



Centre de développement
du porc du Québec inc.

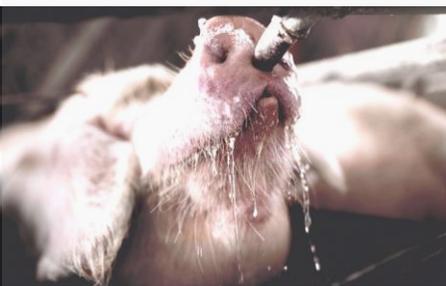
Impacts environnementaux, technico-économiques et agronomiques associés à l'utilisation d'un échangeur d'air récupérateur de chaleur en pouponnière

Juin 2023

Gabrielle Dumas, agr., M. Sc.
Chargée de projets, CDPQ

Sébastien Turcotte, agr.
Responsable - Bâtiments et régie d'élevage, CDPQ

Marie-Aude Ricard, ing.
Chargée de projets, CDPQ



Utilisations antérieures et fonctionnement

La technologie de l'échangeur d'air récupérateur de chaleur n'est pas nouvelle dans les porcheries. Elle a connu une certaine popularité dans les années 1990-2000 et ses avantages sont bien documentés. Ce système est de plus en plus utilisé dans la volaille, mais très peu connu dans le porc.

Les anciens modèles étaient mal adaptés à l'environnement porcin (air contenant beaucoup de poussières, d'humidité et d'ammoniac). Ainsi, leur efficacité était moindre (encrassement, système non lavable) et beaucoup de problématiques étaient rencontrées (bris, système qui gèle). Les anciens modèles d'échangeurs de chaleur ne sont pratiquement plus utilisés.

« De nouveaux produits adaptés à la réalité porcine sont maintenant disponibles sur le marché et les problématiques des premières générations ont été résolues. »

L'échangeur de chaleur réduit les coûts énergétiques en récupérant la chaleur de l'air vicié évacué du bâtiment pour préchauffer l'air frais provenant de l'extérieur. Cette technologie prévient également les courants d'air froid continus sur les porcelets, améliorant ainsi leur confort et leur bien-être.



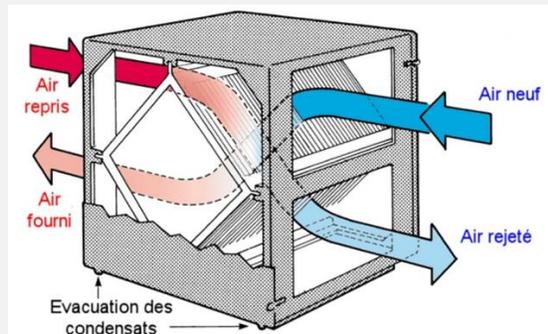
Échangeur de chaleur air-air ESA-3000 vu de l'extérieur



Échangeur de chaleur air-air ESA-3000 vu de l'intérieur

Principe de fonctionnement

L'échangeur de chaleur air-air est un caisson dans lequel se croisent deux réseaux de canalisations indépendantes et non communicantes. Le transfert des calories se fait par conduction : l'air chaud vicié extrait du bâtiment et l'air frais extérieur traversent l'échangeur en flux croisé. Un échange d'énergie s'opère alors entre les deux réseaux de canalisations, permettant un réchauffement de l'air entrant sans contact avec l'air vicié sortant de la porcherie. Ainsi, au moment où l'air entre dans le bâtiment, il est déjà préchauffé d'environ 50 % par rapport à sa température initiale, diminuant ainsi les besoins en chauffage pour les animaux.



Principe de fonctionnement d'un échangeur de chaleur air-air

Traitements comparatifs

Traitements

Trois traitements ont été comparés en pouponnière :

1. Système de chauffage au propane conventionnel (fournaise conventionnelle) (traitement **témoin**) : gaz de combustion rejetés dans la salle d'élevage;
2. Fournaise au propane avec rejet des gaz de combustion à l'extérieur du bâtiment (traitement **sans rejet**);
3. Échangeurs d'air récupérateur de chaleur (traitement **échangeur**).

Témoin



Sans rejet



Échangeur de chaleur air-air



Échangeur de chaleur air-air ESA-3000

Le prototype testé : échangeur de chaleur air-air ESA-3000 (Énergie Solutions Air) est conçu pour récupérer l'air chaud évacué du bâtiment afin de préchauffer l'air entrant dans la salle. Utilisation :

- mode échangeur (pour préchauffer l'air entrant dans le bâtiment)
- mode extraction (comme un ventilateur conventionnel).

