

Thème : Thème : Enjeux planétaires contemporains.

Géothermie et propriétés thermiques de la Terre

Intro



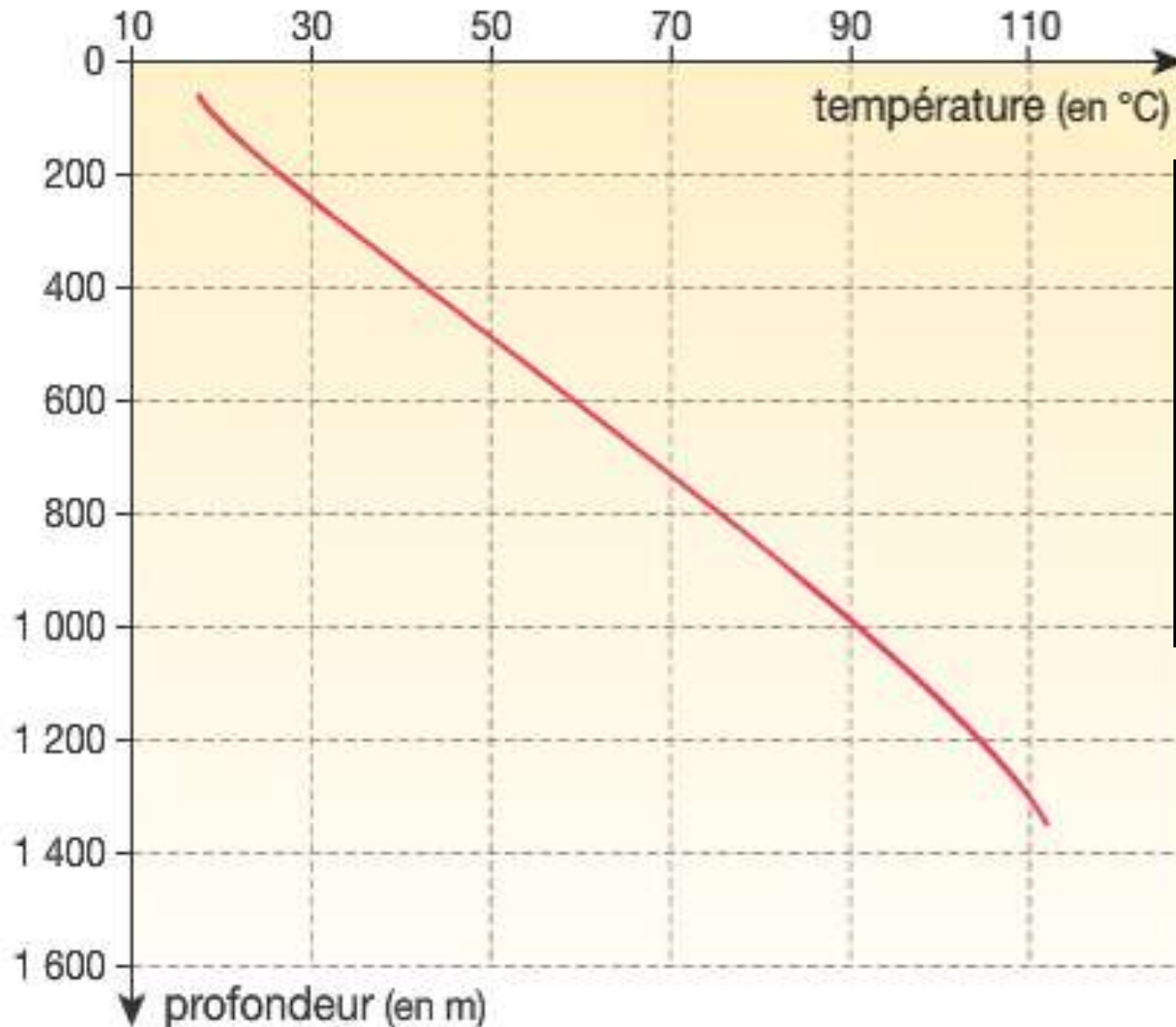
Thème : Thème : Enjeux planétaires contemporains.

Géothermie et propriétés thermiques de la Terre

I. Gradient géothermique et flux géothermique.

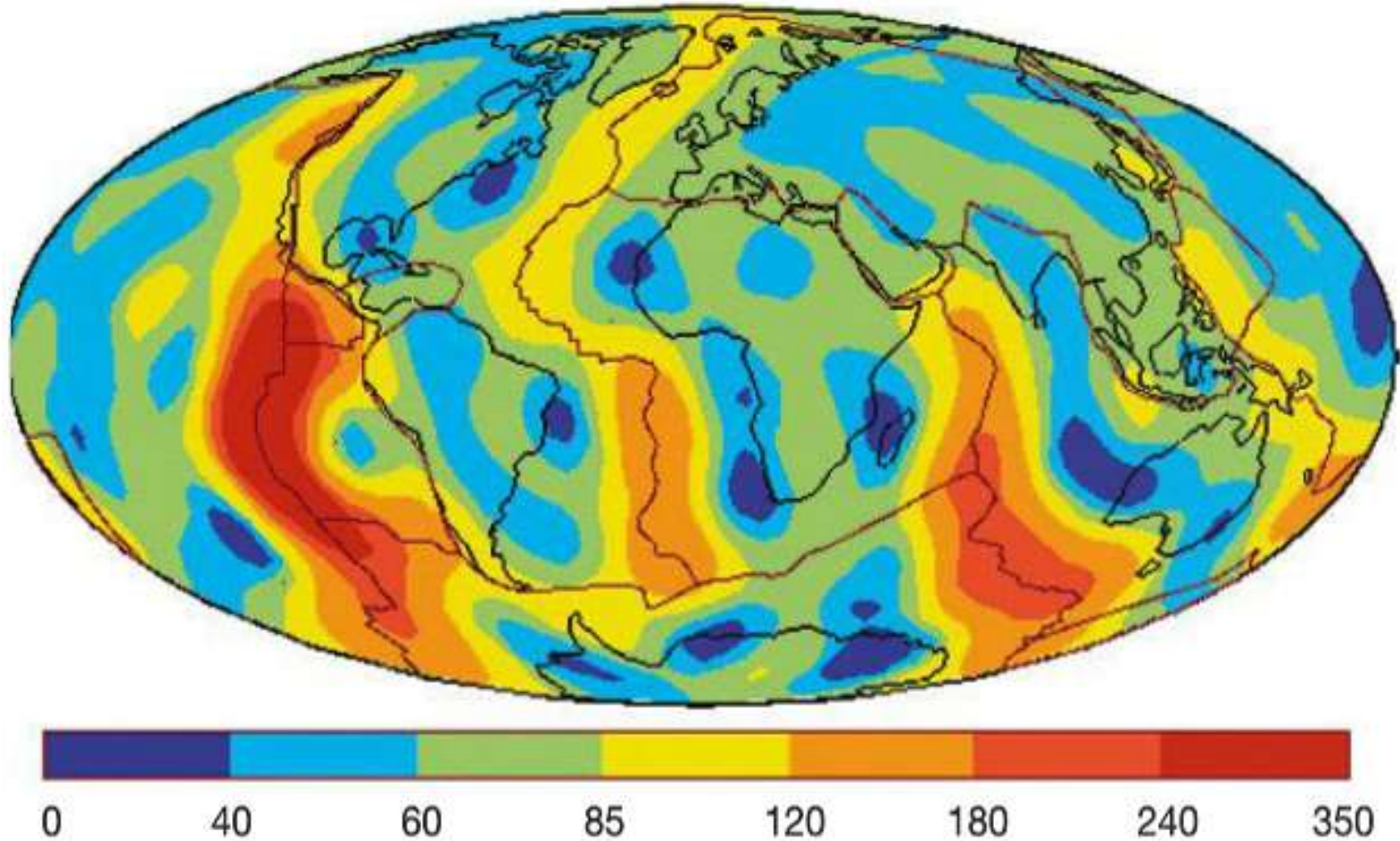
Le gradient géothermique

Une mesure du gradient géothermique en Alsace



**Augmentation
de la
température
avec la
profondeur
(K.m⁻¹)**

Le flux géothermique



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

Energie évacuée au travers de la lithosphère ($\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$)

Flux = Gradient $\times$ conductivité

Le flux géothermique et contexte géodynamique

Faible :

