

Fiche réalisée par l'ALEC Lyon
Mise à jour 12/02/2019

Les fluides frigorigènes sont dangereux pour l'environnement, bien plus que le CO₂ à quantité égale pour certain.

→ 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** :

1/6

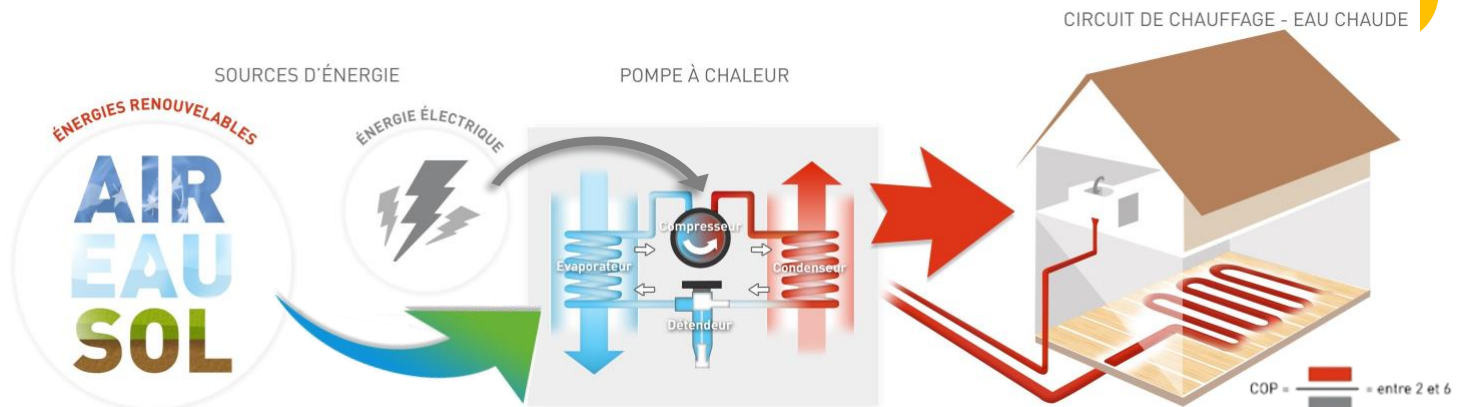


Image : ALEC Grenoble

Les PAC peuvent donc **chauffer ou refroidir** votre maison, selon les modèles.

Le COP annoncé par les fabricants est défini dans des conditions précises, par exemple avec l'air extérieur à +7°C et l'eau de chauffage à +35°C : il ne prend pas en compte les mêmes températures de fonctionnement que votre installation, et pas forcément les auxiliaires de la PAC (ventilateur, pompes, dégivrage...)

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.

Mais **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, voir page suivante.

Le **SCOP** est le COP moyen pour une saison de chauffe.

→ Différents types de pompe à chaleur :

Le tableau ci-dessous présente **les types les plus répandus**, pour les autres et plus de détail, voir page suivante.

Type de PAC	Source de chaleur :	Chauffage :	COP moyen :	Coût * :
AIR / AIR	Air extérieur	Air intérieur	2 à 3	~ 65 € / m ²
AIR / EAU	Air extérieur	Eau d'un réseau de chauffage et eau chaude sanitaire	2,5 à 4	~ 100 € / m ²
EAU / EAU	Nappe phréatique Chaleur du sol (via un réseau d'eau)	Eau d'un réseau de chauffage et eau chaude sanitaire	3,5 à 6	~150 € / m ²

(Par m² chauffé)

* Pour des prix adaptés à votre projet, une étude est nécessaire. Les coûts présentés ici illustrent les différences entre les types de PAC.

L'entretien d'une pompe à chaleur revient en moyenne à 200€/an. Si elle contient plus de 2 kg de fluide frigorigène (environ une puissance > 12 kW), vous êtes soumis à une obligation de contrôle annuel sur l'étanchéité du circuit frigorigène, mais il vaut mieux faire ce contrôle dans tous les cas.



Exemple d'unité intérieure d'une PAC AIR / AIR

L'**EER**, ou **SEER** sur toute une saison, exprime la performance des PAC en mode froid. Il est calculé en divisant l'énergie capté par l'énergie consommé. Il faut donc chercher la plus grande valeur possible.



Exemple d'unité extérieure d'une PAC AIR / AIR ou AIR / EAU

▲ 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 plus fraîche 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.

