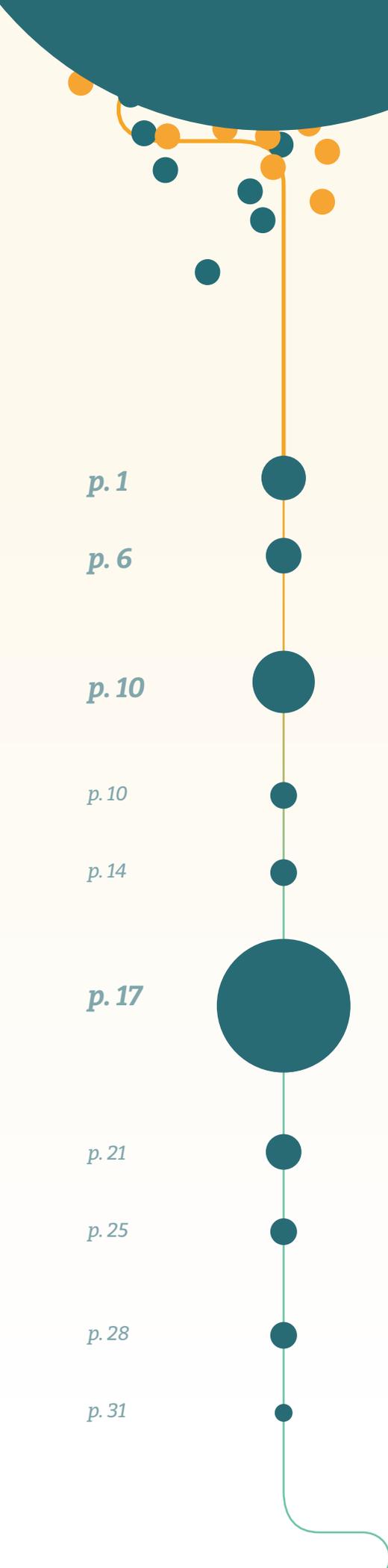


Thermopompes rentables



Chauffer et climatiser
à faibles coûts
au Canada

SEPTEMBRE 2023



<i>p. 1</i>		Résumé
<i>p. 6</i>		1. Introduction
<i>p. 10</i>		2. Les bénéfices des thermopompes
<i>p. 10</i>	2.1	Les thermopompes sont un outil essentiel pour libérer les résidences de l'énergie fossile
<i>p. 14</i>	2.2	Les thermopompes peuvent protéger les Canadiens contre la chaleur extrême
<i>p. 17</i>		3. L'avantage économique des thermopompes par rapport aux autres solutions
<i>p. 21</i>	3.1	Les thermopompes offrent l'option la moins coûteuse pour la majorité des ménages
<i>p. 25</i>	3.2	Les tarifs régionaux de l'énergie et les conditions climatiques sont les plus importants facteurs de différenciation des avantages économiques
<i>p. 28</i>	3.3	Les politiques et programmes soutiennent l'avantage économique des thermopompes
<i>p. 31</i>	3.4	Dans la majorité des cas, pour le chauffage par thermopompe, le système d'appoint le moins coûteux est alimenté à l'électricité, non au gaz

p. 33



4. Obstacles à l'adoption de la thermopompe

p. 34



4.1 La confiance des consommateurs est minée par un manque de connaissances et d'information claire

p. 35



4.2 Les coûts initiaux élevés restent un obstacle majeur

p. 36



4.3 Des programmes complexes et compliqués nuisent à l'adoption

p. 38



4.4 Les obstacles structureux limitent l'accès à plusieurs ménages

p. 41



5. Incidences des politiques et recommandations

p. 46



Annexe

p. 51



Références

p. 59



Remerciements

Cet ouvrage a été mis à jour en mars 2024 afin d'apporter des corrections liées à des hypothèses de modélisation plus récentes. Ces changements ne touchent pas sensiblement les conclusions ni les recommandations du rapport. Le principal changement dans les résultats est que le chauffage hybride s'avère désormais être l'option technologique la plus compétitive en termes de coûts à Edmonton et à Toronto dans la plupart des cas.

Résumé

La technologie des thermopompes est particulièrement bien adaptée pour remédier tant aux causes qu'aux répercussions des changements climatiques. Le rôle des thermopompes pour limiter la libération des gaz qui piègent la chaleur est bien connu : le passage des chauffe-eau et des fournaies alimentées aux combustibles fossiles aux thermopompes alimentées à l'électricité peut mener à l'élimination quasi totale des émissions dans les régions alimentées par l'énergie propre, et même dans les endroits où la production d'électricité entraîne des émissions relativement importantes, les thermopompes produisent moins d'émissions que les fournaies au gaz (Agence internationale de l'énergie, 2022). Les thermopompes peuvent également assurer une protection en cas de chaleur extrême, ce qui en fait un atout précieux et une source de résilience vitale alors que les vagues de chaleur sont de plus en plus fréquentes et intenses en raison de l'ampleur croissante des changements climatiques. Comme l'ont démontré les récents épisodes de chaleur extrême, l'accès à la climatisation de l'espace peut être un enjeu vital. Par exemple, seulement 1% des 619 personnes décédées en raison de l'exposition à la chaleur extrême pendant la vague de chaleur en Colombie-Britannique avait la climatisation de l'espace dans leur résidence au moment de leur décès (Bureau des coroners de la Colombie-Britannique, 2022).

Malgré les bénéfices des thermopompes, la lenteur de l'adoption de cette technologie par les ménages dans l'ensemble du pays ne permet pas au Canada d'atteindre les objectifs fixés de réduction des émissions et d'augmentation de la résilience. L'information plus claire sur les coûts des différentes technologies de chauffage et climatisation est un élément clé d'accélération de l'adoption parce que l'amélioration de l'information accessible aux consommateurs leur permet de prendre une décision éclairée et que les instances politiques en ont également besoin pour déterminer les politiques

à adopter, soit pour entraîner une réduction des coûts ou pour éliminer d'autres obstacles.

L'inertie du statu quo des systèmes alimentés au gaz mène à une déficience d'information accessible et crédible sur les thermopompes et à une information incomplète ou inexacte sur le coût du gaz par rapport aux autres options. Pour contribuer à combler cette lacune, nous évaluons le coût du cycle de vie de différentes combinaisons de systèmes de chauffage et climatisation de résidences de différents âges et types, dans cinq villes canadiennes, pour faire une comparaison entre les thermopompes et la combinaison bien établie de chauffage au gaz et de climatisation. Nous constatons que l'installation d'une thermopompe est déjà l'option la plus économique pour la majorité des ménages, pour la période du cycle de vie du système. Nous examinons aussi les obstacles supplémentaires qui peuvent ralentir l'adoption de la thermopompe malgré leur avantage économique, notamment le manque de confiance des consommateurs, les coûts initiaux élevés, la complexité de la navigation dans les programmes gouvernementaux de rabais et de prêts, et les obstacles systémiques qui réduisent l'accès de certains segments de la population.

Notre analyse nous mène aux conclusions suivantes:

- 1. Les thermopompes offrent l'option la moins coûteuse pour la majorité des ménages.** Les thermopompes offrent l'option la moins coûteuse de chauffage et climatisation pour la majorité des ménages et s'avèrent généralement plus économiques que le chauffage au gaz avec la climatisation. Cette conclusion vaut particulièrement pour les résidences unifamiliales et les maisons en rangée, peu importe l'âge du bâtiment, dans la plupart des villes modélisées. Malgré le coût initial plus élevé des thermopompes, leur efficacité et leur double fonction de climatisation et de chauffage confirment leur avantage économique.
- 2. Les principaux facteurs de compétitivité des coûts sont les conditions climatiques et les prix de l'énergie d'une région à l'autre.** Dans les endroits où les prix de l'électricité sont bas par rapport au gaz (comme à Montréal et Halifax) et le climat relativement tempéré (comme à Vancouver et Halifax), la thermopompe surpasse le chauffage au gaz, et ce, même dans les pires scénarios : coûts élevés de l'équipement, prix de l'électricité élevé et prix du gaz bas) dans la plupart des types de logement. En revanche, les prix du gaz bas et le climat froid d'Edmonton signifient que la thermopompe avec appoint au gaz ou la fournaise au gaz avec climatiseur sont les options les plus compétitives en termes de coûts.
- 3. Des politiques et des programmes soutiennent l'avantage économique des thermopompes.** Les programmes de rabais existants, tant fédéraux que provinciaux, ainsi que la tarification du carbone, soutiennent l'avantage économique des thermopompes. Ce constat vaut pour l'ensemble du pays; toutefois, dans certaines régions, les thermopompes s'avèrent le choix le plus économique, même en l'absence de programme, alors que dans d'autres régions, les thermopompes sont plus ou moins économiques

selon la combinaison des politiques en vigueur, particulièrement selon l'hypothèse de coût initial élevé et de tarif d'électricité bas.

- 4. Dans la majorité des cas, le système d'appoint le moins coûteux pour le chauffage par thermopompe est alimenté à l'électricité, non au gaz.** Le scénario entièrement électrique, soit une thermopompe avec un système d'appoint électrique au lieu d'un système d'appoint au gaz, serait l'option la moins coûteuse pour la majorité des ménages, plus particulièrement à Toronto, Montréal et Halifax.
- 5. Malgré l'avantage économique des thermopompes pendant leur cycle de vie, leur relativement faible taux d'adoption indique d'autres obstacles qui empêchent les ménages de choisir une thermopompe lorsqu'ils doivent remplacer leur système de chauffage ou de climatisation.** Ces obstacles sont de nature comportementale, économique et structurelle. Ils comprennent notamment le manque d'information à propos du rendement et du coût d'une thermopompe qui mine la confiance des consommateurs, la tendance des ménages à accorder une très grande importance au coût initial et à ignorer les éventuels bénéfices d'une thermopompe lorsqu'ils prennent une décision d'achat, le fardeau administratif de la navigation dans les programmes de rabais complexes et lourds, et les obstacles structurels qui limitent l'accès aux thermopompes pour certains segments de la population.

En nous appuyant sur ces conclusions, nous faisons cinq recommandations que les gouvernements peuvent envisager pour accélérer l'adoption de la thermopompe dans l'ensemble du pays.

- 1. Tous les ordres de gouvernement devraient maintenir les politiques et les rabais qui soutiennent l'adoption de la thermopompe, même si l'adoption s'accélère.** La combinaison des politiques actuelles permet aux thermopompes d'être l'option de chauffage et de climatisation la plus économique pour la majorité des ménages dans la plupart des villes que nous avons modélisées. Il serait éventuellement possible de mettre fin à certains programmes lorsque le marché aura atteint une certaine maturité et que les coûts finiront par diminuer, mais les soutiens qui ciblent les ménages à faible revenu devront probablement être maintenus à long terme.
- 2. Tous les ordres de gouvernement devraient simplifier les programmes existants et améliorer l'équité d'accès.** Des améliorations à la conception et à la coordination des programmes existants pourraient comprendre l'assouplissement des exigences de vérification de la consommation énergétique de la résidence comme condition d'admissibilité, l'harmonisation de l'admissibilité des appareils et d'autres critères d'admissibilité des gouvernements, et l'amélioration de l'accès aux locataires, y compris en élargissant l'admissibilité des propriétaires-locataires au rabais pour les propriétés louées. De plus, les gouvernements devraient envisager de simplifier les programmes pour réduire ou éliminer le fardeau du coût initial pour les consommateurs, par exemple, par le biais de rabais au point de vente et de financement sur facture.

- 3. Les gouvernements provinciaux devraient soutenir l'établissement d'un guichet unique de services pour les questions concernant l'énergie et l'efficacité.** Une organisation centralisée serait le seul point d'entrée pour les consommateurs qui souhaitent obtenir de l'information, du soutien, une aide financière et des services du programme pour le chauffage et la climatisation résidentiels, y compris l'installation d'une thermopompe, les rénovations écoénergétiques et l'accès à une aide financière ou au financement. Un tel guichet contribuerait également à bâtir la confiance des consommateurs et à mieux soutenir les ménages tout au long du processus de dépôt de demande au programme et d'installation.
- 4. Pour protéger les Canadiens contre les épisodes de plus en plus fréquents de chaleur extrême et améliorer l'équité d'accès à la climatisation vitale de l'espace, les gouvernements devraient établir des limites de température intérieure maximale et des exigences de climatisation active et passive.** Les provinces devraient faire la mise à jour de leur code du bâtiment pour exiger le maintien de limites de température maximale sécuritaire par le biais d'une combinaison de climatisation active et passive. Le gouvernement fédéral devrait s'assurer que les prochains facteurs décisionnels concernant la résilience, intégrés au code du bâtiment, comprennent également des exigences de climatisation et de limites de température intérieure maximale sécuritaire.
- 5. Les gouvernements provinciaux et municipaux devraient exiger le chauffage et la climatisation haute efficacité et non polluants dans les nouveaux bâtiments, dans les régions où le scénario du chauffage entièrement électrique est l'option la plus économique, pour éviter de maintenir l'infrastructure et l'équipement dépendant de l'énergie fossile.** Une telle contrainte permettrait d'éviter de prolonger l'infrastructure gazière jusqu'aux nouveaux lotissements; une infrastructure qui pourrait être éventuellement abandonnée ou contribuer à la hausse des factures d'énergie alors que le pays entreprend la décarbonisation.

● Notre plateforme interactive en ligne permet d'approfondir.

La thermopompe, un choix rentable

Comparaison des options de chauffage et de climatisation au Canada

Les thermopompes offrent une solution de chauffage et de climatisation souvent rentable et moins polluante.

Cet outil interactif vous permet de comparer les coûts d'une thermopompe à celui d'autres options dans cinq villes canadiennes. Préparé par les experts de l'Institut climatique du Canada, il s'inspire de l'analyse économique approfondie du rapport complémentaire **Thermopompes et rentabilité : pour un chauffage et une climatisation économiques au Canada**. À noter que les résultats reflètent les coûts moyens et non la situation exacte de chaque utilisateur.

Commencer ➤

CANADIAN CLIMATE INSTITUTE / L'INSTITUT CLIMATIQUE DU CANADA



Consultez notre plateforme interactive en ligne www.calculatricethermopompe.ca

1. Introduction

La technologie des thermopompes est cruciale pour remédier tant aux causes qu'aux répercussions des changements climatiques. Puisqu'elles produisent du chauffage et de la climatisation à partir de l'électricité au lieu d'un combustible fossile et qu'elles sont extrêmement efficaces, les thermopompes sont un outil efficace de réduction des émissions attribuables aux résidences et aux bâtiments. Et puisqu'elles fournissent le chauffage et la climatisation dans un seul appareil, elles permettent d'augmenter le nombre de résidences canadiennes ayant accès à la technologie de climatisation, et ainsi d'éviter aux Canadiens les impacts de plus en plus dévastateurs des changements climatiques.

Pour exploiter ce potentiel, toutefois, il faudra accélérer plus rapidement l'adoption des thermopompes pour le chauffage et la climatisation résidentiels au Canada. Bien qu'il existe actuellement plusieurs politiques et programmes fédéraux et provinciaux, et dans certains endroits, des soutiens municipaux à l'adoption de la thermopompe, il y a un écart entre l'adoption réelle de cette technologie dans l'ensemble du pays jusqu'à présent et le taux d'adoption qui doit être obtenu pour que le Canada atteigne ses cibles d'émissions et de résilience (Kanduth, 2022; voir la [section 2](#)).

Le présent rapport porte sur les meilleurs moyens d'augmenter l'adoption de cette technologie cruciale pour assurer l'efficacité énergétique et la résilience des bâtiments au cours des prochaines années. Le choix du consommateur peut être un facteur critique de diminution de l'écart entre nos cibles et l'adoption réelle de la thermopompe, et le coût est d'importance centrale pour façonner le choix du consommateur. Par conséquent, nous comparons les coûts pour déterminer les conditions qui favorisent l'adoption de la thermopompe par rapport aux autres options de chauffage et de climatisation, puis nous analysons les autres obstacles qui ralentissent la transition vers la thermopompe.

Nous évaluons le coût du cycle de vie des thermopompes par rapport aux technologies conventionnelles de chauffage et climatisation les plus courantes : une fournaise au gaz associée à un climatiseur central. Pour présenter un portrait nuancé et pertinent pour une vaste gamme de ménages canadiens, nous modélisons des logements de différents types et âges dans cinq villes, soit Vancouver, Edmonton, Toronto, Montréal et Halifax, ce qui nous permet d'évaluer les effets des différents climats, tarifs d'électricité et programmes de rabais offerts¹.

Bien que certaines variations puissent être observées dans l'ensemble du pays et selon les différents types de résidences, nos résultats démontrent que l'installation d'une thermopompe est déjà l'option la plus économique pour la majorité des ménages, pour le cycle de vie du système.

Les autres obstacles viendraient probablement limiter l'adoption dans l'ensemble du Canada. Nous étudions la recherche et les études de cas réalisés sur l'adoption par les consommateurs pour mieux comprendre ces obstacles et nous en concluons que certains obstacles empêchent le passage à la thermopompe, dont plusieurs sont liés au fait que le marché de la thermopompe en est encore à ses débuts et que la technologie reste relativement peu familière pour la majorité des Canadiens. L'absence de confiance du consommateur découlant du

L'installation d'une thermopompe est déjà l'option la plus économique pour la majorité des ménages, pour le cycle de vie du système.

manque d'information claire et fiable sur le coût et le rendement de la thermopompe est un obstacle psychologique important à ce passage. De plus, bien que notre analyse démontre que les thermopompes sont généralement l'option la plus économique pour la durée utile de l'appareil, les ménages ont tendance à accorder une très grande importance aux coûts initiaux, qui restent plus élevés pour les thermopompes, qu'aux coûts du cycle de vie et de l'utilisation (Kaufman et coll., 2019). Les gouvernements offrent des programmes de rabais et de prêts; toutefois, même s'ils réduisent effectivement les coûts, ces programmes sont souvent complexes et difficiles à comprendre, plus particulièrement lorsque les ménages ont peu de temps pour prendre une décision de remplacement de l'appareil de chauffage. Finalement, nous relevons certains obstacles structureaux qui créent un accès inéquitable dans l'ensemble du pays et limitent la capacité de bon nombre de ménages à accéder à cette technologie.

Bien que ces obstacles peuvent diminuer au fil du temps alors que le marché prendra de la maturité, que les coûts continueront à diminuer et que le confort offert par cette technologie s'améliorera, il est peu probable que la situation change à la vitesse et à l'échelle nécessaires pour que le Canada atteigne ses cibles d'émissions et de résilience sans nouvelles interventions politiques (voir la [section 2](#)). Autrement dit, les instances politiques ont un rôle à jouer maintenant et au cours des prochaines années pour cibler directement les obstacles comportementaux, structureaux et financiers et accélérer l'adoption de la thermopompe dans l'ensemble du pays.

