



Chapitre 4

Les zones de subduction et le magmatisme explosif

Introduction :

Les volcans de zone de subduction sont répartis selon des arcs volcaniques, à proximité des fosses océaniques et dans des zones fortement sismiques. Ces volcans se caractérisent par un magmatisme intense (2/3 du volcanisme si on excepte les dorsales) et très dangereux par ses explosions associées à des nuées ardentes (ex : Pinatubo, Mont St Helens, Vésuve et Pompéi). Pourtant, la zone de subduction est caractérisée par l'enfoncement d'une plaque lithosphérique océanique froide sous une autre plaque (continentale ou océanique). Ce contexte ne semble pas propice à la fusion.

Problématique : Quelles sont les roches produites dans les zones de subduction et comment l'enfoncement d'une plaque lithosphérique froide permet-elle la production de magma ?

Plan :

Les roches des zones de subduction (TP6)

La fusion hydratée : un apport d'eau nécessaire (TP6)

L'origine de l'eau par les métagabbros (TP7)

- TP6 - Les roches des zones de subduction
 - Modèle 3D Granite (SketchFab) + lame mince
 - Modèle 3D - Rhyolite (SketchFab) + lame mince
 - Modèle 3D - Diorite (SketchFab) + lame mince
 - Modèle 3D - Andésite (SketchFab) + lame mince
 - Vidéo YouTube Eruption du volcan Honga Tonga (2022)
 - Vidéo YouTube Eruption du Krakatoa (2018)
- Exercice - Le Sinabung
- TP7 - L'origine de la fusion en zone de subduction
 - Lame mince Métagabbro Schiste vert (hornblende)
 - Lame mince Métagabbro Schiste bleu (glaucophane)
 - Lame mince Métagabbro Eclogite
- Exercice : Subduction au niveau du Japon

I- Les roches magmatiques des zones de subduction

1. Des roches volcaniques riches en silice et explosives

Les roches magmatiques volcaniques (RMV) identifiées dans les zones de subduction sont la rhyolite (Quartz, Feldspath, Mica + Pâte : roches claires) et l'andésite (Quartz, Feldspath, Mica + Hornblende + Pâte : roches plutôt sombres). La présence de pâte (roche hémicristalline) et de petits minéraux (roche microlithique) permettent de déduire que le magma a refroidi brutalement en surface.

Ces roches sont riches en silice (>55% SiO₂), ce qui rend les magmas très visqueux (épais) et produit un volcanisme explosif (Pinatubo, Mont Saint Helens, Montagne Pelée ...). Ces explosions sont très dangereuses avec formation d'un panache de cendre et particules de roches très chaudes (1200 °C) qui peuvent ensuite retomber rapidement en nuées ardentes (200 à 600 km/h + onde de choc qui précède à 1000 km/h).

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅
Basalte	44,34	9,93	12,64	12,95	12,4	1,62	1,2	3,48	0,16	0,6
Andésite	55,9	18,1	7,7	4,6	7,6	3,9	0,9	1,0	0,1	0,2

Document 1 - Tableau de composition comparée entre un basalte et un gabbro

2. Les roches plutoniques associées

Ces roches volcaniques sont associées à des roches magmatiques plutoniques (RMP) : le granite (Qz, Fd, Mica) et la diorite (Qz, Fd, Mica, Hb). Ces roches sont grenues et entièrement cristallisées (holocristallines), ce qui permet de déterminer que le refroidissement du magma s'est fait lentement donc en profondeur.

