

III. LA CONVERGENCE LITHOSPHERIQUE DANS LES ZONES DE SUBDUCTION

RAPPEL

On sait que les frontières de plaques sont des zones actives. Il existe des zones où les plaques lithosphériques s'affrontent. C'est la convergence lithosphérique.

1) Les marqueurs de la subduction

RAPPEL :

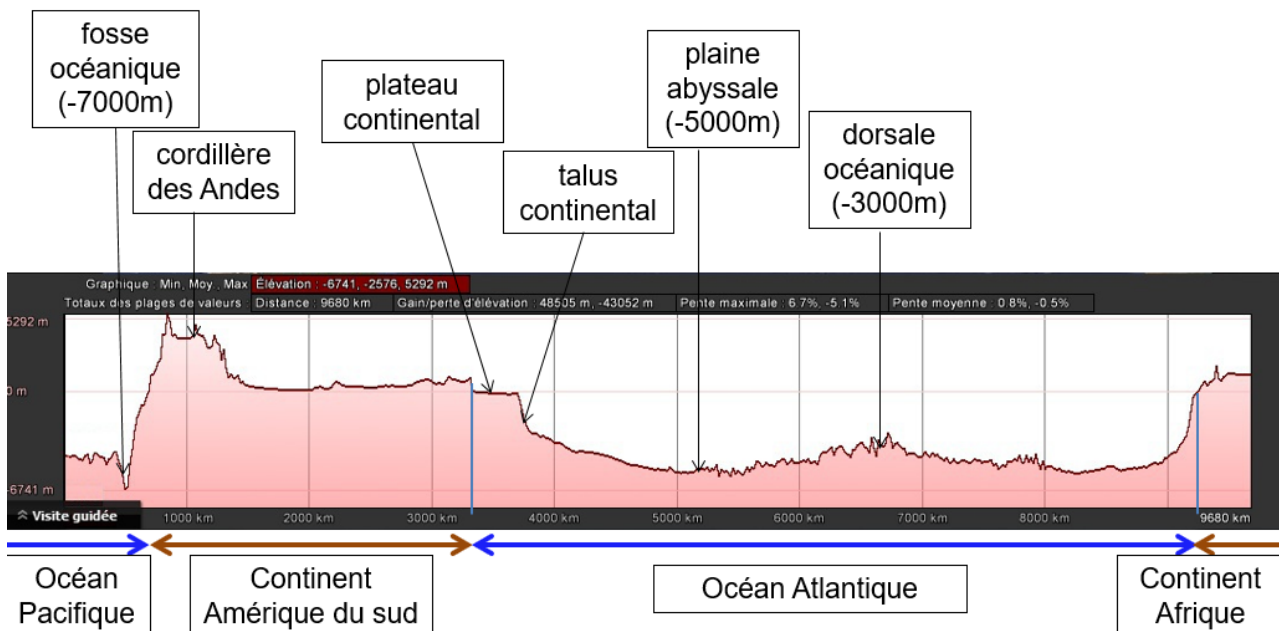
La subduction est le **plongement de la lithosphère océanique d'une plaque (la plaque subduite) dans l'asthénosphère sous une autre plaque** (la plaque chevauchante) qui peut être soit continentale, soit océanique.

La subduction engendre de nombreux phénomènes géologiques qui constituent des marqueurs.

a) l'association de deux reliefs particuliers :

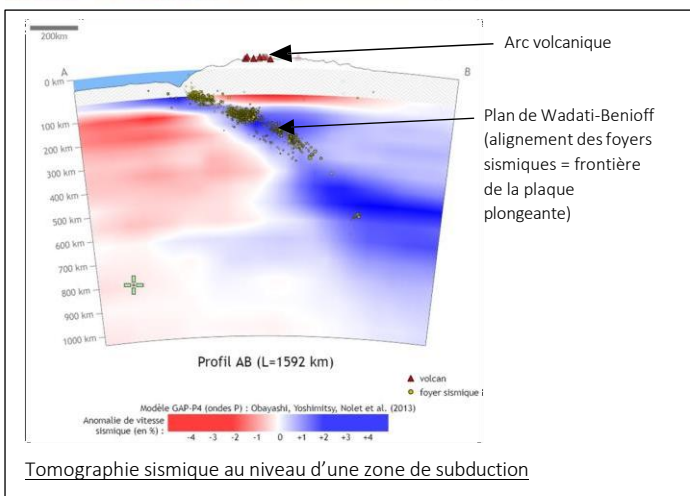
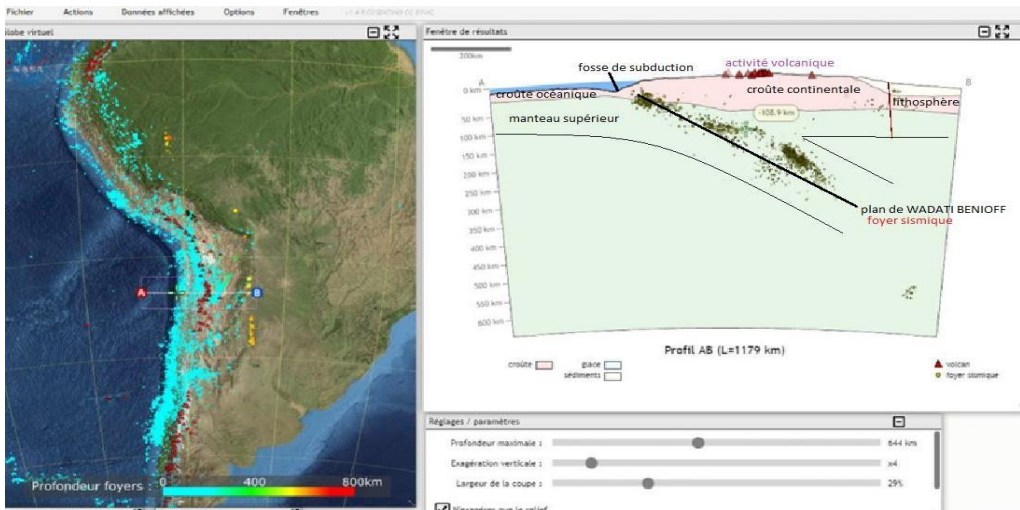
- **la fosse océanique** : relief négatif qui résulte de la flexion de la plaque plongeante
- **un arc volcanique** : relief positif porté par la bordure de la plaque chevauchante. Il forme un alignement d'îles volcaniques dans le cas d'une plaque chevauchante océanique, il est intégré à une chaîne de montagnes de type cordillère dans le cas d'une plaque chevauchante continentale.

