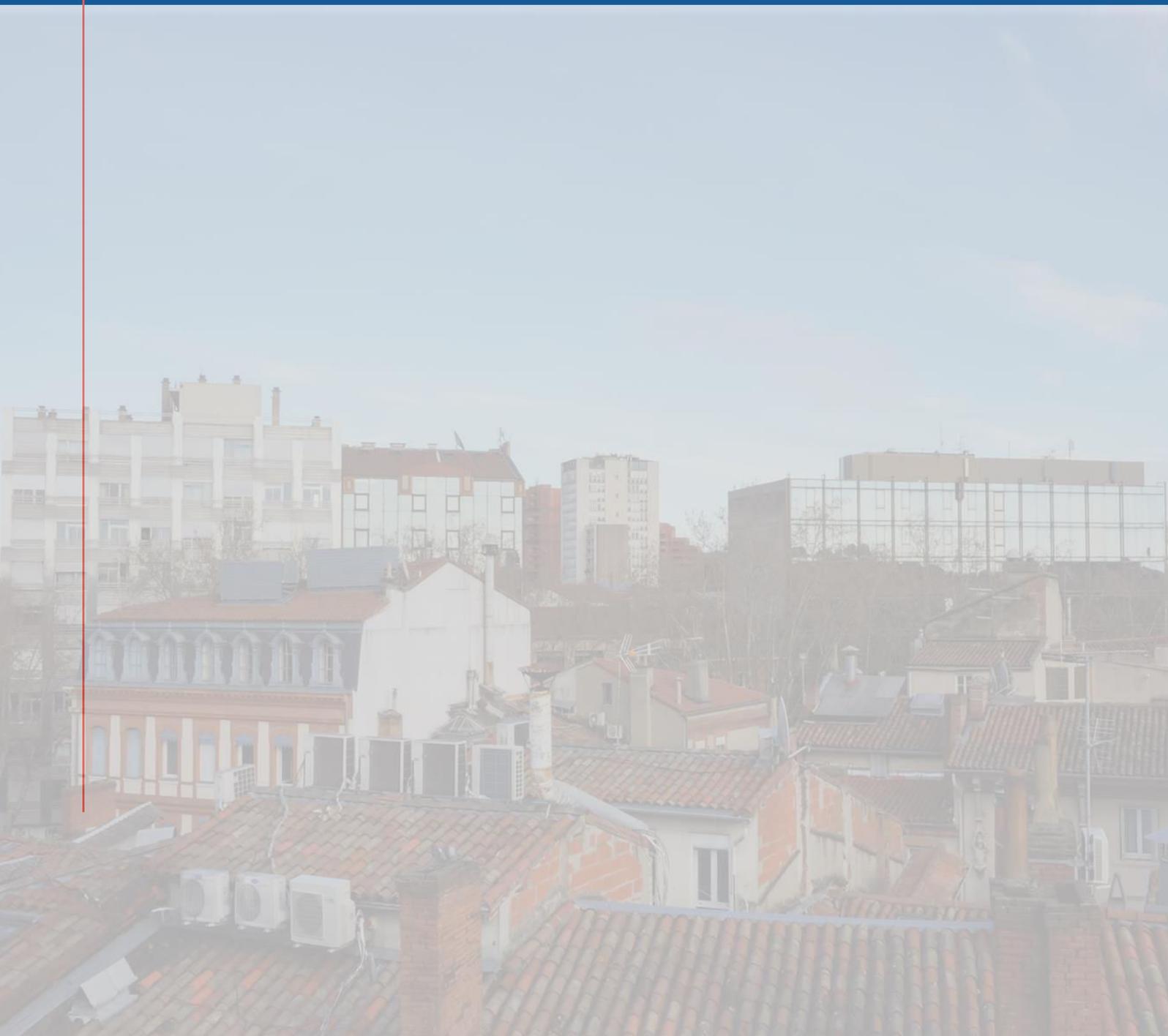


Esprit olympique : remporter le défi français des pompes à chaleur

Duncan Gibb, Marion Santini et Samuel Thomas



Introduction

La décarbonation du chauffage dans les bâtiments est apparue comme un élément essentiel de la transition de la France vers un système énergétique durable. Les bâtiments résidentiels et commerciaux français dépendent encore fortement des combustibles fossiles pour le chauffage des locaux et de l'eau chaude sanitaire. Par conséquent, ils contribuent à l'empreinte carbone du pays, faisant de la décarbonation du chauffage un enjeu majeur. Le gouvernement et la société civile ont identifié des leviers clés, notamment l'adoption rapide de technologies de chauffage propres telles que les pompes à chaleur et la rénovation des bâtiments.

Les pompes à chaleur (PAC) ont une longue histoire en France. Le pays est leader européen dans leur adoption et a mis en place diverses politiques pour soutenir ce statut, notamment des supports qui profitent aux ménages à faible revenu. Les efforts de communication ont amélioré l'accès à l'information pour les consommateurs, et le prix du carbone des combustibles a amélioré la viabilité économique des PAC.

Cependant, plusieurs défis persistent. Comme dans de nombreux pays européens, le coût initial des pompes à chaleur a augmenté en France. Bien que le système de subventions soit généreux, il est complexe. Les cas de comportement frauduleux de certaines entreprises ont diminué la confiance des consommateurs dans le secteur. Les prix de l'énergie sont défavorables aux PAC, celles-ci ont donc du mal à gagner de nouvelles parts de marché. Enfin, l'avenir des chaudières est incertain et les directives relatives aux solutions de chauffage hybrides font défaut.

Notre analyse¹ examine les barrières économiques à la mise en place des pompes à chaleur et suggère plusieurs solutions. Il convient de noter que, bien que les pompes à chaleur soient une technologie clé pour le chauffage propre, elles ne sont pas adaptées à toutes les situations et leur coût et leur performance dépendent fortement de l'efficacité du bâtiment et d'une installation de haute qualité. En termes simples, il est important que les décideurs trouvent un équilibre entre l'accélération du déploiement des pompes à chaleur et la rénovation des bâtiments les moins performants.

Recommandations pour renforcer le rôle des pompes à chaleur en France :

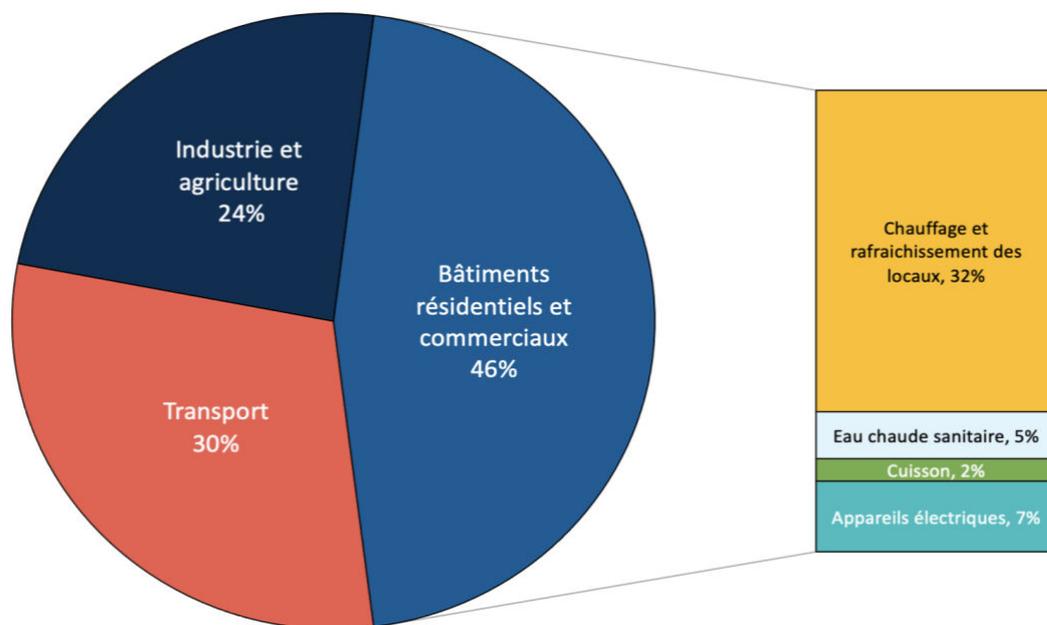
- **Simplifier le processus de demande de subvention** et rationaliser la grande diversité de catégories technologiques.
- **Fournir des conseils techniques complets et clairs aux particuliers**, notamment en identifiant des solutions rentables et en définissant les conditions nécessaires à la mise en place d'un système hybride de pompe à chaleur.
- **Concentrer le soutien financier spécifique à la technologie sur les PAC aérothermiques.** Subordonner le soutien aux PAC hybrides à une évaluation technique par un expert en énergie et à sa recommandation dans les plans de chauffage et de rafraîchissement des autorités locales.

¹ Les auteurs tiennent à remercier et à exprimer leur gratitude aux personnes suivantes qui ont fourni des informations utiles sur les premières ébauches de cet article : Andreas Rüdinger (IDDRI), Hugo Sancho (Ministère de la Transition écologique), Guillaume Joly (BEUC), Julien Joubert (Energy Cities) et Isabelle Gasquet (CLER), ainsi que Megan Anderson, Richard Lowes et Sem Oxenaar (Regulatory Assistance Project). Erica Falkenstein et Deborah Bynum qui ont fourni une assistance éditoriale.

État de la décarbonation du chauffage dans les bâtiments

Le secteur du bâtiment en France est responsable d'une partie importante de sa consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre qui en découlent. Les bâtiments résidentiels et commerciaux représentent environ 46 % d'énergie finale du pays, contre 30 % pour les transports et 24 % pour l'industrie et l'agriculture, comme le montre la figure 1.² Environ 37 % de l'énergie finale de la France est utilisée pour le chauffage et le rafraîchissement des locaux et la production d'eau chaude sanitaire.³

Figure 1. Consommation finale d'énergie en France par secteur, 2021



Source : Institut national de la statistique et des études économiques, (2023). *Bilan énergétique de la France*. Service des données et études statistiques. (2023). *Consommation d'énergie par usage résidentiel*.

Comment la France chauffe ses bâtiments

Les bâtiments français dépendent fortement des énergies fossiles pour le chauffage. Au cours des dernières années, comme le montre la figure 2,⁴ environ 52 % des besoins en chauffage des locaux et en eau chaude ont été satisfaits directement avec des

² Margo, M. & Grillet, C. (Novembre 2022). *Chaleur renouvelable : la grande oubliée de la stratégie énergétique française ?* Carbone4. <https://carbone4.com/fr/publication-chaleur-renouvelable>; Institut national de la statistique et des études économiques. (2023). *Bilan énergétique de la France*. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2015823>

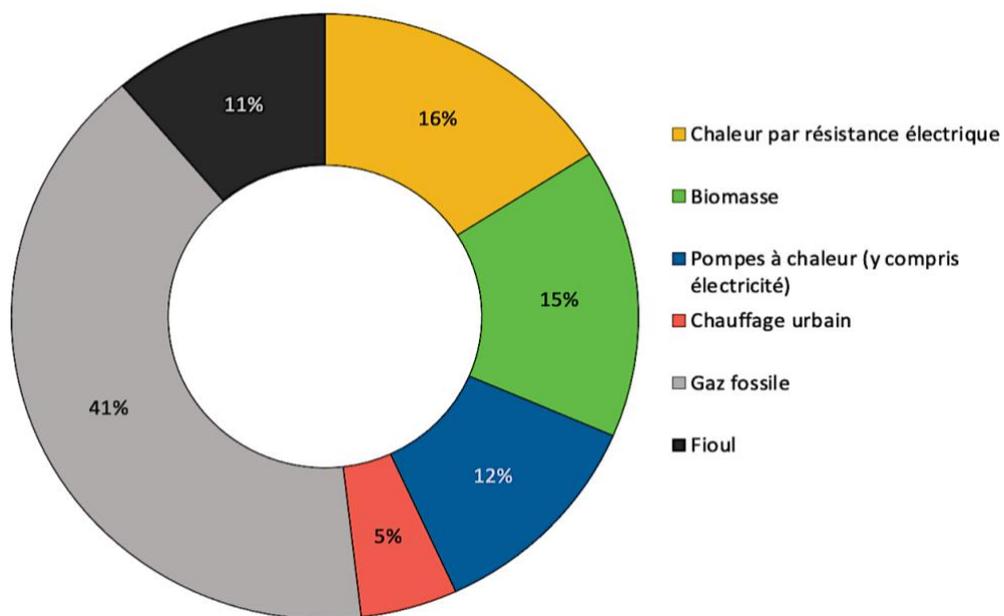
³ Service des données et études statistiques (SDES). (2023). *Données et études statistiques pour le changement climatique, l'énergie, l'environnement, le logement et les transports : Consommation d'énergie par usage du résidentiel*. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/consommation-denergie-par-usage-du-residentiel>

⁴ SDES, 2023 ; *Données et études statistiques pour le changement climatique, l'énergie, l'environnement, le logement et les transports : Consommation d'énergie par usage du tertiaire*. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/consommation-denergieepar-usage-du-tertiaire>

combustibles fossiles, principalement du gaz fossile et du fioul.⁵ Ces combustibles polluants sont également utilisés dans la production d'électricité et de chauffage urbain, qui servent tous deux au chauffage domestique. La part des combustibles fossiles dans le chauffage des locaux n'a que légèrement diminué au cours de la dernière décennie, passant de 62 % en 2011 à 52 % en 2021.

