

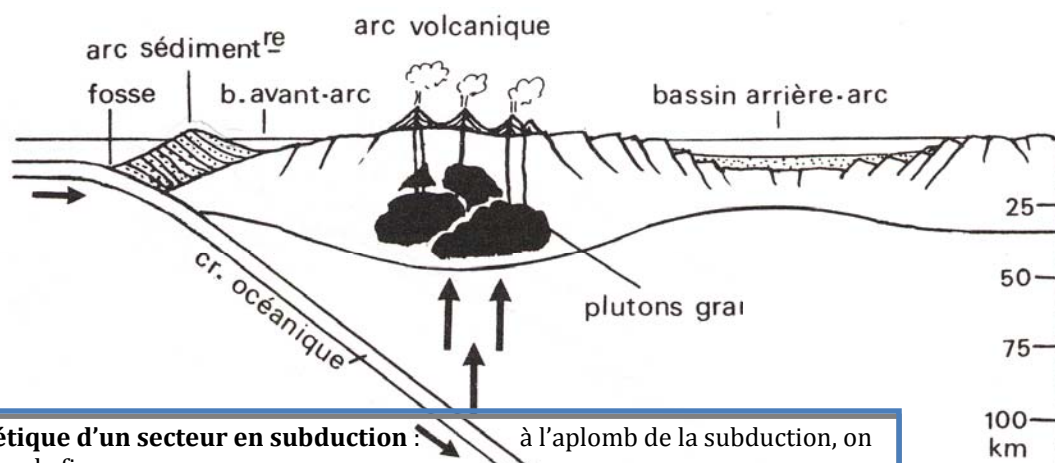
# Le magmatisme (5)

## Principales caractéristiques du magmatisme associé au contexte de subduction

A l'échelle du globe, les secteurs en subduction se trouvent essentiellement sur le **pourtour du Pacifique**. On y trouve de nombreux volcans qui forment la ceinture de feu du Pacifique, et constituent la manifestation la plus spectaculaire du magmatisme associé au contexte de convergence.

Mais associé à ce volcanisme bien visible en surface, on trouve également du **plutonisme** qui va affecter la plaque à l'aplomb de la subduction.

Il existe également deux secteurs en subduction au niveau de l'océan Atlantique, dont un au niveau des îles des Antilles : cela explique les volcans de Guadeloupe, de Martinique...



**Coupe synthétique d'un secteur en subduction :** à l'aplomb de la subduction, on trouve deux cas de figure :

- Le magma sort en surface et donne les édifices volcaniques : **arc volcanique**
- Une partie du magma refroidit en profondeur pour donner les roches plutoniques

### 1- Type d'édifices volcaniques rencontrés

Les volcans rencontrés dans les secteurs en subduction sont le plus souvent des strato-volcans (voir la fiche « Formations volcaniques »). Ce sont des édifices qui se construisent au cours du temps avec des alternances de coulées de lave (activité effusive du volcan) et de produits liés à une activité plus explosive.

### 2- Nature du magmatisme

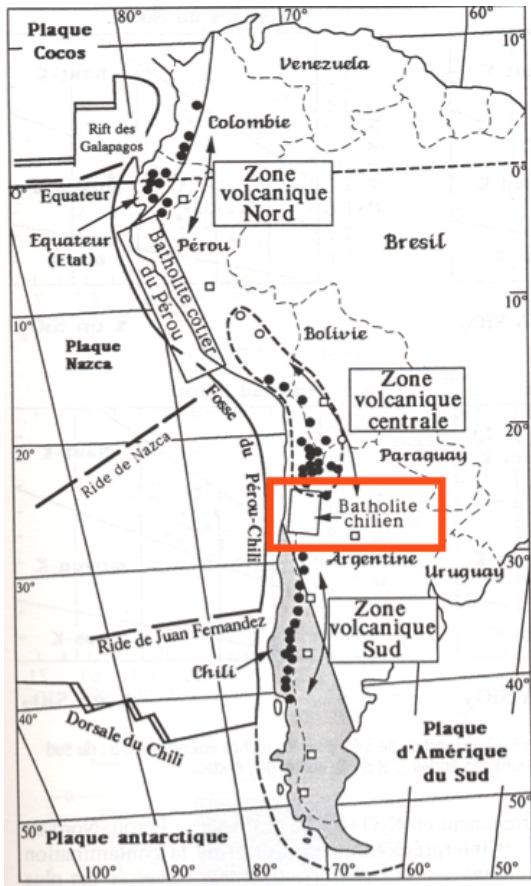
#### - *Volcanisme/dynamisme éruptif*

Les laves les plus fréquentes sont **les andésites** (cf. fiche « Andésite »).

