

DÉPLOYER LES POMPES À CHALEUR

LOGEMENT

DANS LE CADRE DE NOTRE
PLAN ROBUSTE POUR L'ÉCONOMIE FRANÇAISE



En 2024, les bâtiments résidentiels et tertiaires représentent respectivement 28% et 15% de la consommation française d'énergie [185]. En termes de gaz à effet de serre, l'usage des bâtiments représente environ 60Mt de CO₂e (dont 85% pour le chauffage et l'eau chaude) soit **15% des émissions totales françaises**. Différents leviers doivent permettre la réduction drastique de ces émissions : évolution des usages, isolation des bâtiments¹⁰⁶, réseaux de chaleur décarbonés ou encore biogaz, dans la limite des gisements disponibles¹⁰⁷. Il en est toutefois un qui revêt une place particulièrement incontournable : **le déploiement massif de la Pompe à Chaleur (PAC), en remplacement des chaudières gaz et fioul.**

Les PAC sont matures, bas-carbone et économes

Les PAC : une technologie mature

Une pompe à chaleur (PAC) est un "transfère de chaleur", qui capte les calories présentes dans l'environnement extérieur (dans l'air, le sol ou l'eau) - même par temps froid, pour les restituer à l'intérieur d'un bâtiment sous forme de chauffage. Elle fonctionne grâce à un circuit fermé où circule un fluide frigorigène. Ce fluide absorbe la chaleur présente dans l'environnement extérieur puis s'évapore. Il est ensuite comprimé pour augmenter sa pression, avant de se condenser en cédant ses calories sous forme de chaleur au circuit de chauffage. Le cycle s'achève par une décompression brutale du fluide (une « détente ») : cette baisse de pression refroidit très rapidement le liquide, le rendant prêt à recommencer à absorber la chaleur de l'environnement.

Ce cycle thermodynamique permet à la pompe à chaleur de transférer, de l'environnement extérieur vers l'intérieur, **plusieurs kWh de chaleur pour chaque kWh électrique dépensé**. Le ratio entre l'énergie restituée au logement sous forme de chaleur et celle dépensée pour l'alimentation électrique de la PAC s'appelle le **COP** (COefficient de Performance)¹⁰⁸. Lorsqu'il est moyenné sur l'année pour tenir compte des variations saisonnières, on parle de **SCOP** (Seasonal COP).

Reposant toutes sur l'exploitation du même cycle thermodynamique, les PAC se déclinent en différents types. La **PAC air-eau** pompe la chaleur de l'air extérieur puis la transmet au circuit à eau du chauffage central existant. Elle est idéale pour remplacer des chaudières gaz ou fioul. Elle a généralement un SCOP de 3 environ. Elle assure ou non la production d'eau chaude sanitaire. Dans certains cas, elle peut être **hybride** si elle est combinée avec une chaudière gaz existante pour une rénovation ou en intégrant une petite chaudière d'appoint dans une PAC neuve. La **PAC air-air** pompe quant à elle la chaleur de l'air extérieur puis l'échangeur la transmet directement à l'air intérieur. Elle peut remplacer facilement un chauffage électrique classique de type « effet Joule », certes décarboné mais bien moins efficace¹⁰⁹. Son

¹⁰⁶ Lire Chantier n°8 : Massifier la rénovation des logements

¹⁰⁷ Lire Chantier n°18 : Déployer les bioénergies de manière soutenable

¹⁰⁸ Par exemple, un COP de 3 signifie que pour 1 kWh d'énergie électrique dépensée, la PAC restitue 3 kWh de chauffage. Plus le COP est grand, plus cela signifie que le système est efficace énergétiquement. A titre de comparaison, une chaudière à gaz, ou un radiateur électrique à effet Joule, restitue environ 1 kWh de chauffage pour 1 kWh de gaz, ou d'électricité, consommé.