▲ 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**. On l'appelle souvent « climatisation ».

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.

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.

Les PAC AIR/AIR ne sont pas éligibles au crédit d'impôt ni à l'éco-prêt à 0%.

▲ 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. Et 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.

Voire le guide de l'ADEME sur le sujet :

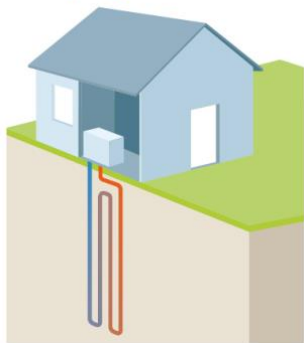
<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-installer-une-pompe-a-chaaleur.pdf>

▲ La pompe à chaleur EAU / EAU :

3/6

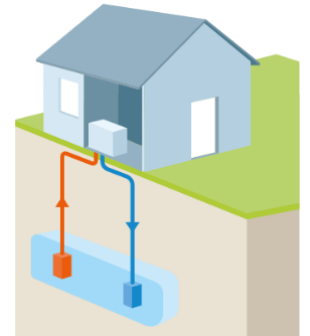
Pour éviter que la météo impacte les performances, on peut **utiliser la chaleur du sol** (~12°C) comme source pour une pompe à chaleur :

Le captage vertical



- **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.



Le captage horizontal



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 nécessaires pour les forages profonds et les captages sur nappe

Voire le guide de l'ADEME sur le sujet :

<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-la-geothermie.pdf>

« Thermodynamique »
terme inapproprié,
signifie vulgairement
« pompe à chaleur ».

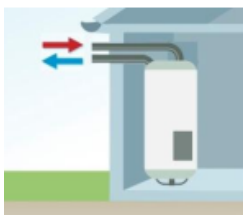
▲ Les chauffe-eau thermodynamique (CETI) :

Les chauffe-eau 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. Les deux types les plus courants :

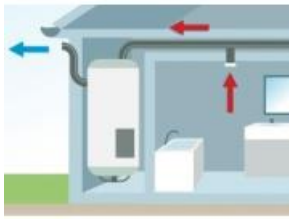
Monobloc :

Il se présente généralement sous forme d'un ballon intégrant toute la PAC. Un ventilateur aspire l'air, selon les modèles on capte la chaleur :

- Dans l'air ambiant d'une buanderie / garage, qui doit être bien adapté. ~2500€
- Directement dehors, la performance dépendra de la météo. ~2500€



CETI sur air extérieur



CETI sur VMC

- En jouant le rôle de VMC simple flux, ce qui fait d'une pierre deux coups et permet d'avoir une source de chaleur constante autour de 20°C (air extrait). Le débit d'air doit être suffisant. Le prix est autour de **3500 €**.
D'autres systèmes existent avec une VMC double flux, voire paragraphe suivant.

Avec unité extérieure (bi-bloc) (~2500€) :

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

Attention : la capacité du ballon doit être adaptée au foyer et à l'utilisation, sans quoi on 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.

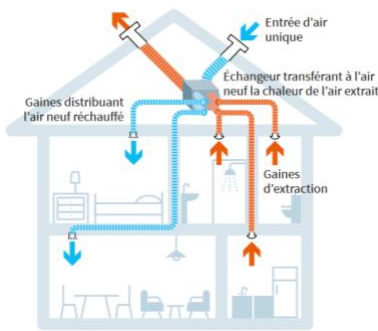
Voire le guide de l'ADEME sur le sujet :

<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/fiche-technique-ademe-sur-chauffe-eau-thermodynamiques-individuels-ceti-2013.pdf>

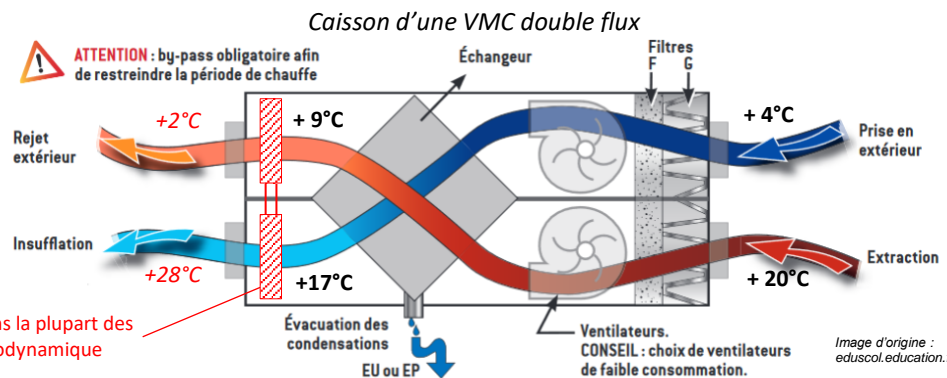
▲ **La VMC double flux thermodynamique :**

