

BILAN 18- PRODUCTION DE CROÛTE CONTINENTALE AU NIVEAU DES ZONES DE SUBDUCTION

Les fonds océaniques les plus anciens, situés dans l'Atlantique central, ne dépassent pas **180 à 200 Ma** (millions d'années) alors que les plus anciens continents ont près de **4Ga** (milliards d'années = giga années).

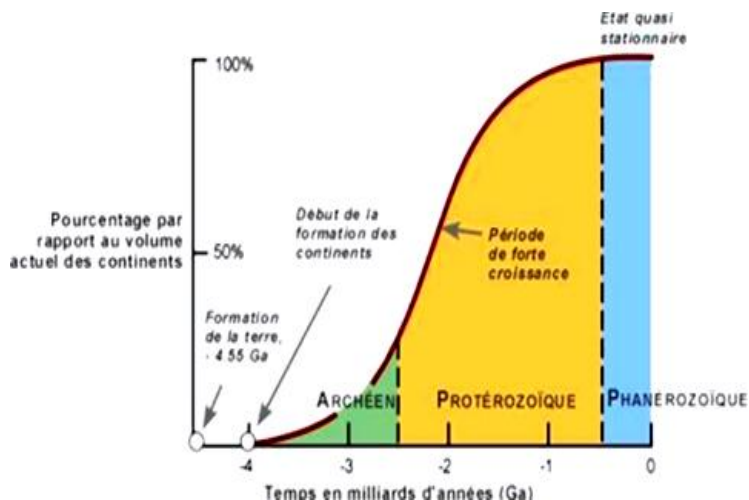
On a vu que la **jeunesse relative des fonds océaniques**, qui se forment au niveau des dorsales, s'explique par leur **disparition inéluctable dans les zones de subduction**, où une lithosphère océanique âgée, devenue plus dense que l'asthénosphère sous-jacente ($d \geq 3.3$), plonge dans le manteau, sous une autre lithosphère continentale ou océanique moins dense (≈ 2.8).

A l'opposé, l'âge des plus anciens continents s'explique par leur **faible densité (2,7/2.88)** qui les empêche de s'enfoncer dans l'Asthénosphère. La formation de croûte continentale -ou **accrétion continentale**- très intense au début des temps géologiques¹, **continue aujourd'hui encore**.

Ceci **explique la permanence des continents** à la surface du Globe malgré l'**érosion** permanente dont ils sont l'objet.

Cependant, le volume de la croûte continentale est actuellement **quasi stationnaire**, car il **se forme autant de croûte continentale qu'il en disparaît du fait de l'érosion**.

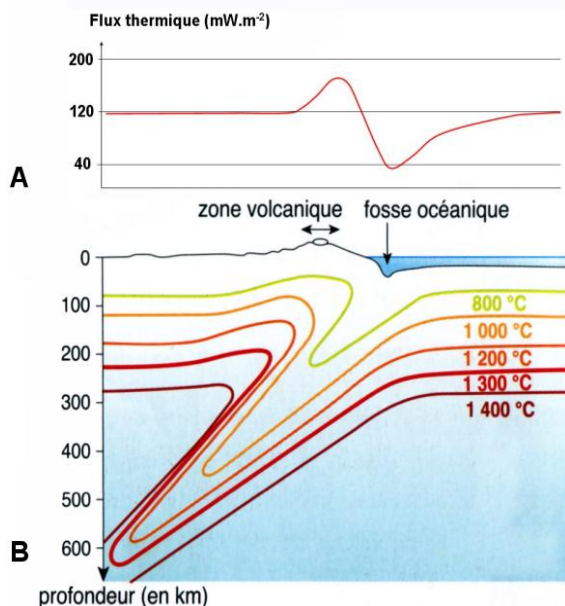
Doc.1- Volume de la croûte continentale depuis 4.6Ga
(comprendre)



Remarque 1 : l'Archéen, a été une période d'intense activité magmatique qui a conduit à la formation des 3/4 du volume de la croûte continentale actuelle (à partir de la fusion de la croûte océanique et non de celle du manteau comme aujourd'hui). Ceci s'explique par un **gradient géothermique** (= température du globe en fonction de la profondeur) beaucoup plus élevé qu'actuellement.

I- LE MAGMATISME EN ZONE DE SUBDUCTION, A L'ORIGINE DE LA CROÛTE CONTINENTALE

La ceinture de feu péripacifique regroupe plus de 75% des volcans **émergés** de la planète, **tous associés à un contexte de subduction**. **Le bord des plaques chevauchantes** est effectivement marqué par une **activité volcanique explosive** au niveau des **arcs volcaniques** qui surplombent les **fosses, lieu de plongement de la plaque**.



