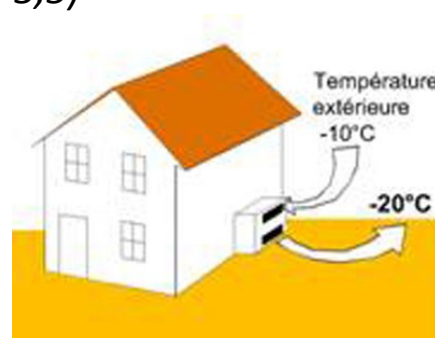


Aéro, géo ou aquathermie ?

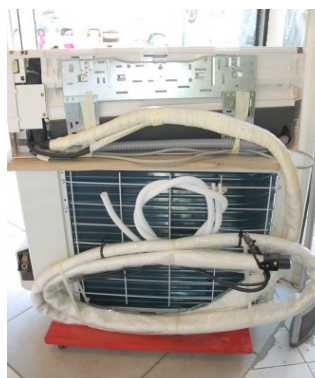
Dans les 3 cas de figures explicatives ci-dessous, le principe de la conservation de l'énergie permet de comprendre que le système formé par la pompe à chaleur et son dispositif externe envoi du froid vers l'air environnant ou vers le sous-sol. Ce transfert thermique revient à envoyer de la chaleur vers l'habitation. Les performances du dispositif appelé aussi **COP** est meilleur lorsque la température de la source dite froide (L'air, le sol ou l'eau contenue dans celui-ci) est proche de celle de la source dite chaude (la température d'eau requise dans les émetteurs thermiques pour chauffer l'intérieur de l'habitation)

Aérothermie Technique de l'air (COP^* de 2,5 à 3,5)

Le rendement des pompes à chaleur aérothermiques (dite aussi à air) s'améliorent lorsque la température extérieure est plus clémente. (voir ci-dessous). On peut améliorer le COP de la pompe à chaleur en faisant circuler préalablement l'air externe dans le sol pour le réchauffer. On se demande d'ailleurs pourquoi les techniques telles que le puits canadien ou provençal ne sont pas associées plus souvent aux PAC à air en zone rurale ou le terrain est disponible.



En zone urbaine, ne pourrait-on pas utiliser l'air chaud et pollué du métro parisien afin d'améliorer de façon significative le COP de la pompe à chaleur tout en régénérant l'air relativement pollué qui s'y trouve.



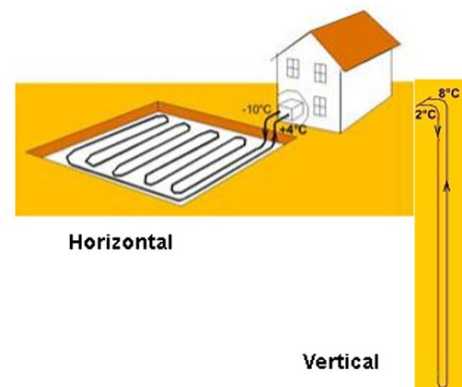
³⁾ PAC air-air de 3,8 kW

Les deux sous-ensembles évaporateur et condenseur, disposés à l'intérieur et à l'extérieur du logement, sont reliés par des flexibles auto-obturant facilitant l'implantation. La puissance thermique en mode climatisation est proche de celle obtenue en mode chauffage (3,3 kW pour 3,8 kW) La puissance électrique installée de 1,5 kW (230 V monophasé) est en rapport avec le COP moyen proche de 3. Malgré un débit d'air assez important (voisin de 500 m³/h) le niveau sonore de l'ensemble est modéré (54 dB(A) pour l'unité extérieure et 45 dB(A) pour l'unité intérieure au logement. Concernant le fluide caloporteur 1,3 kg de R410a suffit à assurer les transferts thermiques. La fabrication en série permet de réduire les prix.

*Valeur du COP indiquée pour une température extérieure voisine de - 10°C.