¹. Pour obtenir de plus amples détails sur notre approche et nos hypothèses de modélisation, voir la [section 3](#) et le rapport technique joint. Les récentes études ont également contribué à mieux comprendre l'avantage économique des thermopompes par rapport aux autres solutions, notamment celles de Ferguson et Sager, 2022; de l'Agence internationale de l'énergie, 2022; de Kaufman et coll., 2019; de Billimoria et coll., 2018; et de Gard-Murray et coll., 2023.

Le reste du rapport est organisé comme suit :

- **La section 2** décrit les avantages des thermopompes pour la décarbonisation et la résilience;
- **La section 3** présente les résultats de notre modélisation de l'avantage économique des thermopompes par rapport aux autres solutions;
- **La section 4** porte sur les obstacles qui empêchent les ménages d'adopter la thermopompe;
- **La section 5** présente des recommandations de politiques qui permettront de surmonter ces obstacles et d'accélérer l'adoption de la thermopompe dans l'ensemble du Canada.

Encadré 1. Le fonctionnement des thermopompes

En raison des récentes innovations et de la chute des prix, les thermopompes sont de plus en plus avantageuses par rapport aux autres options de chauffage et climatisation qui sont plus polluantes et moins efficaces.

Les thermopompes sont une solution éprouvée qui est utilisée très efficacement depuis des décennies, mais en raison des récentes innovations et de la chute des prix, les thermopompes sont de plus en plus avantageuses par rapport aux autres options de chauffage et climatisation qui sont plus polluantes et moins efficaces. Il y a différents types de thermopompes, mais elles fonctionnent toutes selon des principes similaires. En termes simples, les thermopompes utilisent l'électricité pour déplacer la chaleur d'un espace à un autre. Les thermopompes fournissent de la chaleur en hiver en extrayant la chaleur de l'air extérieur et en la pompant dans les espaces intérieurs. Elles assurent également cette fonction par temps très froid puisqu'il y a une quantité importante d'énergie thermique dans l'air froid et que cette énergie peut être extraite et déplacée vers l'intérieur (Ressources naturelles Canada, 2022). Les thermopompes sont entièrement réversibles et fonctionnent de la même manière par temps chaud, extrayant la chaleur d'un espace intérieur, ce qui le refroidit.

Le fait que les thermopompes déplacent simplement la chaleur, au lieu de la produire, contribue en grande partie à leur efficacité. Pour chaque kilowatt-heure (kWh) d'électricité consommée par une thermopompe, l'appareil peut produire de deux à cinq kilowatts-heures de chaleur, ce qui signifie qu'elle peut produire de la chaleur deux à cinq fois plus efficacement que les fournaies au gaz les plus modernes et efficaces (McKenna et coll., 2020; Ressources naturelles Canada, 2022)². Les thermopompes peuvent aussi fournir la climatisation tout aussi efficacement que les systèmes de climatisation centrale et plus efficacement qu'un climatiseur portatif installé dans une fenêtre (Carrier, 2023; BC Hydro, 2022). L'efficacité des plus anciens modèles de thermopompe tend à diminuer par temps froid; toutefois, les nouveaux modèles sont efficaces pour une plage élargie de températures.

² L'estimation du rendement varie selon le climat. Ressources naturelles Canada estime un coefficient de rendement de 2,2 à 5,4 pour une température de 8 degrés Celsius; le Rocky Mountain Institute estime que les thermopompes sont de 2,2 à 4,5 fois plus efficaces que les fournaies au gaz homologuées Energy Star, d'après un calcul annuel, selon le climat.

Les thermopompes à air, les thermopompes à air biblocs sans conduits (également appelées « biblocs ») et les thermopompes géothermiques sont les types les plus courants de thermopompes au Canada (Ressources naturelles Canada, 2022). *Les thermopompes à air à unité centrale* prennent la chaleur de l'air extérieur et la transfèrent vers une unité centrale, qui pousse ensuite cette chaleur vers l'espace intérieur au moyen de conduits de chauffage (HRAI, 2023). *Les thermopompes biblocs*, contrairement aux thermopompes à air à unité centrale, conviennent mieux aux bâtiments sans système de conduits. Les biblocs vont plutôt refroidir ou réchauffer un liquide qui transporte la chaleur ou le froid vers plusieurs « points intérieurs », qui sont des unités murales semblables aux unités de climatisation individuelle (Rocky Mountain Institute, 2022). Chaque point intérieur, à son tour, réchauffe ou refroidit ensuite une seule pièce ou une zone d'espace intérieur. Une thermopompe bibloc standard peut chauffer ou climatiser jusqu'à quatre pièces ou zones ; il faut donc plusieurs thermopompes pour répondre aux besoins de bâtiments plus grands.

Les thermopompes géothermiques extraient la chaleur du sous-sol terrestre au lieu de l'extraire de l'air. Les thermopompes géothermiques sont très efficaces et peuvent avoir un très bon rendement à des températures extrêmes ; toutefois, l'installation des thermopompes géothermiques est plus complexe et coûteuse, puisqu'il faut creuser et excaver à proximité des bâtiments où elles sont installées (Turner, 2023). Par conséquent, les thermopompes géothermiques ne sont pas aussi courantes que les autres types de thermopompes. Nous avons choisi d'axer notre modélisation sur les thermopompes à air parce qu'elles sont beaucoup plus courantes dans l'ensemble du Canada et plus faciles à déployer rapidement.

2. Les bénéfices des thermopompes

Les thermopompes peuvent offrir une vaste gamme de bénéfices, tant pour la société que les ménages. Elles s'avèrent, comme nous le présenterons, un outil important pour la décarbonisation du chauffage et de la climatisation de l'espace dans les résidences et les bâtiments, et leur adoption doit être accélérée pour que le Canada puisse atteindre ses

Alors que les vagues de chaleur seront plus fréquentes et intenses partout au pays, la climatisation de l'espace au moyen des thermopompes est la solution la plus appropriée pour protéger les Canadiens.

cibles de réduction des émissions. En plus de leur contribution à l'atténuation des changements climatiques, les thermopompes peuvent jouer un rôle crucial dans la protection des Canadiens contre la chaleur extrême dans une situation d'urgence climatique qui empire. Alors que les vagues de chaleur seront plus fréquentes et intenses partout au pays, la climatisation de l'espace au moyen des thermopompes est la solution la plus appropriée pour protéger les Canadiens, parallèlement à d'autres mesures nécessaires pour améliorer la résilience à la chaleur.

2.1 Les thermopompes sont un outil essentiel pour libérer les résidences de l'énergie fossile

Pour atteindre les cibles d'émissions de gaz à effet de serre du Canada, il faut passer massivement des appareils alimentés aux combustibles fossiles, comme le gaz et le mazout, aux appareils alimentés à l'électricité, comme les thermopompes efficaces, et mettre en place d'autres mesures pour améliorer l'efficacité du chauffage et de la climatisation résidentiels. Actuellement, l'utilisation des combustibles fossiles pour le chauffage de l'espace et de l'eau dans les résidences et les bâtiments au Canada produit 10 pour cent des émissions totales du Canada (Environnement et Changement climatique

Canada, 2020 ; Ressources naturelles Canada, 2023a)³. Pour respecter l'objectif canadien de carboneutralité d'ici 2050, les émissions attribuables aux bâtiments doivent être réduites de 26 % par rapport aux niveaux de 2005, d'ici 2030, mais les réductions réalisées ne sont pas suffisantes (Institut climatique du Canada, 2023a ; Institut climatique du Canada, 2023b).

Les thermopompes sont un puissant outil contribuant à l'effort de décarbonation du chauffage de l'espace résidentiel (Agence internationale de l'énergie, 2022). Le passage des combustibles fossiles dans les chauffe-eau et les fournaies à des thermopompes alimentées à l'électricité produit des bénéfices de décarbonation immédiats dans les régions où les réseaux électriques sont déjà alimentés à l'énergie propre. Dans les autres régions, les résidences et les commerces équipés de chauffage électrique verront automatiquement leurs émissions du champ d'application 2 chuter jusqu'à devenir nulle alors que le réseau devient propre. Et même si elles sont alimentées à l'électricité relativement émissive, les thermopompes produisent de 20 à 30 % moins d'émissions de carbone que les fournaies au gaz haute efficacité (Agence internationale de l'énergie, 2022 ; Kevin Dorma Consulting, 2021). Elles s'avèrent, et de loin, la forme la plus efficace de chauffage électrique : les thermopompes utilisent 65 % moins d'énergie que les chauffages à résistance électrique standard (plinthés) (Ressources naturelles Canada, 2022), ce qui signifie que tout passage du chauffage à l'aide de plinthés à une thermopompe entraînera d'importantes économies sur la facture d'électricité.

Des indications démontrent déjà que les thermopompes peuvent répondre aux besoins des ménages partout au Canada, de manière très avantageuse économiquement, mais que l'adoption de cette solution est encore inégale (Agence internationale de l'énergie, 2022 ; Ressources naturelles Canada, 2022). Il y a des zones isolées de forte adoption dans certaines parties du pays, notamment lorsque des programmes ciblés ont contribué à augmenter la confiance des consommateurs et à réduire le coût de l'investissement. Les provinces maritimes ont bien réussi puisque les thermopompes sont maintenant la principale source de chauffage dans 32 % des résidences au Nouveau-Brunswick, 27 % des résidences à l'Île-du-Prince-Édouard et 21 % des résidences en Nouvelle-Écosse (Turner, 2023)⁴. Le taux d'adoption a augmenté substantiellement dans ces provinces au cours des dernières années : au Nouveau-Brunswick, le nombre de thermopompes installées a triplé au cours des huit dernières années et à l'Île-du-Prince-Édouard, le nombre de thermopompes a triplé en tout juste trois ans (Zhang, 2023). Sur l'île Gabriola, en Colombie-Britannique, un programme dédié a été lancé et

³. Au Canada, la pollution attribuable aux résidences et aux bâtiments représente 13 % de la pollution liée aux gaz à effet de serre, principalement en raison de l'utilisation des combustibles fossiles pour le chauffage de l'espace et de l'eau, qui produit plus de 78 % des émissions attribuables à un bâtiment. Le gaz fossile est le principal responsable de ces émissions : il constituait 53 % de l'énergie utilisée dans les résidences canadiennes en 2019 et représentait la source principale des émissions liées à l'utilisation de combustible fossile dans les résidences (Statistique Canada, 2022a).

⁴. En plus des programmes efficaces, le coût et l'inconvénient du chauffage au mazout, une source de combustible à chauffage importante dans ces provinces, ont été les principaux facteurs de motivation du passage à la thermopompe. Pour obtenir de plus amples détails sur les principaux facteurs décisionnels menant à la forte adoption de la thermopompe dans les Maritimes, voir Turner, 2023.

mis en œuvre par des résidents locaux afin de fournir des thermopompes au prix de gros, ce qui a permis d'installer une thermopompe dans presque la moitié des résidences de l'île (Sustainable Gabriola, 2022). Les collectivités des Premières Nations avaient une longueur d'avance : sur Haida Gwaii, la bande Skidegate avait déjà installé des thermopompes dans presque toutes ses 350 résidences en 2018, alors que la Première Nation Heiltsuk de Bella Bella s'est fixé l'objectif de cesser d'utiliser les combustibles fossiles et a réservé des fonds pour installer des thermopompes chez chaque membre de la collectivité qui le souhaitait (Gilpin, 2018; CBC News, 2022; Ecotrust Canada, 2019).

En dehors de ces zones de forte adoption, la pénétration n'est que de 2 % en Ontario et de 7 % en Colombie-Britannique et bien que le taux d'adoption dans l'ensemble du pays a augmenté au cours des dernières années, il reste généralement faible (Statistique Canada, 2023a; Poirier et Cameron, 2023). Le nombre total d'installations d'une thermopompe au Canada n'a augmenté que de 400 000 à 850 000 au cours des 20 dernières années; la part des thermopompes comme appareil de chauffage, pendant cette période, ayant augmenté de 2 points de pourcentage, soit de 3 % en 2000 à un peu plus de 5 % en 2020 (Ressources naturelles Canada, 2020). Entretemps, la part du chauffage alimenté au gaz fossile est restée stable, soit de 46,5 % (5,7 millions d'installations) en 2000 à 45 % (ou 7,2 millions) en 2020 (Ressources naturelles Canada, 2020).

La part du chauffage fourni par les thermopompes doit augmenter rapidement, soit doubler la part des thermopompes comme source de chauffage d'ici 2030.

Pour que le secteur s'harmonise avec les cibles climatiques de 2030 du Canada, la part du chauffage fourni par les thermopompes doit augmenter rapidement, soit doubler la part des thermopompes comme source de chauffage d'ici 2030, pour qu'elles fournissent le chauffage à plus de 10 % des résidences (Kanduth, 2022).

Encadré 2. Le rendement d'une thermopompe par temps froid

Le rendement adéquat d'une thermopompe par temps froid est une des plus importantes préoccupations exprimées par les consommateurs quant à l'installation d'un tel appareil. Cette préoccupation découle en partie des commentaires des premiers acheteurs qui ont installé une thermopompe de génération antérieure qui ne fournissait pas un chauffage efficace par temps froid. Toutefois, les basses températures ne présentent plus les mêmes obstacles qu'auparavant.

D'importantes améliorations technologiques ont été apportées à la conception de la thermopompe au cours des dernières années. Les thermopompes standard modernes peuvent donner un très bon rendement à des températures aussi basses que -8 à -10 degrés Celsius (Manitoba Hydro, 2023; Gouvernement de la Colombie-Britannique, 2023). Les thermopompes basses températures, qui ont pris la plus grande part du marché au cours des cinq à dix dernières années, sont conçues pour maximiser la capacité de chauffage à des températures plus froides et peuvent donner un bon rendement à une température aussi basse que -25 degrés Celsius (Ressources naturelles Canada, 2022). Les coûts initiaux de ces thermopompes sont plus élevés, mais ces modèles réduisent la nécessité de systèmes d'appoint en raison de leur efficacité à basse température. De plus, l'expérience vécue dans les pays où le climat est similaire démontre que les besoins par temps froid ne doivent pas être un obstacle à l'adoption de la thermopompe: la Norvège, où les températures moyennes sont similaires à celles du Canada, est un chef de file mondial en pénétration de la thermopompe, et la Finlande et la Suède suivent de près; par ailleurs, plusieurs études ont confirmé un excellent rendement réel dans ces pays (Rosenow et coll., 2022; Energy Systems Catapult, 2023; Fraunhofer, 2020; EnergieSchweiz, 2021).

Malgré l'amélioration de la technologie et le rendement par temps froid, un système d'appoint peut rester nécessaire dans certaines parties du Canada pour garder la maison chaude pendant les périodes les plus froides de l'année – système souvent exigé par les assureurs (voir le [tableau 1](#) pour obtenir une description de l'équipement modélisée, y compris les systèmes d'appoint). Bien que ces systèmes d'appoint puissent être superflus dans les régions où le climat est plus modéré, comme le sud-ouest de la Colombie-Britannique, souhaitant rester conservateurs et souhaitant nous assurer que les résultats de la modélisation sont comparables, nous avons inclus les exigences d'un système d'appoint pour les thermopompes dans toutes les villes du Canada choisies pour notre modèle. Sans cette exigence de système d'appoint, l'avantage économique des thermopompes serait encore plus important.

2.2 Les thermopompes peuvent protéger les Canadiens contre la chaleur extrême

La chaleur extrême est une des conséquences les plus funestes de la pollution climatique attribuable à l'utilisation des combustibles fossiles et une menace croissante au Canada : le nombre de journées chaudes fatales devrait augmenter substantiellement au cours des prochaines décennies, même si les éventuelles émissions mondiales diminuaient dramatiquement (Ballester et coll., 2023). Comme l'ont démontré les récents épisodes de chaleur extrême, l'accès à la climatisation de l'espace à une époque où ces épisodes se multiplieront peut être un enjeu vital (Beugin et coll., 2023). L'augmentation de l'adoption de la climatisation de l'espace dans l'ensemble du pays est essentielle pour atteindre les objectifs de résilience établis dans la première *Stratégie nationale d'adaptation* du Canada, y compris l'objectif d'éliminer les décès attribuables aux vagues de chaleur extrême d'ici 2040 (Environnement et Changement climatique Canada, 2023).

Les bénéfices, pour la résilience, de l'augmentation de l'accès à la climatisation de l'espace sont particulièrement importants dans les régions où, historiquement, le climat est plus modéré.

Les bénéfices, pour la résilience, de l'augmentation de l'accès à la climatisation de l'espace sont particulièrement importants dans les régions où, historiquement, le climat est plus modéré, soit les endroits où les taux d'adoption de la climatisation de l'espace sont relativement faibles, comme en Colombie-Britannique, mais ne sont pas limités à ces régions⁵. La vague de chaleur de 2021 en Colombie-Britannique a été l'événement climatique le plus funeste de l'histoire canadienne, et le manque de climatisation de l'espace dans les résidences et les immeubles résidentiels a été une cause majeure des 619 décès

liés directement à la chaleur : 98 % des décès et des consultations médicales pendant la vague de chaleur étaient attribuables aux températures extrêmes à l'intérieur des maisons ou des résidences et un pour cent de personnes décédées d'une maladie liée à la chaleur bénéficiait de la climatisation de l'espace à ce moment (Bureau des coroners de la Colombie-Britannique, 2022).^{6,7}

Dans l'ensemble du pays, les locataires et les personnes vivant seules ont beaucoup moins accès à la climatisation de l'espace que la population générale (Quick et Tjepkema, 2023). La vague de chaleur de 2021 en Colom-

⁵ Les taux d'accès à la climatisation varient dans l'ensemble du pays. À l'échelle nationale, 64 % des ménages pouvaient compter sur une certaine forme de climatisation en 2021, alors qu'en Colombie-Britannique seulement 36 % des résidences étaient climatisées, par rapport à 63 % au Québec, 84 % en Ontario et 90 % au Manitoba (Statistique Canada, 2023b). Toutefois, même dans les régions où le taux d'adoption est très élevé, plusieurs personnes n'y ont pas accès. Dans la région du Grand Toronto, par exemple, plus de 300 000 ménages, majoritairement des ménages à faible revenu et des locataires, n'ont aucun type de climatisation de l'espace (Statistique Canada, 2023b; Statistique Canada, 2023c).

⁶ Environ 7 % des personnes décédées avaient des appareils de climatisation au moment de leur décès, mais ces appareils étaient soit mal utilisés ou situés dans une autre pièce (Bureau des coroners de la Colombie-Britannique, 2022).

⁷ La vague de chaleur de 2021 en Colombie-Britannique n'est pas le seul exemple récent de chaleur extrême fatale au Canada. Notamment, la vague de chaleur de 2018 au Québec a entraîné 213 décès supplémentaires (INSPQ, 2019).

bie-Britannique a souligné les impacts inéquitables de la chaleur extrême : les aînés vivant seuls, les aînés atteints de maladie chronique, les personnes à faible revenu et les personnes atteintes de maladie mentale étaient touchés de manière disproportionnée (Lee et coll., 2023). Les impacts inégaux soulignent l'urgence d'accroître l'accès à la climatisation de l'espace pour éviter de creuser davantage les iniquités socioéconomiques à une époque où le nombre d'épisodes de chaleur extrême augmentera.

