

# Fiche pratique

## Les pompes à chaleur électriques

### Fonctionnement

La pompe à chaleur (PAC) est un système de chauffage qui opère un transfert de chaleur en absorbant la chaleur d'un milieu extérieur (appelé source froide) pour la céder à un milieu à plus haute température (appelé source chaude). Un apport d'énergie est pour cela nécessaire notamment pour alimenter le compresseur électrique.

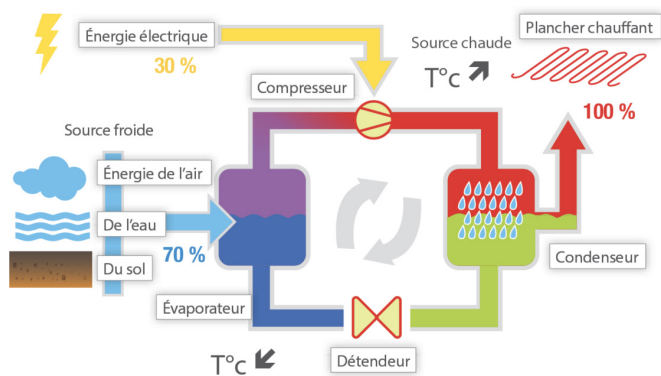


Schéma de principe d'une pompe à chaleur électrique

- **L'évaporateur** : le fluide frigorigène s'évapore en absorbant la chaleur du milieu extérieur.
- **Le compresseur** : entraîné par un moteur électrique, il aspire et comprime les vapeurs, ce qui provoque l'échauffement du fluide.
- **Le condenseur** : les vapeurs repassent à l'état liquide en cédant leur chaleur au milieu intérieur.
- **Le détendeur** : abaisse la pression du fluide ainsi que sa température.

### Performances

#### ↳ COP (coefficient de performance)

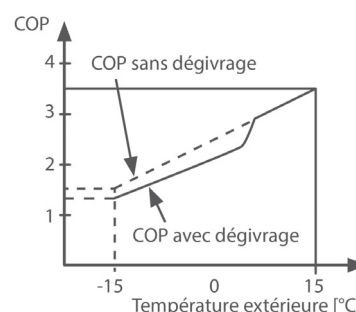
Le COP d'une pompe à chaleur électrique correspond au rapport entre l'énergie électrique absorbée par la pompe et l'énergie thermique restituée.

$$\text{COP} = \frac{\text{Puissance calorifique restituée}}{\text{Puissance absorbée}}$$

Un COP est toujours défini par des températures de fonctionnement. COP (7 °C ; 35 °C) = 3 signifie que pour une température de la source froide à 7 °C et une température d'eau de chauffage de 35 °C, la PAC consomme 1 kWh d'électricité pour produire 3 kWh d'énergie thermique. Le COP sera plus faible si la différence de température entre la source froide et la source chaude est plus élevée.

#### ↳ L'efficacité saisonnière (ETAS)

C'est le rapport entre l'énergie utile sur une saison de chauffe (les besoins annuels) et l'énergie consommée (en énergie primaire) pour couvrir ces besoins. On peut alors parler de COP annuel.



#### ↳ Conditions d'installation

- Choisir une source froide la plus chaude possible avec un stock de chaleur ou un débit suffisant.
- Avoir un circuit de chauffage basse température (moins de 35 °C). Cette température ne doit jamais être supérieure à 40 °C : une augmentation de 10 °C de la température d'eau de chauffage entraîne une augmentation de 20 à 30 % de la consommation d'énergie de la PAC.
- Dans le cas d'une PAC aérothermique (puisage de la chaleur sur l'air extérieur), abaisser le taux d'hygrométrie de la source froide permet d'éviter le givrage de l'échangeur. On préférera une façade moins exposée aux intempéries pour l'implantation de l'unité extérieure (façade sud dans l'idéal).
- Éviter le surdimensionnement d'une PAC et utiliser un ballon tampon permet d'éviter le fonctionnement de la PAC en cycle court, ce qui peut dégrader prématurément le matériel et réduire le COP annuel.