Géothermie Technique utilisant le sol (COP^* de 3,5 à 4)

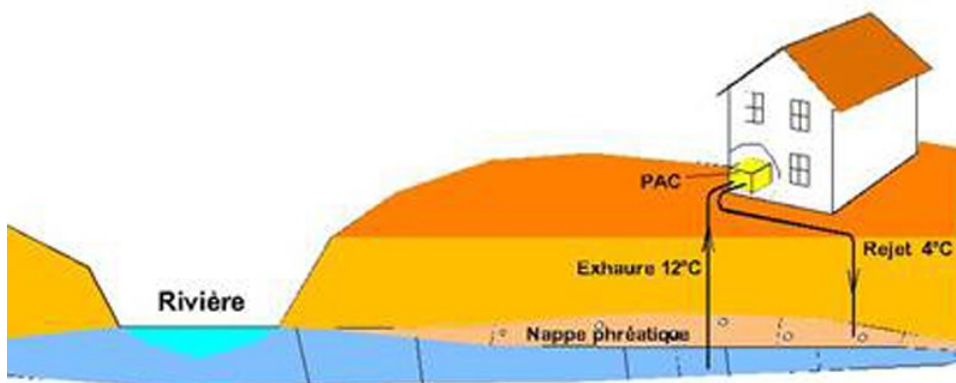
Dans les villes où le terrain est rare on peut envisager la solution géothermie superficielle avec forage vertical appelée champs de sonde plutôt que horizontal. Cette solution présente l'avantage d'éviter tout risque de tassement éventuel du sous-sol avec modification de l'assise profonde des édifices pouvant en résulter. L'évaporateur est constitué par le tube vertical assurant les échanges thermiques avec le sol. Alors que la grande conductibilité des métaux est un handicap important pour le transport de l'énergie, thermique, elle devient au contraire



dans le cas des champs de sondes un avantage important pour augmenter le flux thermique venant du sous-sol et diminuer ainsi le nombre de puits de forage et les frais correspondants. Voir par exemple la capacité très importante du cuivre à transmettre la chaleur (Voir page 146). Pour éviter le gel, du glycol est ajouté à l'eau dans le cas de la géothermie à l'horizontal. La température de la source froide étant plus élevée dans le cas du forage vertical le risque de gel est plus faible et le rendement amélioré par rapport à la disposition horizontale

Aquathermie Technique utilisant l'eau (PAC sur nappe) (COP de 4 à 6)

Le mode de chauffage par pompe à chaleur sur nappe libre, du fait de la grande chaleur spécifique de l'eau et de sa température de l'ordre de 12°C est le mode de chauffage idéal pour réduire les frais d'exploitation. Dans ce cas, l'eau de la nappe phréatique ou de la rivière est pompée directement et renvoyée vers l'évaporateur de la pompe à chaleur avant d'être rejetée dans la nappe ou la rivière. Les habitations situées en bordure de la mer dans les marinas ou proches d'un lac peuvent tirer profit de la présence de l'eau à proximité. On peut aussi tirer avantage de la proximité de son habitation par rapport à la rivière dans les zones de plaines en utilisant ce type de PAC. Particulièrement en ville, lorsque le pompage et le rejet est proche de l'habitation, une étude de faisabilité par un spécialiste en hydrogéologie peut être souhaitable pour rassurer le maître d'œuvre sur le risque éventuel de réduction de la capacité portante du sol à l'aplomb de l'habitation. Très intéressante du fait de son bon rendement, il peut être nécessaire de faire une étude de mécanique des sols tenant compte du rabattement à proximité de l'exhaure ou inversement de la surélévation de celle-ci à l'emplacement du rejet.

