

Thème 1-B - Le domaine continental et sa dynamique

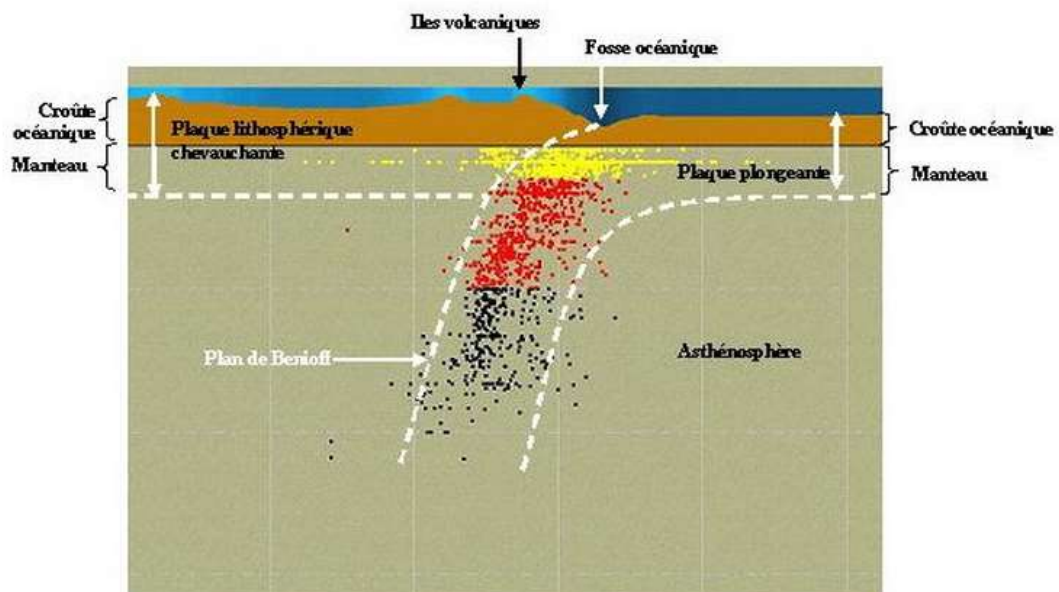
Classe : Terminales S
Durée envisagée : 6 semaines
Nombre de TP : 6

En rouge : Bilans à faire noter aux élèves
En bleu : Activités pratiques
En vert : Problématique et hypothèses

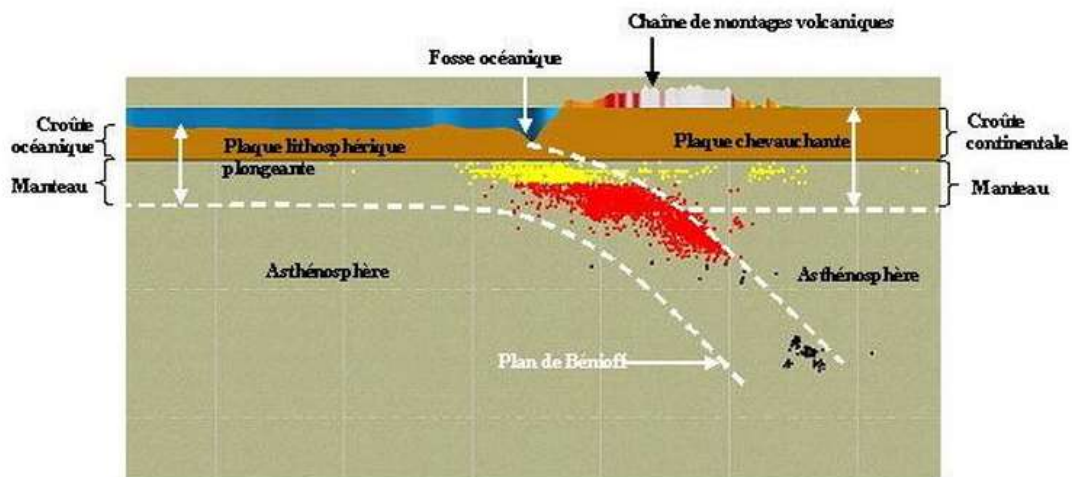
Chapitre 3 - Le magmatisme des zones de subduction

Rappels

Au voisinage des fosses océaniques, on observe une forte activité sismique. La profondeur des foyers sismiques augmente avec la distance à la fosse océanique. Ces foyers sont répartis selon un plan incliné : le plan de Wadati-Benioff. Cette observation permet de déterminer que la lithosphère rigide s'enfonce dans l'asthénosphère ductile au niveau des zones de subduction. Dans ces zones, on constate également la présence de très nombreux volcans « arrière arc » (en arrière de la fosse).



subduction océan-continent



subduction océan-océan.



