

**Thème : Thème : Enjeux planétaires contemporains.**

## **Géothermie et propriétés thermiques de la Terre**



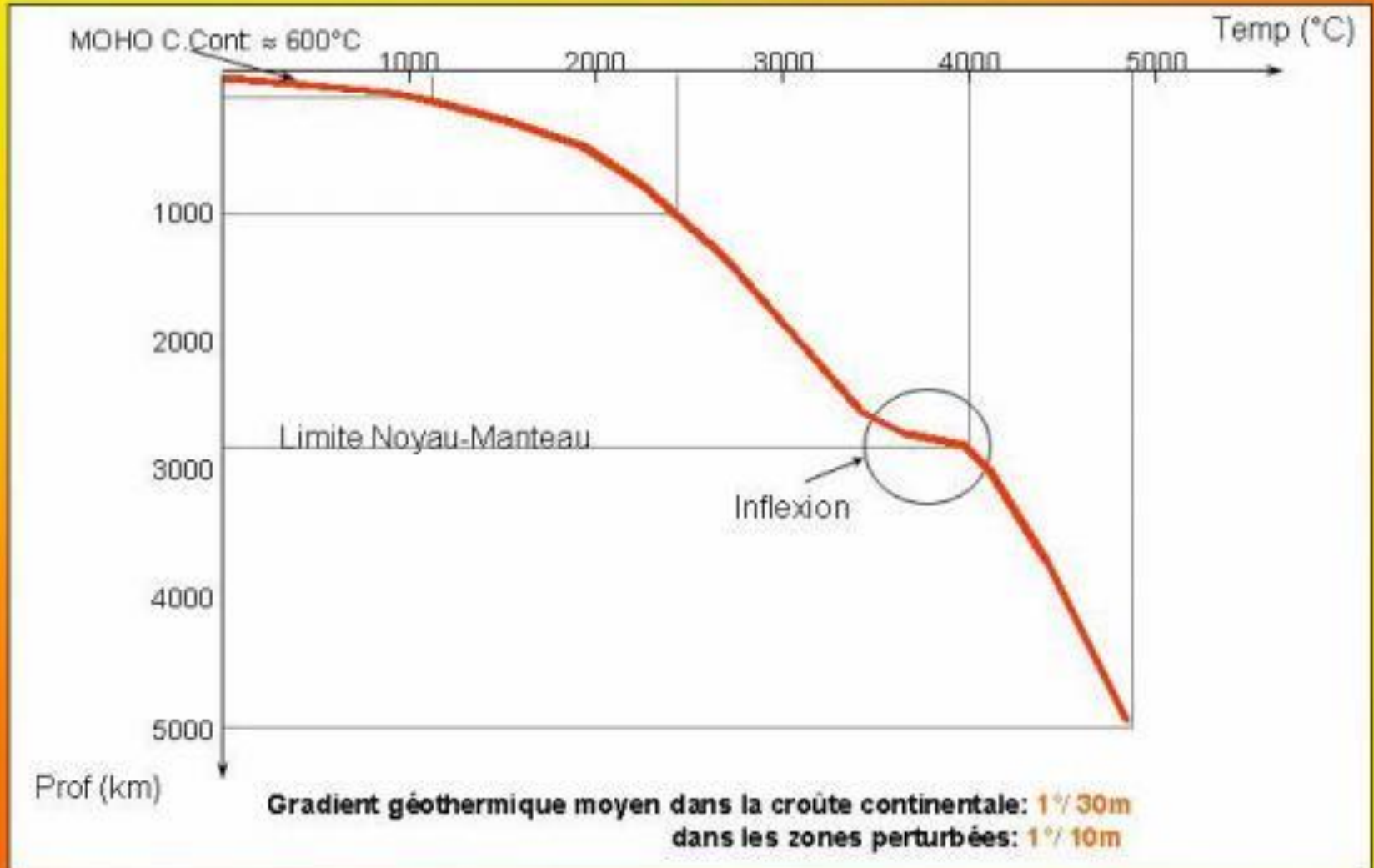
**Thème : Thème : Enjeux planétaires contemporains.**

# **Géothermie et propriétés thermiques de la Terre**

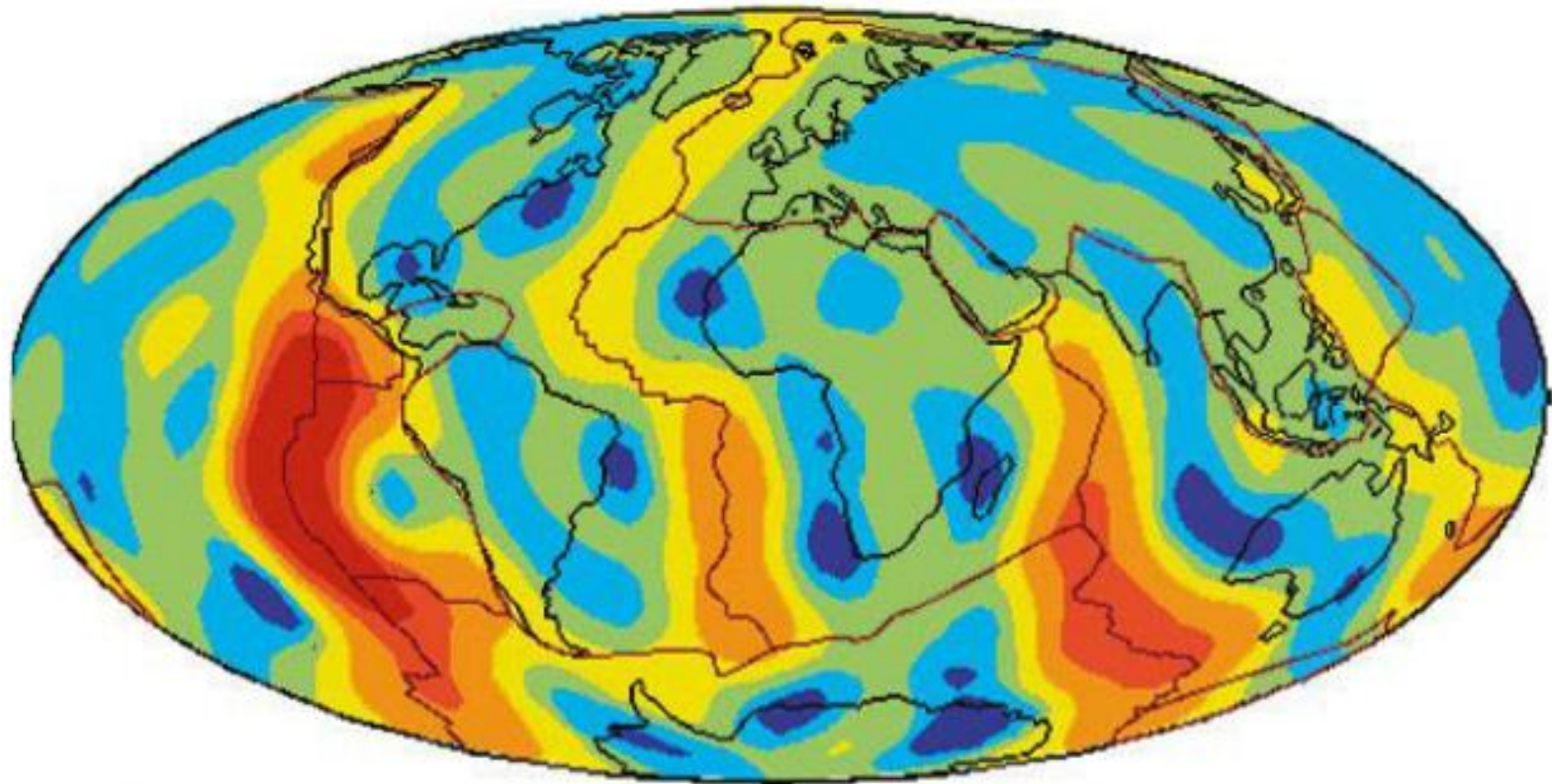
## **I. Gradient géothermique et flux géothermique.**

# Le gradient géothermique

## Le Gradient Géothermique



# Le flux géothermique



Le flux géothermique mondial ( $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$ )