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 thermodynamique



En plus de l'échangeur, les doubles flux thermodynamiques sont équipés d'une pompe à chaleur, qui capte les calories de l'air rejeté après l'échangeur (ici à 9°C). Selon les modèles **on chauffe ensuite l'air insufflé** (ici de 17°C à 28°C) et/ou **l'eau chaude sanitaire**. En moyenne, le COP est de 3, et le prix de ~11000 €.

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.

Le dimensionnement est très important pour la puissance, les débits de ventilation, l'eau chaude sanitaire...

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

- Le dimensionnement est très important
- Fonctions : VMC double flux, chauffage, eau chaude sanitaire, rafraîchissement...
- Certaines VMC double flux thermodynamique sont juste constitué de PAC, sans échangeur « statique » avant : à éviter sauf problème de place.
- 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).
- La régulation est primordiale : le débit de ventilation, le by-pass de l'échangeur, la programmation en fonction de l'occupation ou de la saison...

→ Autres systèmes «thermodynamiques»

Ils existent des systèmes moins répandus utilisant le principe de la pompe à chaleur.

▲ Les Chaudières Hybrides (incluant une PAC) :

Il s'agit **d'une seule machine incluant à la fois une chaudière** (le plus souvent au gaz) et une PAC AIR / EAU. La chaudière s'allume quand il fait trop froid pour que la PAC soit rentable en comparaison (voir explication du COP, page 1).

Le coût étant d'environ 10 000 €, la pose de ces équipements est à bien étudier, ils seront vraiment **intéressants si les hivers sont rudes**.

▲ 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, mais elles sont utilisées pour de grands bâtiments.

Elles peuvent aussi être entièrement électriques pour être utilisé 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. Utiliser du gaz peut être un avantage pour diminuer l'impact environnemental, voir page suivante.

▲ 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.

▲ Les Chaudières Thermodynamique :

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.

En plus de cette PAC à compression thermique, le système intègre aussi une chaudière à condensation, il est donc hybride (voir haut de page)

La performance n'est pas mesurée par le COP mais par le 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. Utiliser du gaz peut être un avantage pour diminuer l'impact environnemental, voir page suivante.

Le coût d'environ 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.

Le fluide frigorigène utilisé dans les PAC à absorption est généralement 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**.

→ Conclusion

▲ Point de vue économique :

Pour avoir une idée des coûts de fonctionnement et de l'impact environnemental, vous pouvez utiliser le [comparateur de systèmes de chauffage en ligne thermix.org](http://comparateur.de.systemes.de.chauffage.en.ligne.thermix.org)

Comparée au **radiateurs ou chaudières électriques**, et aux autres chauffage par résistance électriques (ou 1 kWh consommé fournit \approx 1 kWh de chaleur), la pompe à chaleur a un vrai intérêt.

Mais comparé avec le **chauffage au gaz naturel** (chaudière à condensation) **ou au bois** (poêle/insert ou chaudière bois), énergies bien meilleurs marchés 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**.

6/6

▲ Point de vue environnemental :

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 on prend en compte les pertes des lignes électriques).

La majorité des **PAC fonctionnent à l'électricité**. Quand on considère l'énergie primaire, il faut 2,58 fois plus d'énergie à la base avant que l'électricité soit utilisée (1kWh consommé chez vous = 2,58 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 2,58 elle ne permet pas d'économies sur l'énergie primaire.

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	Potentiel de réchauffement climatique sur 100 ans
R744 (CO ₂)	1 (sert de base)
R290 (propane)	3
R32	675
R134a	1300
R410a	1924
R404a	3943

Nos conseillères et conseillers sont à votre disposition pour toutes informations complémentaires ou précisions pendant nos permanences téléphoniques du lundi au vendredi de 9h00 à 12h00 et de 14h00 à 17h00 au 04 37 48 25 90.