De nombreux bâtiments français utilisent également de la chaleur provenant de sources renouvelables. La majeure partie de la part de la chaleur renouvelable est fournie par la biomasse, soit environ 15 % en 2021. Un pourcentage constant de 16 % des besoins de chauffage en France est satisfait par la chaleur par la chaleur à résistance électrique directe, à l'exclusion de l'électricité utilisée pour alimenter les pompes à chaleur (PAC). Ce niveau est resté stable au cours des 10 dernières années. Au cours de la même décennie, la part du chauffage fournie par les PAC a plus que doublé, passant de 5 % en 2011 à 12 % en 2021. Cette utilisation croissante des PAC reflète leur popularité grandissante et leur bonne performance globale.

Figure 2. Énergie consommée pour le chauffage des locaux et la production d'eau chaude, par source d'énergie, 2021



Remarque : les sources d'énergie fournissant moins de 1 % des besoins de chauffage ont été omises pour plus de clarté. Les données pour les bâtiments résidentiels datent de 2021 et pour les bâtiments commerciaux de 2020 (dernières données disponibles).

Sources : Service des données et études statistiques. (2023). *Consommation d'énergie par usage résidentiel* ; Service des données et études statistiques. (2021). *Consommation d'énergie par usage du secteur commercial*.

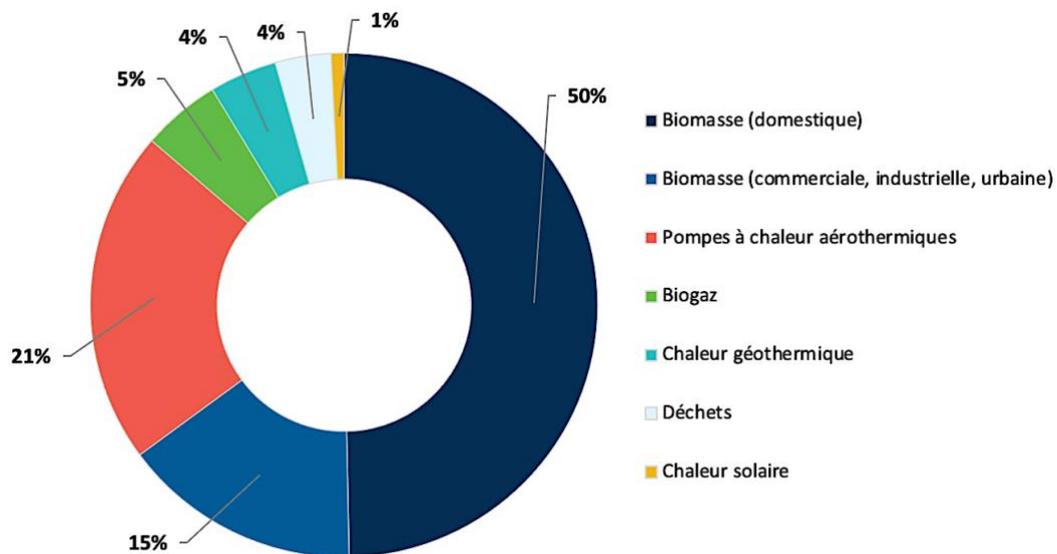
L'objectif de la France de faire en sorte que les énergies renouvelables couvrent 38 % de ses besoins en chauffage d'ici à 2030 s'applique non seulement aux bâtiments, mais aussi aux processus industriels. Il est donc important de discuter de la part globale des

⁵ SDES, 2023.

énergies renouvelables dans la production de chaleur. Actuellement, les sources renouvelables fournissent environ 23 % de la production de chaleur en France, y compris pour les bâtiments et l'industrie. Ces sources continuent d'être principalement la biomasse : environ 65 % de la chaleur renouvelable française provenait de la biomasse en 2021, comme indiqué dans la figure 3⁶ ci-dessous. Les chaudières domestiques à biomasse ont contribué pour moitié à la production de chaleur renouvelable en France. Cette dépendance est importante, car la combustion de la biomasse pour le chauffage a été associée à des effets négatifs sur la durabilité et la santé.

Les pompes à chaleur aérothermiques, air-air et air-eau, sont largement utilisées en France. Elles constituent la deuxième technologie de chaleur renouvelable la plus importante et fournissent une part croissante de la chaleur dans les bâtiments. En ce qui concerne la production globale de chaleur, elles représentent environ 21 % et cette part est en augmentation.

Figure 3. Production de chaleur renouvelable en France par source, 2021



Source : Syndicat des énergies renouvelables. (2022). *Vue d'ensemble de la chaleur renouvelable et de la chaleur récupérée, édition 2022.*

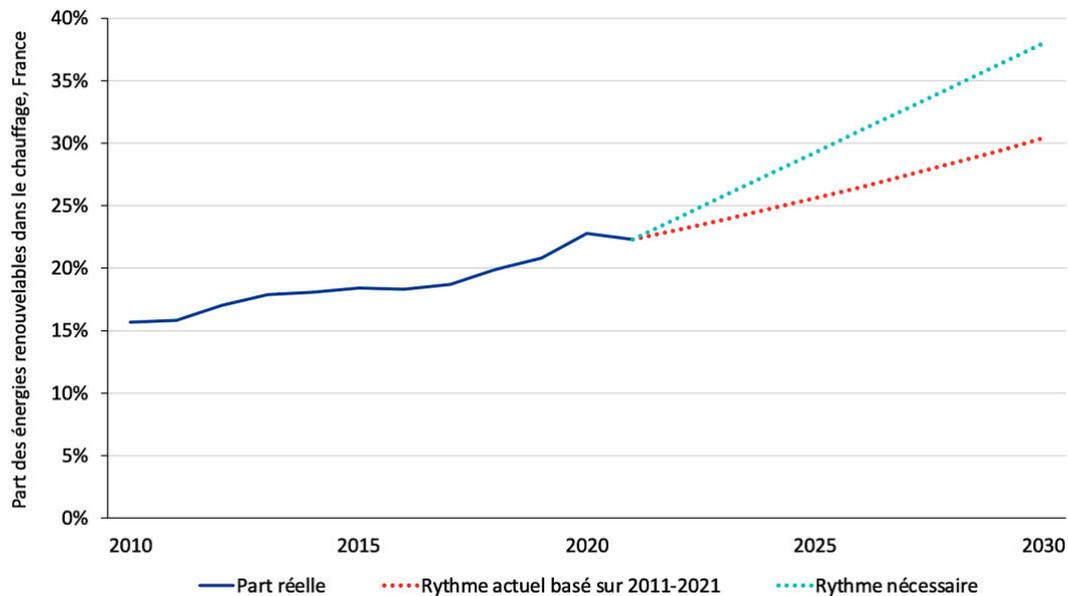
⁶ Syndicat des énergies renouvelables. (2022). *Panorama de la Chaleur Renouvelable et de Récupération – Édition 2022.*
<https://www.syndicat-energies-renouvelables.fr/wp-content/uploads/basedoc/panorama-chaleur-2022-web.pdf>

Cadre politique pour la décarbonation de la chaleur

La France dispose de deux cadres politiques globaux qui définissent sa trajectoire de décarbonation dans tous les secteurs, y compris les bâtiments : la *Stratégie nationale bas-carbone (SNBC)*⁷ — et son plan énergétique pluriannuel — la *Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)*.⁸ Il convient de noter que la SNBC et la PPE étaient en cours de révision au moment de la publication, ce qui, selon le gouvernement, devrait avoir un impact sur les objectifs pour les pompes à chaleur et la consommation globale de chaleur renouvelable.

En ce qui concerne les bâtiments, la SNBC actuelle vise une réduction de 60 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2030 et une décarbonation complète d'ici à 2050. La PPE fixe, entre autres, des objectifs en matière de consommation d'énergie finale et la part de chaleur renouvelable. La PPE actuelle vise 38 % d'énergie renouvelable dans le chauffage d'ici à 2030. Avec une part de seulement 23 % en 2021, elle a encore loin de cette cible, n'ayant augmenté que marginalement par rapport aux 15,8 % de 2011. À ce rythme, elle n'atteindra que 30,4 % d'ici à 2030, comme le montre la figure 4.⁹ Il est clair que plus grands efforts sont nécessaires et les pompes à chaleur peuvent être une source essentielle de progrès.

Figure 4. Part des énergies renouvelables dans le chauffage en France et rythme nécessaire pour atteindre les objectifs de décarbonation



Sources : Service des données et études statistiques. (2023). *Consommation d'énergie par usage résidentiel* ; Service des données et études statistiques. (2021). *Consommation d'énergie par usage du secteur commercial* ; Syndicat des énergies renouvelables. (2022). *Vue d'ensemble de la chaleur renouvelable et de la chaleur récupérée*.

⁷ Ministère de la Transition Écologique (MTES). (2020). *Stratégie Nationale Bas-Carbone*. <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>

⁸ MTES. (2020). *Programmations pluriannuelles de l'énergie*. <https://www.ecologie.gouv.fr/programmations-pluriannuelles-lenergie-ppe>

⁹ SDES, 2023 ; SDES, 2021 ; Syndicat des énergies renouvelables, 2022.

Pour augmenter la part des énergies renouvelables dans le chauffage, la France mise fortement sur une augmentation de la consommation de biomasse et de biogaz. La PPE vise une consommation de biomasse de 157-169 térawattheures (TWh) d'ici à 2028, soit une augmentation de 35 % à 45 % par rapport aux niveaux de 2021 de 117 TWh. Cela signifie qu'environ 70 % de la consommation totale de chaleur et de rafraîchissement renouvelables en 2028 devrait provenir de la biomasse, un niveau encore plus élevé que la part actuelle d'environ 65 % indiquée dans la figure 3.¹⁰

L'objectif de la PPE pour le biogaz est d'injecter 14-22 TWh dans le réseau gazier français d'ici à 2028. Cela représente une augmentation massive de 220 % à 410 % par rapport au niveau de 2021 de 4,3 TWh.

La décarbonation en profondeur des bâtiments nécessitera une augmentation significative du déploiement des pompes à chaleur. Cette réalité n'est cependant pas reflétée dans les objectifs de la PPE. Le plan prévoit que les pompes à chaleur atteignent 44 à 52 TWh, soit une augmentation de 2 % à 21 % par rapport aux niveaux de 2021 de 43,1 TWh. Heureusement, les pompes à chaleur air-eau sont en plein essor : la PPE a déjà atteint en 2021 son objectif pour 2023, qui était de 39 TWh.