Pour contrôler la consommation et les éventuels dysfonctionnements, il peut être intéressant d'installer un compteur d'énergie électrique sur le circuit de la pompe à chaleur. En complément, le compteur d'énergie thermique sur le circuit de chauffage sera le seul dispositif fiable vous permettant de calculer les COP moyens annuels réels. Certaines PAC intègrent par défaut ce compteur.

En dessous d'une certaine température extérieure, la PAC air/eau voit son rendement chuter à cause de phases de dégivrage puis fini par se stopper. C'est alors une résistance électrique qui produit l'énergie pour le chauffage.



### Norme d'essai

Les COP, à un même régime donné (température des sources froide et chaude) mentionnés pour chaque modèle, peuvent être utilisés pour comparer les performances de différents appareils. La seule norme permettant de garantir le protocole des tests est la NF EN 14511-2.

Il existe des écarts importants entre les performances annoncées par les fournisseurs et les performances relevées sur le terrain, surtout pour les PAC sur air. En fonctionnement sur plancher chauffant, le COP d'une PAC air/eau peut varier entre 2 et 4,5. Pour des systèmes eau/eau, le COP peut varier entre 3,5 et 5,5 (uniquement sur plancher chauffant très basse température).

## Les types de pompe à chaleur

Puisage de la chaleur	Avantages	Inconvénients
Air	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coût</li> <li>Mise en œuvre assez simple</li> <li>Plus adapté aux zones tempérées (bords de mer)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Performances faibles lorsqu'il fait froid</li> <li>Dégivrage plus fréquent par temps humide</li> <li>Bruit</li> <li>Risque de corrosion (bord de mer)</li> </ul>
Eau	Bonnes performances constantes (si bon dimensionnement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coût élevé des forages et terrassement</li> <li>Attention au dimensionnement</li> </ul>
Sol	Bonnes performances constantes (si bon dimensionnement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coût élevé des forages et terrassement</li> <li>Surface au sol nécessaire importante</li> <li>Grande quantité de fluide frigorigène</li> </ul>

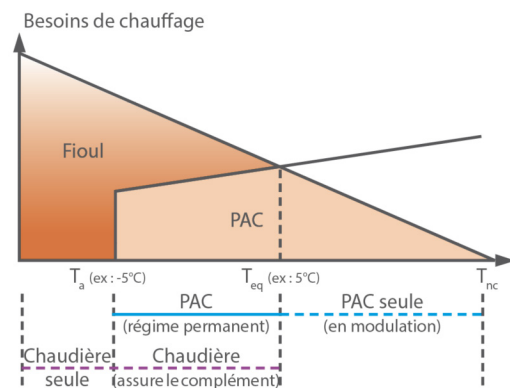
Émission de la chaleur	Avantages	Inconvénients
Air	<ul style="list-style-type: none"> <li>Élévation rapide de la température</li> <li>Coût</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bruit</li> <li>Répartition de la chaleur médiocre</li> <li>Inconfort thermique</li> </ul>
Eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confort thermique et acoustique</li> <li>Utilisable avec d'autres énergies</li> </ul>	Performances faibles si l'eau est chauffée à haute température (plus de 40-45°C)
Fluide frigorigène	Confort	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grande quantité de fluide frigorigène</li> <li>Aucune substitution d'énergie possible</li> </ul>

### PAC sur air extrait (VMC double flux thermodynamique)

Il s'agit d'un système tirant profit de la chaleur contenue dans l'air extrait par la ventilation, afin de réinsuffler de l'air neuf, chauffé par une pompe à chaleur de faible puissance : les débits faibles liés à la ventilation ne permettent pas d'importants apports de chaleur. On utilise donc principalement cette technologie dans les maisons à très faibles besoins d'énergie (passives) ou comme appoint.

