

THEME 1

LE DOMAINE  
CONTINENTAL ET SA  
DYNAMIQUE

# Chapitre 4 – La disparition des reliefs



Pauline Alméras  
2018-2019

## Table des matières

### **CHAPITRE 4 – LA DISPARITION DES RELIEFS**

I – Massifs anciens et massifs récents.....	3
II – Altération et érosion.....	3
A – Observation de l'évolution d'un granite .....	3
B – L'origine de l'altération des roches.....	4
C – L'érosion des roches.....	6
1 – Le transport des particules.....	6
2 – Une quantification de l'érosion.....	7
III – Des phénomènes tectoniques.....	9
A – Un ralentissement de l'aplanissement.....	9
B – L'étirement des chaînes de montagne.....	10
<b>Conclusion : un grand recyclage.....</b>	<b>11</b>

# CHAPITRE 4 – LA DISPARITION DES RELIEFS

Le massif armoricain correspond à une chaîne de montagnes ancienne, les Alpes à une chaîne récente. Les deux massifs ne présentent pas les mêmes caractéristiques : les chaînes de montagne se transforment donc cours du temps. Nous allons voir quelles sont ces transformations et de quoi elles dépendent.

## I – Massifs anciens et massifs récents

**Quelles sont les caractéristiques qui diffèrent entre les massifs jeunes et les massifs anciens ?**

→ Fiche : Comparaison des massifs anciens et récents

Massif	Alpes	Massif central	Massif armoricain
Type	Jeune	Assez ancien	Ancien
Age	Environ 50 Ma	400 à 252 Ma	660 à 540 Ma
Altitude moyenne	2500 m	700 m	100 m
Profondeur moyenne du Moho	35 à 48 km	30 km	30 km
Proportion approximative de roches plutoniques et métamorphiques (granites et granitoïdes)	15 à 20 %	50 à 60 %	+ de 60 %

**Bilan : Les chaînes de montagne anciennes ont des reliefs superficiels moins élevés ainsi qu'une racine crustale moins importante que les massifs récents : ces reliefs tendent donc à disparaître ou à s'aplanir. De plus, dans les massifs anciens, on observe à l'affleurement une très forte proportion de roches formées et/ou transformées en profondeur (roches plutoniques et métamorphiques). Il semble donc qu'il « manque » de la matière en surface dans les massifs anciens.**

Hypothèse : cela pourrait s'expliquer par l'érosion des chaînes de montagne au cours du temps.

## II – Altération et érosion

**Ces phénomènes peuvent-ils expliquer la disparition des reliefs montagneux ?**

A – Observation de l'évolution d'un granite

**TP 7**

Décrire l'évolution d'un granite à partir des échantillons fournis. Quels sont les changements observables ?

On remarque qu'au cours du temps, le granite se modifie : il change de couleur et de consistance : on passe d'une roche cohérente à une roche friable, puis à une perte totale de cohérence (les minéraux sont séparés).

On constate de plus que les minéraux ne réagissent pas tous de la même manière face à l'altération.

Minéraux présents dans un granite sain	Granite altéré	Arène granitique	Granite kaolinisé
Feldspath	Devient plus jaune et friable	Se dégrade de plus en plus	Non reconnaissable
Quartz	Intact	Intact	« usé » : minéraux plus petits et plus arrondis
Biotite	Moins présente	Très peu	Absente
Muscovite	Pas/peu visible	Pas/peu visible	Paillettes

