



Photo © DR - AQC

POMPES À CHALEUR GÉOTHERMIQUE

1. LE CONSTAT

La géothermie est la valorisation de l'énergie issue de la terre. Il en existe différentes formes en fonction des ressources et usages.

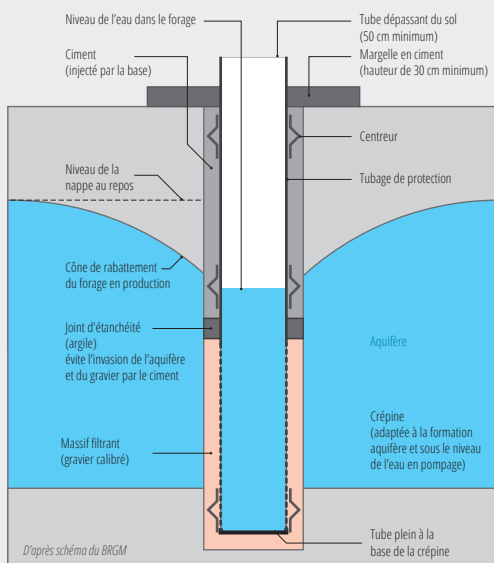
Parmi les types d'installations, on trouve celles relevant de la géothermie de minime importance (géothermie sur nappe et sur sonde verticale), et celles dont la boucle géothermique est horizontale.

Géothermie sur nappe (aquifère) en boucle ouverte (un ou plusieurs puits de prélèvement et d'injection)

Dans ce type d'installation, l'eau d'un aquifère est prélevée pour en extraire de l'énergie thermique (chaud ou froid).

SCHEMA 1 : FORAGE EN NAPPE LIBRE

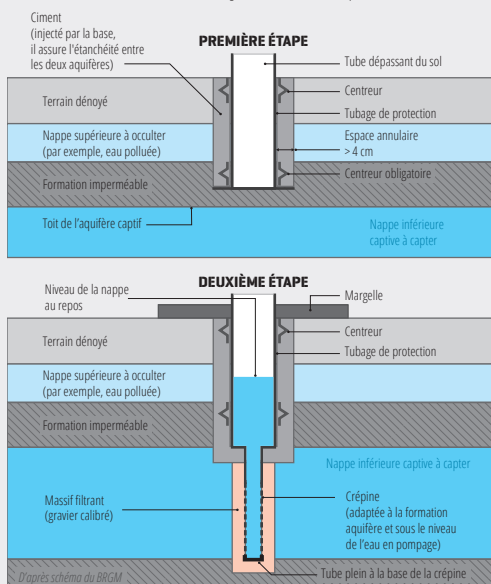
Cette configuration est la plus courante pour les forages de petits diamètres (de 150 à 250 mm)



D'après schéma du BRGM

SCHEMA 2 : FORAGE EN NAPPE CAPTIVE

dans ce cas l'ouvrage est réalisé en deux étapes



D'après schéma du BRGM

Géothermie avec sondes verticales en boucles fermées

Les sondes verticales géothermiques montrent le plus souvent une forme en « U ». Elles forment une boucle fermée dans laquelle circule un liquide caloporteur, i.e. de l'eau avec dans la plupart des cas de l'antigel (monopropylène glycol).

La profondeur des forages est comprise entre 10 et 200 m.

Géothermie avec sondes horizontales en boucles fermées

Les sondes horizontales sous la forme de nappes de tuyaux sont enterrées horizontalement à faible profondeur (0,6 à 1,2 m).

Le système est adapté au marché de la maison de la

maison individuelle car il demande une surface de terrain très importante : de 28 à 100 m²/kW de puissance de chauffage nécessaire.

Le désordre principal rencontré dans ses installations est l'appauvrissement du gisement géothermique entraînant de l'inconfort thermique (chaud ou froid) et du coût d'exploitation (recours à l'appoint). Dans d'autres cas, les boucles d'échange thermique ne peuvent plus être exploitées générant une absence totale de chauffage.

2. LE DIAGNOSTIC**PAC géothermique en boucle ouverte**

Les causes principales à l'origine d'un manque de ressource géothermique sont :

- le colmatage de l'échangeur ou la perforation dans celui-ci de différentes particules ou encore par des boues issues de la corrosion. Ainsi, la présence d'un échangeur de barrage (eau/eau), de préférence en inox, est une exigence indispensable afin d'assurer la protection de l'échangeur eau/fluide frigorigène de la PAC. En amont de cet échangeur, la mise en place d'un filtre adéquat (500 microns par exemple) est nécessaire ;
- des ferro bactéries sont susceptibles de trouver des conditions propices à leur développement, notamment autour des crépines et des changements de diamètre des tubages, voire des composants métalliques des pompes immergées. Un choix de pompe immergée en plastique est parfois nécessaire ;

