

# Les traces du passé mouvementé de la Terre

Cours

## Sommaire

### I Des domaines continentaux révélant des âges variés

- A L'âge des roches continentales
- B Les traces de chaînes de montagnes

### II La recherche d'océans disparus

- A Les ophiolites
- B L'origine des ophiolites

### III Les marques de la fragmentation continentale et de l'ouverture océanique

- A Les marges passives
- B Les rifts continentaux

### IV Les cycles orogéniques

#### RÉSUMÉ

L'étude des roches et des structures continentales permet de reconstituer l'histoire géologique de la Terre. Le domaine continental est caractérisé par des roches d'âges variés. La présence de roches de la lithosphère océanique dans les chaînes de montagnes révèle que des océans ont disparu lors d'orogénèses. Les rifts continentaux et les marges passives sont les marques de la fragmentation des continents et de l'ouverture d'océans. Ces traces témoignent d'une histoire tectonique mouvementée, marquée par une succession de cycles orogéniques au cours desquels la paléogéographie de la Terre a évolué.

## I Des domaines continentaux révélant des âges variés

La datation des roches continentales révèle des roches d'âges variés dont les plus anciennes remontent presque à la formation de la Terre. En plus des chaînes de montagnes actuelles, la surface des continents porte les traces d'anciennes chaînes de montagnes, d'âges différents, indiquant une succession de cycles orogéniques au cours de l'histoire de la Terre.

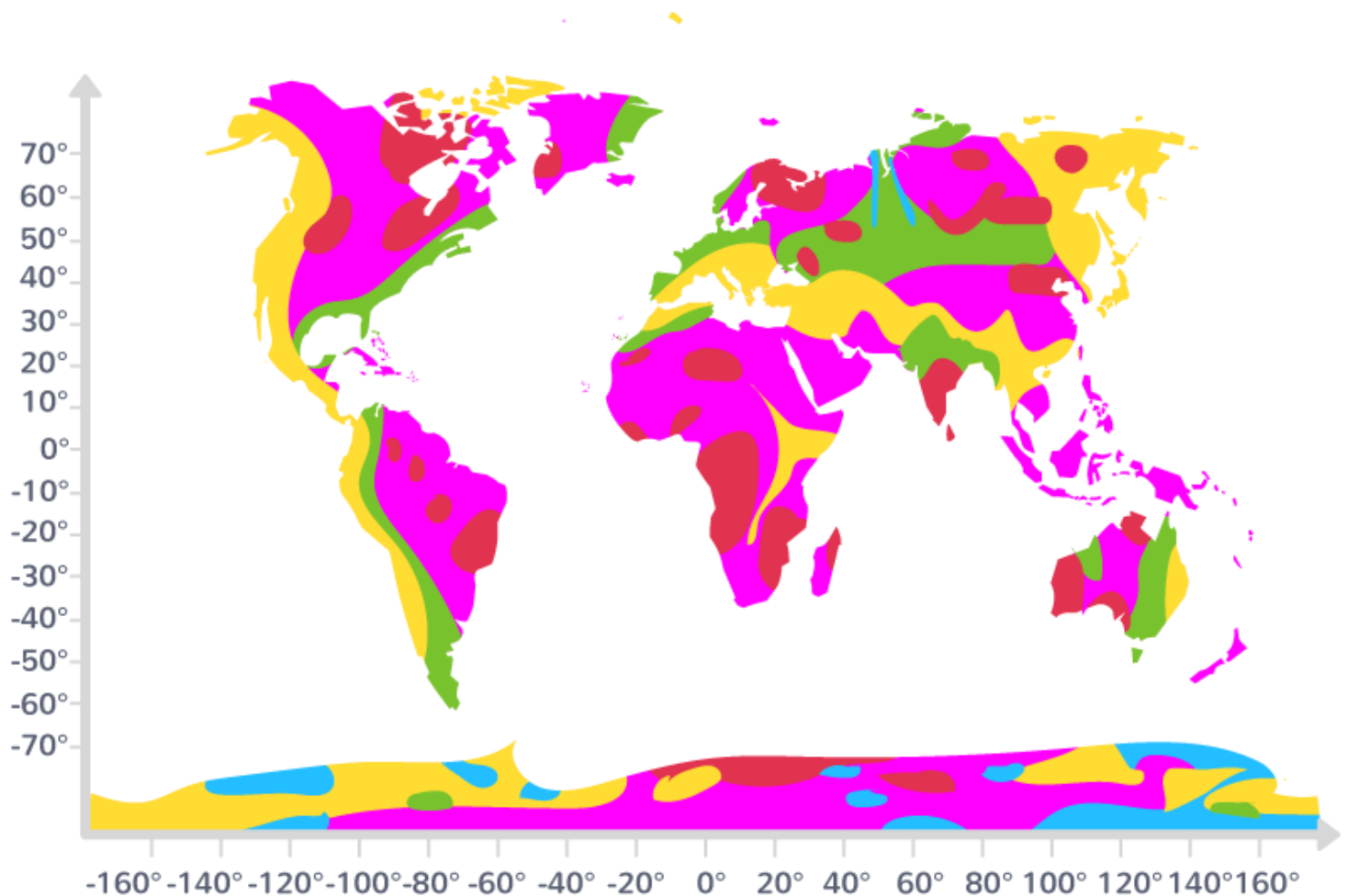
### A L'âge des roches continentales

L'âge des roches est déterminé par les méthodes de chronologie absolue. Les résultats indiquent que la croûte continentale est formée de roches dont l'âge est compris entre 0 et 4 milliards d'années (4 Ga) environ.

