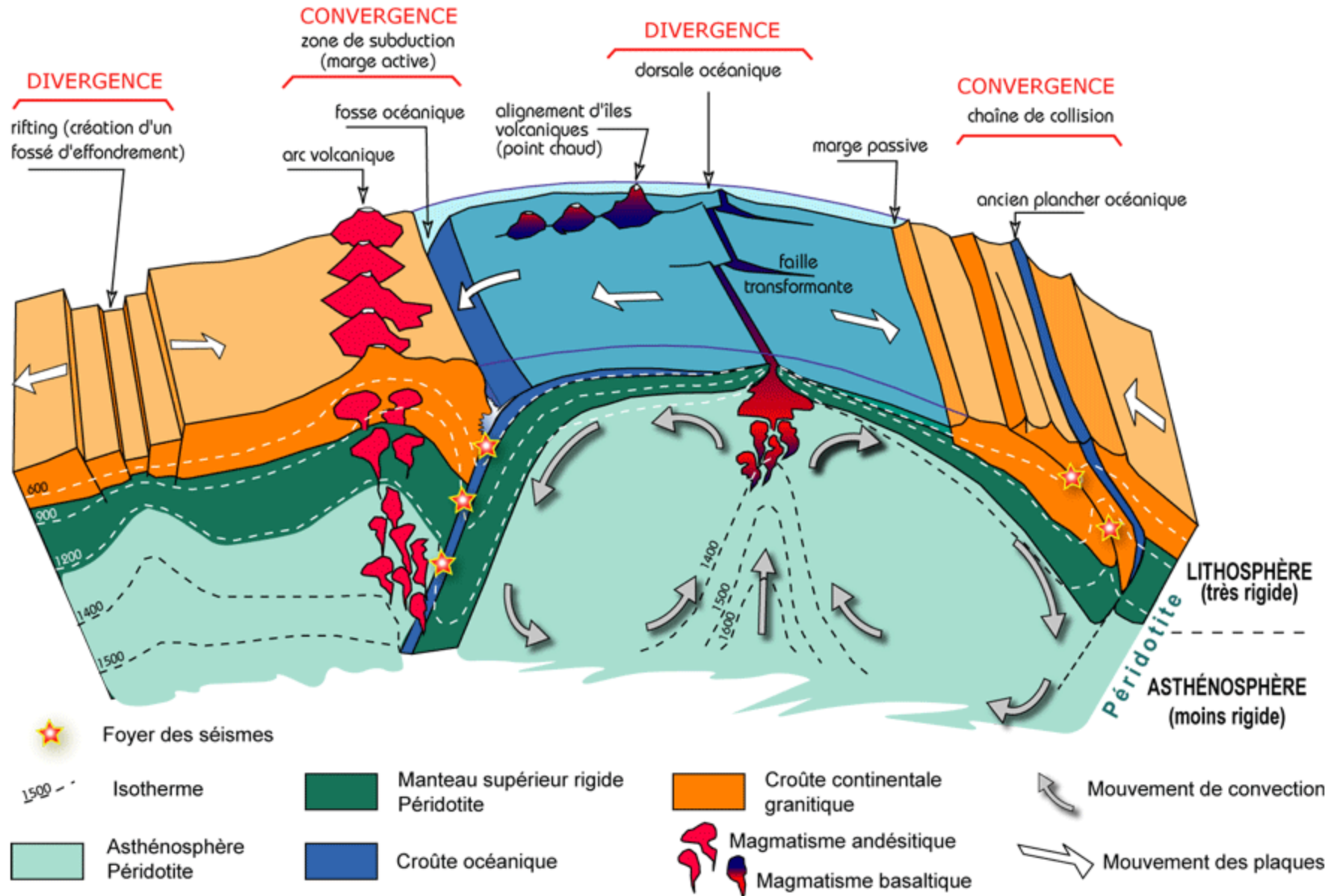
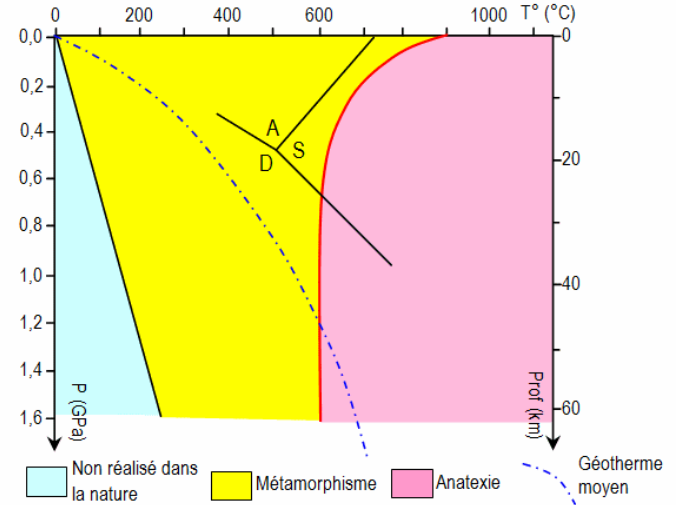
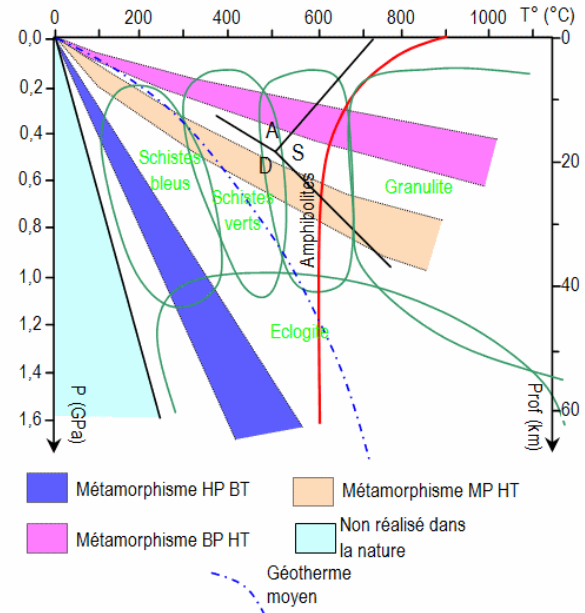
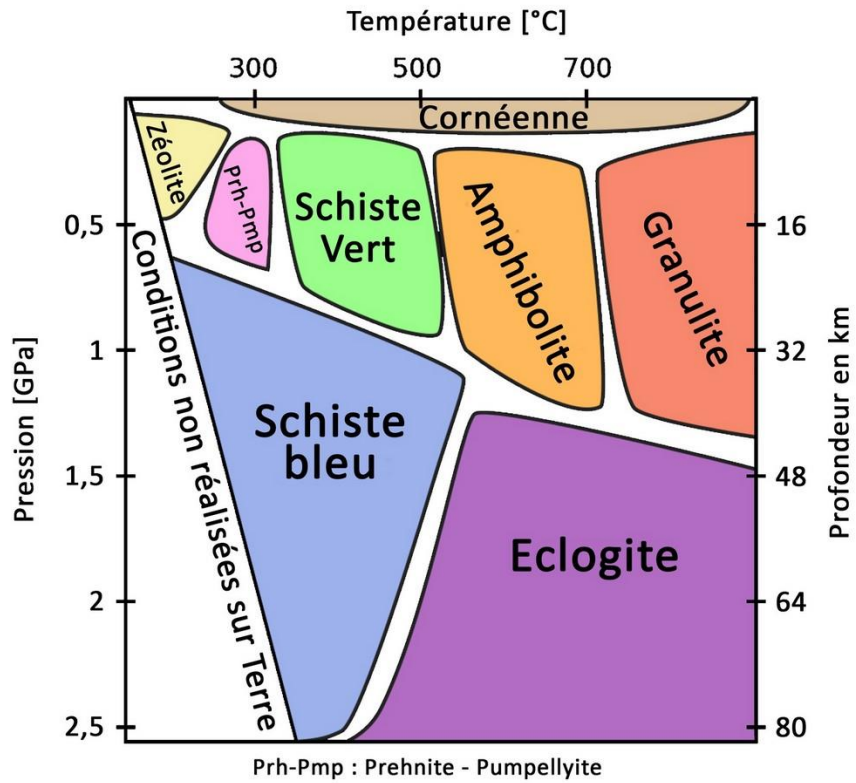


# La tectonique des plaques



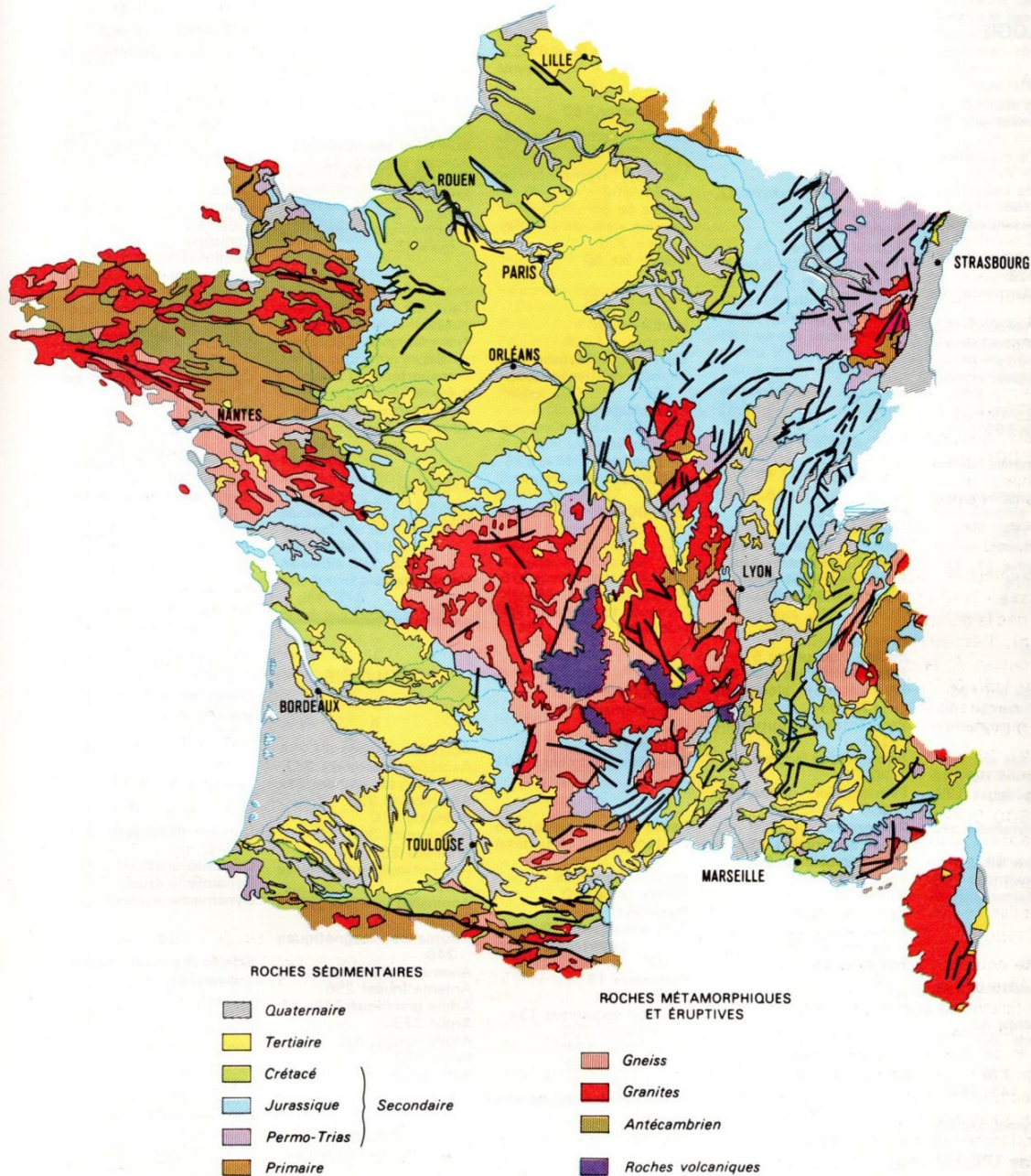
# Domaine de stabilité



Faciès métamorphiques	T (°C)	P (Kbar)	Minéraux index
Schistes verts	300 - 500	2 - 8	Chlorite + Epidote + Actinote
Schistes bleus	100 - 500	4 - 14	Glaucophane + Epidote
Amphibolites	500 - 750	2 - 10	Hornblende + Anorthite
Eclogite	300 - 1000	8 <	Grenat + Omphacite
Granulite	650 <	2 - 14	Hypersthène + Cordiérite

Séquences para				Séquences ortho			
Séquence pélitique	Séquence arénacée	Séquence carbonatée	Séquence calcaro-pélitique	Séquence volcanique acide	Séquence volcanique basique	Séquence plutonique acide	Séquence plutonique basique
Schistes ardoisiers	Grès feldspathiques	Calcaires Dolomies	Marnes	Rhyolites	Basaltes	Granites	Gabbros
Schistes sériciteux	Schistes Leptynites sériciteuses	Calcaires Dolomies Marbres	Micaschistes calcifères Prasinites	Porphyroïdes	Prasinites	Granites sériciteux	Schistes verts Prasinites
Micaschistes à deux micas	Paragneiss leptynites	Cipolins Tactites Marbres	Amphibolites Pyroxénites	Leptynites	Amphibolites Pyroxénites	Orthogneiss	Amphibolites Pyroxénites
Gneiss à deux micas	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Gneiss à biotite et sillimanite	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Granulites et migmatites	Granulites et migmatites	Marbres	Granulites	Granulites et migmatites	Granulites	Granulites et migmatites	Granulites

## Géologie simplifiée de la France



La carte géologique de la France montre les grands domaines structuraux.

On y distingue des bassins sédimentaires ( bassin parisien, bassin aquitain, bassin du sud-est) et des massifs montagneux portant les traces de deux principales orogénèses, orogénèse alpine (Alpes, Jura, Pyrénées, Corse) datant de l'ère Tertiaire et l'orogénèse hercynienne ( Massif Armoricain, Massif Central, Vosges, Ardennes) datant de l'ère Primaire.

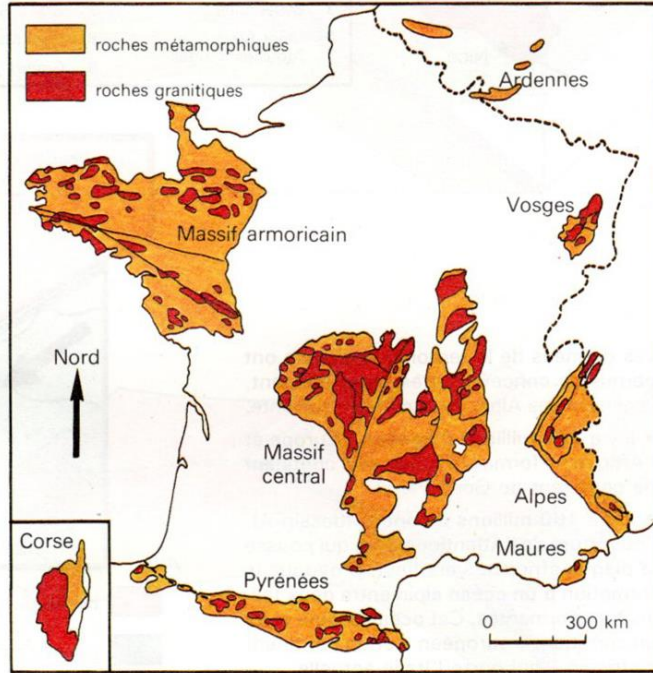
D'autres formations géologiques plus anciennes ont été décelées dans les massifs anciens: l'orogénèse calédonienne (-444 à -416 Ma), l'orogénèse cadomienne (-660 à -540 Ma) et l'orogénèse icartienne (-2200 à -1800 Ma)

# Montagne ancienne, montagne jeune

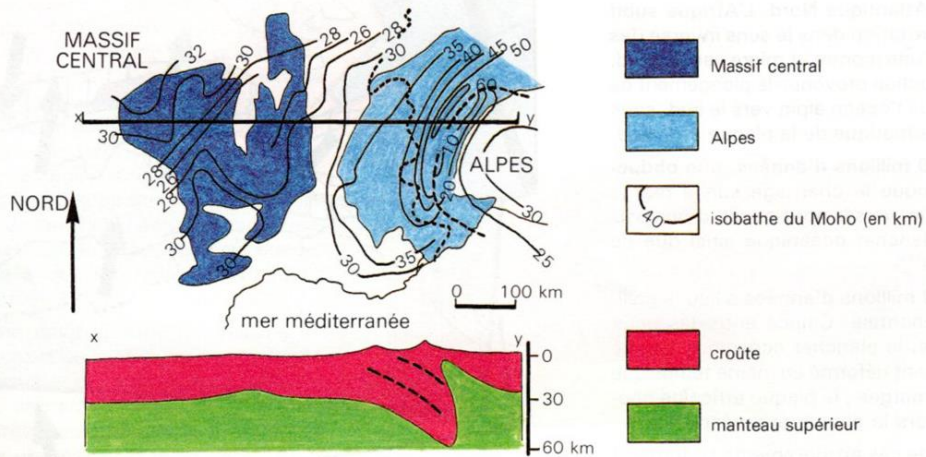
- Les roches plutoniques et métamorphiques affleurent plus largement dans les montagnes anciennes (massif Central, massif Armorica...) que dans les montagnes jeunes (Alpes, Pyrénées).

- La croûte terrestre est plus épaisse dans les montagnes jeunes que dans les montagnes anciennes. En effet, des mesures géophysiques ont permis de dresser les cartes des isobathes (courbes d'égale profondeur) de la transition croûte-manteau, c'est-à-dire de la discontinuité de Mohorovičić.

On constate que la profondeur du Moho sous le massif Central est de 25 à 30 kilomètres (ce qui correspond à la profondeur moyenne de celui-ci sous les continents), alors que sous les Alpes elle atteint, en certains points, plus de 60 kilomètres.



1 Répartition des terrains métamorphiques et granitiques en France.



2 Profondeur du Moho sous le massif Central et les Alpes.

## 1 La collision forme une racine

A partir de la carte des isobathes du Moho, on peut représenter une coupe de la **croûte** allant du massif Central jusqu'à la plaine du Pô. Son **épaississement** très net au niveau des Alpes, en particulier sous les massifs cristallins internes, s'interprète comme une **conséquence de la collision**. Lorsque les masses continentales s'affrontent, la matière « fuit » vers le haut (engendrant les reliefs) et vers le bas (engendrant la racine).

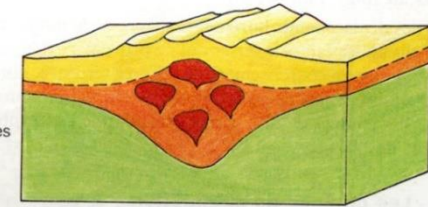
- En plus des données précédentes, cette coupe fait apparaître une nette **remontée du Moho à l'Est** des massifs cristallins internes. Or, à ce niveau affleurent les ophiolites (lambeaux de plancher océanique) ; on peut donc penser que cette remontée correspond à la **ligne de suture entre les deux masses continentales** qui se sont affrontées ; lorsque la masse européenne épaissie heurte l'Afrique, les vestiges du plancher de l'océan disparu subsistent là où le Moho est le plus haut (5 km de profondeur seulement).