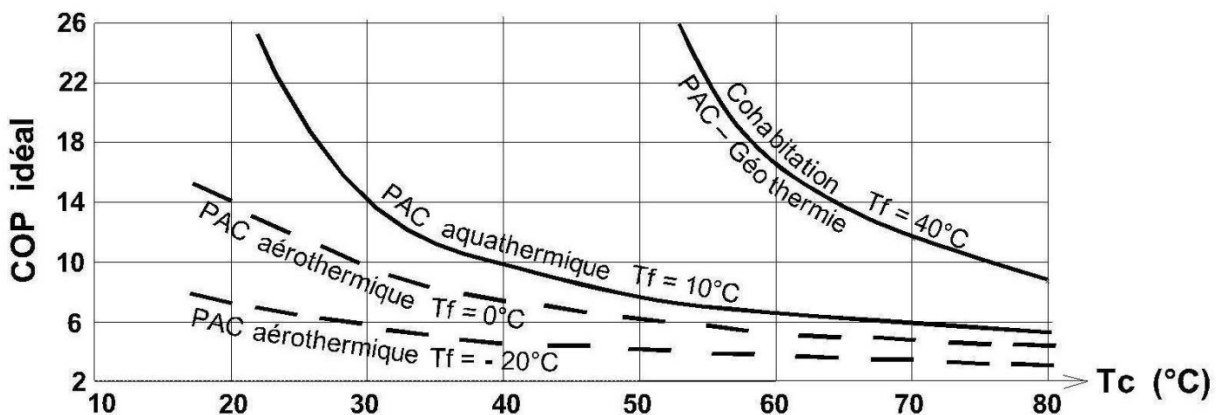


Comparatif air/terre/eau

Afin d'assurer les transferts thermiques, les pompes à chaleur utilisent la chaleur spécifique de la matière. Cette matière peut être l'air (Aérothermie), le sol (géothermie) venant du grec "géo" désignant le sol, ou enfin l'eau (Aquathermie) venant du latin "aqua"

	Type de pompe à chaleur		
Hypothèses	Aérothermie (air)	Géothermie (sol)	Aquathermie (eau)
T_c source chaude (ϑ condensation)	30 °C (303 K)	40 °C (313 K)	50 °C (323K)
ϑ source froide	Température ambiante extrême -20°C abaissée à -30°C	θ de l'eau glycolée départ -10°C retour + 4°C	θ nappe phréatique 11°C rejetée à 3°C dans la nappe
T_f source froide (ϑ évaporation)	-20 °C (253 K)	-3 °C (270K)	7 °C (300 K)
Remarques	En hiver, on refroidi l'air ambiant qui est pourtant déjà froid et on le réchauffe encore un peu plus en été pour assurer la climatisation avec les PAC <i>air-air</i>	Des tubes en polyéthylène dans lesquels circule de l'eau glycolée refroidissent le sol par conduction	On refroidi la nappe phréatique en rejetant dans celle-ci une eau plus froide
COP théorique ²⁾	6 ¹⁾	7,3	14
Limitations	Utilisation courante pour le chauffage individuel ou (et) la génération ECS avec climatisation en zone H3 et en bordure de l'océan atlantique avec les PAC <i>air-air</i> ³⁾ et en zone H1a avec les PAC <i>air-eau</i> haute température.	Zone rurale seulement. pour le chauffage individuel. Inadapté en zone urbaine pour la rénovation	Zone rurale et urbaine. Présence d'eau dans le sous-sol nécessaire. Solution envisageable en rénovation dans les zones urbaine traversées par un fleuve
Inconvénients/ avantages	Dispositif relativement bruyant du fait du niveau sonore de l'évaporateur avec diminution du rendement par temps très froid.. Système réversible en <i>air air</i> (climatisation) et non réversible en <i>air eau</i> pour la fourniture d'eau chaude sanitaire	Terrassement sur une surface de terrain sensiblement égale à deux fois la surface habitable / rendement amélioré par rapport à l'air	Mise en œuvre plus contraignante / Le meilleur dispositif en terme de rendement et de rentabilité

