

Chapitre 2 : La dynamique de la lithosphère

I – Mise en évidence des mouvements des plaques.

Etude de docs et Google Earth point chaud

Bilan : La lithosphère terrestre est découpée en plaques qui sont animées de mouvements.

Différentes méthodes permettent de décrire et de quantifier ce mouvement :

- **En domaine océanique**, les indices sont nombreux :

La répartition symétrique des anomalies magnétiques de part et d'autre de l'axe de la dorsale, associée à la **répartition symétrique des âges des sédiments océaniques** de part et d'autre de la dorsale, témoignent d'une **expansion océanique** qui a lieu au niveau des dorsales. Cela met en évidence **une divergence des plaques** à ce niveau et permet d'en calculer la vitesse.

- **Les mesures géodésiques**, par satellites, permettent de détecter le mouvement actuel des plaques et de calculer leur vitesse avec précision.

- **Le volcanisme de point chaud** (volcanisme intraplaque) génère des alignements de volcans lorsque la plaque se déplace au-dessus d'un point chaud, toujours fixe. L'orientation de ces alignements et la datation des édifices volcaniques permettent également de décrire le déplacement de la plaque et la vitesse.

Transition : On distingue donc 2 grands types de mouvements aux limites des plaques lithosphériques ; **convergence et divergence**, avec des manifestations géologiques qui leurs sont propres.

II – Les dorsales océaniques, des chaînes de volcans à l'origine de la lithosphère océanique.

Pour connaître l'origine de ce volcanisme → recherche d'indices sur le terrain

TP : sur Genially

⇒ **Bilan :**

Au niveau des dorsales, on observe un bombement associé à un effondrement de blocs avec des **failles normales, qui résultent de l'extension** que provoque la divergence.

On y observe les roches de **la croûte océanique : basalte et les gabbros. Qui reposent sur les péridotites du manteau lithosphérique.**

On observe une forte activité sismique ainsi **qu'un flux géothermique important**. Associé à cela, il y a une **activité volcanique importante**.

Formulation d'une idée « explicative » : Peut-être que le magma est produit et remonte en dessous de la dorsale, ce qui entraînerait le volcanisme et la mise en place de la lithosphère océanique (expansion océanique).

⇒ Il faut donc trouver le magma et son origine + ce que devient le magma qui est produit.

« pourquoi ça fond sous la dorsale ? »

Peut-être qu'il y a une remontée de chaleur du manteau qui fait fondre la roche.

⇒ On regarde la profondeur du manteau = LVZ

⇒ On constate une remontée de la LVZ sous la dorsale → une remontée de l'asthénosphère

Peut-être que la remontée de l'asthénosphère qui chauffe, fait fondre les roches de la lithosphère et donc génère du magma.

⇒ Il faut savoir dans quelles conditions ces roches peuvent fondre

Doc : condition de la fusion partielle sous une dorsale

⇒ **Bilan :** Le flux géothermique est élevé le long de la dorsale. La tomographie sismique explique ce flux de chaleur, en effet en dessous de la dorsale, elle met en évidence une remontée de l'asthénosphère (remontée de la LVZ).

Le mouvement de divergence entraîne la remontée de l'asthénosphère. Les péridotites de l'asthénosphère subissent donc une décompression mais sans perdre de chaleur (comme le montre le géotherme de la dorsale). Dans ces conditions, le géotherme

recoupe le solidus de la péridotite qui va donc commencer à fondre : c'est une fusion partielle de la péridotite, qui donne naissance au magma.

Doc : Devenir du magma au niveau de la dorsale

- ⇒ A la suite de la fusion partielle de péridotite asthénosphérique, **des gouttelettes de magma se forment, remontent (car moins denses que les péridotites solides environnantes) et s'accumulent dans une chambre magmatique sous l'axe de la dorsale, située entre 2 et 7km de profondeur.**

Le magma issu de la fusion partielle de la péridotite, après refroidissement, donne donc deux roches : le basalte et le gabbro, qui ont la même composition mais des textures différentes.

