kg CO_2 éq./kg de carcasse.

Émissions de gaz à effet de serre (GES)

En production porcine, le stade de post-sevrage est responsable d'environ 10 % des émissions totales de GES (Philippe et Nicks, 2015).

- Les émissions sont d'environ 0,86 kg CO_2 éq./animal/j.
- Pour le CO_2, les porcelets sevrés sont parmi les plus grands émetteurs (0,69 kg CO2/porcelet/j) en raison de leur consommation alimentaire à volonté et du statut intensif de production.
- Les émissions de GES dans les porcheries présentent un patron journalier, en lien avec les taux de ventilation, la température et l'activité des animaux.



Émissions de gaz à effet de serre (GES)

En plus des émissions par les animaux, les besoins thermiques élevés des porcelets contribuent à augmenter la production de GES et les besoins énergétiques via l'utilisation de systèmes de chauffage.

- Les émissions de GES sont directement reliées à la température et au chauffage (Philippe et Nicks, 2015).

Selon les Chambres d'agriculture de Bretagne (2010), la pouponnière est le stade physiologique ayant les plus grands besoins énergétiques (36 %).

- Pour la pouponnière : 79 % de l'énergie utilisée est nécessaire pour le chauffage et 15 % pour la ventilation.
- Fortes variabilités liées au climat.

Stratégies d’optimisation du confort des porcelets

CDPQ
Centre de développement du porc du Québec inc.

Stratégies d'optimisation du confort des porcelets

La température élevée nécessaire pour les porcelets sevrés peut engendrer des coûts élevés de chauffage.

Différentes stratégies peuvent être mises en place pour réduire l'utilisation du chauffage :

- **Création d'un microenvironnement**
- **Diminution du chauffage durant la nuit**
- **Échangeurs de chaleur**
- **Fournaises au propane avec rejets à l'extérieur**

Ces stratégies permettent à la fois de diminuer les besoins de chauffage pour le bâtiment et de limiter la production de polluants atmosphériques tels que les gaz.

Les échangeurs d'air récupérateurs de chaleur ainsi que les fournaises au propane avec rejet des gaz de combustion à l'extérieur du bâtiment sont déjà commercialisés et ont été éprouvés dans le domaine avicole.

Stratégies d'optimisation du confort des porcelets

Microenvironnement

Logement à température plus élevée que la température globale du bâtiment.

Ex. : offrir une niche aux porcelets sevrés ou utiliser des lampes infrarouges.

- ✓ Permettent de réduire les courants d'air sur les porcelets en conservant la chaleur produite par les animaux (Le Dividich et Herpin, 1994).

Stratégies d'optimisation du confort des porcelets

Réduction du chauffage la nuit

Les porcelets possèdent une variation métabolique circadienne qui est plus faible durant la nuit comparativement au jour (van der Hel *et al*., 1986).

Johnston *et al*. (2014) ont testé l'effet d'une diminution nocturne de la température ambiante sur les porcelets sevrés afin de limiter la quantité de chauffage requise afin de limiter les coûts qui y sont associés et les impacts environnementaux.

- Comparativement à la salle témoin, la température ambiante de la salle traitement était réduite de 8,3 °C de 19h à 7h à partir du 5e jour suivant le sevrage jusqu'au départ en engraissement.
  - ✓ Aucun impact significatif sur le poids final des porcelets, GMQ, consommation alimentaire quotidienne ou sur le ratio de consommation alimentaire.
  - ✓ A permis de réduire significativement la consommation de carburant pour le chauffage de 30 % ainsi que d'électricité de 20 %.
  - ✓ Diminution de la température ambiante nocturne peut permettre des économies importantes au niveau des ressources, sans répercussion négative sur les porcelets.

Stratégies d'optimisation du confort des porcelets

Échangeurs de chaleur

Technologie pas nouvelle dans les porcheries.

- Certaine popularité dans les années 1990 - 2000.
- Avantages bien documentés.
  - ✓ Permettent une réduction des besoins de chauffage et préchauffage de l'air entrant, réduisant les fluctuations de température et les risques de courants d'air froid sur les animaux (CPVQ-CPAQ, 1998).
- Avec les anciens modèles, cette technologie était mal adaptée à l'environnement porcin
  - ✓ Son efficacité était moindre (encrassement, système non lavable) et beaucoup de problématiques étaient rencontrées (bris, système qui gèle, pas de mode dégivrage).
  - ✓ De nouveaux produits adaptés à la réalité agricole sont maintenant disponibles sur le marché et les problématiques des premières générations ont été résolues.

Stratégies d'optimisation du confort des porcelets

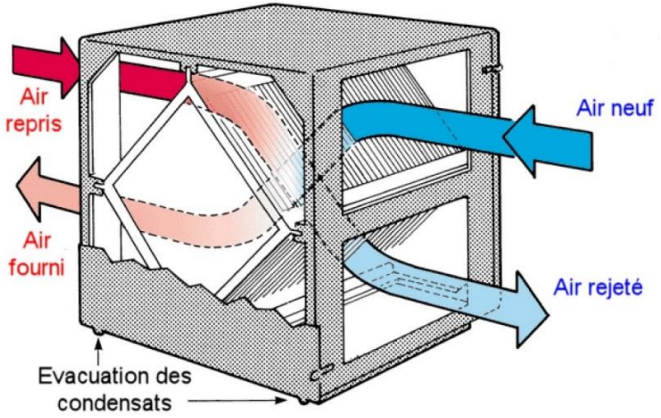
Échangeurs de chaleur (suite)

Échangeur de chaleur air-air → caisson dans lequel se croisent 2 réseaux de canalisations indépendantes et non communicantes.

Transfert des calories par conduction : air chaud vicié extrait du bâtiment + air frais extérieur traversent l'échangeur en flux croisé.

- Échange d'énergie entre les 2 réseaux permettant un réchauffement de l'air entrant sans contact avec l'air vicié sortant du bâtiment.
- Au moment où l'air entre dans le bâtiment : déjà préchauffé d'environ 50 % par rapport à sa température initiale.

✓ Diminution des besoins en chauffage pour les animaux.



(Source : https://www.aivc.org/sites/default/files/members_area/medias/pdf/VIP/VIP06_Heat_Recovery.fr.pdf)

Jusqu'à maintenant aucune étude n'avait été réalisée sur l'efficacité de ce système dans les pouponnières porcines.

Stratégies d’optimisation du confort des porcelets

Échangeurs de chaleur

Échangeur d’air récupérateur de chaleur de la compagnie ESA

- Permet de réduire les coûts énergétiques en récupérant la chaleur de l'air vicié évacué du bâtiment pour préchauffer l'air frais provenant de l'extérieur.
- Prévient également les courants d’air froid continus sur les porcelets, améliorant ainsi le confort et le bien-être des animaux.
- De plus en plus utilisé dans la volaille, mais très peu connu dans le porc.

Stratégies d'optimisation du confort des porcelets

Fournaises avec rejet des gaz de combustion à l'extérieur

- Devrait permettre d'obtenir une meilleure qualité d'air.
- Une concentration plus faible de CO_2 pourrait permettre de diminuer le débit de ventilation et conséquemment, réduire la quantité de chaleur évacuée par le système de ventilation.
  - ✓ Entraînerait une réduction de la consommation de propane.

- Apporte des avantages agronomiques, en lien avec une meilleure qualité de l'air et des besoins de chauffage optimaux, des avantages environnementaux liés à la diminution de la consommation de combustibles, ainsi que des avantages économiques en lien avec l'optimisation du chauffage et de la ventilation pour les animaux.

Matériel et méthode

CDPQ
Centre de développement
du porc du Québec inc.

