

# L'électricité géothermique haute température

## Rapide historique

Les premières traces d'utilisation de la géothermie par l'homme remontent à près de 20 000 ans. Depuis un siècle, les exploitations industrielles se sont développées pour la production d'électricité. Dès le quatorzième siècle apparaissent quelques usages « industriels » comme le lavage de la laine et des peaux. A 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.

En 1818, le Français François Larderel entreprend dans la région de Volterra la première véritable exploitation industrielle – donnant naissance à un village qui portera son nom. Il invente la technique du « lagoni couvert », permettant de capter la vapeur à une température suffisante pour alimenter des machines destinées à pomper les eaux boriques. L'Islande, à la même époque, consacre son premier usage industriel de la géothermie à l'extraction du sel. C'est encore en Italie, à Larderello, que la géothermie produit de l'électricité pour la première fois au monde, en 1904.

La production mondiale d'électricité géothermique ne devient significative qu'à partir des années 1970, poussée par les crises pétrolières. La puissance électrique installée dans le monde est ainsi passée de 400 MW en 1960 à 8 000 MW à la fin du siècle.

## État de l'art

La production d'électricité n'est pratiquement possible qu'avec des sources de température supérieure à 100 °C. Les rendements sont globalement assez faibles, de l'ordre de 5 à 10 %, mais la géothermie a l'avantage de produire de l'électricité de base de manière parfaitement régulière.

Plusieurs techniques existent : pour les sources de vapeur haute température, l'électricité peut être produite directement par injection de la vapeur dans une turbine ou indirectement par échange de chaleur avec une eau moins corrosive. Pour les sources moins chaudes (moins de 175 °C), de nombreuses techniques jouent sur la condensation puis la détente du fluide géothermal. La technique dite du « cycle binaire » utilisée pour des installations de petite capacité utilise la chaleur du fluide géothermal pour vaporiser un fluide au point d'ébullition beaucoup plus bas que l'eau. Enfin, la technologie des « enhanced geothermal systems » (EGS), telle qu'elle est expérimentée à Soultz-sous-Forêts en France, consiste à exploiter la chaleur de réservoirs de faible perméabilité en stimulant des fractures dans celui-ci pour permettre la circulation de fluide géothermal. Cette technique, si elle se développait, permettrait d'accroître très largement le gisement utilisable.

Toutes les techniques électriques peuvent bien sûr être couplées à une valorisation de la chaleur par cogénération et permettre ainsi d'améliorer très sensiblement le rendement de l'installation.

## Coûts de la production électrique

**Investissement** : L'investissement est très variable en fonction des gisements et des techniques : 1 200 à 3 900 €/kW installé selon les données du Ministère de l'énergie américain (US DOE), 1 000 à 10 000 euros selon la Commission Européenne. La technologie des EGS espère des coûts à terme de 2 à 3 000 €/kW

**Coûts de production** : Ils sont eux aussi très variables en fonction de la qualité des gisements et de la situation géographique : 40 à 120 /MWh (et même entre 12 à 40 /MWh aux États-Unis).

### L'électricité géothermique HT en bref

**Capacité installée** : 8,9 GW

**Production annuelle** : 55 TWh

2 000 à 5 000 /kW installé

4 à 12 ct€/kWh

**Durée de vie** : 30 à 50 ans

**Rendement** : 5 à 10 %, > 90 % si cogénération

**Marché** : 1,6 g

**Emplois** : 1/GWh

**Émissions de GES** : 15- 60gCO<sub>2</sub>/kWh

## Capacité installée<sup>(31)</sup>

La capacité mondiale installée atteignait 8,9 GW fin 2005. Sept pays (États-Unis, Philippines, Mexique, Italie, Japon, Indonésie, Nouvelle Zélande) regroupent aujourd'hui 90 % de cette capacité.

## Production

La production mondiale d'électricité par géothermie a atteint 55 TWh en 2005.

Il est intéressant de noter qu'elle représente déjà 10 % de la consommation pour trois pays en développement : Philippines, Salvador, Nicaragua.

## Marché actuel

Le marché de l'électricité géothermique était estimé à environ 1,6 milliards d'euros en 2005<sup>(32)</sup>, soit 5 % du marché total des énergies renouvelables. Le taux de croissance annuel moyen observé depuis les années 80 est de 5 %.

Le marché des centrales électriques est aujourd'hui concentré en Asie et en Amérique latine. Cinq compagnies se le partagent au niveau international.

## Emplois

Les données pour 1999 faisaient état de 40 à 45 000 salariés soit 0,2 emploi par MW et 1 emploi par GWh.

## Émissions de gaz à effet de serre

Les émissions de gaz à effet de serre se situent dans une fourchette de 15 à 60 g CO<sub>2</sub>/kWh selon la productivité des puits, la température de l'eau géothermale et l'usage ou non de la chaleur cogénérée.

## Potentiels

Selon la US Geothermal association, le potentiel équipable pour la production d'électricité atteindrait 85 GW à l'horizon 2030 dont 45 pour le seul continent américain, 25 pour l'Asie du Sud Est et 10 pour l'Afrique de l'Est.

Le World Energy Assesment 2000, quant à lui, estime quant à lui les ressources économiquement exploitables (chaleur et électricité) à 12 Gtep, ce qui est considérable.

(32) « Renewables, Global Status Report », REN 21, 2006.

(33) In « Renewables for power generation », AIE 2003.