

# Présentation de la géothermie très basse énergie (3) :

## Le forage d'eau pour alimenter une pompe à chaleur



### Principe

La température de l'eau souterraine des formations aquifères est identique à celle du terrain qui la contient.

En France, la température de l'eau souterraine peu profonde (20 à 100 m) est généralement comprise entre 9 et 15 °C : cette eau souterr-

raine, à température plus ou moins constante tout au long de l'année, peut servir de source de calories pour alimenter une pompe à chaleur eau/eau.

### Construction et fonctionnement

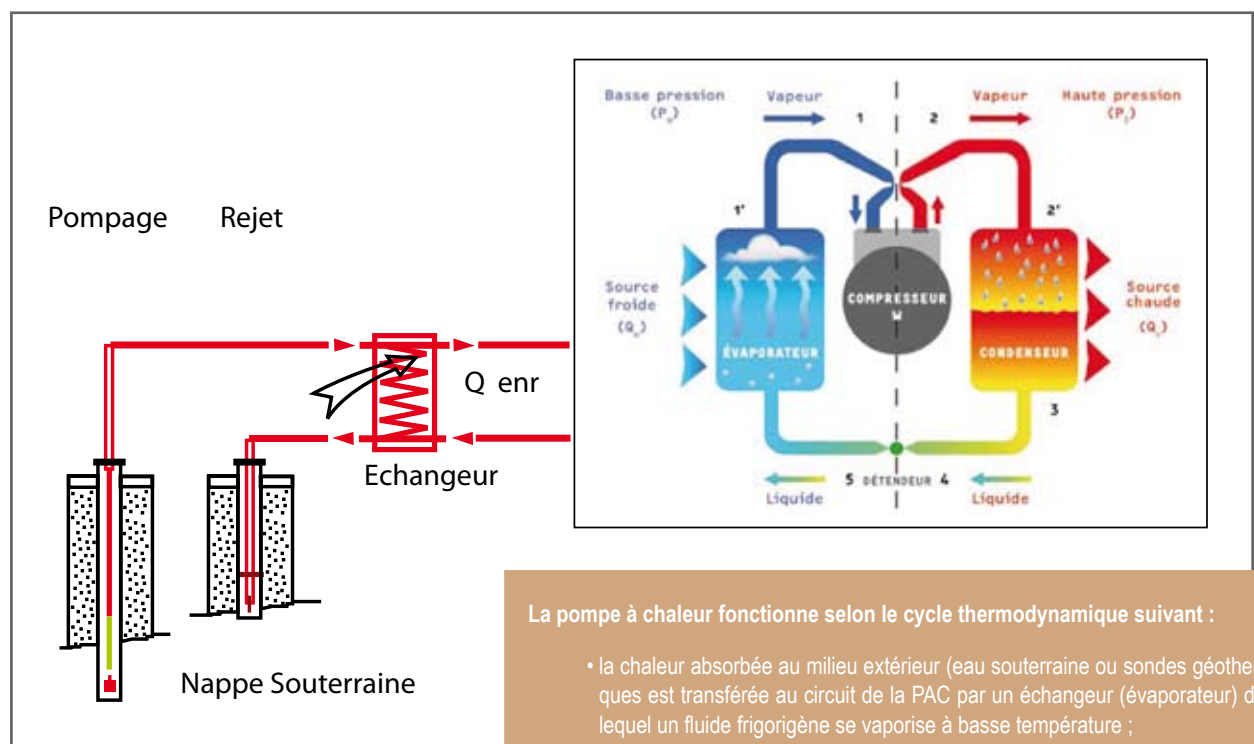
L'eau souterraine est prélevée par un puits de pompage ou un forage d'eau : une fois passée dans la pompe à chaleur (via un échangeur), elle doit, sauf exceptions<sup>1</sup>, être réinjectée dans sa formation géologique d'origine à l'aide d'un second forage dit de réinjection (on parle alors de doublet de forage).

Différentes techniques de forage adaptées aux types de terrains (meubles

ou consolidés) et à la profondeur du forage sont utilisables.

Pour un fonctionnement pérenne et fiable de la PAC, le forage d'exploitation doit être réalisé en tenant compte des caractéristiques propres du terrain, avec un choix d'équipements et de matériaux appropriés. Une fois réalisé et équipé, le forage doit être testé (pompage d'essai) pour confirmer ses caractéristiques d'exploitation.

