



EXPERTISES



**Octobre
2025**

LES AVIS DE L'ADEME

Les performances réelles des pompes à chaleur

À retenir	2
Contexte.....	4
Résultats et enseignements de la campagne de mesure.....	5
Annexe : Propositions de simulations énergétiques.....	8

Les performances réelles des pompes à chaleur

A retenir

Depuis plus de deux ans, l'ADEME a mené **plusieurs études majeures pour mesurer les performances des pompes à chaleur en conditions d'usage réel** sur une saison de chauffe :

- Une campagne de mesure sur 90 pompes à chaleur air/eau et 10 PAC géothermiques (eau/eau ou sol/eau) installées récemment dans des maisons individuelles en remplacement de chaudière gaz ou fioul et instrumentées pendant une année complète.¹
- Une étude sur les consommations de chauffage de ménages ayant installé des PAC air/air à la place de tout ou d'une partie de leur appareil de chauffage.²
- Des tests en laboratoire.³

Cet avis a pour objet de restituer les enseignements issus de ces études avec un focus plus particulier sur les PAC air/eau en maisons individuelles installées avec des radiateurs ou des planchers-chauffants pour produire du chauffage et de l'eau chaude sanitaire. Il contient également des encadrés sur les PAC air/air et sur les PAC géothermiques (eau/eau et sol/eau).

Principaux enseignements concernant les PAC Air/Eau en maison individuelle :

- **Les performances des PAC sont très bonnes si les PAC sont bien mises en œuvre et réglées, quels que soient la zone géographique⁴ et le niveau d'isolation du bâtiment.** Avec un COP moyen mesuré de 2,9 (environ 3 à 4 fois plus efficace qu'une chaudière ou qu'un radiateur électrique), la PAC air/eau est un outil très efficace pour diminuer les émissions de CO₂ liées au chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire dans le bâtiment. Lorsqu'elle est correctement réglée et installée, elle génère également une baisse notable de la facture énergétique (en moyenne on divise par deux la facture liée au chauffage par rapport au gaz) qui assure la rentabilité de l'investissement dans une PAC.
- **Environ un tiers des PAC intégrées dans la campagne de mesure ont des performances qui peuvent être améliorées** (un tiers des PAC ont des COP < 2,5) **en raison de problèmes liés à leur installation et leur réglage.** Les performances réelles des PAC air/eau sont très variables d'un site à l'autre sur l'échantillon, allant d'un COP de 1,8 à 4,5 (pour une moyenne de 2,9). La résolution des problèmes de réglages identifiés permettrait d'améliorer les COP d'un point environ : les principaux problèmes concernent le réglage de la loi d'eau (c'est à dire la température de l'eau circulant dans les radiateurs en fonction de la température extérieure) et le bon dimensionnement des radiateurs (plus ils sont grands, meilleur est le COP).

¹ Lien vers le rapport : <https://librairie.ademe.fr/batiment/8617-mesure-des-performances-de-100-pac-air-eau-et-eau-eau-installees-en-maisons-individuelles.html> , étude co-financée ADEME/DGEC.

² Rapport : <https://librairie.ademe.fr/batiment/8595-etude-sur-les-consommations-des-pac-air-air.html>

³ Lien vers le rapport : <https://librairie.ademe.fr/batiment/8613-test-de-pac-air-eau-en-laboratoire-semi-virtuel-avant-et-apres-renovation.html>

⁴ On constate cependant une amélioration des performances d'environ 30% dans les régions du Sud de la France, par rapport aux régions Nord.

Améliorer la formation des professionnels est donc indispensable. Des dispositifs simples pourraient également être rapidement généralisés sur les PAC neuves pour aider les ménages à savoir si leur PAC est bien réglée, et les alerter en cas de performance trop basse.