Profil topographique de l'Atlantique sud entre l'Amérique du sud et l'Afrique



b) des séismes nombreux et répartis selon le plan de Wadati-Benioff

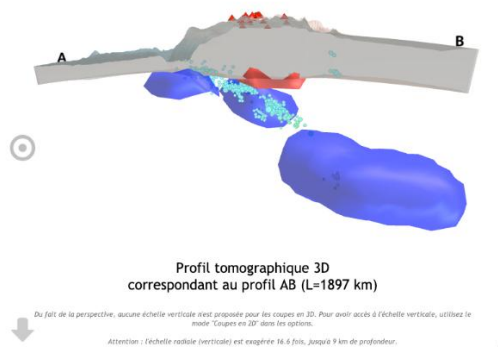
- dont l'**inclinaison** est **variable** selon l'âge de la lithosphère subduite
- repérables jusqu'à environ **700 km de profondeur**
- causés par **plongement de la lithosphère rigide** dans l'asthénosphère ductile mais qui résiste à l'enfoncement.



c) une double anomalie thermique

- **négative** au niveau de la fosse océanique, révélant le plongement de la lithosphère océanique froide
- **positive** sous l'arc volcanique, **révélant la présence de magma**

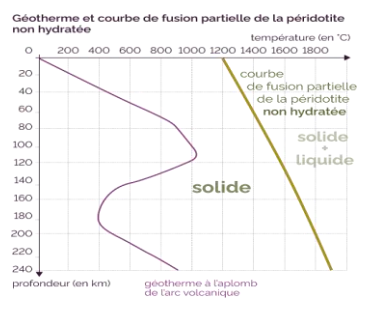
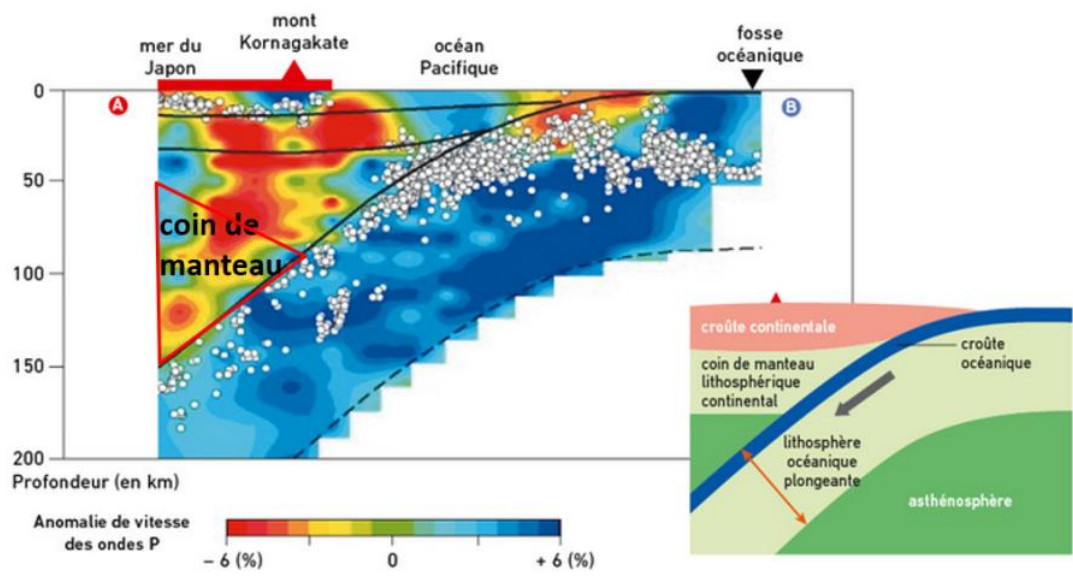
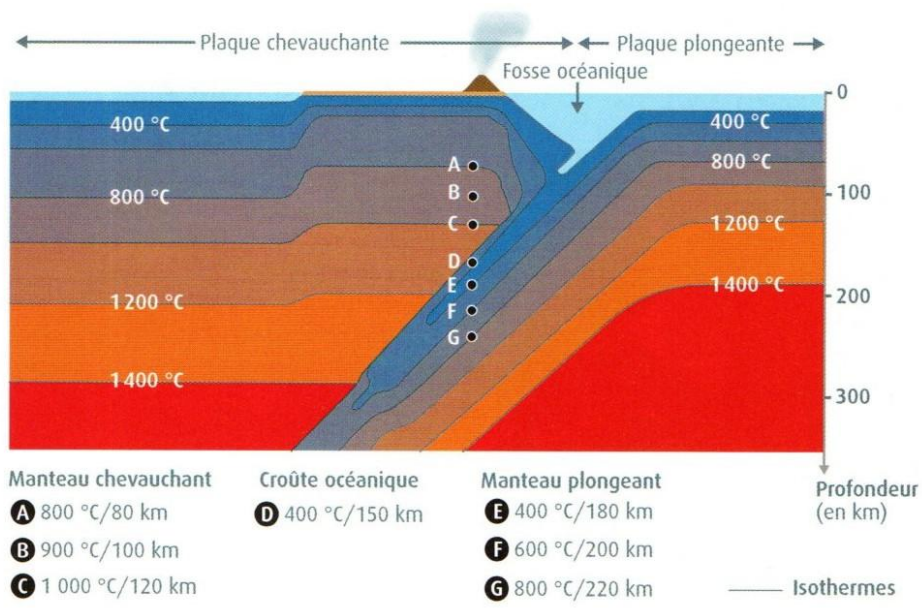
La forme bleue correspond à des anomalies de vitesse positives, supérieures à +1.5%.
 La forme rouge correspond à des anomalies de vitesse négatives, inférieures à -2%.



