



Voyage au centre de la Terre Journey to the Center of the Earth

Moins médiatique que l'énergie éolienne ou photovoltaïque, la géothermie est pourtant la troisième source d'énergie renouvelable dans le monde derrière la biomasse et l'hydraulique. Avec respectivement 8 340 MWe pour la production d'électricité et 9 963 MWth pour la production de chaleur, la géothermie présente une véritable alternative aux énergies conventionnelles, aussi bien pour les nations industrialisées que pour les pays en développement. De plus, grâce à de perpétuelles évolutions technologiques telles que la production binaire d'électricité ou les programmes de géothermie profonde, l'énergie géothermique n'a pas fini son ascension.

Even though it gets less media coverage and exposure than wind power or photovoltaic electric power, geothermal power is the third most important renewable energy source in the world positioned behind biomass energy and hydraulic energy. With respectively 8 340 MWe for electricity production and 9 963 MWth for production of heat, geothermal power is a real alternative to conventional energies, and this just as much for the industrialized nations as for the developing countries. In addition, thanks to continuing technological evolutions such as binary electricity production or deep geothermal programs, geothermal energy hasn't finished its rise in importance yet.

Près d'un siècle après ses premières exploitations commerciales, la géothermie est aujourd'hui la troisième source d'énergie renouvelable dans le monde. En 1998, une cinquantaine de pays dans le monde possédaient des installations géothermiques pour la production d'électricité ou des utilisations directes de chaleur.

Entre 1990 et 1998, la capacité géothermique mondiale installée dédiée à la production d'électricité est passée de 5 836 MWe à 8 340 MWe, soit une progression annuelle de 4,6 % (cf. tableau 1).

Early a century after its first commercial applications, geothermal energy is today the third most important renewable energy source in the world. In 1998, almost fifty different countries all over the world had geothermal installations for production of electricity or for heat purposes.

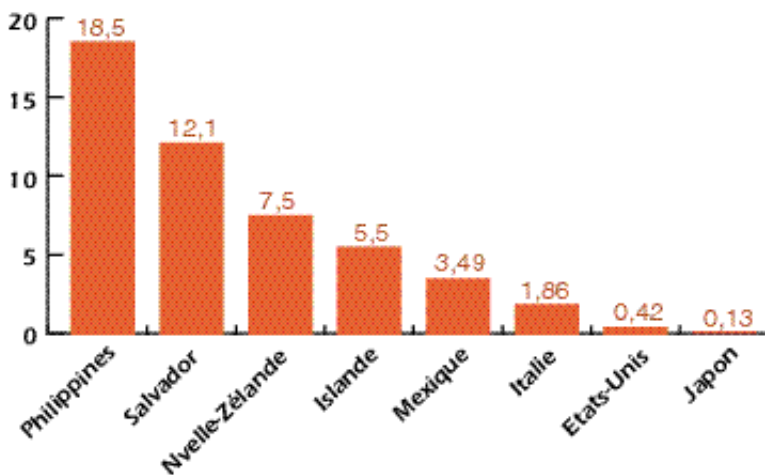
Between 1990 and 1998, the worldwide installed geothermal capacity dedicated to electricity production grew from 5 836 MWe to 8 340 MWe, i.e. an annual progression of 4.6% (see Table 1).

T 1 - Evolution de la capacité géothermique installée dans le monde pour la production d'électricité en MWe / Evolution of worldwide installed geothermal capacity for production of electricity (in MWe)

	1990	1995	1998
Union européenne	552	641	792
Autres pays d'Europe	76	81	171
Total Europe	628	722	963
Amérique du Nord	3 475	3 570	3 602
Amérique Centrale et du Sud	131	196	361
Total Amérique	3 606	3 766	3 963
Asie	1 270	1 980	3 000
Océanie	283	286	365
Afrique	49	49	49
Total monde	5 836	6 803	8 340

EurObserv'ER

G 1 - Part de l'électricité d'origine géothermique dans la production électrique en 1997 (en %) / Share of electricity of geothermal origin in electricity production in 1997 (in %)



