



Bureau de l'efficacité et de l'innovation
énergétiques

ÉCHANGEUR OU RÉCUPÉRATEUR DE CHALEUR

FICHE DÉTAILLÉE

Cette fiche détaillée fait partie d'une série de 16 fiches présentant des mesures et pratiques en efficacité énergétique applicables au secteur agricole.

Le contenu de cette fiche détaillée est tiré intégralement du document intitulé *Étude de faisabilité technico-économique pour la mise en place d'une ferme modèle écoénergétique au Saguenay-Lac-Saint-Jean, Rapport final*. Cette étude résulte d'un projet réalisé par le Collège d'Alma.

ANALYSE ET RÉDACTION

Sylvain Pigeon, ing., M. Sc., BPR Infrastructure inc.
Charles Fortier, ing., agr., BPR Infrastructure inc.
François Coderre, ing. jr., BPR Infrastructure inc.
Jean-Yves Drolet, agr., M. Sc., BPR Infrastructure inc.

COLLABORATEURS

Diane Gilbert, agroéconomiste, Groupe Ageco
Simon Dostie, analyste, Groupe Ageco
David Crowley, ing., Agrinova, centre collégial de transfert technologique (CCTT) du Collège d'Alma

COMITÉ DE SUIVI

Agrinova, CCTT du Collège d'Alma
Direction générale du Collège d'Alma
Ferme Métro
Ferme Gagné
Agence de l'efficacité énergétique

Cette étude a été réalisée en 2009 et 2010 grâce au soutien financier de l'Agence de l'efficacité énergétique, de la Conférence régionale des élus du Saguenay-Lac-Saint-Jean, de la Ville d'Alma, du Collège d'Alma et de la Coop fédérée.

Au moment de sa rédaction, le contenu de l'étude reflétait au mieux les connaissances des différents rédacteurs et collaborateurs. Certaines conditions peuvent avoir évolué et ne plus correspondre à la situation actuelle. La mise en application des mesures et pratiques énoncées et la rentabilité qui en résultera demeurent sous l'entière responsabilité du lecteur.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES

Bureau de l'efficacité et de l'innovation énergétiques
5700, 4^e avenue Ouest, B 406
Québec (Québec) G1H 6R1

Téléphone : 418 627-6379 ou 1 877 727-6655
Télécopieur : 418 643-5828
Site Internet : <http://www.efficaciteenergetique.mrn.gouv.qc.ca/>
Courriel : efficaciteenergetique@mrn.gouv.qc.ca

Photos : Éric Labonté et Marc Lajoie, MAPAQ

Décembre 2012

© Gouvernement du Québec

1. DESCRIPTION DE LA TECHNIQUE

Les échangeurs de chaleur (ou récupérateurs de chaleur), tel que leur nom l'indique, fonctionnent sur le principe d'échange thermique entre deux éléments. Par exemple, le transfert d'énergie peut s'effectuer entre deux fluides comme l'eau et l'air. Ces dispositifs maximisent l'efficacité énergétique en diminuant les pertes de chaleurs et offrent de bons moyens de réaliser des économies sur les coûts de chauffage des bâtiments agricoles. La section qui suit porte principalement sur les échangeurs gaz-gaz, liquide-gaz et liquide-liquide. Les technologies d'échanges thermiques sol-liquide sont plutôt abordées dans la mesure *Géothermie*.

2. DOMAINE D'APPLICATION

Dans le domaine agricole, il existe une multitude d'applications pour lesquelles les échangeurs de chaleur peuvent être utilisés.

Échangeur air-air

Pour les productions demandant un chauffage important au cours de la saison froide, l'échangeur de chaleur gaz-gaz permet de diminuer les coûts de chauffage en récupérant une partie de la chaleur de l'air expulsé du bâtiment pour préchauffer l'air d'entrée. Les productions avicoles (dindon, poulet à griller, poule pondeuse et oeufs d'incubation), porcines (mise bas, pouponnière, élevage sur litière) et certaines productions bovines (veau de lait ou de grain) peuvent donc bénéficier de cette technologie. Une ventilation adéquate est essentielle pour maintenir une bonne qualité de l'air dans les bâtiments d'élevage. Toutefois, dans certaines productions, les coûts de chauffage élevés incitent les producteurs à limiter la ventilation en période hivernale. L'échangeur d'air récupérateur de chaleur peut réduire considérablement les coûts énergétiques en récupérant la chaleur de l'air vicié pour préchauffer l'air frais provenant de l'extérieur

