

# Géothermie et propriétés thermiques de la Terre

## I/ Origine de l'énergie thermique et sa dissipation dans le globe

### 1- L'origine de l'énergie thermique

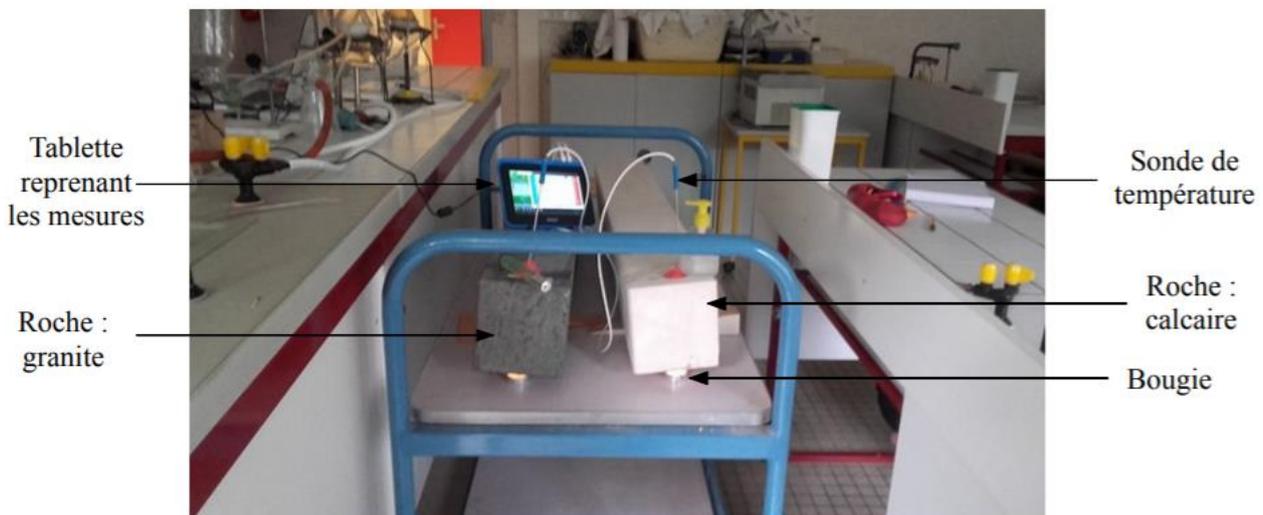
La Terre émet  $4,2 \cdot 10^{13}$  Watts à sa surface. Cette chaleur de la Terre provient :

- De la désintégration des éléments radioactifs contenus dans les roches (60%) notamment l'uranium 235 et 238, le thorium 232 et le potassium 40. Les noyaux de ces atomes sont capables de se fragmenter spontanément (fission nucléaire) et produisent alors un rayonnement et de l'énergie thermique.
- de la chaleur primitive issue de l'accrétion terrestre (40%)

### 2- Le transfert de l'énergie thermique dans le globe (cf TP Purées et Permanganate de Potassium)

L'énergie thermique est propagée par conduction, par convection ou par rayonnement (Les Roches étant opaques le rayonnement ne peut s'opérer dans ce cas....) :

- La **conduction** est un transfert de chaleur de proche en proche sans déplacement de matière. L'efficacité de ce transfert dépend du gradient géothermique (différence de température) et de la conductivité thermique des roches. Système globalement assez peu efficace et surtout « lent » ; ce type de transfert se réalise dans les roches solides et rigides comme celles des croûtes océaniques et continentales (et donc ne permettant pas un déplacement de roche à l'intérieur des roches),

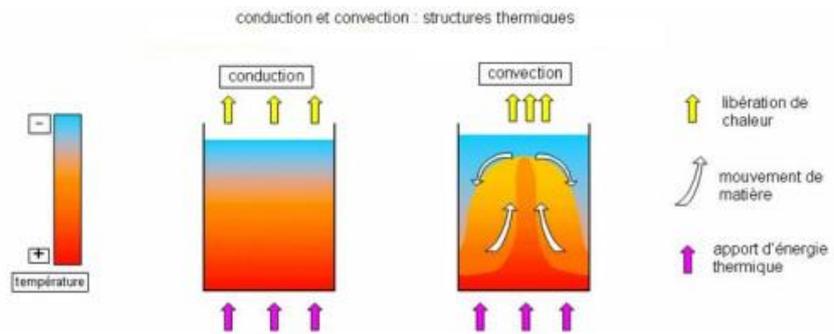


- La **convection** correspond à un transfert de chaleur par déplacement des matériaux dont la température varie peu. La matière chaude a généralement tendance à s'élever (densité plus faible) alors que la matière froide a tendance à descendre (densité plus forte). Ces échanges de matière ont été identifiés par tomographie sismique et ont mis en évidence des flux de matière circulaires formant des cellules de convection. Ce transfert d'énergie est très efficace. Ce type de transfert est réalisé dans toutes les roches du Manteau car celles-ci, bien que solides, ne sont pas rigides et donc permettent un déplacement de roches dans les roches.....



