

Qu'est-ce que la géothermie ?

La géothermie : une énergie d'avenir, renouvelable, constante, non-polluante... la géothermie (la chaleur de la terre), dont l'exploitation est aussi vieille que l'humanité, ouvre aujourd'hui de vastes perspectives en matière d'énergies renouvelables.

Depuis l'aube de l'humanité, l'homme a toujours su tirer parti de cette énergie dont geysers, sources chaudes et éruptions volcaniques lui manifestaient l'existence. Mais la découverte d'énergies plus facilement mobilisables (charbon, pétrole) n'a guère encouragé son développement.

Aujourd'hui, la donne change. L'épuisement programmé des réserves d'énergies fossiles, la nécessité de préserver l'environnement et le réchauffement climatique dû à l'effet de serre imposent de faire toute leur place aux énergies renouvelables. La géothermie est de celles-ci.

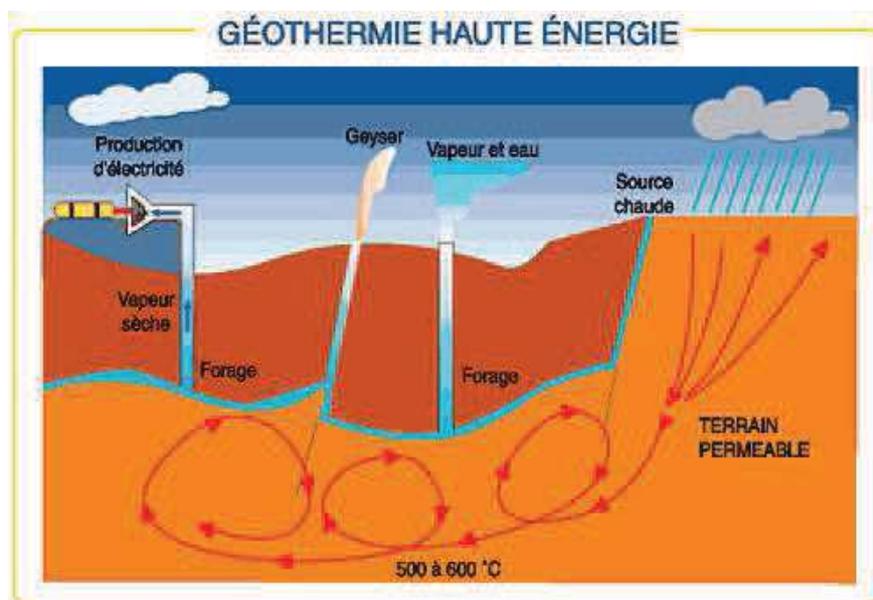


Schéma de géothermie haute énergie. Elle est aujourd'hui exploitée dans le monde à hauteur de près de 8 000 MWe (mégawatt électriques installés), dont 42 % en Amérique et 38 % en Asie.

La chaleur de la terre provient de la désintégration d'éléments radioactifs présents dans les roches et du noyau terrestre qui génèrent un flux de chaleur vers la surface. Plus la profondeur est grande, plus la chaleur est élevée, augmentant en moyenne de 3°C tous les 100 mètres. **Mais ce gradient géothermique peut être beaucoup plus élevé dans certaines configurations géologiques particulières.**

Certaines formations géologiques du sous-sol recèlent naturellement des aquifères dont les eaux (et/ou la vapeur selon les conditions de température et de pression) sont le vecteur de l'énergie thermique. La géothermie très basse énergie exploite des réservoirs situés à moins de 100 mètres et dont les eaux ont une température inférieure à 30°C. On l'utilise pour le chauffage et/ou la climatisation, via une pompe à chaleur. **La géothermie basse énergie s'appuie, elle, sur des aquifères à des températures comprises entre 30° et 100°C. On l'exploite dans des réseaux de chaleur pour le chauffage urbain ou dans le cadre de procédés industriels, par exemple. La géothermie moyenne énergie et haute énergie (jusqu'à 250°C) est utilisée pour produire de l'électricité, au moyen de turbines.**

Une directive européenne prévoit d'ailleurs qu'au moins 21 % de la production d'électricité de l'U.E. provienne d'énergies renouvelables d'ici 2010... La géothermie est la seule source d'énergie renouvelable qui s'adresse aux

deux grandes filières énergétiques : production d'électricité et production de chaleur. **Elle est régulière, avec une disponibilité moyenne de 80 %, et non-polluante. Et elle a atteint un niveau de maturité technique et commerciale qui lui permet de rivaliser sans complexe avec les autres énergies renouvelables.**

Schéma géothermie basse énergie, la température des nappes est comprise entre 30 et 150 °C. Crédits Ademe

Pourtant, les ressources sont considérables et, en certains points du monde (îles volcaniques notamment), facilement mobilisables. Quant aux coûts de production d'énergie (dans le cas de l'électricité plus élevés qu'avec les énergies fossiles – sauf exception, cf. article Bouillante), un fort développement de la géothermie, gage d'acquis scientifiques et techniques, permettrait de les réduire, tout en limitant les risques encourus par les investisseurs.



Forums (archives) : Habitat, chauffage et isolation | Dépannage | Electronique | Informatique | Orientation | Mathématiques | Santé

Contenus : Actualités | Personnalités | Dossiers | Glossaire | Fonds d'écran | Escapades | Livres | Logiciels | Questions-Réponses | Cartes virtuelles | Diaporamas

Index : A - B - C - D - E - F - G - H - I - J - K - L - M - N - O - P - Q - R - S - T - U - V - W - X - Y - Z | Revue de presse | Explo'Régions
| 1 2

© 2001-2013 Futura-Sciences, tous droits réservés - MadeInFutura

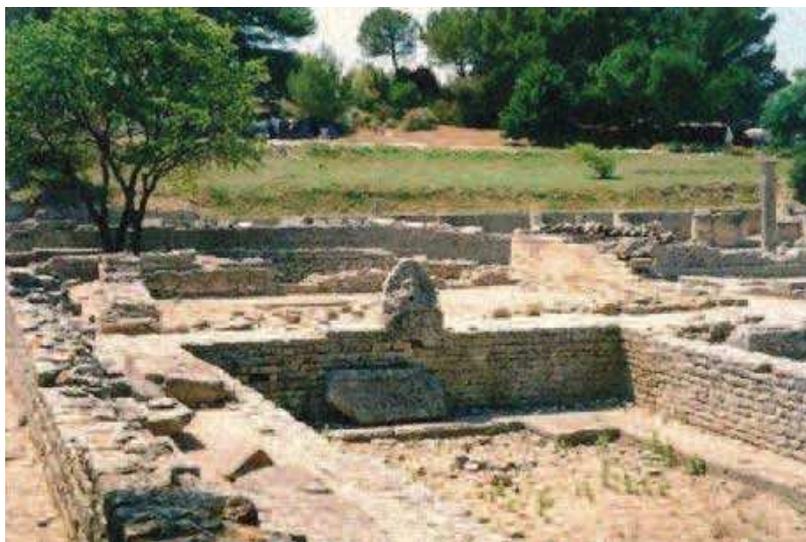
Qu'est-ce que la géothermie ?

La géothermie : une énergie d'avenir, renouvelable, constante, non-polluante... la géothermie (la chaleur de la terre), dont l'exploitation est aussi vieille que l'humanité, ouvre aujourd'hui de vastes perspectives en matière d'énergies renouvelables.

Chapitre 2 / 10 - Un peu d'histoire

Les premières traces d'utilisation de la géothermie par l'homme remontent à près de 20 000 ans. Tout au long de l'histoire des civilisations, la pratique des bains thermaux s'est multipliée et depuis un siècle, les exploitations industrielles se sont développées pour la production d'électricité et le chauffage urbain.