BRGM

En 1998, les premiers pays en matière d'électricité géothermique (cf. tableau 2) étaient les Etats-Unis (2 849 MWe), les Philippines (1 848 MWe), l'Italie (768,5 MWe), le Mexique (753 MWe), l'Indonésie (589,5 MWe) et le Japon (530 MWe). Ces six nations, représentent 88 % de la capacité mondiale installée en matière d'électricité géothermique. On note qu'à l'exception de l'Islande et de l'Italie, qui rassemble à elle seule 97 % de la capacité électrique géothermique européenne, toutes ces nations sont localisées sur la "Ceinture de Feu", une zone d'activité tectonique et volcanique intense située autour de l'océan Pacifique. Entre 1990 et 1998, les pays qui ont le plus développé leur capacité géothermique haute enthalpie ont été les Philippines (augmentation de 957 MWe) et l'Indonésie (augmentation de 444,7 MWe). Le Japon, avec 315,4 MWe de capacité nouvellement installée sur la période, est quant à lui devenu le géant industriel de la filière électricité géothermique. Le graphique 1 (voir ci-contre) montre que dans le cas de pays en développement, la part de l'électricité d'origine géothermique dans la production nationale peut être très significative. Les Philippines avec 18 %, le Salvador (12 %) et dans une moindre mesure le Mexique (3,5 %) trouvent dans la géothermie une solution à la croissance de leur demande intérieure d'électricité. Les exemples de la Nouvelle-Zélande et de l'Islande prouvent également que des pays industrialisés peuvent s'appuyer sur cette source d'énergie pour leur production électrique. Pour l'Islande, une étude de la Commission européenne estime qu'à l'horizon 2000, ce taux pourrait atteindre les 15 %. En revanche, la part relative de l'électricité géothermique aux Etats-Unis et au Japon est très faible, malgré le poids prépondérant de ces deux nations sur la scène géothermique mondiale.

Contrairement à la production d'électricité d'origine géothermale, il est difficile d'évaluer précisément la capacité mondiale installée relative à la production de chaleur. Les applications sont en effet très diversifiées (chauffage de logements, chauffage de serres, chauffage de bassins de pisciculture, balnéologie et thermalisme, utilisation de chaleur dans des process industriels, etc.), et les installations sont de tailles très variées. Par ailleurs, certains pays intègrent la contribution énergétique liée au thermalisme (cas de la France). En tenant compte de ces considérations⁽¹⁾, la capacité mondiale installée en 1997 pouvait être évaluée à 9 971 MWth (cf. tableau 3), avec, entre 1995 et 1997, une capacité installée supplémentaire

In 1998, the leading countries in geothermal electricity production (see Table 2) were the United States (2 849 MWe), the Philippines (1 848 MWe), Italy (768.5 MWe), Mexico (753 MWe), Indonesia (589.5 MWe) and Japan (530 MWe). These six nations represent 88% of worldwide installed geothermal electricity capacity. It should be noted that with the exception of Iceland and Italy, which alone accounts for 97% of European geothermal capacity, all these nations are located on the "Ring of Fire", a zone of intense tectonic and volcanic activity situated all around the Pacific Ocean. Between 1990 and 1998, those countries which developed their high enthalpy geothermal capacity the most were the Philippines (increase of 957 MWe) and Indonesia (increase of 444.7 MWe). Japan, with 315.4 MWe of new capacity installed over this period, has since become the industrial giant of the geothermal electricity market.

In the case of developing countries, the part of geothermal electricity in the total electricity production can be very significant (see graph 1). The Philippines with 18%, El Salvador (12%) and to a lesser degree Mexico (3.5%) have all found an answer to the increase in their internal demands of electricity in geothermal power. The examples of New Zealand and Iceland also prove that industrialized countries can rely on this energy source for their electrical production as well. In the case of Iceland, a study of the European Commission estimates that geothermal electricity could reach 15% of the total by the year 2000. On the other hand, the relative part held by geothermal electricity in the United States and Japan remains low in spite of the preponderant weight of these two nations on the international geothermal scene.

On the contrary to the production of electricity of geothermal origin, it is difficult to precisely evaluate worldwide installed capacity relative to the production of heat. Applications are very diversified (heating of housing, heating of greenhouses, heating of fish farm pools, balneology and water cures, use of heat in industrial processes, etc.), and installations are of greatly varied sizes. Moreover, certain countries also integrate the energy contribution linked to water cures (as is the case of France). Taking these considerations into account⁽¹⁾, worldwide capacity installed in 1997 can be evaluated at 9 971 MWth (see table 3). 1 736 MWth of additional capacity was installed between 1995 and 1997, i.e. an annual progression of 10%. China, with 3 800 geothermal installations (for a total production of 1 914 MWth) and the United States (with 1 905 MWth) clearly stand out from the pack. The main difference between these two countries is found in the modes of valorizing the heat produced. In China, 50% of the installations are designed to supply hot water for pisciculture basins, while in the United States 60% of the installations are heat networks for residential and office buildings.

