

2<sup>ème</sup> PARTIE - Ex2 - Pratique d'une démarche scientifique ancrée dans des connaissances.

Origine de quelques granites post-collision

Les granites étudiés dans le domaine continental sont caractérisés par une grande diversité qui reflète leurs multiples origines.

Ainsi, dans les zones de subduction, les granites se forment par fusion partielle des péridotites hydratées du manteau lithosphérique.

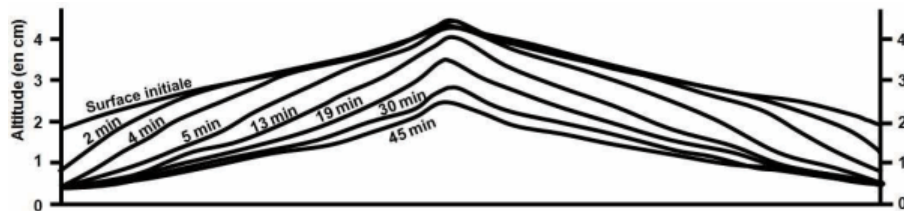
D'autres granites, mis en place au cours de la formation d'une chaîne de collision, ont pour origine une fusion partielle de matériaux continentaux, consécutive à un épaississement du domaine continental.

Enfin, certains granites, qualifiés de « tardifs », se mettent en place au cours des derniers stades de l'évolution d'une chaîne de montagnes.

**A partir de l'exploitation des documents mis en relation avec les connaissances, proposer une explication à la formation de ces granites tardifs.**

**Document 1 : résultat d'expérience de simulation sur la morphologie d'une chaîne de montagnes**

En laboratoire, l'évolution d'une chaîne de montagnes soumise aux effets des précipitations est modélisée à l'aide d'un matériau meuble sur lequel de l'eau est pulvérisée. L'altitude de la chaîne modélisée est évaluée à différents temps et son relief est représenté sur le graphique ci-dessous :



D'après Lague and al., Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 2003

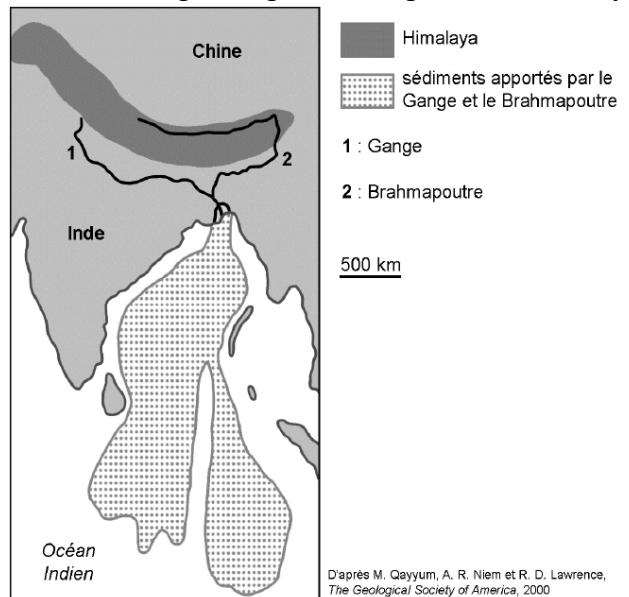
**Doc2 : résultat d'une étude menée sur la chaîne de l'Himalaya, sur les fleuves Gange et le Brahmapoutre.**

Le golfe du Bengale forme la partie du nord-est de l'océan Indien. Dans sa partie nord, se jettent le Gange et le Brahmapoutre, deux fleuves provenant de la chaîne de montagnes de l'Himalaya.

Les études scientifiques montrent que ces 2 fleuves ont apporté dans le delta  $1,27 \cdot 10^7 \text{ km}^3$  de sédiments en 50 millions d'années.

