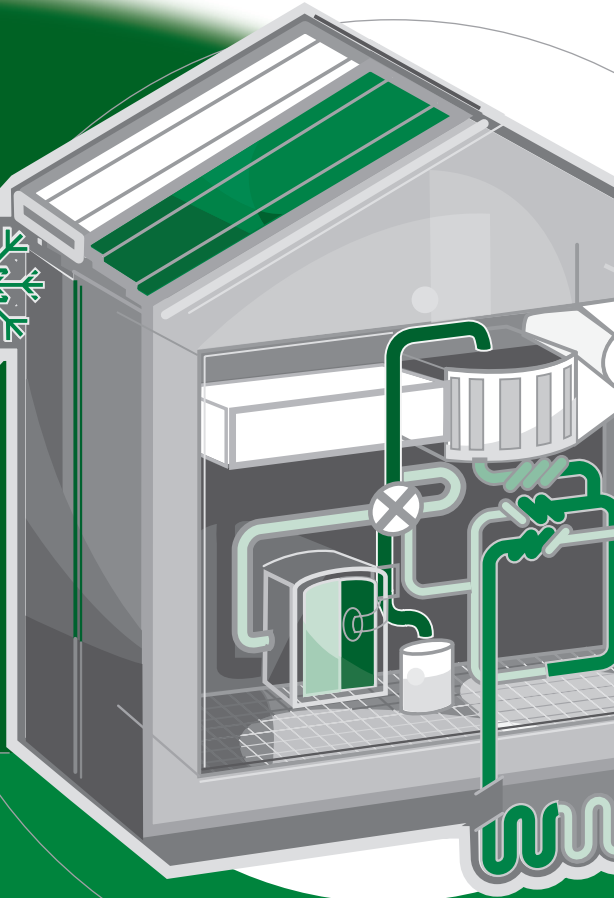




Le chauffage et le refroidissement à l'aide d'une thermopompe





Le chauffage et le refroidissement à l'aide d'une thermopompe

Publié par
l'Office de l'efficacité énergétique
ÉnerGuide

La série ÉnerGuide sur le chauffage et le refroidissement est publiée sous la direction des programmes ÉnerGuide de l'Office de l'efficacité énergétique. ÉnerGuide est la marque officielle du gouvernement du Canada associée à l'étiquetage et à la cote de consommation d'énergie (ou d'efficacité énergétique) des électroménagers, des appareils de chauffage, de ventilation et de climatisation, ainsi que des maisons et des véhicules.

ÉnerGuide aide également les fabricants et les vendeurs à faire connaître les appareils éconergétiques, tout en donnant de l'information qui permet aux consommateurs de choisir des appareils éconergétiques pour la maison.

Table de matières

Introduction	2
La thermopompe : de quoi s'agit-il et comment fonctionne-t-elle ?	3
Pour bien comprendre les thermopompes	5
Thermopompes à air	8
Fonctionnement de la thermopompe à air	10
Composition de l'installation	12
Efficacité énergétique	14
Autres critères de sélection	15
Puissance	16
Installation	17
Fonctionnement	18
Principaux avantages de la thermopompe à air	19
Entretien	21
Frais de fonctionnement	23
Durée de service et garanties	23
Pompes géothermiques	23
Fonctionnement des pompes géothermiques	24
Composition de l'installation	26
Efficacité énergétique	27
Puissance	28
Conception	29
Installation	34
Principaux avantages des pompes géothermiques	35
Entretien	38
Frais de fonctionnement	39
Durée de service et garanties	40
Comparaison des coûts de chauffage: Thermopompes et systèmes de chauffage électriques	40
Facteurs influant sur la comparaison des coûts de chauffage... ..	40
Résultat de la comparaison	41
Matériel connexe	44
Augmentation de la puissance d'entrée électrique	44
Systèmes de chauffage supplémentaire	44
Thermostats classiques	46
Thermostats électroniques	47
Réseau de distribution de la chaleur	48
Réponses à quelques questions courantes	48
Pour de plus amples renseignements	51

Le chauffage et le refroidissement à l'aide d'une thermopompe

Ed. rév.

Données de catalogage avant publication (Canada)

La bibliothèque nationale du Canada a catalogué la présente publication comme suit :

Le chauffage et le refroidissement à l'aide d'une thermopompe
(Série sur le chauffage et le refroidissement résidentiels)
ISBN 0-662-86627-4

N^o de cat.: M91-2/41-2002F

1. Pompes à chaleur
 2. Habitations – Chauffage et ventilation
 3. Habitations – Économies d'énergie
- II. Canada. Ressources naturelles Canada

TH7638.H52 1994 697 C94-980265-4F

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2000

Révisé en janvier 2000

This publication is also available in English under the title
Heating and Cooling with a Heat Pump

Pour obtenir des exemplaires supplémentaires de la présente publication, veuillez écrire à :

Publications Éconergie
Office de l'efficacité énergétique
a/s DLS
Ottawa (Ontario)
K1A 0S7

Télécopieur: (819) 994-1498

Ligne sans frais : 1 800 387-2000

On peut aussi consulter ou commander en ligne plusieurs publications de l'Office de l'efficacité énergétique. Visitez la bibliothèque virtuelle des Publications Éconergie à l'adresse

<http://oe.e.rncan.gc.ca/infosource>

Le site Web de l'Office de l'efficacité énergétique se trouve à l'adresse <http://oe.e.rncan.gc.ca>.



Imprimé sur
papier recyclé



IMPRIMÉ AU CANADA
PRINTED IN CANADA

INTRODUCTION

Si vous étudiez les diverses installations de chauffage et de refroidissement pour votre nouvelle maison ou si vous cherchez à réduire votre facture énergétique, il est possible que vous songiez à faire l'acquisition d'une thermopompe. La thermopompe peut régulariser la température de votre maison pendant toute l'année, car elle est une source de chaleur en hiver et de refroidissement en été. Certains types de thermopompes peuvent également fournir de l'eau chaude de consommation.

En règle générale, l'utilisation d'une thermopompe seule ne peut répondre de façon économique à tous vos besoins en chauffage. Toutefois, utilisée de pair avec une autre installation de chauffage, par exemple au mazout, au gaz ou à l'électricité, une thermopompe peut chauffer votre demeure en hiver et la refroidir en été de façon fiable et économique. Si votre maison est déjà équipée d'un système de chauffage au mazout ou à l'électricité, l'acquisition d'une thermopompe peut réduire efficacement vos frais d'énergie.

Cependant, avant de procéder à l'achat d'une thermopompe, il est important d'en examiner tous les avantages et les coûts. Bien que les thermopompes consomment moins de combustible que les systèmes de chauffage classiques, elles sont plus chères à l'achat. Il est donc important de bien comparer les économies de combustible que vous prévoyez et le coût initial de l'appareil. En outre, les thermopompes sont plus économiques si on les utilise toute l'année; en conséquence, il serait plus profitable d'investir dans une thermopompe si vous désirez refroidir votre maison l'été et la chauffer en hiver.

À ces considérations financières s'ajoutent les facteurs de commodité. Combien faut-il d'espace pour installer l'appareil ? Votre alimentation en énergie risque-t-elle d'être interrompue à l'occasion ? Dans l'affirmative, cela se produira-t-il souvent ? Devrez-vous faire installer un nouveau réseau de conduites ? Le système devra-t-il être entretenu fréquemment, et combien vous en coûtera-t-il ?

Pour faire un choix éclairé, il importe que vous connaissiez à fond tous les aspects du chauffage et du refroidissement des habitations avant de prendre une décision définitive.

La présente brochure décrit les types les plus courants de thermopompes et expose les facteurs qui se rattachent au choix, à l'installation, à l'utilisation et à l'entretien de ces appareils. Vous y trouverez aussi une brève comparaison du coût de fonctionnement de différents types de thermopompes et d'un système de chauffage classique électrique.

Gestion de l'énergie à la maison

Les thermopompes sont des appareils de chauffage et de refroidissement très efficaces qui sont susceptibles de réduire considérablement votre facture énergétique. Cependant, il serait peu judicieux d'investir dans un appareil de chauffage efficace si votre maison perd de la chaleur en raison d'une mauvaise isolation des murs, des plafonds, des fenêtres et des portes ou parce que des ouvertures ou des fissures laissent passer de l'air.

Il est souvent préférable de réduire les fuites d'air et d'isoler davantage la maison avant d'acheter un nouveau système de chauffage ou d'améliorer l'équipement en place. Ressources naturelles Canada offre aux consommateurs des publications à ce sujet (voir page 51).

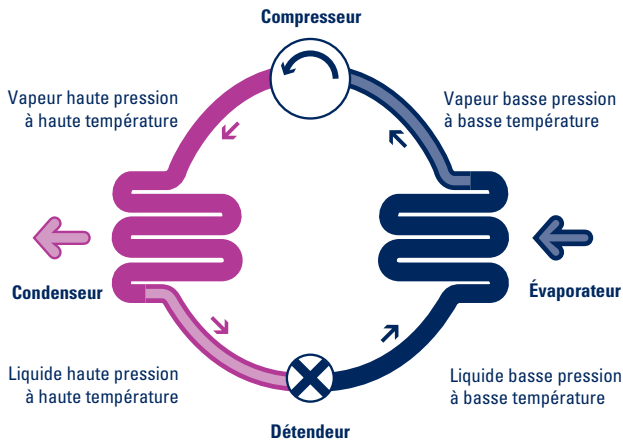
Refroidir sa maison l'été peut être coûteux

Les thermopompes chauffent la maison en hiver et la refroidissent durant l'été. Pour fonctionner, ces appareils requièrent toutefois de l'électricité. Si vous ajoutez une thermopompe à votre système de chauffage, ou si vous remplacez par une thermopompe un système qui n'est pas alimenté à l'électricité et qui n'est pas muni d'un appareil de climatisation centrale, vous constaterez une hausse de vos frais d'électricité.

LA THERMOPOMPE : DE QUOI S'AGIT-IL ET COMMENT FONCTIONNE-T-ELLE?

Une thermopompe est un appareil électrique capable de transférer la chaleur d'un endroit à un autre. Il ne s'agit pas là d'une technique nouvelle, car les thermopompes sont utilisées depuis des décennies au Canada et ailleurs dans le monde. Les réfrigérateurs et les climatiseurs sont deux types bien connus de thermopompes.

Figure 1: Cycle de base de la thermopompe



Les thermopompes déplacent la chaleur par l'évaporation et la condensation d'un fluide frigorigène (**figure 1**) qu'un compresseur fait circuler entre deux serpentins. Le frigorigène est évaporé à basse pression dans l'un des serpentins, ce qui lui permet d'absorber la chaleur contenue dans l'air ambiant. Il est ensuite pompé jusqu'à l'autre serpentin, où il se condense à haute pression et libère la chaleur absorbée au début du cycle.

Les réfrigérateurs et les climatiseurs sont deux exemples de thermopompes qui ne fonctionnent qu'en mode refroidissement. Un réfrigérateur est essentiellement un boîtier isolé auquel on a raccordé une thermopompe. L'évaporateur est situé à l'intérieur du boîtier, habituellement dans le congélateur. La chaleur est absorbée à cet endroit et transférée à l'extérieur, le plus souvent derrière ou sous l'appareil, où est situé le condenseur. Les climatiseurs fonctionnent selon le même principe : ils transportent vers l'extérieur la chaleur qui se trouve à l'intérieur de la maison.

Par ailleurs, il est possible d'inverser complètement le cycle d'une thermopompe, de sorte qu'elle puisse régulariser la température de votre maison pendant toute l'année – en la chauffant l'hiver, et en la refroidissant et en la déshumidifiant l'été. Comme le sol et l'air extérieur renferment toujours une certaine quantité de chaleur, la thermopompe peut servir à chauffer la maison même par temps froid. En fait, à -18°C , l'air contient environ 85p. 100 de la chaleur qu'il renferme à 21°C .

Les thermopompes *à air* – qui extraient la chaleur contenue dans l'air extérieur pendant l'hiver et évacuent la chaleur de la maison à l'extérieur l'été – sont celles que l'on retrouve le plus souvent dans les foyers canadiens. Cependant, des appareils qui puisent la chaleur dans le sol ou dans les eaux souterraines sont de plus en plus courants, surtout en Ontario et dans les provinces de l'Atlantique: il s'agit des *thermopompes terre-air ou eau-air*, aussi appelées pompes géothermiques.

POUR BIEN COMPRENDRE LES THERMOPOMPES

Voici quelques termes que vous rencontrerez fréquemment au cours de vos recherches sur les thermopompes.

ÉLÉMENTS DE LA THERMOPOMPE

Le **fluide frigorigène** est une substance qui circule dans la pompe afin d'absorber, de transporter et de libérer la chaleur.

Le **robinet inverseur** détermine le sens de l'écoulement du frigorigène à l'intérieur de la thermopompe.

Un **serpentin** est un tube ou un ensemble de tubes montés en boucle où s'effectue le transfert de chaleur. Il est parfois muni d'ailettes qui augmentent la surface servant à l'échange de chaleur.

L'**évaporateur** est un serpentin dans lequel le frigorigène puise la chaleur environnante. Lorsque le frigorigène atteint le point d'ébullition, il se transforme en vapeur à basse température. À son passage du robinet inverseur au compresseur,

l'**accumulateur** retient tout le liquide qui ne s'est pas transformé en gaz. Il est à noter que les thermopompes ne sont pas toutes munies d'un accumulateur.

Le **compresseur** comprime les molécules du gaz frigorigène, ce qui a pour effet d'en augmenter la température.

