

Fiche réalisée par l'ALTE 69 et l'ALEC Lyon - Mise à jour 28/07/2022 (LMN)

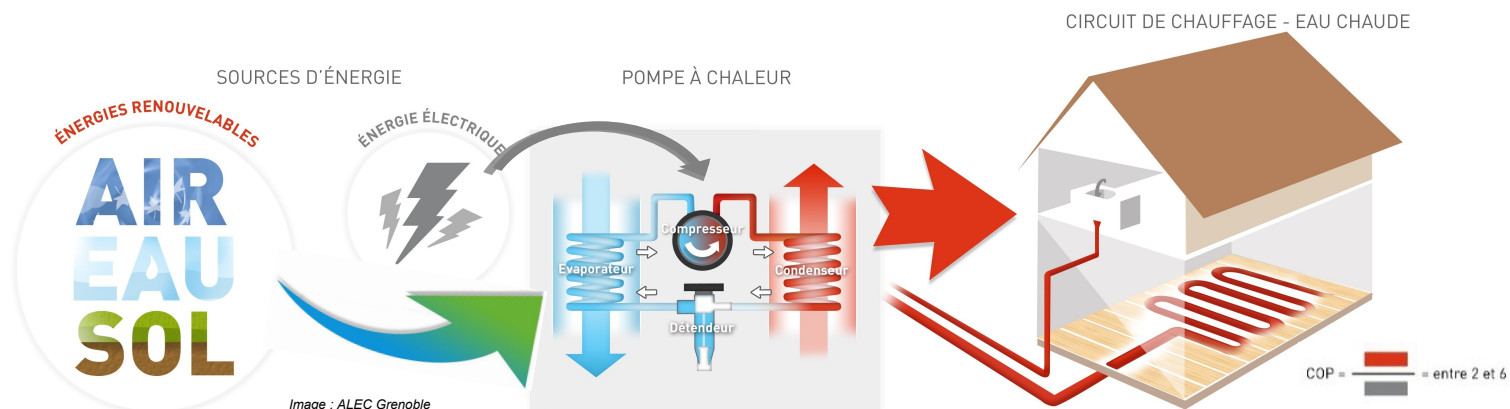
## Qu'est-ce qu'une pompe à chaleur ?

« Appareil prélevant de la chaleur à un milieu, pour en fournir à un autre milieu à température plus élevée » Définition du Petit Larousse illustré 2000.

Les pompes à chaleur (PAC) fonctionnent grâce à un compresseur électrique qui force un fluide frigorigène à changer d'état dans un circuit fermé. Quand ce fluide s'évapore, il capte de la chaleur, qu'il redonne quand il se condense :

### Les fluides frigorigènes

Ces fluides sont dangereux pour l'environnement, parfois bien plus que le CO<sub>2</sub>. Voir en fin de document pour plus de détails.



La performance des pompes à chaleur est caractérisée par le COP (coefficient de performance).

C'est le rapport : 
$$\frac{\text{énergie restituée}}{\text{énergie électrique consommée}}$$

Avec un COP de 3, une PAC qui consomme 1 kWh d'électricité produit 3 kWh de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude. Le COP n'est pas fixe : il va varier avec les températures de la source de chaleur (ex. air extérieur) et celle de chauffage. Plus il y aura de différence entre les deux, moins le COP sera bon : d'où l'importance du choix de la PAC mais aussi des émetteurs de chaleur de la maison..

### Le COP – coefficient de performance

Le COP annoncé par les fabricants est défini dans des conditions précises (par exemple avec un air extérieur à +7°C et l'eau du circuit de chauffage à +35°C), il faut donc analyser la fiche fabricants pour trouver des conditions similaires à votre future installation. Attention aussi aux consommations des auxiliaires (ventilateur, dégivrage...). Le SCOP est le COP moyen pour une saison de chauffe.

## Différents types de pompe à chaleur :

Type de PAC	Source de chaleur	Type de chauffage	COP moyen	Coût
AIR AIR	Air extérieur	Air intérieur	2 à 3	5 à 10 000€
AIR/EAU	Air extérieur	Eau en circuit	2,5 à 4	15 à 20 000€
EAU/EAU	Sol / Eau	Eau en circuit	3,5 à 6	35 à 40 000€

## Importance des émetteurs dans le chauffage

Les émetteurs de chaleur jouent un rôle important dans la performance d'un système de chauffage. Les anciens radiateurs étaient alimentés avec de l'eau à ~80°C, ce qui est très mauvais pour le rendement d'une PAC. En plus d'une bonne isolation qui est la priorité, il faudra opter pour des radiateurs basses température (~55°), ou mieux un plancher chauffant (~35°). En effet la température de l'eau de chauffage pourra être moins chaude grâce à la plus grande surface d'émission. Coté confort, les émetteurs cités précédemment sont à privilégier, le chauffage par l'air ne permettant pas une bonne répartition de la chaleur et demande des températures plus importantes à la production.

