Centre d'échanges et de ressources pour la qualité environnementale des bâtiments et des aménagements en Rhône-Alpes

FICHE SYSTEME ENERGIE
POMPE A CHALEUR SUR CAPTEUR VERTICAL ENTERRE

Centre de Ressources > > Construction > Approche thématique > Energie – Eau – Déchets > Gérer l'énergie – Energies renouvelables

VAD

2009

CENTRE DE RESSOURCES « ENVIROBOITE » http://enviroboite.net/

www.envirobat-med.net – www.ville-amenagement-durable.org

POMPE A CHALEUR SUR CAPTEUR VERTICAL ENTERRE

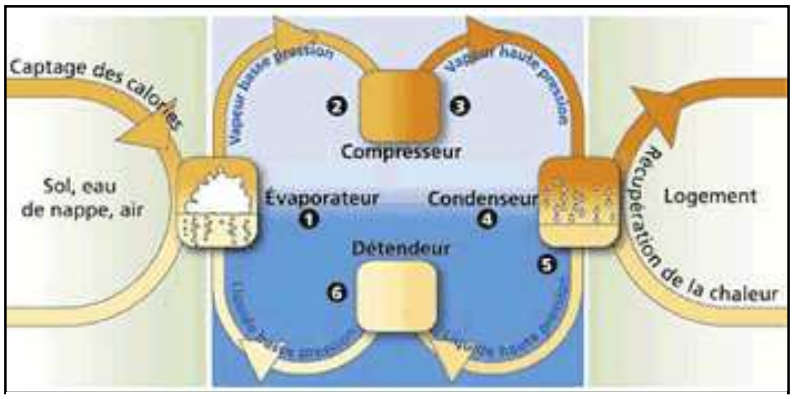
SCOLAIRE	BUREAUX	RESIDENTIEL	EQUIPEMENTS SPORTIFS	HOPITAUX	HOTELLERIE RESTAURATION	AUTRES TYPES

GENERATEUR	EMETTEUR

CHAUFFAGE	RAFRAICHISSEMENT	CLIMATISATION	VENTILATION	ECS

1. PRINCIPE GENERAL DE FONCTIONNEMENT D'UNE POMPE A CHALEUR (PAC)

Grâce à un fluide frigorigène décrivant un cycle thermodynamique (évaporateur, compresseur, condenseur, détendeur), la pompe à chaleur retire de la chaleur à une source dite "froide" : sol ou eau d'une nappe (PAC géothermique), ou air (PAC aérothermique), et la rejette dans une source dite "chaude" : intérieur de l'habitation que l'on souhaite chauffer.
On parle selon les cas de modèles air/air, air/eau, sol/sol, sol/eau ou eau/eau. Le premier terme désigne l'origine du prélèvement, le second le mode de distribution de la chaleur au sein du logement.



Source : ADEME

Une PAC possède trois composants :

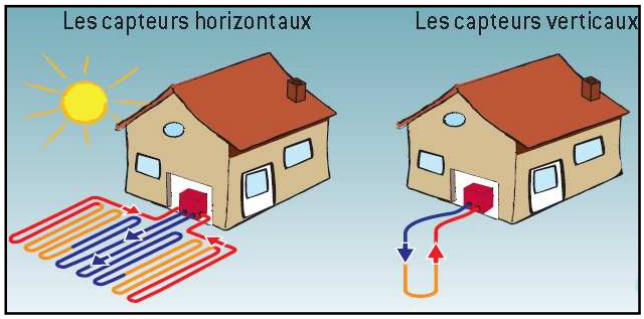
- **Le captage de la chaleur** qui extrait la chaleur de la source
- **La pompe à chaleur** proprement dite, qui transfère la chaleur de l'environnement à la boucle de distribution
- **Le circuit de distribution** qui achemine la chaleur dans le bâtiment

Selon le nombre de circuits de circulation des fluides au sein de la PAC, on distingue :

- **La PAC à détente directe** (un circuit) : le fluide frigorigène circule dans un seul circuit fermé (pompe, capteurs, émetteur de chaleur)
- **La PAC mixte** (deux circuits) : le fluide frigorigène circule dans les capteurs et la pompe, et de l'eau chaude dans l'émetteur de chaleur
- **La PAC à fluide intermédiaire** (trois circuits) : le fluide frigorigène circule dans la pompe, de l'eau glycolée dans les capteurs et de l'eau chaude dans l'émetteur de chaleur

