

Chapitre 2. Les traces du passé mouvementé de la Terre

4,57 Ga

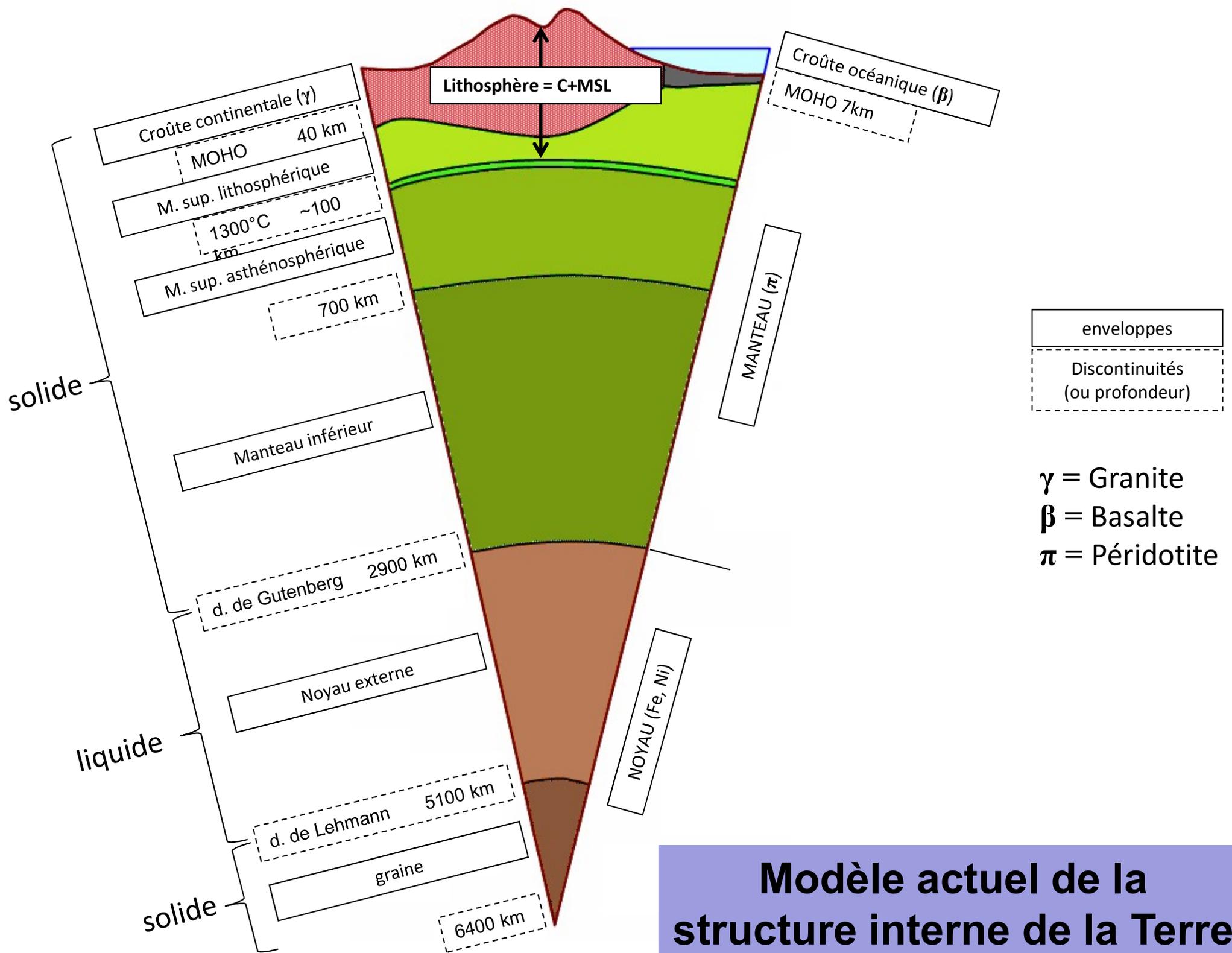
C'est l'âge de la Terre.

4,374 Ga

C'est l'âge du plus ancien témoin d'une croûte continentale, un minéral (du zircon) présent dans une roche (du gneiss).

