



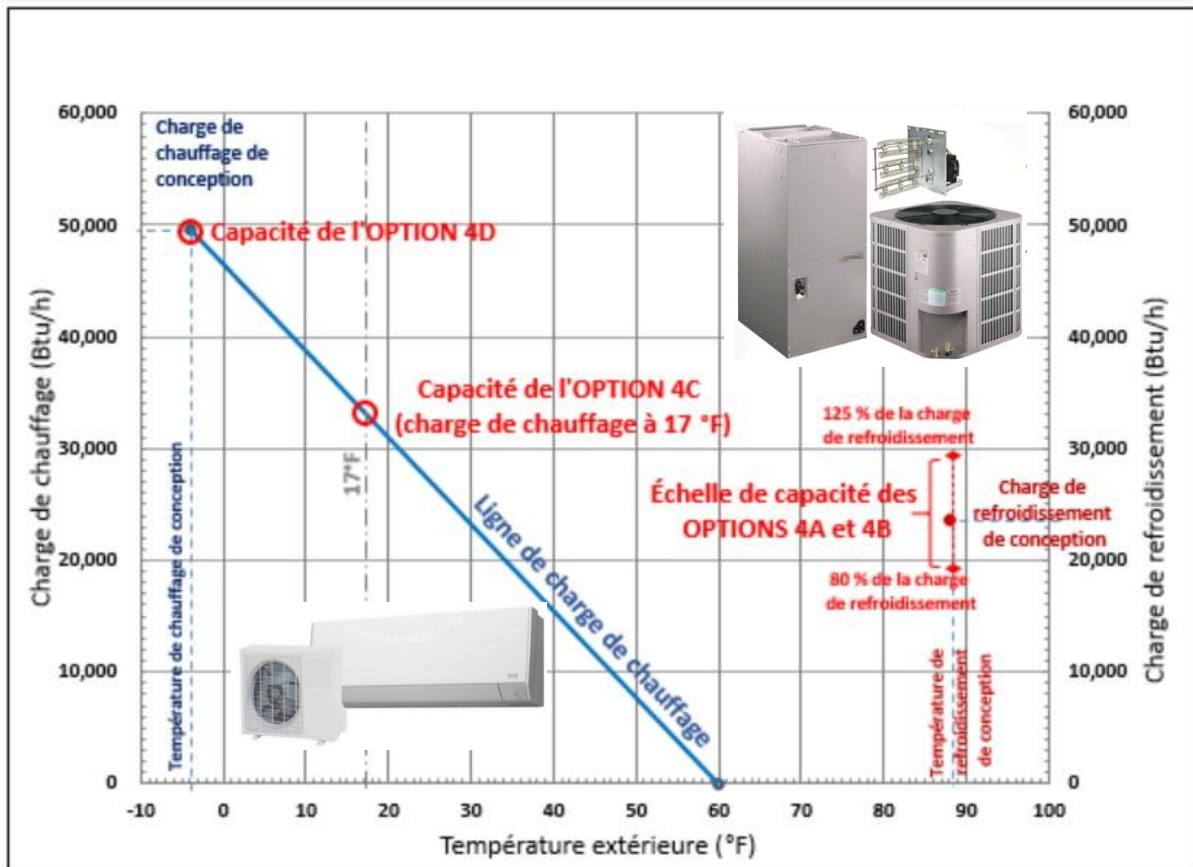
CanmetENERGY

Leadership in ecoInnovation

GUIDE DE DIMENSIONNEMENT ET DE SÉLECTION DES THERMOPOMPES À AIR

Procédures pour concepteurs mécaniques et entrepreneurs de travaux de rénovation

Version 1.0, 21-12-2020



Remerciements : Le guide de dimensionnement et de sélection des thermopompes à air a été élaboré en réponse aux demandes de l'industrie pour obtenir des conseils cohérents dans le processus de dimensionnement des pompes à chaleur à air en fonction de la charge de chauffage ou de refroidissement de conception et de l'utilisation prévue («dimensionnement»), ainsi que pour identifier les système en fonction de l'installation et de l'application («sélection»).

Le contenu technique de ce guide a été élaboré par Terry Strack de Strack & Associates Ltd. et Jeremy Sager de RNCAN / CanmetÉNERGIE.

RNCAN tient à remercier tous ceux qui ont contribué à la révision, à la révision et à l'élaboration finale de ce guide, notamment: Bruce Harley Energy Consulting LLC., Bfreehomes Design Ltd. (et les organismes de services partenaires de la Nouvelle-Écosse), Cross Heating & Air Conditioning Ltd. , Bowser Technical, ministère de l'Énergie du Yukon, RNCAN / Office de l'efficacité énergétique - Division de l'équipement, ainsi que Jérémie Leger, Sébastien Brideau, Amr Daouk, Martin Kegel et Justin Tamasauskas de RNCAN / CanmetÉNERGIE. L'élaboration de ce guide a été gérée par Jeremy Sager de RNCAN / CanmetÉNERGIE.

Le financement de ces travaux a été fourni par Ressources naturelles Canada dans le cadre du Programme de recherche et de développement énergétiques ainsi que de l'Office de l'efficacité énergétique, Division de l'équipement.

Avis de non-responsabilité :

Ni Ressources naturelles Canada, ni ses employés ne donnent de garantie, expresse ou limitée, ni n'assument de responsabilité juridique quant à l'exactitude, à l'intégralité ou à l'utilité du contenu de ce rapport. Toute référence dans ce rapport à quelque produit, processus, service ou organisation ne signifie pas nécessairement l'approbation, la recommandation ou la préférence par Ressources naturelles Canada. Les points de vue et opinions des auteurs exprimés dans ce rapport ne reflètent pas nécessairement ceux de Ressources naturelles Canada.

Ces travaux ont été financés par le Programme de recherche et de développement énergétiques et la Division de l'équipement de l'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada.

Licence du gouvernement ouvert

<https://ouvert.canada.ca/fr/licence-du-gouvernement-ouvert-canada>

n° de cat. M154-138/2020F-PDF (En ligne)

ISBN 978-0-660-36714-9

Also available in English under title :

« Air Source Heat Pump Sizing and Selection Guide » in Canada

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre des Ressources naturelles, 2020

Table des matières

GLOSSAIRE	v
INTRODUCTION	1
ÉTAPE 1 : DÉFINIR LA CONFIGURATION DE THERMOPOMPE À AIR.....	6
ÉTAPE 2 : CHOISIR UN OU DES TYPES D'UNITÉ INTÉRIEURE À UTILISER AVEC UNE THERMOPOMPE À AIR MINI-BIBLOC SANS CONDUIT	10
ÉTAPE 3 : ESTIMER LES CHARGES DE CHAUFFAGE ET DE REFROIDISSEMENT DE CONCEPTION	13
ÉTAPE 4 : DÉTERMINER L'APPROCHE DE DIMENSIONNEMENT ET LES EXIGENCES DE CAPACITÉ DE THERMOPOMPE À AIR	25
ÉTAPE 5 : DÉTERMINER ET SÉLECTIONNER UNE THERMOPOMPE À AIR CORRESPONDANT AUX EXIGENCES CLÉS	32
ÉTAPE 6 : DÉFINIR LA STRATÉGIE DE CONTRÔLE DE THERMOPOMPE À AIR	43
ÉTAPE 7 : DÉFINIR LES EXIGENCES DE CHAUFFAGE D'APPOINT	52
ANNEXE A : DÉTERMINER LA LIMITE DE TEMPÉRATURE ÉCONOMIQUE (e-TPE) À LAQUELLE PASSER DU CHAUFFAGE PAR THERMOPOMPE À AIR AU CHAUFFAGE D'APPOINT COMPLET.....	56
ANNEXE B : FEUILLE DE TRAVAIL SOMMAIRE DES CARACTÉRISTIQUES CLÉS DE THERMOPOMPE À AIR.....	65

Liste des tableaux

Tableau 1 : Options de thermopompe à air typiques pour différentes applications et configurations de système de chauffage	6
Tableau 2 : Différents types d'application de thermopompe à air et options d'estimation des charges correspondantes	13
Tableau 3 : Correspondance des objectifs principaux du client et des applications de thermopompe à air aux options de dimensionnement	25
Tableau 4 : Options de dimensionnement 4A et 4B et critères de dimensionnement pour sélectionner un équipement de thermopompe à air.....	27
Tableau 5 : Options de dimensionnement 4C et 4D et critères de dimensionnement pour sélectionner un équipement de thermopompe à air.....	30
Tableau 6 : Exemples de choix de thermopompe à air à conduit central possibles selon différentes options de dimensionnement	40
Tableau 7 : Exemples de choix de thermopompe à air mini-bibloc possibles selon différentes options de dimensionnement	42
Tableau 8 : Carburants d'appoint courants et facteurs de conversion à utiliser dans l'équation $C_{p_{min}}$	59
Tableau 10 : Exemple de données de rendement étendues d'une thermopompe à air à capacité variable, indiquant le C_p par rapport à la température extérieure.....	64

Liste des figures

Figure 1: Aperçu du processus de sélection et de dimensionnement des thermopompes à air...	2
Figure 2: Guide de sélection et de dimensionnement des thermopompes à air	3
Figure 3: Feuille de travail sommaire des caractéristiques clés de thermopompe à air	4
Figure 4: Outil de feuille de calcul des thermopompes à air	4
Figure 5: Exemples d'utilisation – Thermopompe à air mini-bibloc, pour plusieurs zones et ajouté	5
Figure 6 : Thermopompe à air à conduit central	7
Figure 7 : Thermopompe à air mini-bibloc sans conduit	8
Figure 8 : Thermopompe à air mini-bibloc sans conduit pour plusieurs zones	8
Figure 9 : Unité intérieure installée au mur	10
Figure 10 : Unité intérieure installée au plancher	11
Figure 11 : Unité intérieure installée au plafond	11
Figure 12: Unité intérieure avec conduit	12
Figure 13 : L'analyse des charges CSA F280 détermine les charges de conception en fonction des caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment	14
Figure 14 : Rapport d'évaluation de l'efficacité énergétique (audit) (vers 2012) utilisé pour estimer les charges de conception	15
Figure 15 : Le logiciel de modélisation énergétique HOT2000 peut estimer les charges de conception des habitations nouvelles et existantes	17
Figure 16 : Utiliser l'équipement existant pour estimer les charges de conception	18
Figure 17: Plans d'étage d'une habitation à deux étages avec zone visée du deuxième étage encerclée	23
Figure 18: Exemple de ligne de charge de chauffage et de charge de refroidissement de conception d'une habitation	24
Figure 19: Exemple de définition des capacités pour différentes options de dimensionnement de thermopompe à air	26
Figure 20: Comparaison des rapports d'échelle de thermopompes à air pour climats froids	35
Figure 21: Courbes de rendement et température du point d'équilibre thermique pour 3 options de thermopompe à air	36
Figure 22: Courbes de fraction de chauffage annuel total pour cinq zones climatiques du Canada	37
Figure 23 : Zones climatiques pour les applications de thermopompe	38
Figure 24: Arbre de décision pour déterminer la stratégie de contrôle de thermopompe à air la plus appropriée	43
Figure 25: Exemple des modes de chauffage de la stratégie de contrôle 6A1	44
Figure 26: Exemple des modes de chauffage de la stratégie de contrôle 6A2	46
Figure 27 : Exemple des modes de chauffage de la stratégie de contrôle 6B1	47
Figure 28: Exemple des modes de chauffage de la stratégie de contrôle 6B2	48
Figure 29: Exemple des modes de chauffage de la stratégie de contrôle 6C	49
Figure 30: Arbre de décision pour déterminer les exigences de chauffage d'appoint	52
Figure 31: Graphique permettant de déterminer le Cp minimum pour le coût du chauffage par thermopompe à air égal au coût du chauffage à gaz naturel	60
Figure 32: Déterminer le Cp minimum pour que le coût du chauffage par thermopompe à air soit égal au coût du chauffage à gaz naturel selon les tarifications de l'électricité au compteur horaire	62

GLOSSAIRE

AFUE : Efficacité de l'utilisation annuelle de combustible ou « annual fuel utilization efficiency ». Rapport sans dimension utilisé pour indiquer l'efficacité de la conversion de combustible d'un générateur d'air chaud en pourcentage. Un générateur d'air chaud ayant une AFUE de 96 % produira 96 Btu de chaleur utile pour une consommation de combustible de 100 Btu. Un générateur d'air chaud au gaz de 50 000 Btu/h ayant une AFUE de 96 % aura une production de chaleur de 48 000 Btu/h (c.-à-d., $50\,000 \times 0,96 = 48\,000$).

AHRI : Air-Conditioning, Heating & Refrigeration Institute.

Amélioration : Modernisation du système de CVC d'un bâtiment.

Analyse des charges CSA F280 : Fournit une méthode de calcul pour déterminer les pertes et les gains de chaleur des bâtiments résidentiels afin de sélectionner la capacité de production appropriée d'un appareil ou d'un groupe d'appareils de chauffage et de refroidissement.

ANSI : American National Standards Institute.

ASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.

Audit énergétique : Une évaluation systématique des besoins énergétiques d'un bâtiment.

Barrière thermique : La barrière physique qui sépare l'intérieur et l'extérieur du bâtiment et qui contrôle le transfert de chaleur.

Boîte de distribution : Composante qui distribue le réfrigérant provenant de l'unité extérieure aux unités intérieures pour plusieurs zones.

Btu : Unité thermique britannique, équivalent à 0,293 wattheure ou 1 055 joules de contenu énergétique.

Btu/h : Unité thermique britannique par heure (parfois écrit sous la forme Btuh), utilisée pour indiquer la production ou la capacité de l'équipement de chauffage ou de refroidissement. Un Btu/h est équivalent à 0,293 watt de capacité.

CEE : Consortium for Energy Efficiency.

Charge de chauffage de conception : La quantité de chaleur requise pour maintenir la température intérieure désirée d'une habitation (c.-à-d., 72 °F ou 22 °C) selon les conditions de conception de la norme CSA F280 pour le chauffage à l'emplacement de l'habitation.

Charge de la zone visée : Charge de chauffage ou de refroidissement requise pour qu'une zone particulière d'un bâtiment atteigne une température souhaitée.

Charge de refroidissement de conception : La quantité de chaleur à extraire d'une habitation pour maintenir la température intérieure désirée (c.-à-d., 75 °F ou 25 °C) selon les conditions de conception de la norme CSA F280 pour le refroidissement à l'emplacement de l'habitation. La charge de refroidissement de conception comprend les charges de refroidissement sensibles et latentes.

Charge de refroidissement totale : La charge de refroidissement totale est la somme des charges de refroidissement sensibles et latentes du bâtiment ou de la zone visée.

Commutateur DIP : Commutateur électrique manuel dans un boîtier à double rangée de connexions standard situé sur un panneau de contrôle électronique et permettant de sélectionner différentes options ou de contrôler des réglages.

Contrôle de température : Un appareil de contrôle qui limite le fonctionnement d'une thermopompe ou d'un système de chauffage d'appoint à une échelle de températures extérieures prédéterminée.

Courbe de rendement : Une représentation de la capacité de production d'une thermopompe en tant que fonction de la température extérieure.

Cp : Coefficient de performance. Le Cp est une mesure de l'efficacité d'une thermopompe. Il est déterminé en divisant la production d'énergie de la thermopompe par l'énergie électrique requise pour faire fonctionner la thermopompe à une température particulière. Plus le Cp est élevé, plus la thermopompe est efficace. Cette valeur est comparable à l'efficacité stable des systèmes de chauffage au mazout et au gaz.

CPSC : Coefficient de performance de la saison de chauffage. Le CPSC est le rapport entre la quantité de chauffage fourni en Btu et la quantité d'électricité consommée en wattheures pendant la saison de chauffage. Cette valeur est utilisée pour caractériser le rendement de l'équipement de chauffage électrique au cours d'une saison de chauffage typique. Un CPSC supérieur indique une efficacité supérieure. Les CPSC des thermopompes à air varient en fonction des zones climatiques.

CSA : Association canadienne de normalisation.

CVC : Chauffage, ventilation et climatisation.

Degrés-jours de chauffage (DJC) : Les DJC sont le nombre de degrés de différence de température entre une température de base (habituellement 18,3 °C) et la température extérieure moyenne pendant une journée donnée. Par exemple, si la température moyenne de la journée est de 12 °C, 6 DJC ($18\text{ °C} - 12\text{ °C} = 6\text{ DJC}$) seront enregistrés. Le nombre total de DJC en dehors de la saison de chauffage indique l'intensité relative de l'hiver pour l'emplacement particulier.

Fraction de chauffage annuel total : Une estimation de la quantité de chauffage que l'ASHP fournira sans l'utilisation d'un chauffage d'appoint. La fraction de chauffage annuel au-dessus d'une température extérieure donnée est calculée pour chaque zone climatique en faisant d'abord référence à la fraction de degrés-jours de chauffage se produisant dans un intervalle de température donné (voir «Zones climatiques pour thermopompe à air»). Ces «fractions de casiers» sont multipliées par les heures de chauffage pour arriver aux degrés-heures de chauffage pour un intervalle de température donné. Les degrés-heures de chauffage se produisant dans chaque tranche de température sont ensuite divisés par le total des degrés-heures de chauffage pour cette zone climatique pour arriver à la fraction du chauffage annuel total. La fraction du chauffage annuel total au-dessus d'une température extérieure donnée est calculée en additionnant les fractions de chauffage annuelles à partir de 0 à 60 ° F aux degrés-heures de chauffage total à -23 ° F et moins (la tranche de température la plus basse). Une courbe de chauffage annuel total au-dessus d'une température extérieure donnée est alors créée pour chaque zone climatique (Figure 22). Une ligne verticale associée à la température du point d'équilibre d'un ASHP peut ensuite être tracée par rapport au chauffage annuel total au-dessus d'une courbe de température extérieure donnée pour estimer la fraction du chauffage annuel total que le système accomplira pour cette zone climatique.

GPL/propane : Gaz de pétrole liquéfié. Le propane est classé comme GPL, tout comme le butane, l'isobutane et les mélanges de ces gaz.

HOT2000 : Outil de simulation et de conception énergétique pour les petits bâtiments résidentiels.

ICCCR : Institut canadien du chauffage, de la climatisation et de la réfrigération.

Kilowatt ou kW : Un kW est équivalent à 3 413 Btu/h.

Kilowattheure ou kWh : Un kWh est équivalent à 3 413 Btu ou 3 600 kJ.

Ligne de charge : Une représentation de la charge de chauffage ou de refroidissement d'un bâtiment en tant que fonction de la température extérieure.

Limite de basse température : Température extérieure sous laquelle la thermopompe à air ne peut pas fonctionner.

Limite de température : La température extérieure à laquelle le fonctionnement d'une thermopompe à air est limité par un contrôle de température extérieure et à laquelle le chauffage d'appoint complet est utilisé pour chauffer le bâtiment ou la zone visée. La valeur de la limite de température peut être déterminée par une limite de basse température de l'équipement de thermopompe ou par une limite de température économique déterminée par les coûts de l'énergie et l'efficacité de l'équipement.

Dans le cas des systèmes de chauffage d'appoint, la limite de température est la température extérieure au-dessus de laquelle le système de chauffage d'appoint ne peut pas fonctionner. Elle est habituellement réglée à la température du point d'équilibre de l'installation de thermopompe à air.

Limite de température économique : Voir « Température du point d'équilibre économique (e-TPE) ».

Limite de température économique à laquelle passer au chauffage d'appoint complet : Voir « Température du point d'équilibre économique (e-TPE) ».

NEEP : Northeast Energy Efficiency Partnerships.

Rapport d'échelle : Dans une thermopompe à air à deux étages, à plusieurs étages ou à capacité variable, il s'agit du rapport entre la capacité maximale et la capacité minimale (p. ex., 3:1). Les thermopompes à air dont le rapport d'échelle est supérieur fonctionneront sans fluctuation pour une plus grande partie de la saison de chauffage, augmentant ainsi leur efficacité saisonnière.

Rendement de l'étage inférieur : Rendement d'une thermopompe à air à deux étages ou à capacité variable fonctionnant à la capacité la plus basse.

Système ajouté : Ajout d'un équipement de CVC à un système existant.

Système de chauffage d'appoint auxiliaire : Un système de chauffage d'appoint est requis si la thermopompe ne peut pas fournir suffisamment de chaleur au bâtiment (c.-à-d., générateur d'air chaud, plinthe chauffante électrique, etc.)

Système de chauffage hydronique : Un système de chauffage et de refroidissement qui utilise l'eau comme fluide de transfert de chaleur.

Système de distribution à air pulsé : Un système de conduits d'alimentation et de retour d'air utilisé pour distribuer l'air conditionné dans un bâtiment.

Système de thermopompe à air hybride : Voir « Système de thermopompe à air à carburant double ».

Système de thermopompe à carburant double : Un système central qui combine une thermopompe électrique et un générateur d'air chaud à carburant pour répondre aux besoins de chauffage et de refroidissement d'un bâtiment.

Température à laquelle passer au chauffage d'appoint : La température à laquelle un système hybride ou à carburant double passe de l'utilisation de la thermopompe à air à l'utilisation du système de chauffage d'appoint.

Température du point d'équilibre économique (e-TPE) : La température extérieure à laquelle il est économiquement avantageux de passer de l'utilisation de la thermopompe à air à l'utilisation d'une source de chauffage d'appoint. Cette température est déterminée selon les coûts estimés de l'approvisionnement de chaleur de la thermopompe à air par rapport à ceux du système d'appoint. Le calcul de la limite de température économique nécessite le coût de l'électricité, le coût du carburant du système d'appoint, le C_p de la thermopompe, l'efficacité du système d'appoint et la température extérieure.

Température du point d'équilibre thermique (t-TPE) : La température à laquelle la ligne de la charge de chauffage croise la courbe de capacité de la thermopompe à air (c.-à-d., le point où la charge de chauffage du bâtiment correspond à la capacité de production de la thermopompe à air). Au-dessus de la t-TPE, la thermopompe est capable de répondre aux exigences de chauffage du bâtiment. Sous la t-TPE, la thermopompe peut être incapable de répondre aux exigences de chauffage du bâtiment, et un système de chauffage d'appoint est requis.

Température du thermomètre mouillé : La température mesurée par un thermomètre recouvert d'un linge humide (thermomètre mouillé) que l'air traverse. Cette température est utilisée pour mesurer l'humidité relative ou la teneur en humidité de l'air. À une humidité relative de 100 %, la température du thermomètre mouillé est équivalente à la température du thermomètre sec. À des valeurs d'humidité relative moins élevées, la température du thermomètre mouillé est inférieure à la température de l'air du thermomètre sec.

Température du thermomètre sec : La température de l'air mesurée par un thermomètre exposé à l'air, mais protégé contre la radiation et l'humidité. Cette température est généralement considérée comme étant la température de l'air.

Thermopompe à air à capacité variable : Une thermopompe à air muni d'un compresseur fonctionnant à différents niveaux en fonction de la capacité requise. Les thermopompes à air pour climats froids sont souvent munies de compresseurs à capacité variable.

Thermopompe à air à conduit central : Un système qui utilise un évaporateur/condenseur extérieur et intérieur pour transférer la chaleur de l'extérieur à l'intérieur d'un bâtiment, et vice versa, par l'entremise d'un système de distribution à air pulsé.

Thermopompe à air à deux étages : Une thermopompe à air muni d'un compresseur à deux étages qui peut fonctionner à deux niveaux (étage inférieur ou étage supérieur), en fonction de la capacité requise.

Thermopompe à air mini-bibloc sans conduit : Un système qui utilise un évaporateur/condenseur extérieur pour transférer la chaleur de l'extérieur à l'intérieur d'un bâtiment, et vice versa, par l'entremise d'un système de distribution à air pulsé. Une thermopompe à air mini-bibloc sans conduit pour une seule zone utilise un appareil de traitement de l'air intérieur pour chauffer ou refroidir une pièce ou une zone. Une thermopompe à air mini-bibloc sans conduit pour plusieurs zones utilise plusieurs appareils de traitement de l'air intérieurs pour chauffer ou refroidir plusieurs pièces ou plusieurs zones. Le nombre maximum d'appareils intérieurs qui peuvent être connectés est déterminé par les caractéristiques extérieures particulières des appareils, et peut s'étendre de 2 à 8.

Thermopompe à air monoétagé : Une thermopompe à air muni d'un compresseur monoétagé qui peut uniquement fonctionner à pleine capacité.

Thermopompe à air pour climats froids : Une option de substitut aux systèmes de thermopompe à air de chauffage et de refroidissement traditionnels qui est efficace (c.-à-d., qui maintient la capacité et le Cp), même à des températures ambiantes froides. Pour obtenir plus de détails, consultez la liste *Cold Climate Air-Source Heat Pump Specification* de NEEP à l'adresse suivante : <https://neep.org/ASHP-Specification>. Notez que le maintien de la capacité à une température extérieure froide par le système doit aussi être pris en compte pour déterminer si un système constitue une thermopompe à air pour climats froids adéquat.