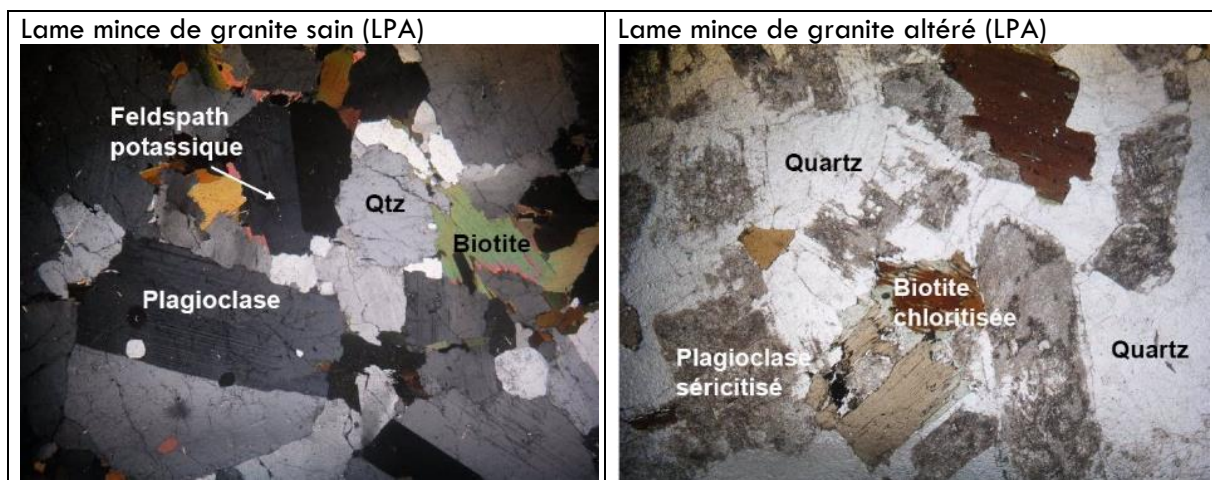
### B – L'origine de l'altération des roches

1 – Une altération par des facteurs physiques : répondre à la question 1 page 213.

Les principaux agents physiques d'érosion sont :

- L'action du gel (éclatement de la roche due à la dilatation de l'eau dans les fentes lors de la formation de gel)
- L'action des glaciers (écrasement et frottement très intense des roches au fond de la vallée glacière)
- L'action des variations de température (ce phénomène est dû au fait que les minéraux d'une roche peuvent avoir un coefficient de dilatation différent)
- L'action des végétaux (acidification du milieu, agrandissement des fissures par les racines)

2 – Altération chimique et modification de la structure des minéraux : répondre à la question 2 page 213 à partir du document 2 et du document suivant :

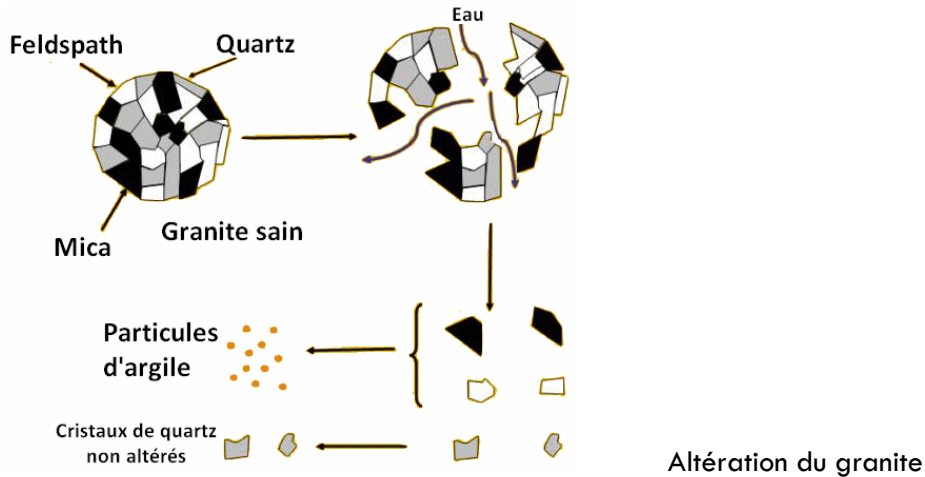


L'hydratation des minéraux peut entraîner leur hydrolyse : leur structure et leur composition est alors modifiée et de nouveaux minéraux se forment.