- *On cherche à comprendre comment le magma formé par la fusion partielle de la péridotite, est à l'origine de ces deux roches de la croûte océanique (basalte et gabbro) qui ont la même composition mais des textures différentes.*

Observation : le gabbro se trouve en profondeur, entre 2 et 8 km, alors que le basalte se trouve plus en surface, entre 0 et 2 km de profondeur.

On le sait, le géotherme montre qu'à ces profondeurs, les températures sont différentes ; elles sont plus élevées à 8 km, qu'à 2 km ou qu'au contact de l'eau de mer.

On peut donc imaginer que le magma ne refroidi pas à la même vitesse selon la profondeur : lentement en profondeur quand les températures sont élevées, rapidement en surface quand les températures sont faibles. Peut-être que cette vitesse de refroidissement différente expliquerait des textures différentes.

TP - Exp modèle cristallisation du magma - vanilline + docs

- ⇒ **Bilan :** Dans la chambre magmatique, des courants de convection brassent le magma. Au contact des parois, un peu moins chaudes, le magma refroidit lentement, ce qui donne une roche à la texture grenue ; le gabbro.

Le reste du magma, moins dense que la roche, continue de remonter sous l'effet de la divergence, il s'infiltré dans les failles normales et, au contact de températures plus faibles, refroidit plus rapidement, donnant des roches à la texture microlithique ; le basalte.

Diapo – la dorsale mondiale

Activité – Etude de la diversité des dorsales.

- ⇒ On distingue donc deux grands types de dorsales :
- **Les dorsales dites rapides, qui produisent une quantité importante de croûte océanique.** Ces caractéristiques sont dues à la présence d'un **manteau très chaud** en profondeur, la **production de magma y est donc permanente**, et suffisante pour que l'essentiel de la mise en place nouvelle surface océanique (expansion océanique) s'y fasse **par accrétion, c'est-à-dire par apport de nouvelles roches magmatiques (basalte et gabbro)**. Ces dorsales présentent donc une croûte continue et épaisse de 5 à 7km d'épaisseur, principalement par magmatisme.
 - **Les dorsales dites lentes, qui produisent peu de croûte océanique, avec du basalte et du gabbro parfois absent, et donc des péridotites de manteau en surface.** Ces caractéristiques sont dues à la présence d'un manteau nettement moins chaud. Il y a quelques petites chambres magmatiques qui ne fonctionnent pas toutes, donc **très peu de magma est produit**, de fait peu de basalte et de gabbro. La croûte océanique est donc peu épaisse, discontinue, voir absente (présence de péridotite en surface). Le volcanisme ne joue

ici qu'un rôle secondaire dans l'expansion océanique, en effet celle-ci se fera par les phénomènes tectoniques ; failles normales et expansion.

Que devient la LO formée au niveau des dorsales ?

On sait que expansion océanique → les morceaux formés s'éloignent de la dorsale.

- Si on regarde sur une carte : on voit que les morceaux les plus anciens sont du Jurassique
- Si on regarde le profil topographique : on voit que plus on s'éloigne de la dorsale, plus la profondeur est importante → enfoncement de la LO, pourquoi ? idée : plus lourde, dense ?
- Observation d'un morceau ancien de LO : les ophiolites → observation de métagabbros = gabbros transformés.

Il semblerait donc que la LO subisse des modifications en s'éloignant de la dorsale ; notamment des modifications des roches et de sa densité.

Cherchons comment les gabbros sont transformés en métagabbros

Act doc :

⇒ **Bilan :**

Au niveau de la dorsale, les roches de la lithosphère sont traversées par des courants d'eau froide ; c'est la circulation hydrothermale.