L'évolution du marché des appareils de chauffage

Le marché français des appareils de chauffage est dynamique. Bien que les chaudières à gaz ne soient pas aussi présentes que sur certains de ses marchés voisins, tels que l'Allemagne, la Belgique et le Royaume-Uni, elles représentent néanmoins une part importante.

Les pompes à chaleur air-air dominent le marché français du chauffage et du rafraîchissement, avec environ 45 % des ventes totales en 2022.¹¹ Les chaudières à condensation à gaz et à fioul représentent environ 27 %, suivies par les pompes à chaleur air-eau à 21 %, les chaudières à gaz et à fioul non-condensation à 4 % et les chaudières à biomasse à 3 %.¹²

Les ventes de chaudières à gaz et à fioul ont chuté de 30 % en 2022, après avoir connu une forte hausse post-Covid en 2021, comme le montre la figure 5.¹³ Selon le syndicat Uniclimate, la baisse des ventes de chaudières est due à plusieurs facteurs : l'impact de la hausse des prix du gaz sur la perception des consommateurs, l'interdiction des chaudières à combustibles fossiles dans les nouvelles constructions et la suppression des aides publiques au remplacement des chaudières dans les bâtiments existants. En revanche, les chaudières à biomasse ont progressé de 24 % en 2022 pour atteindre

¹⁰ MTES. (2023). *Publication Indicateurs de Suivi de PPE (Janvier 2023 – Données Définitives) pour l'année 2021*. <https://www.ecologie.gouv.fr/programmations-pluriannuelles-lenergie-ppe>

¹¹ L'Association française des pompes à chaleur, AFPAC, estime que seulement environ 30 % de ces appareils sont principalement utilisés pour le chauffage, le reste étant uniquement destiné au rafraîchissement. Les pompes à chaleur air-air utilisées pour le chauffage représentent ainsi environ 14 % du marché.

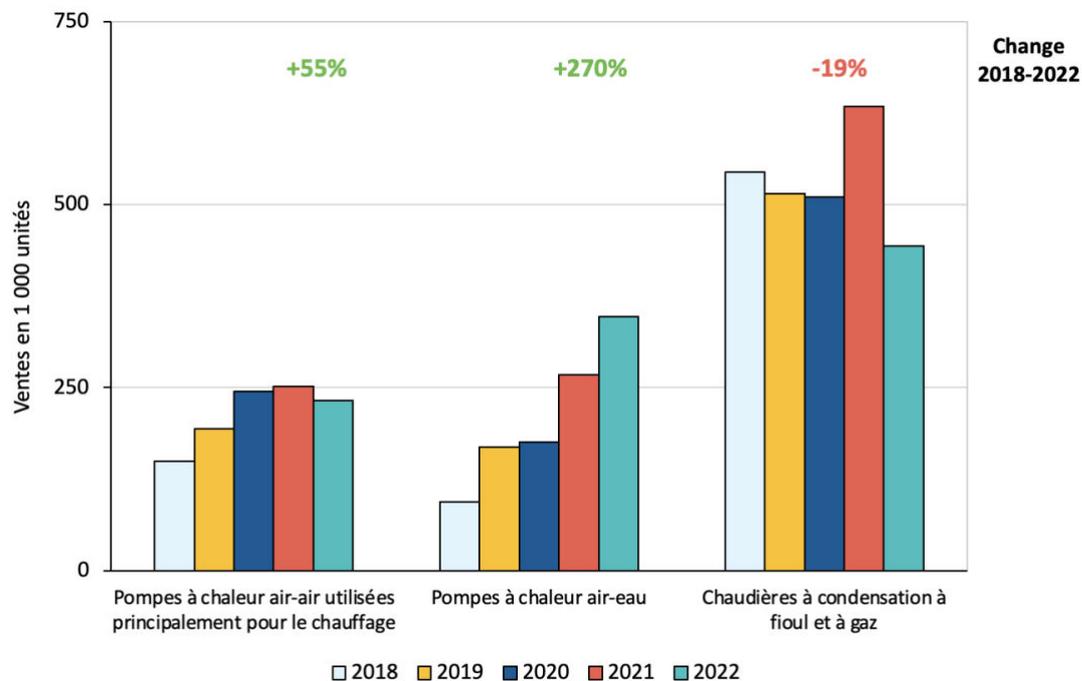
¹² Observ'ER. (Mai 2023). *Suivi du marché 2022 des pompes à chaleur individuelles*. <https://energies-renouvelables.org/etudes-observer>

¹³ Uniclimate. (2 février 2023). *Bilan 2022 et Perspectives 2023 des Industries Thermiques, Aérauliques et Frigorifiques*. <https://www.uniclimate.fr/presse/51-dossier-de-presse-bilan-2022-et-perspectives-2023-des-industries-thermiques-aerauliques-et-frigorifiques.html>

42 000 unités vendues — contre 12 000 en 2018 — bien qu’elles soient nettement inférieures aux 500 000 chaudières à condensation vendues chaque année.¹⁴

Dans une certaine mesure, la croissance des pompes à chaleur air-eau a compensé le déclin des chaudières. Ces appareils se sont vendus à un nombre record de 346 000 exemplaires en 2022, soit près de quatre fois plus qu’en 2018. Le marché des pompes à chaleur air-air est resté relativement stable au cours des trois dernières années, avec une légère baisse en 2022 due en partie à la flambée des pompes à chaleur air-eau et à la suppression progressive des subventions publiques ciblant ces appareils. Le marché des pompes à chaleur hybrides est resté stable d’une année sur l’autre, avec environ 4 000 unités vendues. Enfin, environ 3 000 pompes à chaleur géothermiques sont vendues chaque année en France, un marché qui est resté stable depuis 2018.¹⁵

Figure 5. Ventes de systèmes de chauffage en France, 2018-2022



Remarque : les ventes de pompes à chaleur air-air ont été ajustées pour ne prendre en compte que les appareils utilisés principalement pour le chauffage.

Source : Uniclimate. (2023). *Évaluation 2022 et perspectives 2023 pour les industries de la chaleur, de l'air et de la réfrigération.*

La croissance des installations de pompes à chaleur ne se limite pas aux nouveaux bâtiments. Cela vaut pour les pompes à chaleur air-eau et les pompes à chaleur air-air. Plus de 89 % des pompes à chaleur air-eau ont été installées dans des bâtiments existants en 2022.¹⁶

¹⁴ Uniclimate, 2023.

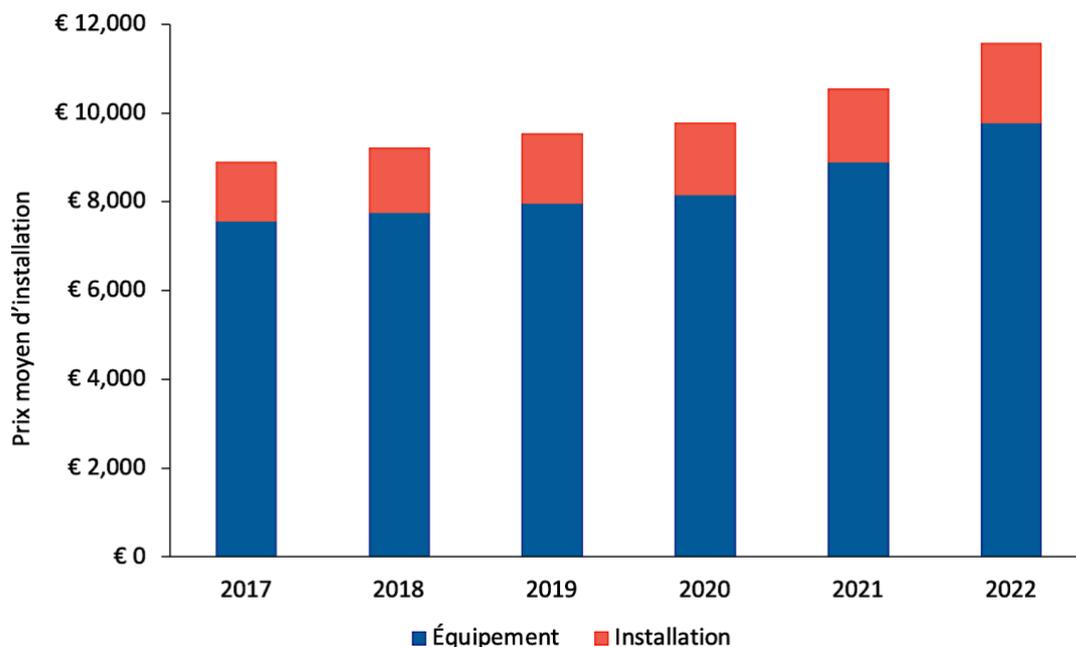
¹⁵ Uniclimate, 2023.

¹⁶ Observ'ER, 2023.

En raison de la forte demande du marché, le prix de l'installation d'une pompe à chaleur air-eau est en augmentation en France. Depuis 2017, le prix moyen des équipements pour une PAC de 7-8 kW sont passés d'environ 7 550 € à 9 770 € en 2022, soit une augmentation d'environ 5 % par an, comme le montre la figure 6.¹⁷ Notamment, les prix nominaux de ces équipements ont augmenté de 10 % en 2022 et 2021 par rapport à l'année précédente.

Selon une enquête menée auprès du secteur par Observ'ER, l'une des principales raisons de cette augmentation des coûts est l'allongement des délais de mise à disposition des équipements, l'approvisionnement en pièces et en matériaux étant devenu coûteux et limité.¹⁸ Ce décalage a progressé au point où les fournisseurs de composants demandent aux fabricants de pompes à chaleur de commander longtemps à l'avance, ce qui a pour effet de répercuter ces effets sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement, jusqu'aux entreprises d'installation. Le prix moyen de l'installation a également augmenté progressivement. De manière contre-intuitive, les programmes de subventions peuvent également être en partie responsables de la hausse des prix, car la demande de pompes à chaleur a augmenté alors que les fournisseurs et les installateurs n'ont pas encore rattrapé leur retard.

Figure 6. Prix moyen d'installation d'une pompe à chaleur air-eau de 7 à 8 kW en France, 2017-2022



Remarque : « l'équipement » comprend la pompe à chaleur, le ballon d'eau chaude de 200 litres, le thermostat et les accessoires de contrôle, le vase d'expansion, les vannes et les raccords hydrauliques, ainsi que la pompe de circulation. Les prix sont nominaux et n'ont pas été ajustés pour tenir compte de l'inflation.

Source : Observ'ER. (2023). *Suivi du marché des pompes à chaleur en 2022*.

¹⁷ Le prix de l'équipement comprend la pompe à chaleur, le ballon d'eau chaude, la pompe de circulation, etc. Ce sont des prix nominaux et n'ont pas été ajustés pour tenir compte de l'inflation. Observ'ER, 2023.

¹⁸ Observ'ER, 2023.

Examen de la politique des pompes à chaleur en France

Cadres et réglementations de haut niveau

Encadrée par la SNBC et la PPE, la France dispose d'un cadre stratégique qui impose l'abandon progressif des chaudières à combustibles fossiles et l'utilisation de sources de chauffage propres, notamment les pompes à chaleur. Sa réglementation environnementale de 2020, la *Réglementation Environnementale 2020*,¹⁹ vise à décarboner et à réduire la consommation énergétique des nouveaux bâtiments. Son champ d'application comprend des normes environnementales pour les équipements de chauffage dans les nouveaux bâtiments. Depuis son entrée en vigueur en janvier 2022, il n'est plus possible d'installer des chaudières à gaz autonomes dans les maisons individuelles neuves. Les logements collectifs seront soumis à la restriction à partir de 2025. Les chaudières à gaz ne seront autorisées que si elles sont installées dans un format hybride avec une pompe à chaleur électrique ou similaire. Cela peut toutefois entraîner des conséquences inattendues (voir encadré sur les pompes à chaleur hybrides à la p. 18.)