Plaines abyssales

Plateaux continentaux

Fosses océaniques

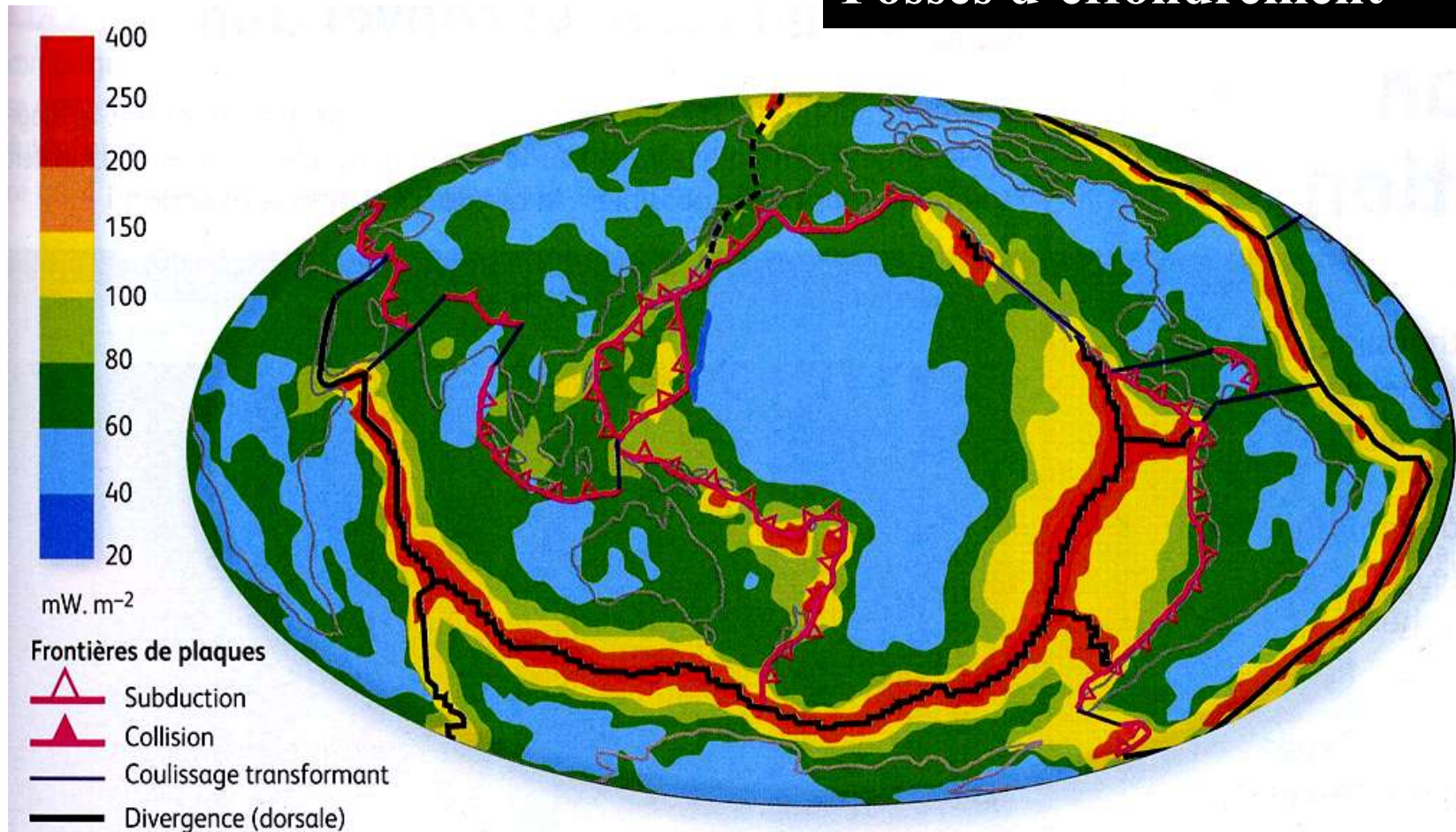
Élevé :

Dorsales

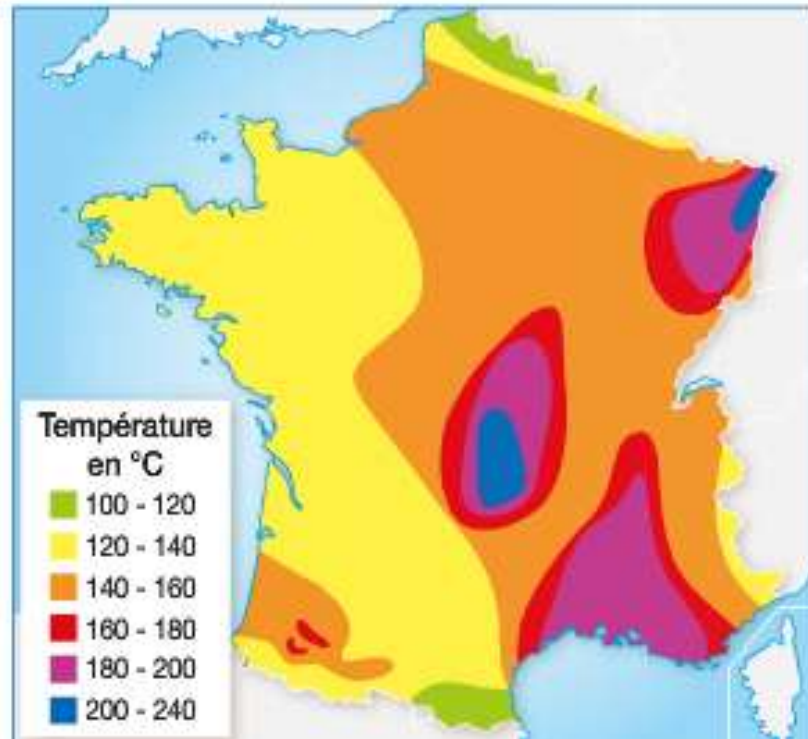
Points chauds

Arcs volcaniques (subduction)

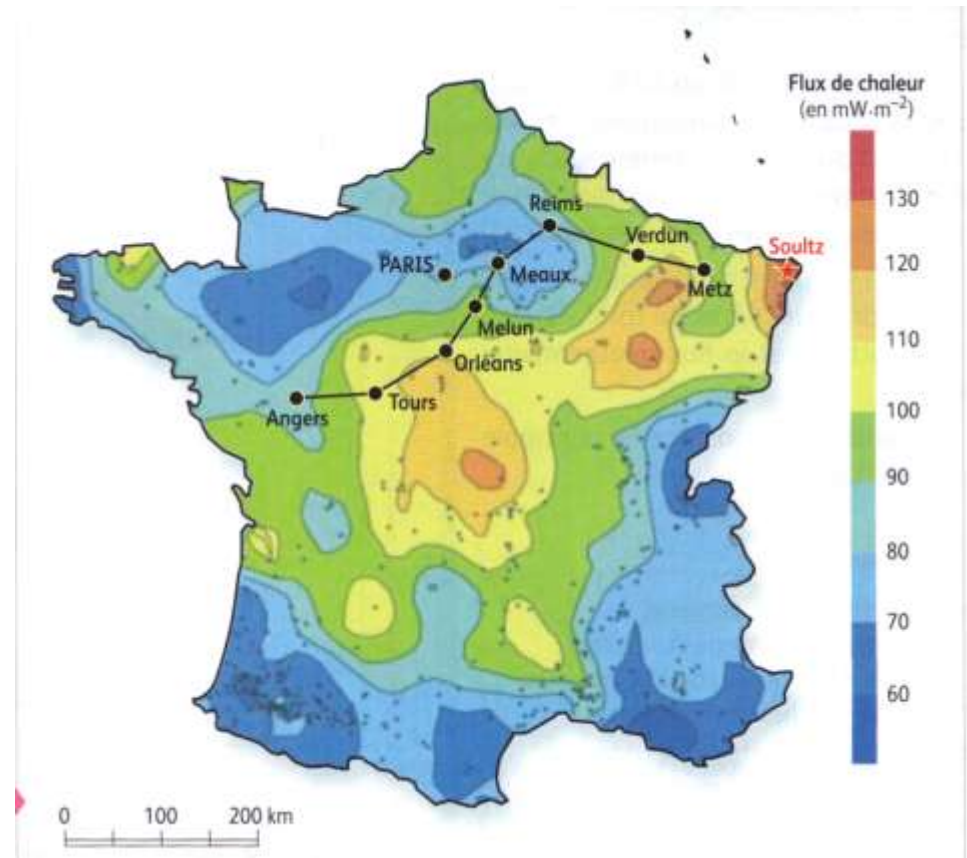
Fossés d'effondrement



Gradient et flux sont liés



Température à 5000 m



Thème : Thème : Enjeux planétaires contemporains.

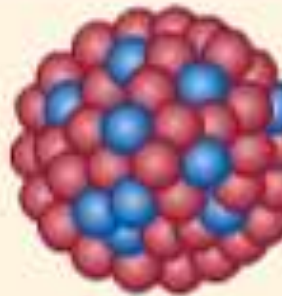
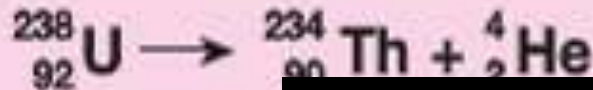
Géothermie et propriétés thermiques de la Terre

I. Gradient géothermique et flux géothermique.

II. Origine du flux géothermique.

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 ${}^{40}\text{K}$

thorium 234



2 protons
+
2 neutrons

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 très supérieur

		95,2	25,6	0,00348
Enveloppes	Masse des enveloppes	Concentration (en ppm*)		
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.

