

4. Les zones de convergence

a) Les zones de subduction

PROGRAMME : La lithosphère océanique plonge en profondeur au niveau d'une zone de subduction. Les zones de subduction sont le siège d'un magmatisme sur la plaque chevauchante.

Le volcanisme est de type explosif : les roches mises en place montrent une diversité pétrologique mais leur minéralogie atteste toujours de magmas riches en eau.

Ces magmas sont issus de la fusion partielle du coin de manteau situé sous la plaque chevauchante ; ils peuvent s'exprimer en surface ou peuvent cristalliser en profondeur, sous forme de massifs plutoniques. Ils peuvent subir des modifications lors de leur ascension, ce qui explique la diversité des roches.

La fusion partielle des péridotites est favorisée par l'hydratation du coin de manteau.

Les fluides hydratant le coin de manteau sont apportés par des transformations minéralogiques affectant le panneau en subduction, dont une partie a été hydratée au niveau des zones de dorsales.

La mobilité des plaques lithosphériques résulte de phénomènes de convection impliquant les plaques elles-mêmes et l'ensemble du manteau.

L'augmentation de la densité de la lithosphère constitue un facteur important contrôlant la subduction et, par suite, les mouvements descendants de la convection. Ceux-ci participent à leur tour à la mise en place des mouvements ascendants.

- Mise en évidence du phénomène de subduction

La plus vieille croûte océanique a moins de 200 Ma, alors que certaines roches continentales ont plusieurs milliards d'années. Pourtant, on a la preuve que des océans, aujourd'hui disparus, ont existé il y a plus longtemps.

➤ A6D1 - Document 1.1 - Localisation des foyers des séismes au niveau d'une fosse océanique

Au niveau d'une fosse océanique et de l'arc volcanique qui l'accompagne (comme aux Antilles ou au Japon par exemple), de nombreux marqueurs géologiques ont permis de distinguer deux ensembles au sein du globe terrestre : la lithosphère et l'asthénosphère.

Observations :

- Les foyers des séismes sont répartis sur un plan incliné partant de la fosse et allant sous l'arc volcanique (plan de Wadati-Benioff).
- Certains séismes ont lieu à des profondeurs inhabituelles (jusqu'à 700 km, alors que la plupart des foyers sont à moins de 100 km de profondeur).
- Les ondes sismiques sont accélérées lorsqu'elles traversent le plan de Benioff et ralenties lorsqu'elles passent sous l'arc volcanique.
- La mesure du flux géothermique indique une anomalie thermique négative au niveau de la fosse et une anomalie thermique positive sous l'arc volcanique.

➤ Vitesse des ondes en fonction de la température du matériau

Ces observations ont été rapprochées d'autres données :

- Les tremblements de terre ne se produisent qu'au niveau de matériel cassant (roches rigides).
- Plus une roche est rigide et plus les ondes sismiques s'y propagent rapidement.
- Si une roche fond (même très partiellement), elle devient moins rigide – tout en restant essentiellement solide (on dit qu'elle est **ductile** c'est-à-dire plastique ou déformable, capable de s'étirer sans se rompre).

Ce qui conduit à l'interprétation suivante (Oliver et Isacks, 1967) :

- La plan de Wadati-Benioff correspond à une "plaque" froide et rigide plongeant dans le manteau plus chaud et ductile.
- La plaque plongeante a une épaisseur d'environ 100 km : c'est la **lithosphère**. Elle surplombe l'asthénosphère.

