

## Chapitre 3 - dynamique de la croûte continentale.

### I°) La production de nouveaux matériels continentaux dans les zones de subduction.

#### A°) Une activité magmatique dans les zones de subduction

La formation de lithosphère océanique s'effectue par accréation au niveau des dorsales océaniques.

La croûte continentale quant à elle est principalement produite dans les zones de subduction.

Les zones de subduction constituent des marges actives, elles sont marquées par une intense activité sismiques et volcaniques (ex : ceinture de feu du Pacifique).

#### 1°) le volcanisme de type explosif témoin de la formation d'un magma dans les zones de subduction.

Dans les zones de subduction, les volcans sont alignés sur la plaque chevauchante parallèlement à la fosse océanique.

Vidéo éruption Mont St Helens

Les éruptions volcaniques sont violentes et produisent des nuées ardentes très dangereuses (mélange de poussières et de gaz à très haute température, plusieurs centaines de °C) qui se déplacent à grandes vitesses (200 à 600 Km.h<sup>-1</sup>) et de la lave très visqueuse.

La viscosité de la lave est due à sa forte teneur en silice. Du fait de cette viscosité importante, la lave s'accumule et se solidifie dans la cheminée volcanique et forme un bouchon. Les gaz s'accumulent dans la cheminée volcanique (sous le bouchon) et lorsque la pression de ces gaz devient trop importante, la partie supérieure du volcan explose donnant naissance aux nuées ardentes.

#### 2°) Les principales roches magmatiques qui se forment dans les zones de subduction.

Grenue gros cristaux refroidissement lent en profondeur

Volc microlithique brutal en S

Il existe une grande variété de roches magmatiques en zones de subduction

l'andésite est l'équivalent volcanique de la diorite : ces deux roches ont donc la même composition minéralogique : plagioclases, pyroxènes et amphiboles, parfois un peu de biotite. Elles ont une teneur en silice plus faible.

La rhyolithe serait l'équivalent volcanique d'un granite, ces deux roches contiennent du quartz, des feldspaths et des micas (biotite et muscovite), un peu d'amphibole. Elles ont une teneur en silice plus élevée

On appelle granodiorites, toutes les roches plutoniques de composition intermédiaire

On appelle granitoïdes toutes ces roches produites dans les zones de subduction (diorite, granodiorite et même granite).

Ces roches sont riches en minéraux hydroxylés (contiennent groupements OH) comme les micas (biotite et muscovite) et les amphiboles. On peut donc penser qu'elles résultent de la cristallisation d'un magma riche en eau.

#### B°) Origine du magma.

##### 1°) Les conditions de fusion partielle des péridotites mantelliques.

} conditions non réunies dans les zones de subduction

Des études expérimentales menées en laboratoire ont montré que la fusion des péridotites mantelliques est possibles dans 3 situations (*cf graphique P/T, doc1 p 194*) :

- si on augmente la température,
- si on diminue la pression,
- si on hydrate la péridotite

La présence d'eau abaisse la température de fusion commençante de la péridotite.

##### 2°) Origine de l'eau nécessaire à la fusion partielle des péridotites.

La croûte océanique qui subit la subduction est une croûte très hydratée. Au cours de son vieillissement, en s'éloignant de la dorsale, les gabbros et les basaltes fissurés ont été le siège de circulations d'eau de mer qui ont provoqué un métamorphisme hydrothermal : les gabbros sont devenus des métagabbros de type schistes verts avec apparition de nouveaux minéraux très riches en eau comme la chlorite ou l'actinote.

- Lors de la subduction, l'augmentation de la pression provoque un métamorphisme qui transforme les métagabbros du faciès SV en métagabbros à glaucophane du faciès SB puis en éclogite (grenat et jadéite).

Ce métamorphisme s'accompagne d'une déshydratation progressive des métagabbros (car les nouveaux minéraux qui se forment sont de moins en moins riches en eau).

Cette eau libérée dans le manteau de la plaque chevauchante abaisse le solidus des péridotites et permet (entre 100 et 150 Km de profondeur) leur fusion partielle.

Partielle car la péridotite n'est pas un corps pur et seules les parties les plus fragiles fondent, d'où un liquide à la composition différente de celle du solide de départ.

