

Chapitre V : La géothermie

- Mais la chaleur, produite essentiellement par la radioactivité des roches de l'intérieur de la terre, est plus importante que celle que peut évacuer la conductivité thermique. Il s'en suit un déplacement des roches chaudes vers la surface ce qui permet une évacuation plus rapide et plus efficace de la chaleur.
- Ces mouvements de convection entraînent une distribution inégale des températures qui se traduisent par des variations très rapides de densité au niveau de la lithosphère, près de la surface, et qui donnent naissance à des forces particulièrement efficaces qui agissent directement sur les plaques de lithosphère et sont la cause principale de leur mouvement ; par exemple, en s'éloignant de la dorsale, la lithosphère océanique se refroidit et s'épaissit (subsidence thermique), l'augmentation de sa densité au-delà d'un seuil d'équilibre explique son plongement dans l'asthénosphère, c'est l'entrée en subduction.
- C'est donc la dissipation de la chaleur interne de la Terre qui fournit l'énergie nécessaire à la tectonique des plaques.

V.15-Les perspectives technologiques

Géothermie et production combinée d'électricité et de chaleur Le marché total de la géothermie (chaleur et électricité) était estimé à environ 2 milliards d'euros en 2005, soit 7 % du marché total des énergies renouvelables, pour un taux de croissance annuel moyen observé depuis les années 80 d'environ 5 %. Un moyen d'accroître les parts de marché de la géothermie est d'encourager la réalisation d'opérations assurant une production combinée d'électricité et de chaleur. Aujourd'hui, il est possible techniquement de produire de l'électricité avec des ressources géothermales dont la température est de l'ordre de 100 °C en mettant en œuvre des unités à cycles binaires (avec cycle de Rankine ou cycle de Kalina). Ces ressources sont mieux réparties que des ressources à plus haute température, mais les rendements de conversion thermo-électrique théoriquement atteignables restent limités à quelques pourcents. Une façon d'améliorer la performance de ces unités est donc de valoriser la chaleur résiduelle qu'elles produisent en alimentant par exemple un réseau de chaleur. Ce type d'opérations commence à se diffuser en Europe. Ainsi, l'Autriche a installé sur des aquifères karstiques à 2 500 mètres de profondeur et à respectivement 106 °C et 110 °C, des unités de 1 MW à Altheim et 180 kW à Blumau. L'Allemagne dispose également depuis 2003, sur le site de Neustadt-Glewe, d'une centrale à cycle binaire d'une puissance électrique de 230 kW qui utilise un fluide géothermal de 98 °C. Depuis, trois autres centrales à cycle binaire ont été installées à Landau/Pfalz (3,8 MW), Bruchsal (1 MW), Unterhaching (3,2 MW).

Les technologies de systèmes géothermiques stimulés (EGS) Jusqu'à ce jour, la géothermie n'a été développée économiquement que dans des zones géologiques à forte perméabilité naturelle,

Chapitre V : La géothermie

qu'il s'agisse de systèmes volcaniques fracturés ou d'horizons favorables de certains bassins sédimentaires. Il reste à tester l'immense potentiel des zones profondes des plates-formes continentales stables. À ce titre, démontrer la faisabilité technique et économique des technologies EGS comme à Soultz-sous-Forêts en Alsace, grâce aux travaux de recherche entrepris, est un enjeu important et qui suscite un intérêt croissant dans le monde.

Vers un modèle global La tomographie thermique permet d'observer des mouvements ascendants de la matière chaude et solide de grande ampleur au sein du manteau La tomographie sismique permet d'établir des « coupes » du globe terrestre grâce à une analyse des vitesses de propagation des ondes sismiques. Les vitesses enregistrées dépendent, notamment, des caractéristiques physiques du milieu traversé (température, pression). Sur chaque image, les régions colorées en rouge correspondent aux régions anormalement chaudes, la vitesse des ondes est inférieure à la vitesse « normale ». Les zones colorées en bleu montrent des régions « froides » ; les ondes s'y propagent rapidement. Ces zones froides correspondent aux plaques océaniques subduites dans le manteau.

V.16-Les systèmes hybrides

La dynamique actuelle des énergies renouvelables et l'attrait pour les dispositifs de production décentralisés d'électricité sont des éléments favorables à un renouveau de la géothermie.