TRE : Taux de rendement énergétique. Rapport entre la quantité de refroidissement fourni en Btu et la quantité d'électricité consommée en wattheures à une température particulière. Cette valeur est utilisée pour caractériser l'efficacité stable du refroidissement d'une thermopompe ou d'un climatiseur. Les TRE nominaux sont indiqués à 95 °F (35 °C). Un TRE supérieur indique une efficacité de refroidissement supérieure.

TRES : Taux de rendement énergétique saisonnier. Rapport entre la quantité de refroidissement fourni en Btu et la quantité d'électricité consommée en wattheures pendant la saison de refroidissement. Cette valeur est utilisée pour caractériser l'efficacité de l'équipement de refroidissement électrique au cours d'une saison de refroidissement typique. Un TRES supérieur indique une efficacité supérieure.

Ventilateur-récupérateur de chaleur et d'énergie : Un système d'échange thermique qui transfère la chaleur entre l'air vicié évacué (provenant du bâtiment) et l'air frais extérieur (entrant dans le bâtiment) pour réduire les demandes de chauffage et de refroidissement associées aux besoins de ventilation du bâtiment.

Watt ou W : Un W est équivalent à 3,413 Btu/h.

Zones climatiques : Régions ayant un nombre similaire de degrés-jours de chauffage (DJC) pendant la saison de chauffage. Le Canada est divisé en six zones climatiques (c.-à-d., zones 4, 5, 6, 7A, 7B et 8) dont les valeurs de DJC s'étendent de <3 000 DJC (zone 4) à ≥7 000 DJC (zone 8). Ces zones climatiques sont élaborées et gérées par la norme 169 de l'ANSI/ASHRAE et sont souvent mentionnées dans des procédures et des normes de rendement énergétique.

Zones climatiques pour thermopompe à air : Zones climatiques élaborées pour la norme CSA EXP-07 « Load-based climate-specific testing and rating procedures for heat pumps and air conditioners ». Le Canada est divisé en cinq zones climatiques pour thermopompe à air : marin, froid-sec, froid-humide, très-froid et subarctique. Ce guide contient des références à ces zones climatiques.

INTRODUCTION

Objectif

Le **guide de dimensionnement et de sélection des thermopompes à air** est conçu pour être utilisé par les concepteurs de systèmes mécaniques et les entrepreneurs de travaux de rénovation et les aider à sélectionner et à dimensionner des thermopompes à air selon les climats du Canada dans les applications résidentielles nouvelles et existantes (c.-à-d., améliorations).

Portée

Ce guide se concentre sur les thermopompes à air utilisées à des fins de chauffage ou de refroidissement des locaux.

Ce guide aborde les applications de thermopompe à air suivantes :

- Nouvelles installations d'habitation (ou agrandissements importants);
- Remplacements de système de chauffage complet lorsqu'un équipement de CVC est retiré;
- Ajouts de thermopompe à air pour déplacer l'énergie de chauffage ou fournir un chauffage supplémentaire lorsque l'équipement de chauffage existant demeure fonctionnel.

Ce guide aborde les technologies suivantes :

- Thermopompes à air avec conduit et sans conduit;
- Thermopompes à air à conduit central, une seule et plusieurs zones;
- Thermopompes à air mini-bibloc sans conduit, une seule et plusieurs zones;
- Thermopompes à air mini-bibloc avec conduit, une seule et plusieurs zones;
- Thermopompes à air à une étage;
- Thermopompes à air à plusieurs étages ou à capacité variable;
- Thermopompes à air pour climats froids.

Exclusions :

- Les meilleures pratiques et les exigences en matière d'installation sont exclues de la portée de ce guide.

APERÇU DU PROCESSUS DE SÉLECTION ET DE DIMENSIONNEMENT DES THERMOPOMPES À AIR

Un aperçu du processus de dimensionnement et de sélection des thermopompes à air est illustré dans la Figure 1.

Le processus comprend sept étapes qui peuvent être regroupées en quatre parties principales :

- I. Définir les exigences clés en matière de thermopompe à air (ÉTAPES 1 à 4);
 - Définir la configuration de thermopompe à air.
 - Si nécessaire, choisir des types d'unité intérieure mini-bibloc.
 - Déterminer les charges de chauffage et de refroidissement.
 - Déterminer l'approche de dimensionnement et les exigences de capacité de thermopompe à air.
- II. Déterminer les thermopompes à air qui correspondent aux exigences clés et effectuer un choix final (ÉTAPE 5);
- III. Définir une stratégie de contrôle du système (ÉTAPE 6);
- IV. Définir des exigences de chauffage d'appoint (ÉTAPE 7).

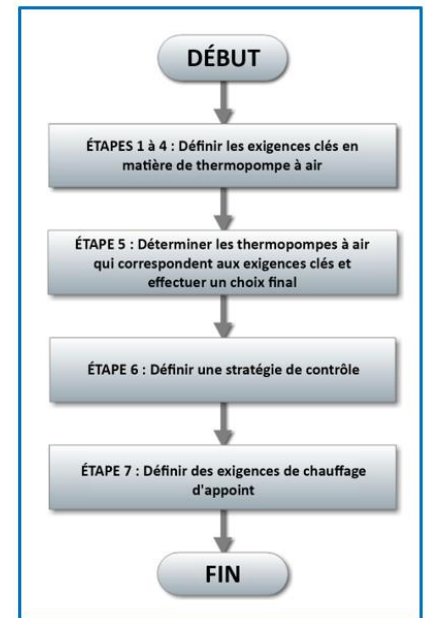


Figure 1: Aperçu du processus de dimensionnement et de sélection des thermopompes à air

Composantes du processus de dimensionnement et de sélection des thermopompes à air

Le **processus de dimensionnement et de sélection des thermopompes à air** est appuyé par :

1. Le **guide de dimensionnement et de sélection des thermopompes à air**, aussi nommé « guide » (c.-à-d., ce document);
2. La **feuille de travail sommaire des caractéristiques clés de thermopompe à air**, aussi comprise dans le guide (ANNEXE B) ou fournie en fichier PDF téléchargeable;
3. L'**outil de feuille de calcul des thermopompes à air** pour aider les utilisateurs à effectuer le processus du guide étape par étape, fourni en classeur Excel téléchargeable;
4. Des **exemples d'utilisation** du guide pour sélectionner des thermopompes à air mini-bibloc à conduit central ou sans conduit dans divers scénarios d'installation, fournis en fichier PDF téléchargeable.

Les utilisateurs peuvent effectuer le processus du guide en utilisant une ou plusieurs de ces composantes. Des descriptions brèves de chaque composante sont fournies dans les pages suivantes.

AVIS AUX CONCEPTEURS ET AUX ENTREPRENEURS : Sélection et dimensionnement des thermopompes à air en accéléré

Les concepteurs et entrepreneurs expérimentés peuvent rapidement effectuer le processus de sélection et de dimensionnement des thermopompes à air en utilisant :

- La **feuille de travail sommaire des caractéristiques clés de thermopompe à air** pour orienter le processus et noter les renseignements et les options sélectionnées;
- L'**outil de feuille de calcul des thermopompes à air** pour effectuer des calculs et des prévisions.

Le **guide des thermopompes à air** complet peut être consulté au besoin pour fournir d'autres renseignements.

1. Guide de dimensionnement et de sélection des thermopompes à air

Ce guide en sept étapes fournit des instructions de sélection et de dimensionnement et des renseignements à propos des diverses options de thermopompe à air à conduit central et mini-bibloc.

- Effectuez les étapes du guide dans l'ordre indiqué afin de sélectionner et dimensionner une thermopompe à air pour une application particulière.
 - Chaque ÉTAPE offre 3 à 4 options à l'utilisateur;
 - Des descriptions brèves de chaque option aident les utilisateurs à sélectionner l'option qui correspond le mieux aux exigences de l'application particulière;
 - Les options choisies sont inscrites dans la **feuille de travail sommaire des caractéristiques clés de thermopompe à air** (voir 2 ci-dessous).
- Utilisez les renseignements inscrits aux ÉTAPES 1 à 4 pour dresser une liste des modèles de thermopompe à air offerts sur le marché qui conviennent à l'application particulière.
- Le choix final de la thermopompe à air peut être fondé sur des caractéristiques comme :
 - Étages ou capacités de modulation;
 - Rendements énergétiques;
 - Niveaux de bruit;
 - Coût de l'équipement.
- Dans les deux dernières étapes, définissez :
 - La stratégie de contrôle du système de thermopompe à air;
 - Les exigences de chauffage d'appoint.

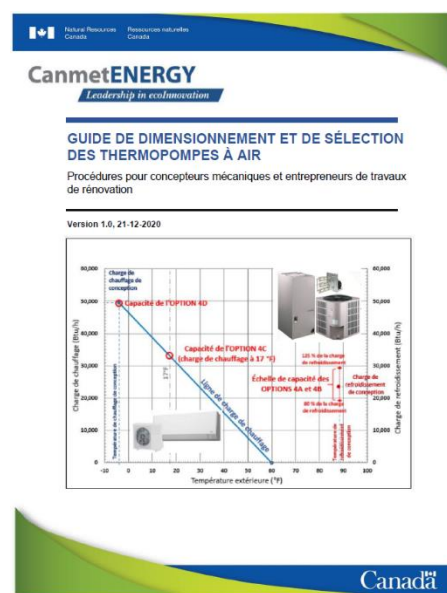


Figure 2: Guide de dimensionnement et de sélection des thermopompes à air

2. Feuille de travail sommaire des caractéristiques clés de thermopompe à air

La **feuille de travail sommaire des caractéristiques clés de thermopompe à air** peut être utilisée de deux manières :

- Avec le **guide des thermopompes à air** comme feuille sommaire pour documenter les décisions prises lors de l'exécution des sept étapes à l'aide de la documentation complète du guide;
- En tant que feuille de travail autonome que les utilisateurs expérimentés peuvent remplir pour sélectionner et dimensionner une thermopompe à air, consultant la documentation complète du guide seulement lorsque des renseignements supplémentaires sont requis.

ANNEXE B : FEUILLE DE TRAVAIL SOMMAIRE DES CARACTÉRISTIQUES CLÉS DE THERMOPOMPE À AIR

NOM DU PROJET DU CLIENT : _____ Date de Fin : _____

INSTRUCTIONS : Sélectionner les options requises à chaque ÉTAPE. Sélectionner des renseignements dans les champs gris, ou blancs.

ÉTAPE	Caractéristique 1	Caractéristique 2	Caractéristique 3	Caractéristique 4	Caractéristique 5	REMARQUES
1. Sélectionner le type de thermopompe à air	01. Système à eau	02. Système à eau	03. Système à eau	04. Système à eau	05. Système à eau	06. Système à eau
2. Choisir les options de chauffage et de refroidissement	01. Chauffage et refroidissement	02. Chauffage et refroidissement	03. Chauffage et refroidissement	04. Chauffage et refroidissement	05. Chauffage et refroidissement	06. Chauffage et refroidissement
3. Choisir les options de refroidissement	01. Refroidissement	02. Refroidissement	03. Refroidissement	04. Refroidissement	05. Refroidissement	06. Refroidissement
4. Choisir les options de chauffage	01. Chauffage	02. Chauffage	03. Chauffage	04. Chauffage	05. Chauffage	06. Chauffage
5. Choisir les options de refroidissement	01. Refroidissement	02. Refroidissement	03. Refroidissement	04. Refroidissement	05. Refroidissement	06. Refroidissement
6. Choisir les options de chauffage	01. Chauffage	02. Chauffage	03. Chauffage	04. Chauffage	05. Chauffage	06. Chauffage
7. Choisir les options de refroidissement	01. Refroidissement	02. Refroidissement	03. Refroidissement	04. Refroidissement	05. Refroidissement	06. Refroidissement

Figure 3: Feuille de travail sommaire des caractéristiques clés de thermopompe à air

3. Outil de feuille de calcul des thermopompes à air

Cet outil fondé sur Excel examine les étapes du guide pour aider les concepteurs et les entrepreneurs à sélectionner et dimensionner des thermopompes à air selon les climats du Canada.

L'**outil de feuille de calcul des thermopompes à air** offre divers calculs et fonctions de graphique utilisés pour sélectionner et dimensionner des thermopompes à air. Ces fonctions comprennent :

- Traçage des lignes de charge de chauffage et estimation de la capacité de production de l'équipement de thermopompe à air requise pour une application selon :
 - valeurs de charge saisies;
 - approche de dimensionnement sélectionnée.
- Traçage des caractéristiques de production de la thermopompe à air par rapport aux températures extérieures et estimation des températures du point d'équilibre thermique (t-TPE) pour quatre thermopompes à air envisagés pour une application.



Figure 4: Outil de feuille de calcul des thermopompes à air

- Estimation de la fraction annuelle de la charge de chauffage totale fournie par les différentes thermopompes à air envisagées au-dessus de leur t-TPE pour effectuer la sélection finale.
- Calcul du chauffage d'appoint minimal requis pour l'application.
- Pour les applications à carburant double, calcul de la limite de température économique de la thermopompe à air selon :
 - *coût local de l'électricité et du carburant;*
 - *caractéristiques d'efficacité de la thermopompe à air et du système de chauffage d'appoint.*

4. Exemples d'utilisation du guide des thermopompes

Des exemples d'utilisation ont été élaborés pour les thermopompes à air à conduit central et mini-bibloc sans conduit selon divers scénarios de dimensionnement et de sélection.

- Ces exemples démontrent le fonctionnement du processus du guide et ont été élaborés pour aider les utilisateurs à comprendre les diverses étapes de prise de décision lors de la sélection de thermopompes à air pour différentes applications.

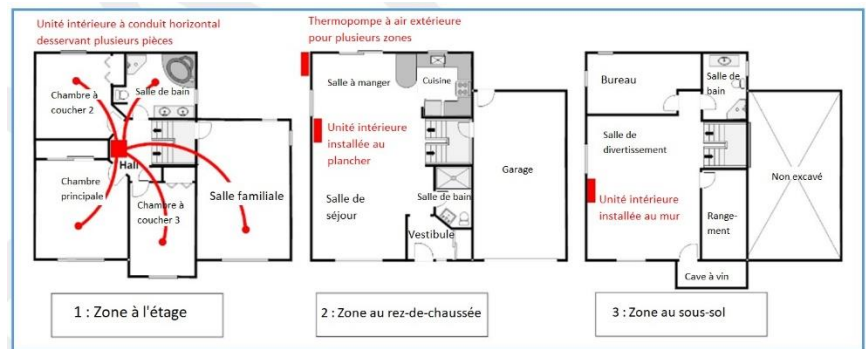


Figure 5: Exemples d'utilisation – Thermopompe à air mini-bibloc, pour plusieurs zones et ajouté

ÉTAPE 1 : DÉFINIR LA CONFIGURATION DE THERMOPOMPE À AIR

Cette ÉTAPE consiste à définir la configuration de thermopompe à air la plus appropriée selon :

- L'application de thermopompe à air prévue;
- La configuration du système de chauffage et de refroidissement dans l'habitation ou la zone envisagée.

Les types de configuration de thermopompe à air courants comprennent :

- Option 1A : Thermopompe à air à conduit central;
- Option 1B : Thermopompe à air mini-bibloc sans conduit, une seule zone;
- Option 1C : Thermopompe à air mini-bibloc sans conduit, plusieurs zones.

Les pages suivantes fournissent des descriptions brèves des trois options de thermopompe à air, alors que le Tableau 1 offre un aperçu des utilisations typiques des différentes options.

Tableau 1 : Options de thermopompe à air typiques pour différentes applications et configurations de système de chauffage

Description de l'application	Configuration du système de chauffage	Option 1A : Conduit central	Option 1B : Sans conduit, une seule zone	Option 1C : Sans conduit, plusieurs zones
Remplacement ou nouvelle installation de système de chauffage complet	Central, à air pulsé	✓		
	Plinthe électrique ou système hydronique (aucun système de conduit central)		✓ (plusieurs thermopompes à air)	✓
Remplacement ou nouvelle installation de système de refroidissement complet	Central, à air pulsé	✓		
	Plinthe électrique ou système hydronique (aucun système de conduit central)		✓ (plusieurs thermopompes à air)	✓
Déplacement de chaleur à l'aide d'une thermopompe à air ajouté pour réduire l'utilisation d'un système de chauffage existant	Central, à air pulsé	✓		
	Plinthe électrique ou système hydronique (aucun système de conduit central)		✓ (une ou plusieurs thermopompes à air)	✓
Zone isolée, chauffage et refroidissement supplémentaire à l'aide d'une thermopompe à air ajouté	Central, à air pulsé		✓ (une ou plusieurs thermopompes à air)	✓
	Plinthe électrique ou système hydronique (aucun système de conduit central)		✓ (une ou plusieurs thermopompes à air)	✓

Option 1A : Thermopompe à air à conduit central

Les thermopompes à air à conduit central sont presque toujours installées pour fournir l'ensemble de la charge de chauffage d'une habitation ou d'une grande section. Les installateurs s'assurent habituellement que la charge de chauffage puisse être fournie par la capacité de la thermopompe à air et le chauffage d'appoint auxiliaire à la température extérieure de conception de l'emplacement de l'habitation.

- Dans les améliorations, l'intensité du disjoncteur dans le panneau électrique principal et le débit d'air maximum des conduits existants peuvent limiter la taille maximale et la capacité de chauffage de la thermopompe à air à conduit central pouvant être installé.
 - Dans ces installations, les générateurs d'air chaud centraux sont remplacés par des systèmes de thermopompe à air centraux munis de chauffage d'appoint auxiliaire ou de chauffage à carburant double.
 - Dans les applications d'ajout de thermopompe à air central, le générateur d'air chaud central existant peut fonctionner en tant que système de chauffage d'appoint (selon une configuration à carburant double).
- Dans les nouvelles constructions à faible consommation d'énergie ou dans les habitations existantes dont l'enveloppe de bâtiment fait l'objet d'améliorations énergétiques majeures, il est parfois possible d'atteindre la charge de chauffage de conception à l'aide d'une technologie de thermopompe à air pour climats froids à capacité variable sans utiliser de chauffage auxiliaire assujéti aux approbations des autorités du bâtiment et des fournisseurs d'assurance habitation.



Figure 6 : Thermopompe à air à conduit central

Dans toutes les applications, ce type de thermopompe à air fournit le chauffage et le refroidissement à l'espace climatisé à l'aide d'un système de distribution à air pulsé.

Option 1B : Thermopompe à air mini-bibloc sans conduit, une seule zone

Les systèmes sans conduit, communément appelés « mini-bibloc », sont souvent utilisés pour chauffer une zone d'une habitation nouvelle ou existante sans conduit existant.

Les systèmes mini-bibloc sans conduit sont souvent installés comme ajouts pour fournir seulement une partie de la charge de chauffage de l'habitation.

- Il y a souvent un système de chauffage existant et capable de fournir la charge de chauffage complète de l'habitation pendant les temps froids. Le système de chauffage existant atténue le risque de sous-dimensionnement du système de thermopompe à air ajouté.

Plus d'un système mini-bibloc sans conduit peut être installé pour chauffer plusieurs espaces d'une habitation en faisant partie d'un système de climatisation central.



Figure 7 : Thermopompe à air mini-bibloc sans conduit

Option 1C : Thermopompe à air mini-bibloc sans conduit, plusieurs zones

Les systèmes sans conduit pour plusieurs zones, souvent appelés « multi-bibloc », utilisent une seule unité extérieure avec plusieurs unités intérieures pour chauffer ou refroidir deux à huit pièces ou zones distinctes d'une habitation.

Ces systèmes pour plusieurs zones peuvent être installés pour chauffer ou refroidir plusieurs zones d'une habitation et faire partie d'un système de climatisation central.



Figure 8 : Thermopompe à air mini-bibloc sans conduit pour plusieurs zones

- Dans le cas des systèmes sans conduit pour plusieurs zones, le dimensionnement et les contrôles adéquats sont particulièrement importants pour maintenir une efficacité élevée.
- Les thermopompes à air pour plusieurs zones peuvent nécessiter l'installation d'une boîte de distribution distincte conformément aux instructions du fabricant. Des précautions d'installation supplémentaires peuvent être nécessaires lorsque ces systèmes sont conçus pour permettre l'installation de la boîte de distribution.

Type d'installation de thermopompe à air

Les types d'installation de thermopompe à air comprennent :

- Nouvelles installations d'habitation;
- Remplacements de système complet lorsqu'un équipement de CVC est retiré;

- Ajouts de thermopompe à air lorsque le système de chauffage existant demeure fonctionnel.

Inscrivez le type d'installation en cochant la case appropriée dans la colonne « Notes » de la **feuille de travail sommaire des caractéristiques clés de thermopompe à air**.

Après avoir choisi la configuration de thermopompe à air la plus appropriée, encerclez l'option choisie et indiquez le type d'installation (c.-à-d., nouvelle installation/remplacement d'équipement de CVC complet/ajout de thermopompe à air) dans la **feuille de travail sommaire des caractéristiques clés de thermopompe à air**.

- Une copie de la feuille de travail est incluse à la fin de ce guide, dans l'ANNEXE B.

Si vous avez choisi : Option 1A – Thermopompe à air à conduit central, passez à l'ÉTAPE 3.

Si vous avez choisi : Option 1B – Thermopompe à air sans conduit, une seule zone ou
Option 1C – Thermopompe à air sans conduit, plusieurs zones, passez à l'ÉTAPE 2.

Après avoir effectué l'ÉTAPE 1, vous aurez :

- Sélectionné le type de thermopompe à air le plus approprié pour l'application.
- Pour les applications de thermopompe à air sans conduit, estimé le nombre d'unités requises.
- Inscrit le type d'installation : nouvelle habitation/remplacement de CVC complet/ajout de thermopompe à air.

ÉTAPE 2 : CHOISIR UN OU DES TYPES D'UNITÉ INTÉRIEURE À UTILISER AVEC UNE THERMOPOMPE À AIR MINI-BIBLOC SANS CONDUIT

AVIS AUX CONCEPTEURS ET AUX ENTREPRENEURS : Quand effectuer l'ÉTAPE 2

N'effectuez l'ÉTAPE 2 QUE si vous avez sélectionné, à l'ÉTAPE 1 :

- Option 1B – Thermopompe à air mini-bibloc sans conduit, une seule zone;
- Option 1C – Thermopompe à air mini-bibloc sans conduit, plusieurs zones.

Si, à l'ÉTAPE 1, vous avez sélectionné Option 1A – Thermopompe à air à conduit central, passez à l'ÉTAPE 3.

À l'ÉTAPE 2, vous choisirez le ou les types d'unité intérieure à utiliser avec la ou les thermopompes à air mini-bibloc sans conduit pour une seule ou plusieurs zones choisies à l'ÉTAPE 1.

Les types d'unité intérieure courants pour les thermopompes à air sans conduit comprennent :

- Option 2A : Installée au mur;
- Option 2B : Installée au plancher;
- Option 2C : Installée au plafond;
- Option 2D : Avec conduit (dissimulée).

Les sections suivantes comprennent de brèves descriptions des différentes options d'unité intérieure.

Après avoir déterminé les options d'unité intérieure les plus appropriées pour l'application, inscrivez les options choisies et le nombre d'unités intérieures requises dans la **feuille de travail sommaire des caractéristiques clés de thermopompe à air**.

Option 2A : Unité intérieure installée au mur

L'unité intérieure installée au mur est le type le plus souvent utilisé dans les installations de thermopompe à air sans conduit.

Ces unités intérieures :

- Sont installées au mur, à quelques pouces sous le plafond;
- Nécessitent un espace libre de tout objet sur le mur;
- Peuvent avoir un débit d'air élevé, des capteurs et des ailettes pour distribuer l'air dans de grandes zones d'occupation;
- Ont un impact visuel plus élevé que celui d'autres types d'unité intérieure.



Figure 9 : Unité intérieure installée au mur

Option 2B : Unité intérieure installée au plancher

Les unités installées au plancher sont idéales pour les sous-sols ou les endroits où il n'y a pas d'espace sur le mur.

Les unités intérieures installées au plancher :

- Peuvent être installées sous les grandes fenêtres qui empêchent l'installation d'unités au mur;
- Peuvent avoir un débit d'air élevé pour distribuer l'air dans de grandes zones d'occupation;
- Peuvent distribuer la chaleur plus efficacement que les unités installées au mur;
- Ont un impact visuel plus élevé que celui d'autres types d'unité intérieure.



Figure 10 : Unité intérieure installée au plancher

Option 2C : Unité intérieure installée au plafond

Les emplacements idéals des unités installées au plafond sont les couloirs et les paliers, puisque ces unités intérieures peuvent distribuer l'air dans quatre directions différentes.

