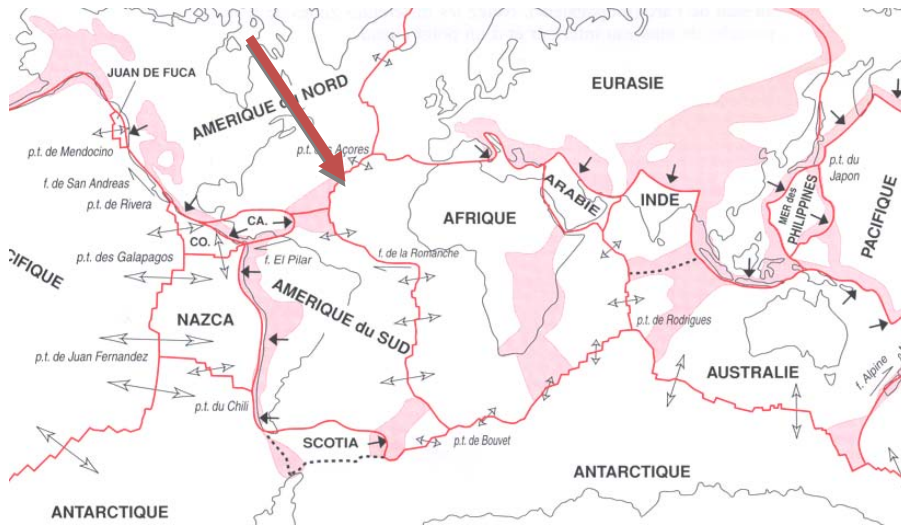


# Magmatisme (4)

## Principales caractéristiques du magmatisme associé à un contexte en divergence (programme 1<sup>ère</sup> S)

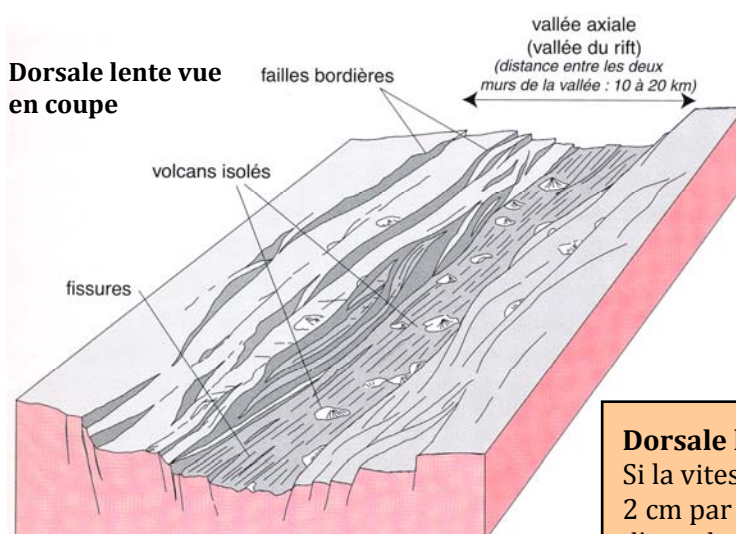


**Carte montrant les limites de plaques** : à l'échelle du globe, les secteurs en divergence (c'est-à-dire où la distance entre deux points de part et d'autre de la limite de plaque augmente avec le temps) sont principalement situés au niveau des **dorsales océaniques** (exemple de la dorsale médio-Atlantique)

### 1- Mise en évidence du magmatisme à l'axe des dorsales

Lorsqu'on parle de volcanisme, on pense tout de suite aux grands volcans aériens, mais pas forcément aux dorsales ! Il est difficile d'étudier ce qui se passe au niveau des dorsales car elles sont immergées à plus de 2000 mètres de profondeur. Pourtant, ce sont des lieux privilégiés de formation des roches magmatiques volcaniques et plutoniques.

Par des méthodes indirectes, on a mis en évidence au niveau de l'axe des dorsales un **flux de chaleur anormalement élevé** et un **ralentissement** de la vitesse de propagation des ondes sismiques : ces arguments sont en faveur de l'existence, sous l'axe des dorsales, de **matériel chaud, partiellement fondu**.