Among the countries having a geothermal heat production capacity of more than 1 000 MWth (see Table 4), Europe is

T 2 - « Top dix » des pays ayant des installations électriques géothermiques en 1990 et 1998 / "Top 10" countries having geothermal electricity installations in 1990 and 1998

Pays	1990	1998
Etats-Unis	2 774,6	2 849
Philippines	891	1 848
Italie	545	768,5
Mexique	700	753
Indonésie	144,6	589,5
Japon	214,6	530
Nouvelle-Zélande	283,2	365
Le Salvador	95	165
Islande	44,6	140
Costa Rica	-	125
Total	5 693	8 133

EurObserv'ER

T 3 - Capacités géothermiques installées pour la production de chaleur en 1995 et 1997 (en MWth) / Installed geothermal capacities for production of heat at the end of 1997 (in MWth)

	1995	1997
Union européenne	738,6	1 039
Autres pays d'Europe	2 973,1	3 572
Total Europe	3 711,7	4 611
Am. du Nord	1 874	1 908
Am. Centrale et du Sud	2,6	-
Total Amérique	1 876,6	1 908
Asie	2 233	3 117
Océanie	264	264
Afrique	144,2	71
Total monde	8 229,5	9 971

EurObserv'ER



DR

Centrale de production de chaleur de Nesjavellir en Islande. / Heat production plant of Nesjavellir in Iceland.

T 4 - « Top 10 » des pays produisant de la chaleur géothermique en 1997 / "Top 10" countries producing geothermal heat at the end of 1997

Pays	Capacité installée en MWth
Chine	1 914
Etats-Unis	1 905
Islande	1 443
Japon	1 159
Hongrie	750
Italie	314
France	309
Allemagne	307
Nouvelle-Zélande	264
Géorgie	245
Total	8 610

EurObserv'ER

de 1 736 MWth, soit une progression annuelle de l'ordre de 10 %. La Chine, avec 3 800 installations géothermiques (pour un total de 1 914 MWth) et les Etats-Unis (1 905 MWth) se détachent nettement. La principale différence entre ces deux pays réside dans les modes de valorisation de la chaleur produite. En Chine, en effet, 50 % des installations sont destinées à alimenter en eau chaude des bassins de pisciculture, alors qu'aux Etats-Unis, 60 % de la puissance installée correspondent à des pompes à chaleur géothermales destinées au chauffage et à la climatisation de logements ou de bâtiments tertiaires. Parmi les pays ayant une capacité de production de chaleur géothermique de plus de 1 000 MWth (cf. tableau 4), l'Europe n'est représentée que par l'Islande (1 443 MWth). Néanmoins, c'est en Europe que la production de chaleur d'origine géothermale est la plus importante, avec plus de 3 700 MWth installés. C'est ainsi que dans le "Top 10" mondial des pays valorisant leurs ressources géothermales pour des besoins de chaleur, figurent 6 pays européens. Cette situation est liée à des raisons historiques et de potentialités. Les ressources géothermales, en Europe, sont essentiellement des ressources utilisables pour la production de chaleur, et depuis longtemps - puisque l'on peut remonter à l'Antiquité - le vieux continent a acquis une tradition de thermalisme qui s'est traduite depuis les années 60 par un développement axé surtout sur le chauffage.

La France n'est pas en reste, car avec 309 MWth installés en 1997, elle se place au quatrième rang européen et au septième rang mondial. Ainsi, 200 000 foyers sont chauffés par l'énergie géothermique dans le Bassin parisien, ce qui représente 10 % de la chaleur distribuée par les réseaux urbains. Par ailleurs, c'est en France et plus précisément en région parisienne que se trouve la plus grande densité au monde de réseaux de chaleur géothermique exploitant le même réservoir géothermal (la nappe du Dogger située à 2 000 mètres de profondeur).

Au niveau des utilisations, le poste le plus important est celui du chauffage des bâtiments résidentiels et tertiaires (cf. tableau 5). On note toutefois les grandes diversités entre les pays présentés quant à leur manière de valoriser de la chaleur géothermique.

S'agissant des perspectives de développement à court, moyen et long termes, les projets géothermiques pour des utilisations directes comme pour la production d'électricité sont nombreux. A court terme, se sont quelque 559 MWe qui devraient être construits dans le monde d'ici à l'An 2000 (cf. tableau 6). C'est au Mexique et en Indonésie que sont situés les projets les plus importants.