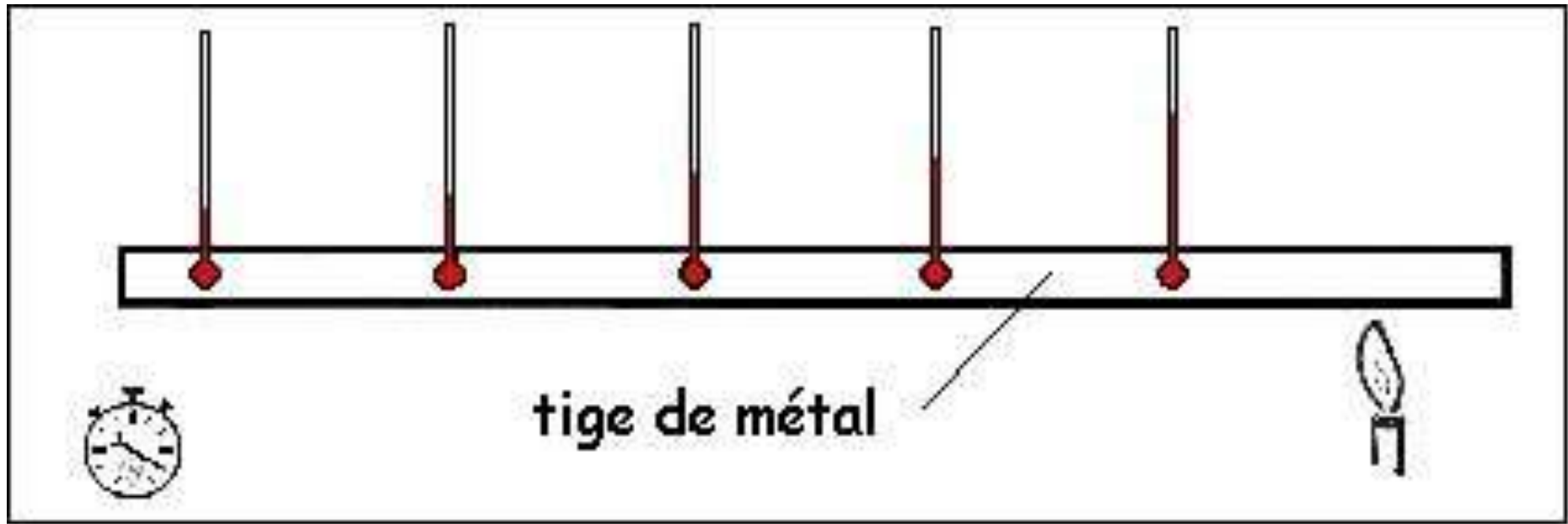
Géothermie et propriétés thermiques de la Terre

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

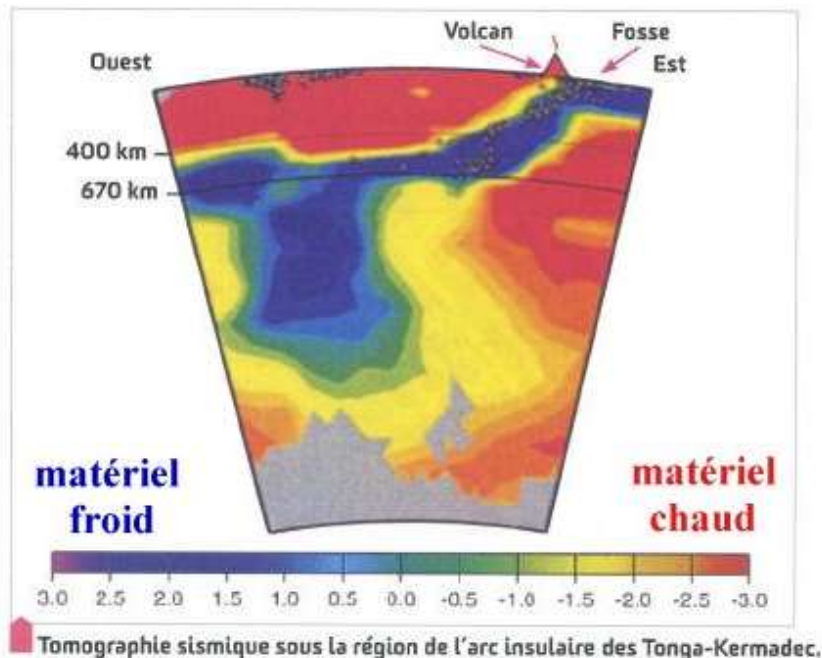
très efficace

Milieu ductile → manteau, noyau externe

Principe de la tomographie sismique

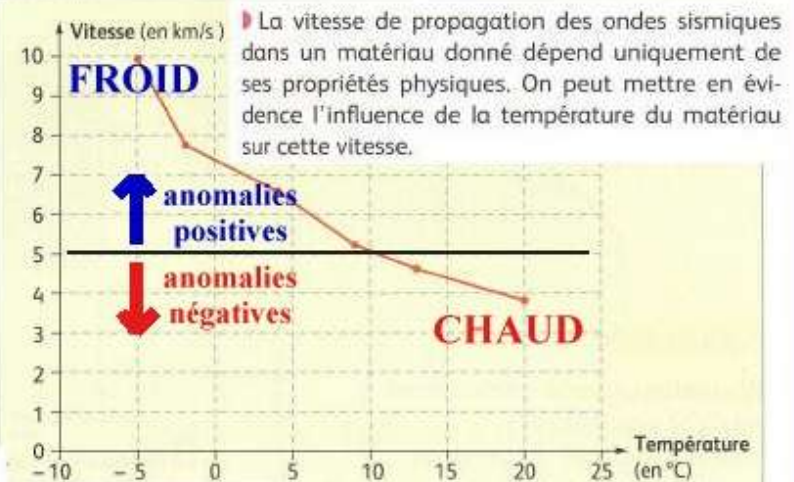
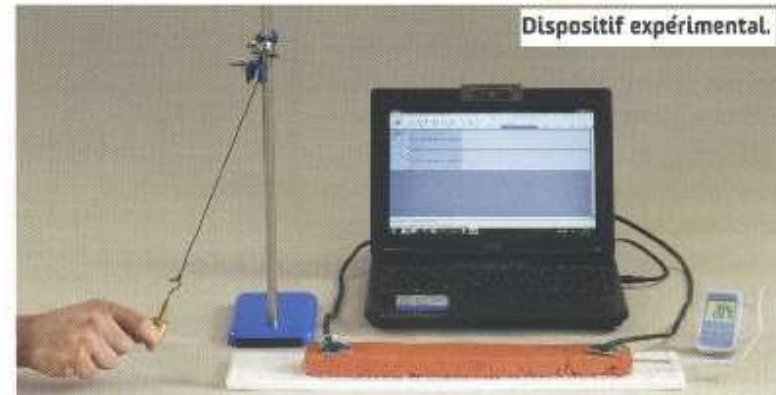
Tomographie sismique

- ▶ 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.



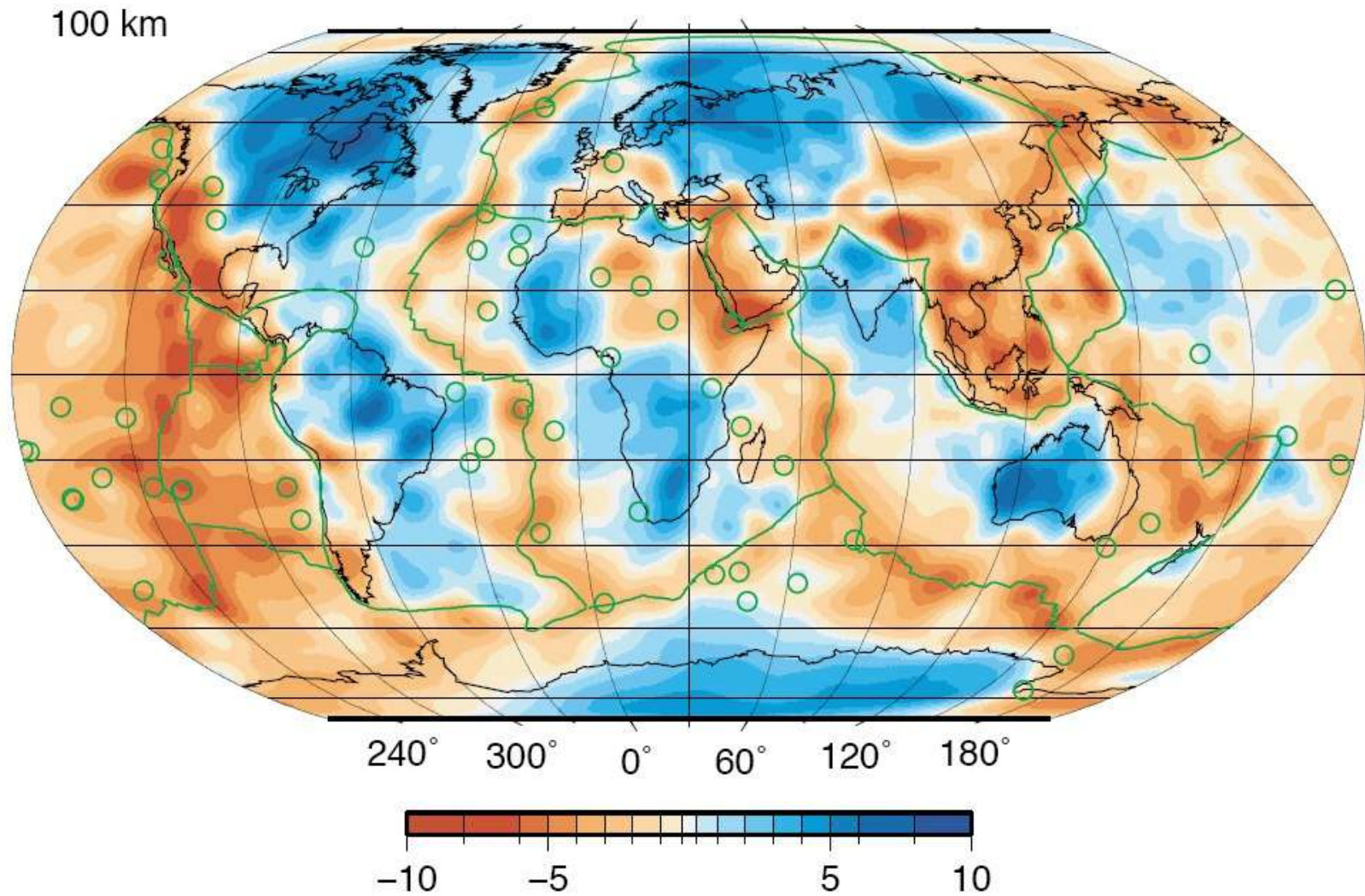
Tomographie sismique sous la région de l'arc insulaire des Tonga-Kermadec.