Le **condenseur** est un serpentin dans lequel le frigorigène libère de la chaleur et se liquéfie.

Le **détendeur** abaisse la pression créée par le compresseur, ce qui provoque une baisse de température. Le frigorigène devient un mélange à basse température de vapeur et de liquide.

La **chambre de distribution** est un caisson qui fait partie intégrante de l'installation et sert à distribuer l'air réchauffé ou refroidi dans la maison. C'est habituellement une grande boîte placée juste au-dessus de l'échangeur de chaleur.

AUTRE TERMES

Un **Btu/h** (de l'anglais *British thermal unit per hour*) est l'unité servant à mesurer le rendement calorifique des systèmes de chauffage. Un Btu correspond à la quantité de chaleur que dégage une chandelle du genre de celles qui servent à décorer les gâteaux d'anniversaire. Si cette quantité d'énergie était libérée en une heure, elle équivaldrait à un Btu/h.

Les **degrés-jours** servent à mesurer la rigueur de la température. On obtient un degré-jour chaque fois que la température moyenne d'une journée est d'un degré inférieure à la température de référence, soit 18°C. Par exemple, lorsque la température moyenne au cours d'une journée est de 12°C, la valeur attribuée à cette journée est de 6 degrés-jours. Pour calculer le total annuel, on fait la somme des totaux quotidiens.

Un **kilowatt (kW)** correspond à 1 000 watts, soit la quantité d'énergie qu'exigent dix ampoules de 100 watts chacune.

La **tonne** est l'unité de mesure de la puissance d'une thermopompe. Elle équivaut à 3,5 kW ou à 12 000 Btu/h.

Le **coefficient de performance (CP)** sert à mesurer l'efficacité des thermopompes. Pour le calculer, on divise la quantité de chaleur que la pompe transmet par la quantité d'électricité qu'elle consomme à une température donnée. Plus le CP est élevé, plus la thermopompe est efficace. Cette valeur est comparable au rendement en régime permanent des systèmes de chauffage au mazout et au gaz.

Pour obtenir le **coefficient de performance de la saison de chauffage (CPSC)**, on divise la quantité totale de chaleur (en Btu) produite par une thermopompe durant toute une saison de chauffage par la quantité totale d'énergie (en wattheures) consommée durant la même période. Cette valeur est semblable au rendement saisonnier des systèmes de chauffage à combustible et comprend l'énergie utilisée

pour le chauffage supplémentaire. Pour déterminer la saison de chauffage, on se sert de données météorologiques représentatives des conditions climatiques à long terme.

Le **rendement énergétique (RE)** mesure la puissance frigorifique d'une thermopompe en régime permanent. On le calcule en divisant cette puissance (en Btu/h) par la quantité d'électricité consommée (en watts) à une température donnée. Plus le RE est élevé, plus l'appareil est efficace.

Le **rendement énergétiquesaisonnier (RES)** est la mesure de la puissance frigorifique d'une thermopompe durant toute une saison de refroidissement. Pour le calculer, on divise la capacité totale de refroidissement fournie pendant la saison (en Btu) par la quantité d'énergie consommée par la thermopompe (en wattheures) durant cette période. Le RES est calculé d'après une température estivale moyenne de 28°C.

Le **point d'équilibre** est la température à laquelle la quantité de chaleur fournie par une thermopompe équivaut aux pertes de chaleur de la maison. C'est le point auquel la thermopompe répond à tous les besoins de chauffage de la maison. Sous ce point, il faut de la chaleur supplémentaire.

Le **point d'équilibre économique** est la température à laquelle le coût de l'énergie calorifique fournie par une thermopompe équivaut au coût de la chaleur produite par un système de chauffage supplémentaire.

Homologation et normes

L'Association canadienne de normalisation (CSA) procède à des essais afin de vérifier la sécurité des systèmes électriques de toutes les thermopompes. Une norme de rendement prescrit les tests à effectuer afin de déterminer la puissance calorifique, la puissance frigorifique et le rendement des thermopompes, de même que les conditions dans lesquelles ces tests doivent être exécutés. Les essais de performance des thermopompes à air sont régis par la norme CSA C273.3-M1991. La CSA a également publié une norme visant l'installation des thermopompes à air d'appoint (CSA C273.5-1980). L'Association canadienne de l'énergie du sol a publié, en collaboration avec la CSA, des normes qui permettent de déterminer le rendement des pompes géothermiques et de vérifier si elles sont installées adéquatement. Il s'agit respectivement des normes CSAC446-1990 et C445-1992.

Les normes régissant le rendement des thermopompes à air et des pompes géothermiques prévoient des niveaux minimaux d'efficacité énergétique. Ces niveaux font actuellement l'objet de règlements dans certaines juridictions canadiennes.

Terminologie associée au rendement

On utilise des termes différents pour exprimer le rendement des divers types de thermopompes. Par exemple, les thermopompes à air se voient attribuer des coefficients **saisonniers** de chauffage et de refroidissement : le coefficient de chauffage correspond au CPSC et celui de refroidissement, au RES (voir les définitions ci-dessus). Cependant, dans leurs catalogues, certains fabricants indiquent encore le CP et le RE des appareils. Ces coefficients sont obtenus en régime permanent à des conditions de température données, et ils ne sont pas comparables au CPSC ou au RES.

Pour les systèmes géothermiques, on calcule uniquement le CP et le RE. Cette fois encore, ces coefficients sont mesurés à une température donnée et ne peuvent être utilisés directement pour exprimer le rendement des appareils. Dans la section intitulée « Principaux avantages des pompes géothermiques » (voir la page 35), on se sert du CP pour faire une estimation du CPSC dans diverses régions du Canada. Habituellement, les CPSC ne servent pas à exprimer le rendement des pompes géothermiques; si on y a eu recours dans le présent document, c'est seulement pour pouvoir établir une comparaison avec les thermopompes à air.

THERMOPOMPES À AIR

Les thermopompes à air extraient la chaleur contenue dans l'air extérieur durant la saison de chauffage et évacuent la chaleur de la maison pendant l'été.

Il existe deux types de thermopompes à air. Le plus répandu est la thermopompe *air-air*, qui puise la chaleur contenue dans l'air pour la transférer, selon la saison, à l'intérieur ou à l'extérieur de la maison.

Le second type est la thermopompe *air-eau*, qui convient aux maisons équipées d'un système de chauffage à eau chaude. Durant la période de chauffage, la thermopompe extrait la chaleur contenue dans l'air extérieur et la fait passer dans

l'eau du système de chauffage. Si le système est conçu pour le refroidissement, le processus est inversé au cours de l'été : la pompe extrait la chaleur de l'eau circulant dans le réseau de distribution de la maison et pompe celle-ci à l'extérieur afin de refroidir l'intérieur. Comme ces systèmes sont encore peu répandus et que nombre d'entre eux ne sont pas équipés pour le refroidissement, l'exposé qui suit se concentre sur les installations air-air.

Dernièrement, des mini-thermopompes bibloc sans conduites ont fait leur entrée sur le marché canadien. Ces appareils conviennent parfaitement lorsqu'on décide d'améliorer le rendement énergétique d'une maison déjà munie d'un système de chauffage à eau chaude ou de plinthes électriques. Ce sont des unités murales alimentées à l'air libre qui peuvent être installées dans des pièces séparées de la maison. Il est possible de raccorder jusqu'à trois unités intérieures distinctes à un appareil placé à l'extérieur.

Une thermopompe à air peut être *d'appoint, entièrement électrique* ou *bivalente*. Les thermopompes d'appoint sont conçues pour être utilisées avec une source de chauffage supplémentaire, par exemple un système électrique, au mazout ou au gaz. Les thermopompes à air entièrement électriques comportent leur propre installation de chauffage supplémentaire sous la forme d'un système à résistances électriques. Quant aux thermopompes bivalentes, elles constituent un type spécial mis au point au Canada; elles comprennent un brûleur au gaz – ou au propane – qui augmente la température de l'air qui entre dans le serpentin extérieur. En conséquence, elles peuvent fonctionner à des températures extérieures plus basses.

Les thermopompes à air sont également utilisées dans certains systèmes de ventilation résidentiels; dans ces systèmes, elles extraient la chaleur contenue dans l'air vicié expulsé à l'extérieur, puis la transfèrent à l'air frais pompé vers l'intérieur ou à l'eau chaude de consommation.

Fonctionnement de la thermopompe à air

Les thermopompes à air ont trois cycles : le cycle de chauffage, le cycle de refroidissement et le cycle de dégivrage.

LE CYCLE DE CHAUFFAGE

Au cours du cycle de chauffage, la chaleur est extraite de l'air extérieur et est pompée à l'intérieur de la maison.

- Dans un premier temps, le frigorigène liquide traverse le détendeur et se transforme en un mélange basse pression de liquide et de vapeur. Il s'écoule ensuite vers le serpentin extérieur, qui fait fonction d'évaporateur. C'est là qu'il absorbe la chaleur de l'air extérieur et atteint le point d'ébullition, ce qui le fait se transformer en vapeur à basse température.
- Le robinet inverseur achemine cette vapeur jusqu'à l'accumulateur, qui recueille tout le liquide qui reste avant que la vapeur passe au compresseur. La vapeur est ensuite comprimée, ce qui a pour effet d'en réduire le volume et d'en augmenter la température.
- Enfin, le robinet inverseur achemine le gaz ainsi chauffé vers le serpentin intérieur, qui fait fonction de condenseur. La chaleur contenue dans le gaz chaud est libérée dans l'air intérieur, et le frigorigène se liquéfie sous l'effet de la condensation. Ce liquide retourne vers le détendeur, et le cycle recommence.

C'est la température de l'air extérieur qui détermine la capacité de la thermopompe de transférer la chaleur dans la maison. Toute baisse de température réduit la capacité de la thermopompe d'absorber la chaleur.

Au *point d'équilibre*, la puissance de la thermopompe correspond aux pertes de chaleur de la maison. Sous cette température, la thermopompe ne suffit pas à maintenir une température confortable dans les aires de séjour, et il faut utiliser un chauffage d'appoint.

Lorsque la thermopompe fonctionne en mode chauffage sans apport supplémentaire de chaleur, l'air qui s'en dégage est plus frais que l'air sortant d'un appareil de chauffage.

L'air que ces appareils distribuent dans les aires de séjour oscille normalement entre 55°C et 60°C, tandis que les thermopompes produisent une plus grande quantité d'air variant de 29°C à 43°C.

LE CYCLE DE REFROIDISSEMENT

Le cycle décrit ci-dessus est inversé durant l'été afin de refroidir la maison. L'appareil puise la chaleur dans l'air de la maison et la décharge à l'extérieur.

- Tout comme pendant le cycle de chauffage, le frigorigène liquide traverse le détendeur et se transforme en un mélange basse pression de liquide et de vapeur. Il se dirige ensuite vers le serpentin *intérieur*, qui sert d'évaporateur. Absorbant la chaleur de l'air intérieur, il atteint le point d'ébullition et se transforme en vapeur à basse température.
- Le robinet inverseur achemine cette vapeur vers l'accumulateur – lequel recueille tout le liquide restant –, puis vers le compresseur. Celui-ci comprime la vapeur, ce qui en réduit le volume et en augmente la température.
- Enfin, le robinet inverseur achemine le gaz ainsi chauffé vers le serpentin *extérieur*, qui fait fonction de condenseur. La chaleur contenue dans le gaz chaud est libérée dans l'air extérieur, et le frigorigène se liquéfie sous l'effet de la condensation. Le liquide retourne au détendeur, et le cycle recommence.

Au cours du cycle de refroidissement, la thermopompe déshumidifie également l'air intérieur. L'humidité contenue dans l'air circulant à la surface du serpentin intérieur se condense sur les parois du serpentin et tombe dans une cuve collectrice située sous le serpentin. Un tuyau d'évacuation du condensat relie la cuve au drain de la maison.

LE CYCLE DE DÉGIVRAGE

Si la température extérieure s'approche du point de congélation ou descend sous ce point pendant que la thermopompe fonctionne en mode chauffage, l'humidité de l'air circulant à la surface du serpentin extérieur se condense, et le serpentin givre. L'accumulation de givre dépend de la température extérieure et du degré d'humidité de l'air.

La présence d'une couche de givre diminue l'efficacité du serpentin, car elle réduit sa capacité de transférer la chaleur au frigorigène. Il faut donc, à un moment ou à un autre, faire disparaître le givre. À cette fin, la thermopompe passe au mode dégivrage.

- D'abord, le robinet inverseur règle l'appareil en mode refroidissement. Cela propulse du gaz chaud vers le serpentin extérieur pour faire fondre le givre. Simultanément, le ventilateur extérieur (qui souffle habituellement l'air froid sur le serpentin) se ferme afin de réduire la quantité de chaleur requise pour faire fondre le givre.
- Pendant ce temps, la thermopompe libère de l'air frais dans la maison. On peut utiliser une installation de chauffage supplémentaire pour réchauffer l'air avant qu'il soit distribué à l'intérieur.

Il y a deux façons de déterminer le moment où l'appareil passe au mode dégivrage. Dans le premier cas, des *commandes de dégivrage sur demande* contrôlent la circulation de l'air, la pression du frigorigène, la température de l'air ou des serpentins ou les écarts de pression dans le serpentin extérieur afin de détecter la présence de givre sur celui-ci.

Dans le second cas, une *commande de dégivrage à sonde et minuterie* est actionnée et interrompue par une minuterie ou par une sonde de température située sur le serpentin extérieur. Le cycle peut se déclencher à intervalles de 30, 60 ou 90 minutes, selon les conditions atmosphériques et la conception de l'installation.