L'andésite est associée à la diorite alors que la rhyolite au granite (GR-DA). Ces roches sont appelées granitoïdes

Structure	Composition Minéralogique		
	Quartz Feldspaths (orthose avec ou sans plagioclases) Biotite	Feldspaths (Plagioclases) Pyroxène et/ou Amphiboles	
Microlithique À l'œil nu : existence de gros cristaux visibles (phénocristaux) dans une pâte non cristallisée (structure hémicristalline) Au microscope : grands cristaux et petits cristaux (microlithes) visibles dans une pâte non cristallisée apparaissant noire en lumière polarisée analysée (structure microlithique)	RHYOLITE	ANDESITE	Refroidissement rapide Roche volcanique d'origine superficielle
Grenue Cristaux visibles à l'œil nu. L'ensemble de la roche est entièrement cristallisé	GRANITE	DIORITE	Refroidissement lent Roche plutonique d'origine profonde
	Magma riche en silice (entre 65 et 75%)	Magma moyennement riche en silice (entre 50 et 60 %)	Vitesse de refroidissement Un refroidissement lent est favorable au développement des cristaux Chimie du magma

Document 2 - Tableau de caractérisation des roches de zones de subduction

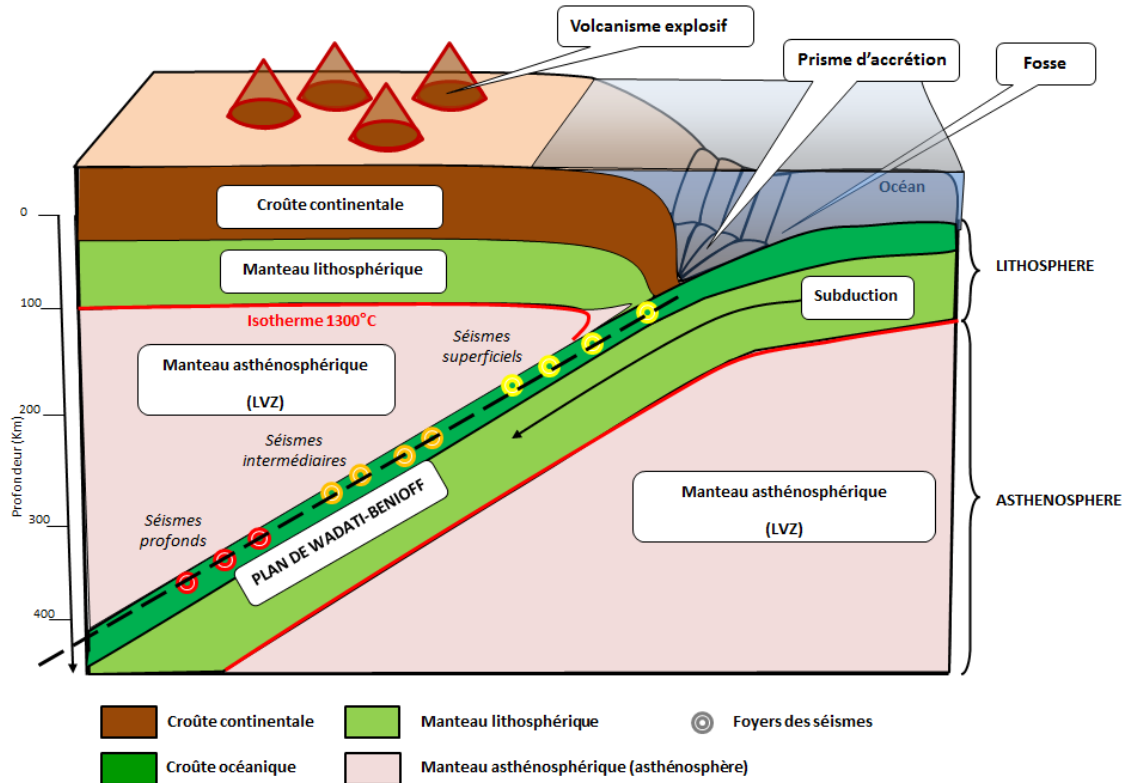
3. L'accrétion continentale

A l'échelle du globe, la production de granitoïdes contribue à produire de la nouvelle croûte continentale. On parle d'accrétion continentale (par opposition à l'accrétion océanique qui a lieu au niveau de la dorsale).