Les roches continentales sont donc en grande partie beaucoup plus vieilles que celles de la croûte océanique, dont l'âge ne dépasse pas 200 millions d'années. Certaines atteignent presque l'âge de la Terre (4,5 Ga).

Cette différence est due au fait que la lithosphère océanique entre en subduction et disparaît en profondeur, alors que les roches de la lithosphère continentale, moins dense, restent en surface.

### Âge des roches continentales



|               |  |
|---------------|--|
| Archéen       | $2,5 \text{ Ga} < \text{Âge}$                  |
| Protérozoïque | $540 \text{ Ma} < \text{Âge} < 2,5 \text{ Ga}$ |
| Paléozoïque   | $150 \text{ Ma} < \text{Âge} < 540 \text{ Ma}$ |
| Mésozoïque    | $65 \text{ Ma} < \text{Âge} < 150 \text{ Ma}$  |
| Cénozoïque    | $\text{Âge} < 65 \text{ Ma}$                   |

© Lithosphère.info

## B Les traces de chaînes de montagnes

Les roches de même âge sont réparties sur différents continents. Elles forment des alignements nommés ceintures orogéniques, car elles sont issues de la formation de chaînes de montagnes.

### DÉFINITION

**Orogenèse**

**Une orogénèse** est l'ensemble des mécanismes permettant la formation d'une chaîne de montagnes.

#### DÉFINITION

### Ceinture orogénique

**Une ceinture orogénique** est un ensemble de roches de même âge, issues de la formation de chaînes de montagnes et formant un alignement. Les ceintures orogéniques récentes sont caractérisées par des chaînes de montagnes à haut relief.

#### EXEMPLE

La ceinture orogénique alpine regroupe plus de dix chaînes de montagnes qui s'étendent de l'Atlas aux îles de la Sonde en passant par les Pyrénées, les Alpes, le Caucase et l'Himalaya notamment. Elles se sont formées lors de la même orogénèse au Cénozoïque.

#### La chaîne alpine



© Wikimedia Commons

Les ceintures orogéniques anciennes sont plus difficilement identifiables car leur relief est peu marqué à cause de l'érosion. Ce sont des indices géologiques qui permettent de les reconstituer :

- des indices tectoniques : des plis, des failles inverses ou encore des chevauchements ;
- des indices pétrographiques : la présence de roches magmatiques témoigne de conditions de formation en profondeur et les roches métamorphiques révèlent des conditions de haute pression caractéristiques de forces de compression. L'érosion permet de les mettre à nu.

Le fait de rassembler les roches de même âge, comme les pièces d'un puzzle, permet de reconstituer la disposition des continents les uns par rapport aux autres à différentes périodes géologiques. Des ceintures orogéniques d'âges différents issues de cycles orogéniques successifs sont ainsi mises en évidence.

#### DÉFINITION

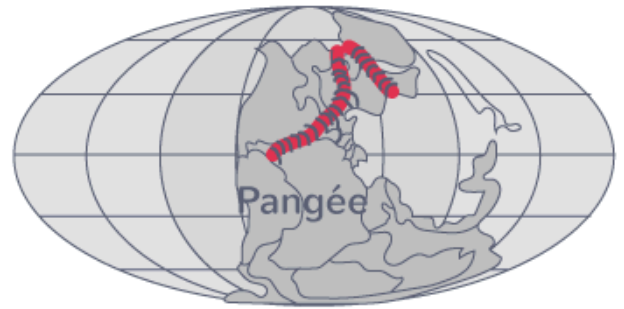
### Cycle orogénique

**Un cycle orogénique** est l'ensemble des étapes conduisant à la formation puis à la disparition des chaînes de montagnes.

## Reconstitution de la position des continents lors de l'orogénèse hercynienne au Paléozoïque



Il y a 250 Ma (Fin Permien)



Orogénèse hercynienne

© Wikimedia Commons

## II La recherche d'océans disparus

La présence d'ophiolites, roches de la lithosphère océanique, dans les chaînes de montagnes témoigne de la présence d'un ancien océan. La convergence des plaques lithosphériques entraîne la fermeture de l'océan suivi de la collision de deux blocs continentaux à l'origine de la chaîne de montagnes. La présence d'ophiolites témoigne des mécanismes de subduction et d'obduction accompagnant la formation de la chaîne de montagnes.

### A Les ophiolites

Les ophiolites sont des ensembles de roches caractéristiques de la lithosphère océanique. Elles sont composées de péridotites, gabbros et basaltes. Elles témoignent de la fermeture d'un ancien océan précédant la formation d'une chaîne de montagnes.