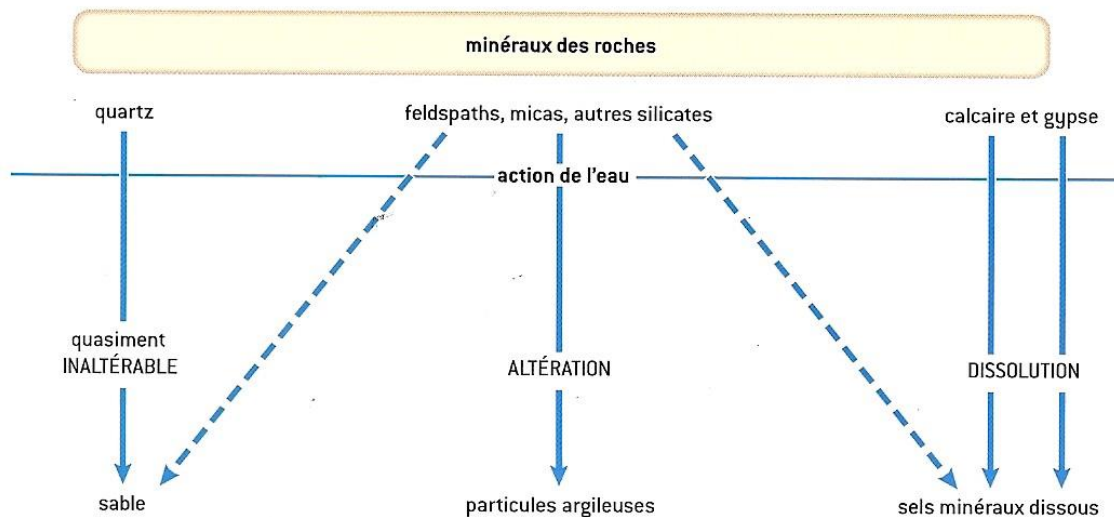
Exemple : muscovite + eau  $\rightarrow$  illite (+  $K^+$  qui est entraîné par l'eau de ruissellement)

Certains éléments chimiques constituant ces minéraux peuvent être lessivés, et les minéraux nouvellement formés peuvent eux aussi être altérés.

3 – Une altération différente des minéraux d'une roche : à l'aide du document suivant et des échantillons présentés au tableau, complétez le schéma en précisant ce que deviennent les minéraux d'une roche altérée (altération sur place).



**Document à compléter : Altération d'une roche : devenir des minéraux**



4 – Altération de roches anciennes et formation de futures roches : répondre à la question 3 page 213.

Certains éléments comme Na, Mg, Ca et K sont présents en plus faible quantité dans l'arène granitique que dans le granite sain. Or on les retrouve dans l'eau de ruissellement. On en déduit que l'eau altère les minéraux des roches tout en séparant les éléments chimiques qui les constituent (cations et oxyanions).

Certains de ces éléments sont solubles : ce sont ceux qu'on retrouve dans l'eau de ruissellement. Ils sont entraînés vers les océans, où ils peuvent alors être à l'origine des calcaires, phosphates, carbonates ou autres roches.

D'autres éléments comme le fer sont insolubles et précipitent à proximité de la roche d'origine. Ils sont à l'origine de gisements métallifères, comme la bauxite.

#### 5 – Le rôle central de l'eau : répondre à la question 4 page 213.

L'eau a un rôle central car c'est à la fois un facteur d'altération physique et chimique. Elle est responsable de l'essentiel de l'altération des roches.

**L'altération des roches dépend de différents facteurs : l'eau, le vent, le climat, la végétation...**

**Parmi ces facteurs, l'eau joue un rôle très important d'un point de vue quantitatif. Elle intervient au niveau physique et chimique.**

**L'altération des roches entraîne leur dégradation et leur perte de cohérence. Exemple : le granite, cohérent et solide, devient un granite altéré friable puis de l'arène granitique et enfin du sable.**

**Les différents minéraux qui constituent les roches ne sont pas affectés de la même façon. Certains minéraux sont pratiquement inaltérables (quartz), d'autres sont altérés et forment de petites particules argileuses. On peut aussi obtenir des ions qui précipitent sur place (ions insolubles) ou sont entraînés vers les océans (ions solubles).**

#### C – *L'érosion des roches*

Une fois les roches altérées, les produits de l'altération sont entraînés plus loin : c'est ce départ de matière qu'on qualifie d'érosion.