### 3°) Mise en place des roches de la croûte continentale à partir du magma.

Le magma produit en profondeur migre vers la surface.

- si il cristallise lentement (85 % du magma), en profondeur, il donnera naissance aux roches plutoniques (granitoïdes)

- si il parvient en surface lors d'une éruption volcanique, il se solidifiera rapidement et donnera naissance aux roches volcaniques (andésites, rhyolites) car tous les éléments chimiques n'ont pas le temps de s'organiser en structures cristallines.

La composition chimique du magma est modifiée au cours de son trajet dans la plaque chevauchante.

Au cours de sa remontée, le magma subit une cristallisation fractionnée. Les minéraux les plus pauvres en silice cristallisent en premier. Le liquide résiduel est donc de plus en plus riche en silice. C'est la différenciation magmatique.

Par ailleurs, ce magma peut également devenir plus acide (plus riche en silice) par contamination, c'est à dire par apport de silice provenant de la croûte continentale encaissante.

La viscosité de ce magma enrichi en silice augmente, et explique le volcanisme de type explosif caractéristique des zones de subduction.

Cela permet d'expliquer la formation d'une grande variété de roches de composition granitique à partir d'un magma originel de composition basaltique.

Les contextes de subduction sont les principales zones de fabrication de croûte continentale récente (75 à 85 % des granites et granitoïdes produits sur notre planète) : on qualifie cette production **d'accrétion continentale**.

### II°) Les transformations subies par la croûte continentale lors de la formation des chaînes de montagnes.

Déformations : plis, failles et nappes de charriage.

raccourcissement et épaissement : mise en place d'une racine crustale.

transformations pétrographiques :

argiles => micaschistes à chlorite et séricite => micaschiste à grenat => gneiss => migmatite

### III°) La disparition des reliefs.

#### A°) Deux types de chaînes de montagnes.

On distingue 2 grands types de chaînes de montagnes :

- les chaînes de montagnes récentes (ex : Alpes, Pyrénées, Himalaya, ...) : caractérisées par de hauts reliefs et par l'existence d'une racine crustale épaisse. Les roches visibles à l'affleurement sont surtout des roches sédimentaires et des roches formées ou transformées en profondeur.

- les chaînes de montagnes anciennes (ex : massif armoricain, massif central, Vosges, ...) : caractérisées par des reliefs généralement inférieurs à 1000 m et une racine crustale réduite. Les roches qui affleurent sont essentiellement des roches plutoniques et métamorphiques (qui se sont formées en profondeur).

#### B°) Les mécanismes permettant l'aplanissement des reliefs.

##### 1°) Altération des roches.

Il faut quelques dizaines de millions d'années pour aplanir une chaîne de montagnes (cf doc3 p 211).

L'aplanissement des reliefs s'effectue par érosion : altération (modification physique ou chimique) des roches et transports des produits d'altération.

Sous l'effet des facteurs climatiques et biologiques, les roches subissent des modifications physiques (altération physique) ou chimiques (altération chimique).

##### a°) altération physique.

différents phénomènes sont responsables de la désagrégation physique des roches :

l'alternance gel / dégel : Lorsque l'eau pénètre dans les fissures des roches, elle peut provoquer, en gelant, l'éclatement de la roche (en passant de la forme liquide à la forme solide, le volume de l'eau augmente d'environ 10 %),

- les variations brutales de température (tous les minéraux n'ont pas le même coefficient de dilatation) *ex* : *variations de température entre le jour et la nuit => désagrégation de la roches car selon la température, les minéraux n'occupent pas le même volume → surtout dans les zones soumises à de fortes amplitudes thermiques (haute montagne et déserts),*
- l'action des glaciers au cours de leur déplacement qui transforment les roches en matériaux très fins,
- l'action du vent (*effet abrasif (action d'user par frottement) des grains de sable dans les déserts*),
- le développement des racines des végétaux qui agrandissent les fissures dans les roches.