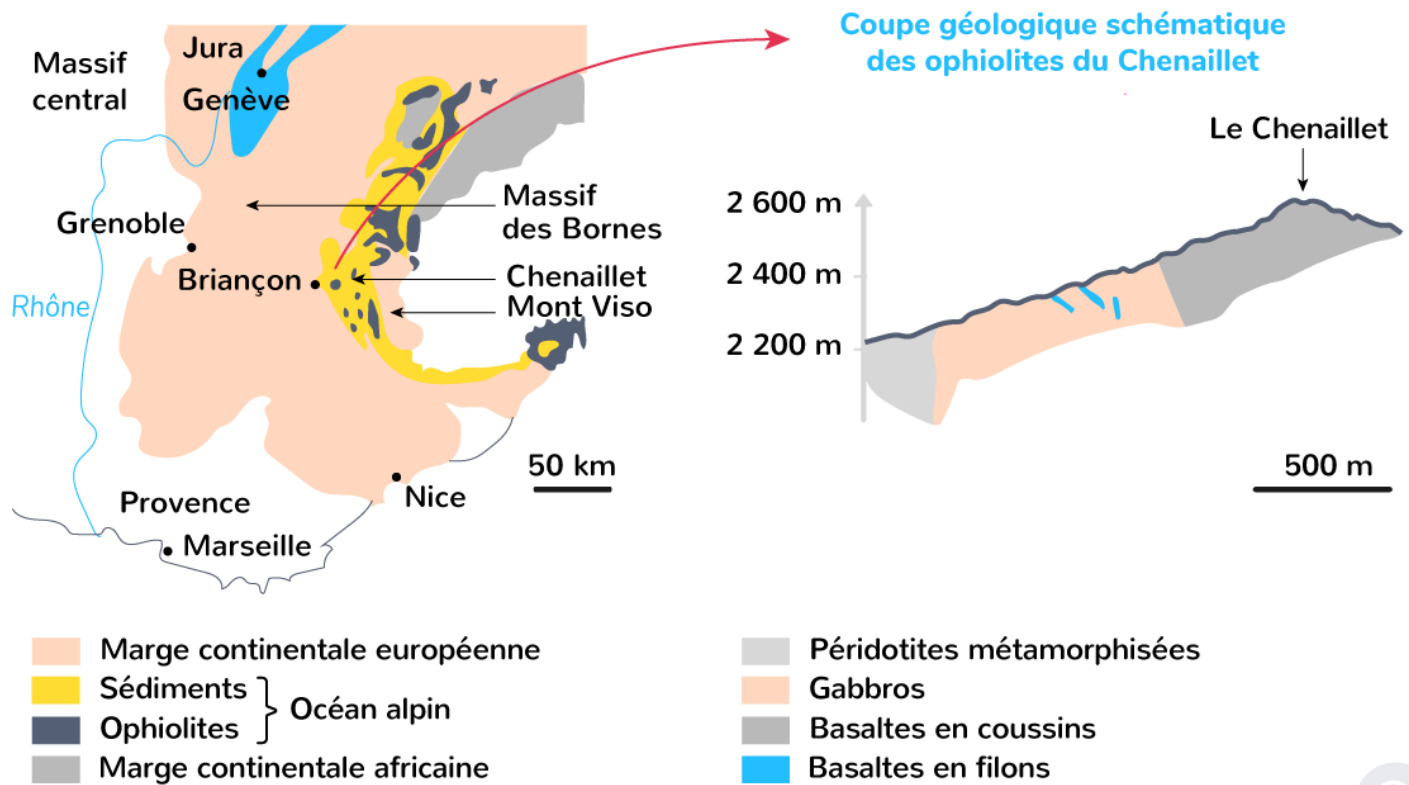
À la base des ophiolites, on trouve les péridotites, roches du manteau. Au-dessus se trouvent des gabbros, puis des basaltes en filons surmontés de basaltes en coussins. Pour finir, des sédiments marins viennent recouvrir l'ensemble.

#### DÉFINITION

#### Ophiolite

Une **ophiolite** est un ensemble ordonné de roches de la lithosphère océanique retrouvées dans les chaînes de montagnes, à la suture entre deux plaques lithosphériques.

## Ophiolites du Chenaillet



Les ophiolites et les sédiments formés au fond des océans témoignent de la présence d'un ancien océan alpin. Cet océan s'est fermé lors de la collision entre la plaque africaine et la plaque eurasienne sous l'effet de forces de convergence. Les ophiolites marquent la suture des deux plaques lithosphériques.

