

(remplace la fiche technique n° 19-014 du MAAARO portant le même titre)

Échangeur de chaleur : économie d'énergie et d'argent et réduction des gaz à effet de serre dans les bâtiments d'élevage

J. Dyck, ing.

INTRODUCTION

Le chauffage des bâtiments d'élevage coûte cher. L'évacuation de l'air représente la plus importante perte de chaleur dans les poulaillers par temps froid, soit une perte pouvant atteindre 85 % comparativement à seulement 15 % pour l'enveloppe du bâtiment (figure 1). La réduction des taux de renouvellement d'air permet d'économiser de l'énergie, mais la qualité de l'air à l'intérieur du bâtiment peut en souffrir. En outre, les taux d'humidité augmentent ainsi que les taux de dioxyde de carbone et de contaminants ammoniacaux. Ce n'est pas un environnement sain ni pour les animaux ni pour les personnes.

À la place, on peut utiliser un échangeur d'air récupérateur de chaleur (échangeur de chaleur) pour récupérer une partie de la chaleur évacuée avec l'air du bâtiment et s'en servir pour préchauffer l'air frais entrant. Un nombre grandissant d'exploitations agricoles en Ontario utilisent des échangeurs de chaleur pour réduire leurs dépenses de combustible tout en assurant une bonne ventilation. Cet appareil peut être avantageux pour tout bâtiment d'élevage qui doit être chauffé pendant l'hiver.

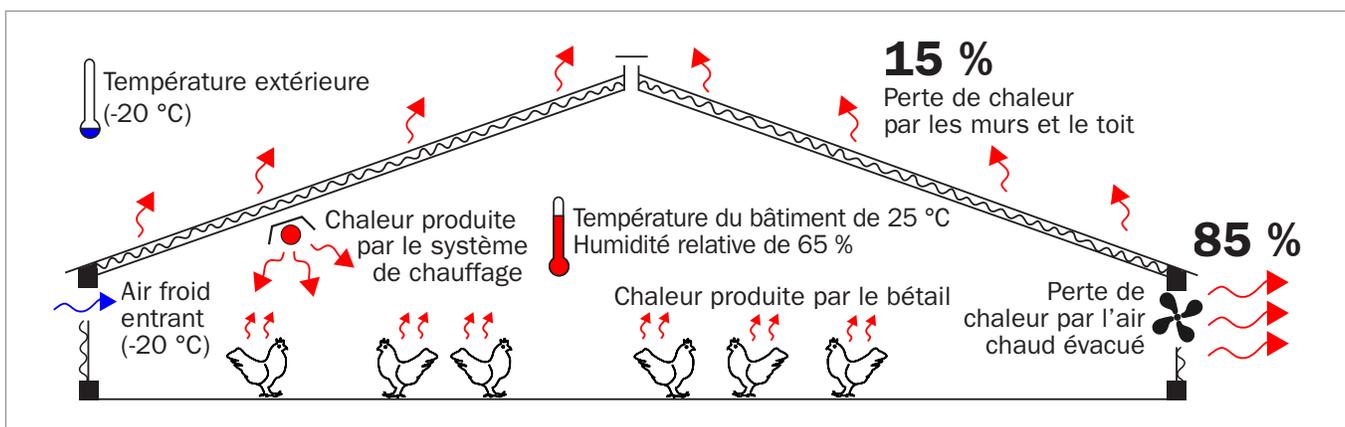


Figure 1. Dans un poulailler, 85 % de la perte de chaleur est attribuable à la ventilation et seulement 15 % à l'enveloppe du bâtiment.

La présente fiche technique explique le fonctionnement des échangeurs de chaleur et donne une estimation des économies potentielles de combustible et de coûts. Par exemple, un échangeur de chaleur à haut rendement qui évacue 1 000 litres d'air par seconde (l/s) [~ 2 100 pieds cubes par minute (p^3/min)] peut faire économiser plus de 120 litres de propane ou 80 m^3 de gaz naturel chaque jour lorsque la température extérieure est de -20 °C.