Cette restriction ne s'applique toutefois pas aux bâtiments existants. Pour s'attaquer à ce secteur, la France a lancé une consultation en juin 2023 afin d'explorer ses options pour interdire l'installation de chaudières à gaz dans les maisons individuelles et les logements collectifs existants. La consultation s'est clôturée le 28 juillet 2023 et le gouvernement français a décidé de ne pas restreindre les installations de chaudières à gaz dans les bâtiments existants. En lieu et place de l'interdiction, il a annoncé des modifications du régime de subvention et un objectif de fabrication d'un million de pompes à chaleur d'ici à 2027.

Instruments économiques

En termes d'instruments économiques, la France a introduit en 2014 un prix du carbone qui s'applique à tous les secteurs de l'économie, y compris les bâtiments. Initialement fixé à 7 € par tonne de carbone émise (tCO₂), le prix est progressivement passé à 44,6 €/tCO₂ en 2018, et est resté à ce niveau depuis.²⁰ En ce qui concerne le coût du chauffage au gaz, le prix du carbone représente 9 € par mégawattheure (MWh), soit environ 16 % du prix moyen du gaz fossile en France en 2021 avant taxes (57 €/MWh).²¹ Le prix du carbone est clairement un outil important pour améliorer la rentabilité des pompes à chaleur par rapport aux chaudières à gaz. Toutefois, en tant qu'instrument économique, il ne s'applique qu'aux coûts d'exploitation et n'a pas

¹⁹ Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires & Ministère de la Transition énergétique. (17 février 2023). *Réglementation environnementale RE2020*. <https://www.ecologie.gouv.fr/reglementation-environnementale-re2020>

²⁰ Ministère de la Transition écologique (2023). *Guide 2023 sur la Fiscalité ses Énergies*. <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/guide%20fiscalite%20energie%202021.pdf>

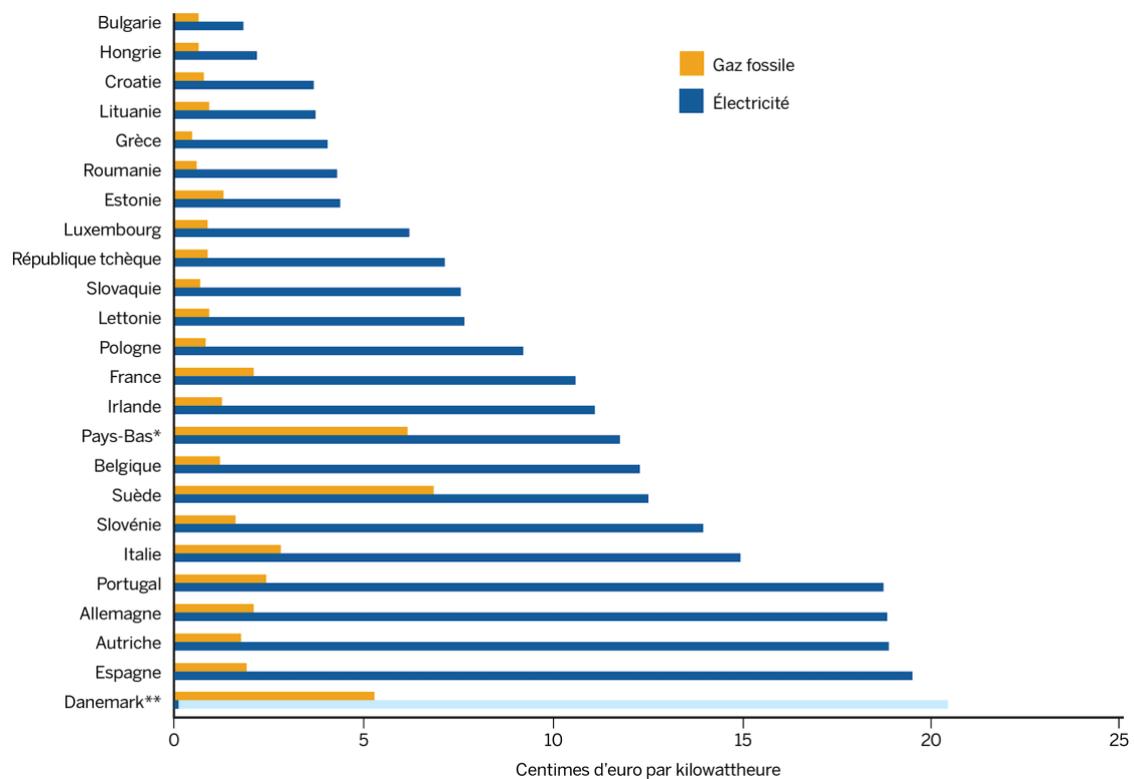
²¹ Eurostat. (2023). *Gas prices for household consumers – Bi-annual data* [Prix du gaz pour les ménages – Données semestrielles]. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_PC_202/default/table?lang=en

d'incidence sur les coûts d'infrastructure. Par conséquent, la consommation de gaz peut éventuellement être réduite, mais ce ne sera pas le moyen le plus rentable.

Les taxes placées sur l'énergie constituent notamment un autre levier clé pour améliorer la rentabilité des pompes à chaleur. Ces outils économiques sont souvent imposés aux vecteurs énergétiques pour contribuer à la construction d'infrastructures énergétiques, financer divers programmes énergétiques ou (dés)inciter à l'utilisation d'un certain combustible. Si les taxes sont trop élevées sur l'électricité ou trop basses sur le gaz et le fioul, cela peut avoir un effet négatif sur la justification économique du chauffage électrique. Il est essentiel de trouver un équilibre approprié.

Dans la plupart des pays européens, toutefois, l'électricité est soumise à plus de trois fois plus de taxes par unité d'énergie que le gaz, comme illustré dans la figure 7.²²

Figure 7. Taxes sur l'électricité et le gaz dans les États membres de l'UE, moyenne en 2021



* Les taxes sur l'électricité aux Pays-Bas n'incluent pas le rabais forfaitaire accordé aux consommateurs d'électricité résidentiels, car celui-ci n'est pas directement lié à la consommation d'électricité.

** Les taxes sur la consommation d'électricité résidentielle supérieure à 4 000 kWh par an pour les consommateurs résidentiels enregistrés comme utilisant l'électricité pour le chauffage au Danemark sont les plus bas de l'UE. Toutes les autres consommations d'électricité résidentielles sont soumises au taux le plus élevé de l'UE.

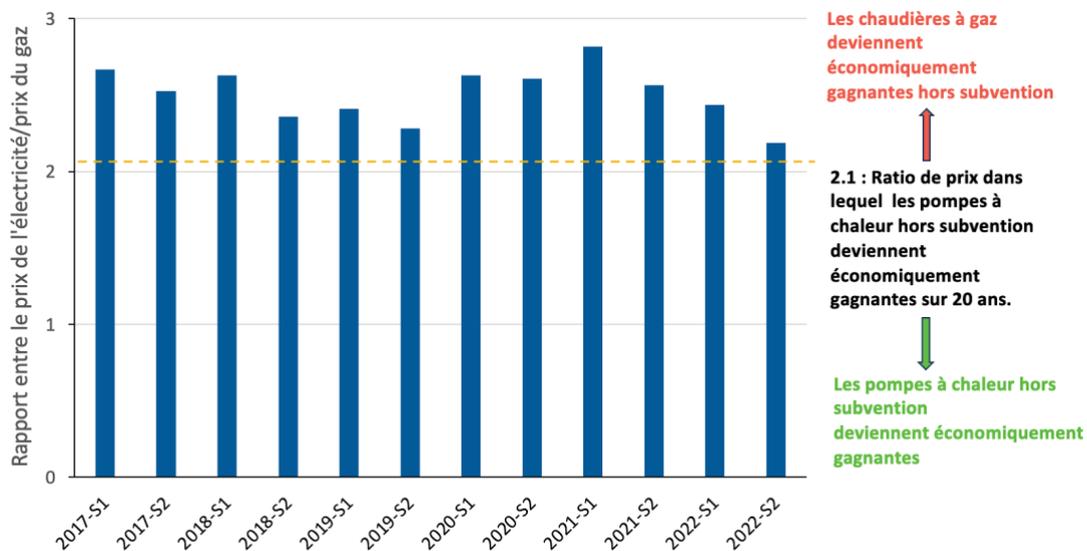
Source : Regulatory Assistance Project & 3E. (2022).

Levelling the playing field: Aligning heating energy taxes and levies in Europe with climate goals [Uniformiser les règles du jeu : aligner les taxes et prélèvements sur l'énergie de chauffage en Europe sur les objectifs climatiques].

²² Rosenow, J., Thomas, S., Gibb, D., Baetens, R., De Brouwer, A. & Cornillie, J. (2022). *Levelling the playing field: Aligning heating energy taxes and levies in Europe with climate goals [Uniformiser les règles du jeu : aligner les taxes et prélèvements sur l'énergie de chauffage en Europe sur les objectifs climatiques]*. Regulatory Assistance Project & 3E. <https://www.raonline.org/knowledge-center/aligning-heating-energy-taxes-levies-europe-climate-goals/>

En moyenne, une pompe à chaleur a besoin d'environ trois fois moins d'énergie d'entrée qu'une chaudière pour produire la même quantité de chaleur — et, en France, elle coûte environ deux fois plus cher au départ. Un calcul simple, en supposant une efficacité de la chaudière de 95 % et un coefficient de performance de la PAC de 3, montre que l'électricité ne peut être plus de 2,1 fois plus chère que le gaz fossile pour que les pompes à chaleur soient économiquement avantageuses sur toute la durée de vie de l'appareil. Au second semestre 2022, l'électricité coûtait environ 2,2 fois plus cher que le gaz fossile, comme illustré dans la figure 8.²³ Si l'on parvient à rééquilibrer davantage les taxes et les prélèvements par rapport à l'électricité, les pompes à chaleur peuvent fournir encore plus d'économies sur toute la durée de vie. De nombreux États membres de l'UE comme les Pays-Bas et l'Allemagne ont commencé à prendre des mesures dans ce sens.²⁴

Figure 8. Ratio des prix moyens de l'électricité et du gaz en France, 2017-2022



Remarque : pour ce calcul simple, les dépenses d'investissement sont estimées à 5 000 € pour une chaudière à gaz et à 10 000 € pour une pompe à chaleur. L'efficacité de la chaudière à gaz est de 95 % et le coefficient de performance de la pompe à chaleur est de 3, une estimation prudente. Les prix s'entendent toutes taxes comprises.

Source : Source : Eurostat. (2023). *Consommation finale d'énergie désagrégée dans les ménages* ; Eurostat. (2023). *Nombre de ménages par composition du ménage, nombre d'enfants et âge de l'enfant le plus jeune*.

²³ Calculs RAP basés sur Eurostat. (2023). *Disaggregated final energy consumption in households* [Consommation finale d'énergie désagrégée dans les ménages]. [Ensemble de données]. Consulté le 7 septembre 2023. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_d_hhq/default/table?lang=en; Eurostat. (2023). *Number of households by household composition, number of children and age of youngest child* [Nombre de ménages par composition du ménage, nombre d'enfants et âge de l'enfant le plus jeune]. [Ensemble de données]. Consulté le 7 septembre 2023. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/lfst_hhnhtych/default/table?lang=en

²⁴ Rosenow, J., Thomas, S., Gibb, D., Baetens, R., De Brouwer, A. & Cornillie, J. (2023). Clean heating: Reforming taxes and levies on heating fuels in Europe [Chauffage propre : réformer les taxes et prélèvements sur les combustibles de chauffage en Europe]. *Energy Policy* [Politique énergétique] 173, 113367. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113367>

Réglementation

Le programme *Certificats d'Économies d'Énergie (CEE)* est un système d'obligations en matière d'efficacité énergétique qui impose à la plupart des fournisseurs d'énergie d'atteindre des objectifs d'économie d'énergie, grâce à des actions d'efficacité énergétique chez les utilisateurs finaux. Chaque action d'efficacité énergétique éligible génère des crédits — certificats blancs — en fonction de son ampleur et de sa longévité attendue. Les fournisseurs sont libres de mener leurs propres actions, de passer des contrats avec des tiers ou d'acheter des crédits de manière bilatérale ou sur le marché au comptant. Les parties obligées ou tierces peuvent utiliser toute combinaison d'incitations financières, de fourniture d'informations et d'autres activités de soutien pour mener à bien les actions d'efficacité énergétique de l'utilisation finale.