# Le flux géothermique et contexte géodynamique

**Faible :**

**Plaines abyssales  
continents**

**Plateaux continentaux**

**Fosses océaniques**

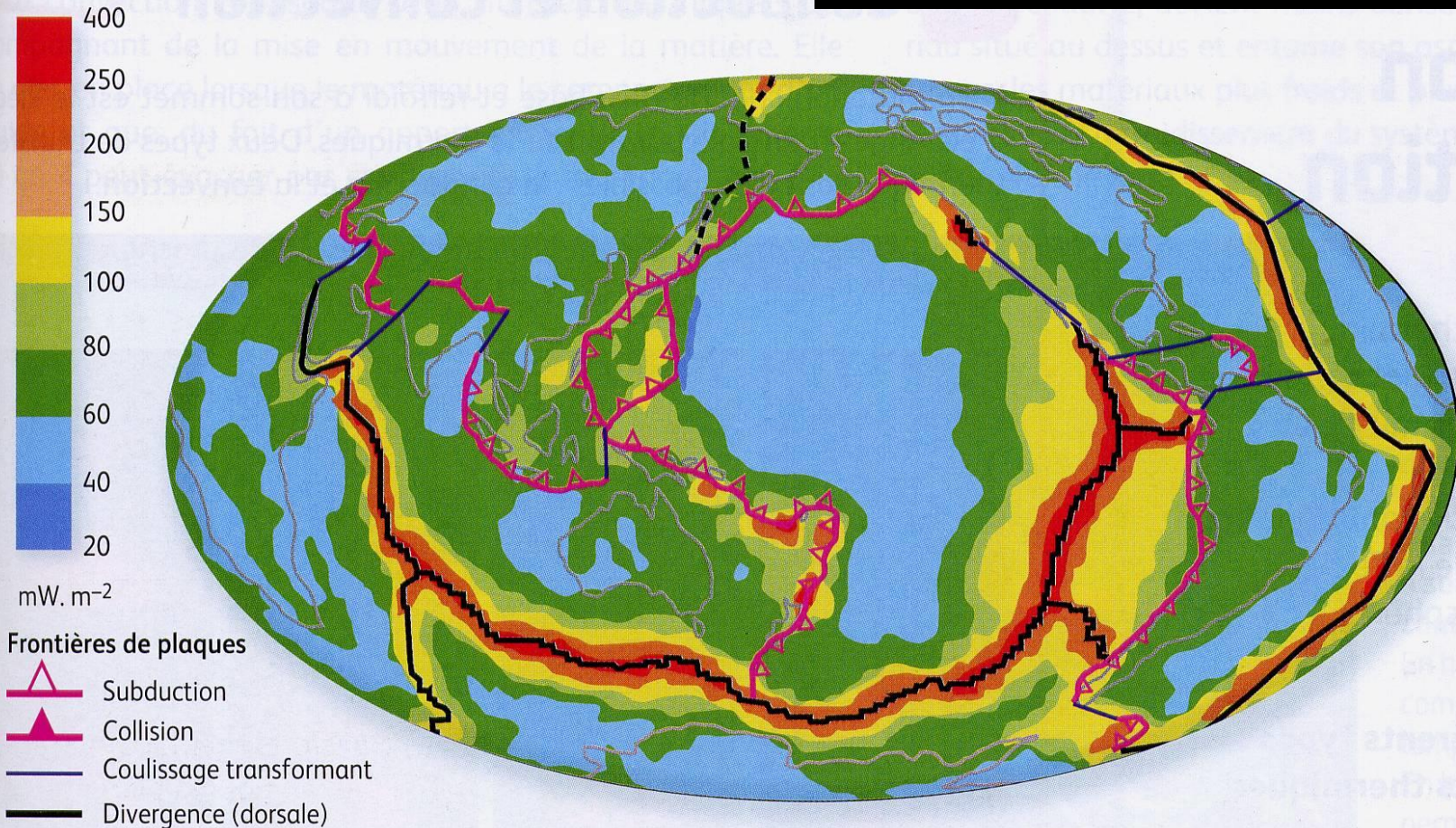
**Élevé :**

**Dorsales**

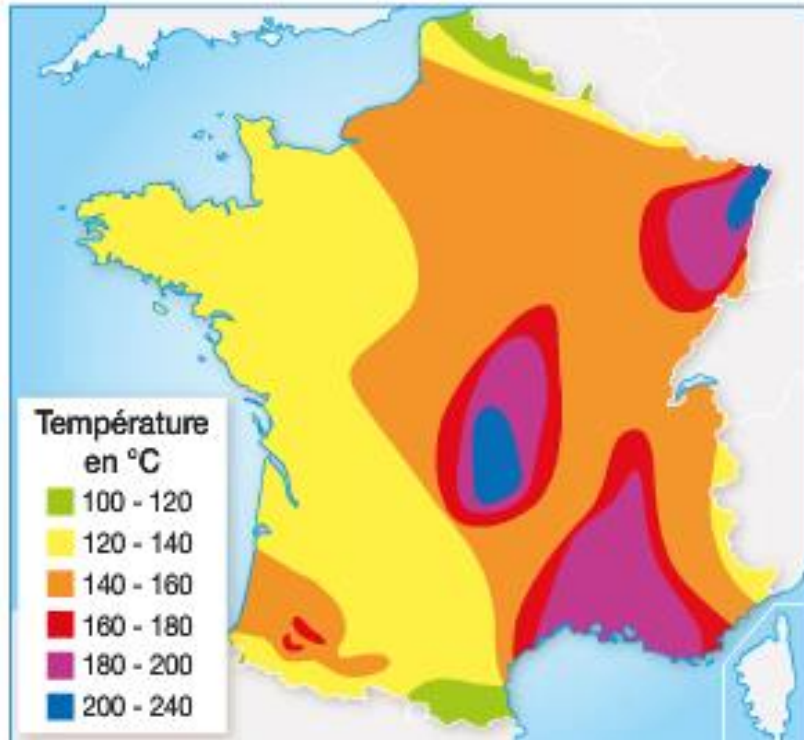
**Points chauds**

**Arcs volcaniques (subduction)**

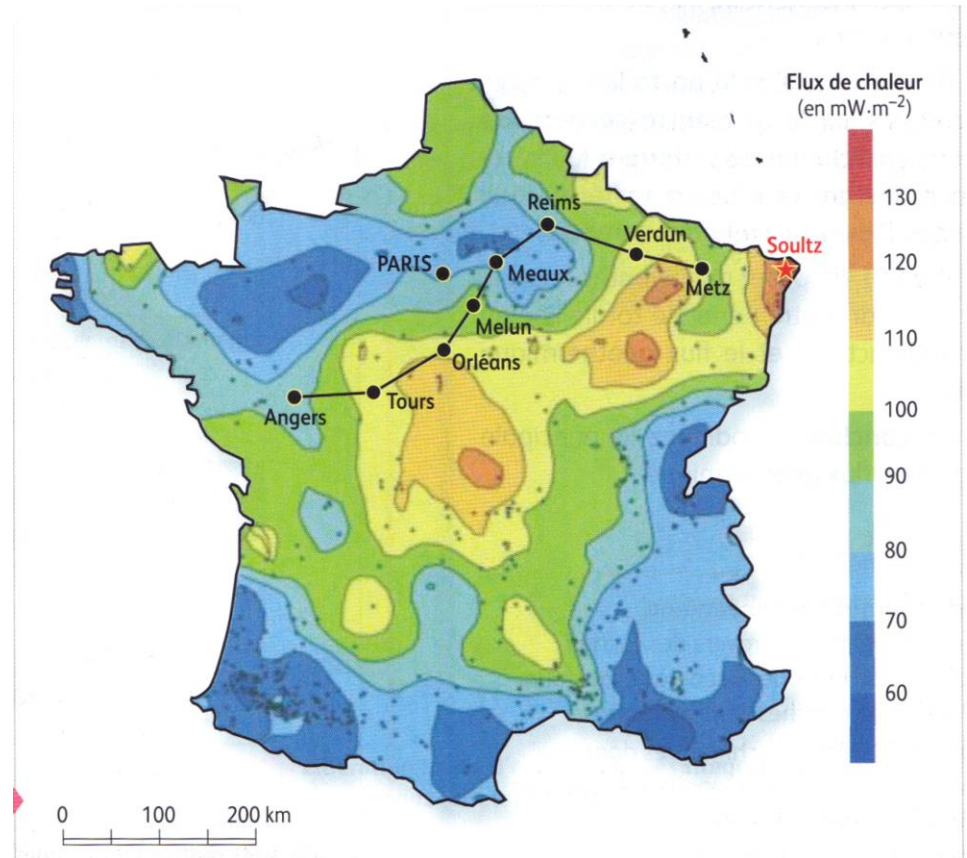
**Fossés d'effondrement**



# Le flux géothermique en France



Température à 5000 m



**Thème : Thème : Enjeux planétaires contemporains.**

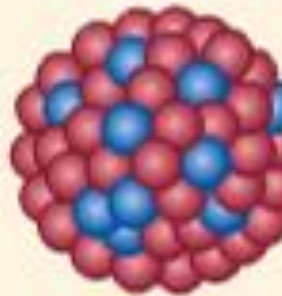
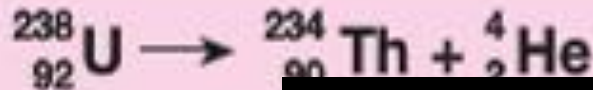
## **Géothermie et propriétés thermiques de la Terre**