Panache

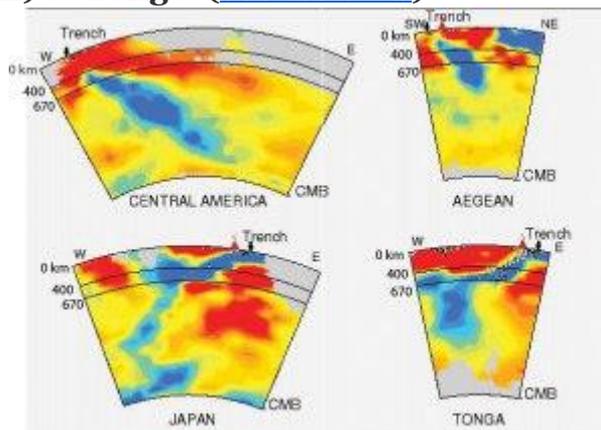
Et une [animation](#) pour comprendre la convection et la conduction



### 3- Vers un modèle global

La tomographie thermique permet d'observer des mouvements ascendants de la matière chaude et solide de grande ampleur au sein du manteau.

**Images tomographiques au niveau de l'Amérique centrale (Central America), Japon (Japan), Égée (Agean) et Tonga. ([source cnrs](#))**



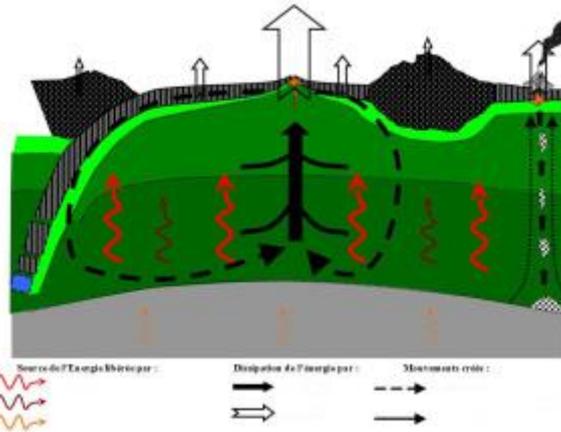
La tomographie sismique permet de formuler des hypothèses quand à la structure thermique du manteau situé sous la lithosphère et son éventuelle animation convective.

La tomographie sismique permet d'établir des « coupes » du globe terrestre grâce à une analyse des vitesses de propagation des ondes sismiques. Les vitesses enregistrées dépendent, notamment, des caractéristiques physiques du milieu traversé (température, pression).

Sur chaque image, les régions colorées en rouge correspondent aux régions anormalement chaudes, la vitesse des ondes est inférieure à la vitesse « normale ». Les zones colorées en bleu montrent des régions « froides » ; les ondes s'y propagent rapidement.

Ces zones froides correspondent aux plaques océaniques subduites dans le manteau.

NB : ces images semblent indiquer que la plaque plongeante s'enfonce sous la limite 670 km pour atteindre l'interface manteau-noyau (CMB : Core Mantel Boundary).



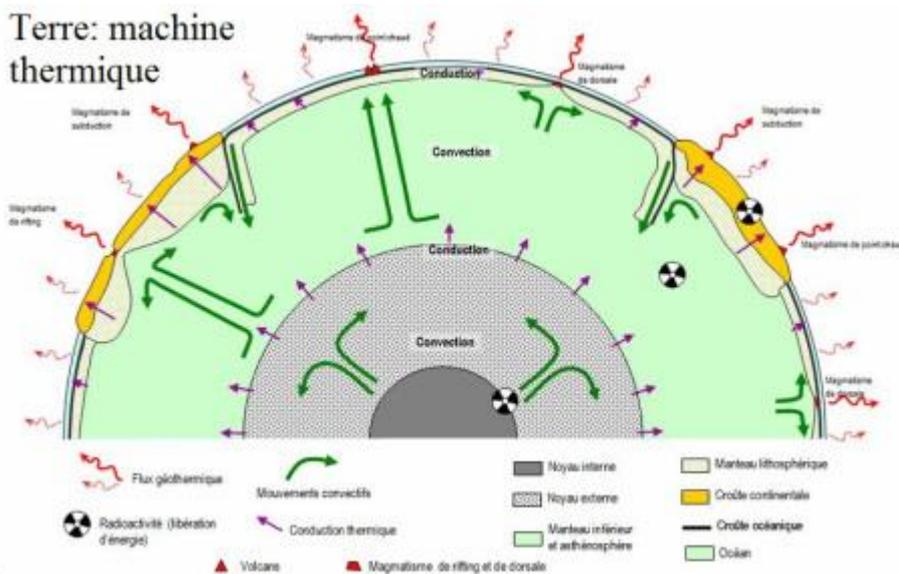
Ces panaches mantelliques sont à l'origine d'une dissipation de l'énergie thermique par convection de point chaud. Ils

Ainsi, l'activité thermique de la Terre s'inscrit dans le processus de tectonique des plaques. Les conséquences de cette activité interne se manifestent en surface par :

- la production de lithosphère au niveau des remontées de matière dans les zones d'accrétion océanique (dorsales)
- la disparition de plaques lithosphériques couplées aux zones de subduction « froides »
- le couplage entre le mouvement des plaques et les mouvements de convection du manteau sous-jacent.

