



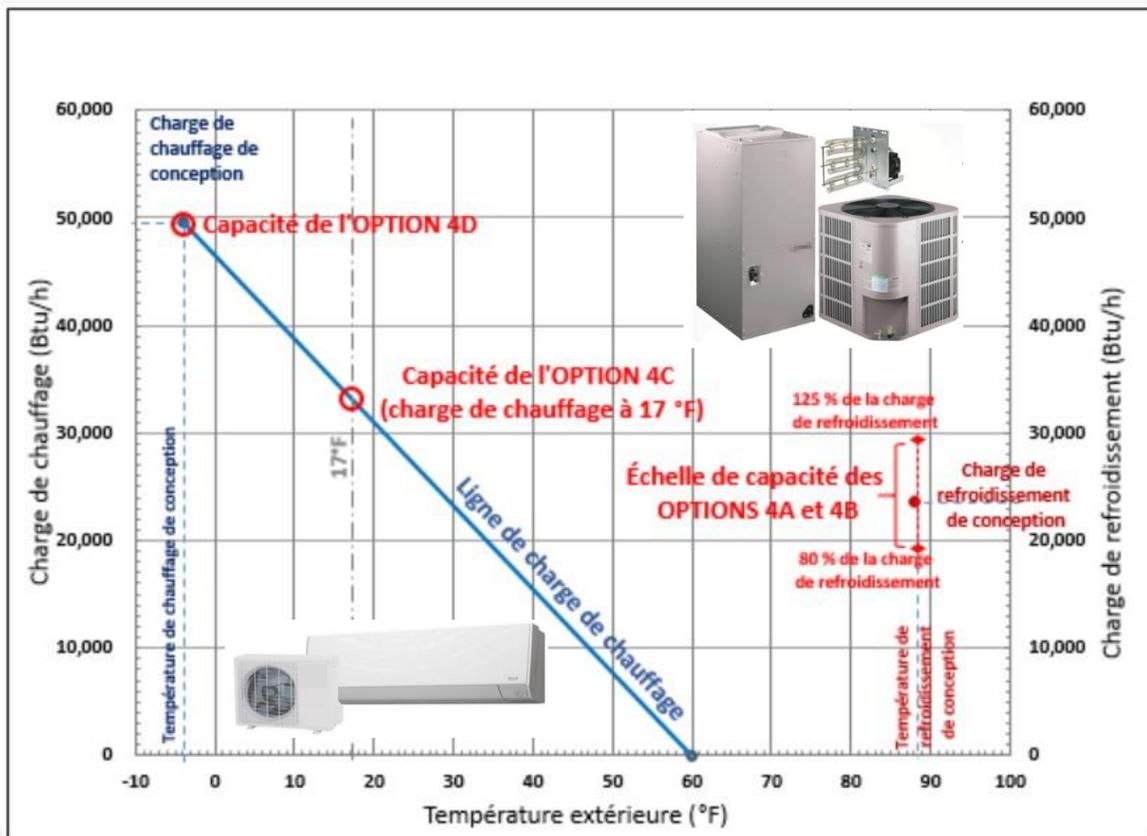
# CanmetENERGY

*Leadership in ecoInnovation*

## Addenda du GUIDE DE DIMENSIONNEMENT ET DE SÉLECTION DES THERMOPOMPES À AIR

8 exemples d'utilisation de thermopompe à air avec conduit et sans conduit

Version 1.0, 21-12-2020



**Remerciements** : L'addenda au 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 cet addenda au 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 et à l'élaboration finale de cet addenda au 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 cet addenda au 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://open.canada.ca/fr/licence-du-gouvernement-ouvert-canada>

Also available in English under the title:

"Addendum to the

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 .....	vi
INTRODUCTION .....	1
Exemple A1 : Remplacement de système complet : Conversion d'un générateur d'air chaud avec climatiseur d'air en générateur d'air chaud avec thermopompe à air (système « hybride » ou à « carburant double ») à l'aide de l'option de dimensionnement A (dimensionné pour le refroidissement) .....	6
Exemple A2 : Ajout de thermopompe à air : Ajout de thermopompe à air sans conduit pour une seule zone à un système de chauffage de plinthe électrique et de poêle à bois à l'aide de l'option de dimensionnement A (dimensionné pour le refroidissement).....	14
Exemple B1 : Remplacement de système complet : Conversion d'un générateur d'air chaud avec climatiseur d'air en générateur d'air chaud avec thermopompe à air (système « hybride » ou à « carburant double ») à l'aide de l'option de dimensionnement B (équilibre entre chauffage et refroidissement) .....	23
Exemple B2 : Ajout de thermopompe à air : Ajout de thermopompe à air sans conduit pour une seule zone à un système de chauffage de plinthe électrique existant à l'aide de l'option de dimensionnement B (équilibre entre chauffage et refroidissement) .....	30
Exemple C1 : Remplacement de système complet : Conversion d'un générateur d'air chaud avec climatiseur d'air en générateur d'air chaud avec thermopompe à air (système « hybride » ou à « carburant double ») à l'aide de l'option de dimensionnement C (dimensionné pour le chauffage) .....	38
Exemple C2 : Ajout de thermopompe à air : Ajout de thermopompe à air sans conduit pour une seule zone à un système de chauffage de plinthe électrique existant à l'aide de l'option de dimensionnement C (dimensionné pour le chauffage) .....	46
Exemple D1 : Nouveau système de CVC : Thermopompe à air à conduit central pour climats froids comme seul système de chauffage à l'aide de l'option de dimensionnement D (dimensionné selon la charge de chauffage de conception) .....	55
Exemple D2 : Ajout de thermopompe à air : Ajout de thermopompe à air sans conduit pour plusieurs zones à un système de chauffage de plinthe électrique existant à l'aide de l'option de dimensionnement D (dimensionné selon la charge de chauffage de conception).....	61
ANNEXE 1 – Fraction de chauffage annuel total au-dessus d'une température extérieure pour les zones climatiques du Canada .....	70
ANNEXE 2 – Références.....	72

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Données de rendement du fabricant pour les thermopompes à conduit central utilisant l'option de dimensionnement A.....	8
Tableau 2 : Données de rendement du fabricant pour les thermopompes sans conduit utilisant l'option de dimensionnement A.....	18
Tableau 3 : Données de rendement du fabricant pour les thermopompes à conduit central utilisant l'option de dimensionnement B.....	25

Tableau 4 : Données de rendement du fabricant pour les thermopompes sans conduit utilisant l'option de dimensionnement B .....	33
Tableau 5 : Données de rendement du fabricant pour les thermopompes à conduit central utilisant l'option de dimensionnement C.....	40
Tableau 6 : Données de rendement du fabricant pour les thermopompes sans conduit utilisant l'option de dimensionnement C.....	49
Tableau 7 : Données de rendement du fabricant pour les thermopompes à conduit central utilisant l'option de dimensionnement D.....	56
Tableau 8 : Valeurs du modèle énergétique des charges de chauffage et de refroidissement de diverses zones de l'habitation .....	62
Tableau 9 : Données de rendement du fabricant pour les thermopompes sans conduit utilisant l'option de dimensionnement D.....	63
Tableau 10 : Type et capacités des unités intérieures utilisées dans l'application de thermopompe à air mini-bloc pour plusieurs zones .....	66

## 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-bloc, pour plusieurs zones et ajouté .....	5
Figure 6 : Courbes de rendement et températures du point d'équilibre thermique de 3 thermopompes à air pour l'option de dimensionnement 4A.....	9
Figure 7 : Arbre de décision pour déterminer la stratégie de contrôle de thermopompe à air de l'exemple A1.....	11
Figure 8 : Arbre de décision pour déterminer les exigences de chauffage d'appoint de l'exemple A1.....	12
Figure 9 : Plans d'étage de l'habitation à deux étages et zones visées encerclées .....	15
Figure 10 : Type et emplacement des unités intérieures dans les deux zones visées .....	16
Figure 11 : Courbes de rendement et températures du point d'équilibre thermique de 3 thermopompes à air sans conduit pour l'option de dimensionnement 4A.....	19
Figure 12 : Arbre de décision pour déterminer la stratégie de contrôle de thermopompe à air de l'exemple A2.....	21
Figure 13 : Arbre de décision pour déterminer les exigences de chauffage d'appoint de l'exemple A2.....	22
Figure 14 : Courbes de rendement et températures du point d'équilibre thermique de 3 thermopompes à air pour l'option de dimensionnement 4B.....	26
Figure 15 : Arbre de décision pour déterminer la stratégie de contrôle de thermopompe à air de l'exemple B1.....	28

Figure 16 : Arbre de décision pour déterminer les exigences de chauffage d'appoint de l'exemple B1.....	29
Figure 17 : Plans d'étage de l'habitation à deux étages et zones visées encerclées .....	30
Figure 18 : Type et emplacement des unités intérieures dans les deux zones visées .....	31
Figure 19 : Courbes de rendement et températures du point d'équilibre thermique de 3 thermopompes à air sans conduit pour l'option de dimensionnement 4B.....	34
Figure 20 : Arbre de décision pour déterminer la stratégie de contrôle de thermopompe à air de l'exemple B2.....	36
Figure 21 : Arbre de décision pour déterminer les exigences de chauffage d'appoint de l'exemple B2.....	37
Figure 22 : Courbes de rendement et températures du point d'équilibre thermique de 3 thermopompes à air pour l'option de dimensionnement 4C.....	41
Figure 23 : Arbre de décision pour déterminer la stratégie de contrôle de thermopompe à air de l'exemple C1 .....	43
Figure 24 : Arbre de décision pour déterminer les exigences de chauffage d'appoint de l'exemple C1 .....	44
Figure 25 : Plans d'étage de l'habitation à deux étages et zones visées encerclées .....	46
Figure 26 : Type et emplacement des unités intérieures dans les deux zones visées .....	47
Figure 27 : Courbes de rendement et températures du point d'équilibre thermique de 3 thermopompes à air sans conduit pour l'option de dimensionnement 4C.....	50
Figure 28 : Arbre de décision pour déterminer la stratégie de contrôle de thermopompe à air de l'exemple C2 .....	52
Figure 29 : Arbre de décision pour déterminer les exigences de chauffage d'appoint de l'exemple C2 .....	54
Figure 30 : Rendement de thermopompe à air à capacité variable avec l'option de dimensionnement 4D (dimensionné selon la charge de chauffage de conception).....	57
Figure 31 : Arbre de décision pour déterminer la stratégie de contrôle de thermopompe à air de l'exemple D1 .....	59
Figure 32 : Arbre de décision pour déterminer les exigences de chauffage d'appoint de l'exemple D1 .....	60
Figure 33 : Plans d'étage de l'habitation et type et emplacement des unités intérieures.....	61
Figure 34 : Rendement de thermopompe à air pour plusieurs zones à l'aide de l'option de dimensionnement 4D pour la charge de l'ensemble de l'habitation .....	64
Figure 35 : Arbre de décision pour déterminer la stratégie de contrôle de thermopompe à air de l'exemple D2 .....	68
Figure 36 : Arbre de décision pour déterminer les exigences de chauffage d'appoint de l'exemple D2 .....	69
Figure 37 : Courbes de fraction de chauffage annuel total pour cinq zones climatiques du Canada .....	70

Figure 38 : Zones climatiques pour les applications de thermopompe.....71

# 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 Cp 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).

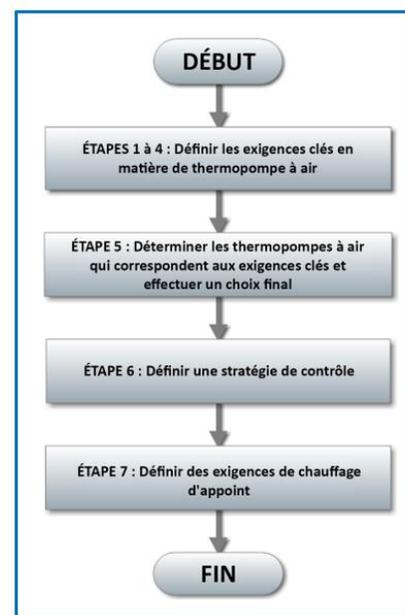


Figure 1: Aperçu du processus de dimensionnement et de sélection des thermopompes à air

## 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-bloc.

- 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.

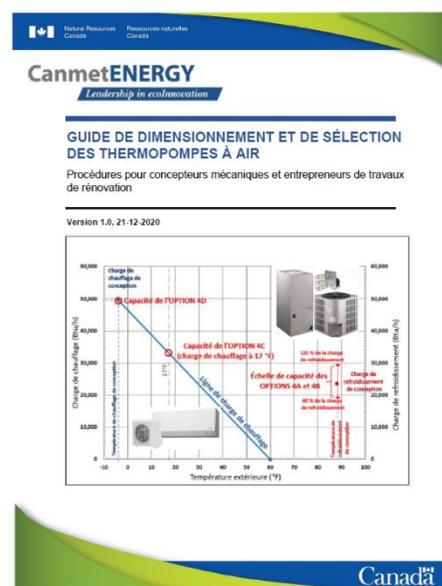


Figure 2: Guide de dimensionnement et de sélection des thermopompes à air

## 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 OU DU CLIENT : \_\_\_\_\_ Date de Fin : \_\_\_\_\_

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

Étape	Option 1	Option 2	Option 3	Option 4	REMARQUES
1. Définir le périmètre de l'application	1.1. Définir le périmètre de l'application	1.2. Définir le périmètre de l'application	1.3. Définir le périmètre de l'application	1.4. Définir le périmètre de l'application	1.5. Définir le périmètre de l'application
2. Définir les types de charges de chauffage et de refroidissement	2.1. Définir les types de charges de chauffage et de refroidissement	2.2. Définir les types de charges de chauffage et de refroidissement	2.3. Définir les types de charges de chauffage et de refroidissement	2.4. Définir les types de charges de chauffage et de refroidissement	2.5. Définir les types de charges de chauffage et de refroidissement
3. Définir les conditions de conception	3.1. Définir les conditions de conception	3.2. Définir les conditions de conception	3.3. Définir les conditions de conception	3.4. Définir les conditions de conception	3.5. Définir les conditions de conception
4. Définir les caractéristiques de performance	4.1. Définir les caractéristiques de performance	4.2. Définir les caractéristiques de performance	4.3. Définir les caractéristiques de performance	4.4. Définir les caractéristiques de performance	4.5. Définir les caractéristiques de performance
5. Définir les options de configuration	5.1. Définir les options de configuration	5.2. Définir les options de configuration	5.3. Définir les options de configuration	5.4. Définir les options de configuration	5.5. Définir les options de configuration
6. Définir les options de financement	6.1. Définir les options de financement	6.2. Définir les options de financement	6.3. Définir les options de financement	6.4. Définir les options de financement	6.5. Définir les options de financement

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 (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-bloc 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-bloc, pour plusieurs zones et ajouté

# Exemple A1 : Remplacement de système complet : Conversion d'un générateur d'air chaud avec climatiseur d'air en générateur d'air chaud avec thermopompe à air (système « hybride » ou à « carburant double ») à l'aide de l'option de dimensionnement A (dimensionné pour le refroidissement)

## Contexte

Une habitation existante est munie d'un système de chauffage central à air pulsé qui comprend un générateur d'air chaud au gaz naturel d'efficacité standard et un climatiseur d'air central. Tous deux doivent être remplacés.

Le client souhaite installer un générateur d'air chaud au gaz naturel à haute efficacité avec une thermopompe à air pour fournir principalement le refroidissement et une partie du chauffage en saison intermédiaire lorsque le coût de la chaleur de la thermopompe est inférieur au coût de la chaleur du générateur d'air chaud au gaz naturel.

Les températures de conception propres à l'emplacement de l'habitation sont de -4 °F (-20 °C) pour le chauffage et de 88 °F (31 °C) pour le refroidissement.

## ÉTAPE 1 : Définir la configuration de thermopompe à air

Utilisez **Option 1A : Thermopompe à air à conduit central**

**ÉTAPE 2 :** Passez l'étape 2 si vous utilisez **Option 1A : Thermopompe à air à conduit central**

## ÉTAPE 3 : Estimer les charges de chauffage et de refroidissement de conception

L'habitation a fait l'objet d'un audit énergétique et le rapport est fourni par le propriétaire. Aucune des améliorations recommandées pour l'habitation ou le système de CVC n'ont été effectuées depuis la réalisation de l'audit.

Utilisez **Option 3B : Estimation des charges selon un audit énergétique**

Le rapport d'audit 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 et que la charge de refroidissement de conception serait de 23 519 Btu/h (2,0 tonnes).*

Puisque les améliorations n'ont pas été mises en oeuvre, la charge de chauffage de conception indiquée devra être ajustée pour ne pas tenir compte des améliorations de l'enveloppe du bâtiment. La charge de refroidissement de conception indiquée n'a pas à être ajustée. Le rapport indique aussi :

*Vous pouvez économiser jusqu'à 12 % en effectuant toutes les améliorations recommandées pour le système de chauffage utilisé à des fins autres que le chauffage des locaux.*

Cela signifie que la charge de chauffage de conception indiquée dans le rapport d'audit représente 88 % de la valeur réelle (c.-à-d., 100 % moins 12 %). La perte de chaleur de conception réelle de l'habitation est donc égale à :

**Charge de chauffage de conception = 43 641 Btu/h / 0,88 = 49 592 Btu/h**

Selon le rapport d'audit, les charges de conception de l'habitation sont estimées à :

**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).**

**Calcul du débit d'air maximum du système de conduit existant :**

Les conduits d'alimentation existants comprennent quatre conduits d'alimentation principaux connectés à la chambre de répartition d'air du générateur d'air chaud :

- Un conduit rectangulaire de 8 pouces de profondeur et de 22 pouces de largeur;
- Deux conduits ronds de 6 pouces de diamètre;
- Un conduit rond de 5 pouces de diamètre.

À l'aide des équations 1a et 2a du guide :

**Débit d'air maximum (PCM) = (8 x 22) x 6,25 + (6<sup>2</sup> + 6<sup>2</sup> + 5<sup>2</sup>) x 4,91 = 1 576 PCM**

Le débit d'air maximum du système de conduit existant est estimé à 1 576 PCM.

## **ÉTAPE 4 : Déterminer l'approche de dimensionnement et les exigences de capacité de thermopompe à air**

L'option la plus appropriée est :

- **Option 4A : Accent sur le refroidissement**  
Critères de dimensionnement : 80 % à 125 % de la charge de refroidissement de conception (charge de refroidissement de conception de 23 500 Btu/h à 88 °F (31 °C))
- **L'échelle de capacité de refroidissement visée** est de 18 800 Btu/h à 29 400 Btu/h [équation 3]

## **ÉTAPE 5 : Déterminer et sélectionner une thermopompe à air correspondant aux exigences clés**

L'entrepreneur a sélectionné quelques systèmes de thermopompe à air pouvant être utilisés et a déterminé, pour l'application, trois thermopompes à conduit central dont les capacités de refroidissement s'inscrivent dans l'**échelle de capacité de refroidissement visée**. Le Tableau 1 comprend les données du fabricant et les capacités de refroidissement à une température extérieure de 95 °F (35 °C).

Notez que les capacités de refroidissement à une température extérieure de 95 °F (35 °C) peuvent être utilisées à des fins de sélection initiale, puisque ces données sont habituellement comprises dans les listes sommaires des fabricants. Si des données de rendement étendu sont disponibles, utilisez les valeurs de capacité à une température extérieure proche de la température de conception du site.

Tableau 1 : Données de rendement du fabricant pour les thermopompes à conduit central utilisant l'option de dimensionnement A

Modèle	Nombre d'étages	Capacité nominale (tonnes)	Capacité de refroidissement élevée/basse à 95 °F (Btu/h)	Capacité de chauffage élevée/basse à 47 °F (Btu/h)	Capacité de chauffage élevée/basse à 17 °F (Btu/h)	Débit d'air de refroidissement élevé/bas (PCM)
ASHP1-CD-24-1	1 étage	2,0	22 400	23 200	12 600	800
ASHP2-CD-24-2	2 étages	2,0	Élevée : 22 200 Basse : 16 700	Élevée : 24 000 Basse : 16 600	Élevée : 15 000 Basse : 10 500	Élevé : 875 Bas : 637
ASHP3-CD-24-V	Capacité variable	2,0	Élevée : 22 300 Basse : 14 700	Élevée : 23 600 Basse : 13 700	Élevée : 15 200 Basse : 8 800	Élevé : 720 Bas : 540

**Remarque** : Conditions intérieures : Température du thermomètre sec de 75 °F (24 °C) et température du thermomètre mouillé de 63 °F (17 °C)

À l'aide des données de rendement étendu du fabricant, les courbes de rendement de chauffage et de refroidissement des trois systèmes de thermopompe à air envisagés sont tracées dans la Figure 6 par rapport à la température extérieure et les caractéristiques de charge de l'habitation.

- Les caractéristiques de refroidissement maximum des trois thermopompes à air sont très similaires.
- Les exigences de débit d'air des trois thermopompes à air sont bien inférieures au débit d'air maximum du système de conduit existant (c.-à-d., 1 576 PCM).
- Les caractéristiques de chauffage des unités à 2 étages et à capacité variable sont presque identiques, et l'unité monoétagée a une production légèrement inférieure à des températures extérieures inférieures à 47 °F (8,3 °C)
- Les températures du point d'équilibre thermique (t-TPE) des trois thermopompes à air de 2 tonnes sont :
  - Thermopompe à air 1 : 37 °F (3 °C);
  - Thermopompe à air 2 : 35 °F (2 °C);
  - Thermopompe à air 3 : 34 °F (1 °C).

## Estimation des rapports d'échelle

L'analyse suivante fournit des estimations des rapports d'échelle des thermopompes à air envisagées.

Selon les capacités de refroidissement de l'étage supérieur et de l'étage inférieur indiquées dans les tableaux de rendement du fabricant, les rapports d'échelle des thermopompes à air envisagées sont :

- Thermopompe à air 1 : S.O. (monoétagée)
- Thermopompe à air 2 : 22 200/16 700 = 1,33:1
- Thermopompe à air 3 : 22 300/14 700 = 1,52:1

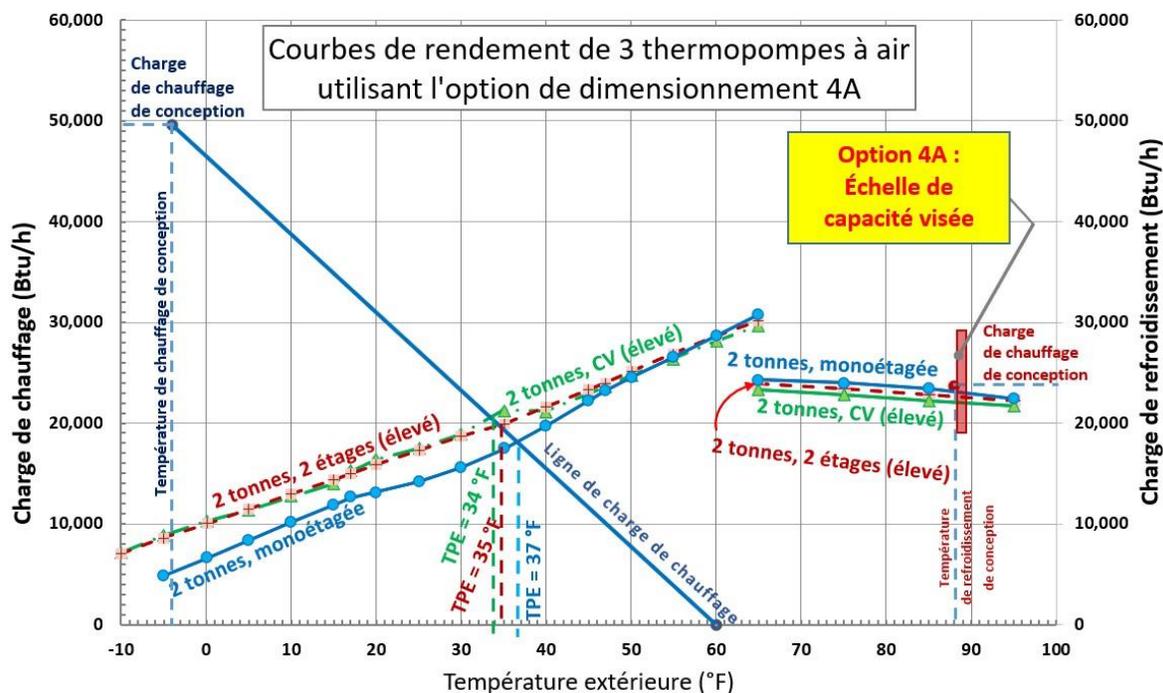


Figure 6 : Courbes de rendement et températures du point d'équilibre thermique de 3 thermopompes à air pour l'option de dimensionnement 4A

## Estimation des fractions de chauffage annuel fournies par les thermopompes à air envisagées

L'analyse suivante fournit des estimations du rendement de chauffage annuel relatif de chaque thermopompe à air envisagée.