Les volcans de subduction se caractérisent souvent par un dynamisme **éruptif explosif**, très dangereux : Montagne Pelée (Martinique, éruption 1902, 29 000 morts), Mérapî (Indonésie), Pinatubo (Philippines)...

Ce dynamisme explosif est lié au fait que les laves émises (andésites) sont relativement visqueuses, ce qui empêche la libération facile du gaz, qui s'accumule, se retrouve sous pression, et au moment d'arriver en surface est libéré brutalement en fragmentant le magma : activité explosive, dangereuse.

- **Plutonisme**



Si on prend l'exemple de l'Amérique du Sud, on a le long de sa côte Ouest une subduction. Ceci se traduit par la présence d'un magmatisme important le long de cette côte, avec à la fois :

- Du volcanisme (les points sur la carte correspondent aux volcans), avec émission de nombreux produits andésitiques (les andésites ont d'ailleurs été nommées d'après les Andes).
- Du plutonisme que l'on retrouve à l'affleurement aujourd'hui, bien que les roches se soient formées au départ en profondeur : exemple du batholite (grand massif) chilien.

**Le batholite chilien**

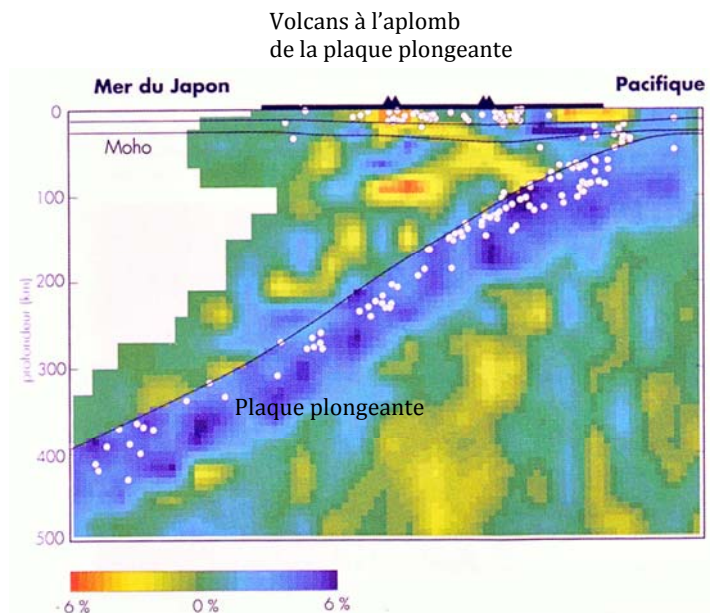
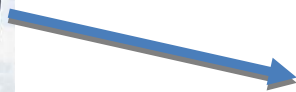
Les roches qui forment ce massif (batholite, du grec *bathos*, profondeur, et *lithos*, pierre) sont plutoniques, donc entièrement cristallisées. Quand on regarde leur composition minéralogique, on voit du quartz, des feldspaths, de la biotite associée à de l'amphibole (cf. fiche minéraux). Ce sont des granodiorites, roches proches des granites (cf. Classification des roches magmatiques)

**Ce magmatisme associé aux subductions est important, il participe à la formation, à l'épaississement de la croûte continentale.**

**3- origine du magmatisme associé aux subductions**

*Observations géophysiques*

Quand on regarde en tomographie sismique une coupe au niveau d'une zone de subduction comme au Japon :



On repère :

- **La plaque plongeante**, signalée par une anomalie positive de propagation des ondes sismiques (plus rapides de 5 à 6%) figurée ici en bleu. La plaque plongeante met du temps à se réchauffer (inertie thermique), elle reste donc plus froide que son environnement, et les ondes sismiques s'y propagent plus rapidement qu'on l'attendrait à cette profondeur.

Du fait que la plaque plongeante est « froide » (relativement), elle présente un comportement cassant, d'où le déclenchement de séismes importants au cours de sa plongée : points blancs, (leur répartition forme le plan de Bénihoff).

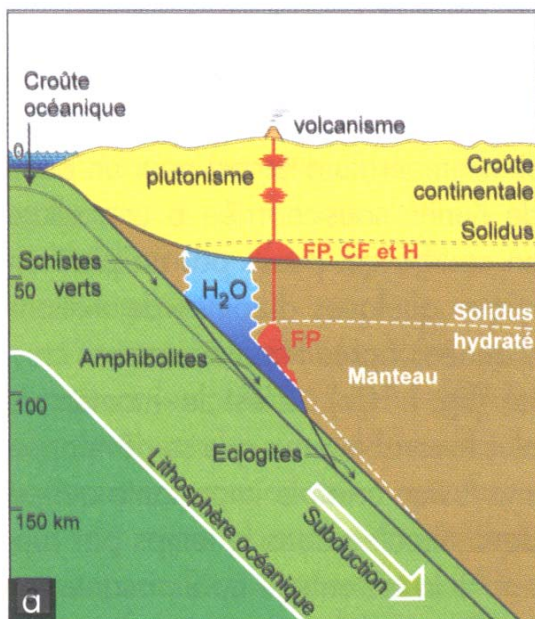
- A l'aplomb de la plaque plongeante, on constate sur la plaque supérieure la présence **de volcans**, typique des zones de subduction.
- si on regarde en dessous, à **100 km de profondeur**, on remarque une anomalie de propagation négative des ondes sismiques (en rouge), ce que l'on peut interpréter comme la présence d'un matériel chaud, partiellement fondu, qui en remontant donnerait le magmatisme observé au niveau de la plaque supérieure.