PRINCIPES DE BASE DE LA VENTILATION DES BÂTIMENTS

Par temps doux, les ventilateurs d'extraction éliminent la chaleur excédentaire produite par les animaux et la chaleur qui pénètre par les murs et le toit du bâtiment d'élevage. L'air frais est aspiré dans le bâtiment pour remplacer l'air évacué. Cela permet de maintenir une température confortable pour les animaux.

Par temps froid, la chaleur produite par les animaux n'est souvent pas suffisante pour compenser la chaleur évacuée ou celle qui se perd par les murs et le toit. Il faut un peu de ventilation pour éliminer l'humidité, le dioxyde de carbone et l'ammoniac et conserver un environnement sain dans le bâtiment pour les animaux et les gens. Cependant, l'air neuf peut être très froid et refroidir considérablement le bâtiment. Un système de chauffage (souvent un appareil au propane ou au gaz naturel) est utilisé pour maintenir la température du bâtiment. En préchauffant l'air froid entrant à l'aide d'un échangeur de chaleur, on a besoin de beaucoup moins de chaleur d'appoint.

COMMENT FONCTIONNE L'ÉCHANGEUR DE CHALEUR?

Un échangeur de chaleur est un appareil qui transfère de la chaleur d'un milieu à un autre. Un liquide froid et un liquide chaud s'écoulent dans des directions opposées en se croisant. La chaleur du liquide chaud se dissipe sous l'effet du liquide froid par conduction sur la surface d'échange thermique. Les radiateurs des voitures, les refroidisseurs à plaques, les climatiseurs et les réfrigérateurs contiennent tous des échangeurs de chaleur.

Dans le radiateur d'une voiture, le liquide de refroidissement du moteur qui est chaud est refroidi pour empêcher le moteur de surchauffer. Dans le cas des refroidisseurs à plaques utilisés dans l'industrie laitière, le lait frais chaud est refroidi pour éviter qu'il ne se détériore. Dans un échangeur de chaleur, l'air chaud évacué croise l'air frais entrant et perd un peu de sa chaleur en réchauffant l'air entrant, appelé air d'appoint (figure 2).

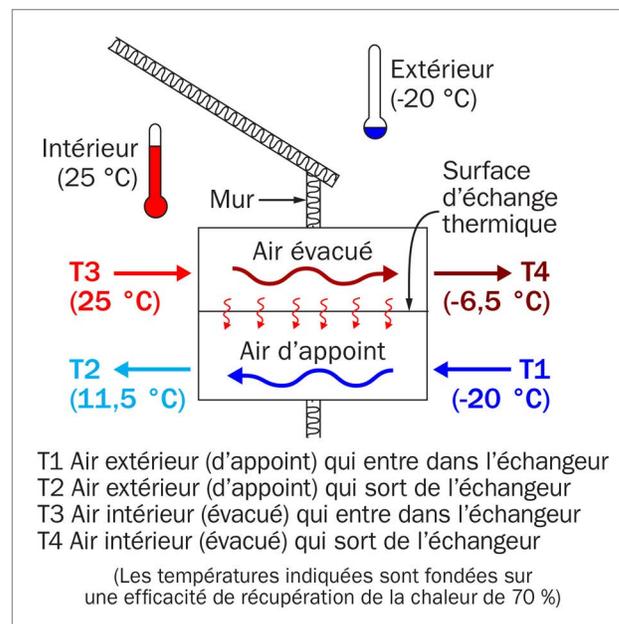


Figure 2. Ce schéma montre comment l'air circule dans un échangeur de chaleur et comment l'air d'appoint est réchauffé par l'air évacué. Les exemples de températures sont fondés sur un taux de récupération de la chaleur de 70 % dans l'échangeur.

À l'intérieur d'un échangeur de chaleur se trouve la surface d'échange thermique (ou le module central), une série de plaques ou de tubes généralement en plastique ou en acier inoxydable. L'air évacué du bâtiment d'élevage est très sale (poussière, duvet, plumes, etc.); le module central sépare l'air évacué et l'air d'appoint pour empêcher la contamination croisée. Les contaminants s'accumulent dans le module central, ce qui réduit l'efficacité du transfert de chaleur. Des filtres à air peuvent éliminer une partie des matières présentes dans l'air évacué avant qu'elles encrassent le module central. Dans certains systèmes, un dispositif de lavage automatique évacue régulièrement les matières du module central.