Matériel et méthode – Traitements

- **Témoin**
  - ✓ Contrôle automatique de l'environnement du bâtiment
  - ✓ Chauffage au propane et rejet des gaz de combustion : dans la salle d'élevage

- **Récupérateur :** échangeur de chaleur
  - ✓ Contrôle automatique de l'environnement du bâtiment
  - ✓ Échangeur de chaleur air/air
  - ✓ Chauffage au propane et rejet des gaz de combustion : dans la salle d'élevage

- **Sans rejet de combustion** : fournaises
  - ✓ Contrôle automatique de l'environnement du bâtiment
  - ✓ Chauffage au propane et rejet des gaz de combustion : à l'extérieur de la salle

Matériel et méthode – Traitements

- Système de contrôle automatique Maximus (tous les traitements).
- Même stratégie de ventilation pour chacune des salles.
- Évolution des consignes de température dans la salle + températures de départ et arrêt du chauffage = selon l'âge des porcelets (Tableau 1).
- Différentiels et écarts de ventilation = paramètres identiques pour tous les traitements.
- Ajustements plus spécifiques apportés au contrôle de ventilation à chaque traitement pour pouvoir faire varier la ventilation selon les particularités de chacun.
- Essais durant saisons froides = système de ventilation à un débit d'air minimum pour évacuer l'air vicié et les gaz de la salle.

Tableau 1. Évolution des consignes de température sur un lot d'élevage en période froide en fonction de l'âge des porcelets

Jours d'élevage	Âge des porcelets (jours)	Consigne de température (°F)	Départ chauffage (°F)	Arrêt chauffage (°F)
0	21	87	85	85,5
4	25	86	84	84,5
7	28	84	82	82,5
14	35	81	79	79,5
21	42	79	77	77,5
28	49	76	74	74,5
35	56	74	72	72,5
42	63	72	70	70,5
49	70	70	68	68,5

Matériel et méthode – Traitements

Traitement témoin : fournaise au propane conventionnelle

Dans les salles témoins :

- Un seul ventilateur d'extraction était en fonction:
  - ✓ Avantis - pouponnière AGR3 : 16 pouces de diamètre
  - ✓ Groupe Robitaille – pouponnière 227D : 12 pouces de diamètre
- Ouverture des entrées d'air modulaire d'environ ¼ pouce pour permettre à l'air frais d'entrer dans la salle.
  - ✓ L'air provenait du comble et avait les mêmes caractéristiques que l'air extérieur (température et humidité relative).
- Pour maintenir la température de la salle à la température désirée, une fournaise au propane à air pulsé (LB White) de 50 000 à 100 000 BTU était utilisée.
  - ✓ Située au centre des salles, du côté des murs extérieurs
  - ✓ Propulsait l'air chaud sur un déflecteur en « Y ».

Matériel et méthode – Traitements

Traitement récupérateur : échangeur de chaleur ESA-3000

- Version prototype utilisée dans le cadre du projet.
- Encastré dans le mur.
- Conçu de façon à récupérer l'air chaud évincé du bâtiment afin de préchauffer l'air entrant dans la salle.
- Peut être utilisé en mode échangeur ou en mode extraction.
- Possède ses propres sondes de température.
- Sert à lui seul d'entrée et d'extraction de l'air :
  - ✓ Ventilateurs muraux arrêtés puisque c'est l'échangeur qui agit à titre de ventilateur d'extraction et qui évacue l'air vicié.
  - ✓ Entrées d'air modulaires fermées, puisque c'est l'échangeur qui fait entrer l'air frais préchauffé.

CDPQ

Matériel et méthode – Traitements

Traitement sans rejet de combustion : fournaises Modine

- Système de chauffage au propane dont les gaz de combustion sont évacués à l'extérieur de la salle via une conduite menant à l'extérieur du bâtiment.
- L'air ambiant n'est pas mélangé aux gaz de combustion ayant déjà été chauffés.
- Dépendamment des modèles et des fabricants, l'air entrant dans le système peut provenir de la salle d'élevage ou de l'extérieur.

CDPQ

Matériel et méthode – Description du dispositif expérimental

Description des bâtiments d'élevage

Essais sur 2 sites de pouponnière :

1. Avantis – Pouponnière AGR3
2. Groupe Robitaille – Pouponnière 227D

Matériel et méthode – Description du dispositif expérimental

Pouponnière AGR3 : Regroupement Porcin Avantis - Olymel

- St-Bernard de Beauce
- 4 bâtiments de pouponnière 1760 places
- 4 salles / bâtiment
- 440 places / salle
- 7 lots suivis

Regroupement Porcin Avantis-Olymel
(St-Bernard de Beauce, identifié #3).

Matériel et méthode – Description du dispositif expérimental

Pouponnière AGR3 : Regroupement Porcin Avantis - Olymel

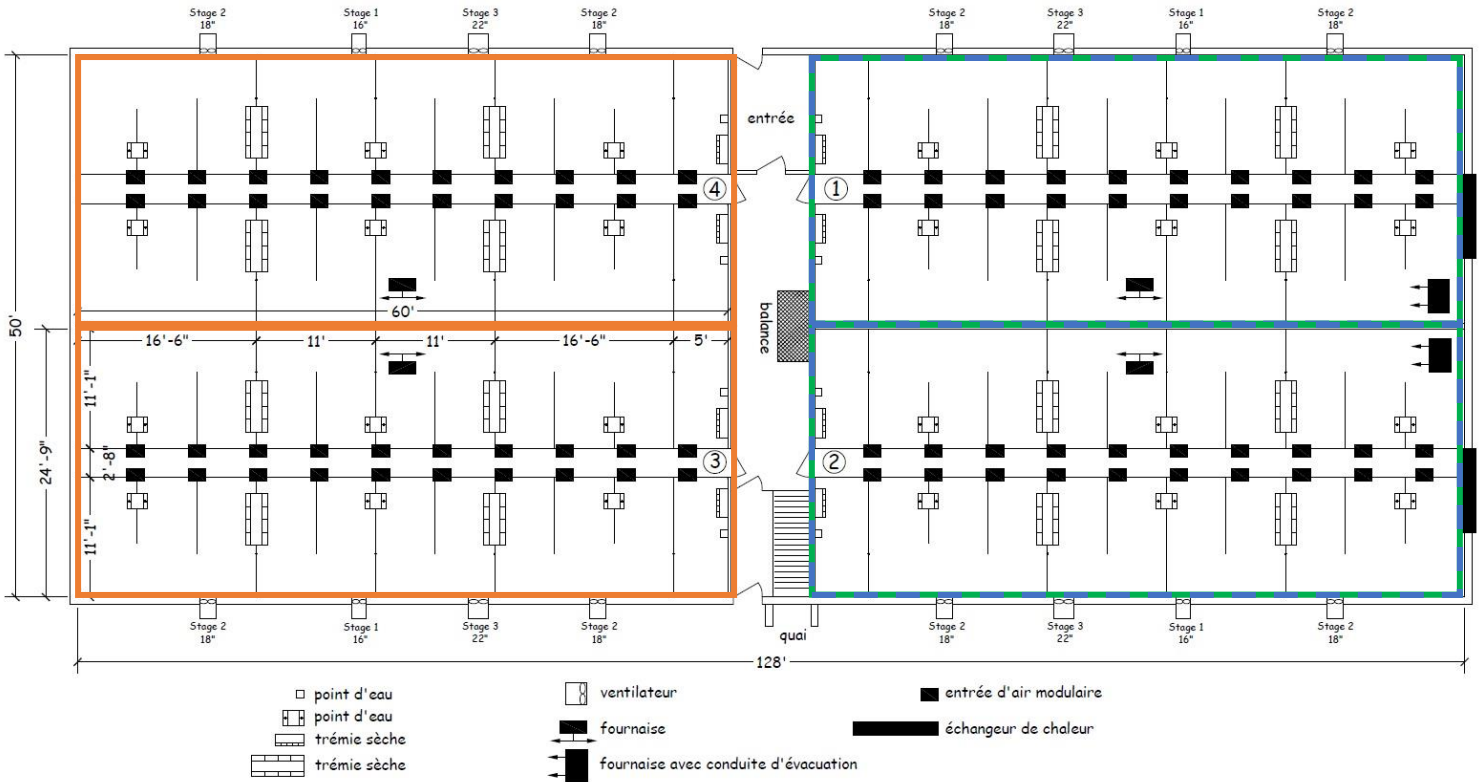
- 2 salles avec échangeurs d'air récupérateur de chaleur (salles 1-2)
  - ✓ Une du côté des vents dominants et l'autre opposée
- 2 salles avec fournaises au propane et cheminée d'évacuation des gaz (salles 1-2)
- Traitements des salles 1 et 2 interchangés d'un lot à l'autre
- 2 salles témoins (salles 3 et 4)
  - ✓ Ventilation et chauffage conventionnel
    - Entrées d'air modulaires au plafond
    - Chauffage au propane rejetant les gaz dans la salle
    - Extraction de l'air par les ventilateurs muraux

Matériel et méthode – Description du dispositif expérimental

Plan de plancher de la pouponnière Avantis - Pouponnière AGR3

Témoin

Témoin



Échangeur de chaleur (ESA)/ Fournaises rejets ext.