A moyen terme, la Commission européenne estime dans son Livre Bleu sur la géothermie⁽²⁾ que la capacité mondiale pourrait atteindre 18 767 MWe en 2010 (cf. tableau 7). Les experts du Département américain de l'énergie (US DOE) prévoient quant à eux qu'à cette époque, 18 millions d'Américains consommeront de l'électricité d'origine géothermique.

represented by Iceland alone (1 443 MWth). Nevertheless, it is in Europe that heat production of geothermal origin is the most important, with more than 3 700 MWth installed. It's in this way that 6 European nations are found positioned in the international "Top 10" of countries valorizing their geothermal resources for needs of heat. This situation is linked to both historical reasons and to potentialities. In Europe, geothermal resources are essentially resources used to produce heat, and this has been the case for a very long time now. This use goes all the way back to Antiquity, and the "Old Continent" has acquired a tradition of water cures and balneotherapy which, since the 1960s, has resulted in a development centered above all on heating.

France isn't to be outdone here, because with its 309 MWth installed in 1997 it is positioned in the fourth place in Europe and the seventh place worldwide. In this way, 200 000 households are being heated by geothermal energy in the Parisian basin. This represents 10% of the region's needs in heat. Furthermore, it's in France and more precisely in the region of Paris that the largest density of networks of geothermal heat exploiting the same geothermal reservoir (the Dogger layer located at a depth of 2 000 meters) in the world are found.

In terms of uses, the most important item is the heating of residential and tertiary buildings (see Table 5). However, it should be noted that there are diversities between the four countries regarding their modes of valorization geothermal heat.

Perspectives for the future being a question of perspectives for short, medium and long term development, geothermal projects for direct uses as well as for the production of electricity are numerous. In the short term, about 559 MWe should be constructed in the world between now and the year 2000 (see table 6). The biggest of these projects are found in Mexico and Indonesia.

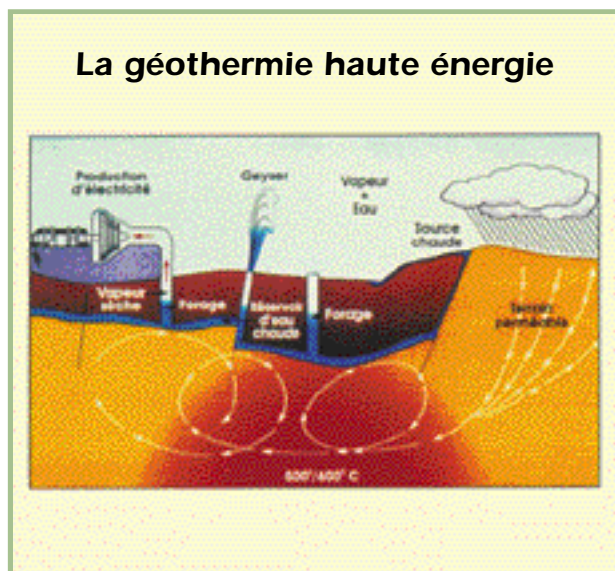
In the middle term, a study made by the European Commission⁽²⁾ foresees an installed power of 18 867 MWe by the year 2010 or so (see Table 7). The United States also plans on supporting development of its geothermal sector. In this way, the experts of the American Department of Energy (DOE) bank on geothermal electricity meeting the needs of 18 million Americans in 2010. The biggest potential in terms of development of geothermal electricity installations is found in Asia, where 5 658 MWe should be created by the year 2010, and in Latin American (+ 2 478 MWe). This growth can be explained by the fact that this energy represents, both economically and technologically, a solution for the needs of developing countries.

In the longer term, development of deep geothermal energy, also called "hot dry rocks", should open new prospects for this sector. The principle is to take advantage of existing natural deep fracturing (between 3 500 and 5 000 meters below the surface) to create a heat exchanger in which water injected from the surface of the drilling

T 5 - Répartition par poste des installations géothermiques pour la production de chaleur (en %) / Breakdown per item of geothermal installations for production of heat (in %)

Utilisation	Monde	Islande	Etats-Unis
Réseau de chaleur	33	77	10
Pompes à chaleur	12	0	59
Balnéologie	19	4	11
Serres	14	4	5
Pisciculture	11	3	10
Industrie	10	10	4
Fondeuse à neige	1	2	1
Total	100 %	100 %	100 %

Geothermic Ressources Council



La géothermie haute énergie exploite des niveaux élevés de température et permet la production d'électricité. / High enthalpy geothermal power exploits high level of temperatures for electricity generation.