- À l'aide de la carte de zone climatique (voir l'Annexe 1 de ce document), il est déterminé que l'habitation est située dans la zone climatique « froid-humide ».

En utilisant la température du point d'équilibre thermique (t-TPE) de chaque système indiqué dans la Figure 6, la fraction de chauffage annuel total pouvant être fournie au-dessus des t-TPE est estimée pour la zone climatique « froid-humide ».

Les résultats sont présentés ci-dessous :

Thermopompe à air 1 : 2,0 tonnes, un étage; t-TPE = 37 °F (3 °C); Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE = 22 %

Thermopompe à air 2 : 2,0 tonnes, deux étages; t-TPE = 35 °F (2 °C); Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE = 27 %

Thermopompe à air 3 : 2,0 tonnes, capacité variable; t-TPE = 34 °F (1 °C); Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE = 30 %

La fraction de chauffage total devant être fournie au-dessus des températures du point d'équilibre thermique s'étend de 22 à 30 %.

Le client a choisi la **thermopompe à air 1**, la thermopompe de **2 tonnes monoétagée**, en raison de son coût initial moins élevé.

### Résumé du rendement de la thermopompe à air choisie, ASHP1-CD-24-1

#### Refroidissement :

- La production de froid à la température de conception est d'environ 23 100 Btu/h, ou 98 % de la charge de conception.

#### Chauffage :

- La température du point d'équilibre thermique est d'environ 37 °F (3 °C)
- La limite de basse température est de -5 °F (-21 °C), ce qui est inférieur à la température de conception.
- La fraction de chauffage annuel total fournie par la thermopompe à air au-dessus de la température du point d'équilibre thermique est estimée à 22 %.

## ÉTAPE 6 : Définir la stratégie de contrôle de thermopompe à air

En suivant l'arbre de décision de la Figure 7 :

1. La thermopompe choisie peut fonctionner à -5 °F (-21 °C), ce qui est inférieur à la température de conception de -4 °F (-20 °C).
2. Le client a demandé que le contrôle du système passe du chauffage par thermopompe à air au chauffage d'appoint à 100 % lorsque le coût de la chaleur de la thermopompe à air dépasse le coût de la chaleur du nouveau générateur d'air chaud au gaz naturel à haute efficacité.

La **stratégie de contrôle 6B2 est choisie** avec une limite économique ou température du point d'équilibre économique (e-TPE) à laquelle passer au chauffage d'appoint complet fondée sur une température extérieure. Consultez l'**Annexe A de l'outil de sélection et de dimensionnement des thermopompes à air** pour obtenir une description complète de la manière de déterminer la e-TPE.

Voici un résumé des données de cet exemple :

- Le coût variable de l'électricité fournie au site est de 0,10 \$/kWh;
- Le coût variable du gaz naturel fourni au site est de 0,333 \$/m<sup>3</sup>;

- L'efficacité (c.-à-d., AFUE) du nouveau générateur d'air chaud au gaz naturel est de 95 %;
- Le facteur de conversion du gaz naturel est de 10,36 kWh/m<sup>3</sup>.

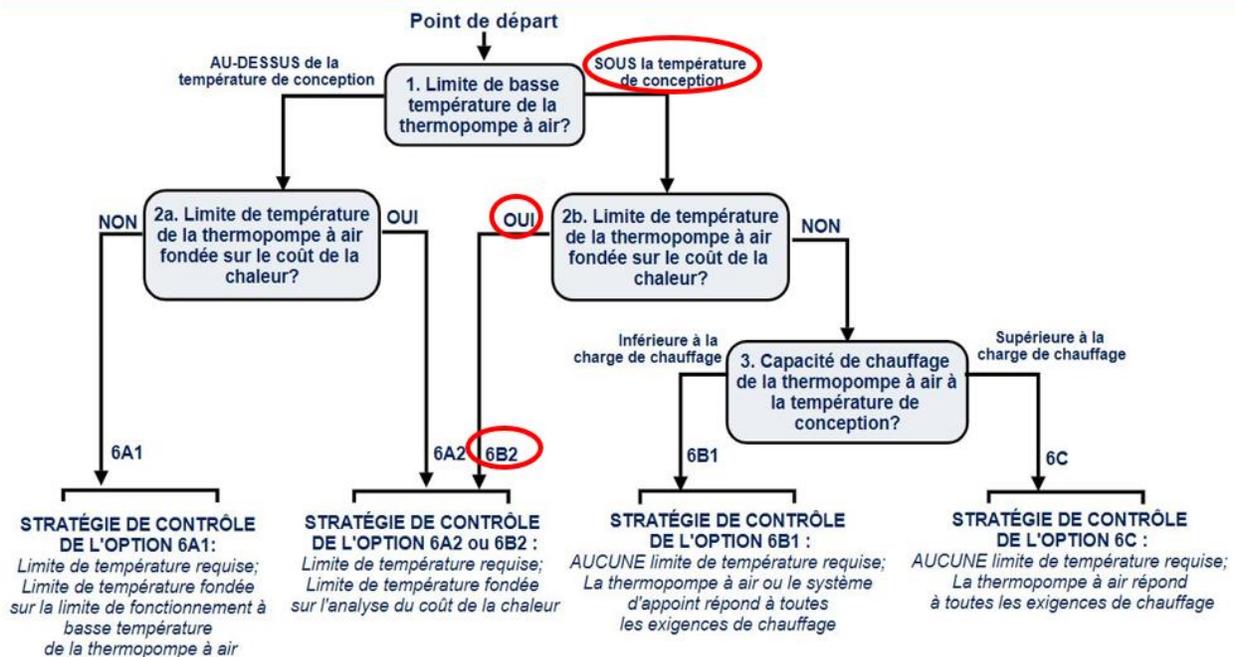


Figure 7 : Arbre de décision pour déterminer la stratégie de contrôle de thermopompe à air de l'exemple A1

À l'aide de l'équation 6 de l'**outil de sélection et de dimensionnement des thermopompes à air**, une valeur  $C_{p\min}$  est déterminée pour la thermopompe à air :

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

[Équation 6]

$C_{p\min}$  est égal à 0,10 \$/kWh fois 0,95 divisé par 0,333 \$/m<sup>3</sup> fois 10,36 kWh/m<sup>3</sup>

**$C_{p\min}$  est égal à 3,0**

À l'aide des tableaux de rendement étendu du fabricant pour la thermopompe à air de 2 tonnes sélectionnée à l'étape 5, il est déterminé que la thermopompe à air aura un  $C_p$  de 3,0 ou plus à des températures extérieures d'au moins 35 °F (2 °C). Consultez l'Annexe A de l'**outil de sélection et de dimensionnement des thermopompes à air** pour obtenir des détails.

La **température du point d'équilibre économique (e-TPE)** serait réglée dans les contrôles de la thermopompe à air pour désactiver son fonctionnement à des températures extérieures inférieures à 35 °F (2 °C). Sous cette température, l'ensemble du chauffage sera fourni par le générateur d'air chaud au gaz naturel.

- Avec un système à conduit central « hybride » ou à « carburant double », la thermopompe à air et le générateur d'air chaud à carburant ne peuvent pas fonctionner simultanément. Ils fonctionnent plutôt en séquence, un à la fois.

- Un seul thermostat intérieur à plusieurs étages gère la séquence du fonctionnement de la thermopompe à air et du générateur d'air chaud au gaz naturel.
  - À des températures extérieures supérieures à la e-TPE, 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, elle sera désactivée et le générateur d'air chaud au gaz naturel sera activé pour fournir un chauffage d'appoint.
  - À des températures extérieures inférieures à la e-TPE, le fonctionnement de la thermopompe à air est désactivé et le thermostat active le générateur d'air chaud au gaz naturel pour répondre à la demande de chauffage.

## ÉTAPE 7 : Définir les exigences de chauffage d'appoint

Puisque l'ancien système de CVC est retiré, un nouveau système de chauffage d'appoint est requis.

Le chauffage d'appoint sera fourni par un générateur d'air chaud au gaz naturel à haute efficacité contrôlé par un thermostat à plusieurs étages qui désactivera la thermopompe lorsque le générateur d'air chaud fonctionne.

En suivant l'arbre de décision de la Figure 8 :

1. **Type d'installation** : Remplacement de système de chauffage complet;
2. **Fonctionnement de la thermopompe à air restreint à basse température** : Oui, le fonctionnement de la thermopompe à air est restreint par la stratégie de contrôle choisie (c.-à-d., option 6B2).

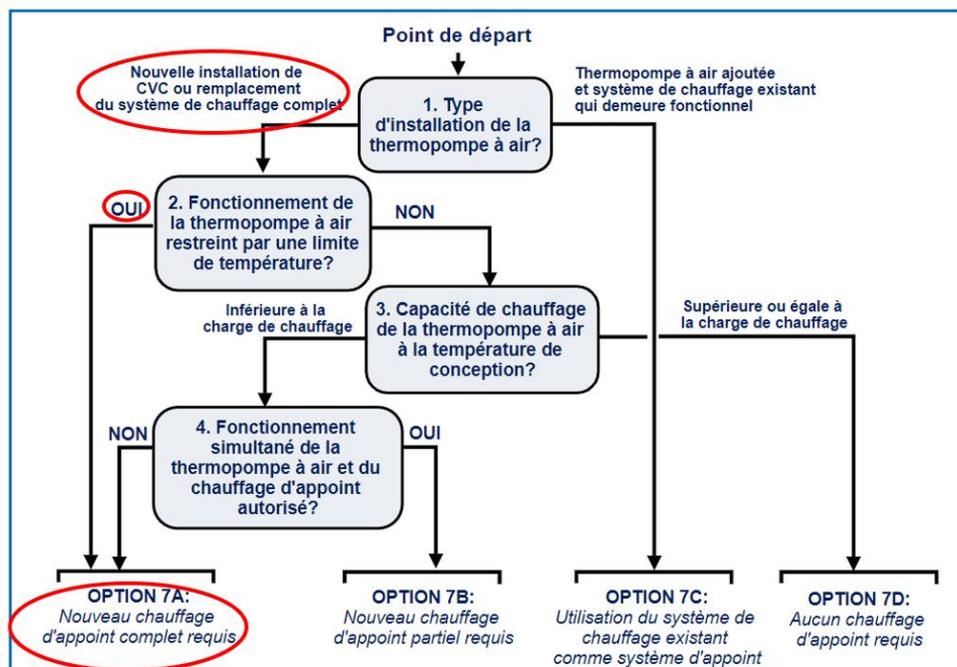


Figure 8 : Arbre de décision pour déterminer les exigences de chauffage d'appoint de l'exemple A1

**L'option de chauffage d'appoint 7A est requise.**

- La capacité de production du générateur d'air chaud doit être égale ou supérieure à 100 % de la charge de chauffage de conception de 49 600 Btu/h et être en mesure de fournir un débit d'air de 800 PCM requis par la thermopompe à air à la pression statique de fonctionnement du système de conduit existant.

Le générateur d'air chaud au gaz naturel choisi est un générateur d'air chaud de 60 000 Btu/h d'entrée et d'une AFUE de 95 %. Sa capacité de production est de 57 000 Btu/h, ou 115 % de la charge de chauffage de conception de l'habitation. Le générateur d'air chaud a un débit d'air maximum de 1 200 PCM, ce qui lui permettra de fournir le débit d'air requis par la thermopompe à air choisie.

## Exemple A2 : Ajout de thermopompe à air : Ajout de thermopompe à air sans conduit pour une seule zone à un système de chauffage de plinthe électrique et de poêle à bois à l'aide de l'option de dimensionnement A (dimensionné pour le refroidissement)

### Contexte

Une habitation à deux étages existante est munie d'un système de chauffage de plinthe électrique et ne comprend pas de climatisation. Un chauffage des locaux est aussi fourni par un poêle à bois utilisé pendant les périodes les plus froides de la saison de chauffage.

Le client souhaite installer une ou plusieurs thermopompes à air sans conduit pour fournir principalement le refroidissement et permettre le chauffage pendant les saisons intermédiaires, lorsque le poêle à bois n'est pas utilisé. Le système de chauffage de plinthe demeurera fonctionnel et fournira un chauffage d'appoint à la thermopompe à air.

Les températures de conception propres à l'emplacement de l'habitation sont de -4 °F (-20 °C) pour le chauffage et de 88 °F (31 °C) pour le refroidissement.

### ÉTAPE 1 : Définir la configuration de thermopompe à air

Les plans d'étage de l'habitation sont illustrés ci-dessous. Les zones d'occupation principales de l'habitation sont la cuisine et la salle familiale au rez-de-chaussée et le bureau, la chambre principale et la salle de bain à l'étage. Ces deux zones sont les zones visées par l'installation de la thermopompe à air.



Figure 9: Plans d'étage de l'habitation à deux étages et zones visées encerclées

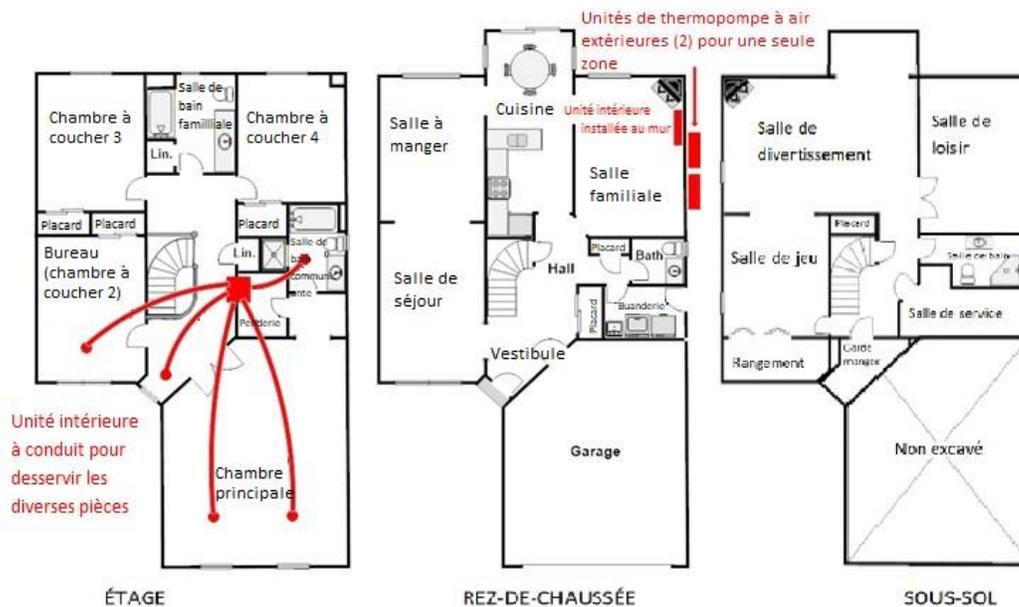
Utilisez **Option 1B : Ajout de thermopompe à air mini-bibloc sans conduit, une seule zone**

- **Deux unités requises** : une pour la zone visée au rez-de-chaussée et une autre pour la zone visée à l'étage.

## ÉTAPE 2 : Choisir un ou des types d'unité intérieure à utiliser avec une thermopompe à air mini-bibloc sans conduit

Les types d'unité intérieure sélectionnés pour desservir les deux zones visées sont :

- La zone à l'étage utilisera une unité à conduit compact (Option 2D) installée dans l'espace de grenier près de la trappe d'accès au grenier et connectée aux diverses pièces à l'aide de conduits, comme le montre la Figure 10.
- La zone au rez-de-chaussée utilisera une unité installée au mur (Option 2A) sur le mur extérieur de la salle familiale pour desservir principalement la salle familiale et la cuisine. Une partie de la chaleur circulera jusqu'à la salle à manger et la salle de séjour par les passages ouverts qui relient les pièces.



## ÉTAPE 3 : Estimer les charges de chauffage et de refroidissement de conception

L'habitation a fait l'objet d'un audit énergétique et le rapport est fourni par le propriétaire. Aucune des améliorations recommandées pour l'habitation ou le système de CVC n'ont été effectuées depuis la réalisation de l'audit.

### Utilisez **Option 3B : Estimation des charges selon un audit énergétique**

Le rapport d'audit 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 et que la charge de refroidissement de conception serait de 23 519 Btu/h (2,0 tonnes).*

Puisque les améliorations n'ont pas été mises en œuvre, la charge de chauffage de conception indiquée devra être ajustée pour ne pas tenir compte des améliorations de l'enveloppe du bâtiment. La charge de refroidissement de conception indiquée n'a pas à être ajustée. Le rapport indique aussi :

*Vous pouvez économiser jusqu'à 12 % en effectuant toutes les améliorations recommandées pour le système de chauffage utilisé à des fins autres que le chauffage des locaux.*

Cela signifie que la charge de chauffage de conception indiquée dans le rapport d'audit représente 88 % de la valeur réelle (c.-à-d., 100 % moins 12 %). La perte de chaleur de conception réelle de l'habitation est donc égale à :

$$\text{Charge de chauffage de conception} = 43\,641 \text{ Btu/h} / 0,88 = 49\,592 \text{ Btu/h}$$

Selon le rapport d'audit, les charges de conception de l'ensemble de l'habitation sont estimées à :

**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).**

### Estimations des charges de la zone visée

Les valeurs de perte et de gain de chaleur de chaque pièce n'étaient pas disponibles. De plus, puisque le système de chauffage existant dimensionné pour répondre à la charge de chauffage de conception demeure en place, les estimations des charges de la zone visée fondées sur la surface de plancher sont acceptables. Les charges de la zone visée sont estimées à l'aide du rapport entre la surface de plancher de la zone visée et la surface de plancher de l'ensemble de l'habitation, comme suit :

- La zone visée à l'étage, comprenant la chambre principale, la salle de bain, le hall et le bureau, a une surface de plancher d'environ 1 130 pieds carrés.
- La zone visée au rez-de-chaussée, comprenant la salle familiale, la cuisine, la salle de séjour et la salle à manger, a une surface de plancher d'environ 1 130 pieds carrés.
- La surface de plancher totale de l'habitation, y compris le sous-sol, est d'environ 3 300 pieds carrés.

Puisque les deux zones visées sont de la même taille, elles auront des valeurs de charge similaires. Les charges de la zone visée sont estimées à :

**Chauffage :  $49\,600 \times 1\,130/3\,300 = 17\,000$  Btu/h à une température de conception de -4 °F (-20 °C);**

**Refroidissement :  $23\,500 \times 1\,130/3\,300 = 8\,000$  Btu/h à une température de conception de 88 °F (31 °C).**

## ÉTAPE 4 : Déterminer l'approche de dimensionnement et les exigences de capacité de thermopompe à air

L'option la plus appropriée est :

- **Option 4A : Accent sur le refroidissement**  
Critères de dimensionnement : 80 % à 125 % de la charge de refroidissement de conception (charge de refroidissement de conception de 8 000 Btu/h à 88 °F (31 °C))
- **L'échelle de capacité de refroidissement visée** est de 6 400 Btu/h à 10 000 Btu/h [équation 3]  
pour chacune des deux zones visées de l'habitation.

## ÉTAPE 5 : Déterminer et sélectionner une thermopompe à air correspondant aux exigences clés

L'entrepreneur a sélectionné quelques systèmes de thermopompe à air pouvant être utilisés et a déterminé, pour l'application, trois thermopompes mini-biblocs sans conduit dont les capacités de refroidissement s'inscrivent dans l'**échelle de capacité de refroidissement visée**. Le Tableau 2 comprend les données du fabricant de ces thermopompes, indiquant les capacités de refroidissement nominales à une température extérieure de 95 °F (35 °C) et les capacités de chauffage nominales à des températures de 47 °F (8,3 °C) et 17 °F (-8,3 °C).

Notez que les capacités de refroidissement à une température extérieure de 95 °F (35 °C) peuvent être utilisées à des fins de sélection initiale, puisque ces données sont habituellement comprises dans les listes sommaires des fabricants. Si des données de rendement étendu sont disponibles, utilisez les valeurs de capacité à une température extérieure proche de la température de conception du site.

Tableau 2 : Données de rendement du fabricant pour les thermopompes sans conduit utilisant l'option de dimensionnement A

Modèle	Nombre d'étages	Efficacité de refroidissement nominale (TRES)	Capacité de refroidissement nominale à 95 °F (Btu/h)	Capacité de refroidissement max/min à 95 °F (Btu/h)	Efficacité de chauffage nominale (CPSC)	Rapport d'échelle à 95 °F	Capacité de chauffage nominale à 47 °F (Btu/h)	Capacité de chauffage nominale à 17 °F (Btu/h)
<b>ASHP1-MS-09-V</b>	Capacité variable	15,00	9 000	Max : 10 200 Min : 4 100	10,0	2,48	10 200	9 000
<b>ASHP2-NS-09-V</b>	Capacité variable	19,40	9 000	Max : 12 100 Min : 3 800	12,0	3,18	15 000	10 800
<b>ASHP3-LS-09-V</b>	Capacité variable	28,20	9 000	Max : 12 200 Min : 3 600	11,8	3,39	15 900	10 200

À l'aide des données de rendement publiées par l'Air-conditioning, Heating and Refrigeration Institute (AHRI), les rendements de chauffage et de refroidissement des trois systèmes de thermopompe à air envisagés sont tracés dans la Figure 11, en plus des estimations des caractéristiques de charge pour les deux zones visées de l'habitation.

- Les caractéristiques de refroidissement nominales sont de 9 000 Btu/h pour les trois thermopompes à air.
- Les caractéristiques de refroidissement maximum sont de 10 200 Btu/h pour la thermopompe à air 1, de 12 100 Btu/h pour la thermopompe à air 2 et de 12 200 Btu/h pour la thermopompe à air 3.
- Les caractéristiques de chauffage des modèles de thermopompe à air 2 et 3 sont assez similaires, alors que la thermopompe à air 1 a une production de chaleur bien inférieure à celle des deux autres modèles à 47 °F (8,3 °C).
- Les températures du point d'équilibre thermique (t-TPE) des trois thermopompes à air fonctionnant dans les zones visées de l'étage et du rez-de-chaussée sont :
  - Thermopompe à air 1 : 28 °F (-2 °C);
  - Thermopompe à air 2 : 28 °F (-2 °C);
  - Thermopompe à air 3 : 27 °F (-3 °C).

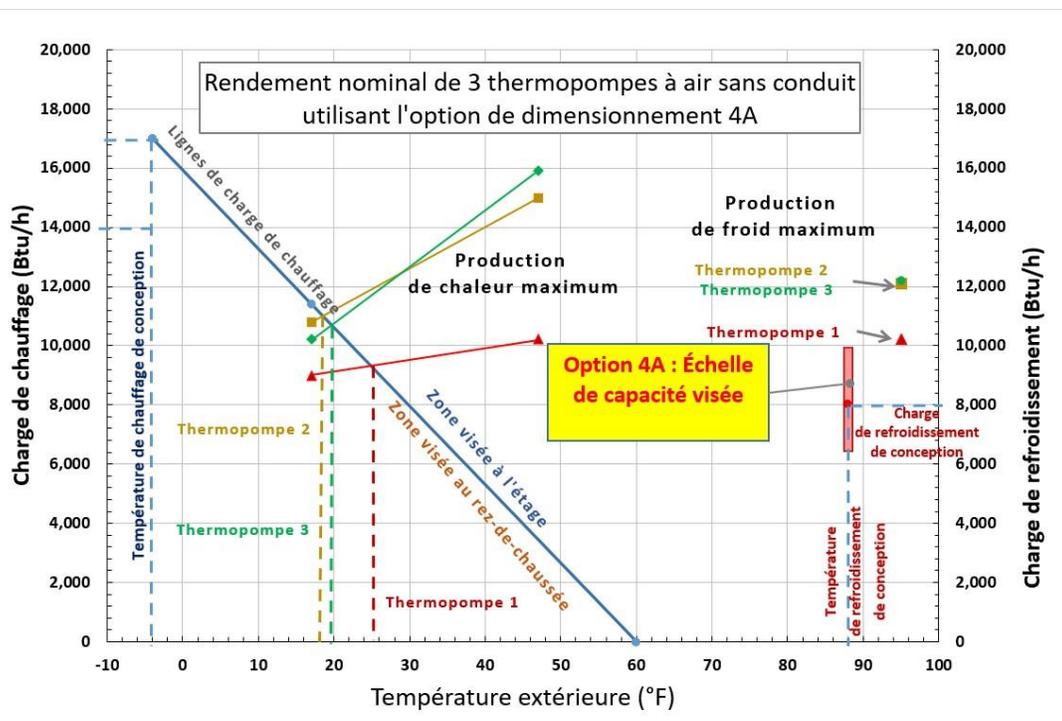


Figure 11: Courbes de rendement et températures du point d'équilibre thermique de 3 thermopompes à air sans conduit pour l'option de dimensionnement 4A

## Estimation des rapports d'échelle

L'analyse suivante fournit des estimations des rapports d'échelle des thermopompes à air envisagées.

