

Thème 1: Le domaine continental et sa dynamique

Activité 7: Le magmatisme des zones de subduction - Correction

Les zones de subduction (marges actives) sont caractérisées par une double anomalie thermique: une anomalie thermique négative caractérisant l'enfoncement de la plaque subduite froide dans l'asthénosphère plus chaude; et une anomalie thermique positive caractérisant la remontée de magma chaud à l'aplomb de l'arc volcanique. (Document 2 page 170). Le magmatisme des zones de subduction est caractérisé par un volcanisme explosif (magmatisme extrusif) et du plutonisme (magmatisme intrusif).

On cherche à savoir quelle est l'origine du magmatisme dans les zones de subduction et quelle est sa relation exacte avec la subduction de la lithosphère océanique. Pour cela on recherche, par l'étude de différentes roches magmatiques mises en place dans les zones de subduction, des informations témoignant de leur origine.

I: Étude de la structure et de la pétrographie de deux roches magmatiques de zone de subduction

La structure d'une roche magmatique dépend des conditions ayant lieu lors de sa cristallisation et donc de la localisation de la cristallisation:

- Lorsque le magma refroidit lentement en profondeur, la cristallisation lente confère une structure grenue à la roche.
- Lorsque le magma refroidit rapidement en surface, la cristallisation rapide confère une structure microlithique à la roche.

L'étude de la structure des roches magmatiques renseigne sur les conditions et la localisation de la cristallisation et donc sur le type de magmatisme:

- Une structure grenue résulte d'une cristallisation lente lors d'un refroidissement lent en profondeur caractéristique d'un magmatisme intrusif ou plutonisme.
- Une structure microlithique ou vitreuse résulte d'une cristallisation rapide lors d'un refroidissement rapide en surface caractéristique d'un magmatisme extrusif ou volcanisme.

La composition minéralogique d'une roche magmatique dépend de sa composition chimique qui dépend elle-même de la composition chimique du magma dont elle est issue. L'étude pétrographique d'une roche magmatique renseigne donc sur la composition chimique du magma d'origine, ce qui permet:

- D'expliquer le caractère explosif du volcanisme qui dépend de la viscosité du magma qui est fonction de la concentration en silice.
- De déterminer la richesse en eau du magma
- D'identifier l'origine mantellique ou crustale du magma

	Andesite	Granite
Composition minéralogique	Biotite + Plagioclase + Amphibole	Biotite + Quartz + Plagioclase + Feldspath
Structure	Microlithique	Grenue
Type de magmatisme	Extrusif : volcanisme	Intrusif : plutonisme

II: Comparaison des roches magmatiques de zone de subduction et de zone de dorsale

	Magmatisme de zone de subduction	Magmatisme de zone de dorsale
Viscosité	La présence de minéraux riches en silice (quartz = silice pure) et la concentration moyenne élevée en silice (> 50 %) de ces roches indique que le magma à l'origine était lui-même riche en silice. Cette richesse en silice explique la forte viscosité du magma à l'origine du caractère explosif du volcanisme de subduction	La faible concentration en silice (< 50 %) de ces roches (basalte de dorsale) indique que le magma à l'origine était lui-même pauvre en silice. Cette faible teneur en silice explique la faible viscosité (donc la fluidité) du magma à l'origine du "caractère effusif" du volcanisme de dorsale
Hydratation	L'abondance des minéraux hydratés (biotite, amphibole) dans ces roches indique que le magma à l'origine était lui-même hydraté.	L'absence de minéraux hydratés dans ces roches indique que le magma à l'origine était lui-même déshydraté.
Origine	L'abondance de minéraux ferromagnésiens (amphibole, biotite) indique l'origine mantellique du magma dont sont issues ces roches.	L'abondance de minéraux ferromagnésiens (pyroxène) indique l'origine mantellique du magma dont sont issues ces roches.

III: Localisation et identification de la zone de fusion partielle à l'origine du magmatisme de subduction

La distance entre la fosse et l'arc volcanique, ainsi que le pendage du plan de Benioff varient beaucoup selon les zones de subduction considérées. Cependant, on remarque que l'arc volcanique est toujours situé à l'aplomb (à la verticale) d'une zone où le plan de Benioff est compris entre 80 et 150 km de profondeur. Cela suggère que le magmatisme des zones de subduction serait lié à un événement se produisant lorsque le plafond de la lithosphère en subduction entre dans cette zone située entre 80 et 150 km de profondeur.

L'abondance de minéraux ferromagnésiens (amphibole, biotite) témoignant de l'origine mantellique du magma, on peut donc supposer que l'événement se produisant lorsque le plafond de la lithosphère subduite entre dans cette zone entre 80 et 150 km de profondeur induirait la fusion partielle des péridotites de manteau chevauchant (hypothèse 1), ou des péridotites du manteau supérieur lithosphérique de la plaque en subduction (hypothèse 2).