Les unités intérieures installées au plafond :

- Sont habituellement installées à l'étage supérieur des habitations lors de l'amélioration des thermopompes à air sans conduit;
- Ne nécessitent pas d'espace au mur;
- Ont un débit d'air inférieur à celui des unités installées au mur ou au plafond, ce qui limite la surface desservie;
- Peuvent nécessiter une installation plus invasive en fonction de la cavité du plafond;
- Peuvent avoir un impact visuel moins élevé que celui d'autres types d'unité intérieure.



Figure 11 : Unité intérieure installée au plafond

Les unités installées au plafond sont le plus souvent installées comme partie d'un système desservant plusieurs zones. Une unité installée au mur ou au plancher est utilisée dans la zone d'occupation principale et une unité installée au plafond est utilisée à l'étage pour la climatisation des couloirs et des espaces centraux dans les étages ouverts.

Option 2D : Unité intérieure avec conduit (dissimulée)

Une unité intérieure avec conduit peut desservir une ou plusieurs pièces en ayant un impact visuel moindre que les autres types d'unité intérieure. L'air est acheminé de l'unité intérieure aux grilles de sortie à l'aide de conduits compacts installés avec l'unité intérieure.

Les unités intérieures avec conduit :

- Distribuent l'air aux différentes pièces de façon plus fiable qu'une unité installée au plafond.
- Peuvent être plus faciles à dimensionner pour le fonctionnement à haute efficacité que l'utilisation de plusieurs têtes sans conduit pour desservir plusieurs petites pièces isolées (p. ex., plusieurs petites chambres à coucher).

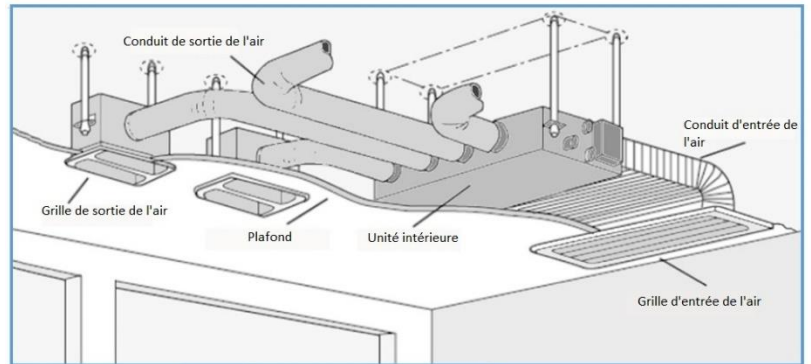


Figure 12: Unité intérieure avec conduit

Les unités intérieures avec conduit sont le plus souvent installées comme partie d'un système desservant plusieurs zones. Une unité installée au mur ou au plancher est utilisée dans la zone d'occupation principale et une unité intérieure avec conduit est utilisée à l'étage pour la climatisation des couloirs et des différentes chambres à coucher.

Après avoir effectué l'ÉTAPE 2, vous aurez :

- Estimé le nombre d'unités intérieures requises pour l'application de thermopompe à air sans conduit.
- Sélectionné le ou les types d'unité intérieure qui conviennent le mieux à l'application.

ÉTAPE 3 : ESTIMER LES CHARGES DE CHAUFFAGE ET DE REFROIDISSEMENT DE CONCEPTION

À l'ÉTAPE 3, vous estimerez les charges de chauffage et de refroidissement de l'habitation ou de la zone de l'habitation dans laquelle l'installation d'une thermopompe à air est envisagée. Les manières courantes d'estimer les charges de chauffage et de refroidissement comprennent :

- Option 3A : Estimation des charges selon la norme d'analyse des charges CSA F280;
- Option 3B : Estimation des charges selon un audit énergétique;
- Option 3C : Estimation des charges selon un modèle énergétique;
- Option 3D : Estimation des charges selon les capacités des équipements existants.

Le Tableau 2 associe différentes applications de thermopompe à air aux options d'estimation des charges les plus probables. De brèves descriptions et des exemples d'utilisation de ces quatre options d'estimation sont fournis dans les pages suivantes.

Tableau 2 : Différents types d'application de thermopompe à air et options d'estimation des charges correspondantes

Application de thermopompe à air	Option 3A : Estimation des charges selon la norme d'analyse des charges CSA F280	Option 3B : Estimation des charges selon un audit énergétique	Option 3C : Estimation des charges selon un modèle énergétique	Option 3D : Estimation des charges selon les capacités des équipements existants
Installation de thermopompe à air dans une nouvelle habitation ou une habitation dont l'enveloppe a fait l'objet d'améliorations importantes	✓		✓	
Amélioration ou ajout de thermopompe à air dans une habitation existante avec audit énergétique		✓	✓	
Amélioration ou ajout de thermopompe à air dans une habitation existante sans audit énergétique			✓	✓

Autres facteurs à considérer lors des améliorations et des ajouts

Débit d'air maximum des conduits existants : Dans les améliorations de thermopompe à air à conduit central, la taille maximale de la thermopompe à air pouvant être installée dans l'habitation peut être déterminée par le débit d'air maximum des conduits d'alimentation existants. Une procédure simple pour estimer ce débit d'air maximum est décrite à la page 20.

Estimation des charges de la zone visée : Dans les améliorations ou les ajouts de thermopompe à air mini-bibloc sans conduit, le dimensionnement est fondé sur les charges thermiques de la zone de l'habitation climatisée par la thermopompe à air ajouté. Une procédure simple pour estimer les charges de la zone visée selon les charges de l'habitation entière est décrite à la page 21.

Après avoir choisi l'option d'estimation des charges et calculé les charges de chauffage et de refroidissement de l'habitation ou de la zone visée :

- Inscrivez les données de charge dans la **feuille de travail sommaire des caractéristiques clés de thermopompe à air**;
- Si l'installation comprend l'amélioration d'une thermopompe à air à conduit central, inscrivez aussi le débit d'air maximum du système de conduit existant.

Option 3A : Estimation des charges selon la norme d'analyse des charges CSA F280

Les nouveaux codes du bâtiment national et provinciaux exigent que la capacité des appareils de chauffage soit déterminée selon la norme CSA F280 « *Détermination de la puissance requise des appareils de chauffage et de refroidissement résidentiels* » pour toutes les nouvelles constructions résidentielles.

La norme d'analyse des charges F280 peut aussi être utilisée pour les habitations existantes dont l'enveloppe a fait l'objet d'améliorations importantes visant à améliorer l'efficacité énergétique.



Figure 13 : L'analyse des charges CSA F280 détermine les charges de conception en fonction des

EXEMPLE - Option 3A : Estimation des charges selon la norme d'analyse des charges CSA F280-12

L'analyse des charges selon la norme CSA F280 d'une nouvelle habitation en rangée de trois étages construite conformément aux exigences de la norme ENERGY STAR® pour les maisons neuves a calculé les charges de conception suivantes :

Chauffage : 15 800 Btu/h à une température de conception de -4 °F (-20 °C);

Refroidissement : 19 200 Btu/h à une température de conception de 88 °F (31 °C).

Option 3B : Estimation des charges selon un audit énergétique

Dans le cas des habitations ayant fait l'objet d'un audit d'efficacité énergétique, les charges de conception peuvent être estimées en fonction des données du rapport d'audit.

- Si les améliorations de l'enveloppe du bâtiment définies dans le rapport ont été mises en œuvre, les valeurs de charge de conception peuvent être extraites directement du rapport d'audit.
- Si les améliorations de l'enveloppe du bâtiment définies dans le rapport n'ont pas été mises en œuvre, les valeurs de charge de conception peuvent être estimées à partir des données indiquées dans le rapport d'audit (voir l'exemple pour les détails des calculs).

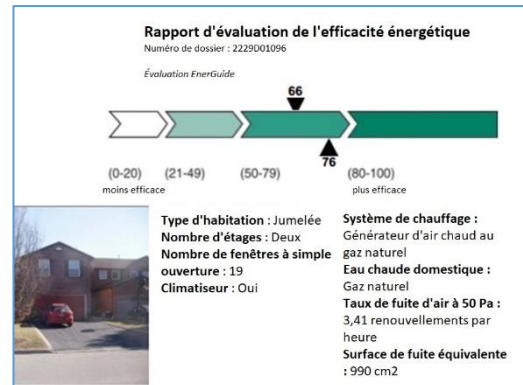


Figure 14 : Rapport d'évaluation de l'efficacité énergétique (audit) (vers 2012) utilisé pour estimer les charges de conception

Remarque: Les rapports d'évaluation plus récents du système de cote ÉnerGuide (non illustrés) peuvent avoir une estimation des charges de chauffage et de refroidissement de conception pour la maison incluses à la page 2 du rapport de la maison (sous «Systèmes mécaniques»). Si tel est le cas, utilisez ces valeurs directement.

EXEMPLE - Option 3B : Estimation des charges selon l'audit énergétique

Le rapport d'audit d'une habitation de deux étages située dans une région dont les températures de conception sont de -4 °F (-20 °C) pour le chauffage et de 88 °F (31 °C) pour le refroidissement, indique :

Si vous mettiez en œuvre TOUTES les améliorations de l'enveloppe du bâtiment recommandées, on estime que la charge de chauffage de conception de l'habitation serait de 43 641 Btu/h (12 790 W) et que la charge de refroidissement de conception serait de 23 519 Btu/h (2,0 tonnes). Si vous envisagez le remplacement de votre système de chauffage ou de refroidissement, fournissez ces données à l'entrepreneur du système de chauffage ou de refroidissement afin qu'il puisse choisir un système dimensionné adéquatement.

Si toutes les améliorations de l'enveloppe du bâtiment étaient mises en œuvre, les charges de conception de l'habitation seraient de :

Charge de chauffage de conception après les améliorations : 43 641 Btu/h à une température de conception de -4 °F (-20 °C);

Charge de refroidissement de conception après les améliorations : 23 519 Btu/h à une température de conception de 88 °F (31 °C).

Si les améliorations de l'enveloppe du bâtiment n'étaient PAS mises en œuvre, la charge de refroidissement de conception serait toujours une estimation raisonnable, mais la charge de chauffage de conception devrait être ajustée.

Le rapport indique aussi :

- *Vous pouvez économiser jusqu'à 12 pour cent en effectuant toutes les améliorations recommandées pour le système de chauffage autre que le chauffage des locaux.*

Cela signifie que la charge de chauffage de conception indiquée est de 88 % (100 % moins les économies de 12 % indiquées ci-dessus). La charge de chauffage de conception réelle de l'habitation est donc estimée à :

Charge de chauffage de conception avant les améliorations = $43\,641 \text{ Btu/h} / 0,88 = 49\,592 \text{ Btu/h}$ (14 530 W).

Selon le rapport d'audit, les charges de conception avant les améliorations de cette habitation sont de :

Charge de chauffage de conception avant les améliorations : 49 592 Btu/h à une température de conception de -4 °F (-20 °C);

Charge de refroidissement de conception avant les améliorations : 23 519 Btu/h à une température de conception de 88 °F (31 °C).

Option 3C : Estimation des charges selon un modèle énergétique

Les charges de chauffage et de refroidissement de conception d'une habitation ou des zones visées peuvent être estimées en créant un modèle énergétique de l'habitation pour déterminer les exigences de chauffage et de refroidissement des conditions de conception d'été et d'hiver propres à l'emplacement de l'habitation.

Un logiciel de modélisation énergétique comme HOTT2000 peut être utilisé pour estimer les charges de chauffage et de refroidissement de conception de l'ensemble d'une habitation ou de pièces et zones individuelles en fonction des détails de construction de l'enveloppe du bâtiment. Ces estimations de charge peuvent être utilisées pour dimensionner et sélectionner l'équipement de thermopompe à air approprié, qu'il s'agisse d'un :

- Système de thermopompe à air à conduit central utilisé pour climatiser l'ensemble de l'habitation;
- Système de thermopompe à air mini-bibloc sans conduit climatisant une zone particulière de l'habitation.



Figure 15 : Le logiciel de modélisation énergétique HOTT2000 peut estimer les charges de conception des habitations nouvelles et existantes

AVIS AUX CONCEPTEURS ET AUX ENTREPRENEURS : Simulation d'énergie HOTT2000

Envisagez la création d'un modèle énergétique HOTT2000 par un utilisateur expérimenté du logiciel de simulation. La [liste des organismes de service](#) interrogeable de Ressources naturelles Canada peut vous aider. L'option d'*assistant de nouvelle habitation* du logiciel de simulation peut être utilisée pour créer un modèle d'une habitation existante. Une fois le modèle HOTT2000 créé, celui-ci peut être utilisé pour générer les charges de chauffage et de refroidissement de conception.

Le logiciel HOTT2000 est offert en téléchargement gratuit sur le site Web de RNCan : <https://www.rncan.gc.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-pour-les/occasions-professionnelles/outils-professionnels-lindustrie/20597>.

Option 3D : Estimation des charges selon les capacités des équipements existants

REMARQUE : Cette approche ne s'applique pas lorsque l'on souhaite compenser une partie de la charge de chauffage (c.-à-d., déplacement de chaleur ou applications de zone supplémentaire/isolée, comme indiqué dans le Tableau 1). Dans ce cas, un calcul de charge doit seulement être effectué pour la partie de l'habitation qui doit être climatisée par la thermopompe.

Il n'y a aucune manière précise d'estimer les charges de chauffage et de refroidissement de conception selon les capacités des équipements installés.

Toutefois, comme dernier recours, des estimations approximatives des charges de chauffage et de refroidissement de conception peuvent être effectuées selon les capacités de l'équipement de CVC existant qui climatise l'habitation lorsque :

- Aucun problème de confort n'est survenu (si des problèmes de confort sont survenus, voir ci-dessous);
- Aucune amélioration considérable du rendement énergétique n'a été apportée à l'habitation depuis l'installation du système de chauffage actuel;
- Il existe des preuves démontrant que des pratiques de dimensionnement raisonnables ont été utilisées pour déterminer l'équipement existant (p. ex., le générateur d'air chaud fonctionne pendant des périodes prolongées lorsque le temps est très froid).

Déterminer les paliers de charge de chauffage de conception en fonction de la capacité de l'équipement existant :

- La production des appareils de chauffage est toujours supérieure à la perte de chaleur de conception (PCC);
- La plupart des concepteurs mécaniques ajouteront une marge à la charge de chauffage de conception calculée; 125 % est une quantité raisonnable comme taille minimale;
- Historiquement, 140 % de la charge de chauffage de conception était réglée comme limite supérieure de la capacité des appareils de chauffage selon la norme CSA F280. Bien que cette limite de capacité maximale ait été retirée dans la dernière version de la norme CSA F280 (depuis 2012), la valeur de 140 % de la charge de chauffage de conception peut toujours être utilisée pour l'évaluation d'installations plus anciennes.



Figure 16 : Utiliser l'équipement existant pour estimer les charges de conception

Déterminer les paliers de charge de refroidissement de conception en fonction de la capacité de l'équipement existant :

- La formation en conception de l'Institut canadien du chauffage, de la climatisation et de la réfrigération (ICCCR) (souvent mentionnée dans les codes du bâtiment) permet le dimensionnement de la production des appareils de refroidissement avec des productions allant de 80 à 125 % de la charge de refroidissement de conception;
- Toutefois, pour éviter le sous-refroidissement et les retours du client, il existe une pratique courante sur le terrain qui consiste à dimensionner la production des appareils de refroidissement entre 100 et 125 % de la charge de refroidissement de conception. Utilisez ces valeurs pour estimer les valeurs de charge de refroidissement de conception.

EXEMPLE – Option 3D : Estimation des charges selon les capacités des équipements existants

Par exemple, une habitation construite en 1987 d'après la conception du constructeur comprend l'équipement de chauffage et de refroidissement original installé avec les données de plaque signalétique suivante :

Chauffage : Générateur d'air chaud au gaz naturel, entrant = 90 000 Btu/h, sortant = 68 400 Btu/h

Refroidissement : Condenseur de climatiseur central, numéro de modèle : HS18-311

REMARQUE : En utilisant les numéros de modèle pour déterminer les capacités existantes, utilisez la nomenclature de numéro de modèle du fabricant pour déterminer la valeur de capacité correspondante.

Une recherche de l'encodage des numéros de modèle du fabricant sur le Web indique que **-31** dans un numéro de modèle désigne une capacité de refroidissement de 31 000 Btu/h (2,6 tonnes). La capacité de refroidissement nominale est couramment rapportée à 95 °F (35 °C).

Les températures de conception sont de -4 °F (-20 °C) pour le chauffage et de 88 °F (31 °C) pour le refroidissement.

Appliquer les paliers à cet exemple d'installation :

Production de chaleur existante = 68 400 Btu/h

Si dimensionné à 140 % de la charge de chauffage de conception, alors la charge de chauffage de conception est de 48 860 Btu/h. Si dimensionné à 125 % de la charge de chauffage de conception, alors la charge de chauffage de conception est de 54 720 Btu/h

Production de froid existante = 31 000 Btu/h à 95 °F (35 °C)

REMARQUE : Pour obtenir la capacité de refroidissement à la température de conception de 88 °F (31 °C), les concepteurs doivent consulter les tableaux de rendement étendus des fabricants (puis sélectionner la production à la température la plus proche de la température de refroidissement de conception). Si ces tableaux ne sont pas disponibles, estimez à l'aide de la capacité nominale.

Si dimensionné à 125 % de la charge de refroidissement de conception, alors la charge de refroidissement de conception est d'environ 24 800 Btu/h. À 100 % de la charge de refroidissement de conception, la charge de refroidissement de conception est d'environ 31 000 Btu/h (ces valeurs sont approximatives, puisque la capacité du système à la température de refroidissement de conception de 88 °F (31 °C) serait légèrement plus élevée que la capacité nominale à 95 °F (35 °C).

Selon les capacités de l'équipement existant, les charges de conception sont estimées à :

Charge de chauffage de conception : 48 860 à 54 720 Btu/h à une température de conception de -4 °F (-20 °C);

Charge de refroidissement de conception : 24 800 à 31 000 Btu/h à une température de conception de 88 °F (31 °C).

Cas où des problèmes de confort sont survenus

Si des problèmes de confort surviennent dans l'habitation, ou si une amélioration récente du rendement énergétique de l'habitation a été entreprise, un audit énergétique ou un calcul des charges de chauffage et de refroidissement de l'habitation devrait être effectué avant le dimensionnement et la sélection de la thermopompe.

Notez aussi que les problèmes de confort peuvent être causés par d'autres éléments que l'équipement sous-dimensionné, comme des défauts dans la barrière thermique (p. ex., fuites d'air, manque d'isolation), dans l'équipement mécanique (p. ex., conduits fuyants, déconnectés ou sous-dimensionnés, débit d'air faible causé par un serpentin d'évaporateur ou des filtres à air bouchés), ou les deux à la fois.

Estimer le débit d'air maximum des conduits d'alimentation existants

Dans les améliorations de thermopompe à air à conduit central, la taille maximale de la thermopompe à air pouvant être installée peut être déterminée par le débit d'air maximum des conduits d'alimentation existants.

- Pour les systèmes de conduit à faible vitesse que l'on retrouve dans la plupart des habitations, le débit d'air maximum peut être estimé en mesurant la surface transversale des conduits d'alimentation principaux près de l'équipement, avant les bifurcations.
- La surface transversale totale (en pieds carrés) est alors multipliée par la vitesse du débit d'air de 900 pieds par minute, (la vitesse maximale recommandée par l'Institut canadien du chauffage, de la climatisation et de la réfrigération (ICCCR) pour les systèmes de conduit à faible vitesse).

Les équations suivantes peuvent être utilisées pour calculer le débit d'air maximum d'un système de conduit en pieds cubes par minute (PCM).

L'équation pour les conduits rectangulaires dont les dimensions sont mesurées en pouces est :

Débit d'air maximum (PCM) = (ProfondeurConduit1 x LargeurConduit1 + ProfondeurConduit2 x LargeurConduit2 + etc.) x 0,00694 x 900,

ou plus simplement,

Débit d'air maximum (PCM) = (ProfondeurConduit1 x LargeurConduit1 + ProfondeurConduit2 x LargeurConduit2 + etc.) x 6,25

(Équation 1a)

L'équation pour les conduits rectangulaires dont les dimensions sont mesurées en centimètres est :

Débit d'air maximum (m³/s) = (ProfondeurConduit1 x LargeurConduit1 + ProfondeurConduit2 x LargeurConduit2 + etc.) x 0,0001 x 4,57,

ou plus simplement,

Débit d'air maximum (m³/s) = (ProfondeurConduit1 x LargeurConduit1 + ProfondeurConduit2 x LargeurConduit2 + etc.) x 0,000457

(Équation 1b)

L'équation pour les conduits ronds dont les dimensions sont mesurées en pouces est :

Débit d'air maximum (PCM) = (DiamètreConduit1² + DiamètreConduit2² + etc.) x π / 4 x 0,00694 x 900,

ou plus simplement,

Débit d'air maximum (PCM) = (DiamètreConduit² + DiamètreConduit2² + etc.) x 4,91 (Équation 2a)

L'équation pour les conduits ronds dont les dimensions sont mesurées en centimètres est :

Débit d'air maximum (m³/s) = (DiamètreConduit1² + DiamètreConduit2² + etc.) x π / 4 x 0,0001 x 4,57,

ou plus simplement,

Débit d'air maximum (m³/s) = (DiamètreConduit1² + DiamètreConduit2² + etc.) x 0,000359 (Équation 2b)

Où : 0,00694 est le facteur de conversion entre les pouces carrés et les pieds carrés;
 0,0001 est le facteur de conversion entre les centimètres carrés et les mètres carrés;
 900 pieds/minute (4,57 mètres/seconde) est la vitesse maximale recommandée par l'ICCCR pour les conduits résidentiels à faible vitesse;
 π (pi) est une constante dont la valeur approximative est de 3,14.

EXEMPLE DE CALCUL : Débit d'air maximum d'un système de conduit existant

Un système de CVC existant comprend trois conduits d'alimentation principaux :

- Le premier mesure 8 pouces de profondeur et 22 pouces de largeur.
- Les deux autres ont un diamètre de 6 pouces.

Estimation du débit d'air maximum du système de conduit à l'aide des équations 1a et 2a :

$$\text{Débit d'air maximum} = (8 \times 22) \times 6,25 + (6^2 + 6^2) \times 4,91 = 1\,453 \text{ PCM}$$

Le débit d'air maximum du système de conduit existant est estimé à 1 453 PCM.

Estimation des charges de la zone visée pour des thermopompes à air mini-bibloc ajoutées

Dans les améliorations ou les ajouts de thermopompe à air mini-bibloc sans conduit, le dimensionnement est fondé sur les charges thermiques de la zone de l'habitation climatisée par la thermopompe à air ajouté. Les charges de la zone visée peuvent être estimées à l'aide de l'une des approches suivantes :

- Si les charges de chauffage et de refroidissement détaillées pour chaque pièce ont été obtenues dans l'option 3A : *Estimation des charges selon la norme d'analyse des charges CSA F280*, l'option 3B : *Estimation des charges selon un audit énergétique* ou l'option 3C : *Estimation des charges selon un modèle énergétique*, utilisez les valeurs des pièces pour estimer les charges de la zone visée lors du dimensionnement de la thermopompe à air.
- Si seulement les charges de chauffage et de refroidissement de l'habitation entière sont connues, les charges de la zone visée peuvent être estimées en appliquant aux charges le rapport entre la surface de plancher de l'habitation entière et la surface de plancher de la zone visée.

AVIS AUX CONCEPTEURS ET AUX ENTREPRENEURS : Estimation des charges pour les thermopompes à air ajoutées

Lors des ajouts de thermopompe à air conçu pour le déplacement de chaleur dans un contexte où l'équipement de chauffage existant (p. ex., plinthe chauffante électrique) est conservé pour fournir de la chaleur pendant les temps froids, le risque de sous-dimensionnement de la thermopompe à air est grandement atténué. Dans ces situations, effectuer une estimation prudente des charges de chauffage est une approche sécuritaire et acceptable. Toutefois, notez qu'en situation d'ajout de thermopompe à air, il est souvent possible de fournir une partie des charges de chauffage au-delà de la pièce dans laquelle une unité intérieure sans conduit est installée. Par exemple, le système d'une salle de séjour peut chauffer partiellement l'étage d'une habitation à espace et à escalier ouverts.

EXEMPLE DE CALCUL : Charges de chauffage et de refroidissement de la zone visée

L'ajout d'une thermopompe mini-bibloc sans conduit est envisagé pour climatiser une partie du deuxième étage d'une habitation à deux étages comprenant un sous-sol aménagé, comme l'illustre la Figure 17. Estimation des charges de chauffage et de refroidissement de la zone visée au deuxième étage :

Les charges de chauffage et de refroidissement de l'habitation entière ont été estimées à partir d'un audit énergétique précédent :

- Chauffage : 49 600 Btu/h à une température de conception de -4 °F (-20 °C);
- Refroidissement : 23 500 Btu/h à une température de conception de 88 °F (31 °C).