Les thermopompes offrent de nombreux avantages par rapport à la climatisation et sont de plus en plus adoptées pour satisfaire aux besoins de chauffage et de climatisation.

Bien que la climatisation reste la technologie la plus courante de refroidissement de l'espace pour les résidences et les bâtiments dans l'ensemble du Canada, les thermopompes offrent de nombreux avantages par rapport à la climatisation et sont de plus en plus adoptées pour satisfaire aux besoins de chauffage et de climatisation. Le fait que les thermopompes ont la double fonction de chauffage et climatisation propres les rend généralement plus économiques que la climatisation traditionnelle et permet aux ménages de réduire leur dépendance aux technologies de chauffage combustible fossile alors qu'ils amélioreront leur résilience à la chaleur extrême (voir la [section 3](#)) (Gard-Murray et coll., 2023 ; Tan et Fathollahzadeh 2021). Cette capacité de chauffage propre est également essentielle pour réduire les émissions attribuables au chauffage résidentiel, alors que l'adoption accrue d'un climatiseur avec un appareil de chauffage au gaz pourrait rendre inatteignables les cibles canadiennes de réduction des émissions (Gard-Murray et coll., 2023).

De plus, les thermopompes offrent les bénéfices du confort et de l'économie d'énergie par rapport à certains types de climatiseurs parce qu'elles fournissent la climatisation dans l'ensemble de la résidence, contrairement à la portée limitée d'appareils de climatisation portatifs ou installés dans une fenêtre. L'inefficacité des appareils portatifs et la fréquente exigence d'un appareil dans les différentes pièces augmentent la facture d'électricité des consommateurs et peuvent accroître de façon importante la demande d'électricité en été (BC Hydro, 2020 ; BC Hydro, 2022 ; Moliere, 2023 ; Hydro-Québec, 2023). Le coût d'utilisation plus élevé des climatiseurs portatifs a des répercussions pour les locataires, en particulier. Les locataires qui ne peuvent pas contraindre leurs propriétaires à installer des systèmes centraux peuvent ressentir le besoin d'acheter un appareil de climatisation, neuf ou usager, portatif ou installé dans une fenêtre, malgré le coût d'utilisation plus élevé⁸.

⁸. À la [section 4](#), nous aborderons les obstacles particuliers auxquels les locataires sont confrontés pour accéder à la climatisation de l'espace et le rôle de l'amélioration des politiques pour surmonter ces obstacles et améliorer l'équité d'accès.

Encadré 3. La façon la plus rafraîchissante de protéger les Canadiens contre les changements climatiques

Bien que les technologies de climatisation de l'espace ne doivent pas être la seule mesure d'adaptation prise pour réduire les risques pour la santé attribuables aux chaleurs extrêmes, elles restent une mesure efficace qui peut être déployée rapidement et à grande échelle et qui peut protéger la population la plus vulnérable, comme les aînés. Par exemple, un récent rapport de l'Institut climatique révèle que si le taux d'adoption de la climatisation de l'espace en Colombie-Britannique doublait, une réduction de 12 pour cent des décès liés à la chaleur et une réduction de 40% des hospitalisations liées à la chaleur pourraient être observées dans les années 2030 (Beugin et coll., 2023).

D'autres interventions, comme la modernisation des exigences de conception des bâtiments pour inclure des mesures de climatisation passive et des choix de concept des collectivités, comme l'augmentation du verdissement urbain, sont également extrêmement importantes pour améliorer la résilience à la chaleur. Notamment, l'augmentation du verdissement urbain pourrait réduire de 12 % les décès liés à la chaleur dans l'ensemble du Lower Mainland en Colombie-Britannique dans les années 2030 et éviterait d'autres décès à plus long terme (Beugin et coll., 2023). Pour réduire l'impact de la chaleur extrême sur la santé de la population et l'économie, ces mesures politiques devraient être étendues et renforcées, parallèlement aux efforts pour accroître l'accès à la climatisation de l'espace.

3. L'avantage économique des thermopompes par rapport aux autres solutions

Le coût est une préoccupation prédominante pour les ménages qui prennent une décision de remplacement d'un système de chauffage et climatisation, et il semble que le manque important d'information empêche ces ménages d'évaluer l'avantage économique des thermopompes par rapport à des systèmes au gaz (Kaufman et coll., 2019)⁹. Plusieurs raisons peuvent expliquer cette situation; notamment, les consommateurs ont souvent de la difficulté à évaluer le coût de l'énergie dans les années ou décennies à venir ou l'effet de la tarification du carbone, de l'électrification propre et des autres politiques climatiques et énergétiques, ce qui complique l'intégration de tels facteurs dans les coûts d'utilisation lors de décisions de remplacement (Howarth et Andersson, 1993; Hesselink et Chappin, 2019).

Pour aider à combler cette lacune d'information, nous avons comparé le coût des thermopompes par rapport aux autres technologies de chauffage et climatisation pour les ménages qui prennent une décision de remplacement aujourd'hui (voir l'[encadré 4](#) pour obtenir une description de notre approche). Il est particulièrement important d'établir clairement le coût global du cycle de vie pour vaincre l'inertie du statu quo qui favorise les systèmes alimentés au gaz, ce qui entraîne à la fois un manque d'information

⁹ Bien que le coût soit un des facteurs les plus importants, il est loin d'être le seul facteur qui influence les décisions des ménages. Le sujet sera abordé plus en profondeur à la [section 4](#), mais d'autres facteurs importants influencent le choix des consommateurs, dont la tendance à accorder plus de poids aux coûts initiaux par rapport aux coûts d'utilisation, le manque d'information claire à propos du rendement et du niveau de confort fourni par différentes technologies, la nature urgente de bon nombre de décisions de remplacement et le fardeau administratif de la navigation dans les programmes de rabais complexes.

accessible et crédible sur les thermopompes et un portrait incomplet ou inexact du caractère abordable du gaz par rapport aux autres solutions.

Encadré 4. Notre approche

La modélisation utilisée pour ce rapport a été élaborée en partenariat avec les conseillers de Dunsky Énergie + Climat, en utilisant leur modèle de décarbonisation du chauffage (HEAT). Le modèle HEAT est conçu spécialement pour évaluer l'énergie et les impacts pour l'utilisateur final en modélisant la charge de chauffage horaire et le rendement de l'équipement de différentes combinaisons de technologies. Le modèle peut évaluer, en détail, les coûts d'utilisateur final associés aux différentes technologies de chauffage et exécuter des analyses de sensibilité fondées sur des données granulaires, comme les prix de l'énergie et les courbes de rendement de la technologie dans certaines conditions climatiques. Nous avons utilisé le modèle HEAT pour évaluer le coût annuel moyen des quatre différentes combinaisons de technologies du chauffage et climatisation pour différents types de bâtiments résidentiels et d'années de construction, dans cinq villes canadiennes. Cette approche nous permet d'acquérir une compréhension nuancée de la comparaison des coûts des thermopompes par rapport à d'autres technologies de chauffage et climatisation dans différents types de résidences et différentes régions du pays.

Les données entrées dans le modèle sont les suivantes :

- Conditions climatiques dans cinq villes canadiennes : Vancouver, Edmonton, Toronto, Montréal et Halifax
- Quatre types généraux de bâtiments résidentiels : maison unifamiliale (1770 pi. ca.), maison en rangée (1450 pi. ca.), bâtiment résidentiel multilogement équipé d'un système de chauffage, ventilation et conditionnement de l'air (CVCA) individuel et bâtiment résidentiel multilogement équipé d'un système de chauffage, ventilation et conditionnement de l'air (CVCA) central (les deux types de bâtiments multilogements comptant 20 logements de 1040 pi. ca.)
- Trois années de construction : 1940, 1980 et nouvelle construction (2023)
- Quatre configurations d'appareil, notamment quatre types différents d'appareils de chauffage et climatisation de l'espace : chauffage au gaz comprenant la climatisation, thermopompe standard équipée d'un système d'appoint au gaz, thermopompe standard équipée d'un système d'appoint à l'électricité et thermopompe basse température équipée d'un système d'appoint à l'électricité¹⁰.

Aux fins de comparaison, nous présentons les coûts pendant le cycle de vie comme coûts moyens annuels, qui comprennent une gamme de coûts moyens pendant la durée de vie des différentes technologies. Cet indicateur permet une comparaison claire des technologies en présentant les différents coûts initiaux, les coûts d'utilisation et la durée de vie.

¹⁰. Consulter le [tableau 1](#) pour obtenir une description des configurations de l'équipement.

Nous avons appliqué, au modèle, certaines variabilités — sous forme d’hypothèses pour modéliser les différents résultats — afin de saisir une vaste gamme de possibilités de coûts initiaux d’installation et d’appareil, et la fluctuation des prix de l’énergie, soit haut et bas. Pour les coûts initiaux, la variabilité des coûts de l’investissement, bas et élevé, selon la technologie des thermopompes correspond à 75 % et 125 % de l’hypothèse du coût moyen et comprend les coûts de l’installation et de l’équipement. Bien que des options de financement sans intérêt ou à faible intérêt soient offertes pour les thermopompes, comme le Prêt canadien pour des maisons plus vertes, nous faisons l’hypothèse conservatrice que tous les coûts initiaux sont financés à un taux d’intérêt variable de 7 %, au départ, et diminuant légèrement à 5,5 % pour une période de remboursement de 10 ans¹¹.

Pour comparer les coûts de l’énergie, nous avons évalué toutes les combinaisons des prix de l’électricité (élevés à bas) et des prix du gaz (élevés à bas), ainsi que l’incidence de la tarification du carbone et des augmentations prévues jusqu’en 2030. La plage des prix de l’électricité s’appuyait sur une analyse antérieure, présentée dans notre rapport *Volte-face* (voir Dion et coll., 2022), et varie selon la province. Les projections des prix du gaz varient également selon la province. Les détails sur les prix du gaz modélisés sont présentés dans le rapport technique joint.

Dans les scénarios modélisant la thermopompe comme principal système de chauffage, nous ajoutons des coûts supplémentaires pour couvrir l’installation d’un système de chauffage d’appoint. Nous incluons également les coûts supplémentaires pour la mise à niveau des panneaux électriques dans les maisons construites en 1940 ou en 1980, là où cela est vraisemblablement applicable, y compris pour tous les scénarios modélisant la thermopompe avec appoint électrique. Nos hypothèses par défaut comprennent l’effet des politiques actuelles, comme les programmes de rabais et la tarification du carbone, sauf indication contraire (consulter le rapport technique d’accompagnement et l’annexe pour obtenir une description des programmes inclus dans le modèle).

Les prémisses du modèle quant au possible avantage économique des technologies de thermopompe sont intentionnellement conservatrices. Par exemple, nous avons inclus des coûts supplémentaires comme ceux inhérents à la mise à niveau des panneaux électriques dans les bâtiments anciens pour les thermopompes avec appoint électrique, là où la mise à niveau des panneaux est vraisemblablement applicable. Nous présumons également une légère diminution des taux d’intérêt actuels au fil du temps et nous supposons qu’un système de chauffage d’appoint est toujours installé, et ce, même dans les régions du pays où la température est plus clémente et avec des thermopompes pour climat froid. Nous avons également inclus les avantages d’éviter des frais fixes de service de gaz dans le scénario de chauffage entièrement électrique, qui permettrait aux ménages qui se sont débranchés du réseau de gaz d’économiser des centaines de dollars de plus par année. Pour tenir compte de la variation des coûts de la thermopompe, nous avons inclus la variabilité du coût élevé des thermopompes, mais n’avons pas inclus une

¹¹ Le programme [Prêt canadien pour des maisons plus vertes](#) offre des prêts sans intérêt pour des rénovations admissibles dont le coût ne dépasse pas 40 000 \$. Bien que nous faisons l’hypothèse d’un taux d’intérêt de 7 %, nous avons inclus l’impact d’un financement sans intérêt dans notre calculateur de coût de thermopompe en ligne. Le financement sans intérêt permet d’économiser de 50 à 300 \$ par année environ, selon le type de logement et son âge.

telle variabilité pour le gaz. Et puisque notre modèle présume une décision de remplacement en 2023, nous ne tenons pas compte de la diminution des coûts des thermopompes au fil du temps, une tendance qui devrait se poursuivre alors que la technologie s’améliore et que le marché s’étend (Delta-EE, 2021). Compte tenu de ces hypothèses conservatrices combinées, il est fort probable que les thermopompes seront encore plus avantageuses économiquement que ce que nos résultats indiquent.

Portée et limites :

- Les hypothèses intentionnellement conservatrices de ce modèle sous-estimeront probablement l’avantage économique des thermopompes (voir ci-dessus).
- Notre analyse ne porte pas sur les coûts des différents cheminements de décarbonisation du chauffage des bâtiments du point de vue du système (p. ex., les répercussions des différents choix de technologie pour les réseaux d’électricité ou de gaz). D’éventuelles recherches de l’Institut climatique du Canada porteront sur ce sujet.
- Nous nous sommes intéressés uniquement aux résidences, sans aborder les bâtiments commerciaux.
- Notre modèle est limité aux quatre configurations de technologie des besoins de chauffage et de climatisation et ne comprend pas les autres technologies, comme les thermopompes géothermiques.

Pour obtenir de plus amples détails sur l’approche de modélisation, veuillez consulter le rapport technique joint.

Tableau 1. Systèmes de chauffage et climatisation modélisés

Référence	Description
 Chauffage au gaz et climatisation	Appareil de chauffage de l'espace alimenté au gaz, associé à un climatiseur assurant le refroidissement de l'espace. Dans la majorité des cas, la combinaison d'appareils au gaz comprend un appareil de chauffage au gaz et un climatiseur central traditionnel ¹² .
 Thermopompe standard avec un système d'appoint au gaz	Thermopompe standard comme principal système de chauffage et un système de chauffage d'appoint au gaz (souvent appelé système « hybride »). La thermopompe sert également d'appareil de climatisation de l'espace.
 Thermopompe standard avec un système d'appoint à l'électricité	Configuration entièrement électrique, comprenant une thermopompe standard comme principal système de chauffage et un système d'appoint électrique à air chaud. Le système d'appoint peut être composé de plinthes électriques neuves et efficaces ou d'une fournaise électrique à air chaud. La thermopompe sert également d'appareil de climatisation de l'espace.
 Thermopompe basse température avec un système d'appoint à l'électricité	Configuration entièrement électrique, comprenant une thermopompe basse température comme principal système de chauffage et un système d'appoint électrique à air chaud. La thermopompe sert également d'appareil de climatisation de l'espace.

¹². À l'exception de bâtiments résidentiels multilogements équipés de systèmes CVCA individuels et des bâtiments résidentiels équipés du chauffage central associé à des systèmes d'air d'appoint, qui correspondent aux climatiseurs portatifs et aux appareils refroidisseurs, respectivement.

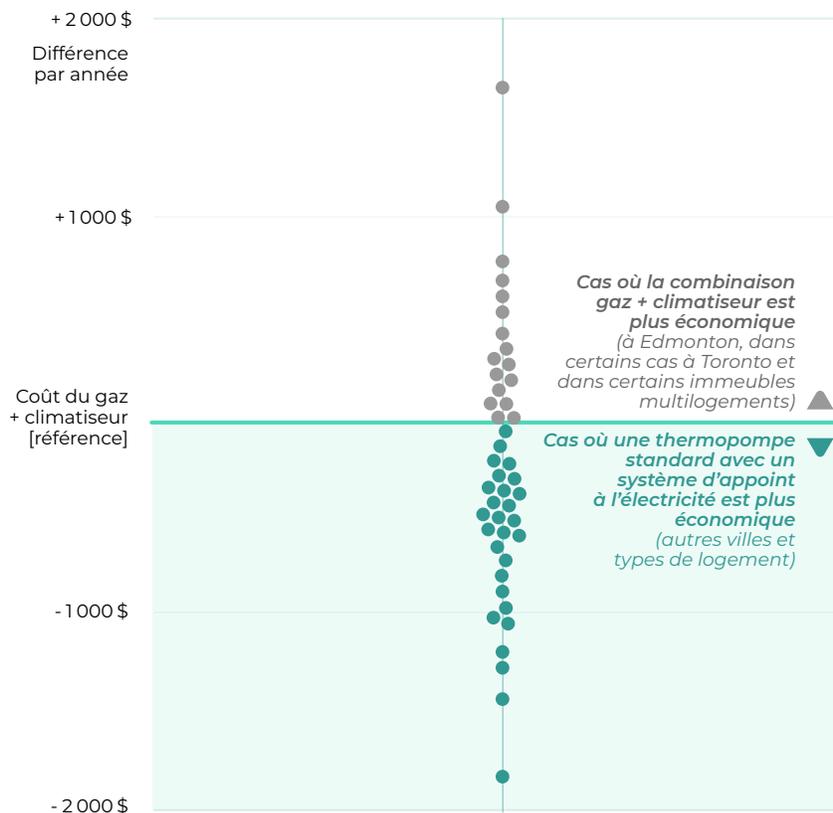
3.1 Les thermopompes offrent l'option la moins coûteuse pour la majorité des ménages

Les conclusions de notre modélisation révèlent que les thermopompes sont l'option de chauffage et climatisation la moins coûteuse pour la majorité des ménages, moins coûteuse que le chauffage au gaz associé à un climatiseur (figure 1)¹³. Malgré le coût initial plus élevé des thermopompes, leur efficacité et leur double emploi de climatiseur et appareil de chauffage confirment leur avantage économique.

Figure 1. Les thermopompes sont plus avantageuses économiquement que la combinaison d'un appareil de chauffage au gaz et d'un climatiseur pour la majorité des ménages

Différence de coût annualisé entre une thermopompe standard avec un système d'appoint à l'électricité et chauffage au gaz et climatiseur

Chaque point ● représente un type de logement (combinaison de type d'immeuble, année de construction et ville), présenté par différence de coûts annuels.



Cette figure est construite selon les hypothèses moyennes de tarifs de l'énergie et de coûts d'équipement et d'installation, et sur notre hypothèse de base relative à la mise à niveau du panneau électrique, au financement, aux frais de service du gaz et aux programmes existants (voir l'encadré 4). Cette figure ne tient pas compte des cas où les thermopompes avec appoint au gaz sont plus économiques que le gaz avec climatisation, comme c'est le cas à Edmonton et à Toronto.

¹³. Ces résultats sont similaires aux résultats obtenus d'autres études récentes, notamment Ressources naturelles Canada, 2022; Agence internationale de l'énergie, 2022; et Kaufman et coll., 2019.