Échangeur de chaleur (ESA)/ Fournaises rejets ext.

Matériel et méthode – Description du dispositif expérimental

Pouponnière 227D : Groupe Robitaille

- Mont Saint-Grégoire
- 4 bâtiments de 2 000 places
- 4 salles / bâtiment
- 500 places / salle
- 4 lots suivis

Groupe Robitaille
(Mont St-Grégoire, identifiés 227D).

Matériel et méthode – Description du dispositif expérimental

Pouponnière 227D : Groupe Robitaille

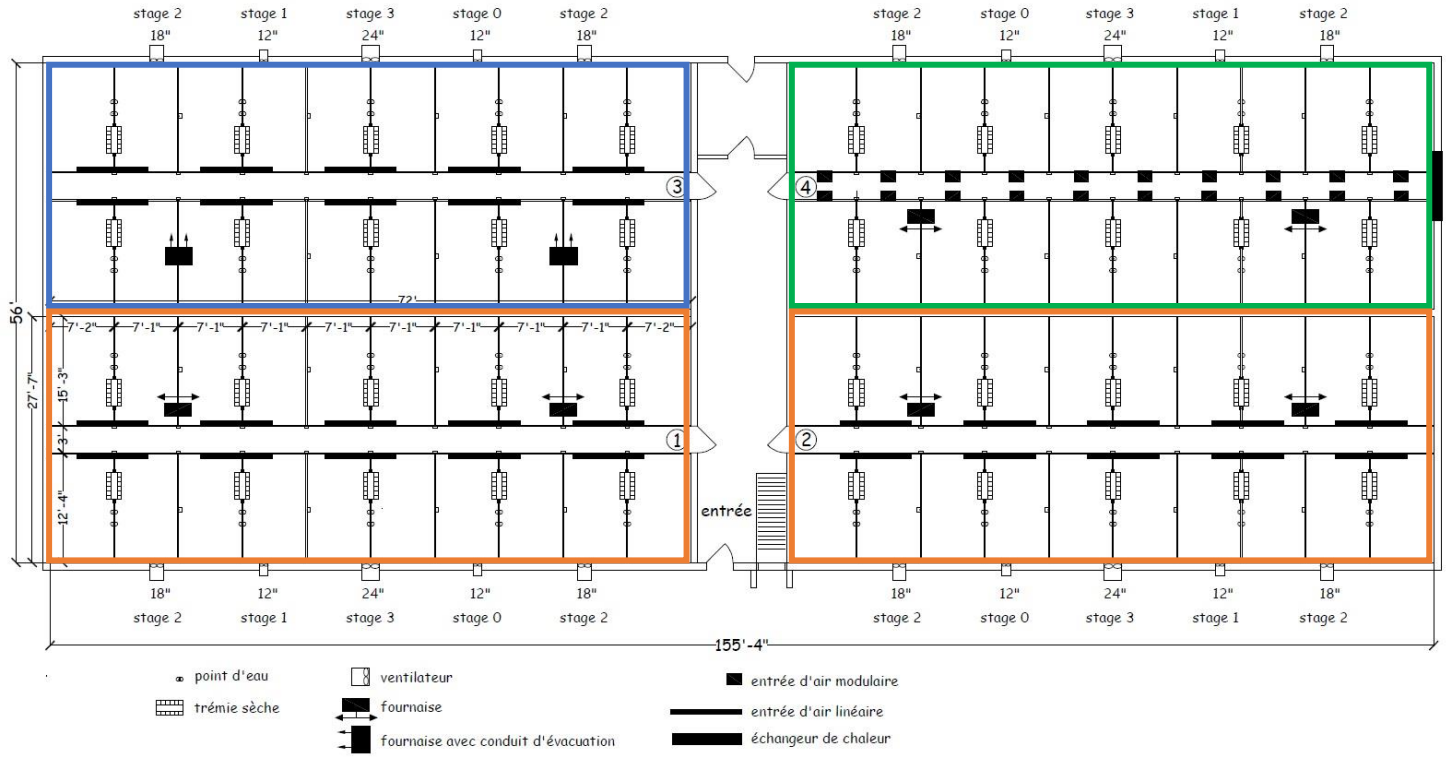
- Salles de traitements fixes
  - ✓ Salle 1 et 2 : témoin
  - ✓ Salle 3 et 4 : traitement (échangeur et fournaises)
- Salle 3 : fournaises au propane avec cheminée d'évacuation des gaz
- Salle 4 : échangeur d'air récupérateur de chaleur

Matériel et méthode – Description du dispositif expérimental

Plan pouponnière 227D - Groupe Robitaille

Fournaises rejets ext.

Témoin



Échangeur de chaleur (ESA)

Témoin

Matériel et méthode – Description du dispositif expérimental

Pour les 2 bâtiments :

- Gestion en tout plein tout vide (TPTV)
- Entrée / sortie (tous les porcelets en même temps)
  - ✓ Poids d'entrée : 6-7 kg
  - ✓ Poids de sortie : 25-30 kg
- 7 semaines d'élevage (49 jours)
- 7 jours de lavage, désinfection et séchage entre chaque lot
- Prise de données : août 2021 à avril 2023

Matériel et méthode – Description du dispositif expérimental

Pour les 2 bâtiments :

- Système de ventilation mécanique
  - ✓ Ventilateurs d'extraction
  - ✓ Entrées d'air modulaires
- Chauffage avec fournaises au propane à air pulsé
- Plancher des parcs en plastique

Matériel et méthode – Description du dispositif expérimental

Pour les 2 bâtiments :

- Trémies sèches doubles
- Points d'eau pour les porcelets
  - ✓ Avantis - pouponnière AGR3 : suces en bat flanc
  - ✓ Groupe Robitaille - pouponnière 227D : bols urinoirs et à couvercle
- 1 silo / salle pour mesurer la quantité d'aliment consommé

À la fin des lots : moulée restante dans silos aspirée et pesée, ainsi que la moulée restante dans les trémies. On obtient la quantité réelle consommée dans chacune des salles :

Moulée consommée = Moulée livrée - Moulée restante

Abreuvoir et trémie chez Avantis-pouponnière AGR3

Abreuvoir et trémie chez Groupe Robitaille-pouponnière 227D

Matériel et méthode – Description du dispositif expérimental

Pesée des porcelets

À l'arrivée, un allotement était fait afin de répartir des porcelets de gabarit et poids semblables dans chacune des salles.