S'il faut trouver des origines lointaines à l'utilisation de la géothermie, pourquoi ne pas se demander, comme les historiens de la Préhistoire, quel rôle jouèrent les sources chaudes dans la résistance de l'humanité aux dernières glaciations ? Les plus anciens vestiges en rapport avec la chaleur de la Terre, retrouvés sur le site de Niisato au Japon, sont des objets en pierre volcanique taillés (outils ou armes) datant justement du troisième âge glaciaire, il y a 15 ou 20 000 ans. Les régions volcaniques ont donc constitué, très tôt, des pôles d'attraction, du fait de l'existence de fumerolles et de sources chaudes que l'on pouvait utiliser pour se chauffer, cuire des aliments ou tout simplement se baigner.



De nombreux vestiges archéologiques témoignent de la pratique des bains thermaux tout au long de l'histoire de l'humanité.

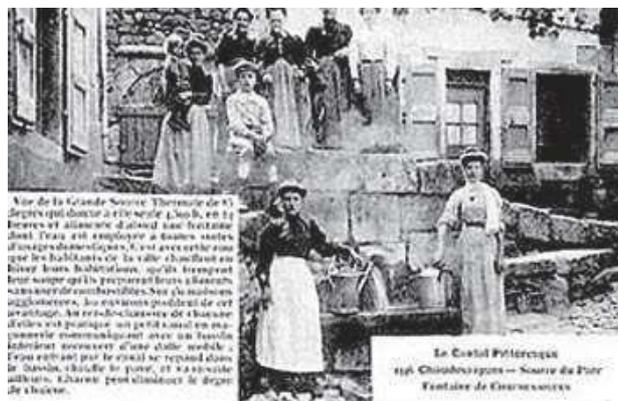
1 - Les thermes, lieu de rencontre et d'échange

Avec l'apparition de la civilisation, la pratique des bains thermaux et l'utilisation des boues thermominérales se répand, tant au Japon qu'en Amérique ou en Europe

Les Etrusques, puis les Romains, font des bains publics un lieu de rencontre et d'échange d'idées, ce qu'ils resteront tout au long du premier millénaire de notre ère, où malgré décadence, invasions et rudesse féodale, les thermes sont encore fort prisés.

Les établissements thermaux se multiplieront ensuite dans toutes les régions du monde, et notamment dans les îles volcaniques du Japon, d'Islande et de Nouvelle-Zélande

2 - Un réseau de chaleur à Chaudes-Aigues dès le XIVE siècle



© Coll Chaudes Aigues

En France, aux confins méridionaux de l'Auvergne, la source du Par à Chaudes-Aigues (Cantal) s'enorgueillit d'être la plus chaude d'Europe, avec ses 82°C.

Dès 1330, les archives font mention d'un réseau distribuant l'eau géothermale à quelques maisons, et pour l'entretien duquel le seigneur local prélevait une taxe. Elle servait même, déjà, à quelques usages "industriels" comme le lavage de la laine et des peaux.

Pourtant, à la même époque, en Italie, dans la région de Volterra en Toscane, les lagoni, petits bassins d'eau chaude saumâtre d'où s'échappe la vapeur à plus de 100°C, sont exploités pour l'extraction du soufre, du vitriol et de l'alun.



Forums (archives) : Habitat, chauffage et isolation | Dépannage | Electronique | Informatique | Orientation | Mathématiques | Santé

Contenus : Actualités | Personnalités | Dossiers | Glossaire | Fonds d'écran | Escapades | Livres | Logiciels | Questions-Réponses | Cartes virtuelles | Diaporamas

Index : A - B - C - D - E - F - G - H - I - J - K - L - M - N - O - P - Q - R - S - T - U - V - W - X - Y - Z | Revue de presse | Explo'Régions | 1 2

© 2001-2013 Futura-Sciences, tous droits réservés - MadeInFutura

Qu'est-ce que la géothermie ?

La géothermie : une énergie d'avenir, renouvelable, constante, non-polluante... la géothermie (la chaleur de la terre), dont l'exploitation est aussi vieille que l'humanité, ouvre aujourd'hui de vastes perspectives en matière d'énergies renouvelables.

Chapitre 3 / 10 - La géothermie comment ça marche ?

Les principales étapes pour pouvoir utiliser l'énergie de la Terre, sous forme de chaleur ou d'électricité sont les suivantes :

1 - En premier lieu

Il faut vérifier l'existence et la localisation de l'énergie disponible dans le sous-sol, qu'elle soit contenue dans les terrains ou dans l'eau des aquifères, puis déterminer ses caractéristiques afin d'en estimer le potentiel énergétique. Les techniques de reconnaissance des ressources géothermales sont différentes selon qu'elles se trouvent dans des bassins sédimentaires, dans des régions volcaniques ou dans des zones structurales actives. Il est fait appel aux disciplines des géosciences comme la géologie, l'hydrogéologie, la géochimie et la géophysique. On peut également réaliser des forages de reconnaissance spécifiques.



Crédits BRGM - Machine de forage

Des inventaires régionaux peuvent être réalisés, notamment en réinterprétant les données obtenues lors de campagnes d'exploration et de forages déjà réalisés pour des recherches géologiques, pétrolières ou d'eau.

2 - Ensuite et dans tous les cas

Il faut vérifier la bonne adéquation de cette ressource avec les besoins énergétiques nécessaires soit pour la production d'électricité, soit pour le chauffage d'une maison individuelle, de logements collectifs, d'un hôpital, etc.

Enfin, il faut sélectionner les méthodes adaptées pour prélever et transférer l'énergie du sous-sol vers la surface et sa mise en œuvre. La transformation de l'énergie brute s'effectue au moyen de systèmes industriels ou bien par simple échange de calories (production de chaleur directe) quand cela est possible. **La distribution de l'énergie** vers les utilisateurs finaux passe soit par le réseau électrique dans le cas de production d'électricité, soit par les réseaux de chaleur dans le cas de production de chaleur centralisée pour des groupes d'immeubles.

Pour des installations plus modestes (petits logements collectifs, bâtiments commerciaux, hôpitaux, maisons individuelles...) la distribution est limitée à sa plus simple expression.

Aujourd'hui, les contraintes techniques liées à la recherche et à l'exploitation de la chaleur de la Terre sont bien maîtrisées.



Forums (archives) : Habitat, chauffage et isolation | Dépannage | Electronique | Informatique | Orientation | Mathématiques | Santé

Contenus : Actualités | Personnalités | Dossiers | Glossaire | Fonds d'écran | Escapades | Livres | Logiciels | Questions-Réponses |
Cartes virtuelles | Diaporamas

Index : A - B - C - D - E - F - G - H - I - J - K - L - M - N - O - P - Q - R - S - T - U - V - W - X - Y - Z | Revue de presse | Explo'Régions
| 1 2

© 2001-2013 Futura-Sciences, tous droits réservés - MadeInFutura

Qu'est-ce que la géothermie ?

La géothermie : une énergie d'avenir, renouvelable, constante, non-polluante... la géothermie (la chaleur de la terre), dont l'exploitation est aussi vieille que l'humanité, ouvre aujourd'hui de vastes perspectives en matière d'énergies renouvelables.

Chapitre 4 / 10 - A la découverte des gisements

L'évaluation des ressources passe par une phase de reconnaissance, qui vise à délimiter les zones apparaissant à priori les plus favorables. Cette phase de reconnaissance préliminaire s'appuie, dans la mesure du possible, sur les données déjà disponibles notamment celles qui ont pu être obtenues lors de forages déjà réalisés dans le cadre de recherches géologiques, pétrolières ou d'eau.