Or l'une des particularités de la géothermie est qu'elle peut aussi être associée sur une même installation à d'autres sources d'énergie (biomasse, biogaz, solaire, etc.) : on parle alors d'installations hybrides. Ces installations sont amenées à se développer à deux échelles :

- -soit à l'échelle des réseaux de chaleur alimentés par la chaleur d'aquifères profonds ;
- -soit à l'échelle du bâtiment où des sondes géothermiques peuvent être associées à d'autres équipements fonctionnant avec d'autres sources d'énergie renouvelable (par exemple, des panneaux solaires ou une pile à combustible, etc.).

V.17-Séisme et géothermie

Dans les régions à risque sismique, la géothermie peut être affectée par certains séismes (dégradation d'installation, modification de circulation de la chaleur...).

Inversement, chaque opération de stimulation des réservoirs EGS par fracturation hydraulique peut provoquer des séquences plus ou moins longues de dizaines à milliers de microséismes (au moins plusieurs dizaines de séismes de magnitude supérieure ou égale à 2 pour chaque stimulation) ; c'est la « micro-sismicité induite ». C'est l'injection d'eau sous pression qui déclenche des micro-séismes de magnitude pouvant, assez rarement aller jusqu'à un maximum de 2,9 (comme à Soultz-sous-Forêts).

Chapitre V : La géothermie

Pour minimiser les « nuisances sismiques », les « stimulations chimiques », empruntées au secteur pétrolier et gazier ont été mises en œuvre dans certains forages géothermiques profonds.

Ces microséismes sont étudiés par les géologues, les pétroliers et les promoteurs de la géothermie profonde qui utilisent aussi la stimulation et l'entretien des fractures (soit par l'injection d'eau sous pression, soit avec adjonction de produits chimiques)⁴³. La fréquence, l'intensité et d'autres caractéristiques des microséismes peuvent être enregistrées par des réseaux de capteurs en surface (réseaux dits « EOST ») et en profondeur (réseau profond dits « GEIE »)⁴³. L'injection de produits chimiques sous pression, mélangés à de l'eau (acides, agents fluidifiants...), génère une moindre activité sismique que la stimulation hydraulique seule, mais modifie d'autres paramètres de l'environnement profond, voire du forage⁴³. Recourir à un fluide contenant certains agents chimiques qui vont dissoudre les minéraux hydrothermaux (calcite).

Selon le BRGM, « tous les sites de ce type (géothermie profonde) dans le monde ont dû faire face à l'occurrence de microséismes pouvant être ressentis par les populations, avec des conséquences parfois néfastes. Le phénomène de sismicité induite, bien que connu, n'est pas encore complètement compris physiquement par les scientifiques »⁴³. Grâce aux études en cours et aux données accumulées par les capteurs, les spécialistes espèrent pouvoir « trouver des voies pour réduire l'impact micro-sismique des projets géothermiques et ainsi gagner une meilleure acceptation de ces projets par les populations »⁴³.

L'activité micro-sismique est produite dès la montée en pression du fluide de fracturation. Elle varie fortement selon les changements de conditions hydrauliques. Elle s'atténue à l'arrêt des injections, mais se prolonge encore quelques jours après la stimulation par fracturation (« activité rémanente »)⁴³. Ces « micro-séismes » sont souvent des très basse énergie, et donc non perceptibles en surface par l'Homme (ils sont peut-être ressentis par des animaux plus sensibles, invertébrés y compris). En effet, l'énergie de ces ondes sismiques s'affaiblit d'autant plus que le forage est profond ou éloigné. Leur magnitude varie de -2 (seuil de détection) à 1,8 (seuil de perceptibilité par l'Homme en surface). À proximité de failles importantes, certains séismes de plus forte magnitude (> 1,8) sont néanmoins occasionnellement ressentis en surface. En condition d'exploitation de géothermie profonde, l'activité sismique induite est normalement trop faible pour pouvoir être ressentie par l'Homme en surface.

En Suisse, les projets de géothermie profonde sont suspendus à la suite de deux séismes ayant causé des dégâts (3,4 à Bâle en 2006, 3,6 à Saint-Gall 2013). En 2016, une étude est menée par

Chapitre V : La géothermie

le Centre suisse de compétence en recherche énergétique – approvisionnement en électricité (SCCER-SoE) pour éviter les séismes.

En Corée du Sud, la ville de Pohang a subi un séisme qui a été classé comme étant le second tremblement de terre le plus intense et destructeur jamais enregistré en Corée du Sud. Il a fait 135 blessés, et son coût a été estimé à 300 milliards de won, soit 290 millions de dollars américains.

Conclusion

L'**énergie souterraine** est réellement inépuisable et peut être utilisée aussi bien pour le chauffage que pour la production électrique. C'est une **énergie relativement propre** en fonction des techniques utilisées, par contre un forage reste une opération délicate.