Pesées effectuées :

- À l'entrée des porcelets
- Porcelets morts en cours d'élevage
- À la fin du lot (journée précédant leur départ)

Balance de plancher
(Avantis - pouponnière AGR3)

Balance de plancher
(Groupe Robitaille - pouponnière 227D)

Matériel et méthode – Instrumentation

Système de contrôle des conditions d’ambiance

Capteurs de mesures reliés au contrôle Maximus :

- Conditions d’ambiance
- Consommation d’eau
- Consommation d’aliment
- Consommation de propane

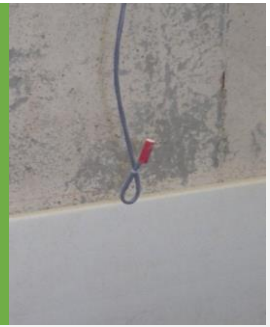
Matériel et méthode – Instrumentation

Capteurs d'ambiance

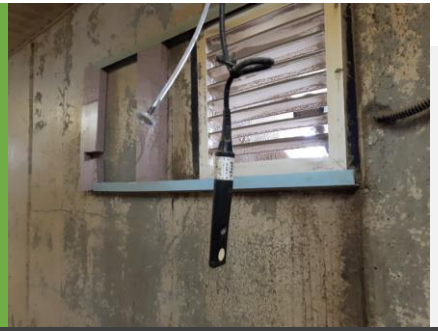
Dans chaque salle :

- 4 sondes de température (a)
- 1 sonde d'humidité relative (b)
- 1 sonde de CO_2 (c)

a



b



c

L'humidité relative à l'extérieur a également été mesurée.

Matériel et méthode – Instrumentation

Autres capteurs

Dans chaque salle :

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

a

b

c

Matériel et méthode – Instrumentation

Échangeur de chaleur ESA - 3000

4 sondes intégrées :

- Température de l’air intérieur
- Température de l’air expulsé à la suite du transfert d’énergie
- Température de l’air extérieur
- Température de l’air envoyé dans la salle à la suite de l’apport d’énergie

Matériel et méthode – Instrumentation

Laboratoire MESANGES

- En collaboration avec l'IRDA
- Laboratoire mobile de mesure de la qualité de l'air
  - ✓ Permet de réaliser un bilan complet des émissions
- Mesures en continu des émissions à la sortie des ventilateurs
  - ✓ Pour un lot de la pouponnière AGR
    - 10 janvier au 7 mars 2023
- Analyse de l'air sortant :
  - ✓ Débit de ventilation
  - ✓ CO_2
  - ✓ CH_4
  - ✓ NH_3
  - ✓ Température
  - ✓ Humidité relative

Matériel et méthode – Vitesse de l’air et poussières

Prétests pour distribution de l’air dans les salles

- Mesures de vitesse d’air dans chaque enclos
  - ✓ S’assurer qu’il n’y ait pas de courants d’air indésirables envoyés sur les porcelets
  - ✓ S’assurer que la circulation de l’air était relativement uniforme pour tous les parcs de la salle

Validation de la distribution de la vitesse de l’air au cours du projet

- Obtenir les distributions spatiales des vitesses d’air
- Mieux comprendre le modèle de distribution de l’air dans les salles selon les saisons, taux de ventilation et stratégie de ventilation
- Mesures effectuées à 2 positions dans chacun des parcs, à la hauteur des animaux

Matériel et méthode – Analyses

Évaluer l'effet de l'utilisation des échangeurs d'air récupérateurs de chaleur et des fournaises au propane rejetant les gaz de combustion à l'extérieur comparativement à l'utilisation de fournaises au propane conventionnelles.

Bilan d'émission des gaz (Laboratoire MESANGES) pour connaître exactement le bilan des émissions en GES et chiffrer les diminutions selon l'utilisation de chaque technologie.

Les impacts des conditions d'ambiance sur la conversion alimentaire des porcelets (pour optimiser l'utilisation des aliments) ont été considérés dans le bilan environnemental.

Améliorations potentielles des performances en pouponnière non transposées en engraissement, c'est-à-dire que l'optimisation des gains en post-sevrage n'a pas été considérée pour la suite de l'élevage.

Matériel et méthode – Analyses

Retrait de certaines données

Il a été nécessaire de rejeter certaines données provenant des pouponnières AGR3 et 227D.

Avantis – Pouponnière AGR3

- Données du 1er lot rejetées
  - ✓ Problèmes de balance (pesée) durant ce lot
  - ✓ Pesée finale n'a pu être réalisée

Groupe Robitaille – Pouponnière 227D

- Données de performances zootechniques et conditions d'ambiance rejetées dans l'analyse
  - ✓ Présence de vents importants + configuration de la salle = effet marqué sur le débit de ventilation minimum (non escompté en début de projet)

Résultats et discussion

CDPQ
Centre de développement
du porc du Québec inc.

Résultats et discussion – Effets agronomiques

- Performances zootechniques semblables entre les traitements
  - Ce qui était souhaité = même stratégie de ventilation entre les traitements

- Mortalité des porcelets
  - La mortalité lors des traitements témoin et sans rejet est significativement plus élevée que dans le traitement échangeur
  - La diminution de la mortalité lors du traitement échangeur pourrait être liée aux conditions d'ambiance améliorées, mais cette explication ne semble pas justifier cette différence en totalité.

Résultats et discussion – Effets agronomiques

Performances zootechniques et consommation d'eau selon le traitement

	Témoin	Sans rejet	Échangeur	Seuil observé
Nombre de porcelets				
Nb moyen de porcelets entrés	408	409	407	-
Nb moyen de porcelets sortis	394	395	399	-
Mortalités				
Nb moyen de pertes/ lot	13,3	13,3	9,3	-
Mortalité (%)	3,3[a]	3,3[a]	2,3[b]	T vs E : p = 0,053 SR vs E : p = 0,099
Poids				
Poids moyen à l'entrée (kg)	6,19	6,24	6,16	NS
Poids moyen à la sortie (kg)	29,35	29,78	30,21	-
Gain de poids moyen (kg)	23,16	23,54	24,05	-
GMQ moyen technique (g/j)	465	473	485	NS
GMQ vivant (g/j)	479	487	498	NS
Consommation alimentaire				
CA technique	1,485	1,429	1,476	NS
CA économique	1,500	1,443	1,487	NS
Consommation d'eau (L/porc/j)	2,78	2,90	3,33	-

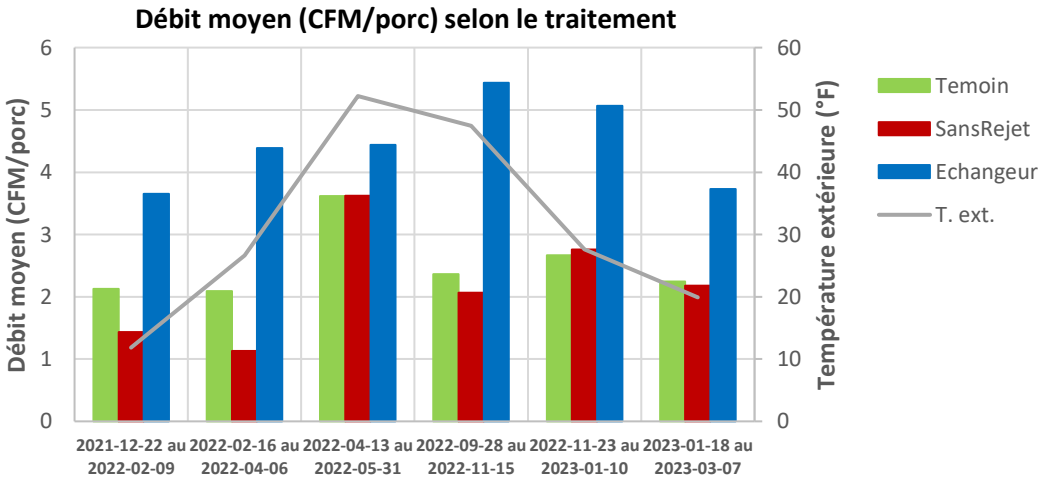
* Les lettres a et b indiquent une différence significative ($p < 0,10$); NS : non significatif ($p > 0,10$)