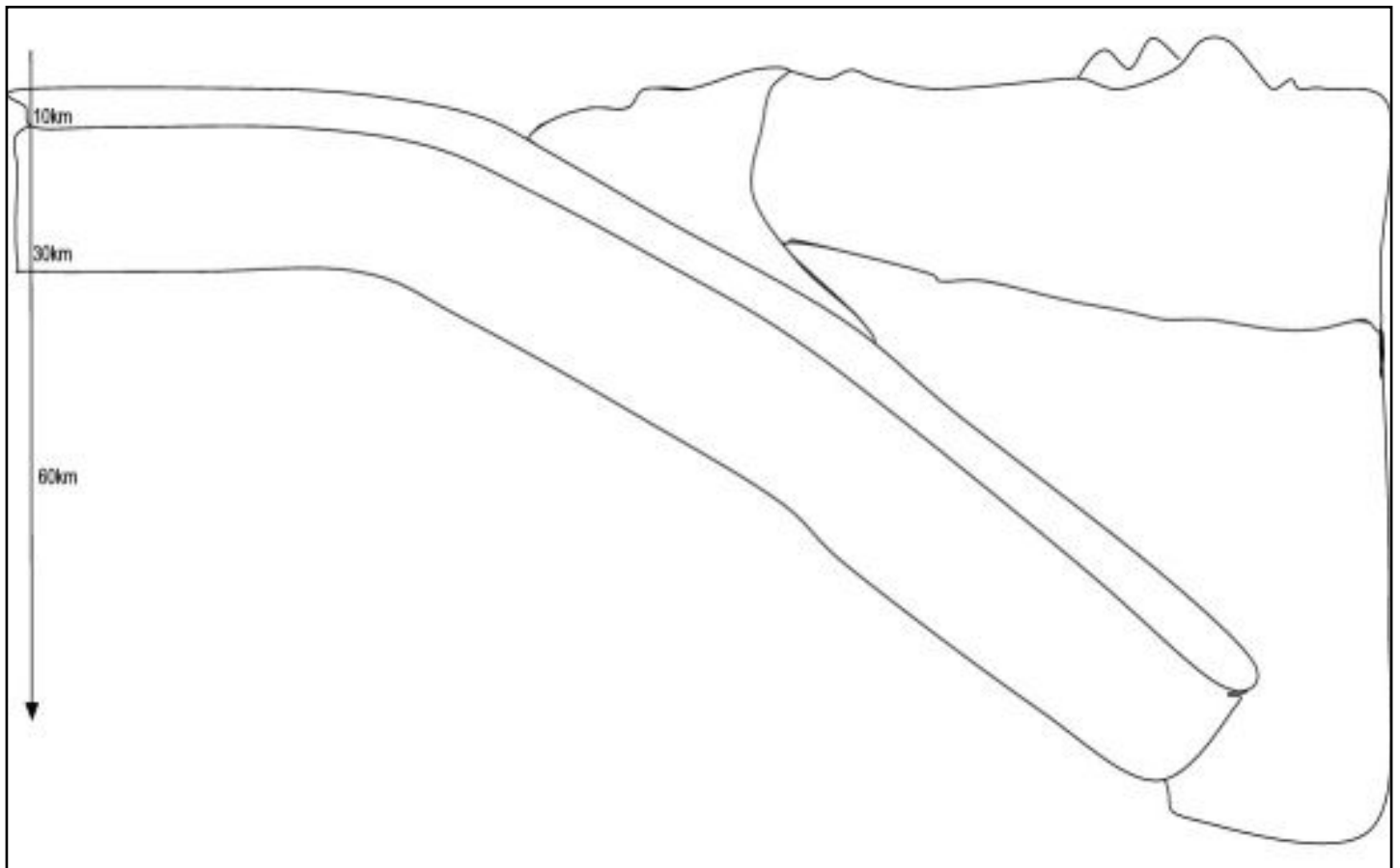
IV: Les conditions de la fusion partielle à l'origine du magmatisme de subduction

- La comparaison des péridotites de dorsales, et des péridotites des zones de subduction, montre que les péridotites des zones de subduction contiennent des minéraux fortement hydratés.
- Les études expérimentales sur l'état des péridotites montrent que dans les conditions de pressions / températures qui règnent au niveau d'une zone de subduction (géotherme de subduction), une péridotite ne peut entrer en fusion partielle (et donc passer de l'état solide à l'état solide + liquide) que si: (1) elle est hydratée, (2) elle est soumise à des conditions pressions / températures correspondant à une profondeur supérieure à 40 km.

L'hydratation des péridotites du manteau supérieur de la plaque chevauchante est à mettre en relation avec la déshydratation de la lithosphère océanique qui subit un métamorphisme HP/BT lors de la subduction:

- La croûte océanique qui subit la subduction est froide, âgée, et très hydratée : lors de leur histoire océaniques, les basaltes et gabbros qui la constituent, ont en effet été métamorphisés par les circulations hydrothermales. Des minéraux verts tels que le chlorite, un minéral très riche en eau, se sont formés, donnant à ces roches un faciès particulier, celui des schistes verts.
- Lors de la subduction, la croûte océanique se transforme et se déshydrate. Les roches de la croûte océanique entraînées dans la subduction sont soumises à de nouvelles conditions de température et de pression (HP/BT - car enfoncement d'une LO froide en profondeur): elles se transforment à l'état solide (métamorphisme) et se déshydratent. Ces réactions métamorphiques de haute pression basse température aboutissent à la formation de minéraux caractéristiques, le glaucophane (faciès schiste bleu) puis le grenat et la jadéite (faciès élogite), de plus en plus pauvres en eau.
- L'eau libérée lors de ces processus va hydrater les péridotites du manteau chevauchant et déclencher leur fusion partielle à l'origine des magmas.

La fusion partielle des péridotites du manteau supérieur de la plaque chevauchante donne ainsi naissance à un magma; ce magma chaud, relativement fluide et moins dense s'élève. Lors de sa remontée le magma peut séjourner en profondeur dans la croûte continentale; son refroidissement lent donne alors naissance aux plutons de granodiorites et granites. Le magma peut arriver rapidement en surface (volcanisme explosif andésitique); son refroidissement rapide donne alors naissance à des roches volcaniques microlitiques de type andésite.



La production de magmas dans les zones de subduction est le principal fabricant de la croûte continentale récente : on qualifie cette production d'accrétion continentale.