## 2 La racine finit par disparaître

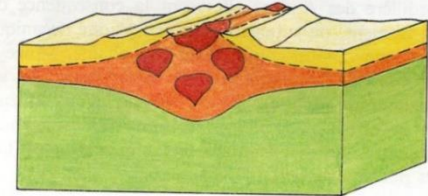
Lorsque les forces de compression responsables de la formation de la chaîne de montagnes ont cessé de s'exercer, la racine de cette chaîne (croûte continentale de densité 2,7), qui avait été enfoncée de force dans le manteau (de densité 3,3), remonte lentement, pendant des dizaines de millions d'années, par **réajustement isostatique** : ainsi, les reliefs de la chaîne, bien que soumis à l'**érosion**, demeurent « jeunes » très longtemps après la fin de la phase de compression.

Le réajustement isostatique qui pousse lentement la racine vers le haut et l'érosion qui détruit progressivement les reliefs, sont conjointement responsables de la **disparition de l'épaississement crustal**. Lorsque la pénalisation de la chaîne est terminée, la croûte n'a plus qu'une épaisseur de 25 à 30 kilomètres. On peut alors observer en surface de **vastes affleurements de roches métamorphiques et plutoniques**, roches qui se sont formées, durant la phase de « jeunesse » de la chaîne, à plusieurs dizaines de kilomètres de profondeur (dessin ci-dessous).

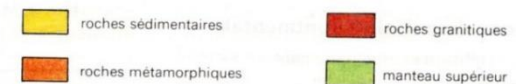
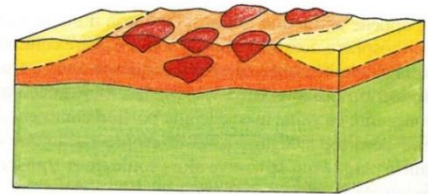
A. **Chaîne jeune** : la racine est profonde, des roches sédimentaires plissées forment les reliefs.



B. **Chaîne plus âgée** : remontée isostatique de la racine, des roches profondes arrivent à l'affleurement.

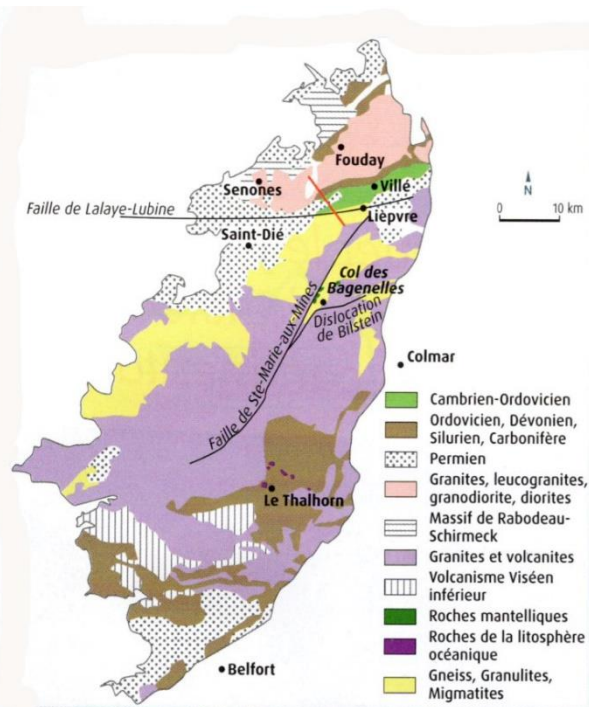


C. **Chaîne ancienne** : reliefs pénéplanés, la couverture sédimentaire a disparu, les roches profondes affleurent.



3 Stades de jeunesse et de vieillissement d'une chaîne de montagnes plissée.

# Le massif vosgien: des roches de nature et d'âges très différents

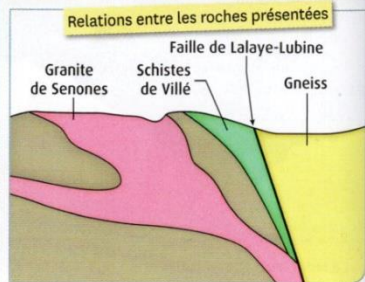
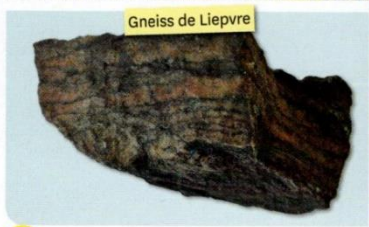
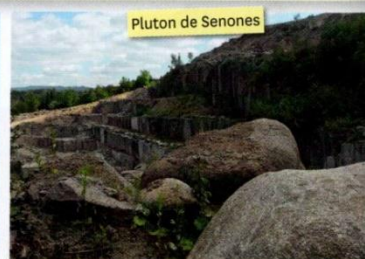
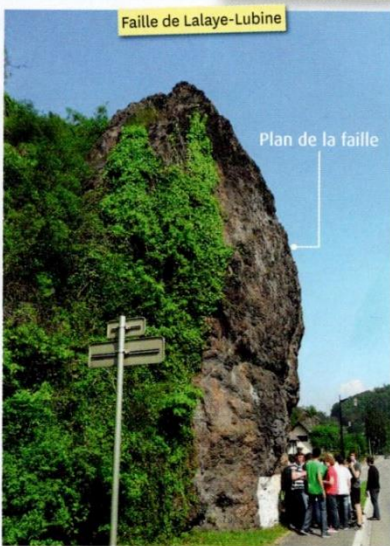


Le massif vosgien est une relique de la chaîne de montagnes varisque, qui s'est formée à la fin de l'ère primaire lors de la collision des deux super-continentes Gondwana et Laurasia. Au Carbonifère (320-300 Ma), cette collision a donné naissance à la Pangée. Au Cénozoïque, le massif vosgien a été surélevé lors de la formation des Alpes.

**Arrêt 1 Schistes de Villé.** Ces anciennes argiles sont les roches sédimentaires les plus vieilles des Vosges: leur âge s'étale de 635 à 443 Ma. Formées sur le littoral d'un continent, elles ont été transformées lors de mouvements tectoniques de compression, d'où leur aspect ondulé. Leur couleur est liée à la présence de minéraux hydratés verts, caractéristiques du domaine pression/température des schistes verts (voir doc. 3 p. 168).

**Arrêt 2 Plan de faille découpant le gneiss de Lièpvre.** Ce gneiss affleure le long d'une faille coulissante qui affecte la totalité de la lithosphère (faille de Lalaye-Lubine) jusqu'en Bretagne, dans le Massif armoricain. Cette faille accole de manière discordante des masses continentales d'origine différente: au Sud le Gondwana, au Nord les blocs saxo-thuringien et Armorica.

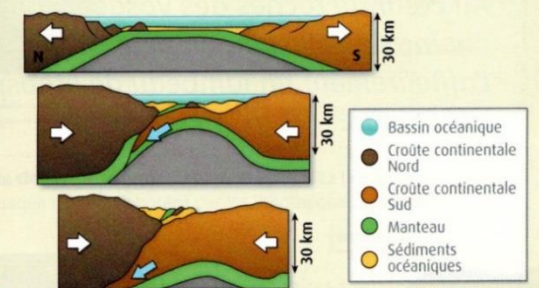
**Arrêt 3 Pluton de Senones.** L'âge isotopique de ce granite riche en orthoses (feldspaths) et en biotites (micas) est de  $325 \pm 4$  Ma. Sa composition suggère qu'il est issu de la fusion partielle des roches profondes de la croûte de la lithosphère chevauchante lors de la collision.



1 La géologie du massif vosgien et quelques arrêts sur le terrain.



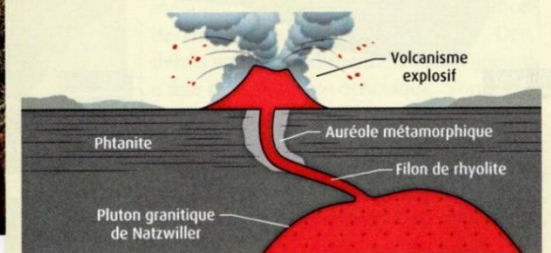
Cette unité est constituée de manteau lithosphérique serpentinisé, injecté de gabbros hydratés (domaine des schistes verts) âgés de  $372 \pm 18$  Ma, et de sédiments marins dont les fossiles indiquent un âge dévonien. Mise en place en milieu marin profond, elle est interprétée comme une portion de lithosphère océanique. Un scénario de sa formation est schématisé ci-dessous.



2 Arrêt 4 Klippe du Thalhorn.



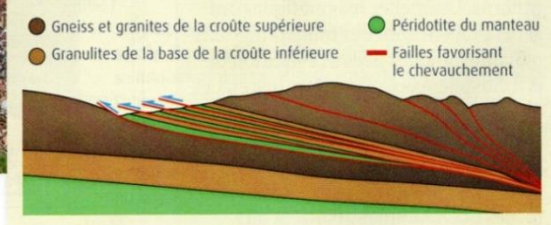
Le filon de rhyolite (roche volcanique de même composition que le granite) est associé au pluton granitique de Natzwiller. Il pénètre une roche sédimentaire d'origine marine: la phtanite. Au contact du filon de rhyolite, elle se décolore par métamorphisme de contact. L'âge U/Pb de la rhyolite est de  $312 \pm 2$  Ma. Les radiolaires présentes dans la phtanite sont caractéristiques d'une période allant de 397,5 à 326,4 Ma.



3 Arrêt 5 Rhyolite, cornéenne, phtanite de Fouday.

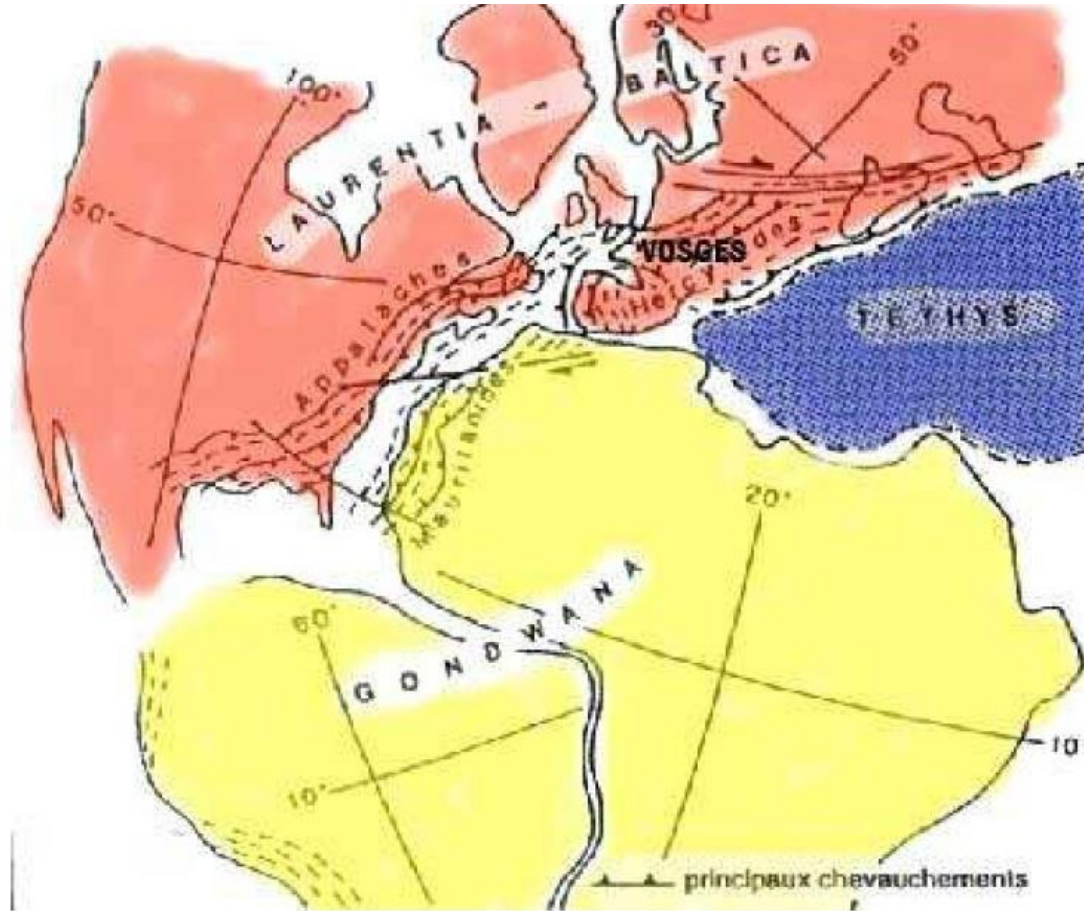


Base de la croûte continentale, les granulites se forment à des profondeurs supérieures à 30 km. Elles sont ici datées à  $509 \pm 14$  Ma. Leur mise à l'affleurement résulte de la formation d'écaillés de croûte profonde sous l'effet d'une compression. Les péridotites sont des lambeaux de manteau sous-continentale formé à 150 km de profondeur. Ils ont été exhumés sous forme d'écaillés dont le coulissement a sans doute été facilité par la serpentinisation.



4 Arrêt 6 Granulites et péridotite serpentinisée du col des Bagenelles.

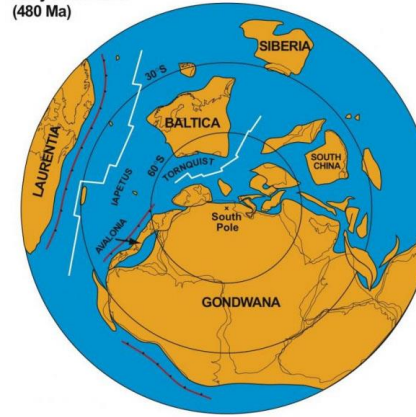
## L'orogénèse hercynienne ( Carbonifère)



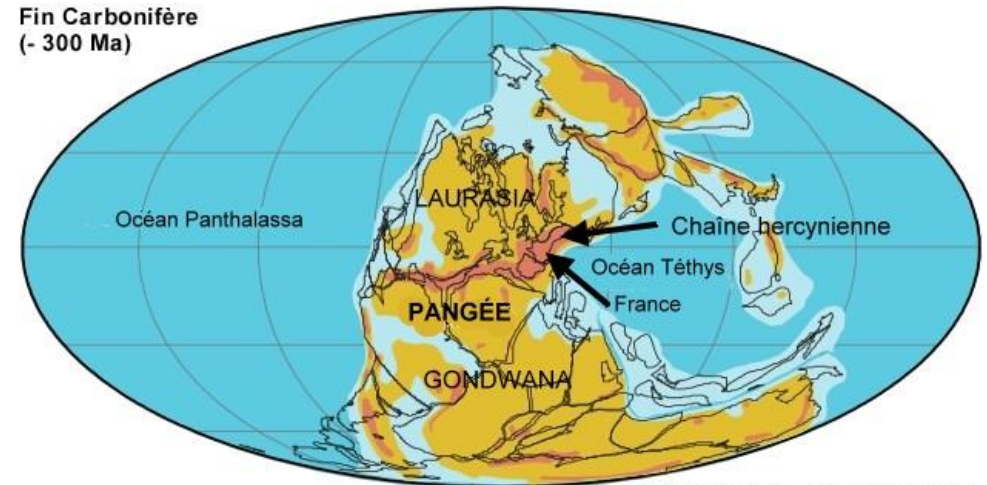
Configuration des continents à la fin du carbonifère [d'après Matte]

Du Dévonien au Carbonifère, Gondwana se déplace vers le Nord pour finalément entrer en collision avec Laurussia, collision qui implique également tous les blocs continentaux situés entre les deux macrocontinents. C'est cette ultime étape qui va donner naissance à l'orogène hercynien.

Early Ordovician  
(480 Ma)

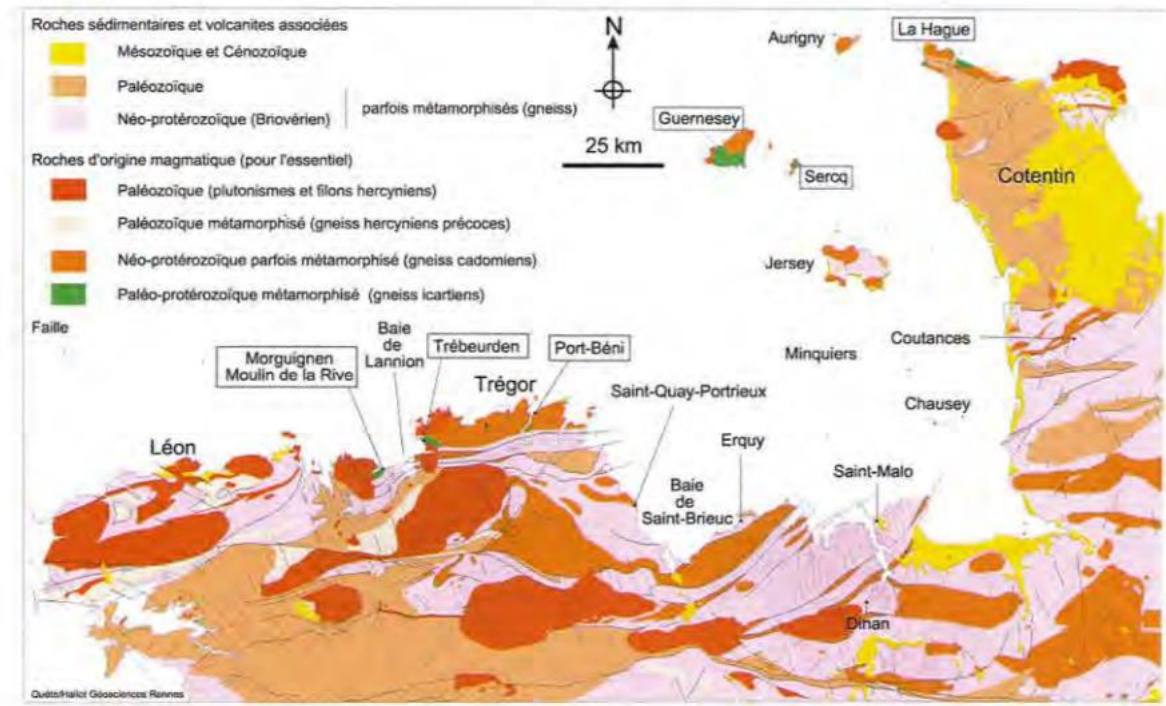
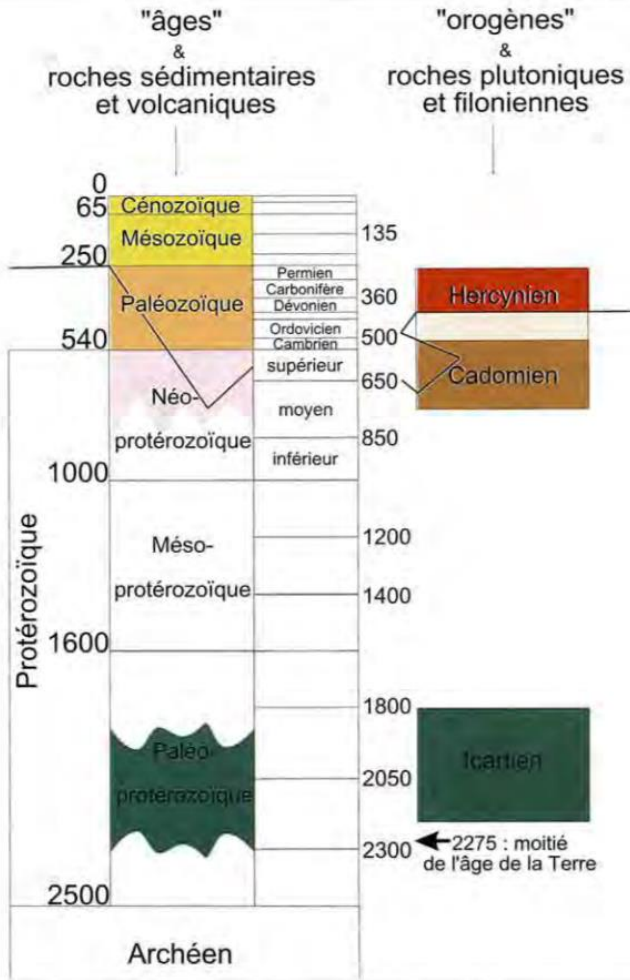