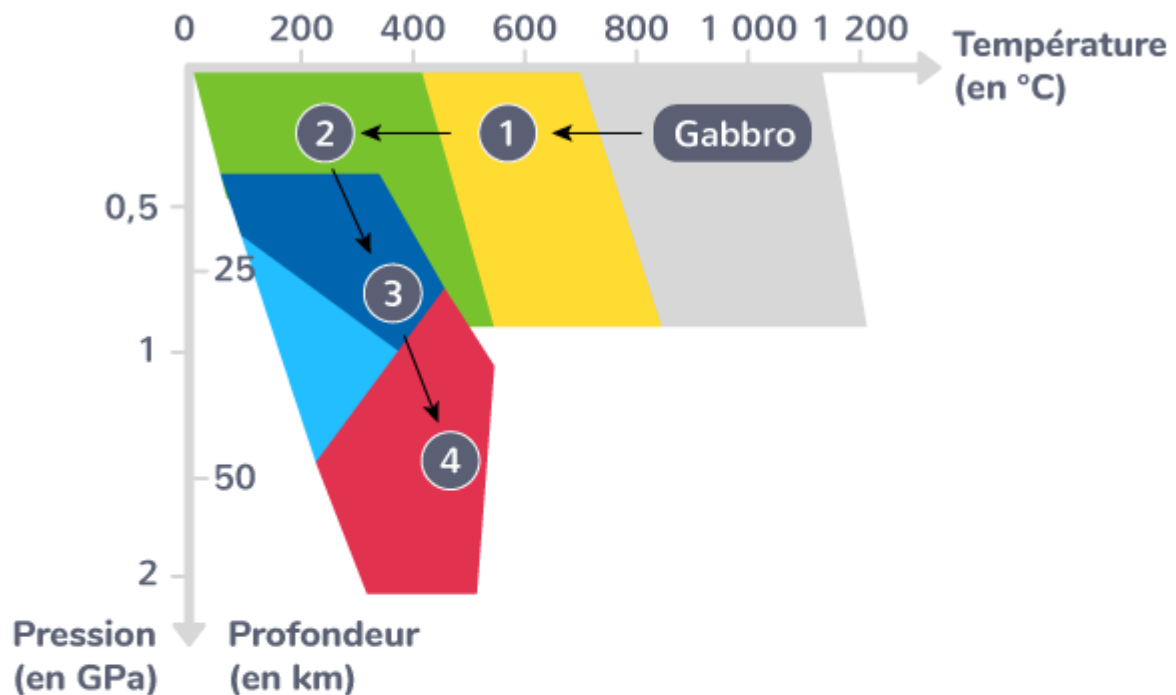
## B L'origine des ophiolites

**Les ophiolites portent des indices métamorphiques. Ces indices révèlent que les ophiolites résultent de phénomènes d'obduction ou de subduction. L'érosion permet d'exhumer ces ophiolites ainsi visibles en domaine continental.**

Certains minéraux indiquent que les roches de la lithosphère océanique ont subi un métamorphisme.

Le métamorphisme se caractérise par des transformations minéralogiques à l'état solide, engendrées par les conditions de pression et de température subies par les roches ainsi que par l'hydratation ou la déshydratation des roches. Les minéraux nouvellement formés sont caractéristiques des conditions de pression et de température de leur formation.

## Diagramme pression température des champs de stabilité des minéraux



- Plagioclase + pyroxène
- Plagioclase + amphibole + pyroxène résiduel
- Plagioclase + chlorite + actinote + pyroxène résiduel
- Glaucophane + plagioclase + pyroxène résiduel
- Glaucophane + jadéite
- Glaucophane + grenat + jadéite

|   | Roches                             | Minéraux caractéristiques |
|---|------------------------------------|---------------------------|
| 1 | Métagabbro à amphibole             | Amphibole                 |
| 3 | Métagabbro à faciès schistes verts | Chlorite                  |
| 4 | Métagabbro à faciès schistes bleus | Glaucophane               |
| 5 | Métagabbro à faciès éclogites      | Grenat                    |

Quelques réactions de métamorphisme :

Plagioclase + pyroxène + eau  $\longrightarrow$  amphibole

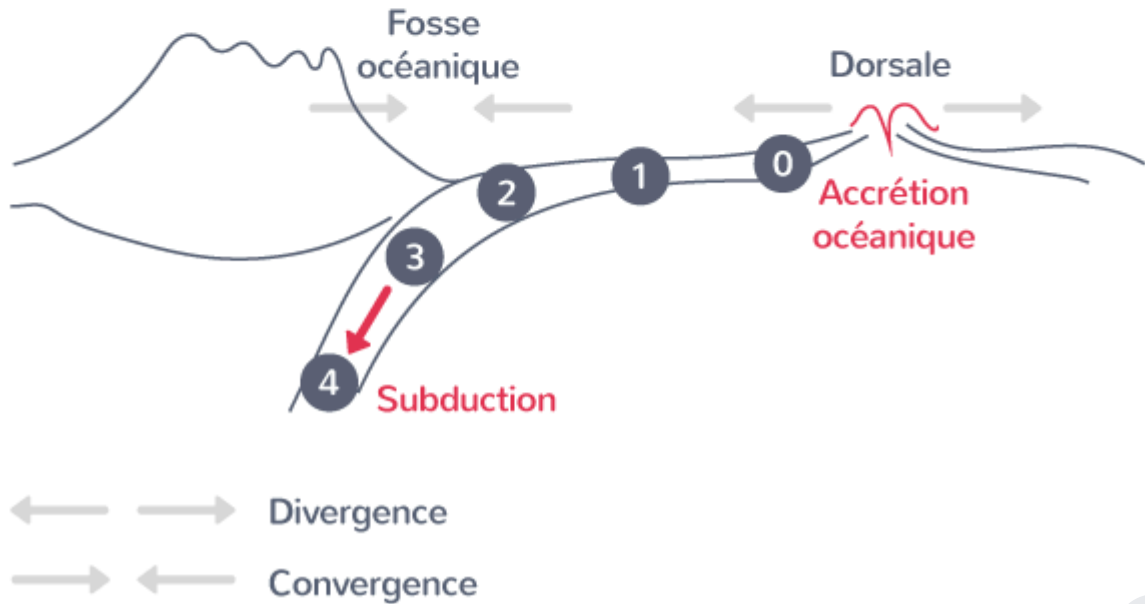
Plagioclase + amphibole + eau  $\longrightarrow$  chlorite + actinote

}

Réactions  
d'hydratation



Plagioclase + actinote + chlorite  $\longrightarrow$  glaucophane + eau  
 Plagioclase + glaucophane  $\longrightarrow$  grenat + jadéite + eau } Réactions de déshydratation



© Sujet bac 2003, Nouvelle-Calédonie



Les roches (basaltes, gabbros) de certaines ophiolites contiennent des minéraux tels que la chlorite ou l'actinote, minéraux à dominante verte. Ces minéraux indiquent que ces roches ont subi un métamorphisme de basse température et de basse pression s'accompagnant d'une hydratation des roches. On parle de métamorphisme hydrothermal. Ces transformations ont lieu lorsque la lithosphère océanique nouvellement formée s'éloigne des dorsales. En s'éloignant, elle refroidit et s'hydrate, ce qui provoque des transformations minéralogiques.

Ces roches formées par un métamorphisme basse température et basse pression indiquent que ces ophiolites se sont retrouvées dans les chaînes de montagnes par obduction. La lithosphère océanique a été charriée sur la lithosphère continentale. Elle n'est pas entrée en subduction.