**I. Gradient géothermique et flux géothermique.**

**II. Origine de la chaleur interne du globe.**

# Origine de l'énergie interne du globe

Le noyau atomique instable des isotopes radioactifs se fragmente spontanément en libérant un rayonnement et de l'énergie thermique.



noyau  
d'uranium 238

Uranium  ${}^{235}\text{U}$ ,  ${}^{238}\text{U}$   
thorium  ${}^{232}\text{Th}$   
potassium  ${}^{40}\text{K}$



2 protons  
+  
2 neutrons

thorium 234



# Concentration en radioéléments des différentes enveloppes du globe

La croûte continentale est l'enveloppe la plus concentrée en radioéléments, mais les 2/3 de l'énergie sont produits par le manteau, dont le volume est supérieur

Enveloppes	Masse des enveloppes	Concentration (en ppm*)		
		95,2	25,6	0,00348
Croûte continentale	$1,38 \times 10^{22}$ kg	1,6	5,8	200 000
Croûte océanique	$1,90 \times 10^{21}$ kg	0,9	2,7	4 000
Manteau	$3,70 \times 10^{24}$ kg	0,02	0,1	200
Noyau	$2,32 \times 10^{24}$ kg	0,000 01	0,000 1	1

\* partie par million

**Thème : Thème : Enjeux planétaires contemporains.**

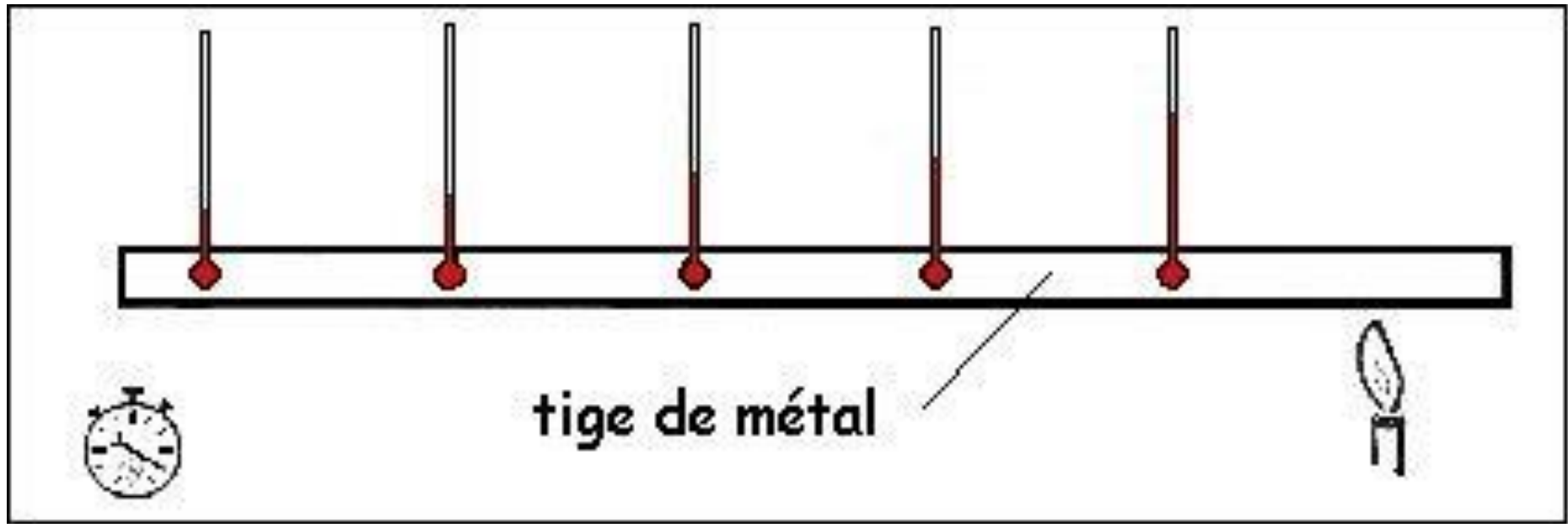
# **Géothermie et propriétés thermiques de la Terre**

**I. Gradient géothermique et flux géothermique.**

**II. Origine du flux géothermique.**

**III. Les transferts d'énergie au sein de la planète.**

# Transfert de chaleur par conduction

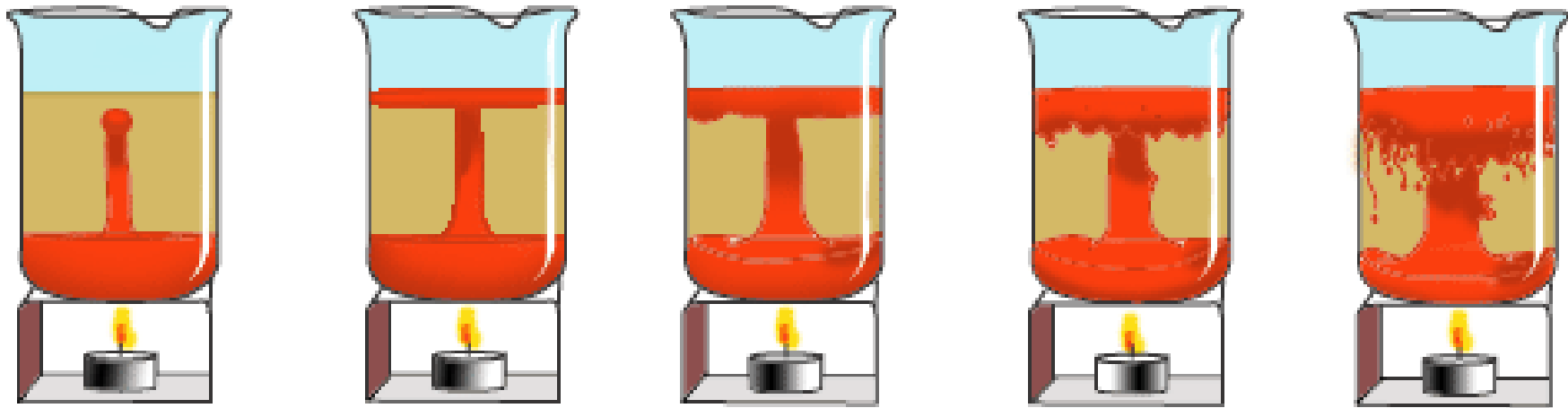


Transfert de chaleur de proche en proche sans mouvement de matière

Peu efficace

Milieu rigide → lithosphère

# Transfert de chaleur par convection



Simulation d'un mouvement de convection

Le transfert de chaleur s'accompagne d'un mouvement de matière

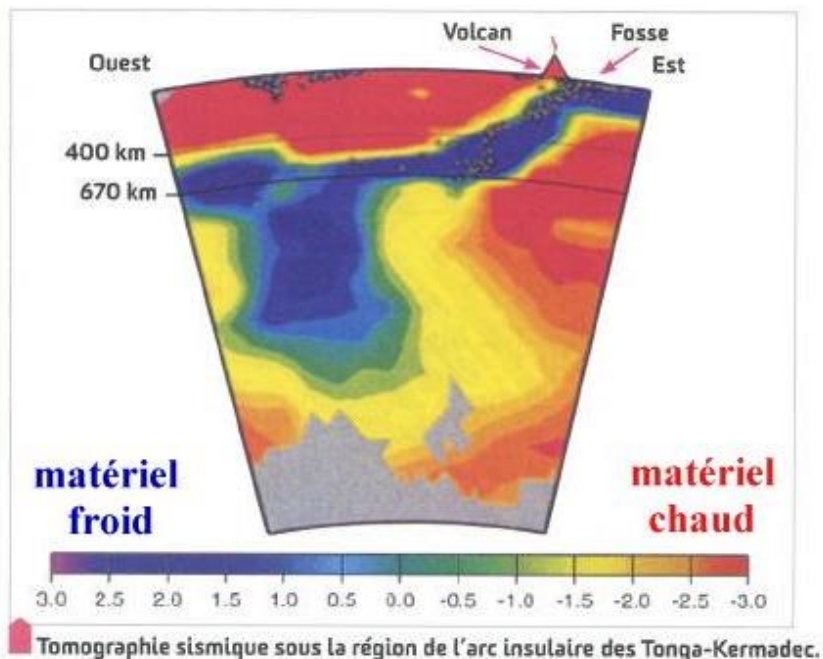
très efficace

Milieu ductile → manteau, noyau externe

# Principe de la tomographie sismique

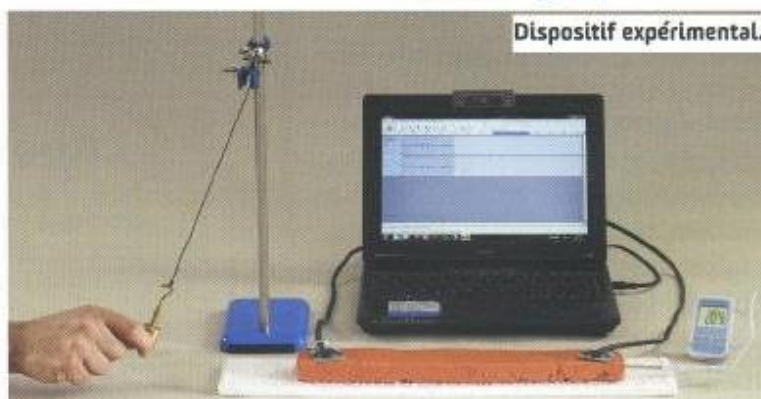
## Tomographie sismique

- ▶ La tomographie sismique est une méthode pouvant être assimilée à un scanner pour la Terre.
- ▶ Grâce aux nombreuses données sismiques, il est possible de calculer une vitesse de propagation des ondes sismiques pour chaque endroit du globe situé à une profondeur donnée. On peut alors comparer cette valeur locale à la valeur moyenne calculée dans le modèle.