Autres renseignements :

- La surface de plancher aménagée totale des trois étages est de 3 310 pieds carrés;
- La surface de la zone visée est d'environ 1 130 pieds carrés.

Les charges de la zone visée sont donc estimées à :

- Chauffage : $49\,600 \times 1\,130 / 3\,310 = 16\,900$ Btu/h à une température de conception de -4 °F (-20 °C);
- Refroidissement : $23\,500 \times 1\,130 / 3\,310 = 8\,000$ Btu/h à une température de conception de 88 °F (31 °C).



Figure 17: Plans d'étage d'une habitation à deux étages avec zone visée du deuxième étage encerclée

Graphique linéaire de la charge de chauffage et charge de refroidissement

Une fois que les charges de chauffage et de refroidissement ont été estimées pour l'habitation ou la zone visée, il est possible de créer un graphique linéaire de la charge de chauffage. Il suffit de tracer les deux points suivants sur le graphique :

- Le premier point est la charge de chauffage de conception estimée à la température de chauffage de conception;
- Le deuxième point est la charge de chauffage nulle (0) à une température extérieure de 60 °F (16 °C);
 - Notez que la température choisie comme point de charge nulle s'appuie sur des observations effectuées sur le terrain.
En raison des apports internes et solaires et du décalage thermique, la plupart des habitations ayant des thermostats réglés à 70 °F (21 °C) ne nécessitent pas de chauffage à des températures extérieures supérieures à 60 °F (16 °C).
- La charge de refroidissement de conception peut être tracée à la température de refroidissement de conception.

La Figure 18 montre un exemple de graphique linéaire de la charge de chauffage d'une habitation dont la charge de chauffage de conception est de 49 600 Btu/h à une température extérieure de conception de -4 °F (-20 °C).

La charge de refroidissement de conception de 23 500 Btu/h à une température extérieure de conception de 88 °F (31 °C) a aussi été ajoutée du côté droit du graphique

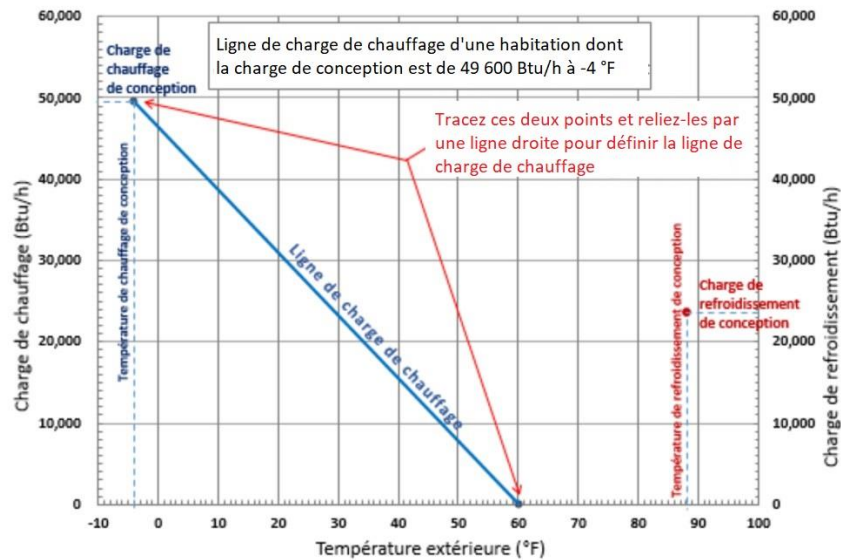


Figure 18: Exemple de ligne de charge de chauffage et de charge de refroidissement de conception d'une habitation

Ces caractéristiques de charge thermique seront utilisées à l'ÉTAPE 4 pour établir les valeurs de capacité de la thermopompe à air.

Après avoir effectué l'ÉTAPE 3, vous aurez :

- Estimé les charges de chauffage et de refroidissement de conception pour l'ensemble de l'habitation ou l'espace visé.
- Estimé, dans le cas d'amélioration de systèmes à conduit central, le débit d'air maximum des systèmes de conduit existants de l'habitation.
- Créé une courbe de charge de chauffage pour l'ensemble de l'habitation ou de l'espace visé afin de faciliter la sélection de l'équipement de thermopompe à air.

ÉTAPE 4 : DÉTERMINER L'APPROCHE DE DIMENSIONNEMENT ET LES EXIGENCES DE CAPACITÉ DE THERMOPOMPE À AIR

À l'ÉTAPE 4, vous :

- Choisissez une option de dimensionnement qui correspond aux objectifs du client en ce qui concerne l'installation de la thermopompe à air;
- Déterminer la capacité de production de thermopompe à air nécessaire pour l'application envisagée, conformément aux objectifs du client.

Il n'y a aucune approche de dimensionnement qui convient à toutes les applications de thermopompe à air.

- L'approche de dimensionnement qui convient le mieux dépendra des attentes du client en ce qui concerne l'installation de la thermopompe à air.
- Une conversation adéquate avec le client devrait permettre de déterminer les attentes de celui-ci et garantir que l'installation de la thermopompe à air corresponde aux objectifs.
- Utilisez les descriptions du Tableau 3 pour évaluer les attentes du client et associer ces attentes à une option de dimensionnement particulière (c.-à-d., 4A, 4B, 4C ou 4D).
- Documentez le choix du client en inscrivant l'option de dimensionnement dans la **feuille de travail sommaire des caractéristiques clés de thermopompe à air**.
- Calculez la capacité de production de la thermopompe à air nécessaire pour l'application à l'aide des instructions particulières de l'option de dimensionnement choisie et inscrivez la ou les valeurs dans la **feuille de travail sommaire des caractéristiques clés de thermopompe à air**.

Tableau 3 : Correspondance des objectifs principaux du client et des applications de thermopompe à air aux options de dimensionnement

Objectifs principaux du client pour l'installation de la thermopompe à air	Option 4A : Accent sur le refroidissement	Option 4B : Équilibre entre chauffage et refroidissement	Option 4C : Accent sur le chauffage	Option 4D : Dimensionné selon la charge de chauffage de conception
Le client est principalement intéressé par le refroidissement. La thermopompe est considérée comme le remplacement d'un climatiseur d'air nouveau ou existant. Le système de chauffage d'appoint/existant est considéré comme la source de chauffage principale pour la majeure partie de la saison de chauffage.	✓			
Le client est intéressé par le refroidissement et le chauffage à l'aide d'une thermopompe à air. Le		✓		

système de chauffage d'appoint/existant est utilisé principalement pendant les temps froids.

Le client considère la thermopompe à air comme la source de chauffage principale. Le système de chauffage d'appoint/existant est utilisé pendant les périodes les plus froides. Le rendement du refroidissement est d'intérêt secondaire pour le client. Une thermopompe à air pour climats froids est suggérée. ✓

Le client est intéressé par une thermopompe à air dimensionnée pour fournir tout ou presque tout le chauffage aux conditions de conception avec peu ou pas de chauffage d'appoint. Le rendement du refroidissement est d'intérêt secondaire pour le client. Une thermopompe à air pour climats froids est suggérée. ✓

Valeurs de capacité utilisées pour différentes options de dimensionnement

Les quatre options de dimensionnement sont illustrées dans la Figure 19 et résumées ci-dessous.

- Les capacités des **options 4A et 4B** sont fondées sur la charge de refroidissement de conception;
- La capacité de l'**option 4C** est fondée sur la charge de chauffage à 17 °F (-8,3 °C);
- La capacité de l'**option 4D** est fondée sur la charge de chauffage de conception à la température de chauffage de conception du site de l'installation.

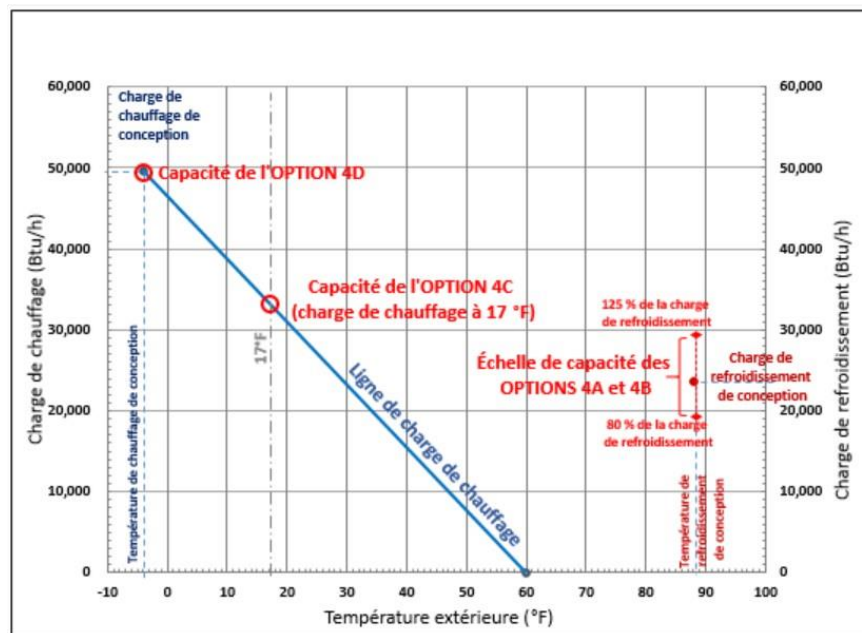


Figure 19: Exemple de définition des capacités pour différentes options de dimensionnement de thermopompe à air

APPROCHES DE DIMENSIONNEMENT FONDÉES SUR LES EXIGENCES DE REFROIDISSEMENT – Options 4A et 4B

Applications typiques

Option 4A : Le client est principalement intéressé par le refroidissement.

Option 4B : Installations où le refroidissement et le chauffage sont tous deux importants.

Capacité de refroidissement de l'option 4A ou 4B

Dans chaque cas, la capacité pour l'habitation ou la zone visée est :

Échelle de capacité de refroidissement = 80 % à 125 % de la charge de refroidissement de conception
(équation 3)

En utilisant l'option de dimensionnement 4A ou 4B, inscrivez l'échelle de capacité de refroidissement de l'application particulière dans la **feuille de travail sommaire des caractéristiques clés de thermopompe à air**.

Le Tableau 4 fournit des critères de dimensionnement pour chacune des options de dimensionnement fondées sur les charges de refroidissement. Utilisez les **critères de dimensionnement** indiqués dans le Tableau 4 avec l'**échelle de capacité de refroidissement** pour déterminer l'équipement de thermopompe à air qui convient le mieux à l'ÉTAPE 5.

Tableau 4 : Options de dimensionnement 4A et 4B et critères de dimensionnement pour sélectionner un équipement de thermopompe à air

OPTION DE DIMENSIONNEMENT	Quantité de chauffage relative de la thermopompe à air	Critères de dimensionnement pour sélectionner un équipement de thermopompe à air
OPTION 4A : Accent sur le refroidissement	Thermopompe à air dimensionné pour le refroidissement. Un peu de chauffage en temps doux.	Dimensionnement de thermopompe à air monoétagé : Régler la production de froid de la thermopompe à air à la capacité de refroidissement à la température de conception. Dimensionnement de thermopompe à air à deux étages ou à capacité variable : Régler la production de froid de l'étage supérieur à l' échelle de capacité de refroidissement .
OPTION 4B : Équilibre entre chauffage et refroidissement	Fournit la majeure partie du chauffage en temps doux et pendant la saison de chauffage.	Dimensionnement de thermopompe à air monoétagé : Régler la production de froid à l'extrémité supérieure de l' échelle de capacité de refroidissement (c.-à-d., 100 % à 125 % de la charge de conception). Pour d'autres améliorations de la production de chaleur : Utiliser un équipement à deux étages ou à capacité variable et régler la production de froid de l'étage inférieur à l' échelle de capacité de refroidissement .

EXEMPLE : Calculer l'échelle de capacité des options 4A et 4B :

L'exemple d'habitation de l'ÉTAPE 3 a une charge de refroidissement de conception de :

- **Refroidissement** : 23 600 Btu/h à une température de conception de 88 °F (31 °C).

À l'aide de l'équation 3, l'échelle de capacité de refroidissement est calculée à :

$$= 0,80 \times 23\,600 \text{ Btu/h à } 1,25 \times 23\,600 \text{ Btu/h}$$

$$= \mathbf{18\,880 \text{ à } 29\,500 \text{ Btu/h}} \text{ à une température extérieure de } 88 \text{ °F}$$

Utilisez cette échelle de capacité de refroidissement pour sélectionner une thermopompe à air approprié parmi les modèles offerts sur le marché (voir Tableau 4 et ÉTAPE 5 pour plus de détails).

AVIS AUX CONCEPTEURS ET AUX ENTREPRENEURS : Dimensionnement des thermopompes à air à plusieurs étages de l'OPTION 4B

En sélectionnant des thermopompes à air à 2 étages ou à capacité variable à l'aide du dimensionnement de l'OPTION 4B, utilisez la production de froid minimale ou de l'étage inférieur pour respecter l'échelle de capacité de refroidissement de l'application.

Justification : Cette approche de dimensionnement augmentera la taille de la thermopompe à air pour accroître la production de chaleur tout en respectant les exigences de refroidissement de l'application.

- Les capacités de refroidissement minimales peuvent être obtenues dans les données de rendement étendues du fabricant.

Si vous sélectionnez une thermopompe à air à plusieurs étages à l'aide des données de rendement sommaires, il est probable que seules les capacités de refroidissement maximales à 95 °F soient fournies.

Dans ces cas, estimez les valeurs de refroidissement de l'étage inférieur à des FINS DE SÉLECTION SEULEMENT comme suit :

- Si les productions de chaleur maximales et minimales sont connues, estimez une production de froid minimale en multipliant la production de froid maximale publiée par le rapport entre le chauffage minimal et le chauffage maximal (c.-à-d., capacité de chauffage minimale/capacité de chauffage maximale pour une température extérieure donnée), et utilisez cette capacité de refroidissement inférieure à des fins de sélection;
- Si les productions de chaleur minimales ne sont pas connues, estimez une production de froid minimale en multipliant la production de froid maximale publiée par 0,6, et utilisez cette production de froid réduite à des fins de sélection.

Justification :- Les thermopompes à air centrales à deux étages et à capacité variable ont habituellement des productions de froid minimales qui constituent 50 à 70 % des valeurs de production de froid maximales.

- Les thermopompes à air sans conduit à capacité variable ont habituellement des productions de froid minimales qui constituent moins de 60 % de la capacité maximale. Toutefois, multiplier la production de froid maximale par 0,6 est une approche raisonnable pour sélectionner un équipement sans conduit afin d'accroître la capacité de chauffage sans risquer de surdimensionner la thermopompe à air et respecter les exigences de refroidissement de l'application.

Les concepteurs devraient aussi examiner « Astuces de sélection de thermopompe à air à plusieurs étages et pour climats froids » à la page 36.

APPROCHES DE DIMENSIONNEMENT FONDÉES SUR LES EXIGENCES DE CHAUFFAGE – Options 4C et 4D

Applications typiques

Option 4C : Sites où le rendement du chauffage est important et où la thermopompe à air est dimensionnée pour fournir la majeure partie du chauffage requis avec l'aide d'un système de chauffage d'appoint nouveau ou existant pendant les périodes froides de la saison de chauffage. Selon la zone climatique, une thermopompe à air pour climats froids peut être requise.

Option 4D : Sites où la thermopompe à air est la source de chauffage principale, parce que l'application est :

- dans un emplacement où le propane, le mazout et l'électricité sont les types de carburant disponibles (c.-à-d., gaz naturel à faible coût non disponible);
- une nouvelle habitation écoénergétique;
- une habitation existante où sont effectuées d'importantes améliorations énergétiques;
- une autre installation à faible charge, comme :
 - utilisations en climats de chauffage doux;
 - petit immeuble en copropriété ou habitation;
 - système à une seule zone desservant une pièce ou un nouvel agrandissement d'une habitation existante.

Dans la plupart des zones climatiques du Canada, l'option 4D nécessitera une thermopompe à air pour climats froids.

Remarque : Le dimensionnement de l'option 4D peut être impossible lors d'améliorations de thermopompes à air à conduit central de systèmes de conduit existants conçus pour les générateurs d'air chaud traditionnels. Ces systèmes de conduit auront un débit d'air maximum pouvant limiter la taille de la thermopompe à air à une valeur inférieure à l'exigence de dimensionnement de l'option 4D, à moins que des améliorations énergétiques considérables aient été apportées à l'enveloppe thermique de l'habitation. Une procédure simple pour estimer le débit d'air maximum de systèmes de conduit existants est décrite à la page 20.

Le Tableau 5 fournit les critères de dimensionnement de thermopompe à air suggérés pour chacune des options de dimensionnement fondées sur les charges de chauffage. Il est fortement recommandé d'utiliser les données de rendement étendues du fabricant pour les produits envisagés dans l'option 4C ou 4D. Les données de rendement étendues fourniront des renseignements à propos des rendements de chauffage de la thermopompe à air à des températures extérieures basses, ainsi que des valeurs de rendement dans l'échelle d'étage ou de modulation possible pour un équipement à plusieurs étages.

Tableau 5 : Options de dimensionnement 4C et 4D et critères de dimensionnement pour sélectionner un équipement de thermopompe à air

OPTION DE DIMENSIONNEMENT	Quantité de chauffage relative de la thermopompe à air	Critères de dimensionnement pour sélectionner un équipement de thermopompe à air
OPTION 4C : Accent sur le chauffage	La majeure partie du chauffage pendant les temps doux et froids dans la plupart des régions climatiques.	Sélectionner une thermopompe à air dont la production de chaleur est proche de la capacité de chauffage à 17 °F (-8,3 °C). Une thermopompe à air pour climats froids devrait être envisagée. Pour une plus grande production de chaleur (préférable) : Sélectionner une thermopompe à air dont la production de chaleur est supérieure à la capacité de chauffage à 17 °F (-8,3 °C).
OPTION 4D : Dimensionné selon la charge de chauffage de conception	Toutes ou presque toutes les exigences de chauffage pendant l'ensemble de la saison de chauffage	Sélectionner une thermopompe à air dont la production de chaleur est proche de la capacité de chauffage à la température de chauffage de conception de l'emplacement. Une thermopompe à air pour climats froid devrait être envisagée. Pour les systèmes de thermopompe à air ne nécessitant PAS de chauffage d'appoint : Sélectionner une thermopompe à air dont la production de chaleur est supérieure à la capacité de chauffage à la température de chauffage de conception de l'emplacement.

Dans l'option de dimensionnement sélectionnée pour l'application envisagée, utilisez la **capacité de chauffage** pour déterminer l'équipement de thermopompe à air qui convient le mieux à l'ÉTAPE 5.

Capacité de chauffage de l'option 4C

La **capacité de chauffage** de l'option 4C est :

Capacité de chauffage = Charge de chauffage de l'habitation ou de la zone visée à 17 °F (-8,3 °C)

L'équation suivante peut être utilisée pour calculer la capacité de chauffage à 17 °F en fonction de la charge de chauffage de conception et de la température de conception de l'application envisagée.

Capacité de chauffage à 17 °F = Charge de chauffage de conception x (60 - 17) / (60 - Température de conception), ou, plus simplement

Capacité de chauffage à 17 °F = Charge de chauffage de conception x 43 / (60 - Température de conception)
(Équation 4)

Où : *La charge de chauffage de conception est l'exigence de chauffage de l'habitation ou de la zone visée à la température de conception.*

La température de conception est la température extérieure (°F) de l'emplacement indiquée pour les calculs de chauffage de conception.

En utilisant l'option 4C, calculez et inscrivez la valeur de **capacité de chauffage** de l'application envisagée dans la **feuille de travail sommaire des caractéristiques clés de thermopompe à air**.

EXEMPLE : Capacité pour l'option 4C

Une habitation a une charge de chauffage de conception de 49 600 Btu/h à une température de conception de -4 °F (-20 °C).

À l'aide de l'équation 4, la valeur de charge de chauffage à une température extérieure de 17 °F (-8,3 °C) est calculée comme suit :

$$\text{Capacité de chauffage à 17 °F} = 49\,600 \times 43 / (60 - (-4)) = 33\,325 \text{ Btu/h}$$

La **capacité de chauffage** est donc de 35 524 Btu/h à 17 °F (-8,3 °C), et sera utilisée pour sélectionner une thermopompe à air approprié parmi les modèles offerts sur le marché (voir Tableau 5 et l'ÉTAPE 5 pour plus de détails).

Capacité de chauffage de l'option 4D

La **capacité de chauffage** de l'option 4D :

Capacité de chauffage = Charge de chauffage de conception à la température de conception
(Équation 5)

En utilisant l'option 4D, inscrivez la valeur de **capacité de chauffage** de l'application envisagée dans la **feuille de travail sommaire des caractéristiques clés de thermopompe à air**.

EXEMPLE : Capacité pour l'option 4D

À l'ÉTAPE 3, un exemple d'habitation a une charge de chauffage de conception de 15 800 Btu/h à une température de conception de -4 °F (-20 °C).

La **capacité de chauffage** est donc de 15 800 Btu/h à -4 °F (-20 °C), et sera utilisée pour sélectionner une thermopompe à air approprié parmi les modèles offerts sur le marché (voir Tableau 5 et l'ÉTAPE 5 pour plus de détails).

Après avoir effectué l'ÉTAPE 4, vous aurez :

- Défini une capacité de chauffage ou de refroidissement dans des conditions extérieures particulières pour l'application envisagée.
- Défini des critères pour sélectionner les modèles de thermopompe à air offerts sur le marché qui conviennent le mieux aux objectifs de base du client.

ÉTAPE 5 : DÉTERMINER ET SÉLECTIONNER UNE THERMOPOMPE À AIR CORRESPONDANT AUX EXIGENCES CLÉS

À l'ÉTAPE 5, vous :

- Dresserez une courte liste (p. ex., 3 ou 4) de systèmes de thermopompe à air qui correspondent aux options de thermopompe à air et à la capacité déterminées dans les ÉTAPES 1 à 4.
- Examinerez des caractéristiques de rendement particulières et d'autres facteurs comme le coût des différentes thermopompes à air envisagés avec le client pour déterminer la thermopompe à air qui convient le mieux à l'application et répond aux attentes du client.

Pour dresser une courte liste des thermopompes à air qui respectent les exigences de conception :

- 1) **Utilisez les données de rendement des fabricants pour déterminer les systèmes de thermopompe à air envisagés**
 - i) Utilisez les bases de données en ligne des systèmes offerts (*des liens Internet sont fournis ci-dessous*);
 - ii) Utilisez les fiches de rendement sommaire des fabricants;
 - iii) Utilisez les tableaux de données de rendement étendues des fabricants.
- 2) **Dressez une courte liste** des thermopompes à air envisagée à l'aide des options de thermopompe à air et de la capacité déterminées dans les ÉTAPES 1 à 4 du processus du guide (p. ex., choix d'équipement « bon », « mieux » et « meilleur »).

Afin de sélectionner le système de thermopompe à air qui répond le mieux aux attentes du client :

- 3) **Comparez le rendement des modèles de thermopompe à air envisagés** en fonction des exigences du client. Les facteurs à considérer et à comparer comprennent :
 - i) Étages ou capacités de modulation;
 - ii) Rapport d'échelle (capacité maximale par rapport à la capacité minimale);
 - iii) Capacités de rendement à basse température et limites de fonctionnement à basse température;
 - iv) Température du point d'équilibre thermique (t-TPE) de l'application et fraction de chauffage annuel total fournie au-dessus de la t-TPE pour la zone climatique envisagée;
(voir les détails sur la manière d'estimer la fraction de chauffage annuel total plus loin dans l'ÉTAPE 5),
 - v) Rendements énergétiques (p. ex., Cp, TRE, etc.) et leur variation dans la plage de fonctionnement;
 - vi) Niveaux de bruit des unités extérieures;

- vii) Coût de l'équipement.
- 4) **Effectuez les ajustements finaux** du dimensionnement, des étages et de la modulation de la thermopompe à air pour respecter les exigences du client, si nécessaire.
 - 5) **Inscrivez la thermopompe qui convient le mieux** à l'application sur la **feuille de travail sommaire des caractéristiques clés de thermopompe à air**.

Bases de données d'équipement en ligne

Au moment de la publication de ce document, il existe trois bases de données d'équipement de thermopompe à air principales :

- Répertoire d'équipement de l'Air-Conditioning, Heating & Refrigeration Institute (AHRI) (aussi accessible sur le site Web du Consortium for Energy Efficiency (CEE));
- Liste de thermopompes à air pour climats froids de Northeast Energy Efficiency Partnerships (NEEP);
- Liste de thermopompes à air mini-bloc sans conduit approuvées par la Nouvelle-Écosse.