Échangeur liquide-liquide

En production laitière, la réfrigération du lait exige de près du quart de la consommation totale d'électricité d'une ferme. L'amélioration de l'efficacité du système de refroidissement pourrait donc permettre des économies significatives. Pour y arriver, des systèmes de prérefroidissement ont été conçus, dont l'échangeur à plaques. Ce dernier permet de réduire la charge de refroidissement du réservoir à lait et donc la quantité d'énergie nécessaire. Il s'agit d'un échangeur de chaleur entre le lait et l'eau froide qui permet d'abaisser la température du lait de 36 °C (pis de la vache) jusqu'à 13-20 °C. Le lait est ensuite refroidi à sa température de conservation (autour de 3°C) dans le réservoir à lait. L'échangeur est constitué d'un empilement de plaques laissant passer alternativement l'eau froide et le lait à contre-courant. L'efficacité de ce type de refroidisseur dépend notamment du débit respectif de chaque fluide et de la différence de température entre ceux-ci. Plus la source d'eau est froide, plus l'efficacité de l'appareil augmente. L'eau qui a été réchauffée en passant dans l'échangeur peut être entreposée temporairement dans un petit réservoir pour alimenter le réservoir à eau chaude. Parce qu'il permet de raccourcir le temps nécessaire pour amener le lait à sa température de conservation, ce prérefroidisseur permet aussi d'améliorer la qualité du lait en limitant la multiplication des bactéries. (UPA, 2008).

Échangeur liquide-gaz

Un autre exemple d'application est l'utilisation de la chaleur contenue dans le lait pour préchauffer l'eau qui entre dans le chauffe-eau. Le chauffage de l'eau consomme une part significative de l'énergie sur la ferme laitière. Quelle que soit la source d'énergie employée, la température d'entrée de l'eau dans le chauffe-eau a un effet majeur sur le coût du chauffage. L'installation d'un système permettant de récupérer la chaleur du lait qui sort du pis de la vache ou la chaleur générée par un équipement comme le système de réfrigération ouvre la voie à des économies d'énergie potentiellement intéressantes. Actuellement, il existe des systèmes de récupération de la chaleur adaptés au refroidisseur de lait. Le lait est refroidi grâce à un système transférant la chaleur vers un puits (eau ou air) par l'intermédiaire d'un gaz réfrigérant. La chaleur de ce gaz réfrigérant est généralement perdue dans l'atmosphère de la laiterie ou à l'extérieur du bâtiment. Les systèmes de récupération de chaleur ne changent pas

fondamentalement le fonctionnement du système de réfrigération, mais permettent de réutiliser de la chaleur habituellement perdue pour chauffer l'eau nécessaire notamment pour le nettoyage.

3. POTENTIEL D'ÉCONOMIE ET/OU DE PRODUCTION D'ÉNERGIE

À la base, l'utilisation d'échangeur de chaleur sert toujours à diminuer la consommation d'énergie nécessaire pour chauffer ou refroidir un élément à partir d'un autre élément présentant un gradient de température suffisant pour que l'échange soit efficace. Il s'agit donc d'un système qui permet d'économiser de l'énergie. Afin que la technique soit profitable, il faut que l'élément qui sert de substrat pour l'échange soit disponible en quantité suffisante à faible coût. Par exemple, dans le cas d'un échangeur de chaleur gaz-gaz dans un bâtiment chauffé, l'air vicié et chaud qui doit être extrait sert de substrat pour réchauffer l'air aspiré dans le bâtiment