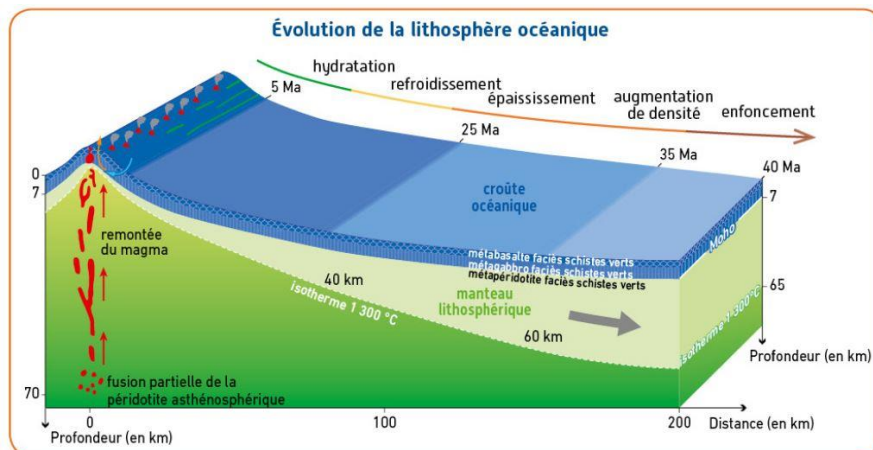
Il y a alors des réactions chimiques entre cette eau de mer et les minéraux, ce qui provoque des modifications chimiques et donc minéralogiques des roches, c'est **l'hydrothermalisme**.

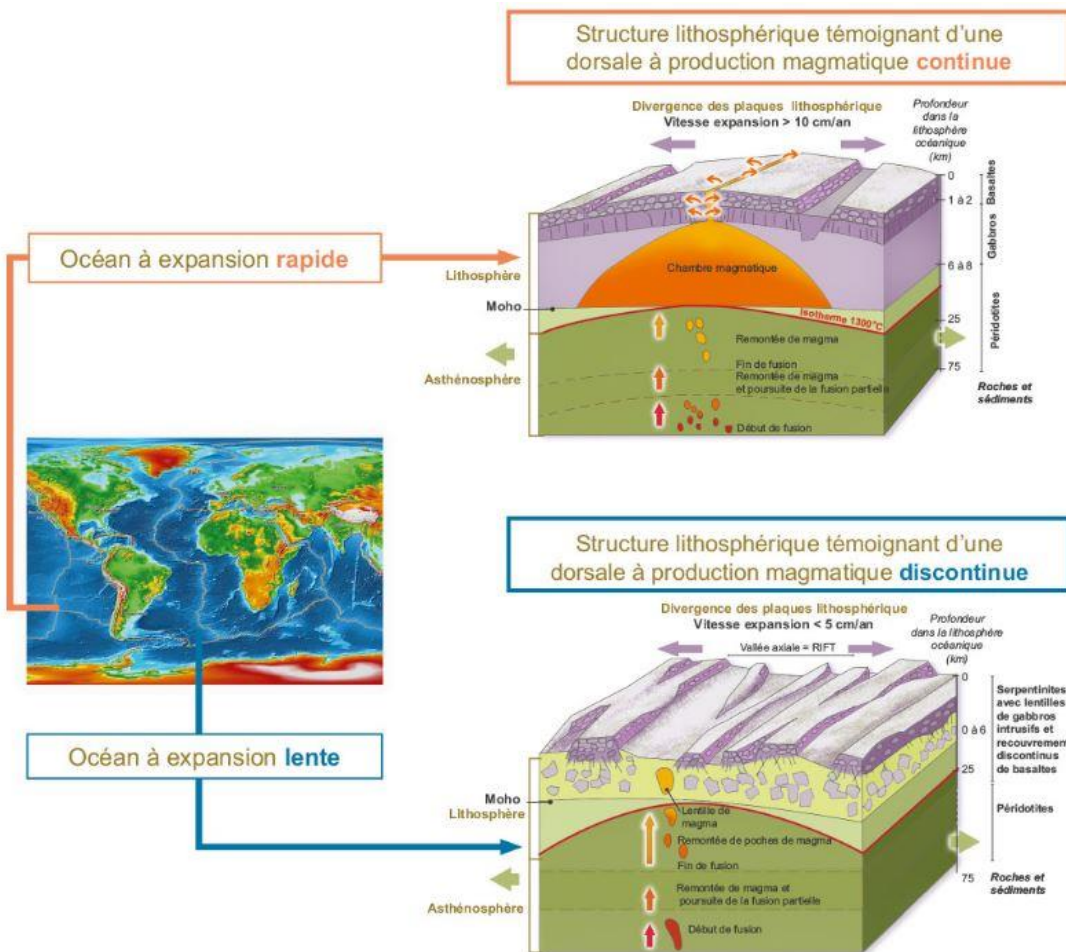
De plus, la baisse de température provoquée par l'eau, accentue la déstabilisation des minéraux et donc favorise les réactions entre les minéraux.