Air-Conditioning, Heating & Refrigeration Institute (AHRI) et Consortium for Energy Efficiency (CEE)

Le répertoire des produits certifiés de l'AHRI est accessible ici : <https://www.ahridirectory.org/Search/SearchHome?ReturnUrl=%2f#>.

La CEE fournit une interface utilisateur utile pour consulter le répertoire de l'AHRI. L'interface est accessible ici : <http://www.ceedirectory.org/site/1/Home>.

La base de données CEE/AHRI comprend des données de test :

- Des données de capacité de refroidissement à 95 °F (35 °C) sont fournies. Ces données seront utiles pour déterminer la **capacité de refroidissement** des options de dimensionnement 4A et 4B de l'ÉTAPE 4;
 - Seules les valeurs de refroidissement maximales ou de l'étage supérieur sont fournies pour l'équipement à deux étages ou à capacité variable, ce qui peut limiter l'utilisation de l'option de dimensionnement 4B de l'ÉTAPE 4 lorsque les capacités de refroidissement minimales ou de l'étage inférieur sont envisagées. Voir « Avis aux concepteurs et aux entrepreneurs » pour obtenir des détails sur la manière d'estimer la production de froid minimale lorsque l'option de dimensionnement 4B est utilisée avec des thermopompes à air à plusieurs étages.
- Des données de capacité de chauffage et de mesures d'efficacité jusqu'à 17 °F (-8,3 °C) sont fournies et seront suffisantes lorsque les valeurs de **capacités de chauffage** réfèrent à une production à 17 °F (-8,3 °C) (p. ex., option de dimensionnement 4C de l'ÉTAPE 4).
 - Seules des valeurs de chauffage maximales ou de l'étage supérieur sont fournies pour l'équipement à deux étages ou à capacité variable.

Northeast Energy Efficiency Partnerships

Une feuille de calcul Excel de thermopompes à air pour climats froids est entretenue par Northeast Energy Efficiency Partnerships (NEEP), une organisation à but non lucratif établie aux États-Unis. La liste est accessible ici : <http://www.neep.org/ASHPIInstallerResources>.

La liste de NEEP comprend des valeurs de chauffage des étages supérieurs et inférieurs et des valeurs de refroidissement de l'étage supérieur pour l'équipement à deux étages ou à capacité variable. Elle comprend aussi des données des fabricants pour des valeurs de capacité de chauffage et d'efficacité jusqu'à 5 °F (-15 °C).

- La liste NEEP est utile lorsque le dimensionnement de thermopompe à air est fondé sur la capacité de refroidissement minimale ou de l'étage inférieur. Voir « Avis aux concepteurs et aux entrepreneurs » pour obtenir des détails sur la manière d'estimer la production de froid minimale lorsque l'option de dimensionnement 4B est utilisée avec des thermopompes à air à plusieurs étages.
- La liste NEEP est utile pour déterminer et sélectionner des thermopompes à air en fonction du rendement de chauffage lorsque les données de rendement sous 17 °F (-8,3 °C) sont pertinentes (p. ex., option de dimensionnement 4D de l'ÉTAPE 4).

Liste de thermopompes approuvées par la Nouvelle-Écosse

Une liste PDF de thermopompes à air mini-bloc sans conduit pour climats froids qualifiés est entretenue par Efficiency Nova Scotia et accessible ici : <https://www.energycyns.ca/guide/minisplits/>.

Les produits indiqués sont qualifiés pour les initiatives Green Heat et Home Energy Assessment de la Nouvelle-Écosse et comprennent des unités pour une seule et plusieurs zones.

La liste de thermopompes approuvées par la Nouvelle-Écosse montre la capacité de chauffage nominale à 47 °F (8 °C), le CPSC des régions 4 et 5 et le coefficient de performance (Cp) à 5 °F (-15 °C).

Astuces de sélection de thermopompe à air à deux étages, à plusieurs étages et à capacité variable

AVIS AUX CONCEPTEURS ET AUX ENTREPRENEURS : Importance du rapport d'échelle de la thermopompe à air pour minimiser la fluctuation de l'équipement

En sélectionnant un équipement à deux étages, à plusieurs étages ou à capacité variable, sélectionner le système ayant le rapport d'échelle le plus élevé est important pour assurer la satisfaction du client. Ceci est particulièrement important pour les **options de dimensionnement 4B, 4C et 4D**. Par exemple, la Figure 20 montre deux thermopompes à air pour climats froids à capacité variable avec des courbes de capacité maximale (étage supérieur) et minimale (étage inférieur). Ces courbes croisent la ligne de charge de chauffage de l'habitation à deux endroits (la courbe de capacité de l'étage supérieur croise la ligne de charge de chauffage à un point plus élevé et la courbe de capacité de l'étage inférieur croise la ligne de charge de chauffage à un point moins élevé). La durée de la ligne de charge de chauffage entre ces deux points indique la charge de chauffage à laquelle la thermopompe à air fonctionnera sans fluctuation. Puisque la fluctuation réduit le rendement et entraîne des variations de confort dans l'habitation, l'objectif du concepteur devrait être de minimiser la fluctuation en sélectionnant un équipement ayant un rapport d'échelle élevé. Dans la Figure 20, la thermopompe à air pour climats froids 2 a un rapport d'échelle de 2,2:1 et fonctionnera sans fluctuation entre des températures extérieures de 12 °F (-11 °C) et de 34 °F (1 °C), alors que la thermopompe à air pour climats froids 1 a un rapport d'échelle de 1,4:1 et fonctionnera sans fluctuation entre des températures extérieures de 20 °F (-7 °C) et de 30 °F (-1 °C). La thermopompe à air pour climats froids 2 aura une fluctuation beaucoup moins fréquente à cette charge de chauffage.

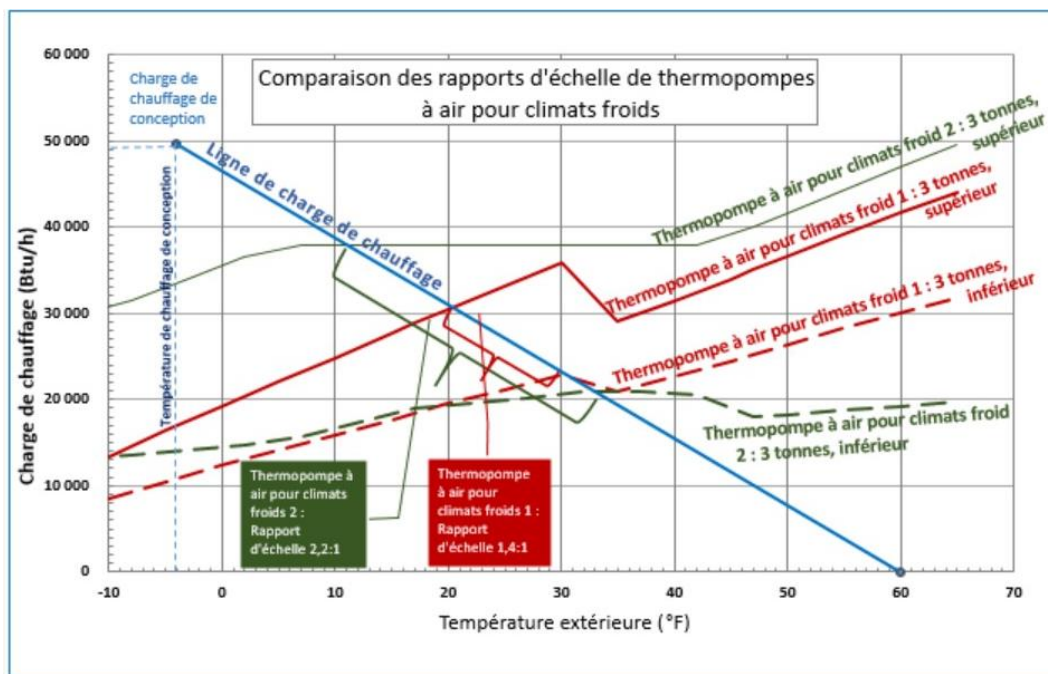


Figure 20: Comparaison des rapports d'échelle de thermopompes à air pour climats froids

Déterminer la température du point d'équilibre thermique d'une thermopompe à air

La température du point d'équilibre thermique (t-TPE) peut être estimée en superposant la courbe de capacité de chauffage d'une thermopompe à air (en utilisant les données des tableaux de rendement étendus du fabricant pour différentes températures extérieures) sur le graphique linéaire de la charge de chauffage de l'ÉTAPE 3, comme le montre la Figure 21. Utilisez les données de capacité maximale lorsque ces données sont disponibles. La t-TPE est la température à laquelle la ligne de charge de chauffage croise la courbe de rendement de la thermopompe à air.

Par exemple :

- La thermopompe à air représenté par la courbe de capacité verte a une t-TPE d'environ 33 °F (0,6 °C);
- La thermopompe à air représenté par la courbe de capacité orange a une t-TPE d'environ 28 °F (-2 °C);
- La thermopompe à air représenté par la courbe de capacité rouge a une t-TPE d'environ 21 °F (-6 °C).

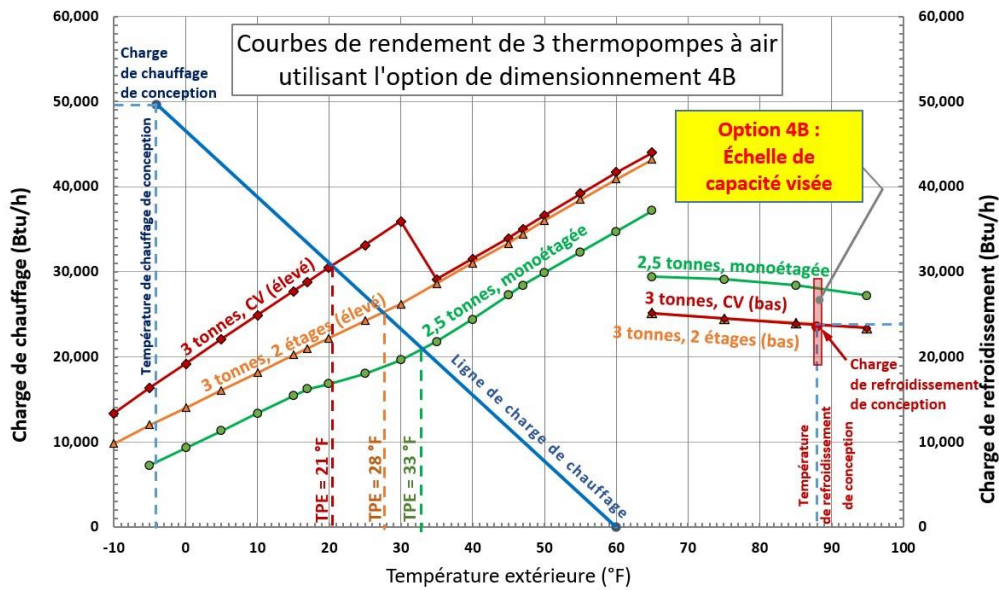


Figure 21: Courbes de rendement et température du point d'équilibre thermique pour 3 options de thermopompe à air

Estimer la fraction de chauffage annuel fournie

Choisir la **thermopompe à air qui convient le mieux** à une application nécessite invariablement le choix d'une capacité de chauffage. La procédure simplifiée suivante fournit une estimation rapide de la quantité de chauffage relative fournie par différents systèmes de thermopompe à air pour aider le concepteur, les entrepreneurs et leurs clients à prendre des décisions éclairées quant au système de thermopompe qui convient le mieux à l'application particulière. Les étapes sont les suivantes :

- Pour chaque thermopompe à air comparé, déterminez la température du point d'équilibre thermique (t-TPE) en traçant la courbe de rendement et la ligne de charge de l'habitation (ou de la zone visée), comme le montre l'exemple de la Figure 21;
- Des données des bases de données d'équipement en ligne ou des données de rendement étendues du fabricant sont utilisées pour tracer la courbe de rendement des thermopompes à air, comme le montre la Figure 20;
- En utilisant le graphique « *Fraction de chauffage annuel total* » de la Figure 22, déterminez la fraction de chauffage total fournie par chaque option de thermopompe à air au-dessus de la t-TPE pour la zone climatique du site de l'installation;
- Utilisez ces renseignements avec d'autres données (p. ex., capacité, coût de l'équipement, rendement énergétique, etc.) pour effectuer le choix final du modèle de thermopompe à air qui convient le mieux à l'application particulière.

Fractions de chauffage annuel total pour différentes zones climatiques du Canada

La fraction de chauffage annuel total au-dessus d'une température extérieure donnée est modélisée pour cinq différentes zones climatiques du Canada et est illustrée dans la Figure 22.

- À partir du côté droit (c.-à-d., températures extérieures plus chaudes), ces courbes accumulent ou intègrent les charges de degrés-jours de chauffage d'une année typique en se déplaçant vers la gauche, vers des températures extérieures plus froides. Le pourcentage de charge de chauffage annuel total accumulée est indiqué sur l'axe vertical.
- Le taux de croissance de la courbe dépend de la zone climatique :
 - Dans les climats marins, la majeure partie de la charge de chauffage annuel (~100 %) survient à des températures extérieures de 15 °F ou plus;
 - À l'inverse, dans les climats subarctiques, seulement environ 45 % de la charge de chauffage annuel survient à des températures extérieures de 15 °F ou plus;
 - Les autres zones climatiques du Canada se trouvent entre ces deux extrêmes.

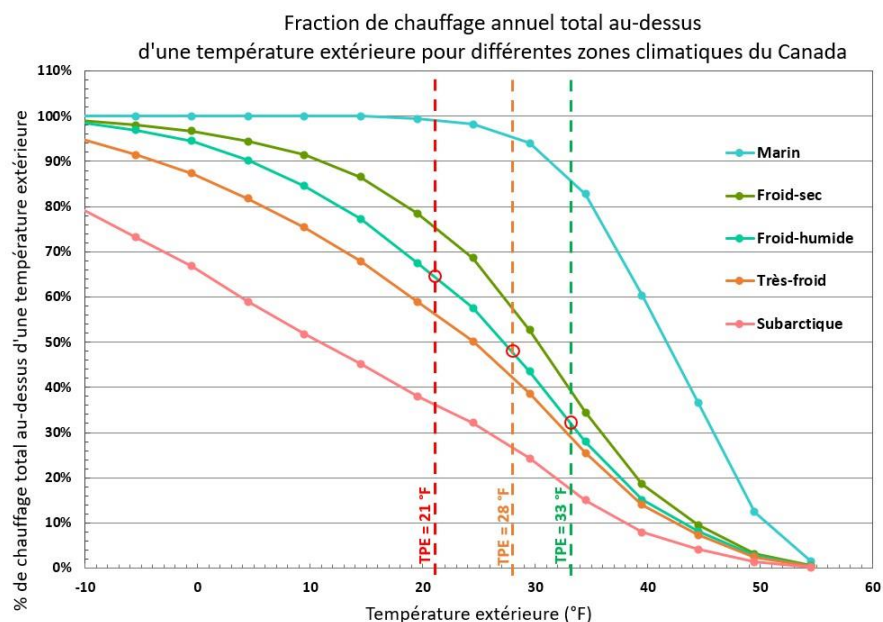


Figure 22: Courbes de fraction de chauffage annuel total pour cinq zones climatiques du Canada

Lorsque la t-TPE d'une installation de thermopompe à air est représentée par une ligne verticale sur l'axe de la température extérieure, ces courbes estiment la fraction de chauffage annuel total fournie par la thermopompe à air sans l'utilisation d'un système de chauffage d'appoint.

- La fraction de chauffage annuel total fournie est indiquée par l'intersection entre la ligne de la t-TPE et la courbe de la zone climatique dans laquelle se trouve l'habitation. Les cercles rouges de la Figure 22 indiquent les fractions de chauffage de trois thermopompes à air installées dans des emplacements de la zone climatique « froid-humide ».
- Vous pouvez déterminer la zone climatique des habitations du Canada en examinant la carte des zones climatiques de la Figure 23.

Notez que plusieurs facteurs ont une incidence sur la fraction de chauffage réelle par rapport à la valeur estimée à l'aide de la Figure 22 :

- Le dégivrage et le fonctionnement du chauffe-carter (habituellement non représenté dans les tableaux de rendement étendus de l'AHRI ou du fabricant) réduiront quelque peu la capacité disponible et diminueront légèrement la fraction de chauffage réelle.

- Les contrôles comme un thermostat de thermopompe standard à deux étages qui permettent à la thermopompe de fonctionner sous la t-TPE augmenteront la fraction de chauffage réelle.
- Les thermopompes ayant une capacité plus élevée à basse température et pouvant fonctionner à des températures plus basses auront une fraction de chauffage réelle plus élevée que celle des thermopompes dont les courbes de capacité sont plus accentuées et chutent rapidement ou celle des thermopompes qui ne fonctionnent pas dans des températures froides, même lorsque les valeurs de t-TPE sont similaires.

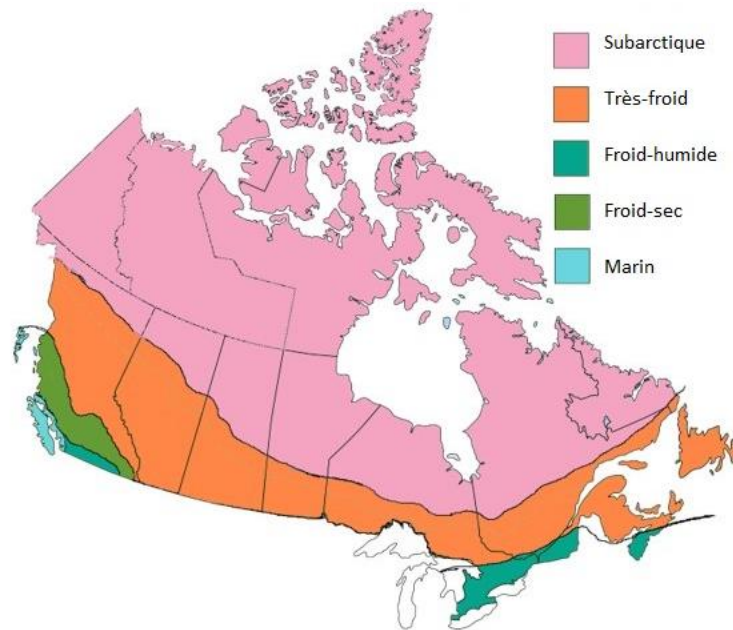


Figure 23 : Zones climatiques pour les applications de thermopompe

La plupart des centres de population du Canada sont situés dans l'une des trois zones climatiques suivantes :

- Froid-humide;
- Froid-sec;
- Très-froid.

Les exceptions sont les zones côtières de la Colombie-Britannique, où le climat est « marin », et la région du nord du Canada, où le climat est « subarctique ».

EXEMPLE : Estimer les fractions de chauffage annuel de systèmes de thermopompe à air :

Trois systèmes de thermopompe à air (c.-à-d., modèles monoétagés, à deux étages et à capacité variable) ont été proposés à l'aide de l'option de dimensionnement 4B : Équilibre entre chauffage et refroidissement pour une habitation située dans la zone climatique « froid-humide ». Les courbes de rendement de chauffage et de refroidissement des trois systèmes sont illustrées dans la Figure 21. L'analyse suivante fournit des estimations du rendement de chauffage relatif de chaque thermopompe à air envisagé.

À partir de la température du point d'équilibre thermique (t-TPE) de chaque système (voir Figure 21), la fraction de chauffage annuel total pouvant être fournie au-dessus de la t-TPE peut être estimée à l'aide du graphique de la Figure 22 pour la zone climatique « froid-humide ». Les résultats sont présentés ci-dessous :

Monoétagé, 2,5 tonnes	t-TPE = 33 °F (0,6 °C) Fraction de chauffage annuel >t-TPE = 33 %
Deux étages, 3,0 tonnes	t-TPE = 28 °F (-2 °C) Fraction de chauffage annuel >t-TPE = 48 %
Capacité variable, 3,0 tonnes	t-TPE = 21 °F (-6 °C) Fraction de chauffage annuel >t-TPE = 64 %

Utilisez ces renseignements avec d'autres données (p. ex., coût de l'équipement, rendement énergétique, etc.) pour choisir la thermopompe à air qui convient le mieux à l'application.

Ajustement du dimensionnement et de la sélection de la thermopompe à air

La fraction de chauffage total fournie peut aussi être utilisée pour ajuster le dimensionnement et la sélection de la thermopompe à air.

1. Si la fraction de chauffage de la thermopompe à air est considérée comme étant trop basse, envisagez :
 - *Utiliser une thermopompe à air dont le rendement à basse température est supérieur, ce qui réduira la température du point d'équilibre thermique et augmentera la fraction de chauffage de la thermopompe à air;*
 - *Utiliser une thermopompe à air dont la capacité est légèrement plus élevée et qui répond toujours à d'autres exigences de rendement clés, comme les limites de capacité de refroidissement et les objectifs en matière de coût.*
2. Si la fraction de chauffage de la thermopompe à air est considérée comme étant trop élevée, envisagez :
 - *Utiliser une thermopompe à air dont la capacité ou le rendement par temps froids est légèrement inférieur et qui répond toujours à d'autres exigences de rendement clés, comme la capacité de refroidissement.*

Exemples de choix de modèles de thermopompe à air en fonction des caractéristiques sommaires

À l'aide des options de thermopompe à air et des échelles de capacité définies dans les ÉTAPES 1 à 4, ainsi que d'autres facteurs qui sont importants pour le client, il est possible de choisir un équipement de thermopompe à air particulier qui convient le mieux aux exigences d'une application.

Exemples de thermopompe à air à conduit central

Le Tableau 6 comprend un sommaire d'exemples de choix de thermopompe à air à conduit central selon différents scénarios de dimensionnement.

- Les trois premiers exemples sont des améliorations de thermopompe à air à conduit central dans une habitation jumelée utilisant un système de conduit d'alimentation existant et sélectionnant différentes options de dimensionnement choisies à l'ÉTAPE 4. Ce système de conduit existant n'a pas le débit d'air requis pour l'option de dimensionnement 4D.
- Le quatrième exemple (c.-à-d., dimensionnement 4D) est l'installation d'une thermopompe à air avec conduit dans une nouvelle habitation jumelée écoénergétique. Dans cet exemple, le système de conduit est dimensionné et conçu pour répondre aux exigences de débit d'air du système de thermopompe à air choisi.

Tableau 6 : Exemples de choix de thermopompe à air à conduit central possibles selon différentes options de dimensionnement

Charges de conception (ÉTAPE 3)	Option de dimensionnement (ÉTAPE 4)	Thermopompe : Étages; Capacité nominale	Production de froid à la température de conception (% de conception)	Température du point d'équilibre thermique (t-TPE)	Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE
Chauffage : 49 600 Btu/h à -4 °F (-20 °C) Refroidissement : 23 600 Btu/h à 88 °F (31 °C) (zone climatique froid-humide)	4A Accent sur le refroidissement	1 étage; 2,0 tonnes	23 100 Btu/h (98 %)	37 °F (3 °C)	22 % du chauffage total
Chauffage : 49 600 Btu/h à -4 °F (-20 °C) Refroidissement : 23 600 Btu/h à 88 °F (31 °C) (zone climatique froid-humide)	4B Équilibre entre chauffage et refroidissement	2 étages; 3,0 tonnes	Maximum : 32 700 Btu/h Minimum : 23 800 Btu/h (101 % à 139 %)	28 °F (-2 °C)	48 % du chauffage total
Chauffage : 49 600 Btu/h à -4 °F (-20 °C) Refroidissement : 23 600 Btu/h à 88 °F (31 °C) (zone climatique froid-humide)	4C Accent sur le chauffage	Capacité variable; 4,0 tonnes	Maximum : 43 900 Btu/h Minimum : 30 300 Btu/h (128 % à 186 %)	17 °F (-8 °C)	72 % du chauffage total

Chauffage : 18 500 Btu/h à -13 °F (-25 °C)	4D		Maximum : 32 000 Btu/h		
Refroidissement : 11 800 Btu/h à 86 °F (30 °C) (zone climatique froid-humide)	Dimensionné selon la charge de chauffage de conception	Capacité variable; 3,0 tonnes	Minimum : 11 500 Btu/h (98 % à 270 %)	(sous la température de conception)	100 % du chauffage total

Des détails sur le processus de dimensionnement et de sélection de ces quatre thermopompes à air à conduit central sont fournis dans l'addenda « **Exemples de dimensionnement et de sélection de thermopompe à air** » du guide, fourni en téléchargement PDF.

Exemples de thermopompe à air mini-bibloc

Le tableau 7 comprend un sommaire d'exemples de choix de thermopompe à air mini-bibloc selon différents scénarios de dimensionnement.