Selon les capacités de refroidissement de l'étage supérieur et de l'étage inférieur indiquées dans les tableaux de rendement du fabricant, les rapports d'échelle des thermopompes à air envisagées sont :

- Thermopompe à air 1 :  $10\ 200/4\ 100 = 2,48:1$
- Thermopompe à air 2 :  $12\ 100/3\ 800 = 3,18:1$
- Thermopompe à air 3 :  $12\ 200/3\ 600 = 3,39:1$

## Estimation des fractions de chauffage fournies par la thermopompe à air

L'analyse suivante fournit des estimations du rendement de chauffage relatif de chaque thermopompe à air envisagée.

- À l'aide de la carte de zone climatique (voir l'Annexe 1 de ce document), il est déterminé que l'habitation est située dans la zone climatique « froid-humide ».

En utilisant la température du point d'équilibre thermique (t-TPE) de chaque système indiqué dans la Figure 19, la fraction de chauffage annuel total pouvant être fournie au-dessus des t-TPE est estimée pour la zone climatique « froid-humide » à l'aide du graphique inclus dans l'Annexe 1 de ce document.

Les résultats sont présentés ci-dessous :

Thermopompe à air 1 : t-TPE = 25 °F (-4 °C); Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE = 62 % de la zone visée

Thermopompe à air 2 : t-TPE = 18 °F (-8 °C); Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE = 68 % de la zone visée

Thermopompe à air 3 : t-TPE = 20 °F (-7 °C); Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE = 66 % de la zone visée

Le client a choisi la thermopompe à air 1 en raison de son coût initial moins élevé et de son dimensionnement plus approprié pour l'échelle de capacité de refroidissement visée.

### **Résumé du rendement de la thermopompe à air choisie, ASHP1-MS-09-V**

#### **Refroidissement :**

- La production de froid maximum à 95 °F (35 °C) est de 10 200 Btu/h, ou 128 % de la charge de conception des deux zones visées de l'habitation. La production de froid minimum à 95 °F (35 °C) est de 4 100 Btu/h.
- L'échelle de capacité de refroidissement visée de 6 400 à 10 000 Btu/h s'inscrit dans l'échelle de fonctionnement de la thermopompe à air.

#### **Chauffage :**

- La température du point d'équilibre thermique est d'environ 25 °F (-4 °C) pour chacune des zones visées.
- La limite de basse température est de -15 °F (-26 °C).
- La fraction de chauffage fournie par la thermopompe à air à la zone visée au-dessus de la température du point d'équilibre thermique est estimée à 62 % du chauffage requis dans chacune des zones visées de l'habitation.

## ÉTAPE 6 : Définir la stratégie de contrôle de thermopompe à air

En suivant l'arbre de décision de la Figure 12 :

1. Les données du fabricant indiquent que la thermopompe à air mini-bibloc choisie peut fonctionner à des températures extérieures inférieures à la température de conception de -4 °F (-20 °C). Il n'y a donc pas d'exigence de restriction du fonctionnement de la thermopompe à air en fonction de la température extérieure basse.
2. Les thermopompes à air sont des ajouts à un système de chauffage de plinthe électrique, fonctionnant chacun à l'électricité. Il n'y a donc pas d'exigence de passage économique au chauffage d'appoint.
3. La capacité de chauffage de la thermopompe à air est inférieure à la charge de chauffage de conception à la température de conception.

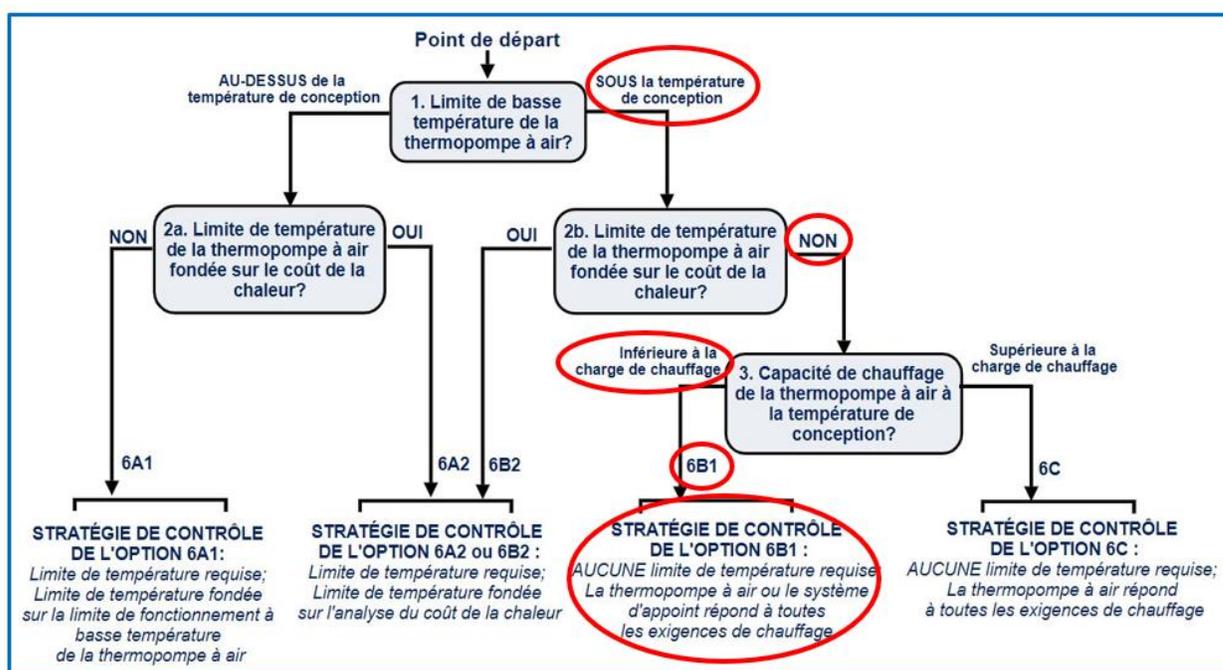


Figure 12: Arbre de décision pour déterminer la stratégie de contrôle de thermopompe à air de l'exemple A2

L'option de contrôle 6B1 est choisie avec les thermopompes à air ajoutées et le système de chauffage de plinthe d'origine fonctionnant dans l'ensemble de l'échelle de température.

- Les contrôles intégrant la thermopompe à air et le système de chauffage de plinthe électrique existant n'étaient pas disponibles pour ce modèle de thermopompe à air. Des thermostats intérieurs distincts contrôleront donc la thermopompe à air et le système de chauffage de plinthe séparément.
- La température de consigne des thermostats du système de chauffage de plinthe doit être réglée sous la valeur inférieure de la zone morte de la thermopompe à air pour les valeurs de température de consigne souhaitées afin de garantir le fonctionnement de la thermopompe à air indépendamment des plinthes électriques.

## ÉTAPE 7 : Définir les exigences de chauffage d'appoint

Les deux thermopompes à air sans conduit sont ajoutées au système de chauffage de plinthe électrique d'origine, qui demeure intact et fonctionnel et qui a la capacité de répondre à la charge de chauffage de conception de l'habitation.

En suivant les critères de l'arbre de décision de la Figure 13 :

- 1. Type d'installation** : Ajout de thermopompe à air au système de chauffage existant, qui demeure fonctionnel.

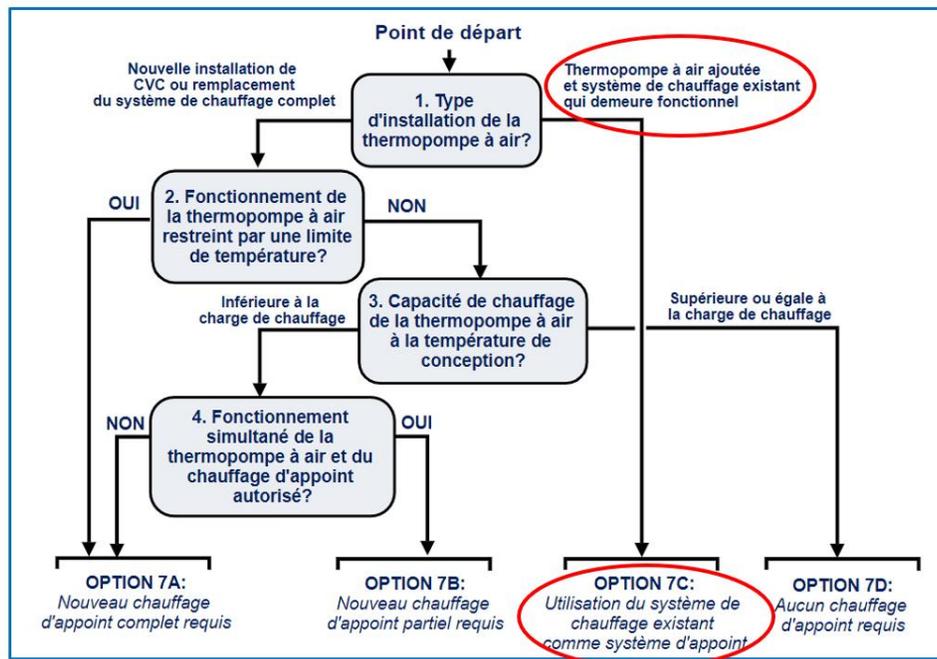


Figure 13: Arbre de décision pour déterminer les exigences de chauffage d'appoint de l'exemple A2

**L'option de chauffage d'appoint 7C est la plus appropriée.**

- Utilisez le système de chauffage de plinthe existant comme chauffage d'appoint;
- Aucun nouveau système d'appoint n'est requis.

# Exemple B1 : Remplacement de système complet : Conversion d'un générateur d'air chaud avec climatiseur d'air en générateur d'air chaud avec thermopompe à air (système « hybride » ou à « carburant double ») à l'aide de l'option de dimensionnement B (équilibre entre chauffage et refroidissement)

## Contexte

Une habitation existante est munie d'un système de chauffage central à air pulsé qui comprend un générateur d'air chaud au propane d'efficacité standard et un climatiseur d'air central. Tous deux doivent être remplacés.

Le client souhaite installer une thermopompe à air pour fournir une partie du chauffage pendant l'hiver et une partie du refroidissement pendant l'été. Pendant les périodes les plus froides, un chauffage supplémentaire sera fourni par un nouveau générateur d'air chaud au propane à haute efficacité.

Les températures de conception propres à l'emplacement de l'habitation sont de -4 °F (-20 °C) pour le chauffage et de 88 °F (31 °C) pour le refroidissement.

## ÉTAPE 1 : Définir la configuration de thermopompe à air

Utilisez **Option 1A : Thermopompe à air à conduit central**

**ÉTAPE 2 :** Passez l'étape 2 si vous utilisez **Option 1A : Thermopompe à air à conduit central**

**ÉTAPE 3 : Estimer les charges de chauffage et de refroidissement de conception (identique à l'exemple A1)**

L'habitation a fait l'objet d'un audit énergétique et le rapport est fourni par le propriétaire. Aucune des améliorations recommandées pour l'habitation ou le système de CVC n'ont été effectuées depuis la réalisation de l'audit.

Utilisez **Option 3B : Estimation des charges selon un audit énergétique**

Le rapport d'audit 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 et que la charge de refroidissement de conception serait de 23 519 Btu/h (2,0 tonnes).

Puisque les améliorations n'ont pas été mises en œuvre, la charge de chauffage de conception indiquée devra être ajustée pour ne pas tenir compte des améliorations de l'enveloppe du bâtiment. La charge de refroidissement de conception indiquée n'a pas à être ajustée. Le rapport indique aussi :

*Vous pouvez économiser jusqu'à 12 % en effectuant toutes les améliorations recommandées pour le système de chauffage utilisé à des fins autres que le chauffage des locaux.*

Cela signifie que la charge de chauffage de conception indiquée dans le rapport d'audit représente 88 % de la valeur réelle (c.-à-d., 100 % moins 12 %). La perte de chaleur de conception réelle de l'habitation est donc égale à :

**Charge de chauffage de conception = 43 641 Btu/h / 0,88 = 49 592 Btu/h**

Selon le rapport d'audit, les charges de conception de l'habitation sont estimées à :

**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).**

Les conduits d'alimentation existants comprennent quatre conduits d'alimentation principaux connectés à la chambre de répartition d'air du générateur d'air chaud :

- Un conduit rectangulaire de 8 pouces de profondeur et de 22 pouces de largeur;
- Deux conduits ronds de 6 pouces de diamètre;
- Un conduit rond de 5 pouces de diamètre.

À l'aide des équations 1a et 2a du guide :

**Débit d'air maximum (PCM) = (8 x 22) x 6,25 + (6<sup>2</sup> + 6<sup>2</sup> + 5<sup>2</sup>) x 4,91 = 1 576 PCM**

Le débit d'air maximum du système de conduit existant est estimé à 1 576 PCM.

## ÉTAPE 4 : Déterminer l'approche de dimensionnement et les exigences de capacité de thermopompe à air

L'option la plus appropriée est :

- **Option 4B : Équilibre entre chauffage et refroidissement**  
Critères de dimensionnement : 80 % à 125 % de la charge de refroidissement de conception (charge de refroidissement de conception de 23 500 Btu/h à 88 °F (31 °C)).
- **L'échelle de capacité de refroidissement visée** est de 18 800 Btu/h à 29 400 Btu/h [équation 3]

## ÉTAPE 5 : Déterminer et sélectionner une thermopompe à air correspondant aux exigences clés

L'entrepreneur a sélectionné quelques systèmes de thermopompes à air pouvant être utilisés et a déterminé, pour l'application, trois thermopompes à conduit central dont les capacités de refroidissement s'inscrivent dans l'échelle de capacité de refroidissement visée. Le

Tableau 3 comprend les données du fabricant de ces thermopompes, indiquant les capacités de refroidissement nominales à une température extérieure de 95 °F (35 °C).

*Notez que les capacités de refroidissement à une température extérieure de 95 °F (35 °C) peuvent être utilisées à des fins de sélection initiale, puisque ces données sont habituellement comprises dans les listes sommaires des fabricants. Si des données de rendement étendu sont disponibles, utilisez les valeurs de capacité à une température extérieure proche de la température de conception du site.*

Tableau 3 : Données de rendement du fabricant pour les thermopompes à conduit central utilisant l'option de dimensionnement B

Modèle	Nombre d'étages	Capacité nominale (tonnes)	Capacité de refroidissement à 95 °F (Btu/h)	Débit d'air (PCM)
ASHP1-CD-30-1	1 étage	2,5	27 000	870
ASHP2-CD-36-2	2 étages	3,0	32 100 (étage supérieur) 23 400 (low-stage)	1 150 (étage supérieur) 800 (étage inférieur)
ASHP3-CD-36-V	Capacité variable	3,0	32 800 (étage supérieur) 23 400 (étage inférieur)	1 160 (étage supérieur) 895 (étage inférieur)

**Remarque :** Conditions intérieures : Température du thermomètre sec de 75 °F (24 °C) et température du thermomètre mouillé de 63 °F (17 °C)

À l'aide des données de rendement étendu, les courbes de rendement de chauffage et de refroidissement des trois systèmes de thermopompe à air envisagés sont tracées dans la Figure 14 par rapport à la température extérieure et les caractéristiques de charge de l'habitation.

- La capacité de refroidissement de l'étage inférieur des thermopompes à air de 3 tonnes à 2 étages et à capacité variable est de 23 400 Btu/h et est égale à la charge de refroidissement de conception de l'habitation dans les conditions de conception.
- La capacité de refroidissement de la thermopompe à air monoétagée de 2,5 tonnes est de 27 000 Btu/h et est supérieure à la charge de conception, mais s'inscrit toujours dans l'échelle de capacité visée de l'application.
- Les exigences de débit d'air des trois thermopompes à air sont inférieures au débit d'air maximum du système de conduit existant (c.-à-d., 1 576 PCM).
- Les caractéristiques de chauffage des unités à 2 étages et à capacité variable sont presque identiques à une température extérieure supérieure à 34 °F (1 °C), mais divergent à des températures plus basses, la thermopompe à capacité variable ayant une capacité de production plus élevée que la thermopompe monoétagée et la thermopompe à 2 étages à des températures inférieures.
- Les températures du point d'équilibre thermique des trois thermopompes à air sont estimées à :
  - Thermopompe à air 1 : 33 °F (0,6 °C);
  - Thermopompe à air 2 : 28 °F (-3 °C);

- Thermopompe à air 3 : 21 °F (-6 °C).

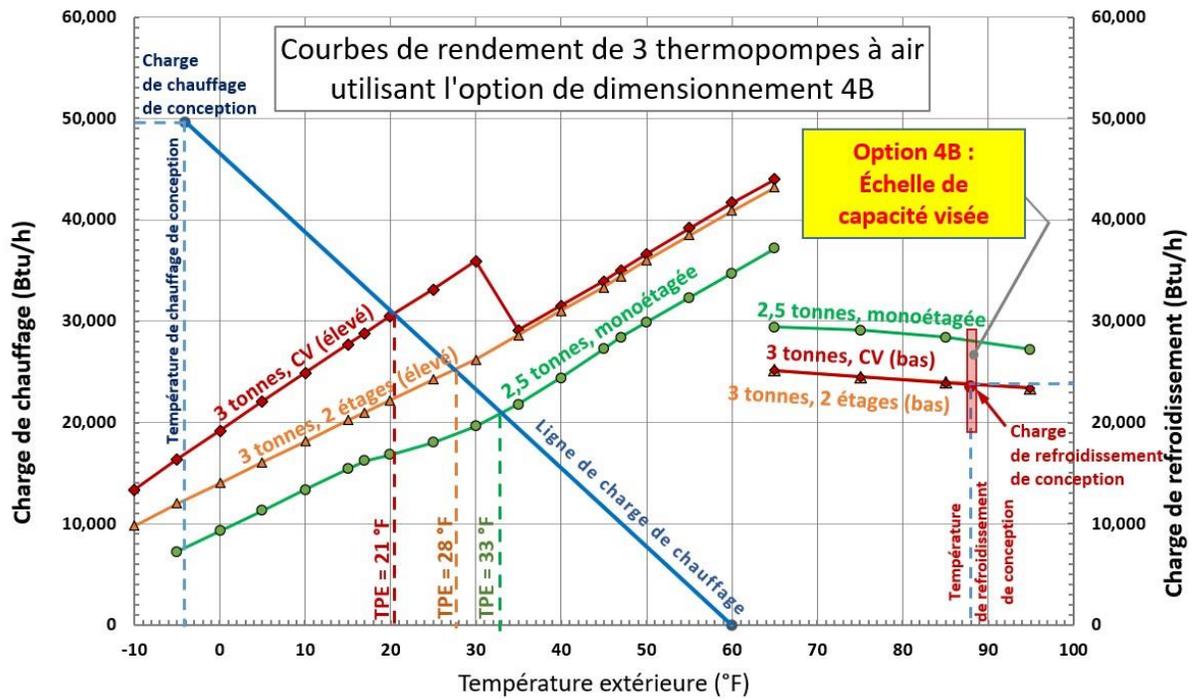


Figure 14: Courbes de rendement et températures du point d'équilibre thermique de 3 thermopompes à air pour l'option de dimensionnement 4B

## Estimation des rapports d'échelle

L'analyse suivante fournit des estimations des rapports d'échelle des thermopompes à air envisagées.

Selon les capacités de refroidissement de l'étage supérieur et de l'étage inférieur indiquées dans les tableaux de rendement du fabricant, les rapports d'échelle des thermopompes à air envisagées sont :

- Thermopompe à air 1 : S.O. (monoétagée)
- Thermopompe à air 2 :  $32\ 100/23\ 400 = 1,37:1$
- Thermopompe à air 3 :  $32\ 800/23\ 400 = 1,4:1$

## Estimation des fractions de chauffage fournies par la thermopompe à air

L'analyse suivante fournit des estimations du rendement de chauffage relatif de chaque thermopompe à air envisagée.

- À l'aide de la carte de zone climatique (voir l'Annexe 1 de ce document), il est déterminé que l'habitation est située dans la zone climatique « froid-humide ».

En utilisant la température du point d'équilibre thermique (t-TPE) de chaque système indiqué dans la Figure 14, la fraction de chauffage annuel total pouvant être fournie au-dessus des t-TPE est estimée pour la zone climatique « froid-humide » à l'aide du graphique inclus dans l'Annexe 1 de ce document.

Les résultats pour la zone climatique « froid-humide » sont présentés ci-dessous :

Thermopompe à air 1 : 2,5 tonnes, monoétagée; t-TPE = 33 °F (0,6 °C); Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE = 33 %

Thermopompe à air 2 : 3,0 tonnes, deux étages; t-TPE = 28 °F (-3 °C); Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE = 48 %

Thermopompe à air 3 : 3,0 tonnes, capacité variable; t-TPE = 21 °F (-6 °C); Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE = 64 %

Dans ce cas, le client a déterminé que la **thermopompe à air 2 de 3 tonnes à 2 étages** convenait le mieux aux objectifs du projet.

## Résumé du rendement de la thermopompe à air choisie, ASHP2-CD-36-2

### Refroidissement :

- La production de froid de l'étage supérieur à la température de conception (c.-à-d., 88 °F) est d'environ 32 700 Btu/h, ou 139 % de la charge de refroidissement de conception.
- La production de froid de l'étage inférieur à la température de conception (c.-à-d., 88 °F) est d'environ 23 800 Btu/h, ou 101 % de la charge de refroidissement de conception.

### Chauffage :

- La température du point d'équilibre thermique est d'environ 28 °F (-3 °C)
- La limite de basse température est de -10 °F (-23 °C) (c.-à-d., inférieure à la température de conception)
- La fraction de chauffage total fournie par la thermopompe à air au-dessus de la température du point d'équilibre thermique est estimée à 48 %.

## ÉTAPE 6 : Définir la stratégie de contrôle de thermopompe à air

En suivant l'arbre de décision de la Figure 15 :

1. La thermopompe choisie peut fonctionner à  $-10\text{ °F}$  ( $-23\text{ °C}$ ), ce qui est bien inférieur de la température de conception  $-4\text{ °F}$  ( $-20\text{ °C}$ ).
2. À l'aide de la thermopompe à air, le client souhaite remplacer le plus de consommation de propane possible afin que l'unité puisse fonctionner sans restriction et dans l'ensemble des conditions extérieures (c.-à-d., aucune limite de basse température ou de limite économique requise).
3. La production de chaleur de la thermopompe est inférieure à la charge de chauffage de conception à la température de conception.