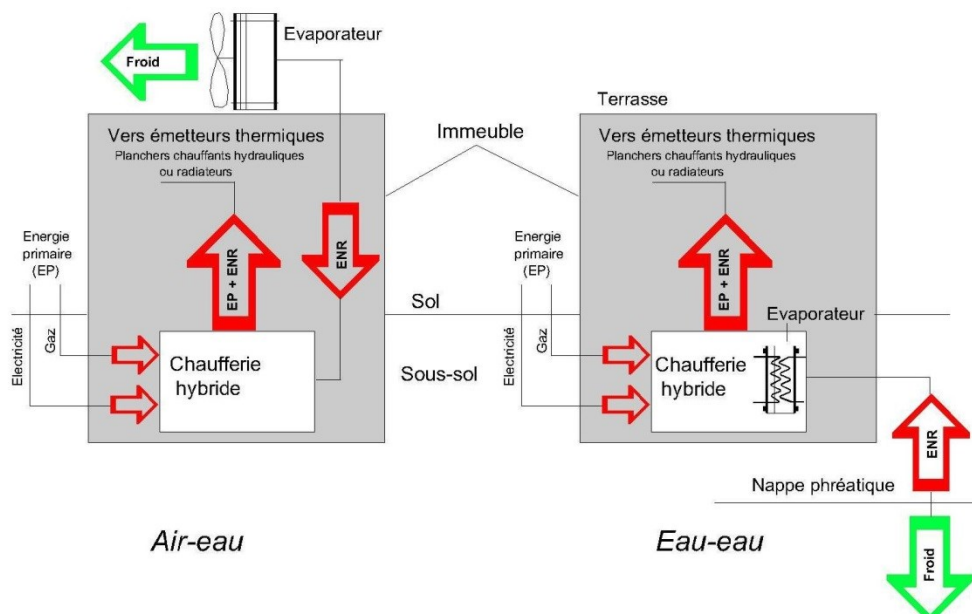
¹⁾ Par exemple $COP\ théorique = T_c / (T_c - T_f)$ soit avec $T_c = 30^\circ C$ et $T_f = -20^\circ C$
 $COP = (273 + 30) / [(30 - (-20))] = 303/50 = 6,06$



²⁾ Comme rien n'est parfait sur ce bas monde, pas même les gaz, les COP pratiques sont sensiblement divisés par deux par rapport aux valeurs théoriques ci-dessus. La cohabitation de la géothermie profonde avec la PAC sur nappe libre consistant à récupérer l'énergie fatale de la géothermie profonde pourrait être très intéressante en termes de performances



Comparatif air/ /eau



L'immeuble est représenté en gris afin de comprendre où se situe les limites du bâti.

Les pompes à chaleur *air-eau* commencent à faire leur apparition dans la rénovation pour le chauffage collectif. Les évaporateurs sont dans ce cas le plus souvent implantés sur la terrasse de l'immeuble, l'énergie renouvelable étant prélevée dans l'air environnant. (Figure de gauche) Une solution plus intéressante pour la rénovation d'une chaudière en zone urbaine est la pompe à chaleur *eau-eau* qui prélève l'énergie renouvelable dans l'eau de la rivière ou dans la nappe libre en communication avec elle (Figure de droite) et non dans l'air. En complément de l'amélioration des performances, (Voir page 447), les avantages supplémentaires de la solution PAC *eau eau* par rapport à la PAC *air eau* sont les suivants:

1. Le flux thermique d'énergie renouvelable, dirigé de bas en haut avec la PAC *eau eau* est dans le même sens que celui des chaudières conventionnelles utilisant la combustion et logés dans le sous-sol des immeubles alors qu'il est dans le sens contraire du besoin avec la PA *air eau*
2. Elle libère la terrasse autorisant la surélévation éventuelle du bâtiment*
3. Le fonctionnement de l'ensemble n'est pas soumis au givrage de l'évaporateur en hiver. Givrage affectant les performances de la solution *air eau* et provoquant la formation de glace en terrasse pendant la période la plus froide.
4. L'évaporateur, totalement silencieux** est logé en chaudière améliorant la compacité de l'ensemble (Voir composants PAC page 98)

**La suppression du coefficient d'occupation des sols (COS) va faciliter la surélévation qui reste toutefois soumise à permis de construire et contrainte réglementaire. La surélévation d'un immeuble et la création puis la vente de nouvelles parties privatives est une opportunité permettant à la copropriété d'aider au financement des travaux de rénovation énergétiques*

***L'installation d'une PAC n'est pas soumise à réglementation sur la distance par rapport aux voisins. Le seul critère est l'émergence sonore. Particulièrement le niveau sonore de l'évaporateur de la PAC aérothermique qui est nécessairement à l'extérieur du logement. Cette émergence ne doit pas être supérieure à 3 dBA la nuit et à 5 dBA le jour.*