T 6 - Principales centrales électriques géothermiques en cours de réalisation sur la période 1998-2000 / Principal geothermal electricity plants under construction for the period 1998-2000

Pays	Site/Opérateur	Etat d'avancement
Indonésie	Lahendong (20 MW) Alstom	En construction
	Dieng (110 MW) Ansaldo	Mise en service
Guatemala	Orzunil (24 MW) Ormat	En construction
Turquie	Aydin (100 MW) Ormat	En construction
Mexique	Cerro Prieto (115 MW) Mitsubishi	Mise en service
	Tres Virgenes (11 MW) Alstom	En pré-construction
Costa Rica	Miravalles (55 MW) Mitsubishi	Mise en service
Islande	Nesjavellir (64 MW) Mitsubishi	En service
	Sudurnes (60 MW) Fuji	En service
Total	559	

EurObserv'ER

Les plus gros potentiels de développement des installations électriques géothermiques se trouvent en Asie où 5 658 MWe devraient être créés d'ici à 2010, ainsi que dans les pays d'Amérique latine (+2 478 MW). Pourquoi une telle croissance ? Parce que l'énergie électrique géothermique représente, en termes économiques et technologiques, une solution parfaitement adaptée aux besoins des pays en développement.

A plus long terme, le développement de la géothermie profonde, appelée également "roches chaudes sèches", devrait ouvrir de nouvelles perspectives à cette filière. Le principe est de profiter de fracturations naturelles présentes en profondeur (entre 3 500 et 5 000 mètres) pour créer un échangeur thermique, dans lequel circulerait de l'eau injectée depuis la surface du forage. Le programme le plus avancé au niveau mondial est européen. Il associe, sur le site d'expérimentation de Soultz-sous-Forêts, en Alsace, des équipes scientifiques françaises, allemandes, suisses, italiennes et suédoises. La première phase de ce programme vient de s'achever sur des résultats très encourageants et la seconde phase, qui testera le concept étudié, s'étalera sur cinq ans. La diffusion à grande échelle d'installations géothermiques profondes ne se réalisera pas avant quinze ans.

S'agissant de la chaleur géothermique, les estimations concernant les capacités de production en Europe font état de 10 000 MWth supplémentaires d'ici à 2010, ce qui porterait le total à 14 607 MWth (cf. tableau 8). Même si ce tableau se limite à une seule région du monde, les autres grandes nations géothermiques développent aussi des projets ambitieux. Ainsi, aux Etats-Unis, le DOE prévoit de raccorder 7 millions de personnes à des réseaux de chaleur géothermiques.

La progression des capacités géothermiques dépend de l'évolution du prix des énergies fossiles et des orientations politiques des gouvernements en faveur des énergies renouvelables. En outre, l'ensemble des pays industrialisés doivent respecter les engagements, concernant la réduction des émissions de gaz à effet de serre, qu'ils ont pris lors du Sommet de Kyoto en décembre 1997. Ce point est un des arguments majeurs de l'énergie géothermique. Le tableau 9 est d'ailleurs éloquent quant aux propriétés non-polluantes de cette énergie. De plus, en référence au "Livre Blanc" de la Commission européenne, la progression de la géothermie d'ici à 2010 devrait être de 500 MWe supplémentaires pour la production d'électricité et de 3 700 MWth supplémentaires pour la production de chaleur (dont 1 950 MWth de pompes à chaleur géothermales).

L'autre grand avantage de l'énergie géothermique réside dans son coût. Pour les investisseurs comme pour les consommateurs, le coût d'une installation géothermique est sous certaines conditions (localisation de la ressource, financement, densité de la consommation, etc.) tout à fait compétitif. Concernant la production d'électricité, le coût de production de l'électricité géothermique varie en fonction de la puissance installée entre 30 et 55 euros par mégawattheure produit (cf. tableau 10). De plus, le fac-

would circulate. The biggest worldwide project currently being experimented concerning this technology is an European one. France, associated with scientific teams from five other European countries (Germany, Switzerland, England, Italy and Sweden), is conducting tests on the Soultz-sous-Forêts site in Alsace. The first phase of this programme has just been completed with very encouraging results. The second part of the project, which will take place from 2001 to 2005, will test the concept over a long period of time. Nevertheless, the wide scale development and expansion of deep geothermal installations is not foreseen for another fifteen years time or so.

In Europe, estimations of future capacities dedicated to heat purposes are for 14 607 MWth installed by the year 2010 (see graph 8), that is to say 10 000 MWth installed between now and 2010. Even if this picture is limited to only one region of the world, the other big geothermal nations are also developing ambitious projects. In this way, in the United States, the DOE plans on hooking up 7 million persons to geothermal heat networks.