### **Pourquoi dans ce contexte le manteau pourrait-il fondre ?**

Pour répondre à cette question, il faut regarder ce qui se passe au niveau de la plaque plongeante au fur et à mesure de son entrée dans la subduction.

En effet, lors de son enfouissement, la lithosphère océanique va subir une augmentation de pression et de température, elle va donc **se métamorphiser** (cf. fiches Métamorphisme).

Ce métamorphisme va s'accompagner d'une modification des minéraux au sein de la plaque plongeante, et surtout de leur **déshydratation** (les minéraux de la croûte océanique renferment de l'eau suite à l'hydrothermalisme, cf. fiche Métamorphisme Chenaillet).



Sur la figure ci-contre, on a représenté les transformations métamorphiques au fur et à mesure de l'enfoncement de la plaque : passage du domaine schiste vert au domaine des amphibolites, puis à celui des éclogites (cf. fiche Métamorphisme). Au cours de ces transformations, il y a **libération d'eau** (en bleu sur le doc) dans le coin de manteau entre les deux plaques.

Cette eau **va hydrater le manteau**, et cela permettrait la fusion partielle du manteau (FP sur la figure) aux alentours de 100 km de profondeur. Par quel mécanisme ?

Coupe au niveau d'une marge active (*Géochronique*, décembre 2011)

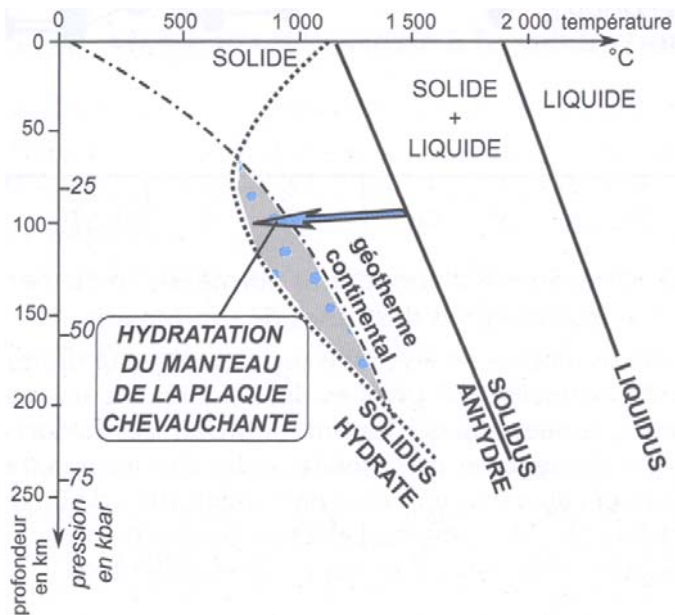


Diagramme expérimental : solidus anhydre et hydraté des péridotites du manteau

Expérimentalement, on montre qu'**en hydratant les péridotites, on abaisse leur point de fusion** : sur le diagramme ci-contre, cela se traduit par un déplacement du solidus vers la gauche.

**Le solidus hydraté recoupe alors le géotherme continental** (on prend en compte le géotherme continental puisqu'on étudie la fusion du manteau sous un domaine continental).

**C'est-à-dire que la fusion du manteau devient possible** (secteur grisé).

En résumé, au niveau des zones de subduction, il y a libération d'eau par la plaque plongeante. L'hydratation du manteau qui s'ensuit abaisse le point de fusion des péridotites, qui se mettent donc à fondre partiellement, d'où la présence fréquente de magmatisme associé à ce contexte géodynamique : exemple de la ceinture volcanique ou ceinture de feu du Pacifique. (On voit sur les documents ci-dessus que la plaque plongeante doit atteindre à peu près 100 km de profondeur pour que ce mécanisme ait lieu.)