4. DISPONIBILITÉ DE LA TECHNIQUE

Échangeur air-air

Un appareil écoénergétique destiné à la récupération de la chaleur de l'air a été mis au point par l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). Il s'agit du *POLYMAIR_{MD}*. Cet appareil est conçu pour servir dans des milieux où l'air est chargé de poussière, d'humidité et de gaz corrosif, étant donné qu'il est entièrement fait de polymère. Le principe consiste à faire circuler les deux fluides dans des milieux adjacents en sens opposé afin qu'il y ait un échange thermique (figure 4-12). La température de l'air froid provenant de l'extérieur est donc augmentée, ce qui diminue les coûts de chauffage. La figure 4-13 présente les performances de cet échangeur. Ainsi, pour des températures extérieures variant entre 25 et 7 °C, la température de l'air à l'entrée du bâtiment est située entre 0 et 15 °C lors d'une expérimentation dans un poulailler de 5000 poules pondeuses (Martin 2008). De plus, l'emploi d'un échangeur de chaleur pour l'usage avicole, par exemple, permet de préchauffer l'air d'entrée dans le bâtiment, ce qui diminue les variations de température de l'air à l'intérieur. Le confort des animaux en est donc accru en saison froide.

Cet appareil est actuellement commercialisé par l'entreprise Polyalto située à Québec (1 800 463-4710). Le modèle commercialisé possède une capacité de 1500 pi³/min et coûte 4 900 \$. En incluant toute la quincaillerie de montage il revient à 6 825 \$.

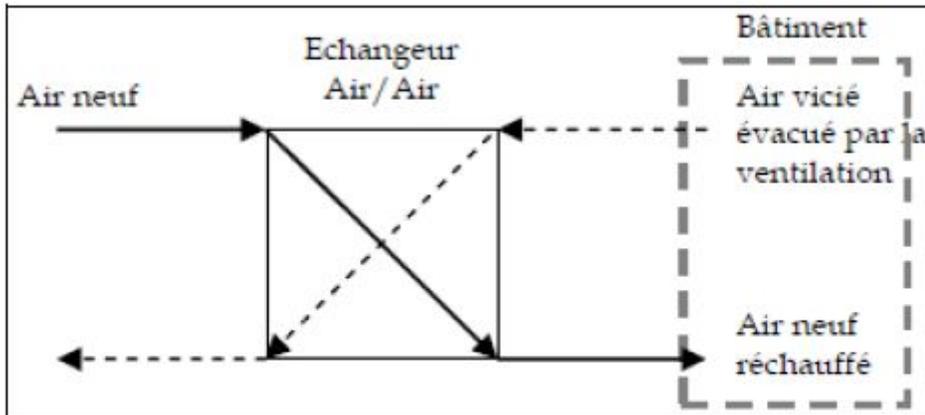


Figure 4-12
Schéma d'un échangeur de chaleur de type air-air (ITAVI, 2006)