Plus précisément, les thermopompes avec appoint électrique tendent à être les options les plus économiques, notamment pour les maisons individuelles et les maisons en rangée, à Vancouver, Halifax et Montréal, quel que soit l'âge des bâtiments (figure 2). En général, les conclusions relatives aux maisons en rangée reflètent ceux des maisons unifamiliales, à coût légèrement inférieur, peu importe la combinaison de technologies. Les différences régionales jouent un rôle plus important dans la détermination des différences d'avantages économiques que le type ou l'âge du bâtiment, comme nous le verrons plus loin.

Le coût initial plus élevé d'une thermopompe basse température rend la combinaison de ce type de thermopompe et d'un système d'appoint plus coûteuse pour les ménages qu'une thermopompe standard dans les villes qui ont fait l'objet de la modélisation, dans la plupart des cas. À mesure que ces technologies relativement nouvelles continuent de s'améliorer et que leurs coûts initiaux diminuent, la thermopompe pour climat froid deviendra probablement plus compétitive en termes de coûts, en particulier là où elle ne nécessite pas un système de chauffage d'appoint en raison de son rendement amélioré par temps froid¹⁴.

À mesure que ces technologies relativement nouvelles continuent de s'améliorer et que leurs coûts initiaux diminuent, la thermopompe pour climat froid deviendra probablement plus compétitive en termes de coûts, en particulier là où elle ne nécessite pas un système de chauffage d'appoint en raison de son rendement amélioré par temps froid.

¹⁴. Puisque notre modélisation présume une décision de remplacement en 2023, nous n'avons pas tenu compte de la probabilité de l'éventuelle diminution des coûts (voir l'encadré 4).

Figure 2. Les thermopompes sont l'option la plus économique pour la plupart des ménages au Canada

Coût annualisé du chauffage et de la climatisation de l'espace selon diverses configurations de thermopompes pour les résidences construites en 1980

THERMOPOMPES

- Standard associée à un système d'appoint au gaz
- Standard associée à un système d'appoint à l'électricité
- Basse température associée à un système d'appoint à l'électricité

Les coûts réels dépendent des tarifs de gaz et d'électricité, et du coût de l'équipement de la thermopompe

Maison unifamiliale

Comparateur Chauffage au gaz et climatisation



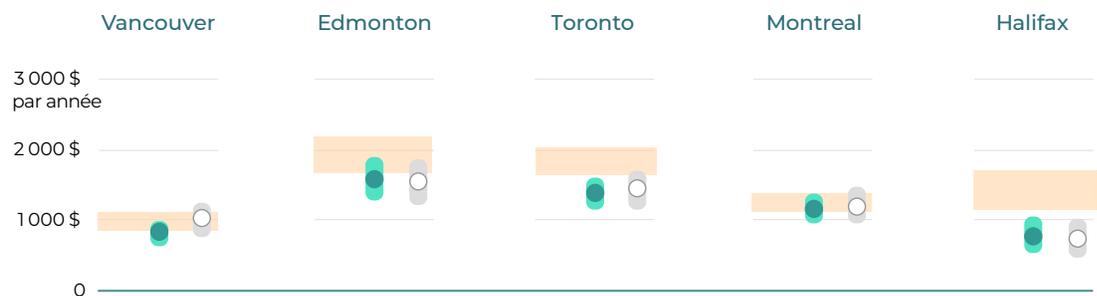
Maison en rangée

Comparateur Chauffage au gaz et climatisation



Appartement dans un immeuble multilogement (chauffage individuel)

Comparateur Plinthes chauffantes électriques et climatisation



Cette figure illustre la gamme des possibles coûts, en tenant compte des tarifs d'énergie bas, moyens et élevés et des coûts d'équipement et d'installation, et notre hypothèse de base relative à la mise à niveau du panneau électrique, au financement, aux frais de service du gaz et aux programmes existants (voir l'encadré 4).

Figure 3. Les thermopompes sont l'option la plus économique pour la plupart des nouvelles constructions au Canada

Coût annualisé du chauffage et de la climatisation de l'espace selon diverses configurations de thermopompes pour les résidences construites en 2023

THERMOPOMPES

- Standard associée à un système d'appoint au gaz
- Standard associée à un système d'appoint à l'électricité
- Basse température associée à un système d'appoint à l'électricité

Les coûts réels dépendent des tarifs de gaz et d'électricité, et du coût de l'équipement de la thermopompe

Maison unifamiliale

Comparateur Chauffage au gaz et climatisation



Maison en rangée

Comparateur Chauffage au gaz et climatisation



Appartement dans un immeuble multilogement (chauffage individuel)

Comparateur Chauffage au gaz et climatisation



Cette figure illustre la gamme des possibles coûts, en tenant compte des tarifs d'énergie bas, moyens et élevés et des coûts d'équipement et d'installation, et notre hypothèse de base relative à la mise à niveau du panneau électrique, au financement, aux frais de service du gaz et aux programmes existants (voir l'encadré 4).



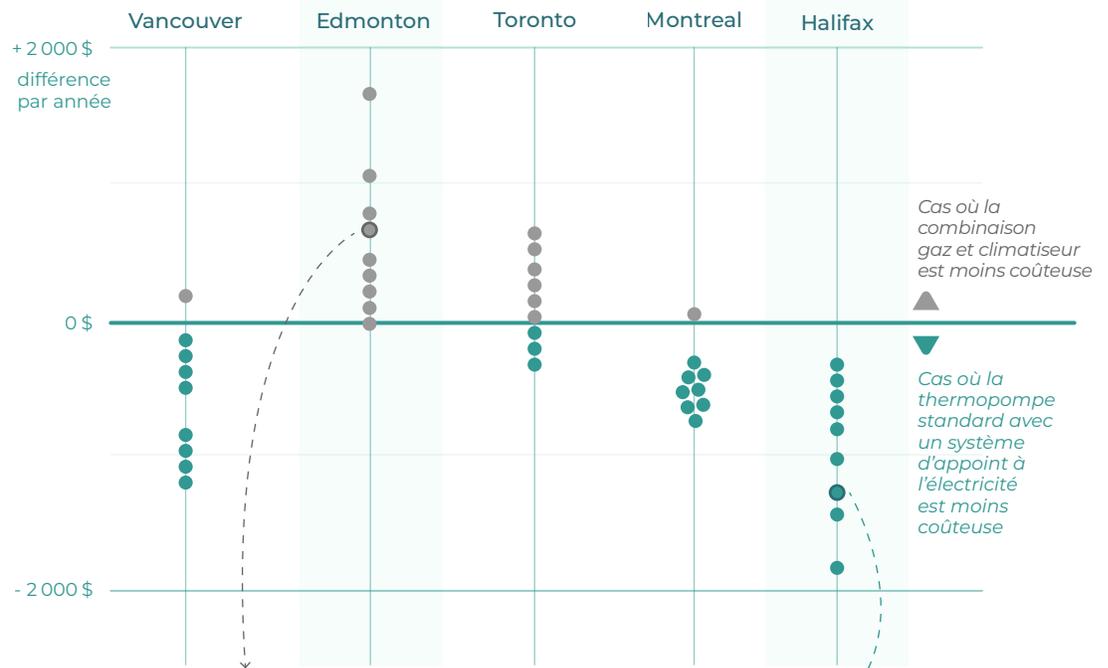
3.2 Les tarifs régionaux de l'énergie et les conditions climatiques sont les plus importants facteurs de différenciation des avantages économiques

Les différences régionales, en particulier les tarifs régionaux de l'énergie et les conditions climatiques, sont un déterminant significatif des différences entre les avantages économiques des thermopompes qui peuvent être observées pour toutes les villes de la modélisation ([figure 4](#)).

Figure 4. Les avantages économiques de la thermopompe dépendent grandement des tarifs locaux de gaz et d'électricité

Différence de coût annualisé entre une thermopompe standard avec un système d'appoint à l'électricité et chauffage au gaz et climatiseur

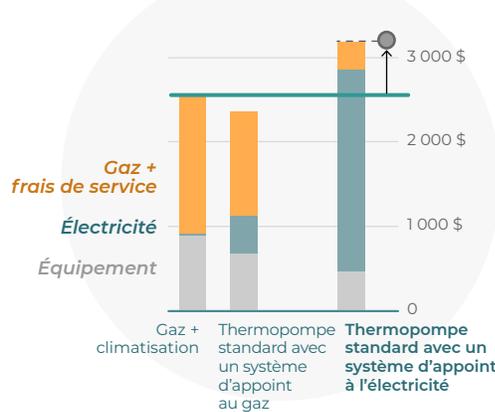
Chaque point ● représente un type de logement (type d'immeuble, année de construction et ville), présenté par différence de coûts annuels.



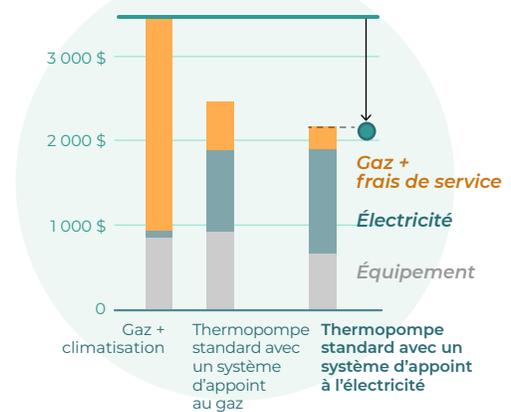
Une thermopompe standard avec un système d'appoint à l'électricité est...

... plus chère pour une maison individuelle construite en 1980 à Edmonton

... moins chère pour une maison individuelle construite en 1980 à Halifax



Le faible prix du gaz et le climat froid d'Edmonton rendent les thermopompes standard avec un système d'appoint à l'électricité moins avantageuses économiquement que les autres options. Toutefois, les thermopompes avec chauffage d'appoint au gaz peuvent être plus compétitives qu'une chaudière à gaz avec climatisation.



Le faible prix de l'électricité par rapport au gaz et le climat tempéré d'Halifax rendent les thermopompes standard avec un système d'appoint à l'électricité plus avantageuses économiquement que les autres options.

Cette figure est construite selon les hypothèses moyennes de tarifs de l'énergie et de coûts d'équipement et d'installation, et sur notre hypothèse de base relative à la mise à niveau du panneau électrique, au financement, aux frais de service du gaz et aux programmes existants (voir l'encadré 4).

Dans presque tous les cas à Montréal, Halifax et Vancouver, la thermopompe surpasse un système de chauffage au gaz avec climatiseur, et ce, même en faisant les hypothèses des pires scénarios de thermopompe : coûts initiaux élevés, prix de l'électricité élevés et prix du gaz bas (voir l'**encadré 4** pour obtenir une description des variabilités). Dans ces villes, la thermopompe est généralement l'option la plus compétitive en termes de coûts comparativement au chauffage au gaz et à la climatisation classique, principalement en raison des prix de l'électricité bas (particulièrement à Montréal et Halifax) et du climat relativement tempéré (particulièrement à Vancouver et Halifax). Ces conclusions sont valides pour les maisons individuelles non attenantes, les maisons en rangée et certains types de bâtiments résidentiels multi-logements, peu importe l'âge de l'immeuble. À Toronto, la thermopompe standard avec appoint au gaz constitue l'option la plus économique pour la quasi-totalité des ménages, selon les hypothèses moyennes, et resterait compétitive en termes de coûts même dans les hypothèses de prix de l'électricité élevés et de prix du gaz bas.

À Edmonton, la thermopompe avec chauffage d'appoint au gaz constitue l'option la moins coûteuse pour les maisons unifamiliales et les maisons en rangée construites en 1940 ou 1980, et dans d'autres cas, le gaz et la climatisation constituent l'option la plus compétitive en termes de coûts, en raison d'une combinaison des prix du gaz bas et des conditions climatiques. Les prix du gaz, à Edmonton, sont substantiellement plus bas que dans les autres villes modélisées (y compris selon l'hypothèse de prix du gaz élevés), alors que les prix de l'électricité sont semblables aux prix des autres provinces, ce qui crée une différence importante entre le coût du gaz et le coût de l'électricité. Les conditions climatiques jouent un rôle important : le climat froid augmente la demande d'électricité pour satisfaire aux besoins de chauffage (et amplifie l'effet de la différence de coût entre le gaz et l'électricité en Alberta) alors que l'efficacité relative de la thermopompe est réduite, ce qui entraîne une plus importante utilisation du système de chauffage d'appoint.

Outre les différences régionales comme les conditions climatiques et les prix de l'énergie, la compétitivité des coûts des thermopompes varie également en fonction des hypothèses de leur coût initial, ainsi que l'applicabilité des différents rabais. Toutefois, le coût de l'investissement devrait diminuer au fur et à mesure que les thermopompes gagneront en popularité et en efficacité, mais les contraintes du marché actuel dans certaines régions, comme un nombre limité de fournisseurs, peuvent entraîner une forte variabilité des coûts de l'équipement initial et de l'installation. De plus, une grande partie de la variation du coût des thermopompes est liée à la marque, alors que les systèmes de chauffage au gaz semblent présenter une moins grande variabilité¹⁵.

¹⁵ La recherche menée pour faire ce rapport comprenait des demandes aux fabricants pour obtenir des prix.

Tableau 2. Hypothèses du coût de l'investissement pour différentes technologies de chauffage et de climatisation pour une maison individuelle (sensibilité au coût de l'investissement moyen)¹⁶

Résidence unifamiliale, 1 770 pi. ca.			
Bâtiment d'époque	1940	1980	2023
Générateur à gaz ^{17*}	4 500 \$ à 6 030 \$	4 080 \$ à 4 850 \$	3 750 \$ à 4 170 \$
Climatiseur central canalisé*	4 990 \$	4 990 \$	4 760 \$
Thermopompe centrale standard à air pulsé (dimensionnée à -5°C)	7 570 \$ à 8 180 \$	6 200 \$	5 760 \$
Thermopompe centrale à air canalisée pour climats froids (dimensionnée à -8,3°C)	14 840 \$ à 19 880 \$	12 870 \$ à 13 260 \$	11 890 \$
Élément de chauffage électrique (système de chauffage secondaire)	880 \$ à 1 810 \$	620 \$ à 1 090 \$	420 \$ à 680 \$
Mise à niveau du panneau électrique	3 400 \$		

3.3 Les politiques et programmes soutiennent l'avantage économique des thermopompes

Les politiques et les programmes existants, la tarification du carbone et les programmes de rabais fédéraux et provinciaux, soutiennent l'avantage économique des thermopompes, mais l'ampleur de l'incidence sur les coûts varie selon le lieu. Dans certaines régions, nous constatons que les thermopompes sont souvent l'option la moins coûteuse, même en l'absence de programmes, alors qu'ailleurs, une combinaison de politiques est nécessaire pour soutenir leur avantage économique, particulièrement selon les hypothèses de coût initial élevé et de tarifs d'électricité élevés. Sans égard à leur incidence sur l'avantage économique, les programmes de rabais sont essentiels pour aplanir les obstacles à l'accès en réduisant les coûts initiaux et en stimulant des taux d'adoption plus élevés (voir la [section 4](#)).

Selon certaines hypothèses de coût initial et de tarification de l'énergie — en incluant l'équipement de bas et de milieu de gamme et les tarifs d'électri-

¹⁶ Consulter le rapport technique pour connaître les hypothèses du coût de l'investissement pour tous les types de bâtiments. La fourchette des coûts représente les différences de coûts entre les cinq villes modélisées. En général, ces technologies sont les plus coûteuses à Edmonton ou à Toronto et les moins coûteuses à Vancouver. Les hypothèses des coûts d'équipement faibles et élevés modélisées représentent respectivement 75 % et 125 % de l'hypothèse des coûts d'équipement moyens et comprennent les coûts d'installation et d'équipement.

¹⁷ Les sensibilités aux coûts de l'investissement faibles ou élevés n'ont pas été appliquées aux chaudières à gaz et aux climatiseurs, car les coûts de ces technologies sont généralement plus stables que les coûts liés aux thermopompes.

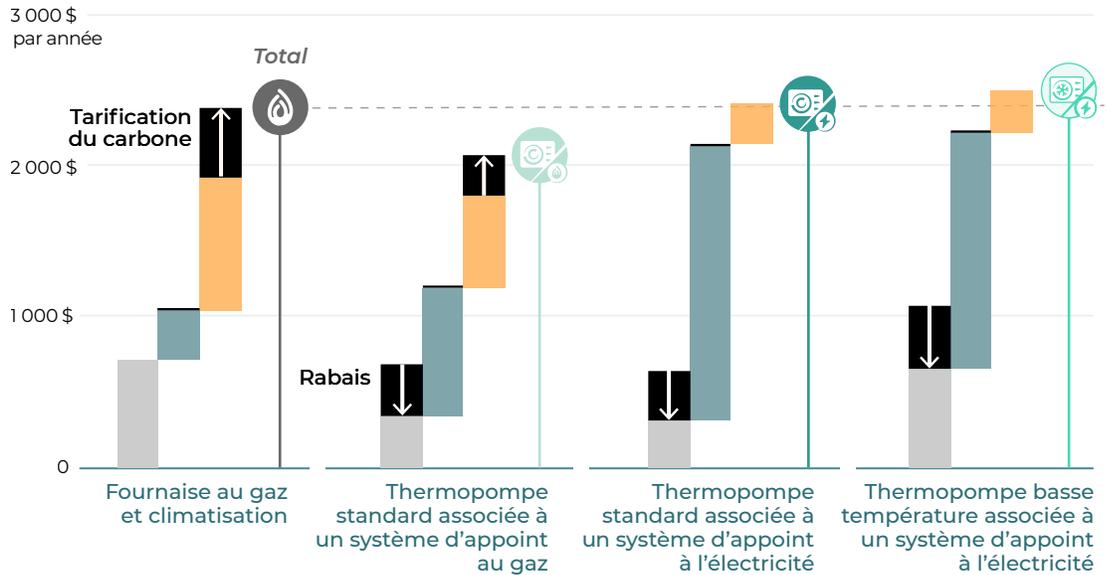
—, les thermopompes sont rentables dans presque toutes les maisons individuelles et les maisons en rangée à Montréal et à Halifax, *même sans* tenir compte de la tarification du carbone et des rabais existants. À Edmonton, toutefois, les politiques et les programmes pourraient être étendus pour réduire les coûts initiaux et améliorer l'avantage économique des thermopompes. Selon les hypothèses moyennes des coûts de l'investissement, des tarifs de l'électricité et des tarifs du gaz, les thermopompes restent l'option la moins coûteuse, même sans rabais, pour les résidences unifamiliales et les maisons en rangée à Vancouver.