Le niveau de l'obligation dans la cinquième phase actuelle du régime (2022-2025) a été augmenté de 25 %²⁵ et devrait mobiliser environ 20 milliards d'euros d'investissements.²⁶ Il comprend l'exigence qu'au moins 33 % des certificats soient délivrés aux ménages à faible revenu et des primes (appelées « *coups de pouce* ») pour les actions axées sur la décarbonation, telles que le remplacement du chauffage à combustibles fossiles par des systèmes de chauffage propres. Une autre révision est prévue pour augmenter progressivement l'obligation en 2025 avant la sixième phase.²⁷

Le programme CEE fixe un objectif quantitatif en matière d'économies d'énergie et permet de combiner des actions financées par d'autres programmes, fixant ainsi le niveau d'ambition pour les économies d'énergie au stade de l'utilisation finale.²⁸ La mesure dans laquelle les pompes à chaleur permettront de réaliser les économies d'énergie visées dépend de leur rentabilité relative pour les parties obligées, qui dépend elle-même en partie des économies présumées attribuées aux pompes à chaleur, des primes disponibles pour les actions de décarbonation et de la force d'autres instruments politiques connexes tels que les subventions, les réglementations sur les systèmes de chauffage et les bâtiments, et la taxation de l'énergie et du carbone.

Le rapport coût-efficacité des pompes à chaleur pour atteindre les objectifs des parties obligées se reflète dans les mesures prises dans la phase actuelle du programme de certificats blancs. Au cours des 15 premiers mois de cette phase qui a débuté en

²⁵ Banque de Territoires. (2022). *Certificats d'économies d'énergie : un décret augmente de 25 % le niveau d'obligation*. <https://www.banquedesterritoires.fr/certificats-deconomies-denergie-un-decret-augmente-de-25-le-niveau-dobligation>

²⁶ Batinfo.com. (3 février 2021). *The government is preparing the 5th period of the Energy Saving Certificates (EEC) system* [Le gouvernement prépare la 5e période du système de certificats d'économie d'énergie (CEE)]. https://batinfo.com/en/actuality/the-government-is-preparing-the-5th-period-of-the-energy-savings-certificate-system-cee_17442

²⁷ Ministère de la Transition Écologique. (2023). *Consultation sur la 6e période CEE et la fin de la 5e période*. <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/CEE-Consultation.pdf>

²⁸ Le niveau réel des économies d'énergie est susceptible d'être affecté par plusieurs facteurs. La disponibilité des primes permet aux parties obligées de remplir leurs obligations en utilisant des mesures prioritaires, telles que celles axées sur la décarbonation, qui génèrent plus de certificats que leurs économies d'énergie n'auraient autrement créés. D'autres certificats sont également disponibles pour des actions menées par des tiers qui aident les parties obligées à cibler les mesures sur les personnes en situation de pauvreté énergétique. En outre, la plupart des économies d'énergie provenant des mesures installées dans les bâtiments sont des « économies présumées », sur la base des preuves historiques de leur efficacité. Les économies d'énergie réelles, bien qu'impossibles à mesurer, pourraient être estimées plus précisément à l'aide des données des compteurs, mais à un coût plus élevé. Les économies d'énergie réalisées par les groupes à faible revenu seront probablement inférieures aux économies présumées, car ces ménages sont moins en mesure de payer pour un niveau de confort thermique standard et donc de sous-chauffer leurs espaces de vie. D'autre part, les obligations sont exprimées en termes cumulatifs, les économies d'énergie sur la durée de vie prévue des mesures étant actualisées à un taux de 4 % par an ; cette unité de mesure est connue sous le nom de « cumac ».

janvier 2022, les installations de pompes à chaleur ont été à l'origine d'une part plus importante de certificats blancs (31 %) que toute autre action standardisée.²⁹ Parmi les autres actions standardisées, les diverses formes d'isolation des bâtiments ont généré 24 % et les chaudières individuelles à biomasse 4 %. Ces pourcentages comprennent les primes des certificats blancs, tels que décrits ci-dessus.³⁰

Le programme CEE a eu un impact important sur le marché des pompes à chaleur, en particulier chez les ménages à faible revenu. Mais il a également joué un rôle dans les fluctuations du marché, car la fixation d'objectifs, les règles de mise en réserve et d'emprunt des certificats, ainsi que les changements apportés aux primes, ont affecté les chaînes d'approvisionnement.³¹ Le programme continuera d'être un moteur important de la politique française à mesure qu'il progresse vers la réduction des émissions de CO₂. Une certitude à plus long terme concernant les objectifs serait utile pour fournir une base aux investissements dans la chaîne d'approvisionnement.

Aides financières

La France propose un ensemble de programmes d'aides financières pour faciliter le déploiement des pompes à chaleur, entre autres technologies de chauffage propres.

Le programme de subventions phare pour la rénovation — *MaPrimeRénov'* — est un programme d'aide gouvernemental échelonné basé sur le revenu des ménages. Les ménages à plus faible revenu (inférieur à 39 500 € pour un ménage de trois personnes en Ile-de-France), sont éligibles à une subvention pouvant aller jusqu'à 5 000 € pour une pompe à chaleur air-eau, montant qui tombe à 3 000 € pour les ménages à revenu modéré (inférieur à 67 500).³²

Bien que les ménages ayant un revenu annuel total supérieur à 67 500 € ne soient pas éligibles aux subventions pour les pompes à chaleur dans le cadre de *MaPrimeRénov'*, ils peuvent bénéficier de l'un des systèmes de primes du programme des Certificats d'Économies d'Énergie, *Coup de pouce chauffage*.³³ Cette prime est liée à la valeur du certificat généré par l'installation d'une PAC. Il prévoit des niveaux minimums de soutien de 4 000 € pour les ménages à faible revenu, et de 2 500 € — qui ne dépendent pas du revenu des ménages — pour remplacer une chaudière à gaz par une PAC air-eau ou une PAC hybride.

Le remplacement d'une chaudière au fioul donne également droit à une aide de 4 000 € ou de 2 500 €, respectivement. Comme mentionné, ces régimes de subventions sont cumulatifs, de sorte qu'un ménage à faible revenu aurait

²⁹ Les actions standardisées sont des actions courantes pour lesquelles une valeur fixe de certificats blancs a été définie. Pour plus de détails, voir Ministère de la Transition Écologique. (2023). *Opérations standardisées d'économies d'énergie*. Consulté le 11 septembre 2023. <https://www.ecologie.gouv.fr/operations-standardisees-deconomies-denergie>

³⁰ Ministère de la transition énergétique. (Mai 2023). *Lettre d'information 'Certificats d'économies d'énergie'*. <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2023-05%20lettre%20d%27infos%20CEE%20vf.pdf>

³¹ Osso, D., Rolland A., & Chatagnon, N. (2020). *The ups and downs of the French EEO scheme: Positive and negative impacts on the building renovation market [Les hauts et les bas du programme EEO français : impacts positifs et négatifs sur le marché de la rénovation des bâtiments]*. <https://edf.hal.science/hal-03070247/document>

³² France Rénov. (2023). *Les Aides Financières en 2023*. <https://france-renov.gouv.fr/sites/default/files/2023-01/Guide-des-aides-financieres-2023.pdf>

³³ Ministère de la Transition Écologique. (2022). *Coup de pouce 'Chauffage' et 'Isolation'*. <https://www.ecologie.gouv.fr/coup-pouce-chauffage-et-isolation>

théoriquement accès à un financement de 9 000 €, tandis qu'un ménage français à revenu élevé recevrait 2 500 €. ³⁴ Étant donné que les prix moyens des pompes à chaleur air-eau ont augmenté en 2022 pour atteindre près de 12 000 € pour un système air-eau de 8 kW, ce soutien financier serait insuffisant pour surmonter les obstacles liés aux coûts initiaux pour le consommateur moyen. Le calendrier de l'aide est également essentiel, en particulier pour les ménages à faible revenu, qui auraient des difficultés à payer le coût initial et à attendre le remboursement.

Pour combler cette lacune, la France a également accordé depuis 2009 des prêts à taux zéro — *L'éco-prêt à taux zéro* — qui peuvent être utilisés pour installer des PAC. Certaines banques proposent de financer le coût restant des rénovations à haute efficacité énergétique, y compris les pompes à chaleur, avec des prêts à taux zéro. ³⁵ Ces prêts ne sont pas conditionnés aux revenus des ménages. ³⁶ Cependant, avec seulement 20 000 à 30 000 prêts à taux zéro accordés chaque année, les résultats sont bien inférieurs à l'objectif du programme de 400 000 prêts par an. Cela a conduit les analystes à conclure que les banques n'ont pas correctement promu ces prêts, même s'ils sont attrayants pour elles, et que les ménages ne sont tout simplement pas au courant ou pas intéressés. ³⁷

À titre de mesure supplémentaire, la France prévoit un taux réduit de taxe sur la valeur ajoutée (TVA) de 5,5 % pour les pompes à chaleur air-eau. ³⁸ Il convient de noter que les pompes à chaleur air-eau sont éligibles à de nombreux programmes d'aide français, tels que MaPrimeRénov', les prêts à taux zéro et la TVA réduite, mais pas les pompes à chaleur air-air. Cela s'explique en grande partie par le fait que la France ne souhaite pas encourager l'utilisation de la climatisation pendant les mois les plus chauds, car elle est généralement considérée comme trop énergivore et contredit les principes de « *sobriété énergétique* » du pays. En outre, les pompes à chaleur air-air ont tendance à être moins chères, de sorte qu'il est possible qu'elles n'aient pas besoin d'assistance et bénéficier d'un marché en croissance en raison notamment de leur attrait pour les consommateurs en tant que dispositif de rafraîchissement.

Les niveaux de ces programmes d'aide, en particulier pour les ménages à faible revenu, peuvent faire des pompes à chaleur une option de plus en plus économique. Lorsque le coût initial est amorti annuellement sur la durée de vie de l'appareil (18 ans), les ménages à revenu élevé peuvent s'attendre à un coût total de possession annuel d'environ 1 500 € pour une pompe à chaleur, 1 600 € pour une chaudière à gaz et 1 900 € pour une PAC hybride dans les conditions de prix de 2021, comme le montre la figure 9. ³⁹ Pour tout détail concernant la méthodologie utilisée, voir l'annexe.

³⁴ Le gouvernement a annoncé en octobre 2023 les modifications à venir du programme de subventions français, avec plusieurs milliards d'euros alloués à la rénovation et aux systèmes de chauffage économes en énergie. Le changement est attendu en janvier 2024 et les détails n'étaient pas disponibles au moment de la publication.