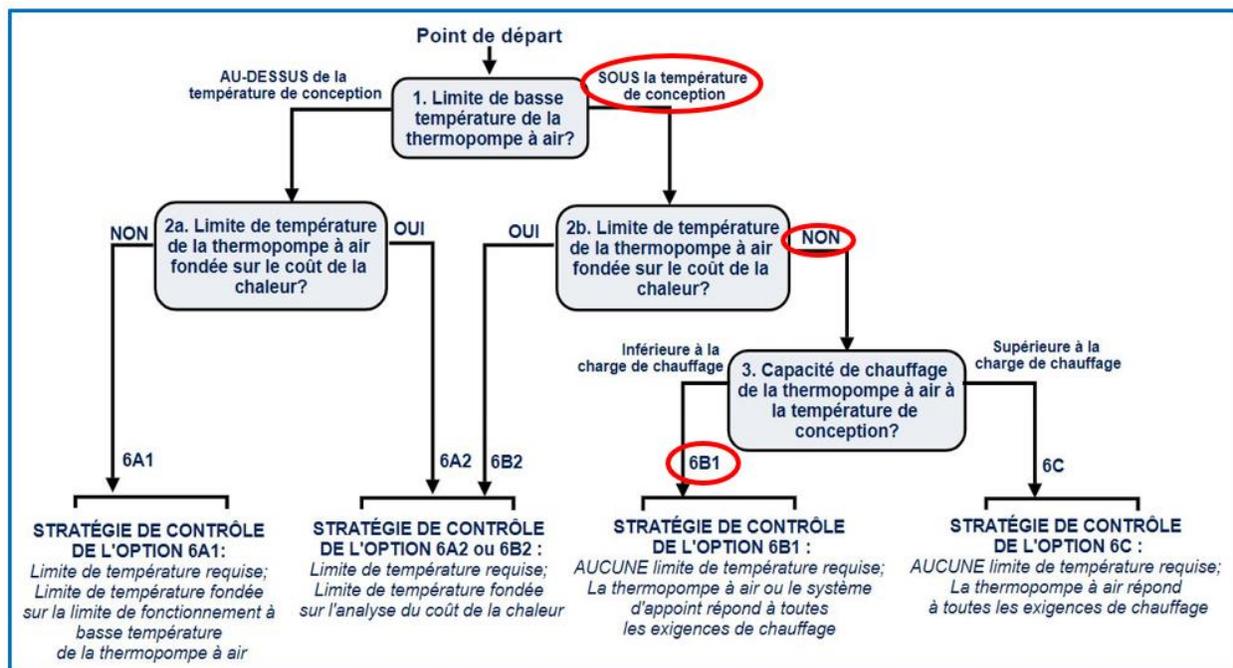


Figure 15: Arbre de décision pour déterminer la stratégie de contrôle de thermopompe à air de l'exemple B1

**L'option de contrôle 6B1 est choisie**, ce qui permet à la thermopompe à air de fonctionner dans l'ensemble de l'échelle de température extérieure. Aucune limite de basse température n'est requise.

- Un seul thermostat intérieur à plusieurs étages gère la séquence du fonctionnement de la thermopompe à air et du générateur d'air chaud au propane utilisé pour le chauffage d'appoint complet.
- Avec un système à conduit central « hybride » ou à « carburant double », la thermopompe à air et le générateur d'air chaud à carburant ne peuvent pas fonctionner simultanément. Ils fonctionnent plutôt en séquence, un à la fois.
  - *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, elle sera désactivée et le générateur d'air chaud au propane sera activé.*

## ÉTAPE 7 : Définir les exigences de chauffage d'appoint

Puisque l'ancien système de CVC est retiré, un nouveau système de chauffage d'appoint est requis.

Le chauffage d'appoint sera fourni par un générateur d'air chaud au propane à haute efficacité contrôlé par un thermostat à plusieurs étages qui désactivera la thermopompe lorsque le générateur d'air chaud fonctionne.

En suivant l'arbre de décision de la Figure 16 :

1. **Type d'installation** : Remplacement de système de chauffage complet;
2. **Fonctionnement de la thermopompe à air restreint à basse température** : Non, le fonctionnement de la thermopompe à air n'est pas restreint par la stratégie de contrôle choisie (c.-à-d., option 6B1) ou par une limite de basse température.
3. **Capacité de chauffage de la thermopompe à air à la température de conception** : Inférieure à la charge de chauffage.
4. **Fonctionnement simultané de la thermopompe à air et du chauffage d'appoint** : Non, non autorisé.

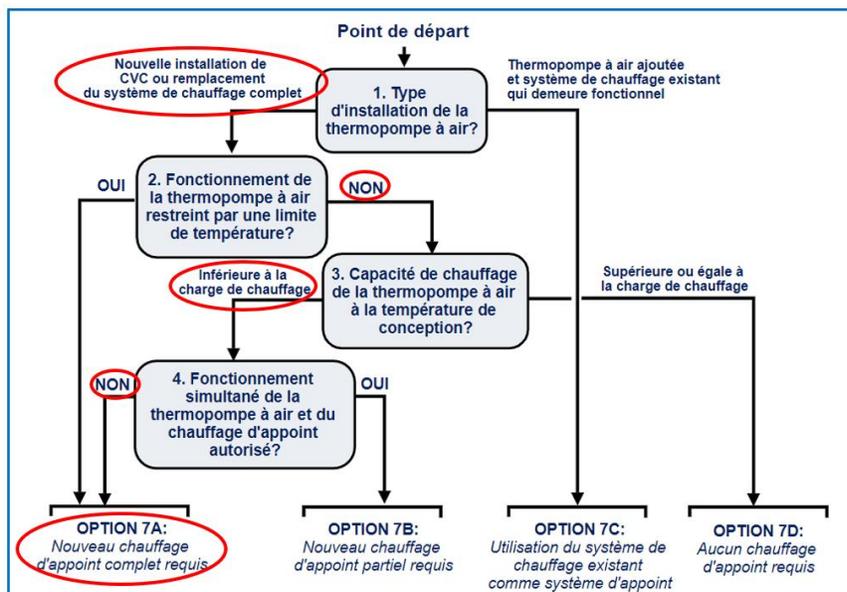


Figure 16: Arbre de décision pour déterminer les exigences de chauffage d'appoint de l'exemple B1

### L'option de chauffage d'appoint 7A est requise.

- La capacité de production du nouveau générateur d'air chaud doit être égale ou supérieure à 100 % de la perte de chaleur de conception de 49 600 Btu/h et être en mesure de fournir un débit d'air de 1 150 PCM requis par la thermopompe à air à la pression statique de fonctionnement du système de conduit existant.

Le générateur d'air chaud au propane choisi est un générateur d'air chaud de 60 000 Btu/h d'entrée et d'une AFUE de 95 %. Sa capacité de production est de 57 000 Btu/h, ou 115 % de la charge de chauffage de conception de l'habitation. Le générateur d'air chaud a un débit d'air maximum de 1 200 PCM, ce qui lui permettra de fournir le débit d'air requis par la thermopompe à air choisie.

## Exemple B2 : Ajout de thermopompe à air : Ajout de thermopompe à air sans conduit pour une seule zone à un système de chauffage de plinthe électrique existant à l'aide de l'option de dimensionnement B (équilibre entre chauffage et refroidissement)

### Contexte

Une habitation à deux étages existante est munie d'un système de chauffage de plinthe électrique et ne comprend pas de climatisation.

Le client souhaite installer une ou plusieurs thermopompes à air sans conduit pour fournir une partie du chauffage pendant l'hiver et une partie du refroidissement pendant l'été. Le système de chauffage de plinthe demeurera fonctionnel et fournira un chauffage d'appoint à la thermopompe à air.

Les températures de conception propres à l'emplacement de l'habitation sont de -4 °F (-20 °C) pour le chauffage et de 88 °F (31 °C) pour le refroidissement.

### ÉTAPE 1 : Définir la configuration de thermopompe à air

Les plans d'étage de l'habitation sont illustrés ci-dessous. Les zones d'occupation principales de l'habitation sont la cuisine et la salle familiale au rez-de-chaussée et le bureau, la chambre principale et la salle de bain à l'étage. Ces deux zones sont les zones visées par l'installation de la thermopompe à air.



Figure 17: Plans d'étage de l'habitation à deux étages et zones visées encerclées

### Utilisez **Option 1B : Ajout de thermopompe à air mini-bloc sans conduit, une seule zone**

- **Deux unités requises** : une pour la zone visée au rez-de-chaussée et une autre pour la zone visée à l'étage.

## ÉTAPE 2 : Choisir un ou des types d'unité intérieure à utiliser avec une thermopompe à air mini-bloc sans conduit

Les types d'unité intérieure sélectionnés pour desservir les deux zones visées sont :

- La zone à l'étage utilisera une unité à conduit (Option 2D) installée dans l'espace de grenier près de la trappe d'accès au grenier et connectée aux diverses pièces à l'aide de conduits, comme le montre la Figure 18.
- La zone au rez-de-chaussée utilisera une unité installée au mur (Option 2A) sur le mur extérieur de la salle familiale pour desservir principalement la salle familiale et la cuisine. Une partie de la chaleur circulera jusqu'à la salle à manger et la salle de séjour par les passages ouverts qui relient les pièces.

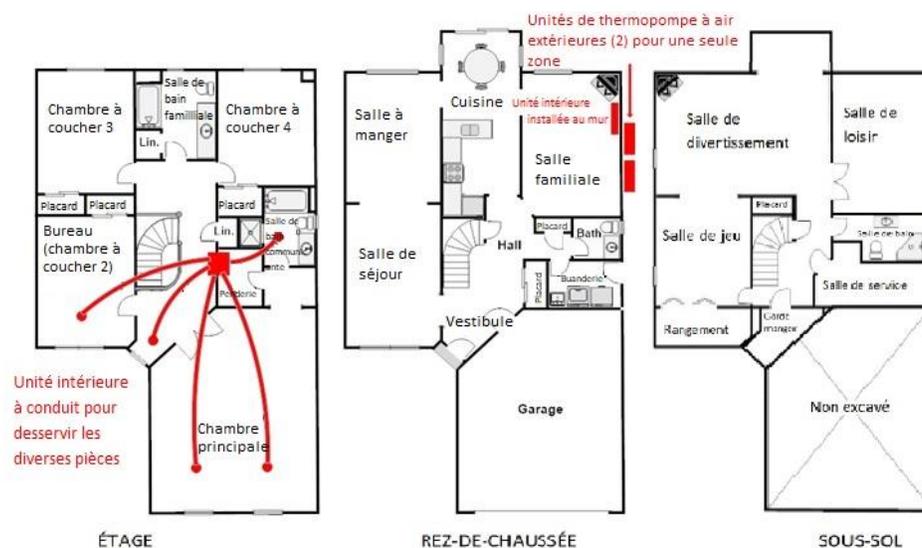


Figure 18 : Type et emplacement des unités intérieures dans les deux zones visées

## ÉTAPE 3 : Estimer les charges de chauffage et de refroidissement de conception

L'habitation a fait l'objet d'un audit énergétique et le rapport est fourni par le propriétaire. Aucune des améliorations recommandées pour l'habitation ou le système de CVC n'ont été effectuées depuis la réalisation de l'audit.

### Utilisez **Option 3B : Estimation des charges selon un audit énergétique**

Le rapport d'audit 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 et que la charge de refroidissement de conception serait de 23 519 Btu/h (2,0 tonnes).*

Puisque les améliorations n'ont pas été mises en œuvre, la charge de chauffage de conception indiquée devra être ajustée pour ne pas tenir compte des améliorations de l'enveloppe du bâtiment. La charge de refroidissement de conception indiquée n'a pas à être ajustée. Le rapport indique aussi :

*Vous pouvez économiser jusqu'à 12 % en effectuant toutes les améliorations recommandées pour le système de chauffage utilisé à des fins autres que le chauffage des locaux.*

Cela signifie que la charge de chauffage de conception indiquée dans le rapport d'audit représente 88 % de la valeur réelle (c.-à-d., 100 % moins 12 %). La perte de chaleur de conception réelle de l'habitation est donc égale à :

**Charge de chauffage de conception = 43 641 Btu/h / 0,88 = 49 592 Btu/h**

Selon le rapport d'audit, les charges de conception de l'ensemble de l'habitation sont estimées à :

**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).**

### **Estimations des charges de la zone visée**

Les charges de la zone visée sont estimées à l'aide du rapport entre la surface de plancher de la zone visée et la surface de plancher de l'ensemble de l'habitation, comme suit :

- La zone visée à l'étage, comprenant la chambre principale, la salle de bain, le hall et le bureau, a une surface de plancher d'environ 1 130 pieds carrés.
- La zone visée au rez-de-chaussée, comprenant la salle familiale, la cuisine, la salle de séjour et la salle à manger, a une surface de plancher d'environ 1 130 pieds carrés.
- La surface de plancher totale de l'habitation, y compris le sous-sol, est d'environ 3 300 pieds carrés.

Puisque les deux zones visées sont de la même taille, elles auront les mêmes valeurs de charge. Les charges de la zone visée sont estimées à :

**Chauffage : 49 600 x 1 130/3 300 = 17 000 Btu/h à une température de conception de -4 °F (-20 °C);**

**Refroidissement : 23 500 x 1 130/3 300 = 8 000 Btu/h à une température de conception de 88 °F (31 °C).**

## **ÉTAPE 4 : Déterminer l'approche de dimensionnement et les exigences de capacité de thermopompe à air**

L'option la plus appropriée est :

- **Option 4B : Équilibre entre chauffage et refroidissement**

Critères de dimensionnement : 80 % à 125 % de la charge de refroidissement de conception (charge de refroidissement de conception de 8 000 Btu/h à 88 °F (31 °C))

- L'**échelle de capacité de refroidissement visée** est de 6 400 Btu/h à 10 000 Btu/h [équation 3] pour chacune des deux zones visées de l'habitation.

## ÉTAPE 5 : Déterminer et sélectionner une thermopompe à air correspondant aux exigences clés

L'entrepreneur a sélectionné quelques systèmes de thermopompe à air pouvant être utilisés et a déterminé, pour l'application, trois thermopompes mini-blocs sans conduit dont les capacités de refroidissement s'inscrivent dans l'**échelle de capacité de refroidissement visée**. Le Tableau 4 comprend les données du fabricant de ces thermopompes, indiquant les capacités de refroidissement nominales à une température extérieure de 95 °F (35 °C) et les capacités de chauffage nominales à des températures de 47 °F (8,3 °C) et 17 °F (-8,3 °C).

*Notez que les capacités de refroidissement à une température extérieure de 95 °F (35 °C) peuvent être utilisées à des fins de sélection initiale, puisque ces données sont habituellement comprises dans les listes sommaires des fabricants. Si des données de rendement étendu sont disponibles, utilisez les valeurs de capacité à une température extérieure proche de la température de conception du site.*

Tableau 4 : Données de rendement du fabricant pour les thermopompes sans conduit utilisant l'option de dimensionnement B

Modèle	Nombre d'étages	Efficacité de refroidissement nominale (TRES)	Capacité de refroidissement nominale à 95 °F (Btu/h)	Capacité de refroidissement maximum à 95 °F (Btu/h)	Capacité de refroidissement minimum à 95 °F (Btu/h)	Refroidissement minimum < 125 % de la charge de refroidissement de conception	Rapport d'échelle	Efficacité de chauffage nominale (CPSC)	Capacité de chauffage maximum à 47 °F (Btu/h)	Capacité de chauffage maximum à 17 °F (Btu/h)
ASHP1-MS-9-V	Capacité variable	20,50	9 000	10 200	4 100	Oui	2,49:1	10	10 200	9 000
ASHP2-MS-9-V	Capacité variable	23,5	9 000	12 100	3 800	Oui	3,18:1	12	15 000	10 800
ASHP3-MS-9-V	Capacité variable	24,6	9 000	12 200	3 600	Oui	3,39:1	11,8	15 900	10 200
ASHP4-MS-12-V	Capacité variable	23	12 000	14 680	4 100	Non	3,58:1	11	19 800	13 120

À l'aide des données de rendement de produit de thermopompe à air pour climats froids publiées par NEEP, les rendements de chauffage et de refroidissement des trois systèmes de thermopompe à air envisagés sont tracés dans la Figure 19, en plus des estimations des caractéristiques de charge pour les deux zones visées de l'habitation.

Dans le cas des équipements à plusieurs étages ou à capacité variable, l'**option de dimensionnement 4B** ajuste les capacités de refroidissement minimum à l'échelle de refroidissement visée (c.-à-d., 6 400 à 10 000 Btu/h, dans cet exemple) lorsque possible (sans dépasser la limite de 125 %).

Les capacités de refroidissement minimum ou à l'étage inférieur à 95 °F (35 °C) s'étendent de 4 100 Btu/h pour la thermopompe à air 1 à 3 600 Btu/h pour la thermopompe à air 3. Ceci est inférieur à l'extrémité inférieure de l'échelle de capacité visée (6 400 Btu/h), donc il est déterminé qu'une quatrième thermopompe à air redimensionnée ayant une capacité de refroidissement nominale de 12 000 Btu/h sera nécessaire. Cette capacité de refroidissement nominale dépasse la limite de 125 % de la charge de refroidissement de conception. Le concepteur conclut donc que les systèmes dont la capacité de refroidissement nominale est de 9 000 Btu/h sont les systèmes ayant les bonnes dimensions. Les trois systèmes ayant des capacités de refroidissement de 9 000 Btu/h ont les caractéristiques suivantes :

- Les capacités de refroidissement nominales sont identiques pour les trois thermopompes à air à capacité variable, chacune ayant une production de 9 000 Btu/h à 95 °F (35 °C).
- La production de chaleur maximum à 47 °F (8,3 °C) s'étend de 15 900 Btu/h pour la thermopompe à air 3 à 10 200 Btu/h pour la thermopompe à air 1. La production de chaleur maximum à 17 °F (-8,3 °C) s'étend de 10 800 Btu/h pour la thermopompe à air 2 à 9 000 Btu/h pour la thermopompe à air 1.
- Les températures du point d'équilibre thermique (t-TPE) des trois thermopompes à air fonctionnant dans les zones visées de l'étage et du rez-de-chaussée sont :
  - Thermopompe à air 1 : 25 °F (-4 °C);
  - Thermopompe à air 2 : 18 °F (-8 °C);
  - Thermopompe à air 3 : 20 °F (-7 °C).

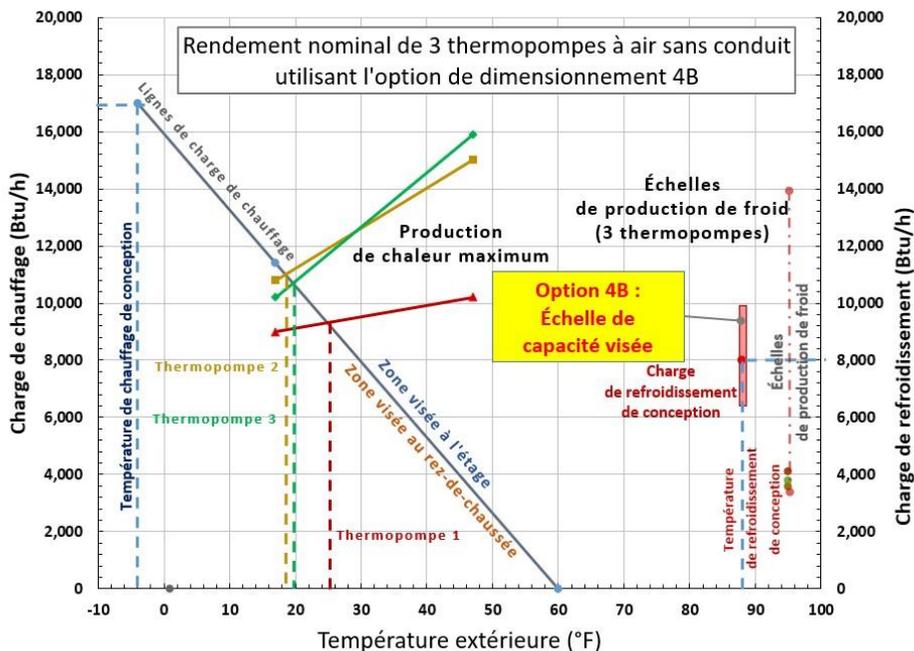


Figure 19: Courbes de rendement et températures du point d'équilibre thermique de 3 thermopompes à air sans conduit pour l'option de dimensionnement 4B

## Estimation des rapports d'échelle

L'analyse suivante fournit des estimations des rapports d'échelle des thermopompes à air envisagées.

Selon les capacités de refroidissement de l'étage supérieur et de l'étage inférieur indiquées dans les tableaux de rendement du fabricant, les rapports d'échelle des thermopompes à air envisagées sont :

- Thermopompe à air 1 :  $10\ 200/4\ 100 = 2,48:1$
- Thermopompe à air 2 :  $12\ 100/3\ 800 = 3,18:1$
- Thermopompe à air 3 :  $12\ 200/3\ 600 = 3,39:1$

## Estimation des fractions de chauffage fournies par la thermopompe à air

L'analyse suivante fournit des estimations du rendement de chauffage relatif de chaque thermopompe à air envisagée.

- À l'aide de la carte de zone climatique (voir l'Annexe 1 de ce document), il est déterminé que l'habitation est située dans la zone climatique « froid-humide ».

En utilisant la température du point d'équilibre thermique (t-TPE) de chaque système indiqué dans la Figure 19, la fraction de chauffage annuel total pouvant être fournie au-dessus des t-TPE est estimée pour la zone climatique « froid-humide » à l'aide du graphique inclus dans l'Annexe 1 de ce document.

Les résultats sont présentés ci-dessous :

Thermopompe à air 1 : t-TPE = 25 °F (-4 °C); Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE = 62 % de la zone visée

Thermopompe à air 2 : t-TPE = 18 °F (-8 °C); Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE = 68 % de la zone visée

Thermopompe à air 3 : t-TPE = 20 °F (-7 °C); Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE = 66 % de la zone visée

Le client a choisi la thermopompe à air 2 en raison de sa production de chaleur plus élevée à des températures extérieures basses, de sa fraction de chauffage annuel estimée plus élevée et de son rapport d'échelle relativement élevé.

## Résumé du rendement de la thermopompe à air choisie, ASHP2-MS-9-V

### Refroidissement :

- La capacité de refroidissement nominale à 95 °F (35 °C) est de 9 000 Btu/h, ce qui s'inscrit dans l'échelle de capacité visée des deux zones visées de l'habitation.

### Chauffage :

- La température du point d'équilibre thermique est d'environ 18 °F (-8 °C) pour chacune des zones visées.
- La limite de basse température est de -15 °F (-26 °C) (c.-à-d., inférieure à la température de conception).
- La fraction de chauffage fournie par la thermopompe à air à la zone visée au-dessus de la température du point d'équilibre thermique est estimée à 68 % du chauffage requis dans chacune des deux zones visées de l'habitation.

## ÉTAPE 6 : Définir la stratégie de contrôle de thermopompe à air

En suivant l'arbre de décision de la Figure 20 :

1. Les données du fabricant indiquent que la thermopompe à air mini-bibloc choisie peut fonctionner à des températures extérieures inférieures à la température de conception de -4 °F (-20 °C). Il n'y a donc pas d'exigence de restriction du fonctionnement de la thermopompe à air en fonction de la température extérieure basse.
2. Les thermopompes à air sont des ajouts à un système de chauffage de plinthe électrique, fonctionnant chacun à l'électricité. Il n'y a donc pas d'exigence de passage économique au chauffage d'appoint.
3. La capacité de chauffage de la thermopompe à air est inférieure à la charge de chauffage de conception à la température de conception.

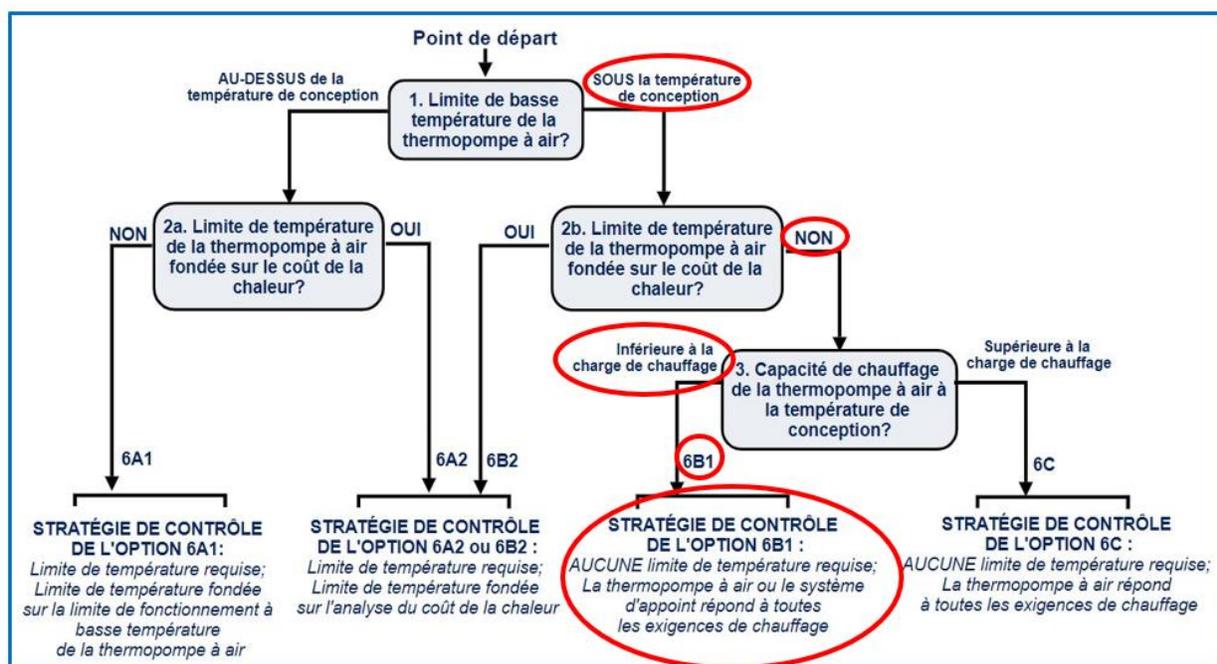


Figure 20 : Arbre de décision pour déterminer la stratégie de contrôle de thermopompe à air de l'exemple B2

L'**option de contrôle 6B1** est choisie avec les thermopompes à air ajoutées et le système de chauffage de plinthe d'origine fonctionnant dans l'ensemble de l'échelle de température.