Les échangeurs de chaleur sont offerts dans différentes dimensions et selon diverses configurations. La figure 3 montre un grand échangeur de chaleur autonome installé à côté d'un poulailler.



Figure 3. Cet échangeur de chaleur est conçu pour assurer une ventilation complète pendant les mois d'hiver. Le module central est situé à l'intérieur du grand boîtier. L'air évacué et l'air d'appoint circulent dans des directions opposées dans le module central et la chaleur passe entre les deux.

Terminologie liée aux échangeurs de chaleur

Pour choisir un échangeur de chaleur de dimensions appropriées, il est utile de comprendre divers termes liés à la conception technique qui sont utilisés par l'industrie.

Efficacité de récupération de la chaleur — Il s'agit du facteur de rendement le plus important qui mesure en pourcentage l'efficacité avec laquelle un échangeur de chaleur récupère la chaleur de l'air évacué. La plupart des échangeurs ont une efficacité allant de 50 % à 80 %. Une efficacité de 50 % indique que l'échangeur récupère la moitié de la chaleur contenue dans l'air évacué.

Plage de débit des appareils à plusieurs vitesses

La plupart des échangeurs de chaleur permettent de régler le débit d'air à faible ou élevé. Les gros appareils peuvent être dotés d'un mécanisme d'entraînement à fréquence variable qui permet de faire varier la vitesse de l'air. La plage de débit est sélectionnée en fonction des besoins de ventilation au fil de la croissance des animaux pendant le cycle de production.

Efficacité du déplacement de l'air — Ce facteur de rendement mesure la quantité d'énergie qu'utilise l'échangeur de chaleur pour déplacer un volume d'air donné. Il est généralement exprimé en mètres cubes par heure de volume d'air déplacé, en watt d'électricité consommée ($m^3/h/W$) ou en pied cube d'air déplacé par watt d'électricité consommée ($ft^3/min/W$). Plus la valeur est élevée, plus l'efficacité est grande.

QUELLE EST L'AMPLEUR DES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE ET D'ARGENT ET DE LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE QU'ON PEUT RÉALISER GRÂCE À UN ÉCHANGEUR DE CHALEUR?

L'échangeur de chaleur permet de faire des économies d'énergie parce que l'air d'appoint est préchauffé avant son entrée dans le bâtiment, ce qui réduit la consommation de combustible. Dans la figure 2, l'air d'appoint est à 11,5 °C après l'échangeur de chaleur alors que l'air provenant directement de l'extérieur est à -20 °C. Comme la température du bâtiment est de 25 °C, l'écart à combler n'est que de 13,5 °C comparativement à 45 °C s'il n'y avait pas d'échangeur de chaleur. En conséquence, le système de chauffage utilise beaucoup moins de combustible, ce qui représente des économies.

Par ailleurs, la réduction de la consommation de combustible contribue à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES). Un GES est un gaz qui emprisonne la chaleur dans l'atmosphère. Les GES sont mesurés en kilogrammes ou en tonnes d'équivalent en dioxyde de carbone (éq. CO_2), c'est-à-dire la quantité de dioxyde de carbone libérée dans l'atmosphère. En brûlant, le combustible produit des émissions de CO_2 . Différents combustibles libèrent différentes quantités de CO_2 ; les émissions peuvent donc varier si on change de combustible.

Le graphique de la figure 4 présente une estimation des économies quotidiennes de combustible et de la réduction des émissions de CO₂ découlant de l'utilisation d'un échangeur de chaleur dans un bâtiment d'élevage. Trois niveaux d'efficacité sont illustrés. Le côté gauche indique les économies de gaz naturel et la réduction de CO₂ correspondante. Le côté droit montre les économies de propane et la réduction de CO₂ correspondante. Le graphique a été établi en fonction d'un échangeur de chaleur ayant un débit d'air de 1 000 l/s (2 100 pi³/min) et d'une température de 25 °C dans le bâtiment.