Modélisation analogique

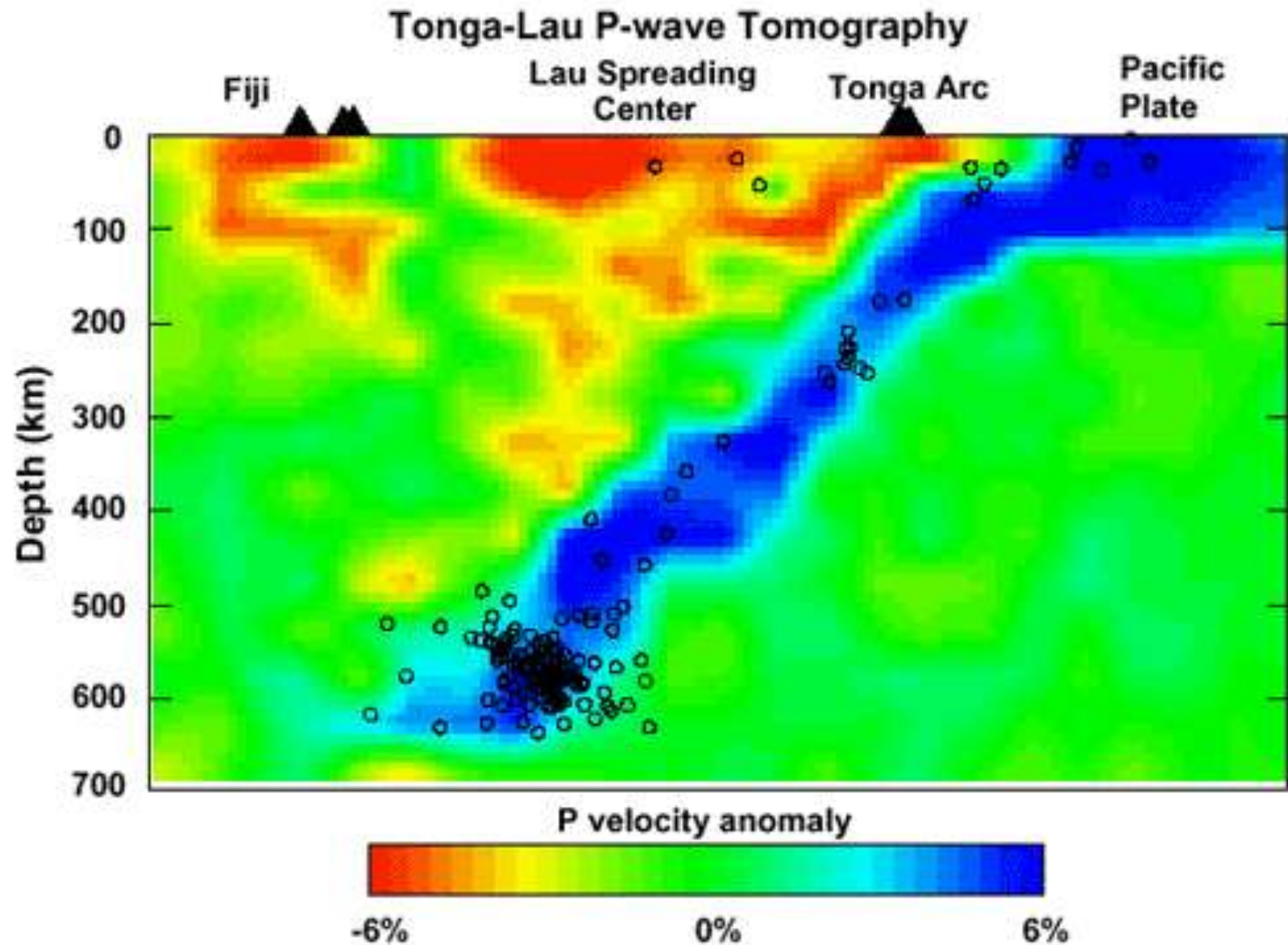


Représentation graphique des résultats expérimentaux.

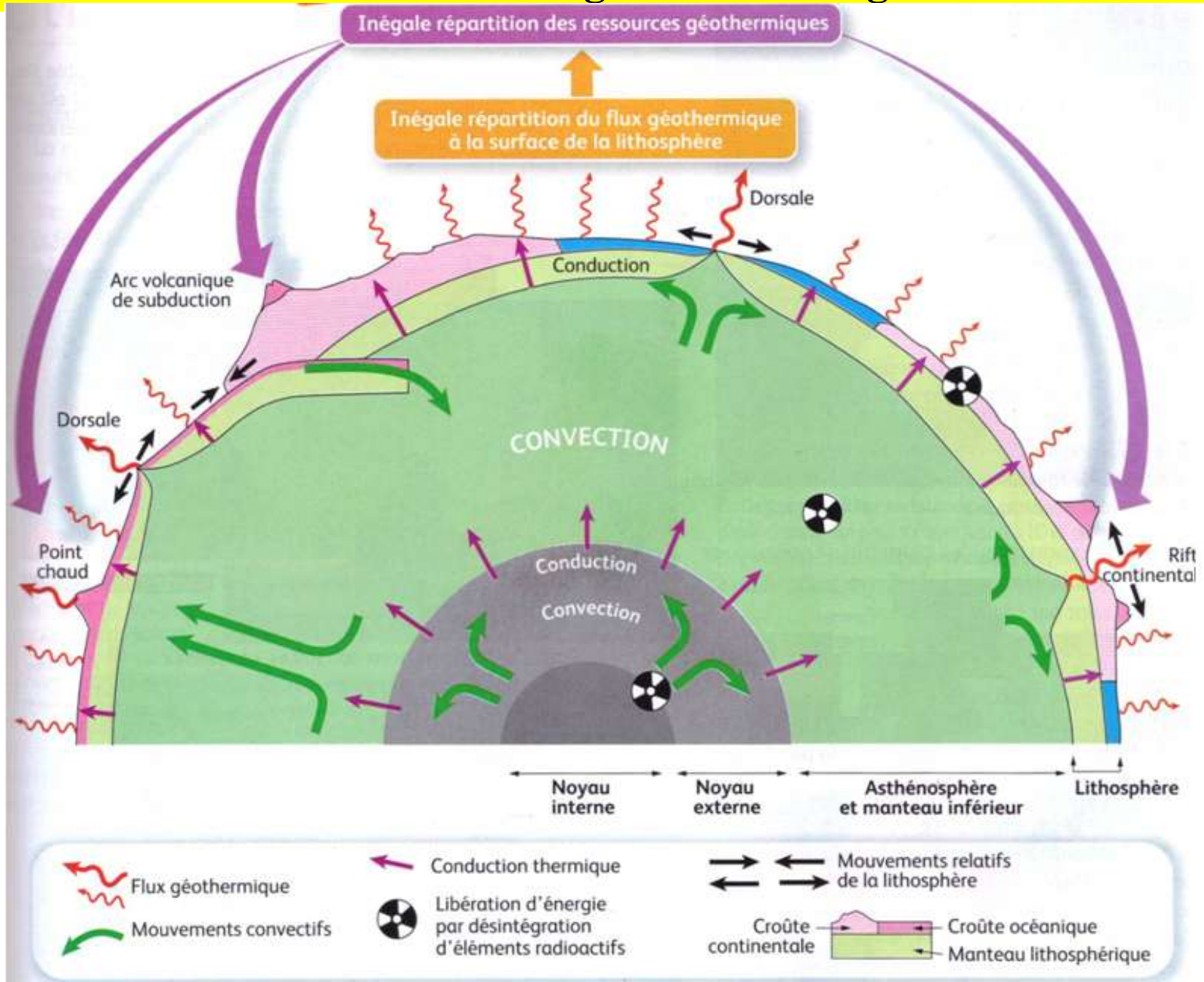
Tomographie sismique à 100 km de profondeur