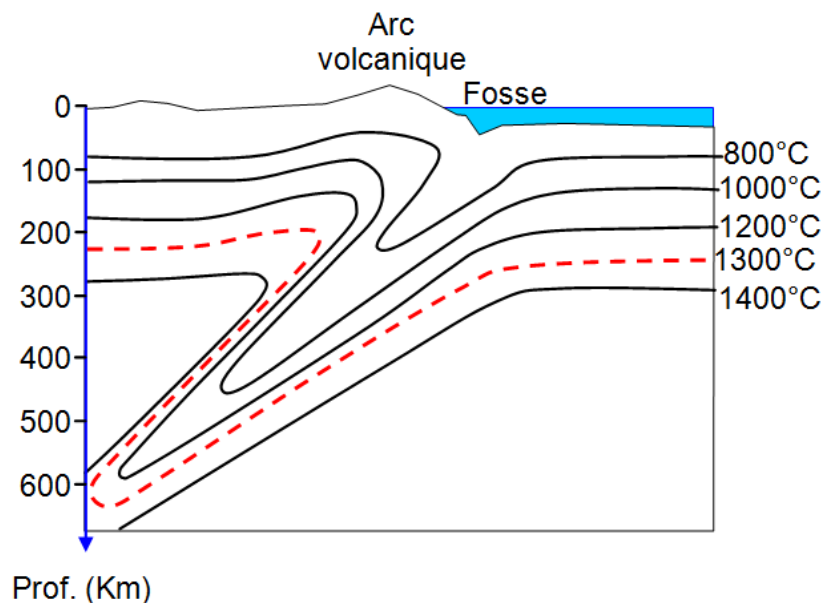
II- L'origine du magma dans les zones de subduction

1. Structure d'une zone de subduction et conditions peu propices à la fusion

Les conditions de pression et de température sont peu propices à la fusion des roches. En effet, la lithosphère océanique plongeante est froide et se réchauffe par conduction (lent). On enregistre donc des anomalies thermiques négatives (zone « froide »). De plus le plongement de la LO induit plutôt une augmentation de profondeur des roches, ce qui est également incompatible avec la fusion.



Document 3 - Schéma simplifié d'une zone de subduction (Schéma M POURCHER)



Document 4 - Profil des anomalies de température dans une zone de subduction

2. Des roches aux minéraux hydratés

La comparaison entre les basaltes de la dorsale océanique et l'andésite des zones de subduction montre que l'ensemble des roches des zones de subduction présentent de nombreux minéraux hydratés comme le mica et l'amphibole. Ceci suggère que la péridotite d'origine ne fond donc pas dans les mêmes conditions dans les zones de subduction et que de l'eau est nécessaire à la fusion.