Pour estimer les économies selon divers débits d'air, il faut multiplier les économies de combustible ou la réduction de GES indiquées sur la figure 4 par le nouveau débit d'air (en l/s), puis diviser le résultat par 1 000. Pour déterminer les économies quotidiennes de coûts, il faut estimer les économies de coûts à l'aide de la figure 4, puis les multiplier par le prix actuel du combustible (\$/m³ pour le gaz naturel et \$/l pour le propane).

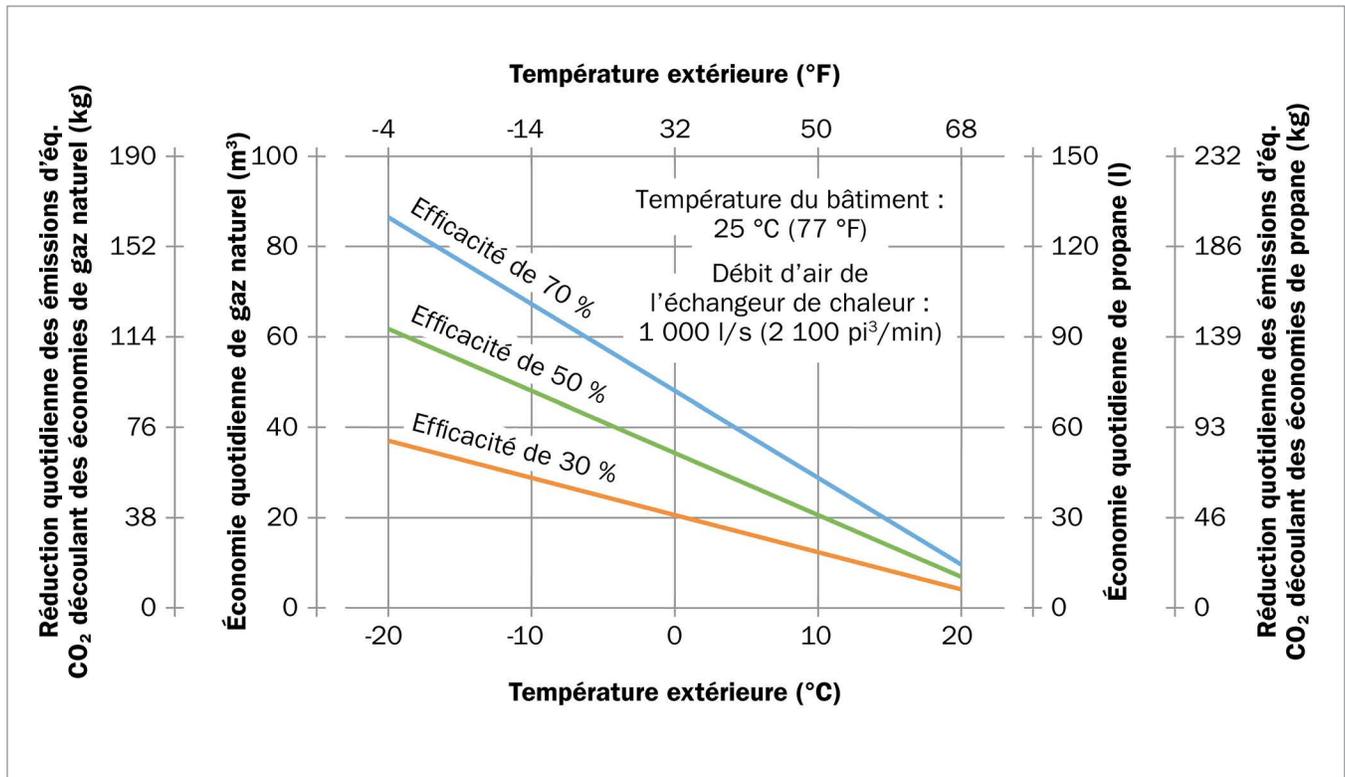


Figure 4. Économies quotidiennes de gaz naturel et de propane dans un bâtiment d'élevage qui découlent de l'utilisation d'un échangeur de chaleur selon trois niveaux d'efficacité et une fourchette de températures extérieures. Les économies sont basées sur un débit d'air de 1 000 l/s (2 100 pi³/min) et une température intérieure de 25 °C (77 °F).