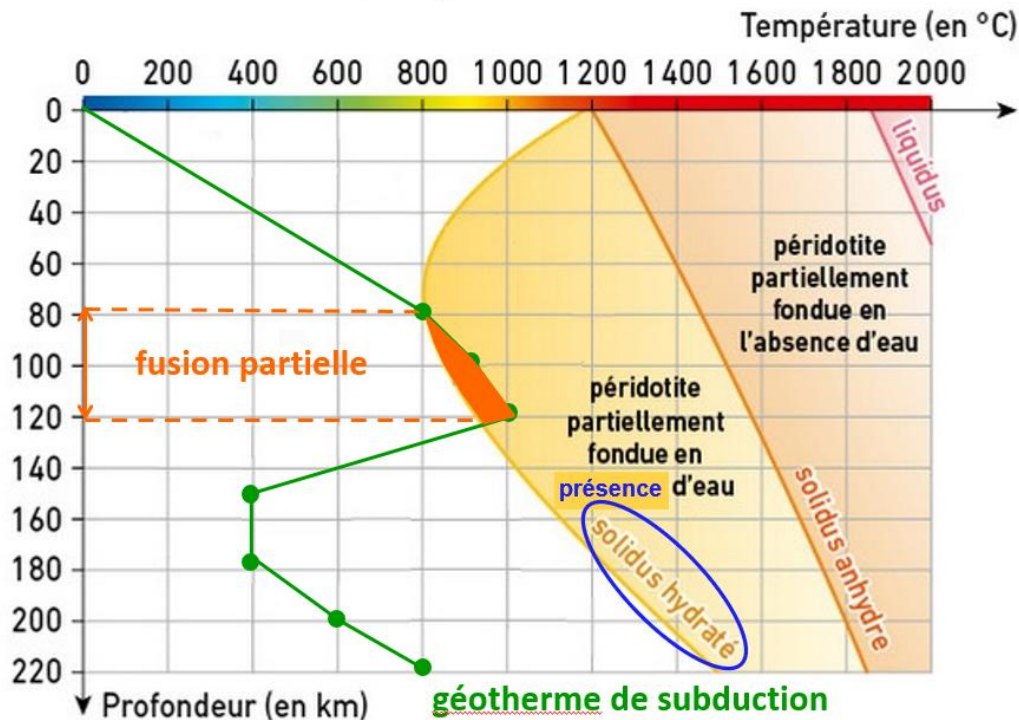
- * On observe au niveau d'une zone de subduction, **une tomographie sismique particulière** mettant en évidence la **plongée d'une lithosphère**.
- * Sous la plaque chevauchante, on observe **une zone d'accélération des ondes sismiques qui s'enfonce obliquement**. Au-dessus de ce plongement, on observe **un ralentissement des ondes témoins d'un matériau moins dense et plus chaud = le magmatisme des zones de subduction.**

On en déduit qu'un magma se forme au niveau des zones de

subduction. COMMENT expliquer la formation de ce magma dans cette zone de subduction ?



La fusion partielle de la péridotite du coin de manteau de la plaque chevauchante

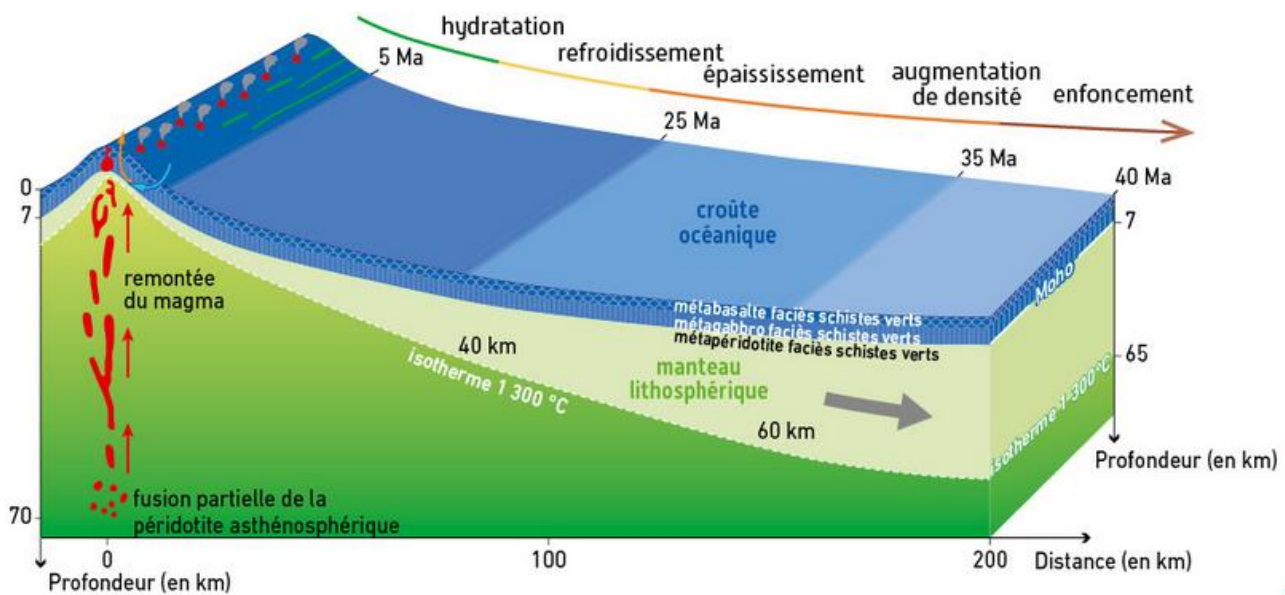


L'hydratation de la péridotite modifie son solidus et permet sa fusion partielle

Quelle est l'origine de l'eau nécessaire à la formation du magma des zones de subduction ?

Rappel :

Les roches (**métabasaltes, métagabbros et serpentinites**) de la plaque subduite appartiennent au faciès des **schistes verts**.



Elles subiront aussi toutes une nouvelle série de réactions de métamorphisme au cours de la subduction.