2. POMPE A CHALEUR SUR CAPTEUR VERTICAL ENTERRE

La pompe à chaleur à capteur enterré fait partie de la famille des PAC géothermiques : elle puise la chaleur directement dans le sol, dont la température est à peu près constante tout au long de l'année. Les capteurs peuvent être disposés soit horizontalement – c'est ce qui reste le plus répandu en France – soit verticalement : ils sont alors aussi appelés sondes géothermiques.
Circule à l'intérieur et en circuit fermé de l'eau additionnée de liquide antigel (glycol) : c'est pourquoi on appelle aussi ces pompes à chaleur des PAC eau glycolée/eau.
Il faut noter que seules les PAC à fluides intermédiaires peuvent être équipées de capteurs verticaux.



Source : www.qualiteconstruction.com

Tous droits réservés

LE FORAGE :

Il est réalisé par un professionnel selon différentes techniques : marteau de fond trou (sans gainage du forage lorsque le sol est rocheux et compact) ou tubage à l'avancement (sol friable, mou). On y introduit ensuite 2 sondes en U composées de tube en PEHD, et descendues à l'aide d'une gueuse. Le forage est ensuite rebouché grâce à un coulis bentonitique qui permet d'assurer un bon échange thermique et de garder une certaine souplesse pour suivre les micro-déformations du terrain.
La profondeur d'un forage varie de 70 à 100 m ; au delà, les démarches administratives seraient trop lourdes. Si plusieurs forages sont nécessaires (profondeur théorique supérieure à 100 m), ils doivent être espacés d'au moins 10 m entre eux.

Forage en cours - Source : FORA-MIN

Source : PACC

Sondes dans leur gaine - Source : FORA-MIN

LES SONDES GEOTHERMIQUES :

La quantité d'énergie utilisable d'une sonde géothermique profonde dépend de plusieurs paramètres, notamment de la température du sous-sol (proportionnelle à la longueur de la sonde) et des caractéristiques thermiques du sous-sol. A 10 m de profondeur, la température du sol est pratiquement constante toute l'année et est voisine de 13°C. En descendant en profondeur, la température s'élève de 2 à 3°C tous les 100 m.
Ainsi, la puissance linéaire des capteurs varie de 30 à 50 W/m (le dimensionnement des capteurs dépend de la composition du sol). Cependant, pour assurer la pérennité de la sonde, l'énergie soutirée en un an ne doit pas dépasser 65 à 100 kWh/m selon les cas.
A titre indicatif, pour des logements neufs, il faut prévoir environ un mètre de profondeur foré par m² de surface à chauffer.

Le COP (Coefficient de Performance)

Le coefficient de performance ou COP d'une pompe à chaleur correspond à la puissance thermique fournie, en kW, divisée par la puissance électrique absorbée par le dispositif, également en kW.
On peut parler également du **COP annuel de l'installation** : c'est le COP étendu à l'ensemble de l'installation, incluant les consommations des auxiliaires (pompes de circulation de l'eau dans le système de distribution de chauffage, …) dans les conditions nominales de fonctionnement, sur une année, tenant compte des variations de températures extérieures, des conditions d'utilisation intérieure, …, en continu.
De manière générale, les subventions et labels ne sont accordés que pour des PAC dont le COP est **supérieur à 3,3.**

AVANTAGES PAR RAPPORT AUX CAPTEURS HORIZONTAUX

Les coûts d'installation sont plus élevés que pour les capteurs horizontaux, et l'installation plus complexe (démarches administratives pour le forage,…), mais ils présentent en contrepartie de nombreux avantages :

- **Surface au sol** nécessaire largement inférieure (pour des capteurs horizontaux, cela nécessite 1,5 à 2 fois la surface chauffée)
- **Rendement** et **longévité** supérieurs
- **Température plus constante** (environ 14°C à 100 m de profondeur)
- **Moins de problèmes** avec les racines des végétaux

LES EMETTEURS DE CHALEUR A ASSOCIER A UNE PAC :

Dans tous les cas, il est impératif d'utiliser des émetteurs basse température afin de valoriser les équipements performants que sont les PAC. On peut ainsi associer à une PAC :

- **un plancher chauffant basse température** (tubes noyés dans une dalle en béton, dans lesquels circule l'eau de chauffage)
- **des radiateurs basse température** (fonctionnent avec une eau entre 45 et 50°C)
- **des ventilo-convecteurs à eau** : émetteurs de chaleur par air, raccordés au circuit d'eau de chauffage de la PAC, ils filtrent et diffusent l'air des pièces grâce à un ventilateur.