CDPQ

Résultats et discussion – Débit ventilation

- Effet sur le débit d'air avec les deux technologies testées:
  - Témoin: 2,52 CFM/porc
  - Sans rejet: 2,19 CFM/porc (- 12,9 % par rapport témoin)
  - Échangeur: 4,45 CFM/porc (+ 76,8 % par rapport témoin)

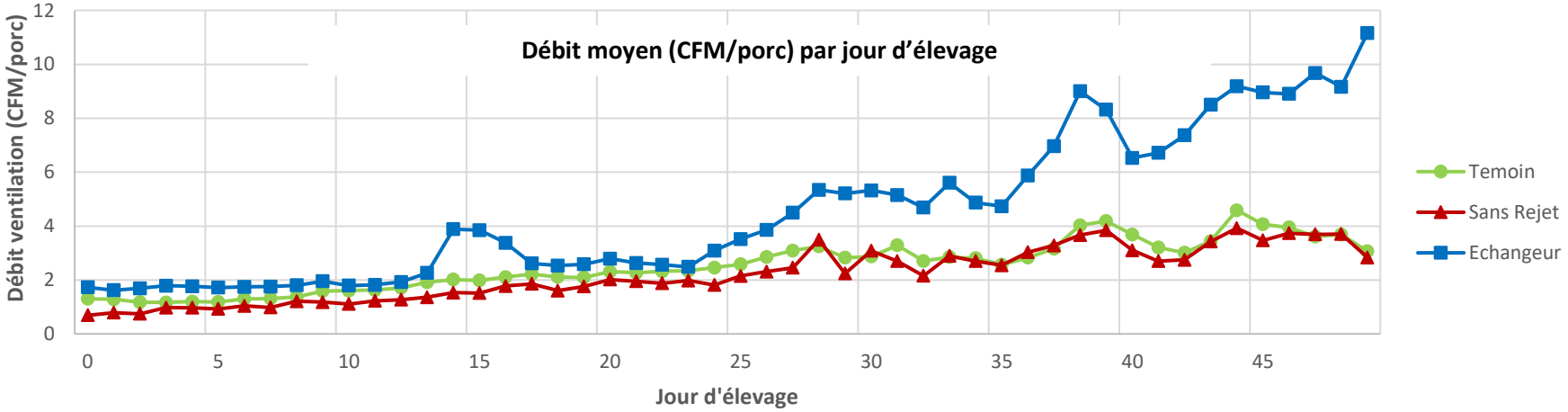
- Variation saisonnière du débit de ventilation (effet direct de la température extérieure)



Résultats et discussion – Débit ventilation

- Variation quotidienne du débit de ventilation (effet direct de l'âge des animaux)
  - ↑ âge = ↑ débit de ventilation

- Débit très élevé en fin de lot pour le traitement échangeur



Résultats et discussion – Consommation énergétique

Propane

- Diminution de la consommation de propane moyenne par lot grâce aux deux technologies testées :
  - Témoin : 936 L / lot[a]
  - Sans rejet : 616 L / lot[b] (- 34 % par rapport témoin)
  - Échangeur : 440 L / lot[c] (- 53 % par rapport témoin)

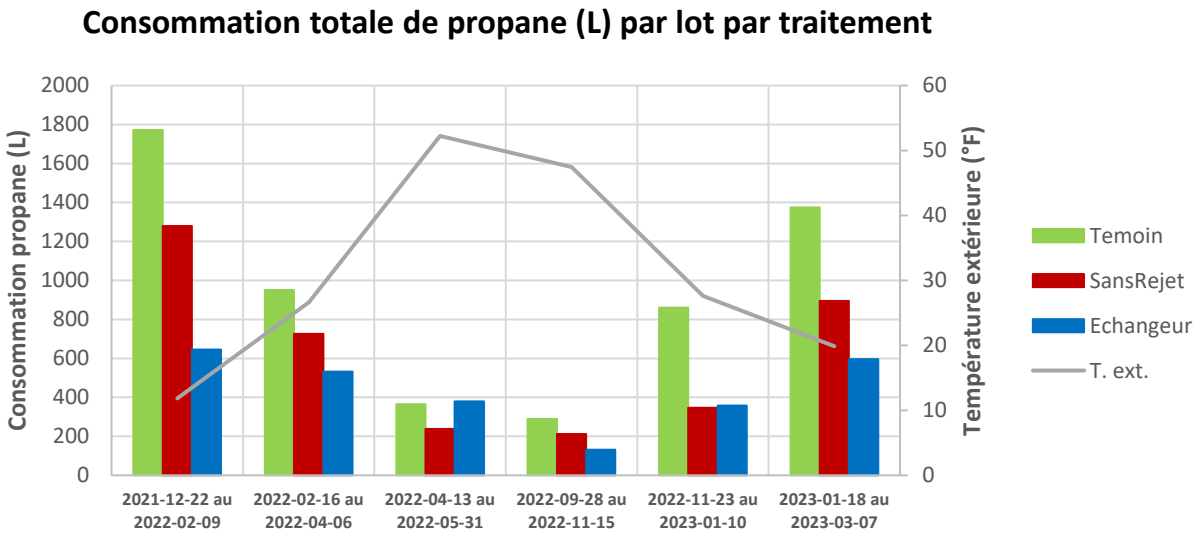
- Sans rejet : ↓ besoin renouvellement de l'air pour expulser les gaz = ↓ consommation propane

- Échangeur : consommation de propane par le chauffage d'appoint seulement + préchauffage de l'air = ↓ consommation propane

Résultats et discussion – Consommation énergétique

Propane

Variation saisonnière de la consommation de propane (effet direct de la température extérieure)

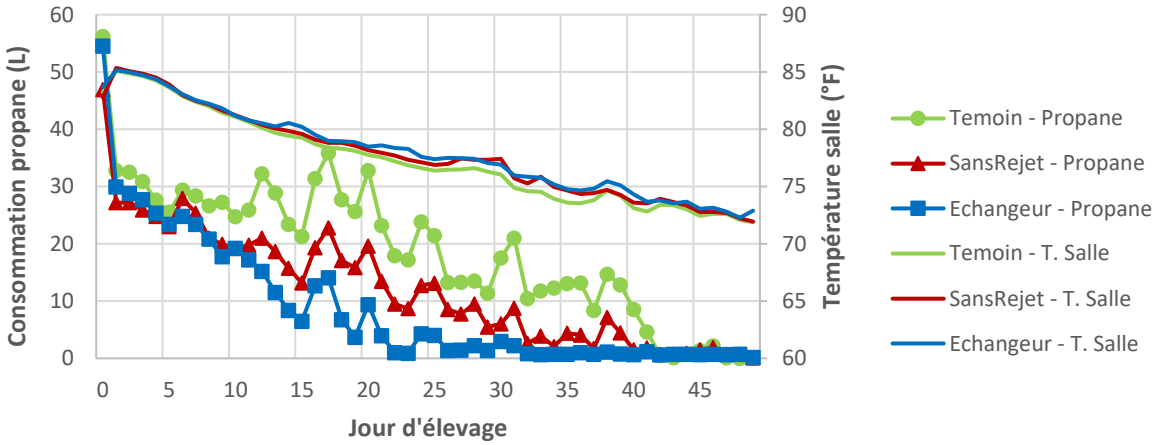


Résultats et discussion – Consommation énergétique

Propane

- Variation quotidienne de la consommation de propane (effet direct de l'âge des animaux)
  - ↑ âge = ↓ besoins thermiques
- Arrêt d'utilisation de propane :
  - Témoin: 42e jour
  - Sans rejet: 42e jour
  - Échangeur: 32e jour

Consommation totale de propane (L) et température ambiante (◦F) par jour d'élevage