Figure 5. Politiques et programmes destinés à soutenir l'avantage économique des thermopompes

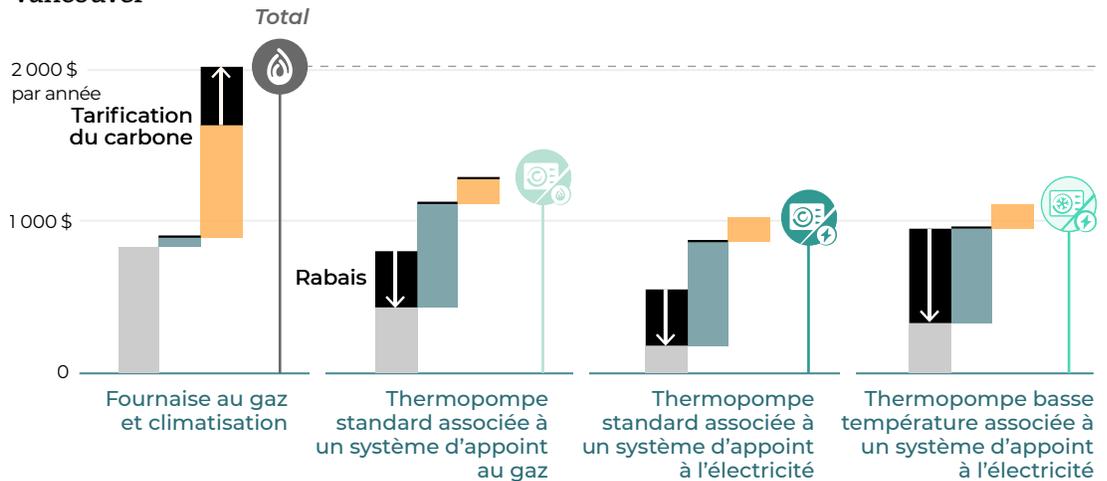
Coût annualisé de chauffage et climatisation de l'espace selon la technologie dans les résidences unifamiliales construites en 1980

■ Gaz + frais de service ■ Électricité ■ Équipement ■ Politiques et rabais

Toronto



Vancouver



Cette figure est construite selon les hypothèses moyennes de tarifs de l'énergie et de coûts d'équipement et d'installation, et sur notre hypothèse de base relative à la mise à niveau du panneau électrique, au financement, aux frais de service du gaz et aux programmes existants (voir l'encadré 4).

3.4 Dans la majorité des cas, pour le chauffage par thermopompe, le système d'appoint le moins coûteux est alimenté à l'électricité, non au gaz

Dans tous les scénarios de modélisation des thermopompes pour répondre aux besoins de chauffage et climatisation d'un ménage, nous présumons des coûts supplémentaires d'installation et d'utilisation d'un système de chauffage d'appoint. Le système secondaire agit comme appoint à la thermopompe lorsque la température extérieure chute sous la valeur optimale de fonctionnement efficace de la thermopompe, cette température est appelée température de point de bascule¹⁸. Au-dessus de la température du point de bascule, la thermopompe fournit tout le chauffage, alors que sous la température du point de bascule, le système secondaire prend le relais pour répondre aux besoins de chauffage. Bien que tous les scénarios de thermopompes de notre modèle comprennent des systèmes de chauffage secondaires, certains bâtiments n'auront en fait pas besoin de chauffage d'appoint, selon les conditions climatiques, l'enveloppe et la conception du bâtiment et la technologie de la thermopompe.

Nous modélisons deux différents types de systèmes d'appoint qui prennent le relais lorsque la température du point de bascule est atteinte : un système d'appoint électrique à air chaud et un système d'appoint alimenté au gaz. Dans les systèmes comportant un système d'appoint électrique à air chaud, les besoins de chauffage et climatisation du ménage dépendent en tout temps de l'électricité, ce sont des systèmes entièrement électriques¹⁹. Dans le cas d'un système d'appoint alimenté au gaz, lorsque la température du point de bascule est atteinte, le système de chauffage passerait de la thermopompe au système alimenté au gaz.

Nous constatons que pour les maisons individuelles et les maisons en rangée à Vancouver, Montréal et Halifax, le système d'appoint électrique pour les thermopompes est nettement plus économique que le système d'appoint au gaz. Par exemple, dans le cas d'une maison individuelle construite dans les années 1980 à Vancouver, une thermopompe d'appoint électrique coûte en moyenne 400 \$ de moins par an qu'une thermopompe d'appoint au gaz, selon les hypothèses de coût de l'équipement et de prix de l'énergie de milieu de gamme. Cela ne tient pas compte des économies supplémentaires qu'un ménage pourrait réaliser si les propriétaires décidaient d'interrompre complètement leur consommation de gaz et de réaliser davantage d'économies en évitant les frais fixes de service du gaz. En général, à Toronto et à Edmonton,

¹⁸. Voir le rapport technique pour connaître les hypothèses sur la température du point de bascule.

¹⁹. Dans les systèmes entièrement électriques, lorsque les thermopompes sont jumelées à un système d'appoint électrique, l'utilisation en période de pointe et la capacité du réseau sont d'importants facteurs à prendre en compte lors de la planification. Bien que ces aspects liés au système dépassent la portée du présent rapport, axé sur le consommateur, notre prochain rapport sur les réseaux de chauffage des bâtiments abordera ces enjeux directement et présentera des recommandations de politiques pour s'y attaquer.

les thermopompes à gaz sont actuellement moins chères que les thermopompes électriques.

Les systèmes de chauffage et climatisation entièrement électriques sont généralement plus avantageux économiquement dans les bâtiments résidentiels multilogements s'ils sont associés à des systèmes de CVCA individuels et à air d'appoint, particulièrement à Halifax, Montréal et Vancouver. Toutefois, dans les bâtiments résidentiels multilogements équipés de systèmes de chauffage central, les thermopompes standard associées à un système d'appoint au gaz sont généralement plus économiques que les systèmes entièrement électriques parce que le chauffage central des bâtiments résidentiels multilogements est soumis à la tarification commerciale de l'électricité et à la tarification des heures de pointes²⁰.

Il est important de souligner que les ménages qui choisissent d'utiliser uniquement l'électricité et qui enlèvent tout l'équipement alimenté au gaz, y compris le chauffe-eau et la cuisinière, peuvent réaliser des économies supérieures à celles auxquelles nos conclusions arrivent. Par exemple, un client de Montréal qui abandonne le système de gaz économiserait plus de 4 000 \$ au cours de la durée de vie de son système en évitant les frais fixes du système de gaz²¹. Ces économies ne sont pas incluses dans notre analyse et s'ajoutent au bénéfice pour le consommateur d'utiliser des systèmes tout électriques. Cet aspect peut pencher dans la balance lorsque des consommateurs prennent une décision d'adopter un système associé à un système d'appoint au gaz et un système entièrement électrique.

Malgré le fait que le système d'appoint au gaz semble moins avantageux économiquement que le système entièrement électrique, il peut être une option très attrayante pour les consommateurs qui ont déjà un appareil de chauffage au gaz qui est encore bon. Cette approche peut s'avérer pertinente pour les ménages qui doivent installer ou remplacer seulement leur système de climatisation (Gard-Murray et coll., 2023). Dans certaines parties du pays où le marché des thermopompes en est à ses débuts, les fournisseurs peuvent également être moins prêts à offrir des systèmes tout électriques ou pourraient facturer une prime. La situation devrait s'améliorer alors que le marché prend de la maturité.

²⁰ La Ville de Montréal fait exception : les coûts des systèmes entièrement électriques et des thermopompes associées à un système d'appoint au gaz dans les bâtiments résidentiels multilogements sont très similaires.

²¹ Ce calcul s'appuie sur des frais annuels du service de gaz à Montréal, soit 228 \$ pendant 18 ans.

4. ● Obstacles à l'adoption de la thermopompe

Les résultats de notre modélisation démontrent que les thermopompes sont généralement l'option de chauffage et climatisation la plus économique pour l'ensemble des ménages du pays et les différents types de résidences de toute année de construction. Malgré leur coût avantageux pendant le cycle de vie, la relativement faible adoption des thermopompes dans la majorité du pays suggère que d'autres obstacles empêchent les ménages de choisir une thermopompe lors du remplacement d'un système de chauffage ou de climatisation. Bien que peu de recherches ont été menées sur les motivations des consommateurs à choisir une thermopompe, dans le contexte canadien, les études émergentes, les leçons apprises des autres gouvernements et les exemples d'adoption accrue au Canada soulignent une gamme d'obstacles empêchant l'adoption et suggèrent des politiques qui pourraient aider à surmonter ces obstacles²².

Les obstacles économiques, comportementaux et structurels font partie des facteurs empêchant l'adoption : les coûts initiaux restent un obstacle important, tout comme la capacité et la volonté des consommateurs à adopter une nouvelle technologie et à naviguer dans un système complexe de programmes gouvernementaux alors que le contexte est incertain et que les décisions doivent être prises rapidement. Certains défis d'ordre structurel limitent l'accès d'une partie de la population, en particulier les ménages locataires.

Bon nombre des défis décrits sont liés au caractère relativement nouveau du marché des thermopompes et peuvent être surmontés au fil du temps alors que le marché prendra de la maturité et que les installations seront plus courantes. Toutefois, les gouvernements au Canada et ailleurs dans le monde n'ont pas le luxe d'attendre que le marché prenne de la maturité.

²² Voir, par exemple, Corbett et Rhodes, 2022; Glave et Woollard, 2022; Kaufman et coll., 2019; Lades et coll., 2021; Hesselink et Chappin, 2019; et Michelsen et Madlener, 2015.

Si, au cours des prochaines années, les propriétaires de maison continuent d'opter pour une autre génération d'appareils à combustibles fossiles, le Canada aura beaucoup de difficulté à atteindre ses cibles de réduction des émissions.

Puisque le Canada doit favoriser la rénovation d'une grande partie des maisons existantes et des bâtiments chaque année pour décarboniser le parc immobilier, les quelques prochaines années offrent une importante fenêtre de possibilités (Kennedy et Frappé-Sénéclauze, 2021). Si, au cours des prochaines années, les propriétaires de maison continuent d'opter pour une autre génération d'appareils à combustibles fossiles, le Canada aura beaucoup de difficulté à atteindre ses cibles de réduction des émissions. Cette conjoncture favorable souligne l'urgence d'accélérer l'adoption par les ménages, à moyen terme, et d'éviter de maintenir les systèmes à combustibles fossiles.

4.1 La confiance des consommateurs est minée par un manque de connaissances et d'information claire

Bien que les thermopompes soient de plus en plus courantes dans l'ensemble du Canada, le manque d'information sur leur rendement et leur coût persiste, ce qui mine la confiance des consommateurs et ralentit leur adoption. Plusieurs facteurs interreliés peuvent contribuer à cette lacune. Tout d'abord, malgré un récent intérêt pour le déploiement, la technologie de la thermopompe reste relativement peu courante par rapport aux autres solutions (Ressources naturelles Canada, 2020). Le parti pris pour le statu quo et les préoccupations des premiers utilisateurs peuvent rester des obstacles jusqu'à ce que les thermopompes soient plus largement adoptées dans l'ensemble du pays, puisque certaines incertitudes peuvent persister quant à leur rendement dans une résidence ou un lieu en particulier; en outre, les ménages pourraient préférer attendre de pouvoir compter sur des témoignages directs d'amis, de voisins et de membres de leur famille qui font ce choix pour leur résidence (Kaufman et coll., 2019; Hesselink et Chappin, 2019). De plus, bien que d'importantes améliorations aient été apportées à la technologie au cours des dernières années, notamment la réduction du niveau sonore et le rendement à basse température et dans les résidences plus grandes et plus âgées, certaines préoccupations persistent, liées aux exemples antérieurs de piètre rendement, et la perception du rendement est un facteur qui influence le choix du consommateur (Corbett et Rhodes, 2022; Gaur et coll., 2021). De plus, les avantages de climatisation des thermopompes sont parfois ignorés ou non reconnus lorsque des ménages remplacent des appareils de chauffage ou de climatisation défectueux, en raison de la sensibilisation limitée à la valeur des thermopompes comme appareil de climatisation de l'espace (Gard-Murray et coll., 2023).

La préparation défaillante des fournisseurs prêts et le manque d'expertise des entrepreneurs contribuent également aux obstacles relatifs à l'information et l'accès et peuvent miner la confiance des consommateurs. Les entrepreneurs n'ont pas toujours les connaissances techniques, notamment à propos du rendement selon le climat et les différents types de maisons et des techniques d'installation appropriées (Owen et coll., 2013). Les consom-

mateurs qui souhaitent opter pour une thermopompe obtiennent parfois des renseignements contradictoires et confus de différentes sources sur le coût et le rendement, notamment auprès de différents installateurs d'appareils de CVCA²³. De plus, les récits anecdotiques d'installation inadéquate ayant nui au rendement peuvent grandement influencer la confiance des consommateurs. Les connaissances des entrepreneurs continuent d'augmenter, en général, tant à propos des thermopompes que des systèmes hybrides, mais les connaissances et l'expérience en matière de systèmes entièrement électriques restent moins avancées. D'autres pays, comme le Royaume-Uni, abordent ces enjeux par le biais de programmes de formation et de subventions dédiés qui permettent aux techniciens en chauffage de parfaire leurs connaissances et d'acquérir les compétences d'installateurs qualifiés de thermopompes à peu de frais (Gouvernement du Royaume-Uni, 2023a).

Le fait que plusieurs décisions de remplacement sont prises avec une certaine urgence exacerbe ces problèmes d'information sur le choix d'une thermopompe; en cas de défaillance d'un appareil existant, les ménages doivent rapidement remplacer l'appareil de chauffage ou de climatisation. Une récente étude de consommation menée en Colombie-Britannique révèle que le bris d'un appareil de chauffage est le déclencheur de la décision de remplacement dans près d'un cas sur trois et que la crainte d'un bris imminent déclenche une telle décision dans un cas sur cinq (Glave et Woollard, 2022). Prises ensemble, ces données indiquent que les ménages se trouvent dans une situation de très grande contrainte temporelle dans presque la moitié des cas. Le parti pris du statu quo est renforcé par cet aspect temporel, puisque, dans le contexte de la prise de décision, les consommateurs ont peu de temps pour bien comprendre et assimiler la nouvelle technologie ou pour trouver un installateur de thermopompe. Puis s'ajoute à cette contrainte temporelle le fardeau de la navigation dans un système relativement complexe de programmes de rabais et d'exigences des programmes de vérification de la consommation énergétique qui précèdent l'installation et qui peuvent nuire à la capacité des ménages de faire un choix de remplacement lorsque l'appareil existant ne fonctionne plus (Glave et Woollard, 2022).

4.2 Les coûts initiaux élevés restent un obstacle majeur

Bien que le prix des thermopompes devrait continuer de baisser, et que nos résultats démontrent que le coût du cycle de vie d'une thermopompe est moins élevé que celui des autres solutions dans la majorité des cas, le coût initial élevé d'une thermopompe reste un frein pour les ménages, malgré les rabais qui visent à réduire le coût de l'investissement (voir le [tableau 2](#)). Lorsqu'ils prennent une décision d'achat, les ménages ont tendance à accorder

²³ Nous avons inclus la variabilité des coûts initiaux dans notre modélisation pour tenir compte de la grande diversité des devis que les consommateurs reçoivent des entrepreneurs. Voir le [tableau 2](#) pour obtenir de plus amples détails.

beaucoup de poids aux coûts initiaux et à négliger les éventuels avantages, ce qui constitue un obstacle important au choix d'une thermopompe puisque le principal avantage économique des thermopompes est leur faible coût d'utilisation, qui vient compenser en quelques années le coût de l'investissement (Kaufman et coll., 2019; Goody, 2014).

De plus, les ménages disposent de peu de données de base pour anticiper les changements du prix des combustibles fossiles et de l'électricité au fil du temps, ce qui nuit à leur capacité de prendre des décisions éclairées fondées sur le coût du cycle de vie et renforce la tendance à accorder une grande importance aux coûts initiaux, qui sont faciles à calculer et à comprendre (Howarth et Andersson, 1993; Hesselink et Chappin, 2019). Souvent, les ménages évaluent les coûts sur une période plus courte que la durée utile de l'appareil, d'autant plus qu'un tel appareil n'est pas déplaçable et que les propriétaires et les locataires peuvent déménager pendant cette période. De plus, la connaissance des programmes de rabais pour soutenir l'adoption de la thermopompe est relativement faible au Canada, bien que la recherche suggère que la simple amélioration de la connaissance des programmes de rabais existants ne contribuerait pas efficacement à augmenter sensiblement l'adoption (Corbett et Rhodes, 2022).

Les coûts initiaux relativement élevés s'avèrent un obstacle particulièrement important pour les ménages à faible revenu; par conséquent, ces ménages ne pourraient pas bénéficier des économies à long terme qu'une thermopompe peut produire et, également, des possibles bénéfices vitaux d'un accès à un espace climatisé. Une recherche du Centre for Disease Control de la Colombie-Britannique, qui sera publiée prochainement, indique que les ménages recevant un supplément de revenu (soit les ménages sous le seuil de la pauvreté) étaient fortement associés à la hausse de la mortalité pendant la vague de chaleur de 2021 en Colombie-Britannique, soulignant l'importance de faire en sorte que les ménages à faible revenu puissent avoir accès à la climatisation de l'espace (Lindsay, 2023). Puisque, pour la majorité des programmes de rabais existants, l'admissibilité et le remboursement sont confirmés uniquement après l'installation, dont notamment le programme fédéral Maisons plus vertes, les ménages doivent assumer les importants coûts initiaux d'installation avant d'obtenir un remboursement, un coût que les ménages à faible revenu, en particulier, ne peuvent pas supporter. De plus, le fait de ne pas savoir à l'avance que la demande de rabais est admissible constitue un obstacle psychologique majeur, qui est empiré par les récits anecdotiques de ménages qui n'ont pas réussi à recevoir les rabais prévus en raison d'erreurs administratives de leur fait ou du fait de leur entrepreneur (Dunn, 2023).

4.3 Des programmes complexes et compliqués nuisent à l'adoption

Bien que de nombreux programmes soient mis en place partout au Canada, pour réduire le coût initial des thermopompes, la complexité de ces programmes et les lacunes dans leur conception limitent leur efficacité et créent

un fardeau administratif important pour les ménages. Plusieurs programmes de soutien sont offerts par différents paliers de gouvernement, selon la province, et chacun ayant différents critères de qualification (y compris différents critères d'admissibilité de l'appareil), différents critères d'approbation et différentes utilisations (voir l'[annexe](#))²⁴. Dans certains cas, notamment les programmes de subvention et de prêts Maisons plus vertes, la vérification de la consommation énergétique de la résidence est exigée et les ménages doivent déboursier cette évaluation avant de savoir s'ils se qualifient pour le programme. Le fardeau administratif créé par ce type de programmes complexes s'est avéré un obstacle important qui retient les ménages d'entreprendre les démarches alors que leur intention initiale était d'installer une thermopompe (Lades et coll., 2021)²⁵. Les demandes déposées au programme Subvention pour des maisons plus vertes pendant les deux premières années, et qui n'ont pas été traitées, suggèrent des problèmes d'accès au programme: le taux de demandes n'atteint pas les cibles gouvernementales puisque seulement 30 000 paiements ont été versés chaque année des deux premières années du programme, soit moins du tiers du taux annuel d'adoption nécessaire pour que le programme atteigne son objectif (Ressources naturelles Canada, 2023 b)²⁶. En plus d'être un obstacle pour la population générale, la complexité des programmes s'adressent à l'utilisateur final peut s'avérer un obstacle particulier pour les aînés, qui sont encore plus vulnérables en cas de chaleur extrême, et les immigrants récents.