#### DÉFINITION

#### Obduction

**L'obduction** est le fait que des écailles de lithosphère océanique chevauchent la lithosphère continentale.



#### REMARQUE

Les gabbros et basaltes ayant subi un hydrothermalisme sont appelés respectivement métagabbros et metabasaltes. Lorsqu'ils contiennent des minéraux verts, on précise qu'ils sont à faciès schistes verts. Le faciès indique l'association minéralogique.

#### EXEMPLE

### Métagabbro à faciès schiste vert



© Wikimedia Commons



Les gabbros d'autres ophiolites contiennent des minéraux tels que le glaucophane ou le grenat. Ce sont des minéraux caractéristiques d'un métamorphisme de haute pression et de basse température. Ceux-ci indiquent que la lithosphère océanique est entrée en subduction. Les hautes pressions correspondent à un enfouissement en profondeur. Ils se trouvent dans les chaînes de montagnes suite à la collision ayant permis leur remontée en surface et à l'érosion permettant leur mise à nu.

#### EXEMPLE

### Éclogite (métagabbro à faciès éclogite)



Grenat  
(teinte rouge)

© Wikimedia Commons



Ces ophiolites permettent de reconstituer l'histoire géologique de la chaîne de montagnes. Elles indiquent la fermeture d'un océan par subduction. Au cours de ces mouvements, des écaïlles de lithosphère



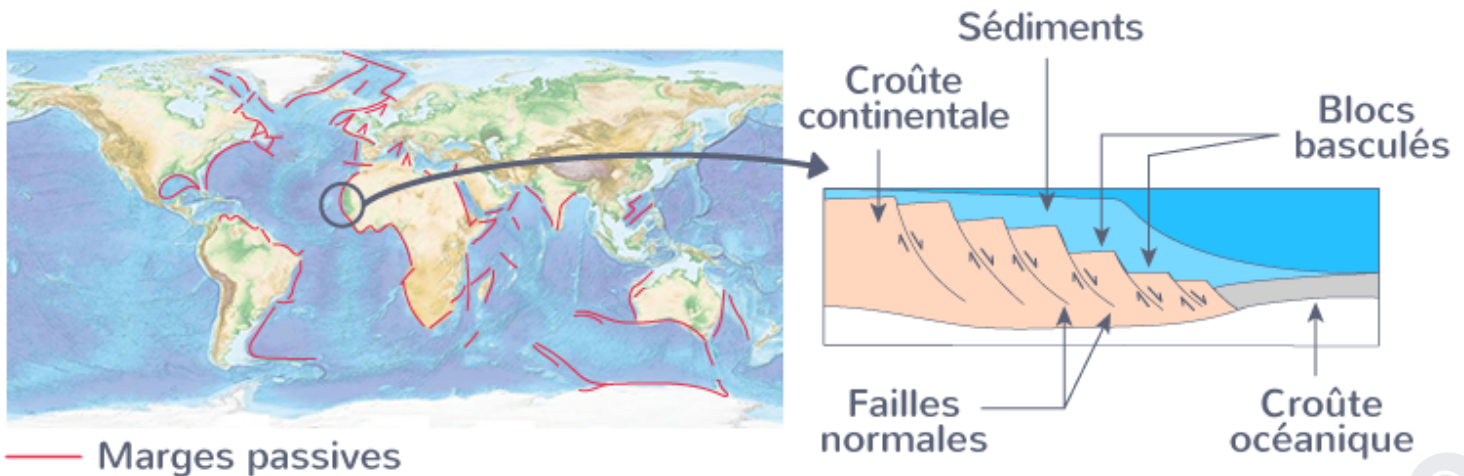
océanique sont charriées sur la lithosphère continentale par obduction.

### III Les marques de la fragmentation continentale et de l'ouverture océanique

Les marges passives portent des marques tectoniques témoignant d'une fragmentation continentale. Cette fragmentation est suivie de l'accrétion océanique permettant l'ouverture d'un océan. Les rifts continentaux sont les marques d'un début d'ouverture océanique.

#### A Les marges passives

Les marges passives bordant un océan sont caractérisées par des failles normales et des blocs basculés. Ces marques témoignent de mouvements de divergence. Les marges passives sont les traces d'anciens rifts continentaux.



© Wikimedia Commons

Certains océans, comme l'océan Atlantique, sont bordés par des marges passives. Elles sont dites passives car elles sont dépourvues d'activités sismique et volcanique. Elles correspondent au passage du continent à l'océan.

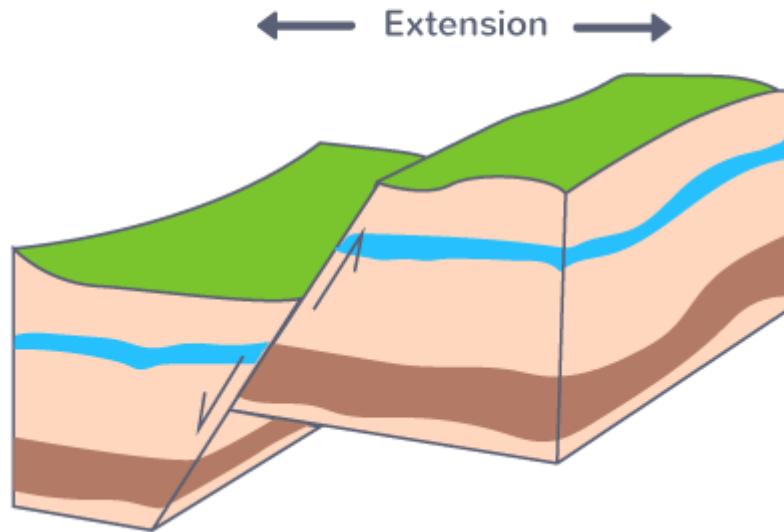


REMARQUE

Les marges passives ne sont pas des limites de plaques contrairement aux marges actives.