Résultats et discussion – Consommation énergétique

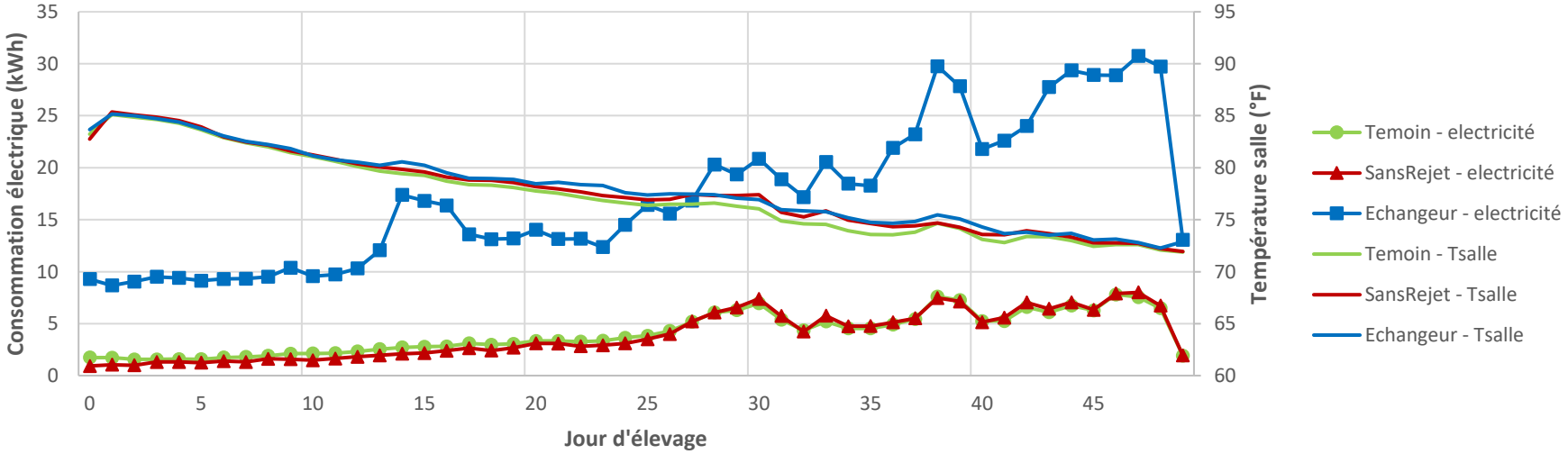
Électricité

- Variation de la consommation d'électricité moyenne par lot avec les deux technologies testées
  - Témoin : 203 kWh/lot[a]
  - Sans rejet : 195 kWh/lot[a] (- 4 % par rapport au témoin)
  - Échangeur : 855 kWh/lot[b] (+ 321 % par rapport au témoin)
    - ✓ Fonctionne avec deux ventilateurs
    - ✓ Ventilateurs débitent plus d'air = perte de charge plus grande qu'un ventilateur mural
- Variation quotidienne de la consommation électrique (effet direct de l'âge des animaux)
  - ↑ âge = ↓ besoins thermiques = ↑ débit ventilation

Résultats et discussion – Consommation énergétique

Électricité

Consommation moyenne d'électricité (kWh) et température ambiante de la salle (°F) par jour d'élevage



Résultats et discussion – Conditions d'ambiance

Température ambiante

- Température ambiante très similaire entre les traitements
  - Ce qui était souhaité = même stratégie de ventilation entre les traitements

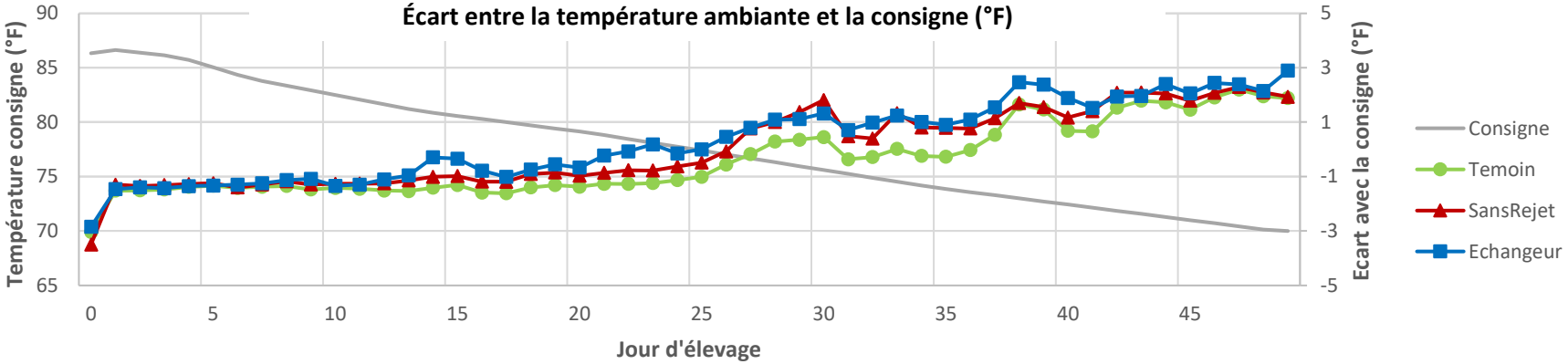
- Maintien de la consigne plus difficile dans le premier mois d'élevage
  - Besoins thermiques des porcelets plus élevés

- Chauffage du traitement témoin fonctionne plus souvent dans le premier mois:
  - Sans rejet: débit réduit par rapport au témoin = ↓ besoins chauffage
  - Échangeur: apport de chaleur autre que le système de chauffage = ↓ besoins chauffage

Résultats et discussion – Conditions d'ambiance

Température ambiante

- Variation par rapport à la consigne :
  - J0 à J25 (écarts négatifs) : chauffage lorsque la température ambiante se trouve de -2 °F à -1,5 °F sous la consigne
  - J25 à J49 (écarts positifs) : plage de variation normale du ventilateur (différentiel)



Résultats et discussion – Conditions d'ambiance

Humidité relative (HR)

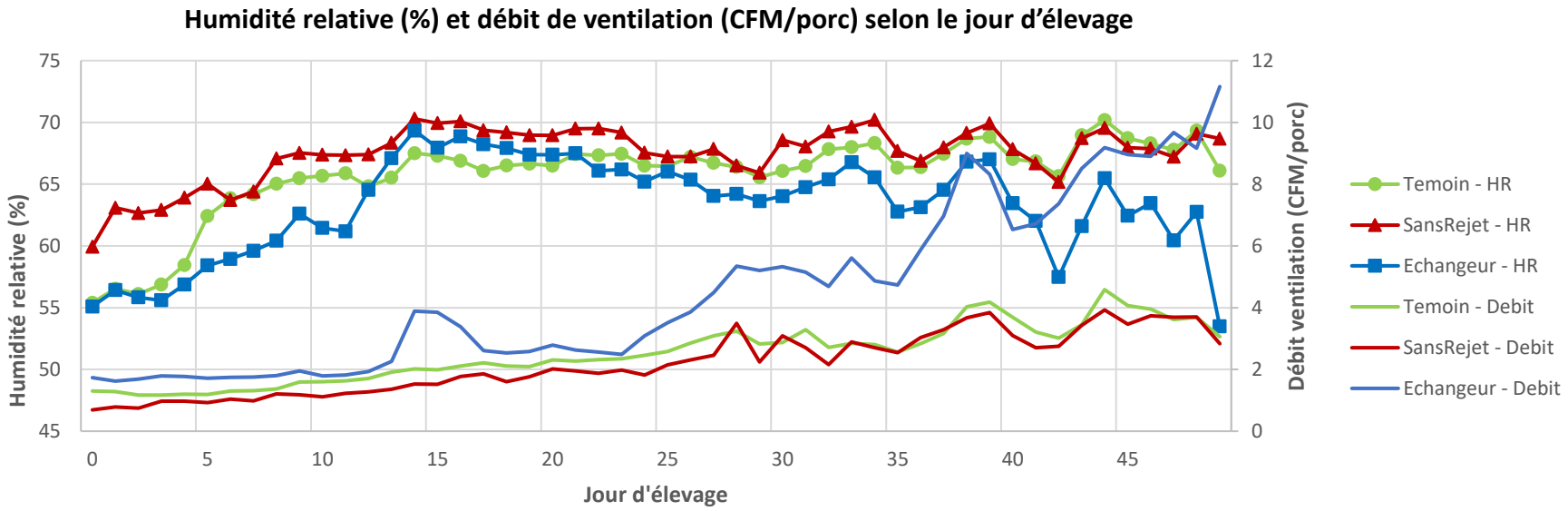
- Taux d'humidité relative très similaire entre les traitements
  - Valeurs principalement dans l'intervalle souhaité pour les porcelets sevrés : 60-70 % (Chenard, 2001)