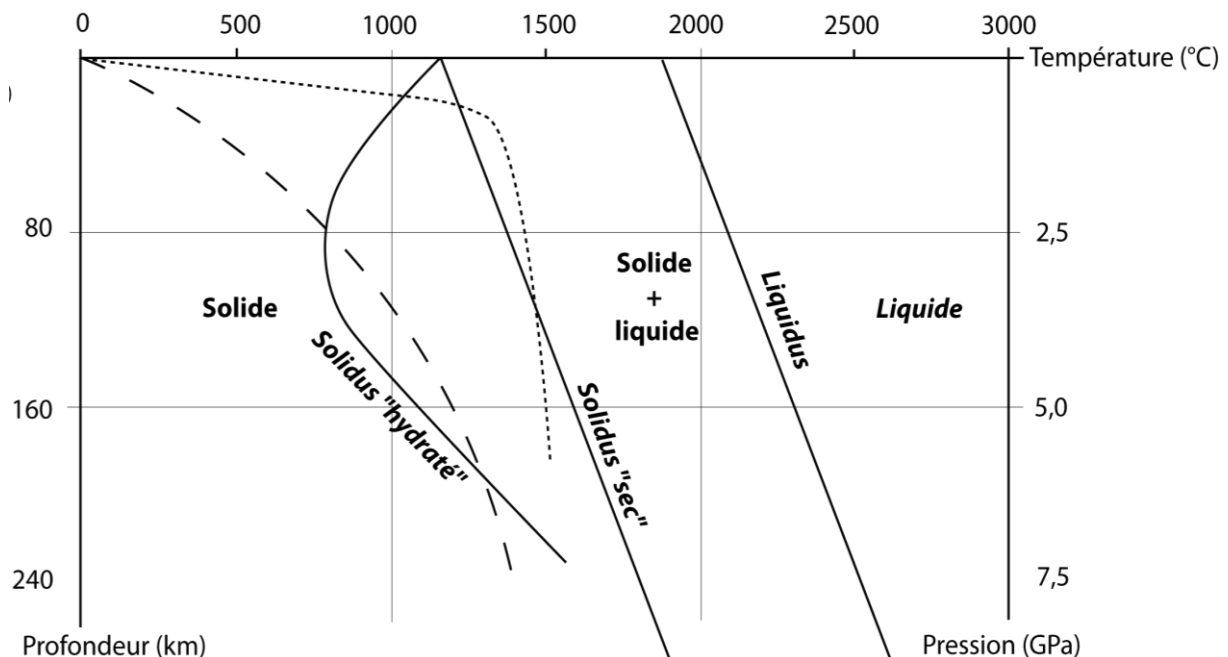
Composition chimique %	Basalte	Andésite	Rhyolite	Diorite	Granite	Péridotites
SiO ₂	50	58,65	73,29	66,1	73,86	44,74
Al ₂ O ₃	15	17,43	13,30	15,73	13,75	0,93
Fe ₂ O ₃	3,9	3,21	0,62	1,38	0,78	6,18
FeO	7,3	3,48	1,08	2,92	1,13	2,44
MgO	7	3,28	0,30	1,74	0,26	44,49
CaO	10,2	6,26	1,13	3,83	0,72	1,17
Na ₂ O	2	3,82	3,66	3,75	3,51	0
K ₂ O	0,3	1,99	4,24	2,73	5,12	0,01
H ₂ O	0	1,06	1,90	0,85	0,47	0

Document 5 - Tableau de composition chimique de quelques roches magmatiques

3. La fusion partielle hydratée

La présence d'eau modifie le solidus de la péridotite qui s'incurve vers des températures plus faibles (env. 1000°C). Or le géotherme de zone de subduction présente une zone plus chaude (c'est en fait le coin de manteau de la plaque chevauchante). Ainsi, la fusion a lieu entre 1000 et 1200°C (100 km de profondeur) à la limite entre ML et MA.

La fusion de la péridotite est partielle et produit un magma andésitique ou rhyolitique, riche en silice. Le magma produit est moins dense que le manteau et va remonter vers la surface.



Document 6 - Diagramme Pression Température (PT) et fusion partielle hydratée de la péridotite