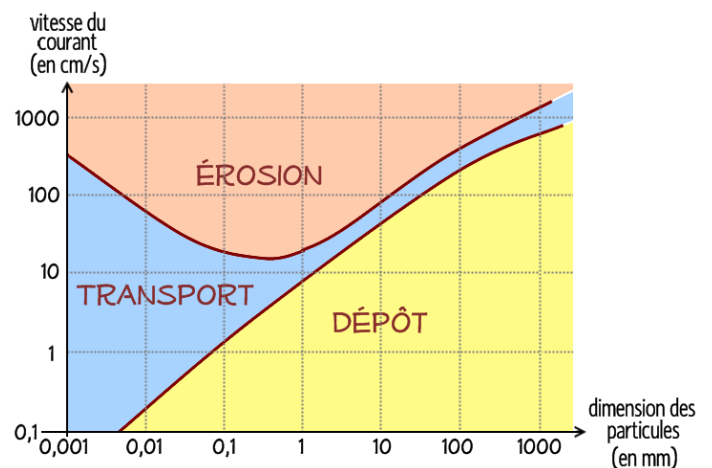
Les produits de l'altération sont transportés sous forme solide (particules) ou soluble (sels minéraux), le plus souvent par l'eau.

#### 1 – Le transport des particules

On constate que les particules se déposent plus ou moins loin de leur lieu d'origine, selon leur taille. Plus on s'éloigne du site d'altération, plus les particules transportées par le fleuve sont fines :

- Les particules les plus fines sont plus légères et peuvent donc être transportées plus loin.
- L'altération et l'érosion se poursuivent dans le fleuve, et les particules deviennent de plus en plus fines au cours de leur transport.

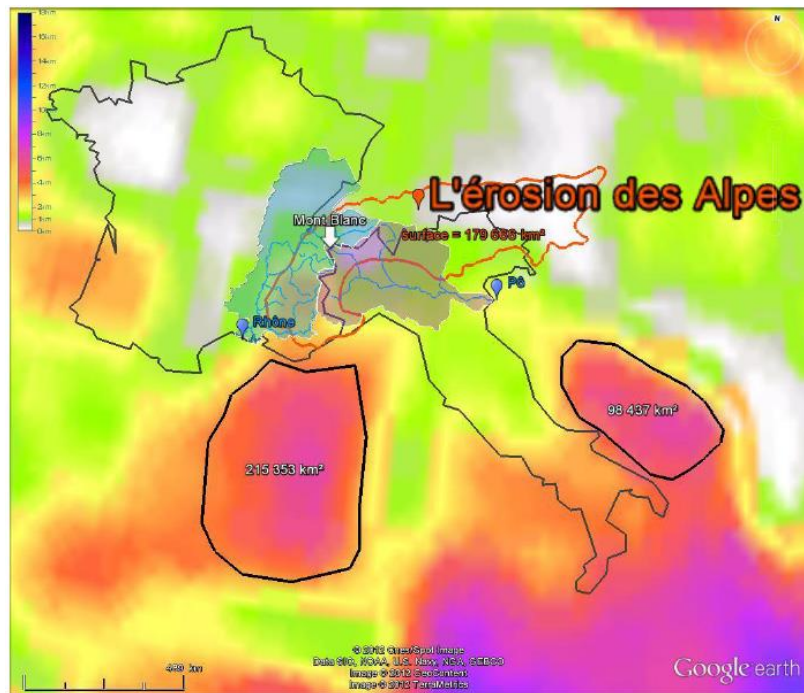
Le transport, l'érosion ou la sédimentation des particules dépend de leur taille ainsi que de la vitesse du courant.



Lorsque les particules se déposent, on dit qu'elles sédimentent. Après enfouissement et déshydratation elles peuvent former de nouvelles roches dites sédimentaires (diagenèse).

## 2 – Une quantification de l'érosion

La carte ci-dessous présente les 2 bassins méditerranéens où se déposent les sédiments détritiques provenant des Alpes. L'épaisseur moyenne de ces sédiments est de 5 km.