Dans le monde, de nombreux volcans présentent un alignement caractéristique (points chauds, volcans de subduction). Les volcans alignés à proximité des zones de subduction ou volcans de subduction (ex : Montagne Pelée, Pinatubo, Java, Antilles ...) sont très étudiés car ce sont les plus dangereux. En effet, contrairement aux volcans de point chaud (Hawaï) qui sont de type effusif, il s'agit de volcans andésitiques ou rhyolitiques de type explosifs. Ceux-ci sont formés de roches (magmatiques) volcaniques très visqueuses (richesse en silice) et riches en gaz. Les explosions produites forment de nombreux blocs de tailles très variables, des coulées pyroclastiques et des nuées ardentes.

En quoi le contexte de subduction permet-il la production de magma ? Quels sont les roches produites et pourquoi les volcans de subduction sont-ils explosifs ?

Problématique : Quel est le magmatisme associé aux zones de subduction et comment expliquer qu'il soit associé au plongement d'une lithosphère océanique froide ?

TP4 : Le magmatisme des zones de subduction

Objectifs :

- Observer et caractériser les roches produites au niveau des zones de subduction.
- Comparer le basalte et l'andésite afin de comprendre l'origine de ses roches et de la fusion.

Matériel : roche/microscope/documents p 170/171

Capacités et attitudes :

- Utiliser le microscope polarisant
- Observer à différentes échelles, de l'échantillon macroscopique à la lame mince, les roches mises en place dans un cadre de subduction et comprendre les différences de structures et leurs particularités minéralogiques (abondance en minéraux hydroxylés).
- Recenser, extraire et organiser des informations
- Comprendre que l'hydratation du manteau est à l'origine de sa fusion dans les zones de subduction

I- Le magmatisme des zones de subduction : les roches

1. Des volcans explosifs

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 petit 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).

Pourcentages d'oxydes de ces deux roches volcaniques :

	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

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 A 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

3. L'accrétion continentale

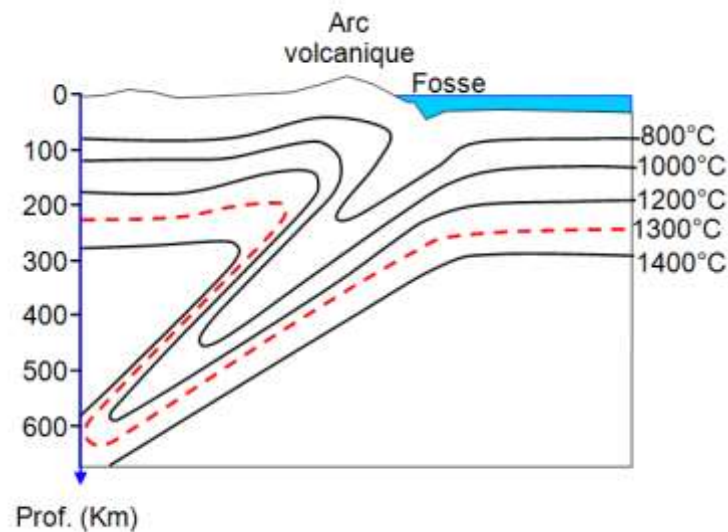
A l'échelle du globe, la production de granitoïdes contribue à produire de la nouvelle croûte continentale. On parle d'accrétion continentale (par opposition à l'accrétion océanique qui a lieu au niveau de la dorsale).

Rq : La production de croûte continentale est également réalisée par la fusion des migmatites et la production de magmas granitiques dans les chaînes de montagnes.