- **L'isolation de l'enveloppe : une plus-value prouvée**

L'isolation du bâtiment :

- **Apporte une plus-value pour le propriétaire** : le confort thermique et acoustique est amélioré, la puissance (donc le coût) de la PAC peut être plus faible⁵, la consommation énergétique est fortement réduite (division par 2 environ), la valeur verte du bien est augmentée ;
- **Est importante du point de vue des politiques publiques**, en particulier dans les logements les plus énergivores, **pour sécuriser l'atteinte des objectifs climatiques** et lutter contre la précarité énergétique. Elle est également utile pour maîtriser l'impact sur la consommation et la pointe électrique⁶.

L'isolation peut être réalisée après la pose de la PAC sans impacter la performance future **si la régulation est bien ajustée après la réalisation des travaux**. Dans ce cas, la PAC sera plus chère à l'achat. Elle sera surdimensionnée après isolation, mais s'adaptera aux nouveaux besoins si la loi d'eau est réglée par rapport aux nouveaux besoins.

- **Le déploiement massif de PAC air/eau : une opportunité industrielle pour la France**

Les PAC air/eau mises sur le marché en France sont principalement issues d'usines françaises et européennes. Mais une partie des pièces nécessaires à la fabrication des PAC (notamment le compresseur) provient d'Asie. La principale valeur-ajoutée des fabricants européens se trouve dans l'assemblage et dans la régulation.

En lien avec les conclusions de la campagne de mesure, les constructeurs français pourront être incités à travailler sur le volet suivi des performances, transparence vis-à-vis de l'utilisateur, réglage automatique de la loi d'eau et remontées d'alertes afin de se démarquer sur ces sujets et proposer des produits permettant de garantir la performance de l'installation. La mise en place progressive de critères conditionnant les aides à l'installation de PAC ira en ce sens.

Définition :

Une pompe à chaleur (PAC) est un système de chauffage thermodynamique dont le rendement (COP¹) peut être supérieur à 1 grâce au transfert d'énergie renouvelable de l'extérieur (air, eau, soleil, sol) vers l'intérieur par un compresseur électrique utilisant un fluide thermodynamique. Il existe différentes technologies de PAC qui, selon les cas, peuvent produire de l'air chaud ou de l'eau chaude pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire ou un usage industriel. Elles peuvent également produire du froid pour la climatisation ou le rafraîchissement. Les principaux types de PAC sont les PAC eau/eau, sol/eau, air/eau et air/air¹.

⁵ La différence de prix sur le matériel est estimée entre 1000 et 2500€ par kW de puissance supplémentaire

⁶ Cf. Bilan Prévisionnel 2023-2035 de RTE



CONTEXTE

Pour atteindre la neutralité carbone à horizon 2050, il est nécessaire d'accélérer sur l'ensemble des leviers d'action à disposition du secteur du bâtiment (sobriété, efficacité des équipements et des isolations, décarbonation du chauffage). Dans le contexte actuel de ralentissement de la baisse des émissions carbone du secteur et afin d'atteindre le budget carbone qui lui sera alloué dans le cadre de la SNBC 3⁷, accélérer le déploiement des pompes à chaleur air/eau et assurer que celui-ci se fait dans les meilleures conditions possibles pour garantir leur performance est clé pour la politique de rénovation des bâtiments.

La PAC air/eau est un système performant fonctionnant à l'électricité, vecteur énergétique peu carboné en France, et qui peut assez facilement se substituer à une chaudière consommant des énergies fossiles (gaz ou fioul). Elle représente donc un potentiel important de décarbonation du chauffage et de l'eau chaude sanitaire, le premier poste de consommation des bâtiments à l'heure actuelle.

Un plan d'action national a été annoncé en avril 2024 pour produire et installer en France 1 million de PAC d'ici 2027. L'Etat met en place des incitations pour faciliter leur installation par des aides publiques (Ma Prime Rénov) et privées (Certificats d'économie d'énergie).