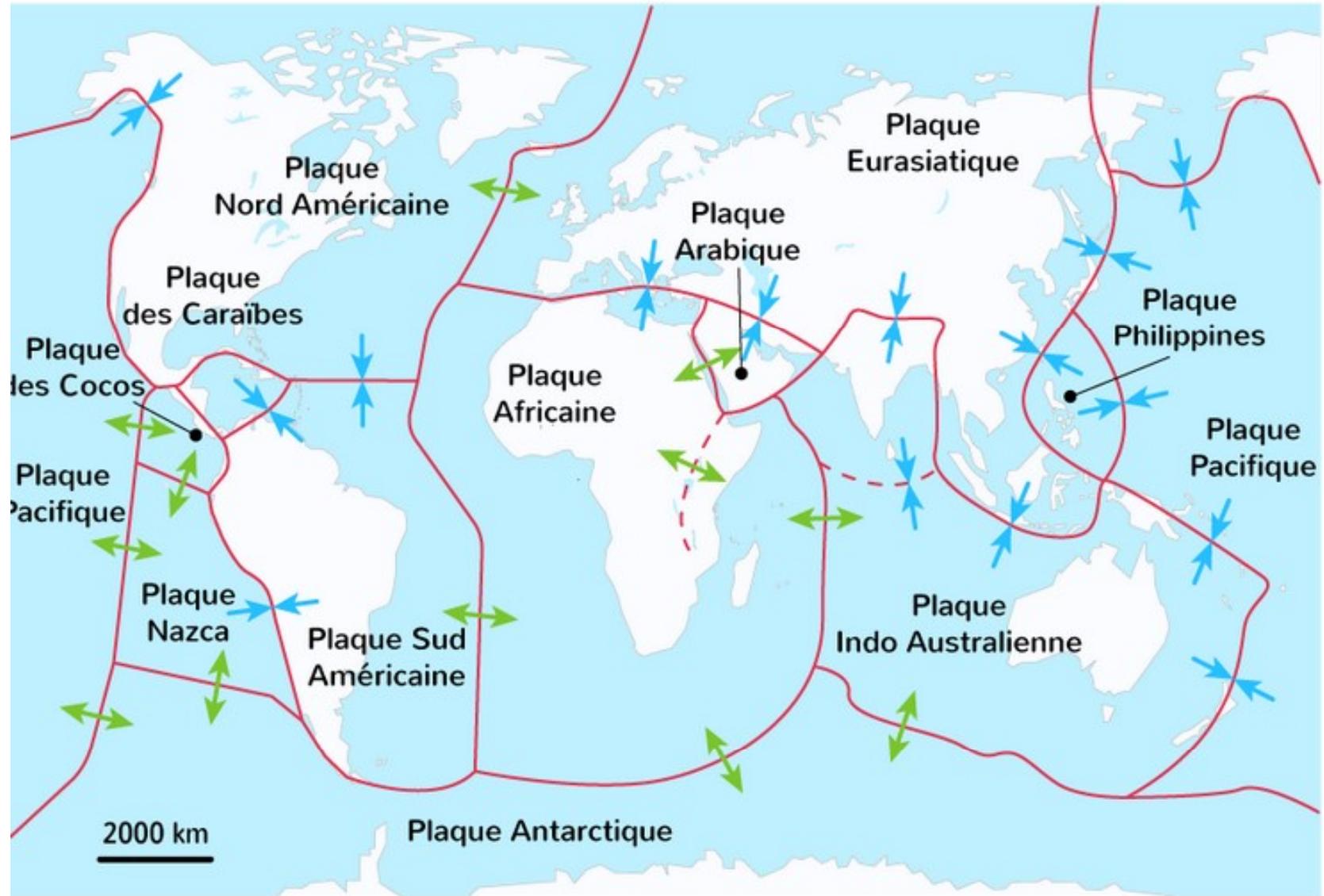


Mont Viso – Alpes italiennes



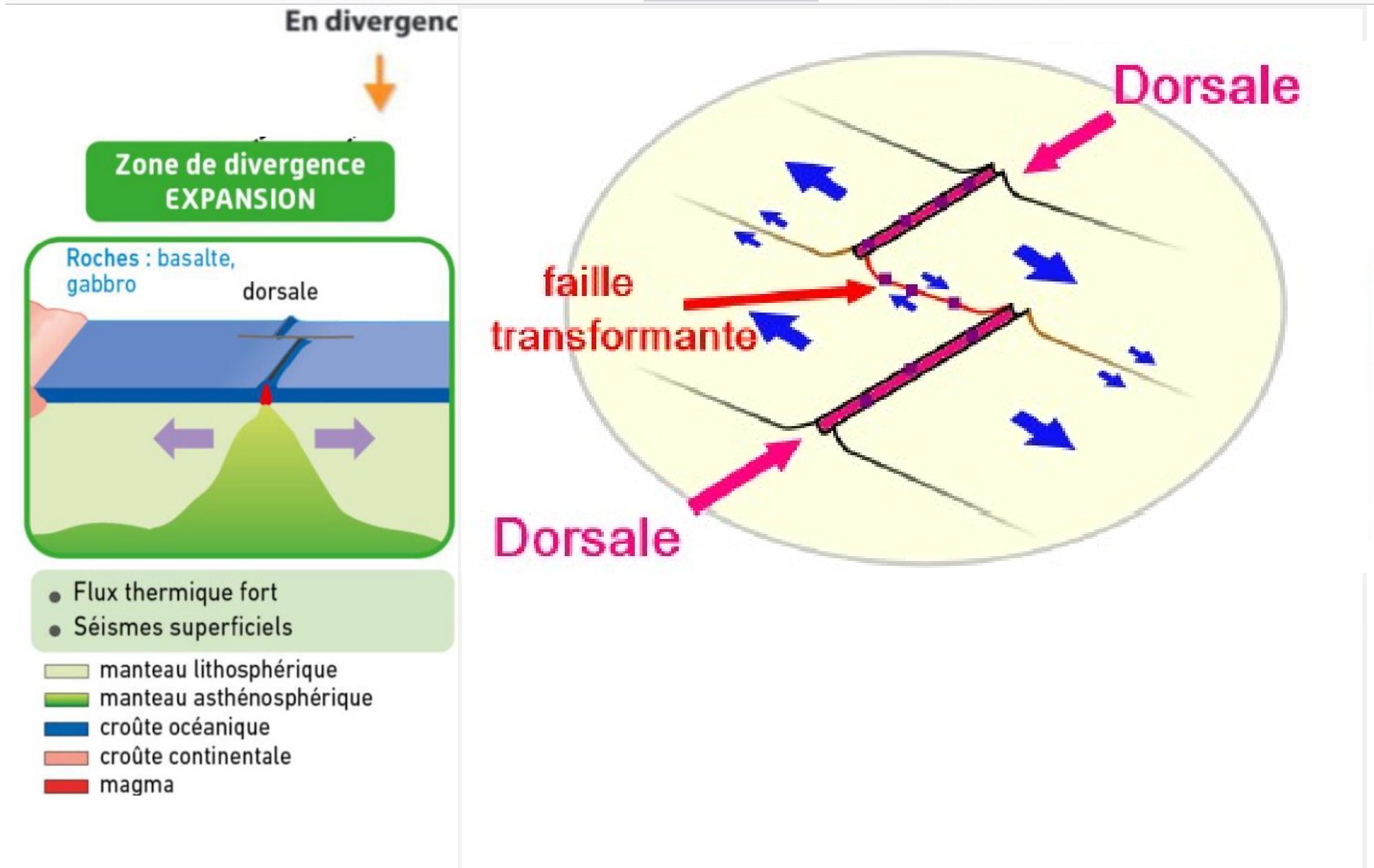
Modèle actuel de la structure interne de la Terre

La lithosphère rigide, est découpée en plaques lithosphériques

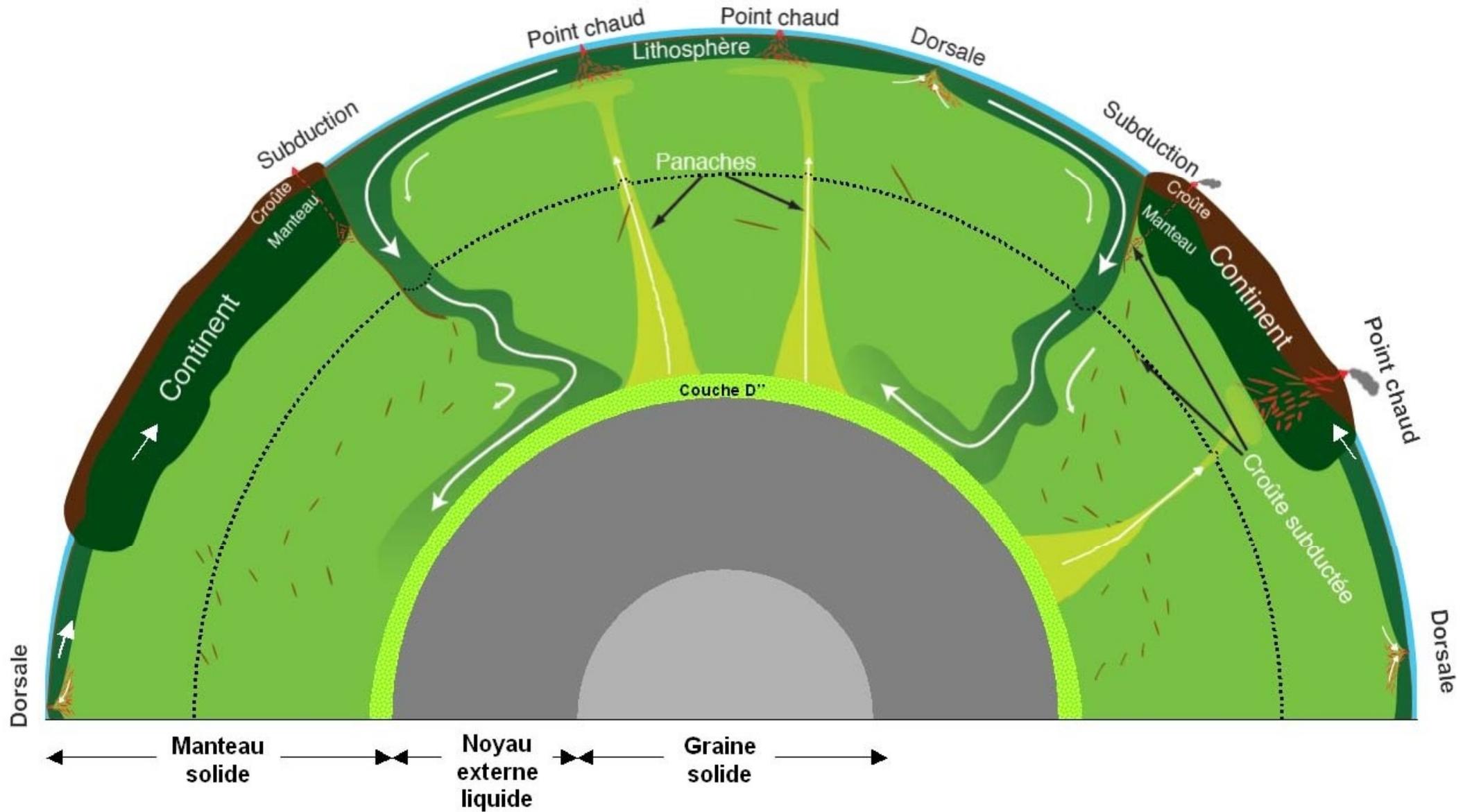


- Délimitation des plaques lithosphériques
- ↔ Éloignement des plaques
- ↔ Rapprochement des plaques

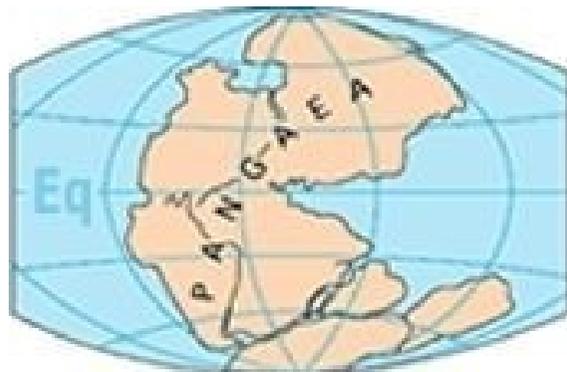
Les frontières des plaques lithosphériques



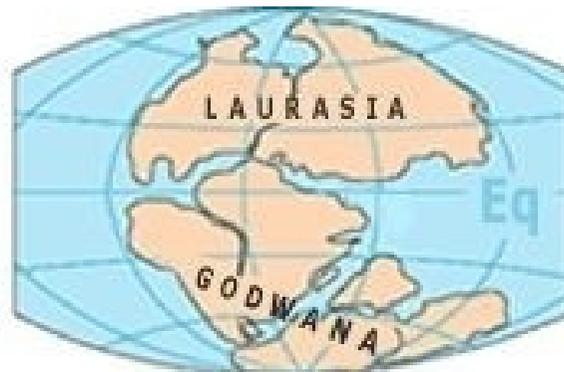
Modèle proposé (ENS Lyon)



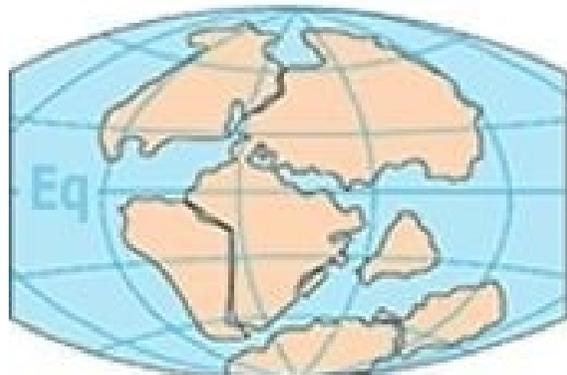
Chapitre 2. Les traces du passé mouvementé de la Terre



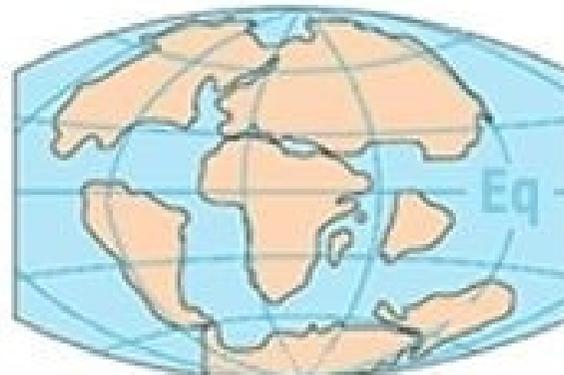
Permien 225 Ma



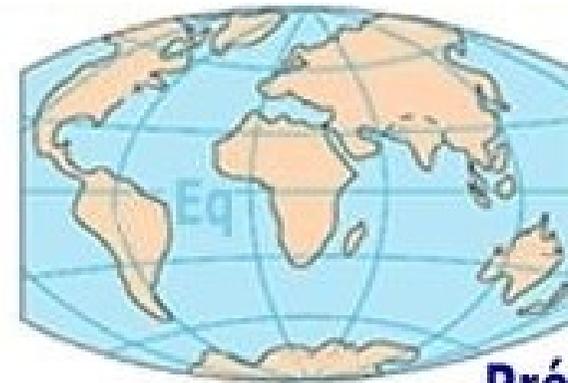
Trias 200 Ma



Jurassique 135 Ma



Crétacé 60 Ma



Présent

Problème : Comment les études de terrains continentaux permettent-elles de reconstituer le passé géologique de la Terre ?