¹⁰⁹ Un **radiateur électrique à effet Joule** est un appareil de chauffage qui produit de la chaleur par **résistance électrique**. Le principe repose sur l'**effet Joule** : lorsqu'un courant électrique traverse une résistance électrique, une partie de l'énergie électrique est transformée en énergie thermique (chaleur).

SCOP est également de 3 environ, mais elle ne peut pas produire d'eau chaude sanitaire. Elle est souvent réversible et permet ainsi de **climatiser** en été.

Remarque : Notons qu'il existe d'autres types de PAC, telles que la PAC eau-eau (géothermie), la plus efficace (SCOP 4 à 5) mais au coût initial très élevé (25-50 000 € pour une maison individuelle) en raison des coûts de forage pour pomper la chaleur dans l'eau du sous-sol ; ou encore le Chauffe-Eau Thermodynamique, un ballon d'eau chaude sanitaire séparé adossé à une PAC. Ce qui suit traite principalement des PAC air-eau et air-air, qui vont jouer le rôle principal dans les trajectoires de déploiement à 2050.

Pour que les SCOP estimés ci-dessus soient atteints, il faut une PAC adaptée, bien dimensionnée (puissance) et bien installée. A défaut, le risque est d'avoir des SCOP inférieurs à l'optimum¹¹⁰ [186], modifiant ainsi l'équation financière. Notons que, pour faciliter le choix du grand public en Europe, les PAC relèvent d'une réglementation d'étiquetage énergétique et d'écodesign dont l'échelle va de A+++ à G. Mais, au-delà de la performance intrinsèque des appareils en sortie d'usine, leur bon fonctionnement repose très largement sur la qualité de l'installation sur site.

Par ailleurs, un reproche souvent fait à la PAC est le **confort acoustique**. Cependant, les modèles récents ont progressé et émettent des niveaux de bruit comparables à un réfrigérateur (~40–60 dB pour une maison). Les PAC de plus forte puissance, requises pour l'habitat collectif, font plus de bruit, et peuvent parfois poser des difficultés, notamment en zone urbaine.

Les PAC permettent une baisse des émissions de GES, de la consommation d'énergie et de la facture de chauffage

Les PAC permettent de réduire de 50 à 80% la consommation d'énergie finale, un chiffre qui dépend de la PAC, de son SCOP, de sa mise en œuvre et de son réglage. Elles sont alimentées par de l'électricité, fortement décarbonée dans le contexte français, et permettent le remplacement de chaudières fonctionnant aux énergies fossiles, gaz ou fioul, soit une **baisse des émissions directes (hors fabrication) de CO₂ de 80 à 90%**.

Leur performance est peu dépendante de l'isolation du bâti en maison : même dans les maisons mal isolées (hors passoires thermiques), la PAC reste efficace. C'est la conclusion majeure de l'étude ADEME 2025 sur le sujet [186]. Ainsi, une bonne isolation ne change pas la performance, mais permet de prendre une PAC moins puissante (et évite le besoin de couplage avec une chaudière gaz) donc moins chère.

La PAC permet enfin des économies financières de 40 à 50 % sur la facture de chauffage, en raison de sa moindre consommation énergétique. Et ceci alors même que le prix de l'électricité est environ deux fois plus élevé que celui du gaz (0,2-0,24€/kWh vs 0,12€/kWh en 2025) : un rééquilibrage de ces prix relatifs permettrait une économie plus importante encore. En outre, lors de tensions sur l'approvisionnement en gaz naturel, comme ce fut le cas lors de la crise gazière de 2022, l'usage de PAC plutôt que chaudières gaz permet de réduire la pression sur les stocks gaziers du pays et d'assurer sa capacité à faire fonctionner l'industrie et les usages dépendant encore significativement du gaz.

¹¹⁰ La PAC consomme alors plus qu'attendu initialement.