- le manque d'échange qui trouve son origine dans un débit insuffisant de la nappe. La détermination du débit est fonction de la puissance et de l'écart de température (prélèvement/rejet). Cet écart doit tenir compte de la température d'eau de la nappe. Une fois le forage réalisé (voir schémas), il y a lieu de s'assurer du débit nominal requis. Deux tests sont à réaliser, un essai de débit par palier et un essai de longue durée. En outre, le choix de la pompe implique une connaissance du débit et de la hauteur manométrique (déterminée en fonction du niveau de rejet par rapport au niveau de prélèvement s'il s'agit de la même nappe) ;
- une mauvaise réalisation du forage : le forage ne doit pas perturber les différentes couches géologiques. En particulier, il faut éviter de mettre en communication des aquifères avec d'autres couches ou d'autres aquifères ;
- aussi, le forage peut fragiliser certaines couches et un effondrement partiel au sein de l'aquifère peut survenir, obstruant la zone de pompage ou de réinjection.

PAC géothermique sur sonde verticale ou horizontale

Les causes principales à l'origine des problèmes de ressource géothermique sont :

- un dimensionnement inadéquat du champ de sondes dû à une mauvaise estimation des besoins thermiques du bâtiment, des propriétés du sous-sol et de l'échangeur géothermique, potentiellement empiré par l'absence de recours à des logiciels de dimensionnement adéquats ;
- une mauvaise cimentation du puits peut être à l'origine de mauvais échanges thermiques entre le sous-sol et la boucle de captage. Le non-respect des règles de l'art en matière de cimentation peut se révéler plus grave et mettre en communication un aquifère avec d'autres couches géologiques (par exemple anhydrite) : les conséquences peuvent mener à des mouvements de sol importants et mettre en péril les constructions ;

- la rupture de canalisation, particulièrement pour les boucles horizontales, liée au mouvement du sol, au remblaiement, ou la proximité avec la végétation. Ainsi, les canalisations doivent être à une distance minimale de 2 m d'un arbre, de 1,5 m de réseaux enterrés non hydrauliques et de 3 m de fondations, puits, fosses septiques...

3. LES BONNES PRATIQUES

Établir un bilan thermique

Les déperditions thermiques du bâtiment doivent être calculées selon la norme NF EN 12831. Il est recommandé de faire ce bilan thermique pièce par pièce afin de s'assurer du bon dimensionnement des émetteurs et des réseaux hydrauliques.

Dimensionnement de la ressource géothermique

Les échangeurs géothermiques ne peuvent être implantés n'importe où. Le Code Minier définit la cartographie des zones potentielles ainsi que les critères limites d'exploitation (Arrêté du 29 mai 2024 modifiant l'arrêté ministériel du 25 juin 2015 relatif aux prescriptions générales applicables aux activités géothermiques de minime importance). Des réglementations locales (par ex. périmètres de protection des captages d'eau potable, etc.) peuvent restreindre l'accès à la ressource géothermale. Estimer la ressource géothermique nécessite d'identifier chacune des contraintes réglementaires.

Une étude de faisabilité géothermique est nécessaire. La première étape consiste à quantifier les besoins énergétiques du bâtiment et les chroniques d'échange de chaleur (chaud et froid) entre l'installation de surface et le sous-sol.

Pour une opération sur boucle ouverte, une modélisation tridimensionnelle du transport de chaleur et d'eau dans le sous-sol (avec des logiciels de modélisation hydrogéologiques) est nécessaire. Les résultats doivent permettre de déterminer les débits, la localisation des forages, le mode de régulation, etc. afin de garantir la pérennité thermique et hydraulique de l'installation... Ces calculs sont réalisés par un hydrogéologue qualifié.

Pour une opération sur boucle fermée : une modélisation dynamique de l'échangeur géothermique, se basant sur les données récoltées par un Test de Réponse Thermique (TRT), est nécessaire. Cette modélisation permet de déterminer le nombre, l'emplacement et la profondeur des forages. Elle est réalisée par un bureau d'étude sous-sol ou spécialisé thermique et qualifié (par exemple OPQIBI 1007).

Réalisation des forages

La réalisation des forages doit être faite selon les règles de l'art définies dans les normes en vigueur (NF X10-999, NF X10-960 et NF X10-970). On notera les points suivants :

- isoler les différentes couches géologiques rencontrées, particulièrement si des aquifères sont traversés ;

- recueil d'échantillons tout au long du forage pour compléter la coupe géologique ;
- recueil des niveaux de nappe rencontrés ;
- réalisation d'essais de fin de forage (pompage/injection pour les boucles ouvertes, essai de mise en pression après cimentation) ;
- étanchéifier la tête de forage pour éviter les eaux de ruissellement.