Even though the progression of geothermal capacities is subject to assumptions regarding the evolution of the price of fossil fuels and the government support for renewable energies, all of the industrialized countries should respect their engagements made at the Kyoto Summit Meeting in December 1997. This point is one of the major arguments for geothermal energy (see Table 9). Moreover, in reference of the European Commission "White Book for RES", the progression of geothermal energy by the year 2010 should provide more than 500 MWe for electricity production and a supplementary 3 700 MWth for production of heat (including 1 950 MWth of geothermal heat pumps).

The other big advantage offered by geothermal energy is its cost. Under certain conditions (location of the resources, financing, consumption density) applications are already competitive for both investors and consumers. Regarding electricity, the production cost of geothermal electricity varies as a function of the installed

T 7 - Estimation de la capacité géothermique dans le monde pour la production d'électricité à l'horizon 2010 (en MWe) / Estimations of worldwide geothermal capacities for production of electricity by the year 2010 (in MWe)

Pays	Cap. installée en 1998	Cap. suppl. 1999-2005	Cap. suppl.* 2006-2010	Cap. totale* en 2010
Union Européenne	792	+ 128	+ 235	1 155
Islande	140	+ 60	+ 150	350
Russie	11	+ 130	+ 80	221
Turquie	20	+ 261	+ 200	481
Total Europe	963	+ 579	+ 665	2 207
Etats-Unis	2 849	+ 129	-	2 978
Mexique	753	+ 100	+ 335	1 188
Total Amérique du Nord	3 602	+ 229	+ 335	4 166
Amérique centrale et du Sud	361	+ 508	+ 1 535	2 404
Asie	3 000	+ 1 813	+ 3 845	8 658
Océanie	365	+ 187	+ 245	797
Afrique	49	+ 81	+ 405	535
Total	8 340	+ 3 397	+ 7 030	18 767

EurObserv'ER

* Chiffres issus du Livre Bleu de la Commission européenne.

T. 8 - Estimation de la capacité géothermique installée en Europe pour la production de chaleur à l'horizon 2010 (en MWth). / Estimation of worldwide geothermal capacity for production of heat by the year 2010 (in MWth)

Pays	Cap. installée en 1997	Cap suppl. 1998-2005	Cap. suppl.* 2006-2010	Cap. totale* en 2010
France	309	+ 90	+ 200	599
Allemagne	307	+ 144	+ 230	681
Italie	314	+ 50	+ 140	504
Autres pays de l'U.E	109	+ 130	+ 128	367
Total U.E	1 039	+ 414	+ 698	2 151
Islande	1 443	+ 290	+ 210	1 943
Suisse	190	+ 100	+ 50	340
Turquie	160	+ 120	+ 560	840
Russie	210	+ 500	+ 800	1 510
Autres pays européens	1 569	+ 2 280	+ 4 000	7 849
Total	4 611	+ 3 704	+ 6 318	14 633

Blue Book

* Chiffres issus du Livre Bleu de la Commission européenne.

T. 9 - Emissions de CO₂ en kg par MWh produit, suivant les énergies et les utilisations. / Kilograms of CO₂ emitted per MWh produced as per energies and uses

Source énergétique	Production d'électricité	Production de chaleur
Charbon	220	310
Pétrole	175	250
Gaz naturel	120	176
Géothermie	0	0

Source : Geothermic Ressources Council

teur de charge d'une centrale électrique géothermique (c'est-à-dire le rapport entre la production théorique maximale et la production réellement observée) est identique à celui d'une installation basée sur une énergie fossile. Ainsi s'expliquerait l'attrait qu'exerce la géothermie sur les pays en développement richement pourvus en ressources. Pour le consommateur, le calcul est également favorable puisque le prix du kWh thermique géothermique est compris entre 0,88 à 1,27 cents d'Euro. A titre de comparaison on peut avancer le coût du kWh thermique au gaz en France qui s'échelonne entre 3 et 6 cents d'Euro en fonction des différents tarifs de vente.

Des deux industries géothermiques - c'est-à-dire l'industrie de la production d'électricité et celle de la production de chaleur -, seule la première est facilement repérable. Le marché de la production de chaleur est souvent composé de multiples acteurs locaux, difficiles à recenser, et dont l'activité géothermique proprement dite ne représente qu'une faible part de leur activité globale.

L'industrie est aujourd'hui dominée par cinq firmes, qui se répartissent 90 % du marché. Il s'agit d'Ansaldo (ensemblier italien), de Fuji (constructeur de turbines japonais), de Mitsubishi (ensemblier japonais), d'Ormat (ensemblier israëlo-américain) et de Toshiba (constructeur de turbines japonais). Les constructeurs japonais, soutenus par un solide marché domestique, détiennent plus de 70 % de ce marché mondial. La France est présente par le biais du constructeur Alstom.