Un gain patrimonial pour les propriétaires immobiliers

La bonne installation d'une PAC permet de gagner 1 à 2 classes de DPE (Diagnostic de Performance Énergétique). Une maison de 100 m² passant du gaz à une PAC « air-eau » peut passer de E à C. Or la loi interdit déjà la location de logements G depuis 2025, et celle des logements F et E sera interdite respectivement dès 2028 et 2034. Cela se traduit déjà par une décote [187] significative des prix au m² de ces catégories. **Installer une PAC permet à un propriétaire de maintenir voire d'accroître la valeur de son patrimoine.**

Une empreinte environnementale faible

La fabrication d'une PAC nécessite plus de métal (acier et surtout cuivre) qu'une chaudière classique¹¹¹. Par ailleurs, le principal point faible des PAC sur le plan environnemental est la présence jusqu'alors de fluides frigorigènes à haut potentiel de réchauffement global (PRG), dont les fuites - bien que faibles - pèsent un peu sur leur bilan carbone. La réglementation européenne F-Gas de 2024 impose toutefois des objectifs de passage à des fluides moins émissifs, du fluide R410a (dont le PRG est de 2088) au R32 (PRG de 675) puis au R290 (PRG de 20) qui réduiront drastiquement cet impact [188]. Les industriels avancent déjà dans cette direction, jonglant entre les contraintes de performance et de sécurité (gaz inflammables).

La fabrication d'une PAC est donc un peu plus coûteuse en CO₂e que celle d'une chaudière gaz. Mais les **émissions d'usage très faibles**, 10 fois moindres que pour une chaudière gaz, permettent de compenser les émissions de fabrication en seulement 2 à 10 mois. **Sur un cycle de vie complet typique de 17 ans, une maison moyenne de 100 m² dotée d'une PAC de 10 kW économisera au total 50 tonnes de CO₂ par rapport à un chauffage au gaz.**

Les PAC constituent donc une technologie mature, bas-carbone et économe, énergétiquement comme financièrement. Il faut les déployer massivement dans les nombreuses situations où elles sont déjà pertinentes.

Un développement prometteur mais trop lent

En France le déploiement des PAC est significatif, mais reste en retard sur son objectif...

La France possède le plus gros parc de PAC en Europe [189], en comptant les équipements de locaux tertiaires, avec plus de 6,5 millions nettes¹¹² d'unités, loin devant l'Italie (4 millions) et l'Allemagne (~ 2,5 millions). Cependant, en 2023, seuls 14 % des maisons individuelles et moins de 3 % des appartements sont chauffés à la PAC¹¹³ [21]. **Les ventes de PAC ont bondi** d'environ 300 000 unités (20% d'air-eau et 80% d'air-air) en 2012 à près de 1,2 millions en 2023 (25% air-eau, 75% air-air) soit 15% de croissance par an¹¹⁴ [189, 190]. Pour les maisons individuelles, la PAC représente environ les **deux tiers des parts de marché** des systèmes de chauffage en 2024¹¹⁵ [191].

¹¹¹ Voir le chapitre cuivre dans la deuxième partie de ce rapport.

¹¹² Le parc brut est de l'ordre de 10 millions d'unités en 2022 dont 1,2 millions de CET, 0,1 géothermique, 2,3 air-eau et près de 7 millions de air-air dont seul 3 millions sont considérée comme participant au chauffage (logement et tertiaire).

¹¹³ Ces chiffres correspondent au parc de résidences principales uniquement.

¹¹⁴ Si l'on ne compte que les PAC qui participent au chauffage, cette croissance est d'environ 200 000 en 2012 à 700 000 en 2023.

¹¹⁵ Environ 13 % pour les PAC air-eau et 54 % pour les air-air.

La dynamique de vente s'est hélas brisée en 2023-24¹¹⁶ avec une baisse brutale de 16% : à l'inflation des prix, se sont ajoutées la chute de la construction neuve, la baisse des prix du gaz et surtout l'instabilité des aides publiques [190, 192]. Près de 445 000 chaudières fioul ou gaz ont encore été vendues en 2024 [193].