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

1. Des conditions en apparence 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.



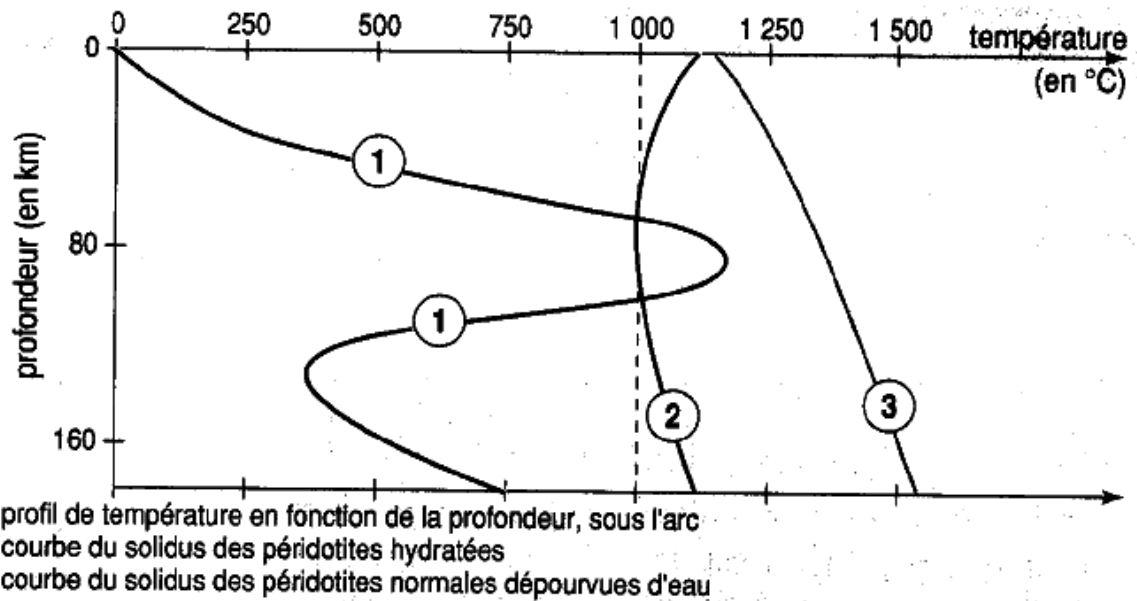
2. Des roches aux minéraux hydratés.

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.

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.



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

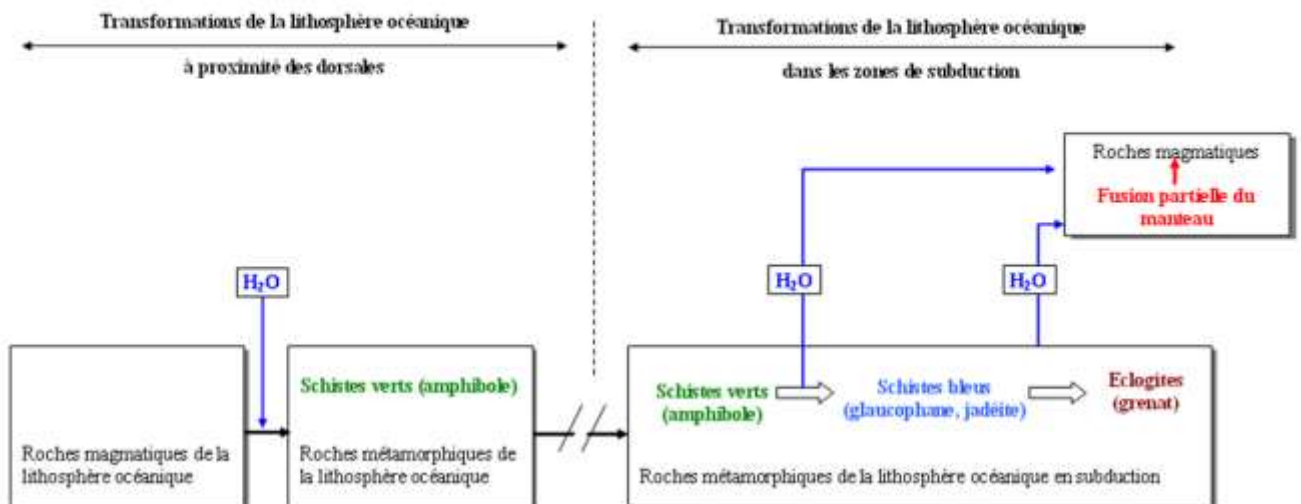
1. L'hydratation des méta-gabbros

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



3. Variations selon les zones de subduction

<http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/calco-alkalin-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 andésitique alors que les volcans de subduction remontant dans une croûte continentale sont souvent rhyolitiques.

Remarque : <http://svt.tice.ac-orleans-tours.fr/php5/publis/faure/faure3.htm>

Des données récentes mettent en évidence la possibilité d'une subduction de la lithosphère continentale. Ce serait en particulier le cas dans l'Himalaya au niveau de laquelle la lithosphère indienne plongerait à plus de 600km de profondeur. Ces éléments restent toutefois à confirmer.