### SCHEMA DE PRINCIPE DU DOUBLET DE FORAGE ET DE LA POMPE À CHALEUR (PAC)

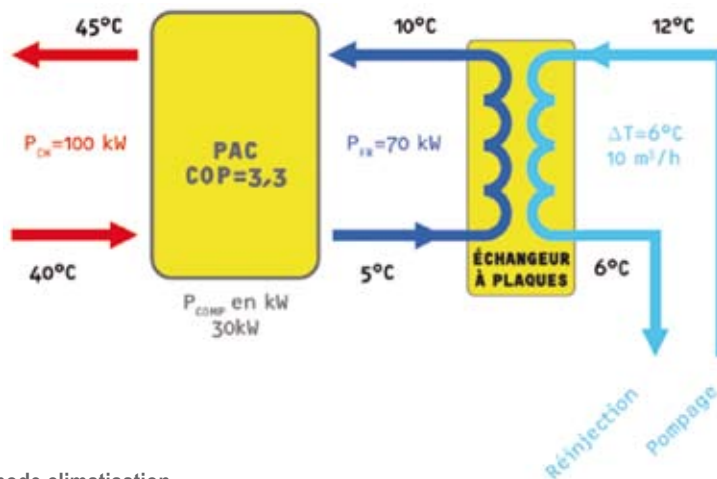


#### La pompe à chaleur fonctionne selon le cycle thermodynamique suivant :

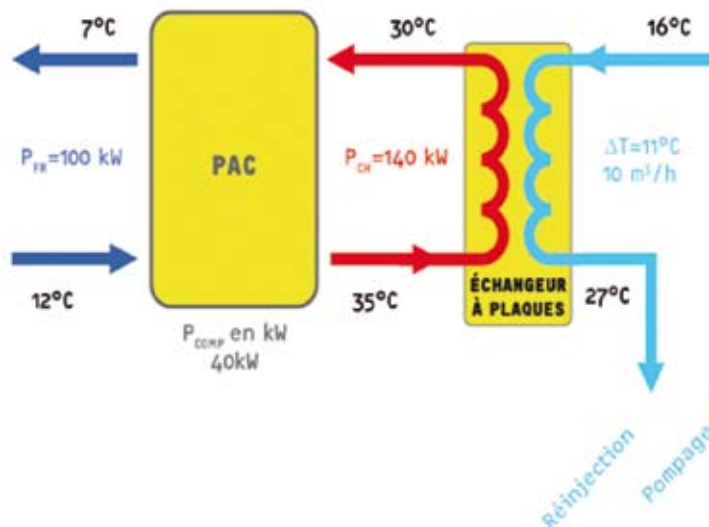
- la chaleur absorbée au milieu extérieur (eau souterraine ou sondes géothermiques) est transférée au circuit de la PAC par un échangeur (évaporateur) dans lequel un fluide frigorigène se vaporise à basse température ;
- le compresseur de la PAC (entraîné par un moteur électrique) comprime cette vapeur à haute pression ;
- par l'échange thermique entre le condenseur et le milieu extérieur (= production de chaleur) la vapeur repasse à l'état liquide ;
- le détendeur assure le passage du fluide liquide de la haute pression à la basse pression.

<sup>1</sup> Il faut une autorisation pour rejeter dans un réseau, un cours d'eau, un lac... qui sont très protégés.

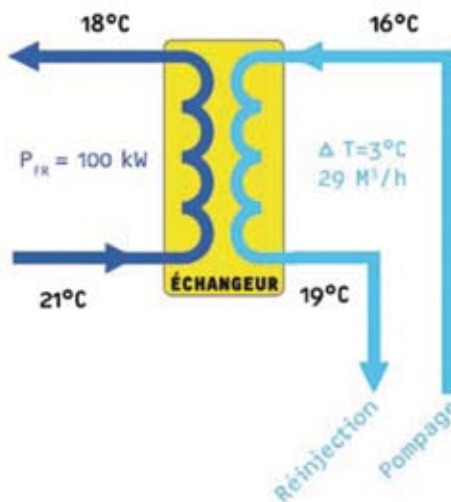
### Fonctionnement en mode chauffage



### Fonctionnement en mode climatisation



### Fonctionnement en mode rafraîchissement direct (by-pass PAC)



En **fonctionnement d'hiver**, la pompe à chaleur géothermique prélève la chaleur contenue dans l'eau souterraine et restitue la chaleur à une température utilisable dans le circuit de chauffage du bâtiment (air, boucle d'eau, chauffage au sol).

En **fonctionnement d'été**, une pompe à chaleur réversible permet (en mode rafraîchissement) de prélever l'énergie excédentaire à l'intérieur du bâtiment et de transférer la chaleur excédentaire (chaleur prélevée + la chaleur issue de la puissance du compresseur) dans l'eau souterraine.

Une autre option est le **rafraîchissement direct**, qui consiste à utiliser directement (avec interposition d'un échangeur) l'eau de la nappe pour assurer le rafraîchissement. On by-pass ainsi la pompe à chaleur. Enfin, le fonctionnement en "**thermofrigopompe**" permet la production simultanée de chaud et de froid (destinés aux appareils terminaux qui assurent le traitement d'ambiance des différentes parties du bâtiment). L'eau souterraine constitue la source d'énergie sur laquelle la production vient puiser le chaud ou le froid nécessaire.