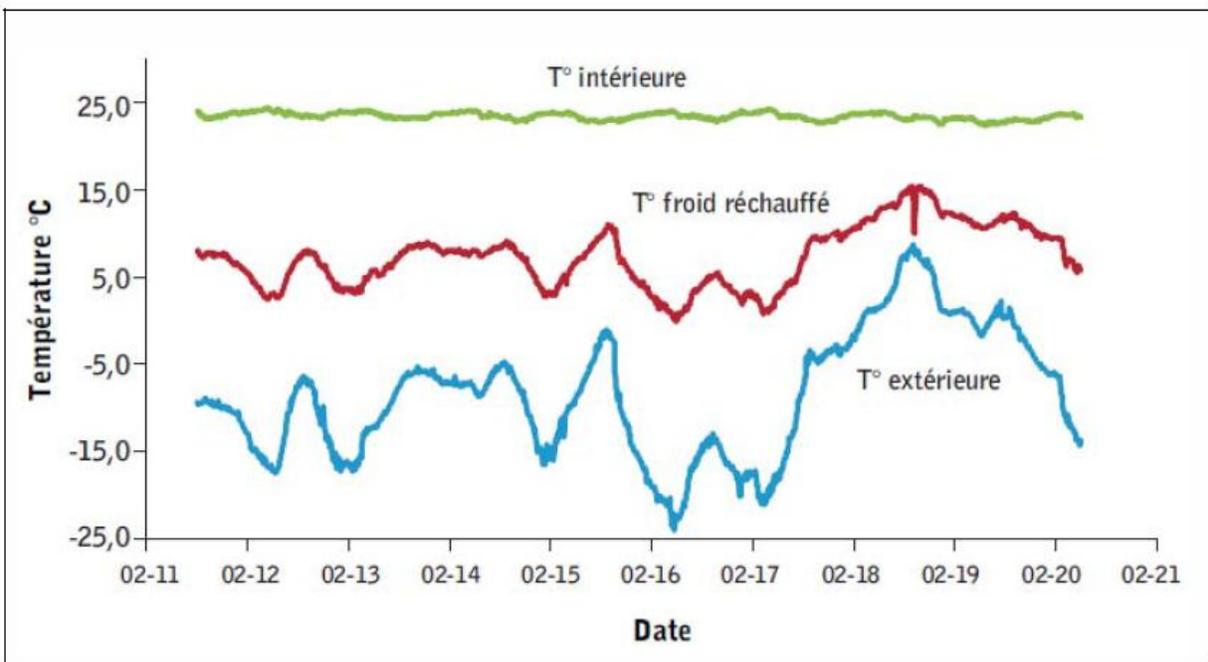


Figure 4-13
Variation de la température de l'air d'entrée et à la sortie du POLYMAIR^{MD} dans un poulailler d'œufs d'incubation du Nouveau-Brunswick en février 2008 (Martin, 2008)

Échangeur liquide-liquide

En agriculture, les échangeurs liquide-liquide servent au refroidissement du lait. La consommation d'énergie uniquement destinée au refroidissement du lait est de 36 Wh par litre de lait produit. En ajoutant un échangeur à plaques, l'économie d'énergie pour le refroidissement du lait s'établit entre 5 056 kWh à 7 945 kWh pour une ferme produisant 4 010 hectolitres (environ 55 vaches en lactation).

Actuellement, pour acquérir cette technologie, il faut prévoir environ 3 500 \$ pour l'échangeur à plaques et 1 000 \$ pour l'installation (incluant les matériaux). Un calibrage adéquat de la pompe pour le nettoyage du système de traite est nécessaire pour éviter qu'une pression insuffisante ouvre la possibilité à l'apparition de bactéries.

Par ailleurs, étant donné les effets positifs de l'accélération du processus de refroidissement sur la qualité du lait, cet investissement peut devenir doublement intéressant pour certaines entreprises. La figure 4-14 illustre le principe d'échange thermique entre les fluides (Hydro-Québec, 2008).

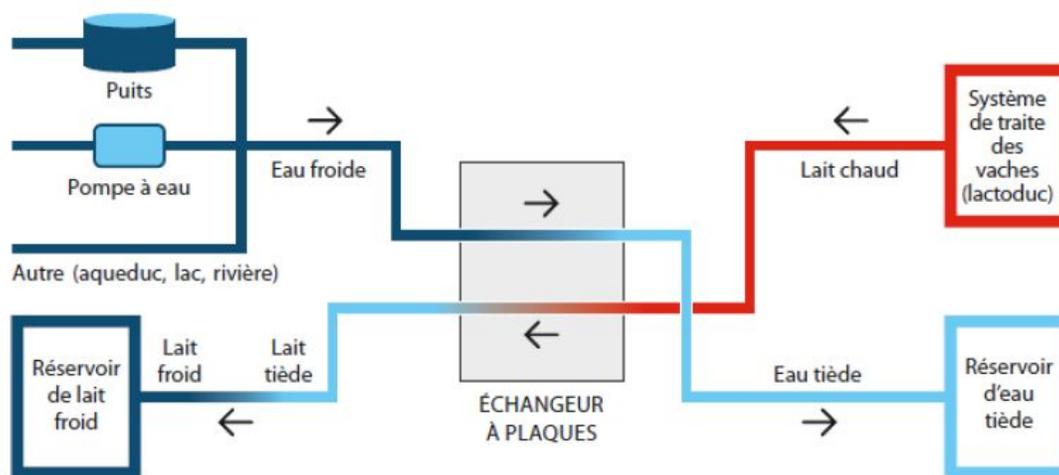


Figure 4-14

Schéma d'un échangeur à plaques dans un système de lactation (Hydro-Québec, 2008)

Échangeur liquide-gaz

Le récupérateur de chaleur, au même titre que l'échangeur à plaques, est un appareil qui permet d'utiliser la chaleur contenue dans le lait des vaches pour d'autres usages comme le chauffage de l'eau servant au nettoyage du bâtiment. L'échange thermique se fait par l'intermédiaire d'un gaz réfrigérant. Au Québec, ces équipements coûtent entre 2 500 et 4 000 \$ incluant un réservoir d'environ 80 gallons et n'entraînent pas de coûts de fonctionnement. Cependant, cette technologie peut entrer en concurrence avec le refroidisseur à plaques. (UPA, 2008).