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.

http://svt!gb.fr/terminale_s_enseignement_commun/chapitre_7/chapitre_7.html

RHYOLITE

GRANITE

LN



LPA



ANDESITE

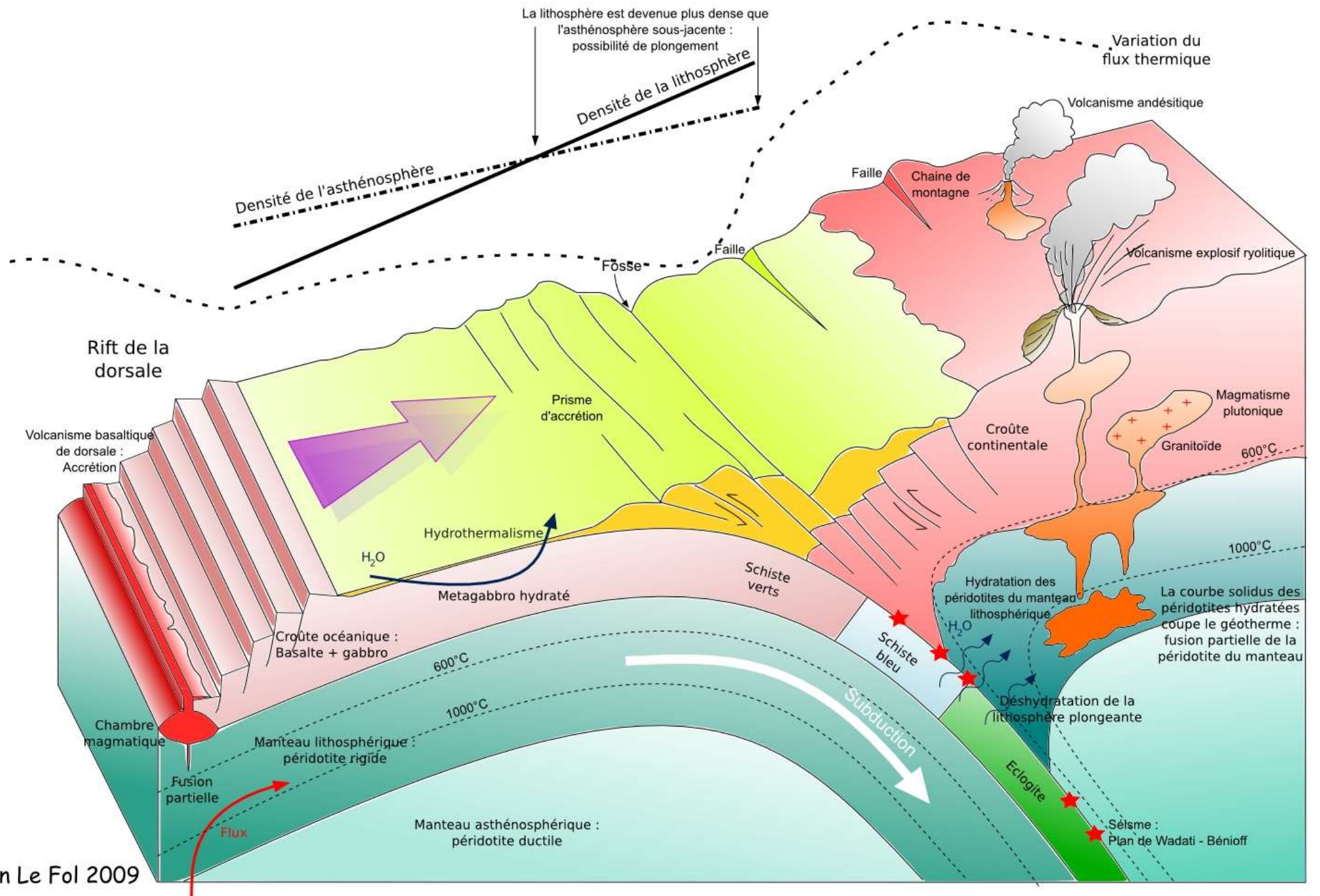