Il possède une plage d'opération de 300 à 3000 CFM (Énergie Solutions Air, s.d.).

Cette technologie est encastrée au mur du bâtiment et sert à la fois d'entrée et de sortie d'air, permettant la gestion complète de la ventilation dans la salle d'élevage. L'ESA-3000 est doté d'un système automatique de nettoyage limitant les interventions requises de la part des ouvriers agricoles. Il est aussi équipé d'un système de dégivrage automatique lors des grands froids hivernaux. Il peut être manœuvré à distance via une plateforme connectée (Énergie Solutions Air, s.d.).

Dans le cadre de ce projet, les ventilateurs muraux ont été arrêtés et les entrées d'air modulaires fermées. Afin de répondre aux besoins des porcelets, le déficit thermique a été comblé par un système de chauffage au propane conventionnel (rejets effectués directement dans la salle d'élevage).

Les différentes mesures concernant les conditions d'ambiance, la qualité de l'air, la consommation de propane, d'eau et d'énergie ont permis d'évaluer l'impact de l'utilisation des échangeurs d'air récupérateurs de chaleur ainsi que des fournaise au propane rejetant les gaz de combustion à l'extérieur comparativement à l'utilisation conventionnelle des fournaise au propane en pouponnière.

Mesures

Performances zootechniques

- Même stratégie de ventilation adoptée pour chacun des traitements :
 - Consignes de ventilation : identiques;
 - Débit de ventilation : variable en fonction des niveaux d'humidité et de CO₂ de la salle.
- Performances zootechniques très semblables entre les traitements pour le GMQ et la CA.
- Pas d'impact significatif des traitements sur la consommation d'eau.
- Taux de mortalité des traitements témoin et sans rejet significativement plus élevé que pour le traitement échangeur.
 - La diminution du taux de mortalité du traitement échangeur pourrait être liée aux conditions d'ambiance améliorées, mais cette explication ne semble pas justifier cette différence en totalité .

Impact des différents traitements sur les performances zootechniques et la consommation d'eau

	Témoin	Sans rejet	Échangeur	Seuil observé ¹
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	-

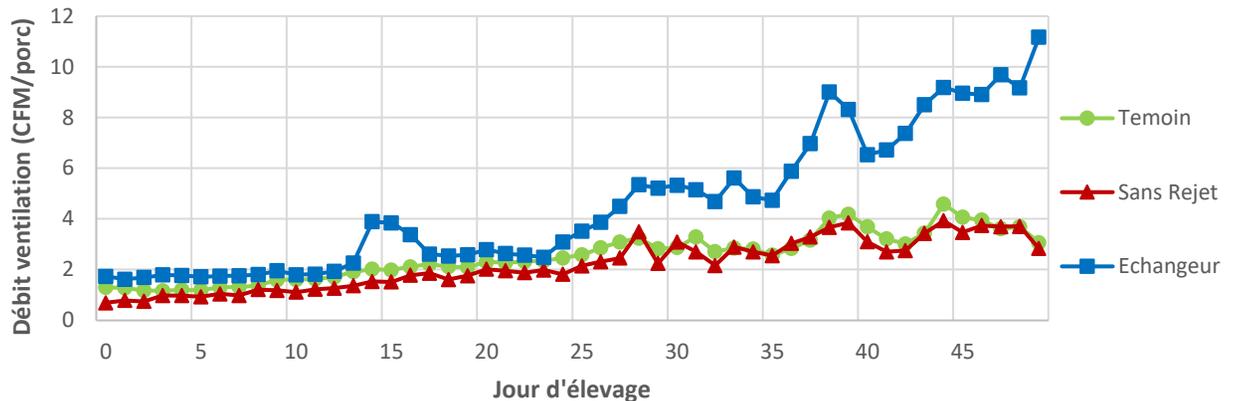
¹ Les lettres a et b indiquent une différence significative ($p < 0,10$); NS : non significatif ($p > 0,10$).