Tous droits réservés

LE BALLON TAMPON :

Il est possible d'installer avec la PAC un ballon tampon, c'est-à-dire un réservoir entre la pompe et le circuit de chauffage central. Le ballon tampon permet à la pompe de fonctionner uniquement pour chauffer l'eau qu'il contient et diminuer ainsi la fréquence de ses démarrages, le circuit de chauffage puisant dans le ballon tampon pour ses besoins en eau chaude. Ce système permet d'éviter les démarrages et arrêts intempestifs de la pompe, nuisant à son bon fonctionnement puisque les cycles courts de fonctionnement sont nocifs pour le compresseur.
Si la PAC est équipée de la technologie « Inverter » permettant à la pompe à chaleur de moduler la puissance du compresseur, le ballon tampon n'est pas nécessaire.

3. UTILISATIONS

La PAC peut être utilisée pour chauffer un bâtiment, mais également :

- **Pour le rafraîchir l'été, grâce à une PAC réversible** : lorsque l'inversion du cycle du fluide frigorigène est possible, la PAC assure une baisse de la température de l'ordre de 3 à 4°C par rapport à l'extérieur. Il faut être vigilant aux phénomènes de condensation sur le plancher, dans le cas d'un plancher chauffant/rafraichissant.
- **Pour produire l'ECS** : L'eau du ballon est chauffée en récupérant une partie de la chaleur du fluide frigorigène. On peut aussi installer un chauffe-eau thermodynamique indépendant.

4. REALISATION D'UNE INSTALLATION

a) DIMENSIONNEMENT

Pour un dimensionnement de qualité, celui-ci doit être assuré conjointement par le Bureau d'Études fluide/thermique, l'installateur et le foreur.

PAC eau glycolée/eau Stiebel Eltron WPF 13 (au centre) et ballon tampn (à gauche) - Source : Aqua

- **Dimensionnement de la pompe** : un bilan thermique du bâtiment est obligatoire et la pompe va être dimensionnée suivant des critères précis :
  - les déperditions du bâti
  - la surface et le volume du bâti
  - la température extérieure de base (qui diffère suivant les régions, disponible dans les stations météos)
  - la température de consigne du bâtiment.

Il faut être vigilant au surdimensionnement qui a pour conséquences une baisse du rendement et une usure prématurée du compresseur.
Sur cette base, les élements suivants sont calculés : la puissance de la pompe à chaleur à installer, la puissance thermique soutirée au sous-sol, ainsi que la durée de fonctionnement sur l'année.

- **Dimensionnement des forages** : une fois ces puissances déterminées, le Bureau d'Études sous-sol ou l'expert hydrogéologue peut dimensionner et positionner le ou les forages à réaliser, en fonction de la nature exacte du terrain. Attention, il y a des distances entre les capteurs et les autres éléments à respecter impérativement (par exemple, les capteurs doivent être au minimum placés à 5 m des arbres).

- **Dimensionnement des sondes** : Il passe par une étude poussée des caractéristiques du terrain, la productivité thermique des sondes variant fortement suivant sa nature. Deux options sont possibles :
  - **Evaluer la puissance spécifique en fonction de la nature des terrains et de leur humidité**, en tenant compte des références existantes (Document Technique de QUALIFORAGE, norme VDI allemande, le Guide des bonnes pratiques de GÉOQUAL) ou de références à venir (future norme AFNOR sur la sonde géothermique verticale)
  - **Faire procéder à un essai de "réponse thermique globale" sur le site lui-même**, sur une profondeur correspondant au projet, le forage d'essai étant celui de la première sonde du champ de sondes.

b) CERTIFICATIONS ET LABELS

Afin d'avoir la meilleure installation possible, il est primordial de s'assurer que les professionnels et le matériel choisis possèdent des garanties de qualité :

