

Thème 1 La Terre, la vie et l'organisation du vivant / La dynamique interne de la Terre

Chap.III La dynamique des zones de divergence

Le mouvement des plaques lithosphériques déterminé à partir des méthodes étudiées dans le Chap.II Caractérisation de la mobilité horizontale montre l'existence de zones de divergence et de zones de convergence. On propose d'étudier les zones de divergence des plaques au niveau des dorsales. Cette divergence des plaques de part et d'autre des dorsales favorise la mise en place d'une nouvelle lithosphère océanique.

Questionnement

Comment se forme le magma à l'origine des deux roches magmatiques, basalte et gabbro, composant la croûte océanique ? Où se forme-t-il ? Quelle est la roche qui entre en fusion permettant ainsi la formation de magma ?

Comment expliquer que des péridotites du manteau, lorsqu'elles « remontent », entrent en fusion ?

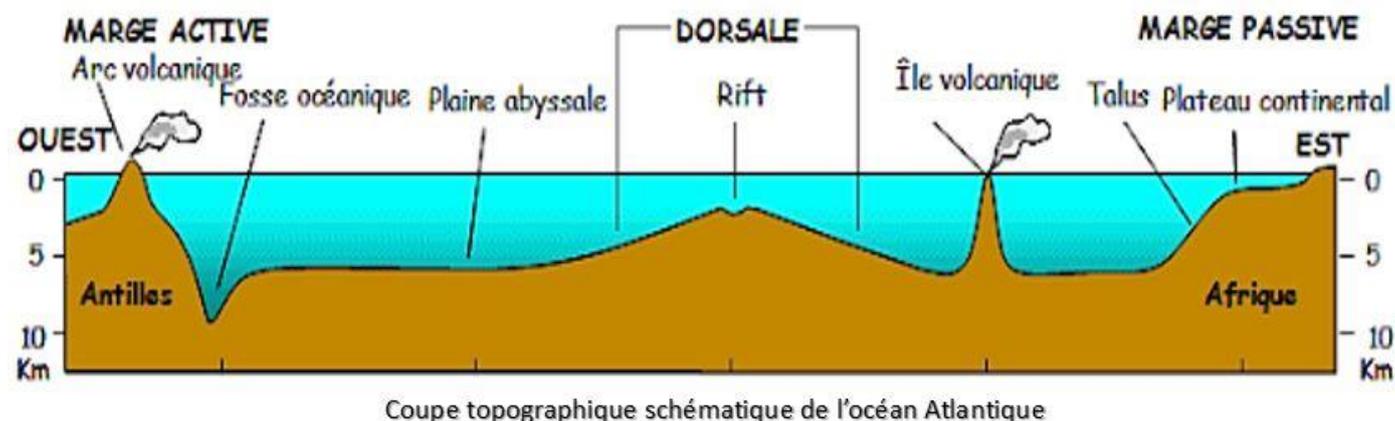
Cette fusion est-elle totale ? Partielle ?

Pourquoi certaines dorsales sont-elles lentes et d'autres rapides ?

Comment évolue la lithosphère océanique au fur et à mesure de son éloignement de l'axe de la dorsale ?

I Les dorsales, une zone d'activité magmatique

Les dorsales océaniques* sont des reliefs larges de 2000 à 3000 km dont la crête culmine aux environs de 2500 m au-dessus des plaines abyssales. Situées à la frontière de plaques divergentes, la morphologie et la tectonique qui les caractérisent témoignent de leur édification dans un contexte d'extension. La zone centrale des dorsales est ainsi caractérisée par des failles normales* qui traduisent un mouvement d'extension. De nombreuses fissures sont présentes.



I-1 Caractéristiques thermiques des zones de divergence

-Les calculs de **flux géothermique** montrent une élévation de ce flux au niveau de l'axe des dorsales : cela témoigne de la présence de matériaux plus chauds à l'aplomb des dorsales.

-La tomographie sismique a permis de confirmer l'existence de **matière plus chaude à l'aplomb de la dorsale**.

- Les données de sismique réflexion ont aussi montré qu'il existe des chambres magmatiques sous les dorsales.

- Le **magma émis par les dorsales se forme à faible profondeur**.

Des modèles thermiques, élaborés à partir de l'ensemble des données recueillies, montrent une **remontée des isothermes sous l'axe des dorsales**. L'isotherme 1300°C, limite thermique entre la lithosphère et l'asthénosphère, est ainsi à une profondeur plus faible.

I-2 Une fusion partielle des péridotites du manteau à l'origine d'un magma

La lithosphère océanique est constituée de la croûte océanique et du manteau lithosphérique. La croûte océanique est formée en surface de basalte et en profondeur de gabbro. Le manteau lithosphérique est constitué de péridotite.

Le basalte et le gabbro sont des roches magmatiques. Ces roches ont la même composition minéralogique (voir Chap.I TP01: ils sont issus d'un même magma dit de nature basaltique.

- Sous les dorsales, l'**isotherme** 1300°C est à une profondeur inférieure à la normale : la lithosphère est peu épaisse et la limite supérieure de l'asthénosphère est à une faible profondeur. Cette remontée de l'isotherme 1300°C s'explique par un mouvement d'ascension des péridotites de l'asthénosphère : elles subissent donc une décompression (diminution de la pression) et à température constante (variation de pression dite adiabatique) car l'asthénosphère qui remonte est un matériel plus chaud que le **matériel mantellique** qui l'entoure.

Ce mouvement ascendant de matériaux mantelliques s'accompagnant d'un transfert de chaleur correspond à un phénomène de **convection**. (Convection : voir Chap.I TP03)

- On a pu déterminer en laboratoire qu'une péridotite située à 160 km de profondeur est encore à l'état solide. Lorsqu'elle atteint une profondeur de l'ordre de 80 km, sa température est de 1300°C environ d'après le **géotherme** de dorsale : la **fusion partielle** peut alors débuter. Cette fusion partielle ne correspond qu'à 5 à 15% de la péridotite.