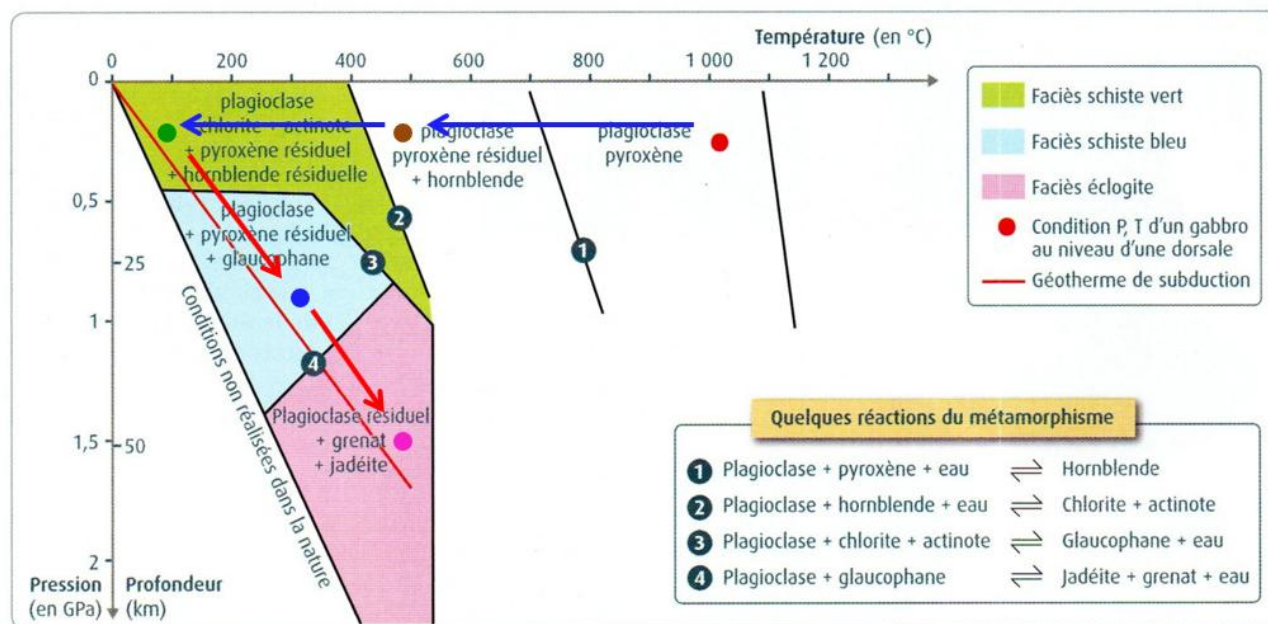
<https://www.viasvt.vivelessvt.com/subduction-metamorphisme/subduction-metamorphisme.html>

① = Gabbro
④ =

② =
⑤ =

③ =
⑥ =

Trajets pression-température d'un gabbro



→ **Métamorphisme hydrothermal : hydratation des roches**

→ **Métamorphisme de subduction : déshydratation des roches**

Rappel : la lithosphère océanique qui entre en subduction a subi le **métamorphisme hydrothermal**, elle est constituée de roches dont les **minéraux sont hydratés** (actinote et chlorite) et les basaltes appartiennent donc au faciès des **schistes verts**.

Au cours de sa subduction, la plaque est soumise à un deuxième métamorphisme : celui de haute pression et basse température (HP/BT) qui entraîne la déshydratation des minéraux, les roches

« entrent » dans le faciès des schistes bleus (caractérisé par la présence de glaucophane) puis dans le faciès des éclogites (caractérisé par l'association du grenat et de la jadéite).

Les transformations métamorphiques des gabbros de la plaque plongeante

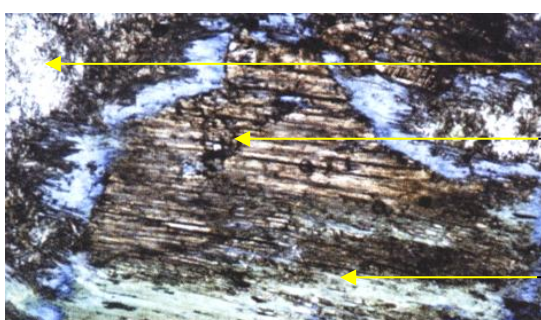
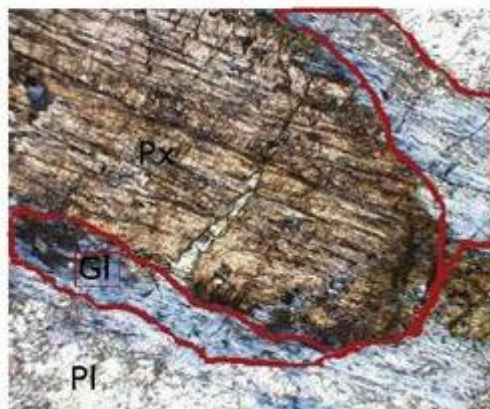
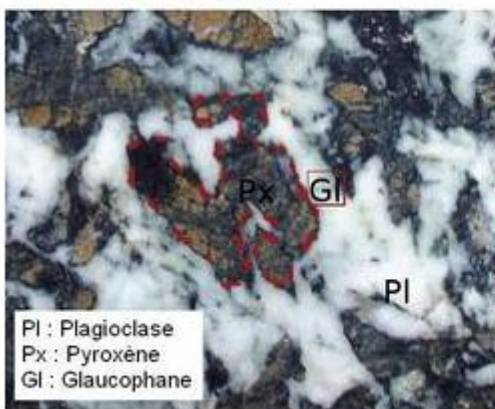
Roches	Aspect à l'œil nu	Minéraux présents	Densité
Métagabbro à glaucophane	Roche bien cristallisée de couleur foncée, noire marbrée de blanc avec des reflets bleus autour des cristaux noirs	Plagioclases Pyroxènes Glaucophane (traces de Chlorite et Actinote)	3,4
Eclogite	Roche bien cristallisée, de couleur verte pointillée de rose	Grenat Jadéite	3,5

métagabbro à glaucophane

Schiste bleu

A l'oeil nu

Au microscope



plagioclase

pyroxène

actinote

Réaction du métamorphisme :

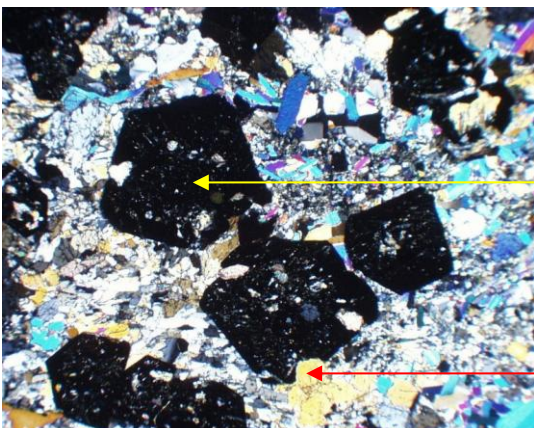
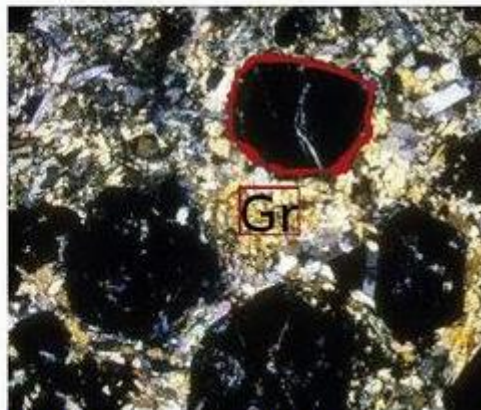