1. A l'aide des données présentes sur la carte, calculer le volume total de sédiments détritiques présents dans les 2 bassins sédimentaires du Rhône et du Pô en Km<sup>3</sup>

$$(215\,353 + 98\,437) \times 5 = 1\,568\,950 \text{ Km}^3$$

2. Calculer l'épaisseur de roches enlevées aux Alpes en km

Les Alpes ont une surface de 179 655 Km<sup>2</sup>

$$1\,568\,950 / 179\,655 = 8,73.. \text{ Km} = 8\,732\,312,7 \text{ mm}$$

3. Sachant que l'érosion des Alpes a commencé dès le début de leur formation, il y a 50 Ma, calculer une vitesse moyenne d'érosion des Alpes en mm/an.

$$8\,732\,312,7 / 50\,000\,000 = 0,1746 \text{ mm/an}$$

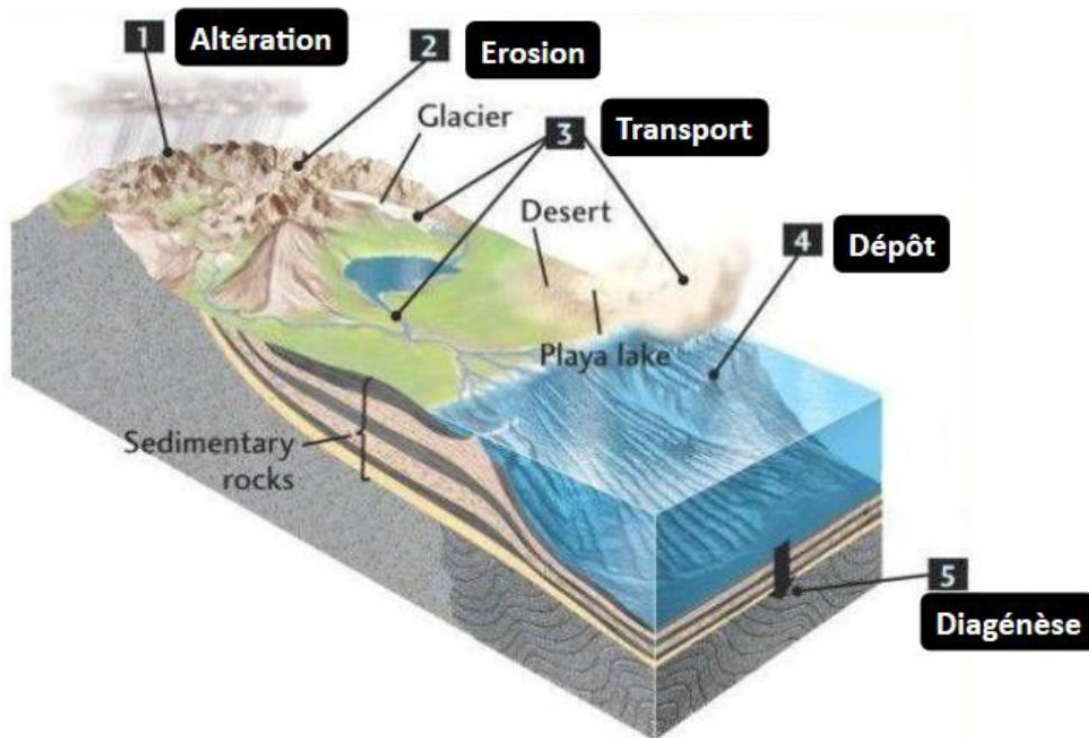
4. On estime que cette valeur sous-estime l'érosion réelle. Pourquoi ?

Une partie de la matière enlevée n'atteint pas le delta du fleuve.

L'accumulation de sédiments au niveau du delta des fleuves permet d'estimer l'érosion des chaînes de montagne. Toutefois une partie des sédiments se dépose en domaine continental : ces volumes sont donc sous-estimés.

**Bilan : L'altération des roches (essentiellement due à l'eau), puis l'érosion et le transport des particules, sont quantitativement importantes. Ces phénomènes expliquent en partie la disparition du relief des chaînes de montagnes.**

Les particules arrachées sédimentent puis, après transformation (compaction et déshydratation), entraînent la formation de nouvelles roches sédimentaires.