Sur les marges passives suivantes, on observe la présence de blocs basculés, délimités par des failles normales.

## Faille normale



© Wikimedia Commons

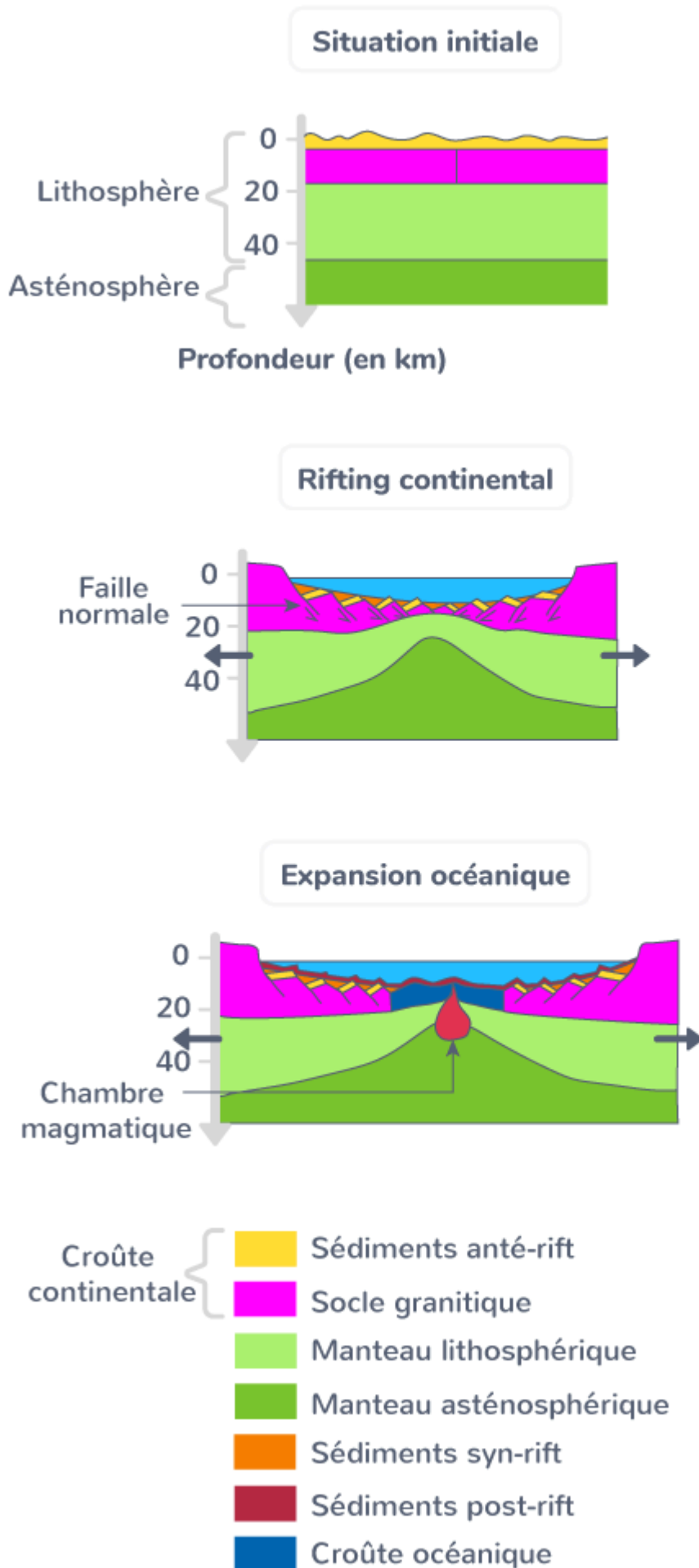


Les failles normales témoignent de mouvements en extension, tout comme les blocs basculés. Des forces de divergence entraînent une fragmentation initiale de la croûte continentale. Cette étape précède l'ouverture de l'océan par accrétion océanique.

La fragmentation initiale est visible au niveau des rifts continentaux.

## **B** Les rifts continentaux

**Les rifts continentaux sont des régions où la phase initiale de la fragmentation continentale est visible. Cette fragmentation est associée à une activité volcanique plus ou moins intense ainsi qu'à une importante sédimentation.**



Les rifts sont caractérisés par des failles normales, des blocs basculés donnant l'impression de marches d'escalier ainsi que par un volcanisme basaltique. La structure et le fonctionnement sont les mêmes que pour les dorsales océaniques. Ces rifts continentaux sont à l'origine de la création de croûte océanique. La dépression formée se remplit d'eau.