Eclogite

A l'oeil nu



Au microscope



grenat

jadéite (omphacite)

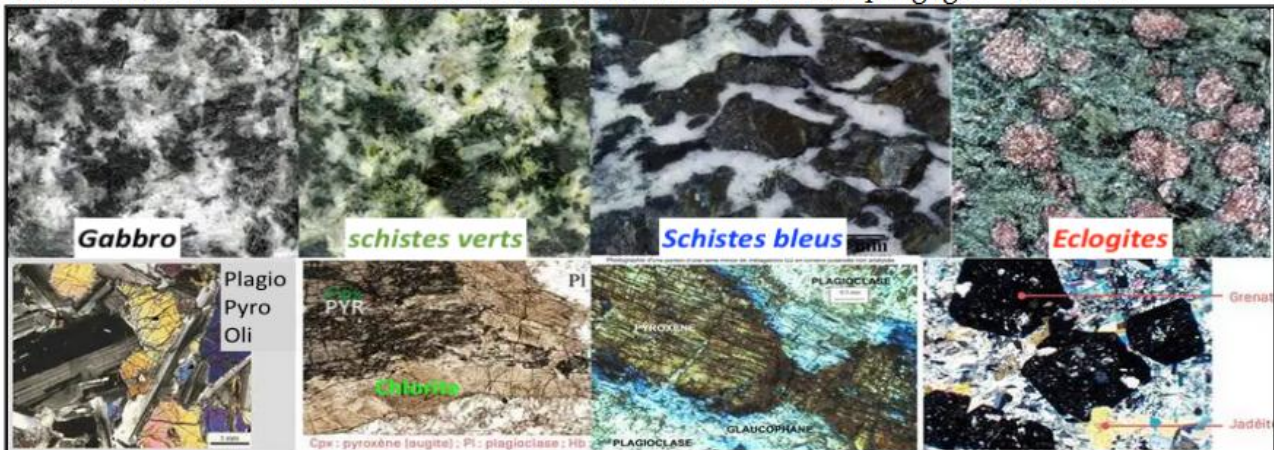
Réaction du métamorphisme

Plagioclase + glaucophane \longrightarrow grenat + jadéite (omphacite) + eau

Les réactions du métamorphisme de subduction libèrent de l'eau et la densité des roches augmente. (Métagabbro à glaucophane : densité : 3,4 ; Eclogite : 3,5)

L'eau libérée, par la déshydratation des minéraux remonte vers la surface et s'infiltré dans le « coin de manteau » de la plaque chevauchante et permettre la fusion partielle de la péridotite à l'origine du magma du volcanisme explosif.

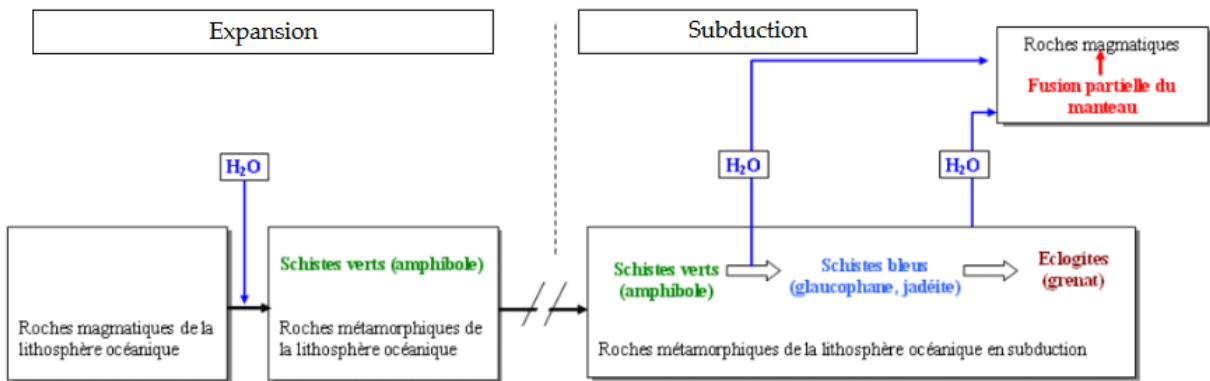
Au fur et à mesure de leur évolution les roches de la croûte océanique gagne en densité :