Chapitre 2. Les traces du passé mouvementé de la Terre

I. La Terre a subi une succession de cycles orogéniques

A) Des traces d'orogénèses successives dans les terrains continentaux

B) Qu'est-ce qu'un cycle orogénique ?

1. Rifting continental
2. Accrétion océanique (rappels de première)
3. Subduction océanique (rappels de première)
4. Collision (rappels premières)

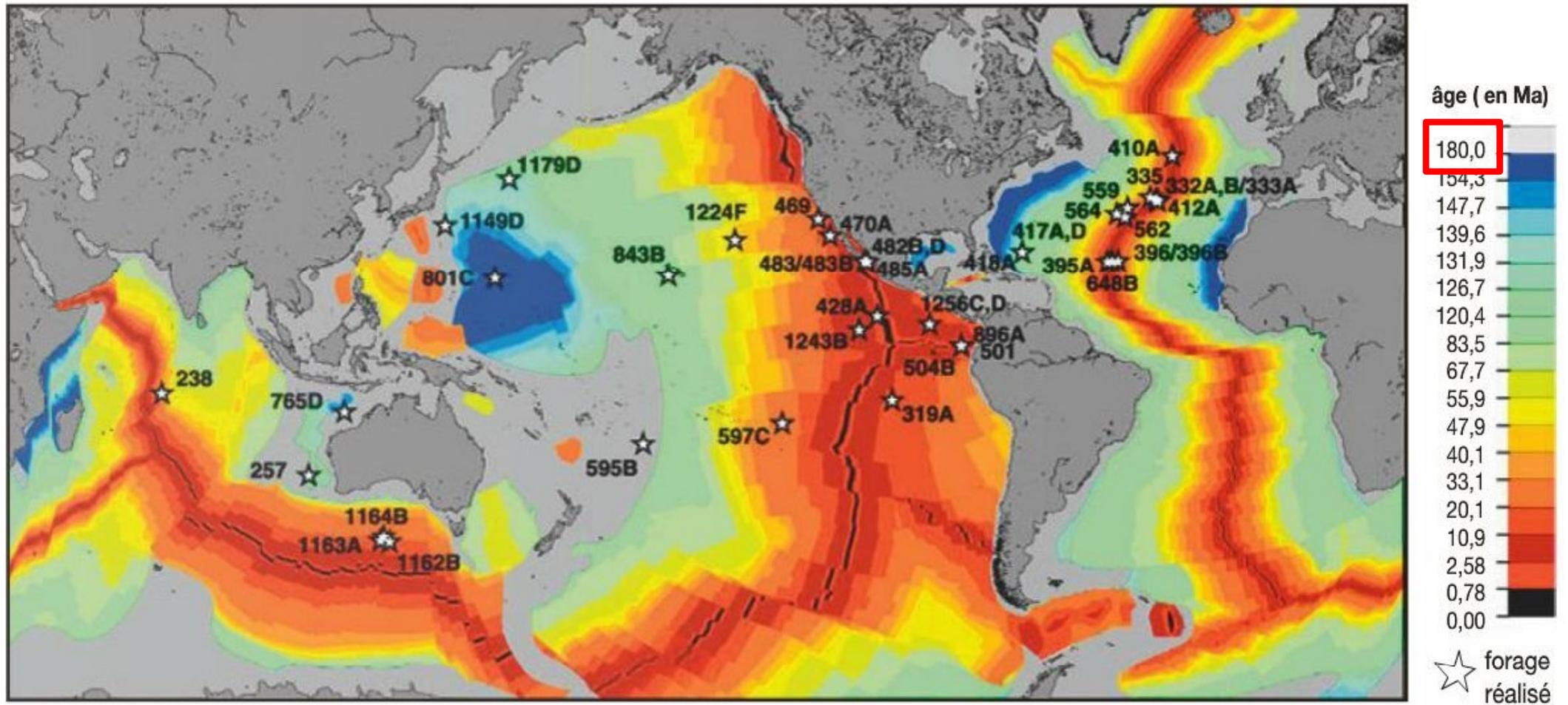
II. A la recherche d'océans disparus

III. A la recherche de chaînes de montagnes anciennes

IV. Reconstitution d'un cycle orogénique

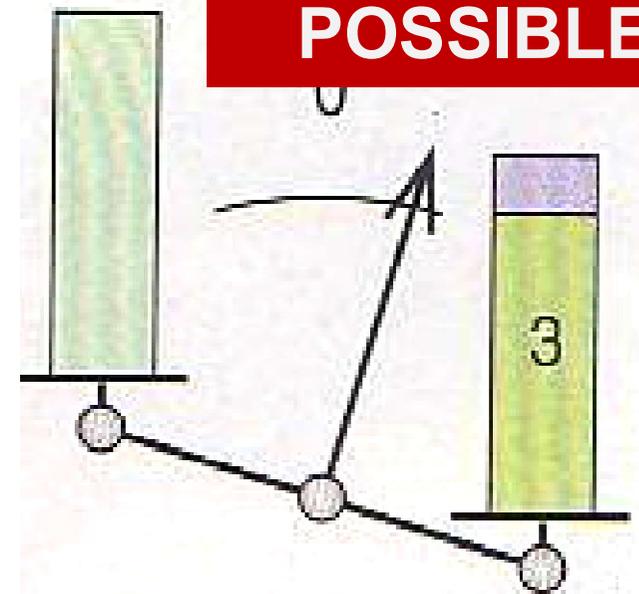
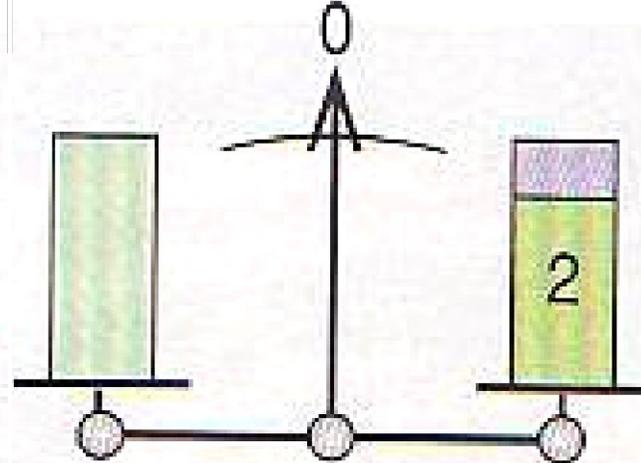
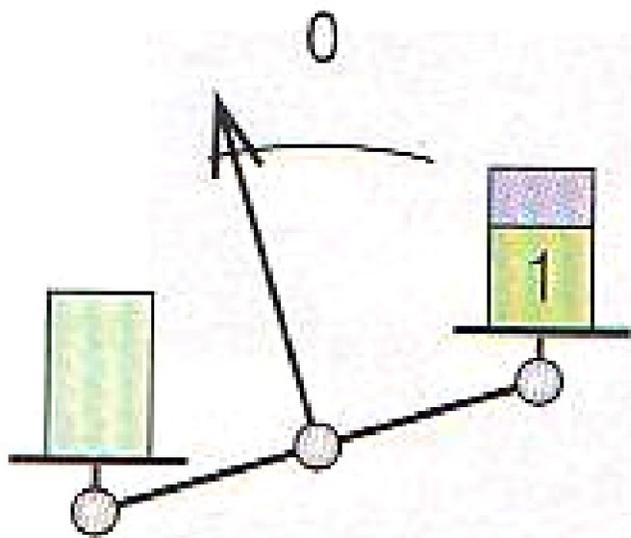
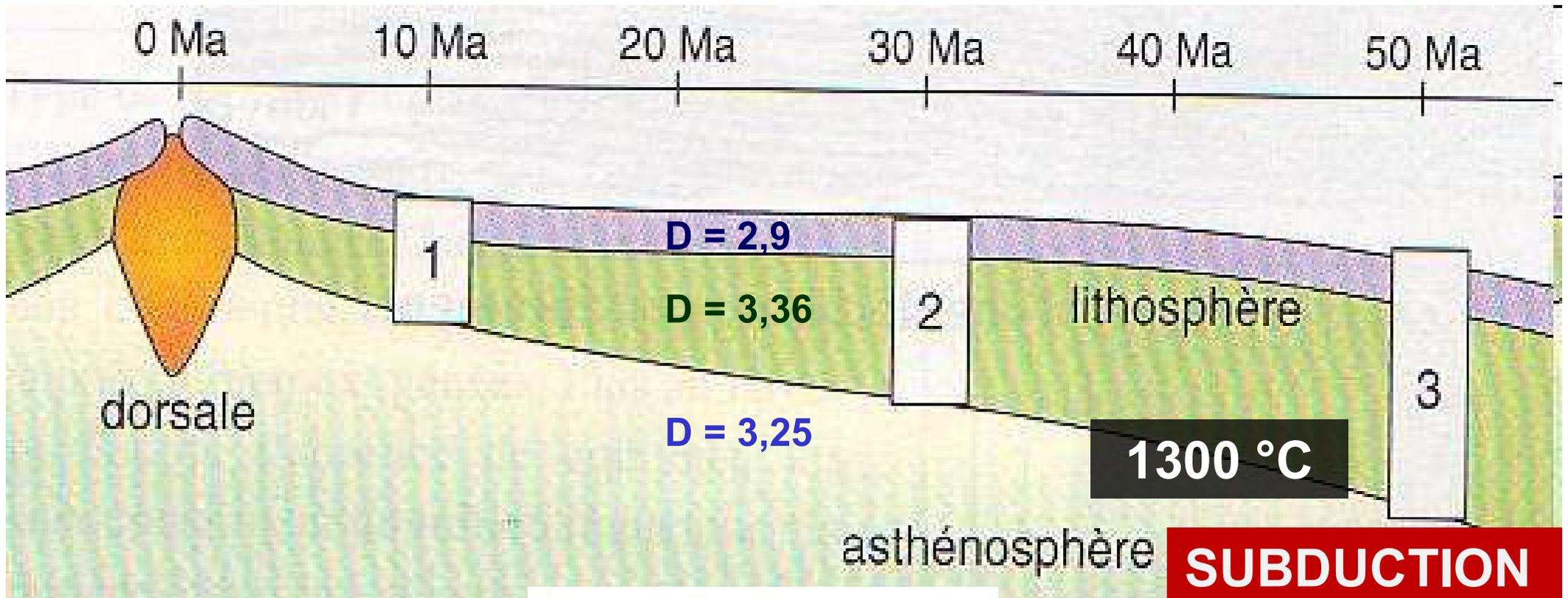
Conclusion

