



## Energie géothermique

*La vapeur géothermique, qui atteint souvent des températures de 250 à 300°C, constitue, maintenant plus que jamais, une des sources d'énergie les plus économiques. La vapeur, extraite de puits dont la profondeur est généralement comprise entre 500 et 1500 m, est envoyée directement vers des turbines pour produire de l'électricité. Toutefois, pour diverses raisons, l'énergie géothermique n'est actuellement exploitée que dans quelques régions du monde où l'existence à des profondeurs relativement faibles de fluides de haute température est connue depuis longtemps du fait de la manifestation de phénomènes thermiques à la surface.*

Actuellement, les principaux producteurs d'énergie électrique à partir de sources géothermiques sont les Etats-Unis, l'Italie et la Nouvelle-Zélande. Des centrales moins importantes sont en service dans les pays suivants: El Salvador, Islande, Japon, Mexique et Union soviétique. En Islande et en Hongrie, l'énergie géothermique est essentiellement utilisée pour le chauffage de bâtiments et de serres.

On mène actuellement des recherches intensives afin de découvrir de nouveaux gisements géothermiques. Des résultats prometteurs ont été obtenus dans de nombreux pays, notamment au Chili, à la Guadeloupe, en Indonésie, au Kenya, aux Philippines et en Turquie. Bien souvent, les recherches ont été effectuées avec l'appui financier du PNUD.

Aux Etats-Unis, on a entrepris des études et des expériences visant à créer des gisements géothermiques artificiels en extrayant par injection d'eau la chaleur contenue dans des roches chaudes sèches fracturées artificiellement.

Au nombre des méthodes essentiellement utilisées dans les études géothermiques figurent les méthodes géochimiques y compris celles qui font appel aux isotopes naturels. C'est pourquoi l'AIEA a réuni un Groupe consultatif sur les applications des techniques nucléaires dans les études géothermiques; cette réunion, organisée en collaboration avec l'Istituto Internazionale per le Ricerche Geotermiche du Consiglio Nazionale delle Ricerche s'est tenue à Pise (Italie) du 8 au 12 septembre. Son objet était de procéder à l'étude critique des données existantes, de présenter des méthodes et des idées nouvelles et d'orienter de manière générale les recherches futures.

A cette réunion assistaient des scientifiques venus des Etats-Unis, de France, d'Islande, d'Israël, d'Italie, du Japon, de la Nouvelle-Zélande et de la République fédérale d'Allemagne; M. A.J. Ellis (Nouvelle-Zélande) en a été élu Président. Une journée a été consacrée à une excursion à Larderello, à une centaine de kilomètres au sud-est de Pise, pour visiter le gisement géothermique le plus important d'Italie, et l'un des plus grands du monde, qui est aussi le premier à avoir été exploité pour la production d'énergie électrique (1904).

Les communications présentées à la réunion traitaient des gaz rares dans les fluides géothermiques, de l'évaluation de la température en profondeur au moyen de méthodes géochimiques et isotopiques et des études faites à l'aide de techniques isotopiques dans des gisements géothermiques aux Etats-Unis, en Grèce, en Islande, en Italie, au Japon, en Nouvelle-Zélande et dans le Territoire français des Afars et des Issas.

## GAZ RARES

On a démontré comment la teneur en gaz rares et la composition isotopique dépendent des particularités géologiques et géochimiques des gisements géothermiques. A l'aide du radon, on peut déterminer le temps de renouvellement de l'eau des réservoirs de gisements géothermiques déjà exploités ainsi que de systèmes géothermiques artificiellement stimulés.

La détermination de la composition isotopique de l'hélium est un moyen relativement nouveau employé dans la géochimie isotopique des systèmes géothermiques. Les premiers résultats indiquent que l'enrichissement en  $^3\text{He}$  des fluides géothermiques et des gaz volcaniques est supérieur d'environ 10 fois au rapport isotopique de l'hélium atmosphérique, ce qui est le signe d'une arrivée d'hélium primordial.

La détermination de la teneur en radon et en hélium des eaux souterraines est aussi un nouveau moyen de prédire les séismes, ainsi qu'on l'a découvert par hasard lors du tremblement de terre survenu en 1966 à Tachkent, en Union soviétique. Un programme a été établi aux Etats-Unis pour contrôler la teneur en radon et en hélium des eaux souterraines le long d'une partie de la faille de San Andreas en Californie, qui est une zone de forte activité sismique et géothermique.

## GEOCHIMIE

L'analyse chimique et isotopique des composants des fluides géothermiques permettra peut-être d'évaluer la température en profondeur. Cette impression est fondée essentiellement sur les hypothèses suivantes: 1) il existe un équilibre chimique et isotopique entre les corps qui interviennent dans une réaction déterminée, fonction de la température, dans les conditions que l'on rencontre en profondeur dans le réservoir géothermique et 2) il n'y a pas rééquilibrage entre la sortie des corps en réaction du réservoir et le moment de la prise d'échantillons. Si l'on mélange des fluides présentant des caractéristiques différentes ou qu'on les mélange avec des eaux souterraines peu profondes, l'évaluation de la température risque de s'en trouver compliquée. Toutefois, en utilisant plusieurs géothermomètres on parviendra peut-être à évaluer le mélange et, en conséquence, à réaliser des modèles exacts des systèmes géothermiques.

Les principaux géothermomètres chimiques d'utilisation courante sont fondés sur la solubilité du quartz et sur les rapports NA-K-Ca. Quant aux principaux géothermomètres isotopiques, ils sont fondés sur l'équilibre isotopique dans les systèmes  $\text{CH}_4-\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2-\text{CH}_4$ ,  $\text{SO}_4-\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_4-\text{H}_2\text{S}$ .

## ETUDES SUR LE TERRAIN

Des méthodes isotopiques ont été utilisées pour des études approfondies faites sur les principaux gisements géothermiques du monde et pour des études de prospection menées dans des régions susceptibles de présenter une activité géothermique.

Ces méthodes constituent souvent un moyen unique en son genre d'obtenir certains types de renseignements sur les gisements géothermiques, notamment en ce qui concerne l'origine des composants des fluides (ainsi, il y a 20 ans on croyait que l'eau magmatique était l'élément principal du fluide géothermique jusqu'à ce que les isotopes aient permis de démontrer que les eaux géothermiques étaient d'origine météorique, le mode d'écoulement à partir de la zone de recharge, le mélange et l'interaction avec d'autres fluides, la température en profondeur, etc. En répétant les mesures isotopiques à différents moments on obtient des renseignements sur les modifications survenues dans le gisement géothermique du fait de l'exploitation, ce qui peut avoir des conséquences importantes sur l'exploitation du gisement.