Fin Carbonifère  
(- 300 Ma)



© 2001 C.R. Scotese PALEOMAP Project

# Roches cadomienne et icartienne

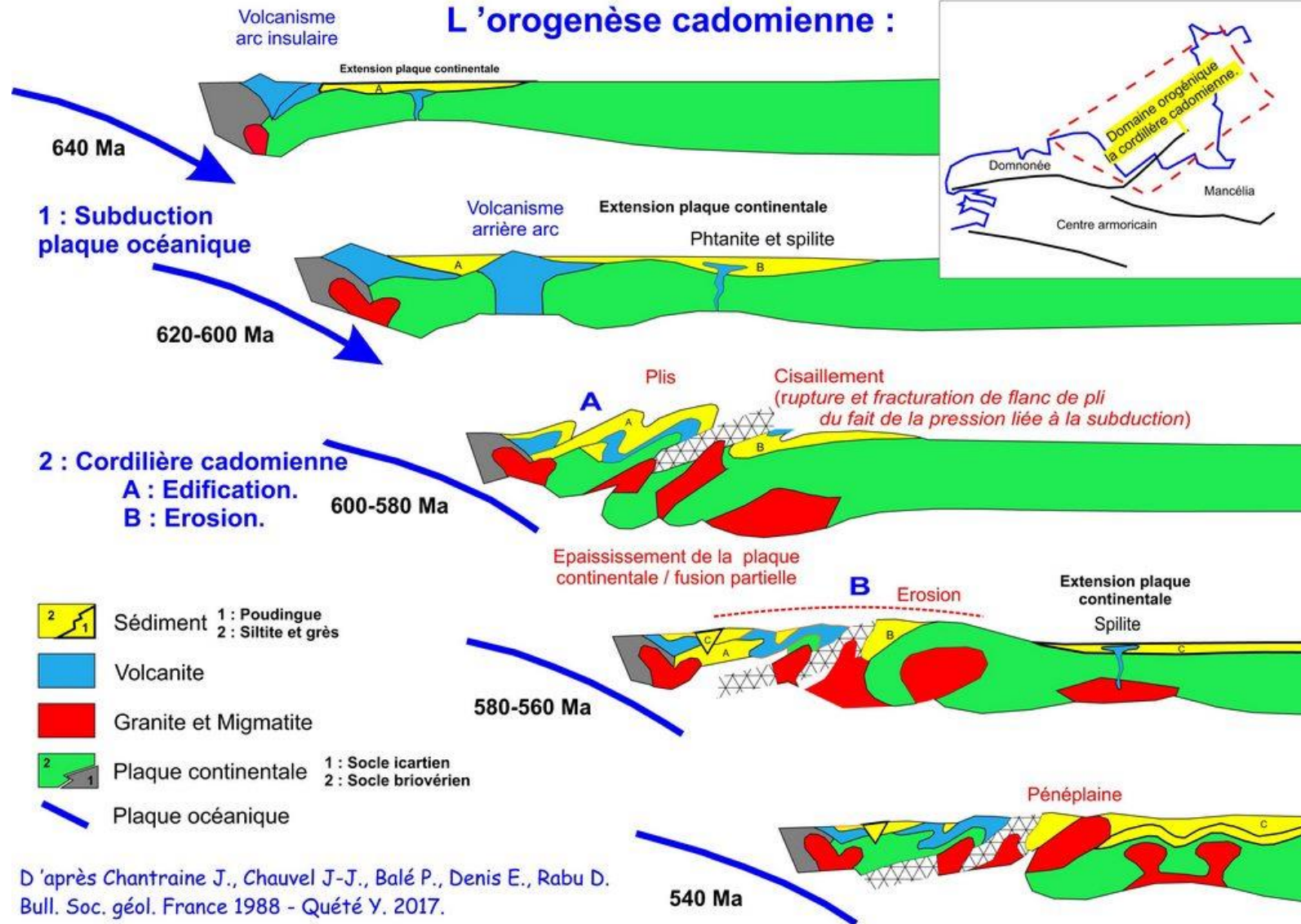


Carte géologique du Nord du Massif armoricain simplifiée à partir de la carte géologique de France au 1/1 000 000 (localités icartiennes encadrées).

Les roches du Massif armoricain dans l'échelle des temps géologiques. La hauteur des segments est proportionnelle aux intervalles de temps nommés dans la colonne "âge" et chiffrés en millions d'années (Ma) depuis l'actuel. La colonne "orogène" indique les noms des cycles de formation des chaînes de montagnes et leurs positions dans l'échelle des temps. Les couleurs distinguent l'âge et la nature des roches du Massif armoricain comme dans la figure p. 14. La ligne brisée en gras sépare les roches jamais métamorphosées vers le haut des roches toujours intensément métamorphosées et transformées en gneiss vers le bas.

D'après l'icartien armoricain, Erwann Hallot

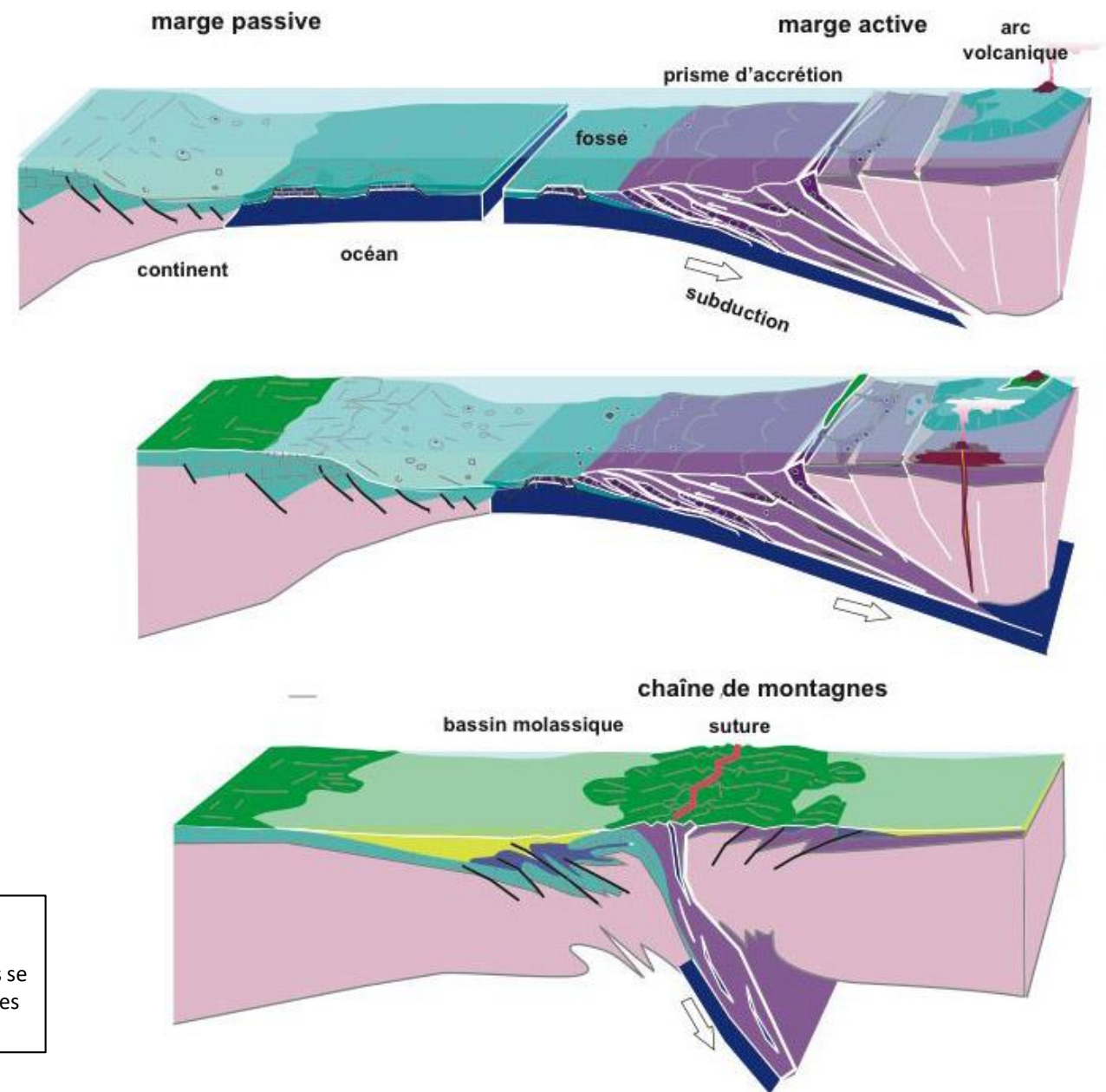
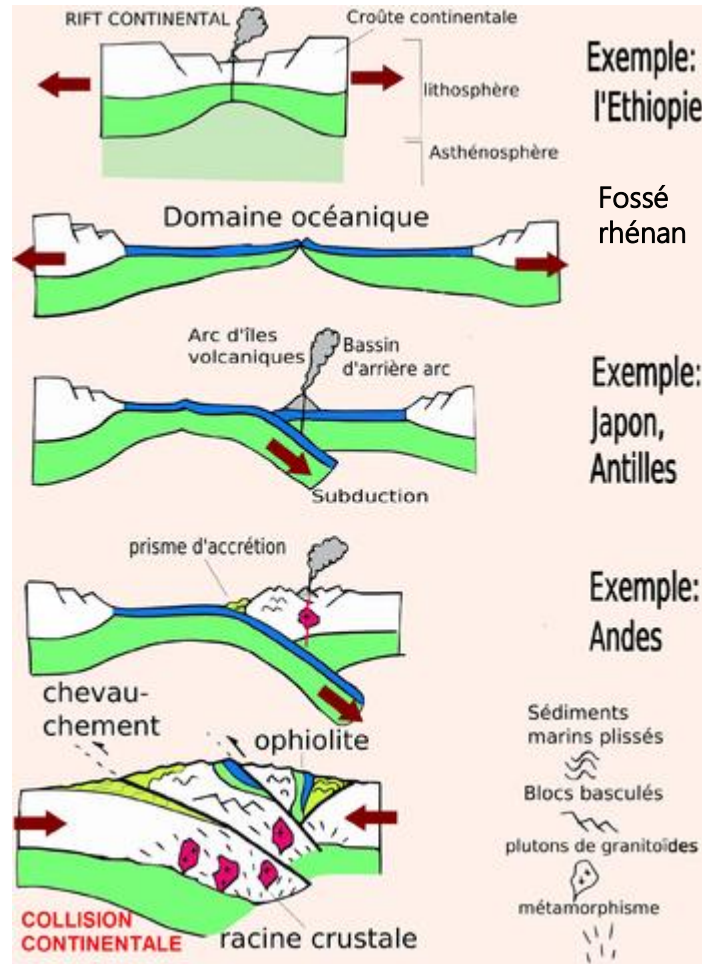
## L'orogénèse cadomienne :



D'après Chantraine J., Chauvel J.-J., Balé P., Denis E., Rabu D.  
Bull. Soc. géol. France 1988 - Quété Y. 2017.



# Du rift continental à la collision: le cycle orogénique



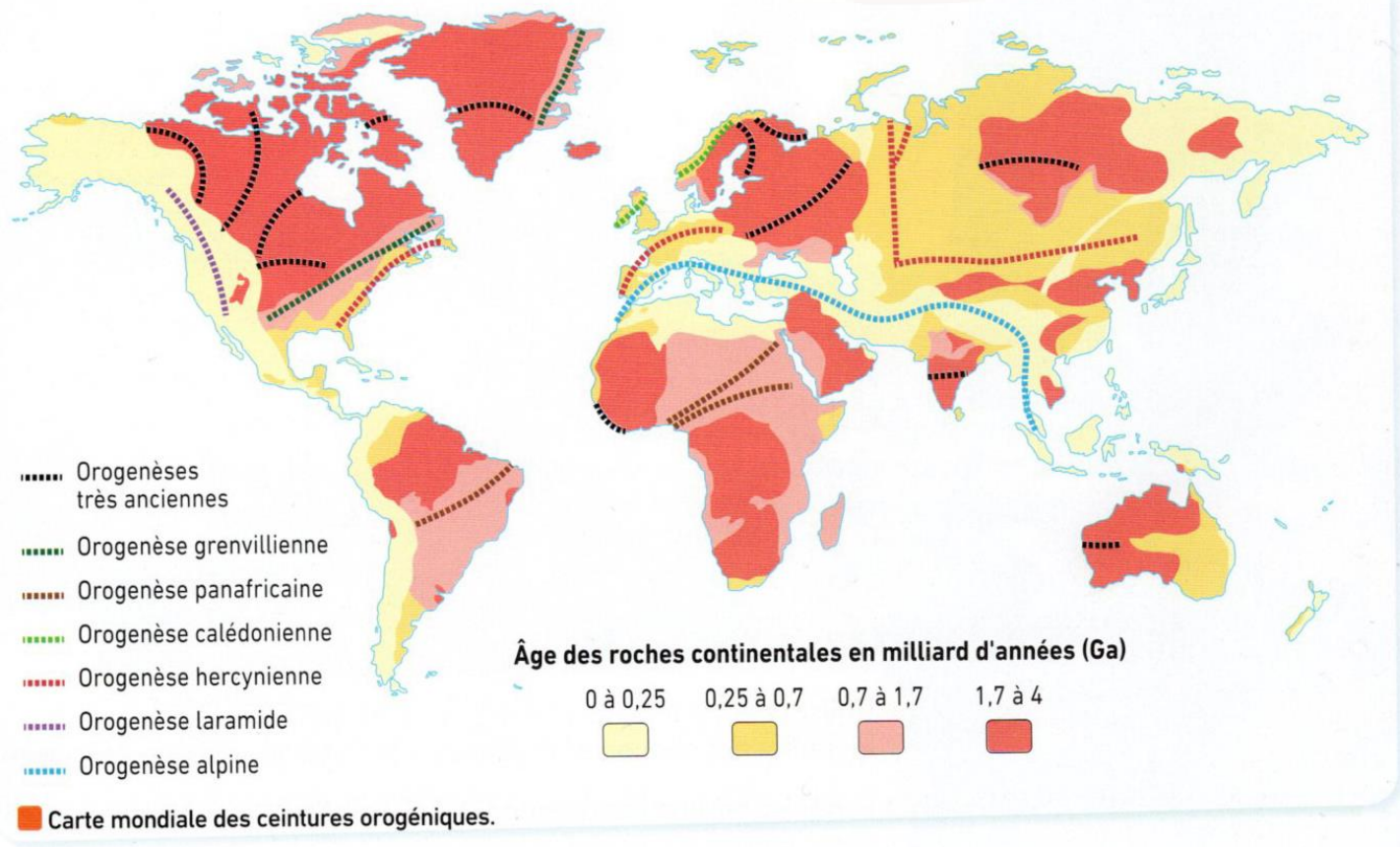
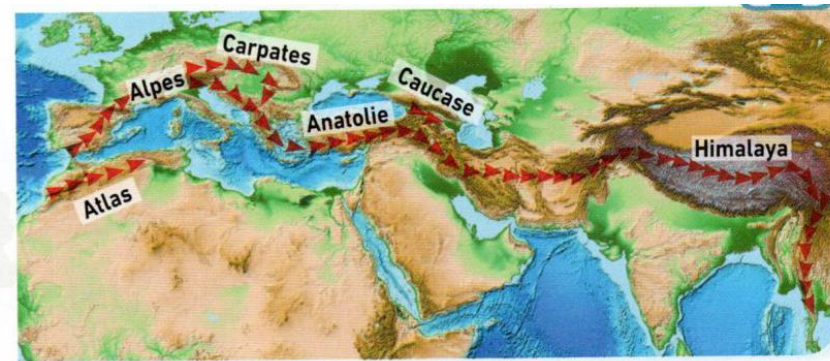
Les anciennes chaînes de montagnes comme les Vosges sont composées d'associations de roches de nature et d'âges très différents. Ces roches ont des origines et des histoires individuelles très diverses. Elles sont nées à des latitudes et des longitudes différents, mais sont retrouvées associées suite à la collision de masses continentales lors de plusieurs cycles orogéniques.

## Les ceintures orogéniques

À l'échelle mondiale, l'étude des formations géologiques a permis la reconstitution de nombreuses ceintures orogéniques anciennes, issues de **cycles orogéniques\*** différents. Un cycle orogénique regroupe l'ensemble des mécanismes permettant la formation d'une chaîne de montagnes, puis son démantèlement.

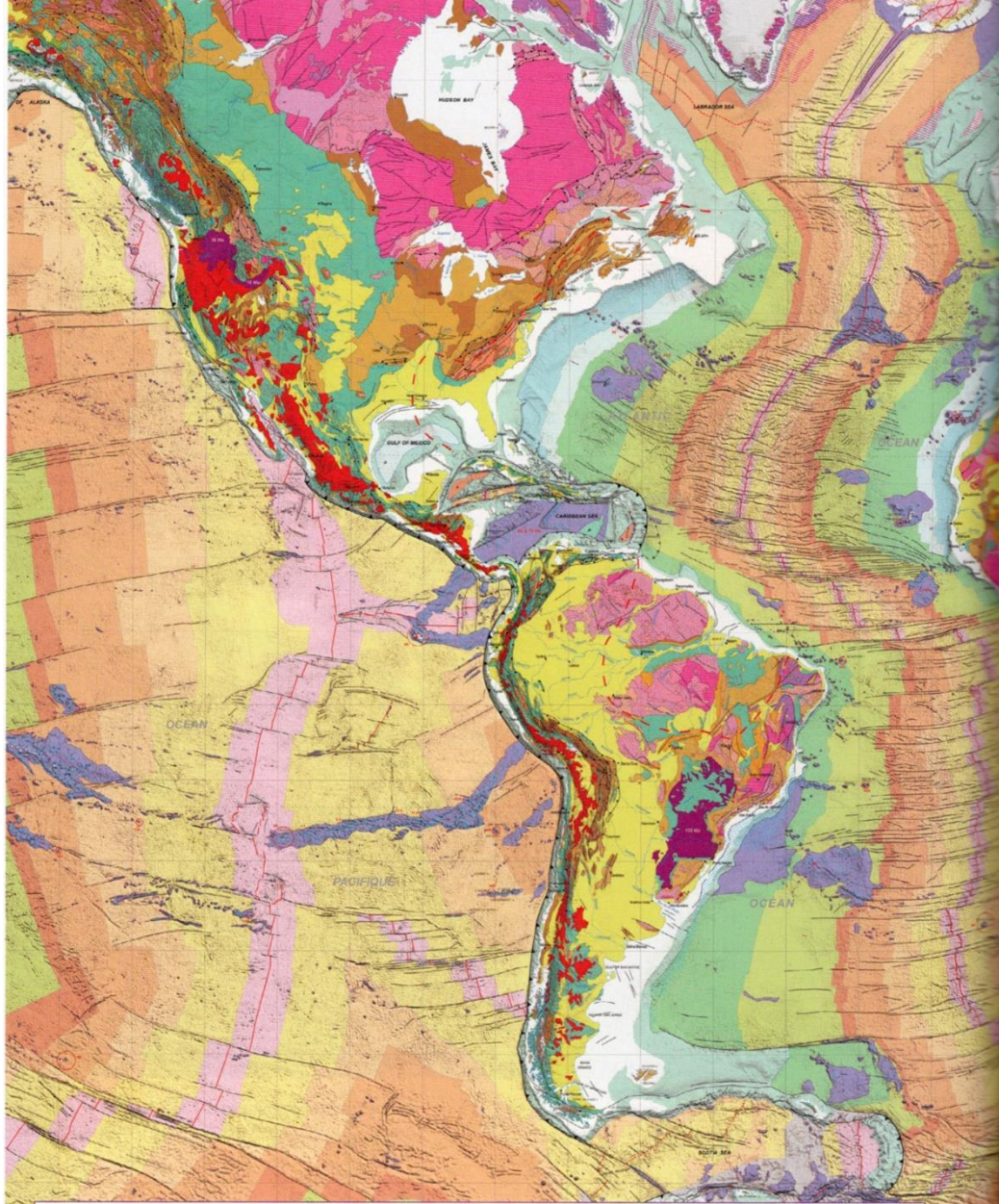
Une **ceinture orogénique\*** est un ensemble de chaînes de montagnes formées lors d'une orogénèse\*.