## L'entretien

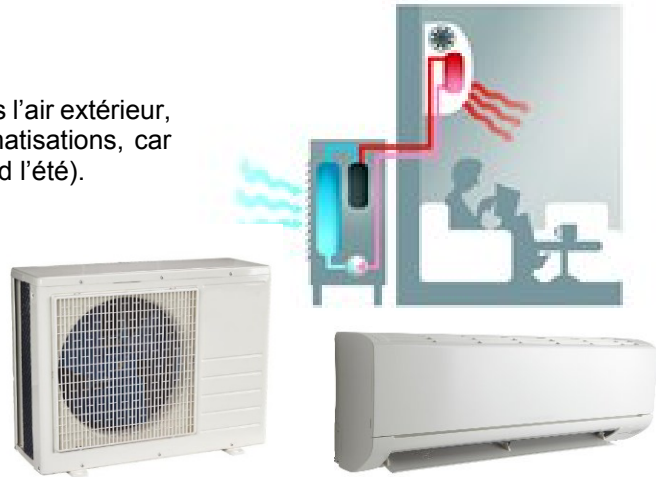
L'entretien d'une pompe à chaleur revient en moyenne à 200€/an. Si elle contient plus de 2kg de fluide frigorigène (puissance >12kW), vous êtes soumis à une obligation de contrôle annuel sur l'étanchéité du circuit frigorigène. Il est vivement conseillé de le faire aussi même pour les plus petites puissances.

## La pompe à chaleur AIR / AIR

Comme son nom l'indique, la PAC AIR / AIR prend sa chaleur dans l'air extérieur, pour chauffer directement l'air intérieur. C'est un dérivé des climatisations, car elles sont réversibles (peuvent produire du chaud l'hiver et du froid l'été).

### Les éléments du système :

- une unité extérieure qui capte la chaleur,
- une ou plusieurs unités intérieures qui rendent la chaleur dans l'air de la maison,
- elles intègrent des ventilateurs et des volets motorisés (attention à l'entretien).
- des liaisons entre les deux, contenant un fluide frigorigène.



Les PAC AIR / AIR sont les moins performantes en moyenne, à cause de leur conception : consommation des auxiliaires (ventilateurs), liaisons frigorigènes plus longues, aléas de la météo... De plus, le chauffage par l'air présente un risque d'inconfort selon la position des émetteurs (air pulsé dans la nuque).

L'avantage de ces équipements est dans la **possibilité de rafraîchissement** : on parle de pompe à chaleur réversible, le cycle s'inverse et prend alors la chaleur de l'air intérieur pour chauffer l'air l'extérieur.

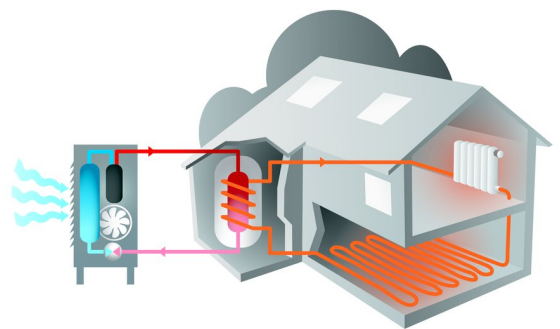
**Attention à la consommation électrique, qui va fortement augmenter dans ce cas : envisagez plutôt des travaux d'isolation.** Il faut savoir aussi que le **refroidissement assèche l'air**, ce qui peut avoir un impact important sur le confort. En effet l'humidité se condense dans l'unité intérieure, qui intègre une petite pompe si besoin, et sera reliée à une évacuation d'eau dans tous les cas.

## L'EER, ou SEER

Ces indicateurs expriment les performances des PAC en mode « froid » sur toute une saison. Il est calculé en divisant l'énergie cédée par l'énergie consommée, il faut donc chercher à atteindre la plus grande valeur possible.

## La pompe à chaleur AIR / EAU

Comme son nom l'indique, la PAC AIR / EAU prend sa chaleur dans l'air extérieur, pour chauffer directement l'eau d'un réseau de chauffage, comme une chaudière. Elle peut aussi chauffer l'eau chaude sanitaire, selon les modèles. Si une PAC AIR / EAU produit uniquement l'eau chaude sanitaire, on parle de ballon thermodynamique, voir page suivante.