Le déclenchement intempestif du cycle de dégivrage réduit le rendement saisonnier de la thermopompe. En règle générale, il est donc plus efficace de recourir au dégivrage sur demande, étant donné que le cycle de dégivrage n'est déclenché qu'au besoin.

Composition de l'installation

La **figure 2a** et **2b** montre les composantes d'une thermopompe à air. Outre les serpentins intérieur et extérieur, le robinet inverseur, le détendeur, le compresseur et les conduites, l'installation comprend des ventilateurs (qui soufflent l'air sur les serpentins) ainsi qu'une source de chaleur supplémentaire. Le compresseur peut être situé à l'intérieur ou à l'extérieur de la maison.

Dans le cas d'une thermopompe entièrement électrique, la chaleur supplémentaire provient d'une série de générateurs de chaleur à résistances situés dans l'enceinte principale de circulation de l'air, appelée chambre de distribution, en aval du serpentin intérieur de la thermopompe.

Figure 2a : Éléments de la thermopompe à air (cycle de chauffage)

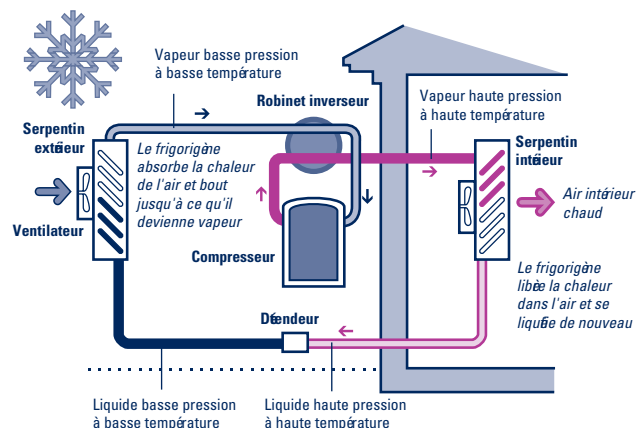
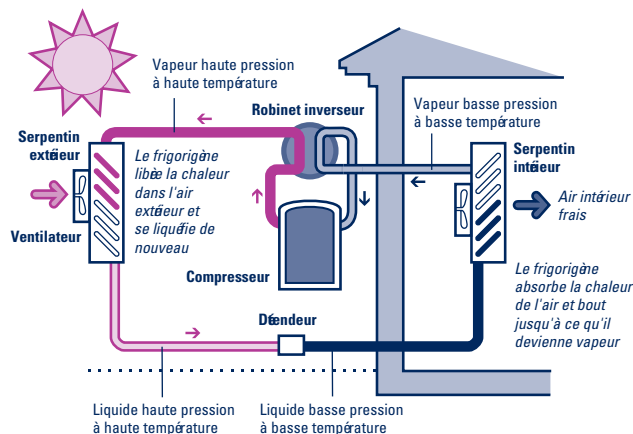
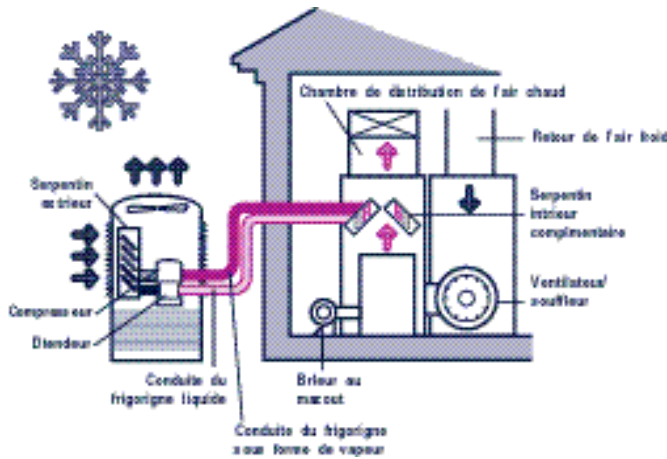


Figure 2b : Éléments de la thermopompe à air (cycle de refroidissement)



Si la thermopompe est un appareil d'appoint (**figure 3**), la chaleur supplémentaire est fournie par un système de chauffage, qu'il fonctionne à l'électricité, au mazout, au gaz naturel ou au propane. Le serpentin intérieur de la pompe est situé dans la chambre de distribution, habituellement juste au-dessus du système de chauffage. Une description du fonctionnement des thermopompes et des systèmes de chauffage figure à la page 44, à la section intitulée « Systèmes de chauffage supplémentaire ».

Figure 3 : Thermopompe d'appoint



Efficacité énergétique

Les caractéristiques d'une thermopompe à air déterminent sa puissance frigorifique (RES) et sa puissance calorifique (CPSC) annuelles. Au moment de publier le présent document, le RES des thermopompes à air oscillait entre 9 et 16, tandis que leur CPSC variait de 5,9 à 8,8 dans la région V prescrite dans la norme CSA C273.3-91 (les conditions climatiques de cette région sont très semblables à celles d'Ottawa).

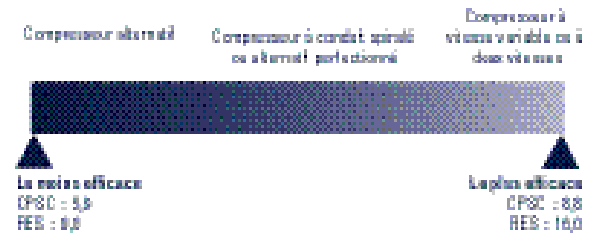
Les niveaux minimums d'efficacité énergétique susmentionnés sont régis par règlement dans un certain nombre de juridictions. Ces niveaux sont supérieurs de 5 à 10 p. 100 à l'efficacité moyenne pondérée des thermopompes qu'on vendait il y a quelques années. Cette amélioration est en grande partie attribuable à un meilleur rendement des compresseurs, à l'accroissement de la surface des échangeurs de chaleur, à l'amélioration de la circulation du frigorigène et à d'autres contrôles. Aujourd'hui, grâce au perfectionnement des compresseurs, des moteurs et des commandes, on est parvenu à accroître encore davantage l'efficacité des appareils.

Grâce aux compresseurs perfectionnés mis au point par divers fabricants (compresseurs alternatifs avancés, compresseurs à conduit de décharge spiralé, compresseurs à vitesse variable ou à deux vitesses combinés aux échangeurs

de chaleur et aux commandes les plus perfectionnés), le RES de certaines thermopompes atteint 16 et leur CPSC s'élève à 8,8 dans la région V.

Les thermopompes à air offrant le rendement énergétique le moins élevé sont munies d'un compresseur alternatif à une vitesse. Quant aux unités plus efficaces, elles comprennent généralement un compresseur à conduit spiralé ou un compresseur alternatif perfectionné. On ne constate aucune autre différence de conception apparente entre les deux types d'appareils. Les thermopompes offrant les meilleurs RES et CPSC sont toujours équipées d'un compresseur à conduit spiralé à vitesse variable ou à deux vitesses.

Figure 4 : Rendement des thermopompes à air (région V)



Autres critères de sélection

Choisissez la thermopompe ayant le CPSC le plus élevé possible dans la région V. Si d'autres appareils ont des CPSC semblables, comparez leur fonctionnement en régime permanent à $-8,3^{\circ}\text{C}$ (la température la plus basse à laquelle on les évalue). L'appareil ayant la cote la plus élevée sera le plus efficace dans la plupart des régions du Canada.

Choisissez une thermopompe munie d'une commande de dégivrage sur demande. Le cycle de dégivrage ne sera pas actionné inutilement (l'inversion du système peut à la longue endommager l'appareil), ce qui réduira tant l'énergie consommée par la thermopompe que la nécessité de recourir à du chauffage supplémentaire.

Le niveau de bruit est un niveau sonore pondéré – A avec correction de son pur exprimé en bels. Vous devriez arrêter votre choix sur une thermopompe dont le niveau de bruit extérieur se situe au maximum autour de 7,6 bels. Le niveau

de bruit indique le niveau sonore de la partie extérieure de la thermopompe. Plus le niveau est bas, moins l'unité extérieure émet de bruit. Ces cotes sont disponibles chez les fabricants et sont publiées par le *Air Conditioning and Refrigeration Institute (ARD)*, 4301 North Fairfax Drive, Arlington, Virginia, États-Unis 22203.

Puissance

Les charges de chauffage et de refroidissement devraient être déterminées au moyen d'une méthode de mesure reconnue, par exemple celle de la norme CSA-F280-M90, *Determining the Required Capacity of Residential Space Heating and Cooling Appliances*.

Bien que la thermopompe puisse être dimensionnée de façon à répondre à tous les besoins de chauffage d'une maison, cette pratique ne constitue pas la solution idéale. Au Canada, en effet, les besoins en chauffage sont plus importants que ceux en refroidissement. Lorsque la thermopompe est dimensionnée en fonction de la charge de chauffage, elle est trop puissante par rapport aux besoins de refroidissement et ne fonctionnera que de façon intermittente pendant l'été, ce qui peut nuire à son rendement et réduire sa capacité de déshumidifier la maison durant cette saison.

Par ailleurs, l'efficacité d'une thermopompe à air décroît à mesure que la température de l'air extérieur baisse. Il ne serait donc pas économique d'essayer de répondre à tous vos besoins en chauffage à l'aide d'une thermopompe de ce genre.

De façon générale, les thermopompes à air doivent être dimensionnées de manière à fournir au plus 125 p. 100 de la charge de refroidissement. Une thermopompe qui répond à ce critère peut assurer de 80 à 90 p. 100 de la charge de chauffage annuel, selon les conditions climatiques de la région. Le point d'équilibre de ce type d'appareil se situe entre 0 et -5°C , et cette solution vous offre la meilleure combinaison de coûts et de rendement saisonnier.

Installation

Au moment d'installer une thermopompe de quelque type que ce soit, il importe de suivre attentivement les instructions du fabricant. Vous trouverez ci-après des directives

d'ordre général dont il faut tenir compte au moment d'installer une thermopompe à air.

- Si la maison est munie d'un système de chauffage au gaz naturel, au mazout ou au bois, le serpentin doit être installé du côté chaud (en aval) de l'appareil.
- Dans les cas où on ajoute une thermopompe à un système de chauffage électrique, on place habituellement le serpentin du côté froid (en amont) de l'appareil afin d'accroître l'efficacité de l'installation.
- L'appareil installé à l'extérieur doit être à l'abri des grands vents, qui peuvent nuire au dégivrage. Cependant, il doit être situé de façon à ce que l'air extérieur ne soit pas réacheminé vers le serpentin.
- Il faut fixer l'appareil sur un support placé de 30 à 60 cm (de 12 à 14 po) au-dessus du sol afin d'empêcher la neige de gêner la circulation de l'air à la surface du serpentin et pour permettre le drainage de l'eau produite lors du dégivrage. Le support doit être ancré dans un socle de béton, qui doit lui-même reposer sur une couche de gravier afin de faciliter le drainage. L'appareil peut aussi être fixé au mur de la maison, sur un support approprié.
- Il est conseillé de placer la thermopompe hors de portée du larmier de la maison (c'est-à-dire l'endroit où l'eau dégoutte du toit) afin d'empêcher la glace et l'eau de tomber sur l'appareil et, par le fait même, d'entraver la circulation de l'air ou d'endommager le ventilateur ou le moteur.
- La cuve collectrice située sous le serpentin intérieur doit être reliée au drain de la maison afin d'assurer l'écoulement du condensat qui se forme sur le serpentin.
- La thermopompe doit être située de façon que les préposés à l'entretien aient assez d'espace pour réparer l'appareil au besoin.
- Les conduites qui transportent le frigorigène doivent être aussi courtes et droites que possible. On conseille de les revêtir d'une gaine isolante afin de réduire le plus possible les pertes de chaleur et d'éviter la condensation.
- Les ventilateurs et les compresseurs étant des sources de bruit, il faut prendre soin de placer l'appareil extérieur loin des fenêtres et des constructions adjacentes. Les vibrations

qui se font dans certains appareils peuvent également être bruyantes. Afin d'empêcher que cela ne se produise, on conseille de choisir de l'équipement silencieux ou d'installer l'appareil sur une base antibruit.

- Dans les maisons non équipées d'un réseau de distribution d'air, il faut procéder à l'installation de conduites. Puisque les thermopompes exigent habituellement des conduites plus grandes que les autres installations de chauffage central, il faut parfois modifier le réseau de conduites en place. Pour que la thermopompe fonctionne bien, la circulation d'air doit être de 50 à 60 litres par seconde (L/s) par kW, ou de 400 à 450 pieds cubes par minute (pi³/min) par tonne de puissance frigorifique.

Le coût d'installation d'une thermopompe à air varie en fonction du type d'appareil choisi et du système de chauffage en place dans la maison. En effet, les frais sont plus élevés s'il faut modifier le réseau de conduites ou augmenter la puissance de l'installation électrique pour être en mesure de répondre à l'augmentation de la demande.

Fonctionnement

Le thermostat intérieur devrait toujours être réglé à la même température (20°C).

Le fait de laisser le ventilateur intérieur fonctionner en permanence peut nuire au rendement de la thermopompe, à moins d'utiliser un moteur haut rendement à vitesse variable. Il est donc préférable de laisser le ventilateur en mode automatique.

Les thermopompes restent en marche plus longtemps que les systèmes de chauffage classiques puisque leur puissance calorifique est beaucoup moins grande.