La ceinture alpine s'étend ainsi de l'Atlas marocain à l'Indonésie, car tous ces massifs relèvent d'une même histoire orogénique. Résultant d'une orogénèse récente, elle présente des reliefs marqués (14 sommets dépassent 8 000 mètres d'altitude dans l'Himalaya).



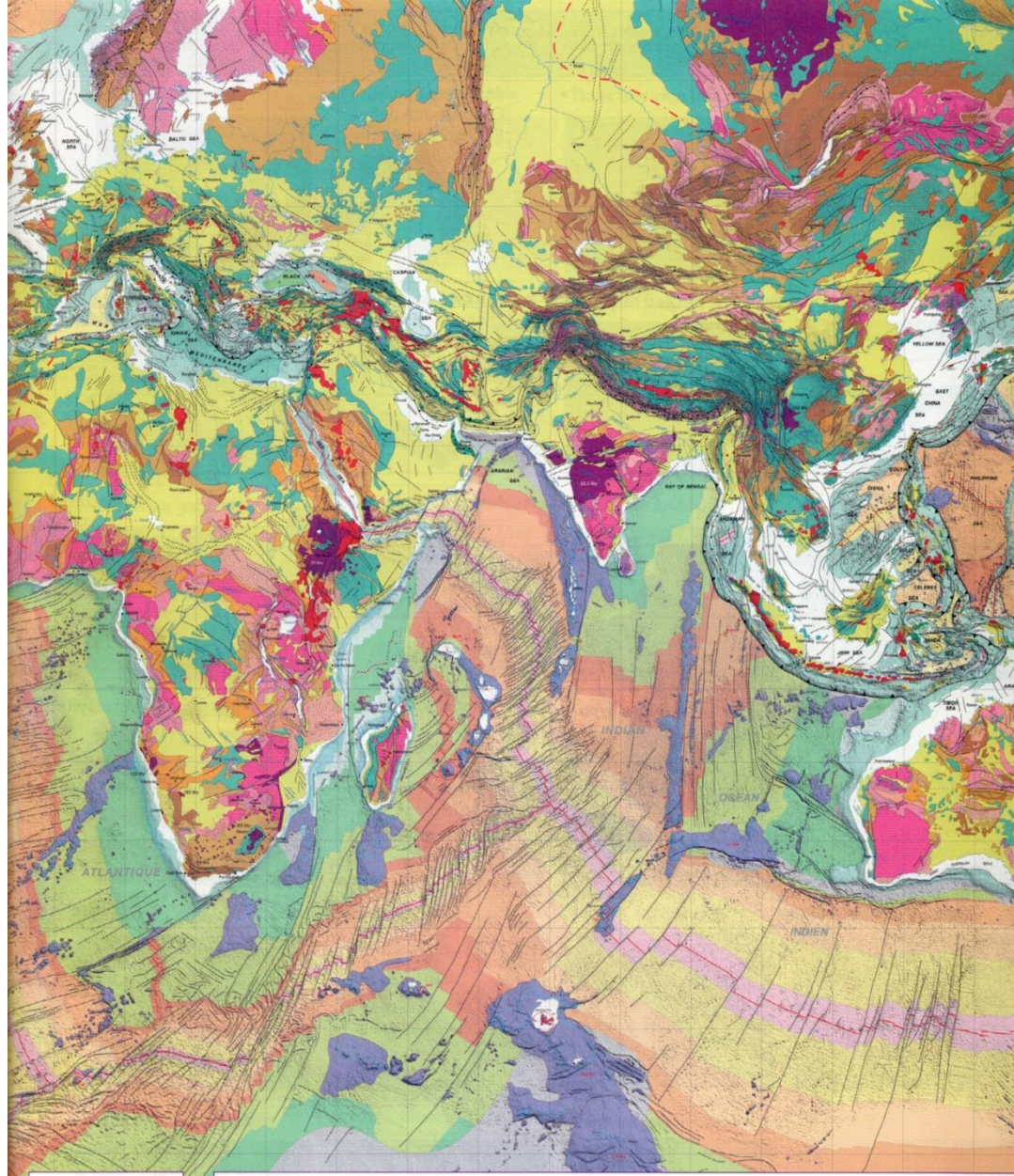
Les Alpes, vue du sommet du Mont Blanc août 2001

Q: repérez sur la carte géologique mondiale ( page suivante) quelques ceintures orogéniques



**Roches sédimentaires océaniques**

Plio-quaternaire - 5,3 à 0 Ma	Oligocène - 33,7 à - 23,8 Ma	Paléocène - 65 à - 53 Ma	Crétacé inférieur - 144,2 à - 98,9 Ma
Miocène - 23,8 à - 5,3 Ma	Éocène - 53 à - 33,7 Ma	Crétacé supérieur - 98,9 à - 65 Ma	Jurassique - 175 à - 144,2 Ma

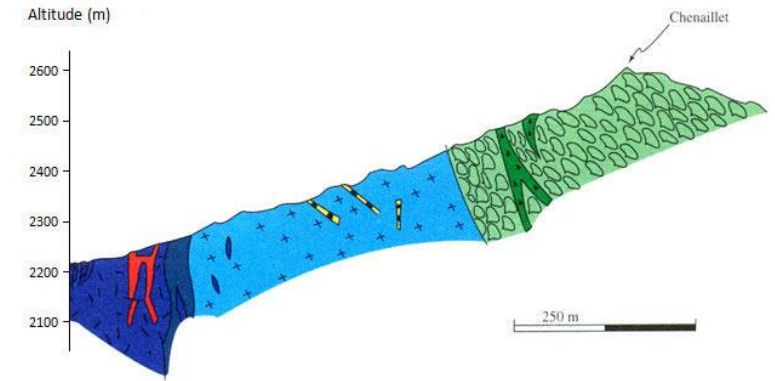


Provinces volcaniques géantes (LIP)

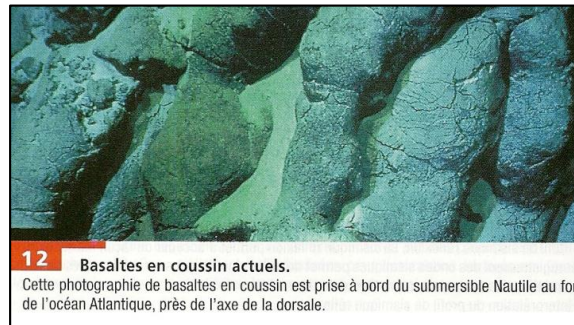
**Roches sédimentaires continentales**

Cénozoïque - 65 à 0 Ma	Paléozoïque supérieur - 410 à - 250 Ma	Protérozoïque - 2 500 à - 545 Ma
Mésozoïque - 250 à - 65 Ma	Paléozoïque inférieur - 545 à - 410 Ma	Archéen avant - 2 500 Ma

# Des basaltes en coussins sur les sommets alpins

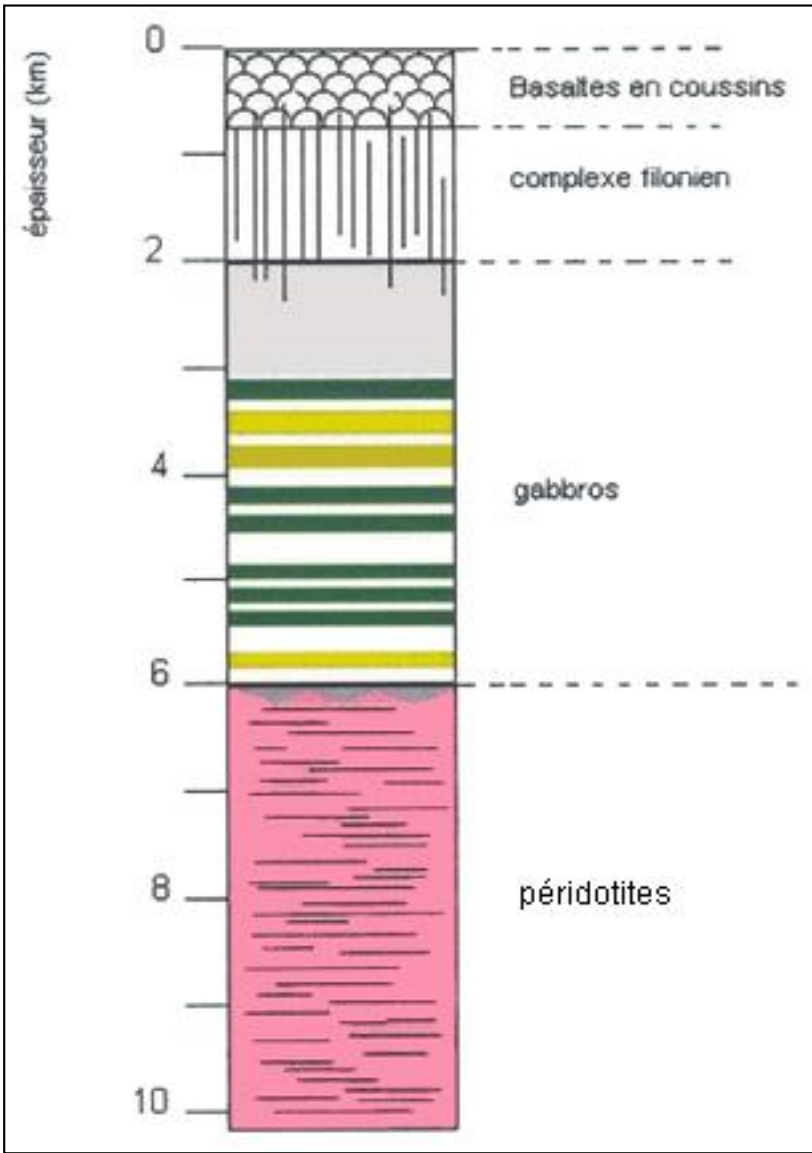
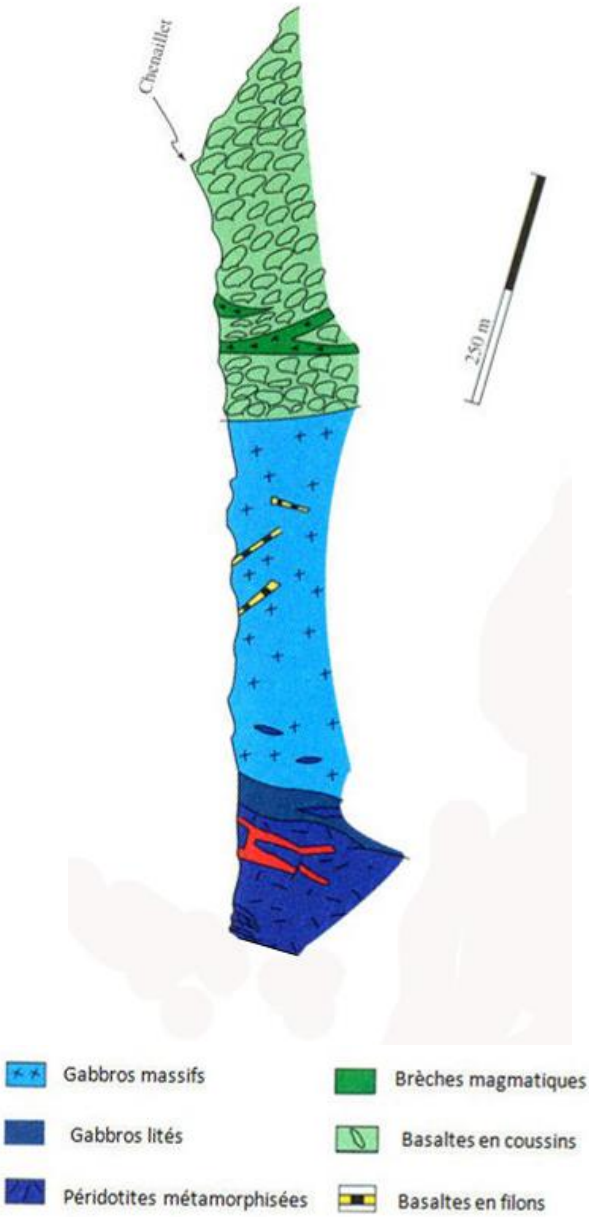


- Gabbros massifs
- Gabbros lités
- Périidotites métamorphosées
- Brèches magmatiques
- Basaltes en coussins
- Basaltes en filons

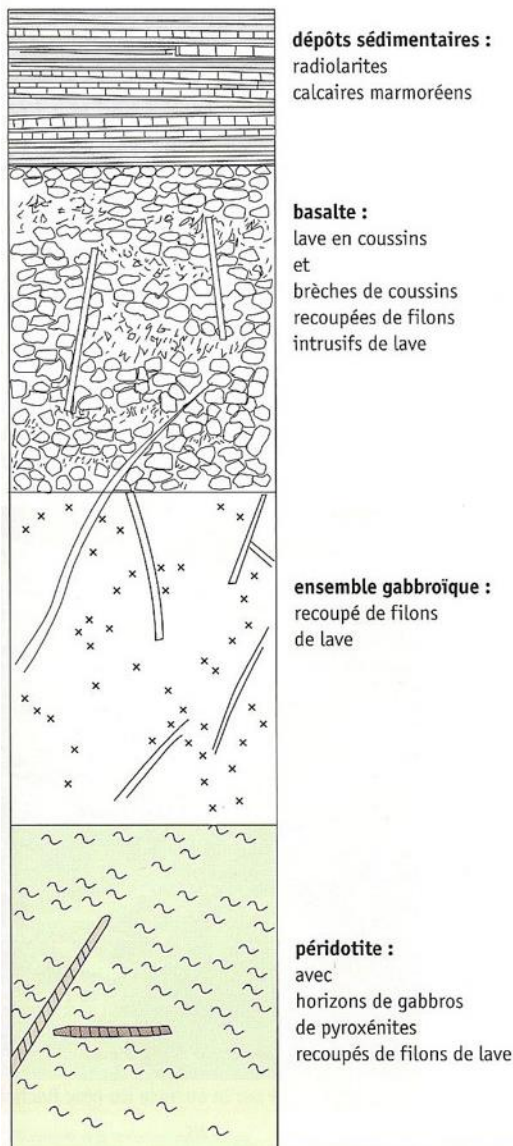


**12** Basaltes en coussin actuels.  
 Cette photographie de basaltes en coussin est prise à bord du submersible Nautilus au fond de l'océan Atlantique, près de l'axe de la dorsale.

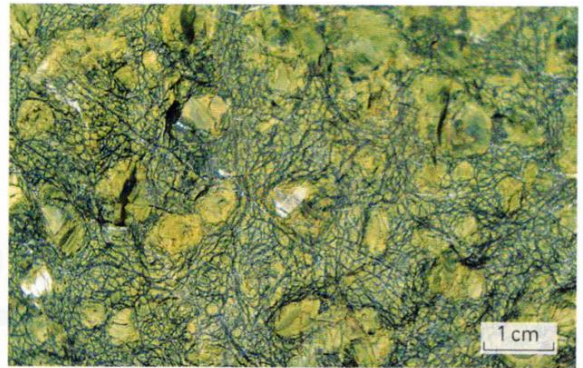
# Coupe dans la lithosphère océanique actuelle



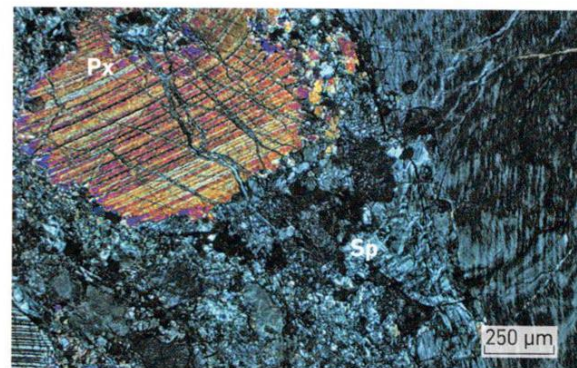
# Les ophiolites du Chenaillet



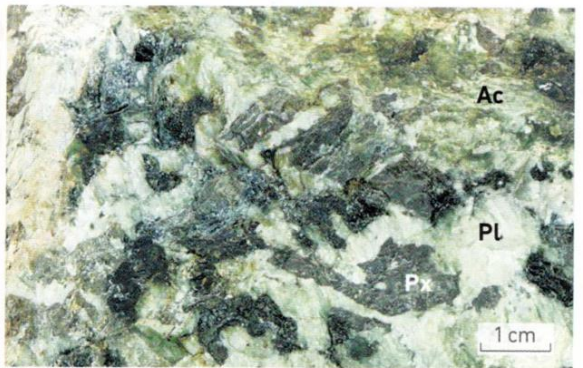
Les minéraux qui composent les roches de l'ophiolite du massif du Chenaillet montrent qu'elles ont subi un métamorphisme\* au cours de leur histoire.



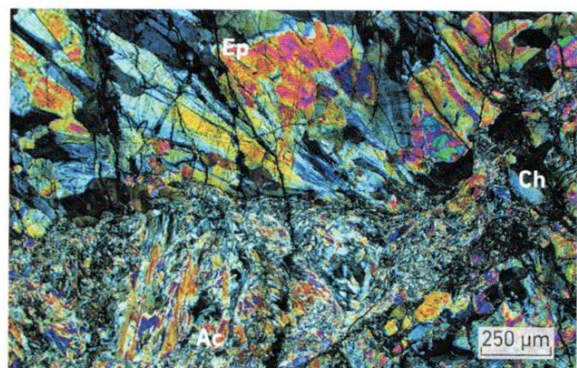
**A** À l'œil nu, les péridotites (ou serpentinites) présentent des reflets verts et un aspect de surface évoquant la peau d'un serpent. Cette particularité est à l'origine de leur nom.