- Variation quotidienne du taux d'humidité relative (effet direct de l'âge des animaux)
  - Relation inverse entre le l'HR et le débit de ventilation
  - ↑ âge = ↑ débit de ventilation = ↑ apport air extérieur (moins chargé en humidité que l'air intérieur) = ↓ HR

- Relation inverse entre l'HR et la consommation de propane
  - Eau dégagée par la combustion du propane n'a pas d'influence sur l'HR
  - Dégagement de chaleur semble avoir effet plus grand (↑ capacité de l'air à contenir de l'eau)

Résultats et discussion – Conditions d'ambiance

Humidité relative (HR)



Résultats et discussion – Conditions d'ambiance

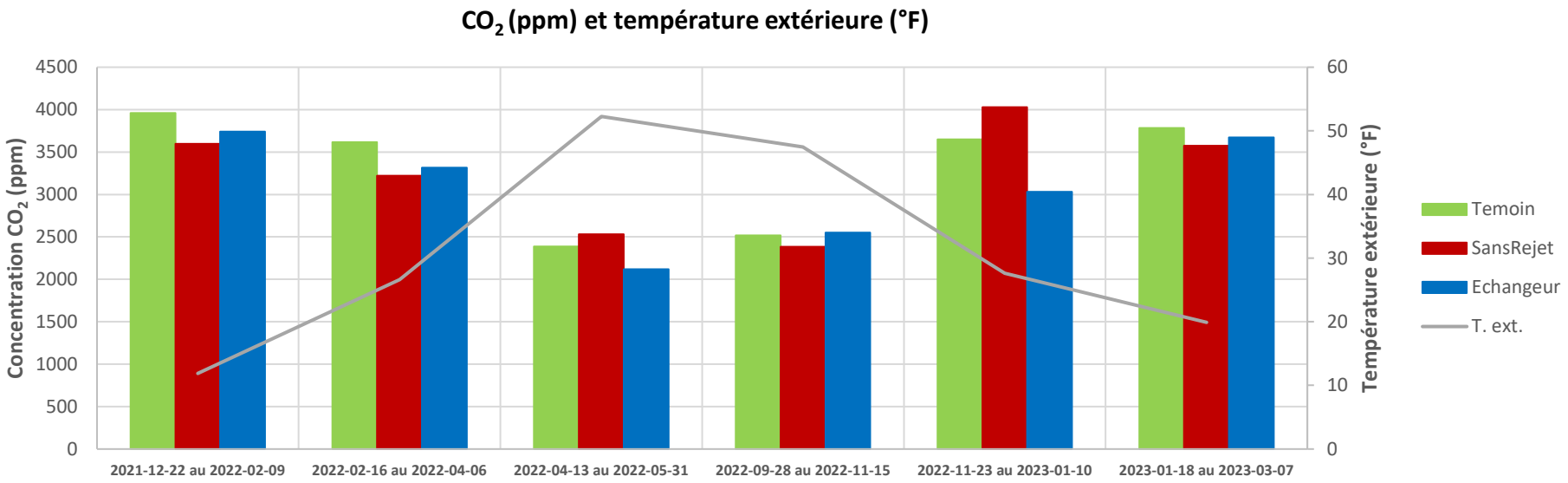
Dioxyde de carbone (CO_2)

- Concentration moyenne en CO_2 très similaire entre les traitements:
  - Témoin : 3323 ppm
  - Sans rejet : 3224 ppm (- 3 % par rapport témoin)
  - Échangeur : 3075 ppm (- 7,5 % par rapport témoin)

- Variation saisonnière du CO_2
  - Effet direct de la température extérieure sur le débit de ventilation et le chauffage au propane
  - ↑ température extérieure = ↑ débit ventilation et ↓ chauffage propane

Résultats et discussion – Conditions d'ambiance

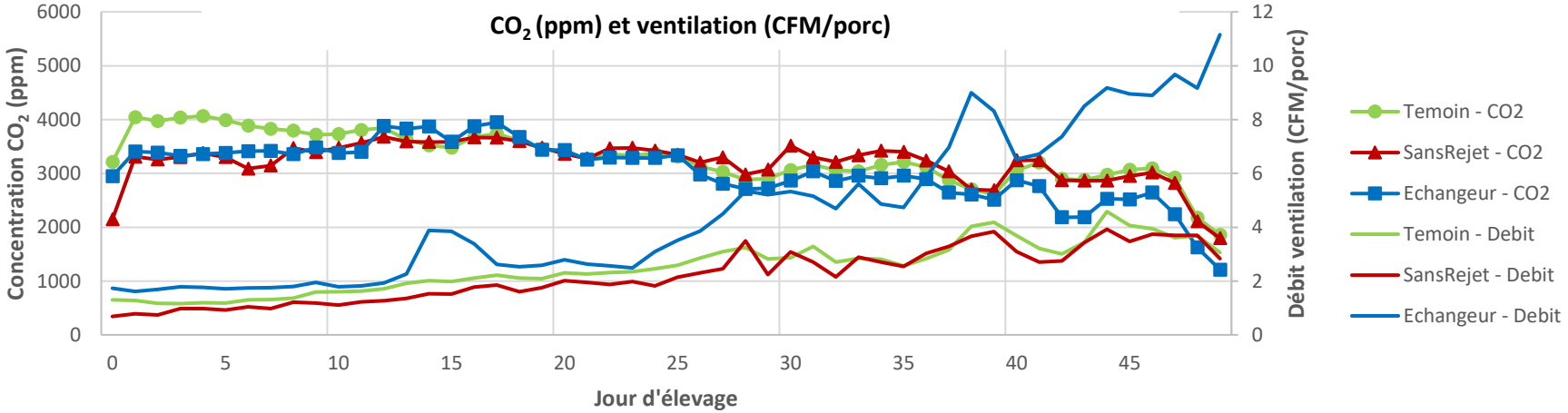
Dioxyde de carbone (CO_2)



Résultats et discussion – Conditions d'ambiance

Dioxyde de carbone (CO_2)

- Variation quotidienne du dioxyde de carbone:
  - ↑ âge = ↑ débit ventilation et ↓ chauffage propane = ↓ CO_2



Résultats et discussion – Performances environnementales

- Les analyses environnementales ont été effectuées à l'aide des données récoltées avec le laboratoire Mésanges (IRDA) sur le dernier lot réalisé chez Avantis – pouponnière AGR3

  (2023-01-18 au 2023-03-07)

- Seules les données des quatre premières semaines d'élevage ont été analysées

  (2023-01-18 au 2023-02-15)

  - Après cette période, une incertitude sur la validité de la mesure des débits a fait en sorte qu'une analyse des résultats environnementaux n'a pu être réalisée.

Résultats et discussion – Performances environnementales

- Traitement sans rejet (salle 1) : émet légèrement moins de CO_2 équivalent que les salles témoin (3 et 4).
- Seule la salle avec traitement échangeur (salle 2) permet une réduction des émissions de CO_2 équivalents.

Émissions moyennes totales des différents gaz.