A NOTER

Le marché des PAC est dominé par la PAC air/air

En 2024, il s'est vendu entre 2 et 3 fois plus de PAC que de chaudières fossiles (gaz et fioul). Parmi les PAC, ce sont les PAC air/air qui représentent l'essentiel (71%) des parts de marché (installation plus simple et moins coûteuse). Les PAC air/eau et les chauffe-eaux thermodynamiques représentent respectivement 16% et 13% de part de marché total des PAC.

Les PAC air/air : des résultats encourageants à confirmer dans les années à venir

Une étude a été menée sur l'analyse des profils des consommations (via l'accès au compteur Linky) liées au chauffage dans 88 logements ayant installé une PAC air/air pour remplacer tout ou partie de leur équipement de chauffage (radiateurs électriques dans la plupart des cas). En moyenne sur cet échantillon, la pose d'une PAC air/air a permis de diviser par 2 la consommation d'électricité liée au chauffage.

Il n'est pas possible de connaître le SCOP réel de ces machines sur la base de cette étude, cette dernière n'ayant pas permis de quantifier d'éventuels effets rebonds (augmentation du niveau de confort part de la climatisation par exemple).

En parallèle, l'ADEME finance un projet de recherche visant à mettre au point un protocole de mesure de la performance des PAC air/air. Une fois ce protocole validé, une campagne de mesure à grande échelle sera envisageable. Il permettra de vérifier les SCOP réels de ces machines. Les résultats devraient être disponibles d'ici 2 ans. De plus, il serait intéressant d'en savoir plus sur les habitudes d'usage de ces machines, souvent installées en appareil d'appoint et utilisées de manière discontinue.

⁷ Les émissions du secteur n'ont diminué que de 0,4 Mt éqCO₂ en 2024, pour atteindre 571 Mt éqCO₂, soit une baisse de seulement 0,7 %. Source : HCC, 2025, Relancer l'action climatique face à l'aggravation des impacts et à l'affaiblissement du pilotage



LES RESULTATS ET ENSEIGNEMENTS OBTENUS SUR LA CAMPAGNE DE MESURE (PAC AIR/EAU)

De très bonnes performances globales en chauffage

La campagne de mesure a prouvé que les performances réelles des PAC air/eau sont en moyenne très bonnes : le COP obtenu sur l'ensemble de l'échantillon est de 2,9.

En moyenne l'installation d'une PAC dans une maison pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire :

- Permet de diviser par 8 (si on se chauffe au gaz) ou par 10 (si on se chauffe au fioul) les émissions de CO₂.
- Permet de diviser environ par 4⁸ la consommation d'énergie en kWh par rapport à une chaudière.
- Permet de gagner une à deux classes de DPE.
- Divise en moyenne par deux la facture énergétique liée au chauffage par rapport au gaz⁹.
- Assure une bonne rentabilité de l'investissement par rapport à une chaudière : en moyenne, le temps de retour de l'investissement dans une PAC par rapport à une chaudière a été de 8 ans sans prise en compte des aides (2 ans en prenant en compte les aides perçues par les ménages de l'échantillon).

Cependant, les PAC sont soumises à des contraintes d'installation (encombrement, unité extérieure ou forage, nuisances sonores éventuelles) et ont un coût d'investissement plus élevé (en moyenne le coût est environ doublé par rapport à celui d'une chaudière), qui peut rendre leur installation plus difficile dans certains cas de figure, notamment en dehors des maisons individuelles (logement collectif, petit tertiaire ...).

Même si les PAC sont des solutions tout à fait efficaces dans les zones froides, la campagne a montré également l'influence du climat : il a été constaté sur l'ensemble de l'échantillon, une différence de 30% de performance entre le nord et le sud (les PAC installées dans les endroits où le climat est le plus clément ont en moyenne des performances supérieures de 30 % à celles installées dans les endroits où le climat est le plus rude).