D'après Goobred Jr and Kuehnb, 2000

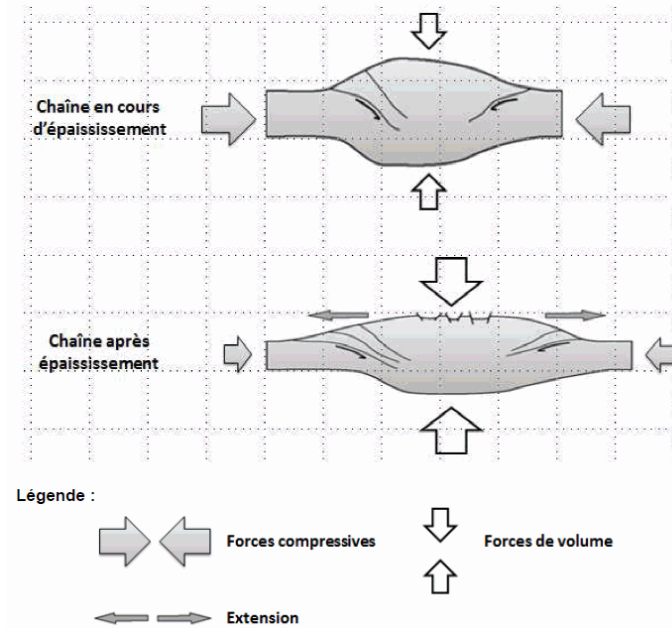
**Carte de la région du golfe du Bengale et de l'Himalaya**



**Document 3 : distribution des forces compressives et des forces de volumes dans une chaîne de montagnes**

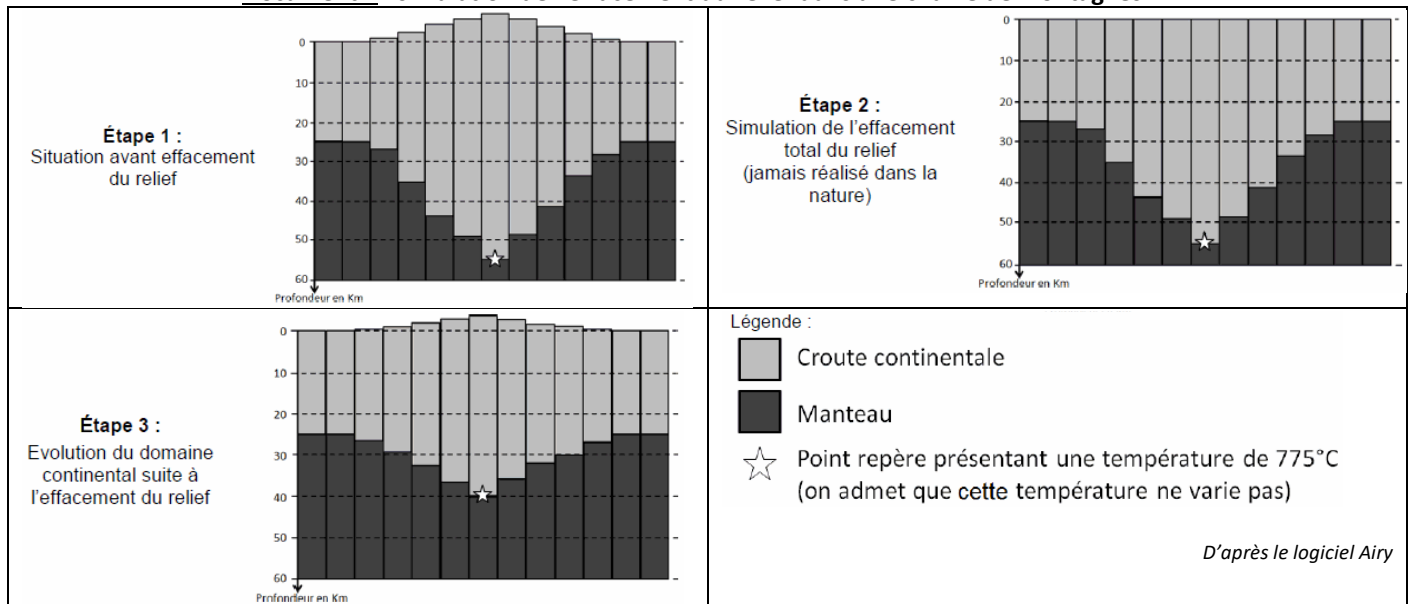
Au niveau d'une chaîne de montagnes, des forces compressives provoquent l'épaississement de la croûte continentale. Mais après épaississement, les forces compressives peuvent devenir inférieures aux forces de volume alors liées au poids du relief. Dans ces conditions, la croûte continentale ne s'épaissit plus mais, au contraire, s'étale sous l'effet de la gravité.