Il y a, toutefois, de plus récents exemples de programmes qui sont plus simples et plus faciles d'accès: certains programmes provinciaux (Nouveau-Brunswick, Île-du-Prince-Édouard et Nouvelle-Écosse) offrent gratuitement des thermopompes aux ménages à faible revenu et le récent Programme pour la conversion abordable du mazout à la thermopompe du gouvernement fédéral n'exige pas d'évaluation énergétique. Ces programmes d'incitatifs directs, visant spécifiquement les thermopompes, sont plus clairs et plus faciles d'accès pour les consommateurs (Turner, 2023).

Le déploiement amélioré de rabais au point de vente pourrait être une bonne avenue pour réduire le fardeau administratif et améliorer l'accessibilité aux programmes de rabais existants, en offrant un rabais instantané aux consommateurs qui font l'achat d'une thermopompe. Les rabais au point de vente se sont avérés efficaces auprès des consommateurs et ont été largement déployés pour soutenir l'adoption des véhicules électriques, mais leur

²⁴ En plus de la complexité des programmes, les ménages vivant dans certaines régions peuvent être confrontés à des règlements relatifs à l'emplacement de la thermopompe, au niveau sonore et à la visibilité. Pour leur part, les copropriétaires doivent demander l'approbation de la rénovation, comme l'installation d'une thermopompe, et une telle approbation peut être refusée par leur syndicat.

²⁵ Cette conclusion s'inscrit dans la lignée des conclusions sur les effets du coût administratif d'autres investissements en efficacité énergétique et serait principalement attribuable au parti pris actuel (soit, reporter les tâches les plus difficiles, malgré les avantages à long terme). Certaines recherches suggèrent que l'élimination des obstacles comportementaux par la réduction du fardeau administratif pourrait avoir un effet encore plus important sur la hausse de l'adoption que l'offre d'autres incitatifs financiers (Lades et coll., 2021).

²⁶ Le programme de subvention Maisons plus vertes a commencé à accepter les demandes en 2021 et avait pour objectif de soutenir 700 000 propriétaires de résidence sur une période de sept ans se terminant en 2028.

utilisation pour les thermopompes reste limitée pour le moment (Robertson et Helveston, 2022)²⁷. Les intermédiaires, comme les détaillants et les entrepreneurs, ont un rôle décisif dans l'orientation du choix du consommateur lorsque des rabais sont offerts au point de vente, il sera important de faire en sorte que ces acteurs connaissent les avantages des thermopompes pour que le programme atteigne ses objectifs (Matthews et coll., 2016).

L'amélioration de l'accès à l'installation d'une thermopompe peut également être obtenue par le financement à la facturation : les entreprises de services publics financent les rénovations et recouvrent leurs frais par un remboursement à la facturation. Les consommateurs, en retour, remboursent leur prêt à la rénovation en payant leur compte d'électricité. Puisque la facture d'énergie devrait diminuer pour les résidences équipées d'une thermopompe (voir la [section 3](#)), l'amortissement des coûts initiaux par le financement sur facture permet de réduire les dépenses de chauffage et climatisation, même en incluant les versements mensuels sur le prêt.

Il y a de nombreux autres possibles avantages au financement sur facture, notamment le fait que les services publics ont déjà établi une relation de facturation avec leurs clients et ont accès à l'information sur la consommation énergétique et l'historique de paiement, et que ce financement sur facture permet aux occupants de transférer le prêt aux nouveaux occupants s'ils quittent avant le remboursement complet. Dans certains programmes, comme le programme Green Deal du Royaume-Uni, les rénovations remboursées sur facture sont liées à la propriété, non au propriétaire. Cette option est avantageuse parce que l'occupant qui déménage n'a plus d'obligation, il peut donc cesser de rembourser et transférer facilement le prêt au propriétaire suivant qui paiera la facture de services publics (Gouvernement du Royaume-Uni, 2023b). Les locataires peuvent aussi demander à leur propriétaire d'améliorer l'efficacité de leur résidence et d'inclure le prêt sur la facture de services publics du locataire (Ressources naturelles Canada, 2016).

4.4 Les obstacles structurels limitent l'accès à plusieurs ménages

En plus des défis abordés, qui nuisent à la capacité ou la volonté des ménages de choisir une thermopompe lorsqu'ils prennent la décision de remplacer un système de chauffage, des obstacles structurels limitent l'accès de certains segments de la population à ces technologies d'une manière plus systémique. Au Canada, la majorité des programmes de rabais et de prêts, par exemple, ciblent les ménages propriétaires-occupants d'une résidence unifamiliale : les copropriétaires sont souvent non admissibles, tout comme les propriétaires-locataires et les locataires (voir l'[annexe](#) pour obtenir les critères d'admissibilité des différents programmes) (Wyton, 2023).

²⁷ L'Île-du-Prince-Édouard offre un exemple récent de déploiement de rabais au point de vente, malgré d'importantes restrictions quant à l'admissibilité (Gouvernement de l'Île-du-Prince-Édouard, 2022).

Les locataires, en particulier, sont confrontés à des obstacles particuliers s'ils souhaitent accéder aux technologies des thermopompes, bon nombre présentant des défis plus importants que les obstacles auxquels les propriétaires sont confrontés. Plusieurs de ces obstacles sont liés au fait que bien qu'habituellement, les locataires paient les factures d'énergie, les propriétaires paient l'installation des systèmes de chauffage et (dans plusieurs cas) de climatisation²⁸. Il y a peu d'incitatifs pour les propriétaires qui souhaitent investir dans l'installation d'une thermopompe lorsque les avantages, tels que factures moins élevées, environnement intérieur plus confortable et résilience à la chaleur extrême, sont plus importants pour les occupants que pour les propriétaires. Puisque, dans la majorité des cas, les propriétaires ne bénéficient pas directement de la baisse de la facture d'énergie, certains pourraient être tentés d'augmenter le prix du loyer pour amortir les coûts de l'amélioration²⁹. De plus, le décalage entre l'information dont disposent les propriétaires et les locataires quant à l'état du logement, y compris la température de l'air intérieur et le coût des services publics, par exemple, incite encore moins les propriétaires à apporter des améliorations au système.

De plus, le « droit à la climatisation » n'existe pas au Canada et la majorité des provinces n'a pas de lois ou de règlements sur la température maximale qui déclencherait l'obligation de fournir la climatisation en l'absence d'un incitatif financier (Griffin, 2023). Toutefois, certains gouvernements entrevoient la possibilité de faire un pas dans cette direction. La Colombie-Britannique a proposé des changements au Code du bâtiment de la province qui établirait la température intérieure maximale d'un espace de vie à 26 degrés Celsius, qui devrait être régulée par la climatisation passive ou active, et la Ville de Vancouver exigera la climatisation de l'espace dans toutes les nouvelles résidences multifamiliales à partir de 2025 (Ministère du Logement de la Colombie-Britannique, 2023; Ville de Vancouver, 2022).

Bien que ces mesures s'appliquent aux nouveaux bâtiments, il est essentiel de s'attaquer aux défis de la rénovation du parc immobilier et d'améliorer l'accès à la climatisation de l'espace pour les locataires de ces immeubles pour donner un accès équitable à ces technologies vitales dans une époque où les épisodes de chaleur extrême se multiplient³⁰. La Ville de Hamilton tente de relever ce défi en élaborant un règlement qui exige des propriétaires qu'ils s'assurent des limites de température sécuritaires, tant dans les nouveaux logements que les logements existants (Ville de Hamilton, 2023), et Efficiency Nova Scotia a créé un programme de rabais dédié aux rénovations écoénergétiques (y compris les thermopompes) dans les immeubles locatifs multilogements, en précisant des critères d'admissibilité (Efficiency Nova Scotia 2023).

²⁸ Même si les locataires avaient la possibilité de prendre l'initiative d'installer une thermopompe, les incitatifs sont moins importants parce que les locataires sont plus susceptibles de déménager plus fréquemment et que la rentabilité se révèle au fil du temps.

²⁹ Toutefois, dans certains endroits où les augmentations de loyer sont soumises à la loi, cette démarche peut être impossible.

³⁰ Il y a de nombreux cas documentés de propriétaires limitant la capacité des locataires à installer eux-mêmes la climatisation et il y a des complexités supplémentaires de rénovation des systèmes électriques dans les immeubles multilogements plus âgés, qui sont souvent les plus abordables pour les locataires (Uguen-Csenge, 2023).

La pauvreté énergétique est un problème réel au Canada et il est essentiel d'éliminer les obstacles qui empêchent les locataires de bénéficier des économies d'énergie et de coût associées aux thermopompes, alors que la population vivant dans la pauvreté est deux fois plus susceptible d'être locataire que la population générale (Randle et coll., 2022). De plus, il est essentiel d'améliorer l'accès des locataires aux technologies propres pour atteindre les objectifs nationaux de réduction des émissions et de résilience, compte tenu du fait qu'un tiers des Canadiens sont locataires (Statistique Canada, 2022b)³¹.

³¹. La Stratégie nationale d'adaptation du Canada établit plusieurs objectifs pertinents, notamment « d'ici à 2025, 50 % des Canadiens auront pris des mesures pour mieux se préparer et répondre aux risques liés aux changements climatiques auxquels leur ménage est confronté; d'ici à 2026, 80 % des régions sociosanitaires auront mis en œuvre des mesures d'adaptation fondées sur des données probantes pour protéger la santé des Canadiens contre la chaleur extrême, et d'ici à 2040, les décès dus aux vagues de chaleur extrême auront été éliminés ». Pour atteindre ces objectifs, des efforts proactifs de conception de politiques devront être déployés pour éliminer l'iniquité d'accès à la climatisation de l'espace.

5. Incidences des politiques et recommandations

D'un point de vue du coût de la durée utile, les thermopompes seraient le choix le plus économique pour les consommateurs, notamment en raison des politiques et des programmes actuels. Toutefois, le coût initial reste un obstacle important à l'adoption de la thermopompe. Parmi les autres obstacles décourageant cette adoption, il y a une absence de confiance des consommateurs, une confusion quant aux informations, les

contraintes de nature temporelle de la majorité des décisions de remplacement d'un système de chauffage et le fardeau de la navigation complexe et lourde dans les programmes gouvernementaux. Il y a aussi des inégalités d'accès qui empêchent concrètement bon nombre de Canadiens de voir les bénéfices de l'installation d'une thermopompe, ce qui signifie que les personnes les plus vulnérables aux chaleurs extrêmes et à l'augmentation des factures d'énergie sont actuellement les moins à même de profiter des avantages de ces technologies.

Les personnes les plus vulnérables aux chaleurs extrêmes et à l'augmentation des factures d'énergie sont actuellement les moins à même de profiter des avantages de ces technologies.

Tous ces obstacles peuvent, et devraient, être éliminés pour améliorer l'adoption des thermopompes partout au pays³². Le soutien au déploiement des thermopompes est une bonne politique sur tous les fronts: il réduit la facture des ménages et aide les gouvernements à atteindre leurs cibles d'émissions et de résilience. Tous les ordres de gouvernement ont un important rôle à jouer, plus particulièrement à ce stade relativement précoce de la courbe d'adoption de la thermopompe. Dans certaines situations, nous

³² Les données probantes des pays où l'adoption de la thermopompe est particulièrement forte, comme la Suède, révèlent qu'une combinaison de politiques d'élimination de ces obstacles peut contribuer à accélérer l'adoption en modifiant la perception qu'ont les consommateurs des thermopompes qui passent alors d'une technologie peu connue et possiblement risquée à une option courante de système de chauffage (Rosenow et coll., 2022).

recommandons d'éliminer les obstacles actuels du marché et de simplifier le processus d'installation pour les ménages; dans certaines autres situations, nous recommandons une approche de réglementation pour surmonter les obstacles de nature structurelle. Nos recommandations sont les suivantes.

- 1. Tous les ordres de gouvernement devraient maintenir les politiques et les rabais qui soutiennent l'adoption de la thermopompe, même si l'adoption s'accélère.** La combinaison des politiques actuelles fait des thermopompes l'option de chauffage et de climatisation la plus économique pour la majorité des ménages dans les villes que nous avons modélisées au Canada. Des indications élargies des prix, en particulier la tarification du carbone, sont des facteurs clés de valorisation des thermopompes par rapport aux systèmes alimentés au gaz. Le gouvernement fédéral devrait maintenir le calendrier de l'augmentation prévue de la tarification du carbone, puisque cette tarification est la façon la plus rentable de fournir des incitatifs élargis dans l'ensemble de l'économie en vue de réduire les émissions à faible coût, y compris pour le chauffage résidentiel. Le maintien de l'échelle actuelle des soutiens financiers existants, alors que l'adoption de la thermopompe s'accélère à court terme, est important à ce stade relativement précoce du marché. Il serait éventuellement possible de mettre fin à certains programmes lorsque le marché aura atteint une certaine maturité et que les coûts continueront de diminuer, mais les soutiens qui ciblent les ménages à faible revenu, en particulier, devront probablement être maintenus à long terme.
- 2. Tous les ordres de gouvernement devraient simplifier les programmes existants et améliorer l'équité d'accès.** Bien que les rabais existants soutiennent généralement l'avantage économique des thermopompes, les consommateurs sont confrontés à d'importants problèmes d'accès à ces rabais et ont souvent de la difficulté à s'y retrouver. De plus, les consommateurs doivent souvent assumer d'importants coûts initiaux en attendant leur remboursement. Des améliorations à la conception et à la coordination des programmes existants pourraient comprendre l'assouplissement des exigences de vérification de la consommation énergétique de la résidence comme condition d'admissibilité, l'harmonisation de l'admissibilité des appareils et d'autres critères d'admissibilité des gouvernements, et l'amélioration de l'accès aux locataires, y compris en élargissant l'admissibilité des propriétaires-locataires aux rabais pour les propriétés louées (voir les restrictions actuelles d'admissibilité, dans l'[annexe](#)). De plus, les gouvernements devraient envisager d'étendre et de simplifier les programmes pour réduire ou éliminer le poids du coût initial pour les consommateurs, par exemple, par le biais de rabais au point de vente et de financement sur facture (comme abordé à la [section 4](#)).
- 3. Les gouvernements provinciaux devraient soutenir l'établissement d'un guichet unique de services concernant l'énergie et l'efficacité** pour bâtir la confiance du consommateur et soutenir les ménages pendant le dépôt d'une demande et le processus d'installation. Une organisation centralisée aurait la responsabilité du guichet unique qui serait le seul point d'entrée pour les consommateurs qui souhaitent obtenir de l'information, du

soutien, une aide financière et des services du programme de chauffage et de climatisation résidentiels, y compris l'installation d'une thermopompe, les rénovations écoénergétiques et l'accès à une aide financière ou au financement.

Des modèles de guichet unique ont fait leurs preuves comme levier d'augmentation de l'adoption de la thermopompe dans d'autres pays. Ce succès s'explique notamment par le fait qu'une approche de guichet unique réduit le temps et les ressources que les ménages doivent consacrer au processus d'amélioration et aide les demandeurs à obtenir un soutien auprès de plusieurs sources de financement (Agence internationale de l'énergie, 2023; Commission européenne, 2023)³³. Une approche de guichet unique facilite également la communication d'information adaptée et de conseil d'une seule source fiable, qui peut aider à surmonter les obstacles liés à la confiance du consommateur et à l'information (Agence internationale de l'énergie, 2023; Commission européenne, 2023). Cette stratégie permettrait de surmonter, d'un seul coup, bon nombre des obstacles à l'adoption de la thermopompe.

Ce service de guichet unique devrait aussi être offert aux associations d'immeubles, aux syndicats de copropriétaires et aux autres structures de régie du logement. Il fournirait une formation aux gestionnaires de bâtiments et autres intervenants qui s'assureraient que l'équipement fonctionne comme prévu et que les besoins des locataires sont satisfaits. En plus de conseiller les ménages sur les programmes et les technologies d'énergie et d'efficacité énergétique, les gouvernements devraient également étendre et simplifier les programmes existants pour faciliter les démarches et améliorer l'équité d'accès (voir la recommandation 2).

- 4. Pour protéger les Canadiens contre les épisodes de plus en plus fréquents de chaleur extrême et améliorer l'équité d'accès à la climatisation vitale de l'espace, les gouvernements devraient établir des limites de température intérieure maximale et des exigences de climatisation active et passive.** Les provinces devraient actualiser leur code du bâtiment pour exiger que des limites de température maximale sécuritaire soient maintenues au moyen d'une combinaison de climatisation active et passive et le gouvernement fédéral devrait s'assurer que les prochains éléments clés de résilience du Code national du bâtiment incluent également les exigences de

³³ Les guichets uniques peuvent être publics ou privés. Par exemple, l'Irlande a choisi, comme approche, d'offrir aux ménages tous les services et soutiens nécessaires pour réaliser une rénovation résidentielle écoénergétique, qui comprend la gestion du processus complet des demandes, allant de l'évaluation initiale de la consommation énergétique de la résidence, puis la demande de subvention, la gestion du projet, les travaux de l'entrepreneur jusqu'à la certification finale de la cote énergétique de l'immeuble (Agence internationale de l'énergie, 2022; Pardalis et coll., 2022; Sustainable Energy Authority of Ireland, 2023). Le programme national de rénovation de l'Allemagne, le KfW Effizienzhaus, est un autre exemple. Il s'appuie sur des conseillers qualifiés en énergie qui fournissent un soutien pour le dépôt de demandes de prêts ou de subventions à la rénovation, produisent des plans de rénovation, dirigent les travaux de rénovation et gèrent tous les entrepreneurs (y compris l'évaluation des devis), mesurent les résultats et aident à remplir les formulaires de demande pertinents (KfW, 2023; Pardalis et coll., 2022). Le programme de la Suède, le Klimatfastigheter Småland AB, est un exemple de guichet unique privé qui coordonne tous les aspects des rénovations pour les ménages, comme la négociation du prix de tous les différents travaux de rénovation au nom de ses clients (Pardalis et coll., 2022).

climatisation et de limites de température intérieure maximale sécuritaire³⁴. En plus de ces mesures d'amélioration de la résilience pour les nouveaux bâtiments, les gouvernements devraient élaborer des stratégies dédiées pour améliorer l'accès des locataires à la climatisation de l'espace dans les immeubles existants, y compris en envisageant des programmes d'incitatifs dédiés et des règlements qui exigent le chauffage et la climatisation propres lors du remplacement des systèmes de chauffage.