INSTALLATION D'UN ÉCHANGEUR DE CHALEUR

Il faut appliquer les lignes directrices qui suivent pour choisir et installer un échangeur de chaleur de sorte qu'il soit le plus efficace possible. On peut consulter le fabricant de l'appareil pour obtenir des détails et connaître les options offertes.

Choisir un échangeur de chaleur qui peut traiter les débits de ventilation minimaux de palier 1 ou de palier 2, ou les deux. Dans le cas des élevages où se pratique la conduite en bande, ces débits évoluent à mesure que les animaux grossissent. Acheter un appareil doté d'une commande à vitesses multiples ou d'un mécanisme d'entraînement à fréquence variable. L'échangeur de chaleur doit pouvoir assurer la ventilation de bâtiments abritant des animaux adultes et fonctionner à basse vitesse (débit d'air réduit) dans les locaux abritant de jeunes animaux.

Installer une surface et des filtres lavables.

S'assurer que la surface (module central) de l'échangeur et les filtres sont faciles à atteindre et à nettoyer. Le module central doit être amovible ou muni de trappes d'accès faciles à ouvrir pour les inspections et le nettoyage. Acheter du matériel d'épuration d'air (p. ex. filtres, dispositif de lavage automatique) pour l'échangeur de chaleur, selon la disponibilité (figure 5).



Figure 5. Cet échangeur de chaleur utilise des filtres à air cylindriques et est muni d'un dispositif de rinçage à contre-courant automatique permettant de les nettoyer régulièrement. Les filtres sont accessibles et peuvent être facilement retirés et nettoyés.

Installer des tuyaux de drainage. L'échangeur de chaleur élimine souvent suffisamment de chaleur pour que l'air évacué atteigne son point de rosée (la température à laquelle se produit la condensation) et que des gouttelettes d'eau se forment sur le module central. Cette eau s'accumule dans l'appareil et doit être drainée vers un endroit approprié. En outre, si un dispositif de lavage automatique est utilisé, un système de drainage est nécessaire pour évacuer l'eau de lavage sale.

Utiliser le mode de dégivrage. Par temps très froid, la température du module central peut baisser sous le point de congélation, et l'eau résultant de la condensation de l'air évacué gèle. La glace s'accumule rapidement sur le module central et bouche les conduits de circulation, ce qui réduit considérablement le transfert de chaleur. Bon nombre d'échangeurs de chaleur ont une fonction de dégivrage automatique qui s'active lorsque la température extérieure baisse sous un seuil donné (p. ex. -5 °C ou moins). Certains appareils ralentissent les ventilateurs pour réduire le débit d'air ou utilisent un dispositif servant à préchauffer l'air entrant afin de prévenir le gel. Dans le cas des appareils qui n'ont pas de fonction de dégivrage, inspecter le module central plusieurs fois par jour par temps de gel. S'il y a des traces de gel, arrêter temporairement le ventilateur d'air d'appoint (dans la mesure du possible) et laisser fonctionner le ventilateur d'extraction. Cela permettra de réchauffer le module central et de faire fondre le gel. Envisager d'installer un dispositif de préchauffage sur l'entrée d'air frais si les problèmes persistent.

Assurer une distribution efficace de l'air. Pour que l'échangeur puisse récupérer un maximum de chaleur, il faut que la totalité de l'air évacué et de l'air frais entrant passe dans le système. Si un seul appareil de grande puissance est utilisé, installer des conduits ou des ventilateurs de recirculation pour que l'air frais soit distribué uniformément dans le bâtiment (figure 6). La plupart des fabricants peuvent effectuer un essai à la fumée pour vérifier la distribution de l'air à l'intérieur du bâtiment.

Isoler les conduits. Les conduits d'air frais (s'il y en a) doivent être isolés. Leur surface sera plus froide que l'air du bâtiment et, à défaut de les isoler, de la condensation pourrait s'y former. Il faudra alors nettoyer les conduits pour empêcher la prolifération de pathogènes.

