FICHE D'INFORMATION

RÉDUIRE LE GASPILLAGE D'ÉNERGIE PAR LA **RÉCUPÉRATION DE CHALEUR**

La présente fiche d'information examine divers systèmes passifs de récupération de chaleur et propose des façons d'améliorer leur rendement opérationnel et énergétique. Elle vise à aider les propriétaires et les exploitants de bâtiments à mieux comprendre les systèmes de récupération de chaleur et la manière de les optimiser dans le but d'améliorer le rendement énergétique.

En quoi consiste la récupération de chaleur passive?

La récupération de chaleur désigne le principe visant à recouvrer de la chaleur qui serait autrement perdue par un système pour la réutiliser ailleurs dans le but de réduire la consommation d'énergie. Pour ce faire, il faut repérer un flux de chaleur résiduelle (une source) et un endroit où l'uti-liser (un puits). La récupération de la chaleur compense des charges de chauffage qui devraient autrement être assu-rées par une méthode de chauffage classique, améliorant ainsi le rendement énergétique, réduisant les émissions et entraînant des économies sur la facture énergétique.

L'expression « récupération de chaleur passive » décrit un éventail de méthodes qui requièrent peu ou pas d'apport d'énergie additionnel pour favoriser le processus de récupération de chaleur. En règle générale, ces méthodes utilisent un échangeur de chaleur ou un autre medium de transfert permettant de faciliter la circulation de la chaleur. Parmi les exemples de systèmes de récupération de chaleur *non passifs* (actifs) figurent les refroidisseurs-récupérateurs de chaleur et les systèmes de thermopompes distribués.

L'énergie peut être récupérée sous forme de chaleur sensible ou latente, ou d'une combinaison des deux. La chaleur sensible correspond au changement de température d'une substance. La chaleur latente désigne plutôt l'énergie contenue dans une substance sous forme de vapeur et est libérée lorsque cette substance condense, c'est-à-dire qu'elle passe à l'état liquide. Des exemples courants d'application de récupération de la chaleur latente comprennent la condensation de la vapeur d'eau contenue dans les gaz de combustion et dans l'air évacué d'un bâtiment. Les systèmes qui récupèrent à la fois la chaleur sensible et latente dans l'air évacué d'un bâtiment sont souvent appelés systèmes de récupération d'*énergie* ou d'*enthalpie* pour les distinguer de ceux qui fonctionnement exclusivement avec la chaleur sensible. À titre d'exemple, un ventilateur-récupérateur de chaleur (VRC) récupère uniquement la chaleur sensible, alors qu'un ventilateur-récupérateur d'énergie (VRE) récupère tant la chaleur sensible que latente. La récupération de chaleur latente produit généralement de meilleurs résultats que la seule récupération de chaleur sensible.

Dans les bâtiments, la récupération de chaleur peut être envisagée pour tous les flux d'énergie qui quittent les limites de l'installation, notamment les circuits d'évacuation d'air du bâtiment, le gaz de combustion de la chaudière, la chaleur rejetée lors du refroidissement de l'eau, le condensat d'un système de vapeur ou la chaleur provenant de l'eau chaude des eaux de drainage. L'énergie récupérée de ces sources peut servir à compenser d'autres besoins en chauffage dans le bâtiment. Souvent, la chaleur récupérée sert à préchauffer l'air d'un circuit de ventilation ou l'eau chaude sanitaire. D'autres possibilités pourraient exister dans les applications commerciales ou industrielles, où l'on compte plusieurs sources et applications uniques pour la récupération de chaleur.

Peu importe l'application retenue pour la récupération de chaleur, il faut tenir compte de certains concepts importants pour assurer un fonctionnement optimal du système, notamment :