### Les éléments du système :

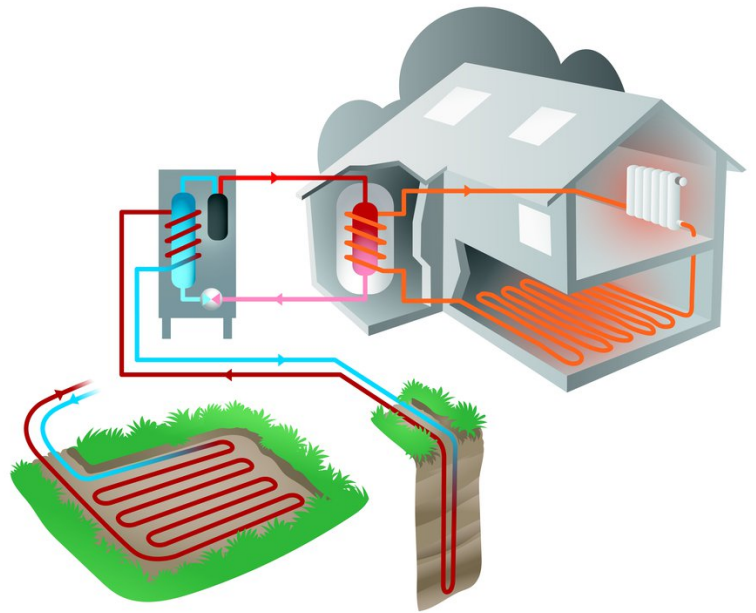
- une unité extérieure qui capte la chaleur,
- une intérieure qui la rend dans l'eau de chauffage, avec ou sans ballon
- des liaisons entre les deux, contenant un fluide frigorigène

L'avantage de ce type de PAC est la possibilité de choisir l'émission de chaleur (radiateur, plancher chauffant...). Cela impacte directement la performance : attention donc de bien étudier la question. Le rafraîchissement est possible avec une PAC réversible et des ventilo-convecteurs à la place des radiateurs, ou avec un plancher chauffant/rafraîchissant dans une moindre mesure.

## La pompe à chaleur EAU / EAU

Pour éviter que la météo impacte les performances, on peut utiliser la chaleur du sol (~12°C) comme source pour une pompe à chaleur :

- Géothermie verticale / horizontale : on capte la chaleur du sol grâce à un réseau d'eau glycolée, sur une grande surface à faible profondeur (géothermie horizontale) ou via un forage (géothermie verticale, +20% de COP en moyenne) La performance dépendra de la nature du sol et de sa température.
- Eau de nappe : on puise l'eau de la nappe phréatique pour l'utiliser comme source de chaleur. Il faut une température adaptée, un débit minimum et un entretien régulier.



### Les éléments du système :

- une PAC monobloc qui chauffe l'eau du réseau de chauffage avec ou sans ballon,
- un réseau d'eau dans le sol ou un puisage sur une nappe.

Comme la PAC AIR / EAU, on pourra faire du rafraîchissement, avec en plus la possibilité de geocooling (rafraîchissement passif) grâce à la fraîcheur du sol l'été. Le niveau d'isolation de la maison et le type d'émetteurs ont là aussi un impact important sur la performance.

**Attention, des autorisations administratives peuvent être nécessaire pour les forages profonds et les captages sur nappe**

Pour aller + loin : [guide ademe sur la géothermie](#)

## Les chauffe-eau thermodynamique (CETI)

Les chauffe-eaux ou ballons thermodynamiques sont des PAC uniquement utilisés pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire, avec un COP annoncé autour de 3 (plutôt 2 en condition réelle). Deux options :

### Monobloc :

Il se présente généralement sous forme d'un ballon intégrant toute la PAC. Un ventilateur aspire l'air, et selon les modèles va capter la chaleur à différents endroits :

- Dans l'air ambiant d'une buanderie / garage, qui doit être bien adapté. ~2500€
- Directement dehors, la performance dépendra de la météo. ~2500€
- Dans l'air extrait de la VMC (simple ou double flux) : permet d'avoir une source de chaleur constante autour de 20°C (air extrait). Le débit d'air doit être suffisant. ~3500€

### Bi-bloc (avec unité extérieure) :

Avec un ballon et une unité extérieure, la performance sera alors liée à la météo. ~2500€

Attention : la capacité du ballon doit être adaptée au foyer et à l'utilisation, sans quoi il y a un risque de surconsommer ou de manquer d'eau chaude.