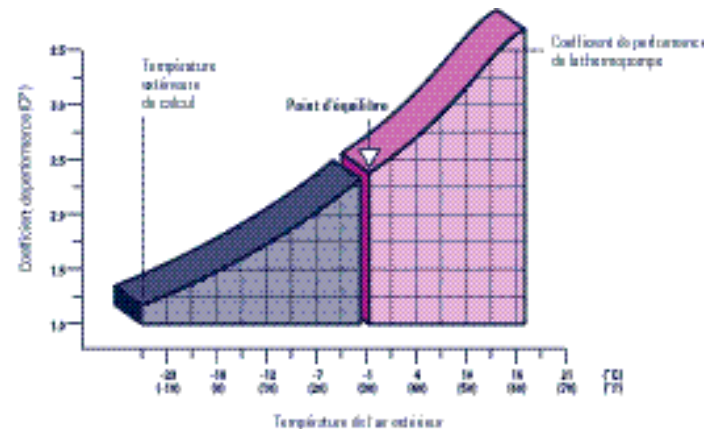
Principaux avantages de la thermopompe à air

EFFICACITÉ

À 10°C, le coefficient de performance (CP) des thermopompes à air est habituellement de 3. Cela signifie que 3 kW/h de chaleur sont transférés pour chaque kW/h d'électricité fourni à la thermopompe. À -8,3°C, le CP est généralement de 2.

Le CP décroît à mesure que la température baisse, étant donné qu'il est plus difficile de récupérer la chaleur de l'air plus frais. La **figure 5** illustre comment le refroidissement de la température de l'air modifie le CP. Cependant, il est à noter que les thermopompes se comparent avantageusement aux installations de chauffage à résistances électriques (CP de 1,0), et ce même lorsque la température est inférieure à -15°C.

Figure 5 : Particularités du rendement de la thermopompe à air typique



Le coefficient de performance de la saison de chauffage (CPSC) des thermopompes à air varie de 5,9 à 8,8 (région V), selon la région du Canada. La **figure 6** indique les CPSC de thermopompes à air en service dans différentes parties du pays. Dans le présent document, nous avons retenu trois régions où l'utilisation d'une thermopompe à air serait avantageuse. La première est la côte ouest, une région où le climat est doux et où les thermopompes offrent un rendement élevé. La deuxième – qui englobe une partie de l'Ontario et de la Nouvelle-Écosse ainsi que la zone intérieure de la Colombie-Britannique – est plus froide et offre un rendement intermédiaire. Enfin, la troisième région comprend les zones plus froides de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, de l'Ontario, du Québec et du Nouveau-Brunswick de même que la Nouvelle-Écosse, l'Île-du-Prince-Édouard et Terre-Neuve. À l'extérieur de ces régions, les thermopompes à air ont des CPSC plus bas et leur utilisation n'est pas rentable.

ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

Vous pouvez arriver à réduire vos frais de chauffage jusqu'à concurrence de 50 p. 100 si vous remplacez votre système électrique par une thermopompe à air entièrement électrique. Vos économies réelles dépendront de plusieurs facteurs, notamment le climat de votre région, le rendement du

Figure 6 : Coefficients de performance de la saison de chauffage (CPSC) des thermopompes à air au Canada



CPSC de 7,7 à 9,5	CPSC de 6,6 à 8,8	CPSC de 5,9 à 6,9
Chilliwack, C.-B. Nanaimo, C.-B. Richmond, C.-B. Vancouver, C.-B. Victoria, C.-B.	Kelowna, C.-B. Nelson, C.-B. Penticton, C.-B. Chatham, Ont. Hamilton, Ont. Niagara Falls, Ont. Toronto, Ont. Windsor, Ont. Halifax, N.-É. Yarmouth, N.-É.	Kamloops, C.-B. Prince Rupert, C.-B. Lethbridge, Alb. Medicine Hat, Alb. Maple Creek, Sask. Barrie, Ont. Kingston, Ont. Kitchener, Ont. London, Ont. North Bay, Ont. Ottawa, Ont. Sault Ste. Marie, Ont. Sudbury, Ont. Montreal, Q.C. Quebec, Q.C. Sherbrooke, Q.C. Moncton, N.-B. Saint John, N.-B. Amherst, N.-É. Sydney, N.-É. Charlottetown, I.-P.-É. Grand Bank, T.-N. St. John's, T.-N.

système de chauffage en place, le prix du combustible et de l'électricité ainsi que la puissance et le CPSC de la thermopompe choisie.

Des thermopompes à air plus perfectionnées peuvent aussi fournir de l'eau chaude de consommation. On appelle ce type de systèmes des unités « intégrées », puisque le chauffage de l'eau de consommation est intégré au système de conditionnement d'air de la maison. Il peut s'avérer très efficace de chauffer l'eau de cette façon, vos factures diminuant de 25 à 50 p. 100.

Entretien

Le fonctionnement efficace et la durabilité de votre thermopompe dépendent avant tout d'un bon entretien. Vous pouvez exécuter vous-même certaines des tâches d'entretien les plus simples, mais il serait bon de demander à un entrepreneur compétent de procéder à une inspection annuelle de votre appareil. Le temps idéal pour faire cette vérification est la fin de la saison de refroidissement, avant que ne commence la saison de chauffage.

- L'entretien des *filtres* et des *serpentins* a une très grande incidence sur le rendement du système et sur sa durée utile. La saleté qui obstrue les filtres, les serpentins et les ventilateurs fait obstacle à la circulation de l'air dans l'installation, ce qui en diminue le rendement et peut, à la longue, endommager le compresseur.

Vérifiez les filtres tous les mois et nettoyez-les ou remplacez-les conformément aux instructions du fabricant. Vous devriez aussi nettoyer régulièrement les serpentins avec un aspirateur ou une brosse, selon les instructions données dans le manuel de l'utilisateur. Le serpentin extérieur peut être lavé au boyau d'arrosage. Au cours du nettoyage des filtres et des serpentins, efforcez-vous aussi de repérer tout indice d'autres problèmes, comme ceux décrits ci-après.

- Une fois par année, il convient de nettoyer le *ventilateur* et d'en lubrifier le moteur afin de s'assurer qu'il fournit le débit d'air nécessaire au bon fonctionnement de la thermopompe. Profitez de l'occasion pour vérifier la vitesse du ventilateur. Un mauvais réglage des poulies, le relâchement des courroies du ventilateur ou le fonctionnement du moteur à la mauvaise vitesse sont autant de facteurs qui contribuent à réduire le rendement du système.

- Inspectez et nettoyez les *conduites* au besoin, de sorte que la circulation de l'air ne soit pas gênée par un relâchement de l'isolant, une accumulation excessive de poussière ou tout autre objet qui passe quelquefois à travers les grillages.
- Assurez-vous que les *évents* et les *bouches d'aération* ne sont pas obstrués par la présence de meubles, de tapis ou de tout autre objet pouvant gêner la circulation de l'air. Comme on l'a mentionné précédemment, toute obstruction prolongée de la circulation de l'air peut endommager le compresseur.

Vous devrez recourir aux services d'un entrepreneur compétent pour exécuter les tâches d'entretien plus difficiles comme la vérification du niveau du fluide frigorigène et le réglage des pièces électriques et mécaniques de l'appareil.

Les contrats d'entretien des thermopompes sont semblables à ceux visant l'entretien des systèmes de chauffage au mazout et au gaz. Les thermopompes sont toutefois plus perfectionnées que les installations classiques, ce qui fait que leur entretien peut coûter plus cher. Par contre, d'après une étude menée par l'Association canadienne de l'électricité, le coût des contrats d'entretien – dont la durée est habituellement de deux à cinq ans après l'expiration de la garantie du fabricant – est inférieur à 100 \$ par année. Cette étude indique également que les frais d'entretien sont en moyenne inférieurs à 50 \$ par année.

Frais de fonctionnement

Les frais de chauffage d'une thermopompe peuvent être inférieurs à ceux des autres installations de chauffage, particulièrement des systèmes de chauffage électriques.

Toutefois, les économies que vous pouvez prévoir dépendent du système de chauffage en place dans votre foyer – à l'électricité, au mazout, au propane ou au gaz naturel – et du prix relatif de ces sources d'énergie dans votre région. L'utilisation d'une thermopompe vous permettra en effet de réduire votre consommation de gaz ou de mazout, mais exigera une plus grande quantité d'électricité. Si vous habitez une région où l'électricité coûte cher, ou encore où le combustible est peu coûteux, vos frais de fonctionnement peuvent être plus élevés. Compte tenu de ces facteurs, vous pourriez avoir besoin soit de quelques années, soit d'une décennie ou plus

pour récupérer votre investissement dans une thermopompe. Vous trouverez plus loin une comparaison des coûts de chauffage au moyen de thermopompes à air, de pompes géothermiques et de systèmes de chauffage électriques.

Durée de service et garanties

La durée utile des thermopompes à air varie de 15 à 20 ans. Le compresseur est l'élément le plus vulnérable de l'installation.

La majorité des thermopompes sont assorties d'une garantie d'un an sur les pièces et la main-d'œuvre et d'une garantie additionnelle de cinq ans pour le compresseur (pièces seulement). Comme ces garanties varient d'un fabricant à l'autre, vérifiez-en attentivement tous les détails.

POMPES GÉOTHERMIQUES

Les pompes géothermiques utilisent le sol, les eaux souterraines ou les deux comme source de chaleur durant l'hiver et comme évacuateur de la chaleur récupérée dans la maison pendant l'été. C'est d'ailleurs pour cette raison qu'on les appelle pompes géothermiques. La chaleur est puisée dans le sol au moyen d'un liquide comme de l'eau souterraine ou une solution antigel. L'air est chauffé dans la thermopompe, puis libéré à l'intérieur de la maison. En été, le processus est inversé : la chaleur est retirée de l'air de la maison et transférée au sol par l'eau souterraine ou la solution antigel. Dans les systèmes géothermiques à détente directe, la solution antigel est remplacée par du frigorigène dans un échangeur de chaleur souterrain.

Les installations géothermiques peuvent être utilisées conjointement à une installation de chauffage à air pulsé ou à un système à eau chaude. Elles peuvent également être conçues et installées de manière à assurer le chauffage seulement, le chauffage combiné à un refroidissement passif ou le chauffage et un refroidissement actif. Les installations réservées au chauffage n'offrent pas de refroidissement. Les systèmes de refroidissement passif pompent de l'eau froide ou de l'antigel dans l'installation sans avoir recours à la thermopompe, tandis que les appareils de refroidissement actif fonctionnent de la façon décrite ci-après.

Fonctionnement des pompes géothermiques

Tous les systèmes géothermiques comportent deux parties: un réseau de tuyaux souterrains situés à l'extérieur de la maison et une thermopompe placée à l'intérieur. Contrairement aux thermopompes à air – dont un échangeur de chaleur (et souvent le compresseur) est placé à l'extérieur –, les pompes géothermiques sont installées entièrement à l'intérieur de la maison.

Le réseau de tuyaux extérieurs peut être à *circuit ouvert* ou à *circuit fermé*. Le réseau à circuit ouvert capte la chaleur contenue dans une masse d'eau souterraine. L'eau est pompée d'un puits jusqu'à l'échangeur de chaleur, qui en extrait la chaleur. Celle-ci est ensuite déversée dans un plan d'eau de surface, par exemple un ruisseau ou un étang, ou acheminée au réservoir souterrain par un autre puits.

Les installations à circuit fermé retirent la chaleur du sol au moyen d'une boucle continue et enfouie. Une solution antigel (ou du frigorigène dans le cas des systèmes géothermiques à détente directe) est refroidie par le système de réfrigération de la thermopompe à une température sensiblement inférieure à celle du sol et elle circule dans la boucle, absorbant la chaleur du sol environnant.

LE CYCLE DE CHAUFFAGE

Au cours du cycle de chauffage, l'eau souterraine, la solution antigel ou le frigorigène (qui a circulé dans les tuyaux souterrains et absorbé la chaleur du sol) est acheminé vers l'unité placée à l'intérieur de la maison. Dans le cas des systèmes utilisant de l'eau souterraine ou une solution antigel, le liquide traverse l'échangeur de chaleur primaire (rempli de fluide frigorigène). S'il s'agit d'un système à détente directe, le frigorigène entre directement dans le compresseur, sans passer par un échangeur de chaleur intermédiaire.

La chaleur se transmet au frigorigène, qui est porté à ébullition jusqu'à ce qu'il se transforme en vapeur à basse température. Dans les systèmes à circuit ouvert, l'eau souterraine est ensuite rejetée dans un étang ou un puits. Dans les systèmes à circuit fermé, la solution antigel ou le frigorigène est réacheminé vers le réseau de tuyaux souterrains afin d'être chauffé de nouveau.

Le robinet inverseur dirige le frigorigène sous forme de vapeur vers le compresseur. Celui-ci comprime la vapeur, ce qui a pour effet d'en réduire le volume et d'en augmenter la température.

Enfin, le robinet inverseur pousse le gaz ainsi réchauffé vers le condenseur, où la chaleur est libérée. De l'air est soufflé dans le serpentin, réchauffé et pulsé dans le réseau de conduites afin de réchauffer la maison. Après s'être départi de sa chaleur, le frigorigène traverse le détendeur, dans lequel sa température et sa pression sont abaissées. Il est ensuite acheminé soit au premier échangeur de chaleur, soit dans le sol s'il s'agit d'un système à détente directe, puis le cycle recommence.