### Cas de la PAC haute température

En cas de remplacement de chaudière, il n'est pas rare de se voir proposer une PAC moyenne ou haute température. En effet certaines d'entre elles permettent d'atteindre 60 °C dans le circuit de chauffage. Cependant, les performances atteintes par ces PAC ne seront pas au rendez-vous. Le COP sera faible puisque la différence entre la source froide (par exemple air extérieur) et la source chaude (radiateurs) sera trop élevée (plus de 65 °C en hiver). Il faudra donc toujours mieux adapter le circuit de chauffage pour qu'il fonctionne à basse température et installer une PAC basse température en relèvement de chaudière.



Répartition du chauffage entre la PAC et la chaudière (cas d'un montage en relèvement de chaudière)

### Système Inverter ou « Tout ou rien »

Un compresseur (celui du réfrigérateur par exemple) tourne à plein régime pour obtenir une certaine température, puis s'arrête totalement dès que la température est atteinte. Ce fonctionnement classique « tout ou rien » entraîne une surconsommation inutile d'énergie et une usure prématurée du compresseur. Le système Inverter est un fonctionnement progressif et adapté. Une modulation de puissance synonyme d'économie d'énergie.

### Montage en relèvement de chaudière

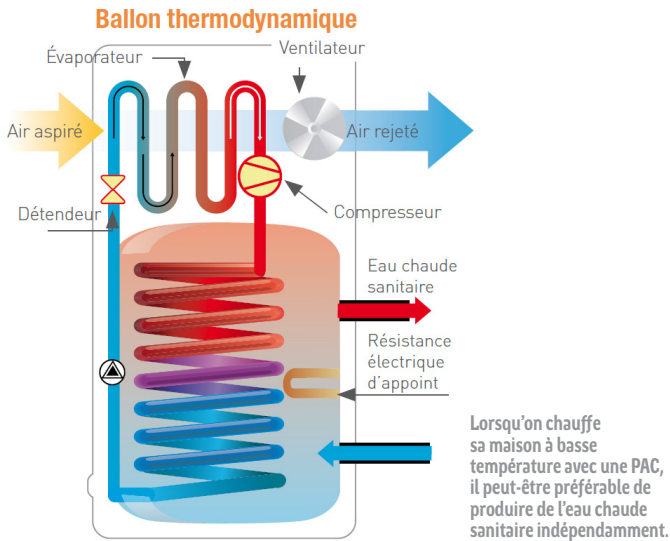
Pour augmenter le COP annuel de la PAC air-eau et augmenter sa longévité, il est possible de monter la pompe à chaleur en relèvement de votre chaudière (si celle-ci fonctionne avec des rendements acceptables) : en dessous d'une certaine température extérieure où le COP devient trop faible, la régulation commandera à la chaudière de fonctionner en complément ou de se substituer à la PAC qui ne peut plus « puiser » suffisamment de chaleur dans l'air. Il est ainsi possible d'opter pour une PAC beaucoup moins puissante tout en améliorant ses performances. L'âge de la chaudière et la régulation proposée seront des points sur lesquels il faudra être vigilant.

## Production d'eau chaude

### PAC double service

La production d'eau chaude sanitaire peut, avec certains matériels, être assurée en même temps que le chauffage des locaux en hiver. Il s'agit de pompe à chaleur double service. Différents systèmes sont proposés par les constructeurs. Ainsi, certains tirent profit de la température élevée du fluide frigorigène en sortie de compresseur, d'autres ont des systèmes thermodynamiques indépendants (schéma page suivante) et récupèrent la chaleur soit sur l'air, soit dans le sol.

Dans tous les cas, la surconsommation électrique de la PAC due à la production d'eau chaude sanitaire n'est pas négligeable, et le fonctionnement à très basse température de la pompe à chaleur doit être privilégié.



## Impacts sur l'environnement

### Problèmes acoustiques liés aux pompes à chaleur

Des problèmes de bruit peuvent être générés par les pompes à chaleur dotées de modules extérieurs. L'insertion acoustique de la machine doit être soignée afin de respecter notamment l'arrêté du 28 octobre 1997 (traitant des caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation) et le décret du 18 avril 1995 (concernant la lutte contre le bruit de voisinage et les prescriptions du constructeur).