**B** Au microscope en lumière polarisée analysée (LPA), on constate qu'une grande partie de l'olivine et des pyroxènes (Px) constituant initialement la péridotite ont été remplacés par un minéral hydraté : la serpentine (Sp).



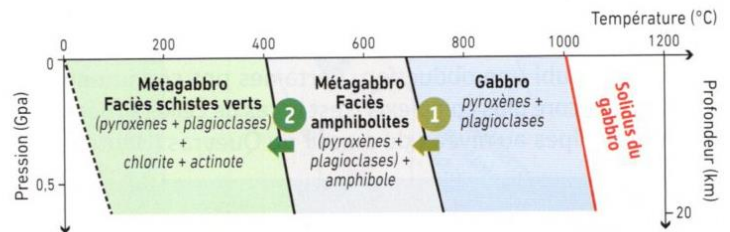
**C** À l'œil nu, les gabbros présentent des cristaux sombres de pyroxène (Px) et clairs de plagioclase (Pl) ainsi qu'une teinte verdâtre due à d'autres minéraux, dont l'actinote (Ac).



**D** Sur cet échantillon observé au microscope polarisant en LPA, seuls les contours des pyroxènes et plagioclases peuvent encore être devinés. Ils ont été remplacés par trois minéraux : l'actinote (Ac), la chlorite (Ch) et l'épidote (Ep).

En laboratoire, les géologues ont pu déterminer les domaines de stabilité des minéraux du gabbro en fonction de la pression et de la température, et identifier les réactions métamorphiques se produisant aux frontières de ces domaines de stabilité.

- Réactions métamorphiques**
- 1 : plagioclase + pyroxène + eau → amphibole (hornblende)
  - 2 : plagioclase + hornblende + eau → chlorite + actinote

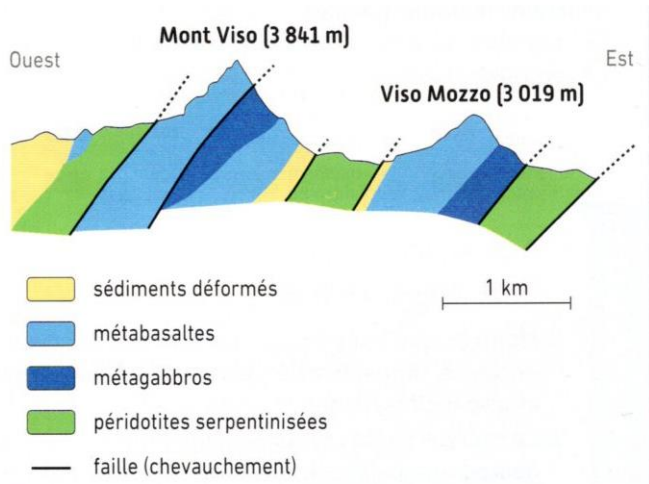


**E** Domaines de stabilité des minéraux du gabbro.

# Les ophiolites du Mont Viso

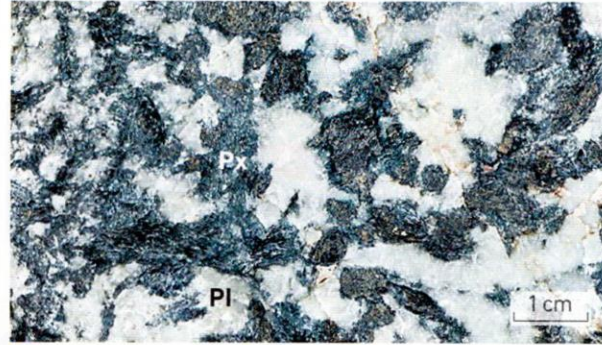


**A** Le Mont Viso, panorama.

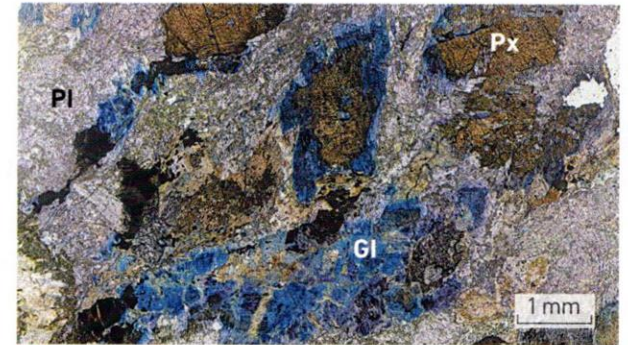


**B** Coupe géologique du complexe ophiolitique du Mont Viso.

Ce métagabbro 1 (photographies **A** et **B**) présente à l'œil nu des plagioclases (Pl) et des pyroxènes (Px) entourés d'une auréole d'un minéral bleuté, identifiable au microscope polarisant comme étant du glaucophane (Gl).



**A** Métagabbro 1 observé à l'œil nu.

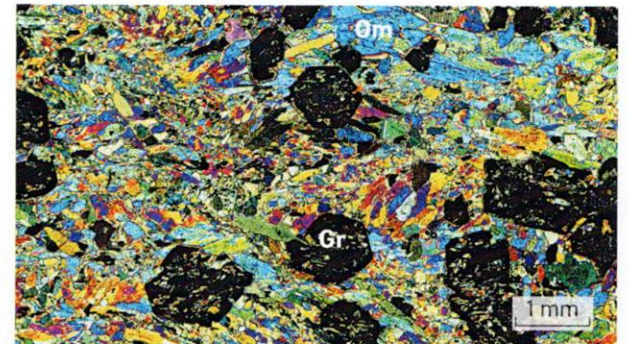


**B** Métagabbro 1 observé au microscope polarisant en LPNA.

Ce métagabbro 2 (photographies **C** et **D**) contient de nombreux grenats rouges (Gr) associés à un pyroxène vert, l'omphacite (Om).



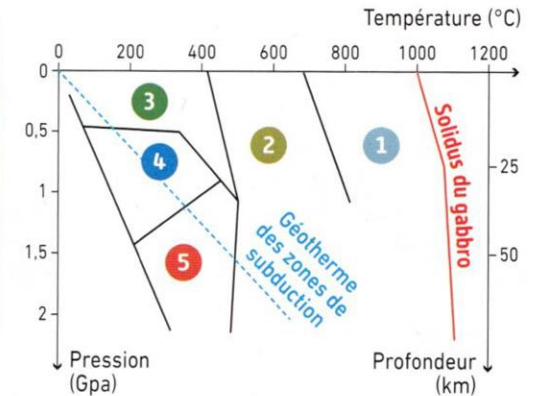
**C** Métagabbro 2 observé à l'œil nu.



**D** Métagabbro 2 observé au microscope polarisant en LPA.

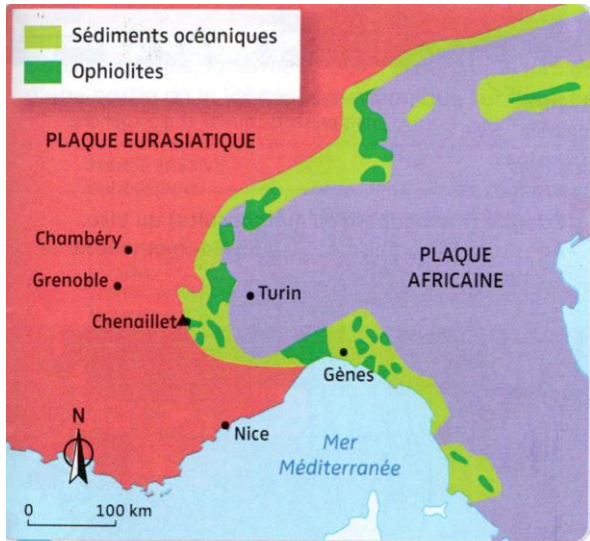
Domaine de stabilité	Faciès	Association minérale
1	granulite (gabbro de dorsale)	pyroxène + plagioclase
2	amphibolite	plagioclase + hornblende
3	schistes verts	plagioclase + actinote + chlorite
4	schistes bleus	glaucophane, +/- plagioclase, +/- omphacite
5	éclogites	omphacite + grenat

**E** Domaines de stabilité de quelques associations minérales de la croûte océanique.

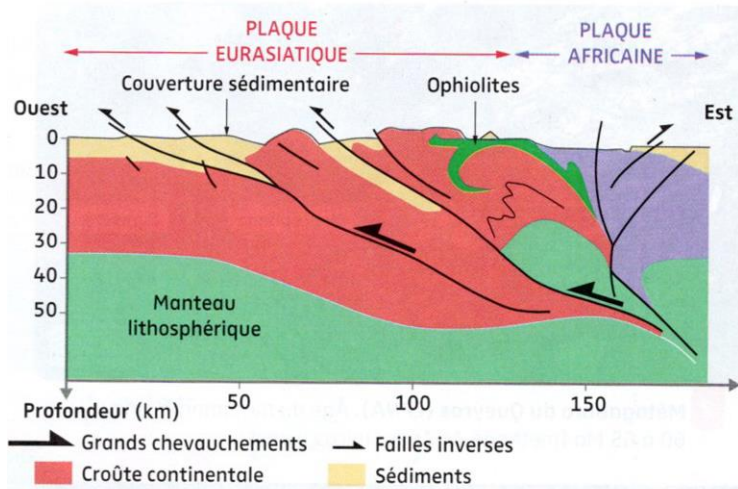


**Q:** argumentez l'hypothèse selon laquelle les roches qui constituent le Mont Viso ont subi une subduction avant d'être portées en altitude lors de la collision

## Les ophiolites alpines



**6** Carte de localisation des ophiolites dans les Alpes occidentales. Les ophiolites alpines sont aussi visibles sur la carte géologique de la France



**7** Coupe géologique simplifiée à travers les Alpes occidentales (d'après Malavielle et Chemenda, 1997). Les Alpes résultent de la collision entre la plaque eurasiatique et la plaque africaine.

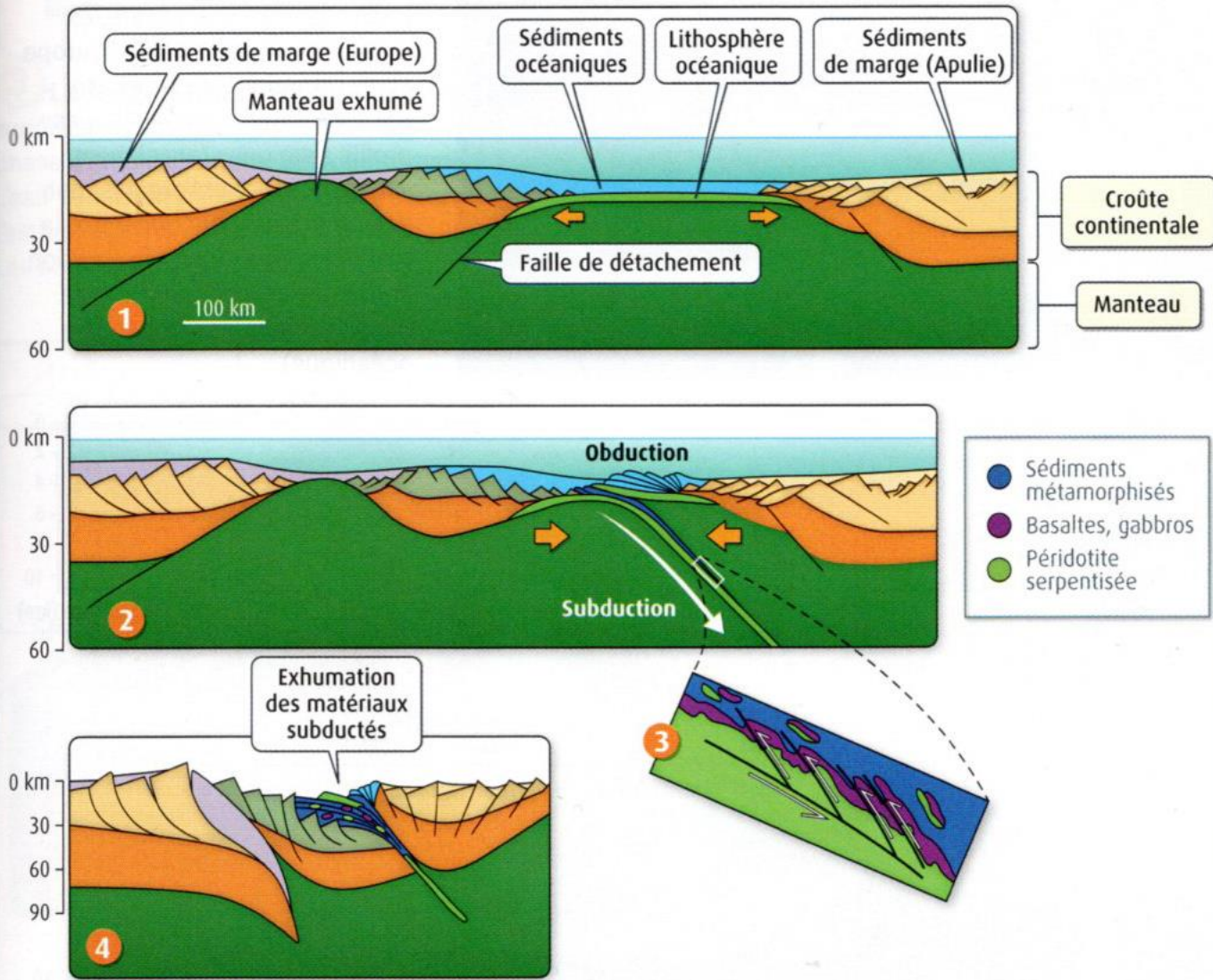


**La rencontre de deux continents.** Dans les Alpes, les géologues considèrent cette ligne rouge comme la zone de rencontre de deux continents depuis 35 Ma, préalablement séparés par un océan.

Source : Google Earth



# La mise en place des ophiolites alpines



## Scénario de formation des ophiolites alpines.

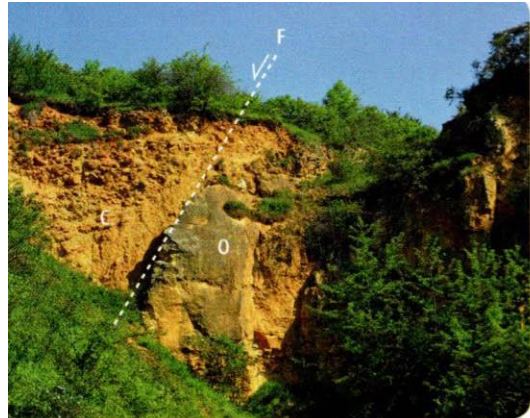
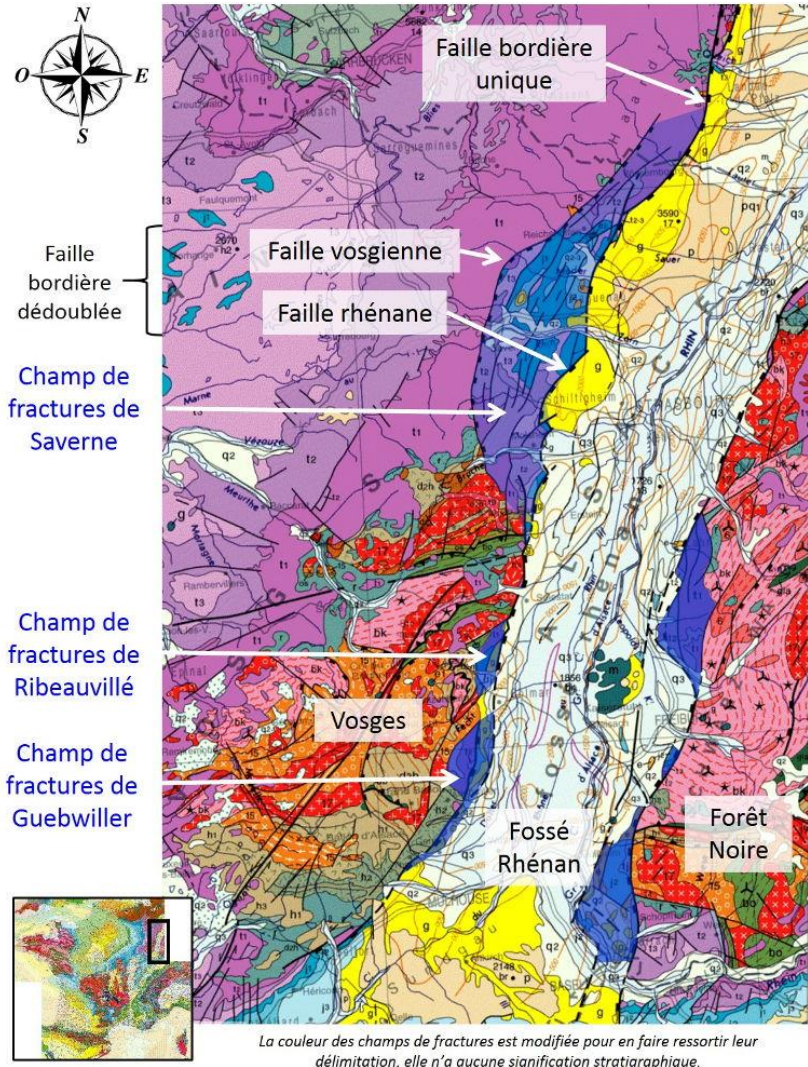
**1.** Fin de l'océanisation (145 Ma).

**2.** Rupture de la lithosphère océanique lors de l'inversion des contraintes tectoniques. Une portion de lithosphère part en subduction. L'autre portion chevauche la précédente (obduction). La portion en obduction demeure dans le domaine des schistes verts (ex. : Chenaillet, 80-90 Ma). La portion en subduction entre dans les domaines du schistes bleus et éclogites (ex. : Viso).

**3.** Entre 30 et 80 km de profondeur, des écailles de lithosphère peuvent se former et se désolidariser de la plaque plongeante.

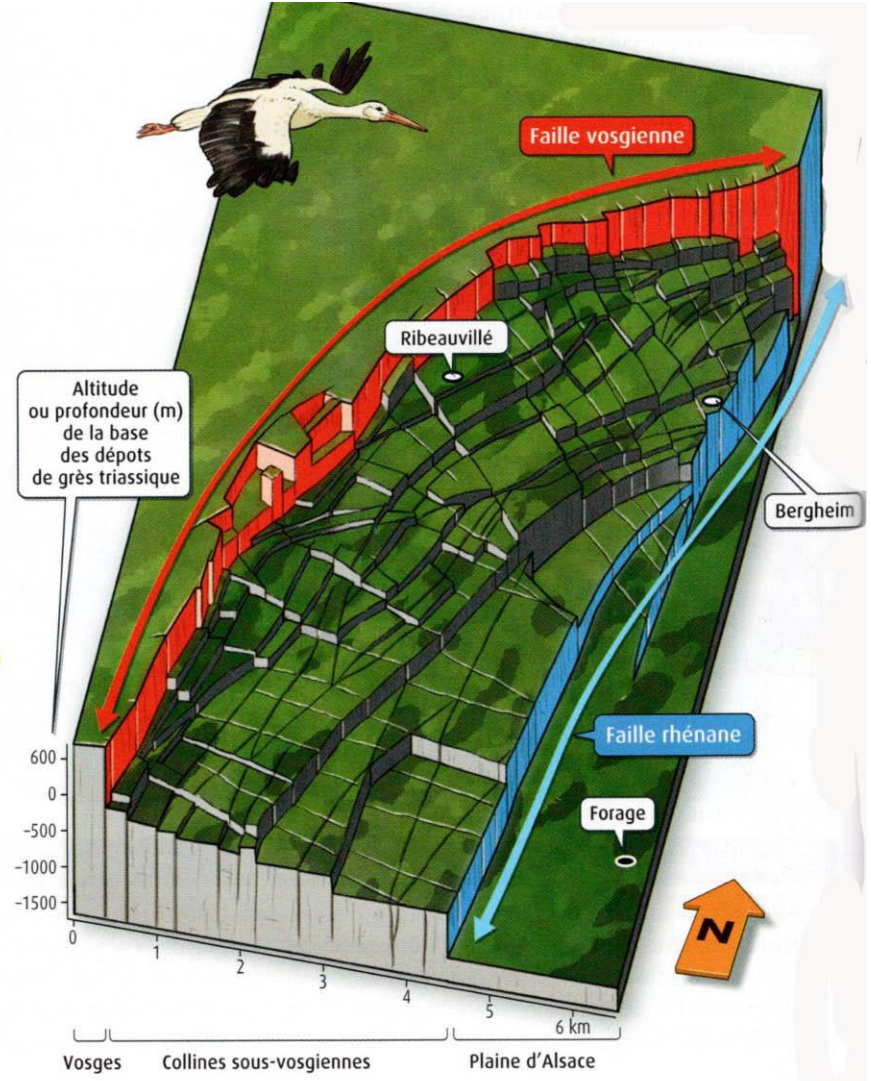
**4.** Collision et exhumation des écailles de lithosphère océanique (Viso ; 40-0 Ma).