EAU CHAUDE DE CONSOMMATION

Dans certains types de pompes géothermiques, un échangeur de chaleur (auss appelé désurchauffeur) extrait de la chaleur du frigorigène chaud qui quitte le compresseur. De l'eau en provenance du chauffe-eau de la maison est pompée dans un serpentin situé en amont du condenseur, de sorte qu'une partie de la chaleur qui aurait été dissipée dans le condenseur sert à chauffer l'eau. Il y a toujours un surplus de chaleur lorsque l'appareil fonctionne en mode refroidissement et par temps doux en mode chauffage, quand la thermopompe est au-dessus du point d'équilibre et ne fonctionne pas à pleine capacité. D'autres installations géothermiques chauffent l'eau de consommation sur demande : dans ce cas, l'appareil complet sert à chauffer l'eau au besoin.

Si les pompes géothermiques peuvent servir au chauffage de l'eau, c'est parce que leur compresseur se trouve à l'intérieur de la maison. Ces appareils ayant une capacité de chauffage relativement constante, ils peuvent habituellement assurer du chauffage pendant beaucoup plus d'heures que nécessaire pour chauffer la maison.

LE CYCLE DE REFROIDISSEMENT

Le cycle de refroidissement s'effectue essentiellement à l'inverse du cycle de chauffage. Le robinet inverse le sens de l'écoulement du frigorigène, qui récupère la chaleur contenue dans l'air de la maison. Dans le cas des systèmes à détente directe, la chaleur est transférée directement. Autrement, elle passe soit dans l'eau souterraine (lorsqu'il s'agit d'un système à

circuit ouvert) soit dans la solution antigel (dans le cas des systèmes à circuit fermé), que la pompe achemine vers l'extérieur – jusqu'à un plan d'eau ou un puits de retour (circuit ouvert) ou jusqu'aux tuyaux souterrains (circuit fermé). Ici encore, il est possible d'utiliser une partie de la chaleur excédentaire pour préchauffer l'eau de consommation.

Contrairement aux thermopompes à air, les pompes géothermiques n'exigent pas de cycle de dégivrage. La température du sous-sol est en effet beaucoup plus stable que celle de l'air et, comme la pompe elle-même est située à l'intérieur, le givre ne cause pas les mêmes ennuis.

Composition de l'installation

Comme le montre la **figure 7**, les systèmes géothermiques se composent de trois éléments principaux : la thermopompe proprement dite, le liquide servant à l'échange de chaleur (circuit ouvert ou fermé) et le réseau de transport de l'air (conduites).

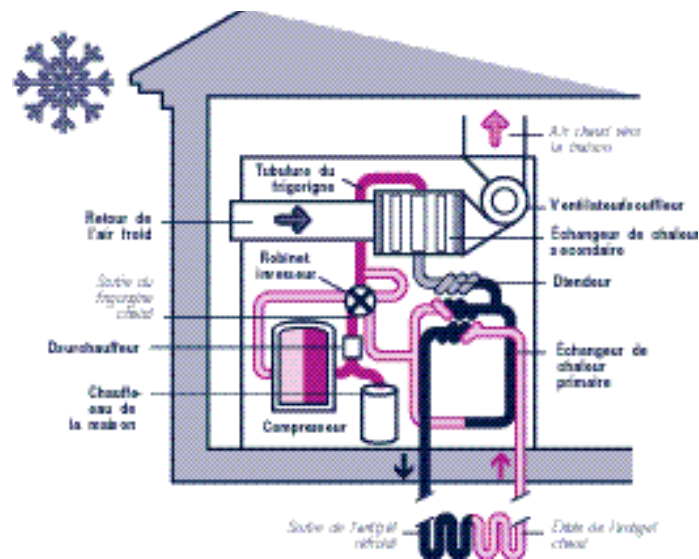
Il existe différents types de pompes géothermiques. Dans les appareils monobloc, le souffleur, le compresseur, l'échangeur de chaleur et le serpentin sont logés dans un même boîtier. Quant aux systèmes bibloc, ils permettent d'ajouter un serpentin à un système de chauffage à air pulsé et d'utiliser le souffleur et le générateur d'air chaud.

Efficacité énergétique

Comme dans le cas des thermopompes à air, le rendement des pompes géothermiques varie beaucoup selon les modèles. Les pompes géothermiques qui utilisent des eaux souterraines comme source de chaleur, aussi appelées systèmes à circuit ouvert, ont un CP variant de 3,0 à 4,0 et un rendement énergétique (RE) allant de 11,0 à 17,0. Les systèmes à circuit fermé possèdent un CP se situant entre 2,5 et 4,0, tandis que leur RE varie de 10,5 à 20,0.

L'efficacité minimale de chaque catégorie de pompes géothermiques est réglementée dans les mêmes juridictions que les thermopompes à air. Au cours des cinq dernières années, le rendement des pompes géothermiques

Figure 7 : Éléments de la pompe géothermique typique



s'est grandement amélioré. Aujourd'hui, les améliorations apportées aux compresseurs, aux moteurs et aux commandes des thermopompes à air sont aussi appliquées aux pompes géothermiques, ce qui en accroît encore davantage l'efficacité.

Les pompes géothermiques dont le rendement énergétique va de bas à moyen comportent un compresseur alternatif ou un compresseur volumétrique rotatif à vitesse unique ainsi qu'un ratio frigorigène-air relativement normal, mais elles comportent un échangeur de chaleur frigorigène-eau surdimensionné à surface améliorée. Les unités à rendement moyen utilisent un compresseur à conduit spiralé ou un compresseur alternatif perfectionné. Quant aux appareils à rendement élevé, ils comportent le plus souvent un compresseur à deux vitesses, un ventilateur intérieur à vitesse variable, ou les deux à la fois, et un échangeur de chaleur à peu près semblable à celui des autres systèmes.

Figure 8 : Rendement des pompes géothermiques à circuit ouvert (température de l'eau à l'entrée : 10°C)



Figure 9 : Rendement des pompes géothermiques à circuit fermé (température de la solution antigel à l'entrée : 0°C)



Puissance

Comme on l'a déjà mentionné, la température du sol, contrairement à celle de l'air, demeure assez constante. En conséquence, le rendement virtuel du système géothermique varie très peu au cours de l'hiver, et l'installation peut répondre à presque toute la demande de chauffage des locaux et fournir, en prime, l'énergie nécessaire au chauffage de l'eau.

Comme pour les thermopompes à air, toutefois, il n'est pas conseillé de dimensionner le système géothermique de façon à répondre à tous les besoins de chaleur de la maison. L'installation géothermique est le plus rentable lorsqu'elle satisfait 60 à 70 p. 100 de la demande maximale globale (locaux et eau). Un système de chauffage d'appoint permettra de répondre aux besoins exceptionnels lorsque les rigueurs de l'hiver occasionneront une charge de pointe. L'installation configurée de cette façon peut fournir environ 95 p. 100 de l'énergie nécessaire au chauffage des pièces et de l'eau.

Les pompes géothermiques à vitesse variable ou à puissance variable possèdent un compresseur à deux vitesses. À basse vitesse, ce type de système peut répondre à tous les besoins de refroidissement et à la plupart des besoins de chaleur; il passe à la deuxième vitesse seulement lorsque la demande de chaleur est élevée.

Il existe sur le marché des pompes géothermiques de puissances variées pour satisfaire aux exigences du climat canadien. Ces appareils, dont la puissance varie entre 0,7 kW et 35 kW (de 2 400 à 120 000 Btu/h), offrent en option le chauffage de l'eau de consommation.

Conception

Contrairement aux thermopompes à air, les pompes géothermiques exigent un puits ou un système de tubulure en boucle pour recueillir la chaleur du sol ou l'y dissiper.

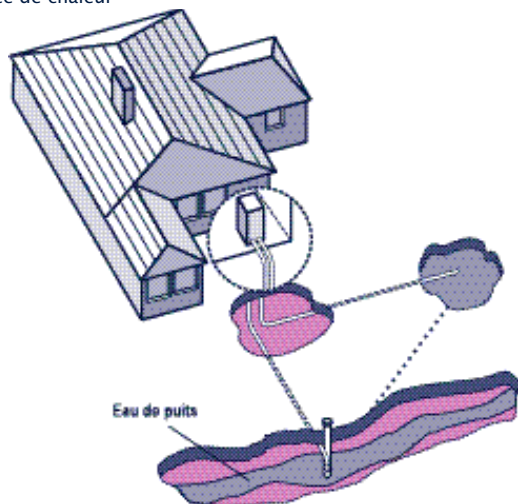
SYSTÈME À CIRCUIT OUVERT

Comme on l'a déjà précisé, le système à circuit ouvert (**figure 10**) utilise de l'eau souterraine provenant d'un puits ordinaire comme source de chaleur. L'eau est pompée dans la thermopompe, où la chaleur en est extraite. L'eau utilisée est ensuite déversée dans un cours d'eau, un étang, un fossé, un tuyau de drainage, une rivière ou un lac. Ce procédé est mieux connu sous le nom d'évacuation à ciel ouvert. (Cette méthode n'est peut-être pas approuvée dans votre région. Renseignez-vous auprès des autorités locales.)

On peut aussi rejeter l'eau utilisée dans un puits d'élimination, c'est-à-dire un second puits qui renvoie l'eau dans le sol. Ce type de puits doit être suffisamment grand pour éliminer toute l'eau qui circule dans la thermopompe et il doit être creusé par un puisatier d'expérience. Si vous avez déjà un puits supplémentaire, l'entrepreneur qui installe votre thermopompe doit s'assurer, auprès d'un puisatier, qu'il peut servir de puits d'élimination.

Peu importe la méthode employée, l'installation doit être entièrement sûre pour l'environnement. La thermopompe n'a pour fonction que de retirer la chaleur de l'eau ou d'y en ajouter; ce procédé ne comporte aucun polluant du milieu. La seule modification apportée à l'eau qui retourne à la terre est une légère augmentation ou diminution de sa température.

Figure 10 : Système à circuit ouvert utilisant l'eau d'un puits comme source de chaleur



La puissance de la thermopompe et les prescriptions techniques du fabricant déterminent la quantité d'eau nécessaire au fonctionnement du système à circuit ouvert. Le besoin d'eau de chaque modèle de thermopompe s'exprime normalement en litres par seconde (L/s) et est précisé dans le devis technique de l'appareil. Une thermopompe moyenne d'une puissance de 10 kW (34 000 Btu/h) utilise entre 0,45 et 0,75 L/s.

L'ensemble puits-pompe doit être d'une capacité suffisante pour fournir la quantité d'eau nécessaire au fonctionnement de la thermopompe et satisfaire à la demande d'eau de consommation de la maisonnée. Il se peut que vous deviez augmenter la capacité de votre réservoir sous pression ou modifier la tuyauterie de votre maison pour apporter assez d'eau à la thermopompe.

La mauvaise qualité de l'eau peut entraîner de sérieux problèmes dans le cas de systèmes à circuit ouvert. On doit donc éviter de se servir d'eau provenant d'une source, d'un étang, d'une rivière ou d'un lac pour faire fonctionner la thermopompe, à moins qu'il n'ait été établi que cette eau ne contient pas de quantités excessives de particules et de matières organiques, et qu'elle est suffisamment chaude tout au long de l'année (le plus souvent au-dessus de 5°C) pour empêcher

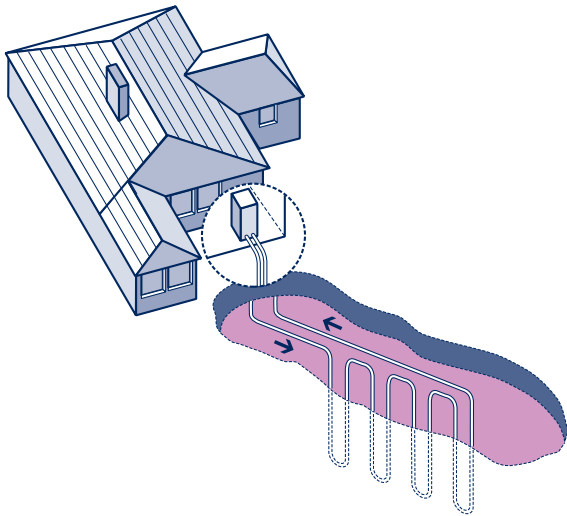
le gel de l'échangeur de chaleur. Les particules et autres matières peuvent en effet obstruer la thermopompe et la rendre inutilisable en peu de temps. Avant de procéder à l'installation d'une thermopompe, il est bon de soumettre l'eau à des analyses afin d'en établir le degré d'acidité, la dureté et la teneur en fer. L'entrepreneur qui se chargera d'installer la thermopompe ou le fabricant de l'appareil sont en mesure de vous renseigner sur la qualité d'eau qui est acceptable et sur les circonstances dans lesquelles il peut être nécessaire d'utiliser un échangeur de chaleur fait d'un matériau spécial. L'installation d'un système à circuit ouvert est souvent régie par les règlements locaux de zonage ou assujettie à un permis. Vérifiez auprès des autorités locales si certaines restrictions s'appliquent à la région que vous habitez.

SYSTÈME À CIRCUIT FERMÉ

Le système à circuit fermé, qui puise la chaleur dans le sol même, fonctionne à partir d'une boucle continue formée de tubes de plastique de conception spéciale, enfouis dans la terre. On utilise des tubes de cuivre dans le cas des systèmes à détente directe. La tubulure est raccordée à la thermopompe, installée dans la maison, et forme une boucle souterraine étanche dans laquelle circule une solution antigel ou un liquide frigorigène. Alors que l'installation à circuit ouvert utilise de l'eau provenant d'un puits, le système à circuit fermé permet la recirculation de la solution servant au transfert de la chaleur dans un tubulure sous pression.