Le tableau 4-18 présente la liste des distributeurs d'échangeurs à plaques au Québec.

Tableau 4-18
Distributeurs d'échangeurs de chaleur à plaques au Québec (Hydro-Québec, 2009)

Distributeur	Adresse	Ville	Téléphone
Provencher & Fils Inc.	2175, St-Jean	Plessisville	819 362-2417
Agricoles Ferme-Neuve Inc.	56, route 309 Sud	Ferme-Neuve	819 587-4393
Agro-Réfrigération Inc.	165, Avenue Pie X	Victoriaville	819 752-9288
Alain Beauregard Inc.	67, Lanctôt	Ste-Cécile-de-Milton	450 378-1082
Ami de la Ferme Laitière Inc. (L')	2315, Route 133 Sud	St-Jean-sur-Richelieu	450 346-4075
Beaudry Morin inc.	565, rue Principale	St-Léonard-d'Aston	819 399-2403
Centre Laitier Ltée	104, rue Ontario	Notre-Dame du Nord	819 723-2256
Dépanneur agricole St-Jean Inc.	1406, Jacques-Cartier Sud	St-Jean-sur-Richelieu	450 346-7948
Distributions J.Y. St-Pierre Inc.	6830, St-Vincent	Mirabel (St-Benoit)	450 258-2885
Entreprises André Leblanc & Fils 1995 Inc. (Les)	303, rue St-Amable	St-Barnabé-Sud	450 792-6291
Entreprises Éric Grondin Inc.	1101, Route 271	Ste-Clotilde-de-Beauce	418 332-0531
Équipement Aubin	33, 2e Avenue, Est	Palmarolle	819 787-2569
Équipements Agricoles C.P.R. Ltée	272, de la Gare	St-Anaclet	418 722-6608
Équipements Agri-Lait (Les)	580, Avenue du Château	St-Bruno	418 343-2250
Équipements AgriLeader Inc. (Les)	750, Route 201	Ormstown	450 829-3773
Équipements de ferme C. Lesage Inc.	663, Route 349	St-Léon-le-Grand	819 228-5694
Équipements de Ferme Gaétan Théberge Inc.	28, Rang 2 Est	St-Gervais	418 877-3018
Équipements de traite St-Timothée inc. (Les)	545, boulevard Pie XII	Salaberry-de-Valleyfield	450 371-9666
Équipements J.P.L. Inc. (Les)	220, rue Rochette	St-Pascal	418 492-6852
Équipements Laitiers Bilodeau & Fils Inc. (Les)	328, chemin du Côteau	Montmagny	418 248-5908
Équipements Laitiers Gagnon	978, Rang 6	Saint-Prime	418 251-5051

Distributeur	Adresse	Ville	Téléphone
Equipements M.B.L. Inc.	155, boulevard Pie X	Victoriaville	819 752-6585
Équipements PLP Inc.	8450, Route 112	Disraeli	418 449-2027
Équip-O-Lait BC	1263, Chemin de la Petite-Rivière	Duhamel-Ouest	819 629-2662
F. Gérard Pelletier inc.	671, boulevard Hébert	St-Pascal	418 492-2439
G.P. Payette	2 000, chemin Mireault	St-Jacques-de-Montcalm	450 839-9333
Groupe Dynaco	87, Route 132 Ouest	La Pocatière	418 856-1765
LAC-MATIC INC.	8, rue Gale	Ormstown (Québec)	450 829-3130
Marcel Morissette inc. (Cap-Santé)	43, Route 138	Cap-Santé	418 883-3388
Marcel Morissette inc. (Ste-Claire)	171, boulevard Bégin	Ste-Claire	418 883-3388
R. Ouellet Équipement de Ferme Inc. (Amqui)	673, Route 132 Ouest	Amqui	418 629-1441
R. Ouellet Équipement de Ferme Inc. (St-Jean-de-Dieu)	67, rue Gauvin Est	St-Jean-de-Dieu	418 963-2133
Raymond Biron Inc.	415, Rang du Bassin	Saint-Elphège	450 568-2250
Réfrigération J.F. Demers Inc.	245, 131e Rue	St-Georges-de-Beauce	418 227-2957
Richard Équipement Laitier Inc.	540, chemin de Martinville	Compton	819 835-5502
Richard Grenier Enr.	73, Boulevard Est	Maskinongé	819 227-4975
Service Agri R.D. inc.	48, rue de la Station	St-Philippe-de-Néri	418 498-3114
Service Agro Mécanique inc.	24, rue Principale Ouest	St-Clément	418 963-2177
Service d'Équipement Laitier & Réfrigération J.M. Laliberté Inc.	215, chemin St-Marc	St-Anselme	418 885-8275
Service-Laitier Agri-Pro Inc.	160, rue Principale	Ange-Gardien	450 531-4775
Servi-Lait 2000 Inc. (Grenville)	1613, Route 148	Grenville	819 242-5661
Servi-Lait 2000 Inc. (St-Alexis de Montcalm)	175 Principale	St-Alexis de Montcalm	450 839-3511
Technico-Lait Inc.	525, rue Main Ouest	Coaticook	819 849-2663