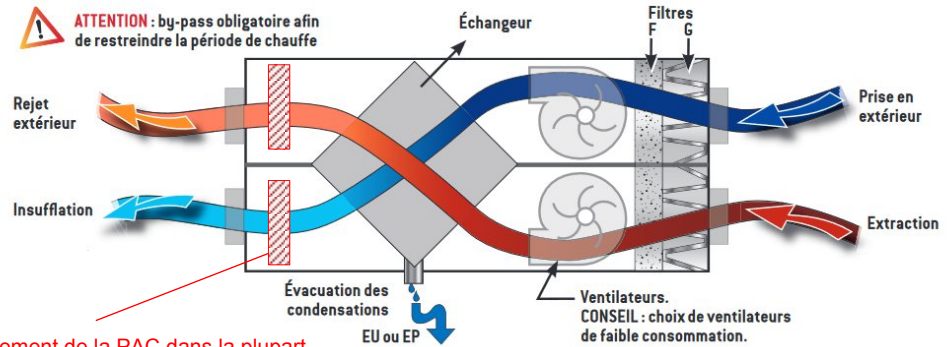
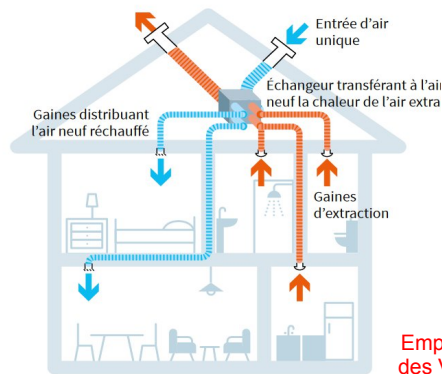
Les CETI sur air extrait (VMC) sont à privilégier si le débit de ventilation de l'habitation le permet.

Pour aller + loin : [voir notre fiche sur les chauffe eau thermodynamiques](#)

## La VMC double flux thermodynamique

Pour rappel, le principe de la VMC double flux est de préchauffer l'air neuf par échange de chaleur avec l'air extrait de la maison. Cela permet un gain énergétique important, en plus d'améliorer le confort et la qualité de l'air grâce à des filtres.

### PRINCIPE DE LA VMC DOUBLE FLUX



Emplacement de la PAC dans la plupart des VMC double flux thermodynamiques

En plus de l'échangeur, les doubles flux thermodynamiques sont équipées d'une pompe à chaleur, qui capte les calories de l'air rejeté après l'échangeur. Selon les modèles on chauffe ensuite l'air insufflé et/ou l'eau chaude sanitaire. En moyenne, le COP est de 3, et le prix de ~15000 €. La puissance tourne autour de 3 kW, c'est donc un appoint de chauffage, à moins d'avoir une maison très isolée. Le rafraîchissement est possible si le modèle est réversible.

### Avant de choisir un modèle il faut bien se pencher sur le fonctionnement :

- Le dimensionnement est très important pour déterminer la puissance adaptée à votre maison.
- Choisir les fonctions dont vous avez besoin: VMC double flux, chauffage, eau chaude sanitaire, rafraîchissement...
- Déterminer la source de chaleur de la PAC pour l'eau chaude sanitaire : si possible air rejeté en hiver et insufflation en été (pour un rafraîchissement utile).
- Étudier la régulation est primordial : réglage du débit, déclenchement du by-pass, programmation en fonction de l'occupation, ...

Attention, certaines VMC double flux thermodynamiques sont juste constituées de PAC, sans échangeur statique avant : à éviter sauf problème de place.

## Autres systèmes «thermodynamiques»

### Les chaudières hybrides (incluant une PAC)

Il s'agit d'une seule machine incluant à la fois une chaudière (gaz ou fioul) et une PAC AIR / EAU. La chaudière s'allume quand il fait trop froid pour que la PAC garde un rendement correct. Le coût de la machine et la maintenance sont donc doublés par rapport à un système classique, la pose de ces équipements est à bien étudier, ils seront vraiment intéressants si les hivers sont rudes et que vous manquez de place de stockage pour une grosse cuve de combustible.

### Les chaudières thermodynamiques (incluant une PAC)

La différence avec une PAC classique vient du compresseur, qui n'est pas électrique mais thermique. On utilise la chaleur produite par un brûleur pour compresser le fluide frigorigène (du CO<sub>2</sub>). En plus de cette PAC à compression thermique, le système intègre aussi une chaudière à condensation, il est donc hybride. Comme les PAC à absorption, la performance est mesurée en GUE (Gaz Utilization Efficiency) qui est annoncé autour de 180%, cela veut dire 1,8 kWh de chaleur produite pour 1 kWh de gaz consommé. Le coût de ~18 000 € et la puissance importante demandent



une étude approfondie avant de faire un choix. Un avantage de ce système est de pouvoir fournir de l'eau à 80°C avec un bon rendement, ce qui est très compliqué pour une PAC à compresseur électrique classique.