³⁵ République Française. (25 novembre 2022). *Service Public*, « *Rénovation énergétique : comment cumuler l'éco-PTZ avec MaPrimeRénov' ?* » <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F36448>

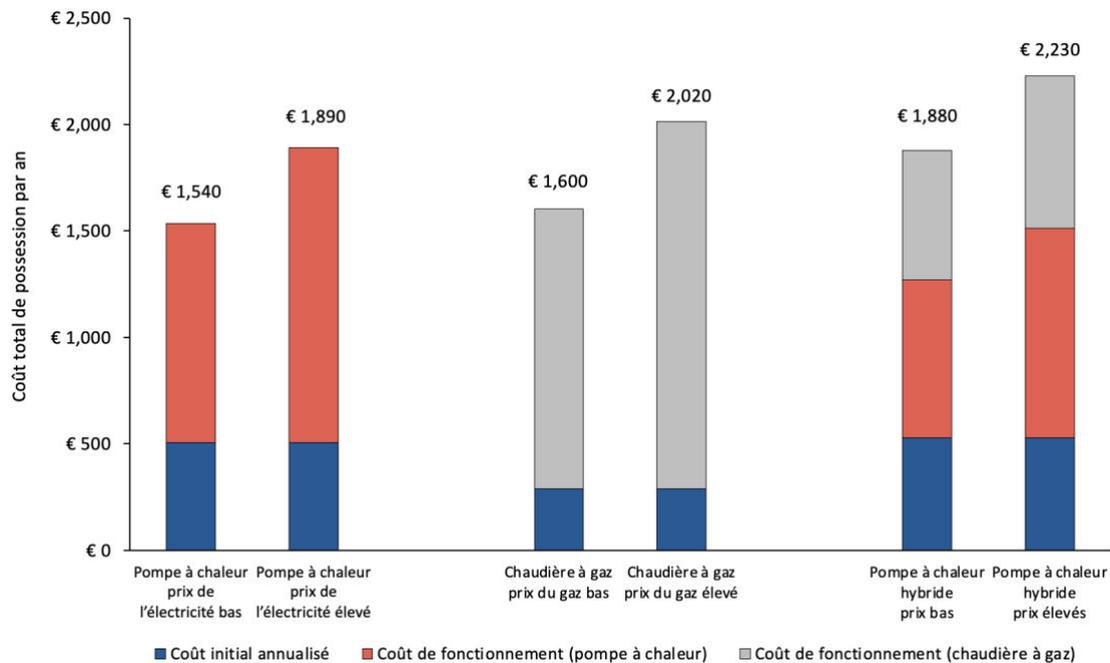
³⁶ République Française. (6 octobre 2022). *Service Public*, *Éco-prêt à taux zéro (éco-PTZ)*. <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F19905>

³⁷ Giraudet, L.-G. (2021). Pourquoi le recours à l'éco-prêt à taux zéro est-il si faible ? *Transitions. Les nouvelles Annales des Ponts et Chaussées*. 1. pp.128-133. <https://enpc.hal.science/hal-03278386/document>

³⁸ France Rénov, 2023.

³⁹ Veuillez consulter l'annexe pour obtenir la liste complète des hypothèses et des sources de données.

Figure 9. Coût total annuel de possession d'une pompe à chaleur, d'une chaudière à gaz et d'une pompe à chaleur hybride en France : ménage à revenu élevé



Remarque : les prix bas de l'électricité sont fixés à 176 €/MWh et les prix bas du gaz fossile sont à 72 €/MWh (les deux moyennes de 2021 après TVA, à gauche). Les prix élevés (à droite) sont 50% plus élevés. Subvention de 2 500 € incluse pour les pompes à chaleur et les pompes à chaleur hybrides. Voir le détail en annexe.

Source : voir l'annexe pour la liste complète des sources de données.

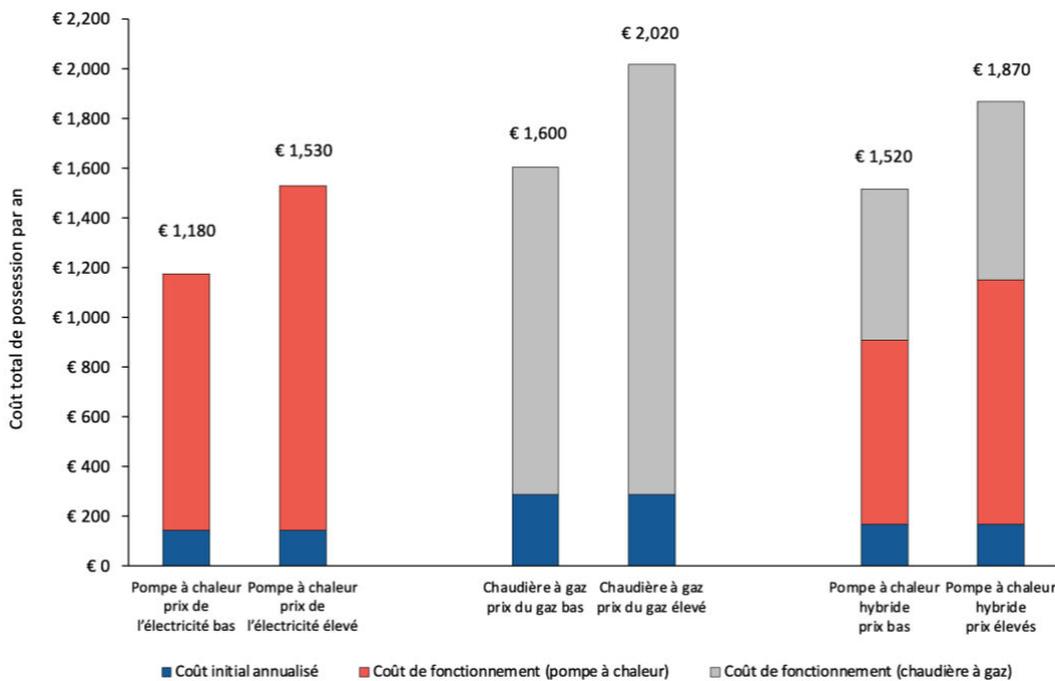
Cela se traduit par des économies annuelles de coûts de fonctionnement de 280 € pour une PAC air-eau par rapport à une chaudière à gaz et de 320 € par rapport à une PAC hybride. Si les prix du gaz fossile doublent à nouveau, les économies respectives s'élèveront à 700 € et 430 €. On voit ici comment la PAC hybride atténue le risque lié au prix du gaz par rapport à une chaudière autonome. Cependant, en période de prix élevés du gaz *et* de l'électricité, une PAC air-eau serait toujours plus économique. Outre la question de l'augmentation des prix du gaz, les coûts du système continueront d'augmenter à mesure que les utilisateurs quitteront le réseau gazier et que les coûts seront répartis entre un nombre plus restreint de clients. Le chauffage au gaz fossile deviendra probablement plus cher en conséquence, ce qui accentuera la disparité des coûts.

Pour les ménages à faible revenu, qui ont accès à une subvention maximale de 9 000 € pour les pompes à chaleur air-eau et hybrides, l'investissement est encore plus judicieux. La figure 10⁴⁰ montre que les ménages aux revenus les plus faibles peuvent s'attendre à un coût total de possession d'environ 1 200 € par an pour une PAC, 1 600 € pour une chaudière à gaz et 1 500 € pour une PAC hybride, avec le prix du gaz de 2021. Les économies réalisées sur les coûts d'exploitation sont les mêmes que pour

⁴⁰ Veuillez consulter l'annexe pour obtenir la liste complète des hypothèses et des sources de données.

un ménage à revenu élevé, car seule la subvention initiale est ajustée en fonction du niveau de revenu. Même dans l'hypothèse peu probable d'une hausse des prix de l'électricité et d'une baisse des prix du gaz, une PAC air-eau permettrait de réaliser des économies de 210 € et de 70 € par rapport à une chaudière à gaz et à une PAC hybride, respectivement.

Figure 10. Coût total annuel de possession d'une pompe à chaleur, d'une chaudière à gaz et d'une pompe à chaleur hybride en France : ménage à faible revenu



Remarque : les prix bas de l'électricité sont fixés à 176 €/MWh et les prix bas du gaz fossile sont à 72 €/MWh (les deux moyennes de 2021 après TVA, à gauche). Les prix élevés (à droite) sont 50 % plus élevés. Subvention de 9 000 € incluse pour les pompes à chaleur et les pompes à chaleur hybrides. Voir le détail en annexe.

Source : voir l'annexe pour la liste complète des sources de données.

Bien que les subventions françaises pour la chaleur propre soient plus avancées et offrent un soutien plus important que dans de nombreux autres pays de l'UE, le programme comporte encore des écueils. Les ménages français, en particulier les ménages à faible revenu, sont confrontés à un programme de subventions complexe et difficile d'accès. Malgré la générosité des montants disponibles, les propriétaires peuvent avoir du mal à comprendre les différentes options et la manière dont ils peuvent bénéficier d'un financement. En outre, dans la plupart des cas,⁴¹ ils n'ont accès aux subventions qu'après l'installation, ce qui signifie qu'ils doivent généralement fournir des capitaux à l'avance. Pour y remédier, le gouvernement français s'appuie sur

⁴¹ Dans certains cas, les propriétaires peuvent accéder à la subvention CEE par l'intermédiaire des installateurs et peuvent demander jusqu'à 70 % de la subvention MaPrimeRénov' avant l'installation. Ce processus est toutefois plus compliqué.

le service public FranceRénov', qui fournit des conseils de consommation transparents aux particuliers, aux entreprises et aux collectivités.⁴²

Le rôle des pompes à chaleur hybrides dans la décarbonation des bâtiments

Les pompes à chaleur hybrides combinent généralement une pompe à chaleur électrique avec une chaudière à gaz à condensation. Les propriétaires envisagent souvent cette combinaison parce qu'ils craignent que leur PAC seule ne soit pas en mesure de fournir un chauffage complet pendant les périodes les plus froides. De plus, les systèmes hybrides peuvent également atténuer les préoccupations concernant la capacité du réseau électrique pendant les pics de froid.

Cependant, les essais sur le terrain et l'expérience des consommateurs ont montré que dans tous les pays européens, les pompes à chaleur aérothermiques standard peuvent fournir un chauffage efficace, même aux températures les plus froides.⁴³ Les pompes à chaleur hybrides peuvent également être plus coûteuses à installer et à utiliser que les pompes à chaleur électriques (voir annexe). L'utilisation d'une PAC hybride peut potentiellement augmenter les factures d'énergie puisque le consommateur doit s'abonner aux deux services énergétiques, payer pour l'entretien du réseau de gaz existant et rester vulnérable aux fluctuations des prix. Le gestionnaire du réseau de transport français RTE a notamment constaté que même si le nombre de maisons chauffées par des pompes à chaleur était multiplié par sept, entraînant une augmentation de la demande de pointe sur le réseau de 6 gigawatts (GW), le système actuel pourrait gérer le changement.⁴⁴

Les pompes à chaleur hybrides peuvent avoir un rôle à jouer dans les bâtiments existants où il est techniquement difficile ou coûteux de remplacer une chaudière à gaz par une solution électrique. Toutefois, dans la plupart des cas, une PAC électrique ou un chauffage urbain conviendrait, en particulier dans les nouveaux bâtiments qui respectent les normes modernes en matière d'efficacité énergétique des bâtiments.

Les défis restants de la décarbonation des bâtiments français

L'approche française de décarbonation des bâtiments repose sur trois piliers clés :

- Encourager l'efficacité énergétique, en particulier dans les ménages à faible revenu, et la décarbonation par le biais des certificats blancs et du prix du carbone.
- Subventionner les alternatives de chauffage propre.
- Réglementer les bâtiments pour plus d'efficacité.

⁴² Plus d'informations sur France Rénov, <https://france-renov.gouv.fr/>

⁴³ Gibb, D., Rosenow, J., Lowes, R., & Hewitt, N.J. (11 septembre 2023). Coming in from the cold: Heat pump efficiency at low temperatures. [Venir du froid : l'efficacité des pompes à chaleur à basse température]. *Joule* 7(9). <https://doi.org/10.1016/j.joule.2023.08.005>

⁴⁴ RTE. (2023). *Bilan Prévisionnel 2023-2035*. <http://www.rte-france.com/actualites/bilan-previsionnel-transformation-systeme-electrique-2023-2035>

Cette approche semble avoir contribué à la croissance du marché des technologies de chauffage propres, en particulier des pompes à chaleur air-eau ces dernières années, et à l'octroi d'une aide aux ménages à faibles revenus. La France est notamment l'un des seuls pays d'Europe à fournir un soutien à long terme aux ménages les plus pauvres, avec un budget dédié.⁴⁵

Cependant, la France a connu des revers et fait face à des défis uniques qui ralentissent ses progrès en matière de chaleur renouvelable dans les bâtiments. Tout d'abord, le pays compte environ 5,2 millions de résidences primaires avec des niveaux d'isolation très médiocres, avec des certificats de performance énergétique de F et G.⁴⁶ Environ 2,9 millions de bâtiments, soit 40 %, sont chauffés au gaz fossile et au fioul. Pire encore, 1,2 million, soit plus de la moitié des bâtiments chauffés au fioul, sont les moins performants du pays.