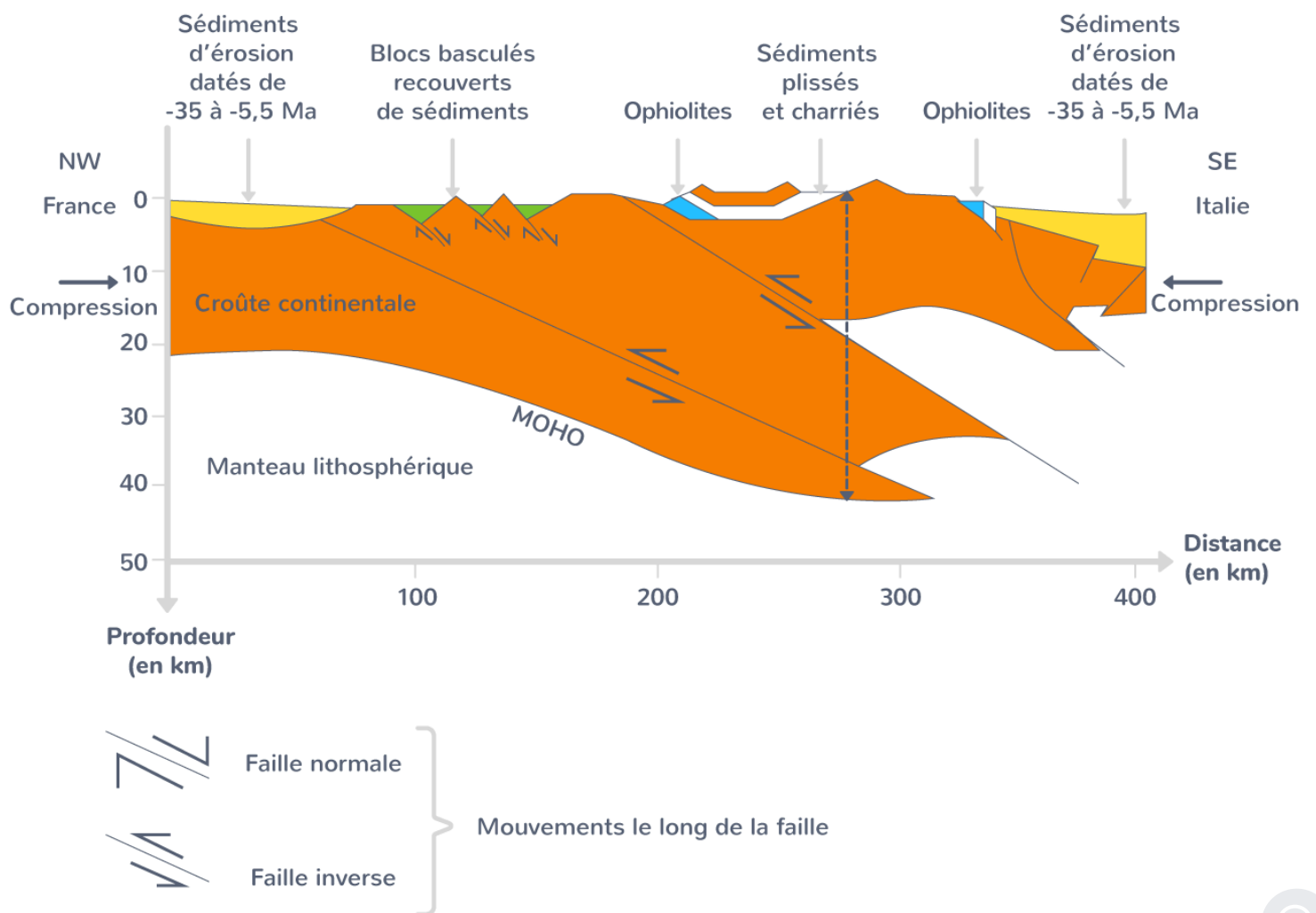
La phase qui suit le rifting (schéma B) est l'expansion océanique (schéma C).

## IV Les cycles orogéniques

La dynamique de la lithosphère entraîne la formation de différents cycles orogéniques au cours desquels la paléographie évolue. Des périodes de réunion des blocs continentiels sont marquées par les orogénèses. Elles alternent avec des périodes de fragmentation des continents conduisant à la formation de nouvelles dorsales.

Les traces d'expansion océanique (marges passives, failles normales) ainsi que les traces de convergence (ophiolites) se retrouvent dans les chaînes de montagnes. En datant les roches, on peut ainsi reconstituer l'histoire géologique de la Terre et notamment sa paléogéographie.

Coupe schématique interprétée des Alpes



© ECORS

L'histoire des Alpes peut être reconstituée à partir de la chaîne de montagnes.

Dans les Alpes, on observe la présence de blocs basculés affectés de failles normales témoignant de la présence d'une ancienne marge passive. C'est la phase d'expansion océanique.

La présence d'ophiolites et de failles inverses indique la fermeture de cet océan alpin par subduction et obduction : c'est la phase d'orogénèse. L'ensemble constitue un cycle orogénique.

Les différentes phases de la construction des Alpes sont :

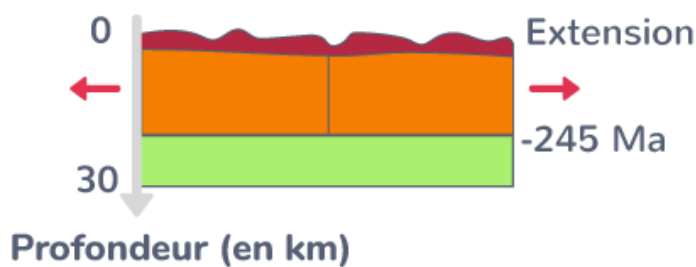
- Phase 1 : il y a 245 Ma, des forces d'extension créent une fracture au niveau de la Pangée.
- Phase 2 : il y a 180 Ma, les mouvements de divergence créent une zone de rifting caractérisée par la présence de blocs basculés, de failles normales et d'un rift.
- Phase 3 : il y a 150 Ma, l'océan alpin commence à s'ouvrir. On observe la création de lithosphère océanique. En parallèle, le nord de l'océan s'ouvre également.
- Phase 4 : il y a 80 Ma, l'ouverture du sud de l'océan Atlantique pousse la plaque africaine vers la plaque eurasiennne. Des forces de compression entraînent un mouvement de convergence et la fermeture de l'océan alpin par subduction.
- Phase 5 : il y a 30 Ma, la phase de collision continentale débute, elle se poursuit encore actuellement, c'est la phase de l'orogénèse.