**Schéma représentant les forces de volume et forces compressives dans une chaîne de montagnes**



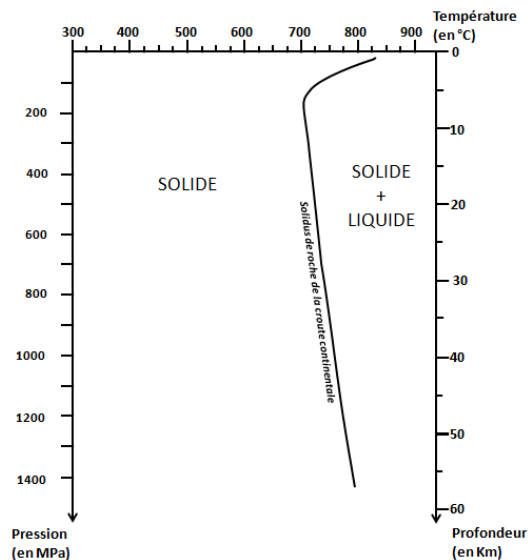
*D'après R.Augier, Evolution tardi-orogénique des cordillères bétiques (Espagne): apports d'une étude intégrée, Thèse, 2004*

**Document 4 : simulation de l'effacement du relief dans une chaîne de montagnes**



*D'après le logiciel Airy*

**Document 5 : diagramme pression - température permettant de déterminer les domaines de l'état physique de roches de la croûte continentale**



*D'après La banque de schéma SVT académie de Dijon*

**2ème PARTIE - Ex1 (modifié car sans les connaissances apportées initialement).**

Dans le bassin parisien et le fossé Rhénan on exploite la chaleur interne dissipée par la Terre. Mais, ces deux régions de France métropolitaine ne permettent pas le même type d'exploitation de l'énergie géothermique.

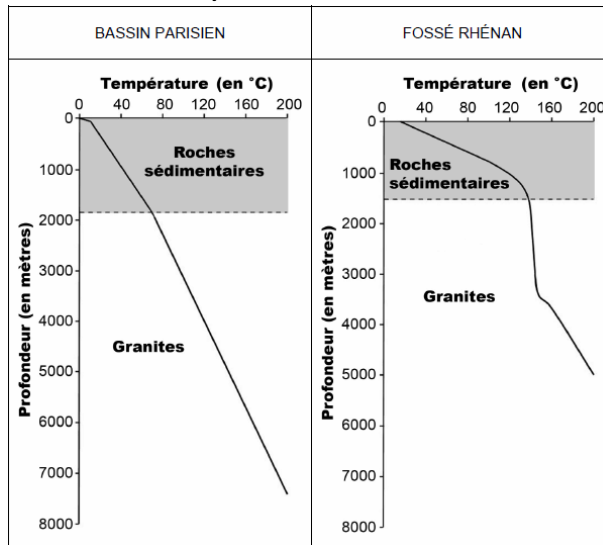
**En vous limitant à l'exploitation des documents présentés et à vos connaissances :**

- définir et calculer le gradient géothermique dans le premier kilomètre ;
- justifier quelle est la région géothermique de basse énergie et celle de haute énergie et l'utilisation potentielle que l'on peut envisager. ;
- déterminer pour quelle raison l'une des deux régions libère davantage d'énergie géothermique que l'autre.

**Document 1a : le principe de l'exploitation géothermique.**

L'exploitation géothermique repose toujours sur la même méthode : on effectue un forage, dont la profondeur n'excède pas 5000 mètres et dans lequel on injecte de l'eau. Au fond du forage, cette eau se réchauffe puis est pompée vers la surface où l'on exploite la chaleur que l'eau a accumulée.