Avec 2 592 MWe installés depuis 1971, Toshiba est la première firme mondiale du marché. Spécialisée dans les turbines de grande puissance (30 et 55 MW), l'entreprise japonaise représente 35 % de la puissance installée. Comparés à ce chiffre, les 148,9 MWe d'Ormat peuvent paraître bien faibles, mais il faut préciser que l'entreprise israëlo-américaine est spécialisée depuis une dizaine d'années dans la technologie de production d'électricité par fluide binaire. Ce créneau, particulièrement adapté à des zones isolées des grands réseaux de distribution électrique, est en plein devenir et Ormat y occupe pour l'instant une position de quasi-monopole. Cette situation pourrait à l'avenir évoluer avec la présence de l'italien Turboden et du constructeur japonais Mitsubishi. Enfin, concernant l'ingénierie sous-sol (prospection, mise en valeur des champs géothermiques, forages, etc.), les compétences mondiales sont essentiellement américaines,

power : between 30 and 55 Euros per MWh (see Table 10). Furthermore, the load factor of a geothermal electricity plant (i.e. the ratio between the theoretical maximum annual production and the real output) is at least equal to that of an installation based on a nuclear fuel. It explains the attraction exerted by geothermal energy on those developing countries richly provided in resources. For the consumer, the calculation is also a favorable one since the price of a geothermal produced thermal kWh is situated at between 0.88 and 1.27 cents of Euro. By way of comparison, the cost of a gas produced thermal kWh in France can be put forward at between 3 and 6 cents of Euro as a function of different sale prices.

Only the geothermal electricity production sector has a clearly identified industry. The market of geothermal heat production is composed of local and regional actors which it is difficult to take an inventory of, and for which the geothermal activity often represents a small part of their global activity.

Five firms, representing 90% of the world market, dominate the geothermal energy industry: Ansaldo (the Italian packager), Fuji (the Japanese turbine manufacturer), Mitsubishi (the Japanese packager), Ormat (the Israeli-American packager) and Toshiba (the Japanese turbine manufacturer). Supported by a solid domestic market, today Japan possess the leading geothermal industry in the world with a market share of more than 70%. France is present by intermediary of Alstom.

With 2 592 MWe installed since 1971, Toshiba is the worldwide market leader. Specialized in high power turbines (30 and 55 MW), this Japanese company represents 35% of the installed power. Compared with this figure, the Ormat's 148.9 MWe may seem to minor, but it should be remembered that this Israeli-American company is specialized in binary technology of geothermal electricity production. Ormat is in a position of quasi monopoly in this field. This situation could evolve in the future due to the presence of the Italian company, Turboden, and the Japanese manufacturer, Mitsubishi. Lastly, world competencies are essentially American, Japanese, Italian, New Zealander, Icelandic and French with respect to underground engineering (prospecting, valorization of geothermal fields, drilling operations, etc.). Annual turnover for the geothermal sector is estimated at between 1 360 and 1 600 million Euros (for an annual installation rate of 600 MWe).

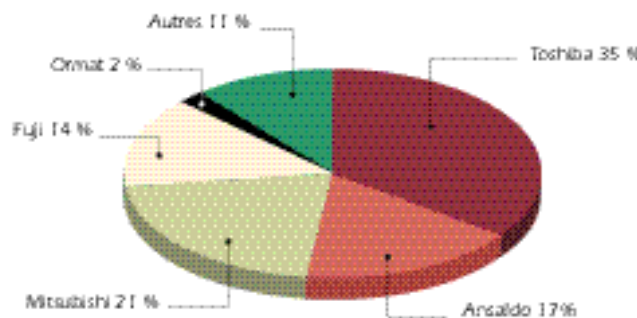
It is difficult to evaluate the number of jobs which are associated with geothermal energy. Overall, it is estimated that 35 000 to 40 000 persons throughout the world have a function which is directly or indirectly linked to this energy form. Following the example of wind power, as presented in issue 129 of *Systèmes Solaires* these essentially local jobs play an active role in achieving balanced national and regional development.

T. 10 - Comparaison du coût de production électrique entre une installation géothermique et des installations basées sur des énergies conventionnelles (en euro par MWh). / Comparison of the cost of electrical production between a geothermal installation and installations using conventional energies (in Euro per Mwh).