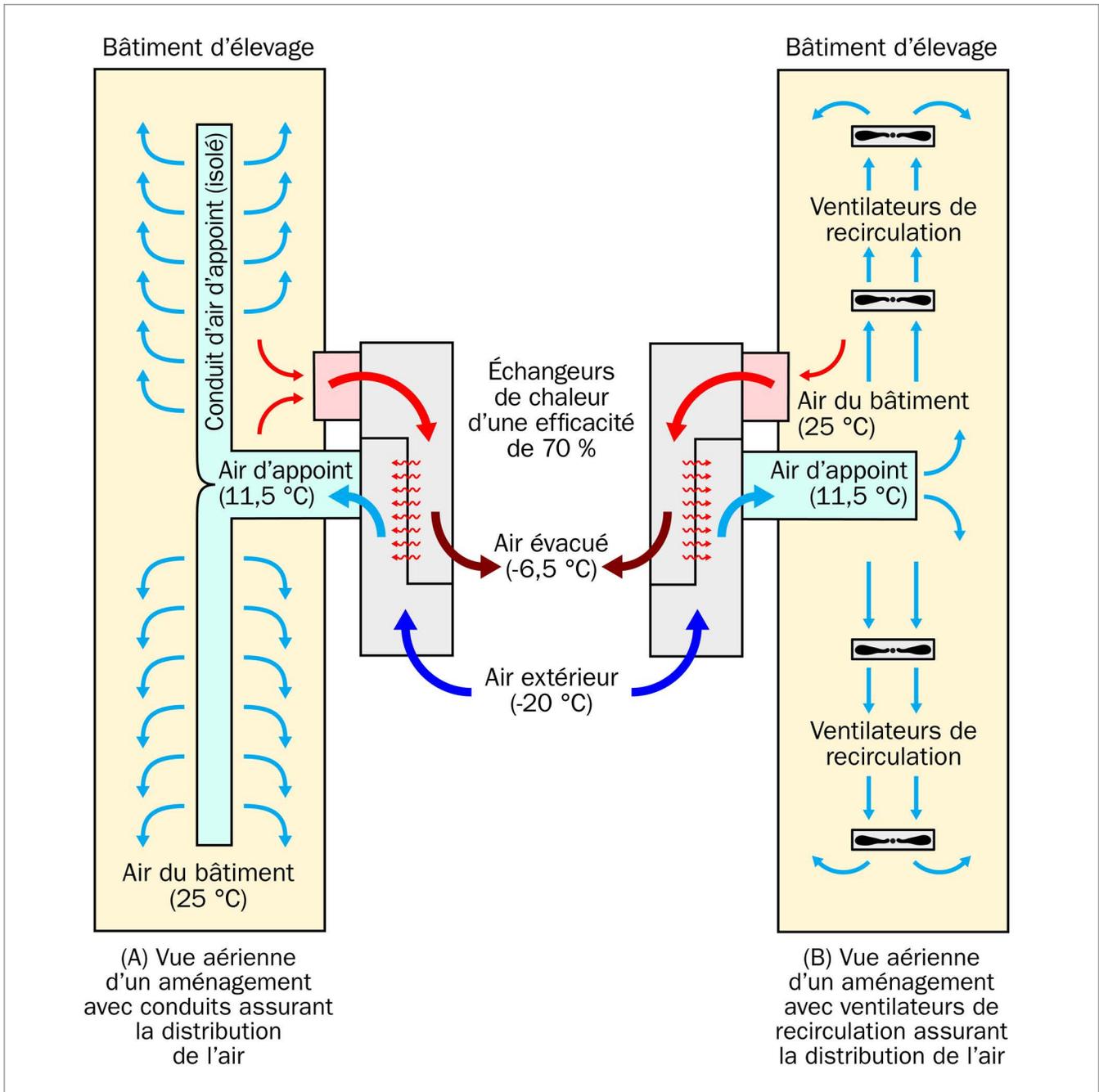


Figure 6. Il faut une bonne distribution de l'air si un seul échangeur de chaleur de grande puissance est utilisé. Installer des conduits ou des ventilateurs de recirculation pour distribuer l'air d'appoint uniformément à l'intérieur du bâtiment.

Réduire au minimum les fuites des conduits et du module central. Veiller à ce que l'échangeur de chaleur soit muni de bons joints d'étanchéité pour empêcher les courants d'air évacué et d'air d'appoint de se mélanger. De nombreux fabricants incluent l'ampleur des fuites (pourcentage du débit d'air total) dans les données de rendement.