Carte des âges des fonds océaniques

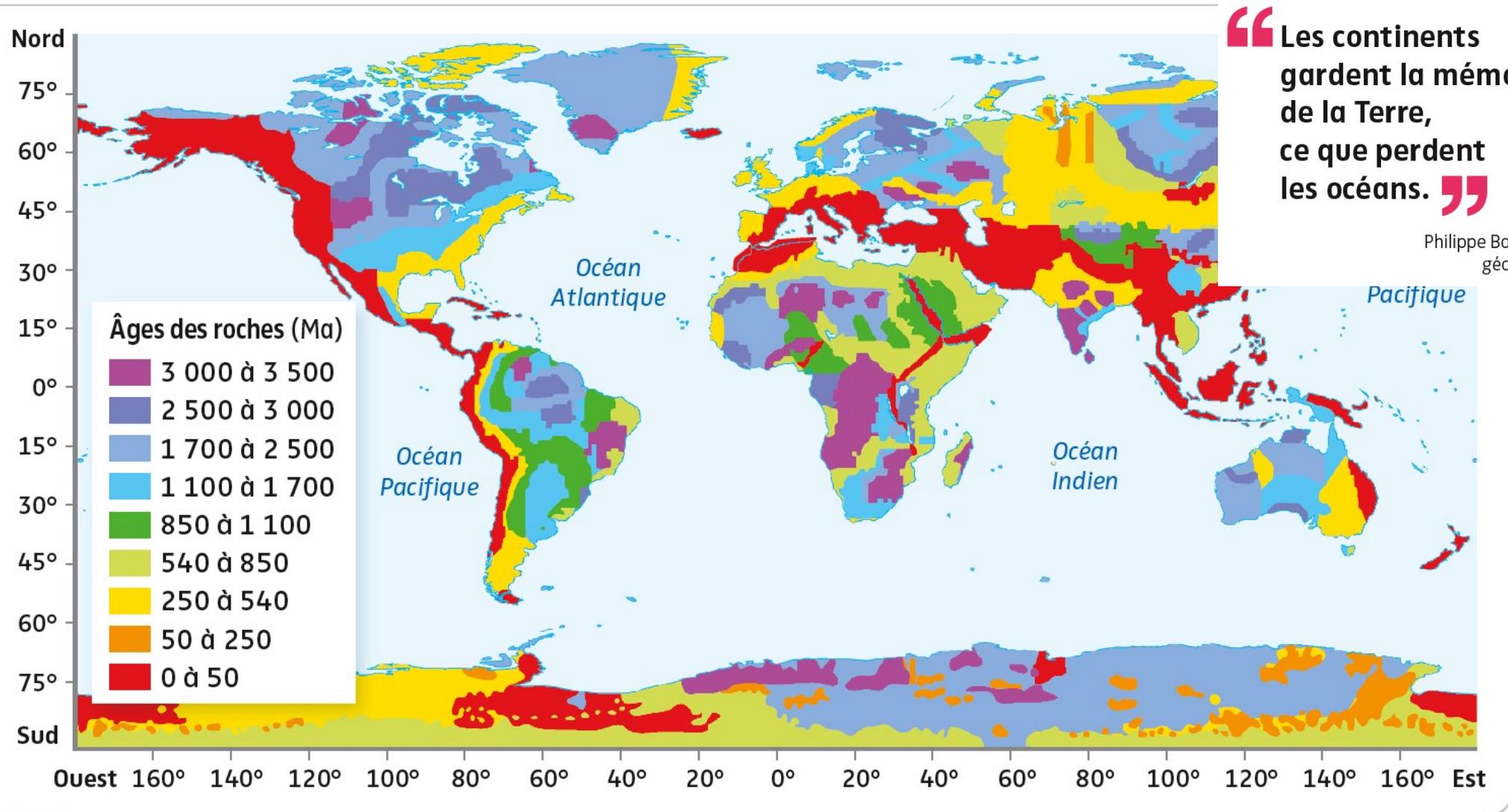


La croûte océanique la plus vieille a 180 Ma

Disparition de la lithosphère océanique



Âge des terrains continentaux



“ Les continents gardent la mémoire de la Terre, ce que perdent les océans. ”

Philippe Bouysse, géologue.

5 Âge des roches, témoins d'orogènes ayant affecté la croûte continentale, à l'échelle du globe.

[Nathan]

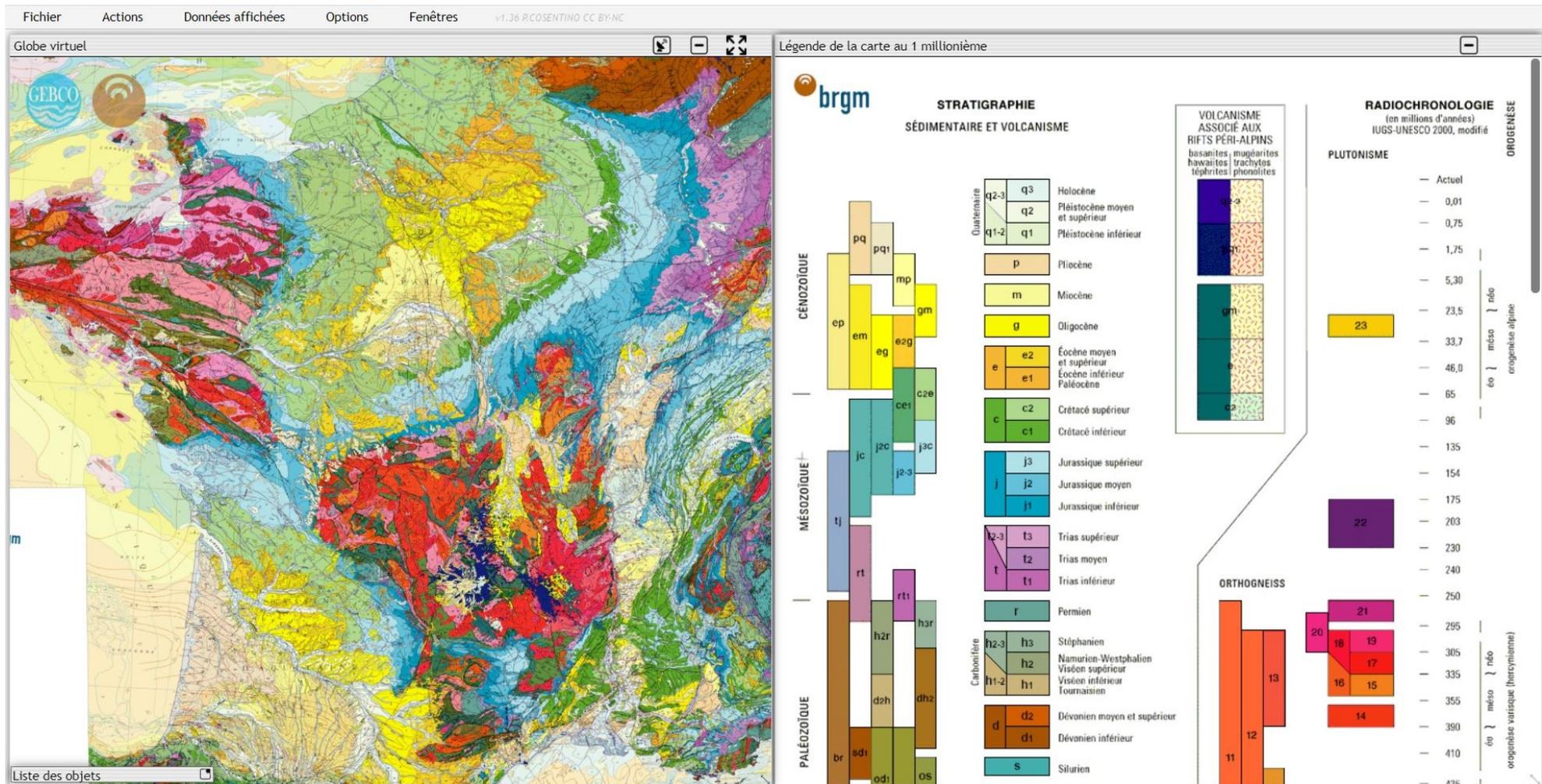
Orogénèse = ensemble des processus géodynamiques (dont collision) aboutissant à la mise en place d'une chaîne de montagne