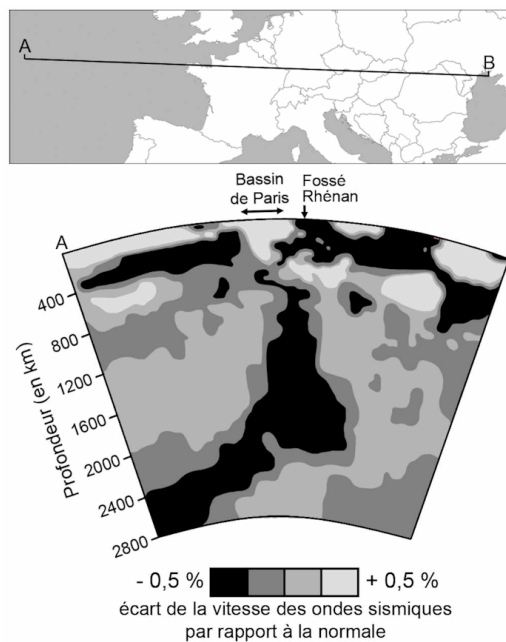
**Document 1b : évolution de la température souterraine et nature des roches dans deux régions françaises.**



*d'après GEIE  
(exploitation minière  
de la chaleur)*

**Document 2 : tomographie sismique à l'aplomb des deux zones étudiées.**

Les ondes sismiques ont une vitesse de propagation qui varie suivant la température des milieux traversés.



*D'après Saskia Goes et al.,  
in Science 286 (1999)*

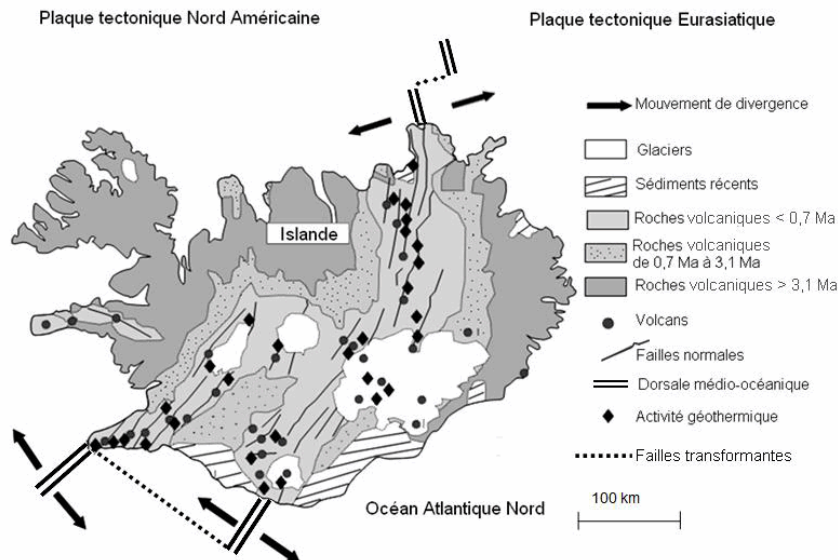
## 2ème PARTIE - Ex1 - Pratique d'un raisonnement scientifique dans le cadre d'un problème donné.

### L'Islande, île de la géothermie

L'Islande est une île située dans l'Atlantique Nord qui présente une intense activité géologique et une activité géothermique très élevée. Le potentiel géothermique de l'île est utilisé comme source d'énergie principale grâce à de nombreuses centrales géothermiques qui, en prélevant l'eau chaude du sous sol, produisent de l'électricité.