La tubulure est disposée à *la verticale* et à *l'horizontale*. La configuration verticale du circuit fermé (**figure 11**) convient à la plupart des propriétés de banlieue, où l'espace est restreint. Les tubes sont insérés dans des trous d'un diamètre de 150 mm (6 po), jusqu'à une profondeur variant entre 18 et 60 m (de 60 à 200 pi), selon l'état du sol et la puissance de l'installation. Il faut normalement prévoir une longueur de 80 à 110 m (de 270 à 350 pi) de tubes pour chaque tonne (3,5 kW ou 12 000 Btu/h) de puissance de la thermopompe. Des tubes en U sont insérés dans les trous. Pour les systèmes à détente directe, le diamètre des trous peut être plus petit, ce qui peut réduire les frais de creusage.

Figure 11 : Montage vertical d'un système à circuit fermé à boucle en U unique

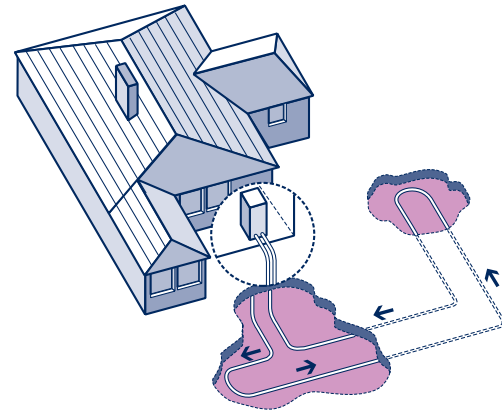


La disposition horizontale (**figure 12**) se retrouve plus fréquemment dans les régions rurales, où les terrains sont grands. La tubulure est installée dans des tranchées d'une profondeur variant entre 1,0 et 1,8 m (de 3 à 6 pi) selon le nombre de tubes dans chaque tranchée. En règle générale, il faut prévoir de 120 à 180 m (de 400 à 600 pi) de tubes par tonne de puissance. Par exemple, une maison bien isolée d'une superficie de 185 m² (2 000 pi²) exige normalement une installation d'une puissance de trois tonnes, soit de 360 à 540 m (de 1 200 à 1 800 pi) de tubes.

L'échangeur de chaleur horizontal le plus répandu est constitué de deux tuyaux placés côte à côte dans la même tranchée. Lorsque l'espace est restreint, on recourt parfois à un échangeur de chaleur en spirale, et on peut même superposer quatre ou six tubes dans des tranchées plus courtes.

Quel que soit l'agencement que vous choisissez, la tubulure destinée à recevoir la solution antigel doit être faite de polyéthylène ou de polybutylène de série 100 et comporter des joints soudés par fusion thermique (plutôt que des raccords mécaniques, des brides ou des joints collés) afin d'assurer l'étanchéité des joints pendant la durée utile de la tubulure. Correctement installés, ces tubes peuvent servir pendant 25 à 75 ans. Ils résistent bien à l'action des produits

Figure 12 : Montage horizontal d'un système à circuit fermé à couche unique



chimiques contenus dans le sol et sont de bons conducteurs de chaleur. Quant à la solution antigel, elle doit recevoir l'approbation des autorités locales en matière d'environnement. Pour les systèmes à détente directe, il faut utiliser des tubes de cuivre destinés à être utilisés avec un frigorigène.

La présence de circuits verticaux ou horizontaux n'a aucun effet défavorable sur le paysage pourvu que les trous et les tranchées soient bien remblayés et le sol fermement compacté.

Pour les circuits disposés à l'horizontale, il faut creuser des tranchées d'une largeur de 150 à 600 mm (de 6 à 24 po). Les espaces dénudés créés par ces travaux peuvent être restaurés avec du gazon. Quant aux circuits verticaux, leur pose exige peu d'espace et cause peu de dommages à la pelouse.

Il est important de confier à un entrepreneur compétent l'installation des circuits horizontaux et verticaux. Les tubes de plastique doivent être soudés par fusion thermique, et on doit veiller à établir un bon contact entre le sol et la tubulure afin que le transfert de la chaleur se fasse correctement, comme c'est le cas avec les trous cimentés à l'aide d'une caisse à couler. Cet élément est particulièrement important dans le cas des systèmes à échangeur de chaleur vertical. Une mauvaise installation du circuit peut empêcher la thermopompe de fournir un rendement optimal.

Installation

Comme les thermopompes à air, les pompes géothermiques doivent être conçues et installées par un entrepreneur qualifié. Il est conseillé de vous adresser à un entrepreneur local spécialiste des thermopompes pour concevoir, installer et entretenir votre équipement. Vous serez ainsi assuré d'avoir une installation efficace et fiable. Il faut aussi veiller à ce qu'on s'en tienne rigoureusement aux instructions du fabricant. Toutes les installations doivent être conformes aux exigences de la norme CSA C445 de l'Association canadienne de normalisation.

Le coût des pompes géothermiques (installation comprise) varie en fonction de l'état de l'emplacement; toutefois, il peut atteindre deux fois celui d'un système de chauffage au gaz, à l'électricité ou au mazout assorti d'un appareil de climatisation d'appoint. Le coût total d'un système à circuit ouvert peut être moindre. Les frais supplémentaires sont attribuables au collecteur souterrain, qu'il s'agisse d'un circuit ouvert ou fermé. Il faut par ailleurs installer des conduites dans les maisons qui n'ont pas de réseau de distribution d'air. Le degré de difficulté de ces travaux varie selon les cas et doit être évalué par l'entrepreneur.

Les frais d'installation sont aussi fonction du type de collecteur souterrain choisi et des exigences techniques de l'équipement. Pour que le projet en vaille la peine sur le plan financier, il faut que la diminution de vos frais d'énergie vous permette de récupérer en moins de cinq ans les frais déboursés au moment de l'installation.

Renseignez-vous auprès du service public d'électricité de votre localité pour savoir quels avantages vous auriez à investir dans l'achat d'une pompe géothermique. On offre parfois un régime de financement à frais réduits aux acquéreurs d'installations approuvées.

Principaux avantages des pompes géothermiques

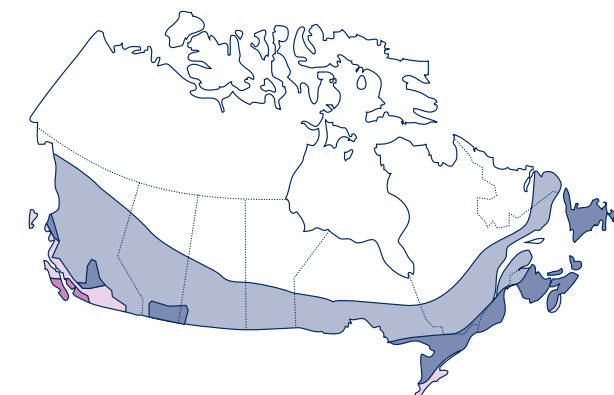
EFFICACITÉ

Au Canada, où la température de l'air peut descendre sous -30°C et où la température du sol en hiver varie entre -2°C et 4°C , les systèmes à pompe géothermique ont un coefficient de performance (CP) allant de 2,5 à 3,8.

Les **figures 13** et **14** illustrent les coefficients de performance de la saison de chauffage (CPSC). Ces coefficients sont calculés à peu près de la même manière que ceux associés aux thermopompes à air sauf que, dans ce cas-ci, on tient compte de la puissance des systèmes offerts sur le marché et de la température des eaux souterraines dans diverses régions du Canada. On connaît le CP et le RE des pompes géothermiques, mais il faut quand même évaluer leur performance pendant la saison de chauffage pour être en mesure de comparer leurs coûts de fonctionnement avec ceux des thermopompes à air.

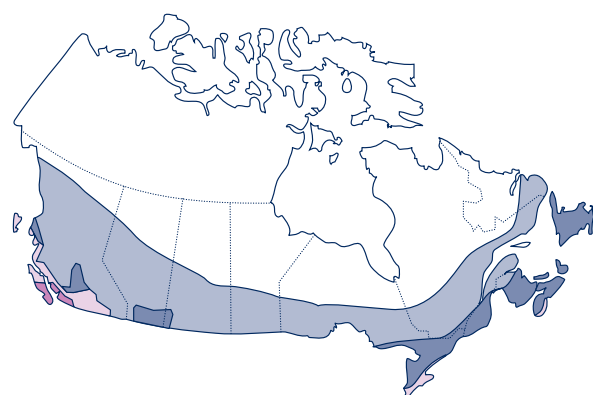
Dans les régions méridionales du Canada, le CPSC des pompes géothermiques à circuit ouvert varie de 8,3 à 11,6 comparativement à un CPSC de 3,4 pour le chauffage à résistances électriques. Toujours dans les régions méridionales, les installations à circuit fermé ont un CPSC variant entre 6,5 et 11,2, la valeur la plus élevée étant celle du système à circuit fermé le plus efficace sur le marché. La **figure 13** (page 36) montre les CPSC des systèmes à circuit ouvert dans diverses régions climatiques du Canada, tandis que la **figure 14** (page 37) illustre le CPSC des systèmes à circuit fermé.

Figure 13 : Coefficient de performance de la saison de chauffage (CPSC) pour les pompes géothermiques à circuit ouvert au Canada



Chilliwack, C.-B. Nanaimo, C.-B. Richmond, C.-B. Vancouver, C.-B. Victoria, C.-B.	Kelowna, C.-B. Nelson, C.-B. Penticton, C.-B. Chatham, Ont. Hamilton, Ont. Niagara Falls, Ont. Toronto, Ont. Windsor, Ont. Halifax, N.-É. Yarmouth, N.-É.	Kamloops, C.-B. Prince Rupert, C.-B. Lethbridge, Alb. Medicine Hat, Alb. Maple Creek, Sask. Barrie, Ont. Kingston, Ont. Kitchener, Ont. London, Ont. North Bay, Ont. Ottawa, Ont. Sault Ste. Marie, Ont. Sudbury, Ont. Montreal, QC. Quebec, QC. Sherbrooke, QC. Moncton, N.-B. Saint John, N.-B. Amherst, N.-É. Sydney, N.-É. Charlottetown, Î.-P.-É. Grand Bank, NF. St. John's, NF.	Prince George, C.-B. Banff, Alb. Calgary, Alb. Edmonton, Alb. Peace River, Alb. Prince Albert, Sask. Regina, Sask. Saskatoon, Sask. Brandon, MB. Winnipeg, MB. Thunder Bay, Ont. Timmins, Ont. Chicoutimi, QC. Rimouski, QC. Shawinigan, QC. Edmunston, N.-B.
---	--	--	--

Figure 14 : Coefficient de performance de la saison de chauffage (CPSC) pour les pompes géothermiques à circuit fermé au Canada



Chilliwack, C.-B. Nanaimo, C.-B. Richmond, C.-B. Vancouver, C.-B. Victoria, C.-B.	Kelowna, C.-B. Nelson, C.-B. Penticton, C.-B. Chatham, Ont. Hamilton, Ont. Niagara Falls, Ont. Toronto, Ont. Windsor, Ont. Halifax, N.-É. Yarmouth, N.-É.	Kamloops, C.-B. Prince Rupert, C.-B. Lethbridge, Alb. Medicine Hat, Alb. Maple Creek, Sask. Barrie, Ont. Kingston, Ont. Kitchener, Ont. London, Ont. North Bay, Ont. Ottawa, Ont. Sault Ste. Marie, Ont. Sudbury, Ont. Montreal, QC. Quebec, QC. Sherbrooke, QC. Moncton, N.-B. Saint John, N.-B. Amherst, N.-É. Sydney, N.-É. Charlottetown, Î.-P.-É. Grand Bank, T.-N. St. John's, T.-N.	Prince George, C.-B. Banff, Alb. Calgary, Alb. Edmonton, Alb. Peace River, Alb. Prince Albert, Sask. Regina, Sask. Saskatoon, Sask. Brandon, MB. Winnipeg, MB. Thunder Bay, Ont. Timmins, Ont. Chicoutimi, QC. Rimouski, QC. Shawinigan, QC. Edmunston, N.-B.
---	--	--	--

ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

Une pompe géothermique vous fera économiser beaucoup en frais de chauffage et de refroidissement. Elle permet des économies de l'ordre de 65 p. 100 des frais occasionnés par l'utilisation d'un système de chauffage électrique.

En moyenne, une pompe géothermique permet d'économiser environ 40 p. 100 de plus qu'il ne serait possible de le faire avec une thermopompe à air. Cela s'explique par le fait qu'en hiver, la température du sol est plus élevée que celle de l'air. En conséquence, la pompe géothermique peut fournir plus de chaleur au cours de l'hiver que ne peut le faire une thermopompe qui puise la chaleur de l'air.

Dans la pratique, les économies d'énergie réalisées dépendent du climat local, du rendement du système de chauffage en place, du coût du combustible et de l'électricité, de la puissance de l'appareil et du coefficient de performance de la thermopompe, mesuré selon les exigences de la CSA. Plus loin dans la présente publication, on comparera les frais de chauffage d'une pompe géothermique avec ceux d'un système de chauffage électrique, en plus des thermopompes à air.

CHAUFFAGE DE L'EAU DE CONSOMMATION

Le recours à une pompe géothermique peut également réduire les frais de chauffage de l'eau de consommation. Certains de ces appareils sont munis d'un désurchauffeur qui utilise une partie de la chaleur recueillie pour préchauffer l'eau, tandis que d'autres modèles plus récents passent automatiquement au chauffage de l'eau sur demande. Grâce à ces particularités, ces installations vous permettent de réduire vos frais de chauffage de l'eau dans une proportion de 25 à 50 p. 100.

