

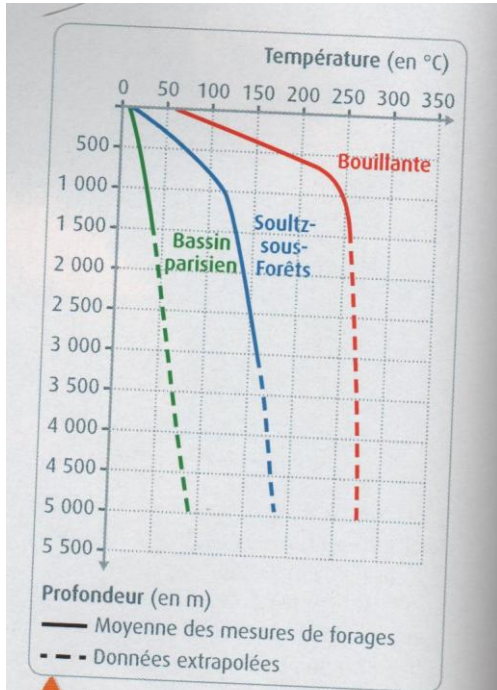
Belin Edition 2012

Les différentes enveloppes terrestres contiennent des éléments radioactifs : uranium (^{238}U et ^{235}U), thorium (^{232}Th) et potassium (^{40}K). Leur désintégration produit de l'énergie thermique : $9,94 \cdot 10^{-5} \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ pour ^{238}U et ^{235}U réunis ; $2,69 \cdot 10^{-5} \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ pour ^{232}Th ; $2,79 \cdot 10^{-5} \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ pour ^{40}K ($1\text{W} = 1 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$). Cette source d'énergie interne – inépuisable à l'échelle de l'humanité – est à l'origine de 50 à 75% de l'énergie thermique dissipée par la Terre.

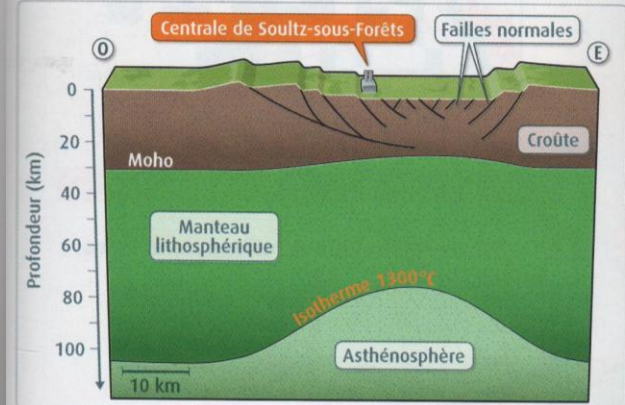
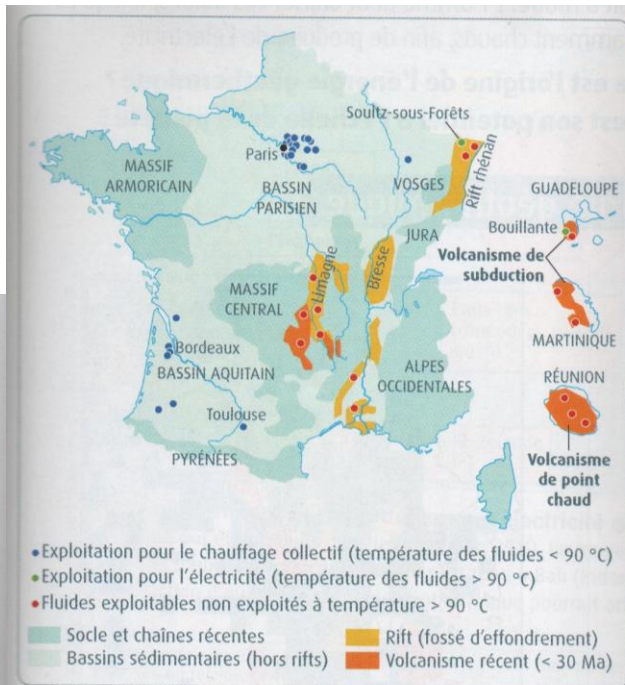
1 La principale source d'énergie interne de la Terre.

Enveloppes	Masse (en kg)	Concentrations des éléments (en ppm)		
		^{238}U et ^{235}U	^{232}Th	^{40}K
Croûte continentale	$1,38 \cdot 10^{22}$	1,60	5,80	2,38
Croûte océanique	$6,90 \cdot 10^{21}$	$9,00 \cdot 10^{-1}$	2,70	$4,76 \cdot 10^{-1}$
Manteau	$4,00 \cdot 10^{24}$	$2,70 \cdot 10^{-2}$	$9,40 \cdot 10^{-2}$	$3,90 \cdot 10^{-2}$
Noyau	$1,99 \cdot 10^{24}$	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,00 \cdot 10^{-4}$	$1,19 \cdot 10^{-4}$

2 Concentration en éléments radioactifs dans les enveloppes terrestres. Ppm signifie « partie pour million » : 1 ppm d'uranium = 1 mg d'uranium par kg de roche.