**A partir de l'exploitation et de la mise en relation des deux documents, argumenter l'expression suivante : « le contexte géologique de l'Islande explique l'importante activité géothermique de l'île ».**

#### Document 1 : carte géologique de l'Islande



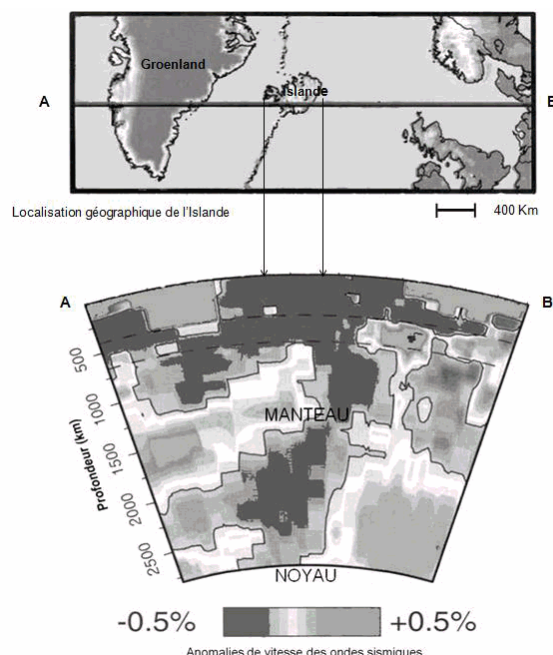
D'après <http://www.nordregio.se> et <http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt>

#### Document 2 : étude du manteau sous l'Islande par tomographie sismique

La tomographie sismique est une méthode géophysique qui utilise l'enregistrement de la vitesse des ondes sismiques émises lors de tremblements de terre. Cette technique consiste à comparer les vitesses des différentes ondes reçues aux vitesses théoriques attendues pour chaque profondeur.

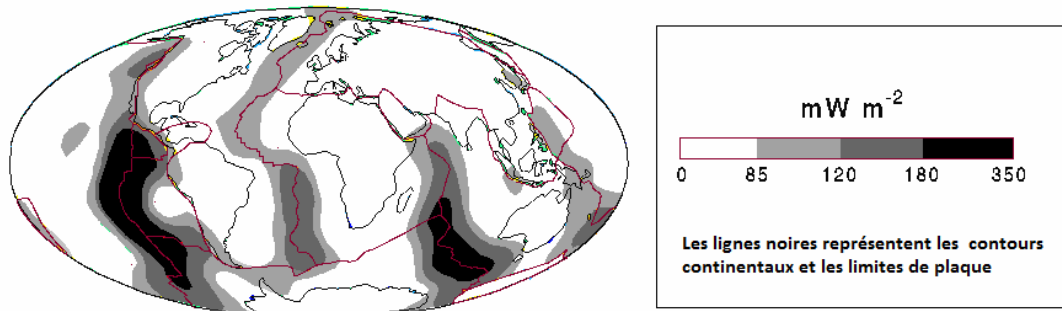
On met alors en évidence des zones où la vitesse des ondes est :

- soit plus élevée que celle prévue à cet endroit (anomalie de vitesse positive), correspondant à des régions plus froides du manteau ;
- soit plus faible que celle prévue à cet endroit (anomalie de vitesse négative), correspondant à des régions plus chaudes du manteau.



D'après <http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-islande.xml>

**QCM.** Une seule bonne réponse par question.



**Carte mondiale des flux thermiques exprimés en milliwatts par mètre carré (mW.m<sup>-2</sup>)**

1. Les zones de flux fort visibles sur la carte :

a. sont en relation avec les rifts continentaux	b. sont liées à un volcanisme de point chaud	c. sont en relation avec des dorsales	d. sont en relation avec les zones de subduction
---	--	---------------------------------------	--

2. Les zones de flux fort sont associées :

a. à la création de manteau	b. à la création de LO	c. à la création d'asthénosphère	d. à la création de LC
-----------------------------	------------------------	----------------------------------	------------------------

3. Dans la Terre le transfert thermique s'effectue par :

a. convection seulement	b. convection et conduction	c. l'intermédiaire du champ magnétique terrestre	d. fusion du manteau et remontée de roches du noyau
-------------------------	-----------------------------	--	---