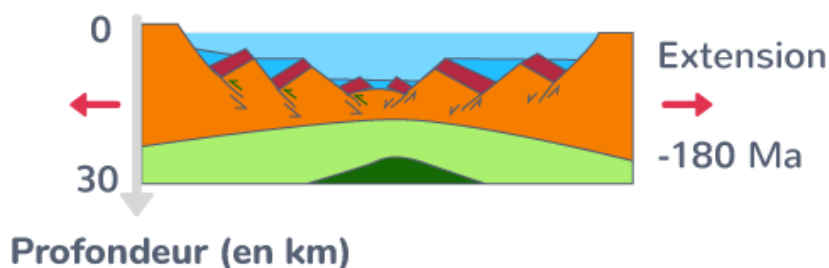
A



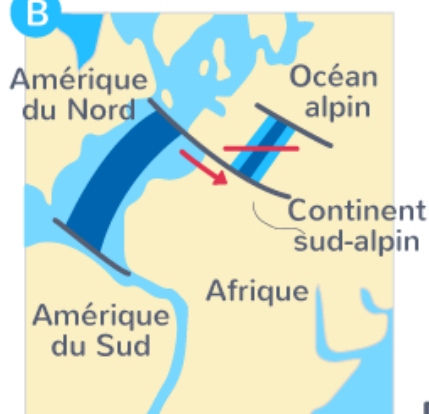
### Fracture de la croûte continentale



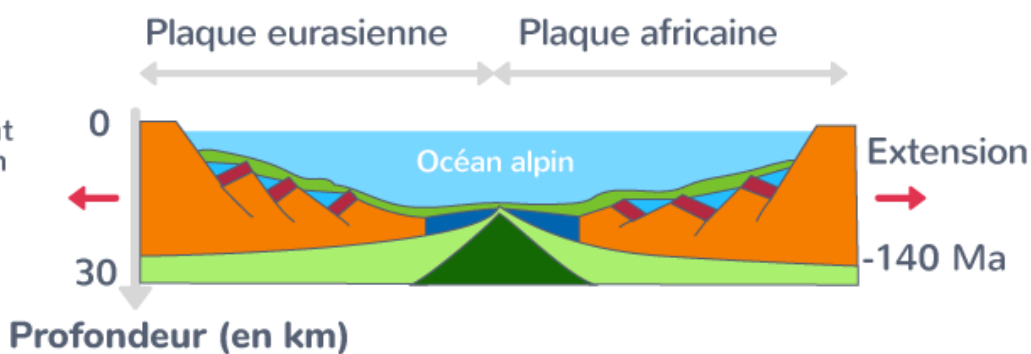
### Rifting



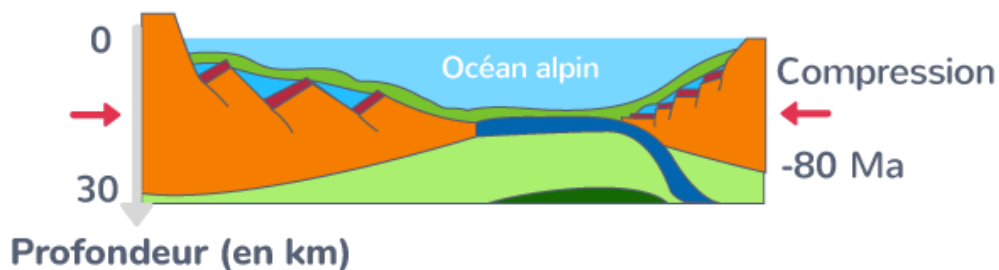
B



### Expansion océanique



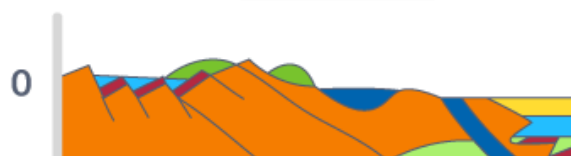
### Subduction

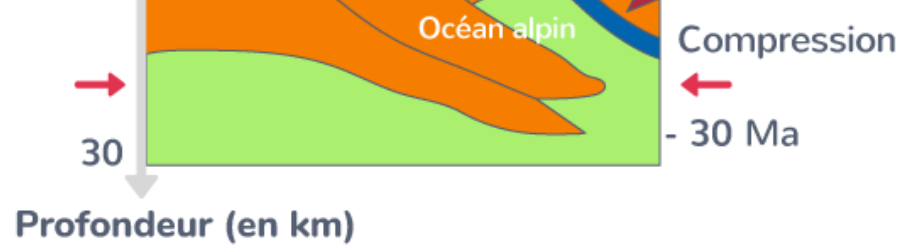


C



### Collision





- Continents
- Marges continentales
- Océans
- Localisation des coupes

- Croûte continentale (socle primaire)
- Croûte océanique
- Manteau lithosphérique
- Asthénosphère

#### Sédiments :

- Tertiaire
- Crétacé et Jurassique supérieur
- Jurassique moyen et inférieur
- Trias

© Réseau Canopé



REMARQUE

Le cycle orogénique alpin n'est pas terminé. La phase d'orogénèse se poursuit et la phase d'érosion suivra.