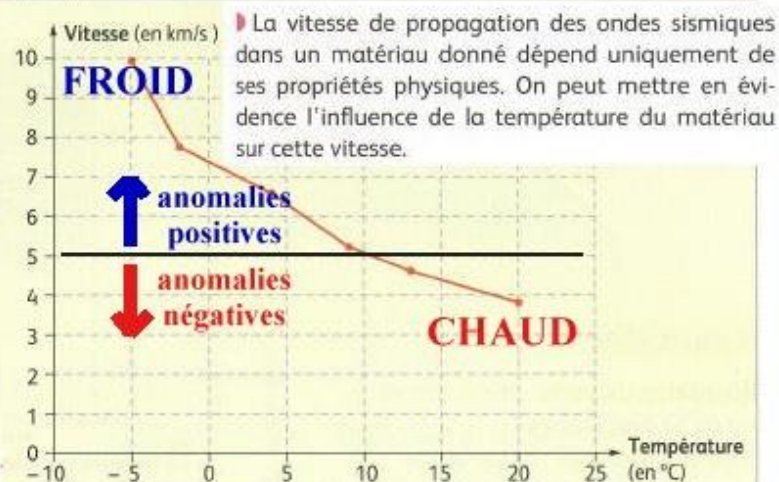


Tomographie sismique sous la région de l'arc insulaire des Tonga-Kermadec.

## Modélisation analogique



Dispositif expérimental.

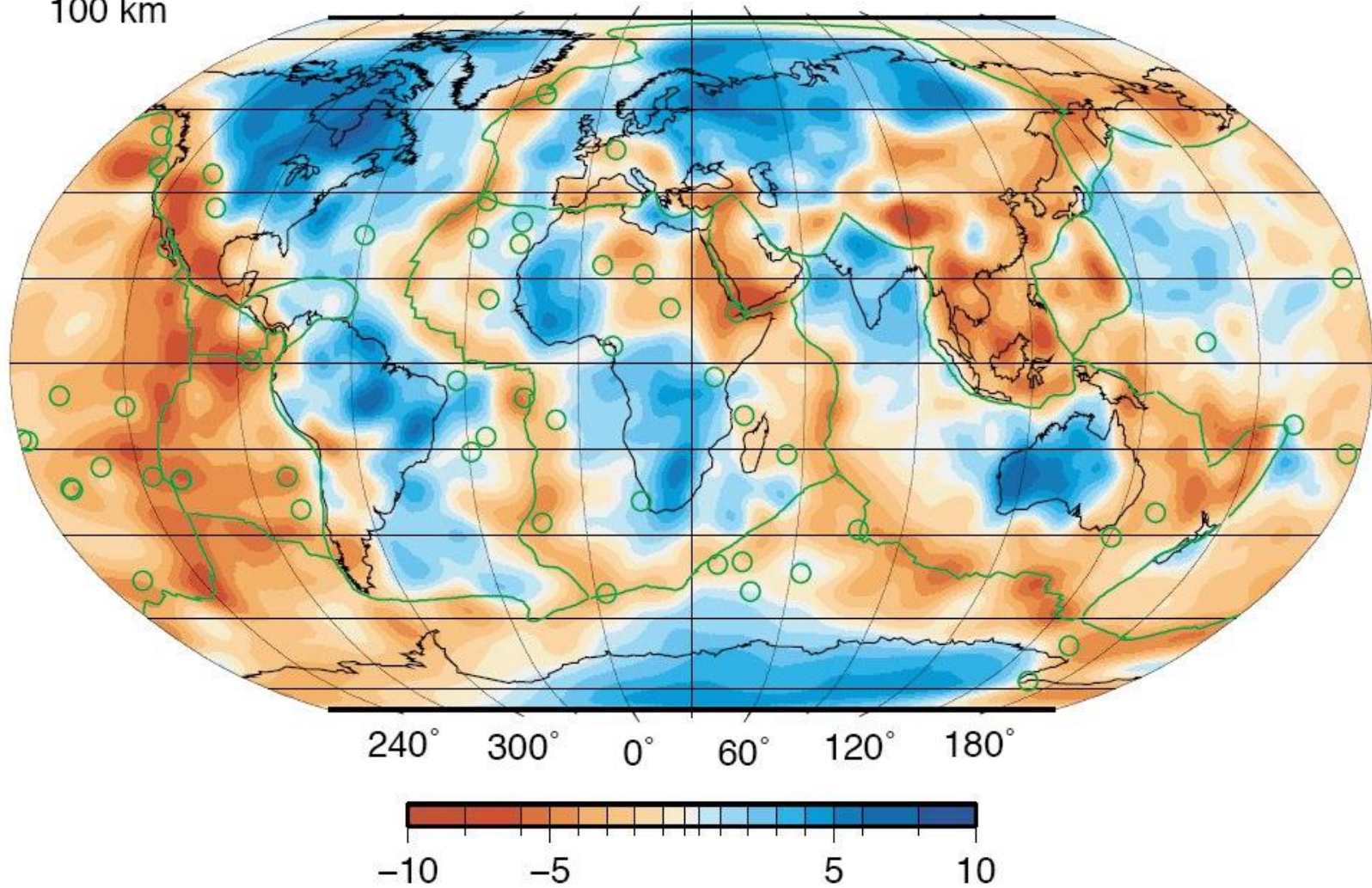


▶ La vitesse de propagation des ondes sismiques dans un matériau donné dépend uniquement de ses propriétés physiques. On peut mettre en évidence l'influence de la température du matériau sur cette vitesse.

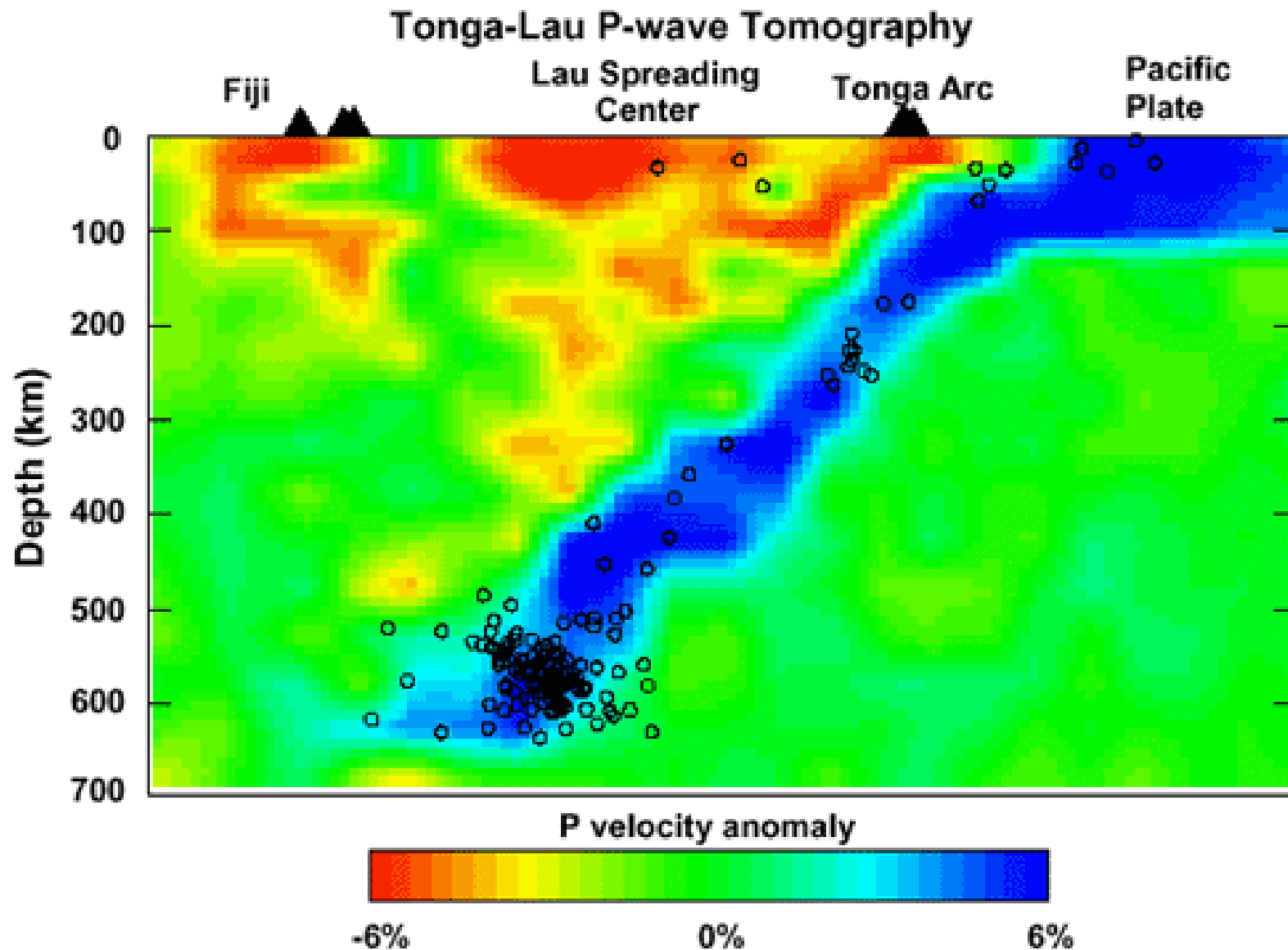
Représentation graphique des résultats expérimentaux.