Pour définir plus précisément les caractéristiques de la ressource, il est généralement fait appel aux disciplines suivantes : la géologie, l'hydrogéologie, la géochimie, la géophysique. On peut également réaliser des forages de reconnaissance spécifiques si une analyse économique le justifie.



© BRGM - Prélèvement pour analyse géochimique permettant de caractériser les fluides géothermaux.

La géologie permet dans la phase de reconnaissance de définir le contexte, la lithologie, la succession et l'âge des couches et les structures tectoniques.

Les investigations hydrogéologiques permettent d'évaluer la ressource d'un point de vue quantitatif et qualitatif. Elles permettent également de caractériser les écoulements du fluide au sein de sa matrice réservoir.

Les analyses géochimiques permettent de caractériser la composition chimique du fluide. L'analyse des éléments dissous permet également de fournir des indications sur le parcours du fluide, son âge, son origine et donc les conditions d'alimentation et de réalimentation des réservoirs.



© BRGM - Prélèvement sous-marin de fluides géothermaux dans la baie de Bouillante (Guadeloupe)

La géophysique, consiste à enregistrer dans le sous-sol un certain nombre de données physiques et à les interpréter en termes géologiques. Les principales techniques à la disposition du géophysicien sont la gravimétrie et la sismique.

La sismique est fondée sur l'observation de la réflexion des ondes transmises au sous-sol. Elle permet de localiser les limites de structures géologiques ainsi que les accidents, failles...

La gravimétrie permet d'identifier les anomalies dans le sous-sol : présence de roches à haute densité ou à l'inverse la présence de roches à faible densité. Un forage d'exploration permettra bien évidemment d'obtenir des informations plus précises, mais son coût est l'obstacle essentiel. Il peut être réalisé en petit diamètre, mais généralement pour la basse énergie le forage est conçu pour pouvoir être utilisé s'il révèle des perspectives d'exploitation prometteuses. Les mesures de température, de débit, de pression permettent de définir les caractéristiques essentielles d'exploitabilité du gisement. L'analyse des déblais de forage, différentes diagraphies et éventuellement des carottages permettent de compléter les données sur les couches traversées.



Forums (archives) : [Habitat, chauffage et isolation](#) | [Dépannage](#) | [Electronique](#) | [Informatique](#) | [Orientation](#) | [Mathématiques](#) | [Santé](#)

Contenus : [Actualités](#) | [Personnalités](#) | [Dossiers](#) | [Glossaire](#) | [Fonds d'écran](#) | [Escapades](#) | [Livres](#) | [Logiciels](#) | [Questions-Réponses](#) | [Cartes virtuelles](#) | [Diaporamas](#)

Index : [A](#) - [B](#) - [C](#) - [D](#) - [E](#) - [F](#) - [G](#) - [H](#) - [I](#) - [J](#) - [K](#) - [L](#) - [M](#) - [N](#) - [O](#) - [P](#) - [Q](#) - [R](#) - [S](#) - [T](#) - [U](#) - [V](#) - [W](#) - [X](#) - [Y](#) - [Z](#) | [Revue de presse](#) | [Explo'Régions](#)
| 1 2

© 2001-2013 Futura-Sciences, tous droits réservés - MadeInFutura

Qu'est-ce que la géothermie ?

La géothermie : une énergie d'avenir, renouvelable, constante, non-polluante... la géothermie (la chaleur de la terre), dont l'exploitation est aussi vieille que l'humanité, ouvre aujourd'hui de vastes perspectives en matière d'énergies renouvelables.

Chapitre 5 / 10 - Accès à la ressource

Il s'agit de prélever (ou d'extraire) l'énergie accumulée dans la terre, qu'elle soit stockée dans l'eau des aquifères ou directement dans les terrains, pour l'amener à la surface.

Plusieurs procédés existent et ils ont tendance à se diversifier. Les techniques les plus simples sont basées sur des pratiques ancestrales : recueil de l'eau chaude de sources naturelles d'eau chaude, comme à Chaudes-Aigues, circulation naturelle d'air dans une cave fraîche pour obtenir de l'air frais en été et tempéré en hiver, dans le cas des puits provençaux.

Des méthodes plus évoluées comme les forages ont été mises au point pour la recherche pétrolière, adaptées pour la recherche d'eau et développées pour la géothermie.

Enfin des méthodes que nous qualifierons d'astucieuses ont été mises au point plus récemment ; elles consistent à enterrer des échangeurs là où il n'y a pas de fluide naturel pour transporter l'énergie.

Il faut noter qu'il est possible de coupler certaines de ces méthodes entre elles, ce qui permet d'optimiser les systèmes utilisant l'énergie du sous-sol.

- **Capteurs géothermiques horizontaux**

Les capteurs enterrés horizontaux permettent d'exploiter la chaleur de la Terre du proche sous-sol.



© Viessmann - Réseaux de capteurs horizontaux en polyéthylène enterrés à faible profondeur dans lequel circule le fluide caloporteur jusqu'à la pompe à chaleur.

Ils sont constitués de tubes installés en boucles enterrées horizontalement à faible profondeur (de 0,60 m à 1,20 m) qui vont permettre le prélèvement de l'énergie contenue dans le sous-sol proche. Dans ces tubes, circule en circuit fermé selon la technologie employée, soit de l'eau additionnée d'antigel (tubes en polyéthylène) soit le fluide frigorigène de la pompe à chaleur (tubes de cuivre gainés de polyéthylène pour la technologie dite de détente directe).

Le capteur enfoui dont la longueur peut dépasser plusieurs centaines de mètres, joue le rôle d'évaporateur du système thermodynamique. Il occupe 1,5 à 2 fois la surface à chauffer.

- **Tunnels et mines**

Le principe de la géothermie des tunnels est simple. **Les tunnels drainent de grandes quantités d'eau, qui sont le plus souvent évacuées vers l'extérieur des galeries par des canaux qui se déversent dans les cours d'eau.**



© AlpTransit Gotthard AG - Caverne longitudinale avec dessableur et bassin de stockage pour l'eau souterraine drainée par le tunnel du Gotthard en Suisse.

La température des eaux recueillies peut atteindre 20 à 40°C en fonction de la nature et de l'épaisseur des roches.

Des débits importants peuvent être extraits, comme c'est le cas en Suisse. En effet dans ce pays riche en tunnels, une étude sur une quinzaine de ces ouvrages a permis d'observer des débits allant de 360 à 18 000 litres par minute pour des températures situées entre 12 et 24°C.

Une telle ressource, couplée à des pompes à chaleur permet d'envisager le chauffage à distance de bâtiments publics et privés

- **Forage rotary**

© Sté HLM Habitat-2036 - Vue aérienne de la plate-forme de réhabilitation du forage à Châteauroux

La technique du forage Rotary consiste à utiliser un outil qui détruit la roche sous l'effet du poids et de la rotation. Le poids est assuré par un ensemble de tiges lourdes et creuses, assemblées en un train qui achemine sous pression les boues de forage.

© BRGM - Plateforme de forage Rotary

Celles-ci refroidissent l'outil et assurent le déblaiement du trou. Autour des parois du forage, des tubes sont descendus et du ciment est injecté afin de garantir la tenue des parois du puits, ainsi qu'une protection contre la corrosion mais aussi la protection des nappes d'eau souterraines et leur isolation thermique.



Forums (archives) : Habitat, chauffage et isolation | Dépannage | Electronique | Informatique | Orientation | Mathématiques | Santé

Contenus : Actualités | Personnalités | Dossiers | Glossaire | Fonds d'écran | Escapades | Livres | Logiciels | Questions-Réponses | Cartes virtuelles | Diaporamas

Index : A - B - C - D - E - F - G - H - I - J - K - L - M - N - O - P - Q - R - S - T - U - V - W - X - Y - Z | Revue de presse | Explo'Régions | 1 2

Qu'est-ce que la géothermie ?