Ambiance

Débit de ventilation

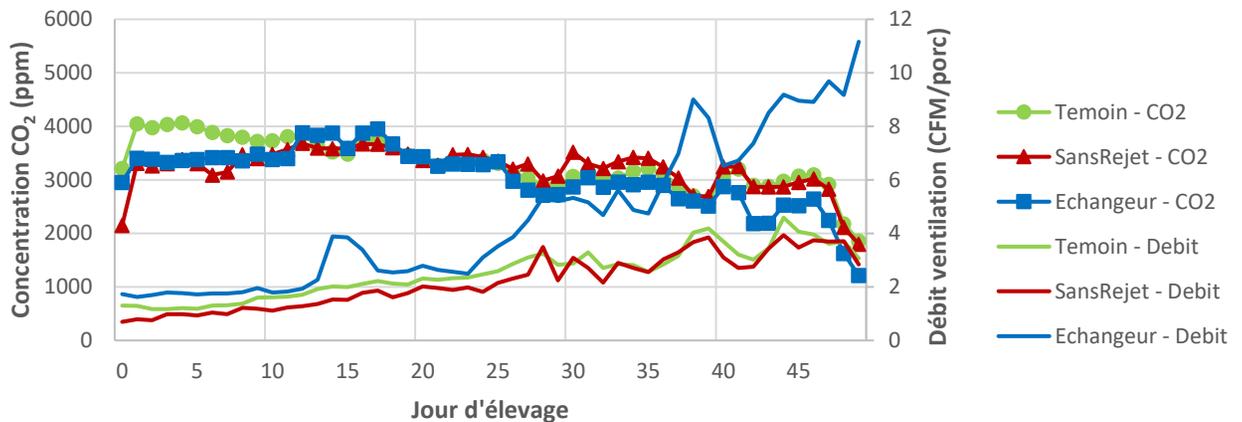
- En moyenne, le débit du traitement échangeur était 76,8 % plus élevé que le témoin.
 - Débit légèrement plus élevé au début du lot, mais 2 à 3 fois supérieur à la fin du lot.
- La récupération d'une partie de la chaleur évacuée par le système de ventilation et le préchauffage de l'air entrant augmentent la ventilation, tout en diminuant la consommation de propane.
- Débit de ventilation fortement lié au jour d'élevage : augmente graduellement avec l'âge des animaux.

Débit moyen (CFM/porc) dans la salle d'élevage selon le jour d'élevage



Concentration en CO₂

Concentration en CO₂ (ppm) et débit de ventilation dans la salle d'élevage (CFM/porc) selon le jour d'élevage



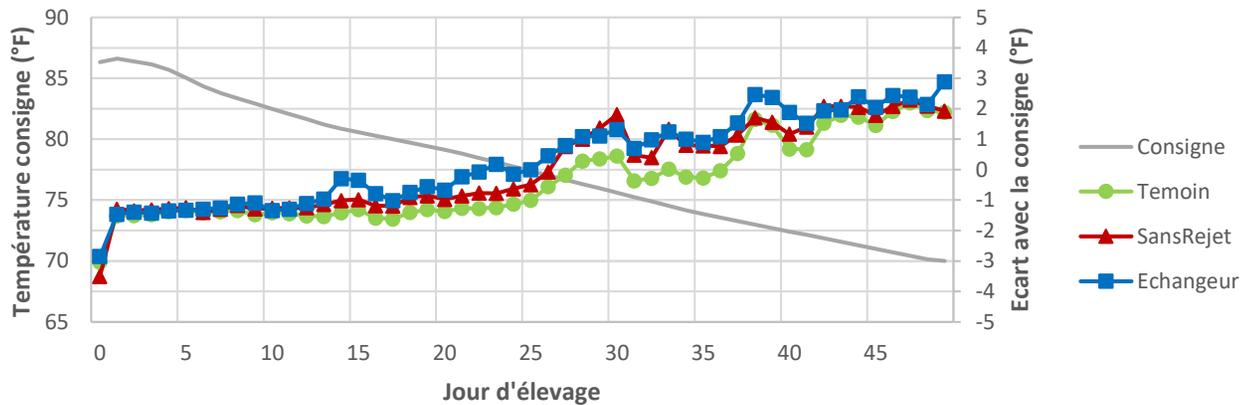
- Le CO₂ est dégagé par les porcelets et la combustion du propane.
- Concentrations moyennes relativement similaires (témoin : 3323 ppm, sans rejet : 3224 ppm, échangeur : 3075 ppm)
 - Limite supérieure à ne pas dépasser en pouponnière = 5000 ppm (Smith et Crabtree, 2005).
 - Globalement, le traitement échangeur est celui ayant eu les plus faibles concentrations en CO₂ à partir de la 3^e semaine d'élevage.
- La concentration en CO₂ varie selon :
 - Jour d'élevage : plus élevée en début d'élevage lorsque les débits de ventilation sont les plus faibles et diminue en cours d'élevage lorsque le débit augmente.