- **Pour le matériel** : marque **NF PAC,** et/ou certification **Eurovent**

Tous droits réservés

- **Pour l'installeur** : labellisation **QualiPAC**
- **Pour le foreur** : inscription dans la **démarche engagement qualité ADEME-BRGM-EDF**

c) DEMARCHES ADMINISTRATIVES

- **Code minier** : une déclaration de sondage à la DRIRE est obligatoire pour tout forage supérieur à 10 m. Prévoir une déclaration écrite (ou formulaire à remplir, selon régions) environ un mois avant le début des travaux, à faire par le maître d'ouvrage ou l'entreprise de forage. Se renseigner auprès de sa DREAL (la réglementation n'est pas uniforme dans toutes les régions)
- **Code de l'environnement (loi sur l'eau)**, protection des sous-sols : il n'y a pas de prélèvement d'eau, donc l'installation d'une PAC à capteurs enterrés échappe pour une large part aux applications de la loi sur l'eau, mais il convient de vérifier auprès de la mairie ou de la DDASS si la zone de forage ne correspond pas à une zone protégée de prélèvement d'eau potable.

Ces démarches s'adressent aussi bien aux particuliers qu'aux professionnels.

d) AIDES FINANCIERES

	Nature de l'aide	Informations supplémentaires
Crédit d'impôt, TVA à taux réduit, éco prêt à taux zéro	- **crédit d'impôt de 40%** sur les dépenses d'acquisition payées en 2009 (si COP ≥ 3,3) puis de 25 % pour celles payées à compter de 2010. Le taux sera toutefois maintenu à 40 % pour les dépenses concernant des logements achevés avant le 1er janvier 1977 - **taux de TVA de 5,5%** sur la fourniture et l'installation du matériel - **éco-prêt à taux zéro** dans le cadre d'un bouquet de travaux	http://www.industrie.gouv.fr/liste_index/index_credit-impot-2005.htm
Aides ANAH	- **1800€** pour une PAC à capteurs enterrés - logement de plus de 15 ans, résidence principale - décision d'attribution de la subvention prise au niveau local	Conditions à remplir sur : http://www.anah.fr/les-aides/
Aides EDF	Sous certaines conditions, primes et/ou prêts à taux préférentiel pour l'installation d'une PAC. Les matériels éligibles aux aides EDF doivent bénéficier du label Promotelec.	http://www.edf-bleuciel.fr/accueil/je-fais-des-travaux/les-services-travaux-bleu-ciel-d-edf/le-pret-renovation-bleu-ciel-d-edf-141419.html

4. RETOURS D'EXPERIENCE

4 fiches retour d'expériences sur des constructions neuves chauffées par pompes à chaleur sur capteurs verticaux enterrés peuvent être téléchargées sur le site de l'ADEME :

- 10 pavillons locatifs à Mâcon (71) :
http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=EB353984FF67FBD97E5FAFED8A825FD21174054684028.pdf
- 11 maisons individuelles, Vaucresson (92)
http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=86532400BF58615F38DB6FA0F78BF4581175680049022.pdf
- 28 logements locatifs sociaux, Besançon (25)
http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=86532400BF58615F38DB6FA0F78BF4581175680511157.pdf
- 8 logements privés, Angers (49)
http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=86532400BF58615F38DB6FA0F78BF4581175680868222.pdf

Le bilan est globalement positif pour ces 4 projets. Les points positifs sont principalement :

- **la baisse effective et visible des consommations** de chauffe l'hiver
- la température intérieure en hiver stable autour de **22°**
- **le rafraichissement en été** (température intérieure de 24 à 28° selon les projets) pour une très faible consommation. Tous les projets sont très enthousiastes sur ce point.

Les points faibles signalés sont :

- **la rentabilité à court terme** pas évidente (elle dépend de la tarification de l'électricité)
- **la très haute sensibilité du système au réglage du thermostat** : si l'été le réglage est identique à l'hiver, ou s'il y a surchauffe l'hiver, les consommations augmentent très rapidement.