Toutefois ces phénomènes ne permettent pas d'expliquer toutes les différences constatées entre montagnes anciennes et montagnes jeunes, comme la disparition de la racine crustale.



### III – Des phénomènes tectoniques

#### A – Un ralentissement de l'aplanissement

Nous avons vu que l'altération et l'érosion ont été responsables, depuis 50 Ma, de la suppression de presque 9 km d'épaisseur de roches sur toute la surface des Alpes. Or les Alpes n'ont jamais fait 13km de haut...

#### Comment est-ce possible ?

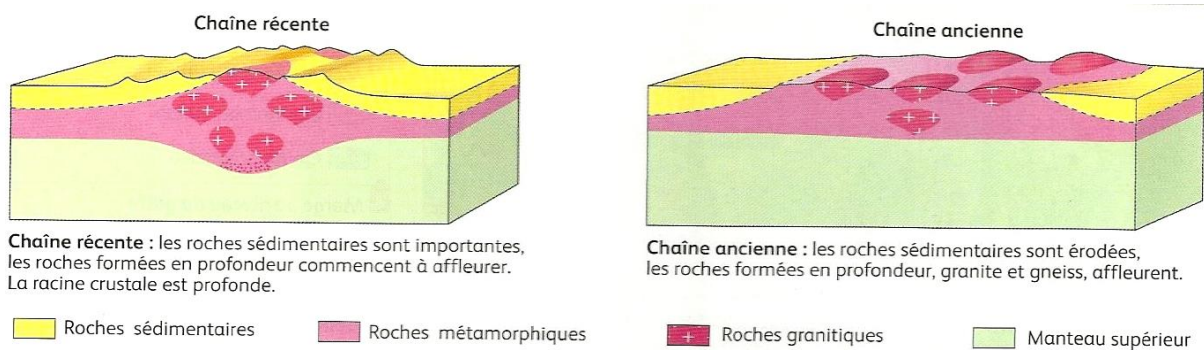
Proposer une hypothèse, et éventuellement une façon de la tester.

- Phénomène isostatique
- Erosion qui commence dès que la montagne se forme + poursuite de la convergence

Toutes ces hypothèses sont exactes.

On peut modéliser l'effet de l'érosion à l'aide d'une maquette ou d'un logiciel.

L'érosion entraîne la suppression d'une masse de roche en surface, ce qui provoque la rupture de l'équilibre isostatique. La lithosphère continentale ainsi « allégée » remonte : on parle de **rebond isostatique**.



Ajouter flèche : rebond isostatique

Remplacer manteau supérieur par manteau lithosphérique

Récente : peu de granitoïdes

Ancienne : nombreux granitoïdes à l'affleurement

Suite à l'érosion combinée au rebond isostatique, les roches plutoniques et métamorphiques qui se sont formées en profondeur parviennent massivement à la surface. On parle d'**exhumation** de ces roches.

**Le rebond explique la « disparition » progressive de la racine crustale.** Dans la pratique elle ne disparaît pas réellement, elle remonte !

Remarque : les écarts de densité à l'intérieur du globe font que le rebond est important : la majeure partie de l'épaisseur enlevée par érosion est compensée par le rebond isostatique (4/5) -> pour 1000m d'érosion en surface, rebond de 800m : baisse de hauteur effective = 200m seulement.

## *B – L'étirement des chaînes de montagne*

Observation du document 1 page 219 : repérer une « curiosité » et formuler une problématique.

Les chaînes de montagne se mettent en place dans un contexte de convergence. Pourtant on peut y voir des failles normales, en principe associées à un contexte de divergence.

Comment expliquer la présence de failles normales récentes dans les Alpes ?