Ambiance (suite)

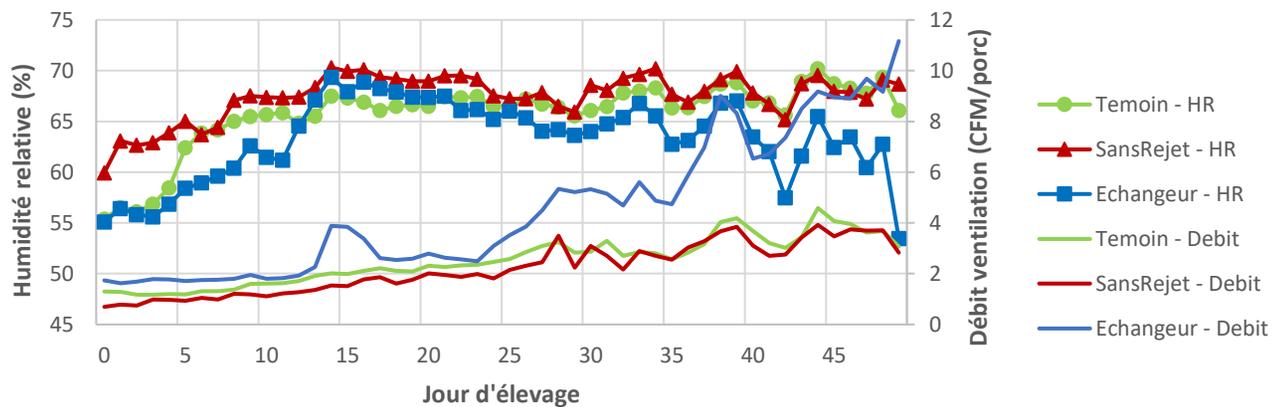
Écart de température entre la salle et la consigne

- La température de consigne a été identique pour tous les traitements.
- La température ambiante et l'écart de température avec la consigne ont été très similaires entre les traitements.

Écart de température (°F) entre la salle et la température de consigne pour les différents traitements selon le jour d'élevage



Humidité relative (%) dans la salle d'élevage selon le jour d'élevage et débit de ventilation (CFM/porc) pour les différents traitements



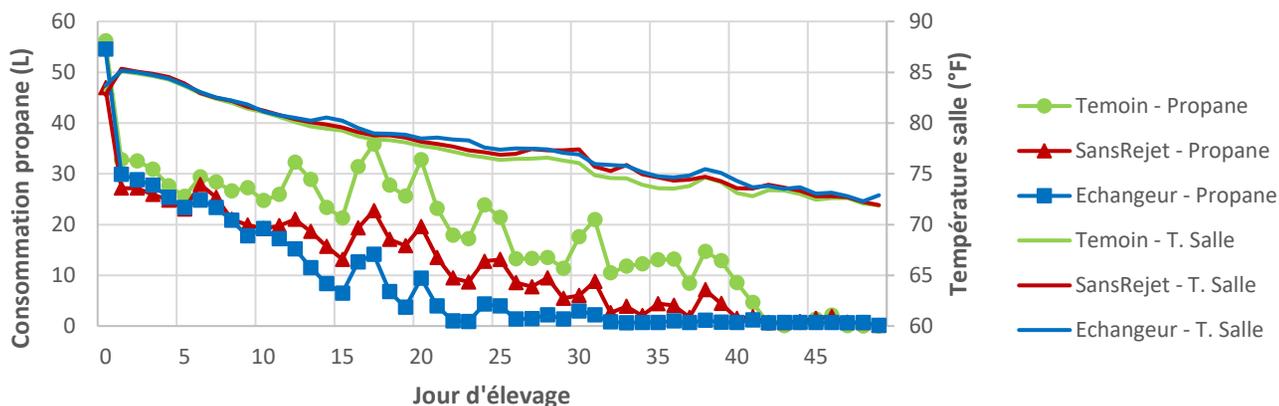
- L'humidité est dégagée par la respiration des animaux, par l'évaporation des liquides sur les planchers et par la combustion du propane.
- L'HR s'est principalement maintenue dans l'intervalle ciblé pour les porcelets sevrés, soit entre 60 % et 70 % (Chenard, 2001).
 - L'HR de la salle avec traitement échangeur a été la plus faible sur presque toute la durée de l'élevage.
- L'HR varie selon :
 - Jour d'élevage.
 - Débit de ventilation : un plus grand débit de ventilation augmente le renouvellement de l'air par de l'air extérieur, qui a habituellement un taux d'HR plus bas.

