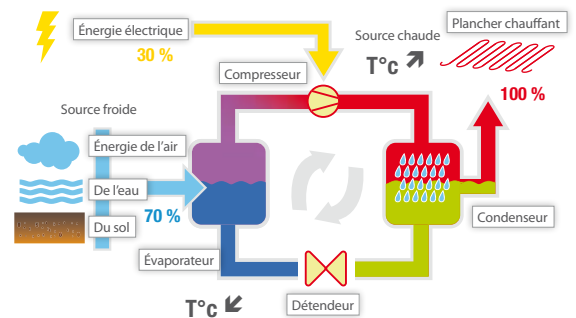


Les pompes à chaleur électriques

Fonctionnement

La pompe à chaleur 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 :



Légende du schéma de fonctionnement :

- **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 coefficient de performance (COP) d'une pompe à chaleur électrique correspond au rapport entre l'énergie électrique absorbée par la pompe et l'énergie thermique restituée.

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

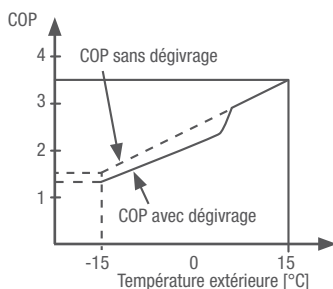
Un COP est toujours défini par des températures de fonctionnement : un COP (7°C ; 35°C) = 3 signifie que pour une température de la source froide à 7 °C et une température d'eau de chauffage de 35 °C, la pompe à chaleur consomme 1 kWh d'électricité pour produire 3 kWh d'énergie thermique. Le COP sera 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.
- Faire appel à un bureau d'étude indépendant pour calculer les déperditions du logement afin de dimensionner la PAC et de calculer le COP annuel (environ 300 à 500 €).

Pour contrôler la consommation et d'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 de consommation électrique.

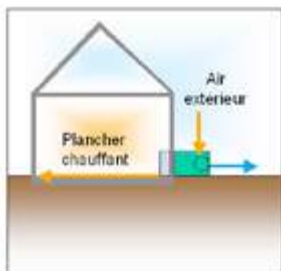
En dessous d'une certaine température extérieure la PAC air/eau se coupe. C'est une résistance électrique qui produit l'énergie pour le chauffage.

Norme d'essai

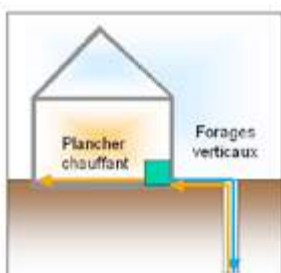
Les COP à un même régime donné (température des sources froide et chaude) mentionnés pour chaque modèle, peuvent être utilisés pour comparer les performances de différents appareils. La seule norme permettant de garantir le protocole des tests est la NF EN 14511-2.

Il existe des écarts importants entre les performances annoncées par les fournisseurs et les performances relevées sur le terrain surtout pour les pompes à chaleur 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).

Différents types de PAC :



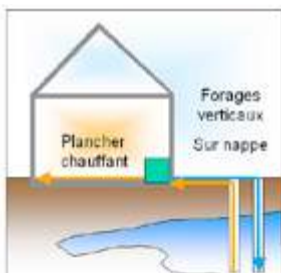
AIR - EAU



SOL - EAU
SOL - SOL



EAU glycolée - EAU
SOL - EAU
SOL - SOL



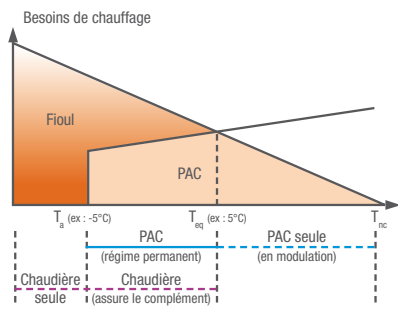
EAU - EAU

Les types de pompe à chaleur

		Avantages	Inconvénients
Puisage de la chaleur sur :	Air	Coût. Mise en oeuvre assez simple. Plus adapté aux zones tempérées (bords de mer)	Performances faibles lorsqu'il fait froid Dégivrage plus fréquents par temps humide Bruit Risque de corrosion (bord de mer)
	Eau	Bonnes performances constantes (si bon dimensionnement).	Coût élevé des forages/terrassement. Attention au dimensionnement.
	SOL	Bonnes performances constantes (si bon dimensionnement).	Coût élevé des forages/terrassement Surface au sol nécessaire importante Grande quantité de fluide frigorigène
Emission de chaleur par :	Air	Elévation rapide de la température. Coût.	Bruit Mauvaise répartition de la chaleur Inconfort thermique
	Eau	Confort thermique et acoustique. Utilisable avec d'autres énergies.	Performances faibles si l'eau est chauffée à haute température (plus de 40-45°C)
	Fluide frigorigène	Confort.	Grande quantité de fluide frigorigène Aucune substitution d'énergie possible

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 (maison passive) ou comme appoint.