### *Le manteau est-il seul à fondre dans ce contexte ?*

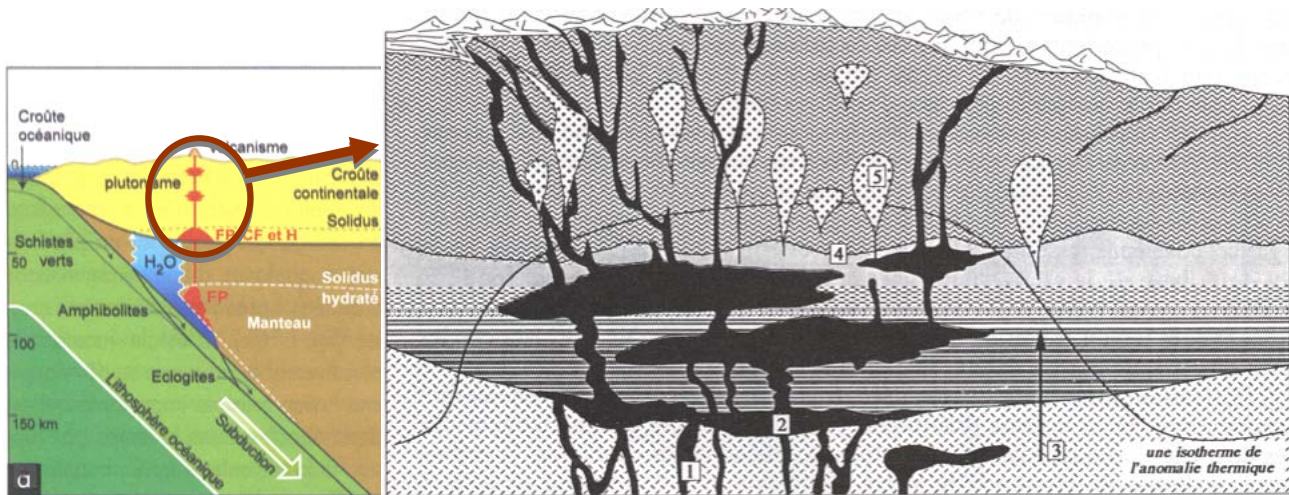
Au cours de la subduction, la plaque plongeante et ses sédiments peuvent-ils fondre également ?

Des travaux expérimentaux ont montré que la plaque qui plonge ne peut pas fondre, sauf cas particulier : notamment quand le contexte de subduction fait que c'est une lithosphère océanique jeune, donc relativement « chaude », qui plonge. C'est le cas au Sud du Chili où entrent dans la subduction la lithosphère océanique et une dorsale ! Ce qui entraîne la fusion possible d'une partie de la plaque plongeante, et la formation de roches volcaniques particulières en surface : **les adakites** (chimisme un peu différent de celui des andésites). En ce qui concerne les sédiments, des marqueurs géochimiques présents dans les magmas produits au niveau des zones de subduction montrent qu'ils participeraient également à la formation du magma.

### *Nature du magma produit/ Contamination*

Les travaux expérimentaux indiquent que la fusion du manteau donne un magma de **composition basaltique**. Dans le cas de la subduction, l'hydratation du manteau, et la participation possible des sédiments font que le magma produit lors de la fusion a une composition basaltique, mais un peu différente de celle du magma produit sous les dorsales.

Une autre particularité du magma formé dans le contexte de subduction est qu'il va avoir tendance, au cours de sa remontée, à **stagner à la base de la croûte de la plaque supérieure** ce qui va avoir un certain nombre de conséquences qu'on peut observer sur les documents ci-dessous :



Détail de ce qui se passe en base de croûte

Quand le magma issu du manteau remonte (1), il rencontre la base de la croûte continentale, où il va avoir tendance à stagner (2). Le **magma mantellique apporte de la chaleur à la croûte continentale environnante** (ou **encaissante**), du fait de sa chaleur propre (1000°C) et de son début de cristallisation (ce processus libère de la chaleur).

On chauffe ainsi les roches encaissantes de la croûte, dont certains morceaux vont être incorporés au sein du liquide mantellique, et vont fondre (la température de fusion de la croûte continentale étant de l'ordre de 700 à 800°C). La fusion de roches de la croûte est nommée **anatexie**. L'apport de matériel de la croûte au sein du magma issu du manteau, quant à lui, est nommé **contamination**. Des études ont montré qu'un magma ne peut guère assimiler **plus de 20% de sa masse** d'encaissant.

(Quand les morceaux de roches de croûte ne fondent pas totalement, on peut alors les retrouver au sein des laves émises par les volcans : on nomme **enclaves** ces morceaux de roches différentes retrouvées dans les roches magmatiques).

La contamination va avoir **une conséquence sur le chimisme du magma mantellique primaire**. Elle va l'enrichir en certains éléments chimiques comme la silice, abondante dans la croûte continentale. Cela peut expliquer que les laves émises au niveau des volcans de subduction sont rarement basaltiques (comme on le verra dans la fiche Cristallisation).