La chaleur terrestre se dissipe très progressivement. Elle est basée sur la désintégration d'atomes radioactifs dont l'activité perdurera encore plusieurs centaines de millions d'années (renouvelable à l'échelle humaine).

Schéma bilan:



Pour comprendre la [tomographie](#)

## II/ Étude d'un exemple : Exploitations géothermiques et contextes géodynamiques (cf TP « MORTAIN »)

**Le Gradient géothermique** ou accroissement de la température avec la profondeur varie avec :

- la composition chimique des roches (proportion en éléments radioactifs),
- le contexte géodynamique,
- la convection si présence d'eau.
- La variation de conductivité thermique (capacité à transférer la chaleur par conduction thermique) des couches sédimentaires.

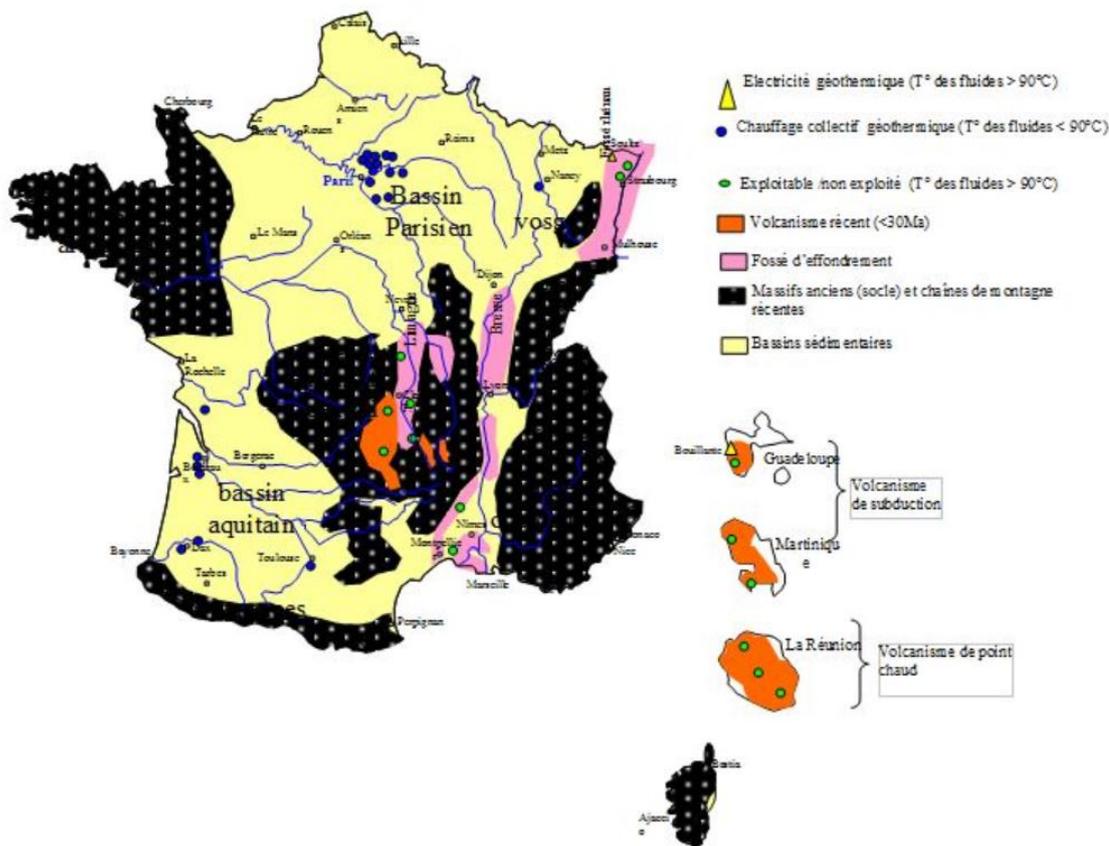
Il est en moyenne de 31°C/km en France (110°C/km dans le 1<sup>er</sup> km en [Alsace](#), mais 12°C/km dans la région de Mortain). Bonté et al, 2010

**Le Flux géothermique ou flux de chaleur** : Quantité d'énergie évacuée par la Terre, exprimée par unité de surface et par unité de temps.

Le flux moyen est de 65mW.m<sup>-2</sup> à la surface des continents et de 101mW.m<sup>-2</sup> à la surface du plancher des océans soit 87mW.m<sup>-2</sup> pour l'ensemble du globe (Pollack et al, 1993)

Le flux thermique en un point donné est obtenu en multipliant la conductivité thermique et le gradient thermique. Il dépend de la radioactivité des roches et du refroidissement de la chaleur initiale de la terre par cristallisation du noyau terrestre.

Cadre géologique simplifié des ressources géothermiques en France et potentiel de développement



En résumé : pour comprendre la géothermie en [vidéo](#)