Les roches de la lithosphère océanique subissent donc des transformations minérales à l'état solide, dues à l'hydratation et aux changements de pression et température : c'est le métamorphisme.

De plus, les circulations d'eau, en refroidissant rapidement les roches de la lithosphère font que **la température du manteau lithosphérique passe sous les 1300°C**, la péridotite devient alors rigide et le manteau lithosphérique s'épaissit. Ce refroidissement s'accroît lorsqu'on s'éloigne de la dorsale, donc un épaississement de plus en plus important de la lithosphère.

En plus de cet épaississement, les roches métamorphiques issues de l'hydrothermalisme sont plus denses que les roches initiales, ce qui « alourdit » la croûte et le manteau lithosphérique. **De fait, même si la croûte garde la même épaisseur, le manteau lithosphérique s'épaississant, et les roches métamorphiques étant plus denses, l'ensemble de la LO est donc plus dense. A terme, la LO devient plus dense que l'asthénosphère, ce qui provoque un déséquilibre gravitaire et la LO s'enfonce.**





Transition : Allons voir à l'opposé de la dorsale Pacifique, au contact avec la lithosphère océanique – exemple le Japon et le Pérou

- On constate que ce sont des frontières avec un mouvement de convergence
 - On constate le long des frontières, de très nombreux séismes avec des foyers profonds et aussi du volcanisme.
 - Photo : volcans explosifs (différents dorsale)
 - On qualifie ces frontières de zones de subduction.
- ⇒ **Comment expliquer l'activité géologique intense observée autour du Pacifique, en particulier au Pérou ?**

II – Les zones de subduction, des zones d'activité géologique intense.

Act : Observation d'une zone de subduction :

Les zones de subduction sont des limites où la lithosphère océanique plonge dans le manteau asthénosphérique. Elles sont caractérisées par différents marqueurs géologiques :

- **Présence d'une fosse océanique.**
- **Présence d'un alignement de volcans parallèle à la fosse sur la plaque chevauchante, avec un volcanisme de type explosif.**

Ce type de volcanisme s'explique par la nature du magma, il est riche en silice, ce qui le visqueux et provoque un emprisonnement des gaz. Ces derniers sont donc libérés brutalement, provoquant des explosions.

- **Forte activité sismique**, avec des foyers très profonds, jusqu'à 600 km. Ces séismes s'alignent en profondeur, et dessinent un « plan incliné » nommé **plan de Wadati-Benioff**. Il caractérise le plongement de la lithosphère rigide dans l'asthénosphère ductile.

On observe également une grande diversité de roches magmatique qui sont toutes caractérisées **par la présence d'eau** (OH dans leurs minéraux = minéraux hydroxylés).

Quelle est l'origine du magma visqueux des zones de subduction ? (Quelles conditions permettent la fusion ?)

Act : Origine du magma dans les zones de subduction

⇒ **Bilan :**

Les magmas des zones de subductions sont issus de la fusion partielle du coin de manteau de la plaque chevauchante. Cette fusion est possible uniquement parce que dans cette partie du manteau il y a une hydratation de la péridotite.

Le magma produit peut :