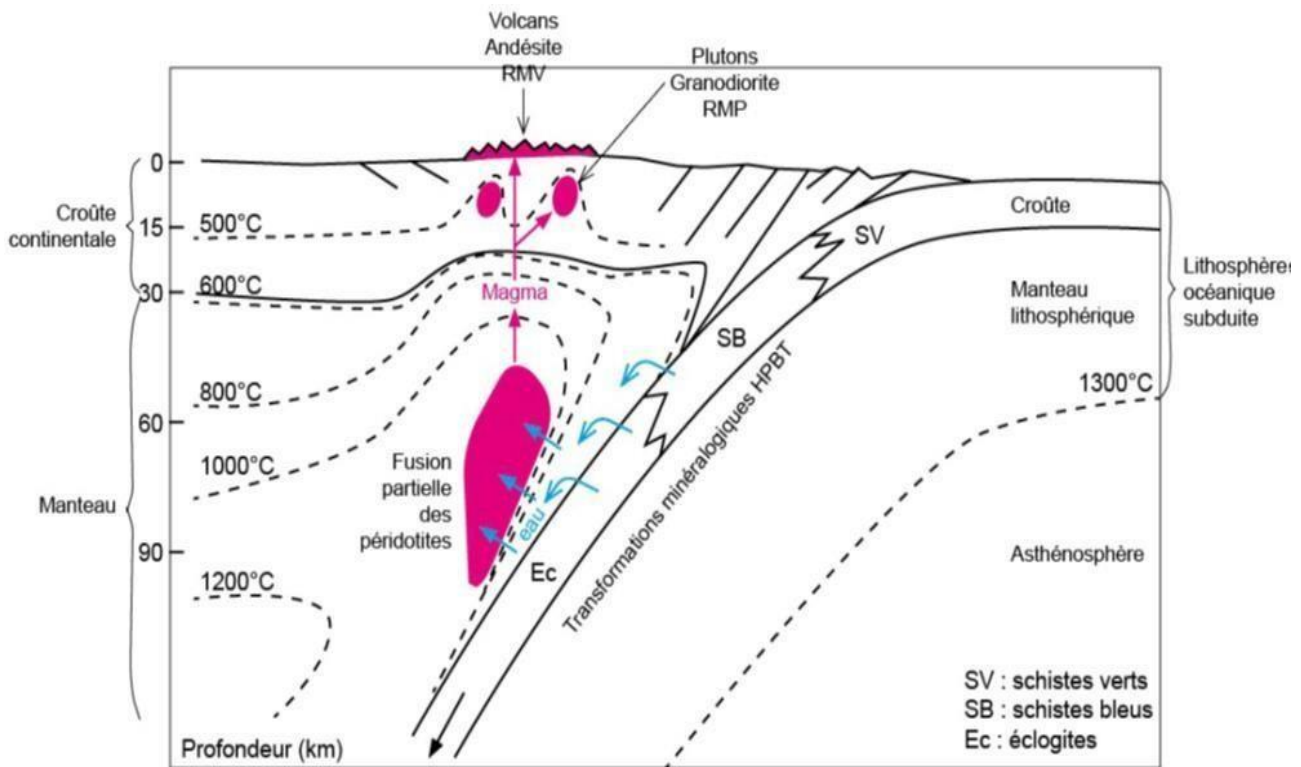
Roches		densité
lithosphère	Basaltes, gabbros	2,85
	Métagabbro en faciès schistes verts	3,3
	Métagabbro en faciès schistes bleus	3,4
	Eclogites	3,5
asthénosphère	Péridotites	3,25

C'est la déshydratation progressive mise en évidence, parallèlement à l'augmentation de pression **qui est à l'origine de l'hydratation des péridotites du manteau** situées juste au-dessus de la plaque plongeante.

Il y a un **couplage** entre le métamorphisme de la plaque plongeante et le magmatisme de la plaque chevauchante



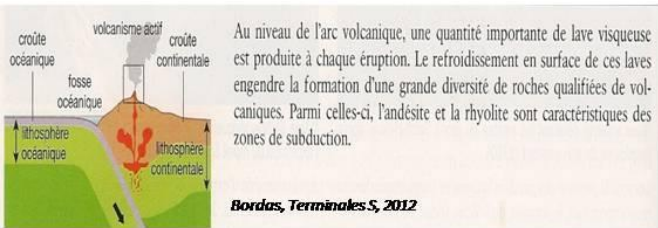
- La lithosphère océanique s'hydrate au cours de l'expansion (→ minéraux de + en + hydratés)
- Elle se déshydrate au cours de la subduction (minéraux de + en + déshydratés) et
- l'eau libérée hydrate les péridotites du manteau de la plaque chevauchante qui entrent alors en fusion partielle, alimentant le magmatisme des zones de subduction



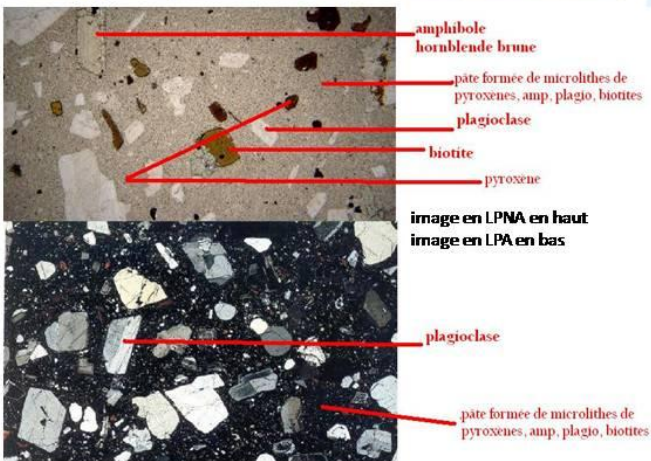
Le magma ainsi formé permet d'expliquer le volcanisme explosif.
 Commençons par étudier la diversité des roches volcaniques.



L'Andésite



<http://svtlarde.pagesperso-orange.fr/page%2031%20fiche%20g%E9ol.htm>



L'andésite

- Roche magmatique volcanique
- Structure microlitique
- Composition minéralogique :
 - phénocristaux de plagioclases, d'amphiboles, de pyroxènes, de biotite ;
 - microlites d'amphiboles et de plagioclases ;
 - verre (partie non cristallisée).