- **La qualité de la source de chaleur résiduelle** – Quelle est la température, le débit et la disponibilité du fluide utilisé comme source de chaleur? Le rendement de la récupération de chaleur s'améliore lorsque la source présente une température élevée et un débit constant.
- **La demande de chaleur** – La récupération de chaleur est efficace uniquement s'il existe une demande pour l'énergie récupérée. La demande pour la chaleur récupérée variera-t-elle en fonction des changements opérationnels saisonniers ou d'autres facteurs?
- **La coïncidence temporelle** – Idéalement, dans une application de récupération de chaleur, la production de chaleur résiduelle (source) et la demande (puits) existent simultanément. Si l'offre et la demande ne sont pas synchronisées, il faut alors envisager des options comme le stockage thermique.
- **L'emplacement** – La récupération de chaleur est plus efficace lorsque la source de chaleur et le puits sont situés à proximité l'un de l'autre.
- **Autres considérations propres au site** – Y a-t-il un risque posé par la contamination croisée des flux (p. ex., le mélange d'air d'évacuation et d'alimentation)? Quels sont les débits des courants source et puits? Comment la condensation qui résulte du refroidissement d'un flux d'air sera-t-elle gérée? Faut-il tenir compte de l'humidification? Le système risque-t-il d'être sujet à l'encrassement ou à la corrosion en raison de la composition des fluides, etc.?

Les sections suivantes présentent des types et des technologies diverses pour la récupération de chaleur à partir de circuits d'air ou d'eau ou de gaz de combustion. Différentes sources de chaleur et méthodes de récupération de cette chaleur conviennent à diverses applications et impliquent des considérations uniques dont il faut discuter au préalable.

Résumé des types de récupération de chaleur

Options de récupération de chaleur		Caractéristiques principales	Limites/considérations
Récupération de chaleur de circuits d'air	Échangeur de chaleur à plaques (ou à cassette)	› Échangeur de chaleur air-air à courants croisés (ou à contrecourant) utilisant des plaques fixes pour favoriser la circulation d'air. › Utilisé le plus souvent dans les applications avec ventilateur-récupérateur de chaleur (VRC). › Application souple et à faible coût. › Peu de pièces mobiles. › Rendement de la récupération de chaleur : de 20 à 70 %.	› Il faut installer un échangeur de chaleur de grande dimension pour gérer les débits élevés. › En règle générale, récupère uniquement la chaleur sensible. › Nécessite des mesures d'atténuation du gel, ce qui diminue l'efficacité du système. › Les circuits d'air sont séparés, mais la contamination demeure possible.
	Échangeur de chaleur rotatif	› Utilise un échangeur en forme de roue placé perpendiculairement à deux courants d'air, dont l'effet rotatif permet de récupérer l'énergie d'un courant et la transmettre à l'autre courant. L'air des circuits d'alimentation et d'évacuation circule dans l'échangeur de chaleur à contrecourant ou en parallèle. › Permet la récupération de la chaleur sensible et latente dans les applications avec ventilateur-récupérateur d'énergie (VRE). › Plus compact que les autres options lorsque dimensionné pour s'adapter à des débits élevés. › Rendement de la récupération de chaleur : de 25 à 90 %.	› Une petite portion de l'air d'évacuation et d'alimentation se mélangent pendant la rotation de l'échangeur de chaleur. Ne convient pas aux applications qui doivent éliminer tout risque de contamination croisée, comme dans les installations de soins de santé. › Il faut prévoir des cycles de dégivrage dans les conditions de froid extrême, ce qui réduit l'efficacité du système.
	Récupération de chaleur en boucle	› Installation de serpentins d'échange de chaleur dans chaque circuit d'air raccordé à des tuyaux dans lesquels circule un fluide caloporteur, comme une solution de glycol antigel ou de l'eau. › Permet la récupération de chaleur à partir de circuits d'air éloignés, offrant ainsi plus de souplesse. › Les circuits d'air sont complètement séparés, éliminant le risque de contamination croisée (option applicable dans les établissements de soins de santé). › Les composantes compactes sont souvent plus faciles à ajouter dans les bâtiments existants.	› Solution antigel souvent requise dans les boucles. › Chute de pression statique plus élevée dans les circuits d'air en raison de l'ajout des serpentins (augmente la consommation d'énergie du ventilateur). › Réduction du rendement de la récupération de chaleur (de 45 à 65 %) en raison de l'utilisation d'un fluide intermédiaire pour l'échange de chaleur.
	Caloduc	› Tube hermétique contenant un réfrigérant dont l'une des extrémités est située dans le circuit d'évacuation d'air et l'autre, dans le circuit d'air d'alimentation. Ils sont conçus de sorte que le réfrigérant passe à l'état de vapeur dans l'extrémité à haute température puis circule vers l'autre extrémité, plus froide, où il se condense, libérant ainsi sa chaleur. › Aucune pièce mobile; l'appareil compte sur le changement de phase du réfrigérant pour transférer la chaleur. › Système compact et hermétique.	› Rendement de la récupération de chaleur plus faible : de 15 à 60 %. › Les limites de capacité de transfert de chaleur des caloducs sont dictées par le type de réfrigérant, la longueur du tube, la superficie couverte, la construction et, dans certains cas, le degré d'inclinaison du caloduc.