Le **magmatisme** à l'origine de cette activité volcanique, est révélé par la mesure de l'énergie thermique dégagée en surface-**flux thermique**-.

On constate en effet l'existence d'un **flux thermique faible** au droit de la fosse et d'un **flux élevé** au dessus de l'arc volcanique (doc.2).

Le flux **thermique élevé**, traduit la **formation de magmas**, alors que le plongement de la **plaque lithosphérique froide** dans l'**asthénosphère**, explique l'**enfoncement des isothermes** et le faible flux thermique mesuré en surface.

Or dans cet environnement relativement froid, les températures sont à priori, insuffisantes pour permettre la fusion des **péridotites anhydres** (-doc.3-). La présence d'eau va donc jouer un rôle primordial, dans le magmatisme à l'origine de l'**accrétion continentale**.

Doc.2-Flux thermiques et isothermes au niveau d'une zone de subduction
(comprendre)

II- L'EAU, UNE CONDITION NECESSAIRE AU MAGMATISME DES ZONES DE SUBDUCTION

La **fusion partielle du manteau** à l'aplomb d'un arc volcanique, a lieu en moyenne vers **100 Km** de profondeur **au dessus** de la plaque subduite.

1-L'eau abaisse le point de fusion de la péridotite

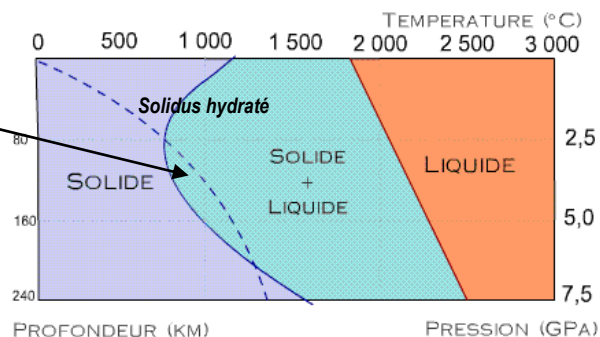
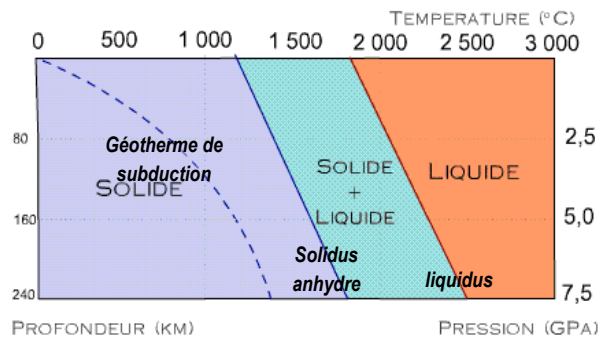
Lorsqu'on superpose le **géotherme**² de la péridotite des zones de subduction au **diagramme PT** établi à partir de la **fusion expérimentale de la péridotite sèche**, il est à gauche du solidus sec dans le **domaine du solide**, ce qui confirme que la température des roches à ce niveau est insuffisante pour assurer leur fusion (doc.3). Ainsi, la péridotite sèche ne peut pas fondre à 100 Km de profondeur, où la température avoisine seulement les **1000°C**.

Ce magmatisme, nécessite donc **l'abaissement du point de fusion de la péridotite**, qui est réalisé grâce à son **hydratation**.

En effet, on constate que le géotherme de la péridotite dans les zones de subduction, recoupe son **solidus hydraté** et passe dans le **domaine de fusion partielle** –à droite du solidus- **entre 80 et 130 Km**.

Quelle est l'**origine de l'eau** nécessaire à cette fusion partielle ?

Remarque2 –Le géotherme de la péridotite des zones de subduction, correspond sa température en fonction de la profondeur dans ces zones.