# La fracturation continentale



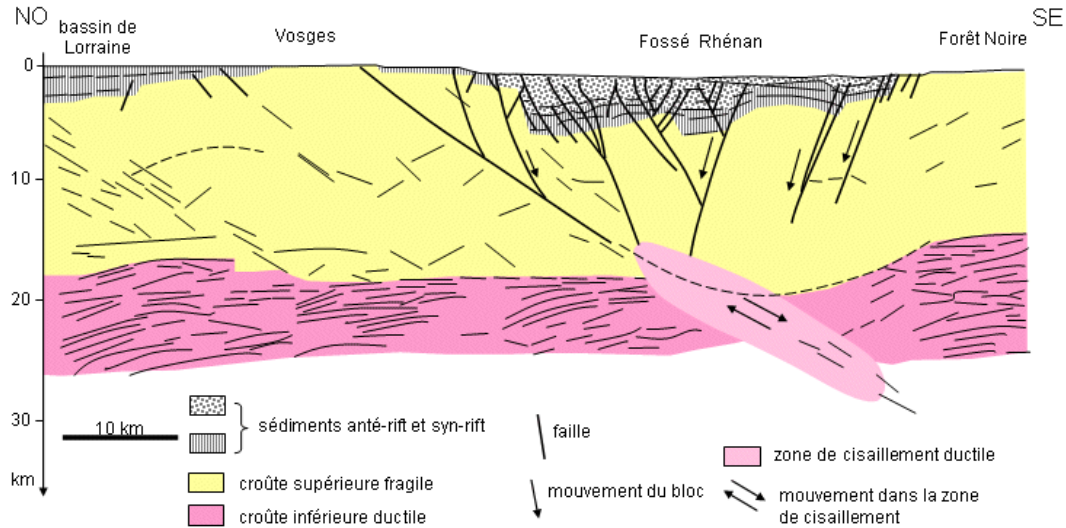
**2** Faille normale dans les collines sous-vosgiennes (Bergheim). La faille normale (F) fait reposer de manière discordante des dépôts détritiques de type conglomérats (c) d'âge Eocène-Oligocène (40 à 28 Ma) sur une formation sédimentaire (o) d'âge Jurassique moyen (170 Ma).

**3** Bloc diagramme du champs de fracture de Ribeauvillé. La surface de référence représentée correspond à la base des grès du Trias. Elle est observée par sondages dans la plaine d'Alsace et sur les reliefs au niveau des Vosges. Les collines sous-vosgiennes sont limitées à l'Ouest par une faille de détachement lithosphérique (faille Vosgienne) qui met en contact les roches de la croûte continentale profonde et des terrains d'âges différents. Ces terrains correspondent à la surface de petits compartiments de socles disposés en touches de piano (blocs effondrés) et plus ou moins enfoncées. À l'Est, les collines sont limitées par la faille rhénane, plus profonde.



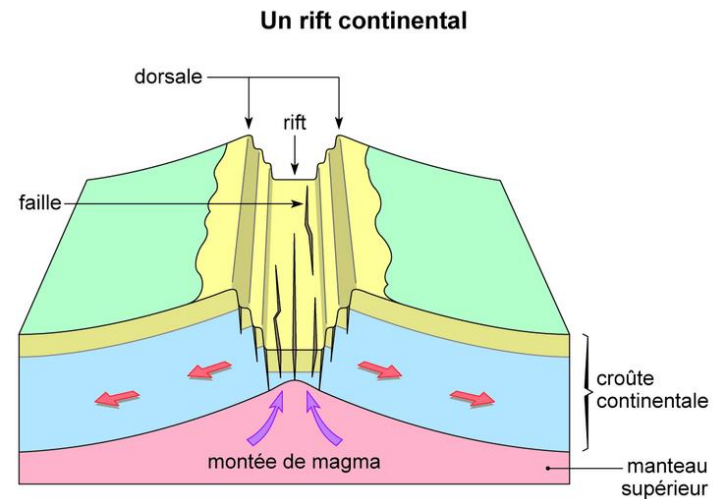
# Le rift rhénan

interprétation du profil sismique ECORS  **dans le sud du Fossé Rhénan**  montrant les relations entre les failles dans la croûte supérieure et la zone de cisaillement dans la croûte inférieure.  
modifié d'après C. Brunet

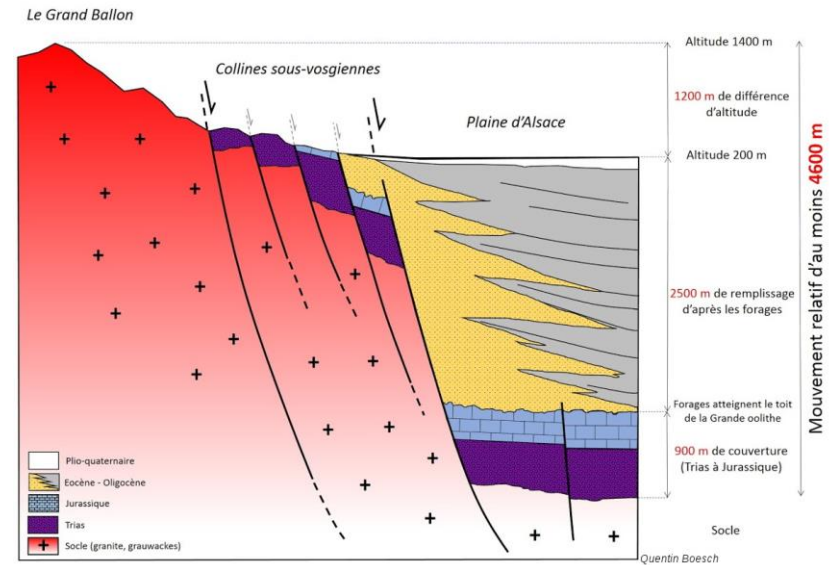


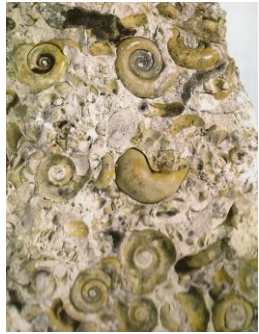
Le fossé rhénan présente:

- Une extension faible, environ 5km en 50 MA soit 0,1 mm/an très loin des expansions océaniques
- L'affaissement actuel est de 0,2 à 0,7 mm/an
- une forte activité sismique dû à des mouvements verticaux et horizontaux à l'origine de failles normales et de champ de fracture sur les bords
- un amincissement de la croûte profonde et une zone à faible vitesse (5,5km/sec au lieu de 6,5 entre 10et 20km de profondeur)
- Une forte anomalie gravimétrique négative
- Un haut flux géothermique, 1°C tous les 10 à 20 m au lieu des 30km habituels
- Un volcanisme fissural alcalin riche en Na et Ca (essexites et phonolites)



Calcul du mouvement relatif entre épaules et rift



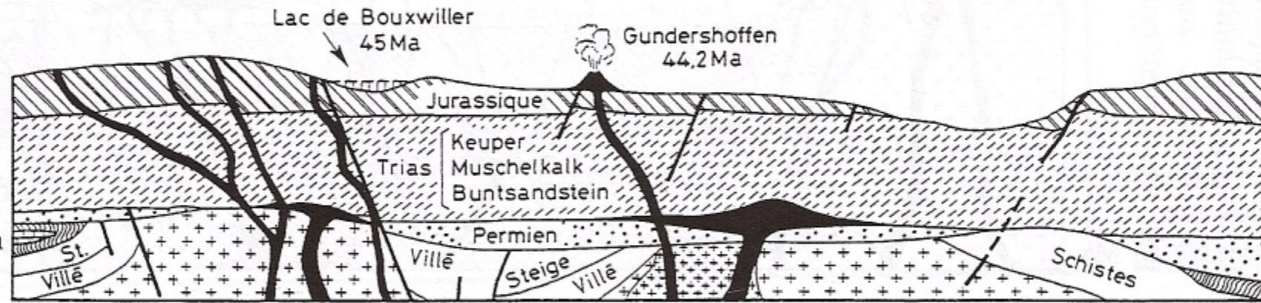


7

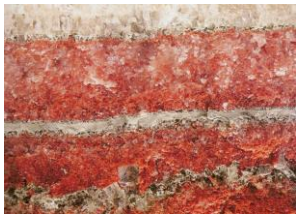
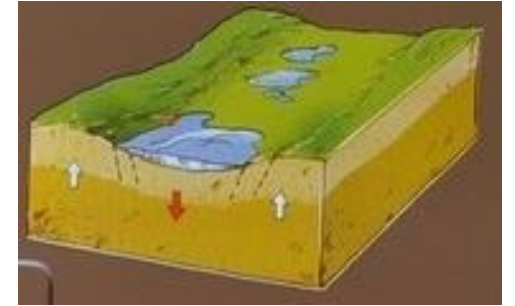
Eocène moyen  
46-37 Ma

PREMIERS AFFAISSEMENTS DANS LE BLOC RHÉNAN

Fin de la phase continentale et volcanique pré-rift



L'histoire du rift rhénan

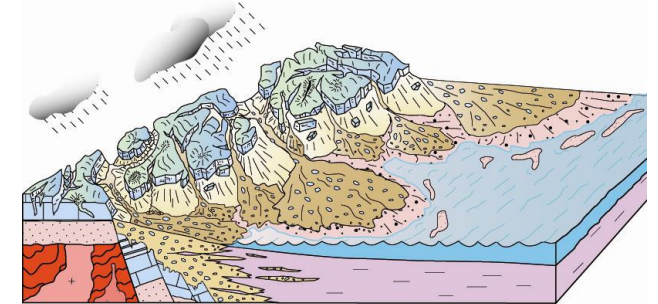
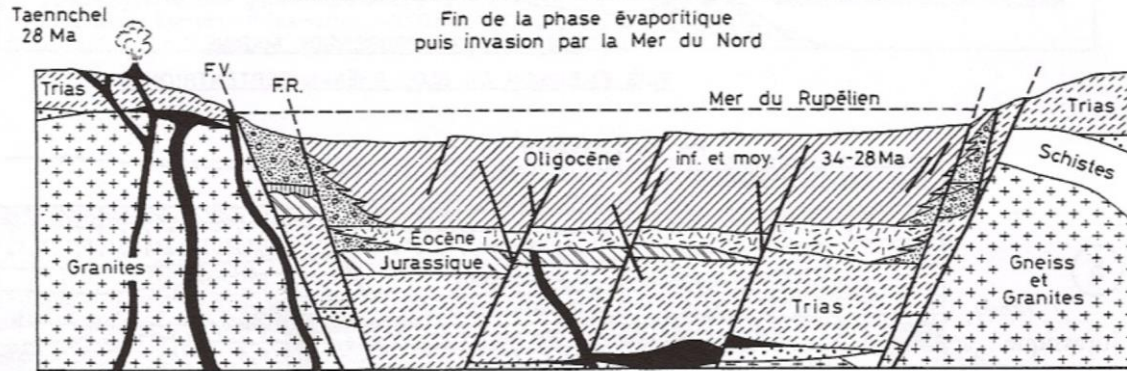


9

Oligocène  
34-23 Ma

SUBSIDENCE DU FOSSÉ ET REMONTÉE DES BORDURES

Fin de la phase évaporitique  
puis invasion par la Mer du Nord



Modèle de dépôt le long de la bordure vosgienne du fossé rhénan (rift) montrant les cônes alluviaux conglomératiques

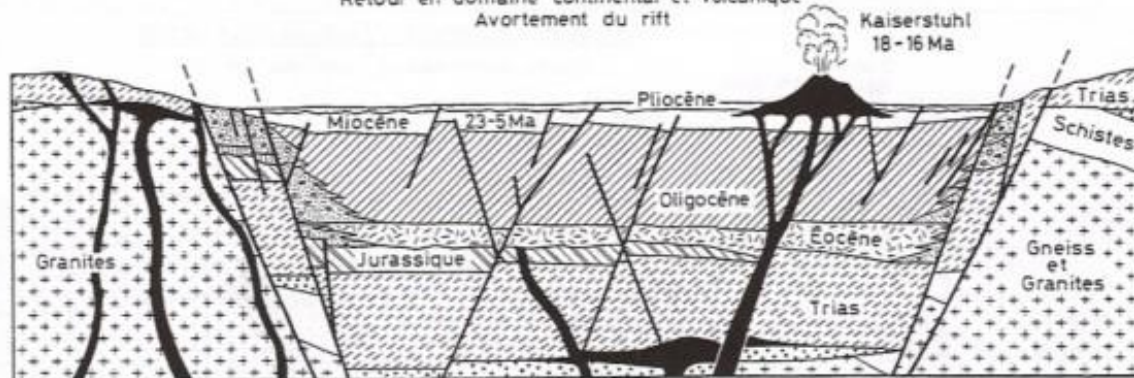


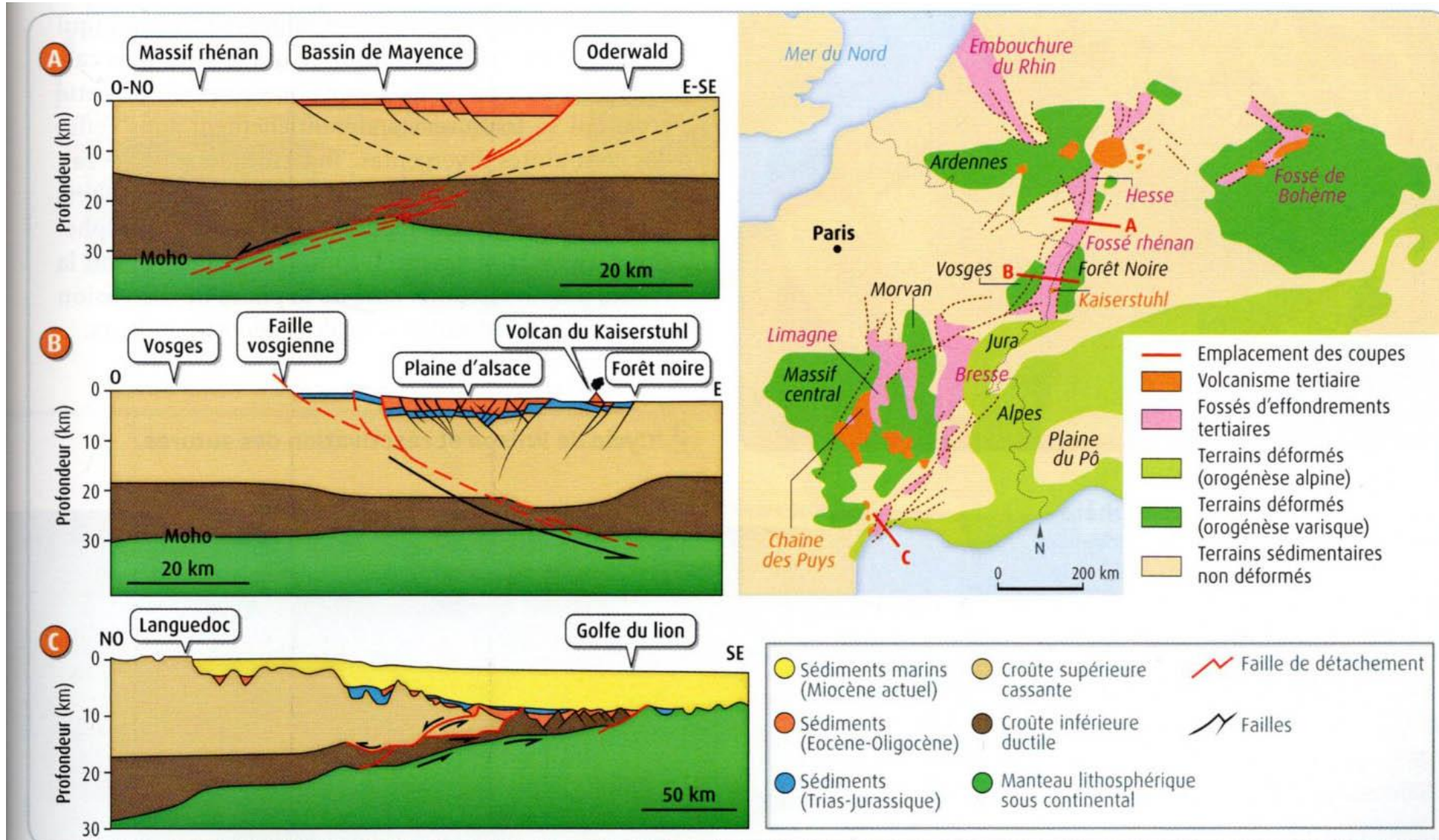
10

Miocène et  
Pliocène  
23-2 Ma

DISTENSION ET FRACTURATION DU FOSSÉ

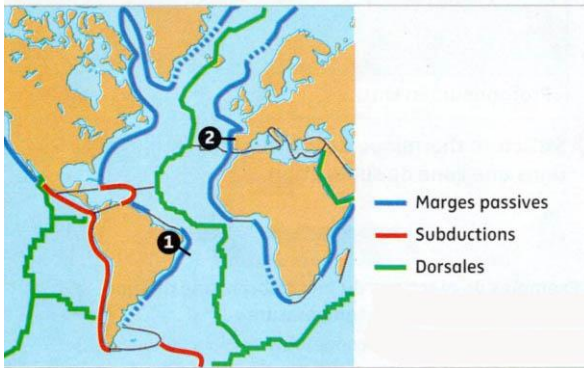
Retour en domaine continental et volcanique  
Avortement du rift