Des études bathymétriques ont également mis en évidence, dans la **zone axiale** ou **rift** d'une dorsale lente, des **fissures** et des **petits volcans**, au niveau desquels le magma peut s'épancher (cependant, lors de campagnes océanographiques et lors d'observations en submersible, on n'a jamais eu l'occasion d'observer directement les éruptions sous-marines.).

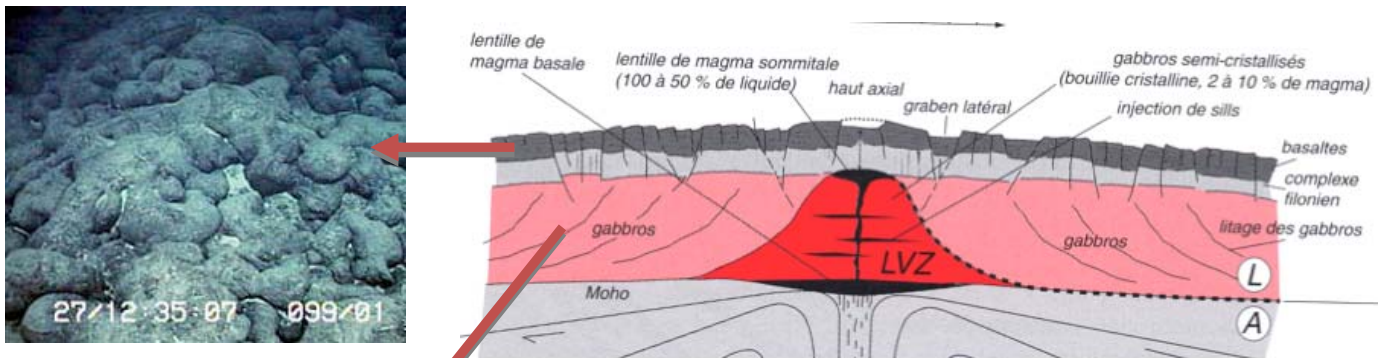
#### Dorsale lente, dorsale rapide

Si la vitesse d'expansion d'une dorsale est de l'ordre de 2 cm par an (la vitesse de pousse des ongles), on parle d'une dorsale lente (comme pour la dorsale Atlantique). Le rift peut alors atteindre 50 km de large pour 2 km de profondeur. A l'opposé, pour une dorsale rapide (telle la dorsale Est-Pacifique), dont la vitesse d'expansion peut atteindre 15 cm par an (la vitesse de pousse des cheveux), on n'observe pas de rift.

## Nature du magmatisme (cf. cours 1<sup>ère</sup> S + fiches « Roches »)

Pour connaître la nature des roches magmatiques formées dans ce contexte, on a utilisé différentes méthodes : prélèvements, forages, observations le long de grandes failles transformantes dans l'Atlantique, observations à terre au niveau de portions de lithosphère océanique qui ont été portées sur les continents (=ophiolites)...

On a pu ainsi établir un modèle des roches magmatiques formées au niveau de la dorsale :



Du magma est présent au niveau de la zone axiale. Ce magma, en refroidissant, va donner principalement deux types de roches :

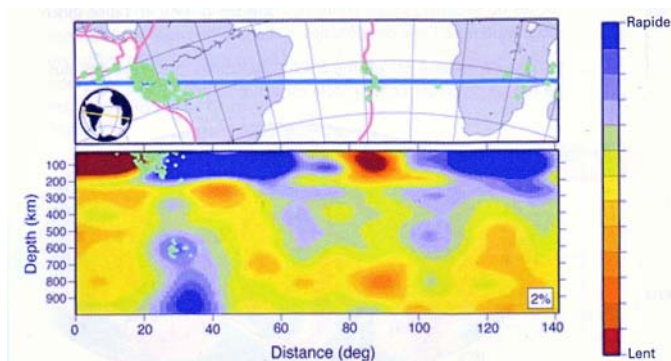
- Si le magma s'épanche sur le plancher océanique, il va refroidir brutalement au contact de l'eau, et donner des **roches volcaniques : basaltes en pillow lavas (= « laves en coussins »)** (cf. fiche Basalte)
- Si le magma reste en profondeur, il va refroidir plus lentement et donner des **roches plutoniques**, entièrement cristallisées, avec feldspaths et pyroxènes : **gabbros** (cf. fiche Gabbro)

Au niveau des dorsales, le magmatisme donne naissance à **la croûte océanique** qui est formée par l'association de roches volcanique et plutonique.