DIORITE

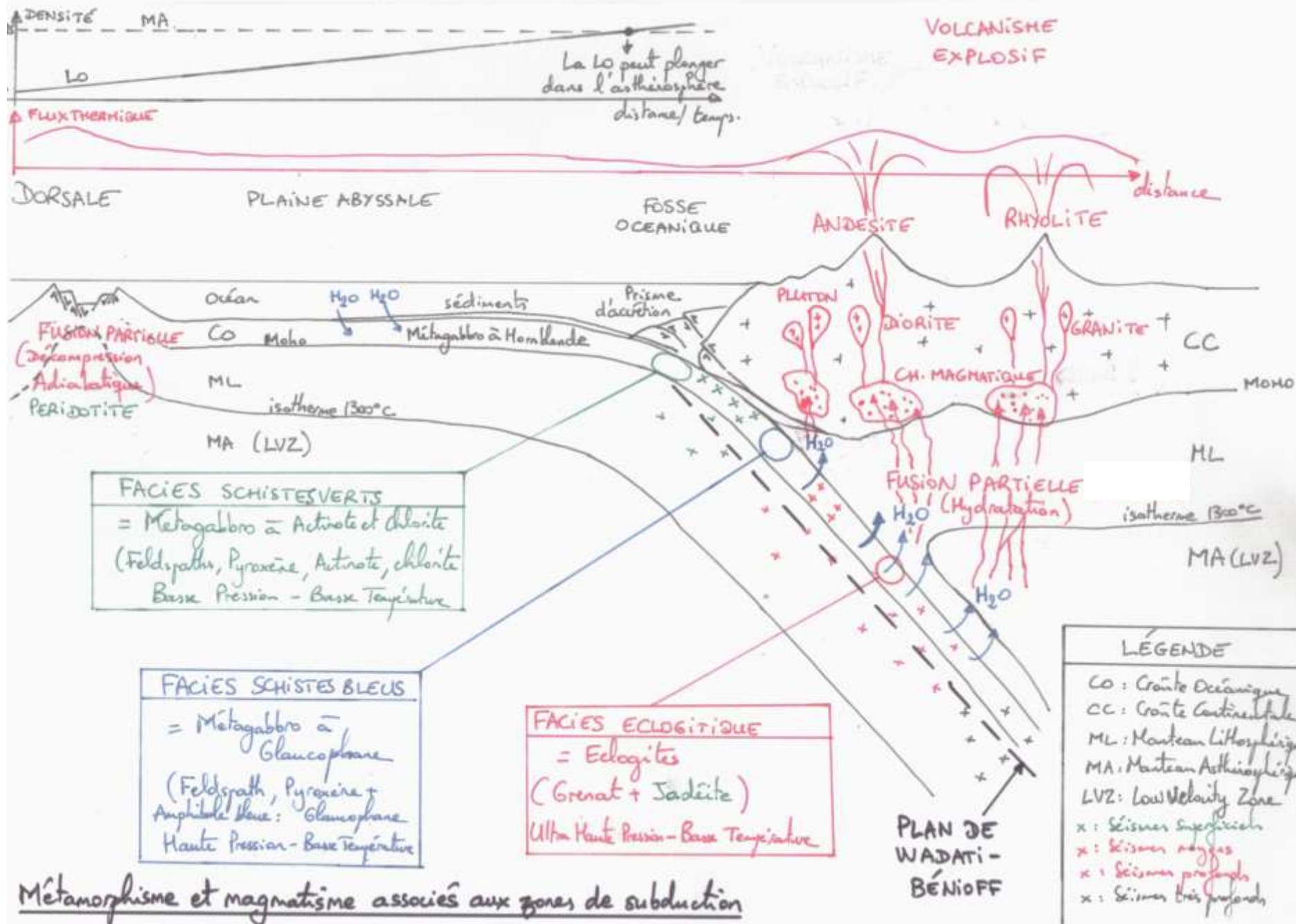
LN



LPA

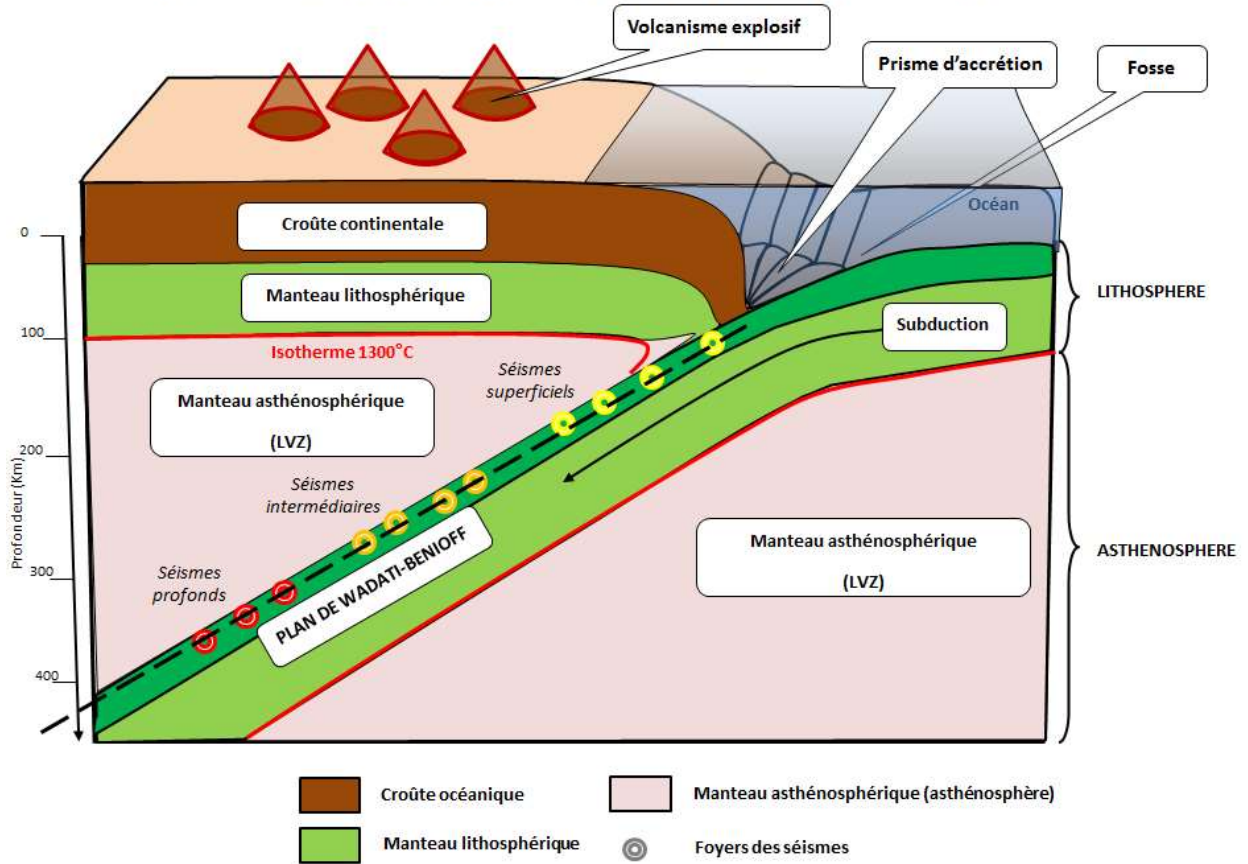




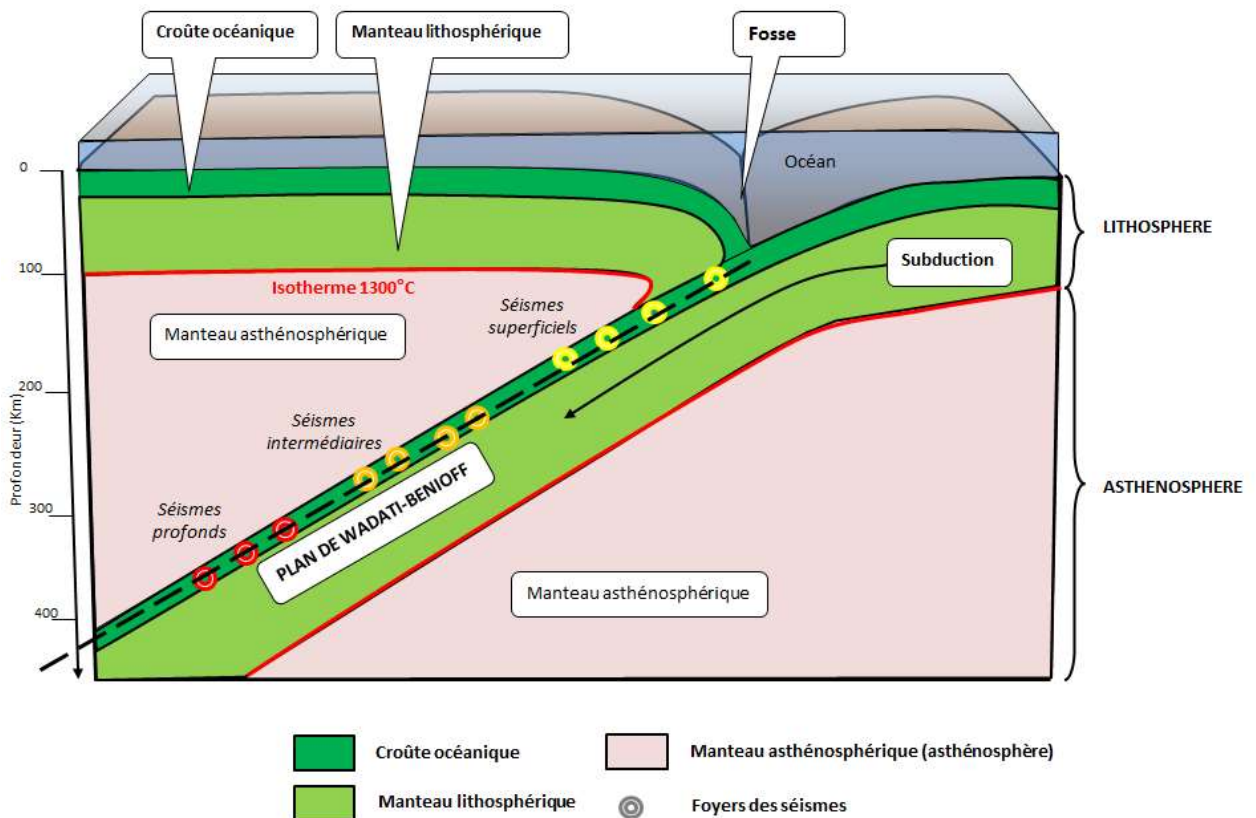


Métamorphisme et magmatisme associés aux zones de subduction