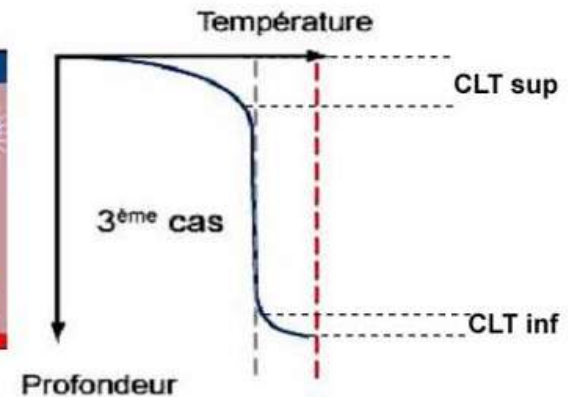
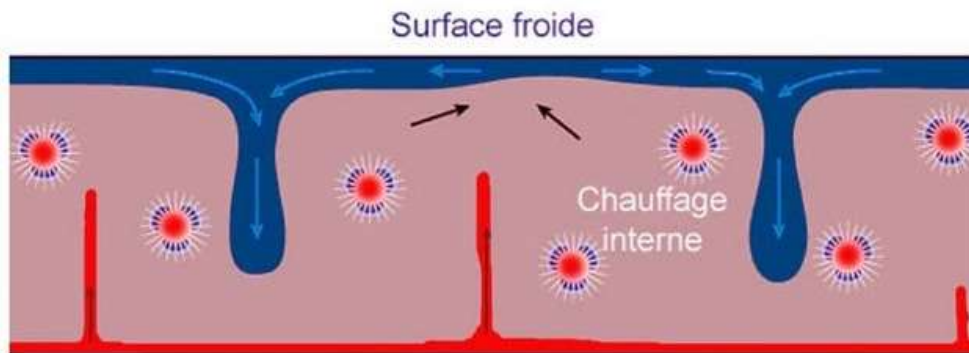
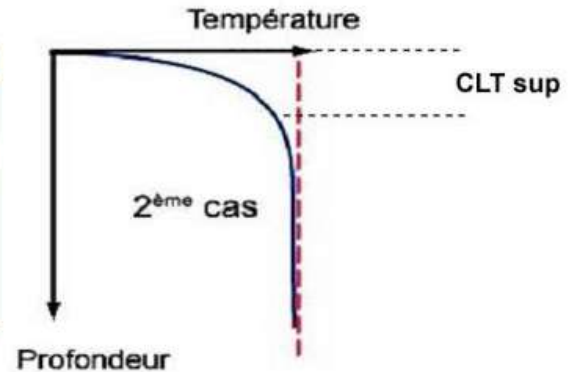
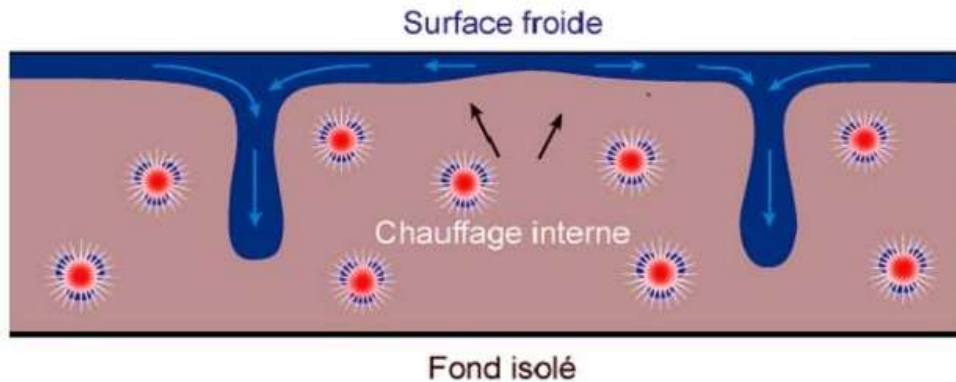
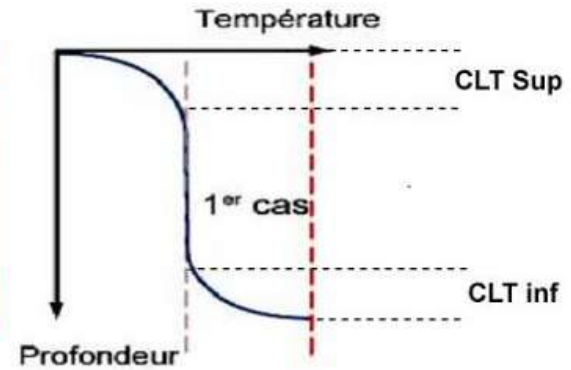
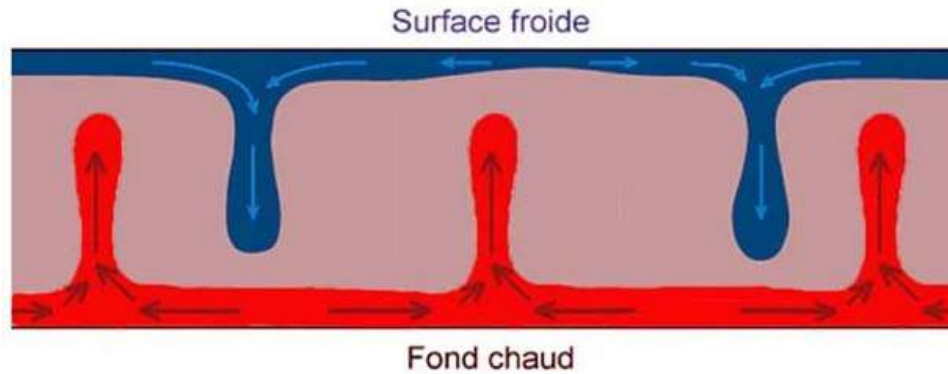
Mise en évidence d'une zone de descente de matière par tomographie sismique



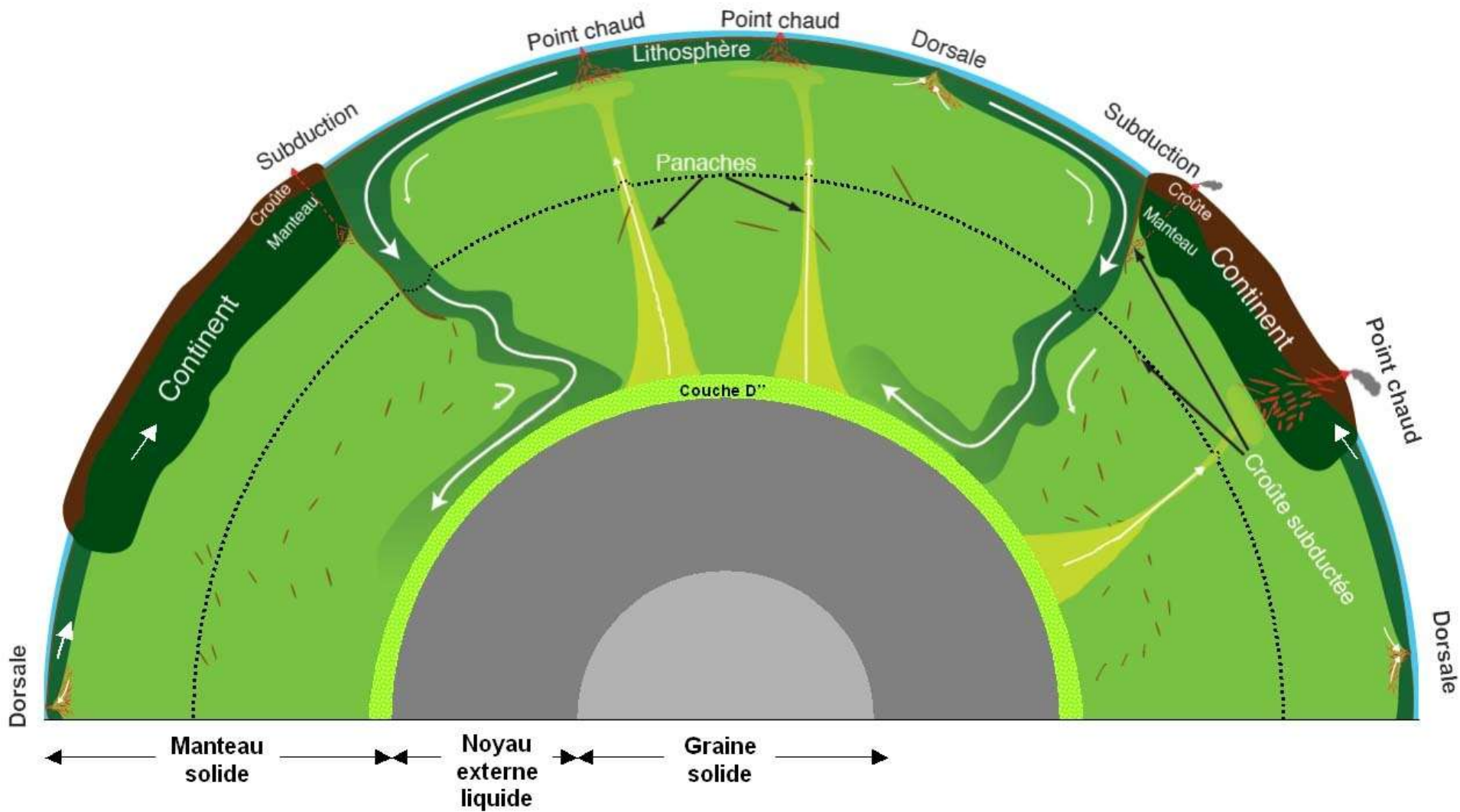
Transferts d'énergie au sein du globe



3 modèles de convection mantellique



Modèle Terre (ENS Lyon 2011-2014)



Thème : Thème : Enjeux planétaires contemporains.