Salle	Traitement	Moyenne totale (g/j/kg_porc)				
		CO_2	CH_4	N_2O	NH_3	kg CO_2 équivalent
1	Sans rejet	35,08	0,62	0,0002	0,06	0,085
2	Échangeur	43,44	0,43	0,0003	0,05	0,078
3	Témoin	49,32	0,49	0,0004	0,05	0,088
4	Témoin	57,06	0,60	0,0005	0,04	0,105

Impact technico-économique

Transition de l'utilisation d'une fournaise au propane conventionnelle vers une **fournaise rejetant les gaz de combustion à l'extérieur**

Prémisses posées afin d'effectuer l'analyse :

- 440 porcelets entrés par salle par lot
- Taux de mortalité (témoin) : 3,3 %
- Nombre de lots :
  - Nb de lots annuels pouvant utiliser les technologies : 4 lots/an
- Prix de vente du porcelet :
  - 69,08 $/porcelet vendu pour un porcelet de 25,5 kg
  - ½ prix du porc + 1,30 $/kg
- Prix de l'énergie :
  - Propane : 0,60 $/litre
  - Électricité : 6,509 centimes/kWh

En considérant :

- Énergie :
  - Propane : diminution de 34,16 %
  - Électricité : diminution de 4 %
- Performances zootechniques :
  - Amélioration GMQ : 8 gr/j
  - Amélioration CA : 0,057
- Coût d'achat et d'installation de 2 270 $
- Coût d'entretien et de maintenance de 25 $/an

Impact technico-économique

Transition de l'utilisation d'une fournaise au propane conventionnelle vers **l'échangeur de chaleur**

Prémisses posées afin d'effectuer l'analyse :

- 440 porcelets entrés par salle par lot
- Taux de mortalité (témoin) : 3,3 %
- Nombre de lots :
  - Nb de lots annuels pouvant utiliser les technologies : 4 lots/an
- Prix de vente du porcelet :
  - 69,08 $/porcelet vendu pour un porcelet de 25,5 kg
  - ½ prix du porc + 1,30 $/kg
- Prix de l'énergie :
  - Propane : 0,60 $/litre
  - Électricité : 6,509 centimes/kWh

En considérant :

- Énergie:
  - Propane : diminution de 52,96 %
  - Électricité : augmentation de de 321 %
- Performances zootechniques :
  - Diminution de la mortalité de 1%
  - Amélioration GMQ : 19 gr/j
  - Amélioration CA : 0,013
- Coût d'achat et d'installation de 12 575 $
- Coût d'entretien et de maintenance de 50 $/an

Impact technico-économique

Poste budgétaire	Différence par rapport au témoin[1]	
	Sans rejet	Échangeur
Consommation d'énergie		
Propane	768,00 $	1 188,00 $
Électricité	2,08 $	-169,75 $
Performances zootechniques		
Mortalité	0,00 $	1 203,20 $
Gain de poids	952,00 $	1 921,92 $
Conversion alimentaire	1 394,00 $	309,00 $
Entretien	-25,00 $	-50,00 $
Amortissements et intérêts annuel		
Amortissement des équipements (10 ans)	-227,00 $	-1 257,50 $
Coût d'intérêts annuel	-68,00 $	-170,00 $
Total : bénéfice net	2 796,00$	2 975,00 $
Investissements		
Coût d'achat et d'installation initial	2 620,00 $	12 575,00 $
Retour sur investissement	**0,94 an**	**4,23 ans**

[1] Les coûts représentent la différence par rapport au témoin (fournaise conventionnelle au propane). Un chiffre positif indique une retombée d'argent ou une diminution des coûts, tandis que les chiffres négatifs indiquent une dépense supplémentaire.

Coûts annuels par salle pour la transition d'une fournaise conventionnelle au propane (témoin) vers une nouvelle technologie de conditionnement de l'air des porcelets

Traitement sans rejet

Bénéfice net annuel de 2 796 $
Retour sur investissement en 0,94 an

Traitement échangeur

Bénéfice net annuel de 2 975 $
Retour sur investissement en 4,3 ans

Observations

	Sans rejet	Échangeur
Avantages	✓ Permet une diminution importante du coût de chauffage ✓ Économie de 34,16 % de propane ✓ Permet des économies de 4 % d'électricité ✓ Technologie simple d'utilisation : même principe de fonctionnement que les fournaises conventionnelles ✓ Amélioration de la qualité de l'air lors des périodes qui nécessitent beaucoup de chauffage ✓ Diminution de la concentration en CO_2 dans la salle d'élevage ✓ Retour sur investissement en 0,94 an grâce à l'économie de propane et l'amélioration des performances zootechniques ✓ Émission de CO_2 éq. plus faible que le témoin	✓ Permet une diminution importante du coût de chauffage ✓ Économie de 52,96 % de propane ✓ Permet une augmentation du débit de ventilation en hiver tout en diminuant les coûts de chauffage ✓ Amélioration de la qualité de l'air ✓ Concentration de CO_2 et d'HR plus faible ✓ A permis une diminution du taux de mortalité des porcelets ✓ Le préchauffage de l'air frais entrant dans la salle évite les courants d'air froid sur les animaux ✓ Possibilité d'orienter l'air entrant grâce au déflecteur ✓ Retour sur investissement en 4,23 ans grâce à l'économie de propane et l'amélioration des performances zootechniques et ce, même si la consommation électrique est plus élevée. ✓ Émission de CO_2 éq. la plus faible de tous les traitements
Limitations	✓ Nécessite un certain entretien (lavage) entre les lots ✓ Nécessite une cheminée (toiture ou murale) o Doit être bien positionnée ou protégée pour éviter des bris en hiver lorsque les toitures se déchargent de la neige ✓ Pour une durée de vie optimale dans un environnement porcin (poussières, humidité, ammoniac), choisir le modèle avec la chambre de combustion en acier inoxydable ✓ Le gaz sortant de la fournaise est très acide, pouvant causer de la corrosion sur la cheminée et sur les structures du bâtiment (revêtements métalliques)	✓ Plage de fonctionnement entre 300 et 3000 CFM ✓ Peut être limitatif en fonction du nombre d'animaux de la salle ✓ Nécessite un certain lavage entre les lots ✓ Technologie pas nécessairement adaptée à tous les types de configuration de salle o Dans le cas d'une salle faite sur la longueur, la diffusion et le mélange de l'air frais est moins homogène

Conclusion

Contrôle automatisé de l'ambiance dans les salles d'élevage :

- Courbe de débit minimal selon l'âge des porcelets
- Compensations du débit de ventilation selon les concentrations de CO_2 et d'humidité

Performances environnementales

- Traitement sans rejet :
  - ✓ Débit de ventilation moindre = Diminution de la consommation de propane de 34 %
  - ✓ Émet légèrement moins de CO_2 équivalent que les salles témoin
- Échangeur :
  - ✓ Débit de ventilation plus élevé + récupération de la chaleur de l'air sortant = diminution de la consommation de propane de 53 %
  - ✓ Réduction des émissions de CO_2 équivalent vs témoin
  - ✓ Amélioration des conditions d'ambiance

Conclusion

Performances zootechniques

- Aucun écart statistiquement significatif vs témoin
- Cependant, de meilleures performances zootechniques furent observées dans les traitements sans rejet et échangeur

Performances économiques

- Les économies d'énergie et l'amélioration des performances permettent des bénéfices nets
  - Traitement sans rejet :
    - ✓ Bénéfice net annuel de 2 796 $
    - ✓ Retour sur investissement en 0,94 an
  - Échangeur :
    - ✓ Bénéfice net annuel de 2 975 $
    - ✓ Retour sur investissement en 4,3 ans

Ce projet a été financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation dans le cadre du volet 2 du programme Prime-Vert.

Québec

Les auteurs tiennent aussi à remercier Avantis Coopérative, Énergie Solution Air, l'IRDA et Groupe Robitaille pour leur contribution à ce projet.

Avantis Coopérative

esa SERIES™

irda Institut de recherche et de développement en agroenvironnement

Robitaille