3 Évolution de la température en fonction de la profondeur, ou géotherme, dans le Bassin parisien, à Bouillante et à Soultz-sous-Forêts (voir doc. 4). Sous les continents, l'augmentation de température avec la profondeur (**gradient géothermique**) est en moyenne de $30\text{ }^{\circ}\text{C.km}^{-1}$. À Soultz et à Bouillante, le gradient entre 0 et - 1000 m est respectivement de 120 et $250\text{ }^{\circ}\text{C.km}^{-1}$.



5 Contexte géologique de la centrale géothermique de Soultz-sous-Forêts : le rift rhénan. Il y a 35 Ma, une phase d'extension de la lithosphère continentale s'est produite en Europe de l'Ouest. Ce phénomène s'est accompagné d'une remontée de l'asthénosphère et d'une activité magmatique. Plusieurs fossés d'effondrement, ou rifts, sont les témoins de ce processus.

4 Carte géologique simplifiée présentant les exploitations géothermiques de grande taille pour le chauffage collectif et l'électricité.



Interview de Jacques Varet, conseiller de direction au BRGM.

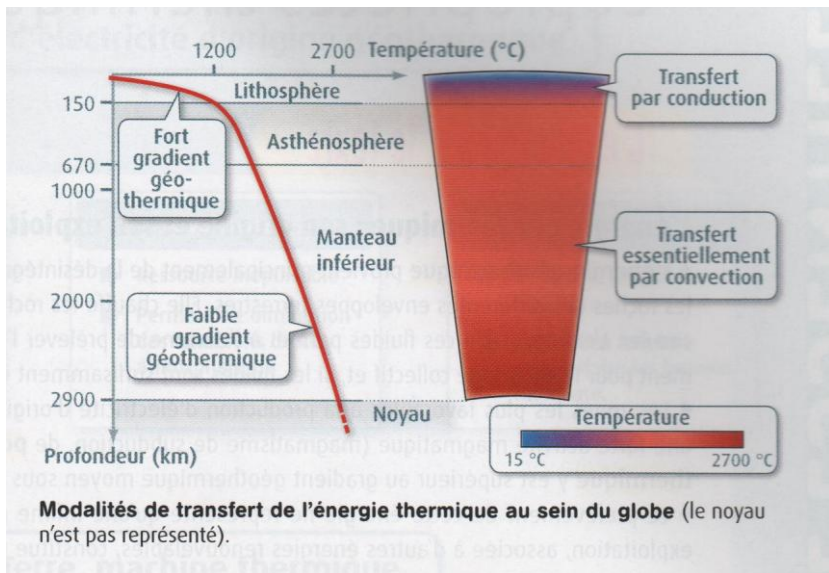
Les bassins sédimentaires contiennent d'importantes réserves d'eaux chaudes. Leur exploitation pour le chauffage collectif permet d'économiser $4,5.10^{14}$ J d'électricité par an, ce qui évite le rejet de plus de 400000 tonnes de CO_2 . Il est possible d'en faire beaucoup plus : si les réserves d'eau géothermale sont moins bien connues dans les régions où le socle cristallin affleure, il reste possible d'y construire des installations individuelles qui exploitent l'énergie géothermique récupérée par des fluides mis en circulation dans le sol à très faible profondeur.



Interview de Albert Genter, ingénieur géologue à Soultz-sous-Forêts.

En métropole, les rifts présentent un fort potentiel pour la production d'électricité géothermique car le gradient géothermique y est élevé. La centrale pilote de Soultz-sous-Forêts produit de l'électricité à partir de fluides traversant le socle granitique fracturé. Elle permet de tester de nouvelles technologies de pompage et de production. La production d'électricité géothermique présente l'intérêt d'être stable dans le temps et d'émettre 10 fois moins de CO_2 que les techniques utilisant les combustibles fossiles. Mais elle ne peut satisfaire les besoins : l'électricité géothermique mondiale représente aujourd'hui 14% de la consommation annuelle d'électricité en France.

6 Potentiel de l'énergie géothermique en France.



La production d'électricité d'origine géothermique

Trois contextes favorables

- ➔ Zones de subduction
- ➔ Points chauds
- ➔ Rifts continentaux

- Flux et gradient géothermiques forts
- Activité magmatique

Avantages

- ➔ Ressource inépuisable
- ➔ Permet une diminution des émissions de CO₂ atmosphérique

Limites

- ➔ Ressource inégalement répartie
- ➔ Production très loin de satisfaire les besoins mondiaux

La Terre, machine thermique

<ul style="list-style-type: none"> ➔ Contexte favorable à la production d'électricité d'origine géothermique ➔ Divergence des plaques de lithosphère océanique ➔ Production d'énergie géothermique par désintégration d'éléments radioactifs 	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Ascension de matériau mantellique profond, solide et chaud (dissipation d'énergie géothermique par convection) ➔ Plongement d'une lithosphère océanique âgée, refroidie et plus dense que le manteau sous-jacent (mouvement de convection descendant) ➔ Remontée passive de matériau mantellique peu profond, solide et chaud ➔ Dissipation d'énergie géothermique par conduction
---	--