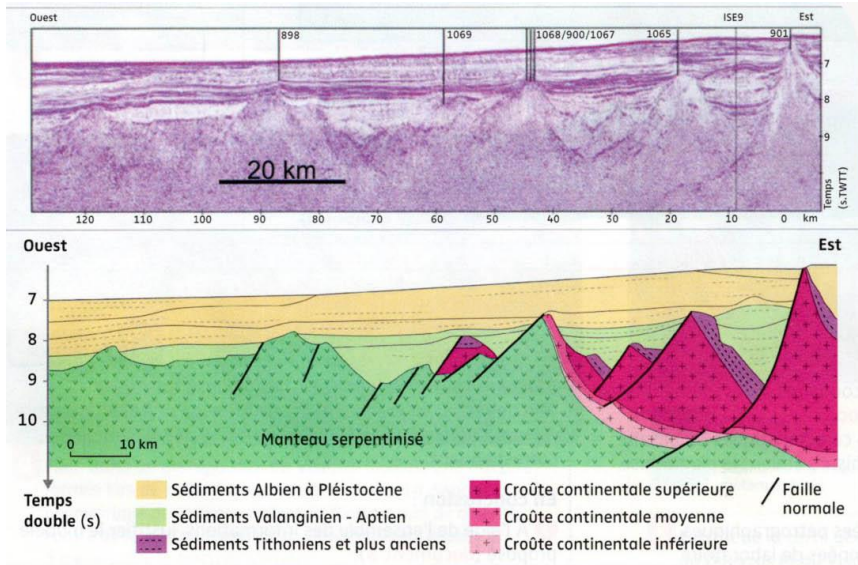
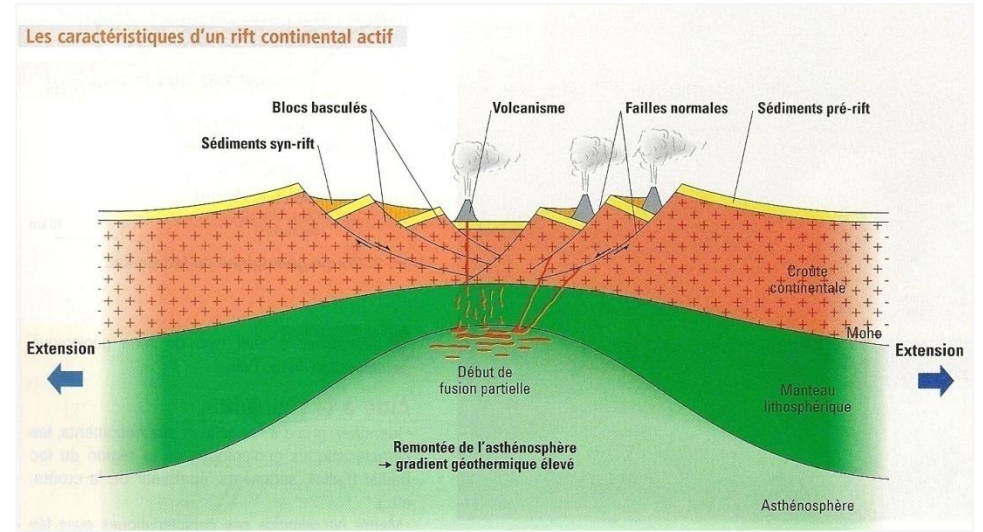


**5 Les fossés d'effondrement Éocène et Oligocène en Europe.** L'Alsace n'est pas la seule région qui a subi une fracturation de la croûte continentale de la fin de l'Eocène au début de l'Oligocène. De la mer du Nord à la Méditerranée, on peut observer la mise en place de ces dépressions à l'origine de la formation de fossés remplis de sédiments âgés de 41 à 28 Ma. Elles résultent d'une phase de distension de la lithosphère européenne. De grandes failles de détachement favorisent l'amincissement de la croûte continentale, la formation de blocs basculés et, dans certains cas, de volcans.

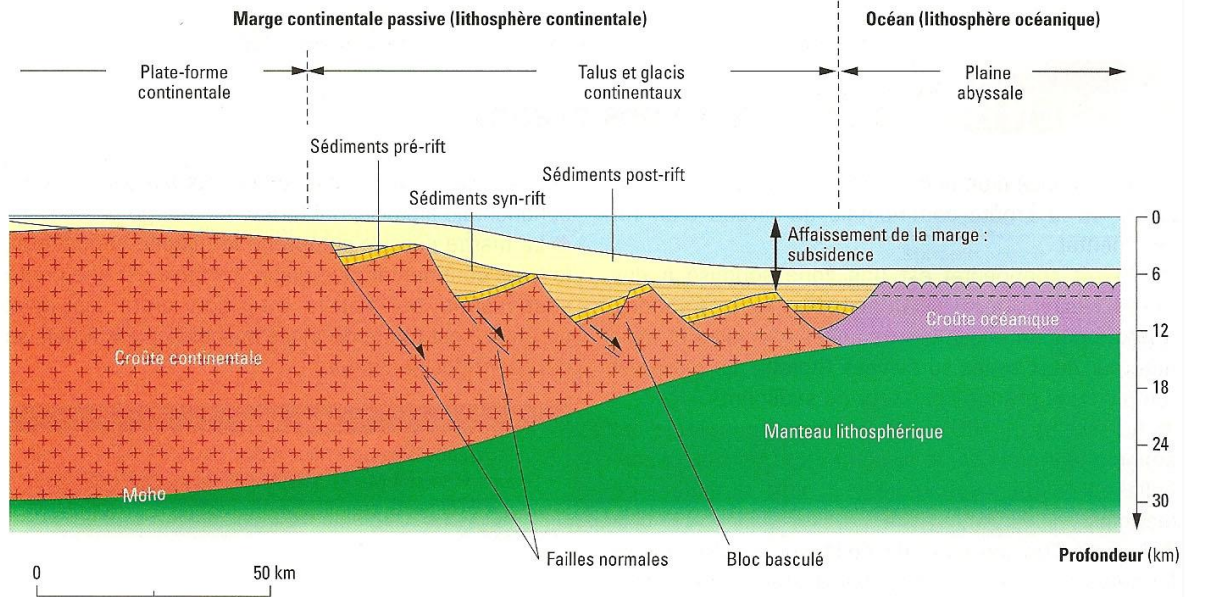
# Du rift continental à la marge passive



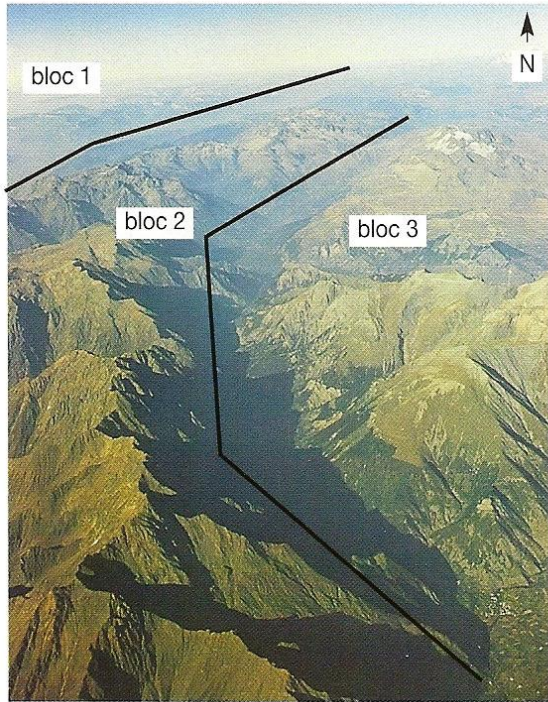
Un réseau de failles normales dans un rift continental en Afrique de l'Est.



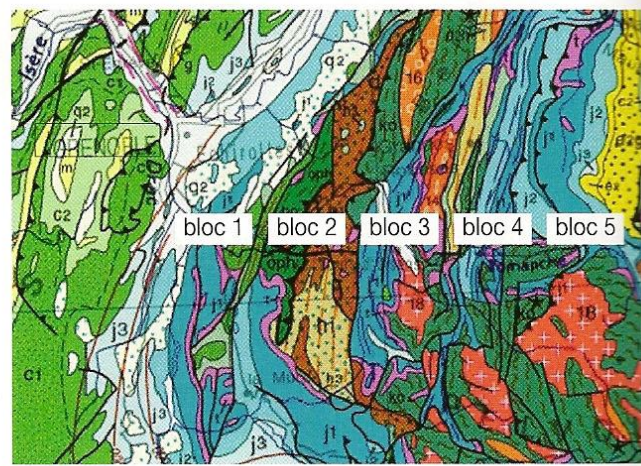
## Caractéristiques morphologiques, tectoniques et sédimentaires d'une marge passive



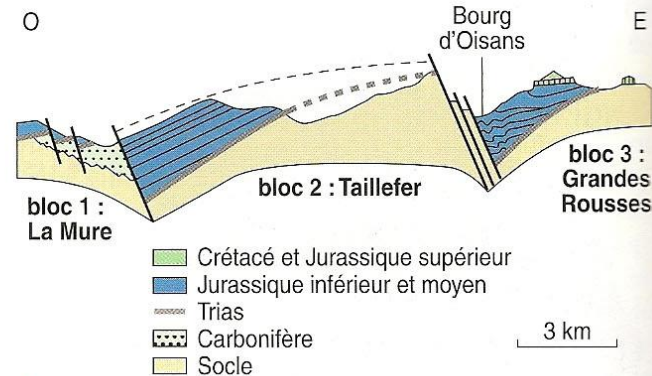
Dans toute la partie située à l'ouest de l'arc alpin, il est possible de repérer un ensemble de failles normales\* qui séparent des blocs de croûte continentale. Ceux-ci ont plus ou moins basculé les uns par rapport aux autres du fait de l'inclinaison des plans de faille. Les *documents ci-après* illustrent la présence de ces blocs dans la région de l'Oisans, à proximité de Grenoble.



▲ Photographie aérienne du secteur.

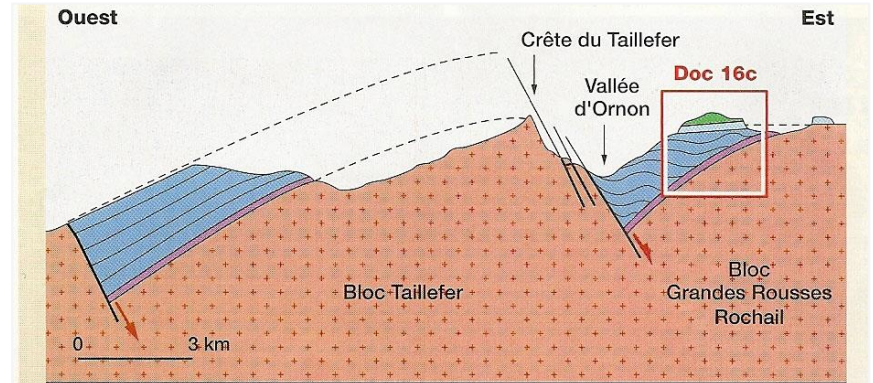


▲ Extrait de la carte géologique (les traits noirs correspondent aux failles).



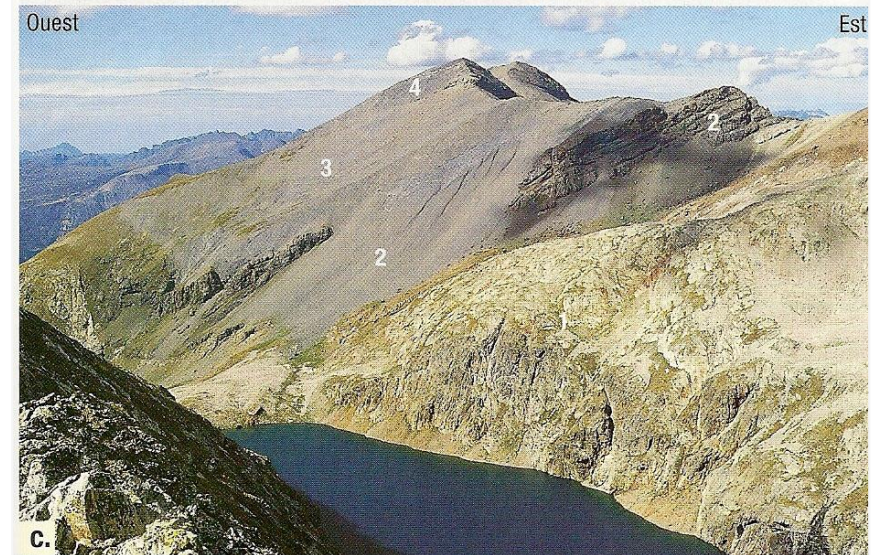
▲ Coupe du secteur étudié.

## Une paléomarge passive



- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| Sédiments du Crétacé inférieur (- 96 à - 130 Ma)                         | Sédiments du Trias (- 205 à - 245 Ma) |
| Sédiments du Jurassique supérieur (- 130 à - 154 Ma)                     | Socle primaire                        |
| Sédiments du Jurassique inférieur et Jurassique moyen (- 154 à - 205 Ma) |                                       |

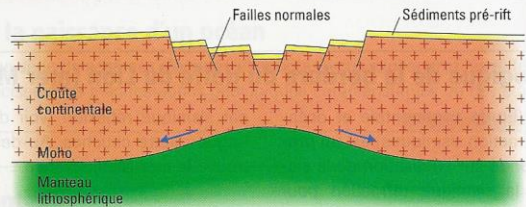
b.



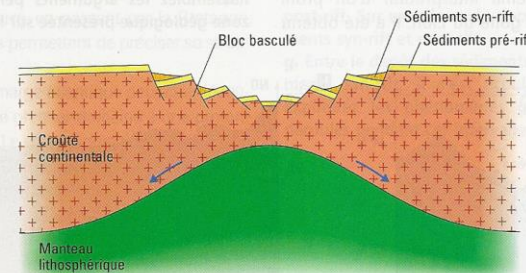
c.

## La naissance des océans

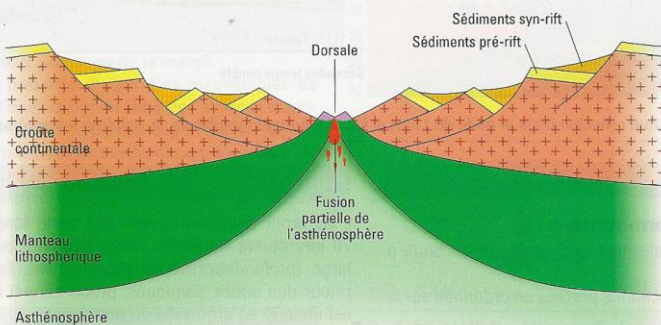
### 1. Fracturation de la croûte



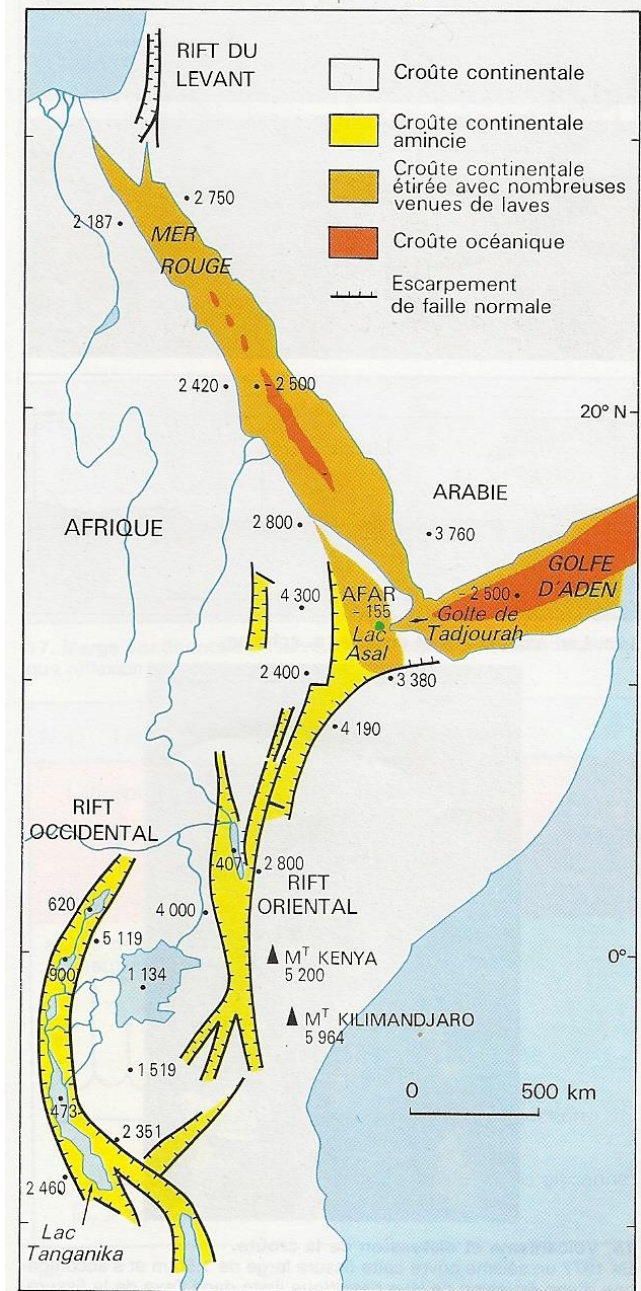
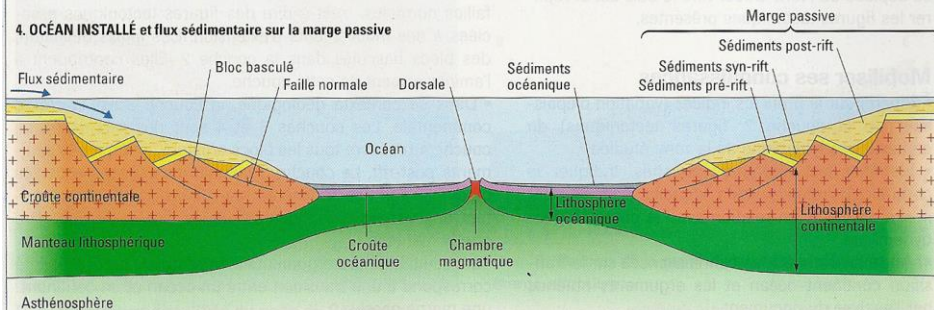
### 2. Amincissement et subsidence de la croûte : RIFT CONTINENTAL