Consommation énergétique

Propane

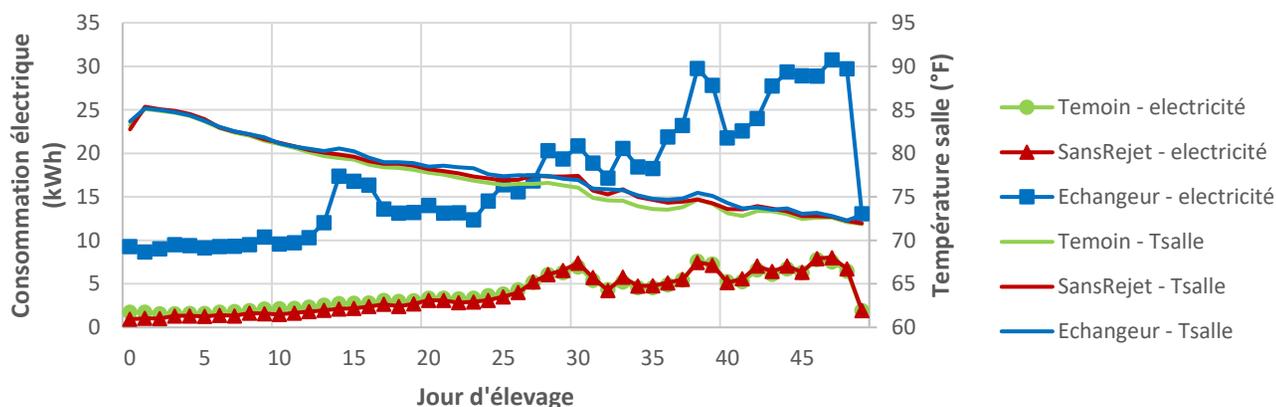
- L'échangeur de chaleur air-air a permis de réduire de 52,96 % en moyenne l'utilisation de propane comparativement à la fournaise conventionnelle (témoin).
- Pour le traitement échangeur, les besoins en chauffage au propane sont toutefois moindres, car l'air entrant dans la salle est préchauffé par le système.

Consommation moyenne de propane (L) et température ambiante de la salle (°F) par salle par jour d'élevage selon les différents traitements.



Électricité

Consommation moyenne d'électricité (kWh) et température ambiante de la salle (°F) par jour d'élevage selon les différents traitements.



- Tel qu'attendu, la consommation électrique est supérieure pour le traitement échangeur de chaleur, soit 321 % plus élevée que le témoin (s'explique par le principe de fonctionnement du système).
- La différence de consommation électrique du traitement échangeur est significativement supérieure au traitement témoin et sans rejet.
- La consommation électrique varie selon :
 - Jour d'élevage : augmentation des besoins en ventilation et diminution des besoins thermiques au cours de la croissance, causant une augmentation de la consommation d'électricité.

Performances environnementales

Analyse environnementale

Les analyses environnementales ont été effectuées à l'aide des données récoltées avec le laboratoire Mésanges (IRDA) sur le dernier lot.

Toutefois, seules les données des quatre premières semaines d'élevage ont été analysées.

- 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.



Laboratoire mobile MESANGES de l'IRDA

Émission des différents gaz

Traitement sans rejet (salle 1) : émet légèrement moins de CO₂ équivalent que les salles témoin (3 et 4).

La salle avec traitement échangeur (salle 2) permet une réduction des émissions de CO₂ équivalents.

Émissions moyennes totales des différents gaz

Salle	Traitement	Moyenne totale (g/j/kg_porc)				
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	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 économique

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

Prémises 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 (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 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

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

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.



Bénéfice net annuel de 2 975 \$



Retour sur investissement en 4,3 ans

Observations



Avantages

- 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 CO₂ 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 CO₂ éq. la plus faible de tous les traitements

Inconvénients

- Plage de fonctionnement entre 300 et 3000 CFM
 - ✓ Peut être limitatif en fonction du nombre d'animaux de la salle
- Nécessite un lavage entre les lots
- Technologie pas nécessairement adaptée à toutes les configurations de salle
 - ✓ Dans le cas d'une salle faite sur la longueur, la diffusion et le mélange de l'air frais sont moins homogènes



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.