➤ A6D1 - Document 1.2 - Tomographie sismique au voisinage d'une fosse océanique

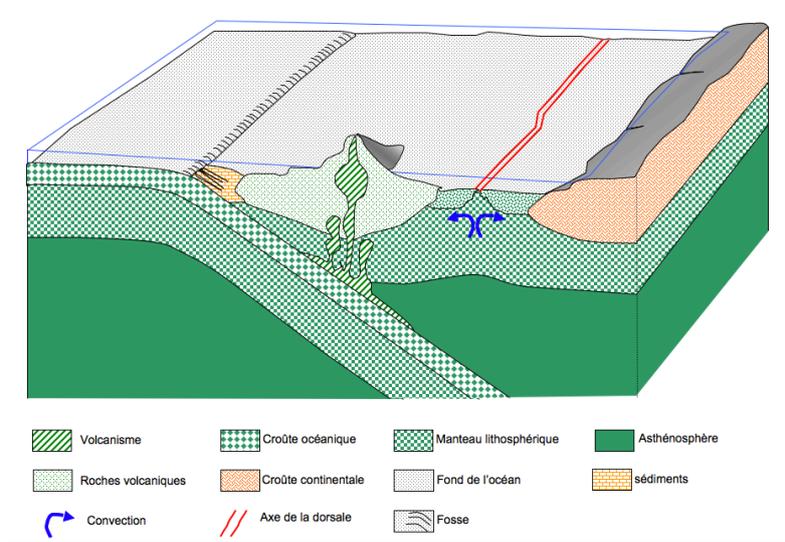
Le plongement d'une plaque de lithosphère océanique a en effet été mis en évidence par la tomographie sismique qui montre des anomalies de vitesse des ondes sismiques. Dans la plaque plongeante, froide, les

ondes vont vite et la rigidité des roches permet des séismes jusqu'à plusieurs centaines de km de profondeur.

➤ A6D2 – Le « moteur » de la subduction

Les roches de la plaque lithosphérique se transforment progressivement (par métamorphisme hydrothermal), ce qui provoque une augmentation de la densité de la plaque. Lorsque celle-ci devient plus dense que le manteau sous-jacent, elle n'est plus en équilibre et peut « plonger » dans le manteau. Les roches de la lithosphère sont incorporées à celles du manteau.

➤ Schéma d'une zone de subduction



Source : http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=208

Seules les plaques rapides (vitesse d'expansion supérieure à 6 cm/an, telle que la plaque Pacifique) subduisent ; les plaques lentes (vitesse inférieure à 4 cm/an, telle que la plaque Eurasie) ne subduisent pas.¹⁴

- Magmatisme lié à la subduction : les volcans de type explosif

➤ Magmatisme sur la plaque chevauchante et volcanisme explosif

Dans la plupart des zones de subduction, la plaque plongeante ne peut pas fondre car le géotherme ne croise pas le solidus du gabbro ni du basalte.

Par contre, lors de la plongée de la lithosphère océanique (LO), les gabbros subissent un métamorphisme de subduction.

- Les réactions du métamorphisme de subduction libèrent de l'eau. Cette eau provient de l'hydratation des gabbros lors du métamorphisme hydrothermal (quand la LO formait le fond de l'océan).
- L'eau libérée hydrate le manteau de la plaque sus-jacente et abaisse son point de fusion : en effet dans la plaque chevauchante entre 50 et 90 km de profondeur le géotherme croise le solidus de la péridotite, lorsque celle-ci est hydratée.
- La fusion partielle des péridotites permet la formation d'un magma qui remonte dans la croûte de la plaque chevauchante.

Il y a donc un couplage entre métamorphisme et magmatisme (voir schéma bilan).

- Les magmas formés en zone de subduction sont le plus souvent acides (« riches » en silice SiO_2 , c'est-à-dire plus que les magmas basaltiques formés au niveau des dorsales et des points chauds).
- Ils sont par conséquent plus visqueux (= ils ont une plus grande résistance à l'écoulement : viscosité).