# Tomographie sismique à 100 km de profondeur

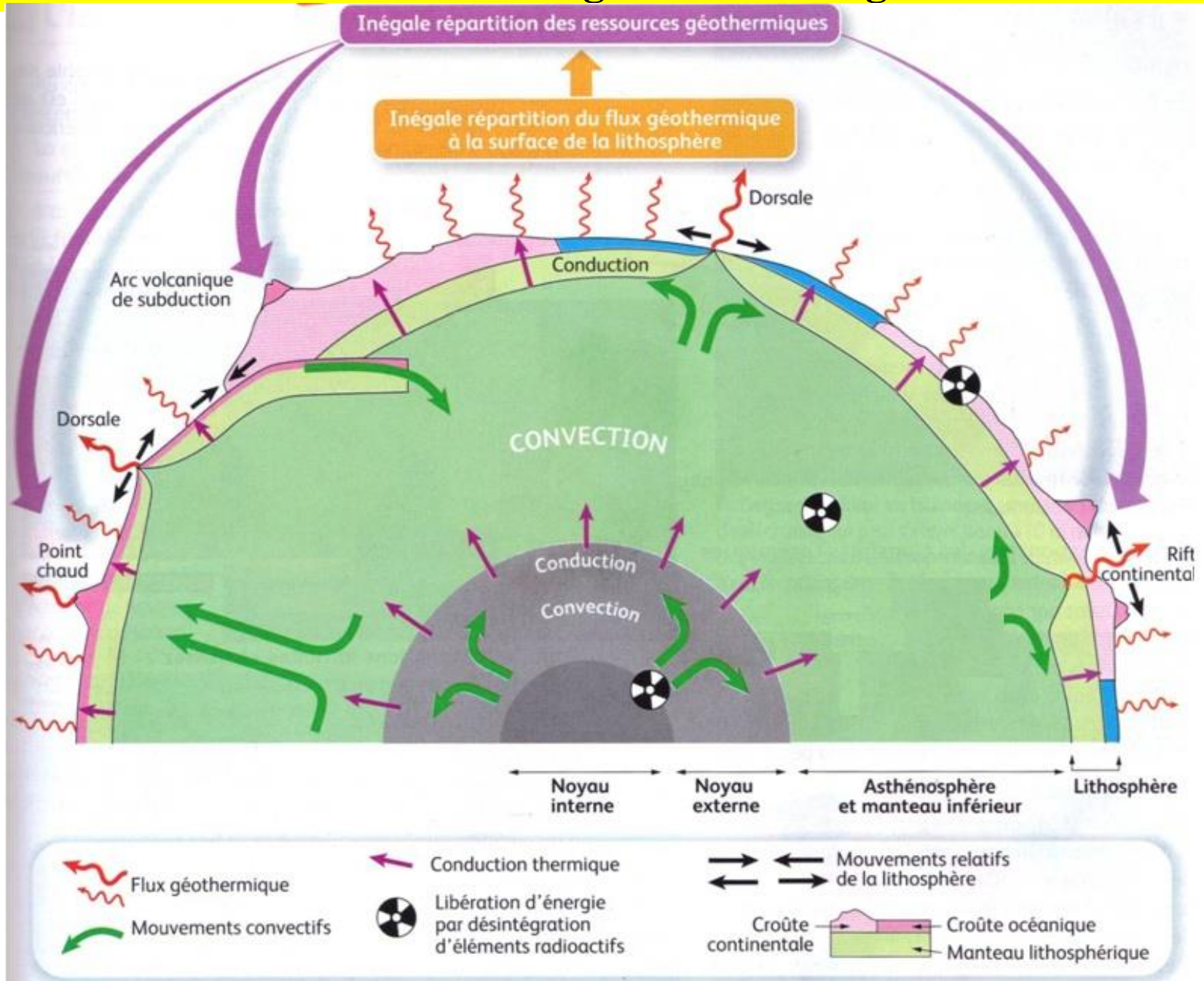
100 km



# Mise en évidence d'une zone de descente de matière par tomographie sismique



# Transferts d'énergie au sein du globe





**Thème : Thème : Enjeux planétaires contemporains.**

## **Géothermie et propriétés thermiques de la Terre**

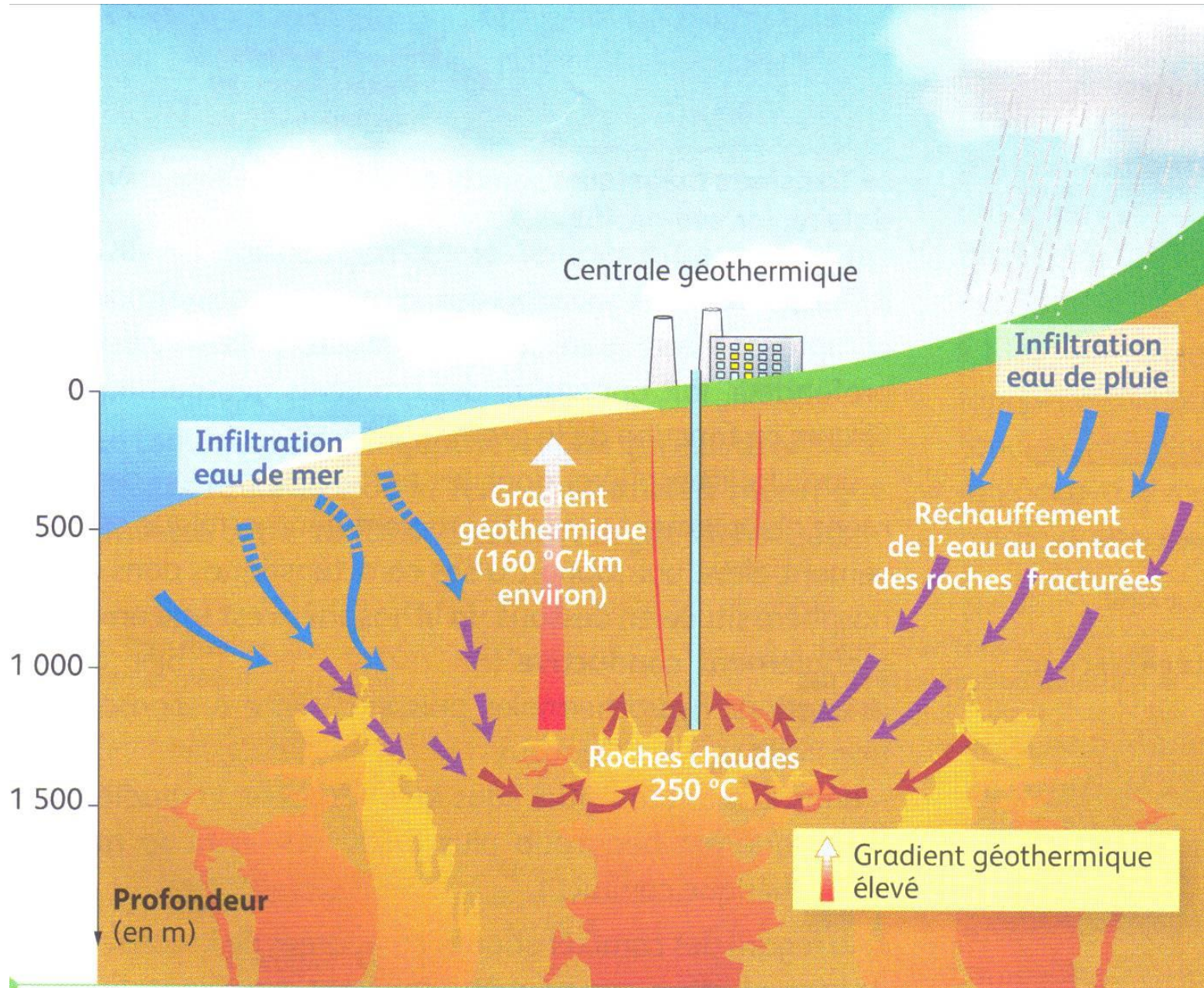
**I. Gradient géothermique et flux géothermique.**