- Le liquide issu de la fusion partielle s'accumule pour former un **magma** constitué d'une " bouillie cristalline ".

- Une partie cristallise en profondeur, lentement et forme des gabbros. Ces roches sont donc issues d'un refroidissement lent en profondeur ce qui explique la cristallisation totale caractéristique d'une structure grenue (voir aussi l'Enseignement scientifique Chapitre sur les cristaux). Le gabbro est qualifié alors de **roche magmatique plutonique**. (voir Chap.I TP01)
- Une autre partie du magma peut s'infiltrer jusqu'en surface pour former de la lave qui refroidit alors rapidement qui donne alors des basaltes. Ces roches sont donc issues d'un refroidissement rapide : on observe au microscope des microlithes noyés dans une pâte vitreuse (ou verre). Le basalte est qualifié de **roche magmatique volcanique** (voir Chap.I TP01)

I-3 Des dorsales lentes et des dorsales rapides => voir livre p.

La vitesse d'expansion varie d'un type de dorsale à un autre (voir chap.II). On distingue ainsi des dorsales rapides et des dorsales lentes. Les vitesses d'expansion des dorsales sont variables :

- lente pour la dorsale médio-Atlantique (2 à 5 cm/an) et

- rapide pour les dorsales du Pacifique (6 à 16 cm/an)

- *Pour une vitesse d'expansion lente, la remontée de l'asthénosphère **est moins importante ce qui implique une activité magmatique moins intense avec peu de chambre magmatique**. Ce type de dorsale est marqué par une vallée centrale large de 5 à 20 km nommée rift, percée de volcans et bordée de failles normales. - Le plancher océanique est surtout constitué par des péridotites provenant du manteau. Une partie de celle-ci atteint la surface et se retrouve hydratée par contact avec l'eau de mer. Elle est dite serpentinisée jusqu'à former une roche nommée serpentinite. De plus, les nombreuses failles permettent un apport d'eau dans le manteau et facilite sa fusion partielle. Cela va induire la formation après cristallisation de lentilles de gabbro.*
- *Pour une vitesse d'expansion rapide, la remontée de l'asthénosphère **est plus importante ce qui implique une activité magmatique plus intense**. - Sous cette dorsale l'activité magmatique est importante avec présence de nombreuses chambres magmatiques en profondeur. On observe de nombreux dômes volcaniques en surface haut de quelques centaines de mètres. Ainsi, des volumes importants de basaltes et de gabbros vont être mis en place.*

II L'évolution de la lithosphère océanique

A l'aplomb de l'axe des dorsales, la lithosphère océanique est mince (quelques km) et chaude. L'arrivée de nouveaux matériaux issus du manteau vient créer une nouvelle portion de croûte océanique. De part et d'autre de l'axe de la dorsale, la lithosphère océanique s'éloigne progressivement de la zone d'accrétion et se modifie.

II-1 Hydratation et refroidissement de la lithosphère océanique

Au fur et à mesure de son éloignement de l'axe de la dorsale, la lithosphère océanique se refroidit. La diminution de température, sans modification importante de la pression dans ce cas, induit un métamorphisme. **On appelle métamorphisme une transformation des minéraux d'une roche, à l'état solide, sous l'effet de modification de température et /ou de pression.**

D'autre part, la jeune lithosphère océanique, très fracturée, est le siège d'une circulation intense d'eau de mer. Cette circulation hydrothermale* est à l'origine de modifications chimiques importantes des roches de la lithosphère océanique par hydratation. Dans les gabbros, les pyroxènes réagissent avec les feldspaths plagioclase pour former des

minéraux hydratés comme la hornblende. (voir TP 08 L'exemple d'un gabbro métamorphisé en métagabbro à hornblende).

Ces transformations minéralogiques se font à l'état solide et à faible profondeur. *On parle de **métamorphisme*** hydrothermal.*

Dans le cas des dorsales lentes (vitesse d'expansion de l'ordre de 1cm/an comme au niveau de la dorsale atlantique), le manteau peut être affecté par ce type de métamorphisme : les péridotites s'hydratent de façon importante, elles sont serpentinisées. Cette hydratation a lieu lorsque le manteau est directement en contact avec l'eau de mer par le jeu de grandes failles formées par extension qui fracturent la croûte océanique: l'eau réagit alors avec les minéraux de la péridotite initiale (olivine et pyroxène) pour former de la serpentinite.

II-2 Modification des propriétés physiques

Au niveau des dorsales, la lithosphère océanique, mince et chaude, " flotte " sur l'asthénosphère. En s'écartant de la dorsale, elle se refroidit. **Le refroidissement de la lithosphère océanique entraîne une augmentation de la densité de celle-ci.**

En effet, au fur et à mesure de son refroidissement, l'isotherme 1300°C est de plus en plus profond pour atteindre – 100 km pour une lithosphère océanique âgée donc loin de l'axe de la dorsale. L'approfondissement de cet isotherme permet de délimiter la lithosphère de l'asthénosphère : ainsi, **plus la lithosphère est âgée, plus elle est épaisse.**

Ainsi, la densité moyenne de la croûte océanique étant de 2,9, la densité globale de la lithosphère océanique augmente par ajout de manteau lithosphérique dense de densité $d = 3,3$.

La densité de la lithosphérique océanique augmente donc avec son âge. Lorsque cette densité atteint une valeur supérieure à la densité de l'asthénosphère sous-jacente, la lithosphère océanique plonge dans l'asthénosphère (voir Chap.IV)