- Les trois premiers exemples sont des améliorations de thermopompe à air mini-bibloc dans deux zones visées de l'habitation utilisée dans les exemples de thermopompe à air avec conduit précédents (4A à 4C).
- L'exemple 4D est l'installation d'une thermopompe à air pour plusieurs zones améliorées pour une habitation jumelée plus petite dont la charge de chauffage totale est moins élevée.

ÉTAPE 5 : SÉLECTIONNER UNE THERMOPOMPE À AIR CORRESPONDANT AUX EXIGENCES CLÉS

Tableau 7 : Exemples de choix de thermopompe à air mini-bibloc possibles selon différentes options de dimensionnement

Charges de conception (ÉTAPE 3)	Dimensionnement (ÉTAPE 4)	Thermopompe : Étages; Capacité nominale	Production de froid à la température de conception (% de conception)	Température du point d'équilibre thermique (t-TPE)	Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE
Deux zones visées : Chauffage : 2 x 17 000 Btu/h à -4 °F (-20 °C) Refroidissement : 2 x 8 000 Btu/h à 88 °F (31 °C) (zone climatique froid-humide)	4A Accent sur le refroidissement	2 x mini-bibloc, une seule zone; Capacité variable; 8 100 Btu/h de refroidissement chacun	Maximum : 2 x 8 100 Btu/h; Minimum : 2 x ~4 900 Btu/h* (61 % à 101 %)	28 °F (-2 °C)	48 % du chauffage de la zone visée
Deux zones visées : Chauffage : 2 x 17 000 Btu/h à -4 °F (-20 °C) Refroidissement : 2 x 8 000 Btu/h à 88 °F (31 °C) (zone climatique froid-humide)	4B Équilibre entre chauffage et refroidissement	2 x mini-bibloc, une seule zone; Capacité variable; 12 000 Btu/h de refroidissement chacun	Maximum : 2 x 12 000 Btu/h Minimum : 2 x ~7 200 Btu/h* (90 % à 150 %)	25 °F (-4 °C)	56 % du chauffage de la zone visée
Deux zones visées : Chauffage : 2 x 17 000 Btu/h à -4 °F (-20 °C) Refroidissement : 2 x 8 000 Btu/h à 88 °F (31 °C) (zone climatique froid-humide)	4C Accent sur le chauffage	2 x mini-bibloc, une seule zone; Capacité variable; 14 000 Btu/h de refroidissement chacun	Maximum : 2 x 14 000 Btu/h* Minimum : 2 x ~8 400 Btu/h* (105 % à 175 %)	10 °F (-12 °C)	84 % du chauffage de la zone visée
Ensemble de l'habitation : Chauffage : 30 740 Btu/h à -13 °F (-25 °C) Refroidissement : 23 104 Btu/h à 86 °F (30 °C) (zone climatique froid-humide)	4D Dimensionné selon la charge de chauffage de conception	Mini-bibloc, plusieurs zones, 3 unités intérieures; Capacité variable; 28 400 Btu/h de refroidissement	Maximum : 28 400 Btu/h Minimum : ~11 400 Btu/h** (49 % à 123 %)	-4 °F (-20 °C)	96 % du chauffage total

Remarques :

* La production de froid minimale est une estimation fondée sur 0,6 fois la production de froid maximale.

** La production de froid minimale est une estimation fondée sur le rapport entre la production de chaleur minimale/maximale publié.

Des détails sur le processus de dimensionnement et de sélection de ces quatre cas de thermopompe à air mini-bibloc sans conduit sont fournis dans l'addenda « **Exemples de dimensionnement et de sélection de thermopompe à air** » du guide, offert en téléchargement PDF.

Après avoir effectué l'ÉTAPE 5, vous aurez :

- Sélectionné un modèle et une taille de thermopompe à air qui convient le mieux aux exigences de l'application et aux attentes du client définies par les options sélectionnées aux ÉTAPES 1 à 4.

ÉTAPE 6 : DÉFINIR LA STRATÉGIE DE CONTRÔLE DE THERMOPOMPE À AIR

À l'ÉTAPE 6, vous définirez la stratégie de contrôle requise pour coordonner le fonctionnement de la thermopompe à air et du système de chauffage d'appoint nouveau ou existant. La stratégie de contrôle requise sera déterminée par trois facteurs :

1. La limite de basse température de la thermopompe à air par rapport à la température de conception;
2. Le coût de la chaleur produite par la thermopompe à air par rapport au coût de la chaleur produite par le système de chauffage d'appoint;
3. Le dimensionnement de la production de chaleur de la thermopompe à air par rapport à la charge de chauffage de conception.

Un arbre de décision utilisant ces facteurs est illustré dans la Figure 24 et associe les résultats à cinq stratégies de contrôle différentes.

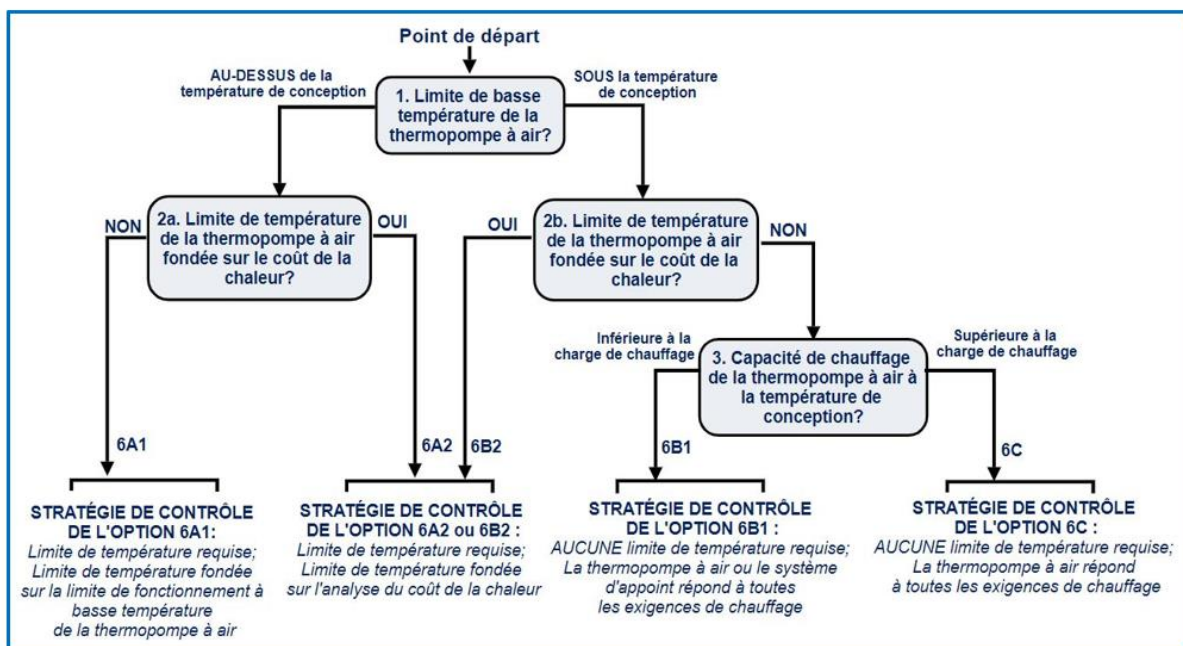


Figure 24: Arbre de décision pour déterminer la stratégie de contrôle de thermopompe à air la plus appropriée

Après avoir déterminé la stratégie de contrôle la plus appropriée, encerclez l'option choisie et indiquez, si nécessaire, une température à laquelle passer au chauffage d'appoint complet dans la **feuille de travail sommaire des caractéristiques clés de thermopompe à air**.

Les cinq options de stratégie de contrôle différentes sont décrites dans les sections suivantes.

- Les facteurs dont il faut tenir compte lors de la mise en œuvre des différentes options sont indiqués à la fin de l'ÉTAPE 6.

AVIS AUX CONCEPTEURS ET AUX ENTREPRENEURS : Limites de basse température

Les **limites de basse température** peuvent ne pas être indiquées de façon explicite dans la documentation du fabricant.

- Lorsqu'elles ne sont pas fournies, utilisez la plus basse température extérieure indiquée dans les tableaux de rendement étendus ou les données équivalentes dans les caractéristiques, comme la « *plage de fonctionnement du chauffage selon la température extérieure* » pour obtenir une indication de la **limite de basse température** de l'équipement.

Les installateurs doivent suivre les recommandations du fabricant en ce qui concerne les limites de fonctionnement selon la température extérieure pour éviter les défaillances pendant le fonctionnement.

- Lors des défaillances à basse température, il peut être nécessaire d'effectuer une intervention manuelle pour réinitialiser l'équipement de thermopompe à air et le remettre en fonction.

- Les types d'installation de thermopompe à air auxquels s'appliquent ces stratégies de contrôle comprennent :
 - Systèmes de thermopompe à air et systèmes d'appoint intégrés (p. ex., systèmes « hybrides » ou à « carburant double »);
 - Systèmes de thermopompe à air ajoutés;
 - Systèmes de thermopompe à air sans conduit.

Stratégies de contrôle de l'option 6A : Pour les thermopompes à air dont la limite de basse température est SUPÉRIEURE à la température de chauffage de conception

Stratégie de contrôle 6A1 : Limite de température de thermopompe à air fondée sur la limite de basse température

La thermopompe à air a une limite de basse température supérieure à la température de conception. Cela peut restreindre le fonctionnement de la thermopompe à air à des températures extérieures plus basses.

- Il peut être nécessaire de sélectionner sur le terrain une température à laquelle passer au chauffage d'appoint complet.
- La limite de température extérieure est réglée à une valeur légèrement supérieure à la limite de basse température de la thermopompe.

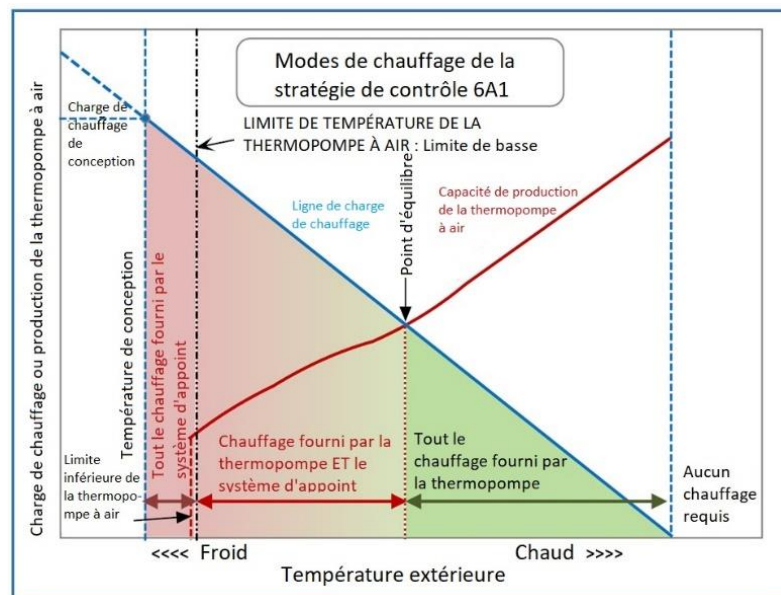


Figure 25: Exemple des modes de chauffage de la stratégie de contrôle 6A1

- La limite de température extérieure peut être supérieure ou inférieure (comme dans l'exemple) à la température du point d'équilibre thermique.

Un exemple des divers modes de chauffage de la stratégie de contrôle 6A1 est illustré dans la Figure 25.

- À des températures extérieures supérieures à la température du point d'équilibre thermique, l'ensemble du chauffage est fourni par la thermopompe à air.
- À des températures extérieures entre la température du point d'équilibre thermique et la limite de température, le chauffage est fourni par la thermopompe à air et le système de chauffage d'appoint (c.-à-d., dans la séquence des opérations, selon les contrôles du thermostat ou de l'équipement). Consultez **Mise en œuvre des stratégies de contrôle** à la fin de cette ÉTAPE pour obtenir des détails supplémentaires au sujet de la séquence des contrôles.
- À des températures extérieures inférieures à la limite de température, le fonctionnement de la thermopompe à air sera désactivé et l'ensemble du chauffage sera fourni par le système de chauffage d'appoint.

Stratégie de contrôle 6A2 : Limite de température de la thermopompe à air fondée sur l'analyse du coût de la chaleur (c.-à-d., point d'équilibre économique ou limite économique)

La limite de basse température de la thermopompe à air est supérieure à la température de conception, et le fonctionnement de la thermopompe à air est normalement impossible aux plus basses températures. Toutefois, le fonctionnement de la thermopompe à air est aussi restreint aux températures extérieures supérieures en fonction des estimations du coût de la chaleur fournie par la thermopompe à air par rapport au coût de la chaleur fournie par le système d'appoint.

- Il peut être nécessaire de sélectionner sur le terrain une température à laquelle passer au chauffage d'appoint complet.
- La limite de température extérieure est réglée en fonction du coût de la chaleur fournie par la thermopompe à air par rapport au coût de la chaleur fournie par la source de chauffage d'appoint. Consultez l'ANNEXE A pour obtenir des détails sur la manière de déterminer cette limite de température économique.
 - La température du point d'équilibre économique (e-TPE) peut être supérieure ou inférieure à la température du point d'équilibre thermique (t-TPE).
 - Ce type de contrôle s'applique le mieux aux installations dans lesquelles un carburant à faible coût est utilisé pour le chauffage d'appoint, qu'il soit intégré à un seul système ou à une thermopompe ajoutée utilisant un système de chauffage d'appoint autonome.

Un exemple des divers modes de chauffage de la stratégie de contrôle 6A2 est illustré dans la Figure 26. Dans ce cas, la e-TPE est supérieure à la t-TPE.

- À des températures extérieures supérieures à la e-TPE, l'ensemble du chauffage est fourni par la thermopompe à air.
- À des températures extérieures inférieures à la e-TPE, le fonctionnement de la thermopompe à air sera désactivé et l'ensemble du chauffage sera fourni par le système de chauffage d'appoint (c.-à-d., dans la séquence des opérations, selon les contrôles du thermostat ou de l'équipement). Consultez **Mise en œuvre des stratégies de contrôle** à la fin de cette ÉTAPE pour obtenir des détails supplémentaires au sujet de la séquence des contrôles.
- Dans les régions où une tarification de l'électricité au compteur horaire est appliquée, la e-TPE peut avoir deux ou plusieurs valeurs, selon la période du jour et le jour de la semaine.

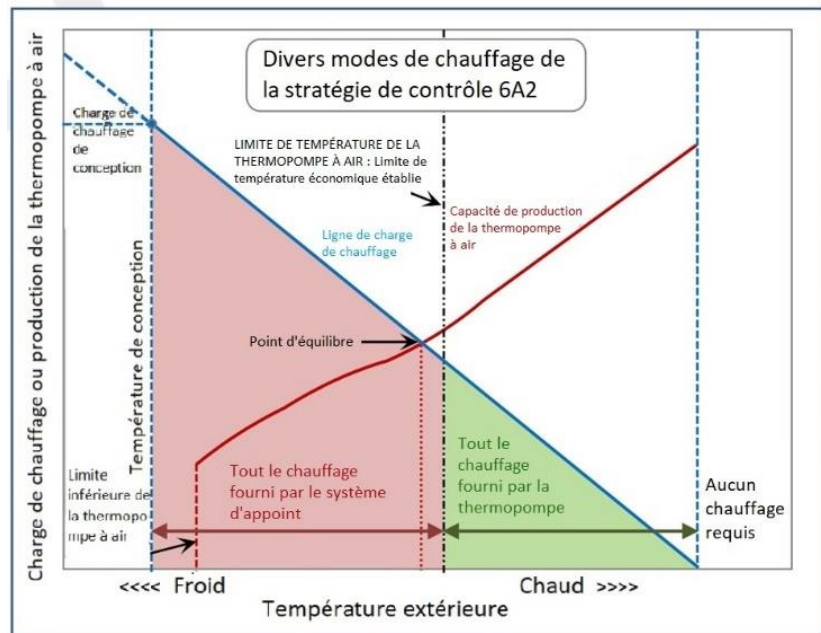


Figure 26: Exemple des modes de chauffage de la stratégie de contrôle 6A2

Stratégies de contrôle des options 6B et 6C :

Pour les thermopompes à air dont la limite de basse température est INFÉRIEURE à la température de chauffage de conception

Stratégie de contrôle 6B1 : La thermopompe à air peut fonctionner dans l'ensemble de l'échelle des températures extérieures; aucune limite de température requise.

La thermopompe à air a une limite de basse température inférieure à la température de conception et peut fonctionner dans l'ensemble de l'échelle des températures extérieures du site de l'installation (c.-à-d., aucune restriction de fonctionnement).

- Aucune limite de température extérieure propre au terrain n'est requise.

Un exemple des divers modes de chauffage de la stratégie de contrôle 6B1 est illustré dans la Figure 27. La thermopompe à air répondra aux exigences de chauffage dans l'ensemble de l'échelle des températures extérieures.

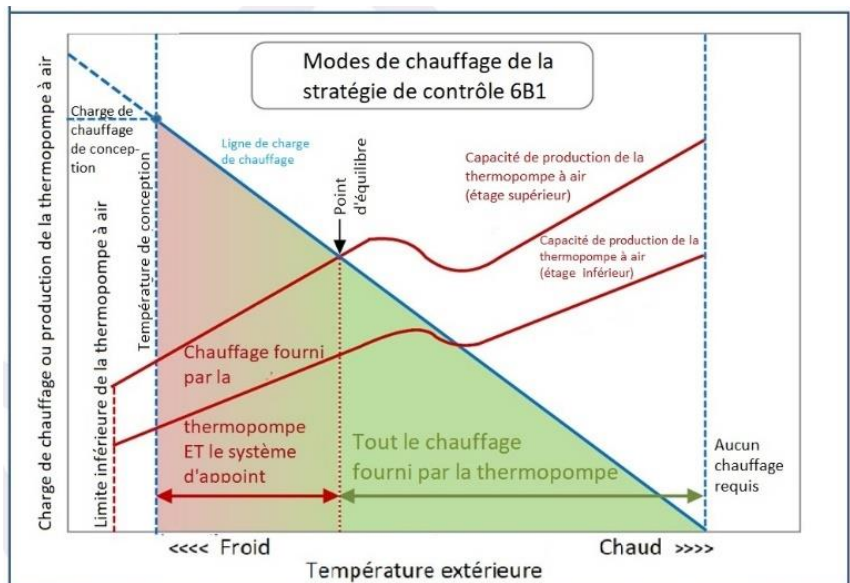


Figure 27 : Exemple des modes de chauffage de la stratégie de contrôle 6B1

- À des températures extérieures supérieures à la température du point d'équilibre thermique, l'ensemble du chauffage sera fourni par la thermopompe à air.
- À des températures extérieures inférieures à la température du point d'équilibre thermique, le chauffage sera fourni par la thermopompe à air et le système de chauffage d'appoint (c.-à-d., dans la séquence des opérations, selon les contrôles du thermostat ou de l'équipement). Consultez **Mise en œuvre des stratégies de contrôle** à la fin de cette ÉTAPE pour obtenir des détails supplémentaires au sujet de la séquence des contrôles.

Stratégie de contrôle 6B2 : Limite de température de la thermopompe à air fondée sur l'analyse du coût de la chaleur (c.-à-d., point d'équilibre économique ou limite économique)

La limite de basse température de la thermopompe à air est inférieure à la température de conception, et le fonctionnement de la thermopompe à air est techniquement possible dans

l'ensemble de l'échelle des températures extérieures du site de l'installation. Toutefois, le fonctionnement de la thermopompe à air est restreint aux températures extérieures supérieures en fonction des estimations du coût de la chaleur fournie par la thermopompe à air par rapport au coût de la chaleur fournie par le système d'appoint.

- Il peut être nécessaire de sélectionner sur le terrain une température à laquelle passer au chauffage d'appoint complet.
- La limite de température extérieure est réglée en fonction du coût de la chaleur fournie par la thermopompe à air par rapport au coût de la chaleur fournie par la source de chauffage d'appoint. Consultez l'ANNEXE A pour obtenir des détails sur la manière de déterminer cette limite de température économique.
 - La température du point d'équilibre économique (e-TPE) peut être supérieure ou inférieure à la température du point d'équilibre thermique (t-TPE).
 - Ce type de contrôle s'applique le mieux aux installations dans lesquelles un carburant à faible coût est utilisé pour le chauffage d'appoint, qu'il soit intégré à un seul système ou à une thermopompe ajoutée utilisant un système de chauffage d'appoint autonome.

Un exemple des divers modes de chauffage de la stratégie de contrôle 6B2 est illustré dans la Figure 28. Dans ce cas, la e-TPE est inférieure à la t-TPE.

- À des températures extérieures supérieures à la t-TPE, l'ensemble du chauffage est fourni par la thermopompe à air.
- À des températures extérieures inférieures à la t-TPE et à la température à laquelle passer au chauffage d'appoint, le chauffage sera fourni par la thermopompe à air et le système d'appoint (c.-à-d., dans la séquence des opérations, selon les contrôles du thermostat ou de l'équipement).

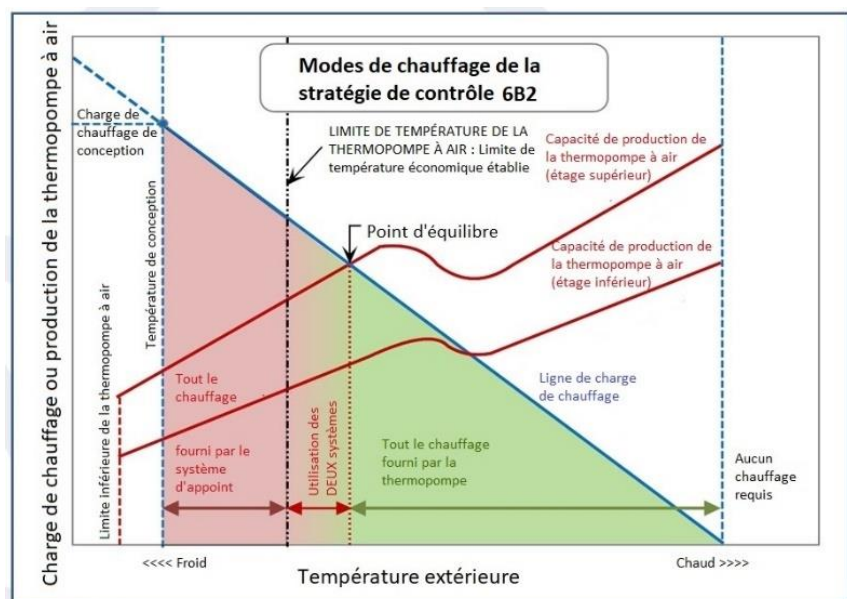


Figure 28: Exemple des modes de chauffage de la stratégie de contrôle 6B2

Consultez **Mise en**

œuvre des stratégies de contrôle à la fin de cette ÉTAPE pour obtenir des détails supplémentaires au sujet de la séquence des contrôles.

- À des températures extérieures inférieures à la e-TPE, le fonctionnement de la thermopompe à air sera désactivé et l'ensemble du chauffage sera fourni par le système de chauffage d'appoint.
- Dans les régions où une tarification de l'électricité au compteur horaire est appliquée, la e-TPE peut avoir deux ou plusieurs valeurs, selon la période du jour et le jour de la semaine.

Stratégie de contrôle 6C : La capacité de chauffage de la thermopompe à air est supérieure à la perte de chaleur de conception; aucun chauffage d'appoint requis

La thermopompe à air n'a pas de limite de basse température ou a une limite de température inférieure à la température de conception, et la capacité de production de la thermopompe à air à la température de chauffage de conception est supérieure à la perte de chaleur de conception.

- Aucune limite de température extérieure propre au terrain n'est requise et aucune ne doit être mise en œuvre ou activée.

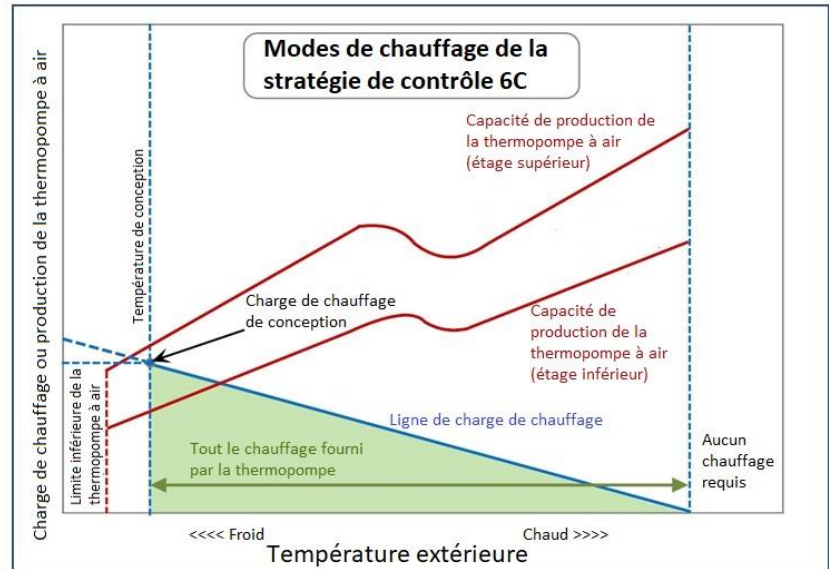


Figure 29: Exemple des modes de chauffage de la stratégie de contrôle 6C

Un exemple du mode de chauffage de la stratégie de contrôle 6C est illustré dans la Figure 29.

