

L'énergie géothermique : panorama et perspectives 2010

Introduction

La géothermie consiste à exploiter les caractéristiques thermiques du sous-sol pour assurer le chauffage, la climatisation de bâtiments ou la fabrication d'électricité.

La géothermie est une ressource renouvelable puisqu'elle se régénère au fur et à mesure que l'on s'en sert par les phénomènes suivants, listés par ordre d'importance :

- une exploitation alternée des installations en chauffage et climatisation,
- un « lessivage » thermique par les nappes souterraines de la zone *impactée* entraînant vers les exutoires la perturbation,
- le maintien en surface d'une température naturelle grâce au rayonnement solaire et aux eaux de ruissellement,
- un flux de chaleur géothermique de 0,06 à 0,08 W/m².

On distingue deux grands domaines d'application : la production d'électricité et la production de chaleur.



Bernard CÔME (E70)
ANTEA

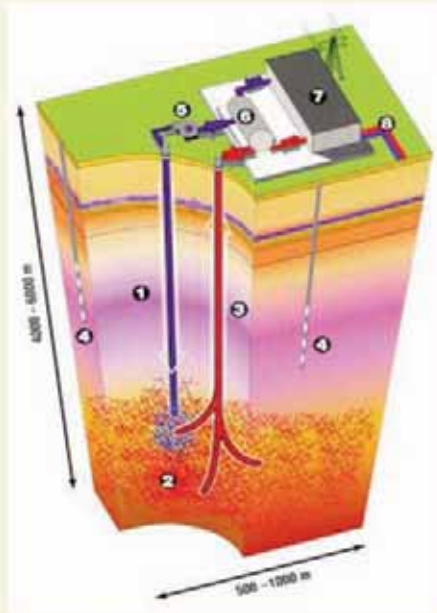


Jean-Yves AUSSEUR
ANTEA

Créée au sein du BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) en 1994, pour reprendre en exclusivité en France et à l'étranger les activités d'ingénierie et de conseil du Groupe, ANTEA est actuellement un acteur reconnu par les clients industriels et les collectivités en ce qui concerne l'étude et le suivi de telles réalisations.

ANTEA est intervenu sur plus d'une centaine d'installations géothermiques en France ; on citera, comme exemple récent, la maîtrise d'œuvre (conception et travaux), pour le compte du Groupe Valophis, du premier doublet géothermique en aquifère profond réalisé depuis une vingtaine d'années en France métropolitaine. Cette installation est située sur la commune d'Orly et sa puis-

- Entre 4 et 6 km de profondeur : température entre 180 à 200°C.
- Injection d'eau froide sous forte pression : ouverture des fissures et création d'un échangeur de chaleur souterrain.
- Forages de production : récupération du fluide réchauffé en profondeur.
- Centrale géothermique : production d'électricité par un turbo-générateur.



1. Forage d'injection
2. Réservoir fracturé
3. Forage de production
4. Forage d'observation
5. Pompe de circulation
6. Echangeur de chaleur
7. Centrale électrique
8. Départ vers le réseau de chauffage à distance

Principe de fonctionnement d'un système géothermique de type « Roches Chaudes Fracturées »

sance de production est de 10 MW, ce qui correspond à 5 000 équivalents-logements.

ANTEA est aujourd'hui une société d'ingénierie et de conseil en environnement (500 salariés dont 400 en France) spécialisée dans les secteurs de l'eau, des sites et sols pollués, des risques industriels et des déchets. En 2009, ANTEA a rejoint le groupe néerlandais Oranjewoud.

La géothermie de haute énergie

La géothermie de haute énergie (> 180 °C) cherche à récupérer la chaleur du sol par injection d'un fluide caloporteur.

En l'absence d'eau souterraine, on peut recréer les conditions d'existence de réservoirs géothermiques naturels (par fracturation hydraulique ou par traitement chimique de formations rocheuses peu perméables, afin d'en augmenter la perméabilité) permettant la circulation des eaux profondes dans le réservoir fracturé et la récupération de cette eau chaude après son passage dans le réservoir créé ou amélioré : c'est le domaine de la géothermie profonde des roches fracturées

En Europe, les chercheurs travaillent sur trois pilotes : Soultz (France), Bâle (Suisse), Berlin (Allemagne) pour étudier l'exploitation des roches chaudes profondes par circulation forcée d'un fluide entre plusieurs forages.