La géothermie : une énergie d'avenir, renouvelable, constante, non-polluante... la géothermie (la chaleur de la terre), dont l'exploitation est aussi vieille que l'humanité, ouvre aujourd'hui de vastes perspectives en matière d'énergies renouvelables.

Chapitre 6 / 10 - Les atouts de la géothermie

En 1992, lors de la conférence de Rio sur l'environnement, les dirigeants de toutes les nations témoignaient de leur prise de conscience d'une dégradation avancée de l'état de la planète (diminution des ressources, pollution des mers et des terres, effet de serre, pluies acides, etc.). Pour infléchir la tendance avant qu'il ne soit trop tard, la plupart des pays - dont les Etats membres de l'Union européenne - travaille à la traduction du concept de développement durable dans leurs politiques. Celui-ci se définit par la nécessité de satisfaire les besoins exprimés aujourd'hui sans compromettre les besoins des générations à venir. Comme les autres énergies renouvelables, la géothermie s'est alors retrouvée sur le devant de la scène, car elle est depuis toujours par excellence une option du développement durable.

1 - La géothermie est écologique



© J. Hólmjárn - Forage à proximité de l'usine géothermale de Krafla en Islande

Une exploitation géothermique produit peu de rejets. La quantité moyenne de CO² émise dans l'atmosphère par les centrales géo-thermo-électriques dans le monde (estimation faite sur 73% du parc mondial) est de 55 g/kWh, alors qu'une centrale au gaz naturel en produit 10 fois plus. Ce niveau peut être ramené à des valeurs nulles par la ré-injection des fluides géothermaux dans les réservoirs dont ils sont issus - une technique largement répandue aujourd'hui. C'est donc une énergie propre qui ne participe pas à la dégradation du climat comme le font les énergies fossiles.



© BRGM - Manifestation géothermale

2 - La géothermie est renouvelable

Contrairement aux réserves fossiles, la géothermie ne se vide pas de son réservoir au fur et à mesure que l'on s'en sert. Le vecteur, de l'eau piégée outransitant dans le sous-sol, se renouvelle soit naturellement par le ruissellement des eaux de surface, soit par l'option technologique de l'injection artificielle. **Quant à la chaleur, elle est contenue dans la roche qui représente 90% ou plus du gisement.**

3 - La géothermie est partout

A la différence des énergies fossiles les plus utilisées aujourd'hui, ces réserves ne sont pas situées dans quelques sites particuliers, éventuellement désertiques ou au fond des mers. **La chaleur du sous-sol est présente sur tous les continents, offerte à tous les hommes.** Evidemment, selon la structure des formations géologiques ou la composition des roches, cette énergie sera plus ou moins facile à extraire, mais les technologies existent aujourd'hui pour permettre un développement planétaire de la géothermie.



Forums (archives) : [Habitat, chauffage et isolation](#) | [Dépannage](#) | [Electronique](#) | [Informatique](#) | [Orientation](#) | [Mathématiques](#) | [Santé](#)

Contenus : [Actualités](#) | [Personnalités](#) | [Dossiers](#) | [Glossaire](#) | [Fonds d'écran](#) | [Escapades](#) | [Livres](#) | [Logiciels](#) | [Questions-Réponses](#) | [Cartes virtuelles](#) | [Diaporamas](#)

Index : [A](#) - [B](#) - [C](#) - [D](#) - [E](#) - [F](#) - [G](#) - [H](#) - [I](#) - [J](#) - [K](#) - [L](#) - [M](#) - [N](#) - [O](#) - [P](#) - [Q](#) - [R](#) - [S](#) - [T](#) - [U](#) - [V](#) - [W](#) - [X](#) - [Y](#) - [Z](#) | [Revue de presse](#) | [Explo'Régions](#)
| 1 2

© 2001-2013 Futura-Sciences, tous droits réservés - MadeInFutura

Qu'est-ce que la géothermie ?

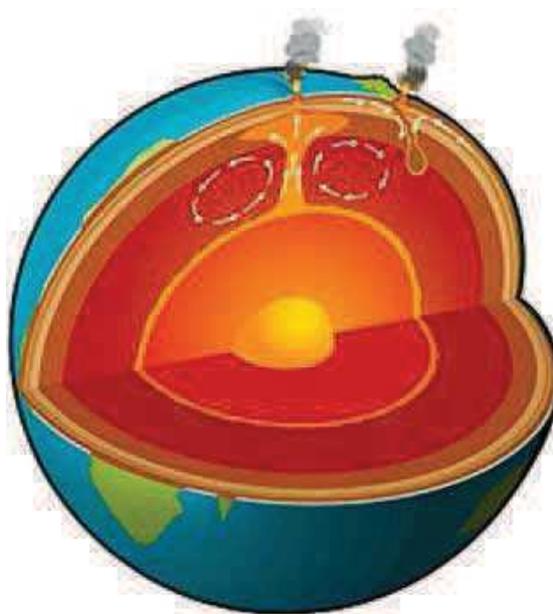
La géothermie : une énergie d'avenir, renouvelable, constante, non-polluante... la géothermie (la chaleur de la terre), dont l'exploitation est aussi vieille que l'humanité, ouvre aujourd'hui de vastes perspectives en matière d'énergies renouvelables.

Chapitre 7 / 10 - La géothermie une énergie exemplaire

Ce n'est pas sans raison que les traditions ont placé l'enfer et son feu purificateur au centre de notre planète. Sous nos pieds, la terre est chaude, et même de plus en plus chaude à mesure que l'on s'enfonce dans ses entrailles.

1 - Le gradient géothermal

Expérimenté concrètement par des générations de mineurs de fond et aujourd'hui bien mesuré, l'accroissement de la température en fonction de la profondeur est appelé "gradient géothermal". Il est en moyenne, sur la planète, de 3,3°C par 100 mètres, le flux d'énergie thermique à l'origine de ce gradient étant de l'ordre de 60 mW/m². Mais ces valeurs peuvent être nettement supérieures dans certaines zones instables du globe, et même varier de façon importante dans les zones continentales stables. Ainsi, le gradient géothermal est en moyenne de 4°C tous les 100 m en France, et varie de 10°C/100 m dans le nord de l'Alsace à seulement 2°C/100 m au pied des Pyrénées.



© ADEME-BRGM

2 - Le flux de chaleur

Une partie de la chaleur de la Terre est une relique de sa formation, il y a 4,55 milliards d'années. Pour donner naissance à la Terre, des poussières, des gaz, des roches flottant dans la banlieue du tout jeune soleil se sont assemblées par accréation. Au centre, dans le noyau, une énergie considérable s'est accumulée dans la masse. Elle correspond à l'énergie potentielle issue de la condensation de la planète. **Une vraie fournaise : la température du noyau frise les 4 200°C.** Le manteau de roche en fusion qui l'entoure est lui aussi très chaud, sa température variant entre 1 000 et 3 000 degrés.

Mais toute cette chaleur remonte difficilement à la surface car les roches intermédiaires de l'écorce terrestre sont de très mauvais conducteurs.

L'essentiel de l'énergie arrive donc jusqu'à nous par conduction, c'est ce "flux de chaleur" qui explique le gradient géothermal.

3 - La structure interne du globe

Les observations directes ne dépassant pas les dix premiers kilomètres de la croûte terrestre, nos connaissances reposent essentiellement sur l'étude de phénomènes de propagation des ondes sismiques naturelles ou provoquées lors d'explorations géophysiques.

On a ainsi pu distinguer trois enveloppes principales dans la structure du globe. **Au centre, sur un rayon de 3 470 km, un alliage de fer et de nickel, solide au coeur et liquide autour, forme le "noyau", qui représente seulement 16% du volume total mais 67% de la masse terrestre. Il est entouré du "manteau" sur une épaisseur de 2 900 km.** Riche en silicate de fer et magnésium, le manteau représente plus de 80% du volume du globe.