S'il y a une fuite, l'air frais sera contaminé, et des pathogènes pourraient s'accumuler et créer des problèmes de santé dans le bâtiment.

Régler correctement l'échangeur de chaleur et l'intégrer au système de ventilation. S'il est bien réglé, l'échangeur de chaleur réduira le recours à des

sources de chaleur d'appoint et remplacera en grande partie ou entièrement la ventilation par temps froid. Voici les lignes directrices générales à appliquer pour maximiser la récupération de chaleur :

- Régler l'échangeur de chaleur de sorte qu'il fournisse le débit d'air désiré pour maîtriser l'humidité pendant la ventilation de palier 1 (réglage minimum). Si la température du bâtiment baisse sous le point de consigne, le système de chauffage s'activera.
- La plupart des échangeurs de chaleur ont plusieurs vitesses (p. ex. entraînement à vitesse variable ou entraînement à fréquence variable). Utiliser la vitesse basse lorsque les animaux sont jeunes. Augmenter la vitesse du ventilateur en fonction des besoins de ventilation au fil de la croissance des animaux. Programmer le régulateur de ventilation du bâtiment pour que la vitesse se règle automatiquement ou la régler manuellement au besoin.
- Lorsque la température du bâtiment augmente au-delà du point de consigne, le système de chauffage s'arrête. Continuer de faire fonctionner l'échangeur de chaleur à la vitesse requise pour maîtriser l'humidité.
- Si la température du bâtiment continue de monter après l'arrêt du système de chauffage, fermer l'échangeur de chaleur. Faire fonctionner les ventilateurs d'extraction ordinaires installés au mur pour que le bâtiment reste frais.

ENTRETIEN DE L'ÉCHANGEUR DE CHALEUR

Un échangeur de chaleur non entretenu n'est pas plus efficace qu'un ventilateur d'extraction ordinaire. Il faut nettoyer régulièrement l'échangeur pour maximiser la récupération de chaleur et réduire le plus possible les dépenses de combustible. Bon nombre d'appareils de grande puissance sont dotés d'un dispositif de nettoyage automatique; il faut s'en servir, le cas échéant. En outre, l'échangeur de chaleur doit être inspecté au moins une fois par cycle dans le cas des élevages où

se pratique la conduite en bande et au moins une fois par mois dans le cas des bâtiments d'élevage occupés en permanence. Un nettoyage manuel doit être effectué chaque fois que cela est nécessaire. À cette fin, on peut installer un boyau près de l'échangeur de chaleur. Durant l'hiver, un système de lavage à l'eau chaude peut être nécessaire pour prévenir le gel à l'intérieur de l'échangeur.

RÉSUMÉ

Un échangeur de chaleur dans un bâtiment d'élevage permet de réduire la consommation de combustible en récupérant la chaleur contenue dans l'air évacué. Grâce à la chaleur récupérée, il faut moins de combustible pour chauffer le bâtiment, ce qui réduit les dépenses de combustible et, par ricochet, permet de réaliser des économies.

Communiquer avec un fournisseur d'échangeurs de chaleur, un concepteur de bâtiments agricoles ou un ingénieur pour obtenir des conseils précis sur le dimensionnement de l'échangeur de chaleur. Utiliser l'échangeur de chaleur le plus efficace qui soit pour récupérer plus de chaleur et économiser davantage de combustible. Le faire fonctionner correctement pour en tirer le maximum. Faire un nettoyage et un entretien réguliers afin de maximiser les économies d'énergie et de réduire le plus possible les dépenses de combustible.

Pour en savoir davantage sur la ventilation des bâtiments d'élevage et les échangeurs de chaleur, consulter la publication 833F du MAAARO, [Manuel de ventilation des installations d'élevage de bétail et de volaille](#).

La présente fiche technique a été rédigée en anglais par James Dyck, ing., ingénieur, systèmes de production des cultures et questions environnementales, MAAARO, et révisée par Daniel Ward, ing., ingénieur, équipement et structures pour volaille et autres animaux, MAAARO, et Jake DeBruyn, ing., ingénieur, intégration des nouvelles technologies, MAAARO.