Tous les ordres de gouvernement devraient s'assurer que les politiques qui visent à améliorer la résilience et les politiques qui visent à réduire les émissions des résidences et des immeubles sont synchronisées et fonctionnent en synergie. Autrement, il y a un risque que ces politiques et règlements visant à augmenter la résilience à la chaleur, comme l'exigence de la climatisation active dans les codes du bâtiment ou l'extension de l'accès aux technologies de climatisation par le biais des programmes, mèneront à des décisions et des investissements qui nuiront aux objectifs d'atténuation des changements climatiques. Une telle situation pourrait survenir, par exemple, si l'adoption de la climatisation centrale s'accélère, alors qu'une thermopompe pourrait plus élégamment satisfaire à ce besoin de climatisation³⁵. Le jumelage d'une exigence du code du bâtiment relative à la climatisation active avec une exigence d'appareil de chauffage et climatisation non polluant et une efficacité énergétique totale assurerait une protection contre ce risque (voir la recommandation 5).

5. Les gouvernements provinciaux et municipaux devraient exiger le chauffage et la climatisation haute efficacité et non polluants dans les nouveaux bâtiments, dans les régions où le scénario du chauffage entièrement électrique est l'option la plus économique. Une telle démarche permettrait d'éviter de maintenir l'infrastructure et l'équipement dépendant de l'énergie fossile. Nos résultats démontrent que, dans les cinq villes que nous avons modélisées, les thermopompes avec appoint électrique représentent déjà l'option la plus économique pour toutes les nouvelles constructions à Vancouver, Montréal et Halifax. Les thermopompes d'appoint électriques représentent également l'option la plus économique pour les maisons individuelles et les maisons en rangée nouvellement construites à Toronto (voir la [section 3](#)). Le fait d'exiger le chauffage et la climatisation propres et écoénergétiques (de même pour le chauffage de l'eau et la cuisson) dans les nouveaux immeubles dans les régions où cette solution est rentable permet d'éviter de prolonger l'infrastructure gazière jusqu'aux nouveaux lotissements—une infrastructure qui pourrait éventuellement être abandonnée ou contribuer à la hausse des factures d'énergie alors que le

³⁴ Une température de vingt-six degrés Celsius est souvent citée comme température au-dessus de laquelle la température intérieure d'un immeuble devient dangereuse et associée à un taux de mortalité élevé (Comité BC HEAT, 2022). Une des cibles de la Stratégie nationale d'adaptation du Canada est : « D'ici à 2026, des considérations supplémentaires relatives à la résilience aux changements climatiques sont intégrées dans trois codes canadiens (Code national du bâtiment, Code canadien sur le calcul des ponts routiers et Code canadien de l'électricité) ».

³⁵ Voir Gard-Murray et coll. (2023) pour obtenir une analyse supplémentaire des avantages du remplacement des nouveaux climatiseurs centraux par des thermopompes, et les options politiques pour ce faire.

pays entreprend la décarbonisation³⁶. Cette solution permet également de corriger les incitatifs mal harmonisés, puisque les promoteurs ont moins d'incitatifs que les propriétaires à choisir un système qui offre des coûts de fonctionnement plus économiques (par rapport à un système qui est souhaitable actuellement en raison de son rendement passé). En réglementant les nouveaux immeubles, les gouvernements devraient éviter d'être trop normatifs et devraient permettre une certaine flexibilité de combinaison de systèmes de chauffage et climatisation non émetteurs qui peuvent être particulièrement efficaces dans certaines circonstances.

³⁶ Les répercussions de différentes voies d'électrification du réseau de chauffage des immeubles et les stratégies de gestion de la demande de pointe seront étudiées dans une prochaine recherche de l'Institut climatique du Canada sur la décarbonisation du chauffage des immeubles.

Annexe

Programmes offerts au Canada pour favoriser le choix d'une thermopompe

Cette liste de programmes d'incitatifs à l'adoption de la thermopompe n'est pas exhaustive et tous ces programmes de rabais n'ont pas été inclus dans notre modélisation. Pour obtenir de plus amples détails sur les hypothèses qui sous-tendent la modélisation, veuillez consulter le rapport technique joint.

PROGRAMMES INCLUS DANS NOTRE MODÈLE

SUBVENTION CANADIENNE POUR DES MAISONS PLUS VERTES, CANADA

Financement: Gouvernement du Canada

Subvention allant jusqu'à 5 000 \$ pour couvrir les coûts des rénovations résidentielles admissibles, y compris les thermopompes.

Contraintes d'admissibilité

- Évaluations ÉnerGuide requises, avant et après les rénovations.
- Les propriétaires qui louent leurs propriétés et les locataires ne sont pas admissibles.
- Les coopératives d'habitation et les maisons construites depuis moins de six mois ne sont pas admissibles.

CLEANBC BETTER HOMES AND HOME RENOVATION REBATE PROGRAM, COLOMBIE-BRITANNIQUE

Financement: Gouvernement de la Colombie-Britannique

Rabais allant jusqu'à 6 000 \$ pour les thermopompes.

Rabais allant jusqu'à 500 \$ pour la mise à niveau des services électriques.

Contraintes d'admissibilité

- Les propriétaires qui louent leurs propriétés et les locataires ne sont pas admissibles.
- Les habitations résidentielles multilogements ne sont pas admissibles.
- Une preuve de l'enlèvement du système à combustible fossile doit être fournie.

HEATING SYSTEM REBATES DE LA NOUVELLE-ÉCOSSE, NOUVELLE-ÉCOSSE

Financement: Efficiency Nova Scotia

Rabais allant jusqu'à 1600 \$ pour les thermopompes.

Contraintes d'admissibilité

- Les locataires ne sont pas admissibles.
- Les maisons construites depuis moins de six mois ne sont pas admissibles.

PROGRAMME DE LOGEMENT ABORDABLE DE LA NOUVELLE-ÉCOSSE, NOUVELLE-ÉCOSSE

Financement: Efficiency Nova Scotia

Jusqu'à 300 000 \$ par projet ou 80 % du coût du projet, le moins élevé des deux étant retenu. Remboursements pour les mises à niveau liées à l'efficacité énergétique.

Contraintes d'admissibilité

- Immeubles locatifs résidentiels multilogements.
- Doit répondre aux critères de taux de location maximum selon le type de logement.

PROGRAMME POUR LES NOUVELLES CONSTRUCTIONS COMMERCIALES DE LA NOUVELLE-ÉCOSSE, NOUVELLE-ÉCOSSE

Financement : Efficiency Nova Scotia

Jusqu'à un maximum de 750 000 \$ pour répondre à diverses normes et exigences en matière d'efficacité énergétique, y compris pour les équipements de chauffage et de climatisation.

Contraintes d'admissibilité

- Une nouvelle structure.
- Le projet doit prévoir au moins deux mesures d'efficacité énergétique.
- Le projet doit permettre de réduire la consommation totale d'énergie du bâtiment d'au moins 25 % et d'économiser au moins 100 000 kWh d'électricité.

PROGRAMME AFFORDABLE MULTI-FAMILY RESIDENTIAL, ONTARIO

Financement: Enbridge Gas

Jusqu'à 2000 \$ pour les rénovations visant à améliorer l'efficacité énergétique ou les nouvelles constructions.

Contraintes d'admissibilité

- En plus des fournisseurs de logements sociaux et municipaux, des refuges et des coopératives d'habitation, les immeubles résidentiels multilogements offerts au taux du marché sont admissibles si le loyer d'au moins 30 % des logements correspond à 80 % du loyer médian au prix du marché.

PROGRAMME TORONTO HOME ENERGY AND LOAN, ONTARIO

Financement: Ville de Toronto

Remise de 2000 \$ pour une thermopompe à air standard.

Remise de 2500 \$ pour une thermopompe de climat froid.

Contraintes d'admissibilité

- Maison individuelle, jumelée ou en rangée dans la ville de Toronto.
- Les locataires ne sont pas admissibles

PROGRAMME LOGISVERT, QUÉBEC

Financement: Hydro-Québec

Recevez 140 \$ par 1000 BTU/h à -8 °C pour une thermopompe à haut rendement.

Contraintes d'admissibilité

- Maison unifamiliale, maison jumelée, maison en rangée, maison mobile et chalet quatre saisons situés au Québec.

PROGRAMME SOLUTIONS EFFICACES, QUÉBEC

Financement: Hydro-Québec

Jusqu'à 75% des coûts d'achat et d'installation admissibles.

Contraintes d'admissibilité

- Clients commerciaux, industriels et institutionnels.
- Les bâtiments neufs et anciens sont admissibles.

PROGRAMMES NON INCLUS DE NOTRE MODÈLE

PROGRAMME POUR LA CONVERSION ABORDABLE DU MAZOUT À LA THERMOPOMPE — DANS LE CADRE DE L'INITIATIVE CANADIENNE POUR DES MAISONS PLUS VERTES, CANADA

Financement: Gouvernement du Canada

Paiement initial allant jusqu'à 10 000 \$ pour des systèmes de thermopompes à air pour climats froids.

Contraintes d'admissibilité

- Les propriétaires qui louent leurs propriétés et les locataires ne sont pas admissibles.
- Bien que le programme n'exige pas l'enlèvement de la source de chauffage existante, plusieurs provinces et municipalités exigent l'enlèvement du réservoir de mazout qui n'est plus utilisé.
- Les maisons construites depuis moins de six mois ne sont pas admissibles.
- Le programme est destiné à l'installation de thermopompe pour climat froid seulement.

PRÊT CANADIEN POUR DES MAISONS PLUS VERTES, CANADA

Financement: Gouvernement du Canada

Prêt sans intérêt, remboursable sur 10 ans, allant de 5 000 à 40 000 \$, accordé pour des rénovations admissibles.

Contraintes d'admissibilité

- Les demandeurs doivent être admissibles et déposer une demande de Subvention canadienne pour des maisons plus vertes.
- De bons antécédents de crédits sont nécessaires.
- Le prêt doit être approuvé avant le début des rénovations.

PROGRAMME HOMEWARMING, NOUVELLE-ÉCOSSE

Financement: Gouvernement de la Nouvelle-Écosse

Le coût total de la thermopompe et de son installation est couvert pour les ménages à faible revenu.

Contraintes d'admissibilité

- Les ménages sont admissibles si leur revenu se situe entre 27 250 \$ et 72 113 \$, selon la taille du ménage.
- Les propriétaires qui louent leurs propriétés et les locataires ne sont pas admissibles.
- Les demandeurs ne devraient pas prévoir de vendre leur propriété dans un avenir rapproché.

INITIATIVE POUR LE CHAUFFAGE DOMESTIQUE PROPRE, ONTARIO

Financement: Enbridge Gas et le gouvernement de l'Ontario

Rabais allant jusqu'à 4 500 \$ pour aider à couvrir les coûts d'installation d'une thermopompe électrique.

Contraintes d'admissibilité

- Seuls les résidents de certaines villes (Ajax, Barrie, Pickering, Whitby, Sault Ste. Marie, St Catharines, Peterborough et London) sont admissibles³⁷.
- Les locataires ne sont pas admissibles.
- Programme offert au « premier arrivé, premier servi », en fonction des fonds disponibles³⁸.

PROGRAMME FREE HEAT PUMP, ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD

Financement: Gouvernement de l'Île-du-Prince-Édouard

Le coût total de la thermopompe et de son installation est couvert pour les ménages à faible revenu.

Contraintes d'admissibilité

- Les propriétaires qui louent leurs propriétés et les locataires ne sont pas admissibles.
- Seuls les ménages dont le revenu ne dépasse pas 75 000 \$ sont admissibles.
- Les propriétés dont la valeur est égale ou supérieure à 300 000 \$ ne sont pas admissibles.

PROGRAMME ÉCOÉNERGÉTIQUE AMÉLIORÉ, NOUVEAU-BRUNSWICK

Financement: Gouvernement du Nouveau-Brunswick

Le coût total de la thermopompe et de son installation est couvert pour les ménages à faible revenu.

Contraintes d'admissibilité

- Les propriétaires qui louent leurs propriétés et les locataires ne sont pas admissibles.
- Seuls les ménages dont le revenu ne dépasse pas 70 000 \$ sont admissibles.
- Programme offert au « premier arrivé, premier servi », en fonction des fonds disponibles.

³⁷ L'Initiative pour le chauffage domestique propre est proposée dans certaines collectivités du nord et du sud qui représentent une répartition géographique diversifiée qui permettra de mettre à l'épreuve le système de chauffage hybride dans divers climats.

³⁸ Les résidents de Toronto ne sont pas admissibles à l'Initiative pour le chauffage domestique propre; cette initiative n'a donc pas été incluse dans notre modèle.

Références

Agence internationale de l'énergie (2022). *The Future of Heat Pumps*. Paris, France. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-heat-pumps>

Agence internationale de l'énergie (2023). « Heat Pumps: Latest Findings ». Extrait le 30 juillet 2023 de <https://www.iea.org/energy-system/buildings/heat-pumps>

Ballester, Joan, Marcos Quijal-Zamorano, Raúl Fernando Méndez Turrubiates, Ferran Pegenaute, François R. Herrmann, Jean Marie Robine, Xavier Basagaña, Cathryn Tonne, Josep M. Antó et Hicham Achebak (2023). « Heat-Related Mortality in Europe During the Summer of 2022 », *Nature Medicine*, p. 1 à 10. <https://www.nature.com/articles/s41591-023-02419-z>

BC Hydro (2020). *Not-So Well-Conditioned: How Inefficient A/C Use is Leaving British Columbians Out of Pocket in the Cold*. Vancouver, Colombie-Britannique. <https://www.bchydro.com/content/dam/BCHydro/customer-portal/documents/news-and-features/bch-ac-report-aug-2020.pdf>

BC Hydro (2022). *AC Dependency: Summer Demand for Electricity Increasing with AC Use*. Vancouver, Colombie-Britannique. <https://www.bchydro.com/content/dam/BCHydro/customer-portal/documents/news-and-features/ac-dependency-report-bchydro.pdf>

Beugin, Dale, Dylan Clark, Sarah Miller, Ryan Ness, Ricardo Pelai et Janna Wale (2023). *Arguments en faveur d'une adaptation aux chaleurs extrêmes: Coûts de la vague de chaleur de 2021 en Colombie-Britannique*. Institut climatique du Canada. <https://institutclimatique.ca/reports/la-chaleur-extreme-au-canada>

Billimoria, Sherri, Mike Henchen, Leia Guccione et Leah Louis-Prescott (2018). *The Economics of Electrifying Buildings: How Electric Space and Water Heating Supports Decarbonization of Residential Buildings*. Rocky Mountain Institute. <http://www.rmi.org/insights/reports/economics-electrifying-buildings/>

- Bureau des coroners de la Colombie-Britannique (2022). *Extreme Heat and Human Mortality: A Review of Heat-Related Deaths in B.C. in Summer 2021*. Victoria, Colombie-Britannique. https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/birth-adoption-death-marriage-and-divorce/deaths/coroners-service/death-review-panel/extreme_heat_death_review_panel_report.pdf
- Carrier (2023). « How Are Heat Pumps and Air Conditioners Similar? » Extrait le 30 juillet 2023 de <https://www.carrier.com/residential/en/ca/products/heat-pumps/heat-pumps-vs-air-conditioners/>
- CBC News (2022). « For this Remote First Nation, Installing Heat Pumps is Worth the Effort ». Extrait le 24 août 2023 de <https://www.cbc.ca/news/science/what-on-earth-heat-pumps-heiltsuk-nation-1.6475202>
- Comité B.C. HEAT (B.C. Health Effects of Anomalous Temperatures Coordinating Committee) (2022). *B.C. Provincial Heat Alert and Response System*. Victoria, Colombie-Britannique. <http://www.B.C.cdc.ca/resource-gallery/Documents/Guidelines%20and%20Forms/Guidelines%20and%20Manuals/Health-Environment/Provincial-Heat-Alerting-Response-System.pdf>
- Commission européenne (2023). *Rapport sur la proposition de directive du Parlement européen et du Conseil sur la performance énergétique des bâtiments*. Bruxelles, Belgique. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2023-0033_FR.html
- Corbett, Meghan, Ekaterina Rhodes, Aaron Pardy et Zoe Long (2023). « Pumping up Adoption: The Role of Policy Awareness in Explaining Willingness to Adopt Heat Pumps in Canada », *Energy Research and Social Science*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102926>
- Delta-EE. « Heat Pump Costs Projected to Fall by 40%. » Extrait le 17 août 2023 de <https://delta.lcp.com/press-release/heat-pump-costs-projected-to-fall-by-40/>
- Dion, Jason, Caroline Lee, Anna Kanduth, Christiana Guertin et Dale Beugin (2022). *Volte-face: Comment alimenter un Canada carboneutre*. Institut climatique du Canada. <https://institutclimatique.ca/reports/volte-face/>
- Dunn, Thom (2023). « A Heat Pump Might Be Right for Your Home: Here's Everything to Know ». The New York Times. Extrait le 22 août 2023 de <https://www.nytimes.com/wirecutter/guides/heat-pump-buying-guide/>
- Ecotrust Canada (2019). *Project Review: Report on Bella Bella Heat Pump Project*. Vancouver, Colombie-Britannique. <https://ecotrust.ca/wp-content/uploads/2020/03/Heiltsuk-First-Nation-2019-Heat-Pump-Review.pdf>
- Efficiency Nova Scotia (2023). « Affordable Multifamily Housing Program ». Extrait le 24 août 2023 de <https://www.efficiencyns.ca/business/business-types/affordable-housing/>
- EnergieSchweiz. 2021. *Feldmessungen von Wärmepumpen-Anlagen Heizsaison 2020/21* [Mesures sur le terrain des systèmes de thermopompes pendant la saison de chauffage 2020-2021]. Ittigen, Suisse. https://www.ost.ch/fileadmin/dateiliste/3_forschung_dienstleistung/institute/ies/wpz/sonstige_wichtige_dokumente/2021_bericht_feldmessungen.pdf

Energy Systems Catapult. 2023. *Electrification of Heat Demonstration Project: Interim Heat Pump Performance Data Analysis Report*. Birmingham, Royaume-Uni. <https://es.catapult.org.uk/report/electrification-of-heat-interim-heat-pump-performance-data-analysis-report/>

Environnement et Changement climatique Canada (2020). *Un environnement sain et une économie saine : Le plan climatique renforcé du Canada pour créer des emplois et soutenir la population, les communautés et la planète*. Gouvernement du Canada. Gatineau, Québec. <https://www.canada.ca/fr/services/environnement/meteo/changementsclimatiques/plan-climatique/survol-plan-climatique/environnement-sain-economie-saine.html>

Environnement et Changement climatique Canada (2023). *Stratégie nationale d'adaptation du Canada : bâtir des collectivités résilientes et une économie forte* Gouvernement du Canada. Gatineau, Québec. <https://www.canada.ca/fr/services/environnement/meteo/changementsclimatiques/plan-climatique/strategie-nationale-adaptation.html>