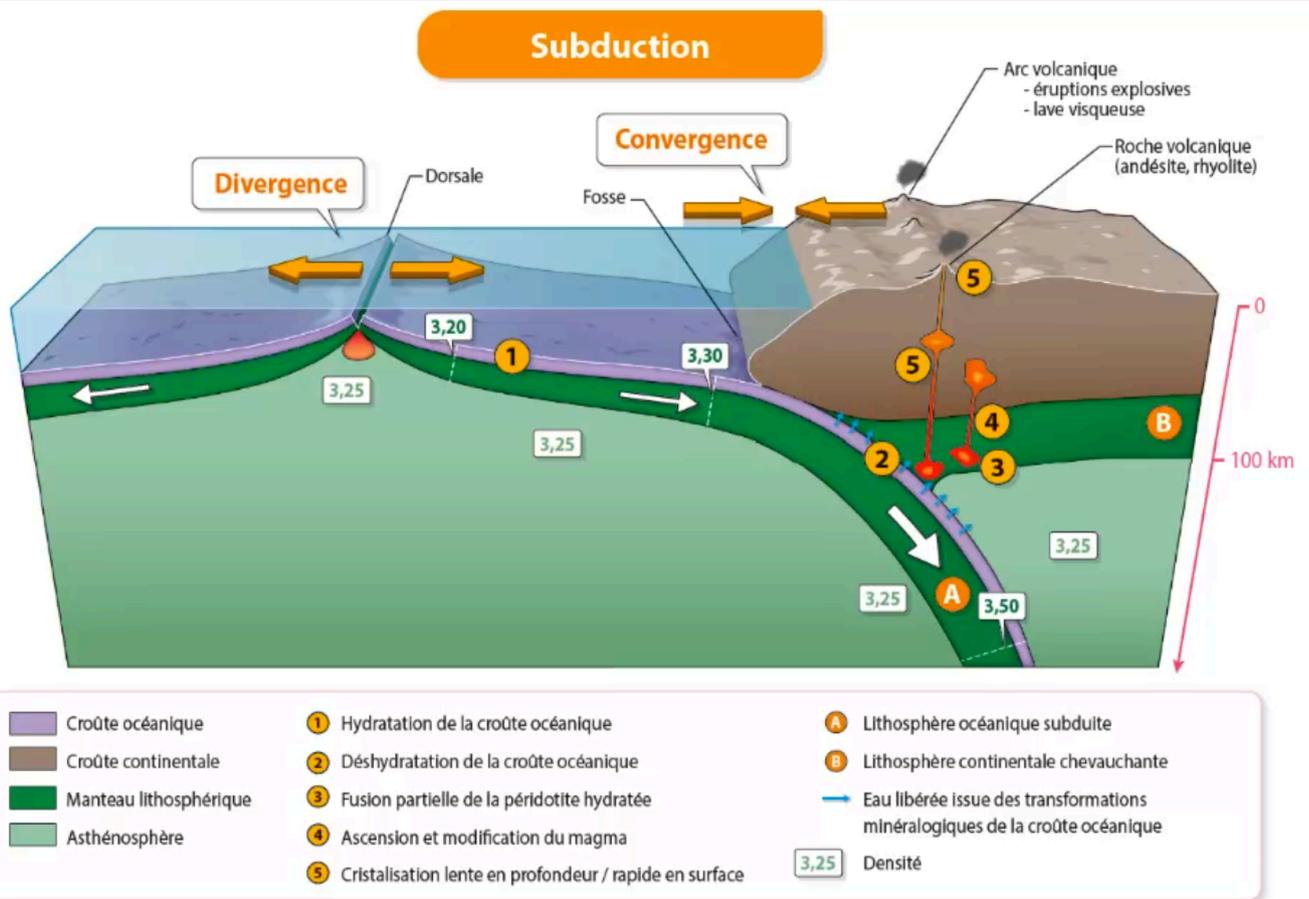
¹⁴ Elles sont lentes parce qu'elles ne subduisent pas ! [https://fr.wikipedia.org/wiki/Dorsale_\(g%C3%A9ologie\)#cite_ref-18](https://fr.wikipedia.org/wiki/Dorsale_(g%C3%A9ologie)#cite_ref-18)

- Ils remontent donc difficilement par les failles de la croûte : la plus grande partie refroidit et cristallise en profondeur. Ils forment alors des roches plutoniques, de texture grenue. Les massifs de roches plutoniques ainsi formés s'appellent des plutons. Ils participent à la formation de nouveaux matériaux continentaux. Exemples de roches¹⁵ formées, selon la composition chimique du magma : diorite, granite, granodiorite.

Une partie des magmas atteint la surface. Comme la solubilité des gaz diminue, ils s'accumulent et le liquide étant très visqueux, cela provoque des explosions¹⁶ à l'origine de nuées ardentes très dangereuses. Le refroidissement en surface et donc rapide du magma entraîne la formation de roches volcaniques de structure microlithique. Exemples de roches formées, selon la composition chimique du magma : andésite, rhyolite.

Ces roches étant plus claires que les basaltes, les volcans de subduction sont appelés les « volcans gris ».

➤ Subduction et volcanisme de subduction



Source : Hachette page 185

➔ Les zones de subduction sont le siège d'une importante activité magmatique qui aboutit à une production de croûte continentale.

¹⁵ Ces roches sont regroupées sous le terme de granitoïdes.

¹⁶ On parle de « dynamisme éruptif de type explosif » : les bulles de gaz font « sauter le bouchon » du magma !