Sur le **marché du logement neuf**, la PAC est tirée par la norme RE2020 [194] qui impose, via l'indicateur « Ic énergie », des seuils maximums de CO₂ au m² sur 50 ans¹¹⁷, afin d'exclure progressivement les énergies fossiles. **La bataille semble gagnée en maison individuelle neuve** (arrêt du gaz, 85% de PAC vendues [195]) : une chaudière gaz ne passe pas le seuil Ic énergie de 4 kgCO₂e/m²/an de 2025. **Cela se profile également dans le logement collectif neuf** : en 2025, la PAC ne pesait qu'1/3 du marché, part équivalente à celle de la chaudière gaz [196], mais la baisse du seuil Ic de 560 à 320 kg de CO₂e/m² en 2025 [197] devrait amorcer une sortie du « tout gaz »¹¹⁸.

Le grand enjeu concerne désormais la rénovation¹¹⁹ : si le mouvement est trop lent en maison individuelle, il est presque inexistant en collectif, en raison de contraintes techniques (manque d'espace adapté, impact acoustique) [198]. Il faudra adapter les offres à la diversité des configurations rencontrées et utiliser toute la gamme de technologies disponibles [199] (géothermie, air-air, etc., voire hybride). Les difficultés décisionnelles y sont de plus décuplées en copropriétés, par rapport à la maison individuelle.

Dans les **immeubles de bureaux neufs**, les solutions de type PAC¹²⁰ représentent plus de 90% des ventes [200]. Idem pour les établissements scolaires neufs, où la PAC et le réseau de chauffage urbain dominant le marché [201]. Pour la **rénovation du tertiaire**, le dispositif Eco Energie Tertiaire [202] devrait favoriser la PAC pour remplacer les chaudières classiques.

...et reste en retard sur les pays nordiques

Bien que gros utilisateurs de chauffage urbain pour le collectif, **les pays nordiques affichent globalement des taux d'équipement en PAC bien supérieurs** à ceux des autres pays : 630 PAC pour 1 000 ménages en Norvège, 500 en Suède et en Finlande, contre 234 en France et 54 en Allemagne [189]. A rebours d'un *a priori* courant selon lequel les PAC air-air seraient moins bonnes par temps froid, **les PAC air-air sont dominantes dans ces pays**, grâce à des modèles "spécial climat froid" performants, qui captent 90% de part de marché en maison individuelle.

De gros obstacles à surmonter

Un investissement initial conséquent

Aujourd'hui le prix d'une PAC peut être rédhibitoire pour certains. Le coût moyen pour un particulier est entre 10 et 15 k€ TTC pour une PAC air-eau (8 à 15 kW) et de 5 à 12 000 € pour une air-air (en majorité inférieure à 5 kW), contre 2 à 5 000 € pour une chaudière. Ce coût inclut le matériel (~ 60%), la distribution (10-15%) et la pose (~25-30%, avec main d'œuvre et accessoires). La barrière d'entrée est réelle.

¹¹⁶ Les ventes de PAC air-eau sont passées de 386 000 en 2022 à 186 000 en 2024, en revanche les ventes de PAC air-air se sont maintenues autour de 800 000 unités malgré l'absence d'aide mais tirées par la climatisation.

¹¹⁷ Ces seuils ne concernent que les émissions énergétiques à l'usage du bâtiment (pas sa construction).

¹¹⁸ Le nouveau seuil Ic laissera cependant la possibilité d'utiliser de l'hybride, voire une chaudière gaz si le logement est bien isolé, ce qui pourrait être évité dans le neuf.

¹¹⁹ Voir Chantier n°8 : Massifier la rénovation des logements

¹²⁰ Ce chiffre inclut les PAC mais aussi les CTA-DRV (Centrale de Traitement d'Air et Débit de Réfrigérant Variable).

Mais l'économie de chauffage, de 50% sur une maison de 120m² de classe D, sera de l'ordre de 800 à 1200 € par an. Le retour sur investissement dépendra de la situation : en cas de remplacement volontaire d'une chaudière encore fonctionnelle, il faut compter entre 10 et 14 ans sans les aides, entre 7 et 12 ans avec ces dernières. **En cas de remplacement subi d'une chaudière en fin de vie, le retour sur investissement est de 3 à 9 ans sans les aides, entre 2 à 5 ans avec ces dernières** - de quoi encourager à franchir le pas.