- Les contrôles intégrant la thermopompe à air et le système de chauffage de plinthe électrique existant n'étaient pas disponibles pour ce modèle de thermopompe à air. Des thermostats intérieurs distincts contrôleront donc la thermopompe à air et le système de chauffage de plinthe séparément.
- La température de consigne des thermostats du système de chauffage de plinthe doit être réglée sous la valeur inférieure de la zone morte de la thermopompe à air pour les valeurs de température de consigne souhaitées afin de garantir le fonctionnement de la thermopompe à air indépendamment des plinthes électriques.

## ÉTAPE 7 : Définir les exigences de chauffage d'appoint

Les deux thermopompes à air sans conduit sont ajoutées au système de chauffage de plinthe électrique d'origine, qui demeure intact et fonctionnel et qui a la capacité de répondre à la charge de chauffage de conception de l'habitation.

En suivant les critères de l'arbre de décision de la Figure 21 :

1. **Type d'installation** : Ajout de thermopompe à air au système de chauffage existant, qui demeure fonctionnel.

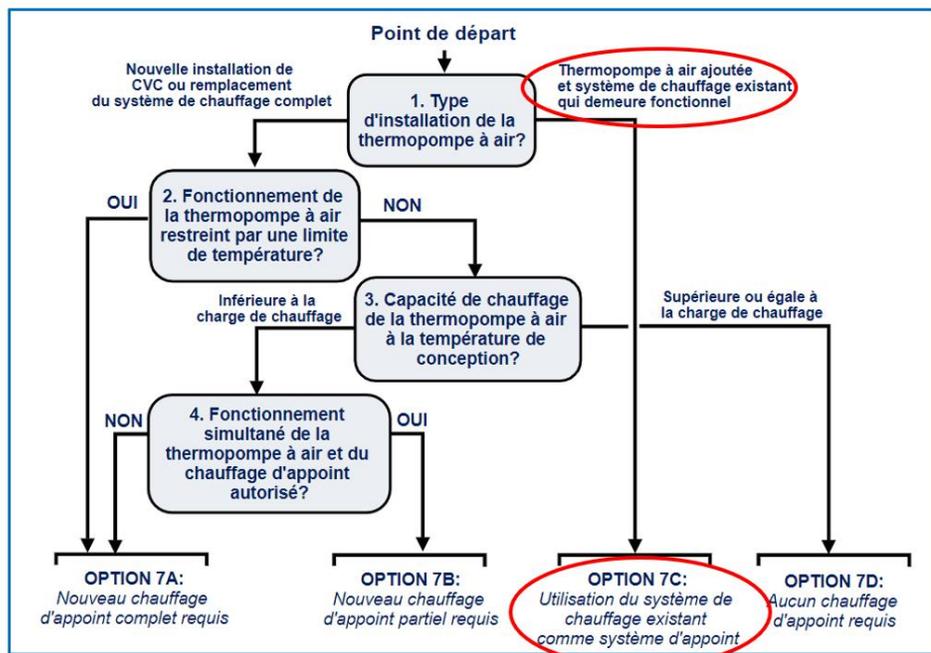


Figure 21 : Arbre de décision pour déterminer les exigences de chauffage d'appoint de l'exemple B2

### L'option de chauffage d'appoint 7C est la plus appropriée.

- Utilisez le système de chauffage de plinthe existant comme chauffage d'appoint;
- Aucun nouveau système d'appoint n'est requis.

# Exemple C1 : Remplacement de système complet : Conversion d'un générateur d'air chaud avec climatiseur d'air en générateur d'air chaud avec thermopompe à air (système « hybride » ou à « carburant double ») à l'aide de l'option de dimensionnement C (dimensionné pour le chauffage)

## Contexte

Une habitation existante est munie d'un système de chauffage central à air pulsé qui comprend un générateur d'air chaud au propane d'efficacité standard et un climatiseur d'air central. Tous deux doivent être remplacés.

Le client souhaite installer une thermopompe à air pour fournir la majeure partie du chauffage pendant l'hiver et du refroidissement pendant l'été. Pendant les périodes les plus froides, un chauffage supplémentaire sera fourni par un nouveau générateur d'air chaud au propane à haute efficacité.

Les températures de conception propres à l'emplacement de l'habitation sont de -4 °F (-20 °C) pour le chauffage et de 88 °F (31 °C) pour le refroidissement.

## ÉTAPE 1 : Définir la configuration de thermopompe à air

Utilisez **Option 1A : Thermopompe à air à conduit central**

**ÉTAPE 2 :** Passez l'étape 2 si vous utilisez **Option 1A : Thermopompe à air à conduit central**

**ÉTAPE 3 : Estimer les charges de chauffage et de refroidissement de conception (identique à l'exemple A1)**

L'habitation a fait l'objet d'un audit énergétique et le rapport est fourni par le propriétaire. Aucune des améliorations recommandées pour l'habitation ou le système de CVC n'ont été effectuées depuis la réalisation de l'audit.

Utilisez **Option 3B : Estimation des charges selon un audit énergétique**

Le rapport d'audit 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 et que la charge de refroidissement de conception serait de 23 519 Btu/h (2,0 tonnes).

Puisque les améliorations n'ont pas été mises en œuvre, la charge de chauffage de conception indiquée devra être ajustée pour ne pas tenir compte des améliorations de l'enveloppe du bâtiment. La charge de refroidissement de conception indiquée n'a pas à être ajustée. Le rapport indique aussi :

*Vous pouvez économiser jusqu'à 12 % en effectuant toutes les améliorations recommandées pour le système de chauffage utilisé à des fins autres que le chauffage des locaux.*

Cela signifie que la charge de chauffage de conception indiquée dans le rapport d'audit représente 88 % de la valeur réelle (c.-à-d., 100 % moins 12 %). La perte de chaleur de conception réelle de l'habitation est donc égale à :

$$\text{Charge de chauffage de conception} = 43\,641 \text{ Btu/h} / 0,88 = 49\,592 \text{ Btu/h}$$

Selon le rapport d'audit, les charges de conception de l'habitation sont estimées à :

**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).**

#### **Calcul du débit d'air maximum du système de conduit existant :**

Les conduits d'alimentation existants comprennent quatre conduits d'alimentation principaux connectés à la chambre de répartition d'air du générateur d'air chaud :

- Un conduit rectangulaire de 8 pouces de profondeur et de 22 pouces de largeur;
- Deux conduits ronds de 6 pouces de diamètre;
- Un conduit rond de 5 pouces de diamètre.

À l'aide des équations 1a et 2a du guide :

$$\text{Débit d'air maximum (PCM)} = (8 \times 22) \times 6,25 + (6^2 + 6^2 + 5^2) \times 4,91 = 1\,576 \text{ PCM}$$

Le débit d'air maximum du système de conduit existant est estimé à 1 576 PCM.

## **ÉTAPE 4 : Déterminer l'approche de dimensionnement et les exigences de capacité de thermopompe à air**

L'option la plus appropriée est :

- **Option 4C : Accent sur le chauffage**

Critères de dimensionnement : Production de chaleur proche de la charge de chauffage de l'habitation à 17 °F (-8,3 °C) (charge de chauffage de conception de 49 600 Btu/h à -4 °F (-20 °C))

#### **Capacité de chauffage visée :**

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

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

La **capacité de chauffage visée** est la production de chaleur de la thermopompe à air d'environ 33 325 Btu/h à 17 °F (-8,3 °C)

## ÉTAPE 5 : Déterminer et sélectionner une thermopompe à air correspondant aux exigences clés

L'entrepreneur a sélectionné quelques systèmes de thermopompe à air pouvant être utilisés et a déterminé, pour l'application, trois thermopompes à conduit central dont les capacités de chauffage sont proches de la **capacité de chauffage visée**. Le Tableau 5 comprend les données du fabricant et les capacités de chauffage nominales à une température extérieure de 17 °F (-8,3 °C).

Tableau 5 : Données de rendement du fabricant pour les thermopompes à conduit central utilisant l'option de dimensionnement C

Modèle	Nombre d'étages	Capacité de refroidissement nominale à 95 °F (35 °C) (Btu/h)	Capacité de refroidissement minimum à 95 °F (35 °C) (Btu/h)	Refroidissement minimum < 125 % de la charge de refroidissement de conception?	Capacité de chauffage à 17 °F (-8,3 °C) (Btu/h)	Rapport d'échelle à 17 °F (-8,3 °C)	Débit d'air de chauffage (PCM)
ASHP1-CD-60-1	1 étage	55 300	s.o.	Non	36 000	S.O.	1 800
ASHP2-CD-48-2	2 étages	44 000	31 900	Non	33 000 (étage supérieur) 20 600 (étage inférieur)	1,6:1	1 550 (étage supérieur)
ASHP3-CD-48-V	Capacité variable	42 000	19 000	Oui	48 000 (étage supérieur) 26 000 (étage inférieur)	1,85:1	1 440 (étage supérieur)

À l'aide des données de rendement étendu, les courbes de rendement de chauffage et de refroidissement des trois systèmes de thermopompe à air envisagés sont tracées dans la Figure 22 par rapport à la température extérieure et les caractéristiques de charge de l'habitation.

- La production de chaleur des trois thermopompes à air envisagées correspond étroitement à la charge de chauffage de l'habitation à 17 °F (-8,3 °C). Toutefois, une unité monoétagée de 5 tonnes a une production considérablement plus élevée à des températures moins élevées par rapport aux unités à 2 étages et à capacité variable en raison de l'absence de contrôle de capacité.
- La capacité de refroidissement de l'unité monoétagée de 5 tonnes a une charge de refroidissement de conception plus de deux fois supérieure et ne s'inscrit pas dans l'échelle de capacité de refroidissement normale. Cela entraînera un rendement de déshumidification très faible.
- L'unité de 5 tonnes plus grande nécessite également un débit d'air de 1 800 PCM, ce qui dépasse le débit d'air maximum du système de conduit existant de 200 PCM.

- Les thermopompes à air de 4 tonnes à 2 étages et à capacité variable ont des exigences de débit d'air de 1 550 et 1 485 PCM, des valeurs inférieures au débit d'air maximum de 1 576 PCM du système de conduit existant.
- La capacité de chauffage de l'étage supérieur du système à 2 étages à 17 °F (-8,3 °C) est très inférieure à celle du système à capacité variable, et le système à capacité variable a un rapport d'échelle supérieur dans l'ensemble de l'échelle de fonctionnement.
- La capacité de refroidissement de l'unité à capacité variable est inférieure à celle de l'unité à 2 étages, et encore une fois, le système à capacité variable a un rapport d'échelle supérieur pour le refroidissement.
- Les températures du point d'équilibre thermique (t-TPE) des trois thermopompes à air sont estimées à :
  - Thermopompe à air 1 : 15 °F (-9 °C);
  - Thermopompe à air 2 : 17 °F (-8,3 °C);
  - Thermopompe à air 3 : 3 °F (-16 °C).

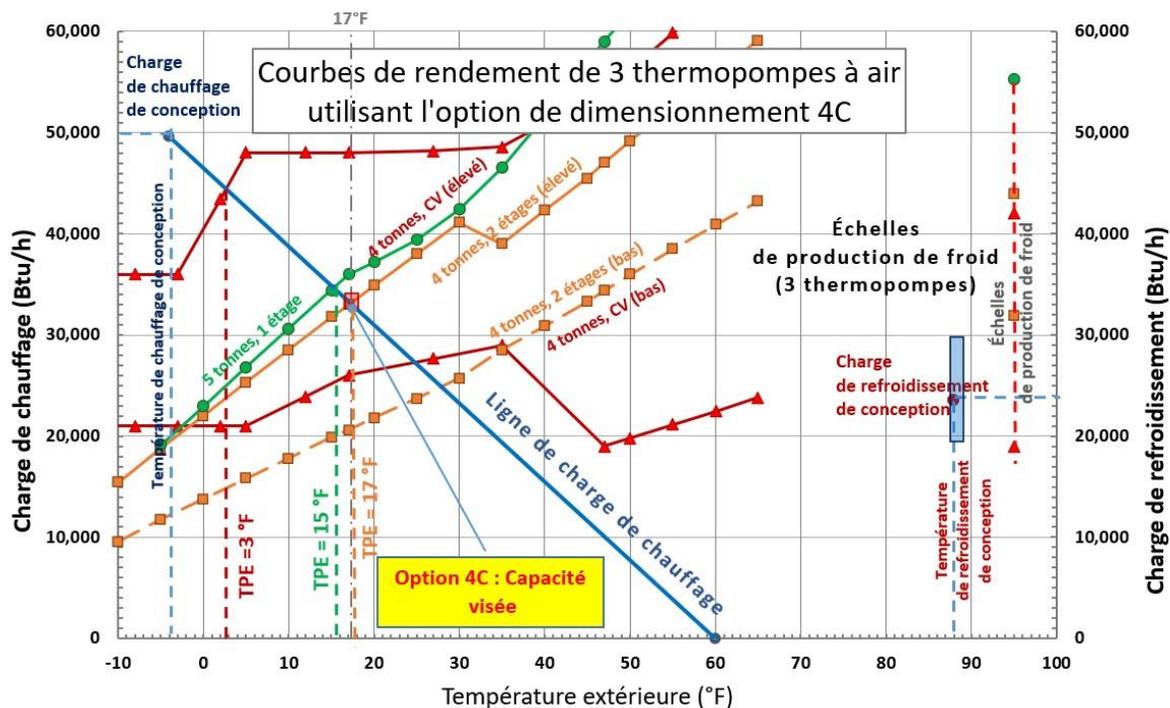


Figure 22: Courbes de rendement et températures du point d'équilibre thermique de 3 thermopompes à air pour l'option de dimensionnement 4C

## Estimation des rapports d'échelle

L'analyse suivante fournit des estimations des rapports d'échelle des thermopompes à air envisagées.

Selon les capacités de refroidissement de l'étage supérieur et de l'étage inférieur indiquées dans les tableaux de rendement du fabricant, les rapports d'échelle des thermopompes à air envisagées sont :

- Thermopompe à air 1 : S.O.
- Thermopompe à air 2 :  $33\ 000/20\ 600 = 1,6:1$
- Thermopompe à air 3 :  $48\ 000/26\ 000 = 1,85:1$

### **Estimation des fractions de chauffage annuel fournies par les thermopompes à air envisagées**

L'analyse suivante fournit des estimations du rendement de chauffage annuel relatif de chaque thermopompe à air envisagée.

- À l'aide de la carte de zone climatique (voir l'Annexe 1 de ce document), il est déterminé que l'habitation est située dans la zone climatique « froid-humide ».

En utilisant la température du point d'équilibre thermique (t-TPE) de chaque système indiqué dans la Figure 22, la fraction de chauffage annuel total pouvant être fournie au-dessus des t-TPE est estimée pour la zone climatique « froid-humide ».

Les résultats sont présentés ci-dessous :

Thermopompe à air 1 : 5,0 tonnes, monoétagée; t-TPE = 15 °F (-9 °C); Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE = 76 %

Thermopompe à air 2 : 4,0 tonnes, deux étages; t-TPE = 17 °F (-8,3 °C); Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE = 72 %

Thermopompe à air 3 : 4,0 tonnes, capacité variable; t-TPE = 3 °F (-16 °C); Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE = 84 %

La fraction de chauffage total devant être fournie par l'unité à capacité variable de 4 tonnes est la plus élevée. Son rapport d'échelle est supérieur et sa capacité de refroidissement minimum est la plus basse. L'unité à capacité variable offre donc l'échelle de rendement maximal pour cette application.

Le client a choisi la **thermopompe à air à capacité variable de 4 tonnes**.

### **Résumé du rendement de la thermopompe à air choisie, ASHP3-CD-48-V**

#### **Chauffage :**

- La température du point d'équilibre thermique est d'environ 3 °F (-16 °C)
- La limite de basse température est de -13 °F (-25 °C)
- Le rapport d'échelle à 17 °F (-8,3 °C) est de 1,84:1
- La fraction de chauffage annuel total fournie par la thermopompe à air au-dessus de la température du point d'équilibre thermique est estimée à 84 %.

#### **Refroidissement :**

- La capacité de refroidissement nominale à 95 °F (35 °C) est d'environ 42 000 Btu/h, ou 178 % de la charge de refroidissement de conception.
- La capacité de refroidissement minimum ou de l'étage inférieur à 95 °F (35 °C) est d'environ 19 000 Btu/h, ou 81 % de la charge de refroidissement de conception.

## ÉTAPE 6 : Définir la stratégie de contrôle de thermopompe à air

En suivant l'arbre de décision de la Figure 23 :

1. La thermopompe choisie peut fonctionner à -10 °F (-23 °C), ce qui est bien inférieur à la température de conception de -4 °F (-20 °C).
2. À l'aide de la thermopompe à air, le client souhaite remplacer le plus de consommation de propane possible afin que l'unité puisse fonctionner sans restriction et dans l'ensemble des conditions extérieures (c.-à-d., aucune limite économique).
3. La production de chaleur de la thermopompe est inférieure à la charge de chauffage de conception à la température de conception.

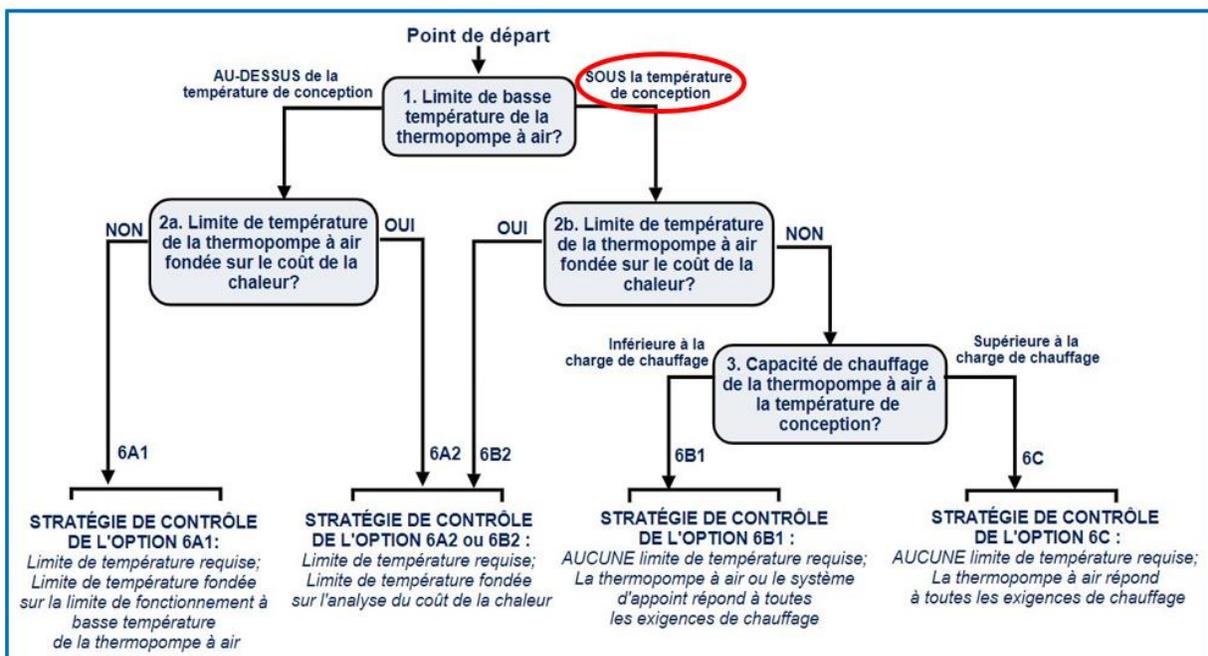


Figure 23: Arbre de décision pour déterminer la stratégie de contrôle de thermopompe à air de l'exemple C1

L'option de contrôle 6B1 est choisie, ce qui permet à la thermopompe à air de fonctionner dans l'ensemble de l'échelle de température extérieure. Aucune limite de basse température n'est requise.

- Un seul thermostat intérieur à plusieurs étages gère la séquence du fonctionnement de la thermopompe à air et du générateur d'air chaud au propane utilisé pour le chauffage d'appoint.
- Avec un système à conduit central « hybride » ou à « carburant double », la thermopompe à air et le générateur d'air chaud à carburant ne peuvent pas fonctionner simultanément. Ils fonctionnent plutôt en séquence, un à la fois.
  - 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, elle sera désactivée et le générateur d'air chaud au propane sera activé.

## ÉTAPE 7 : Définir les exigences de chauffage d'appoint

Puisque l'ancien système de CVC est retiré, un nouveau système de chauffage d'appoint est requis.

Le chauffage d'appoint sera fourni par un générateur d'air chaud au propane à haute efficacité contrôlé par un thermostat à plusieurs étages qui désactivera la thermopompe lorsque le générateur d'air chaud fonctionne.

En suivant l'arbre de décision de la Figure 24 :

1. **Type d'installation** : Remplacement de système de chauffage complet;
2. **Fonctionnement de la thermopompe à air restreint à basse température** : Non, le fonctionnement de la thermopompe à air n'est pas restreint par la stratégie de contrôle choisie (c.-à-d., option 6B1) ou par une limite de basse température.
3. **Capacité de chauffage de la thermopompe à air à la température de conception** : Inférieure à la charge de chauffage.
4. **Fonctionnement simultané de la thermopompe à air et du chauffage d'appoint** : Non, non autorisé.

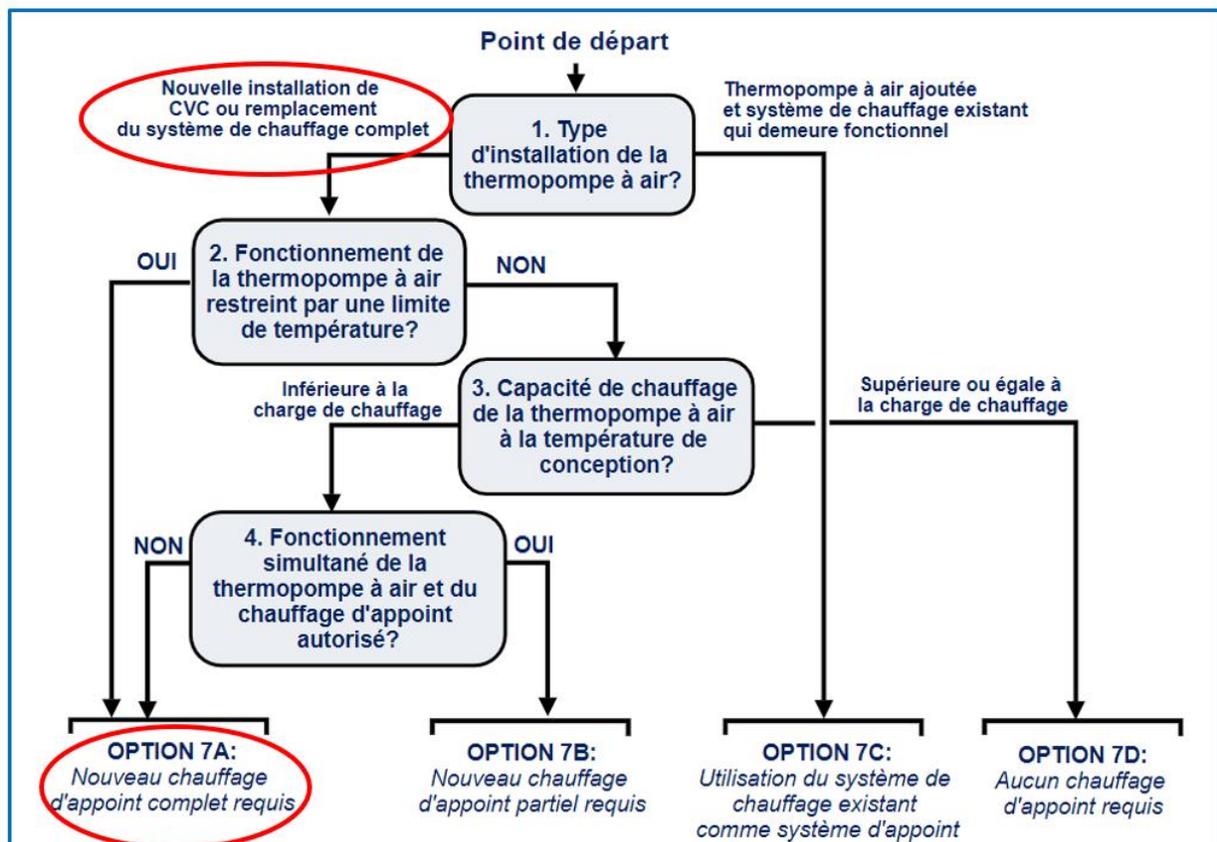


Figure 24 : Arbre de décision pour déterminer les exigences de chauffage d'appoint de l'exemple C1

**L'option de chauffage d'appoint 7A est requise.**

- La capacité de production du nouveau générateur d'air chaud doit être égale ou supérieure à 100 % de la perte de chaleur de conception de 49 600 Btu/h et être en mesure de fournir un débit d'air de 1 440 PCM requis par la thermopompe à air à capacité variable de 4 tonnes à la pression statique de fonctionnement du système de conduit existant.