5. ESTIMATION DE LA RENTABILITÉ

5.1 Sensibilité au coût de l'énergie (électricité et/ou hydrocarbure)

Les appareils servant à la récupération de chaleur sont tous des systèmes qui fonctionnent de manière passive ou presque. Ils n'engendrent donc pas de consommation d'énergie significative. Au contraire, ils permettent tous de la diminuer. Ainsi, ces technologies deviendront de plus en plus rentables au fur et à mesure que le coût de l'énergie va augmenter, que ce soit l'électricité ou les hydrocarbures.

L'échangeur de chaleur air-air

Avec une efficacité thermique oscillant autour de 50 %, des études ont démontré que l'échangeur d'air *POLYMAIR_{MD}* peut réduire de 50 % les coûts en carburant pour le chauffage par rapport à un système de ventilation traditionnel. Un essai a été effectué par l'IRDA au cours de l'hiver 2007-2008 dans des poulaillers de production d'oeufs d'incubation au Nouveau-Brunswick. Deux bâtiments identiques ont été instrumentés, alors qu'un seul était équipé avec deux *POLYMAIR_{MD}* au premier étage, abritant 5 000 oiseaux. Les échangeurs d'air ont permis d'assurer la ventilation minimale hivernale en fournissant environ 0,5 pied cube/minute d'air frais par oiseau. Les données relevées durant cet essai ont démontré une économie en carburant de 53 % en faveur du bâtiment équipé de l'échangeur de chaleur. Pour l'hiver, cette économie a totalisé 8 760 litres de propane, soit 5 256 \$ (coût du propane estimé à 0,60 \$/litre).

En considérant ces résultats, pour un bâtiment avicole moyen qui loge 35 000 poulets à griller, il faudrait sept appareils pour assurer la ventilation minimale d'hiver de 0,3 pied cube/minute. Avec une économie en carburant de 50 %, l'économie annuelle serait de 18 000 \$ en supposant que le prix du propane est de 0,64 \$/litres. Le coût d'achat et d'installation des sept appareils, soit 47 775 \$, serait récupéré en moins de trois ans.

L'échangeur liquide-liquide

Pour un échangeur à plaque servant au refroidissement du lait, l'économie énergétique potentielle se situe entre 35 et 55 %. Pour un troupeau laitier moyen produisant 4 010 hl/an, en considérant un tarif d'électricité à 7,08 ¢/kWh, il est possible d'effectuer sur une base annuelle des économies d'énergie de 4561 à 7168 kWh et d'obtenir une réduction des coûts de 358 à 563 \$. Dans le cadre du programme *Produits efficaces – Équipement agricole* d'Hydro-Québec, une remise allant jusqu'à 1 500 \$ est offerte sur ces équipements. Cela permet un retour sur l'investissement entre 6 et 10 ans pour un appareil qui aurait coûté 4 500 \$, selon son efficacité.