La géothermie de moyenne énergie

Les ressources géothermales (entre 100 °C et 250°C) sont valorisées sous forme d'électricité. La première installation de ce type a été réalisée en Toscane à Larderello en 1904,



puis l'essor de cette technologie a débuté dans les années 60 (USA, Indonésie, Philippines, Mexique, Japon, Islande, Italie, etc.). Les ressources exploitées sont à une profondeur comprise entre 100m et 3000m à proximité de zones de volcanisme actif. En France, à Bouillante en Guadeloupe, deux unités géothermiques exploitent une ressource à 250°C et produisent environ 15 MW.

La géothermie basse énergie

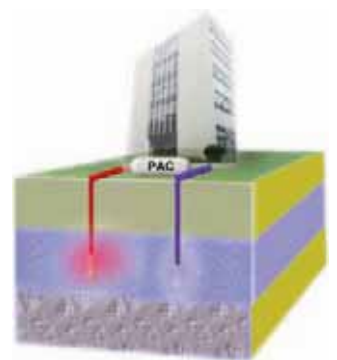
La géothermie basse énergie (températures comprises entre 30°C et 100°C) permet de couvrir une large gamme d'usages : chauffage urbain, chauffage de serres, utilisation de chaleur dans les process industriels, thermalisme. C'est le Bassin Parisien (aquifère du Dogger) qui présente la plus grande densité au monde d'opérations de géothermie basse énergie en fonctionnement. Cette région compte à ce jour 34 centrales géothermiques en fonctionnement couplées à des réseaux de chaleur assurant ainsi le chauffage de près de 150 000 équivalents-logements.

La géothermie très basse énergie

La géothermie très basse énergie exploite le proche sous-sol (aquifère ou non) qui présente une température inférieure à 30°C. Elle nécessite la mise en œuvre de pompes à chaleur pour assurer le chauffage et/ou la climatisation. Avec une température du sous-sol comprise toute l'année entre 10°C et 15°C selon les régions et avec la présence de nombreuses nappes souterraines, la France dispose d'un terrain très favorable au développement de la géothermie très basse énergie.

La pompe à chaleur sur nappe

La pompe à chaleur sur aquifère est une technique qui consiste à prélever l'eau d'une nappe par un puits pour la réchauffer ou la refroidir par un dispositif de pompe à chaleur. Cette eau est par la suite réinjectée dans cette même nappe par un autre puits. Ce dispositif présente des atouts indiscutables, en



termes de maîtrise de l'énergie - un kWh électrique consommé pour 4 kWh thermiques produit -, de protection de l'environnement - l'eau de la nappe est réinjectée sans avoir été en contact ni avec l'atmosphère, ni avec un autres fluide - ou d'intégration architecturale.

Les pompes à chaleur dites « réversibles » qui assurent cette double fourniture sont particulièrement adaptées aux bâtiments du secteur tertiaire où les besoins en rafraîchissement sont souvent indispensables.

Le secteur tertiaire est important en France et le développement des PAC réversibles associées à des forages constitue une solution qu'il est important d'examiner à l'occasion de programmes neufs ou de réhabilitation.

La pompe à chaleur sur champ de sondes ou de pieux

En absence de nappe superficielle suffisamment productive, plusieurs dispositifs peuvent être étudiés. Depuis quelques années, notamment en Suisse, on assiste à la réalisation de systèmes de chauffage, ou de chauffage-climati-

sation, pour des bâtiments industriels ou administratifs à partir d'une série de sondes géothermiques verticales de profondeurs variées (15 à 200m) disposées sous le bâtiment à chauffer ou immédiatement à côté. Les conduites de chaque sonde se rejoignent à un collecteur qui alimente une ou plusieurs pompes à chaleur.