**II. Origine du flux géothermique.**

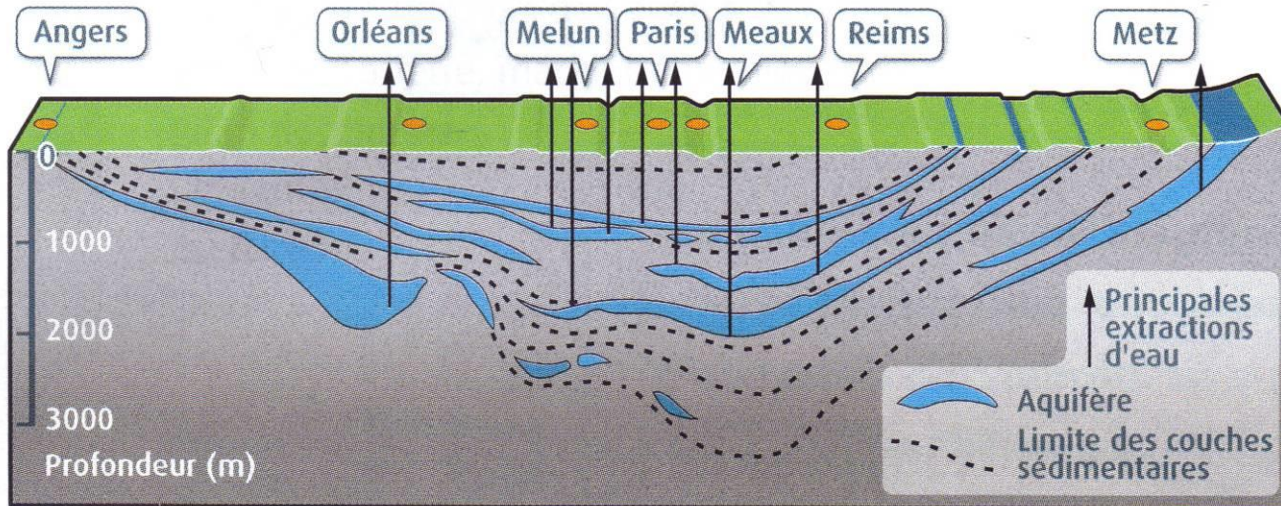
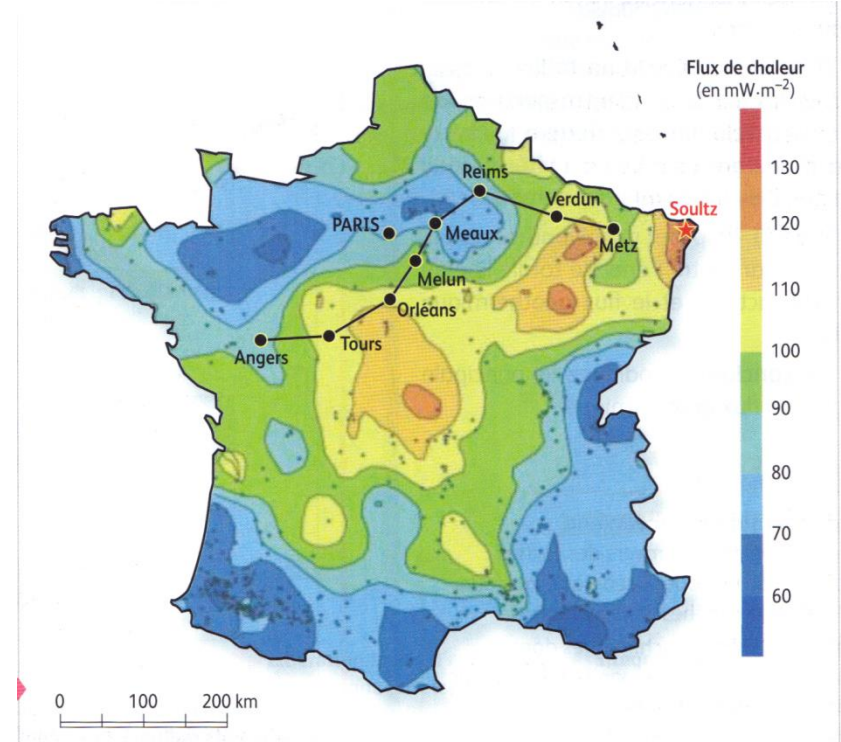
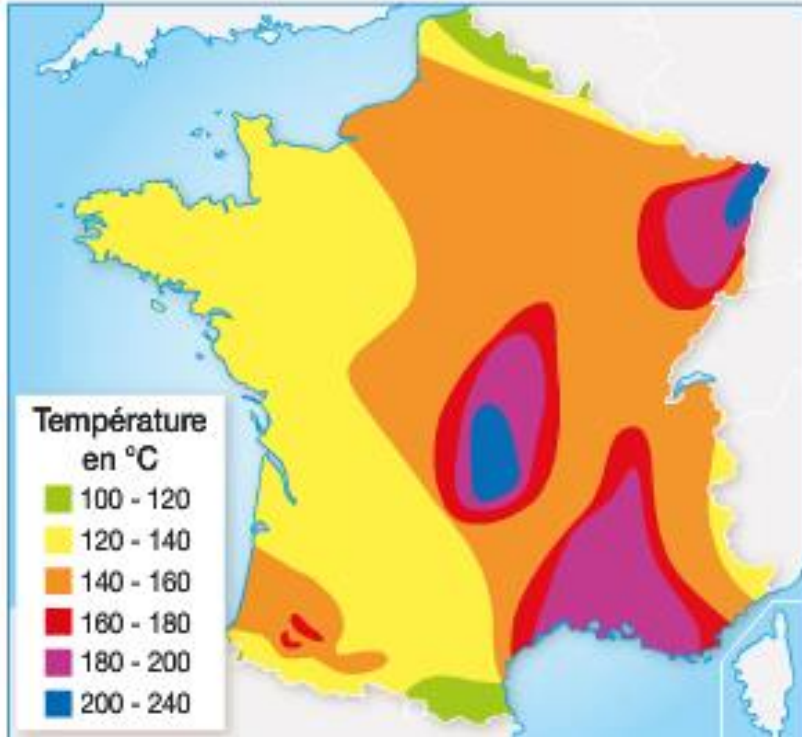
**III. Les transferts d'énergie au sein de la planète.**

**IV. Utilisation de l'énergie géothermique par l'homme.**

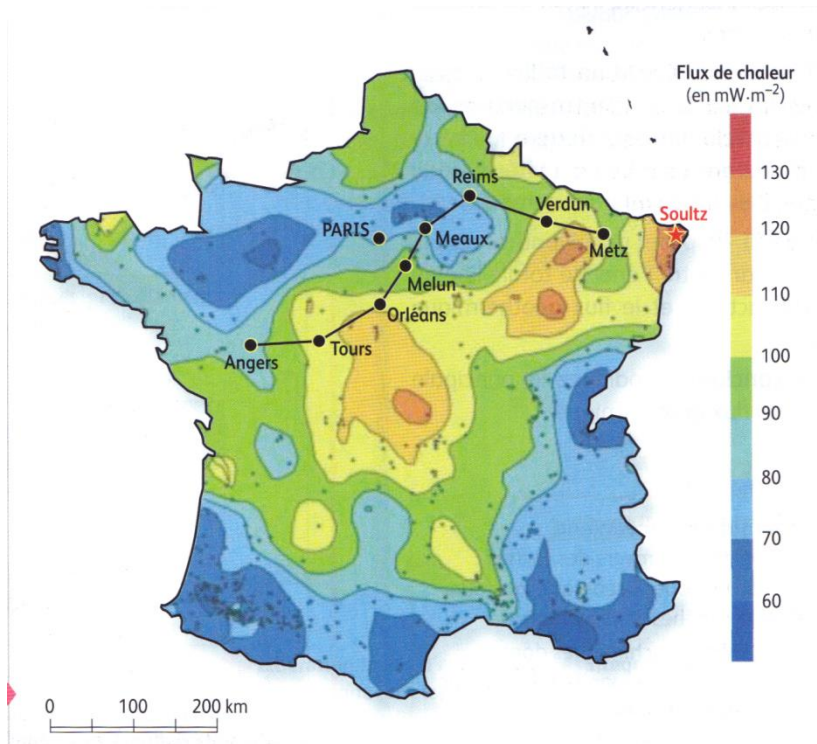
# Utilisation de l'énergie géothermique par l'homme