Géothermie et propriétés thermiques de la Terre

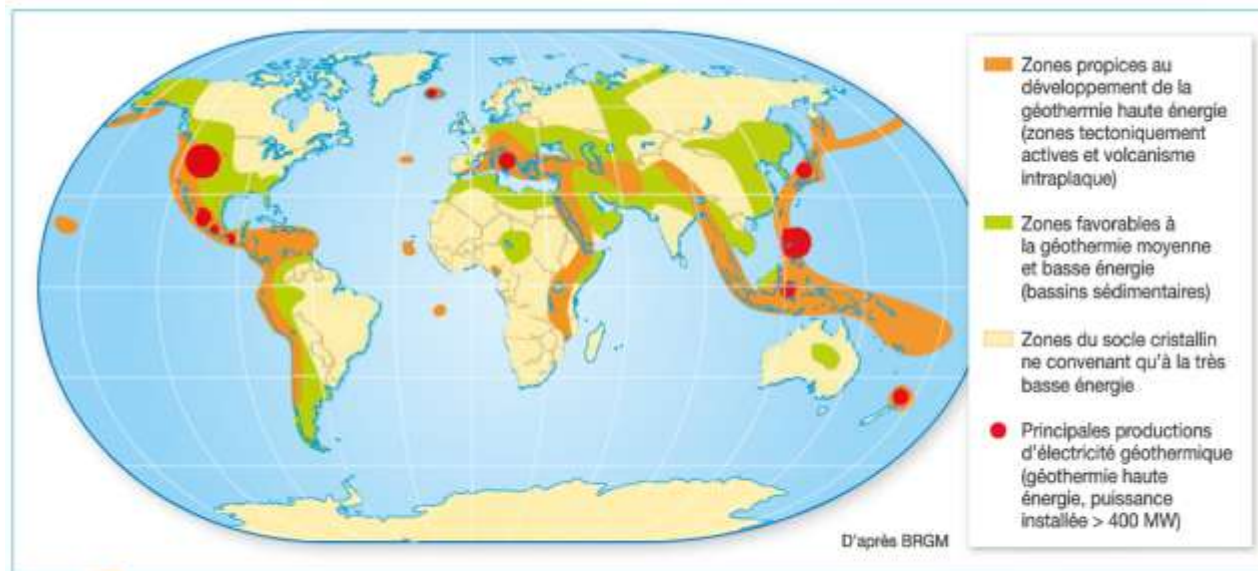
I. Gradient géothermique et flux géothermique.

II. Origine du flux géothermique.

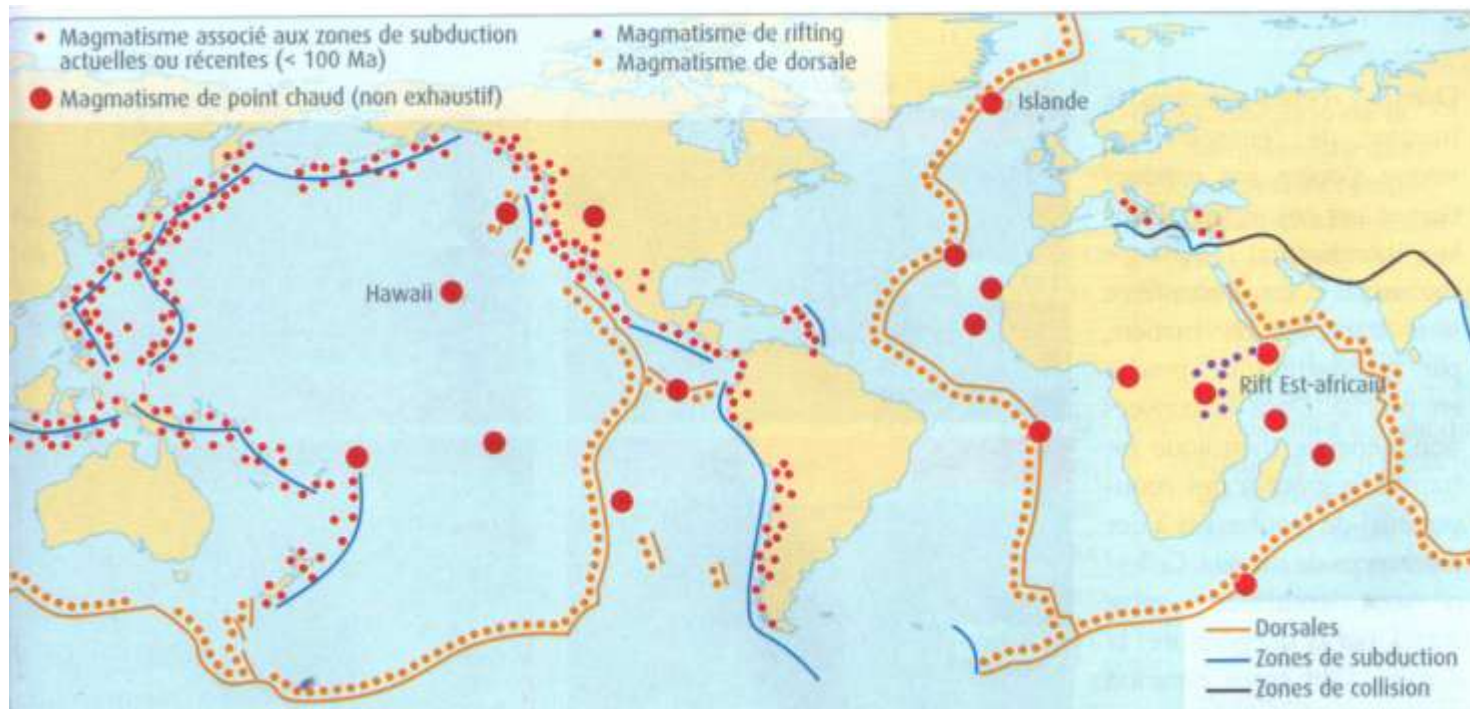
III. Les transferts d'énergie au sein de la planète.