SCHEMA INTERPRETATIF D'UNE ZONE DE SUBDUCTION CONTINENT - OCEAN



SCHEMA INTERPRETATIF D'UNE ZONE DE SUBDUCTION OCEAN - OCEAN



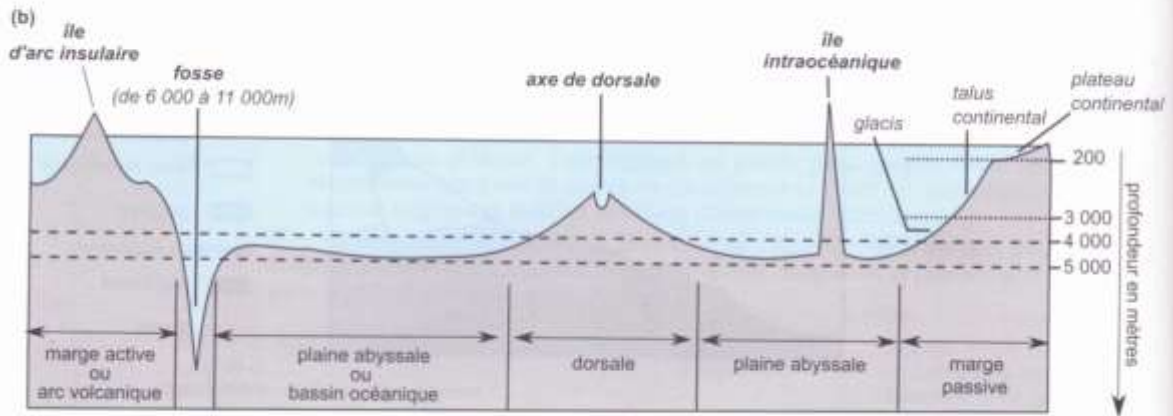