Enfin vient l'écorce ou "croûte", enveloppe moins dense dont l'épaisseur varie grandement, puisqu'elle atteint entre 30 et 70 km dans les zones continentales pour seulement 20 km sous les océans, et seulement quelques kilomètres au niveau des dorsales et des rifts. L'écorce et la partie supérieure du manteau constituent la lithosphère. Cet ensemble rigide, divisé en plusieurs plaques, flotte sur une couche inférieure du manteau : l'asthénosphère.

4 - L'origine de la chaleur

Pourtant, la chaleur dégagée par notre globe n'a pas pour principal responsable le refroidissement de son noyau, mais la désintégration des éléments radioactifs présents dans ses roches : uranium, thorium, potassium, etc. 90% de l'énergie dissipée provient en effet de ce mécanisme. **La chaleur émise par la fission varie avec la composition chimique des roches – elle est environ trois fois plus élevée, par exemple, pour les granites que pour les basaltes.** Elle varie aussi selon l'âge des roches, raison pour laquelle les gradients géothermiques sont plus élevés dans les plates-formes jeunes, comme en France et en Europe du Sud, que dans les socles anciens, comme en Scandinavie. Pourtant, même dans ces conditions, la géothermie y a connu ces dernières années un grand essor, notamment pour le chauffage.

5 - De la chaleur aux frontières

Il y a en outre des lieux où le flux de chaleur est plus élevé du fait que le magma est parvenu à remonter vers la surface, en réchauffant au passage les roches qui l'entourent. Ce phénomène s'explique par le fait que la lithosphère (l'écorce et la couche supérieure du manteau) est fragile (cassante). **Loin d'être une surface homogène, elle est constituée de douze plaques principales (et plusieurs autres petites) qui flottent sur une couche plus fluide, l'asthénosphère, dotée de mouvements de convection lents et réguliers.**

C'est essentiellement à la frontière de ces plaques – et plus généralement dans les zones fragiles de l'écorce – que le magma peut se glisser et remonter, donnant naissance aux intrusions plutoniques et aux volcans.



Forums (archives) : Habitat, chauffage et isolation | Dépannage | Electronique | Informatique | Orientation | Mathématiques | Santé

Contenus : Actualités | Personnalités | Dossiers | Glossaire | Fonds d'écran | Escapades | Livres | Logiciels | Questions-Réponses | Cartes virtuelles | Diaporamas

Index : A - B - C - D - E - F - G - H - I - J - K - L - M - N - O - P - Q - R - S - T - U - V - W - X - Y - Z | Revue de presse | Explo'Régions | 1 2

© 2001-2013 Futura-Sciences, tous droits réservés - MadeInFutura

Qu'est-ce que la géothermie ?

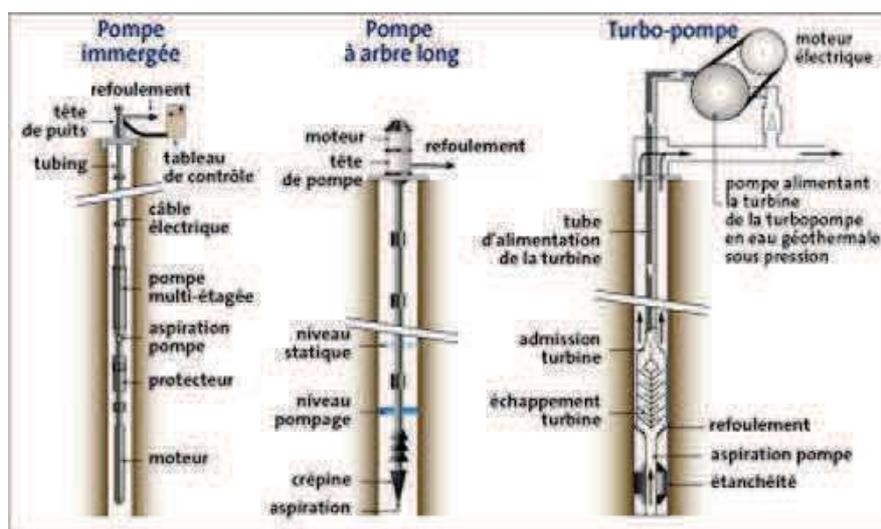
La géothermie : une énergie d'avenir, renouvelable, constante, non-polluante... la géothermie (la chaleur de la terre), dont l'exploitation est aussi vieille que l'humanité, ouvre aujourd'hui de vastes perspectives en matière d'énergies renouvelables.

Chapitre 8 / 10 - La production de chaleur directe

1 - L'obtention d'un débit

Une installation géothermique opérationnelle nécessite un débit d'eau aussi régulier que suffisant. **Si la pression dans le réservoir souterrain est supérieure à la pression atmosphérique, l'eau peut jaillir naturellement à la tête du puits de forage qui se suffit alors à lui-même, prenant le nom de puits artésien.**

Mais si cette pression n'est pas assez importante ou si l'eau ne remonte pas du tout, il devient nécessaire d'avoir recours à un dispositif de pompage.



© BRGM

Quel que soit leur type, toutes les pompes mises en œuvre comportent une partie hydraulique immergée descendue en profondeur (- 100 mètres à - 400 mètres) et un moteur. Ce dernier peut être immergé sous le dispositif hydraulique (pompes immergées) ou placé en surface (pompes à arbre long). Il peut enfin, dans certains cas, fonctionner grâce à une circulation d'eau géothermale surpressée en surface : c'est le principe de la turbo-pompe. Bien que son rendement énergétique soit inférieur aux deux autres, une turbo-pompe a une durée de vie supérieure aux pompes immergées.

Pour les sites où l'eau est renvoyée dans le réservoir (doublet), une pompe de réinjection installée en surface s'avère indispensable.

Les pompes immergées sont largement utilisées dans le Bassin parisien pour pomper la nappe du Dogger. Elles permettent d'obtenir des débits importants supérieurs à 300 m³/h. Les pompes à arbre long (140 mètres maximum) sont surtout employées en Islande. Les turbo-pompes sont réputées pour leur longue vie malgré leur faible rendement énergétique. Pour la réinjection, on utilise des pompes de surface de type classique. **Ces dispositifs avec pompage sont surtout employés pour les exploitations de basse énergie.**



© Arene Ile-de-France - Tête de puits sur le site géothermique de Chevilly-Larue / L'Haÿ-les-Roses (94).

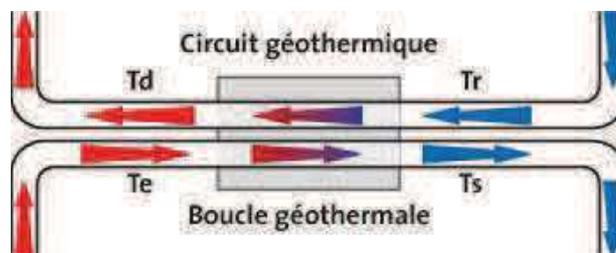
Dans les exploitations de haute énergie, l'eau se vaporise dans le forage, et un mélange eau - vapeur jaillit en surface. Il arrive même – comme à Larderello en Italie ou aux Geysers en Californie – que le gisement produise naturellement de la vapeur sèche.

L'exploitant doit alors réguler la pression en tête de puits pour optimiser les conditions d'exploitation en fonction des caractéristiques du fluide ou de la centrale.

2 - Les échangeurs de chaleur

La caractéristique essentielle de l'énergie géothermique est qu'elle doit être consommée sur place. Dans le cas d'une source géothermale à haute température, l'énergie du fluide peut être directement transformée en énergie électrique via une turbine et envoyée sur le réseau de distribution électrique.