Entretien

Les pompes géothermiques exigent peu d'entretien de votre part. De fait, les travaux d'entretien devraient être confiés à un entrepreneur compétent, qui devrait idéalement procéder à la vérification de votre appareil une fois par année.

- Tout comme dans le cas des thermopompes à air, l'entretien des *filtres* et des *serpentins* a une grande incidence sur le rendement de l'installation et sa durée utile. La saleté qui obstrue les filtres, les serpentins ou les ventilateurs fait obstacle à la circulation de l'air dans la thermopompe. Cela diminue le rendement de l'installation et peut, à la longue, endommager le compresseur.

- On doit nettoyer le *ventilateur* pour s'assurer qu'il fournit le débit d'air nécessaire au bon fonctionnement de l'appareil. Il faut, par la même occasion, vérifier la vitesse du ventilateur. Le mauvais réglage des poulies, le relâchement de la courroie ou le fonctionnement de l'appareil à la mauvaise vitesse sont autant de facteurs qui contribuent à réduire le rendement de l'installation.
- Il faut inspecter et nettoyer les *conduites* selon les besoins, pour s'assurer que le débit d'air n'est pas gêné par le relâchement de l'isolant, une accumulation excessive de poussière ou tout autre objet que peuvent quelquefois laisser passer les grillages.
- Assurez-vous que les *évents* et les *bouches d'aération* ne sont pas obstrués par la présence de meubles, de tapis ou de tout autre objet pouvant gêner la circulation de l'air.
- Dans le cas d'un système à circuit ouvert, il est possible que des dépôts minéraux se forment à l'intérieur de l'échangeur de chaleur de la thermopompe. Une inspection régulière et, au besoin, un nettoyage fait par un entrepreneur compétent à l'aide d'une solution acide douce suffit à dissoudre ces dépôts. Le système à circuit fermé exige moins d'entretien à la longue parce qu'il est étanche et sous pression, ce qui élimine la possibilité d'accumulation de dépôts minéraux ou ferreux.

Les contrats d'entretien des pompes géothermiques sont semblables à ceux que l'on offre pour les systèmes de chauffage au mazout et au gaz.

Frais de fonctionnement

Les frais de fonctionnement d'une pompe géothermique sont habituellement largement inférieurs à ceux des autres installations de chauffage, en raison des économies de combustible que permet la pompe. Un installateur compétent devrait être en mesure de vous renseigner sur la quantité d'électricité que consomment les divers modèles de pompes géothermiques.

Toutefois, les économies que vous pouvez faire dépendent du type de système de chauffage que vous avez – à l'électricité, au mazout ou au gaz naturel – et du prix de ces différentes sources d'énergie dans votre région. L'utilisation d'une thermopompe permet de consommer moins de gaz ou

de mazout, mais elle fait augmenter la consommation d'électricité. Si vous habitez une région où l'électricité coûte cher, vos frais de fonctionnement peuvent être plus élevés. La période de récupération du coût d'une pompe géothermique peut donc aller jusqu'à une décennie ou plus. Vous trouverez, plus loin dans cette publication, des estimations du coût de fonctionnement des pompes géothermiques.

Durée de service et garanties

La durée utile d'une pompe géothermique varie entre 20 et 25 ans. Elle est supérieure à celle de la thermopompe à air, parce que le compresseur est soumis à des efforts thermiques et mécaniques moindres et qu'il est protégé des intempéries.

La majorité des pompes géothermiques s'assortissent d'une garantie d'une année quant aux pièces et à la main-d'œuvre, et certains fabricants offrent une garantie prolongée. Comme ces garanties varient d'un fabricant à l'autre, il est prudent d'en vérifier attentivement tous les détails.

COMPARAISON DES COÛTS DE CHAUFFAGE : THERMOPOMPES ET SYSTÈMES DE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUES

Facteurs influant sur la comparaison des coûts de chauffage

Comme on l'a dit plus tôt, les économies auxquelles vous pouvez vous attendre en utilisant une thermopompe pour chauffer votre maison dépendent d'un certain nombre de facteurs :

- le coût de l'électricité et des autres combustibles dans votre région;
- l'emplacement de votre maison – la rigueur de l'hiver;
- le type et l'efficacité de la thermopompe que vous envisagez d'acheter – selon que son CPSC ou son CP la situe plutôt parmi les appareils les moins efficaces ou les plus efficaces, comme le montrent les **figures 4, 8 et 9**;

- la façon dont la thermopompe est dimensionnée ou choisie en fonction de la maison – le point d'équilibre au-dessous duquel il faut utiliser un système de chauffage supplémentaire.

Résultats de la comparaison

Le **tableau 1** (page 42) montre les frais de chauffage occasionnés par six modèles de thermopompes et un système de chauffage électrique. On a choisi sept endroits au Canada pour établir les comparaisons. Six de ces endroits sont des villes; le septième est une région, soit l'Ontario central rural. Dans chacun des endroits retenus, le coût de l'électricité est différent. Les résultats dans d'autres villes de la même région climatique peuvent différer en raison des variations du prix de l'électricité.

Le tableau indique l'échelle à l'intérieur de laquelle devraient se situer les frais d'énergie annuels de chaque système, selon la région. On a tenu compte des variations possibles sur le plan de l'efficacité de l'équipement, de la taille de la maison et des besoins annuels de chauffage, ainsi que du rapport entre le rendement de la thermopompe et les pertes de chaleur de la maison. Selon le **tableau 1**, c'est à Vancouver, là où le climat est le plus doux, que les frais de fonctionnement sont le plus bas, et ce pour tous les systèmes. L'Ontario central rural enregistre les coûts de fonctionnement les plus élevés pour la plupart des systèmes. Dans tous ces cas estimatifs, les thermopompes occasionnent des coûts de chauffage annuels moins élevés que les systèmes de chauffage électriques. Il faut aussi noter que, dans tous les endroits étudiés, les pompes géothermiques à circuit ouvert coûtent moins cher à faire fonctionner que les systèmes à circuit fermé.

Les comparaisons présentées dans le **tableau 1** portent seulement sur les frais d'énergie servant au chauffage des locaux. Certaines thermopompes sont équipées d'un désurchauffeur servant au chauffage de l'eau de consommation, ce qui peut réduire les coûts de 25 à 50 p. 100. Cela permettrait de réaliser des économies additionnelles et améliorerait le rendement de l'investissement. En outre, il est possible de récupérer de l'argent et d'économiser de l'énergie avec une thermopompe qui peut répondre aux besoins de refroidissement des locaux.

Tableau 1 :*Comparaison des coûts de chauffage :*

Thermopompes et systèmes de chauffage électriques

Fourchette de coûts en \$

Endroit	Système électrique	Thermopompe à air (rendement ordinaire)	Thermopompe à air (rendement élevé)
	AFUE à 100 %		
Vancouver	465\$ – 925\$	205\$ – 395\$	185\$ – 345\$
Calgary	1 155\$ – 2310\$	—	—
Winnipeg	865\$ – 1725\$	—	—
Ontario central rural	1300\$ – 2600\$	780\$ – 1 580\$	730\$ – 1355\$
Toronto	740\$ – 1295\$	380\$ – 660\$	345\$ – 560\$
Montréal	830\$ – 1660\$	500\$ – 1010\$	465\$ – 870\$
Halifax	785\$ – 1370\$	400\$ – 700\$	365\$ – 590\$

Pompe géo. à circuit ouvert (rendement ordinaire)	Pompe géo. à circuit ouvert (rendement élevé)	Pompe géo. à circuit fermé (rendement ordinaire)	Pompe géo. à circuit fermé (rendement élevé)
175\$ – 340\$	140\$ – 280\$	180\$ – 370\$	140\$ – 310\$
500\$ – 1000\$	430\$ – 915\$	580\$ – 1190\$	505\$ – 1130\$
375\$ – 750\$	320\$ – 685\$	435\$ – 890\$	375\$ – 845\$
530\$ – 1040\$	435\$ – 915\$	580\$ – 1200\$	490\$ – 1100\$
285\$ – 480\$	225\$ – 400\$	295\$ – 525\$	230\$ – 440\$
340\$ – 665\$	280\$ – 585\$	370\$ – 770\$	315\$ – 705\$
300\$ – 510\$	235\$ – 425\$	310\$ – 555\$	245\$ – 465\$

Notes

- Prix de l'électricité (pour le dernier plateau de consommation) dans le secteur résidentiel en mars 1993, tels que fournis par les services publics locaux. Les tarifs vont de 4,98 ¢ le kWh (Vancouver) à 8,37 ¢ le kWh (Ontario central rural).
- * AFUE : Annual Fuel Utilization Efficiency (efficacité d'utilisation annuelle du combustible – Rendement saisonnier)

- Les coûts indiqués s'appliquent uniquement au chauffage des locaux. Les pompes géothermiques sont souvent équipées d'un désurchauffeur qui facilite le chauffage de l'eau. Un désurchauffeur peut réduire les factures annuelles de chauffage de l'eau à l'électricité de 100 \$ à 200 \$. L'ajout de ces économies à celles réalisées sur le chauffage des locaux (et sur les frais de refroidissement des locaux) a pour effet de raccourcir la période de récupération des frais d'installation d'une pompe géothermique.
- Les coûts indiqués se fondent sur les CPSC des figures 6, 13 et 14 et sur des besoins de chauffage variant de 4,5 kWh à 17,5 kWh (de 15 000 Btu/h à 60 000 Btu/h).

Augmentation de la puissance d'entrée électrique

D'une façon générale, il n'est pas nécessaire d'augmenter la puissance d'entrée électrique au moment de l'installation d'une thermopompe d'appoint utilisant l'air comme source de chaleur. Il peut cependant être nécessaire de le faire en raison de l'usure de l'installation électrique et de la charge électrique totale de la maison. L'aménagement d'une thermopompe air-air entièrement électrique ou d'une thermopompe terre-air ou eau-air exige habituellement une entrée de 200 ampères.

Systèmes de chauffage supplémentaire

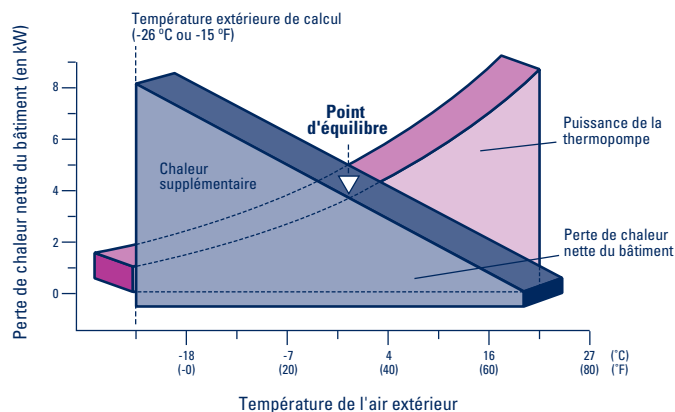
THERMOPOMPES À AIR

La plupart des thermopompes doivent être complétées par une installation de chauffage d'appoint. Les thermopompes à air sont habituellement réglées de façon à s'arrêter lorsqu'elles atteignent leur point d'équilibre thermique ou économique. Elles peuvent aussi nécessiter un surplus de chaleur (aussi appelé chaleur d'appoint ou chaleur auxiliaire) pendant le cycle de dégivrage.

Ce surplus de chaleur peut provenir de n'importe quel genre de système de chauffage dont le fonctionnement peut être commandé par le thermostat de la thermopompe. La plupart des systèmes de chauffage d'appoint sont des systèmes centraux au mazout, au gaz ou à l'électricité, mais bon nombre de pompes géothermiques récemment mises sur le marché comprennent des dispositifs de chauffage des conduites qui fournissent la chaleur auxiliaire nécessaire.

La **figure 15** illustre le point d'équilibre thermique d'une thermopompe à air typique. À droite de ce point, la thermopompe peut répondre à tous les besoins de chauffage de la maison. À gauche, les pertes de chaleur de la maison sont supérieures à la puissance de la thermopompe et il faut avoir recours à une source de chaleur d'appoint.

Figure 15 : Point d'équilibre d'une thermopompe à air typique



La partie ombrée du schéma illustre le double mode de fonctionnement de la thermopompe. Lorsque la température extérieure *ne restreint pas* le fonctionnement de la thermopompe, celle-ci répond aux besoins de chauffage primaire chaque fois que le thermostat déclenche la production de chaleur (voir la section suivante sur les thermostats). Lorsqu'il y a une demande de chaleur secondaire, la thermopompe cesse de fonctionner si elle sert d'appareil d'appoint. Elle continue toutefois à fonctionner si elle est entièrement électrique; dans l'un ou l'autre cas, le système de chauffage supplémentaire fournit la chaleur demandée jusqu'à ce que tous les besoins de chaleur aient été comblés.

Lorsque la température extérieure *restreint* le fonctionnement de la thermopompe, une sonde de température extérieure arrête la thermopompe dès que la température tombe au-dessous du seuil préétabli. Seul le système de chauffage supplémentaire fonctionne lorsque la température chute sous ce point. La sonde est habituellement réglée pour arrêter la thermopompe à la température qui correspond au point d'équilibre économique, ou à la température extérieure au-dessous de laquelle il est plus rentable de chauffer au moyen du système d'appoint.

POMPES GÉOTHERMIQUES

Le fonctionnement des pompes géothermiques est indépendant de la température extérieure. Le système de chauffage d'appoint ne fournit que la quantité de chaleur requise au-delà de la puissance nominale de la pompe.