Options de récupération de chaleur		Caractéristiques principales	Limites/considérations
Récupération de chaleur de la cheminée d'une chaudière	Économiseur	› Récupération de chaleur spécialisée ayant pour source les gaz de combustion à la sortie de la chaudière. › Utile dans les applications qui ne permettent pas l'utilisation de chaudières à condensation ou qui utilisent de l'eau à basse température.	› La disponibilité de la récupération de chaleur varie en fonction de l'utilisation de la chaudière. › Le système doit être conçu pour résister aux condensats corrosifs des gaz de combustion (p. ex., avec un échangeur de chaleur en titane ou en acier inoxydable).
Récupération de chaleur de circuits d'eau	Récupération de la chaleur produite par la réfrigération	› Possibilité de récupérer la chaleur qui se dégage de l'équipement de réfrigération, si l'on utilise un condenseur à eau. › La chaleur est disponible toute l'année, tant que fonctionne l'équipement de réfrigération.	› Meilleur rendement obtenu avec une grande capacité de réfrigération, par exemple, dans un restaurant ou une épicerie.
	Récupération de la chaleur des eaux usées	› Récupère la chaleur résiduelle provenant des eaux de drainage pour préchauffer l'eau chaude sanitaire. › Peut être installé avec un échangeur de chaleur par film gravitaire ou avec un réservoir thermique. › Utile dans les bâtiments/applications qui présentent des charges d'eau chaude importantes, que ce soit en périodes de pointe (p. ex., dans les immeubles résidentiels multi-logements) ou selon une utilisation constante (p. ex., des procédés industriels en continu).	› Mise en place idéalement lorsque la demande d'eau chaude coïncide avec l'évacuation de l'eau chaude, par exemple, pour des applications de douches ou de lavage. › Pourrait nécessiter un espace additionnel pour l'installation des réservoirs.

Recommissioning (RCx) des systèmes de récupération de chaleur

Meilleures pratiques

› **Vérifier les conditions fondamentales** – Les considérations présentées jusqu'à présent entourant la conception sont essentielles pour favoriser la récupération de la chaleur. Avant de procéder au RCx, il est nécessaire de s'assurer que les conditions, comme la qualité de la source de chaleur, la coïncidence temporelle et la demande de chaleur sont présentes. Si ces conditions sont remplies, mais que le rendement du système laisse à désirer, un projet détaillé de RCx pourrait être justifié.

› **Comparer la conception d'origine au fonctionnement actuel** – Examiner les paramètres de conception initiale du système de récupération de chaleur puis les comparer au fonctionnement actuel du système. Des changements opérationnels, des travaux de rénovation menés dans le bâtiment, un remplacement d'équipement, un changement du taux d'occupation ou d'autres facteurs ont-ils pu influer sur les conditions en fonction desquelles le système initial a été conçu?

› **Obtenir des renseignements détaillés sur le système** – Un RCx efficace repose sur des données précises et pertinentes sur le fonctionnement des systèmes. Un système de commande numérique directe (CND) bien conçu peut fournir de telles données, y compris sur les températures d'air et d'eau, les débits, le fonctionnement des pompes/des ventilateurs, le suivis des tendances du système, les alarmes, etc. Lors du RCx d'un système de récupération de chaleur, il convient d'examiner son fonctionnement dans différentes conditions, comme les pointes de chauffage en hiver, durant les saisons intermédiaires, la mise en marche le matin, les périodes inoccupées, etc., pour le mettre à l'essai dans un éventail de conditions, exposant ainsi les défaillances, les problèmes éventuels ou les possibilités d'amélioration.