Le générateur d'air chaud au propane choisi est un générateur d'air chaud à 2 étages de 80 000 Btu/h d'entrée et d'une AFUE de 95 %. Sa capacité de production est de 76 000 Btu/h, ou 153 % de la charge de chauffage de conception de l'habitation. Ce générateur d'air chaud à plus grande capacité a un débit d'air maximum de 1 500 PCM, ce qui lui permettra de fournir le débit d'air requis par la thermopompe à air de 4 tonnes choisie pour l'application.

## Exemple C2 : Ajout de thermopompe à air : Ajout de thermopompe à air sans conduit pour une seule zone à un système de chauffage de plinthe électrique existant à l'aide de l'option de dimensionnement C (dimensionné pour le chauffage)

### Contexte

Une habitation à deux étages existante est munie d'un système de chauffage de plinthe électrique et ne comprend pas de climatisation.

Le client souhaite installer une ou plusieurs thermopompes à air sans conduit pour fournir la majeure partie du chauffage pendant l'hiver et du refroidissement pendant l'été. Le système de chauffage de plinthe demeurera fonctionnel et fournira un chauffage supplémentaire pendant les périodes les plus froides.

Les températures de conception propres à l'emplacement de l'habitation sont de -4 °F (-20 °C) pour le chauffage et de 88 °F (31 °C) pour le refroidissement.

### ÉTAPE 1 : Définir la configuration de thermopompe à air

Les plans d'étage de l'habitation sont illustrés ci-dessous. Les zones d'occupation principales de l'habitation sont la cuisine et la salle familiale au rez-de-chaussée et le bureau, la chambre principale et la salle de bain à l'étage. Ces deux zones sont les zones visées par l'installation de la thermopompe à air.



Figure 25: Plans d'étage de l'habitation à deux étages et zones visées encerclées

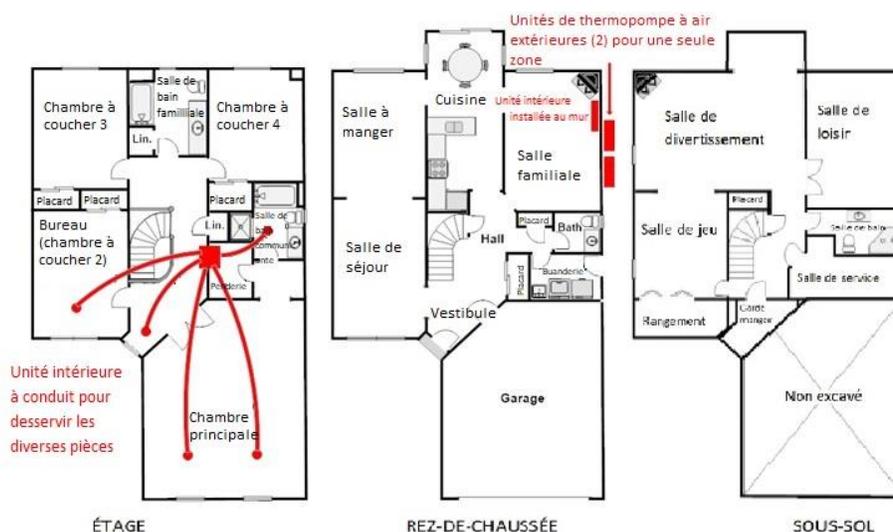
Utilisez **Option 1B : Ajout de thermopompe à air mini-bloc sans conduit, une seule zone**

- **Deux unités requises** : une pour la zone visée au rez-de-chaussée et une autre pour la zone visée à l'étage.

## ÉTAPE 2 : Choisir un ou des types d'unité intérieure à utiliser avec une thermopompe à air mini-bloc sans conduit

Les types d'unité intérieure sélectionnés pour desservir les deux zones visées sont :

- La zone à l'étage utilisera une unité à conduit (Option 2D) installée dans l'espace de grenier près de la trappe d'accès au grenier et connectée aux diverses pièces à l'aide de conduits, comme le montre la Figure 31.
- La zone au rez-de-chaussée utilisera une unité installée au mur (Option 2A) sur le mur extérieur de la salle familiale pour desservir principalement la salle familiale et la cuisine. Une partie de la chaleur circulera jusqu'à la salle à manger et la salle de séjour par les passages ouverts qui relient les pièces.



## ÉTAPE 3 : Estimer les charges de chauffage et de refroidissement de conception

L'habitation a fait l'objet d'un audit énergétique et le rapport est fourni par le propriétaire. Aucune des améliorations recommandées pour l'habitation ou le système de CVC n'ont été effectuées depuis la réalisation de l'audit.

Utilisez **Option 3B : Estimation des charges selon un audit énergétique**

Le rapport d'audit indique :

*Si vous mettiez en œuvre TOUTES les améliorations de l'enveloppe du bâtiment recommandées, on estime que la perte de chaleur de conception de l'habitation serait de 43 641 Btu/h et que la charge de refroidissement de conception serait de 23 519 Btu/h (2,0 tonnes).*

Puisque les améliorations n'ont pas été mises en œuvre, la charge de chauffage de conception indiquée devra être ajustée pour ne pas tenir compte des améliorations de l'enveloppe du bâtiment. La charge de refroidissement de conception indiquée n'a pas à être ajustée. Le rapport indique aussi :

*Vous pouvez économiser jusqu'à 12 % en effectuant toutes les améliorations recommandées pour le système de chauffage utilisé à des fins autres que le chauffage des locaux.*

Cela signifie que la charge de chauffage de conception indiquée dans le rapport d'audit représente 88 % de la valeur réelle (c.-à-d., 100 % moins 12 %). La perte de chaleur de conception réelle de l'habitation est donc égale à :

**Charge de chauffage de conception = 43 641 Btu/h / 0,88 = 49 592 Btu/h**

Selon le rapport d'audit, les charges de conception de l'ensemble de l'habitation sont estimées à :

**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).**

### Estimations des charges de la zone visée

Les charges de la zone visée sont estimées à l'aide du rapport entre la surface de plancher de la zone visée et la surface de plancher de l'ensemble de l'habitation, comme suit :

- La zone visée à l'étage, comprenant la chambre principale, la salle de bain, le hall et le bureau, a une surface de plancher d'environ 1 130 pieds carrés.
- La zone visée au rez-de-chaussée, comprenant la salle familiale, la cuisine, la salle de séjour et la salle à manger, a une surface de plancher d'environ 1 130 pieds carrés.
- La surface de plancher totale de l'habitation, y compris le sous-sol, est d'environ 3 300 pieds carrés.

Puisque les deux zones visées sont de la même taille, elles auront les mêmes valeurs de charge. Les charges de la zone visée sont estimées à :

**Chauffage : 49 600 x 1 130/3 300 = 17 000 Btu/h à une température de conception de -4 °F (-20 °C);**

**Refroidissement : 23 500 x 1 130/3 300 = 8 000 Btu/h à une température de conception de 88 °F (31 °C).**

## ÉTAPE 4 : Déterminer l'approche de dimensionnement et les exigences de capacité de thermopompe à air

L'option la plus appropriée est :

- **Option 4C : Accent sur le chauffage**

Critères de dimensionnement : Production de chaleur proche de la charge de chauffage de la zone visée à 17 °F (-8,3 °C)

(charges de chauffage de conception de chaque zone visée d'environ 17 000 Btu/h à -4 °F (-20 °C)).

**Capacité de chauffage visée** (estimée à l'aide de l'équation 4) :

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

**Capacité de chauffage visée à 17 °F = 17 000 x 43/(60 - (-4)) = 11 400**

La **capacité de chauffage visée** est la production de chaleur de la thermopompe à air d'environ 11 400 Btu/h à 17 °F (-8,3 °C) pour chacune des deux zones visées de l'habitation.

## ÉTAPE 5 : Déterminer et sélectionner une thermopompe à air correspondant aux exigences clés

L'entrepreneur a sélectionné quelques systèmes de thermopompe à air pouvant être utilisés et a déterminé, pour l'application, trois thermopompes mini-blochs sans conduit dont les capacités de chauffage sont proches de la **capacité de chauffage visée**. Le Tableau 6 comprend les données du fabricant de ces thermopompes, indiquant les capacités de refroidissement nominales à une température extérieure de 95 °F (35 °C) et les capacités de chauffage nominales à des températures de 47 °F (8,3 °C) et 17 °F (-8,3 °C).

Tableau 6 : Données de rendement du fabricant pour les thermopompes sans conduit utilisant l'option de dimensionnement C

Modèle	Nombre d'étages	Efficacité de refroidissement nominale (TRES)	Capacité de refroidissement nominale à 95 °F (Btu/h)	Efficacité de chauffage nominale (CPSC)	Capacité de chauffage nominale à 47 °F (Btu/h)	Capacité de chauffage max/min à 47 °F (Btu/h)	Capacité de chauffage max/min à 17 °F (Btu/h)	Rapport d'échelle à 17 °F (-8,3 °C)
ASHP1-MS-12-V	Capacité variable	23,1	12 000	12,5	14 400	18 100/2 000	12 000/1 150	10,4:1
ASHP2-EL-18-V	Capacité variable	20	18 000	10,3	18 000	18 465/7 458	12 000/2 589	4,6:1
ASHP3-TO-18-V	Capacité variable	20,5	19 000	11,5	18 800	27 600/3 100	16 400/1 900	8,6:1

À l'aide des données de rendement de produit de thermopompe à air pour climats froids publiées par NEEP, les rendements de chauffage et de refroidissement des trois systèmes de thermopompe à air envisagés sont tracés dans la Figure 27, en plus des estimations des caractéristiques de charge pour les deux zones visées de l'habitation.

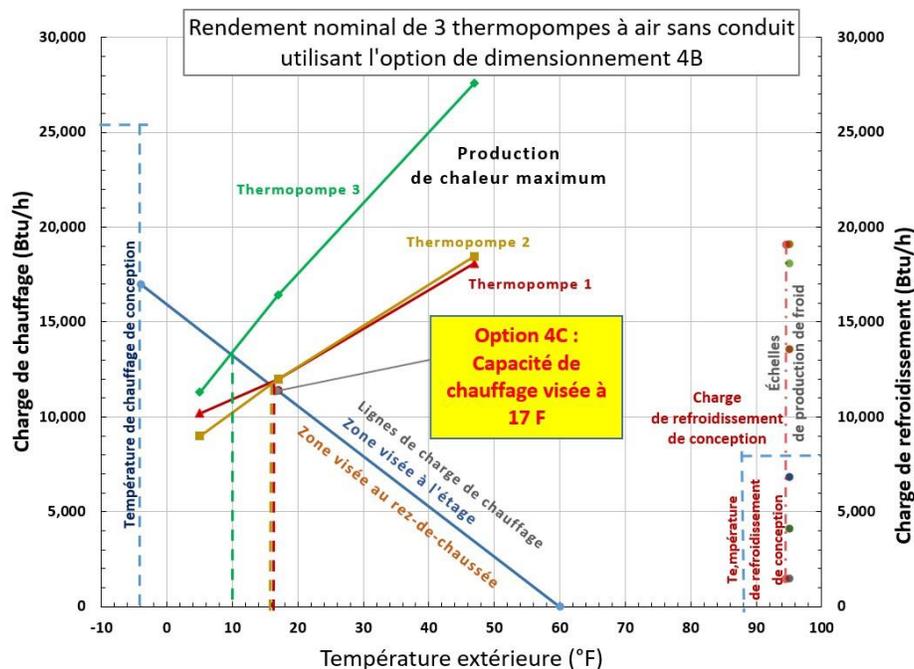


Figure 27: Courbes de rendement et températures du point d'équilibre thermique de 3 thermopompes à air sans conduit pour l'option de dimensionnement 4C

Les caractéristiques de chauffage des trois thermopompes à air envisagées sont légèrement différentes :

- La thermopompe à air 1 a une capacité de chauffage nominale de 14 400 Btu/h à 47 °F (8,3 °C), mais une capacité maximum de 18 100 Btu/h à la même température. Sa courbe de capacité croise la ligne de charge de chauffage à un point très proche de la température de chauffage visée, et son rapport d'échelle est supérieur à celui des autres thermopompes à air. Elle a aussi le TRES et le CPSC les plus élevés parmi les trois systèmes. La thermopompe à air 3 est bien dimensionnée pour la charge de chauffage visée.
- La thermopompe à air 2 est similaire à la thermopompe à air 1, mais a un rapport d'échelle, un TRES et un CPSC moins élevés que la thermopompe à air 1. La thermopompe à air 2 est bien dimensionnée pour la charge de chauffage, mais a un rendement inférieur à celui de la thermopompe à air 1.
- La thermopompe à air 3 a un rapport d'échelle, un TRES et un CPSC plus élevés, mais est surdimensionnée pour l'application envisagée.

Les températures du point d'équilibre thermique (t-TPE) des trois options de thermopompe à air fonctionnant dans les deux zones visées sont :

- Thermopompe à air 1 : 17 °F (-8,3 °C);
- Thermopompe à air 2 : 17 °F (-8,3 °C);
- Thermopompe à air 3 : 10 °F (-12 °C).

La capacité de refroidissement nominale de la thermopompe à air 1 est de 12 000 Btu/h à 95 °F (35 °C), mais la thermopompe à air 1 a une échelle de capacité de refroidissement de 1 500 à 13 600 Btu/h à 95 °F (35 °C). La charge de refroidissement de conception de 8 000 Btu/h à

88 °F (31 °C) s'inscrit dans son échelle de fonctionnement. La thermopompe à air 1 n'est donc pas surdimensionnée pour la charge de refroidissement.

### Estimation des rapports d'échelle

L'analyse suivante fournit des estimations des rapports d'échelle des thermopompes à air envisagées.

Selon les capacités de chauffage de l'étage supérieur et de l'étage inférieur indiquées dans les tableaux de rendement du fabricant à 17 °F (-8,3 °C), les rapports d'échelle des thermopompes à air envisagées sont :

- Thermopompe à air 1 :  $12\ 000/1\ 150 = 10,4:1$
- Thermopompe à air 2 :  $12\ 000/2\ 589 = 4,6:1$
- Thermopompe à air 3 :  $16\ 400/1\ 900 = 8,6:1$

### Estimation des fractions de chauffage fournies par la thermopompe à air

L'analyse suivante fournit des estimations du rendement de chauffage relatif de chaque thermopompe à air envisagée.

- À l'aide de la carte de zone climatique (voir l'Annexe 1 de ce document), il est déterminé que l'habitation est située dans la zone climatique « froid-humide ».

En utilisant la température du point d'équilibre thermique (t-TPE) de chaque système indiqué dans la Figure 27, la fraction de chauffage annuel total pouvant être fournie au-dessus des t-TPE est estimée pour la zone climatique « froid-humide » à l'aide du graphique inclus dans l'Annexe 1 de ce document.

Les résultats sont présentés ci-dessous :

Thermopompe à air 1 : t-TPE = 17 °F (-8,3 °C); Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE = 72 %

Thermopompe à air 2 : t-TPE = 17 °F (-8,3 °C); Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE = 72 %

Thermopompe à air 3 : t-TPE = 10 °F (-12 °C); Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE = 84 %

Les quantités de chauffage devant être fournies par les 3 systèmes sont similaires. Le client a choisi la thermopompe à air 3 pour sa caractéristique de production de chaleur plus horizontale et sa production de chaleur plus élevée à des températures extérieures basses.

### Résumé du rendement de la thermopompe à air choisie, ASHP3-MS-18-V

#### Chauffage :

- La température du point d'équilibre thermique est d'environ 10 °F (-12 °C) pour les deux zones visées.
- La limite de basse température est de -15 °F (-26 °C).
- La fraction de chauffage annuel total fournie par la thermopompe à air au-dessus de la température du point d'équilibre thermique est estimée à environ 84 % du chauffage requis par chacune des zones visées de l'habitation.

#### Refroidissement :

- La production de froid s'étend de 1 500 à 13 600 Btu/h à 95 °F (35 °C) et la charge de refroidissement de conception est de 8 000 Btu/h à 88 °F (31 °C). Les unités choisies sont des thermopompes à capacité variable et devraient être en mesure de réduire la production de froid pour atteindre les charges de refroidissement de conception des zones visées de l'habitation.

## ÉTAPE 6 : Définir la stratégie de contrôle de thermopompe à air

En suivant l'arbre de décision de la Figure 28 :

- Les données du fabricant indiquent que la thermopompe à air mini-bibloc choisie peut fonctionner à des températures extérieures inférieures à la température de conception de -4 °F (-20 °C). Il n'y a donc pas d'exigence de restriction du fonctionnement de la thermopompe à air en fonction de la température extérieure basse.
- Les thermopompes à air sont des ajouts à un système de chauffage de plinthe électrique, fonctionnant chacun à l'électricité. Il n'y a donc pas d'exigence de passage économique au chauffage d'appoint.
- La capacité de chauffage de la thermopompe à air est inférieure à la charge de chauffage de conception à la température de conception.

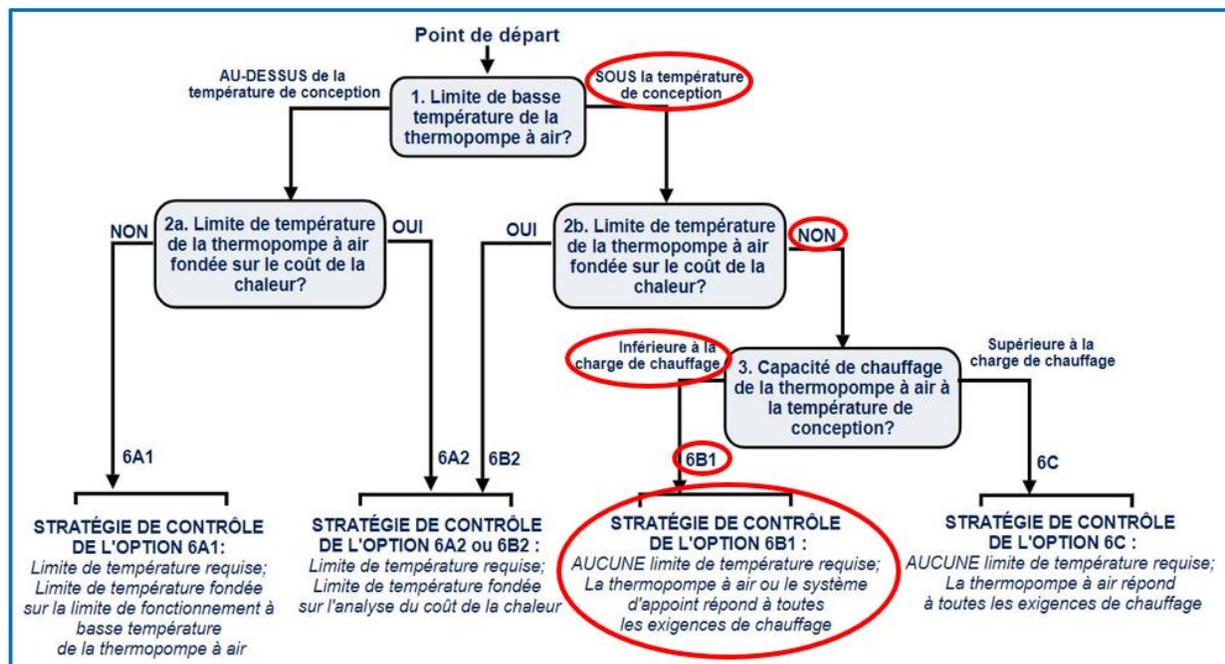


Figure 28: Arbre de décision pour déterminer la stratégie de contrôle de thermopompe à air de l'exemple C2

L'**option de contrôle 6B1** est choisie avec les thermopompes à air ajoutées et le système de chauffage de plinthe d'origine fonctionnant dans l'ensemble de l'échelle de température extérieure.

- Les contrôles intégrant la thermopompe à air et le système de chauffage de plinthe électrique existant n'étaient pas disponibles pour ce modèle de thermopompe à air.
  - Chaque unité de thermopompe à air intérieure contrôlera le système de chauffage de plinthe existant afin que les plinthes ne fournissent de chauffage que lorsque la thermopompe à air n'arrive pas à remplir les exigences de chauffage.
  - Cette approche de contrôle nécessite une connexion d'appel de chaleur auxiliaire à un thermostat de plinthe sans fil situé dans les zones visées desservies par la thermopompe à air. Le thermostat de plinthe sans fil transmet l'appel de chaleur auxiliaire aux récepteurs sans fil qui se trouvent à l'intérieur ou à côté des plinthes électriques installées dans les zones visées desservies par l'unité de thermopompe à air intérieure. Seules les plinthes des zones visées climatisées par la thermopompe à air nécessitent ces contrôles.

## ÉTAPE 7 : Définir les exigences de chauffage d'appoint

Les deux thermopompes à air sans conduit sont ajoutées au système de chauffage de plinthe électrique d'origine, qui demeure intact et fonctionnel et qui a la capacité de répondre à la charge de chauffage de conception de l'habitation.

En suivant les critères de l'arbre de décision de la Figure 29 :

1. **Type d'installation** : Ajout de thermopompe à air au système de chauffage existant, qui demeure fonctionnel.

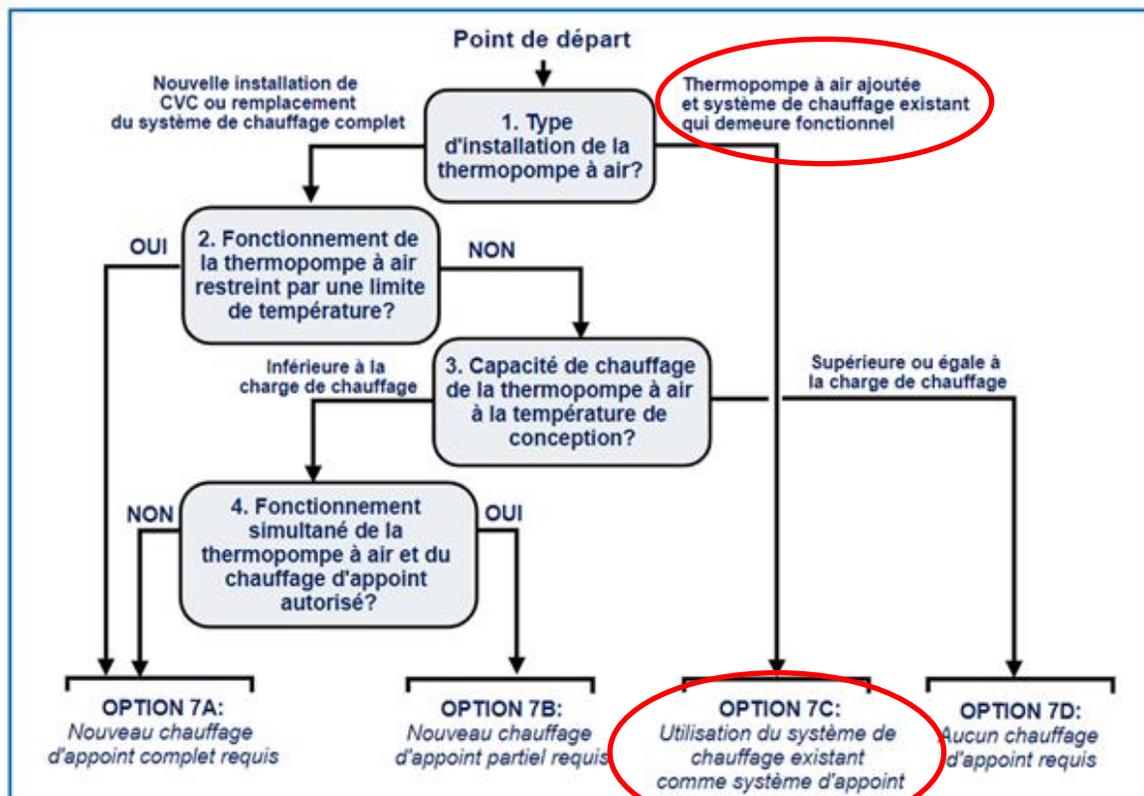


Figure 29: Arbre de décision pour déterminer les exigences de chauffage d'appoint de l'exemple C2

**L'option de chauffage d'appoint 7C est la plus appropriée.**

- Utilisez le système de chauffage de plinthe existant comme chauffage d'appoint;
- Aucun nouveau système d'appoint n'est requis.