Etude de terrains



Photographie : Maxime Henniguel

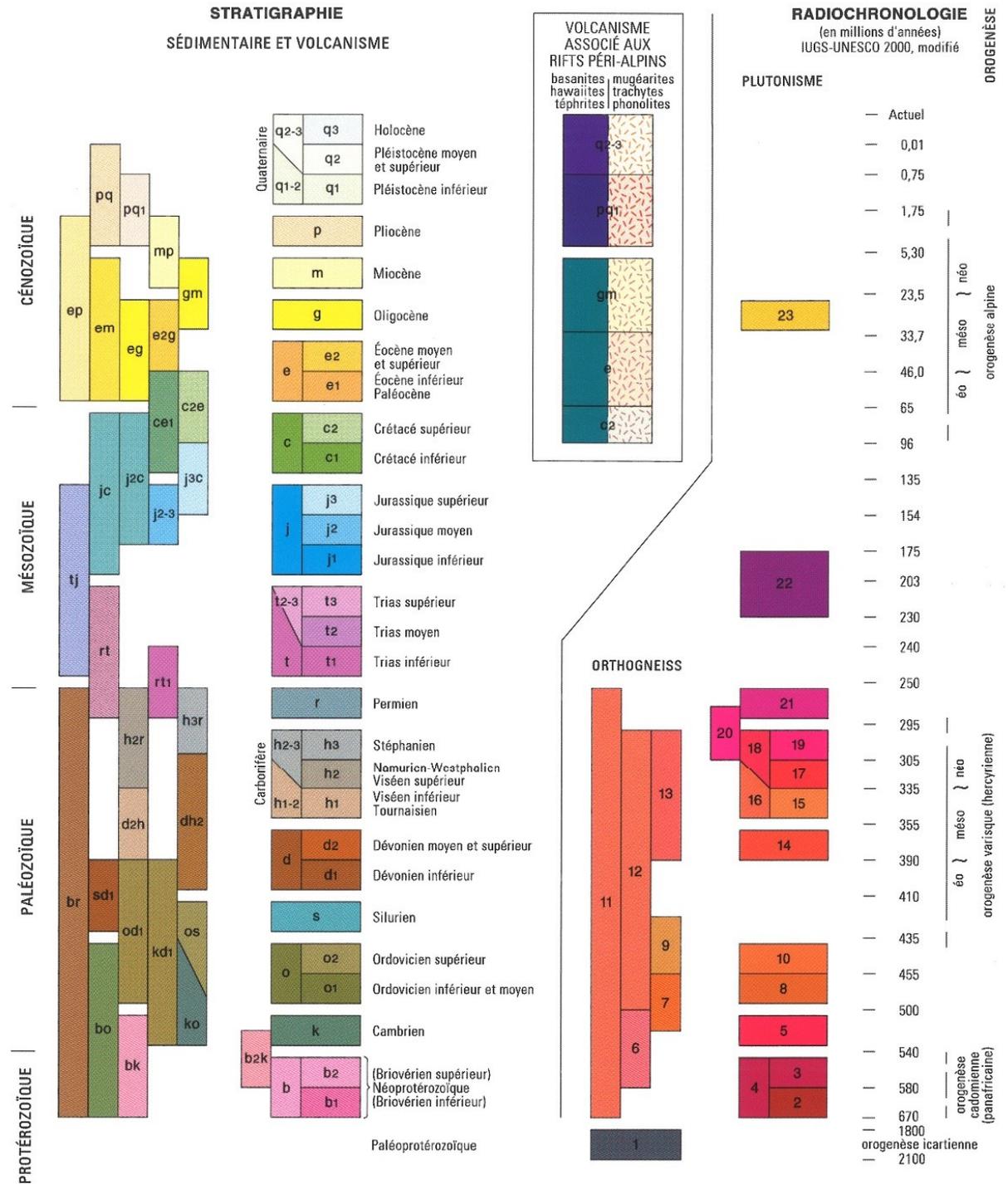
Carte géologique France millionième



« La carte est un document de synthèse hautement interprétatif. Construite à partir de **lever de terrain** peu denses, elle est obtenue par mise en relation de points, par extrapolation raisonnée du non vu [...] s'appuyant sur un **savoir** géologique commun » **Pierre Savaton (ASTER, 1995)**

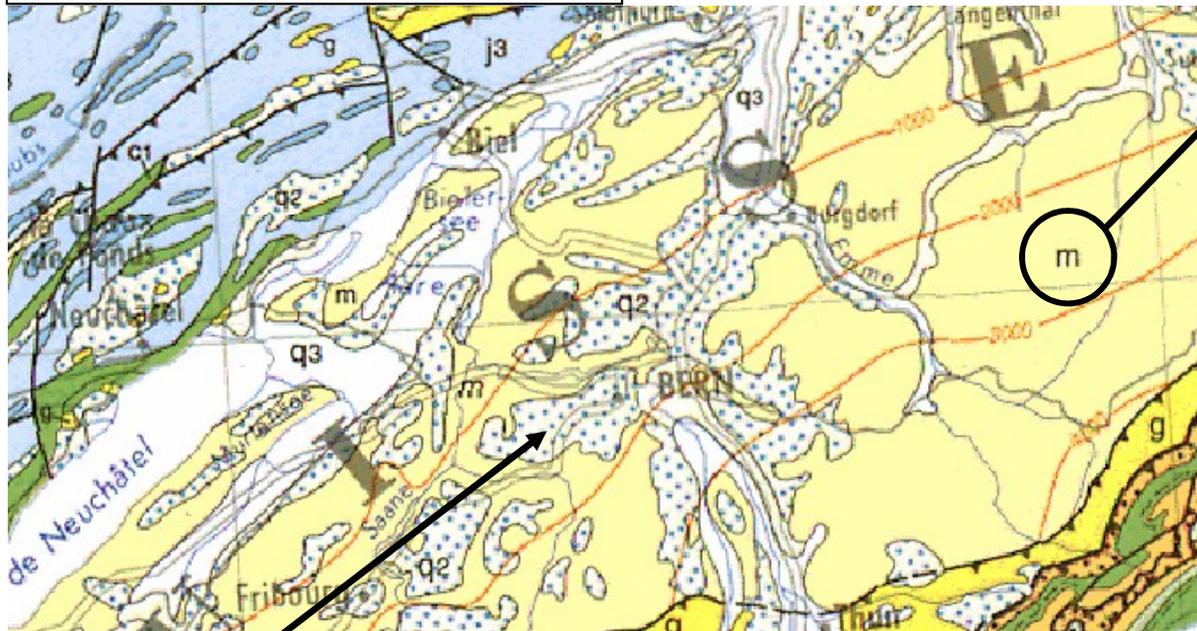
Méthodologie : Lire les cartes géologiques (1/10⁶)

Vidéo

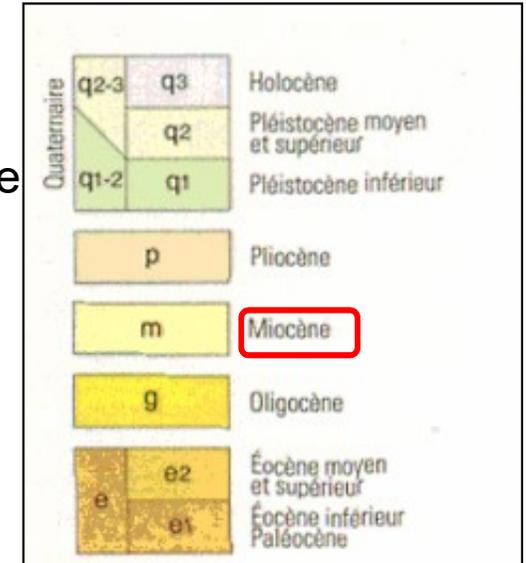


La carte géologique de la France au 1/1 000 000...une carte pas comme les autres !
(particulièrement riche et interprétative) Diapo de D Jaujard