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

➤ Cas de la PAC haute température

En cas de remplacement de chaudière, il n'est pas rare de se voir proposer une pompe à chaleur 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 hautes températures 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 relève 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 relève 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 relève de votre chaudière (si celle-ci fonctionne avec des rendements acceptables) : en dessous d'une certaine température extérieure ou le COP devient trop faible, la régulation commandera à la chaudière de fonctionner en complément ou de se substituer à la pompe à chaleur qui ne peut plus « puiser » suffisamment de chaleur dans l'air. Il est ainsi possible d'opter pour une pompe à chaleur 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.

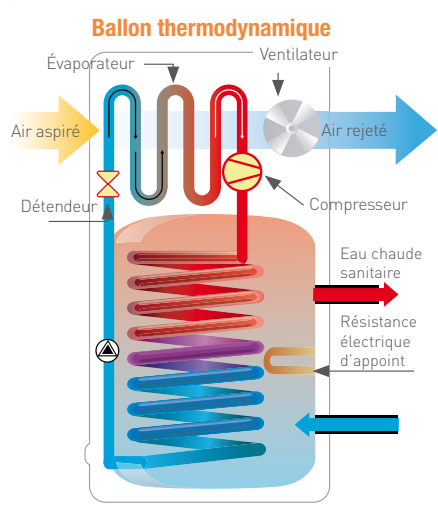
➤ Production d'eau chaude sanitaire

➤ 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 (voir schéma ballon thermodynamique) 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.



Il est important de bien regarder le niveau de pression acoustique du matériel donné pour différentes distances.



Lorsque que l'on chauffe sa maison à basse température avec une PAC, il est souvent préférable de produire de l'eau chaude sanitaire indépendamment.

➤ 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, 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.

Adresses utiles

- Association Française pour les Pompes A Chaleur (AFPAC)**
 Siège: C/° Certex
 22, rue de la Pépinière
 75008 Paris
 Fax: 01 45 22 33 55
 Courriel: afpac@easyconnect.fr
www.afpac.org
- Organisme de certification EUROVENT**
 62, boulevard Sébastopol
 75003 Paris
www.eurovent-certification.com
- Syndicat Départemental d'Électricité**
 SDE 35 : 02 99 67 77 89
 SDEF 29 : 02 98 68 24 36
 SDEM 56 : 02 97 62 07 50
 SDE 22 : 02 96 01 20 20
www.sde22.fr
- Bureau de Renseignement Géologiques et Miniers (BRGM)**
 Service géologique régional Bretagne
 rue Jouanet - 35000 RENNES
 Tél. : 02 99 84 26 70
www.brgm.fr
- Géothermie Perspectives**
 Site réalisé par l'ADEME et le BRGM
www.geothermie-perspectives.fr

➤ Effet de serre

Pour une pompe à chaleur, 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 CO₂ (source : ADEME-EDF). Par ailleurs, les fluides frigorigènes utilisés ont un pouvoir de réchauffement global très élevé (1200 à 2000 fois supérieur à celui du CO₂) et contribuent donc de manière plus importante 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 frigorifique.

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).

➤ 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.

Dans le département des Côtes d'Armor, le syndicat départemental d'électricité a engagé plus de 1,7 millions d'euros en 2008 pour répondre uniquement à 28 réclamations d'usagers, équipés de pompes à chaleur. Soit plus de 60 000 € par pompe à chaleur inadaptées.

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

➤ Coûts

SOL/SOL - SOL/EAU	70 à 100 € TTC par m ² chauffé
AIR/EAU	65 à 100 € TTC par m ² chauffé
EAU/EAU	80 à 200 € TTC par m ² 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 (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, françaises, européennes et internationales. Les coefficients de performance (COP) sont contrôlés avec un seuil minimum pour différents points de fonctionnement, la puissance thermique, ainsi que le niveau de puissance acoustique.

Pour consulter sur Internet les PAC certifiées : www.certita.org

➤ 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 une de leurs installations, et s'engagent à respecter une charte de respect du consommateur (peu contraignante).

De plus pour l'obtention de certaines aides financières la qualification RGE de l'installateur est obligatoire.

Pour trouver sur Internet les installateurs certifiés : www.afpac.org - www.renovation-info-service.gouv.fr