4. Les éléments radioactifs à l'origine de l'énergie thermique produite par le globe sont notamment :

a. <sup>238</sup> Th, <sup>40</sup> K, <sup>232</sup> U	b. <sup>232</sup> Th, <sup>238</sup> K, <sup>40</sup> U	c. <sup>238</sup> Th, <sup>232</sup> K, <sup>40</sup> U	d. <sup>232</sup> Th, <sup>40</sup> K, <sup>238</sup> U
---	---	---	---

**QCM de type I (bac) :**

**1- Dans une chaîne de montagnes, les reliefs tendent à :**

- augmenter sous l'effet de l'altération et de l'érosion,
- augmenter sous l'effet de la seule érosion,
- disparaître sous les seuls effets de l'altération et de l'érosion,
- disparaître sous l'effet de l'altération, de l'érosion et de phénomènes tectoniques.

**2- On observe un flux géothermique :**

- fort au niveau des dorsales, associé à une production de lithosphère continentale,
- faible au niveau des dorsales, associé à une production de lithosphère océanique,
- fort au niveau des fosses océaniques associé au plongement de la lithosphère,
- faible au niveau des fosses océaniques associé au plongement de la lithosphère.

**3- Les transferts de chaleur par convection au niveau du globe :**

- sont plus efficaces que les transferts de chaleur par conduction,
- ne s'accompagnent d'aucun déplacement de matière,
- sont le seul mécanisme de transfert thermique de la Terre,
- sont peu importants dans le manteau.

**4- Le flux géothermique global :**

- a une valeur homogène à la surface de la Terre,
- est dû au transfert de chaleur de la profondeur vers la surface de l'énergie libérée par la désintégration de substances radioactives,
- est dû au transfert de chaleur de la surface vers la profondeur de l'énergie libérée par la désintégration de substances radioactives,
- est lié à l'énergie solaire reçue par la surface terrestre.

## A. 2<sup>ème</sup> PARTIE - Ex2 - Pratique d'une démarche scientifique ancrée dans des connaissances. 5 points.

### Origine de quelques granites post-collision

On cherche à expliquer la formation de granites tardifs (= post-collision) donc différents de granites consécutifs au fonctionnement d'une zone de subduction ou suite à l'épaississement crustal (voir énoncé).

**Doc1.** On pratique une expérience de simulation sur la morphologie d'une chaîne de montagnes. On emploie pour cela un matériau meuble (facilement lessivable, et qui mime le relief) sur lequel on pulvérise de l'eau. On remarque qu'au cours du temps, l'altitude du relief diminue, plus particulièrement en bas du dôme initialement constitué. La totalité du relief (dôme compris) finit par diminuer d'altitude (environ 2 à 3 cm sur les 4 initiaux au maximum) au cours du temps.

Cela montre qu'au cours du temps, l'érosion participe à la diminution de la hauteur des reliefs.

**Doc2.** On étudie cette fois la chaîne de collision de l'Himalaya, et plus particulièrement deux fleuves dont le bassin d'alimentation provient en grande partie de cette chaîne. Ce sont le Gange et le Brahmapoutre. Ces fleuves se jettent dans l'océan Indien au niveau du Golfe du Bengale. On remarque d'ailleurs un vaste dépôt de sédiments dans le Golfe : ils se déposent jusqu'à plus de 3000 km de l'embouchure des deux fleuves (il est indiqué d'ailleurs que ces 2 fleuves ont apporté dans le delta  $1,27 \cdot 10^7 \text{ km}^3$  de sédiments en 50 Ma).

Ainsi, les eaux de ces deux fleuves ont transporté d'énormes quantités de sédiments de diverses tailles : ions solubles, particules (débris)... En reliant au document 1, on peut dire que ces sédiments proviennent de l'altération physique et chimique des reliefs himalayens. L'eau de ces deux fleuves constitue alors un vecteur de transport de ces sédiments, qui se déposent alors dans le Golfe du Bengale. C'est l'érosion.

**Doc3.** Il reprend partiellement un schéma du livre : le relief s'épaissit tant que les forces horizontales (compressives) sont supérieures aux forces verticales (poids des reliefs et poussée d'Archimède).