Indépendamment de la source de chaleur utilisée, il est important que ces 5,2 millions de bâtiments inefficaces fassent l'objet d'un certain niveau de rénovation. Cependant, le rythme actuel de rénovation des bâtiments de France pour atteindre un niveau élevé de performance énergétique, soit un certificat A ou B, est inférieur à la moitié de l'objectif du gouvernement : environ 60 000 à 90 000 logements sont rénovés chaque année, contre un objectif de 200 000.⁴⁷ Au total, en 2022, plus de 700 000 logements ont été partiellement rénovés avec un financement de 3,4 milliards d'euros.⁴⁸

La France est confrontée à d'importants obstacles techniques qui l'empêchent d'encourager l'adoption des pompes à chaleur air-eau, en particulier dans le domaine de la rénovation. Bien que le gaz fossile représente la plus grande part de l'énergie consommée pour le chauffage, les appareils de chauffage à résistance électrique sont proportionnellement plus répandus dans les bâtiments, en particulier dans les appartements. Il se peut que ces structures ne disposent pas encore d'un système de chauffage basé sur des radiateurs ou un chauffage par le sol. Les petits appartements peuvent également se heurter à des problèmes d'espace importants lorsqu'ils envisagent l'installation d'un ballon d'eau chaude. Les autorités locales, telles que les villes et les régions, ont un rôle clé à jouer en donnant des conseils pour déterminer la meilleure option technique, qu'il s'agisse d'un raccordement au chauffage urbain, d'une PAC air-eau, d'une PAC hybride ou d'une autre alternative.

De plus, le secteur de la rénovation et du chauffage en France a fait l'objet de plaintes pour mauvaise administration et fraude. MaPrimeRénov', par exemple, a reçu environ 1 400 plaintes, principalement liées à des problèmes administratifs et techniques. Ces

⁴⁵ Sunderland, L. & Gibb, D. (2022). *Taking the burn out of heating for low-income households [Réduire la pression liée au chauffage pour les ménages à faible revenu]*. Regulatory Assistance Project. <https://www.raponline.org/knowledge-center/taking-burn-out-of-heating-low-income-households/>

⁴⁶ Ministère de la Transition Écologique. (2022). *Le parc de logements par classe de performance énergétique au 1er janvier 2022*. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/le-parc-de-logements-par-classe-de-performance-energetique-au-1er-janvier-2022-0>

⁴⁷ Rüdiger, A. & Gaspard, A. (Mai 2022). *Réussir le pari de la rénovation énergétique : Rapport de la plateforme d'experts pour la rénovation énergétique des logements en France*. Iddri & Ademe. <https://www.iddri.org/fr/publications-et-evenements/etude/reussir-le-pari-de-la-renovation-energetique>

⁴⁸ République Française. Agence nationale de l'habitat (Anah). (23 janvier 2023). *Plus de 700 000 logements rénovés en 2022 : l'activité de l'Anah se poursuit à un très haut niveau et confirme la tendance engagée en 2021*. [Communiqué de presse]. <https://www.anah.fr/presse/detail/actualite/plus-de-700-000-logements-renoves-en-2022-lactivite-de-lanah-se-poursuit-a-un-tres-haut-niveau-et-confirme-la-tendance-engagee-en-2021/>

problèmes affectent de manière disproportionnée les ménages à faible revenu, qui dépendent fortement des subventions pour financer leurs projets de rénovation et leurs installations de pompes à chaleur.^{49,50} Parmi les actes de fraude les plus fréquents figuraient des entreprises utilisant des noms trompeurs, présentant leurs services sous un faux jour et se faisant passer pour des agences officielles spécialisées dans le développement durable et l'efficacité énergétique. De telles pratiques ont induit les consommateurs en erreur, conduisant certains d'entre eux à acheter ou à mettre à niveau des pompes à chaleur, et ont semé de la confusion autour des crédits d'impôt. Une étude réalisée en 2018 a révélé que plus de la moitié des 469 entreprises auditées présentaient des anomalies, indiquant la persistance de pratiques déloyales.⁵¹

Le gouvernement a pris des mesures pour remédier à la situation, notamment en rendant illégaux le télémarketing et le démarchage téléphonique pour les services de rénovation ou les remplacements de systèmes de chauffage. Il a également renforcé une norme de certification connue sous le nom de « label RGE » en 2020, accru les efforts de communication pour guider les consommateurs vers son réseau de guichet unique FranceRénov' et publié des informations détaillées pour aider les individus à identifier et à éviter les pratiques frauduleuses.^{52,53} Ces actions visaient à protéger les particuliers et à améliorer l'intégrité globale du secteur de la rénovation et du chauffage en France. De plus, la France apporte son soutien à la formation et à la certification des installateurs en matière d'efficacité énergétique et d'installation de PAC.⁵⁴ Malgré ces expériences, 84 % des propriétaires français interrogés dans une étude de 2021 ont déclaré avoir confiance dans les pompes à chaleur.⁵⁵

⁴⁹ Reporterre. (21 avril 2023). Rénovation : 1 400 réclamations contre MaPrimeRénov'. <https://reporterre.net/Renovation-1-400-reclamations-contre-MaPrimeRenov-article>

⁵⁰ Les Echos-Études. (18 novembre 2019). *Le label RGE renforcé pour lutter contre les arnaques à la rénovation énergétique*. <https://www.lesechos-etudes.fr/blog/actualites-21/le-label-rge-renforce-pour-lutter-contre-les-arnaques-a-la-renovation-energetique-9517>

⁵¹ République Française, Ministère de L'Économie des Finances et de la Souveraineté Industrielle et Numérique, Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes. (3 octobre 2019). *Pratiques déloyales et trompeuses dans le secteur des énergies renouvelables et de la rénovation thermique*. <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/pratiques-deloyales-et-trompeuses-dans-le-secteur-des-energies-renouvelables-et-de-la>

⁵² Ministère de L'Économie des Finances et de la Souveraineté Industrielle et Numérique. (15 juin 2023). *Professionnels du bâtiment : comment obtenir la mention « reconnu garant de l'environnement »*. <https://www.economie.gouv.fr/entreprises/batiment-label-rge>

⁵³ République Française, France Rénov'. (s.d.). *Se prémunir contre les fraudes*. <https://france-renov.gouv.fr/fraudes>

⁵⁴ Par exemple, l'initiative FEEBAT subventionne une formation de 5 jours pour les installateurs, les préparant à postuler à l'examen de qualification qui leur permettrait d'installer des pompes à chaleur soutenues par les programmes de subvention. FEEBAT. (s.d.). *Les certificats d'économies d'énergie : FEEBAT conçoit pour vous des formations à la rénovation énergétique*. <https://www.feebat.org/>

⁵⁵ Association Promotelec. (Mai 2021). *La pompe à chaleur : L'outil par excellence de la transition énergétique*. <https://www.promotelec.com/app/uploads/2021/05/Synthese-etude-Promotelec-Pompes-a-chaaleur.pdf>

Conclusions

En matière de décarbonation de ses bâtiments avec des pompes à chaleur, la France est peut-être leader en Europe, mais il lui reste un long chemin à parcourir. Ses ventes de pompes à chaleur air-eau ont atteint environ 350 000 unités par an, mais restent à la traîne par rapport aux ventes de chaudières à gaz et au fioul, qui continuent d'osciller autour des 500 000 unités. Une adoption plus rapide des pompes à chaleur est nécessaire si le pays veut atteindre son objectif de 38 % d'énergies renouvelables dans le chauffage d'ici à 2030.

Cependant, la France a mis en place plusieurs politiques exemplaires qui ont fait d'elle le leader européen des pompes à chaleur. Les généreux programmes de subventions échelonnées du pays rendent les pompes à chaleur abordables pour le plus grand nombre, et notamment pour les ménages à faible revenu. Ces politiques devraient être renforcées en 2023. Les décideurs politiques ont supprimé les aides financières pour les chaudières à gaz individuelles et ont limité leur installation dans les nouveaux bâtiments, renforçant ainsi les perspectives du chauffage propre. Enfin, les communications publiques de la France par suite des pratiques frauduleuses ont amélioré l'accessibilité à l'information pour ses particuliers. Son prix du carbone sur les combustibles de chauffage semble également très efficace.

Pourtant, la France est toujours confrontée à des défis. Les pays qui en sont aux premières étapes de la transition vers la chaleur propre dans les bâtiments peuvent tirer des leçons précieuses de l'expérience française. Le cadre de soutien est généreux, mais il reste compliqué pour les consommateurs, ce qui les amène à l'identifier comme un obstacle majeur : seuls 21 % estiment que le cadre des subventions françaises est facile à comprendre et à utiliser.⁵⁷ De plus, un rapport de prix plus faible entre le gaz et l'électricité rendrait les pompes à chaleur encore plus économiquement avantageuses à exploiter. Cela

Boîte à outils politique pour le déploiement massif des pompes à chaleur à l'échelle mondiale

En 2022, RAP, aux côtés de ses partenaires CLASP et Global Buildings Performance Network, a publié la première édition de sa *boîte à outils politique pour le déploiement massif des pompes à chaleur à l'échelle mondiale*.⁵⁶ La boîte à outils décrit un cadre politique complet pour l'expansion rapide des pompes à chaleur qui divise les outils politiques en trois catégories principales : instruments économiques, soutien financier et réglementation. La communication et la coordination, ainsi que les considérations importantes d'équité, complètent ces outils.

⁵⁶ Lowes, R., Gibb, D., Rosenow, J., Thomas, S., Malinowski, M., Ross, A., & Graham, P. (2022). *A policy toolkit for global heat pump deployment* [Une boîte à outils politique pour le déploiement mondial des pompes à chaleur]. Regulatory Assistance Project, CLASP & Global Buildings Performance Network. <https://www.raonline.org/knowledge-center/policy-toolkit-global-mass-heat-pump-deployment/>

⁵⁷ France Bleu. (23 février 2023). *SONDAGE – Rénovation énergétique : plus de la moitié des propriétaires renoncent en raison du coût*. <https://www.francebleu.fr/infos/environnement/renovation-energetique-plus-de-la-moitie-des-proprietaires-prets-a-se-lancer-renoncent-en-raison-du-budget-4912683>

réduirait également l'obstacle des coûts posé par l'investissement initial élevé, en raccourcissant le délai d'amortissement.

Enfin, l'avenir des chaudières à gaz reste incertain. Bien que le gouvernement ait annoncé une intensification massive de la fabrication de pompes à chaleur d'ici à 2027 et n'interdise pas l'installation de chaudières dans les bâtiments existants, il existe encore peu d'indications sur la pertinence des solutions de chauffage hybrides. Dans certaines situations, telles que les lieux où les conditions météorologiques sont extrêmes, les logements collectifs ou les bâtiments avec des structures difficiles à rénover, le chauffage hybride peut être justifié. Cependant, il existe un risque que les propriétaires optent pour une solution hybride même lorsque cela n'est pas dans leur meilleur intérêt ou n'offre pas de réelle valeur ajoutée. Les particuliers ont besoin d'une orientation claire pour les aider à comprendre les conditions qui requièrent des solutions hybrides. L'utilisation de cette technologie hybride nécessite également une planification holistique pour éviter d'augmenter les coûts du système et de perpétuer des réseaux qui finiront par devenir obsolètes. Les utilisateurs d'énergie vulnérables, en particulier, risquent d'être dépendants de ces réseaux sur le long terme. Le fait de subordonner le soutien financier à l'installation d'une pompe à chaleur hybride à un examen technique par un expert pourrait contribuer à réduire ce risque.