Formations sédimentaires



Age des roche

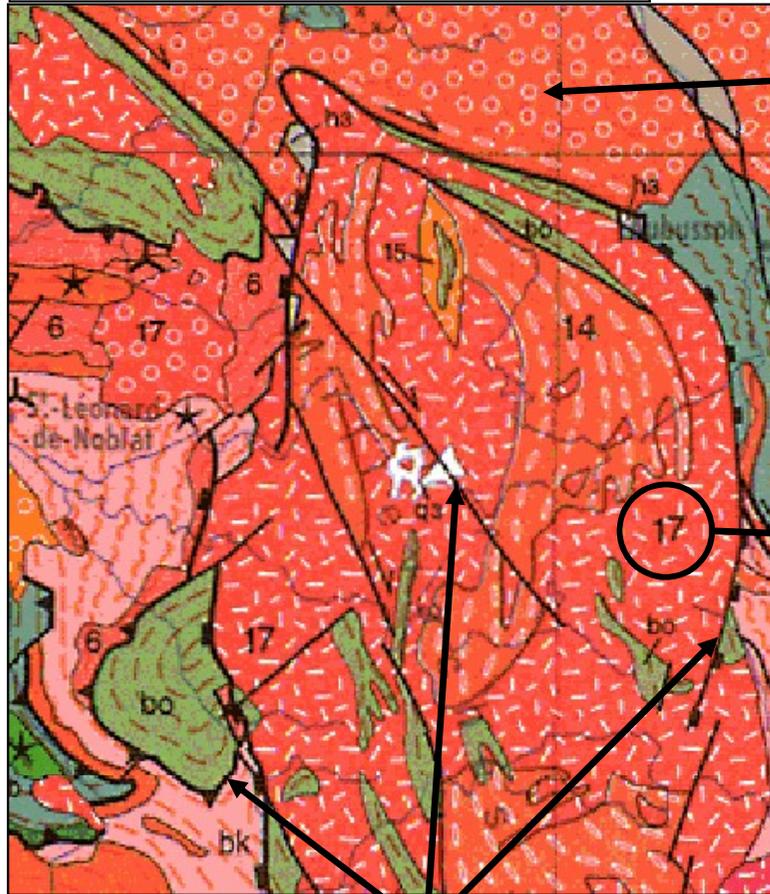


Données paléoenvironnemental



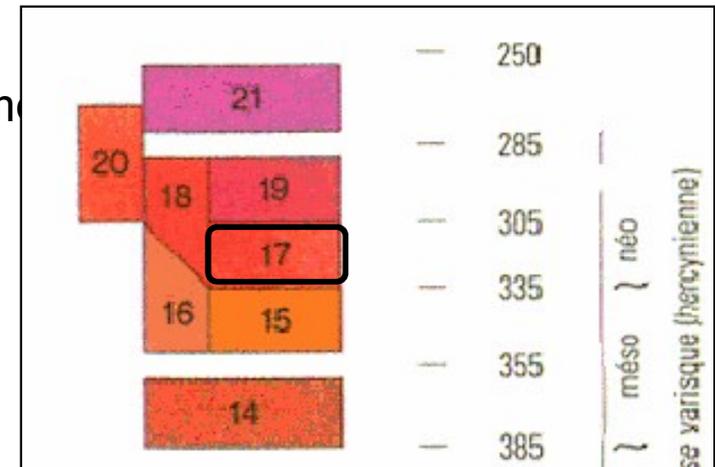
La carte géologique de la France au 1/1 000 000...une carte pas comme les autres ! (particulièrement riche et interprétative) Diapo de D Jaujard

Magmatisme et tectonique

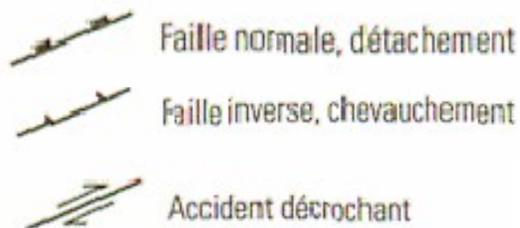


Nature et chimie de la roche

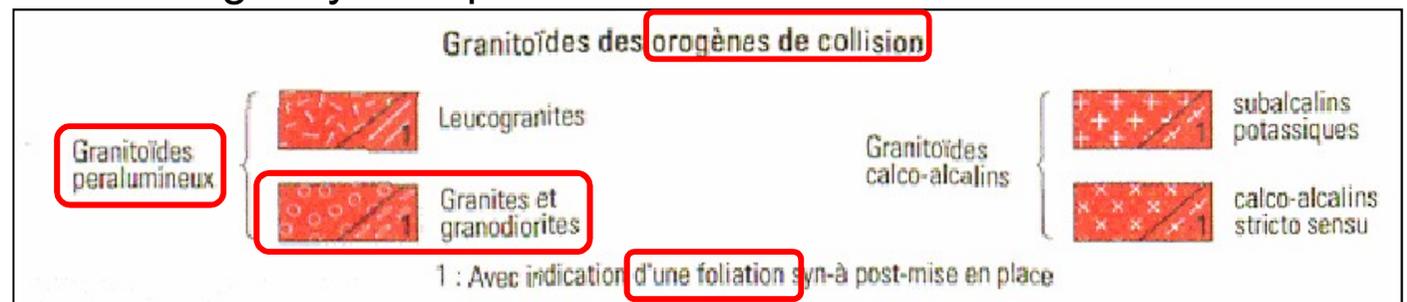
Age du magmatisme



Nature des failles



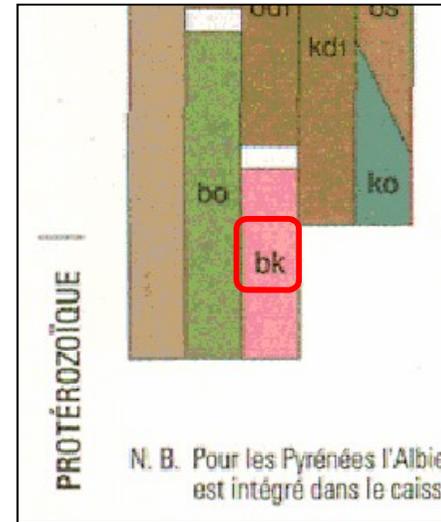
Contexte géodynamique



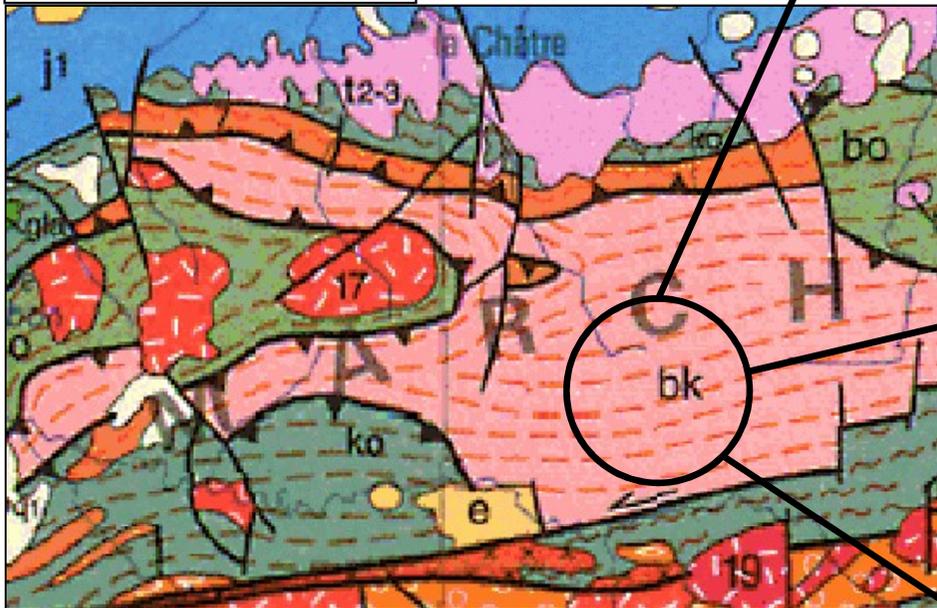
La carte géologique de la France au 1/1 000 000...une carte pas comme les autres ! (particulièrement riche et interprétative) Diapo de D Jaujard



nature et **âge** du protolithe
(roche de départ)