	Puissance (MWe)	Facteur de charge (%)	Coût par MWh produit
Géothermie	10 55	95 95	55 30
Charbon	600	90	40
Gaz naturel	225	95	32
Pétrole	600	95	42
Nucléaire	5 800	95	34

EurObserv'ER

G 2 - Part de marché de chaque firme concernant les installations électriques réalisées sur la période 1971-1997 / Market share of each firm concerning electrical installations realised for the period 1971-1997



EurObserv'ER

japonaises, italiennes, néo-zélandaises, islandaises et françaises. Le chiffre d'affaires annuel du secteur de la production électrique géothermique est estimé entre 1 360 et 1 600 millions d'Euros (pour un rythme d'installation annuel de 600 MWe).

Les emplois associés à l'énergie géothermique sont difficiles à évaluer. Globalement, on estime à 35 000/40 000 le nombre de personnes dans le monde ayant une fonction liée directement ou indirectement à cette énergie. A l'instar de l'énergie éolienne, présentée dans le n° 129 de *Systèmes Solaires* ces emplois essentiellement locaux participent activement à un aménagement équilibré du territoire.

Si le rythme de progression de l'énergie géothermique apparaît aujourd'hui plus modeste que pour l'éolien ou le photovoltaïque (5 % de progression annuelle en puissance installée pour la production d'électricité géothermique, et 10 % pour la production de chaleur, contre respectivement 26 % et 43 % pour l'éolien et le photovoltaïque), il faut noter que cette croissance a néanmoins l'avantage d'être régulière depuis 15 ans. De plus, la géothermie est une filière mature et techniquement maîtrisée, qui fait continuellement l'objet de progrès technologiques importants (production binaire d'électricité, utilisation de matériaux composites pour les puits, développement de pompes à chaleur de type géothermal et projets de roches chaudes sèches).

L'énergie géothermique, par ses atouts économiques et environnementaux, a par ailleurs un rôle important à jouer dans la redéfinition du panel énergétique mondial dans le cadre d'un développement durable. C'est particulièrement le cas en Europe, où les potentiels géothermiques ne sont pas encore assez pris en compte par les décideurs dans l'optique d'une augmentation de la part de l'électricité d'origine renouvelable. Gageons que ces obstacles d'ordre politique ne perturberont pas la croissance d'une énergie qui, aussi bien dans des pays industrialisés que dans des pays en développement, représente une alternative réelle aux énergies conventionnelles.

(1) Les méthodes de mesure et de comptabilisation des capacités géothermales de la production de chaleur diffèrent souvent d'un pays à l'autre. Ainsi, la France ne comptabilise pas ses sources thermales, contrairement à ce qui se pratique dans les pays de l'Europe de l'Est.

(2) Blue book on geothermal resources, a strategic plan for the development, 1997.

The rate of geothermal energy development (5% annual growth for the capacity installed for electricity generation and 10% annual growth for heat production) is different from that of wind power or photovoltaic energy (respectively 26% and 43%). Nevertheless, this growth has the advantage of having been regular for 15 years time. In addition, in terms of the potentials to be exploited and the new applied technologies (binary electricity production and dry hot rock projects), the sector indicators augur a prosperous future. Moreover, geothermal energy, due to its economic and environmental advantages, has an important role to play in redefining the world energy context in the scope of a sustainable development. This is particularly true in Europe, where the geothermal potentials are still not taken into consideration enough by the decision makers in the perspective of an increase in the part of electricity of renewable energy source origin. We're betting that these "political" obstacles aren't going to disturb the growth of an energy which represents a real alternative to conventional energies in both industrialized and developing countries.

(1) The methods of measuring and counting geothermal capacities for the production of heat are often different from one country to another. In this way, France does not count its thermal sources on the contrary to the practice of the Eastern European countries.

(2) Blue book on geothermal resources, a strategic plan for development, 1997.

Ce baromètre est paru dans le numéro 131 de la revue Systèmes Solaires.

This barometer was published in Systèmes Solaires (issue N°131).

**Pour commander ce numéro :
To order this issue :**

**Systèmes Solaires
146, rue de l'Université
F-75007 PARIS**

Tél. : 01 44 18 00 80

Fax : 01 44 18 00 36

**E-mail : systemes.solaires@wanadoo.fr
www.systemes-solaires.com**

Ce baromètre a été réalisé par Observ'ER dans le cadre du projet "EurObserv'ER" regroupant Observ'ER, Eurec Agency et Eufores, avec le soutien financier de l'Ademe et de la DG Tren (programme Altener) / This barometer was prepared by Observ'ER in the scope of "EurObserv'ER" Project which groups together Observ'ER, Eurec Agency and Eufores, with the financial support of the Ademe and DG Tren (Altener Programme).