Une base industrielle européenne solide, mais qui doit monter en charge

L'Europe dispose d'une forte base industrielle [203] avec plus de 250 usines (50 en Italie, 20 en France, 38 en Allemagne) détenues par des acteurs solides comme Atlantic, Viessmann/Carrier, Saunier Duval, Daikin, Panasonic ou encore Mitsubishi. C'est essentiellement une industrie d'assemblage de composants, relativement peu capitalistique, dans laquelle l'Europe a un vrai leadership. La situation est toutefois assez différente suivant les modèles : près de 60-75% de la valeur des PAC air-eau vendues en Europe est produite localement, mais c'est beaucoup moins pour les PAC air-air. **La France est exportatrice nette pour les PAC air-eau, mais importe la quasi-totalité des PAC air-air.**

En 2024, on comptait une trentaine de projets d'usines nouvelles en Europe, dont une dizaine en France. La récente **instabilité de la demande** ne facilite toutefois pas la montée en régime des usines. Une protection contre du **dumping hors UE** serait positive : les **aides** pourraient dépendre du **lieu d'assemblage** du bloc frigorifique ou du **contenu carbone** de la PAC. Cela pourrait aussi aider à relocaliser la production d'une partie des PAC air-air.

Deux composants importants nécessitent néanmoins une attention particulière : les **compresseurs inverter**, largement importés d'Asie où ils bénéficient d'un effet d'échelle dû à l'énorme marché de la climatisation, et les **fluides frigorigènes**, pour lesquels les compagnies chinoises, américaine et japonaises dominent le marché, avec quelques compétiteurs européens (Arkema et Linde). Les gaz actuels sont des HFC issus du *spth-fluor* dont la Chine contrôle 60% de la production. Les nouveaux gaz à faible PRG (CO₂, propane etc...) réduiront toutefois cette vulnérabilité puisqu'ils sont plus communs.

Une solution robuste, mais sophistiquée

Les PAC sont intrinsèquement plus **complexes** que les chaudières classiques ; elles nécessitent des **compétences multiples** : électriques, frigorifiques (certifications requises) et hydrauliques, sans compter la maîtrise des enjeux acoustiques.

Vu du consommateur, **l'achat d'une PAC peut être intimidant** : un gros investissement dans une technologie sophistiquée, pour un engagement irréversible de 15 ans qui impacte directement son confort et la valeur du logement, son plus gros actif personnel. Par ailleurs, **son parcours de client est ardu** : pas de tiers de confiance clair (malgré le lancement de « Mon Accompagnateur Renov ») et parfois un harcèlement commercial de certains réseaux de vente.

Réunir les conditions de l'accélération

Le gouvernement a lancé en 2024 un plan pour « produire 1 million de PAC » en 2027 [204], principalement centré sur les PAC air-eau. La plupart des actions ont été mises en œuvre, dont la création du Centre d'Expertise de la PAC. Nous venons de le voir, le déploiement des PAC reste toutefois trop lent, il est contraint par différents obstacles. Il faut désormais les lever

afin de réunir toutes les conditions d'une forte accélération, dès les années à venir, pour remplacer massivement les chaudières gaz et fioul, voire les chauffages « effet Joule », par des PAC, d'ici à 2050.

Il faut réduire l'écart de prix entre l'électricité et le gaz

Plus le gaz est cher et l'électricité abordable, plus la PAC se développe. Le rapport entre le prix de l'électricité et celui du gaz est donc déterminant, il doit être aussi faible que possible. Or celui-ci est inférieur à 1,4 en Norvège ou en Suède, alors qu'il est de 1,7 à 2 en France selon les années. Il n'est certes pas le pire d'Europe, l'Allemagne étant par exemple à 3.