Dans le cas de la basse énergie, un échangeur est généralement placé entre le circuit géothermique et le circuit de distribution de chaleur. Cet échangeur est indispensable dans le cas d'une eau corrosive. La chaleur géothermique peut ensuite être utilisée directement.



im@gé - Echangeur thermique : Dans la boucle géothermale, l'eau qui sort chaude de la terre tourne en circuit fermé. Cette eau chargée de sels minéraux cède sa chaleur à un autre réseau appelé cette fois circuit géothermique, dans lequel circule l'eau de ville destinée à être réchauffée.

Cet échange est nécessaire pour capter des calories tout en évitant la corrosion du réseau de chaleur. Le dispositif est appelé échangeur. Il est constitué soit de plaques, soit de tubes. Les échangeurs à plaques, plus commodes pour la maintenance, sont les plus utilisés.

Si la température de la ressource n'est pas adaptée à l'usage prévu on peut avoir recours à un système de pompe à chaleur. La performance d'un échangeur placé dans une installation de géothermie est caractérisée par l'écart entre les températures à l'entrée de la boucle géothermale et à la sortie du circuit géothermique.

Cet écart appelé « pincement », doit être aussi faible que possible (de l'ordre de 2°C). La maintenance de ce matériel doit être aisée en raison des risques d'encrassement. Les échangeurs peuvent être de types différents : échangeurs multitubulaires, échangeurs spirales, échangeurs à plaques.

Les meilleures performances sont obtenues avec des échangeurs à plaques. Ces matériels sont constitués de plaques embouties de faible épaisseur assemblées verticalement les unes à la suite des autres. Les espaces entre les plaques étant alternativement traversés par le circuit primaire (eau géothermale) et par le circuit secondaire. Ces échangeurs permettent une surface d'échange importante dans un espace réduit. Ils peuvent être agrandis en ajoutant le nombre de plaques nécessaires. Les matériaux utilisés dans les échangeurs doivent pouvoir résister à la corrosion inhérente à la majorité des fluides géothermaux. Ils peuvent être constitués en acier revêtu, en acier inoxydable ou en titane. Ce dernier matériau s'est révélé particulièrement adapté aux exigences d'exploitation du fluide du Dogger du Bassin parisien chargé notamment en sulfures.



Forums (archives) : [Habitat, chauffage et isolation](#) | [Dépannage](#) | [Electronique](#) | [Informatique](#) | [Orientation](#) | [Mathématiques](#) | [Santé](#)

Contenus : [Actualités](#) | [Personnalités](#) | [Dossiers](#) | [Glossaire](#) | [Fonds d'écran](#) | [Escapades](#) | [Livres](#) | [Logiciels](#) | [Questions-Réponses](#) | [Cartes virtuelles](#) | [Diaporamas](#)

Index : [A](#) - [B](#) - [C](#) - [D](#) - [E](#) - [F](#) - [G](#) - [H](#) - [I](#) - [J](#) - [K](#) - [L](#) - [M](#) - [N](#) - [O](#) - [P](#) - [Q](#) - [R](#) - [S](#) - [T](#) - [U](#) - [V](#) - [W](#) - [X](#) - [Y](#) - [Z](#) | [Revue de presse](#) | [Explo'Régions](#)
| 1 2

© 2001-2013 Futura-Sciences, tous droits réservés - MadeInFutura

Qu'est-ce que la géothermie ?

La géothermie : une énergie d'avenir, renouvelable, constante, non-polluante... la géothermie (la chaleur de la terre), dont l'exploitation est aussi vieille que l'humanité, ouvre aujourd'hui de vastes perspectives en matière d'énergies renouvelables.

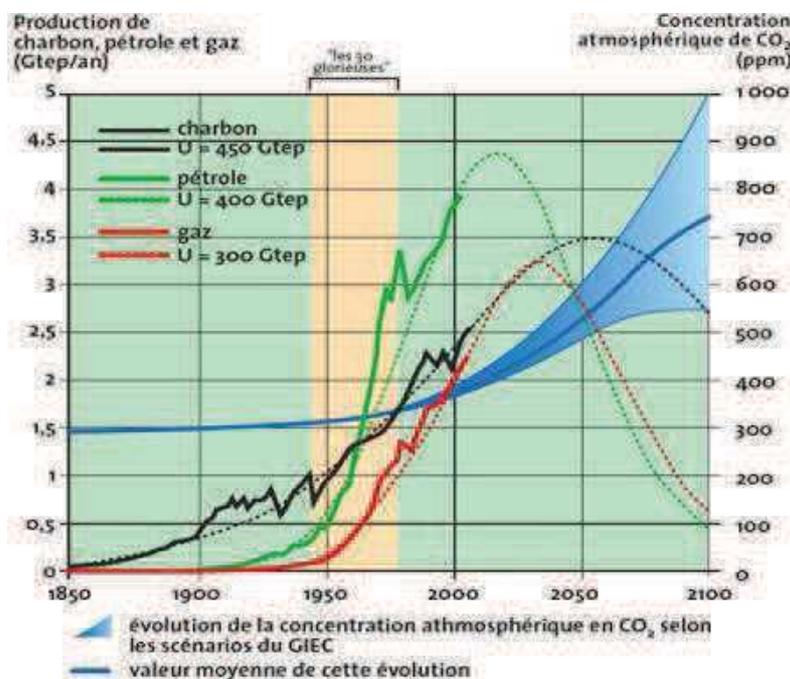
Chapitre 9 / 10 - L'avenir de la géothermie

1 - Face aux énergies fossiles

Nous ne sommes pas encore sortis de l'ère de l'énergie fossile. Si le charbon a perdu du terrain depuis les "30 glorieuses", notamment en Europe, le pétrole et le gaz vivent encore leur âge d'or. Les cours du Brent restent avantageux malgré plusieurs chocs pétroliers et les hausses sporadiques qui accompagnent les crises du Moyen-Orient. Ils gardent donc la faveur des consommateurs, d'autant plus que les circuits de distribution se sont consolidés et étendus, notamment pour le gaz.

Faudra-t-il attendre la raréfaction des ressources pour réagir et se tourner vers les énergies renouvelables ?

Ce ne serait pas faire preuve d'un esprit d'anticipation particulièrement novateur ! Car il ne s'agirait que d'anticiper de quelques années l'épuisement inéluctable des ressources, attendu dans les années 2020 à 2040 .



© BRGM, d'après GIEC

Depuis le début de l'ère industrielle, on assiste à une croissance régulière des consommations d'énergies fossiles – à l'origine même du "développement" exceptionnel qu'auront connu notre génération et celle de nos parents – au point d'aller jusqu'à l'épuisement de certaines d'entre elles (pétrole, gaz); entre 2010 et 2040, on passera le "pic" au-delà duquel la production sera amenée à baisser inexorablement (courbes noire, verte et rouge). **Dans le même temps, le gaz carbonique émis par la combustion de ces énergies fossiles entraîne une augmentation des teneurs en gaz à effet de serre dans l'atmosphère.**

Selon les efforts qui seront faits par les producteurs et les consommateurs pour réduire le taux de croissance de ces émissions, on parviendra ou non à stabiliser ces émissions à l'horizon 2040 (courbe bleue). Ces efforts sont

d'autant plus nécessaires que l'augmentation des teneurs en gaz à effet de serre induit une augmentation des températures moyennes de l'atmosphère, source de perturbations diverses et notamment d'événements météorologiques extrêmes.