### 3- Origine du magma au niveau des dorsales

Plusieurs faits indiquent que la fusion du manteau pourrait être à l'origine du magma à l'axe des dorsales :

#### Tomographie sismique :



**En tomographie sismique** (ci-contre), on détecte des anomalies dans la vitesse de propagation des ondes sismiques par rapport aux vitesses attendues. Au niveau des dorsales, on a un **ralentissement des ondes par rapport à la normale (couleur rouge)**, et ce, à des profondeurs inférieures à 100 km. (Figure tirée du manuel 1<sup>ère</sup> S - Nathan)

Ce ralentissement de la vitesse de propagation des ondes sismiques est lié à la modification de paramètres physiques de ce secteur : les mesures au niveau des dorsales montrent que le flux thermique y est plus important que la normale, il s'agit donc d'un secteur chaud, ce qui entraîne par exemple une diminution de la densité et de la viscosité des matériaux situés sous la dorsale.

### Fusion expérimentale de péridotite :

Si les roches du manteau sont à l'origine du magmatisme au niveau des dorsales, leur fusion doit engendrer des magmas qui pourront donner en refroidissant les basaltes et les gabbros de la croûte océanique.

Elément chimique	Péridotite	Matériau obtenu par fusion partielle au taux de			Composition d'un basalte océanique
		5%	15%	20%	
O	47,5	44,3	44,4	44,9	44,5
Si	20,1	21,9	22,4	22,7	22,4
Al	1,7	8,4	7,0	6,8	7,6
Fe	2,1	9,7	8,5	6,2	8,6
Mg	22,4	6,2	7,2	9,2	7,2
Ca	5,9	6,6	8,9	9,4	7,7
Na	0,2	1,9	1,1	0,8	1,6
K	0,1	1,0	0,5	0,1	0,4

(données tirées du manuel 1<sup>ère</sup> S - Nathan)

Dans ce tableau, on a reporté les compositions de la roche du manteau (péridotite) et d'un basalte océanique.

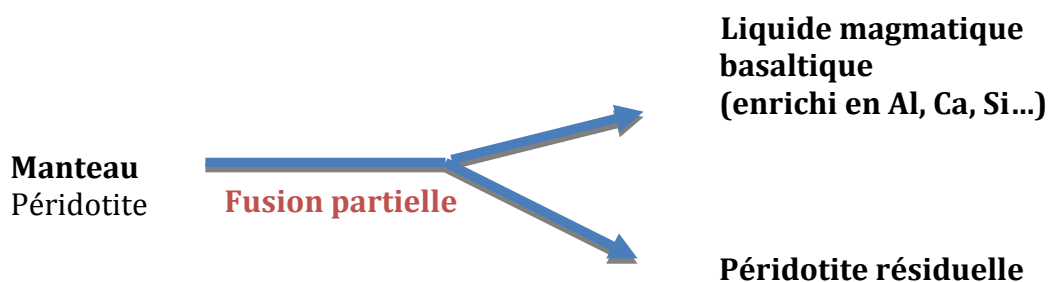
On remarque qu'en fondant partiellement la péridotite, avec un taux de 15%, on produit un liquide magmatique de composition très proche de celle d'un basalte océanique.

Ainsi, expérimentalement, on constate que **la fusion partielle du manteau** engendre des liquides magmatiques de **composition basaltique**, et qui pourraient être à l'origine du magmatisme observé au niveau des dorsales.

On remarque que le liquide produit n'a pas le même chimisme que la roche initiale, qui est la péridotite.

Ceci s'explique par le fait que lorsqu'on fait fondre la péridotite, certains minéraux vont fondre en priorité, et enrichir le magma en éléments chimiques qu'ils referaient (Ca, Al par exemple).

Alors qu'au contraire d'autres minéraux ne vont pas fondre tout de suite et les éléments qui y sont abondants vont se concentrer dans la péridotite non fondue (exemple du Mg, qui reste dans la péridotite résiduelle, au sein de l'olivine ou du pyroxène).