## Les pompes à chaleur à absorption

C'est une PAC qui utilise un principe chimique pour déplacer la chaleur. On aura toujours des unités extérieures et intérieures, mais ce type de PAC a besoin d'une source d'énergie sous forme de chaleur, au lieu du compresseur électrique habituel. Elle fonctionne donc au gaz pour la majorité. Il n'existe pas de PAC de ce type pour l'habitat individuel, elles sont plutôt utilisées pour de grands bâtiments. Elles peuvent aussi être entièrement électriques pour être utilisées comme réfrigérateur silencieux (grâce à l'absence de compresseur) dans les camping-cars par exemple. La performance n'est pas mesurée par le COP mais par le GUE (Gaz Utilization Efficiency) qui tourne autour de 150% au mieux, cela veut dire 1,5 kWh de chaleur produite pour 1 kWh de gaz consommé.

### Le fluide frigorigène des PAC à absorption

C'est en général un mélange d'eau et d'ammoniac : bien que n'ayant pas d'impact sur le réchauffement et la couche d'ozone, l'ammoniac est toxique pour les êtres vivants et l'environnement.

## Système solaire thermodynamiques (PAC « héliothermique »)

C'est une PAC AIR /EAU, mais des panneaux placés sur le toit remplacent l'unité extérieure pour capter la chaleur. Le but est que le rayonnement solaire permette de gagner quelques degrés par rapport à l'air extérieur. Ce type de PAC n'est pas encore assez répandu pour avoir des sources sûres concernant la performance et le prix.

## Conclusion

### Point de vue économique

Comparée aux radiateurs ou chaudières électriques, et aux autres chauffages par résistances électriques (où 1 kWh consommé fournit ~1 kWh de chaleur), la pompe à chaleur a un vrai intérêt.

Comparée avec le chauffage au gaz naturel (chaudière à condensation) ou au bois (poêle/insert ou chaudière bois), énergies moins coûteuses que l'électricité, la PAC ne sera pas toujours la meilleure solution. Il sera alors impératif d'étudier les possibilités selon le coût d'investissement, les émetteurs, le niveau d'isolation, le climat... De plus, avant de penser à changer la production de chaleur, il est souvent plus rentable d'isoler un bâtiment.

### Point de vue environnemental

La majorité des PAC fonctionnent à l'électricité. Quand on considère l'énergie primaire, il faut 2,3 fois plus d'énergie à la base avant que l'électricité soit utilisée (1kWh consommé chez vous = 2,3 kWh consommés à la base). Ce rapport est de 1 pour les autres énergies (comme le gaz par exemple, 1kWh consommé chez vous = 1 kWh consommé à la base). Donc si la PAC a un COP annuel inférieur à 2,3 elle ne permet pas d'économies sur l'énergie primaire.

### L'énergie primaire

Ne doit pas être confondue avec l'énergie finale, que l'on paye et consomme. L'énergie primaire représente l'énergie qu'il a fallu consommer depuis la production jusqu'à ce qu'elle arrive chez vous (par exemple les pertes des lignes électriques)

Un autre point important à considérer est l'émission de gaz à effet de serre : il y en a forcément durant la production d'électricité (en hiver des centrales aux énergies fossiles doivent être utilisées), mais vous pouvez choisir un fournisseur d'électricité verte. Pour finir, lors du choix d'une PAC, pensez aux fluides frigorigènes. Ils sont dangereux pour l'environnement pour plusieurs raisons : production par l'industrie chimique, toxicité, inflammabilité, impact sur la couche d'ozone (sauf pour les fluides modernes). Mais ce sont aussi des gaz à effet de serre bien plus dangereux que le CO2 à quantité égale pour certains, voir tableau ci-dessous. À savoir que le CO2 peut lui-même être utilisé comme fluide frigorigène (sous le nom R744).

Exemple de gaz frigorigène	Équivalence en kg de CO2 Voir réglementation F-Gaz : <1500 à partir de 2025
R404a	> 2500 (Arrêt en 2020)
R134a et R410a (FluoroCarbures)	1 300 / 1924 (arrêt progressif)
R32	< 675
R1234 (Fluoro-Oléfines)	4