© BRGM - Installation géothermique pour le chauffage de la pisciculture de Mios le Teich (Gironde) à partir d'anciens forages pétroliers

Mais si la fin de l'ère des énergies fossiles ne s'impose pas du fait de la clairvoyance des hommes quant à l'épuisement des ressources, elle s'impose désormais pour cause d'excès d'émissions atmosphériques. Les risques climatiques liés à l'augmentation de l'effet de serre sont tels que des mesures impératives de réduction de l'usage des énergies fossiles s'imposent. **Dans les pays développés comme la France, il faudra diviser nos émissions par quatre en 2050.** Ce qui implique de diminuer l'usage des combustibles fossiles - pétrole et gaz - en cherchant partout les secteurs où ils peuvent être remplacés.

© BRGM - Trépan utilisé pour le forage géothermique

La première conversion, évidente, se situe dans les applications de basse température, comme le chauffage des bâtiments et la production d'eau chaude sanitaire.

Dans ce domaine, les énergies renouvelables doivent désormais s'imposer pour la production de chaleur. La réglementation thermique dans la construction neuve met désormais bien en valeur l'apport de ces énergies. Et la géothermie plus que tout autre, cette énergie dont la fonction fut dès l'origine d'apporter la chaleur de la Terre aux humains.

© BRGM - Sonde géothermique prête à être installée dans le forage vertical

Aujourd'hui bien maîtrisée, et porteuse de potentiels immenses, elle devrait être appelée à jouer un rôle important dans la conversion de notre civilisation au développement durable.



Forums (archives) : Habitat, chauffage et isolation | Dépannage | Electronique | Informatique | Orientation | Mathématiques | Santé

Contenus : Actualités | Personnalités | Dossiers | Glossaire | Fonds d'écran | Escapades | Livres | Logiciels | Questions-Réponses | Cartes virtuelles | Diaporamas

Index : A - B - C - D - E - F - G - H - I - J - K - L - M - N - O - P - Q - R - S - T - U - V - W - X - Y - Z | Revue de presse | Explo'Régions
| 1 2

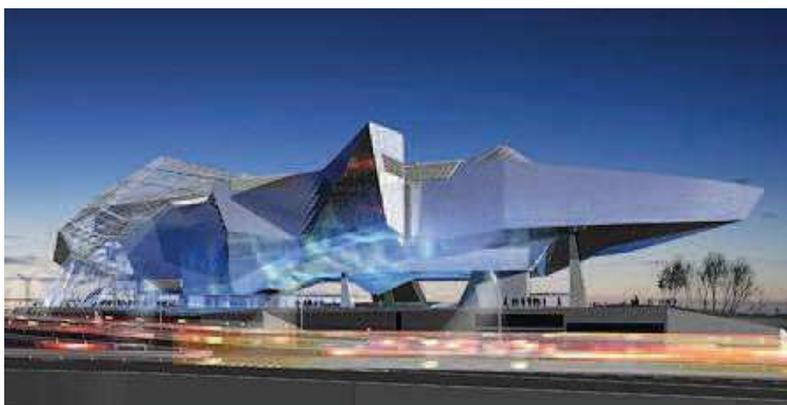
© 2001-2013 Futura-Sciences, tous droits réservés - MadeInFutura

Qu'est-ce que la géothermie ?

La géothermie : une énergie d'avenir, renouvelable, constante, non-polluante... la géothermie (la chaleur de la terre), dont l'exploitation est aussi vieille que l'humanité, ouvre aujourd'hui de vastes perspectives en matière d'énergies renouvelables.

Chapitre 10 / 10 - Des scénarios de développement de la géothermie

Dans ce cadre, l'ADEME a proposé pour la géothermie plusieurs scénarios de développement construits sur la base d'hypothèses crédibles et réalistes au regard de ce qui se passe à l'étranger par exemple, ou du potentiel existant en France raisonnablement accessible d'un point de vue technique et économique. Il ressort de cet exercice prospectif d'évaluation que la géothermie - dans le cas du scénario médian proposé - pourrait contribuer pour près de 0,7 Mtep/an en 2010, à la production nationale de chaleur ; ce qui conduirait à multiplier par trois la production de 2003 et équivaldrait à réduire les rejets de CO² dans l'atmosphère de près de 1,75 Millions de tonnes par an en 2010. La part relative de la géothermie dans le bouquet des énergies renouvelables thermiques passerait ainsi de 2 à 4%.



© Alto Ingénierie - Maquette du futur musée des Confluences à Lyon.
 Cet édifice avant-gardiste sera chauffé et rafraîchi par différents systèmes géothermiques.

Trois axes sont privilégiés :



La géothermie individuelle avec les pompes à chaleur sur capteurs enterrés.

L'objectif affiché est de parvenir à équiper une maison individuelle neuve sur cinq en 2010 pour atteindre ainsi un parc total installé d'environ 300 000 unités. Des mesures fiscales adaptées (crédit d'impôt), ainsi que des actions visant à structurer la profession autour d'une démarche qualité (charte qualité installateurs, certification des produits, critères minimum de performance à respecter) devraient aider à installer durablement le marché.

La géothermie que l'on peut qualifier "d'intermédiaire".

Elle concerne des opérations de taille moyenne (opérations de pompes à chaleur sur eau de nappe ou avec champs de sondes



géothermiques verticales pour le chauffage et la climatisation de bâtiments du moyen et grand tertiaires, ou opérations de géothermie de type Aquitain alimentant des mini-réseaux de chaleur ou des piscines, des serres, ...). **Ce type de géothermie peut se pratiquer dans la plupart des régions françaises et peut davantage être développé.** Les mesures proposées pour

soutenir cette activité passent par une meilleure connaissance des ressources exploitables (ré-actualisation des inventaires de données sous-sol croisée avec des besoins énergétiques en surface, par exemple), l'information des maîtres d'ouvrage et maîtres d'oeuvre concernés (mise à disposition d'outils cartographiques sur les ressources, aide au financement d'opérations exemplaires, formation,...), un meilleur accès à des mesures d'incitation comme la garantie AQUAPAC.

La géothermie des gros réseaux de chaleur urbains tels qu'ils existent en Région parisienne.

Les atouts de cette filière sont nombreux et bien réels (niveau du savoir-faire acquis en France, bilan global du fonctionnement des opérations existantes, contribution environnementale, coût du MWh...). Il est temps aujourd'hui de les faire connaître et de se montrer ambitieux alors qu'aucune opération nouvelle n'a vu le jour depuis 1987. **L'objectif affiché est ainsi d'assurer une croissance forte du parc actuel (+50% sur l'Ile-de-France, d'ici à 2020, en exploitant mieux la ressource géothermale existante).**

Des dispositifs tels que les certificats d'économie d'énergie, qui visent à rémunérer les économies d'énergies fossiles réalisées par la mise en place d'équipements énergétiquement performants ou exploitant des énergies renouvelables, la pression environnementale en site urbain, et la hausse inéluctable du coût des énergies fossiles devraient aider à remplir cet objectif.