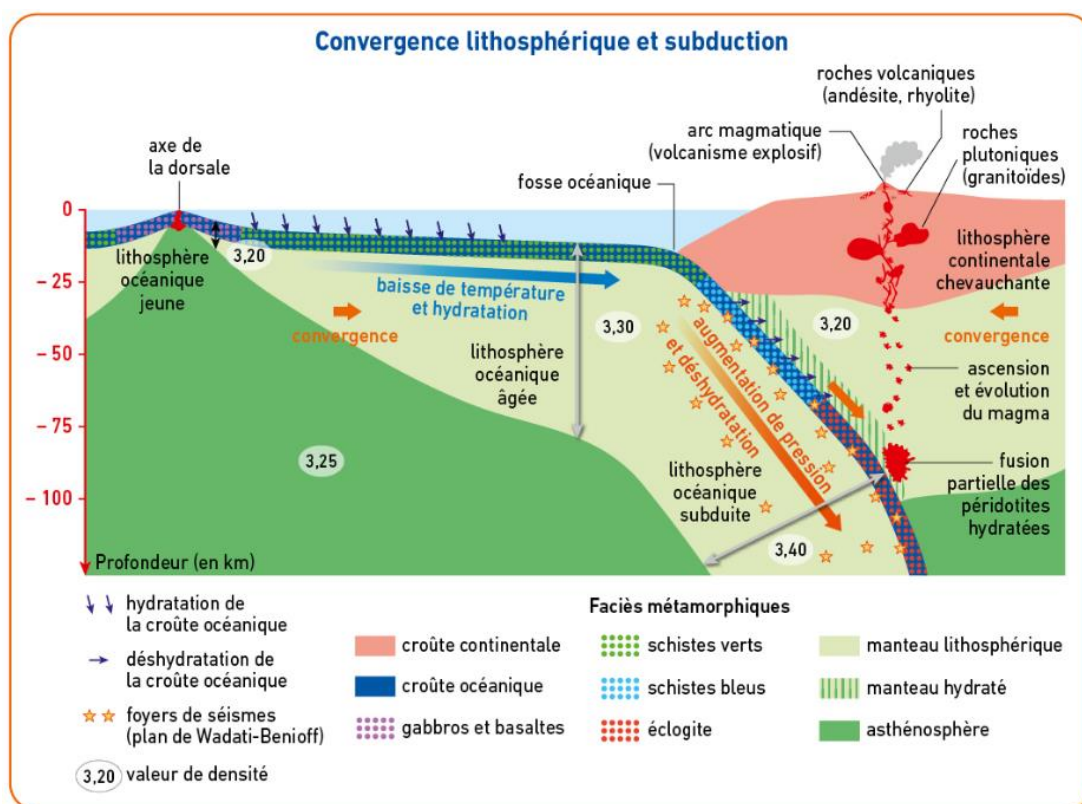
- Remonter rapidement en surface et refroidir rapidement, ce qui donne des roches volcaniques à la texture microlithique. Par exemple les rhyolites, les andésites.
- Une partie du magma reste dans la chambre magmatique est refroidit lentement en profondeur, donnant alors des textures grenues. Pendant ce refroidissement, tous les minéraux ne forment pas en même temps, on parle de **crystallisation fractionnée**. De plus, il y a également des **interactions avec les roches environnantes**. Ces deux phénomènes contribuent à la diversité des roches observées.

D'où provient l'eau qui est libérée dans le coin du manteau et qui provoque la fusion partielle de la péridotite ?

Idée : on sait que la LO subit de l'hydrothermalisme lors de son évolution, les minéraux hydroxylés (avec OH) se forme. Donc, peut-être que l'eau de ses minéraux est libérée lorsque la plaque s'enfonce, peut-être à cause de la pression...

⇒ **Bilan :**

Schéma + texte



Mise en relation %subduction et vitesse de déplacement des plaques

On constate que plus il y a de subduction aux frontières des plaques, plus leurs vitesses de déplacements sont importantes.

Peut-être que le mouvement de subduction est responsable du mouvement des plaques...

Act : subduction et mouvement des plaques.

⇒ **Bilan :**

Depuis sa formation au niveau de la dorsale, la densité de la lithosphère océanique augmente (par son refroidissement, par la cristallisation du manteau lithosphérique, par les transformations métamorphiques) jusqu'à atteindre le déséquilibre gravitaire qui provoque l'enfoncement dans l'asthénosphère.

L'étude des forces qui agissent sur une plaque montre que **cette augmentation de densité est le moteur principal de la subduction. De ce fait, la partie de LO qui plonge tracte toute la LO en surface, jusqu'à l'axe de la dorsale. Il y a donc formation au niveau des subduction des mouvements descendants de la convection mantellique. Ceux-ci participent à leur tour à la mise en place des mouvements ascendants de matériaux chauds au niveau des dorsales. La subduction joue donc un rôle essentiel dans l'expansion océanique, et plus généralement dans le mouvement des plaques.**