

Thème 2A :

Géothermie et propriétés thermiques de la Terre (diapo n°1)

Document d'appel : (Diapo n°2)

<http://hilobrow.com/2011/05/02/athanasius-kircher/>, Athanasius Kircher 1665 image extraite de *Mundus Subterraneus*

(Commentaires à l'oral) Érudit du XVIIème siècle, il avait accès à la base de données constitué par les jésuites, « l'internet » de l'époque. Très curieux et imaginatif, il a rédigé ce livre Mundus Subterraneus (=mondes souterrains) après l'éruption du Vésuve de 1650 dont est extraite cette illustration. (Faire commenter l'image par les élèves) C'est une coupe du globe, on observe sur la surface du globe des volcans en éruption en lien, par un conduit, avec une grosse boule de lave qui se situe en profondeur. On observe aussi des poches d'eaux ainsi qu'un réseau de rivières souterraines. Il y a donc très longtemps que l'imaginaire explique les manifestations volcaniques ainsi que les sources d'eaux chaudes par la présence en profondeur d'une source de chaleur

Introduction : (diapo n°3)

Image de mineurs de charbon dans le dauphiné. (Diapo n°4)

Au fond d'une mine de charbon, par 200m de fond les hommes travaillent sous une température de 35°C. (Image)

Doc. 3p226 (manuel scolaire choisi : Belin). En effet, on constate que la température augmente avec la profondeur, 30°C par km en moyenne, mais il existe des lieux où ce gradient est plus élevé ou au contraire plus faible. (Diapo n°5)

Gradient géothermique : variation de la température en fonction de la profondeur au sein de la Terre. La courbe correspondante est le **géotherme**. (Clic)

Il existe donc une (des) source(s) de chaleur interne, dans le globe, qui va chercher à sortir vers la surface,

L'énergie thermique produite en profondeur est dissipée en surface, cela va être à l'origine d'un **flux géothermique**.

(Diapo n°6) La valeur du flux moyen est de 60 mW/m². (Clic)

Flux géothermique (en mW/m²) est la mesure de la quantité d'énergie géothermique dissipée par unité de temps et de surface. (Clic)

Doc. 4p228. On constate que ce flux est hétérogène, il y a des zones où le flux est plus important, jusqu'à 400 mW/m² et d'autres où il est plus faible 20 mW/m².

Quelle est l'origine de cette énergie thermique ?

Quels sont les mécanismes, les phénomènes qui expliquent l'hétérogénéité du flux géothermique ?

Peut-on exploiter cette énergie ? Comment et à quelles fins ? (Diapo n°7)

I/ L'origine de l'énergie thermique de la terre (Diapo n°8)

D'après vous quelle est l'origine de cette énergie thermique ? Réponse des élèves souvent entendue : de la lave ou du magma, donne l'occasion d'une discussion

La **chaleur initiale** accumulée dans le globe lors de la formation de la terre représente environ 25% de la chaleur interne. (Clic)

La **radioactivité** représente 75% de l'énergie interne. Elle est due à la désintégration d'éléments chimiques radioactifs instables présents dans les différentes enveloppes de la Terre. (Clic)

D'autres sources de chaleur existent mais tiennent une faible part dans la production de chaleur à la surface de la Terre.

Où se localise la principale source d'énergie thermique ? réponse des élèves souvent observée : dans le noyau (Clic)

Séance d'A.P., utilisation d'un tableur (activité 1 p229) (Clic)

Bilan : l'énergie thermique a pour origine la désintégration d'éléments radioactifs et est essentiellement produite dans le manteau.

La concentration en éléments radioactifs est plus importante dans la croûte continentale mais la masse du manteau est telle que c'est là que l'énergie thermique produite est la plus importante

II/ Les transferts de l'énergie thermiques et leurs conséquences (Diapo n°9)

A) Les transferts d'énergie thermique (Diapo n°10)

Séance de T.P. (doc. 3p231 + modélisation avec de l'huile colorée et non colorée)

Bilan : il existe 2 types de transfert d'énergie thermique : la **conduction** et la **convection**. (Diapo n°11)

Doc. 2p230. La **conduction** est un mécanisme où la chaleur se transmet de proche en proche au sein d'un milieu. La chaleur, à l'échelle atomique, correspond à une agitation des atomes; les atomes agités, en « heurtant » leurs voisins, augmentent leur niveau de désordre et donc leur température.

La **convection** est un mode de transport de la chaleur qui s'accompagne de mouvements de matière: c'est le déplacement de matière chaude qui provoque le transfert de chaleur et donc l'élévation de température.

Si on considère un petit volume d'eau situé à la base du système, il se dilate quand il est chauffé: sa densité diminue donc, et il devient plus léger que l'eau qui l'entoure, ce qui provoque son ascension. À l'inverse, en surface, les volumes d'eau sont plus froids, donc plus denses que l'eau au-dessus de laquelle ils se trouvent: ils ont donc tendance à redescendre vers le fond du système. De cette façon se met en place une circulation d'eau dans le bécher, avec montée d'eau chaude et descente d'eau froide. Pour que la convection se déclenche, il faut que l'eau soit chauffée plus vite qu'elle n'est capable d'évacuer de la chaleur par conduction: en effet, dans le cas contraire elle ne se réchauffera pas, ne se dilatera donc pas, et la convection ne se déclenchera pas.