L'échangeur liquide-gaz

Selon des calculs effectués par le ministère de l'Agriculture de l'Ontario, une ferme produisant 4010 hl/année ou possédant environ 55 vaches économiserait environ 4 687 kWh annuellement en considérant que le système permet d'économiser 50 % de l'énergie consommée par le chauffe-eau. Au tarif québécois, cela représente une économie de l'ordre de 332 \$ par année. Le retour sur l'investissement est alors d'environ 9 ans.

5.2 Type d'élevage et taille de la ferme

Tel qu'il a été mentionné précédemment, les échangeurs de chaleur air-air sont recommandés pour les élevages qui nécessitent un chauffage d'appoint en saison froide. Plus la température à maintenir dans le bâtiment d'élevage est élevée, plus l'échangeur est efficace et rentable. La taille de l'élevage n'est pas réellement déterminante, car les appareils ne sont pas conçus pour fournir un grand débit d'air. Il est habituellement nécessaire d'installer plusieurs appareils.

En ce qui concerne les échangeurs liquide-liquide pour le refroidissement du lait, il va de soi, qu'il concerne la production laitière uniquement. Dans le cas de ces appareils, une seule unité est normalement suffisante par entreprise. Donc, plus la taille de la ferme est grande, plus rapidement l'échangeur est rentabilisé. Il en est de même pour le récupérateur de chaleur servant au chauffage de l'eau.

5.3 Bâtiment neuf ou bâtiment existant

Les échangeurs de chaleur, peu importe leur type, s'installent dans les bâtiments neufs ou usagés, pourvu qu'il y ait l'espace nécessaire.

6. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Les principaux avantages des échangeurs de chaleur sont les suivants :

- Les échangeurs sont des systèmes passifs qui ne requièrent pas d'énergie pour fonctionner;
- Plus le coût de l'énergie augmente, plus les systèmes deviennent rentables;
- Les échangeurs de chaleur permettent tous d'économiser de l'énergie;
- Les systèmes peuvent s'installer dans les bâtiments neufs ou existants;
- L'échangeur air-air préchauffe l'air qui entre dans le bâtiment en hiver, ce qui diminue les écarts thermiques dans l'aire d'élevage;
- L'échangeur à plaques pour le lait permet un refroidissement plus rapidement, ce qui peut améliorer la qualité du produit;
- L'eau qui est réchauffée par son passage dans l'échangeur à plaques peut être récupérée dans un réservoir pour alimenter le réservoir à eau chaude ou encore pour servir d'eau d'abreuvement pour les animaux.

Le seul point faible concernant l'échangeur à plaques pour le lait et le récupérateur de chaleur pour le chauffage de l'eau est que la période de retour sur l'investissement peut être longue pour les entreprises de petite taille.

7. RECOMMANDATIONS

Les différents systèmes d'échangeurs de chaleur abordés dans le présent document sont tous adaptés aux bâtiments agricoles et ont tous des applications qui entraînent une économie d'énergie. L'échangeur de chaleur air-air se rentabilise rapidement pour des productions qui nécessitent beaucoup de chauffage (moins de trois ans).

En ce qui concerne les échangeurs à plaques pour le refroidissement du lait, la période de retour sur l'investissement est plus longue (de 6 à 10 ans). Toutefois, l'équipement possède une vie utile très longue et offre l'avantage, difficilement quantifiable, d'une meilleure qualité du lait. Plus la taille de l'entreprise est grande, plus la rentabilité s'obtient rapidement.

8. RÉFÉRENCES

HYDRO-QUÉBEC, 2008. *Équipement agricole – échangeur à plaques (Une technologie efficace)*. Hydro-Québec, 6 p.

HYDRO-QUÉBEC, 2009. *Équipement agricole – échangeur à plaques (Distributeurs participants)*. [En ligne] [<http://www.hydroquebec.com/produitsefficares/agricole/echangeurs/index.html>].

ITAVI, 2006. *Performances techniques et coûts de production en volailles de chair, poulettes et poules pondeuses*, Institut technique de l'aviculture, Paris, France, 47 p.

MARTIN, Daniel Yves, François LÉVEILLÉE et Dan ZEGAN, 2008. *Le Polymair^{MD}, pour réduire les coûts de chauffage et améliorer la qualité de l'air dans les bâtiments agricoles*, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), 2 p.

UPA, 2008. *L'efficacité énergétique dans le secteur laitier*, Union des producteurs agricoles, Québec, 6 p.