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

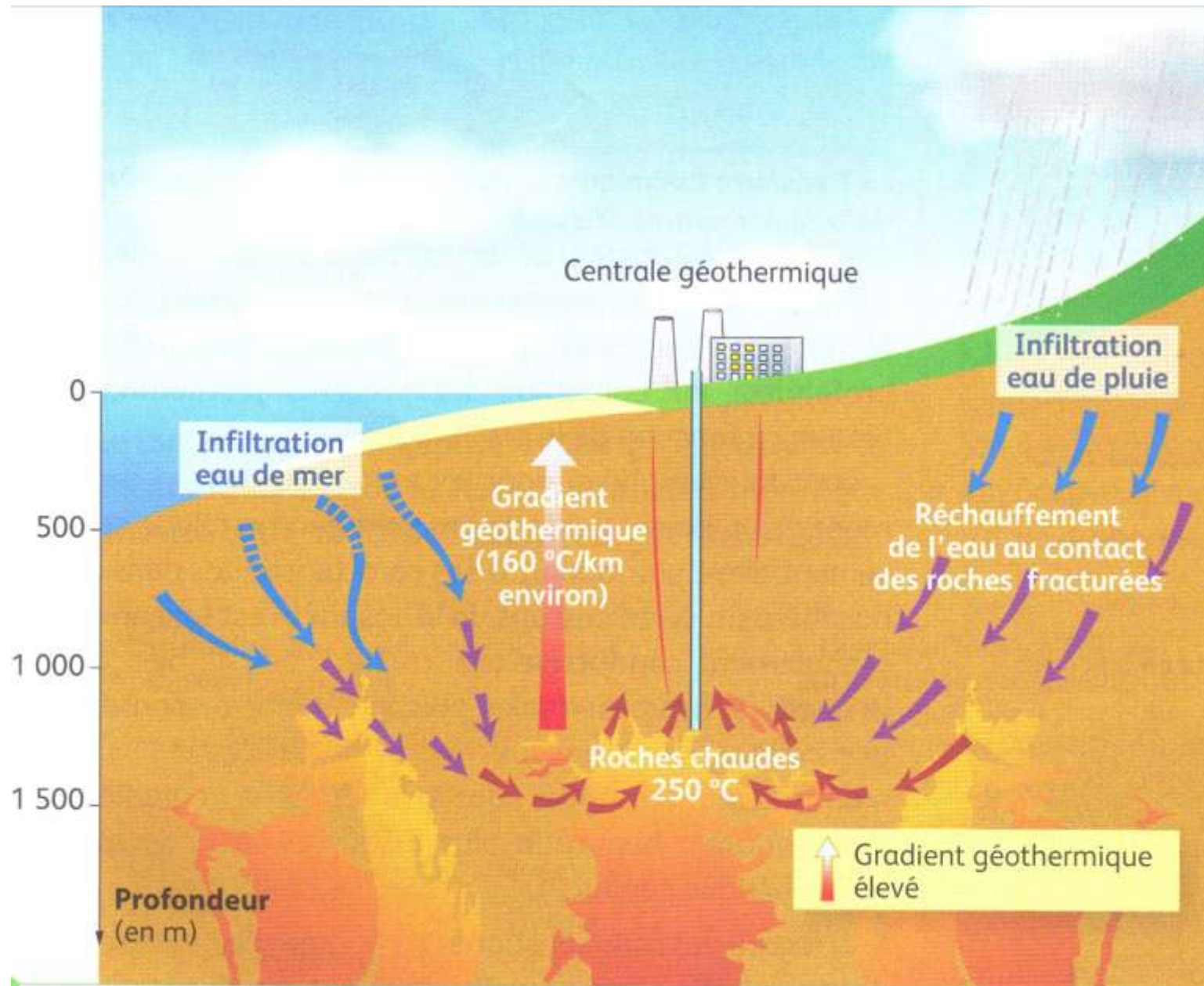
Géothermie haute énergie



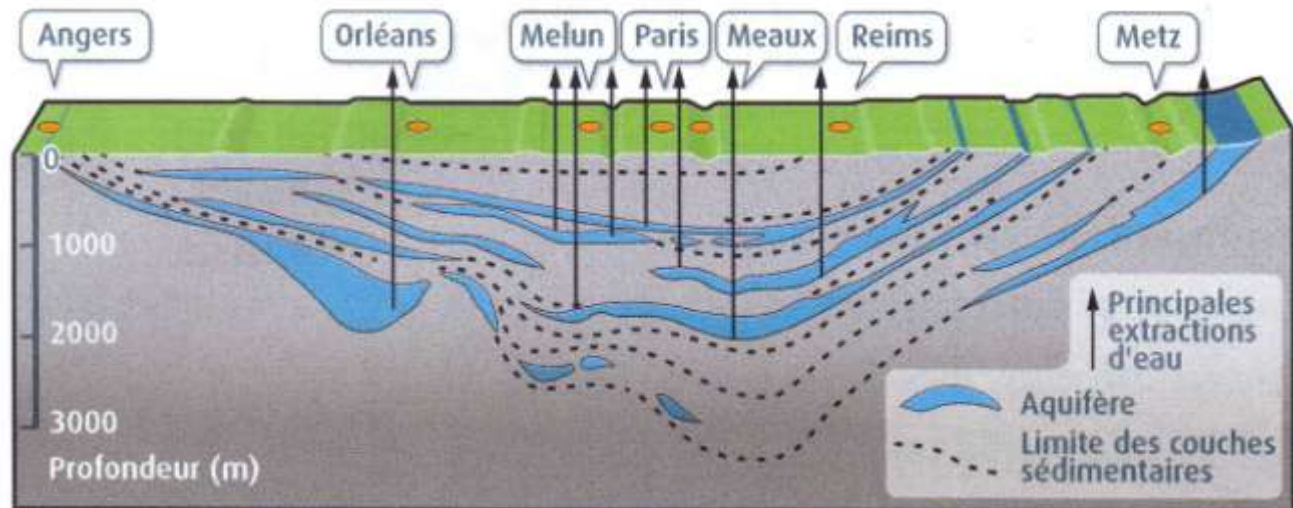
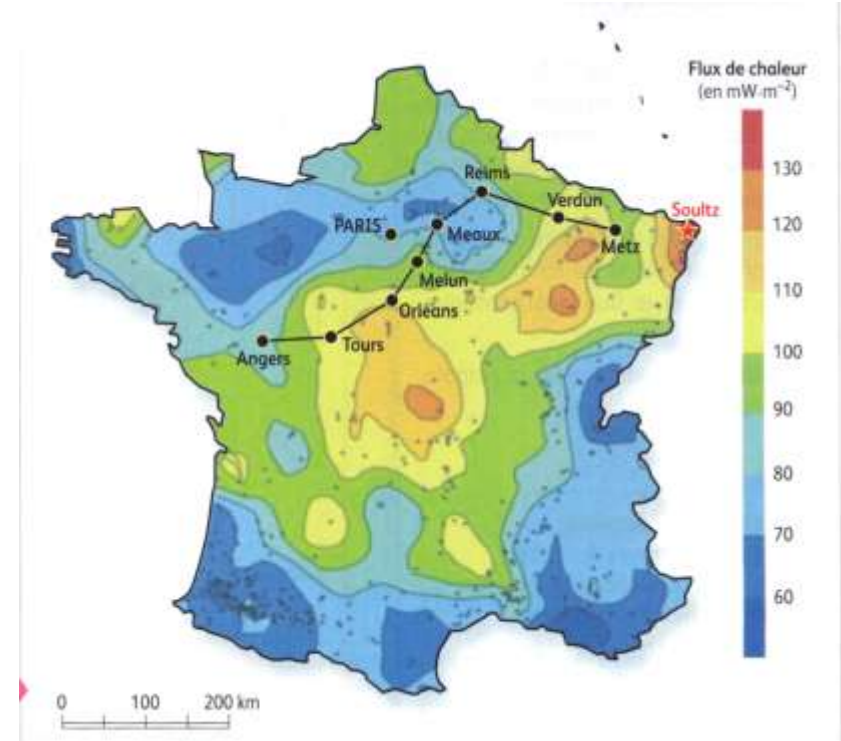
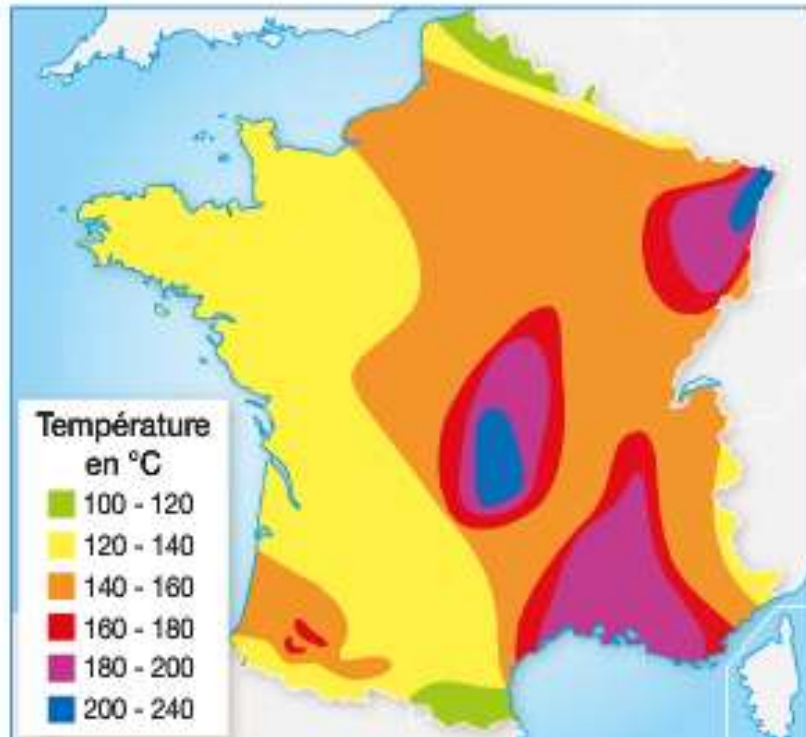
Doc. 2 Zones propices au développement de la géothermie haute énergie.