Lorsque les forces compressives diminuent et/ou deviennent inférieures au poids et à la poussée d'Archimède, le relief s'écroule (ce qui peut arriver lorsque l'altitude + la racine crustale deviennent trop importants). Cela se manifeste notamment en surface par des failles normales.

La tectonique participe aussi à la destruction des reliefs (et donc au retour vers une CC d'épaisseur standard).

**Doc4.** Il propose des simulations de la disparition des reliefs.

L'état initial montre la racine crustale (55km pour le point repère) auquel répond en surface la chaîne de montagnes que l'on peut visualiser (quelques milliers de mètres).

L'étape 2 montre uniquement un effacement des reliefs positifs (donc l'action de l'érosion montrée dans le document 1). La racine crustale ne bouge pas (le point repère reste à 55 km de profondeur).

L'étape 3 montre également un effacement des reliefs, mais à la fois par le haut (érosion) et par le bas (remontée de la racine crustale concomitante à l'érosion, voir document 3). Le point repère initialement situé à 55 km de profondeur remonte alors, et on le retrouve à 40 km de profondeur dorénavant.

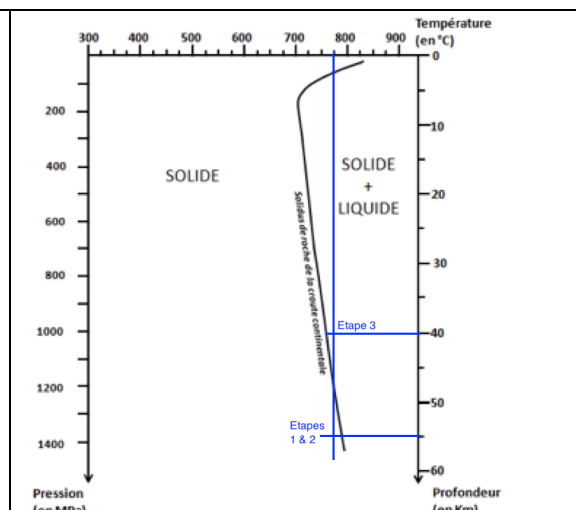
A noter que dans les trois cas, la température du point repère ne varie pas et reste aux alentours de 775°C.

Ce doc. confirme ainsi que le démantèlement des reliefs se fait par un double processus : érosion + tectonique.

#### Document 5 mis en relation avec le doc4.

Ce document n'a de sens que s'il est mis en relation avec le précédent. Il s'agit d'un diagramme PT permettant de déterminer l'état physique de roches de la CC. On remarque également le solidus d'une roche de la CC (ligne qui sépare le domaine solide de solide + liquide, CAD que la FP débute). Quand on reprend les coordonnées de notre point repère dans les étapes 1 et 2, puis 3 (le mieux est de reprendre et compléter le document), cela donne :

On voit que dans les étapes 1 et 2, les conditions PT ne sont pas réunies pour franchir le solidus : la roche de la CC ne fond pas. En revanche, dans l'étape 3, le solidus est franchi, et il y a fusion partielle. Comme ce stade est atteint tardivement dans l'histoire de la chaîne de montagnes, on a les conditions favorables pour l'obtention de granites tardifs.



**Conclusion.** Deux processus sont responsables de la diminution d'altitude des chaînes de montagnes :

- le premier, l'érosion (qui se traduit par une altération, un transport puis une sédimentation) débute dès l'apparition des premiers reliefs ;
- le second, la tectonique arrive plus tardivement dans l'évolution des reliefs : suite à une extension, l'altitude des reliefs diminue et la racine crustale remonte.

Cela permet la remontée de roches initialement présentes à grande profondeur dans la racine crustale. La décompression engendrée, associée à une température qui ne varie que peu, leur permet de franchir leur solidus et de subir la FP ce qui peut conduire à la mise en place de granites tardifs.

### **B. 2ème PARTIE - Ex1 (modifié car sans les connaissances apportées initialement).**

Dans le bassin parisien et le fossé Rhénan on exploite la chaleur interne terrestre. Mais, ces deux régions de France métropolitaine ne permettent pas le même type d'exploitation de l'énergie géothermique.