Contrôle de la récupération de chaleur

- **Vérifier le changement de température à l'intérieur du système de récupération de chaleur** – Vérifier la différence de température (delta T) des fluides à l'intérieur des serpentins du récupérateur de chaleur ou des échangeurs de chaleur afin de vérifier si les conditions de conception sont respectées. Une diminution du delta T à l'intérieur du système pourrait indiquer une inefficacité attribuable à l'encrassement de l'échangeur de chaleur, un déséquilibre du débit ou d'autres problèmes. Il est possible de le vérifier au moyen de sondes de température et du suivi des tendances du système de contrôle.
- **Harmoniser le fonctionnement du système avec la disponibilité de la chaleur et la demande** – Il est possible de réduire la consommation d'énergie en mettant hors service les ventilateurs/pompes du système de récupération de chaleur lorsque les conditions pour une récupération de chaleur efficace ne sont pas réunies. Il pourrait s'agir, par exemple, des périodes au cours desquelles un autre équipement est mis hors service, lorsque la température de la source de chaleur est basse, etc.
- **Surveiller la mise en marche du cycle de dégivrage** – Dans le cas des systèmes de récupération de la chaleur de l'air dans les climats froids, il faut généralement mettre en place des séquences de dégivrage en inversant les cycles de transfert de chaleur, en préchauffant les serpentins ou en utilisant des registres de dérivation. Cependant, de tels cycles réduisent le rendement de la récupération de chaleur et doivent faire l'objet d'une surveillance. Certains systèmes peuvent être programmés en usine pour initier les séquences de dégivrage dès que la température atteint un certain seuil, sans tenir compte de l'humidité. Ainsi, certains systèmes de préchauffage risquent de surchauffer l'air d'alimentation. Le rajustement des paramètres de dégivrage ou de préchauffage du système peut en améliorer le rendement en éliminant les cycles inutiles de dégivrage ou en améliorant l'efficacité de la récupération de chaleur.
- **Contrôler le fonctionnement du moteur de l'échangeur de chaleur rotatif** – Ce fonctionnement, y compris le taux de transfert de chaleur, est contrôlé en variant la vitesse de rotation de l'appareil. La mise en place de surveillance et de séquences de contrôle peut optimiser l'efficacité du transfert de chaleur et réduire la consommation d'énergie du moteur. La surveillance du fonctionnement du moteur permet également le diagnostic des défaillances. À titre d'exemple, si le moteur fonctionne, mais que les sondes de température du flux d'air indiquent un transfert de chaleur peu efficace, cela peut révéler d'autres problèmes, comme une courroie d'entraînement défaillante.
- **Mettre en place des systèmes d'alarme** – Les alarmes/avertissements du système de contrôle peuvent servir à alerter les exploitants lorsque des conditions compromettent le fonctionnement du système de récupération de chaleur, notamment une température trop basse de la source de chaleur par rapport à celle du puits thermique, une diminution ou une inversion de la différence de température (delta T), des avertissements de gel, etc.

Entretien du système

- **Nettoyage de la surface de transfert de chaleur** – Le rendement du système risque d'être compromis si les surfaces de l'échangeur de chaleur ou des serpentins sont encrassées. Le nettoyage de ces surfaces maximise la surface effective d'échange thermique pour la récupération de chaleur et améliore le rendement du système et parfois les débits, dépendamment du type et de l'emplacement de l'encrassement.
- **Entretien du filtre** – L'installation et le remplacement régulier des préfiltres dans les circuits d'alimentation d'air extérieur réduisent l'encrassement du système et améliorent l'efficacité de la récupération de chaleur et les débits d'air. Il est aussi possible d'installer des filtres à haute efficacité afin de réduire la consommation d'énergie du ventilateur et d'améliorer le débit d'air.
- **Entretien du fluide caloporteur** – Dans les systèmes de récupération de chaleur en boucle, il est important d'entretenir le fluide caloporteur. L'entretien peut inclure le maintien de la concentration suffisante en glycol, la vérification des fuites, le remplissage du fluide et l'entretien des filtres présents.
- **Inspections visuelles** – La mise en place de procédures opérationnelles normalisées, impliquant l'inspection des systèmes de récupération de chaleur, permet de cerner des problèmes comme des fuites dans les boucles des serpentins, des ruptures de joints d'étanchéité du caloduc, des serpentins encrassés, etc.