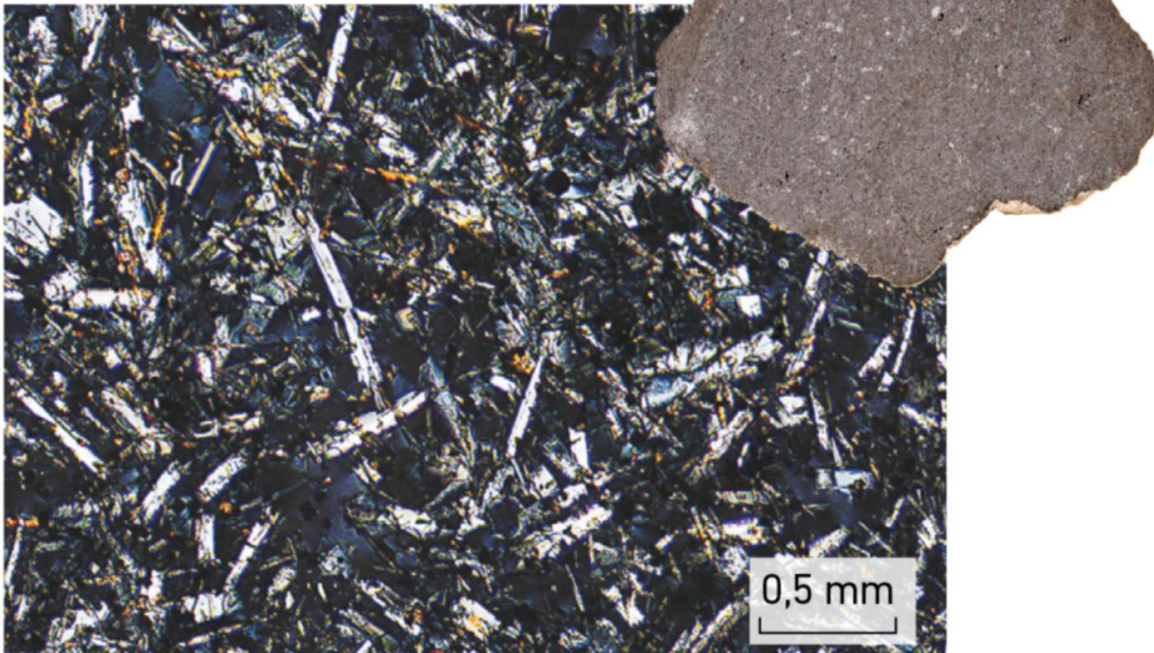
Bordas, Terminales S, 2012



<http://svtlarde.pagesperso-orange.fr/page%2031%20fiche%20g%E9ol.htm>

A Andésite

Échantillon et observation en LPA*



Diorite :

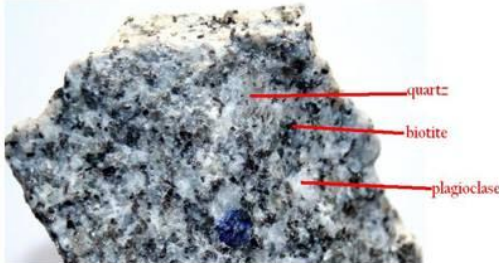
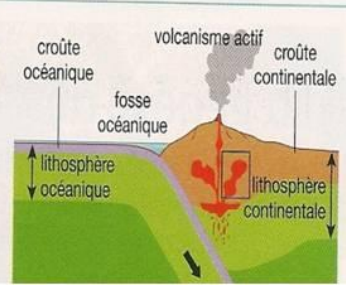


source : Diorite2.tif par [Michael C. Rygel](#) via [Wikimedia commons](#), [CC-BY-SA-3.0](#), <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diorite2.tif>

La Diorite et la Granodiorite

Au cours d'une éruption volcanique, une partie du magma n'atteint pas la surface et refroidit en profondeur. Les roches ainsi formées sont appelées **roches plutoniques**. Elles n'affleurent en surface que des millions d'années après leur formation, suite à une érosion importante. Au niveau des zones de subduction, une grande variété de roches plutoniques peut se former. La diorite est une des plus caractéristiques.

Bordas, Terminales S, 2012



Granodiorite

<http://svtlard.pagesperso-orange.fr/page%2031%20fiche%20g%E9ol.htm>



a Un échantillon de diorite

La diorite

- Roche magmatique plutonique
- Structure grenue
- Composition minéralogique : plagioclases, amphiboles, biotite et muscovite, pyroxènes.

Bordas, Terminales S, 2012

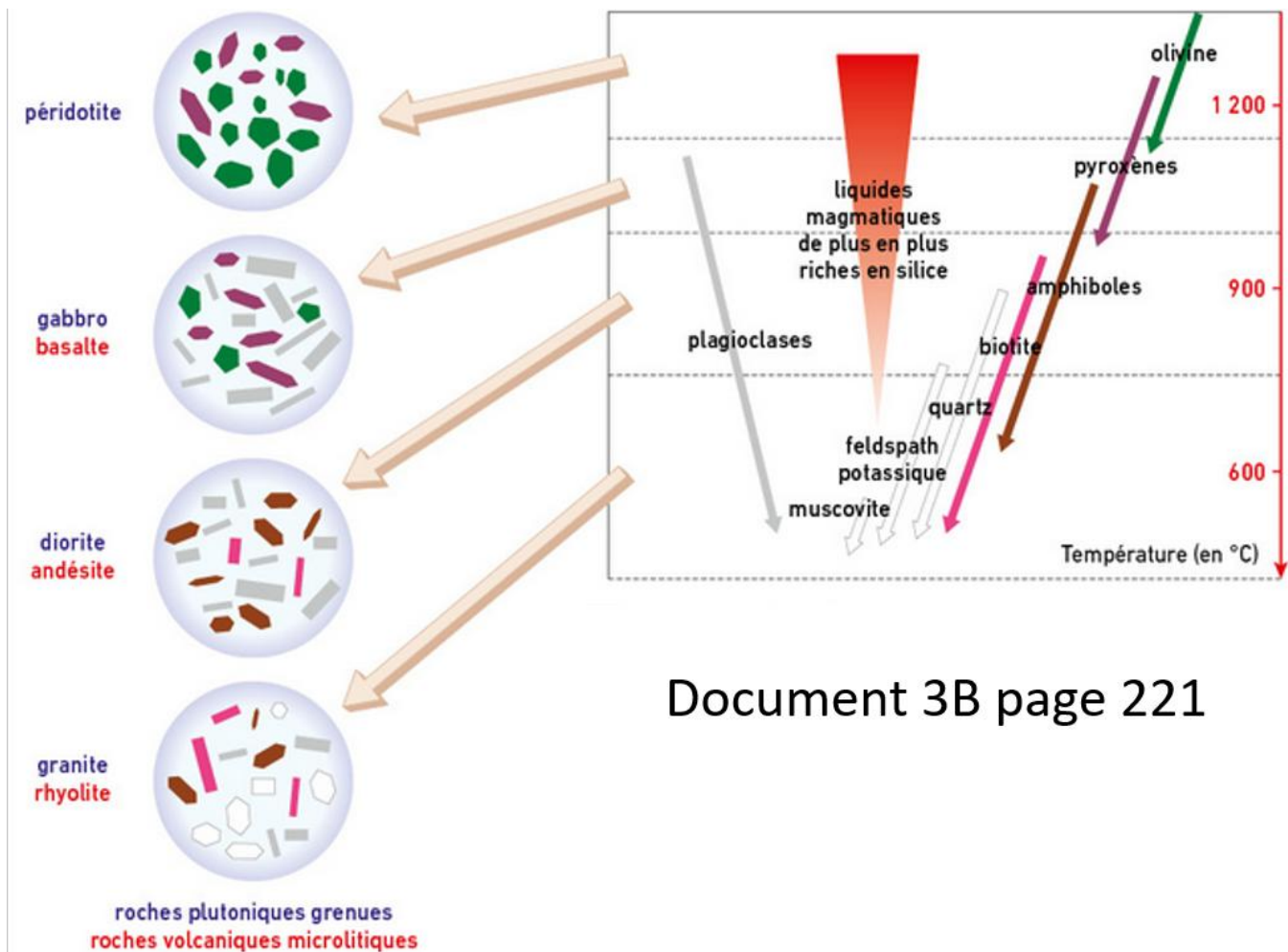


B Diorite (granitoïde)

Échantillon et observation en LPA*



On appelle "**granitoïdes**", l'ensemble des roches de composition chimique proche d'un granite et de structure grenue. 85% du magma produit dans les zones de subduction, cristallise en profondeur formant granites et granitoïdes. 75 à 85 % des granites et granitoïdes de la planète proviennent des zones de subduction.