Des performances à surveiller en production d'eau chaude sanitaire

Le COP mesuré moyen pour la production d'eau chaude (ECS) s'élève à 2,0 pour les PAC air/eau et à 2,3 pour les PAC eau/eau, ce qui en fait des appareils en moyenne deux fois plus efficaces que les ballons d'eau chaude électriques ou les chaudières. Ces résultats sont toutefois plutôt décevants : avec 46% de l'échantillon qui présente un COP inférieur à 2, la PAC air/eau est légèrement moins performante que les chauffe-eaux thermodynamiques individuels (CETI). Les facteurs qui influencent cette performance sont principalement dus à la régulation intrinsèque des machines (température de stockage trop élevé,

⁸ Les PAC air/eau et eau/eau de l'échantillon ont toutes remplacé des chaudières fioul ou gaz. En considérant un rendement de chaudière de 0,8, le gain en énergie finale est de $2,9/0,8 = 3,625$

⁹ Voir les cas d'études présentés plus bas

déclenchement de la résistance...) et feront l'objet de communications spécifiques auprès des industriels.

Baisser la température de l'eau de chauffage : une priorité pour assurer la performance des PAC

La campagne de mesure a montré que les **performances réelles des PAC sont très variables d'un site à l'autre** sur l'échantillon, allant d'un COP de 1,8 à 4,5.

Les paramètres les plus influents sur cette performance sont :

- En premier lieu, la température moyenne de l'eau produite pour le chauffage, qui dépend surtout :
 - Du besoin de chauffage du logement (lié à son niveau d'isolation, au niveau de consigne de température intérieure demandée et au climat)
 - De la taille des radiateurs (qui détermine la puissance qu'ils sont capables de restituer)
Plus elle est basse, meilleure est la performance (on gagne environ 1 point de COP tous les 10 °C). Elle est réglée par l'installateur grâce à une loi d'eau qui définit la température de production de chauffage en fonction de la température extérieure. Cette loi d'eau peut être ajustée au besoin (travaux d'isolation, pose d'un appoint, température ambiante demandée...).
- Dans une moindre mesure, le climat, les caractéristiques de la PAC (consommation de veille, régulation intrinsèque...) et la qualité de l'installation (calorifugeages, dimensionnements, ...)

Afin de maximiser ses performances, l'installation d'une PAC doit toujours s'envisager avec des actions de baisse de la température moyenne de production de l'eau et s'accompagner d'un réglage soigné de la loi d'eau (température de chauffe de l'eau dans les radiateurs en fonction de la température extérieure).

Ces actions peuvent être des gestes d'isolation, le remplacement des radiateurs par des radiateurs plus grands, des planchers chauffant ou l'ajout de radiateurs.

Le temps de retour sur investissement dépend de la qualité de l'installation

Sans prise en compte des aides financières (qui peuvent être importantes dans certains cas), le coût de l'installation d'une PAC est plus élevé que celui d'une chaudière. De plus, à l'usage, les coûts d'entretien d'une PAC sont légèrement supérieurs à celui d'une chaudière. Et enfin, actuellement, le prix de l'électricité est plus élevé que celui du gaz et du fioul.

Le temps de retour sur investissement d'une PAC par rapport à une chaudière est donc très sensible à la performance réelle de la PAC.

Sur l'ensemble de l'échantillon, le surcoût de l'achat d'une PAC par rapport à une chaudière a été rentabilisé en 2 ans (avec prise en compte des aides). Il a été de 8 ans sans prise en compte des aides, avec, cette fois aussi, une forte variabilité.

Aujourd'hui, l'utilisateur ne dispose d'aucune information claire permettant de vérifier la performance de son installation. Des remontées d'alertes sur la PAC seraient à envisager pour permettre plus de transparence et empêcher les dérives dans le temps.