Forage d'eau – Van Ingen forages

## Domaines d'application

Ce type d'installation permet d'assurer la totalité des besoins de chauffage d'une habitation, d'un bâtiment collectif ou tertiaire, ou encore des bâtiments commerciaux (type supermarché, par exemple) ; il peut également fournir l'eau chaude sanitaire.

En été, l'eau souterraine permet une fonction de rafraîchissement, par simple circulation de l'eau dans un plancher chauffant/rafraîchissant ou

via un aérotherme. Les PAC réversibles sur eau souterraine peuvent également assurer les besoins de climatisation des bâtiments.

La réalisation d'un ou plusieurs forages augmente le coût d'investissement, mais offre une emprise au sol minimum et des conditions de fonctionnement de la PAC très favorables au cours des saisons.

## Ordres de grandeur

Un débit d'eau souterraine de l'ordre de 10 m<sup>3</sup>/h permet, avec une PAC ayant un COP de l'ordre de 3,3, de fournir une puissance de 100 kW en mode chauffage (avec un delta de la température prélevée/rejetée de 6 °C), ou en climatisation avec une PAC réversible (avec un delta T°C restitué de 11 °C). Un débit compris entre 1 à 2 m<sup>3</sup>/h permet d'assurer les besoins de chauffage d'un pavillon individuel de l'ordre de 150 m<sup>2</sup>.

Pour un fonctionnement en rafraîchissement direct (free cooling), le débit nécessaire sera plus important car le différentiel de température est plus faible, de l'ordre de 3 °C. En revanche, les coûts de fonctionnement seront plus bas (la PAC ne fonctionnant pas).



Forage d'eau – Entreprise CARNIS

## EXEMPLE DE RÉALISATION :

Depuis 9 ans, la CAF de Lyon est équipée d'une installation de Pompe à Chaleur sur nappe phréatique.

Le bâtiment a une surface de 16 633 m<sup>2</sup>.

L'installation comporte deux pompes à chaleur eau/eau (600 kW chaud, 600 kW froid), qui alimentent un réseau de ventilo-convecteurs 4 tubes et des centrales de traitement comportant des récupérateurs afin de limiter la consommation d'énergie.

Les coûts d'investissements étaient en 1995 de :

- 149 € HT/m<sup>2</sup>, pour le chauffage, la climatisation, la ventilation ;
- 21 € HT/m<sup>2</sup>, pour la GTB, soit un total de 170 € HT/m<sup>2</sup>.

Par rapport à une solution traditionnelle (chaufferie gaz et groupe froid), la solution PAC sur nappe permet une économie annuelle de 0,94 € HT/m<sup>2</sup>, soit une diminution du coût énergétique de la production de chaud et froid de 37 %.

Elle permet une diminution des rejets de CO<sub>2</sub> de 14,8 kg/m<sup>2</sup>, soit une baisse de 70 %.

Sur neuf années de fonctionnement, le coefficient de performance annuel moyen de l'installation est de 3,8.

## Informations complémentaires

<http://www.geothermie-perspectives.fr/>

Guide pratique ADEME : "Pompes à Chaleur géothermiques à l'usage des particuliers" :

<http://www.ademe.fr/particuliers/Fiches/pacg/rub3.htm>

Le site de l'Association Française pour les Pompes à Chaleur (AFPAC) :  
<http://www.afpac.org/>

L'appellation QualiPAC a été créée en 2007, dans le but de faciliter la mise en relation des particuliers avec des installateurs de pompe à chaleur :  
<http://www.afpac.org/qualite-installateurs-qualipac.php>

Pour le choix des pompes à chaleur, la marque NF PAC est délivrée par l'AFAQ-AFNOR. Certification permettant de vérifier la conformité des pompes à chaleur aux différentes normes en vigueur, françaises, européennes et internationales ainsi que le respect des performances :  
[http://www.certita.org/referentiel\\_integral.html](http://www.certita.org/referentiel_integral.html)

Pour les particuliers : Les pompes à chaleur géothermiques sont éligibles au crédit d'impôts et peuvent bénéficier d'aides locales, les Espaces Info-Energie peuvent vous préciser les dispositifs régionaux en place :  
<http://www.ademe.fr/particuliers/PIE/infoenergie2.html>

Pour les autres bâtiments : les opérations de géothermie très basse énergie peuvent donner lieu à des soutiens de l'ADEME et du Conseil Régional :

<http://www.regioncentre.fr/>

<http://www.ademe.fr/centre/>



Guide technique Pompes à chaleur géothermiques sur aquifère. ADEME, BRGM, EDF (2008), 72 pages. Éditions du BRGM.  
<http://brgm.fr/>