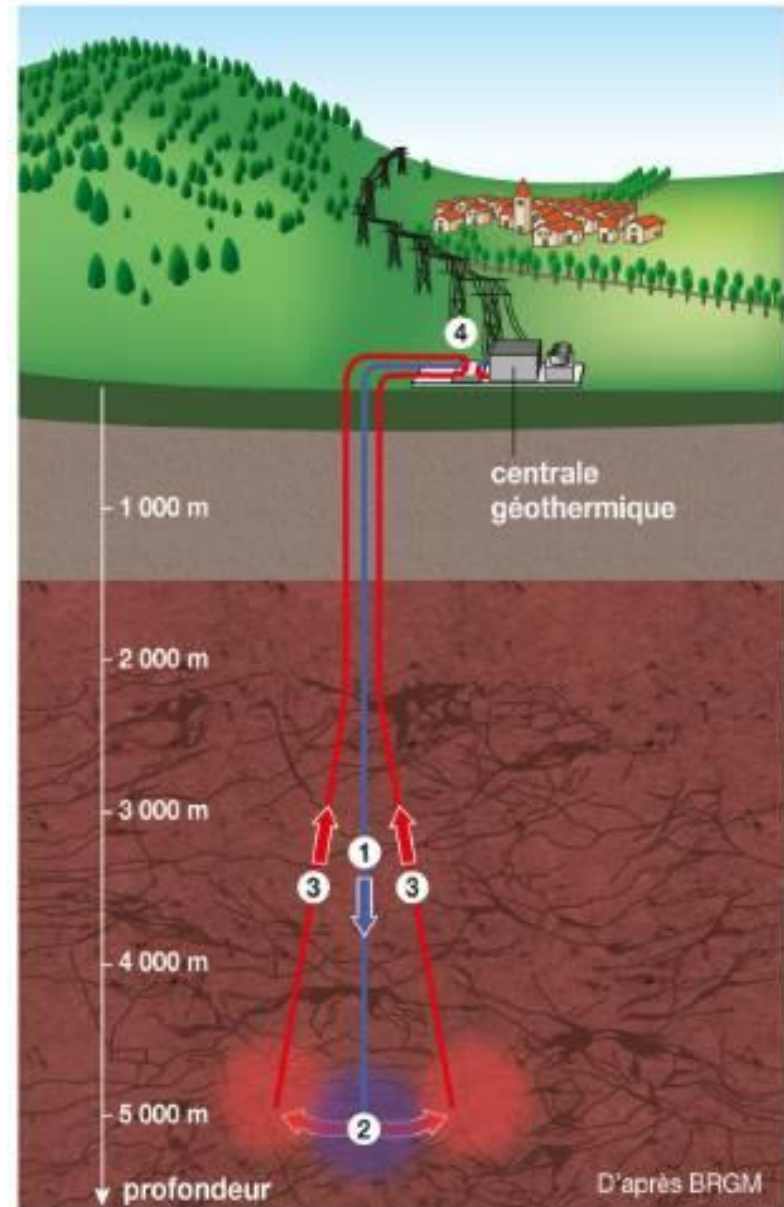
# Géothermie basse énergie dans le bassin de Paris



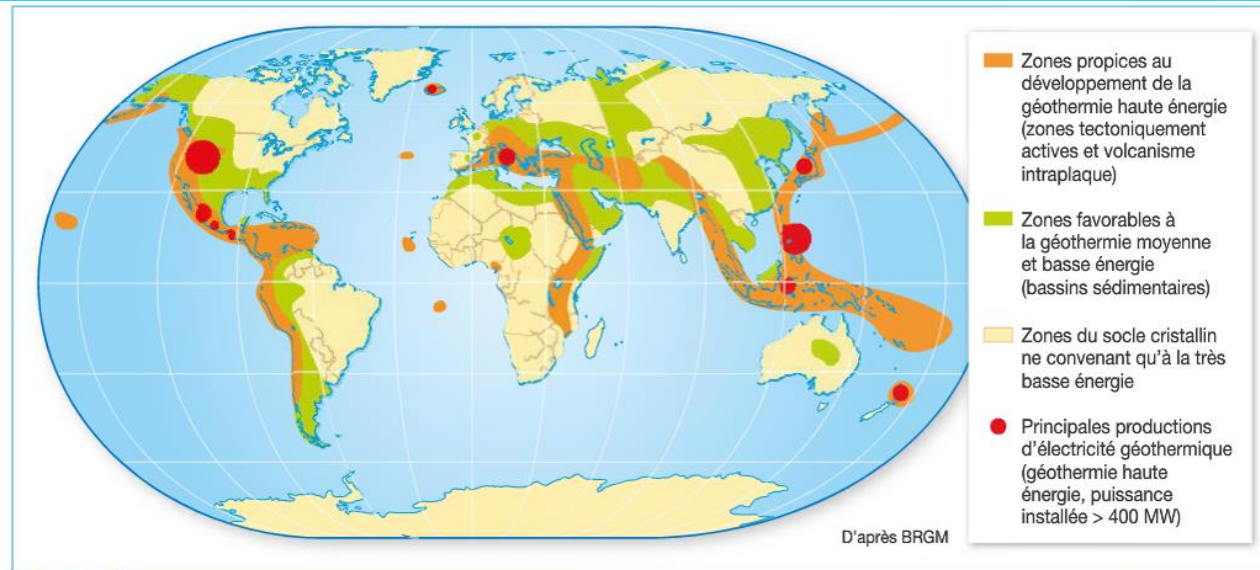
# Exploitation de l'énergie géothermique dans le fossé rhénan



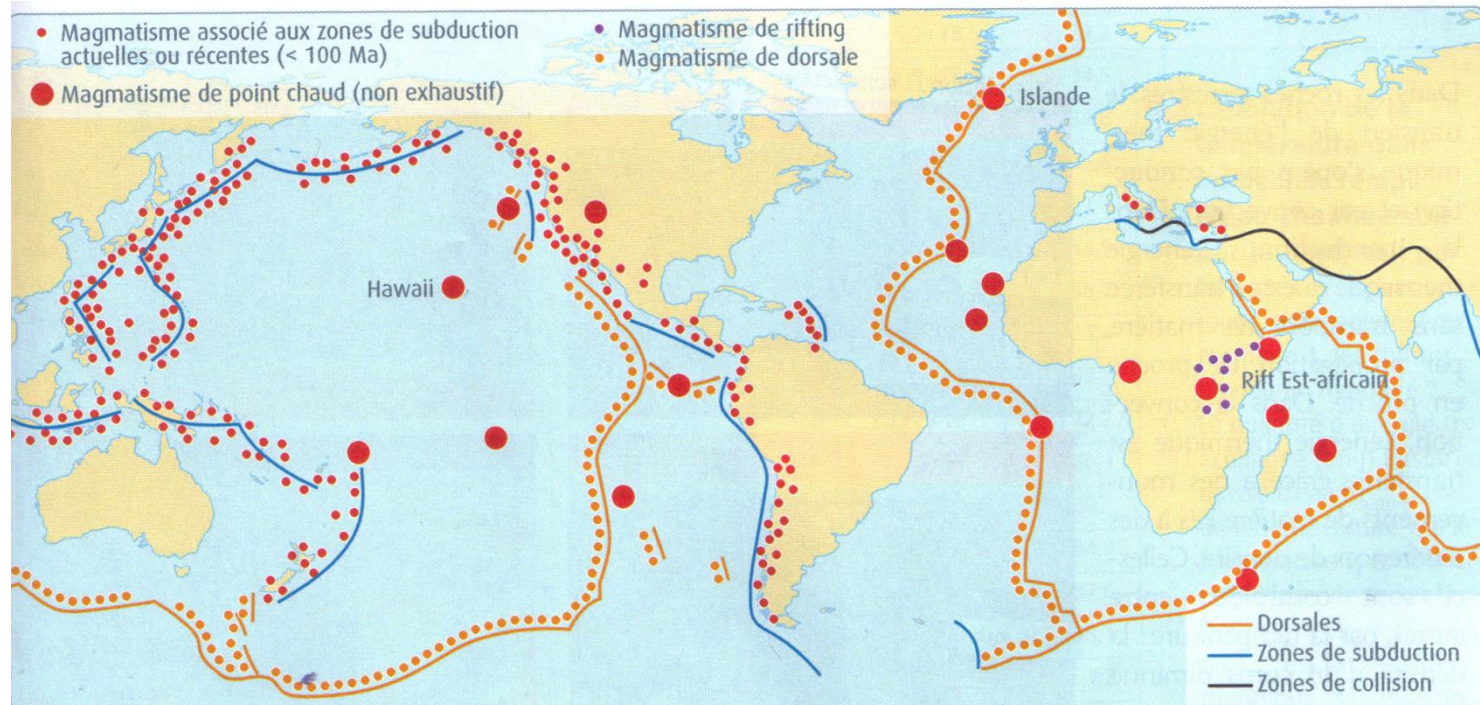
1. Injection d'eau froide à 5 000 m de profondeur par le puits central.
2. Circulation d'eau dans les fractures et réchauffement au contact de la roche chaude ( $200\text{ }^\circ\text{C}$ ).
3. Extraction de l'eau réchauffée du sous-sol par deux puits de production.
4. En surface, transformation par l'intermédiaire d'un échangeur thermique de l'eau chaude du circuit primaire en vapeur dans le circuit secondaire pour entraîner une turbine qui produit de l'électricité.