L'isolation, un allié pour le déploiement des PAC

Le lien entre niveau d'isolation et performance de la PAC n'est pas direct : dans l'échantillon, certaines maisons non isolées ont des performances de PAC élevées, notamment parce qu'elles ont des grands radiateurs qui permettent une température de production de l'eau chaude la plus basse possible, tout en atteignant la température de confort de 19°C. De plus, l'isolation ne garantit pas une performance élevée.

L'atteinte d'un COP élevé est possible quel que soit le niveau d'isolation et le climat mais nécessite une installation soignée et optimisée. L'ensemble de la profession (fabricants, installateurs, concepteurs, mainteneurs...) joue en conséquence un rôle clé quant à la performance des PAC et leur potentiel de décarbonation pour les bâtiments.

S'il est donc possible d'obtenir une bonne performance de la PAC air-eau dans une maison mal isolée, les besoins thermiques d'une telle maison restent élevés et donc sa consommation d'énergie importante, même avec une PAC performante. L'isolation la plus complète possible (ie une rénovation touchant l'ensemble des postes de l'enveloppe, type rénovation BBC) est plus efficace et permet d'aller au bout des économies d'énergie et de facture pour le ménage.

L'isolation est un allié pour le déploiement des PAC.

En effet, en diminuant le besoin de chauffage d'un bâtiment via un projet de rénovation énergétique :

- On réduit la puissance nécessaire à installer et donc l'encombrement de la PAC, son impact visuel et son coût, ce qui permet de l'installer dans un nombre plus important de configurations
- On réduit sa durée de fonctionnement annuelle ce qui limite les nuisances sonores et augmente la durée de vie
- On augmente également sa performance
- On diminue son impact sur le réseau électrique

En complément,

- Le confort des occupants est amélioré (en hiver comme en été).
- Le ménage est mieux protégé des variations du coût de l'énergie.

L'installation d'une PAC peut être réalisée en premier geste d'un parcours de rénovation sans impacter sa performance future **si la régulation est bien adaptée après la réalisation du reste des travaux d'isolation.** Dans ce cas, la PAC sera plus chère à l'achat. Elle sera surdimensionnée après isolation, mais s'adaptera aux nouveaux besoins **après un nouveau réglage de sa loi d'eau.**

En revanche, à l'horizon 2050, étant donné les besoins importants d'électricité de tous les secteurs, l'isolation d'une partie significative des logements est importante pour sécuriser l'atteinte des objectifs climatiques et utile pour limiter l'impact sur les consommations électriques dans les périodes de pointe, comme le précise le rapport RTE sur le bilan prévisionnel 2023-2035¹⁰.

En lien avec les autres avis de l'ADEME sur la rénovation performante¹¹ et sur les vagues de chaleur¹², l'ADEME recommande donc que l'isolation de l'enveloppe soit toujours prise en compte dans les réflexions sur le changement de système de chauffage.

¹⁰ Rapport complet : assets.rte-france.com/prod/public/2024-12/2024-12-20-chap-10-volet-batiments.pdf

¹¹ <https://librairie.ademe.fr/batiment/6933-avis-d-expert-sur-la-renovation-performante-des-logements.html>

¹² <https://www.ademe.fr/presse/communique-national/avis-de-lademe-vagues-de-chaleur-la-climatisation-va-t-elle-devenir-indispensable/>

A NOTER

Les PAC géothermiques : une performance encore meilleure

Les PAC géothermiques représentent une part minoritaire du marché actuel (moins de 0,5% des nouvelles installations en 2024).

Dix PAC géothermiques ont été suivies dans le cadre de la campagne de mesure. Le COP moyen de chauffage a été mesuré à 4,1 (meilleur que le COP moyen des PAC Air/eau, qui est de 2,9) avec une variabilité allant de 2,4 à 7,5. Les deux meilleurs COP (7,5 et 6) sont obtenus avec des sondes verticales et associées à des planchers chauffants. De plus, la stabilité de la température de la source froide au cours de l'année en fait un appareil moins sensible au climat.