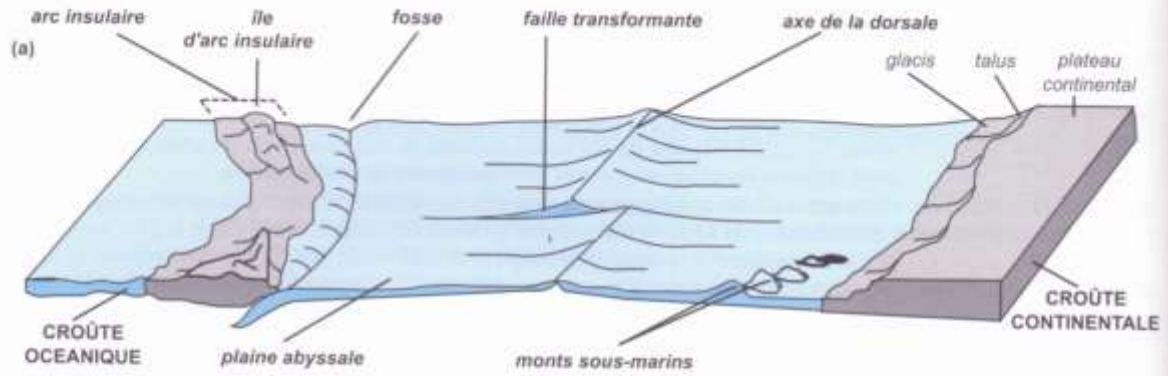


Schéma de la morphologie des fonds océaniques entre l'archipel des petites Antilles et le Sénégal (transect atlantique) et principales caractéristiques des différents secteurs.