Pour inciter au déploiement de la PAC, **les pouvoirs publics doivent œuvrer à un prix de l'électricité aussi stable et bas que possible par rapport à celui du gaz.** Les fournisseurs d'électricité, pourraient eux aussi faire des offres créatives, comme en Allemagne où certains proposent des réductions de prix d'électricité pour l'usage d'une PAC.

Il faut des aides conséquentes et stables

En maison individuelle, on constate un prix moyen des PAC air-eau de 15 k€, avec des aides moyennes de 5 k€, laissant un **reste à charge de 10 k€**, très hétérogène selon les revenus du client. Les dispositifs actuels d'aides incluent **MaPrimeRénov'**, les **Primes CEE**, la **TVA réduite à 5,5%** et l'**Éco-PTZ**. Les aides à la rénovation par geste favorisent la PAC eau-eau ou air-eau, mais pas la PAC air-air.

La chute récente du marché montre qu'il faut aussi de la **stabilité** dans les dispositifs d'aides. De plus, l'ampleur du reste à charge moyen est telle que la généralisation d'un financement de type **crédit** adapté serait utile pour faciliter la décision d'achat. A titre d'exemple, 55% des ventes d'automobiles en France font l'objet d'un financement, crédit ou leasing.

Il faut recruter et former des installateurs et des mainteneurs

En 2020, la filière PAC représentait en France 3 400 emplois dans la fabrication et 13 400 dans l'installation-maintenance¹²¹ [205]. La filière a besoin très rapidement de plusieurs dizaines de milliers d'emplois supplémentaires, pour produire, installer et maintenir au bon rythme les pompes à chaleur prévues dans le plan national, mais elle rencontre des difficultés à recruter et à former, communes à tout le secteur du bâtiment. **Les installateurs et mainteneurs, déjà en pénurie depuis 2019, sont le manque le plus préoccupant** [205]. Ces emplois sont à cheval entre plusieurs corps de métiers – chauffage-plomberie, frigorisation, électricité – qui doivent donc se préparer à développer des compétences en installation et maintenance de PAC : le dimensionnement et le paramétrage sont particulièrement déterminants pour des équipements performants.

Les formations courtes proposées par les fabricants de PAC ou les formations QualiPAC préalables à l'obtention du label RGE¹²² ne fournissent qu'une base de connaissances aux professionnels en activité. **Les formations professionnalisantes sont encore insuffisantes en quantité¹²³ et en adéquation pour répondre à la montée en puissance attendue.** Les

¹²¹ En 2025, ces chiffres sont certainement légèrement plus élevés, la vente de PAC étant passée de 1 million en 2020 à 1,2 millions en 2023, avant de retomber à 1 million en 2024.

¹²² Le label RGE (« Reconnu Garant de l'Environnement ») permet aux entreprises d'être éligibles aux diverses aides de l'Etat [204].

¹²³ 10 000 diplômés de l'enseignement professionnel, dont tous ne s'orienteront pas dans le secteur, et 1 200 titres délivrés par an.

incertitudes technologiques freinent l'investissement dans des plateaux techniques¹²⁴ coûteux. Du fait de conditions de travail et de revenus meilleurs que dans d'autres emplois du bâtiment, **les reconversions sont une source prometteuse de recrutement**, sous réserve de financements disponibles s'agissant de formations parfois supérieures à un an.