### 3. Mise en place d'une dorsale : Océanisation

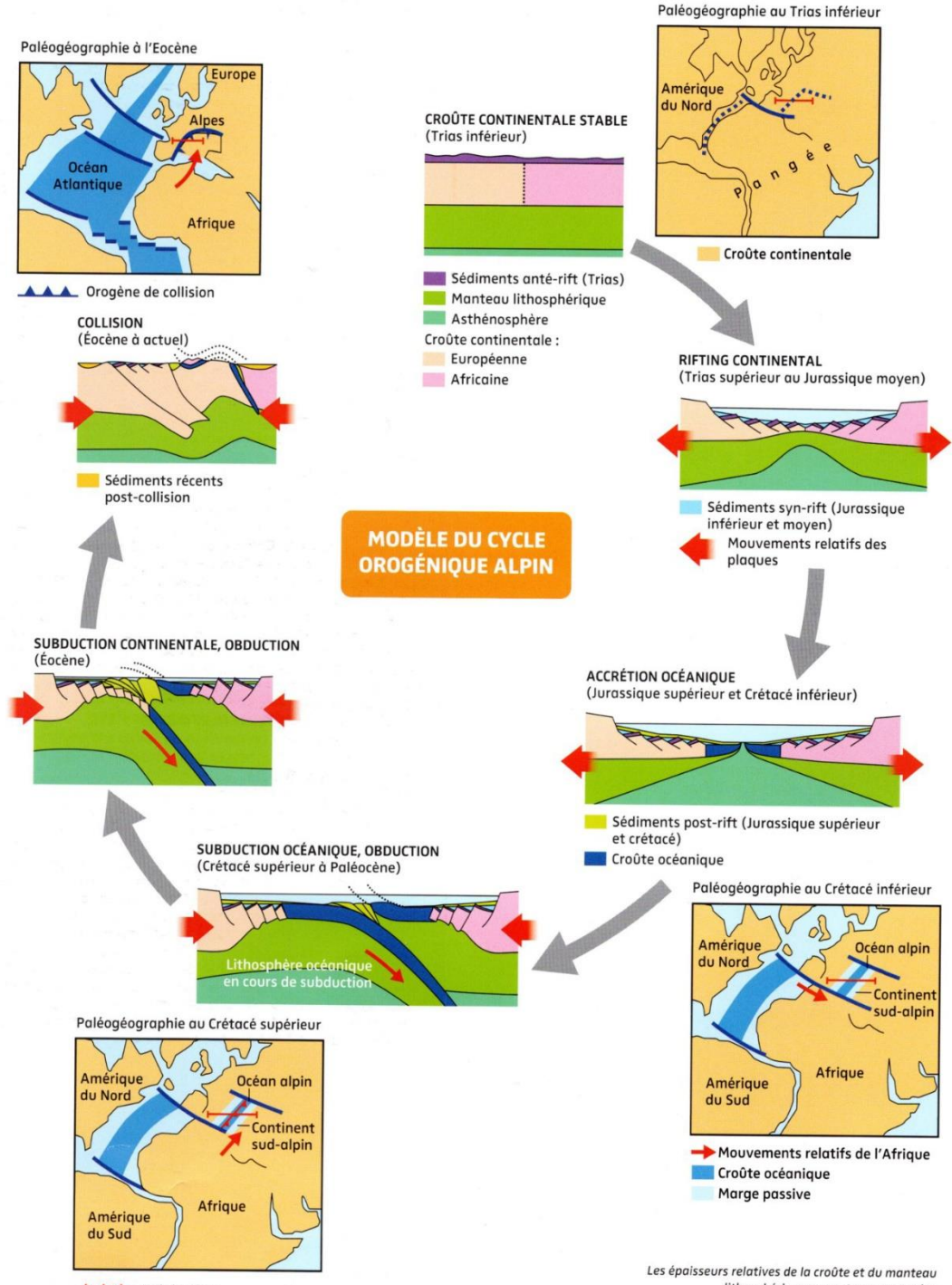


### 4. Océan installé et flux sédimentaire sur la marge passive

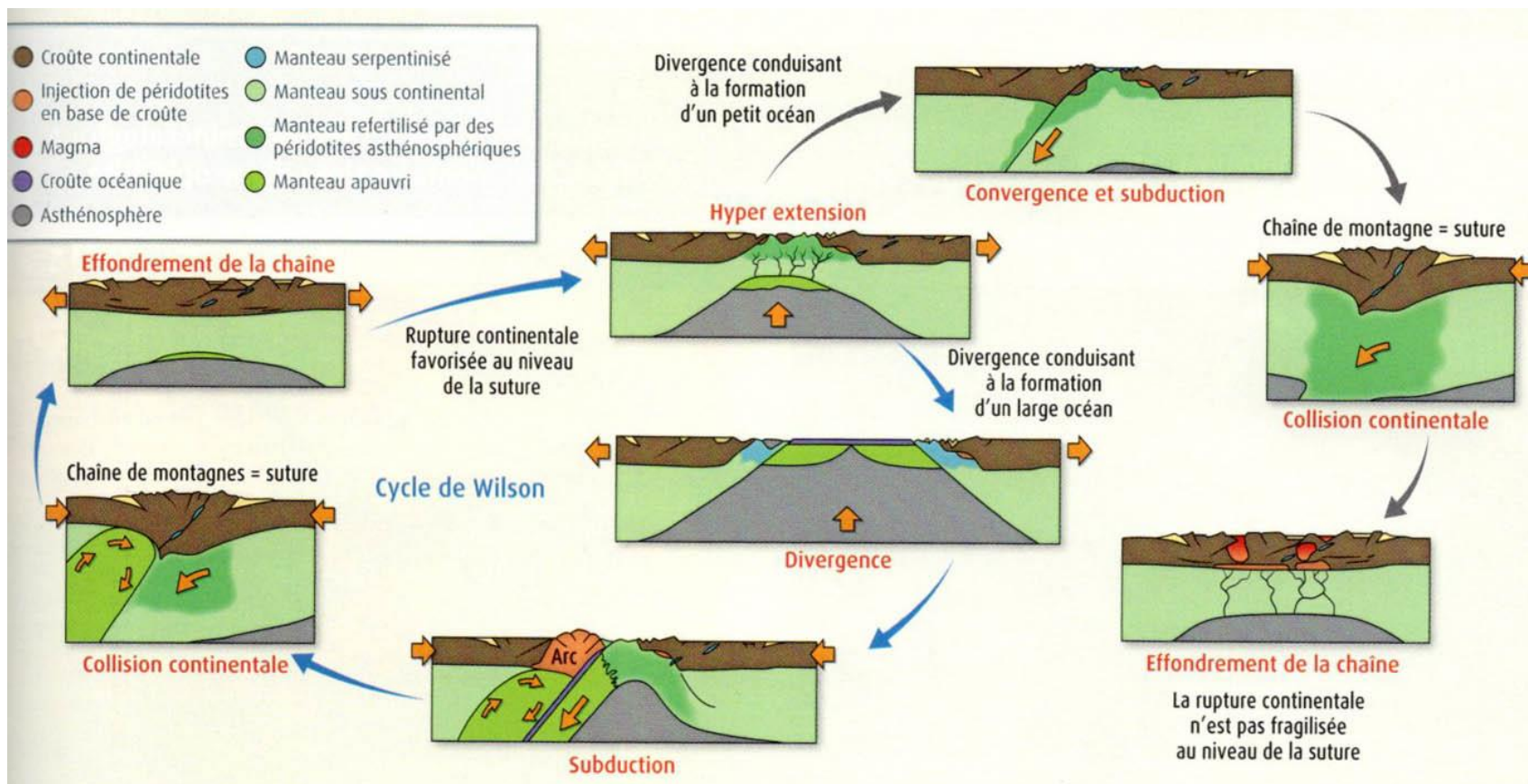




# Le cycle orogénique alpin

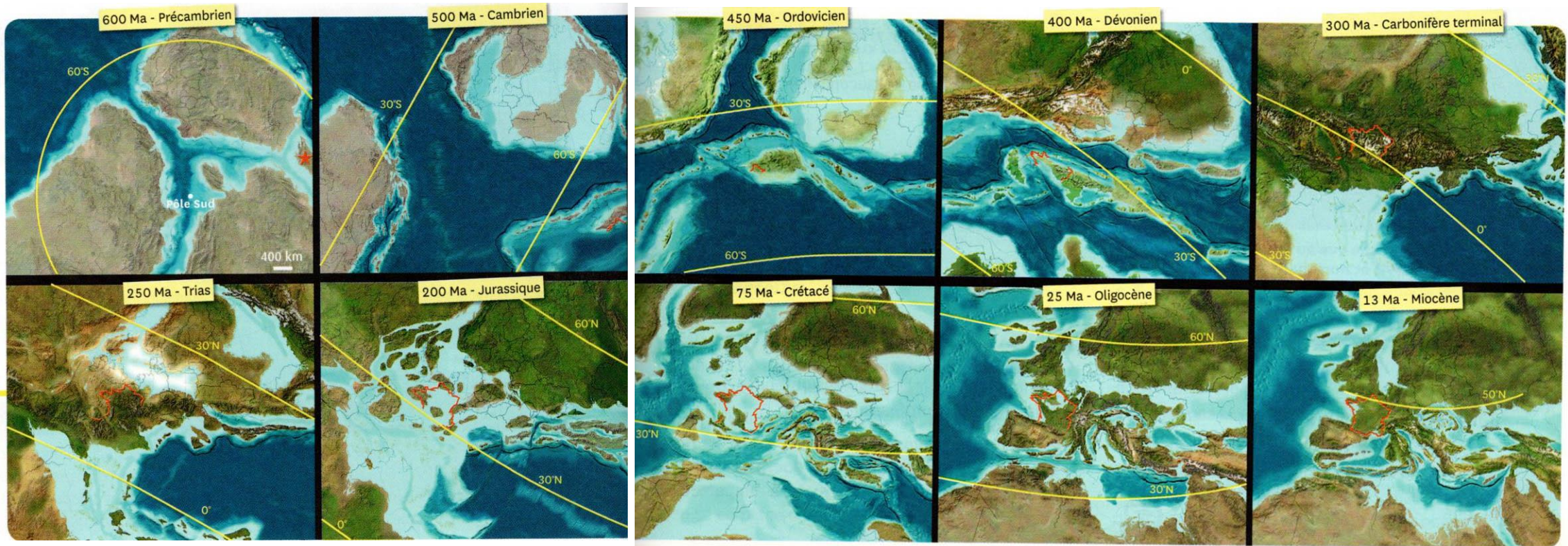


# Le cycle de Wilson



Après une phase de subduction de la lithosphère océanique qui les sépare, des blocs continentaux entrent en collision. Il se forme une chaîne de montagnes au niveau de la suture entre blocs. Lors de l'arrêt de la compression, la chaîne érodée se fracture et subit une nouvelle distension qui conduit à une ouverture océanique. Ce cycle (dit de Wilson) est lié à la fragilisation de la lithosphère continentale au niveau des zones de sutures. En effet, lors de la subduction, le magmatisme d'arc appauvrit le manteau en minéraux fusibles (qui fondent à basse température), ce qui le rend plus cassant. Lors de la phase de distension suivante, c'est cette zone qui se fracturera préférentiellement sous l'effet des contraintes divergentes. Toutefois, lorsque l'océan est petit, la collision intervient sans magmatisme (c'est le cas dans les Alpes actuelles) et le manteau lithosphérique n'est pas appauvri. Il fond facilement et rend la croûte moins cassante. Lors de la phase de distension suivante, la fracturation sera alors déportée ailleurs.

## Evolution paléogéographique de l'Europe (de 600 à 13 Ma)



Depuis 600 Ma, les blocs continentaux qui constituent à présent le socle européen se sont beaucoup déplacés. Ces déplacements ont été marqués par plusieurs phases de collision et de divergence.

## Bilan:

### 1°) Les continents, mémoire du passé de la Terre

Alors que l'âge des fonds océaniques actuels ne dépasse pas 180 Ma, les roches continentales ont des âges variés, jusqu'à 4,3 Ga pour les plus âgées connues. On peut y déceler les traces de chaînes de montagnes parfois très anciennes formées par la convergence des plaques lithosphériques et ainsi reconstituer les **orogènes** successifs ( icartien, cadomien, hercynien, alpin par exemple)

### 2°) Les ophiolites, des vestiges au cœur des continents

Les **ophiolites** sont constituées d'une association de péridotite serpentinisée, gabbro et basalte. Ce sont des fragments de lithosphères océaniques interprétés comme une **suture** des deux plaques continentales entrées en collision.

Ils ont pu subir un charriage sur le continent par **obduction**, ou un enfoncement dans l'asthénosphère par subduction, attesté par des traces d'un métamorphisme de type HP/BT caractéristique du contexte de **subduction**, avant d'être exhumées lors de la collision continentale.

### 3°) Fracturation continentale et ouverture océanique

Les **rifts continentaux** associés à des **failles normales** et des **blocs basculés** sont le stade initial de la **fracturation des masses continentales** par étirement et amincissement de la lithosphère dans un contexte de distension. Ils sont le siège d'une importante sédimentation.

L'amincissement de la croûte et la remontée du Moho permet la fusion partielle du manteau à l'origine d'un magma. Ainsi naît une nouvelle croûte océanique: c'est l'**accrétion océanique**.

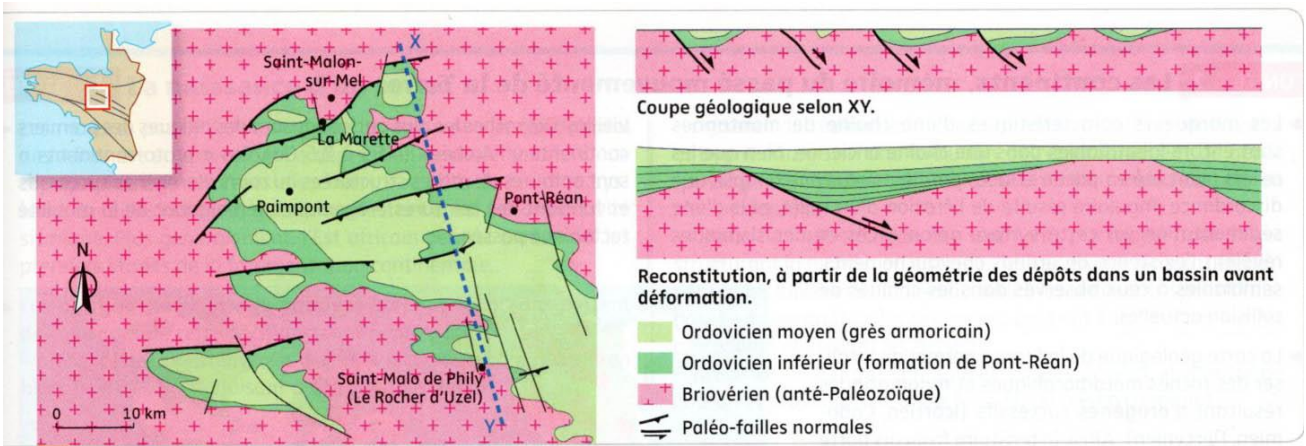
Les **marges passives** bordant un océan sont les vestiges de l'ancien rift continental et en portent les marques.

### 4°) Les visages changeants de la Terre

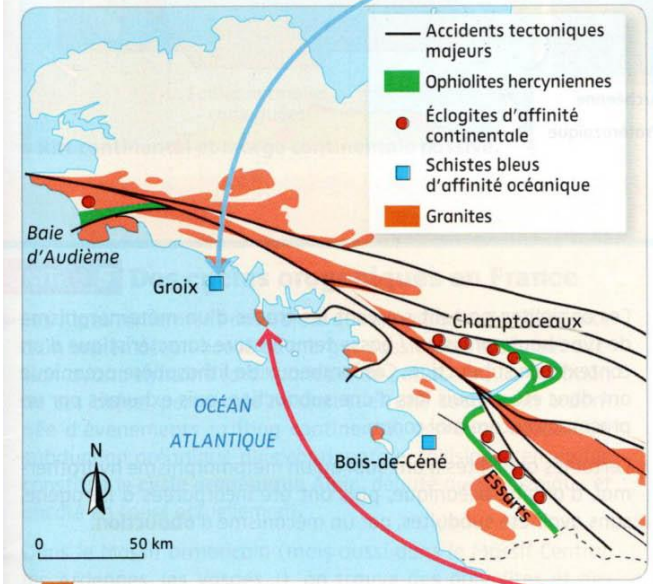
La reconstitution de la **paléogéographie** au cours des temps géologiques montre un alternance cyclique de phase de fracturation continentale ou supercontinentale au cours de laquelle de nouveaux océans sont créés et des phases de disparition de lithosphère océanique à l'origine de collisions orogéniques formant de nouvelles chaînes de montagnes (**ceintures orogéniques**): on parle de **cycles orogéniques** ou cycle de Wilson.

# Exercice

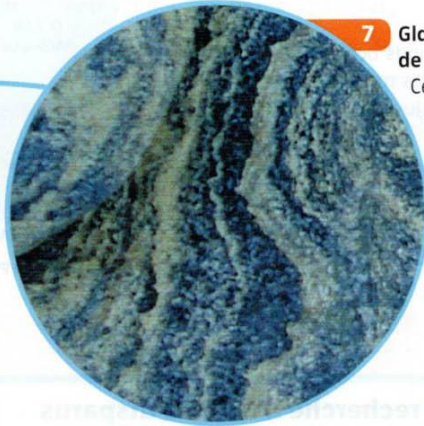
Q: identifier, dater et ordonner chronologiquement les événements géologiques ayant affecté le Massif armoricain



**5** Carte géologique simplifiée de la région de Pont-Réan (Massif armoricain).



**6** Carte de localisation des complexes ophiolitiques et métamorphisme dans le sud du Massif armoricain.



**7** **Glaucophanites de l'île de Groix.**  
Ces glaucophanites sont des roches métamorphiques datées de 360 à 370 Ma et dont la composition chimique est celle d'un basalte océanique.



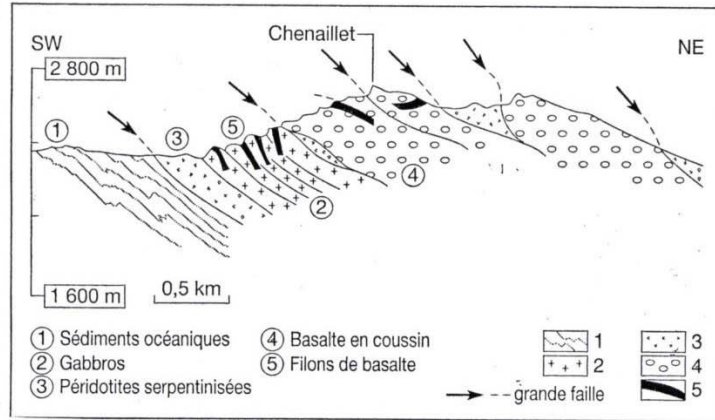
**8** **Leucogranite de Quiberon.**  
Âgé de 300 Ma, ce granite s'est formé suite à un épaississement de la croûte dans un contexte de collision.

# Les témoins de l'histoire de la chaîne des Alpes

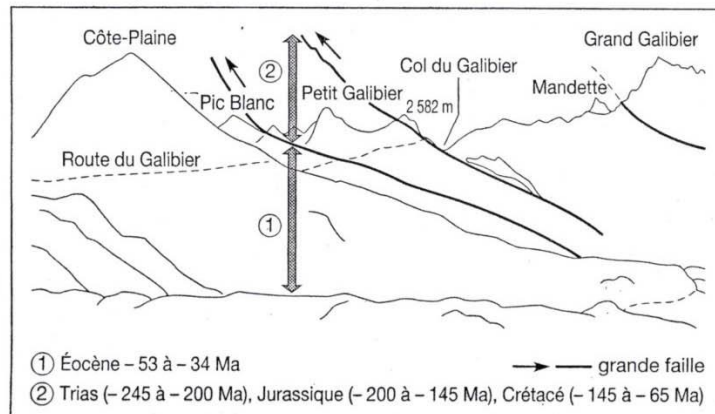
Les géologues pensent que la chaîne des Alpes résulte de la fermeture d'un domaine océanique, conséquence de la convergence des plaques lithosphériques.

▶ À partir de l'exploitation des documents 1 à 3, identifiez les témoins qui permettent de confirmer l'hypothèse proposée.

**Document 1** Successions ophiolitiques du massif du Chenaillet (à l'est de Briançon)



**Document 2** Col du Lautaret, schéma d'interprétation



**Document 3**

Lame mince d'une roche métamorphique du mont Viso (sud-est de Briançon) accompagnée du diagramme pression/température montrant les domaines de stabilité de quelques associations de minéraux caractéristiques (résultats expérimentaux)