→ Documents du livre page 219 + données équivalentes dans l'Himalaya avec Google Earth

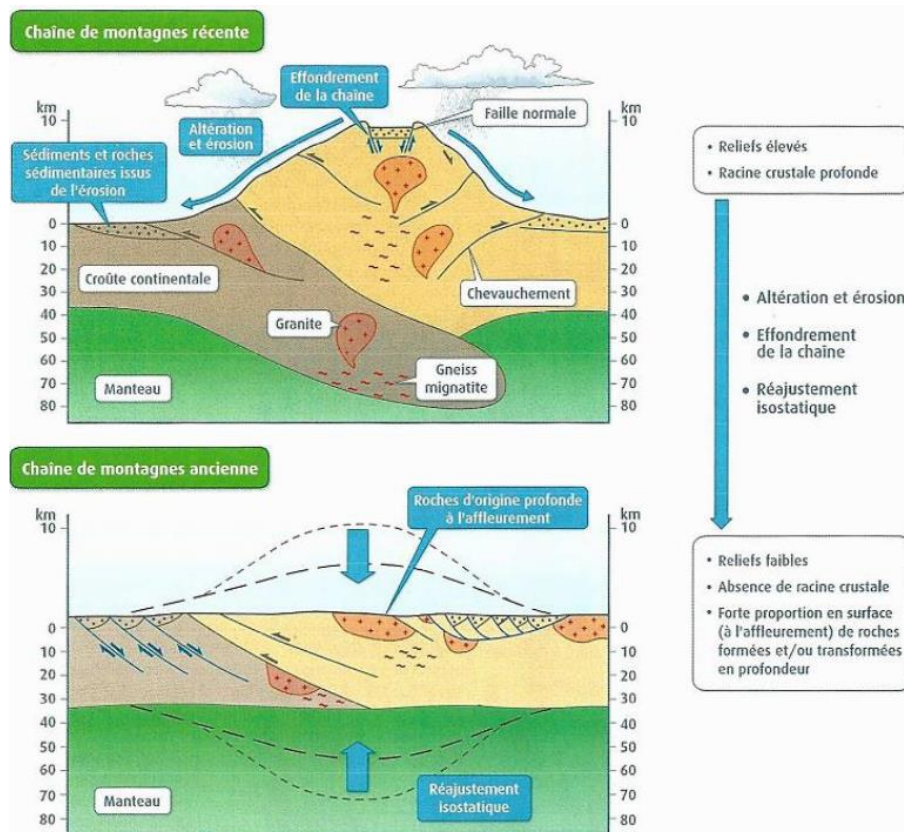
On remarque que les failles normales se mettent en place avec une orientation différente des failles inverses.

Vers la fin de la phase active de la collision, l'équilibre entre les forces compressives, la forte gravité (due à un excès de masse) et l'érosion est précaire. Les contraintes de compression deviennent moins fortes, ce qui perturbe le système. La région centrale commence donc à s'effondrer sous l'effet du poids des reliefs. On parle **d'effondrement gravitaire**.

Ce phénomène contribue à l'aplanissement des reliefs des chaînes de montagne.

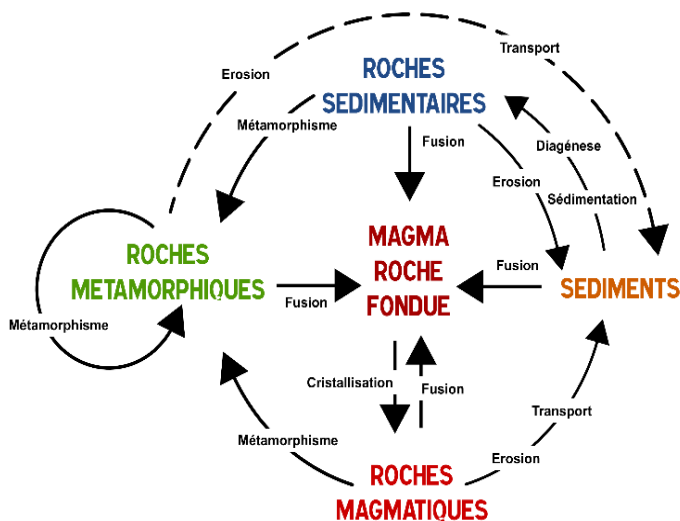
## Conclusion : un grand recyclage...

Les reliefs terrestres tels que les chaînes de montagnes sont des systèmes dynamiques et instables, qui tendent à disparaître dès qu'ils se forment.