- La thermopompe à air a la capacité de chauffage nécessaire pour répondre aux exigences de chauffage dans l'ensemble de l'échelle des températures extérieures et aucun chauffage d'appoint n'est requis.

Mise en œuvre des stratégies de contrôle

D'autres facteurs à considérer pour la mise en œuvre des cinq stratégies de contrôle sont présentés dans les sections suivantes pour différentes configurations de système de thermopompe à air, comme les systèmes de thermopompe à air intégrés et les systèmes d'appoint, les systèmes de thermopompe à air ajoutés et les systèmes de thermopompe à air sans conduit.

Facteurs pour la mise en œuvre des stratégies de contrôle 6A1, 6A2, 6B1 et 6B2

Thermopompe à air intégré et système de chauffage d'appoint :

- Un seul thermostat intérieur à plusieurs étages gère la séquence du fonctionnement de la thermopompe à air et du système de chauffage d'appoint au-dessus de la limite de température extérieure établie. Notez que la stratégie de contrôle 6B1 ne comprend pas de limite de température extérieure.
 - Pour les systèmes utilisant des générateurs d'air chaud à carburant (p. ex., systèmes « hybrides » ou à « carburant double »), le thermostat activera d'abord la thermopompe à air pour répondre à la demande de chauffage. Si la thermopompe à air ne peut pas répondre à la demande de chauffage, il sera désactivé et le système de chauffage d'appoint sera activé.

- *Pour les systèmes avec conduit utilisant le chauffage d'appoint et pouvant fonctionner en même temps que la thermopompe à air (p. ex., éléments de chauffage par résistance électrique en aval), la thermopompe à air peut continuer à fonctionner en même temps que le système de chauffage d'appoint afin de répondre à la demande de chauffage.*
- *Pour les systèmes sans conduit comprenant des contrôles pouvant être intégrés au chauffage d'appoint (p. ex., systèmes mini-bibloc/multi-bibloc avec relai de chauffage auxiliaire lié à une plinthe chauffante électrique d'appoint), le thermostat activera d'abord la thermopompe à air pour répondre à la demande de chauffage et n'activera le système de chauffage d'appoint que si la thermopompe à air ne peut pas répondre à la demande de chauffage.*

Ajout d'une thermopompe à air à un système de chauffage existant :

- Thermostats intérieurs distincts contrôlant la thermopompe à air et le système de chauffage existant (utilisé pour le chauffage d'appoint).
- La température du ou des thermostats du système de chauffage doit être réglée à une valeur inférieure aux valeurs de la thermopompe à air pour garantir le fonctionnement de la thermopompe à air lorsqu'il est en mesure de fonctionner.
 - *Pour l'installation avec des systèmes de chauffage centraux existants utilisés pour le chauffage d'appoint, il peut être souhaitable de mettre en œuvre une limite de température extérieure dans le système de chauffage existant pour désactiver son fonctionnement au-dessus d'une température extérieure donnée (p. ex., au-dessus de la température du point d'équilibre thermique) et empêcher le système de chauffage d'appoint de fonctionner inutilement en temps doux lorsque la thermopompe à air peut répondre aux demandes de chauffage. Cela peut aussi être réalisé à l'aide de plusieurs thermostats pouvant accéder au Web.*
 - *Dans le cas des systèmes sans conduit, lorsqu'un système de chauffage d'appoint central dessert une plus grande partie de l'habitation que la thermopompe à air sans conduit, il peut être avantageux de (re)placer le thermostat de chauffage d'appoint dans un endroit qui n'est pas desservi directement par la thermopompe à air.*

Autres facteurs pour la mise en œuvre des stratégies de contrôle 6A1, 6A2 et 6B2 seulement

- Une limite de température extérieure désactive le fonctionnement de la thermopompe à air aux températures extérieures inférieures à la limite, et l'ensemble du chauffage est fourni par le système d'appoint.
 - *Dans la stratégie de contrôle 6A1, la limite de basse température de la thermopompe à air détermine la limite de température. Dans les stratégies 6A2 et 6B2, l'analyse du coût de la chaleur détermine la température à laquelle passer au chauffage d'appoint (voir ANNEXE A : Déterminer la limite de température économique (e-TPE) pour obtenir des détails).*
 - *La limite de température extérieure sera probablement réglée directement sur le thermostat ou sur l'équipement à l'aide de commutateurs DIP ou de menus de configuration, selon le fabricant.*
 - *En utilisant les stratégies de contrôle 6A2 ou 6B2 dans des régions où une tarification de l'électricité au compteur horaire est appliquée, il est préférable de choisir un contrôle qui offre plusieurs limites de température fondées sur la période du jour et le jour de la semaine.*

Facteurs pour la mise en œuvre de la stratégie de contrôle 6C

Thermopompe à air central ou thermopompe à air ajouté à un système existant :

- Les contrôles de thermostat intérieurs sont généralement fournis par le fabricant de thermopompe à air et contrôlent la thermopompe à air dans l'ensemble de l'échelle des températures extérieures.
- Aucun chauffage supplémentaire ou d'appoint n'est requis.
- Une autre source de chaleur (comme un poêle à bois ou à granules de bois) peut être utilisée et n'est pas prise en compte dans le calcul de la capacité de chauffage de conception.

Thermopompe à air mini-bibloc/multi-bibloc sans conduit :

- Puisque les systèmes sans conduit ne permettent pas de distribuer l'air conditionné dans les espaces sans thermopompe à air intérieur, une méthode consistant à distribuer l'air dans l'habitation pour assurer la climatisation de tous les espaces occupés peut être avantageuse. Un ventilateur-récupérateur de chaleur et d'énergie doté de conduits (ou une autre méthode de distribution de l'air entre les pièces) peut être utile.

Après avoir effectué l'ÉTAPE 6, vous aurez :

- Défini les exigences de contrôle du système de thermopompe et réglé les valeurs pour l'application.

ÉTAPE 7 : DÉFINIR LES EXIGENCES DE CHAUFFAGE D'APPOINT

À l'ÉTAPE 7, vous définirez le type et la capacité de chauffage d'appoint requis pour l'installation. Les exigences du chauffage d'appoint d'une installation de thermopompe à air sont déterminées par quatre facteurs :

1. L'ajout ou non de la thermopompe à air à un système de chauffage existant;
2. La restriction ou non du fonctionnement de la thermopompe à air par des limites de basse température ou des stratégies de contrôle (définies à l'ÉTAPE 6);
3. La production de chaleur de la thermopompe à air plus élevée ou non que la charge de chauffage de conception à la température de conception;
4. Le fonctionnement simultané ou en séquence de la thermopompe à air et du système de chauffage d'appoint.

Un arbre de décision utilisant ces facteurs est illustré dans la Figure 30 et associe les résultats à quatre stratégies de contrôle différentes.

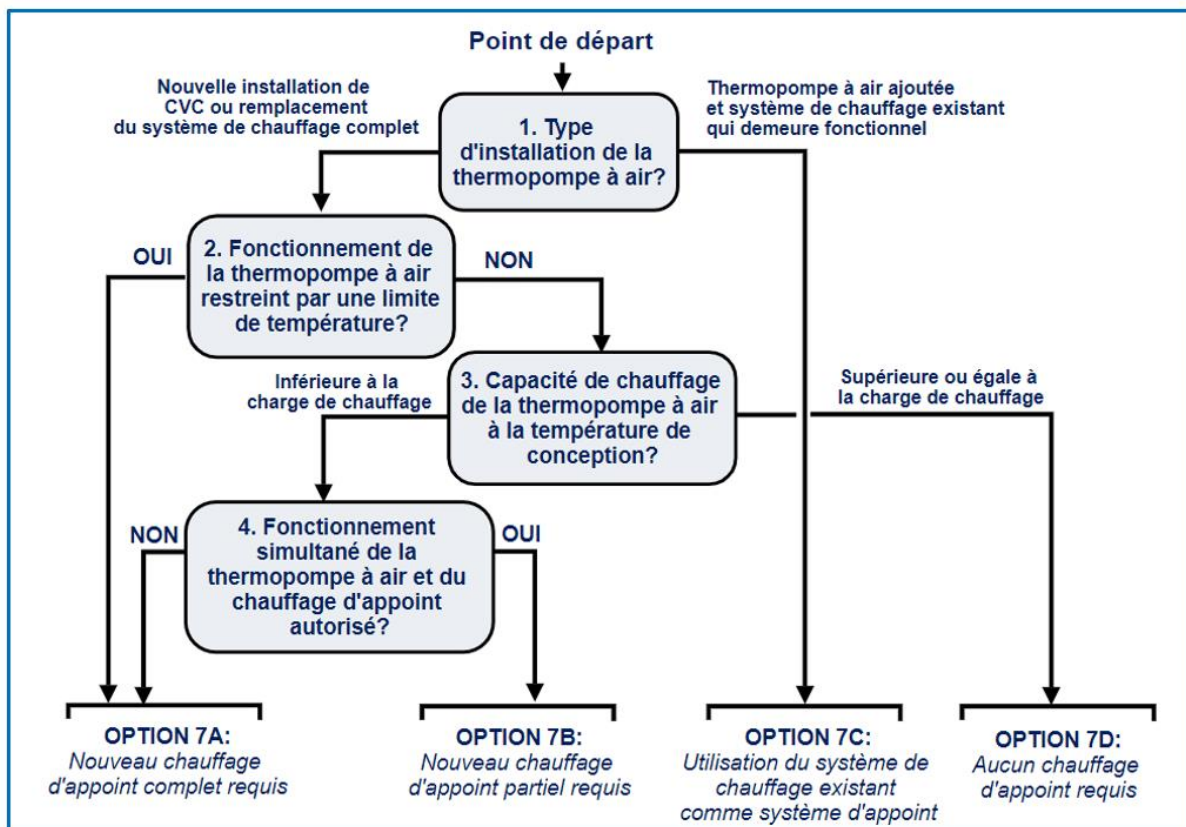


Figure 30: Arbre de décision pour déterminer les exigences de chauffage d'appoint

Après avoir déterminé l'option de chauffage d'appoint la plus appropriée, encerclez l'option choisie, et si un nouveau chauffage d'appoint est requis, indiquez la capacité minimale et le type du nouveau chauffage d'appoint requis (c.-à-d., carburant ou électricité) dans la **feuille de travail sommaire des caractéristiques clés de thermopompe à air**.

Option 7A : Nouveau système de chauffage d'appoint complet requis

Applications typiques

Installations dans de nouvelles constructions et remplacements de systèmes de chauffage complets comprenant :

- Thermopompes à air avec restriction de fonctionnement au-dessus de la température de conception;
- Thermopompes à air sans restriction dimensionnées à une charge inférieure à la charge de conception ou chauffage d'appoint qui ne peut pas fonctionner en même temps que la thermopompe à air, par exemple :
 - *Thermopompe à air à conduit central avec générateur d'air chaud d'appoint à combustible fossile.*

Exigences de capacité d'appoint de l'option 7A :

- Installation d'un nouveau chauffage d'appoint requise;
- La production de chaleur du système d'appoint doit être égale ou supérieure à 100 % de la charge de chauffage de l'habitation ou de la zone visée à la température de conception.

Option 7B : Nouveau système de chauffage d'appoint partiel requis

Applications typiques

Installations dans de nouvelles constructions et remplacements de systèmes de chauffage complets comprenant :

- Thermopompe à air sans restriction utilisant la stratégie de contrôle 6B1 et dimensionné à une charge inférieure à la charge de conception et chauffage d'appoint qui peut fonctionner en même temps que la thermopompe à air, par exemple :
 - *Thermopompe à air à conduit central avec chauffage auxiliaire par résistance électrique;*
 - *Nouvelle installation d'une thermopompe à air mini-bibloc sans conduit ou avec conduit avec systèmes de chauffage hydroniques ou plinthes chauffantes électriques supplémentaires.*

Exigences de capacité d'appoint de l'option 7B :

- Installation d'un nouveau chauffage d'appoint requise;
- La production de chaleur de la thermopompe à air et du système d'appoint doit être égale ou supérieure à 100 % de la charge de chauffage de l'habitation ou de la zone visée à la température de conception.

Option 7C : Utiliser le système de chauffage existant comme système d'appoint; aucun nouveau système d'appoint requis

Applications typiques

Installations de thermopompe à air dans lesquelles le système de chauffage original demeure intact et fonctionnel à pleine capacité, comprenant :

- Thermopompes à air avec ou sans restriction dimensionnée à une charge inférieure à la charge de conception, par exemple :
 - Installations de thermopompe à air sans conduit ou avec mini-conduit ajouté à l'aide d'une ou plusieurs unités intérieures;
 - Thermopompe à air à conduit central remplaçant un climatiseur avec générateur d'air chaud d'appoint à combustible fossile (p. ex., systèmes « hybrides » ou à « carburant double »).

Exigences de capacité d'appoint de l'option 7C :

- Aucun nouveau chauffage d'appoint requis;
- Le système de chauffage existant à pleine capacité fonctionnera en tant que chauffage d'appoint de la thermopompe à air sous la température du point d'équilibre thermique ou tout autre point de contrôle défini par la stratégie de contrôle du système (voir ÉTAPE 6).

Option 7D : Aucun chauffage d'appoint requis

Applications typiques

Installation utilisant une thermopompe à air sans restriction dont la production de chaleur est plus élevée que la charge de chauffage de conception. Cela peut comprendre :

- Installations dans de nouvelles constructions ou systèmes de remplacement utilisant des thermopompes à air mini-bibloc sans conduit ou avec conduit;
- Installations dans de nouvelles constructions de thermopompes à air à conduit central;
- Installations d'équipement de CVC de remplacement à l'aide de thermopompes à air à conduit central dont la capacité de chauffage est inférieure à celle du système original afin de respecter les limites de débit d'air maximum du système de conduit existant.
 - Si le système original a été surdimensionné ou si l'habitation a fait l'objet d'améliorations énergétiques, la thermopompe à air peut ne pas avoir une capacité inférieure à la perte de chaleur de conception.
 - Il est recommandé de calculer la perte de chaleur de conception.

Exigences de capacité d'appoint de l'option 7D :

- Aucune installation de chauffage d'appoint requise.

Après avoir effectué l'ÉTAPE 7, vous aurez :

- Défini la capacité de chauffage d'appoint nécessaire pour compléter l'équipement de thermopompe à air afin de respecter la charge de chauffage de conception de l'habitation ou de la zone visée.

ANNEXE A : DÉTERMINER LA LIMITE DE TEMPÉRATURE ÉCONOMIQUE (e-TPE) À LAQUELLE PASSER DU CHAUFFAGE PAR THERMOPOMPE À AIR AU CHAUFFAGE D'APPOINT COMPLET

Dans les applications où le chauffage d'appoint est fourni par une source de chauffage à faible coût utilisant le carburant, il peut y avoir des périodes de la saison de chauffage pendant lesquelles il est économiquement avantageux de passer au chauffage d'appoint complet même si la thermopompe à air est toujours en mesure de répondre à la demande de chauffage. Dans ces situations, le coût de la chaleur fournie par le système de chauffage d'appoint est inférieur au coût de la chaleur fournie par la thermopompe à air. Cette annexe comprend les renseignements nécessaires pour déterminer la température extérieure à laquelle établir cette limite économique ou température du point d'équilibre économique (e-TPE).

La e-TPE est déterminée par quatre facteurs :

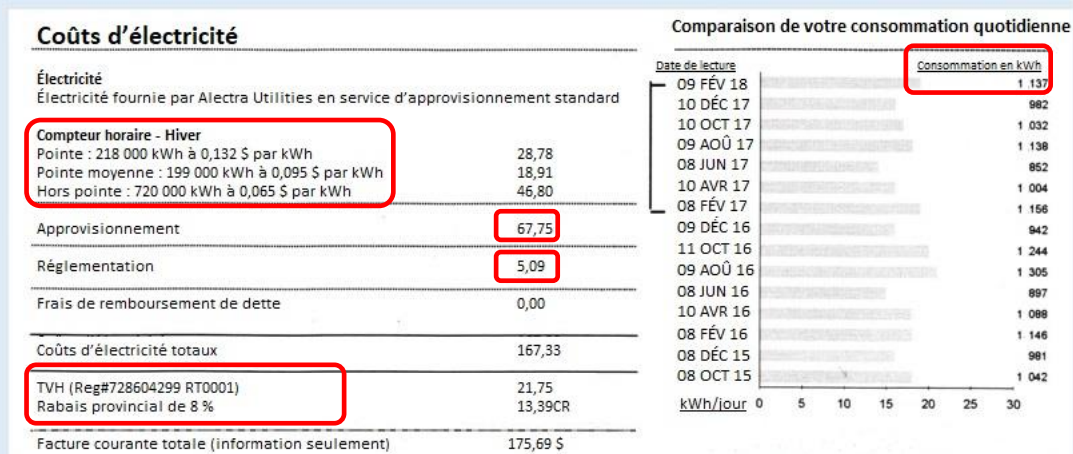
1. **Coût de l'électricité fondé sur la consommation**, y compris l'énergie, l'approvisionnement et les taxes, mais excluant toute redevance mensuelle de client ou de réglementation et tout autre frais qui ne varie pas selon la quantité d'électricité utilisée;
 - a. Utilisez une facture d'électricité récente pour calculer le coût de l'électricité fondé sur la consommation de l'une des manières suivantes :
 - i. Pour les services publics offrant une seule tarification d'électricité (\$/kWh) pour l'énergie et l'approvisionnement, utilisez cette tarification en ajoutant toute taxe ou redevance supplémentaire applicable (p. ex., rajustements tarifaires) axée sur l'utilisation pour calculer le coût de l'électricité fondé sur la consommation;
 - ii. Pour les services publics offrant plusieurs niveaux de tarification d'électricité (\$/kWh) pour l'énergie et l'approvisionnement, utilisez le niveau de tarification le plus élevé qui sera probablement appliqué lorsque la thermopompe à air fonctionnera en ajoutant toute taxe ou redevance supplémentaire applicable (p. ex., rajustements tarifaires) axée sur l'utilisation pour calculer le coût de l'électricité fondé sur la consommation;
 - iii. Pour les services publics qui indiquent les coûts de l'approvisionnement de l'électricité et les coûts réglementaires séparément (comme la province de l'Ontario) et qui incluent les ajustements du facteur de perte du système de distribution et les coûts fixes qui varient d'un service public à un autre, il peut être plus facile de calculer les coûts de l'approvisionnement et les coûts réglementaires fondés sur la consommation selon l'utilisation de kWh et d'ajouter cette tarification aux tarifications de produit énergétique indiquées sur la facture, en plus de toute taxe applicable. Cela nécessitera l'accès au site Web du service public pour déterminer la valeur des redevances (*redevance de client (\$ par période de facturation)*; *tarification du service standard (\$ par mois)*) qui s'appliquent au service public particulier (voir l'exemple pour obtenir des détails).
2. **Coût du carburant fondé sur la consommation**, y compris l'énergie, l'approvisionnement et les taxes, mais excluant toute redevance mensuelle qui ne varie pas selon la quantité de carburant utilisée;
 - a. Les redevances de client sont habituellement indiquées sur la facture de carburant (p. ex., *redevance de client de 20 \$; redevance de base de 14 \$*).

b. Utilisez une facture de carburant récente pour calculer le coût du carburant fondé sur la consommation en soustrayant les redevances (y compris toute taxe applicable) de la facture, puis en divisant le solde restant (y compris les taxes) par le nombre total d'unités de carburant utilisées (p. ex., m³ ou GJ) dans la période de facturation pour obtenir une tarification du carburant (voir l'exemple pour obtenir des détails).

3. **Efficacité du système de chauffage d'appoint** (p. ex., AFUE);

4. **Coefficient de performance (Cp)** de la thermopompe à air, qui diminue selon la température extérieure.

EXEMPLE : Calculer les coûts de l'électricité fondés sur la consommation des services publics de l'Ontario



Sur le site Web des services publics, les coûts fixes sont :

Approvisionnement - Redevance de client (40,56 \$/mois);

Réglementation - Tarification du service standard (0,25 \$/mois).

Dans la période de facturation de 2 mois, les coûts d'approvisionnement et les coûts réglementaires fondés sur la consommation sont :

$$= (67,75 \$ - 40,56 \$) + (5,09 \$ - (0,25 \$ \times 2)) = 31,78 \$$$

Les coûts d'approvisionnement et les coûts réglementaires sont : 31,78 \$/1 137 kWh utilisés = 0,028 \$/kWh

Tarification de l'électricité au compteur horaire fondée sur la consommation, y compris les coûts d'approvisionnement et les coûts réglementaires :

Pointe : (0,132 \$ + 0,028 \$) plus 13 % TVH, moins 8 % rabais provincial = 0,160 \$ x 1,05 = **0,168 \$/kWh**

Pointe moyenne : (0,095 \$ + 0,028 \$) plus 13 % TVH, moins 8 % rabais provincial = 0,123 \$ x 1,05 = **0,129 \$/kWh**

Hors pointe : (0,065 \$ + 0,028 \$) plus 13 % TVH, moins 8 % rabais provincial = 0,093 \$ x 1,05 = **0,098 \$/kWh**

EXEMPLE : Calculer les coûts du gaz naturel fondés sur la consommation

Coûts de gaz naturel		Données du compteur	
9 février 2018 – 12 mars 2018			
Frais de client	20,00 \$	Numéro du compteur	123456
Approvisionnement	45,90	Lecture estimée	12 MAR 18 7594
Transport vers Enbridge	18,43	Lecture précédente	09 FÉV 18 7256
Frais d'approvisionnement de gaz	34,22	Gaz utilisé dans cette période (m3)	338
Ajustement de coût	1,39	Valeur FEP	1,00400
		m3 ajusté	339
Coûts de gaz naturel	119,94	Votre facture est fondée sur la consommation mesurée ou la consommation estimée.	

Coût du gaz naturel fondé sur la consommation :

$$= (119,94 \$ - 20,00 \$) \text{ plus } 13 \% \text{ TVH, divisé par } 339 \text{ m}^3 = 99,94 \$ \times 1,13 / 339 = \mathbf{0,333 \$ / m^3}$$

La e-TPE peut être déterminée en deux étapes :

- Déterminer le coefficient de performance minimum requis ($C_{p_{\min}}$)** pour que le coût du chauffage de la thermopompe à air soit égal au coût du chauffage du système d'appoint;
- Déterminer la température extérieure correspondant à la valeur $C_{p_{\min}}$** du système de thermopompe à air utilisé. Cette température extérieure sera définie comme limite de température économique.

a. Déterminer le C_p minimum requis

Le coefficient de performance minimum ($C_{p_{\min}}$) survient lorsque le coût du chauffage de la thermopompe à air est égal au coût du chauffage système d'appoint, comme le décrit l'équation suivante.

$$\frac{\text{Coût de l'électricité variable}}{C_{p_{\min}}} = \frac{\text{Coût du carburant variable}}{\text{Efficacité}_{\text{appoint}}}$$

En isolant le $C_{p_{\min}}$, nous obtenons :

$$C_{p_{\min}} = \frac{\text{Coût de l'électricité variable} \times \text{Efficacité}_{\text{appoint}}}{\text{Coût du carburant variable}} \times \text{Facteur de conversion} \quad [\text{Équation 6}]$$

Le coût des unités de carburant, le contenu énergétique et les facteurs de conversion associés sont fournis dans le Tableau 8. Le facteur de conversion est requis pour convertir les unités de carburant en kWh, et est égal à la valeur de chauffage du carburant la plus élevée en kWh par unité de carburant (p. ex., gaz naturel : 10,36 kWh/m³)

Tableau 8 : Carburants d'appoint courants et facteurs de conversion à utiliser dans l'équation $C_{p_{min}}$

Carburant d'appoint	Valeur de chauffage la plus élevée	Coût des unités de carburant	Facteurs de conversion pour l'équation 6 (kWh par unité de carburant)
Gaz naturel	37,3 MJ/m ³	\$/m ³	10,36
Gaz naturel	37,3 MJ/m ³	\$/GJ	277,8
GPL/propane	25,3 MJ/litre	\$/litre	7,03
Mazout	38,2 MJ/litre	\$/litre	10,61

EXEMPLE : Calculer le $C_{p_{min}}$ d'une installation utilisant le gaz naturel pour le chauffage d'appoint.