La machine sera installée à l'extérieur ou dans un local ventilé traité pour éviter toute propagation du bruit au logement ou à l'environnement. Le coût d'un écran acoustique est souvent supérieur au surcoût que présente une PAC plus silencieuse.

### Effet de serre

Pour une PAC, l'impact sur l'effet de serre n'est pas neutre : les émissions liées à la production d'électricité pendant la saison de chauffe sont significatives. Pour le chauffage, 1 kWh électrique = 180 g de CO<sub>2</sub> (source : ADEME\*). Par ailleurs, les fluides frigorigènes utilisés peuvent avoir un pouvoir de réchauffement climatique très élevé (de 3 à 2 000 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub>) et contribuent donc de manière sensible au réchauffement climatique. Les fuites de fluide peuvent atteindre 10 % par an pour du matériel assemblé sur chantier. Il est donc conseillé d'utiliser des systèmes contenant le moins de fluide, sans raccordement frigorigène.

Lorsque la quantité de gaz frigorigène présente dans l'installation (donnée par le fabricant) dépasse 2 kg, la législation impose un contrôle d'étanchéité annuel obligatoire (décret n°98-560 du 30/06/98). Depuis 2020, un entretien doit être réalisé par un professionnel qualifié au moins tous les deux ans pour toutes les PAC de plus de 4 kW (article 5 du décret n°2020-912 du 28/07/20).

\* La valeur de 180 g a été largement critiquée depuis l'étude. Il n'y a pas consensus, mais la valeur de 80 g semble acceptable pour l'ADEME (<https://bibliothèque.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/84-positionnement-de-l-ademe-sur-le-calcul-du-contenu-co2-de-l-electricite-cas-du-chauffage-electrique.html>)

## Prise en compte du réseau électrique

L'installation d'une PAC, notamment en milieu rural, est susceptible d'entraîner une dégradation de la qualité de fourniture d'électricité et donc un renfort des réseaux de distribution d'électricité : c'est le courant de démarrage qui engendre des appels de puissance importants.

Pour atténuer ce problème, l'alimentation des PAC en triphasé permet de répartir sur 3 phases les courants de démarrage. Il faut réguler au démarrage la charge des compresseurs de plus de 1,4 kW en monophasé ou 5,5 kW en triphasé, grâce à un compresseur à vitesse variable. Soyez vigilant sur le coût de l'abonnement triphasé. Les démarches pour passer du mono au triphasé ne sont pas anodines.

## Coûts

Sol-Sol   Sol-Eau	110 à 180 € TTC par m <sup>2</sup> chauffé
Air-Eau	80 à 120 € TTC par m <sup>2</sup> chauffé
Eau-Eau	80 à 200 € TTC par m <sup>2</sup> chauffé
Entretien	Environ 150 € par an
Abonnement	Plus value à intégrer de 60 à 85 € TTC par an (si passage de 6 à 9 KVA)

### Déclaration de travaux

Elle est obligatoire en cas de changement d'aspect extérieur de la maison, notamment en lien avec l'unité extérieure d'une pompe à chaleur.

## Choix du matériel et d'un installateur

### NF PAC

Cette certification permet de contrôler la conformité des pompes à chaleur aux différentes normes en vigueur (française, européenne et internationale). Les COP sont contrôlés (avec un seuil minimum pour différents points de fonctionnement), ainsi que la puissance thermique et le niveau de puissance acoustique.

### Installateurs QUALIPAC/RGE

Les entreprises répertoriées sous cette appellation disposent d'un personnel ayant suivi une formation sur l'installation et la maintenance des PAC. Elles acceptent un contrôle aléatoire sur leurs installations, et s'engagent à respecter une charte de respect du consommateur (peu contraignante). Pour l'obtention de certaines aides financières, la qualification RGE de l'installateur est obligatoire.