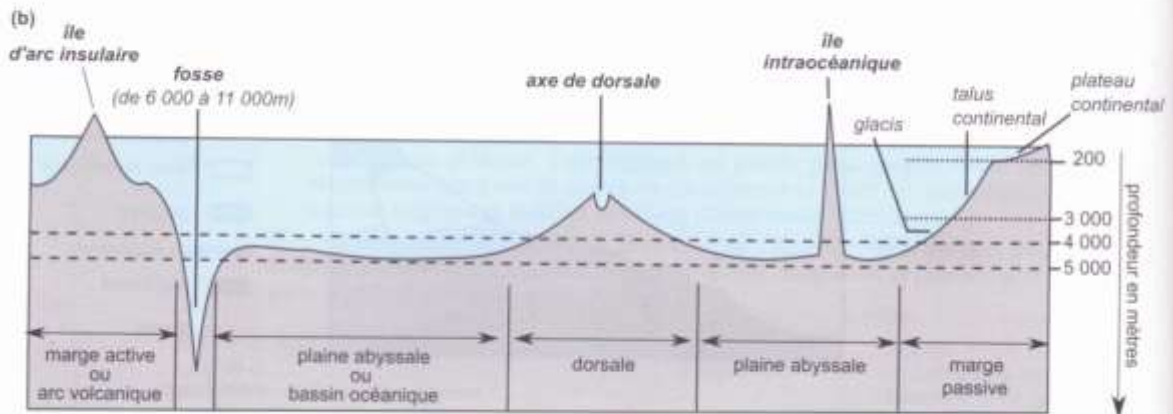
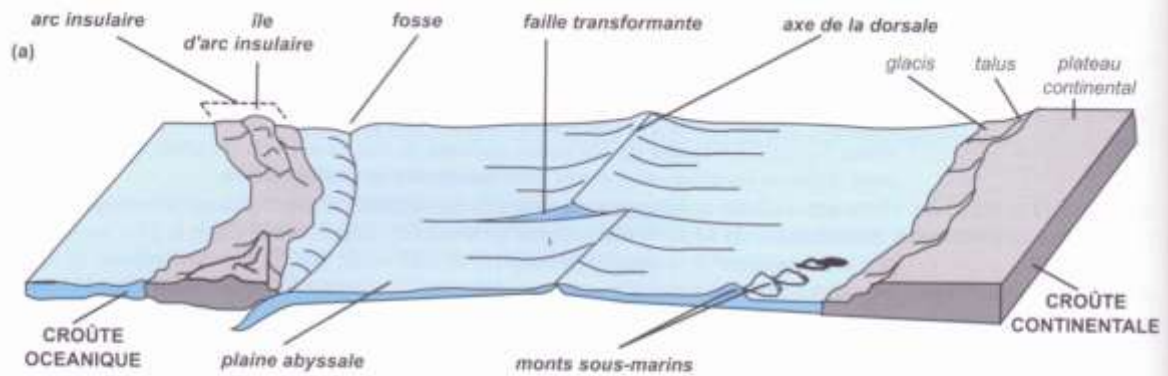


Schéma de la morphologie des fonds océaniques entre l'archipel des petites Antilles et le Sénégal (transect atlantique) et principales caractéristiques des différents secteurs.

Quelques réactions métamorphiques pour comprendre l'origine des roches et minéraux

Formation des gneiss :

- Muscovite + quartz → feldspath potassique + **andalousite** + H₂O

Remarque : **andalousite, disthène, sillimanite** sont des silicates d'alumine de formule générale SiAl₂O₅. Les transformations de ces minéraux sont dépendantes de la pression et la température.

Formation des métagabbros :

- Formation des métagabbros à Hornblende (Faciès Amphibolite / Schistes verts)
 - Plagioclases + Pyroxène + H₂O → Amphibole verte (Hornblende)
- Formation des métagabbros à Chlorite et actinote (Faciès Schistes verts)
 - Plagioclases + Hornblende + H₂O → Chlorite et Actinote
- Formation des métagabbros à Glaucothane (Faciès Schistes bleus)
 - Pyroxène + Plagioclase → Glaucothane + H₂O
 - Actinote + Chlorite + Plagioclase → Glaucothane (amphibole) + H₂O
- Formation des éclogites (Faciès Eclogitique)
 - Plagioclase + Glaucothane → Grenat + Jadéite + H₂O

Formation des péridotite serpentinisée (serpentinite) :

- Olivine + Pyroxène + H₂O → Serpentine
-

Quelques réactions métamorphiques pour comprendre l'origine des roches et minéraux

Formation des gneiss :

- Muscovite + quartz → feldspath potassique + **andalousite** + H₂O

Remarque : **andalousite, disthène, sillimanite** sont des silicates d'alumine de formule générale SiAl₂O₅. Les transformations de ces minéraux sont dépendantes de la pression et la température.

Formation des métagabbros :

- Formation des métagabbros à Hornblende (Faciès Amphibolite / Schistes verts)
 - Plagioclases + Pyroxène + H₂O → Amphibole verte (Hornblende)
- Formation des métagabbros à Chlorite et actinote (Faciès Schistes verts)
 - Plagioclases + Hornblende + H₂O → Chlorite et Actinote
- Formation des métagabbros à Glaucothane (Faciès Schistes bleus)
 - Pyroxène + Plagioclase → Glaucothane + H₂O
 - Actinote + Chlorite + Plagioclase → Glaucothane (amphibole) + H₂O
- Formation des éclogites (Faciès Eclogitique)
 - Plagioclase + Glaucothane → Grenat + Jadéite + H₂O

Formation des péridotite serpentinisée (serpentinite) :

- Olivine + Pyroxène + H₂O → Serpentine