Tous droits réservés

PAC SUR CAPTEUR VERTICAL ENTERRE ET QUALITE ENVIRONNEMENTALE

		POMPE A CHALEUR SUR CAPTEUR VERTICAL ENTERRE
1	**Economie d'énergie**	2 à 3 kWh d'énergie récupérés pour 1 kWh consommé
2	**Environnement**	- 1 kWh de chaleur produit par le biais d'une pompe à chaleur génère environ 4 fois moins de CO_2 qu'1 kWh de chaleur produit par une chaudière combustible - Une PAC n'est pas à proprement parler une énergie renouvelable, puisqu'elle nécessite de l'énergie électrique pour fonctionner (combustion fossile, production de déchets nucléaires, etc.) - Fluide frigorifique : être attentif à utiliser un fluide « vert » sans effet nocif pour la couche d'ozone (R 407C, R 410A, …)
3	**Santé**	- Sans objet -
4	**Confort**	
	Hygrothermique	- Sans objet -
	Acoustique	- Problèmes de bruit dus au fonctionnement du ventilateur et du compresseur - Il existe un certain nombre de solutions techniques : canalisations flexibles, grilles acoustiques, plots antivibratoires, installation en extérieur ou local,…
	Olfactif	- Sans objet -
	Visuel	- Sans objet -
5	**Pérennité**	
	Evolutivité	- Sans objet -
	Durée de vie	15 ans en moyenne
	Entretien, maintenance	Contrôles biannuels à faire réaliser par un spécialiste : - Contrôles d'étanchéité du circuit - Vérification des pressions d'eau L'idéal est de réaliser un contrat d'entretien avec l'installateur qui a fait les travaux
6	**Eau**	- Sans objet -
7	**Déchets**	Le fluide frigorigène doit être récupéré par un spécialiste
8	**Environnement immédiat**	La chaleur puisée dans le sol se reconstitue grâce aux échanges avec l'atmosphère
9	**Chantier**	- Forage à faire réaliser par une entreprise qualifiée - Déclaration à faire auprès de la DREAL
10	**Coût global**	
	Investissement	de 145 à 185 € TTC par m² chauffé (source : CSTB, 2004)
	Entretien et coûts de fonctionnement	de 2,3 à 3,5 € TTC par m² et par an (source : CSTB, 2004)
11	**Autres critères matériaux**	- Sans objet -

Tous droits réservés

BIBLIOGRAPHIE. LIENS INTERNET :

- **ADEME -** Guide pratique sur les pompes à chaleur
http://www.ademe.fr/particuliers/fiches/pacg/rub3.htm

- **Géothermie-Perspectives -** Fiche de sur le dimensionnement des installations souterraines
http://www.geothermie-perspectives.fr/18-regions/pdf/ACF_COM_F10_BAT.pdf

- **ADUHME, Agence locale des Energies -** Fiche sur la géothermie et les pompes géothermales
http://www.aduhme.org/alpheo/PDF/productrice/INFO/info_prod06.pdf

- **Agence Qualité Construction -** Fiche sur les PAC géothermiques à usage principal de chauffage
http://www.qualiteconstruction.com/uploads/tx_commerceaddons/dd0803_01.pdf

- **Tour Energie –** Fiche sur les PAC à capteurs horizontaux, verticaux ou air
http://www.tour-energie.fr/_MEDIA/pdf/fiches-pratiques/Pompe-a-chaleur-capteur-horizontal-vertical-air.pdf

- **Climamaison –** Dossier sur les pompes à chaleur
http://www.climamaison.com/aerothermie-pompe-a-chaleur.php?Doss=44

- **CO2, le magazine du confort thermique –** n° 5 de mai 2008, Dossier « PAC et Géothermie »
http://www.confort-thermique.fr/dwl.php?n=5&d=2008-05&s=fdfa8efc50762edb17c3f729b64eeb72

- **CSTB –** Petit guide des pompes à chaleur géothermales
http://enr.cstb.fr/file/rub25_doc39_1.pdf

- **HESPUL –** Les pompes à chaleur
http://www.hespul.org/Techniques-les-pompes-a-chaleur.html

POUR ALLER PLUS LOIN

- **Site de l'AFPAC (Association Française pour les Pompes A Chaleur)**
http://www.afpac.or
- **Site géothermie-perspectives (réalisé par l'ADEME et le BRGM)**
http://www.geothermie-perspectives.fr

- **Carte des foreurs inscrits dans la démarche engagement qualité ADEME-BRGM–EDF :**
http://www.geothermie-perspectives.fr/01-je-chauffe-ma-maison/03-acteurs-01.asp
- **Gammes admises à la marque NF PAC au 15/05/2009 :**
http://www.certita.org/listePompes.php
- **Liste des installeurs QualiPAC :**
http://www.afpac.org/qualite-installateurs-qualipac.php
- **Liste des produits certifiés Eurovent :**
http://www.eurovent-certification.com/fr/Produits_certifies/Acces_par_programme.php?rub=04&srub=01&ssrub=&lg=fr

- **Site des DREAL (Direction Régionale de l'Industrie, la Recherche et l'Environnement) :**
http://www.drire.gouv.fr/

Tous droits réservés