ÉTUDE DE CAS : Installation d'un VRE

Afin de démontrer le potentiel d'économies associé à la récupération de chaleur dans diverses régions du Canada, nous avons élaboré un scénario en guise d'exemple. Ce scénario concerne un immeuble à bureaux d'une superficie de 10 000 m^2 chauffé au moyen d'un système de chaudières à rendement moyen alimentées au gaz naturel. Conformément aux lignes directrices 62.1 de l'ASHRAE, le taux de ventilation recommandé pour un tel bâtiment est d'environ 4 300 litres/seconde d'air extérieur. La consommation d'énergie pour le préchauffage de cet air représente une part importante

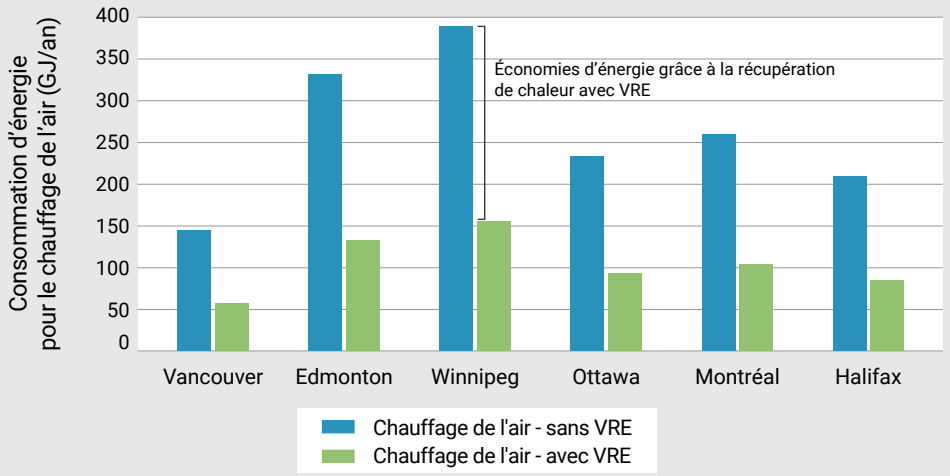

Figure 1 : Économies liées au chauffage et à la ventilation grâce à un VRE installé dans un immeuble à bureaux

de la facture énergétique annuelle pour l'immeuble, particulièrement dans les climats froids. La figure 1 illustre la consommation d'énergie requise pour le chauffage de l'air neuf de cet immeuble, dans six grandes villes du Canada.

Dans ce scénario, l'exploitant de l'immeuble vise à réduire la charge de chauffage de ventilation en installant une unité de VRE afin de récupérer la chaleur de l'air d'évacuation de l'immeuble et de préchauffer l'air d'alimentation provenant de l'extérieur. La modélisation des économies d'énergie tient compte d'un VRE présentant un rendement total moyen de 60 %. Cet exercice génère comme résultat une réduction de la consommation annuelle de gaz naturel de l'ordre de 85 à 230 GJ, selon la position géographique de l'immeuble. Les économies de coûts qui en découlent varient entre 1 100 et 3 100 $, selon les tarifs des services publics. Cela entraîne également une réduction des émissions de gaz à effet de serre entre 4 et 12 tonnes d'équivalent CO_2.

Pour de plus amples renseignements sur les ressources et le soutien pour la mise en service de bâtiments existants (CxBE), veuillez CLIQUER ICI.

Points à retenir

Le RCx des systèmes de récupération de chaleur est l'occasion de s'assurer que l'équipement existant procure les économies d'énergie et la réduction des émissions prévues lors de la conception. Voici un résumé des considérations générales à prendre en compte durant le RCx :

- Vérifier si les conditions fondamentales pour la récupération de chaleur sont présentes et si les considérations de conception d'origine conviennent au fonctionnement actuel du système;
- Examiner la température des courants de fluide, les débits, le fonctionnement de la pompe/du ventilateur, le suivi des tendances du système et les alarmes de fautes sous différentes conditions de fonctionnement;
- Vérifier l'efficacité de la récupération de chaleur en comparant les températures des fluides avant et après le passage dans le système de récupération de chaleur;
- Procéder à l'entretien régulier du système de récupération de chaleur pour assurer un rendement maximal et prévenir les problèmes éventuels.

No. cat. : M154-174/2024F-PDF | ISBN : 978-0-660-71079-2
© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre de l'Énergie et des Ressources naturelles, 2024.