#### **Définir et calculer le gradient géothermique dans le premier kilomètre ;**

- Gradient thermique : rapport entre la variation de température entre deux points et leur distance.
- Pour les deux régions, la T°C augmente avec la profondeur
  - Le gradient géothermique est relativement constant dans le BP : environ 30°C / km.  
Calcul du gradient dans le premier km : proche de 30°C / km
  - Dans le fossé Rhénan, la température n'augmente pas de manière homogène avec la profondeur : gradient d'environ 120°C dans le premier km, puis température qui n'évolue plus entre 1500 et 3500m de profondeur avant d'augmenter de nouveau. On est ainsi aux alentours de 200°C à 5000m de profondeur. Calcul du gradient dans le premier km : 120°C / km.

#### **- justifier quelle est la région géothermique de basse énergie et celle de haute énergie ;**

- D'une manière générale, le gradient thermique est plus élevé en Alsace que dans le BP. Cela permet de faire de la géothermie basse énergie (chauffage urbain, T°C < 90°C), et haute énergie dans la plaine du Rhin (électricité mais aussi chauffage collectif, en théorie T°C > 150°C, on est donc presque en moyenne énergie).

#### **- déterminer pour quelle raison l'une des deux régions libère davantage d'énergie géothermique que l'autre.**

- Lorsque l'on effectue une tomographie sismique qui traverse ces deux régions d'ouest en est, on remarque une zone superficielle où les ondes ralentissent sous le fossé Rhénan (trace au-delà de 400km de profondeur) : le milieu (manteau ici) est donc plutôt chaud. Le flux géothermique est donc élevé sous l'Alsace (pas d'explication sur l'origine de cette anomalie chaude), expliquant le potentiel géothermique haute énergie. En revanche, sous le BP, la zone superficielle de la coupe montre une accélération des ondes : le milieu est donc froid. Le flux géothermique est donc faible dans le BP (gradient géothermique proche de la normale), expliquant le potentiel géothermique basse énergie.

### **C. 2ème PARTIE - Ex1 - Pratique d'un raisonnement scientifique dans le cadre d'un problème donné (3 points).**

#### **L'Islande, île de la géothermie**

On veut expliquer pourquoi le contexte géologique de l'Islande explique l'importante activité géothermique de l'île.

**Document 1.** Au niveau de l'Islande :

- terrains majoritairement volcaniques, avec distribution des âges croissante de part et d'autre d'un axe marqué par des failles normales parallèles ;
- Nombreuses failles normales ;

Il s'agit d'un mouvement de divergence (la dorsale atlantique est émergée). Les sites géothermiques sont d'ailleurs tous situés sur l'axe émergé de la dorsale.

**Document 2.**

Vaste zone d'anomalie négative sous l'Islande qui s'étend au moins jusqu'à plus de 2500 km de profondeur (limite manteau/ noyau). Elle correspond à un matériau plus chaud qui remonte depuis cette limite.

**Conclusion.** Ainsi, on trouve un point chaud sous l'Islande, couplé à une remontée plus superficielle du manteau (dorsale) : cela explique que la géothermie y occupe une place si importante.

**D. QCM.** Une seule bonne réponse par question.

1. Les zones de flux fort visibles sur la carte : sont en relation avec des dorsales
2. Les zones de flux fort sont associées : à la création de LO
3. Dans la Terre le transfert thermique s'effectue par : convection et conduction
4. Les éléments à l'origine de l'énergie thermique produite par le globe sont notamment :  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$

**E. QCM de type I (bac) :**

- 1- Les reliefs tendent à :** disparaître sous l'effet de l'altération, de l'érosion et de phénomènes tectoniques.
- 2- Le flux géothermique :** est faible au niveau des fosses océaniques associé au plongement de la lithosphère.
- 3- Les transferts de chaleur par convection :** sont plus efficaces que les transferts de chaleur par conduction,
- 4- Le flux géothermique global :** est dû au transfert de chaleur de la profondeur vers la surface de l'énergie libérée par la désintégration de substances radioactives