III- L'origine de l'eau permettant la fusion

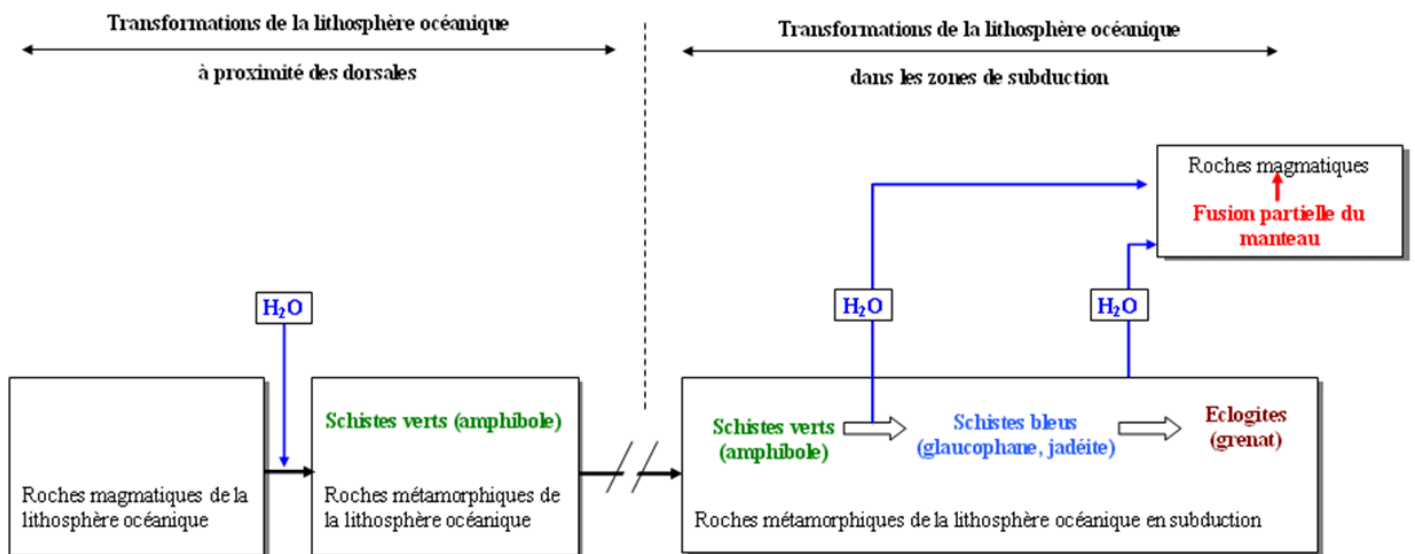
1. L'hydratation des méta-gabbros

Lors de la subduction, le métamorphisme hydrothermal induit, dans un premier temps, la formation des minéraux hydratés (minéraux présentant des groupements hydroxyle OH) des méta-gabbros du faciès amphibolite (hornblende) et du faciès schiste vert (chlorite, actinote et épidote).

2. La déshydratation des méta-gabbros

Puis l'augmentation continue de profondeur et de pression contribue à la formation de minéraux déshydratés (glaucophane des F. Schiste Bleus et Grenat des Eclogites). Ainsi, le métamorphisme HP/BT expulse de l'eau dans le manteau lithosphérique de la plaque chevauchante.

Couplage magmatisme – métamorphisme : Rôle de l'eau



Document 7 - Diagramme montrant l'évolution métamorphique des gabbros de la croûte océanique et les échanges d'eau