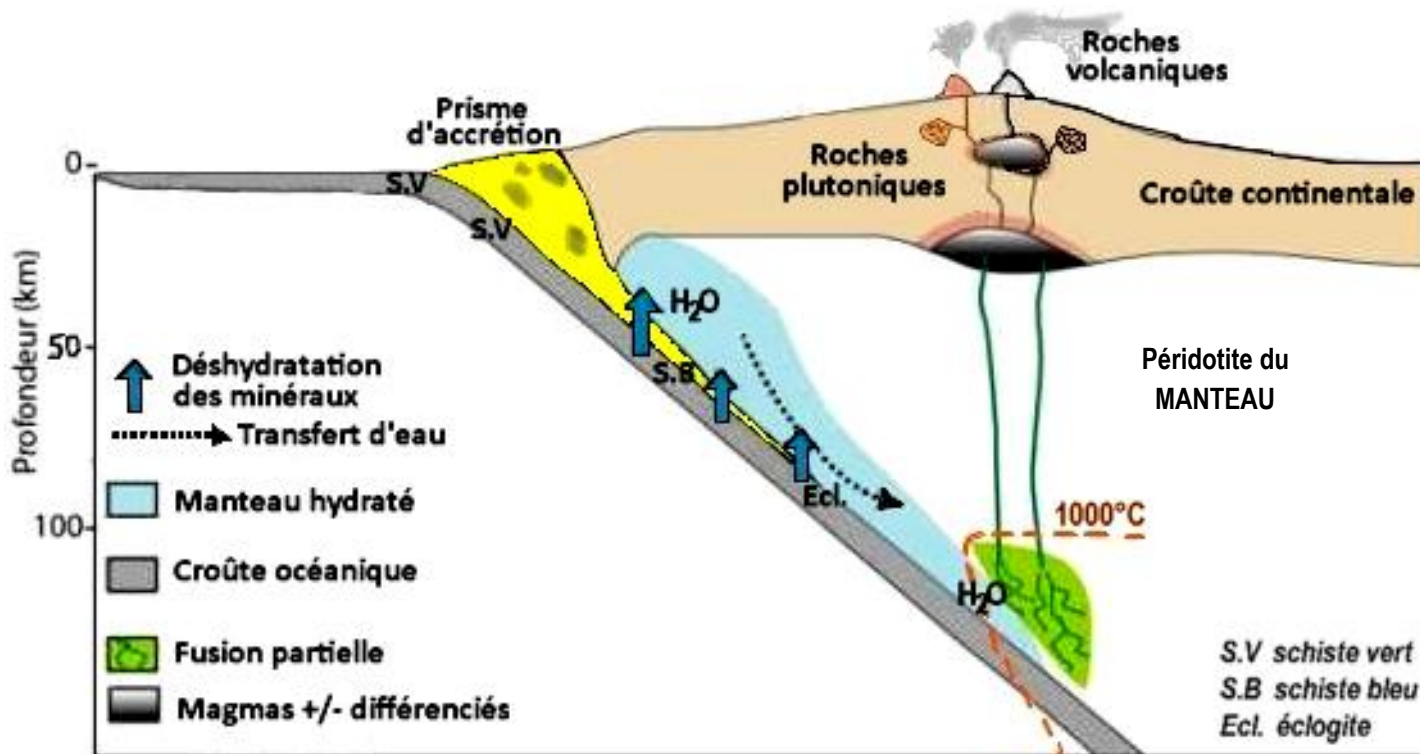
Zone de fusion partielle

Document 3- Les conditions de fusion de la péridotite dans les zones de subduction (comprendre)

2-L'origine de l'eau : le métamorphisme de subduction

Lors de l'expansion océanique, les roches de la lithosphère se refroidissent et s'hydratent en raison d'une intense circulation d'eau. Dans ces nouvelles conditions, des **minéraux hydratés** apparaissent (métamorphisme): amphiboles de type hornblende puis loin de la dorsale, l'association **actinote et chlorite** caractérise les métagabbros dans le faciès des **schistes verts**.

A terme, la lithosphère océanique froide et lourde est **entraînée dans une subduction**. Les basaltes et gabbros hydratés de la croûte, sont soumis à des **pressions croissantes** tout en restant relativement froids et les minéraux hydratés du faciès des schistes verts-, **sortent de leur domaine de stabilité**. En effet, dans ces nouvelles conditions de **très hautes pressions (et basses températures)**, les roches de la plaque plongeante subissent un métamorphisme **de plus en plus poussé**, qui s'accompagne d'une **déshydratation croissante des minéraux**. **L'eau libérée hydrate les roches du manteau au dessus** de la plaque plongeante.



Doc.4-Le magmatisme des zones de subduction (apprendre) (D'après Christian Nicollet, Université Blaise-Pascal, Clermont-Ferrand)

Ce métamorphisme est dit de **basses températures et hautes pressions : BT-HP**. Chacune des associations minérales qui en résulte, est caractéristique d'un domaine pression/température (bilan 17). On trouve successivement :

- ▶ **Le faciès des schistes bleus** : métagabbros à glaucophane et jadéite, minéraux en partie anhydres
- ▶ **Le faciès des Eclogites** : métagabbros à grenat + jadéite (minéraux totalement anhydres).