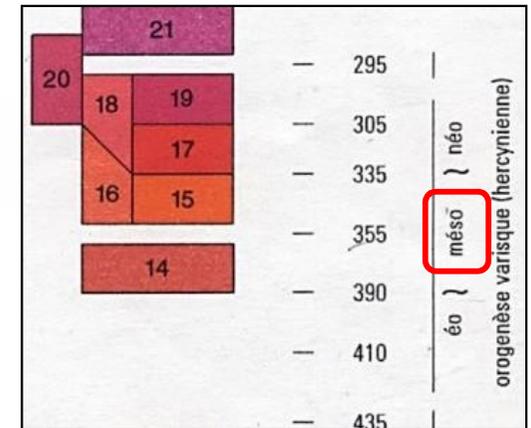


Métamorphisme

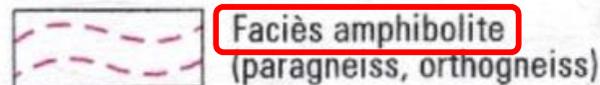


Âge du métamorphisme

méso-varisque



Degré du métamorphisme

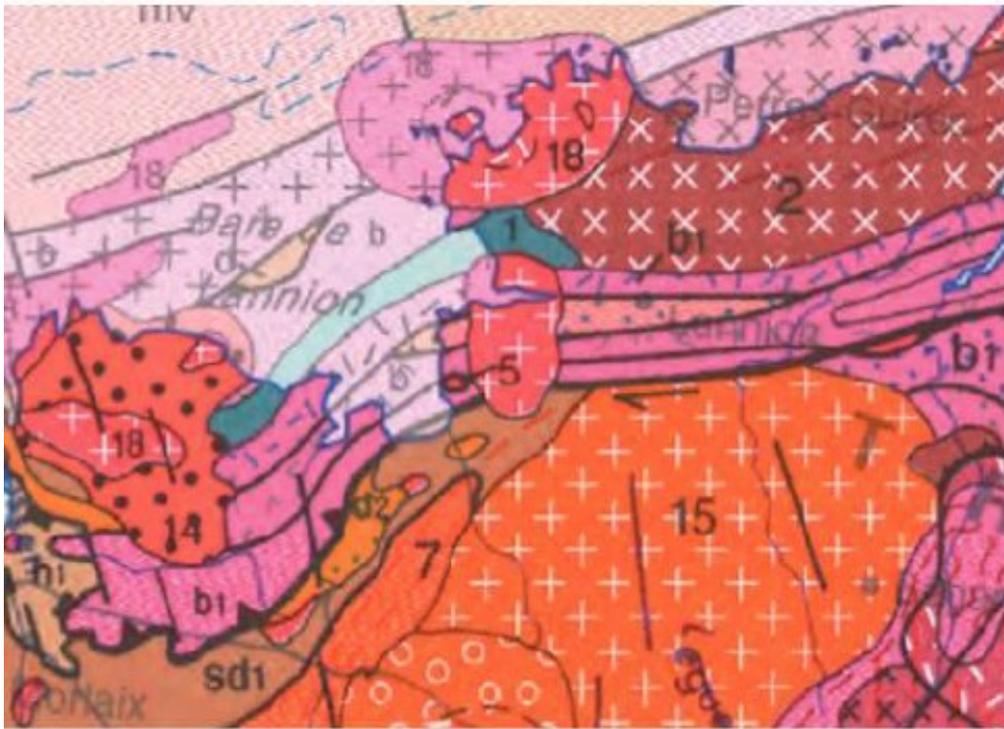


MÉTAMORPHISME

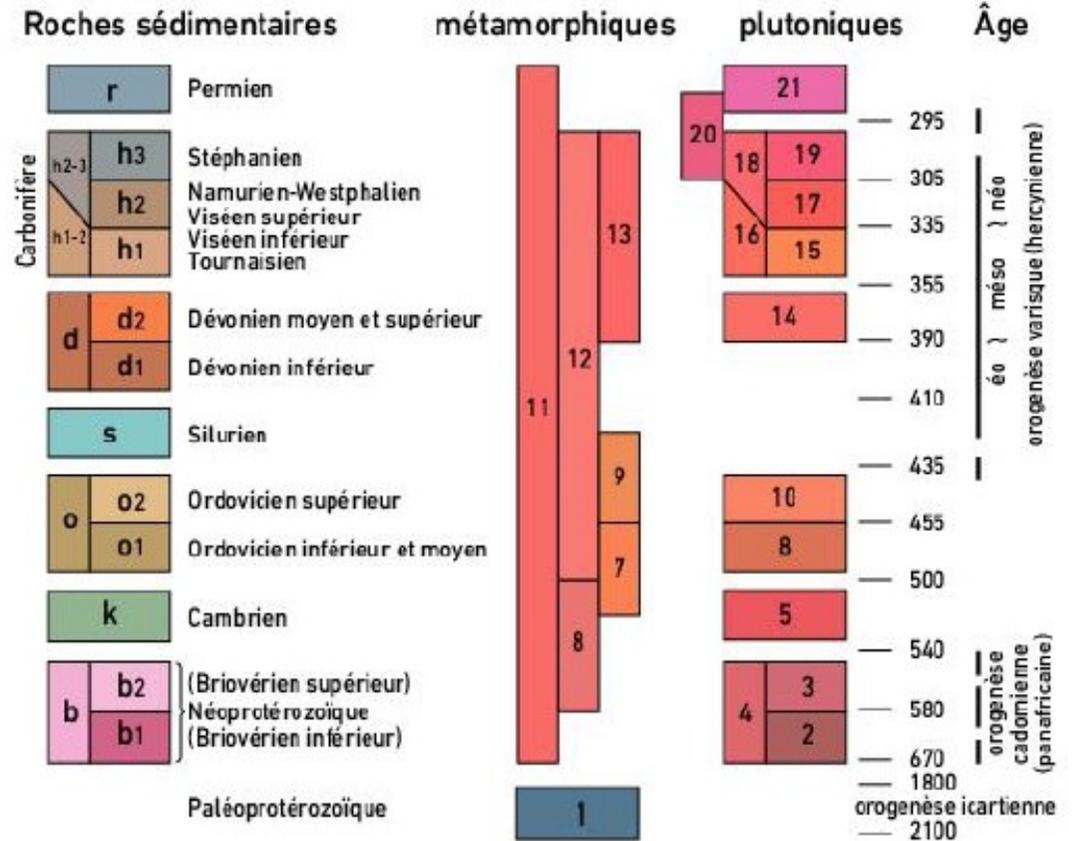
Les caractères métamorphiques des terrains sont symbolisés par des figurés dont la couleur indique l'âge de l'orogénèse, la forme indique le faciès du métamorphisme, et l'orientation correspond à la principale foliation régionale

Lire les cartes géologiques : application TD1

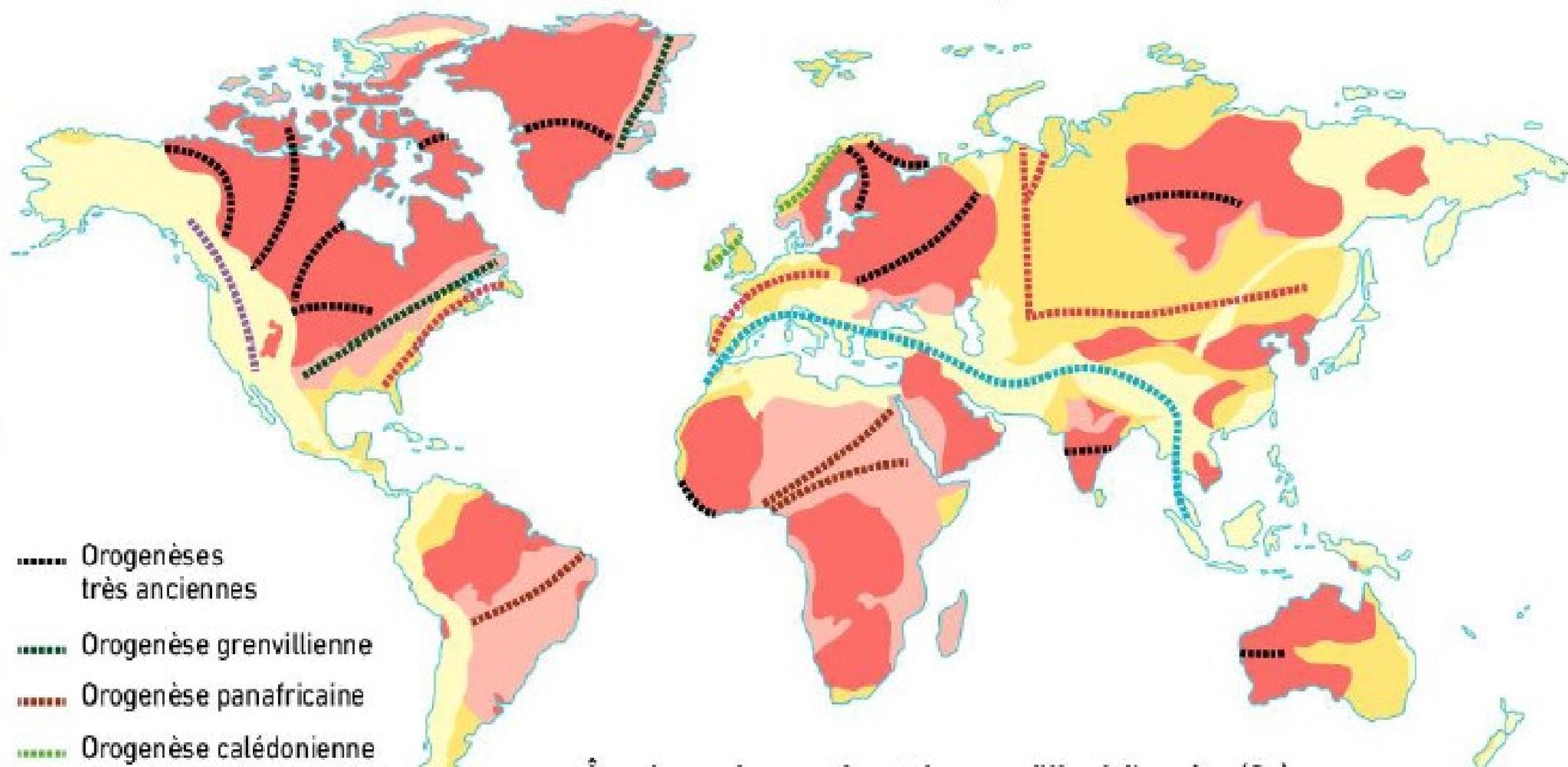
A l'aide des documents ci-dessus montrer que la région de la baie de Lannion porte les traces d'au moins trois orogénèses, que vous daterez.



La carte géologique de la baie de Lannion.



Localisation des chaînes anciennes et récentes – les ceintures



- Orogenèses très anciennes
- Orogenèse grenvillienne
- Orogenèse panafricaine
- Orogenèse calédonienne

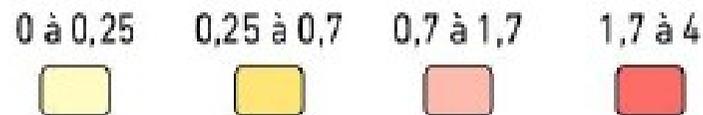
..... Orogenèse hercynienne **≈ 300 Ma**

..... Orogenèse laramide **CLIMATO**

..... Orogenèse alpine **≈ 30 Ma**

■ Carte mondiale des ceintures orogéniques.