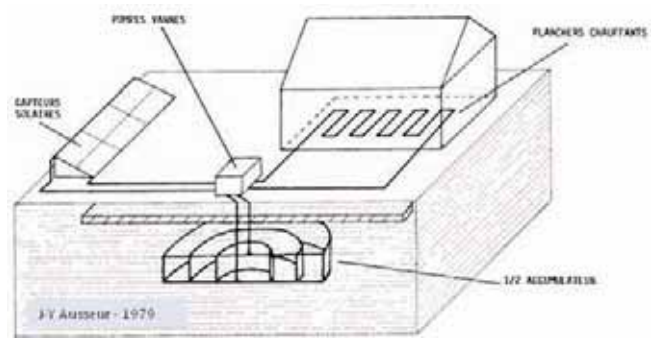
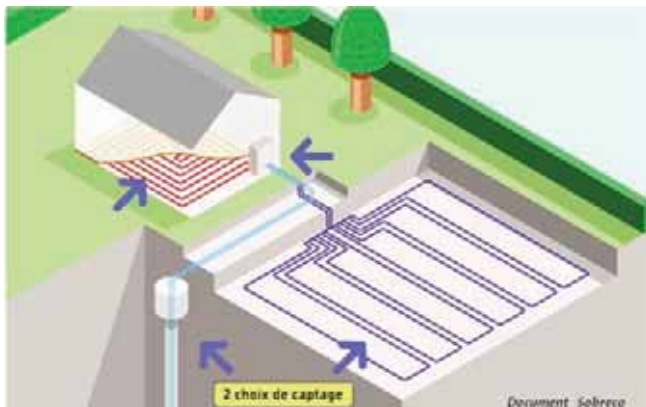
Le fonctionnement de l'installation se déroule sur un cycle annuel, avec une extraction de la chaleur du terrain pendant la saison de chauffage (injection de froid) et une extraction de froid pendant la période de climatisation (réinjection de chaleur dans le terrain).

Ce type de sonde nécessite une grande attention au niveau du projet pour s'assurer que le potentiel thermique du sol ne va pas rapidement s'épuiser.

La géothermie domestique

Pour l'habitat individuel, les solutions sont conditionnées par la surface disponible à proximité de la maison. Des capteurs horizontaux ou une sonde géothermique peuvent alors être envisagés associés à une pompe à chaleur.

Dans certains cas, pour améliorer et optimiser le fonctionnement du dispositif, il faut envisager une recharge du potentiel thermique du sol soit par geocooling (rafraîchissement estival sans fonctionnement de la PAC), soit par énergie solaire.



Conclusions et perspectives

Le Grenelle de l'Environnement s'appuie largement sur les PAC géothermiques pour satisfaire les engagements pris en matière d'utilisation d'énergies renouvelables. D'ici à 2020, on estime que plus de 600 000 logements devraient ainsi bénéficier d'une solution géothermique.

	2005	2010	2020
Géothermie des aquifères profonds (basse énergie)	130 ktep	185 ktep	500 ktep
Géothermie des aquifères superficiels et des champs de sondes (très basse énergie)	50 ktep	75 ktep	500 ktep
Géothermie domestique (PAC sur capteurs enterrés)	48 ktep	185 ktep	500 ktep
TOTAL	226 ktep	445 ktep	1 300 ktep

Contributions attendues des différentes formes de géothermie (production thermique) - Source ADEME

Pour permettre d'atteindre ces objectifs ambitieux, un certain nombre de mesures ont été prises par les pouvoirs publics :

- *Pour le particulier*, des crédits d'impôts sont en place sur les dépenses afférentes à la pompe à chaleur et les matériaux du système de captage et de rejet.
- *Pour l'habitat*, le tertiaire et l'industrie, un fonds chaleur renouvelable a été mis en place par l'ADEME. Les aides financières sont calibrées de sorte que la chaleur renouvelable puisse être produite à un prix inférieur d'au moins 5% à celui de la chaleur produite par énergie fossile. Pour la géothermie, cette aide peut représenter entre 40% et 60% du surcoût d'investissement. Ce fond est doté d'environ un milliard d'euros pour les trois prochaines années.
- *Pour tous*, un fonds de garantie a été mis en place pour assurer les risques géologiques à court terme (ex : débit attendu non obtenu) et à long terme (ex : diminution des températures de production) - procédure AQUA-PAC. ●