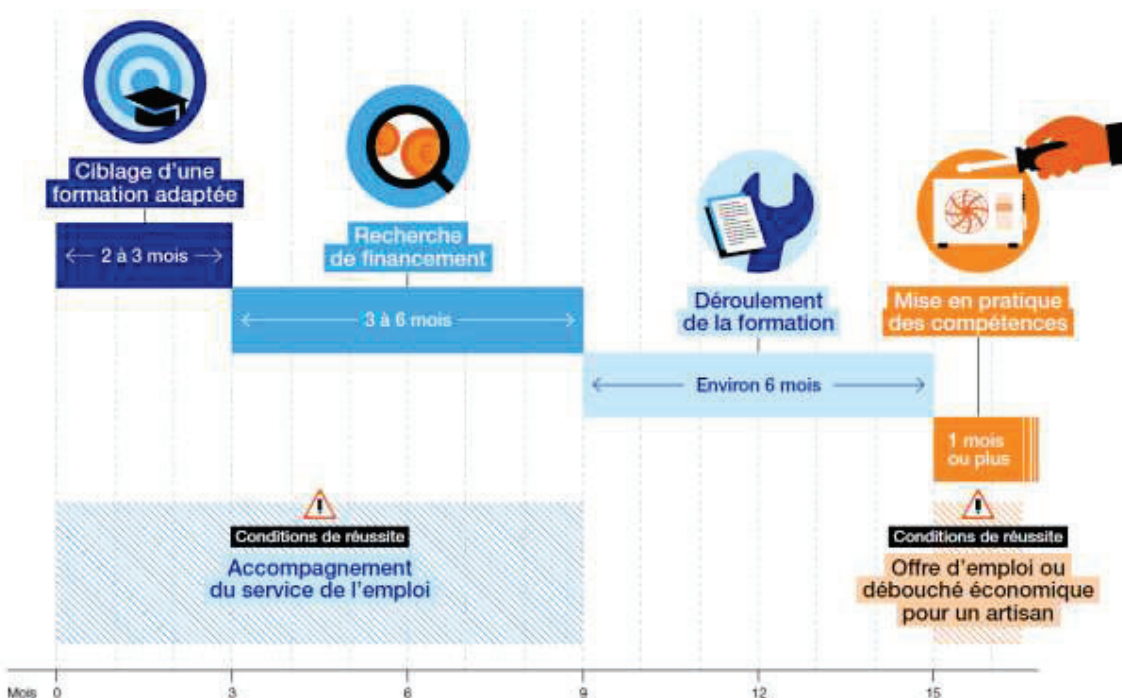


Figure 6 : Délais de reconversion vers une activité d'installation et maintenance de PAC

Enfin, la capacité des artisans et des distributeurs à conseiller et vendre les PAC est déterminante, mais reste insuffisamment maîtrisée.

Conclusion : pour une PAC-ification massive

Les PAC sont une solution incontournable pour la décarbonation du chauffage des bâtiments. L'aptitude des PAC air-air à climatiser aidera aussi à l'adaptation au changement climatique et à leur attractivité. A titre individuel, c'est sans doute une des décisions les plus efficaces pour réduire son empreinte carbone.

En **logement et tertiaire neufs**, il faut tenir le cap réglementaire actuel, voire le renforcer en collectif où on devrait pouvoir se passer de chaudière hybride (PAC + gaz) et donc de gaz.

Face à la **rénovation énergétique** qui piétine, la priorité en **maison individuelle** est d'améliorer la compétence technique et commerciale de la filière pour que la France atteigne des taux de pénétration « nordiques » de la PAC d'ici 2040. En **rénovation collective**, l'offre

¹²⁴ Les plateaux techniques sont des espaces pédagogiques permettant des mises en situation proches des conditions réelles de travail.

de la filière et les politiques publiques sont à améliorer pour changer de dimension. C'est un vrai chantier de planification à mener d'urgence, conjointement, par l'Etat et la filière.

L'objectif national devrait être l'installation d'**1,5 millions de PAC/an d'ici 2030**, en visant 0,5 million pour les air-eau et 1 million pour les air-air. Le développement de la base industrielle air-eau et le décollage de la fabrication européenne des air-air mériteraient un conditionnement des aides au contenu local (européen) ou au poids carbone des PAC.

Enfin, un autre chantier est à ouvrir : le développement des PAC dans la production de **chaleur industrielle**, qui reste aujourd'hui largement dominée par le gaz [206].

Contact

Eric Bergé

Chef de projet Industrie

eric.berge@theshiftproject.org

Héloïse Lesimple

Pilote communication et affaires publiques Transition Robuste

heloise.lesimple@theshiftproject.org

www.theshiftproject.org