# Exemple D1 : Nouveau système de CVC : Thermopompe à air à conduit central pour climats froids comme seul système de chauffage à l'aide de l'option de dimensionnement D (dimensionné selon la charge de chauffage de conception)

## Contexte

Le client d'une nouvelle habitation souhaite installer une thermopompe à air à capacité variable pour climats froids pour fournir l'ensemble du chauffage des locaux de l'habitation écoénergétique. Le refroidissement est aussi important, mais secondaire par rapport au chauffage. L'habitation est conçue avec un système de conduit central à air pulsé.

Les températures de conception propres à l'emplacement de l'habitation sont de -13 °F (-25 °C) pour le chauffage et de 86 °F (30 °C) pour le refroidissement.

## ÉTAPE 1 : Définir la configuration de thermopompe à air

Utilisez **Option 1A : Thermopompe à air à conduit central**

**ÉTAPE 2** : Passez l'étape 2 si vous utilisez **Option 1A : Thermopompe à air à conduit central**

**ÉTAPE 3 : Estimer les charges de chauffage et de refroidissement de conception**

Utilisez **Option 3A : Analyse des charges CSA F280**.

Puisqu'il s'agit d'une nouvelle habitation, le concepteur a effectué une analyse F280 pour déterminer les charges de chauffage et de refroidissement requises. Les charges de conception de la nouvelle habitation sont :

**Chauffage : 18 500 Btu/h à une température de conception de -13 °F (-25 °C);**

**Refroidissement : 11 800 Btu/h à une température de conception de 86 °F (30 °C).**

**ÉTAPE 4 : Déterminer l'approche de dimensionnement et les exigences de capacité de thermopompe à air**

L'option la plus appropriée est :

- **Option 4D : Dimensionné selon la charge de chauffage de conception**  
Critères de dimensionnement : Production de chaleur proche ou égale à la capacité de chauffage visée à la température de conception;

- La **capacité de chauffage visée** est le chauffage de la thermopompe à air de 18 500 Btu/h à -13 °F (-25 °C). [équation 5]

## ÉTAPE 5 : Déterminer et sélectionner une thermopompe à air correspondant aux exigences clés

L'entrepreneur a sélectionné deux systèmes de thermopompe à conduit central à capacité variable pouvant être utilisés pour l'application et pour lesquels le fabricant a fourni des données à des températures extérieures suffisamment basses pour permettre l'évaluation de leur efficacité. Les données de rendement du fabricant des deux systèmes sont fournies dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Données de rendement du fabricant pour les thermopompes à conduit central utilisant l'option de dimensionnement D

Modèle	Nombre d'étages	Capacité de refroidissement max/min à 95 °F (Btu/h)	CPSC (région IV)	Chauffage max/min à 47 °F (Btu/h)	Chauffage max/min à 17 °F (Btu/h)	Chauffage maximum à 5 °F (Btu/h)	Chauffage maximum à -13 °F (Btu/h)	Rapport d'échelle à 17 °F (-8,3 °C)
<b>ASHP1-CD-030-V</b>	Capacité variable	Max : 30 000 Min : 18 000	9,7	Max : 34 000 Min : 18 000	Max : 32 000 Min : 16 000	32 000	25 000	2:1
<b>ASHP2-CD-036-V</b>	Capacité variable	Max : 36 000 Min : 18 000	11	Max : 40 000 Min : 18 000	Max : 38 000 Min : 19 000	38 000	29 000	2:1

Les deux thermopompes à air envisagées ont une capacité de chauffage maximum à -13 °F (-25 °C) qui dépasse la perte de chaleur de conception de 18 500 Btu/h et ont donc une capacité suffisante à la capacité de chauffage visée. La thermopompe à air 1 a un CPSC inférieur à celui de la thermopompe à air 2, mais a une capacité de chauffage minimum moins élevée et fonctionnera donc plus longtemps sans fluctuation que la thermopompe à air 2. Pour cette raison, la thermopompe à air 1 est privilégiée pour cette application. Les deux thermopompes à air ont une capacité de refroidissement qui dépasse la limite supérieure de la charge de refroidissement de conception (125 % de la charge de refroidissement de conception), mais cette caractéristique est moins importante pour le client.

Les courbes de rendement (fondées sur le rendement signalé dans les tableaux de rendement étendu du fabricant) montrant les caractéristiques de chauffage minimum et maximum pour les deux systèmes de thermopompe à air sont tracées dans la Figure 30 par rapport aux températures extérieures et à la caractéristique de charge de chauffage de l'habitation.

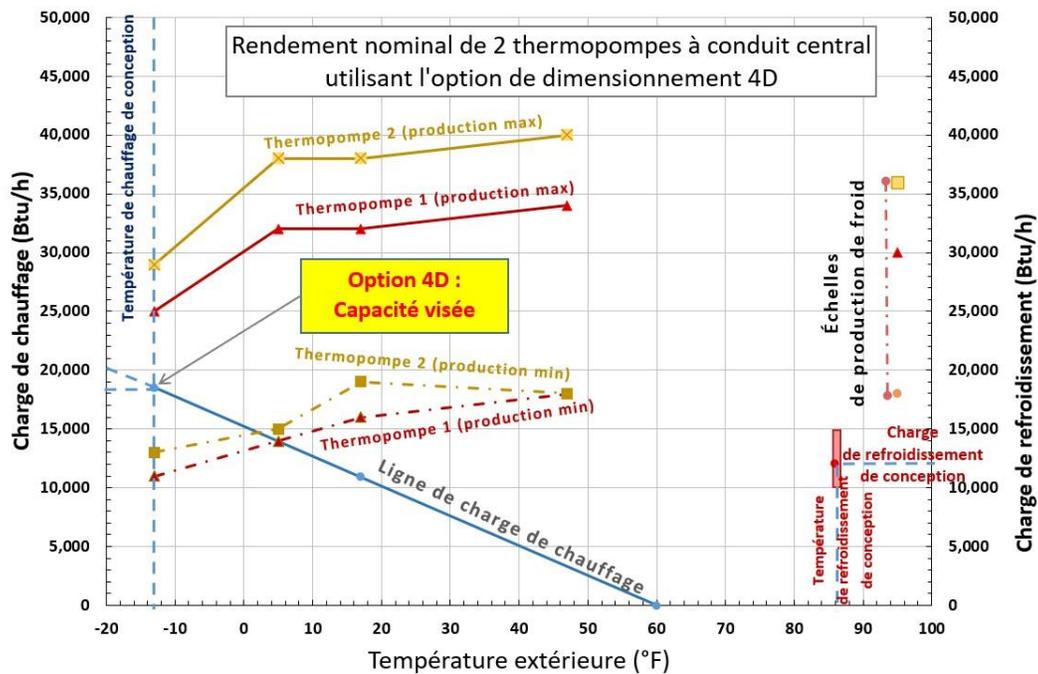


Figure 30: Rendement de thermopompe à air à capacité variable avec l'option de dimensionnement 4D (dimensionné selon la charge de chauffage de conception)

Les températures du point d'équilibre thermique (t-TPE) des deux options de thermopompe à air :

- Thermopompe à air 1 : t-TPE inférieure à la température de conception de -13 °F (-25 °C);
- Thermopompe à air 2 : t-TPE inférieure à la température de conception de -13 °F (-25 °C).

### Estimation des rapports d'échelle

L'analyse suivante fournit des estimations des rapports d'échelle des thermopompes à air envisagées.

Selon les capacités de chauffage de l'étage supérieur et de l'étage inférieur indiquées dans les tableaux de rendement du fabricant à 17 °F (-8,3 °C), les rapports d'échelle des thermopompes à air envisagées sont :

- Thermopompe à air 1 : 32 000/16 000 = 2:1
- Thermopompe à air 2 : 38 000/19 000 = 2:1

### Estimation des fractions de chauffage fournies par la thermopompe à air

Les deux thermopompes à air envisagées ont des t-TPE inférieures à la température de conception et peuvent toutes deux remplir les exigences de chauffage de l'habitation à 100 %.

Dans ce cas, la thermopompe à air 1 a été choisie, puisqu'elle correspond davantage à la ligne de charge de chauffage de conception de l'habitation que la thermopompe à air 2.

## **Résumé du rendement de la thermopompe à air choisie, ASHP1-CD-30-V**

### **Chauffage :**

- La température du point d'équilibre est inférieure à la température de conception de -13 °F (-25 °C).
- La limite de basse température est inférieure à la température de conception de -13 °F (-25 °C).
- La production de chaleur maximum à la température de conception est d'environ 32 000 Btu/h, ou 173 % de la charge de conception. La thermopompe à air a une production variable et une production minimum qui s'étend de 44 à 53 % de la production maximum dans l'échelle de température de fonctionnement, ce qui prolonge le temps de fonctionnement de la thermopompe à air.
- La fraction de chauffage total fournie par la thermopompe à air est de 100 % dans l'ensemble de la saison de chauffage.

### **Refroidissement :**

- La production de froid maximum est d'environ 30 000 Btu/h, ou 250 % de la charge de refroidissement de conception.
- La production de froid minimum est d'environ 18 000 Btu/h, ou 150 % de la charge de refroidissement de conception.

## ÉTAPE 6 : Définir la stratégie de contrôle de thermopompe à air

En suivant l'arbre de décision de la Figure 31 :

1. La thermopompe choisie peut fonctionner sous la température de conception de -13 °F (-25 °C).
2. Il n'y a pas de plan pour restreindre le fonctionnement de la thermopompe à air, et celle-ci fonctionnera dans l'ensemble de l'échelle de température extérieure.
3. La capacité de chauffage de la thermopompe à air dépasse la perte de chaleur de conception de l'habitation à la température extérieure de conception.

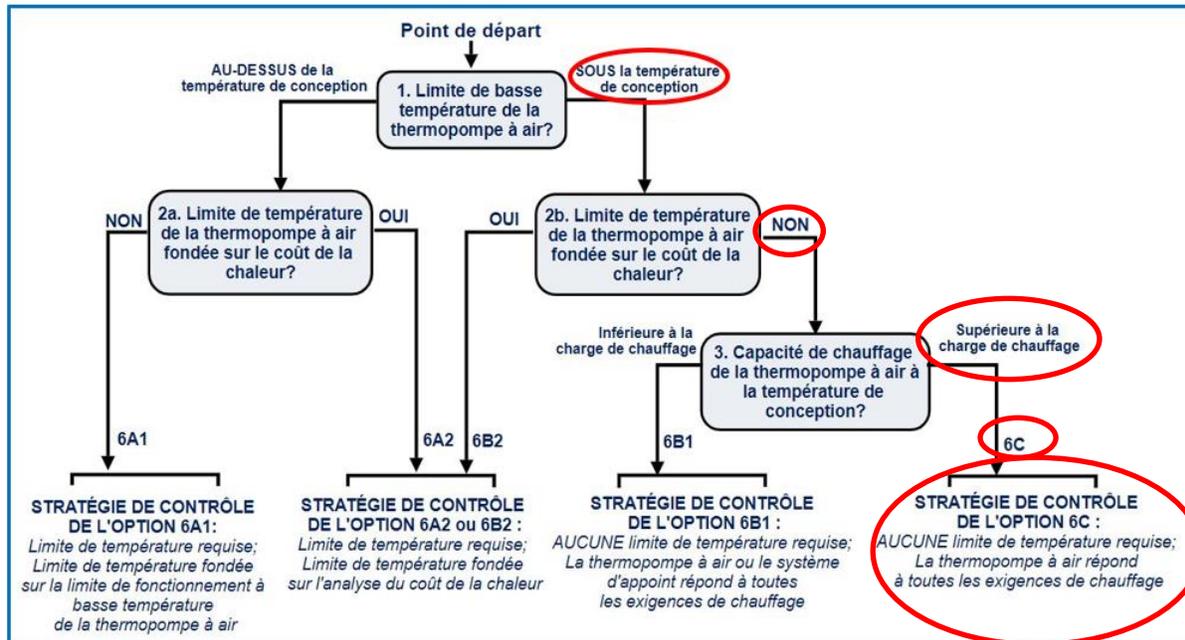


Figure 31: Arbre de décision pour déterminer la stratégie de contrôle de thermopompe à air de l'exemple D1

**La stratégie de contrôle de l'option 6C est choisie; AUCUN chauffage supplémentaire n'est requis.**

## ÉTAPE 7 : Définir les exigences de chauffage d'appoint

En suivant les critères de l'arbre de décision dans la Figure 32 :

1. **Type d'installation** : Nouvelle installation de système de CVC;
2. **Fonctionnement de la thermopompe à air restreint à basse température** : Non, la thermopompe à air n'est pas restreinte par la stratégie de contrôle choisie (c.-à-d., Option C) ou par la limite de basse température.
3. **Capacité de chauffage de la thermopompe à air à la température de conception** : Supérieure à la charge de chauffage de conception.

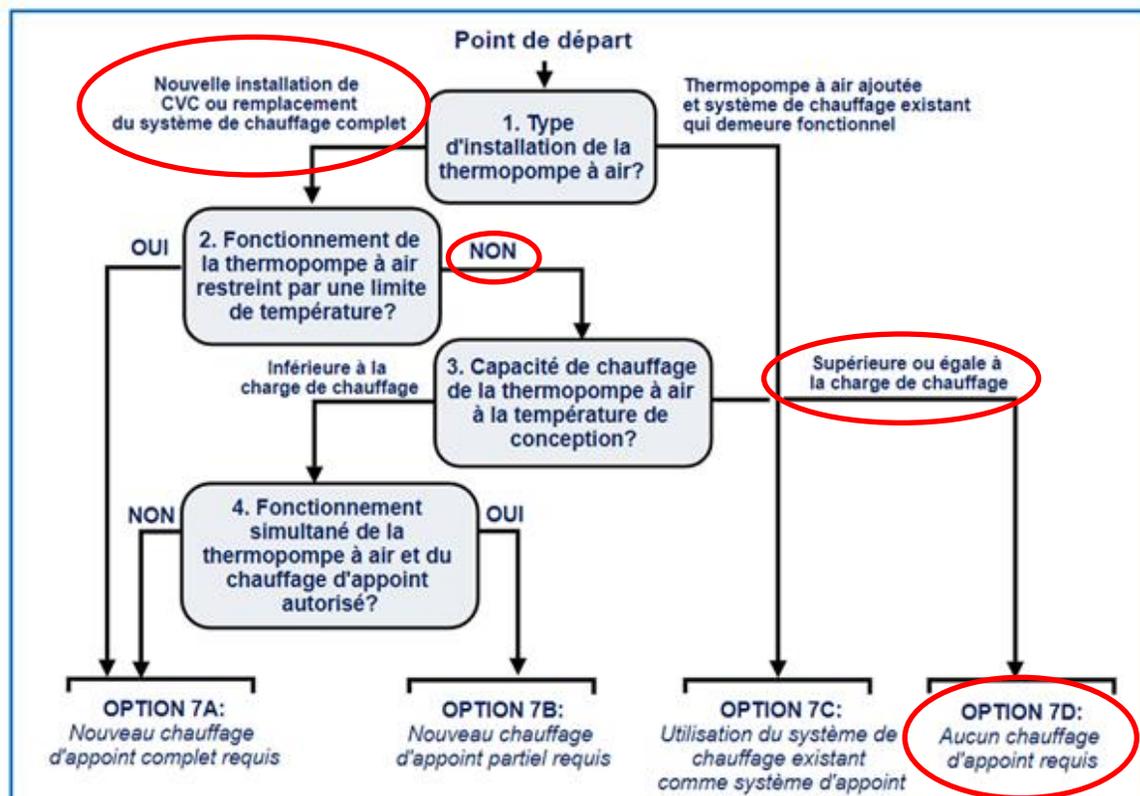


Figure 32 : Arbre de décision pour déterminer les exigences de chauffage d'appoint de l'exemple D1

L'option de chauffage d'appoint 7D est la plus appropriée; AUCUN chauffage d'appoint n'est requis.

## Exemple D2 : Ajout de thermopompe à air : Ajout de thermopompe à air sans conduit pour plusieurs zones à un système de chauffage de plinthe électrique existant à l'aide de l'option de dimensionnement D (dimensionné selon la charge de chauffage de conception)

### Contexte

Le client souhaite installer une thermopompe à air pour plusieurs zones pour climats froids pour fournir la majeure partie ou l'ensemble du chauffage des locaux de l'habitation, actuellement munie d'un système de chauffage de plinthe électrique. Le refroidissement est aussi important, mais secondaire par rapport au chauffage.

Les températures de conception propres à l'emplacement de l'habitation sont de -13 °F (-25 °C) pour le chauffage et de 86 °F (30 °C) pour le refroidissement.

### ÉTAPE 1 : Définir la configuration de thermopompe à air

Utilisez **Option 1C : Ajout de thermopompe à air mini-bibloc pour plusieurs zones**

### ÉTAPE 2 : Choisir un ou des types d'unité intérieure à utiliser avec une thermopompe à air mini-bibloc sans conduit

Les plans d'étage de l'habitation sont illustrés ci-dessous. Chaque étage sera traité comme zone distincte ou zone visée.

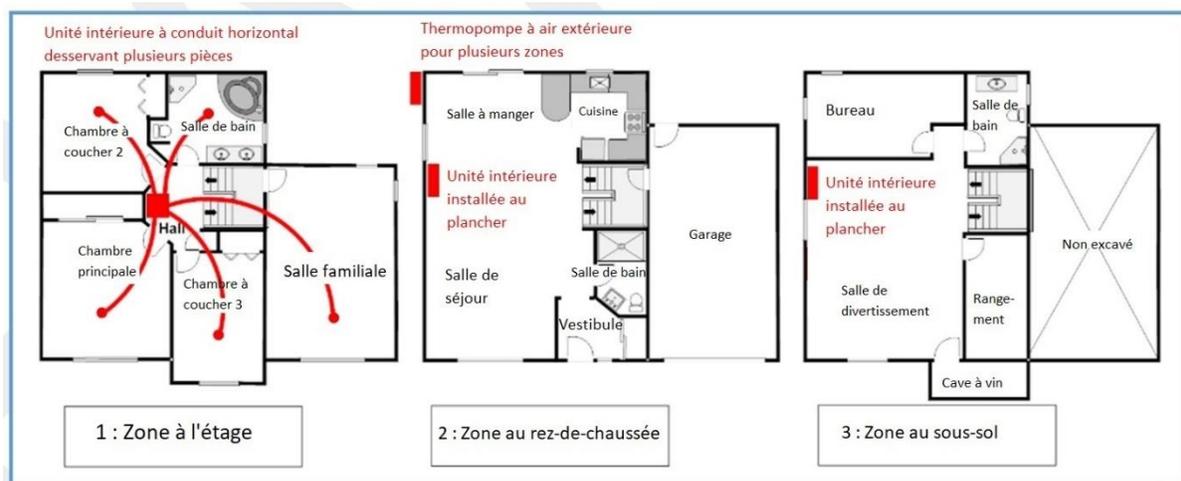


Figure 33: Plans d'étage de l'habitation et type et emplacement des unités intérieures

Les types d'unité intérieure sélectionnés pour desservir chaque zone visée sont indiqués dans la Figure 33 et décrits ci-dessous.

- La zone à l'étage utilisera une unité à conduit (Option 2D) installée dans l'espace de grenier au-dessus du hall et connectée aux diverses pièces à l'aide de conduits, comme le montre la Figure 33.
- La zone au rez-de-chaussée utilisera une unité installée au plancher (Option 2B) sur le mur extérieur de la salle à manger pour desservir le rez-de-chaussée à aire ouverte.
- La zone au sous-sol sera desservie par une unité installée au mur (Option 2A) sur le mur extérieur de la salle de divertissement.

### ÉTAPE 3 : Estimer les charges de chauffage et de refroidissement de conception

#### Utilisez **Option 3C : Modélisation des exigences énergétiques de l'habitation**

Puisqu'une solution de chauffage de zone est envisagée, le client et le concepteur ont déterminé que l'élaboration d'un modèle énergétique des charges de chauffage et de refroidissement de l'habitation est la meilleure approche pour assurer le dimensionnement approprié de l'équipement de thermopompe à air.

Un modèle énergétique a été créé pour l'habitation et a permis de déterminer les charges de chauffage et de refroidissement aux conditions de conception de chacune des zones principales de l'habitation, comme le montre le Tableau 8.

Tableau 8 : Valeurs du modèle énergétique des charges de chauffage et de refroidissement de diverses zones de l'habitation

Nom de la zone	Charges de chauffage (Btu/h)	Charges de refroidissement (Btu/h)
Étage - Salle familiale au-dessus du garage	2 277	2 900
Étage - Zone de chambres à coucher (comprend 3 chambres à coucher, la salle de bain et le hall)	13 783	8 574
<b>Sous-total de l'étage</b>	<b>16 060</b>	<b>11 474</b>
Rez-de-chaussée (comprend la cuisine, la salle à manger, la salle de séjour, la salle de bain et le vestibule)		
<b>Sous-total au rez-de-chaussée</b>	<b>9 300</b>	<b>8 527</b>
Sous-sol (comprend la salle de récréation, le bureau, la salle de bain et la salle de rangement)		
<b>Sous-total du sous-sol</b>	<b>5 380</b>	<b>3 103</b>
<b>Total de l'ensemble de l'habitation</b>	<b>30 740</b>	<b>23 104</b>

Les charges de conception de l'habitation sont :

**Chauffage : 30 740 Btu/h à une température de conception -13 °F (-25 °C);**

**Refroidissement : 23 104 Btu/h à une température de conception 86 °F (30 °C).**

## ÉTAPE 4 : Déterminer l'approche de dimensionnement et les exigences de capacité de thermopompe à air

L'option la plus appropriée est :

- **Option 4D : Dimensionné selon la charge de chauffage de conception**

Critères de dimensionnement : Production de chaleur proche ou égale à la capacité de chauffage visée à la température de conception;

La **capacité de chauffage visée** est le chauffage de la thermopompe à air de 30 740 Btu/h à -13 °F (-25 °C) [équation 5]

## ÉTAPE 5 : Déterminer et sélectionner une thermopompe à air correspondant aux exigences clés

Pour sélectionner un système de thermopompe à air pour plusieurs zones, il faut considérer le rendement de l'unité extérieure ainsi que l'emplacement et le nombre d'unités intérieures requises pour climatiser les zones visées prioritaires de l'habitation.

Certaines thermopompes à air pour plusieurs zones peuvent nécessiter l'installation d'une boîte de distribution distincte entre les unités intérieures et extérieures. L'installation peut nécessiter des considérations supplémentaires lorsque les systèmes sont conçus en fonction de l'emplacement de la boîte de distribution.

Notez que le processus de sélection de systèmes pour plusieurs zones nécessite une attention particulière. En fonction de la capacité de chauffage visée (et donc, la capacité de l'unité extérieure), le concepteur peut être limité à un nombre minimum d'unités intérieures. De plus, les capacités des unités intérieures peuvent être trop élevées pour la climatisation de salles ou de zones individuelles. En divisant l'habitation en zones, il est donc recommandé de suivre l'approche consistant à déterminer des « zones plus ou moins égales ». Cela correspond à l'étape 2 du Guide de conception de conduits par zone de RNCAN [RNCAN, 2017].

### Rendement des unités extérieures pour plusieurs zones

L'entrepreneur a déterminé, pour l'application, trois thermopompes sans conduit pour plusieurs zones pour climats froids. Les thermopompes à air sans conduit pour plusieurs zones sont composées d'une unité extérieure connectée à deux ou plusieurs unités intérieures.