La PAC géothermique nécessite la réalisation d'un forage ou des travaux de terrassement pour implanter les échangeurs enterrés horizontaux ou compacts (type corbeilles et murs géothermiques) ou verticaux (sondes). Une fois ces travaux réalisés, l'installation ne génère aucune nuisance sonore ou visuelle. Associée à des ventilo-convecteurs ou à un plancher chauffant/rafraîchissant, l'installation d'une pompe à chaleur géothermique permet de proposer également une solution de rafraîchissement des locaux. Ce rafraîchissement peut être actif (en utilisant la pompe à chaleur) ou passif (en faisant circuler le fluide entre les échangeurs géothermiques et le bâtiment – aussi appelé géo-cooling). Dans ce dernier cas les consommations électriques sont très faibles.



ANNEXE : PROPOSITIONS DE SIMULATIONS ENERGETIQUES

Les simulations proposées sont une compilation de calculs et de données réelles.

Quatre maisons ont été sélectionnées dans l'échantillon. Afin de pouvoir les comparer entre elles, les surfaces ont été ramenées à 100m².

Les deux premières maisons (M1 et M2) ont des niveaux d'isolation faibles et comparables, les deux suivantes (M3 et M4) sont bien isolées et également de même niveau de déperdition. Les performances de PAC (COP) obtenues sont des données réelles.

Les hypothèses prises sont les suivantes : (les calculs sont présentés sans la prise en compte des aides financières qui varient selon les revenus des ménages)

- Coût de l'énergie : électricité : 20c€/kWh / gaz : 13c€/kWh / fioul : 11c€/kWh
- Coût de la maintenance : PAC : 200€/an / chaudière : 150 €/an
- Rendements : chaudière gaz : 82% / chaudière fioul : 80%

La consommation d'électricité des chaudières est incluse (40€/an) dans le calcul. Les factures sont annuelles et prennent en compte les coûts de maintenance.

Les simulations visent à calculer les factures annuelles en € (hors abonnement) liées au chauffage et à l'eau chaude sanitaire pour différents systèmes de chauffage :

- une PAC avec un COP variable selon la configuration
- une chaudière au gaz
- une chaudière au fioul

Des tests de sensibilité ont été proposés avec une augmentation du prix du gaz de 50%.

	Maison non isolée COP de 2.3 (M1)	Maison non isolée COP de 3,3 (M2)	Maison isolée COP de 2.3 (M3)	Maison isolée COP de 3.9 (M4)
Besoin de chauffage (kWh/an)	12 000	12 000	5 500	5 500
Coût PAC sans aide	12 kW 16 000€	12kW 16 000€	5kW 12 000€	5kW 12 000€
Coût chaudière	8 000€	8 000€	5 000€	5 000€
Facture chauffage avec PAC (élec) + maintenance	1 243€	927€	678€	482€
Facture chauffage avec chaudière (gaz) + maintenance	2 092€	2 092€	1 062€	1 062€
Facture chauffage avec chaudière (fioul) + maintenance	1 690€	1 690€	796€	796€
Simulation augmentation gaz + 50%	3 044€	3 044€	1 498€	1 498€
TRI PAC vs chaudière sans prise en compte de l'amortissement	9 ans	7 ans	18 ans	12 ans
TRI PAC vs gaz avec gaz + 50%	4,5 ans	4 ans	8,5 ans	7 ans

En approche moyenne :

- Quelle que soit l'énergie de chauffage, l'isolation permet de diviser environ par 2 la facture liée au chauffage.
- La pose d'une PAC permet de diviser par deux la facture d'énergie liée au chauffage par rapport à une chaudière fossile.
- La combinaison de l'isolation et de la pose d'une PAC permet de diviser par quatre cette facture. C'est le cas où la facture d'énergie liée au chauffage est la plus faible, c'est donc la configuration qui protège le plus le ménage des variations des coûts de l'énergie.