Thermostats classiques

La plupart des thermopompes de maison sont munies d'un thermostat intérieur à deux niveaux de chauffage et à un niveau de refroidissement. Le niveau primaire commande le fonctionnement de la thermopompe lorsque la température tombe au-dessous du seuil préétabli. Le niveau secondaire fait démarrer le système de chauffage supplémentaire lorsque la température intérieure continue de descendre au-dessous du degré de température recherché.

Le type le plus courant de thermostat est celui qui exige un réglage unique. Avant de régler le thermostat, l'installateur vous demande à quelle température la thermopompe doit commencer à fonctionner en mode chauffage. Une fois le thermostat réglé, vous n'avez plus à vous en préoccuper : celui-ci assure automatiquement la commutation du mode chauffage au mode refroidissement, et inversement. On utilise deux types de thermostats extérieurs pour les thermopompes de maison. Le premier régit le fonctionnement du système de chauffage supplémentaire à résistances électriques. Il s'agit du même type de thermostat dont sont pourvus les systèmes de chauffage électriques. Ce thermostat fait démarrer différents radiateurs à mesure que la température extérieure s'abaisse. De la sorte, le système fournit exactement la chaleur d'appoint requise par les conditions extérieures; vous tirez ainsi un rendement maximal de votre installation et vous économisez de l'argent. L'autre type de thermostat interrompt simplement le fonctionnement de la thermopompe à air lorsque la température extérieure chute au-dessous du seuil préétabli.

Il se peut que la réduction de température du thermostat de la thermopompe ne procure pas les mêmes avantages que dans le cas d'un système de chauffage classique. Selon le nombre de degrés dont on abaisse le thermostat et la baisse réelle de température, il peut arriver que la thermopompe ne suffise pas à fournir la quantité de chaleur nécessaire pour assurer le réchauffement voulu assez rapidement. Le système

de chauffage supplémentaire peut parfois se mettre en marche jusqu'à ce que la thermopompe ait produit assez de chaleur, et réduire ainsi les économies que vous espériez faire en installant une thermopompe.

Thermostats électroniques

La plupart des fabricants de thermopompes et de leurs représentants offrent aujourd'hui des thermostats programmables. Contrairement aux thermostats classiques, ces appareils permettent une réduction des frais d'énergie en abaissant la température pendant la nuit ou lorsque les locaux ne sont pas occupés. Le fonctionnement varie d'un fabricant à l'autre, mais le principe est que le système rétablit la température désirée, sans aucune chaleur d'appoint ou à l'aide d'un apport minimal. Si vous êtes habitué aux baisses de température et à la programmation des thermostats, il peut s'agir d'un investissement profitable. Voici d'autres avantages qu'offrent certains thermostats électroniques :

- Commande programmable qui permet de sélectionner le mode automatique de la thermopompe ou de faire fonctionner seulement le ventilateur, selon l'heure du jour et le jour de la semaine.
- Meilleur contrôle de la température par rapport aux thermostats classiques.
- Il n'est plus nécessaire de posséder un thermostat extérieur, puisque le thermostat électronique déclenche la production de chaleur d'appoint seulement au besoin.
- Élimine le besoin d'une commande thermostatique extérieure pour les thermopompes d'appoint.

Dans la plupart des endroits au Canada, il est possible de réaliser des économies de l'ordre de 10 p. 100 en programmant une période de réduction de la température de huit heures par jour. Deux périodes de huit heures par jour peuvent se traduire par des économies de 15 à 20 p. 100.

Réseau de distribution de la chaleur

Les thermopompes doivent être assorties d'un réseau de distribution convenant à un débit de 50 à 60 litres par seconde (L/s) par kW, ou de 400 à 450 pieds cubes par minute

(pi³/min) par tonne de puissance frigorifique. Ce débit est d'environ 20 à 30 p. 100 supérieur à celui qu'exige un système central à air pulsé. Toute diminution du débit d'air diminue le rendement et, si elle est prononcée et prolongée, elle peut causer de graves dommages au compresseur.

Les nouvelles thermopompes doivent être conçues selon des principes reconnus. Dans le cas d'une installation d'appoint ou d'une conversion, il faut examiner soigneusement le réseau de conduites en place pour s'assurer qu'il convient.

RÉPONSES À QUELQUES QUESTIONS COURANTES

On me dit que les thermopompes sont très bruyantes. Est-il possible d'en acheter une qui soit assez silencieuse pour ne pas me déranger ni indisposer mes voisins ?

Oui. Bien qu'il n'existe aucune norme régissant le niveau de bruit acceptable, le fabricant fournit d'ordinaire ces renseignements dans le livret qui accompagne l'appareil. Le niveau de bruit s'exprime en bels; plus le nombre de bels augmente, plus l'appareil est bruyant. Il est utile de se rappeler en outre que le bruit produit par ce type d'appareil ne doit pas dépasser les niveaux prescrits par les règlements municipaux. En prenant soin de l'installation, on en réduira aussi le niveau de bruit, tant pour son propriétaire que pour les voisins.

Comment trouver un bon entrepreneur de qui acheter une thermopompe ?

Le choix d'un entrepreneur sérieux joue un rôle de premier plan lorsque vous décidez d'acheter ou de modifier votre système de chauffage. Les conseils suivants vous aideront à choisir un bon fournisseur.

- Assurez-vous que l'entrepreneur a la compétence voulue pour installer et entretenir le matériel.
- L'entrepreneur doit calculer la charge de chauffage et de refroidissement de votre maison. Il doit également être en mesure de vous fournir les explications nécessaires à ce sujet.

- L'entrepreneur doit veiller à ce que le réseau de conduites puisse assurer un débit d'air suffisant et bien distribuer l'air dans toutes les parties de la maison. Lorsque la thermopompe doit servir de système d'appoint, l'entrepreneur doit examiner les conduites en place afin de vérifier si elles conviennent; il se peut que la thermopompe exige un débit d'air supérieur à celui pour lequel le réseau a été conçu.
- Dans les cas où la thermopompe sert d'appareil d'appoint, l'entrepreneur doit aussi s'assurer que le système de chauffage central, les commandes et la cheminée sont en bon état.
- L'entrepreneur doit voir à ce que l'installation électrique soit assez puissante pour supporter l'augmentation de charge occasionnée par la thermopompe.
- L'entrepreneur doit être disposé à vous fournir toute l'information pertinente sur l'appareil, son fonctionnement et les garanties dont il fait l'objet. Il devrait également vous offrir un contrat d'entretien et être disposé à garantir le travail d'installation.

De plus, prenez les précautions usuelles au moment de choisir un entrepreneur : consultez parents et amis afin d'obtenir des références, demandez à au moins deux entreprises d'établir des soumissions fermes par écrit; vérifiez auprès de clients de ces entrepreneurs s'ils sont satisfaits du matériel, de l'installation et du service qu'ils ont reçus; enfin, adressez-vous au Bureau d'éthique commerciale pour savoir s'il y a des demandes de règlement mettant en cause l'entrepreneur avec lequel vous envisagez de faire affaire. Si vous avez arrêté votre choix sur une marque d'appareil en particulier, le fabricant peut recommander un entrepreneur de votre région.

On m'a dit qu'étant donné les rigueurs de l'hiver canadien, on peut avoir des ennuis avec le compresseur s'il est installé dehors. Cela a-t-il des conséquences pour le rendement et la durabilité de la thermopompe ?

Des études ont démontré que les thermopompes à air durent moins longtemps dans les régions septentrionales que dans les régions méridionales. Le climat influe sur la durée de fonctionnement de l'appareil et, au Canada, le mode de fonctionnement principal est le cycle de chauffage. Ce cycle

est particulièrement dur pour la thermopompe. Toutefois, ces mêmes études indiquent que la compétence de l'installateur et la régularité de l'entretien peuvent avoir un effet tout aussi important, sinon plus grand, sur la durée utile de l'appareil.

Par ailleurs, d'autres études ont montré que, dans la plupart des cas, le compresseur ne doit être changé qu'une seule fois pendant toute la durée utile de l'installation.

Existe-t-il des règlements municipaux sur l'utilisation des thermopompes ?

Certaines municipalités ont établi des règlements précisant la distance minimale devant séparer la thermopompe de la limite du terrain et exigeant que le bruit qui se dégage de l'appareil soit inférieur à 45 décibels (niveau de conversation ordinaire). Vérifiez auprès des autorités de votre municipalité afin de savoir si vous devez vous conformer à des règlements de ce genre ou s'il existe d'autres exigences auxquelles vous devez satisfaire.

Votre service public d'électricité peut vous fournir des conseils techniques ainsi que des publications sur les thermopompes.

Vous pouvez aussi communiquer avec l'organisation suivante pour les renseignements sur les pompes géothermiques :

Association canadienne de l'énergie du sol
130, rue Slater, pièce 605
Ottawa (Ontario)
K1P 6E2
(613) 230-2332
1 800 665-2332
Télécopieur : (613) 237-1480

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

COMMANDEZ LES PUBLICATIONS GRATUITES DE L'OEE

L'Office de l'efficacité énergétique (OEE) de Ressources naturelles Canada offre de nombreuses publications qui vous aideront à mieux comprendre les systèmes de chauffage résidentiels, la consommation d'énergie à la maison, ainsi que l'efficacité énergétique sur la route. Ces publications vous indiquent les mesures que vous pouvez prendre pour réduire votre facture énergétique tout en augmentant votre confort et en protégeant l'environnement.

ÉNERGUIDE POUR LA RÉNOVATION DE VOTRE MAISON

Le guide *Emprisonnons la chaleur* traite de tous les aspects de l'isolation thermique d'une maison et des mesures visant à la rendre plus étanche. Que vous songiez à faire ce travail vous-même ou à le confier à un entrepreneur, cette publication de 134 pages peut vous faciliter la tâche. Des fiches sont aussi disponibles sur la réduction des fuites d'air, l'amélioration de l'efficacité énergétique des fenêtres et les problèmes d'humidité. Avant d'entreprendre vos travaux, envisagez de procéder à une évaluation ÉnerGuide pour les maisons afin d'obtenir l'avis d'un expert impartial. Nos téléphonistes peuvent vous mettre en contact avec un conseiller de votre région.

ÉNERGUIDE POUR LA CLIMATISATION ET LE CHAUFFAGE RÉSIDENTIEL

Si vous avez besoin de renseignements sur une source d'énergie en particulier, l'OEE offre des publications sur le chauffage à l'électricité, au gaz, au mazout, au bois ou à l'aide d'une thermopompe. D'autres publications sur les ventilateurs-récupérateurs de chaleur, les foyers au bois, les foyers à gaz, la climatisation des maisons et la comparaison des coûts de chauffage sont aussi disponibles.

ÉNERGUIDE POUR LE CHOIX DES PRODUITS LES PLUS ÉCONERGÉTIQUES

Les guides du consommateur de l'OEE peuvent vous aider à prendre des décisions judicieuses quant à l'achat de matériel de bureau, d'appareils ménagers, de produits d'éclairage, ou de portes et de fenêtres.

L'étiquette ÉnerGuide, qui est apposée sur tous les nouveaux modèles de gros appareils électroménagers et de climatiseurs individuels, vous aide à choisir les modèles les plus éconergétiques. Les répertoires annuels de l'OEE énumèrent les cotes ÉnerGuide des gros appareils ménagers et des climatiseurs individuels.

LA MAISON IDÉALE

Les maisons R-2000 sont les mieux construites et les plus confortables au Canada. En outre, elles consomment jusqu'à 50 p. 100 moins d'énergie que les maisons ordinaires. Un système perfectionné de chauffage, une isolation supérieure et un système de ventilation qui distribue l'air frais dans toutes les pièces de la maison sont au nombre de leurs principales caractéristiques. Des vérifications de la qualité sont effectuées tout au long des travaux de construction afin d'assurer qu'à la fin des travaux les maisons R-2000 respectent les exigences établies en matière d'efficacité énergétique.

ACHAT, CONDUITE ET ENTRETIEN DE VOTRE VÉHICULE

Pour obtenir de l'information sur la consommation de carburant d'un véhicule, consultez l'étiquette ÉnerGuide qui est apposée sur tous les nouveaux modèles de véhicule, fourgonnette et camion léger vendus au Canada. L'étiquette vous aide à comparer les différentes cotes de consommation des véhicules pour la conduite en ville et sur la grande route ainsi que les coûts de carburant annuels estimatifs.

Vous pouvez également consulter le *Guide de consommation de carburant*, publié annuellement, qui fournit cette même information pour tous les types de véhicules. En outre, un prix ÉnerGuide est décerné aux véhicules ayant la plus faible consommation de carburant dans différentes catégories.

Le carnet *Calculateur des économies au volant* de l'OEE vous aide à déterminer la consommation de carburant et les économies.

Le *Guide du bon Sens au volant* de l'OEE fournit de l'information détaillée sur l'efficacité énergétique et offre des conseils sur l'achat, la conduite et l'entretien des véhicules.

Pour recevoir gratuitement l'une de ces publications, veuillez écrire ou téléphoner à :

Publications Éconergie
Office de l'efficacité énergétique
a/s DLS

Ottawa ON K1A 0S7

Télécopieur : (819) 994-1498

Numéro sans frais : 1 800 387-2000

Dans la région de la capitale nationale,
composez le 995-2943.

Prévoir trois semaines pour la livraison.

Pour commander ou visualiser certaines de ces publications en direct, visitez la Bibliothèque virtuelle de publications Éconergie de l'OEE à <http://oee.rncan.gc.ca/infosource>.

NOTES

*Engager les Canadiens sur la voie de l'efficacité énergétique
à la maison, au travail et sur la route*

L'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada renforce et élargit l'engagement du Canada envers l'efficacité énergétique afin d'aider à relever les défis posés par les changements climatiques.

Canada 