3. Variations selon les zones de subduction

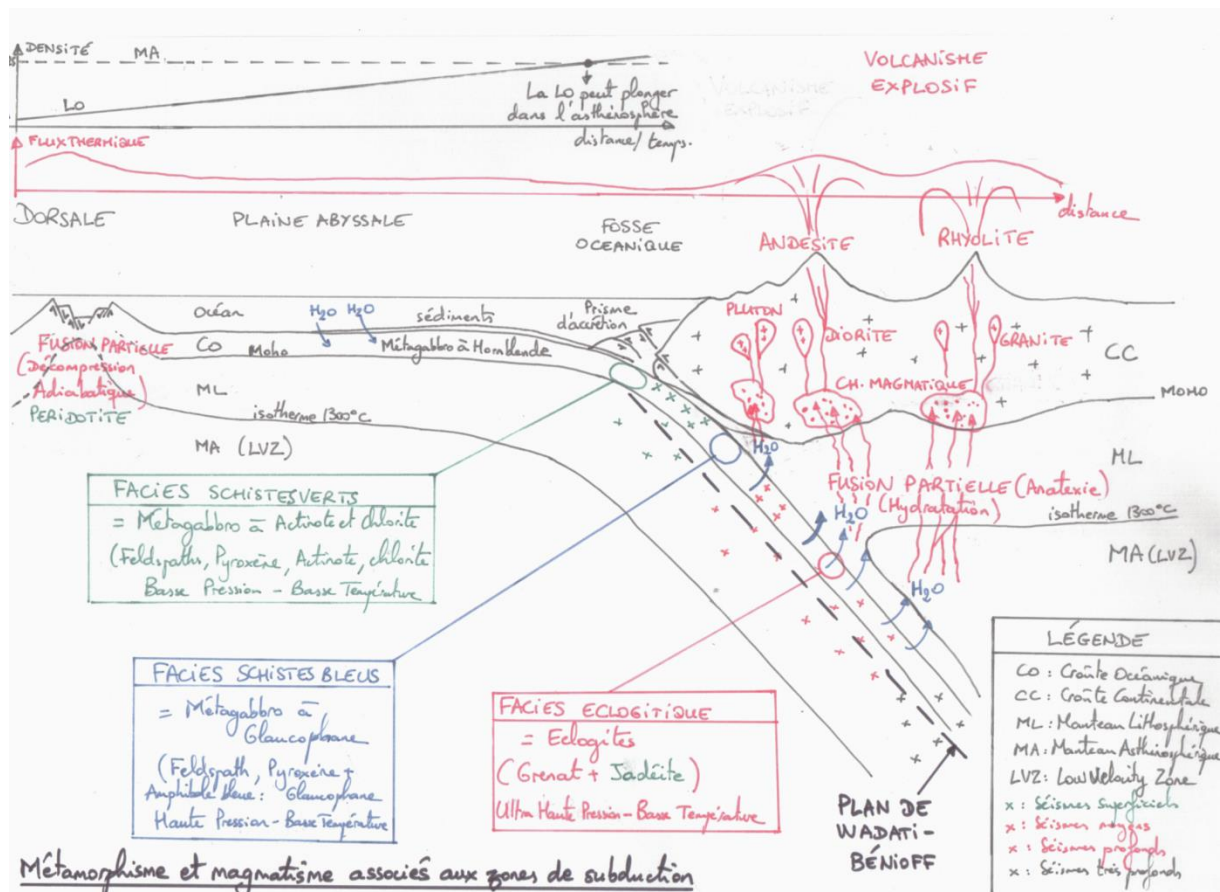
<http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/calco-alcalin-alpes.xml>

La subduction produit habituellement du volcanisme de type explosif, en assez grande quantité. Dans les Alpes, le volcanisme de subduction (andésitique et dacitique) est bien présent même s'il est peu représenté et d'âge Oligocène (30 Ma). Il est possible que le faible magmatisme soit lié à la rupture de la plaque plongeante et à la déstabilisation du manteau.

Le pourcentage de silice permet la différenciation des roches magmatiques (Granite/Rhyolite ou Diorite/Andésite). Ce pourcentage en silice est lié à l'importance de la fusion partielle de la péridotite mais également à la contamination du magma au cours de sa remontée vers la surface. Ainsi, les volcans de subduction océanique sont généralement andésitiques alors que les volcans de subduction remontant dans une croûte continentale sont souvent rhyolitiques.

CONCLUSION :

Ainsi, les magmas produits forment de nouvelles roches (plutoniques et volcaniques) qui proviennent de la fusion des péridotites du manteau. Ceci aboutit ainsi à la création de nouveau matériau continental. C'est l'accrétion continentale. On estime que près de 60 à 70% des granites de la croûte continentale seraient issus du magmatisme de zone de subduction. D'autre part, la production de croûte continentale par magmatisme de zone de subduction et l'érosion sont actuellement relativement équilibrées si bien que le volume de la CC ne varie pas ou très peu.



Document 8 - Schéma bilan des événements métamorphiques et magmatiques des zones de subduction (M POURCHER)