Ferguson, Alex et Jeremy Sager (2022). *Cold-Climate Air Source Heat Pumps: Assessing Cost Effectiveness, Energy Savings and Greenhouse Gas Emission Reductions in Canadian Homes*. Ressources naturelles Canada. Ottawa, Ontario. https://ftp.maps.canada.ca/pub/nrcan_nrcan/publications/STPublications_PublicationsST/329/329701/gid_329701.pdf

Fortis BC (2023). « Home Energy Calculator ». Extrait le 30 juillet 2023 de <https://www.fortisbc.com/rebates-and-energy-savings/saving-energy-in-your-home/home-energy-calculator>

Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. 2020. *Wärmepumpen in Bestandsgebäuden: Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt «WPsmart im Bestand»* [“WPsmart im Bestand”: Essai d'une pompe à chaleur sur le terrain — Bâtiments existants et contrôle intelligent]. Freiburg, Allemagne. https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/downloads/pdf/Forschungsprojekte/BMWi-03ET1272A-WPsmart_im_Bestand-Schlussbericht.pdf

Gard-Murray, Alexander, Brendan Haley, Sarah Miller, Mathieu Poirier (2023). *Thermopompes : Un vent frais sur le chauffage. L'installation de thermopompes au lieu de climatiseurs centraux au Canada*. Alliance pour la décarbonisation des bâtiments, Institut climatique du Canada, Efficacité énergétique Canada, Greenhouse. <https://institutclimatique.ca/reports/thermopompes-vent-frais-chauffage/>

Gaur, Ankita Singh, Desta Z. Fitiw et John Curtis (2021). « Heat Pumps and Our Low-Carbon Future: A Comprehensive Review », *Energy Research & Social Science*, 71, 101764. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101764>

Gilpin, Emilee (2018). « Skidegate on the Way to Becoming a 'City of the Future' ». Canada's National Observer. Extrait le 24 août 2023 de <https://www.nationalobserver.com/2018/04/09/brighter-news-clean-energy-success-story>

Glave, James et Donovan Woollard (2022). *Stuck: Why Home Electrification is Lagging in British Columbia and What Must be Done to Break the Deadlock on Residential Carbon Retrofits*. Open Technologies. <https://opentech.eco/products/stuck/>

Goody, Mark Christopher (2014). *Household Decision-Making Dynamics Associated with the Adoption of High-Involvement Renewable Energy Technologies: A Case Study of Consumer Experiences in the Adoption of Residential Ground Source Heat Pump Systems in Rural Southwestern*

- Ontario (Canada). Mémoire de maîtrise présenté à l'Université de Waterloo Waterloo, Ontario. https://uwspace.uwaterloo.ca/bitstream/handle/10012/8836/Goody_Mark.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gouvernement de l'Île-du-Prince-Édouard (2022). « Point of Sale Heat Pump Rebates ». Extrait le 30 juillet 2023 de <https://www.princeedwardisland.ca/en/information/environment-energy-and-climate-action/point-of-sale-heat-pump-rebates>
- Gouvernement de la Colombie-Britannique (s.d.). « Do Heat Pumps Work Well in Cold Weather? ». Extrait le 30 juillet 2023 de <https://www.betterhomesbc.ca/products/do-heat-pumps-work-well-in-cold-weather/>
- Gouvernement du Royaume-Uni (2023a). « Thousands of Heat Pump Installers to be Trained for Fraction of the Price ». Extrait le 23 août 2023 de <https://www.gov.uk/government/news/thousands-of-heat-pump-installers-to-be-trained-for-fraction-of-the-price>
- Gouvernement du Royaume-Uni (2023b). « Green Deal: Energy Saving for Your Home ». Extrait le 30 juillet 2023 de <https://www.gov.uk/green-deal-energy-saving-measures>
- Griffin, Tyler (2023). « As Extreme Heat Gets Worse, Expert Calls for Access to Cooling as a Human Right ». CBC News. Extrait le 23 août 2023 de <https://www.cbc.ca/news/canada/toronto/heat-experts-cooling-centres-1.6899857>
- Hesselink, Laurens X.W. et Emile J.L. Chappin (2019). « Adoption of Energy Efficient Technologies by Households—Barriers, Policies and Agent-Based Modelling Studies », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 99, p. 29-41. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.09.031>
- Howarth, Richard B. et Bo Andersson (1993). « Market Barriers to Energy Efficiency », *Energy Economics*, 15(4), p. 262-272. [https://doi.org/10.1016/0140-9883\(93\)90016-K](https://doi.org/10.1016/0140-9883(93)90016-K)
- HRAI (Heating Refrigeration and Air Conditioning Institute of Canada) (2023). « How Does a Heat Pump Work? ». Extrait le 30 juillet 2023 de <https://www.hrai.ca/consumer-tip/how-does-a-heat-pump-work>
- Hydro-Québec (2023). « La climatisation bien pensée ». Extrait le 30 juillet 2023 de <https://www.hydroquebec.com/residentiel/mieux-consommer/fenêtres-chauffage-climatisation/conseils-climatisation.html>
- INSPQ (Institut national de santé publique du Québec) (2019). *Surveillance des impacts des vagues de chaleur extrême sur la santé au Québec à l'été 2018*. Ville de Québec, Québec. <https://www.inspq.qc.ca/publications/surveillance-impacts-vagues-chaleur-extreme-sur-sante-quebec-l-ete-2018>
- Institut climatique du Canada (2023 b). « Pour atteindre la carboneutralité, le Canada doit d'abord ramener ses émissions annuelles de GES à 440 mégatonnes ou moins d'ici 2030. Le Canada est-il sur la bonne voie? ». Extrait le 30 juillet 2023 de <https://dashboard.440megatonnes.ca/fr/>

- Institut climatique du Canada (2023a). *Estimations préliminaires des émissions nationales: Données préliminaires indépendantes pour le rapport d'inventaire national du Canada*. <https://440megatonnes.ca/fr/estimations-preliminaires-emissions-nationales/>
- Kanduth, Anna (2022). « La thermopompe promet d'importantes réductions d'émissions dans les bâtiments ». 440 mégatonnes. Extrait le 30 juillet 2023 de <https://440megatonnes.ca/fr/insight/thermopompe-importantes-reductions-emissions-batiments/>
- Kaufman, Noah, David Sandalow, Clotilde Rossi Di Schio et Jake Higdon (2019). *Decarbonizing Space Heating with Air Source Heat Pumps*. Columbia's Center on Global Energy Policy. New York, NY. <https://www.energypolicy.columbia.edu/publications/decarbonizing-space-heating-air-source-heat-pumps/>
- Kennedy, Madi et Tom-Pierre Frappé-Sénéclauze (2021). *Canada's Renovation Wave: A Plan for Jobs and Climate*. The Pembina Institute. Calgary, Alberta. <https://www.pembina.org/reports/canadas-renovation-wave.pdf>
- Kevin Dorma Consulting (2021). « Evaluation of an Air Source Heat Pump in Calgary ». Extrait le 30 juillet 2023 de <https://440megatonnes.ca/fr/insight/thermopompe-importantes-reductions-emissions-batiments/>
- KfW. (2023). « This Is How the State Promotes Your Energy-Efficient, Sustainable Home ». Extrait le 30 juillet 2023 de <https://440megatonnes.ca/fr/insight/thermopompe-importantes-reductions-emissions-batiments/>
- Lades, Leonhard K., J. Peter Clinch et J. Andrew Kelly (2021). « Maybe Tomorrow: How Burdens and Biases Impede Energy-Efficiency Investments », *Energy Research & Social Science*, 78, 102154. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102154>
- Lee, Michael Joseph, Kathleen E. McLean, Michael Kuo, Gregory RA Richardson et Sarah B. Henderson (2023). « Chronic Diseases Associated with Mortality in British Columbia, Canada During the 2021 Western North America Extreme Heat Event », *GeoHealth*, 7(3), e2022GH000729. <https://doi.org/10.1029/2022GH000729>
- Lindsay, Bethany (2023). « Summer Now Means Fear for Some, as Study Shows Poverty Brought Biggest Risk of Death in B.C. Heat dome ». CBC News. Extrait le 18 août 2023 de <https://440megatonnes.ca/fr/insight/thermopompe-importantes-reductions-emissions-batiments/>
- Manitoba Hydro (2023). « Thermopompes à air pour climats froids ». Extrait le 30 juillet 2023 de https://www.hydro.mb.ca/fr/your_home/heating_and_cooling/cold_climate_air_source_heat_pumps/
- Matson, John et Chris Potter (2022). *Clean Energy 101: Heat Pumps*. Rocky Mountain Institute. Basalt, Colorado. <https://rmi.org/clean-energy-101-heat-pumps/>
- Matthews, Lindsay, Jennifer Lynes, Manuel Riemer, Tania Del Matto et Nicholas Cloet (2017). « Do We Have a Car for You? Encouraging the Uptake of Electric Vehicles at Point of Sale », *Energy Policy*, 100, p. 79-88. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.10.001>

- McKenna, Claire, Amar Shah et Silberg Mark (2020). *It's Time to Incentivize Residential Heat Pumps*. Rocky Mountain Institute. Basalt, Colorado. <https://rmi.org/its-time-to-incentivize-residential-heat-pumps/>
- Michelsen, Carl C. et Reinhard Madlener (2016). « Switching from Fossil Fuel to Renewables in Residential Heating Systems: An Empirical Study of Homeowners' Decisions in Germany », *Energy Policy*, 89, p. 95-105. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.11.018>
- Ministère du Logement de la Colombie-Britannique. *Public Review BC Building Code 2023: Proposed Change to Reduce Risk of Overheating in Dwelling Units*. Victoria, Colombie-Britannique. <https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/construction-industry/building-codes-and-standards/bc-codes-2023-public-review-pcf/overheating.pdf>
- Moliere, Ashley (2022). « Trying to Chill: The Pros and Cons of Portable and Window Air Conditioning Units ». CBC News. Extrait le 30 juillet 2023 de <https://www.cbc.ca/news/canada/british-columbia/portable-window-air-conditioning-units-1.6483615>
- Owen, Alice, Gordon Mitchell et Rachael Unsworth (2013). « Reducing Carbon, Tackling Fuel Poverty: Adoption and Performance of Air-Source Heat Pumps in East Yorkshire, UK », *Local Environment*, 18(7), p. 817-833. <https://doi.org/10.1080/13549839.2012.732050>
- Pardalis, Georgios, Krushna Mahapatra et Brijesh Mainali (2022). « Comparing Public- and Private-Driven One-Stop-Shops for Energy Renovations of Residential Buildings in Europe », *Journal of Cleaner Production*, 365, 132683. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132683>
- Poirier, Mathieu et Claire Cameron (2023). *Le plaidoyer pour l'électrification des bâtiments au Canada*. L'Accélérateur de transition. <https://transitionaccelerator.ca/wp-content/uploads/2023/07/ADB-Le-plaidoyer-pour-le-CC%81lectrification-des-ba-CC%82timents-au-Canada-v1.1.pdf>
- Quick, Matthew et Michael Tjepkema (2023). *Taux d'utilisation de la climatisation résidentielle au Canada*. Statistique Canada. Ottawa, Ontario. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/82-003-x/2023007/article/00002-fra.htm>
- Randle, Jeff, Zachary Thurston et Thierry Kubwimana (2022). *Expériences en matière de logement au Canada : les personnes en situation de pauvreté*. Statistique Canada. Ottawa, Ontario. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/46-28-0001/2021001/article/00017-fra.htm>
- Ressources naturelles Canada (2016). *Financement des projets d'amélioration de l'efficacité énergétique dans le milieu bâti : Étude pour la Conférence des ministres de l'Énergie et des Mines*. Gouvernement du Canada. Winnipeg, Manitoba. <https://ressources-naturelles.canada.ca/sites/nrcan/files/emmc/pdf/Financing%20Report-acc-fr.pdf>
- Ressources naturelles Canada (2020). « Secteur résidentiel. Canada. Tableau 27: Stock des systèmes de chauffage par type de bâtiment et type de système ». Extrait le 30 juillet 2023 de <https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/showTable.cfm?type=CP§or=res&juris=ca&rn=27&year=2020&page=4>

- Ressources naturelles Canada (2022). « Le chauffage et le refroidissement à l'aide d'une thermopompe ». Extrait le 30 juillet 2023 de <https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/energy-star-canada/propos-denergy-star-canada/annonces-relatives-au-programme-energy-star/publications/le-chauffage-et-le-refroidissement-laide-dune-thermopompe/6818>
- Ressources naturelles Canada (2023 b). *Demande de renseignement au gouvernement*, Q-1368. Gouvernement du Canada. Ottawa, Ontario.
- Ressources naturelles Canada (2023a). « Bâtiments verts ». Extrait le 30 juillet 2023 de <https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/batiments-verts/24573>
- Roberson, Laura et John Paul Helveston (2022). « Not All Subsidies Are Equal: Measuring Preferences for Electric Vehicle Financial Incentives », *Environmental Research Letters*, 17(8), 084003. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac7df3>
- Rosenow, Jan, Duncan Gibb, Thomas Nowak et Richard Lowes (2022). « Heating up the Global Heat Pump Market », *Nature Energy*, vol. 7, no 10, p. 901–904. <https://doi.org/10.1038/s41560-022-01104-8>
- Statistique Canada (2022 b). « Acheter ou louer : le marché du logement continue d'être transformé par plusieurs facteurs alors que les Canadiens sont à la recherche d'un chez-soi abordable ». Extrait le 30 juillet 2023 de <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/220921/dq220921b-fra.htm>
- Statistique Canada (2022a). « Enquête sur les ménages et l'environnement : utilisation de l'énergie, 2019 ». Extrait le 30 juillet 2023 de <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/220502/dq220502b-fra.htm>
- Statistique Canada (2023 b). « Climatiseurs. » Extrait le 30 juillet 2023 de https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=38100019018request_locale=fr
- Statistique Canada (2023a). « Principal type de système de chauffage et type d'énergie ». Extrait le 30 juillet 2023 de https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=38100286018request_locale=fr
- Statistique Canada (2023c). Profil du recensement, Recensement de la population de 2021. Catalogue de Statistique Canada, no 98-316-X2021001. Ottawa, Ontario. Extrait le 7 août 2023 de <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2021/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=F>
- Sustainable Energy Authority of Ireland (2023). « One Stop Shop Services ». Extrait le 30 juillet 2023 de <https://www.seai.ie/grants/home-energy-grants/one-stop-shop/>
- Sustainable Gabriola (2022). « Sustainable Gabriola Initiatives ». Extrait le 30 juillet 2023 de <https://sustainablegabriola.ca/initiatives/>
- Tan, Lacey et Mohammad Hassan Fathollahzadeh (2021). « Why Heat Pumps Are the Answer to Heat Waves ». Rocky Mountain Institute. Basalt, Colorado. Extrait le 7 août 2023 de <https://rmi.org/why-heat-pumps-are-the-answer-to-heat-waves/>

Turner, Chris (2023). *Les thermopompes, en vogue dans les Maritimes*. Institut climatique du Canada. <https://institutclimatique.ca/publications/les-thermopompes-en-vogue-dans-les-maritimes/>

Uguen-Csenge, Eva (2023). « Landlords in B.C. Warning Renters against Installing AC Units Despite Rising Heat ». CBC News. Extrait le 30 juillet 2023 de <https://www.cbc.ca/news/canada/british-columbia/bc-air-conditioner-renters-1.6906665>

Ville de Hamilton (2023). *Special Public Health Committee: Report 23-006*. Hamilton, Ontario. <https://pub-hamilton.escribemeetings.com/FileStream.ashx?DocumentId=365259>

Ville de Vancouver (2022). *Climate Emergency—Bylaw and Policy Updates Applicable to New Buildings*. Vancouver, Colombie-Britannique. <https://council.vancouver.ca/20220517/documents/R1a.pdf>

Wyton, Moira (2023). « Growing Calls to Extend B.C.'s Heat-Pump Rebates to Condos to Keep Vulnerable Residents Cool ». CBC News. Extrait le 24 août 2023 de <https://www.cbc.ca/news/canada/british-columbia/condo-owners-heat-pumps-extreme-heat-1.6888316>

Zhang, Arthur (2023). « Comment encourager l'utilisation de la thermopompe dans les Maritimes ». Institut climatique du Canada. Extrait le 7 août 2023 de <https://440megatonnes.ca/fr/insight/comment-encourager-lutilisation-de-la-thermo-pompe-dans-les-maritimes/>

Remerciements

Auteurs membres du personnel

Sarah Miller, cheffe de projet, Adaptation, Institut climatique du Canada
Kate Harland, Cheffe de projet de recherche, Atténuation, Institut climatique du Canada
Christiana Guertin, associée de recherche, Atténuation, Institut climatique du Canada
Ricardo Pelai, associé de recherche, Adaptation, Institut climatique du Canada

Contributeurs membres du personnel

Dale Beugin, vice-président exécutif, Institut climatique du Canada
Jason Dion, directeur principal de la recherche, Institut climatique du Canada
Ryan Ness, directeur, Adaptation, Institut climatique du Canada
David Mitchell, spécialiste principal des communications, Institut climatique du Canada
Andrew Patrick, spécialiste principal des communications, Institut climatique du Canada

Groupe conseil spécialisé

Corey Mattie (président), Partenaire, Indigenous Treaty Partners
Kathryn Harrison, professeure, Département de science politique, Université de la Colombie-Britannique
Alexandra Lesnikowski, professeure adjointe, Département de géographie, d'aménagement et d'environnement, Université Concordia
Nicholas Rivers, professeur associé, École supérieure d'affaires publiques et internationale, Université d'Ottawa
Jean-Patrick Toussaint, directeur principal, Climat, Fondation familiale Trottier

Réviseurs externes

Bryan Flannigan, directeur exécutif, Alliance pour la décarbonisation des bâtiments
Mathieu Lévesque, consultant principal, Dunsky Énergie + Climat

Équipes de conseillers en recherche

Conseillers de Dunsky Énergie + Climat

Aide à la production

Design et visualisations par Voilà: | chezVoila.com

Traduction: OpenText

Avis de non-responsabilité

Ce rapport est le fruit d'un processus collaboratif impliquant le personnel de l'Institut climatique du Canada, les membres du groupe consultatif, les réviseurs externes, les détenteurs de droits et les parties prenantes. Il ne reflète pas nécessairement le point de vue des personnes ou des organisations qui ont apporté leur contribution. Toute erreur éventuelle dans ce rapport est imputable à l'Institut.

Creative Commons

Ce rapport est publié en vertu de la licence Creative Commons BY-NC-ND par l'Institut climatique du Canada. Vous pouvez reproduire le matériel en tout ou en partie à des fins non commerciales, en fournissant un lien vers l'original.

Référence recommandée

Miller, Sarah, Kate Harland, Christiana Guertin et Ricardo Pelai (2023). *Thermopompes rentables: Chauffer et climatiser à faibles coûts au Canada*, Institut climatique du Canada.

Thermopompes rentables



Chauffer et climatiser
à faibles coûts
au Canada

SEPTEMBRE 2023