### **b°) altération chimique.**

L'altération chimique : Sous l'effet de l'eau, la structure des minéraux des roches est modifiée et certains éléments chimiques de ces minéraux sont dissous : on parle d'hydrolyse :

*Doc3.p213 : Les ions ne réagissent pas tous de la même façon au phénomène d'hydrolyse. La molécule d'eau se comporte comme un dipôle dont la force d'attraction vis-à-vis d'un ion va déterminer la solubilité de cet ion. Cette force d'attraction dépend du potentiel ionique (c'est-à-dire du rapport entre la charge et le rayon ionique) :*

- *les cations solubles : faible charge mais gros sont attirés par l'eau et forment des éléments solubles qui sont entraînés vers les océans et constitueront des calcaires par exemple.*
- *les cations précipitants : ils sont insolubles et précipitent sous forme d'hydroxydes (ils sont à l'origine des gisements métallifères comme la bauxite)*
- *les oxyanions solubles : ils ont un petit diamètre et une charge élevée. Ils sont solubles et sont entraînés vers les océans où ils se recombinaient avec les cations solubles permettant la formation de carbonates (CaCO<sub>3</sub>, de sulfate (CaSO<sub>4</sub>), de phosphate (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) par exemple)*

### **2°) Transport et sédimentation.**

transport gravitaire et éolien.

Les eaux en mouvement (torrents, fleuves, rivières, ...) transportent les produits de l'altération soit sous forme de particules solides en suspension (sédiments) soit sous forme d'ions en solution.

Selon leur taille, ces produits sont transportés plus ou moins loin dans des bassins sédimentaires continentaux ou océaniques :

- Les sédiments se déposent dans ces bassins et forment, après consolidation, des roches sédimentaires détritiques.
- Les ions dissous sont utilisés par les êtres vivants (pour former leur coquille ou leur squelette) ou précipitent pour former des roches sédimentaires.

*Diapo : la mesure de la charge sédimentaire d'un cours d'eau c'est-à-dire de la masse de sédiments transportés par unité de temps à travers une section transversale. De telles mesures réalisées sur l'isère permet de dresser un bilan d'érosion : 350 tonnes / m<sup>2</sup> et par an soit compte tenu de la superficie du bassin, une érosion totale de 3.73 Mt/an).*

*L'analyse d'échantillons sur de longues périodes permet de dresser d'érosion sur l'ensemble du bassin d'un cours d'eau.*

*Diapo : Les produits d'érosion se déposent finalement dans des bassins sédimentaires (ex : delta du Gange à l'est de l'Inde qui est le plus grand delta du monde)*

### **3°) Les phénomènes tectoniques qui accompagnent l'aplanissement des reliefs.**

#### **a°) Un réajustement (rebond) isostatique.**

*Diapo : Dans le Massif Central, on trouve à l'affleurement des roches datées de 300 MA qui se sont formées en profondeur (10 à 15 Km de profondeur). Comment ces roches qui se sont formées en profondeur peuvent se retrouver en surface ?*

*Diapo : - les roches granitiques formées à la base de la croûte continentale suite à l'épaississement crustal*

- l'érosion => allègement de la masse de la croûte continentale => ce déficit de masse en surface → compensation isostatique en profondeur par remontée de roches mantelliques plus denses (érosion de 100 m => remontée de 80 m de roches donc une diminution du relief de 20 m seulement)

- poursuite de l'érosion et de la remontée des roches mantelliques jusqu'à l'aplanissement total du relief => des roches profondes affleurent en surface dans les massifs.

*Diapo : Au cœur des chaînes de montagnes récentes (Alpes par exemple ici), on observe de très nombreuses failles normales récentes qui témoignent d'une extension (est-ouest dans ce cas) => Lyon s'éloigne de Turin de 0.5 mm/an.*

### **b°) Une tectonique en extension qui favorise l'aplanissement.**

*Diapo : Au cœur des chaînes de montagnes récentes (Alpes par exemple ici), on observe de très nombreuses failles normales récentes qui témoignent d'une extension (est-ouest dans ce cas) => Lyon s'éloigne de Turin de 0.5 mm/an.*

*Diapo : A la fin de la phase de compression, il y a un équilibre entre les forces tectoniques et les forces gravitaires (la croûte épaisse et légère est en équilibre sur le manteau plus dense) → l'érosion perturbe cet équilibre => réajustement isostatique → la compression étant très réduite => effondrement de la chaîne dans sa partie centrale sous l'effet du poids des reliefs.*

**Conclusion : Le recyclage de la croûte continentale.**