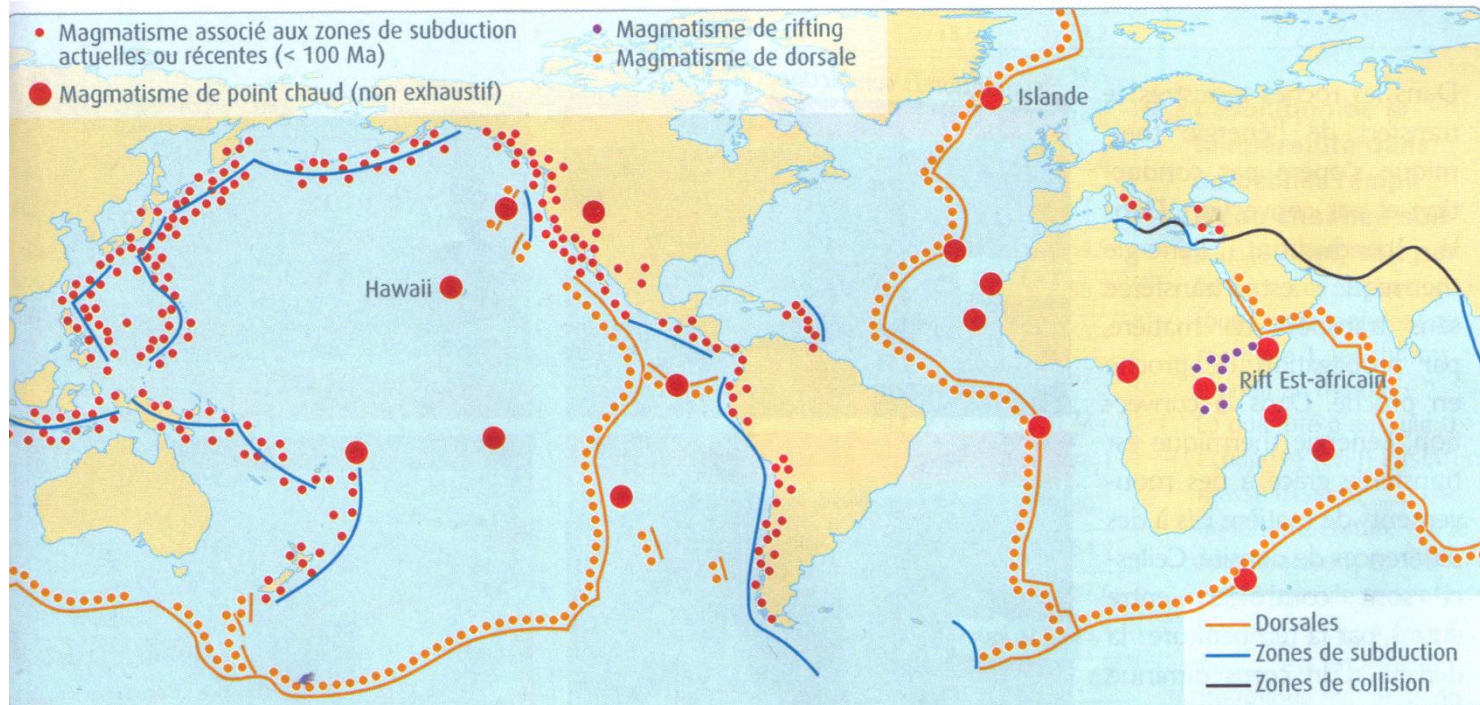
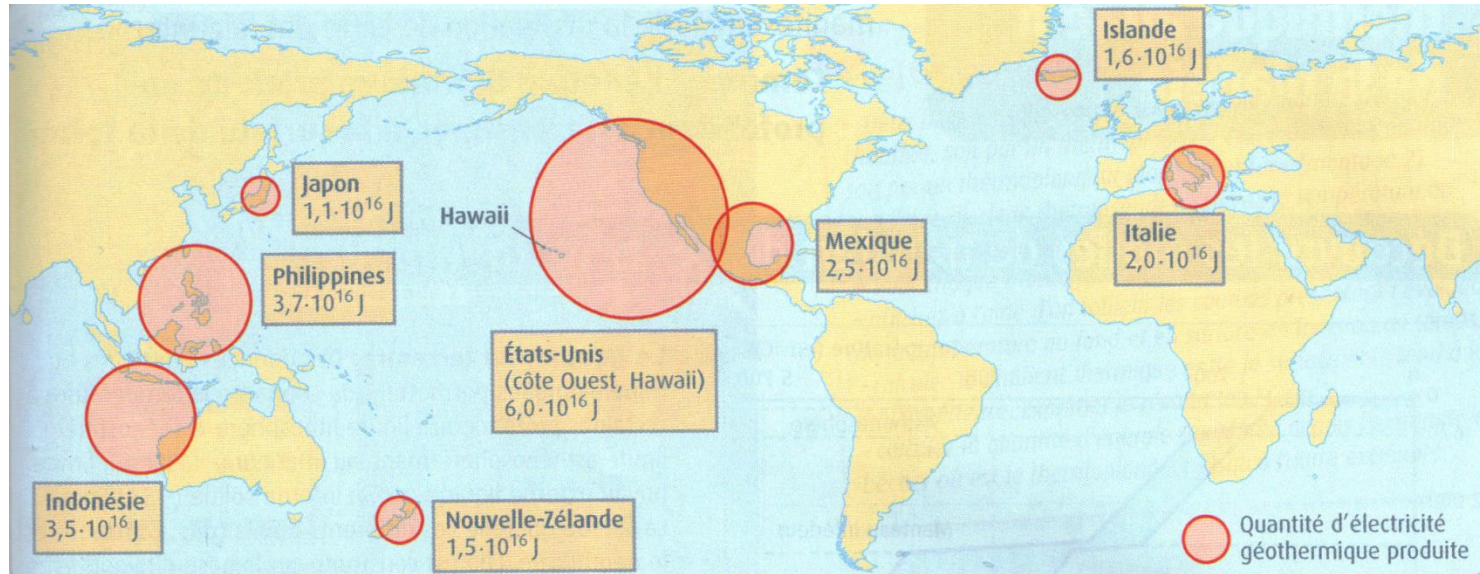
# Géothermie haute énergie



**Doc. 2** Zones propices au développement de la géothermie haute énergie.



# Production d'électricité géothermique dans le monde



# Conseils aux élus (TD en ligne)

Commune	Contexte géologique	Contexte géothermique
Paris	Situé dans un bassin sédimentaire très profond (3000 m). On trouve dans les sédiments une nappe d'eau dont la T est estimée entre 60 à 100°C.	À 500m de profondeur, la T est de 25°C. Le flux géothermique est moyen.
Soultz sous Forêt	Situé dans un fossé d'effondrement (bassin sédimentaire profond). Pour compenser cet effondrement, il y a eu une remontée de l'asthénosphère et du Moho (isostasie). Ainsi cette ville se situe à l'aplomb d'une zone plus chaude que la normale.	À 500m de profondeur, la T est de 75°C. Le flux géothermique est élevé.
Bouillante	Situé dans un massif volcanique. En effet la guadeloupe est au dessus d'une zone de subduction. Il y a fusion partielle de matériaux situés en profondeur, qui peuvent remonter par l'intermédiaire de nombreuses failles.	À 500m de profondeur, la T est de 175°C. Le flux géothermique est élevé.

**Conclusion** : A Paris, on peut développer une géothermie de basse énergie afin de chauffer les habitations, les piscines, ...

A Bouillante et à Soultz sous forêt, il serait intéressant de développer une géothermie de haute énergie afin de produire de l'électricité.