La France a fait de grands progrès dans la décarbonation de ses bâtiments grâce aux pompes à chaleur. Ses décisions politiques peuvent aider à guider d'autres pays européens. Des défis restent à relever, et ce document fournit les recommandations suivantes.

Recommandations :

- **Simplifier le processus de demande de subvention** et rationaliser la grande diversité de catégories technologiques.
- **Fournir des conseils techniques complets et clairs aux particuliers**, notamment en identifiant des solutions rentables et en définissant les conditions nécessaires à la mise en place d'un système hybride de pompe à chaleur.
- **Concentrer le soutien financier spécifique à la technologie sur les pompes à chaleur aérothermiques**. Subordonner le soutien aux PAC hybrides à une évaluation technique par un expert en énergie et à sa recommandation dans les plans de chauffage et de rafraîchissement des autorités locales.

Annexe : Méthodologie du coût total de possession annuel

Les calculs présentés dans ce document montrent le coût total de possession annuel d'une pompe à chaleur air-eau, d'une chaudière à gaz et d'une PAC hybride (combinaison de PAC et de chaudière à gaz). Ces calculs sont présentés pour un ménage à revenu élevé et à faible revenu dans les figures 9 et 10. Cette annexe explique la méthodologie sur laquelle s'appuient les calculs et les chiffres qui ont été choisis.

La demande de chauffage des locaux résidentiels et de l'eau chaude sanitaire en 2021 est tirée de la base de données Eurostat sur la *Consommation d'énergie finale des ménages ventilée*.⁵⁸ La demande moyenne de chauffage des locaux par pays a ensuite été divisée par le nombre de ménages pour atteindre une demande moyenne de chauffage des locaux et de l'eau par ménage.⁵⁹

Caractéristiques de l'appareil

Pour chaque technologie, nous avons estimé les efficacités de conversion saisonnières moyennes suivantes :

- Pompe à chaleur air-eau avec un coefficient de performance saisonnier (SCOP) de 3,1.
- Chaudière à gaz à condensation avec une efficacité de 95 %.

Ces efficacités sont largement acceptées comme des normes industrielles et peuvent même minimiser les performances des pompes à chaleur. Par exemple, l'Autorité irlandaise de l'énergie durable a signalé une SCOP médiane de 3,95 en 2020, et la Croatie, le Danemark et les Pays-Bas ont vu leur SCOP dépasser 4.⁶⁰

La valeur d'efficacité que nous avons utilisée dans cette étude peut également être généreuse envers les chaudières à gaz, étant donné qu'elle correspond au minimum défini par l'annexe X de la note d'orientation de la directive sur l'efficacité énergétique de la Commission européenne.⁶¹ Le parc de chaudières existant en France n'est pas composé exclusivement des options les plus économes en énergie et fonctionnerait donc à une efficacité de parc bien inférieure à 95 %.

⁵⁸ Eurostat. (2023). *Disaggregated final energy consumption in households* [Consommation finale d'énergie désagrégée dans les ménages]. [Ensemble de données]. Consulté le 7 septembre 2023. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrq_d_hhq/default/table?lang=en

⁵⁹ Eurostat. (2023). *Number of households by household composition, number of children and age of youngest child* [Nombre de ménages par composition du ménage, nombre d'enfants et âge de l'enfant le plus jeune]. [Ensemble de données]. Consulté le 7 septembre 2023. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/lfst_hhnhtych/default/table?lang=en

⁶⁰ International Renewable Energy Agency (IRENA) [Agence internationale pour les énergies renouvelables]. (2022). *Renewable Solutions in End-Uses: Heat Pump Costs and Markets* [Solutions renouvelables dans les utilisations finales : coûts et marchés des pompes à chaleur]. <https://www.irena.org/Publications/2022/Nov/Renewable-solutions-in-end-uses-Heat-pump-costs-and-markets>

⁶¹ Commission européenne. (25 septembre 2019). Annex to the European Commission Recommendation (EU) 2019/1658 of 25 September 2019 on transposing the energy savings obligations under the Energy Efficiency Directive [Annexe à la recommandation (UE) 2019/1658 de la Commission européenne du 25 septembre 2019 sur la transposition des obligations en matière d'économies d'énergie en vertu de la directive sur l'efficacité énergétique]. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reco/2019/1658>

Pour la pompe à chaleur hybride, nous avons supposé, sur la base des travaux de l'Agence danoise de l'énergie, que l'efficacité de la PAC serait légèrement supérieure à celle des applications autonomes car elle ne chauffe pas aux températures les plus basses.⁶² De même, l'efficacité de la chaudière à gaz serait inférieure à celle des applications autonomes, car elle est principalement utilisée pour l'approvisionnement en eau chaude, dont l'efficacité est inférieure à celle du chauffage des locaux.⁶³ Les valeurs utilisées étaient :

Pompe à chaleur hybride :

- Pompe à chaleur SCOP de 3,4
- Efficacité de la chaudière à gaz de 91 %

En ce qui concerne la charge de chauffage du système hybride, nos recherches ont montré que la part de la charge de chauffage totale couverte par la PAC dans un système hybride est d'environ 70 % à 90 %. Pour différencier ce cas d'une application de PAC autonome, nous avons supposé que 75 % de la charge de chauffage serait fournie par la PAC et le reste par la chaudière à gaz.

Coûts d'investissement

Pour chaque technologie, notre calcul se compose d'un élément de coût d'investissement et d'un élément de coût d'exploitation. Pour les coûts initiaux, nous avons utilisé le coût d'installation d'une PAC air-eau dans le *Suivi du marché 2022 des pompes à chaleur individuelles* d'Observ'ER comme prix moyen pour une PAC air-eau de 7 à 8 kW, incluant tous les composants et l'installation en 2022.⁶⁴

Le coût d'une pompe à chaleur hybride est très incertain. Les auteurs partent de l'hypothèse d'un remplacement ou d'une installation neuve du système de chauffage, pour lequel tous les composants doivent être installés. Si une PAC sous-dimensionnée était installée pour compléter une chaudière à gaz existante, le prix serait clairement inférieur. Dans notre cas, nous avons supposé que le prix de la PAC hybride était légèrement supérieur à celui d'une PAC air-eau équivalente, comme nous l'ont conseillé les experts de l'Association française des pompes à chaleur AFPAC et comme le souligne l'Agence danoise de l'énergie dans son document *Technology Data: Heating Installations, 208 hybrid gas and electric heat pumps*.⁶⁵ Disposer d'une plus grande quantité de données réelles sur les installations de pompes à chaleur hybrides aiderait à améliorer la précision de la modélisation utilisée ici.

Comme décrit en détail dans le document, des subventions sont disponibles, soit dans le cadre de MaPrimeRénov', soit dans le cadre du programme français de certificats blancs, pour un montant pouvant aller jusqu'à 2 500 € pour les ménages à hauts

⁶² Agence danoise de l'énergie. (2022). *Technology Data: Heating Installations* [Données technologiques : Installations de chauffage]. <https://ens.dk/en/our-services/projections-and-models/technology-data/technology-data-individual-heating-plants>

⁶³ Agence danoise de l'énergie, 2022.

⁶⁴ Observ'ER, 2023.

⁶⁵ Agence danoise de l'énergie, 2022.

revenus et jusqu'à 9 000 € pour les ménages à faibles revenus. Les coûts initiaux utilisés dans le modèle sont les suivants :

- PAC air-eau, faible revenu : 11 580 € (coût initial) - 9 000 € (subvention) = 2 580 €
- PAC air-eau, revenu élevé : 11 580 € (coût initial) - 2 500 € (subvention) = 9 080 €
- PAC hybride, faible revenu : 12 000 € (coût initial) - 9 000 € (subvention) = 3 000 €
- PAC hybride, revenu élevé : 12 000 € (coût initial) - 2 500 € (subvention) = 9 500 €
- Chaudière à gaz : 5 170 €

Coûts d'exploitation

En ce qui concerne les coûts d'exploitation, c'est le prix du carburant qui joue le rôle le plus important. Nous avons utilisé les prix du carburant d'Eurostat. Les prix de l'électricité utilisés sont des moyennes de 2021 (167 €/MWh avant TVA) et un taux supérieur de 50 % aux moyennes de 2021. Les prix du gaz fossile sont des moyennes de 2021 (59 €/MWh avant TVA et un taux supérieur de 50 % aux moyennes de 2021.

Prix (€/MWh)		Scénario 1 (prix normal)	Scénario 2 (prix élevé)
Électricité	Avant TVA	166,90 €	250,35 €
	Après TVA	176,08 €	264,12 €
Gaz	Avant TVA	59,30 €	88,90 €
	Après TVA	72,06 €	103,35 €

Nous avons estimé que le prix du carbone sur le gaz fossile était de 9 €/MWh. Cette valeur est calculée à partir d'un prix de 44,60 € par tonne de CO₂ émise.⁶⁶

Les coûts de maintenance de la pompe à chaleur ont été estimés à 178 €/an et ceux de la chaudière à gaz à 120 €/an. Pour la PAC hybride, nous avons estimé des coûts de maintenance de 223 €/an, car l'Agence danoise de l'énergie suggère que les coûts sont 25 % plus élevés que pour les pompes à chaleur standard.⁶⁷ Les coûts du réseau pour le système électrique ont été estimés à 144 €/an et pour le gaz à 250 €/an.

Enfin, nous avons utilisé les paramètres suivants pour calculer les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation :

- Coût moyen pondéré du capital : 5 %
- Durée de vie de l'appareil (tous appareils) : 18 ans
- TVA : 5,5 %

⁶⁶ Ministère de la Transition écologique (2023). *Guide 2023 sur la Fiscalité ses Énergies*. <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/guide%20fiscalit%C3%A9%20energie%202021.pdf>.

⁶⁷ Agence danoise de l'énergie, 2022.

Tableau des coûts de référence pour les ménages à revenu élevé

	Pompe à chaleur		Chaudière à gaz		Pompe à chaleur hybride	
	Prix bas	Prix élevés	Prix bas	Prix élevés	Prix bas	Prix élevés
Coût initial annualisé	504 €	504 €	287 €	287 €	640 €	640 €
Coût de fonctionnement, pompe à chaleur	1 032 €	1 387 €	0 €	0 €	741 €	983 €
Coût de fonctionnement, chaudière à gaz	0 €	0 €	1 317 €	1 729 €	609 €	716 €
Coût total (arrondi)	1 540 €	1 890 €	1 600 €	2 020 €	1 990 €	2 340 €

Tableau des coûts de référence pour les ménages à faible revenu

	Pompe à chaleur		Chaudière à gaz		Pompe à chaleur hybride	
	Prix bas	Prix élevés	Prix bas	Prix élevés	Prix bas	Prix élevés
Coût initial annualisé	143 €	143 €	287 €	287 €	278 €	278 €
Coût de fonctionnement, pompe à chaleur	1 032 €	1 387 €	0 €	0 €	741 €	983 €
Coût de fonctionnement, chaudière à gaz	0 €	0 €	1 317 €	1 729 €	609 €	716 €
Coût total (arrondi)	1 180 €	1 530 €	1 600 €	2 020 €	1 630 €	1 980 €



Regulatory Assistance Project (RAP)[®]

Belgique · Chine · Allemagne · Inde · États-Unis

Rue de la Science 23
B – 1040 Bruxelles
Belgique

+32 2-789-3012
info@raponline.org
raponline.org

© Regulatory Assistance Project (RAP)[®]. Ce document est placé sous licence Creative Commons Attribution-NonCommercial License (CC BY-NC 4.0).