L'**addition d'eau** dans le manteau au dessus de la plaque subduite, conséquence du métamorphisme de la subduction, **abaisse la température de fusion de la péridotite**. Entre **80 et 130Km**, un magma est produit, moins dense que le manteau qui lui a donné naissance, il migre vers la surface.

III- L'ACCRETION CONTINENTALE DES MARGES ACTIVES

Le produit de la fusion partielle du manteau, est stocké après sa remontée dans **différents réservoirs** à l'intérieur de la croûte, où il peut subir une **différenciation**³ (Voir schéma doc.4).

L'existence de **magmas divers** et des **conditions de refroidissement différentes**, sont responsables de la mise en place d'une **grande variété de roches magmatiques** (Doc.5) qui **accroissent la croûte continentale**.

L'éruption du magma en surface formera des **roches volcaniques** °, sa **crystallisation lente en profondeur**, est à l'origine de **roches plutoniques** que l'érosion finit par mettre à jour.

Ces deux grands types de roches, forment donc **de la nouvelle croûte continentale** : on parle d'**accrétion continentale**.

*Remarque3- La cristallisation lente du magma qui stationne dans les réservoirs, (des milliers d'années), entraîne un enrichissement progressif en silice, du liquide non encore cristallisé (les minéraux riches en silice cristallisent tardivement) et une **différenciation** des magmas de réservoirs proches. Pour cette raison, granite et rhyolite sont-ils issus de magmas plus riches en silice que diorite et andésite.*

1-Volcanisme en surface

Il correspond à l'**émission de laves de type explosif**. Ces laves sont **saturées en silice** et donc **visqueuses et riches en gaz** (car il a du mal à s'échapper).

Les **roches volcaniques** (=éruptives) qui en sont issues, sont des **roches microlitiques riches en verre** (matrice sans cristallisation apparente qui résulte du refroidissement très rapide à la sortie du cratère) et en **microlites** (petits cristaux en baguettes). Ces roches comportent aussi quelques **phénocristaux** gros cristaux formés lentement en profondeur et remontés avec le magma.

On trouve fréquemment associées les deux **roches volcaniques** suivantes:

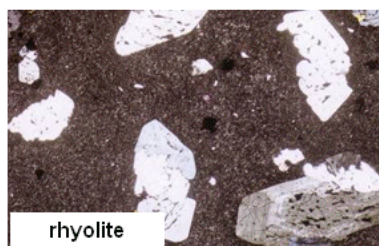
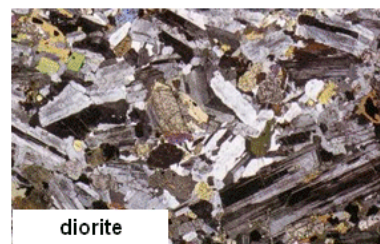
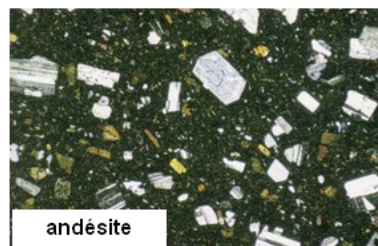
- **Les andésites**, formées majoritairement de **feldspaths plagioclases, pyroxènes et/ou amphiboles** et souvent **biotites** (deux minéraux hydratés)

- **Les rhyolites**, présentent majoritairement des minéraux de **quartz**, des **feldspaths** surtout **orthose** et des **biotites**. **Le quartz est la signature d'un magma très riche en silice**.

2-Plutonisme en profondeur

La **plus grande partie des magmas** cristallise en profondeur formant des massifs, **plutons** de roche **plutoniques de structure grenue** (totalement cristallisées). Ces roches sont de type **granitoïde** comme le **granite** et la **diorite** (ou encore de granodiorites).

La similitude des compositions minéralogiques de la **diorite et de l'andésite**, indique qu'elles sont formées à partir des **mêmes magmas**, seul le mode de refroidissement diffère. Il en est de même pour le **granite et la rhyolite**, la seconde étant, dans les 2 cas, l'**équivalent volcanique** du premier.



Doc.5-Quelques variétés de roches visibles dans la croûte continentale des arcs volcaniques (à connaître et reconnaître)

Dans les zones de subduction comme dans la Cordillère des Andes et toute la ceinture de feu péri-Pacifique, le volcanisme andésitique et le plutonisme granodioritique, sont deux activités responsables d'un apport de matériaux (d'origine mantellique) dans la croûte continentale de la lithosphère chevauchante. Ce magmatisme participe donc à une **accrétion continentale**.