Les données de rendement des trois systèmes sont fournies dans le Tableau 9 pour les unités extérieures.

Tableau 9 : Données de rendement du fabricant pour les thermopompes sans conduit utilisant l'option de dimensionnement D

Modèle	Nombre d'étages	Nombre maximum d'unités intérieures	Capacité de refroidissement max/min à 95 °F (Btu/h)	Chauffage max/min à 47 °F (Btu/h)	Chauffage max/min à 17 °F (Btu/h)	Chauffage maximum à 5 °F (Btu/h)	Chauffage maximum à -13 °F (Btu/h)
<b>ASHP1-MZ-030-V</b>	Capacité variable	3	Max : 28 400 Min : 12 500	Max : 28 600 Min : 11 400	Max : 28 600 Min : 13 100	28 600	25 200

<b>ASHP2-MZ-036-V</b>	Capacité variable	4	Max : 36 000 Min : 9 600	Max : 45 000 Min : 22 500	Max : 45 000 Min : 22 500	45 000	34 200
<b>ASHP3-MZ-042-V</b>	Capacité variable	5	Max : 42 000 Min : 11 200	Max : 48 000 Min : 24 000	Max : 48 000 Min : 24 000	48 000	36 500

Les courbes de rendement montrant les caractéristiques de chauffage maximum et minimum pour les trois systèmes de thermopompe à air sont tracées dans la Figure 33 par rapport aux températures extérieures et à la caractéristique de charge de chauffage de l'habitation.

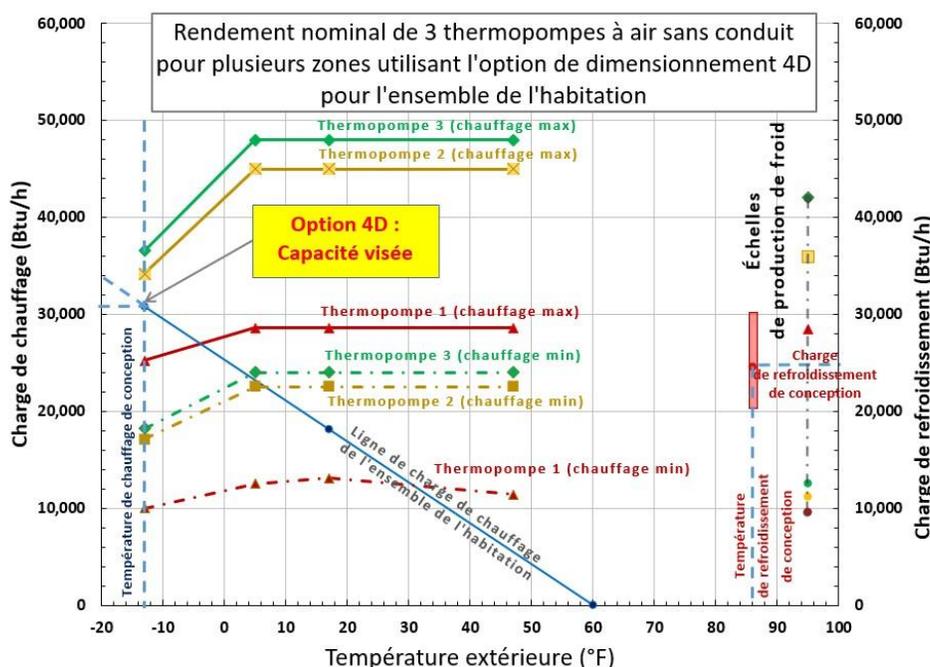


Figure 34: Rendement de thermopompe à air pour plusieurs zones à l'aide de l'option de dimensionnement 4D pour la charge de l'ensemble de l'habitation

Deux des trois thermopompes à air envisagées ont des capacités de chauffage maximum qui dépassent l'exigence de chauffage de conception de l'habitation de 30 740 Btu/h à une température extérieure de -13 °F (-25 °C).

- Les thermopompes à air 2 et 3 ont des productions de chauffage maximum de 34 200 Btu/h et de 36 500 Btu/h, respectivement, qui dépassent l'exigence de chauffage totale de l'habitation à la température de conception.
  - Les productions de chaleur minimum des thermopompes à air 2 et 3 croisent la ligne de charge de l'habitation à environ 5 °F (-15 °C), et celles-ci pourront fonctionner à capacité variable à des températures extérieures égales ou inférieures à cette valeur. Ces thermopompes plus grandes fonctionneront donc à une production minimum avec fluctuation entre marche et arrêt afin de contrôler la capacité pendant la majeure partie de la saison de chauffage.
  - La thermopompe à air extérieure 2 peut prendre en charge jusqu'à 4 unités intérieures, alors que la thermopompe à air 3, plus grande, peut prendre en charge jusqu'à 5 unités intérieures.

- La thermopompe à air 1 a une production maximum de 25 200 Btu/h à -13 °F (-25 °C), ce qui est légèrement inférieur (c.-à-d., 82 %) à l'exigence de chauffage de conception.
  - La production de chaleur minimum de la thermopompe à air 1 croise la ligne de charge de l'habitation à environ 30 °F (-1 °C), et celle-ci pourra fonctionner à capacité variable à des températures extérieures égales ou inférieures à cette valeur. La thermopompe à air 1 pourra donc fonctionner dans son échelle de capacité variable pendant la majeure partie de la saison de chauffage.
  - La thermopompe à air extérieure 1 peut prendre en charge jusqu'à 3 unités intérieures.
- Les températures du point d'équilibre thermique (t-TPE) des trois thermopompes à air sont :
  - Thermopompe à air 1 : t-TPE de -4 °F (-20 °C);
  - Thermopompe à air 2 : t-TPE inférieure à la température de conception de -13 °F (-25 °C);
  - Thermopompe à air 3 : t-TPE inférieure à la température de conception de -13 °F (-25 °C).

### Estimation des rapports d'échelle

L'analyse suivante fournit des estimations des rapports d'échelle des thermopompes à air envisagées.

Selon les capacités de chauffage de l'étage supérieur et de l'étage inférieur indiquées dans les tableaux de rendement du fabricant à 17 °F (-8,3 °C), les rapports d'échelle des thermopompes à air envisagées sont :

- Thermopompe à air 1 :  $28\ 600/13\ 100 = 2,2:1$
- Thermopompe à air 2 :  $45\ 000/22\ 500 = 2:1$
- Thermopompe à air 3 :  $48\ 000/24\ 000 = 2:1$

### Estimation des fractions de chauffage fournies par la thermopompe à air

L'analyse suivante fournit des estimations du rendement de chauffage relatif de chaque thermopompe à air envisagée.

- À l'aide de la carte de zone climatique (voir l'Annexe 1 de ce document), il est déterminé que l'habitation est située dans la zone climatique « froid-humide ».

En utilisant la température du point d'équilibre thermique (t-TPE) de chaque système indiqué dans la Figure 27, la fraction de chauffage annuel total pouvant être fournie au-dessus des t-TPE est estimée pour la zone climatique « froid-humide » à l'aide du graphique inclus dans l'Annexe 1 de ce document.

Les résultats sont présentés ci-dessous :

Thermopompe à air 1 : t-TPE = -4 °F (-20 °C); Fraction de chauffage annuel au-dessus de la t-TPE d'environ 96 %

Thermopompe à air 2 : t-TPE inférieure à la température de conception; Fraction de chauffage annuel fournie de 100 %

Thermopompe à air 3 : t-TPE inférieure à la température de conception; Fraction de chauffage annuel fournie de 100 %

Malgré les différences de point d'équilibre, la quantité de chauffage devant être fournie par les trois systèmes est très similaire.

Dans ce cas, la thermopompe à air 1 est choisie par le client, puisqu'elle correspond davantage à la ligne de charge de chauffage de l'habitation que les deux autres options. La capacité de refroidissement inférieure de la thermopompe à air 1 correspondra aussi davantage aux exigences de refroidissement que les deux autres thermopompes

La sélection de la thermopompe à air extérieure 1 limite le nombre d'unités intérieures, puisque ce modèle de thermopompe pour plusieurs zones est limité à 3 zones intérieures. Les considérations au sujet des unités intérieures sont abordées dans la section suivante.

### Capacité des unités intérieures

La configuration de système choisie par le client est un système pour trois zones (une zone par étage), comme le décrit le Tableau 10. Les trois zones seront climatisées par des unités intérieures individuelles connectées à l'unité extérieure multi-bibloc sélectionnée précédemment.

L'installation de ce modèle de thermopompe pour plusieurs zones particulier ne nécessite pas de boîte de distribution.

Différents styles et capacités d'unités intérieures ont été sélectionnés pour mieux remplir les exigences thermiques de chaque zone, comme le décrivent l'étape 2 et la Figure 33.

Tableau 10 : Type et capacités des unités intérieures utilisées dans l'application de thermopompe à air mini-bibloc pour plusieurs zones

Zone	Modèle d'unité intérieure	Type d'unité intérieure	Capacité de chauffage nominale à 47 °F (Btu/h)	Capacité de chauffage disponible maximum* à 47 °F (Btu/h)	Capacité de chauffage disponible maximum* à -13 °F (Btu/h)
1	IDU-D-15	Unité à conduit compact	18 000	14 260	12 550
2	IDU-F-09	Unité installée au plancher	10 900	8 635	7 600
3	IDU-F-06	Unité installée au mur	7 200	5 708	5 020
<b>Toutes</b>		<b>Total</b>	<b>36 100</b>	<b>28 600*</b>	<b>25 170*</b>

\* Productions de chauffage disponible maximum à 47 °F et -13 °F de l'unité extérieure sélectionnée.

La capacité de chauffage nominale des trois unités intérieures connectées dépasse la production de l'unité extérieure choisie. La capacité de chauffage disponible estimée pour chacune des zones à 47 °F et à -13 °F est indiquée dans les deux dernières colonnes du Tableau 10, en fonction de la production de chaleur totale fournie par l'unité extérieure à ces températures extérieures.

### Résumé du rendement de la thermopompe à air extérieure choisie, ASHP1-MZ-030-V, connectée à trois unités intérieures

#### Chauffage :

- La température du point d'équilibre est de -4 °F (-20 °C).
- La limite de basse température est inférieure à la température de conception de -13 °F (-25 °C).
- La production de chaleur maximum à la température de conception est d'environ 25 170 Btu/h, ou 82 % de la charge de conception.
- La thermopompe à air a une production variable, un rapport d'échelle de 2,2:1 et une production de chaleur minimum qui s'étend de 10 000 Btu/h à 13 100 Btu/h dans l'échelle de température de fonctionnement. Cette capacité variable prolongera le temps de fonctionnement de la thermopompe à air lorsque les températures sont moins élevées et lorsque moins de trois zones intérieures ont besoin de chauffage.
- La fraction de chauffage total fournie par la thermopompe à air est estimée à environ 96 % dans l'ensemble de la saison de chauffage.

**Refroidissement :**

- La production de froid maximum est d'environ 28 400 Btu/h, ou 123 % de la charge de refroidissement de conception, alors que la production de froid minimum est de 12 500 Btu/h. La charge de refroidissement de conception de 23 140 Btu/h s'inscrit donc dans l'échelle de fonctionnement de la thermopompe à air.

## ÉTAPE 6 : Définir la stratégie de contrôle de thermopompe à air

En suivant l'arbre de décision de la Figure 35 :

1. Les données du fabricant indiquent que la thermopompe à air mini-bibloc choisie peut fonctionner à des températures extérieures inférieures à la température de conception de -13 °F (-25 °C). Il n'y a donc pas d'exigence de restriction du fonctionnement de la thermopompe à air en fonction de la température extérieure basse.
2. Les thermopompes à air sont des ajouts à un système de chauffage de plinthe électrique, fonctionnant chacun à l'électricité. Il n'y a donc pas d'exigence de passage économique au chauffage d'appoint.
3. La capacité de chauffage de la thermopompe à air est inférieure à la charge de chauffage de conception à la température de conception.

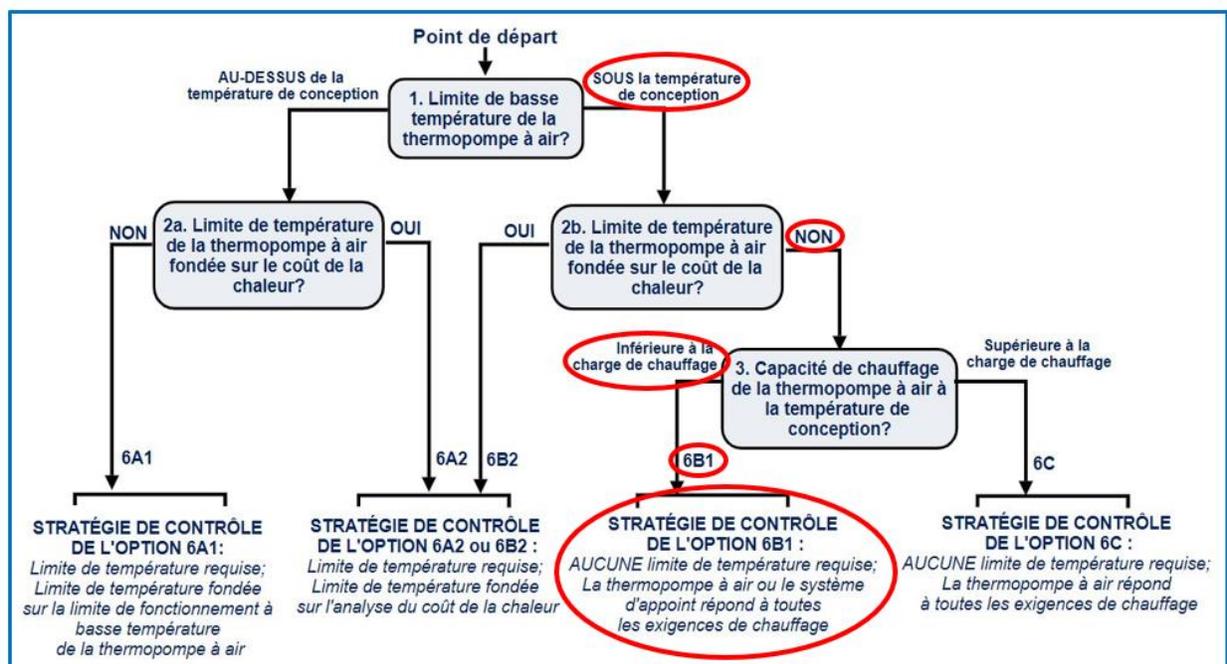


Figure 35: Arbre de décision pour déterminer la stratégie de contrôle de thermopompe à air de l'exemple D2

L'**option de contrôle 6B1** est choisie avec les thermopompes à air ajoutées et le système de chauffage de plinthe d'origine fonctionnant dans l'ensemble de l'échelle de température.

- Les contrôles intégrant la thermopompe à air et le système de chauffage de plinthe électrique existant n'étaient pas disponibles pour ce modèle de thermopompe à air.
  - Chaque unité de thermopompe à air intérieure contrôlera le système de chauffage de plinthe existant afin que les plinthes ne fournissent de chauffage que lorsque la thermopompe à air n'arrive pas à remplir les exigences de chauffage.
  - Cette approche de contrôle nécessite une connexion d'appel de chaleur auxiliaire à un thermostat de plinthe sans fil situé dans les zones visées desservies par la thermopompe à air. Le thermostat de plinthe sans fil transmet l'appel de chaleur auxiliaire aux récepteurs sans fil qui se trouvent à l'intérieur ou à côté des plinthes

électriques installées dans les zones visées desservies par l'unité de thermopompe à air intérieure. Seules les plinthes des zones visées climatisées par la thermopompe à air nécessitent ces contrôles.

## ÉTAPE 7 : Définir les exigences de chauffage d'appoint

La thermopompe à air sans conduit pour plusieurs zones est ajoutée au système de chauffage de plinthe électrique d'origine, qui demeure intact et fonctionnel et qui a la capacité de répondre à la charge de chauffage de conception de l'habitation, au besoin.

En suivant les critères de l'arbre de décision dans la Figure 36 :

1. **Type d'installation** : Ajout de thermopompe à air au système de chauffage existant, qui demeure fonctionnel.

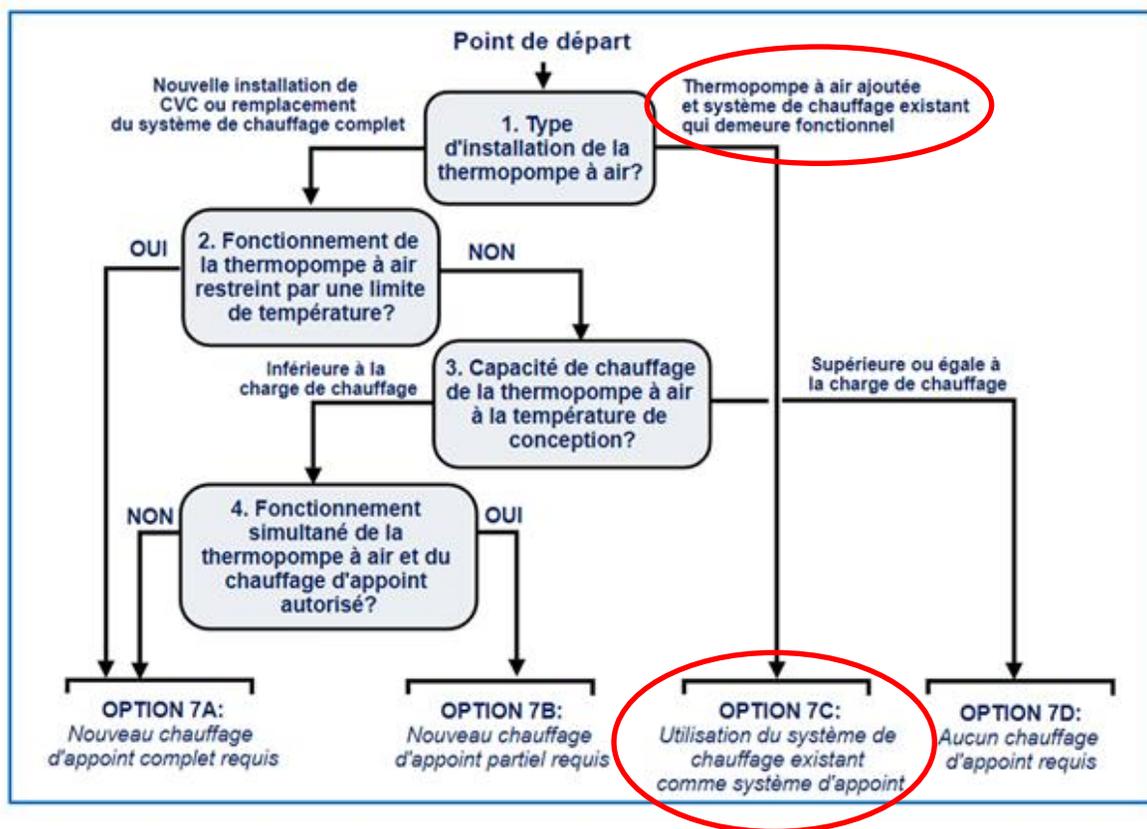


Figure 36: Arbre de décision pour déterminer les exigences de chauffage d'appoint de l'exemple D2

**L'option de chauffage d'appoint 7C est la plus appropriée.**

- Utilisez le système de chauffage de plinthe existant comme chauffage d'appoint;
- Aucun nouveau système d'appoint n'est requis.

## ANNEXE 1 – Fraction de chauffage annuel total au-dessus d'une température extérieure pour les zones climatiques du Canada

Utilisez le graphique suivant pour estimer la fraction de chauffage annuel total qu'une thermopompe à air peut fournir au-dessus d'une température extérieure donnée (p. ex., température du point d'équilibre, température de limite économique, etc.).

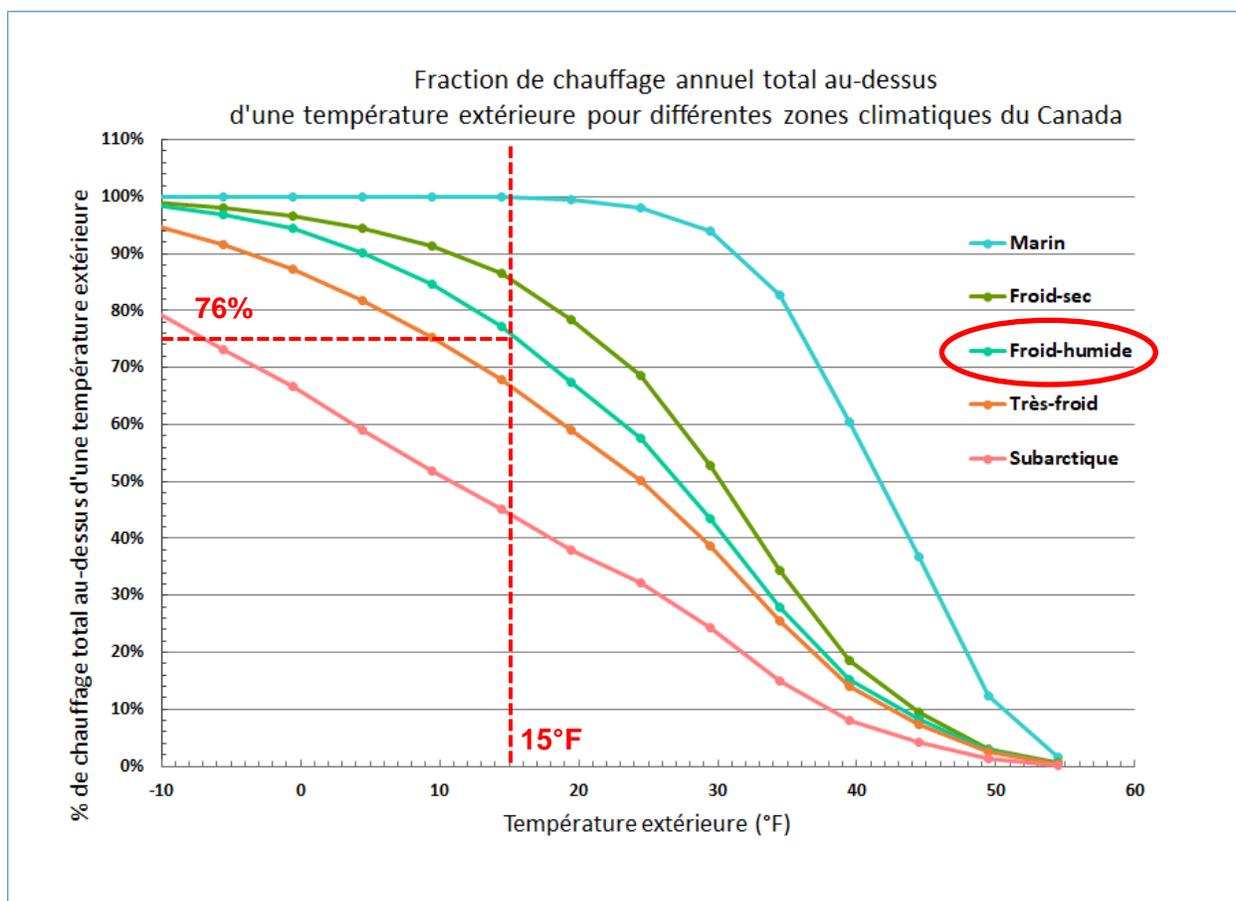


Figure 37: Courbes de fraction de chauffage annuel total pour cinq zones climatiques du Canada

### Exemple d'utilisation du graphique :

1. Une thermopompe à air installée dans une habitation a une température du point d'équilibre thermique de 15 °F.
  - a. Tracez une ligne verticale à 15 °F, sur l'axe horizontal.
2. L'habitation est située dans la zone climatique froid-humide du Canada; La zone climatique de votre emplacement peut être déterminée à l'aide de la carte fournie à la page suivante.
  - a. Marquez l'intersection entre la ligne verticale et la courbe de la zone climatique appropriée.

b. Tracez une ligne horizontale à partir de l'intersection, sur l'axe vertical

**3. La fraction de chauffage annuel total fournie au-dessus de la température donnée est lue sur l'axe vertical du graphique.**

a. Dans cet exemple, la fraction de chauffage annuel total fournie au-dessus de 15 °F est d'environ 76 %.

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 ».



Figure 38: Zones climatiques pour les applications de thermopompe

## ANNEXE 2 – Références

Ressources naturelles Canada (RNC). *Guide de conception de conduits par zone*.  
Version 1.0. 2017. Accessible en ligne.

DRAFT