*Pour mémoire, on rappellera que les ondes électro-magnétiques peuvent aussi transporter de la chaleur par **rayonnement** (c'est le cas de la chaleur solaire dans l'espace); ce processus est bien évidemment inopérant dans un milieu opaque comme l'intérieur de la Terre.*

La Terre dissipe l'énergie thermique par conduction dans la lithosphère et essentiellement par convection dans le manteau.

B) Les conséquences de ces transferts d'énergie thermique(Diapo n°12)

Observez les documents, qu'en déduisez-vous ? Cliquez pour faire apparaître 2 images proches de celles du livres qui se superposent (Diapo n°13)

Doc. 4 et 6 p. 228-229. On constate que les zones où le flux géothermique est élevé se superposent aux dorsales, aux zones où il y a du magmatisme, des volcans et les zones froides aux zones de subduction.

Remarquer l'ouest du Pacifique où on observe un chapelet de petites zones plus chaudes le long de la zone de subduction.

Docs. p. 232. La tomographie sismique (Diapo n°14) permet de visualiser les anomalies de température dans le manteau.

*La vitesse des ondes sismiques dépend de l'état physique du corps qu'elles traversent. Plus un corps est mou, liquide et donc chaud plus les vitesses des ondes sismiques sont ralenties ; plus un corps est rigide et donc froid et plus la vitesse sera élevée. La tomographie sismique compile les enregistrements de très nombreux séismes et relève les anomalies de vitesse sismique. Une zone provoquant un ralentissement des ondes, aura une **anomalie négative**, ce qui sera interprété comme **une zone plus chaude** que la norme. Inversement une zone permettant une accélération des ondes aura une **anomalie positive**, ce qui sera considéré comme **une zone plus froide**.*

Doc.1 p 232. (Diapo n°15)On constate une zone d'anomalie négative à l'aplomb des îles Samoa et nous précise que ces îles présentent un important magmatisme de point chaud. Il y a donc ici au niveau de cette île du Pacifique une remontée de matériel chaud et profond.

Le point chaud va poinçonner la plaque qui se déplace d'où formation d'un alignement d'îles, d'un archipel d'île volcaniques. Seule la plus récente est encore en activité. (Diapo n°16)

Doc.2 p 232. (À comparer avec le doc 6 p229) (Diapo n°17)Ces trois images sont des tomographies sismiques de trois zones de subduction. On observe une bande d'anomalie positive qui s'enfonce plus ou moins profondément. (Environ

700 à 1700 km de profondeur selon les cas) Cela signifie qu'un corps froid s'enfonce en profondeur. En effet, on rappelle qu'une zone de subduction est une zone où une plaque océanique s'enfonce sous une autre plaque.

Doc. 4 p 233. (Diapo n°18) Au final, la tomographie sismique nous permet de visualiser les mouvements de convection qui animent le manteau. La lithosphère océanique froide et dense plonge dans l'asthénosphère au niveau des zones de subduction. Ceci est le principal moteur des mouvements de divergence des plaques au niveau des dorsales. Cette divergence entraîne la remontée de matériau chaud et peu profond (300 km) sous la dorsale ou à l'aplomb de certains rifts. Les principaux mouvements de convection ascendants dans le manteau sont des panaches de matériaux issus des profondeurs du manteau (2900km) et à l'origine d'un magmatisme de point chaud. *Rappel de 1ère S : modèle de Arthur Holmes 1945, passé inaperçu à l'époque car on pensait à l'époque que les mouvements de matière à l'état solide sont impossibles.* (clic)

Aujourd'hui, on considère qu'il y a une convection thermique à l'état solide du manteau et la tomographie sismique nous permet de la visualiser.

Bilan : (Diapo n°19) L'énergie thermique présente dans le manteau est à l'origine de la convection mantellique. En effet les conditions de pression et de température rendent les roches du manteau, les péridotites, ductiles. Or la convection au sein des roches dépend aussi de leur capacité à s'écouler et donc de leur viscosité. Ces mouvements sont à l'origine de l'activité sismique et magmatique du globe, la terre est ainsi une machine thermique.

III/ L'exploitation de l'énergie géothermique. (Diapo n°20)

Livre p 226, 227 et 229.

Activité google earth.

Objectif : faire le lien entre des zones d'exploitation en France métropolitaine et la carte des flux géothermique.

Conférence sur l'exploitation de l'énergie thermique en France

Très basse énergie et basse énergie dans notre région.

Haute énergie au travers d'autres exemple en métropole et outre-mer.

Explications sur les principes de fonctionnement, avantages et inconvénients

Conclusion : (Diapo n°21)

Il y a en permanence production de chaleur par désintégration radioactive dans le manteau.

En surface on observe une dissipation inégale de cette chaleur, les dorsales et les points chauds sont des lieux d'évacuation de la chaleur interne alimentée par les mouvements ascendants de la convection du manteau.

La connaissance des flux géothermique permet de choisir des sites appropriés à l'exploitation de cette énergie thermique pour du chauffage individuel ou collectif ainsi que pour de la production d'électricité.

Remarque : c'est une énergie renouvelable certes, mais qui nécessite des pompages qui consomment de l'électricité.

Ouverture sur la notion « d'énergie propre »