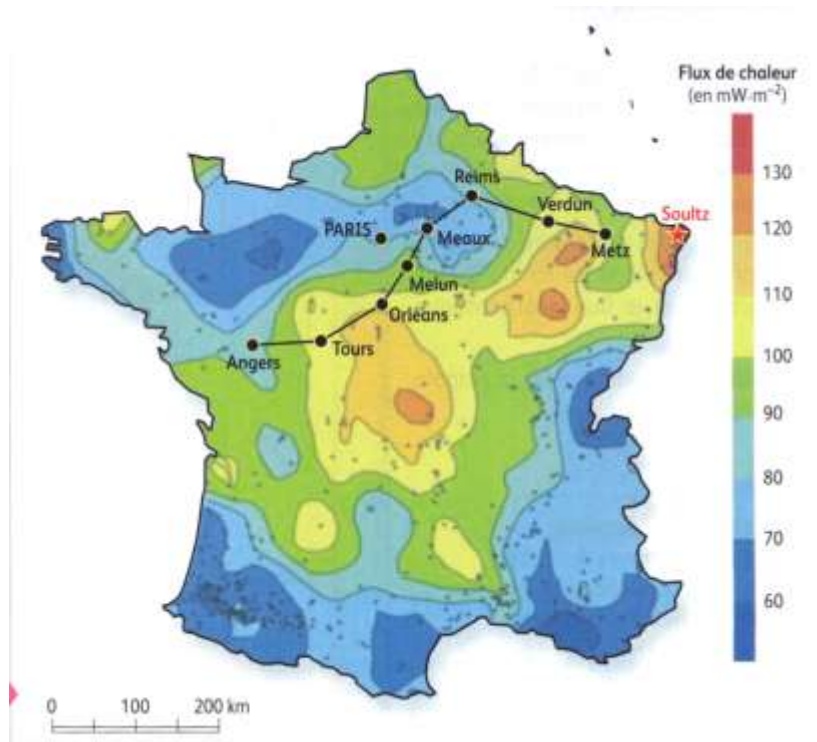
Site de Bouillante en Guadeloupe



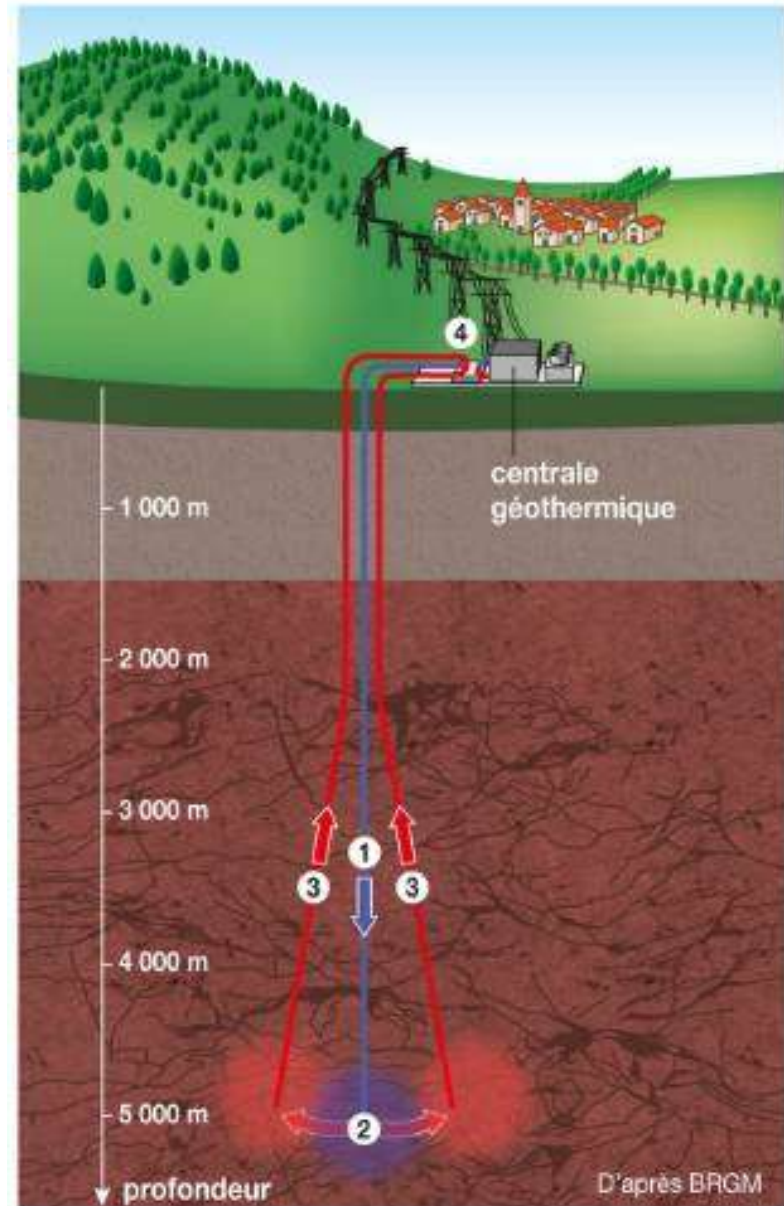
Géothermie basse énergie dans le bassin de Paris



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.



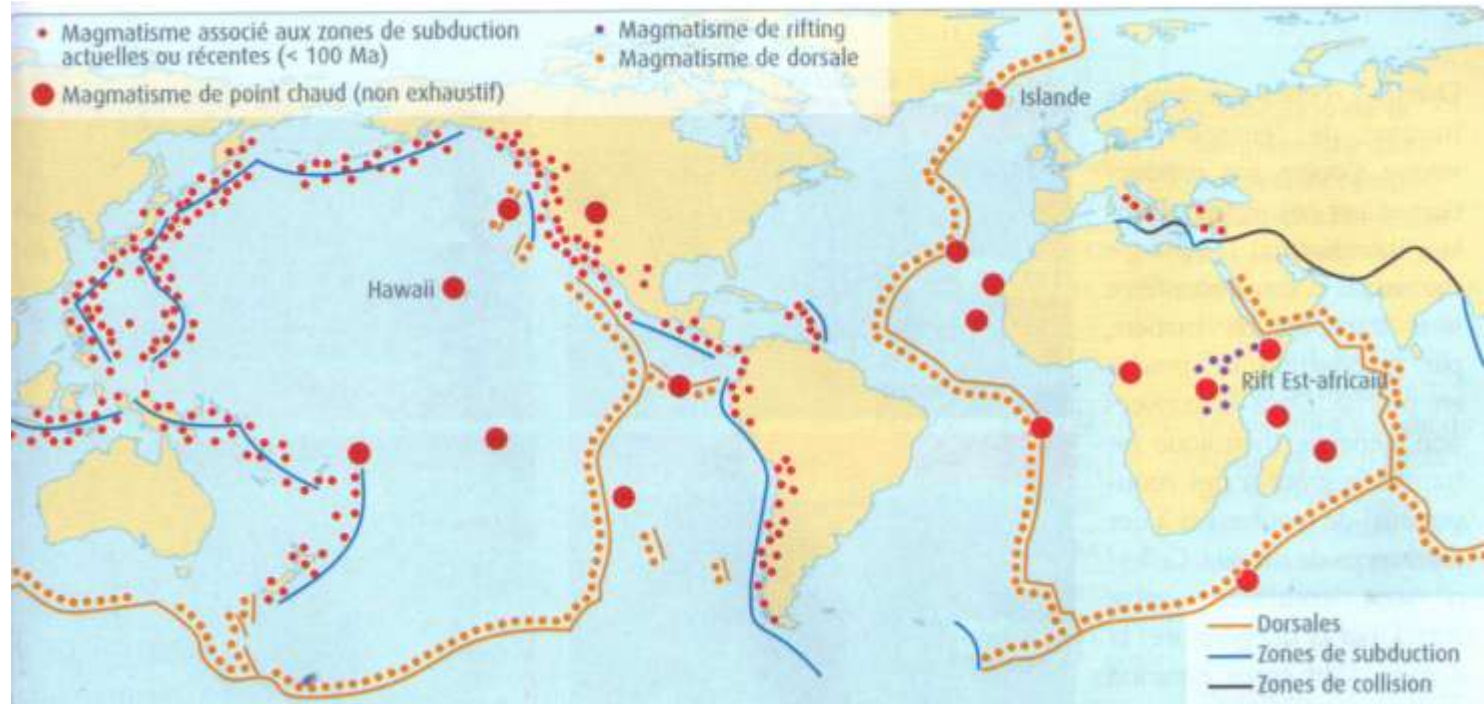
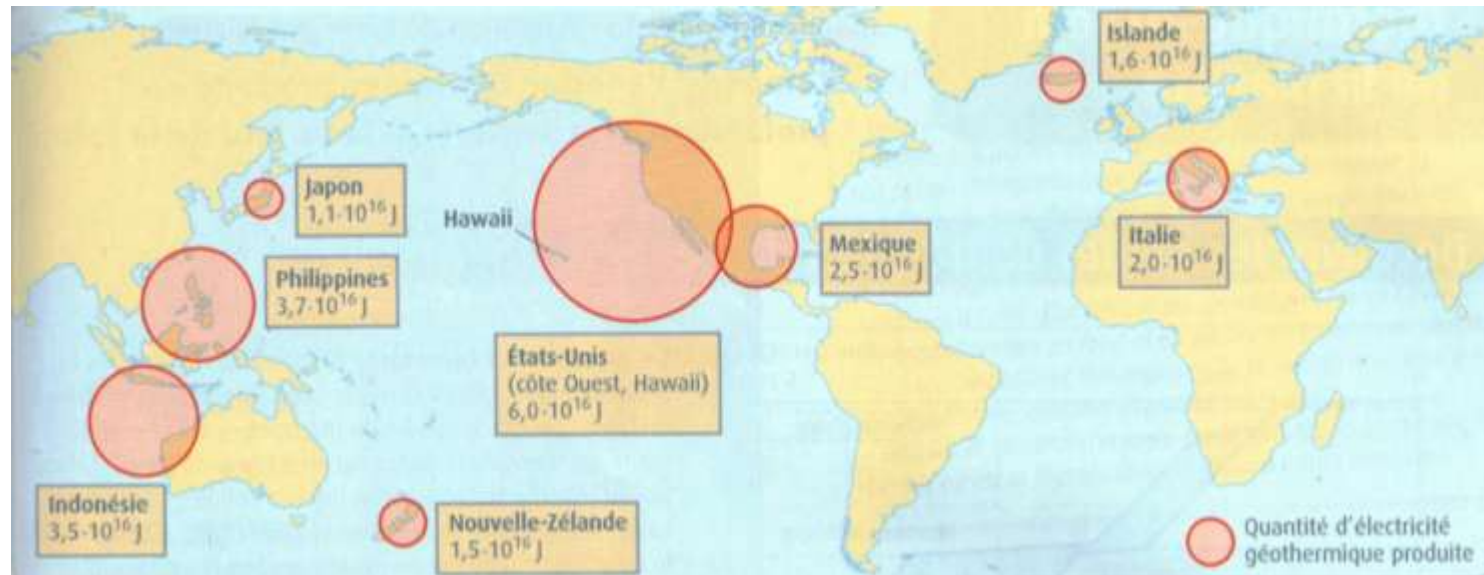
Conseils aux élus (TD en ligne)

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.

Production d'électricité géothermique dans le monde



La méiose

Gènes liés

Réaliser la méiose d'une cellule
hétérozygote pour 2 gènes liés :
Gène A : allèle A (dominant) et a (récessif)
Gène B : allèle B (dominant) et b (récessif)

Réaliser un échiquier de croisement avec un
individu homozygote récessif pour les 2
gènes.
Indiquer les génotypes et les phénotypes des
cellules œufs.

Gènes indépendants

Réaliser la méiose d'une cellule
hétérozygote pour 2 gènes indépendants :
Gène A : allèle A (dominant) et a (récessif)
Gène B : allèle B (dominant) et b (récessif)

Réaliser un échiquier de croisement avec un
individu homozygote récessif pour les 2
gènes.
Indiquer les génotypes et les phénotypes des
cellules oeufs