Pour aller plus loin

Le site Géothermie-Perspectives

Voir la géothermie pour votre maison Je chauffe ma maison

D'autres options : Chauffer des bâtiments



Forums (archives) : Habitat, chauffage et isolation | Dépannage | Electronique | Informatique | Orientation | Mathématiques | Santé

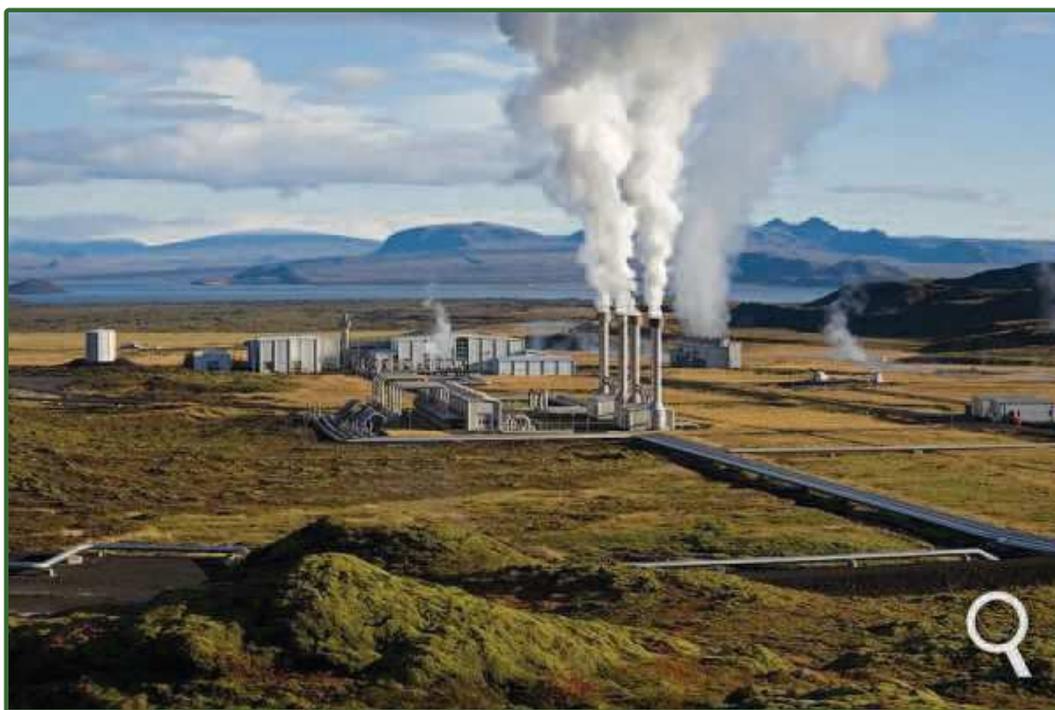
Contenus : Actualités | Personnalités | Dossiers | Glossaire | Fonds d'écran | Escapades | Livres | Logiciels | Questions-Réponses | Cartes virtuelles | Diaporamas

Index : A - B - C - D - E - F - G - H - I - J - K - L - M - N - O - P - Q - R - S - T - U - V - W - X - Y - Z | Revue de presse | Explo'Régions | 1 2

© 2001-2013 Futura-Sciences, tous droits réservés - MadeInFutura

Séquestrer le CO2 et booster la géothermie à la fois

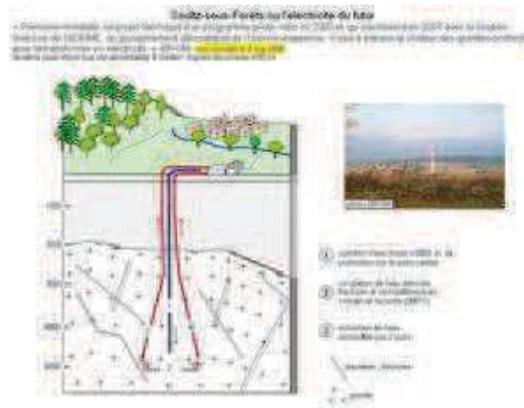
Recyclé pour puiser l'énergie géothermique, le dioxyde de carbone émis par des centrales de production d'énergie pourrait trouver une seconde jeunesse. Une partie de ce gaz pourrait en outre être séquestré dans le sous-sol, et donc extrait de l'atmosphère.



Centrale géothermique de Nesjavellir en Islande. © Greтар Ivarsson, domaine public

Du carbone qui circule à travers des kilomètres de sous-sol pourrait arracher efficacement la chaleur des profondeurs de la Terre et la ramener à la surface pour produire de l'électricité. Au passage, des stocks de CO₂ pourraient probablement se retrouver piégés dans le sous-sol. Selon le scientifique Miroslav Petro, directeur du projet *Symyx*, le concept est doublement séduisant : « *vous séquestrez le CO₂ et au même moment vous en tirez de l'énergie* ».

L'idée d'utiliser du dioxyde de carbone en géothermie n'est pas nouvelle. A l'origine, il s'agissait d'améliorer les systèmes d'injection d'eau dans le sous-sol chargés de fracturer les roches pour laisser le passage à l'eau, qui restait donc le caloporteur. Il est très difficile, en effet, d'obtenir une bonne fracturation et de maintenir un flux constant. Le projet le plus développé, européen, se trouve en France à Soultz-sous-forêts (Bas-Rhin) et il lui a fallu 20 ans pour atteindre seulement 1,5 mégawatt (MW) de puissance produite. Par ailleurs, le procédé s'est attiré l'opposition des riverains à cause des petits tremblements de terre provoqués par la fracturation des roches.



Cliquer pour agrandir. Principe du fonctionnement du programme pilote européen de Soultz-sous-forêts. Un fluide caloporteur, ici l'eau, est injectée en profondeur. Lorsqu'il circule dans les roches chaudes, il se réchauffe. L'extraction de ce fluide chaud permet alors de récupérer l'énergie géothermique avant de la convertir en électricité. © A. Gallien – Banque de schémas - SVT

En 2000, le physicien Donald Brown du *Los Alamos National Laboratory* a proposé de remplacer l'eau par du dioxyde de carbone supercritique, une forme pressurisée en partie gazeuse et en partie liquide. Ce fluide supercritique est moins visqueux que l'eau et circulerait donc plus facilement à travers les roches. La différence de densité entre le fluide propulsé dans les roches, froid, et celui, plus chaud, récupéré devrait produire un effet siphon qui réduirait le coût énergétique du processus. Enfin, Donald Brown souligne qu'au lieu d'utiliser de précieuses ressources d'eau douce, ce concept séquestrerait l'équivalent de 70 ans d'émissions de CO₂ d'une centrale à charbon de 500 MW.

Six ans plus tard, l'hydrogéologue Karsten Pruess du *Lawrence Berkeley National Laboratory* réalisait la première modélisation de cette technologie. D'après les projections de Pruess, un projet comme Soultz-sous-forêts pourrait produire 50% d'énergie en plus si l'on remplaçait l'eau par du dioxyde de carbone.

Le CO₂ à l'eau, plus fort que la menthe à l'eau

Le point le plus important, selon Miroslav Petro, est le comportement du CO₂ supercritique vis-à-vis des minéraux et des roches. Pur, ce fluide ne peut dissoudre les minéraux. Mais en association avec une fraction d'eau, il peut former un « *soda acide* », un super-dissolvant selon les propres mots de Miroslav Petro.

En septembre 2009, le promoteur de géothermie *GreenFire Energy* a annoncé la création d'une joint-venture avec un exploitant pétrolier, *Enhanced Oil Resources*, pour construire entre l'Arizona et le Nouveau Mexique une centrale de démonstration de deux MW basée sur le dioxyde de carbone. Le lieu d'implantation de cette centrale aurait un potentiel de production de 800 MW (un peu moins qu'une tranche de centrale nucléaire) et un potentiel de stockage de CO₂ équivalent aux émissions de six importantes centrales à charbon.

Selon Martin Saar, géophysicien de l'Université du Minnesota, en combinant ce concept non pas aux installations géothermiques mais aux projets de capture et stockage du CO₂ qui prévoient d'utiliser le dioxyde de carbone sous sa forme supercritique, il serait possible d'exploiter la chaleur sans avoir à fracturer les roches et en exploitant des installations de forage et d'injection communes, donc moins coûteuses.

Le seul souci est le comportement du fluide dans les aquifères salins, mais d'après Saar, cela ne devrait pas être un problème si important car les densités sont différentes. Le CO₂ supercritique formerait une phase distincte au dessus de la saumure. Si les expériences de laboratoire confirment cette hypothèse et les autres, Saar affirme qu'un essai grandeur nature de géothermie à base de CO₂ serait possible d'ici trois ans.