Le coût de l'électricité fondé sur la consommation est de 0,10 \$/kWh

Le coût du gaz naturel fondé sur la consommation est de 0,333 \$/m³ (égal à 8,93 \$/GJ);

(REMARQUE : Les prix de l'électricité et du carburant comprennent les coûts et les taxes associés à l'énergie et à l'approvisionnement, mais ne comprennent pas les redevances mensuelles qui ne varient pas selon la quantité d'électricité ou de gaz naturel consommée).

Le générateur d'air chaud au gaz naturel a une efficacité (AFUE) de 95 %.

Le facteur de conversion est de 10,36 kWh/m³ (voir Tableau 8)

À l'aide de l'équation 6 :

$$\begin{aligned} C_{p_{min}} &= 0,10 \times 0,95 / 0,333 \times 10,36 \\ &= 3,0 \end{aligned}$$

Dans cet exemple, le C_p minimum de la thermopompe à air permettant d'obtenir un chauffage à un coût inférieur à celui du système de chauffage d'appoint est d'environ 3,0.

Un moyen graphique de déterminer le $C_{p_{min}}$ est présenté dans la Figure 31 pour le gaz naturel. Pour utiliser ce graphique, tracez une ligne horizontale représentant le coût de l'électricité fondé sur la consommation, indiqué sur l'axe vertical, et tracez une ligne verticale représentant le coût du gaz naturel fondé sur la consommation divisé par l'efficacité du générateur d'air chaud (c.-à-d., AFUE), indiqué sur l'axe horizontal. L'endroit où les deux lignes se croisent indiquera la valeur $C_{p_{min}}$ parmi les lignes inclinées du graphique.

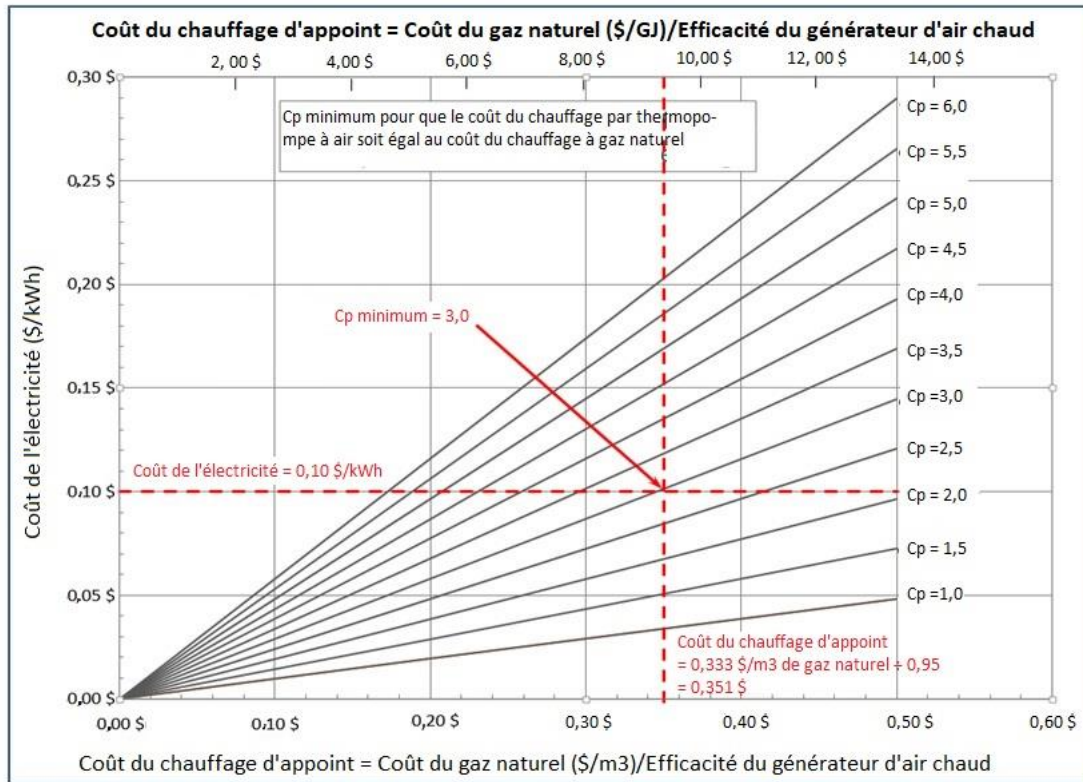


Figure 31: Graphique permettant de déterminer le Cp minimum pour le coût du chauffage par thermopompe à air égal au coût du chauffage à gaz naturel

L'exemple indiqué dans la Figure 31 estime une valeur $C_{p_{\min}}$ de 3,0, ce qui équivaut à la valeur calculée à l'aide de l'équation 6.

AVIS AUX CONCEPTEURS ET AUX ENTREPRENEURS : Utilisation de GPL/propane ou de mazout pour le chauffage d'appoint

Dans la plupart des cas, le coût de GPL/propane ou de mazout est suffisamment élevé pour entraîner des coûts de chauffage d'appoint supérieurs aux coûts de chauffage par thermopompe à air, même à des températures extérieures relativement faibles.

La décision d'adopter le GPL/propane ou le mazout sera habituellement justifiée par le besoin d'une capacité de chauffage supplémentaire plutôt que par le coût de la chaleur fournie par la thermopompe à air.

Pour cette raison, aucune limite économique n'est normalement requise lors de l'utilisation de GPL/propane ou de mazout pour le chauffage d'appoint. Le passage du chauffage par thermopompe à air au chauffage d'appoint sera effectué par les contrôles d'étages normaux du système de chauffage.

Exemple : Coût de l'électricité de 0,17 \$/kWh; coût de GPL/propane de 0,90 \$/L; AFUE du générateur d'air chaud de 95 %.

Facteur de conversion de GPL/propane de 7,03 kWh/L (voir Tableau 8)

À l'aide de l'équation 6 :

$$C_{p_{\min}} = 0,17 \$ \times 0,95 / 0,90 \$ \times 7,03 = 1,3$$

Une thermopompe à air fournira un chauffage à un coût inférieur au coût du générateur d'air chaud au propane et à un C_p de 1,3

Tarification de l'électricité au compteur horaire

Dans les régions où une tarification de l'électricité au compteur horaire est appliquée, le C_p minimum requis pour que le coût du chauffage par thermopompe à air soit égal au coût du chauffage à gaz naturel variera selon les périodes de tarification de l'électricité, comme le montre la Figure 32.

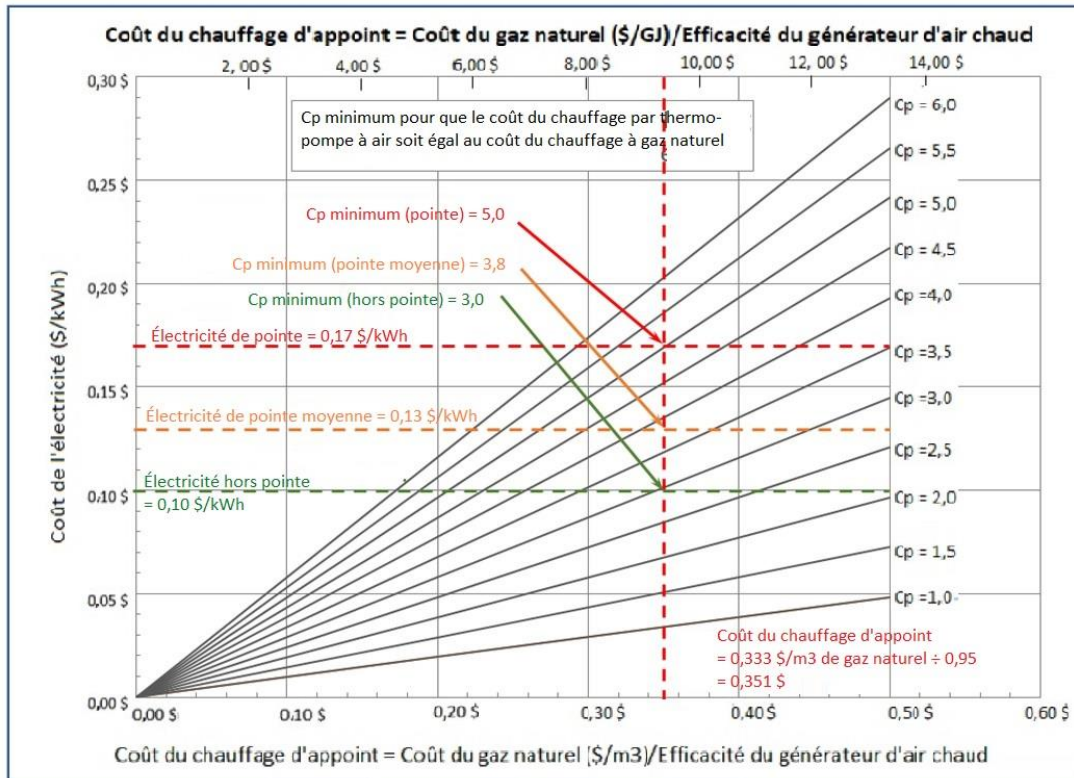


Figure 32: Déterminer le C_p minimum pour que le coût du chauffage par thermopompe à air soit égal au coût du chauffage à gaz naturel selon les tarifications de l'électricité au compteur horaire

Dans cet exemple, les tarifications de l'électricité varient selon la période du jour et le jour de la semaine, avec des coûts de l'électricité en période de pointe, en période de pointe moyenne et en période hors pointe de 0,17 \$, 0,13 \$ et 0,10 \$ par kWh, respectivement. Ces prix comprennent les coûts et les taxes associés à l'énergie et à l'approvisionnement, mais ne comprennent pas les redevances mensuelles qui ne varient pas selon la quantité d'électricité consommée. Le coût du gaz naturel est de 0,333 \$ par mètre cube, ce qui comprend les coûts et les taxes associés à l'énergie et à l'approvisionnement, mais ne comprend pas les redevances mensuelles qui ne varient pas selon la quantité de carburant consommée. Le générateur d'air chaud au gaz naturel a une AFUE (efficacité) de 95 %.

Les valeurs C_p minimales requises pour que le coût du chauffage de la thermopompe à air soit égal au coût du chauffage du générateur d'air chaud d'appoint à gaz naturel sont :

- Périodes de pointe, $C_{p_{\min}} = 5,0$;
- Périodes de pointe moyenne, $C_{p_{\min}} = 3,8$;
- Périodes hors pointe, $C_{p_{\min}} = 3,0$.

b. Déterminer la température extérieure à laquelle le $C_{p_{\min}}$ survient

Une fois la valeur $C_{p_{\min}}$ déterminée, consultez un graphique ou un tableau de valeurs C_p par rapport à la température extérieure fourni par le fabricant du modèle de thermopompe à air utilisé afin de déterminer la température extérieure qui correspond à la valeur $C_{p_{\min}}$. La

thermopompe à air fournira un chauffage dont le coût est inférieur au coût de la chaleur du système de chauffage d'appoint à des températures extérieures supérieures à cette valeur.

Le Tableau 9 est un exemple de tableau de rendement étendu pour une thermopompe à air à conduit central monoétagé de 2 tonnes. N'utilisez pas les valeurs C_p nominales, puisqu'elles sont habituellement plus élevées que ce que les données de rendement réelles indiquent.

	Température ambiante extérieure																
	65	60	55	50	47	45	40	35	30	25	20	17	15	10	5	0	-5
MBh	30.74	28.63	26.55	24.50	23.20	22.20	19.70	17.43	15.59	14.20	13.16	12.60	11.89	10.13	8.36	6.59	4.83
T/R	32.7	30.5	28.3	26.1	24.7	23.6	21.0	18.6	16.6	15.1	14.0	13.4	12.7	10.8	8.9	7.0	5.1
kW	1.97	1.93	1.88	1.84	1.81	1.79	1.75	1.70	1.66	1.61	1.57	1.54	1.52	1.48	1.43	1.39	1.34
A	9.1	8.4	7.8	7.2	6.9	6.7	6.3	5.9	5.6	5.3	5.0	4.8	4.7	4.4	4.1	3.7	3.3
C_p	4.57	4.36	4.14	3.91	3.76	3.63	3.31	3.00	2.76	2.58	2.46	2.40	2.29	2.01	1.71	1.39	1.05

Tableau 9 : Exemple de données de rendement étendues d'une thermopompe à air, indiquant le C_p par rapport à la température extérieure

Limite de température économique (e-TPE)

Dans les systèmes de thermopompe à air qui utilisent les stratégies de contrôle 6A2 ou 6B2 de l'ÉTAPE 6, la température extérieure correspondant à la valeur $C_{p_{\min}}$ est également la limite de température économique (e-TPE).

Dans l'exemple de valeur $C_{p_{\min}}$ égale à 3, la e-TPE de ce modèle de thermopompe à air particulier est de 35 °F (2 °C).

- La limite mise en œuvre dans le système serait réglée pour limiter le fonctionnement de la thermopompe à air aux températures extérieures supérieures à 35 °F (2 °C).

Limite de température économique (e-TPE) avec tarification au compteur horaire

Avec la tarification de l'électricité au compteur horaire, il existe plusieurs valeurs $C_{p_{\min}}$, chacune correspondant à une e-TPE différente.

En utilisant les valeurs C_p de l'exemple de thermopompe à air du Tableau 9 :

- **Périodes de pointe, $C_{p_{\min}} = 5,0$**
Limiter le fonctionnement de la thermopompe à air à toutes les températures extérieures (c.-à-d., ne fonctionne pas en périodes de pointe);
- **Périodes de pointe moyenne, $C_{p_{\min}} = 3,8$**
Limiter le fonctionnement de la thermopompe à air aux températures extérieures supérieures à 47 °F (8 °C) en périodes de pointe moyenne;
- **Périodes hors pointe, $C_{p_{\min}} = 3,0$**
Limiter le fonctionnement de la thermopompe à air aux températures extérieures supérieures à 35 °F (2 °C) en périodes hors pointe.

La limite mise en œuvre dans le système serait réglée pour limiter le fonctionnement de la thermopompe à air à ces températures extérieures et aux périodes de la journée et de la semaine correspondant aux différentes périodes de tarification.

Limite de température économique (e-TPE) avec des thermopompes à air à deux étages ou à capacité variable

Le Tableau 10 est un exemple de tableaux de rendement étendus pour une thermopompe à conduit central à capacité variable de 3 tonnes. La première moitié du tableau montre les valeurs de rendement de la thermopompe à air fonctionnant à la capacité la plus élevée et l'étage supérieur, alors que la seconde moitié du tableau montre les valeurs de rendement de la thermopompe à air fonctionnant à la capacité la plus basse et l'étage inférieur.

Tableau 9 : Exemple de données de rendement étendues d'une thermopompe à air à capacité variable, indiquant le C_p par rapport à la température extérieure

Données de chauffage étendues – Étage supérieur

	Température ambiante extérieure																	
	65	60	55	50	47	45	40	35	30	25	20	17	15	10	5	0	-5	-10
MBh	44.0	41.7	39.2	36.6	35.0	33.9	31.5	29.1	35.9	33.1	30.5	28.8	27.7	24.9	22.1	19.2	16.4	13.4
T/R	35.0	33.2	31.2	29.2	27.9	27.0	25.1	23.1	28.6	26.4	24.3	22.9	22.1	19.8	17.6	15.3	13.1	10.7
kW	2.66	2.61	2.56	2.51	2.48	2.46	2.41	2.36	3.97	3.87	3.77	3.72	3.68	3.58	3.48	3.39	3.29	3.19
A	10.8	10.5	10.3	10.1	10.0	9.9	9.7	9.4	16.4	16.0	15.6	15.3	15.2	14.7	14.3	13.9	13.5	13.1
C_p	4.84	4.67	4.49	4.28	4.14	4.04	3.83	3.61	2.65	2.51	2.37	2.27	2.21	2.04	1.86	1.67	1.46	1.24
RP ÉLEVÉ	389	373	358	343	335	328	316	303	290	277	266	260	255	245	236	226	218	210
RP FAIBLE	146	136	127	117	110	106	98	87	78	70	62	57	55	47	40	34	30	23

Données de chauffage étendues – Étage inférieur

	Température ambiante extérieure																	
	65	60	55	50	47	45	40	35	30	25	20	17	15	10	5	0	-5	-10
MBh	31.7	30.0	28.3	26.4	25.2	24.5	22.7	21.0	22.9	21.1	19.5	18.4	17.7	15.9	14.1	12.3	10.5	8.6
T/R	35.8	33.9	31.9	29.9	28.5	27.6	25.7	22.1	24.1	22.2	20.5	19.3	18.6	16.7	14.8	12.9	11.0	9.0
kW	1.53	1.50	1.47	1.45	1.43	1.42	1.40	1.37	2.01	1.97	1.92	1.90	1.88	1.84	1.79	1.75	1.70	1.66
A	6.3	6.2	6.1	6.0	5.9	5.9	5.8	5.6	8.3	8.1	8.0	7.8	7.8	7.6	7.4	7.2	7.0	6.8
C_p	6.10	5.87	5.62	5.35	5.16	5.04	4.77	4.48	3.34	3.15	2.97	2.84	2.76	2.54	2.30	2.06	1.80	1.52
RP ÉLEVÉ	377	361	347	332	324	318	306	293	281	268	258	252	247	238	229	219	211	204
RP FAIBLE	144	133	125	115	108	104	96	85	77	69	60	56	54	46	40	33	29	23

Puisque les limites économiques seront habituellement atteintes à des températures plus chaudes, lorsque la thermopompe à air fonctionne principalement à la plus basse capacité, il est recommandé d'utiliser le tableau de rendement de l'étage inférieur pour déterminer la e-TPE d'une thermopompe à air à deux étages ou à capacité variable.

Dans l'exemple de valeur $C_{p_{\min}}$ égale à 3, la e-TPE de ce modèle de thermopompe à air particulier est de 25 °F (-4 °C).

- La limite mise en œuvre dans le système serait réglée pour limiter le fonctionnement de la thermopompe à air aux températures extérieures supérieures à 25 °F (-4 °C).

ANNEXE B : FEUILLE DE TRAVAIL SOMMAIRE DES CARACTÉRISTIQUES CLÉS DE THERMOPOMPE À AIR

Nom du projet ou du client : _____ Date de fin : _____

INSTRUCTIONS : Sélectionnez les options requises à chaque ÉTAPE. Inscrivez des renseignements dans les champs gris, au besoin

Exigences de thermopompe à air clés	Option A	Option B	Option C	Option D	NOTES
1 Définir la configuration de thermopompe à air	1A : Conduit central : Nombre d'unités requises : _____	1B : Mini-bibloc sans conduit, une seule zone Nombre d'unités extérieures : _____	1C : Mini-bibloc sans conduit, plusieurs zones Nombre d'unités extérieures : _____		<input type="checkbox"/> Installation dans une nouvelle habitation <input type="checkbox"/> Remplacement complet du système <input type="checkbox"/> Ajout de thermopompe à air
2 Choisir des types d'unité intérieure mini-bibloc	2A : Installée au mur : Nombre d'unités requises : _____	2B : Installée au plancher : Nombre d'unités requises : _____	2C : Installée au plafond : Nombre d'unités requises : _____	2D : Avec conduit (dissimulée) : Nombre d'unités requises : _____	REMARQUE : REMPLIR L'ÉTAPE 2 seulement si l'option 1B ou 1C est utilisée
3 Estimer les charges de chauffage et de refroidissement de conception	Valeurs de conception F280-12 Charge de chauffage de conception : _____ Btu/h Charge de refroidissement de conception : _____ Btu/h	Estimations d'un rapport d'audit énergétique Charge de chauffage de conception signalée : _____ Btu/h Charge de chauffage de conception ajustée : _____ Btu/h Charge de refroidissement de conception signalée : _____ Btu/h Charge de refroidissement de conception ajustée : _____ Btu/h	Estimations des charges selon un modèle énergétique Charge de chauffage de conception : _____ Btu/h Charge de refroidissement de conception : _____ Btu/h	Capacités des équipements existants : Chauffage (production) : _____ Btu/h Estimation de la charge de chauffage de conception : _____ Btu/h Refroidissement (production) : _____ Btu/h Estimation de la charge de refroidissement de conception : _____ Btu/h	Températures de conception F280 pour l'emplacement de l'habitation Chauffage : _____ °F Refroidissement : _____ °F
4 Déterminer l'approche de dimensionnement et les exigences de capacité de thermopompe à air	4A : Accent sur le refroidissement Capacité : 80 % de la charge de chauffage de conception : _____ Btu/h jusqu'à 125 % de la charge de refroidissement de conception : _____ Btu/h Monoétage : Régler la production à la capacité Plusieurs étages : Régler la production maximale à l'échelle	4B : Équilibre entre chauffage et refroidissement Capacité : 80 % de la charge de chauffage de conception : _____ Btu/h jusqu'à 125 % de la charge de refroidissement de conception : _____ Btu/h Monoétage : Régler la production à l'extrémité supérieure de l'échelle Plusieurs étages : Régler la production minimale à l'échelle	4C : Accent sur le chauffage Capacité : Charge de chauffage : 17 °F : _____ Btu/h	4D : Dimensionné selon la charge de chauffage de conception : Capacité : Charge de chauffage de conception : _____ Btu/h à _____ °F (température de conception)	Pour les REMPLACEMENTS COMPLETS DU SYSTÈME - Débit d'air maximum des conduits existants : _____ PCM

Déterminer et sélectionner des thermopompes à air	Candidat 1	Candidat 2	Candidat 3	Candidat 4	Choix final : <input type="text"/>
5 Déterminer les modèles de thermopompe à air qui correspondent aux exigences clés	N° de modèle : <input type="text"/> Étages : <input type="text"/> ; Limite : <input type="text"/> °F Maximum nominal : <input type="text"/> Production de chaleur : <input type="text"/> Btu/h à 17 °F <input type="checkbox"/> ou à <input type="text"/> °F Production de froid à 95 °F : <input type="text"/> Btu/h	N° de modèle : <input type="text"/> Étages : <input type="text"/> ; Limite : <input type="text"/> °F Maximum nominal : <input type="text"/> Production de chaleur : <input type="text"/> Btu/h à 17 °F <input type="checkbox"/> ou à <input type="text"/> °F Production de froid à 95 °F : <input type="text"/> Btu/h	N° de modèle : <input type="text"/> Étages : <input type="text"/> ; Limite : <input type="text"/> °F Maximum nominal : <input type="text"/> Production de chaleur : <input type="text"/> Btu/h à 17 °F <input type="checkbox"/> ou à <input type="text"/> °F Production de froid à 95 °F : <input type="text"/> Btu/h	N° de modèle : <input type="text"/> Étages : <input type="text"/> ; Limite : <input type="text"/> °F Maximum nominal : <input type="text"/> Production de chaleur : <input type="text"/> Btu/h à 17 °F <input type="checkbox"/> ou à <input type="text"/> °F Production de froid à 95 °F : <input type="text"/> Btu/h	Production de chaleur : <input type="text"/> Btu/h à 17 °F <input type="checkbox"/> ou à <input type="text"/> °F Limite de basse température : <input type="text"/> °F Refroidissement de conception : <input type="text"/> Btu/h Température du point d'équilibre : <input type="text"/> °F % du chauffage total au-dessus de la température du point d'équilibre : <input type="text"/> % du total
Stratégie de contrôle	Option A (Limite de thermopompe à air supérieure à la température de conception)	Option B (Limite de thermopompe à air inférieure à la température de conception)	Option C (Limite de thermopompe à air inférieure à la température de conception)		NOTES
6 Définir la stratégie de contrôle	Limite de thermopompe à air requise 6A1 : Limite de basse température à : <input type="text"/> °F 6A2 : Limite économique : <input type="text"/> °F	Aucune limite de thermopompe à air requise 6B1 : La thermopompe peut fonctionner dans l'ensemble de l'échelle des températures extérieures Limite de thermopompe à air requise : 6B2 : Limite économique à : <input type="text"/> °F	Aucun chauffage d'appoint requis 6C : La thermopompe est l'unique source de chaleur (Aucune limite de thermopompe à air requise)		
Chauffage d'appoint	Option A	Option B	Option C	Option D	NOTES
7 Définir les exigences de chauffage d'appoint	7A - Nouveau chauffage d'appoint requis à >100 % de la charge de chauffage de conception Minimum de : <input type="text"/> Btu/h	7B - Nouveau chauffage d'appoint requis à <100 % de la charge de chauffage de conception Minimum de : <input type="text"/> Btu/h	7C - Aucun nouveau chauffage d'appoint requis (utilisez le système de chauffage existant pour le chauffage d'appoint)	7D - Aucun chauffage d'appoint requis (la production de la thermopompe à air est supérieure à la charge de chauffage de conception à la température de conception)	NOUVEAU type de chauffage d'appoint : <input type="checkbox"/> Carburant : <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Électrique : <input type="text"/>