Bien choisir et dimensionner la PAC

- S'assurer que le dimensionnement de la PAC est adapté aux besoins en chaud et en froid.
- Vérifier la conception/le dimensionnement du réseau hydraulique.
- Vérifier que la régulation est adaptée.

Entretien

L'entretien de la PAC est obligatoire (décret n° 2020-912 du 28 juillet 2020) au minimum tous les 2 ans (échangeur externe, filtres internes...), ainsi que le contrôle d'étanchéité obligatoire pour les circuits dont la quantité est supérieure à 2 kg de fluide frigorigène (article R543-75 à R543-123 du Code de l'Environnement).

Le livret de chaufferie doit être tenu à jour avec les éventuels bons d'intervention.

Le contrat d'exploitation des forages sur nappe doit inclure une visite annuelle.

Les puits de forage peuvent faire l'objet de curage en cas d'obstruction.

À CONSULTER

DTU et normes

- NF DTU 65.16 juin 2017 P1 et P2 *Installations de pompes à chaleur*
- Norme NF-X 10-999 *Forage d'eau et de géothermie - Réalisation, suivi et abandon d'ouvrage de captage ou de surveillance des eaux souterraines réalisés par forages*
- NF X10-960 *Forage d'eau et de géothermie - Sonde géothermique verticale* - Parties 1 à 4
- Norme NF X 10-970 *Forage d'eau et de géothermie - Sonde géothermique verticale (échangeur géothermique vertical en U avec liquide caloporteur en circuit fermé)* - Réalisation, mise en œuvre, entretien, abandon
- NF EN 17522 *Conception et construction de sondes géothermiques verticales comblées et remplies de coulis*

Arrêtés, décrets, lois et règlements

- Arrêté du 24 juillet 2020 et le décret n° 2020-912 du 28 juillet 2020 concernant l'obligation d'entretien des PAC
- Arrêté du 29 mai 2024 relatif aux prescriptions générales applicables aux activités géothermiques de minime importance ;
- Arrêté du 29 mai 2024 fixant les modalités de certification des foreurs
- Arrêté du 25 juin 2015 relatif à l'agrément d'expert en matière de géothermie de minime importance

Fiches, guides et dossiers

- *Géothermie de minime importance*, BRGM et DREAL
- *Réussir un projet de qualité en géothermie de surface*, ADEME, 2019
- *PAC géothermiques : les opérations de forage et limites de prestations*, Rapport RAGE juillet 2014
- *PAC géothermiques : Analyse des techniques de capteurs enterrés*, Rapport RAGE février 2015
- *Pompes à chaleur géothermiques en habitat individuel*, janvier 2017, Guide RAGE

L'ESSENTIEL

- Veiller au bon dimensionnement de la PAC.
- Veiller à la bonne conception du réseau hydraulique.
- Respecter la réglementation d'implantation des boucles géothermiques.
- Respecter les règles de l'art pour les forages.
- Établir un test de réponse thermique pour valider le potentiel thermique du sous-sol (PAC géothermiques sur sondes verticales).
- Établir les tests de débits par un foreur pour valider la présence du débit d'eau nécessaire et les caractéristiques de l'eau prélevée (PAC géothermiques en boucle ouverte).
- Faire entretenir régulièrement l'installation par un professionnel.

4. L'ŒIL DE L'EXPERT

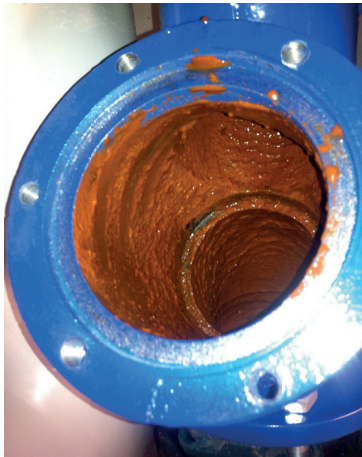


Photo © BRGM

Dans le cas d'une installation de géothermie en boucle ouverte, un échangeur eau/eau doit être installé entre le circuit de prélèvement et la pompe à chaleur.

Les photos ci-dessus montrent l'encrassement d'un tel échangeur, limitant l'efficacité de la pompe à chaleur, voire la mettant en défaut. Afin d'éviter ce problème, faire systématiquement une analyse d'eau de nappe. Une grille d'analyse est disponible dans le NF DTU 65.16.

Pour en savoir plus :



<https://www.smabtp.fr>
<https://qualiteconstruction.com>



Retrouvez l'ensemble des
Fiches pathologie bâtiment sur :
<https://qualiteconstruction.com>

Reproduction interdite sans autorisation des éditeurs
© 2026 – Agence Qualité Construction – Fondation EXCELLENCE SMA