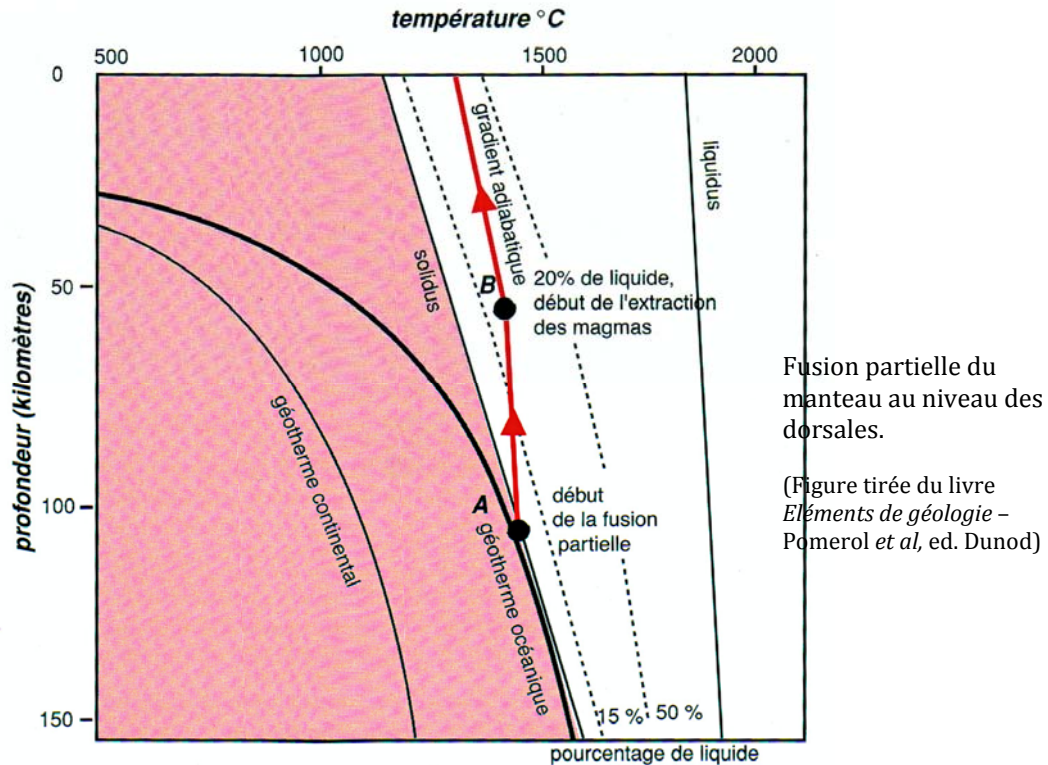




Donc potentiellement, le manteau peut donner naissance, par fusion partielle, au magmatisme observé au niveau des dorsales.

### Pourquoi le manteau peut-il fondre sous la dorsale ?

Sous les dorsales, il existe des petites cellules de convection qui font remonter le manteau asthénosphérique vers la surface. Durant cette remontée, la fusion va devenir possible :



Fusion partielle du manteau au niveau des dorsales.

(Figure tirée du livre *Éléments de géologie* - Pomerol *et al.*, ed. Dunod)

On a vu que pour un géotherme océanique normal, le manteau ne peut pas fondre. Dans le cas des dorsales, la remontée du manteau sous l'axe de la dorsale est assez rapide (de l'ordre du cm/an), de sorte que le matériel chaud n'a pas le temps d'échanger **de la chaleur avec son environnement plus froid** : la remontée se fait selon un gradient dit adiabatique, en rouge sur la figure.

Au cours de cette remontée adiabatique, le manteau va croiser son solidus (au point A), et sa fusion va débiter à une profondeur de l'ordre de 100 km à 60 km.

L'extraction des magmas vers la surface va débiter au point B, quand on a atteint 20% de liquide au sein du manteau.

La fusion n'est que partielle et le taux de fusion sous les dorsales actuelles est compris entre 10 et 20%.

Donc le manteau est bien à l'origine du magmatisme à l'axe des dorsales.

La composition mondiale des magmas produits au niveau des dorsales est homogène pour les éléments majeurs.

Ce sont **des magmas basaltiques** qui donneront en refroidissant les basaltes et les gabbros de la croûte océanique.