TPLe magmatisme des zones de subduction

Les gouttelettes de magma formées par **fusion partielle de la péridotite hydratée** remontent vers la surface et se concentrent dans une **chambre magmatique** où ce magma aura deux destinées possibles :

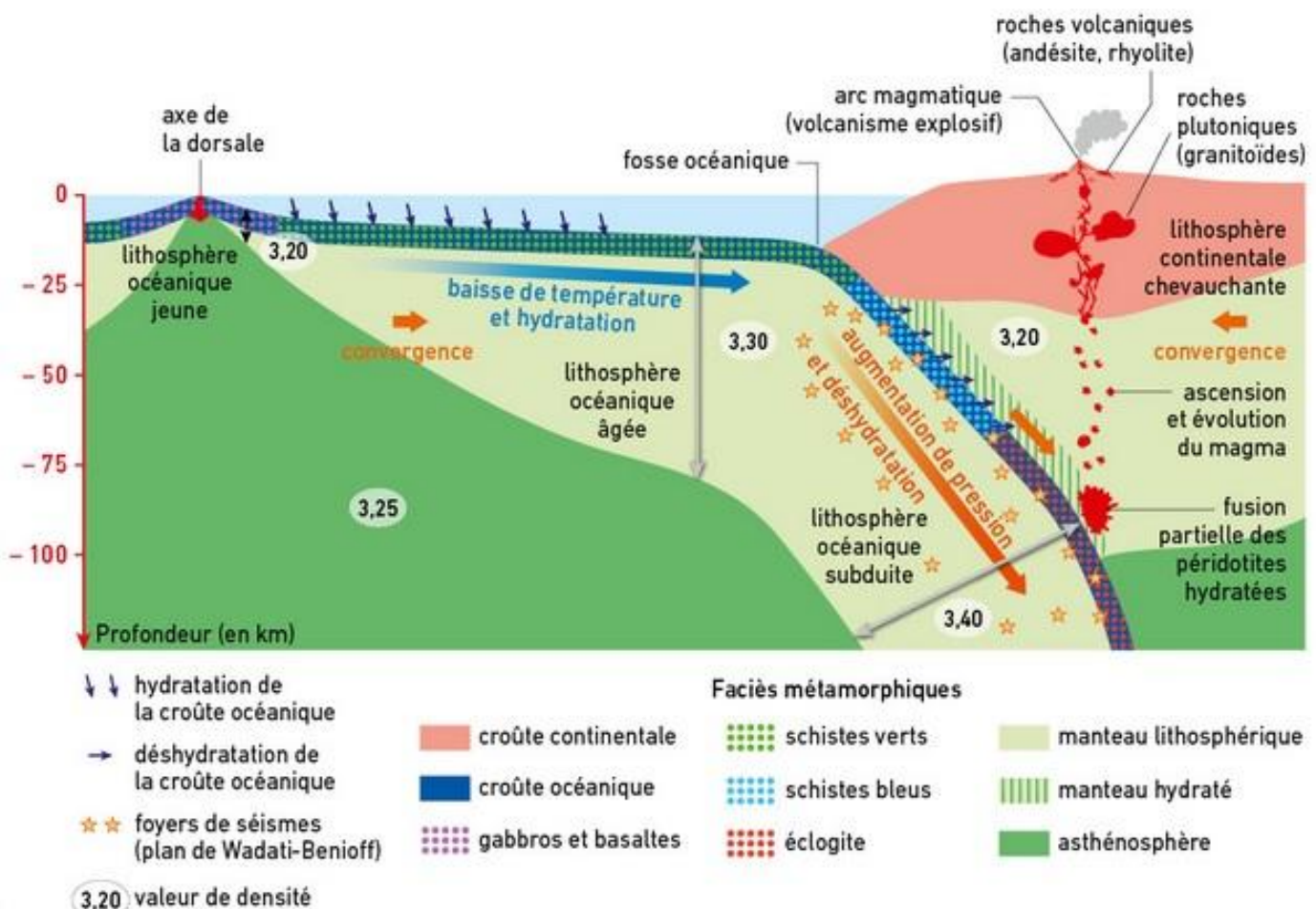
- s'il cristallise **en profondeur**, son refroidissement sera lent et il formera des **roches plutoniques à texture grenue** : **diorite et granite**
- s'il atteint **la surface**, son refroidissement sera plus rapide et il formera des **roches volcaniques, émises lors des éruptions volcaniques explosives, à texture microlitique** : **andésite et rhyolite**.

Lors de sa remontée, le magma subit **une cristallisation fractionnée** (voir le doc) et incorpore aussi des constituants de la **croûte continentale** ce qui modifie sa composition et il **devient de plus en plus riche en silice**.

Nature du magma	Teneur en silice (SiO ₂)	Viscosité* (g·cm ⁻¹ ·s ⁻¹)
basaltique	45 à 53 %	10 ⁴
andésitique	54 à 66 %	10 ⁸
rhyolitique	67 à 77 %	10 ¹²

D Teneur en silice et viscosité de trois magmas.

La richesse en silice augmente la viscosité du magma et empêche son dégazage progressif, ce qui provoque en surface un volcanisme explosif très dévastateur.



Il n'y a pas un "moteur" qui serait localisé dans les zones de subduction ou sur les dorsales. C'est toute la Terre qui est impliquée, en évacuant sa chaleur interne. Le mouvement des plaques est lié à l'existence de forces gravitationnelles qui les entraînent. Elles sont "tirées" par un morceau en *subduction* (et ont alors les vitesses les plus grandes). L'*expansion océanique* est également associée à une force qui fait s'écarter les plaques, beaucoup plus lentement.