L'aplanissement des reliefs passe par des phénomènes tectoniques ainsi que par une forte érosion. Cette dernière entraîne la production d'un grand volume de roches sédimentaires, qui interviendront elles-mêmes plus tard dans d'autres phénomènes géologiques. La croûte continentale est ainsi recyclée en permanence.

Voir schéma page 229.



Passer les flèches en couleur pour réviser :

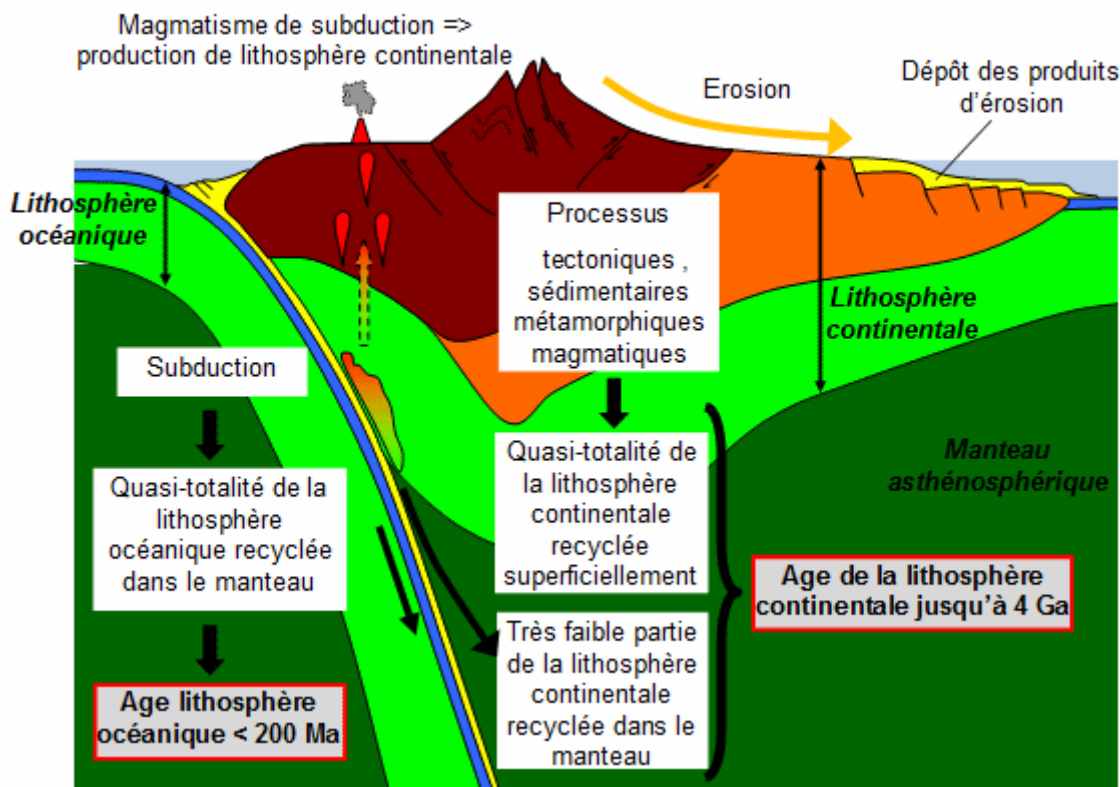
Rouge pour la fusion  
Jaune pour l'érosion  
Vert pour le métamorphisme

Attention : la fusion est toujours **partielle**, jamais totale.

*Le recyclage des roches de la croûte continentale en surface*

Les mécanismes de recyclage de la croûte continentale et de la croûte océanique sont donc très différents :

**Document :** Le recyclage de la lithosphère océanique et de la lithosphère continentale.



Repasser en bleu ce qui concerne la croûte océanique, en rouge ce qui concerne la croûte continentale.

- **La quasi-totalité de la croûte océanique est recyclée dans le manteau, au niveau des zones de subduction.**
- **L'essentiel de la croûte continentale est recyclée en surface et met en jeu des mécanismes divers comme la tectonique, l'érosion, la sédimentation, le magmatisme et le métamorphisme.**

**Remarque :** une très faible proportion de la croûte continentale peut être recyclée dans le manteau, lors de la subduction continentale.