Âge des roches continentales en milliard d'années (Ga)



Les chaînes de montagnes anciennes



**La « montagne » limousine avec son point culminant :
le mont Gargan (730m)**

On ne peut pas se baser sur le relief pour localiser les chaînes de montagnes anciennes. En effet l'érosion a pu complètement faire disparaître ces reliefs.

Comparaison chaînes anciennes et récentes

Chaîne récente



Chaîne récente : les roches sédimentaires sont importantes, les roches formées en profondeur commencent à affleurer. La racine crustale est profonde.

Chaîne ancienne



Chaîne ancienne : les roches sédimentaires sont érodées, les roches formées en profondeur, granite et gneiss, affleurent.

■ Roches sédimentaires

■ Roches métamorphiques

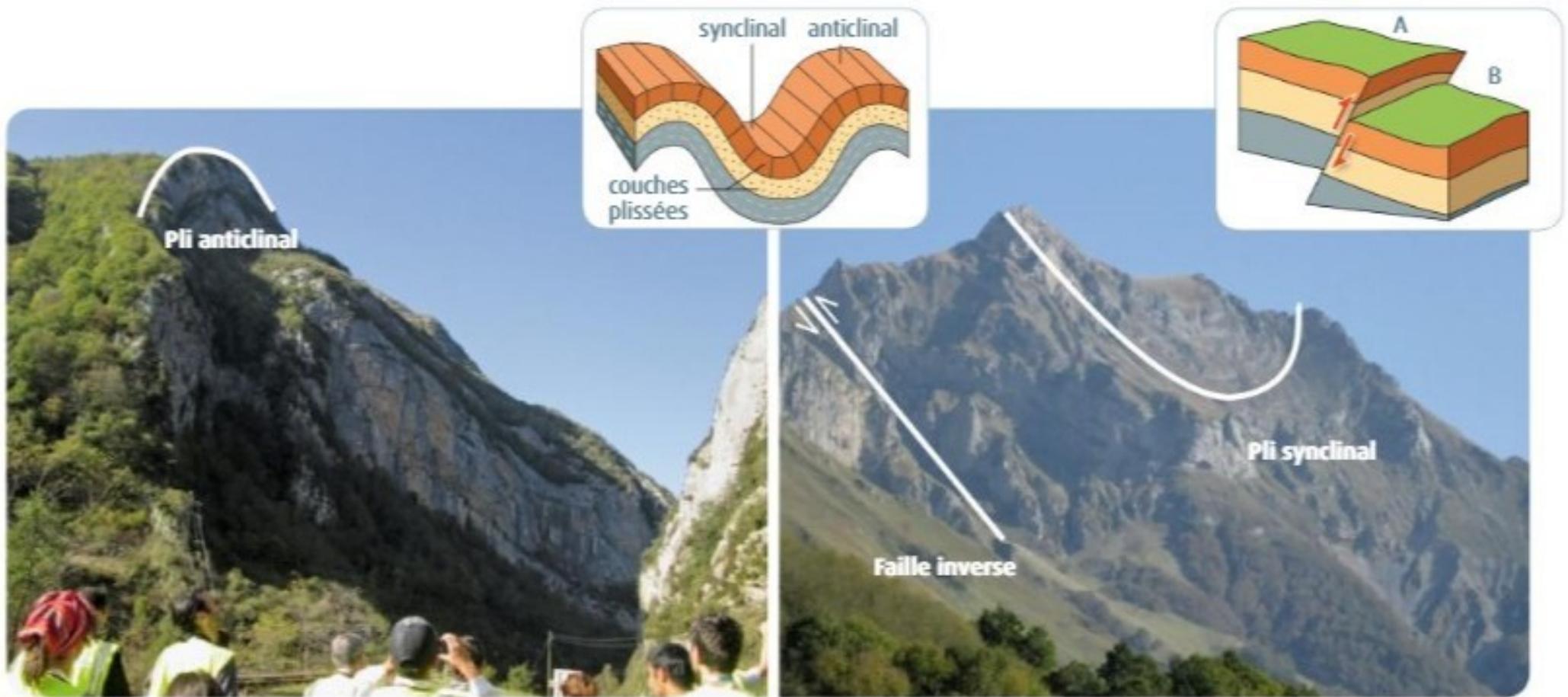
■ Roches granitiques

■ Manteau supérieur

On étudie :

- le type de roches rencontrées en surface
- Les déformations des roches

Quelques déformation associées à la mise en place d'une chaîne de montagne



3 Des plis, des failles inverses et des chevauchements à grande échelle. Au niveau du Fort du Portalet, les couches de calcaire sont plissées en forme de voûte convexe: elles forment un pli anticlinal. Au niveau du col d'Iseye (massif de la Marère), les couches sédimentaires sont plissées en cuvette: elles forment un pli synclinal. Ce col permet également d'observer une faille inverse, au niveau de laquelle les couches rocheuses du massif de la Marère chevauchent celles du Pic de Bergons.

(+ nappes de charriage)

Chapitre 2. Les traces du passé mouvementé de la Terre

I. La Terre a subi une succession de cycles orogéniques

A) Des traces d'orogénèse successives dans les terrains continentaux

B) Qu'est-ce qu'un cycle orogénique ?

1. Rifting continental
2. Accrétion océanique (rappels de première)
3. Subduction océanique (rappels de première)
- 4 Collision (rappels premières)

II. A la recherche d'océans disparus

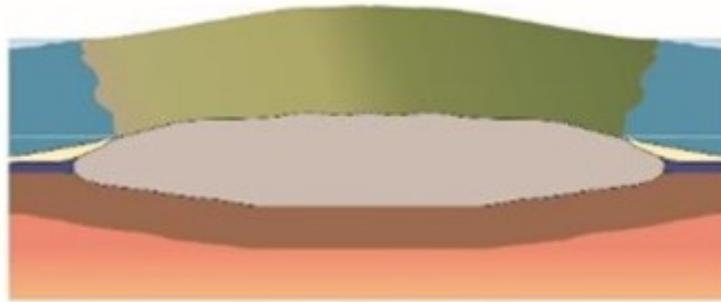
III. A la recherche de chaînes de montagnes anciennes

IV. Reconstitution d'un cycle orogénique

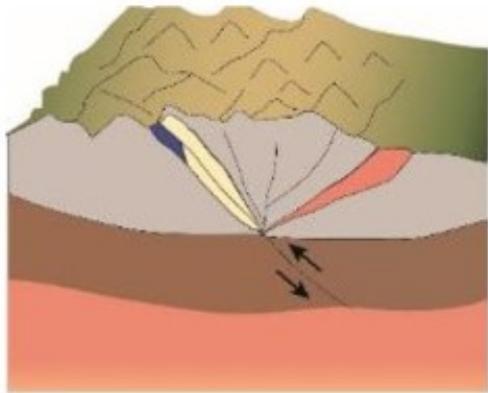
Conclusion

Les cycles orogéniques – Cycle de Wilson

Continent stable après pénéplanation

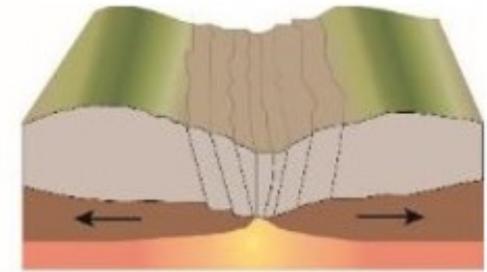


Orogène de collision

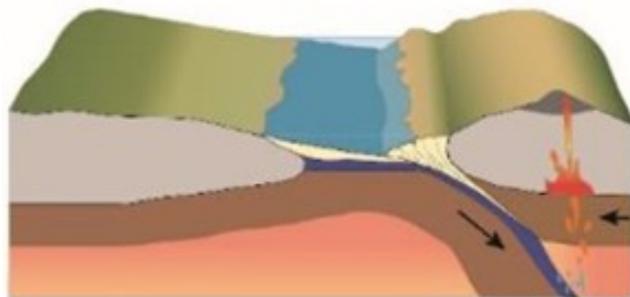


**CYCLE
OROGÉNIQUE
THÉORIQUE**

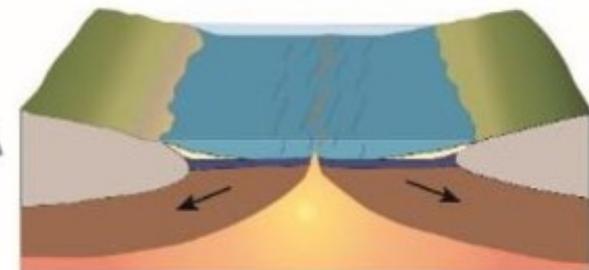
Zone de rift précoce

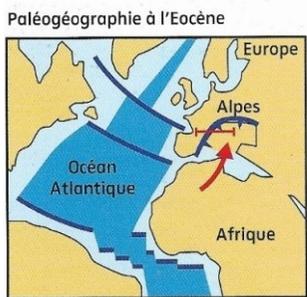


Zone de subduction



Dorsale océanique





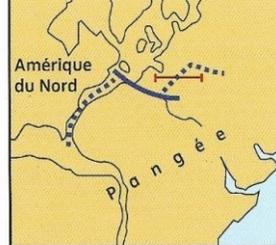
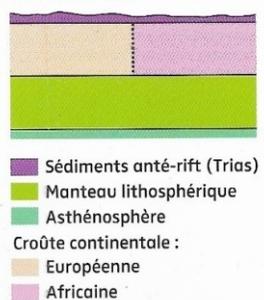
▲▲▲ Orogène de collision

COLLISION
(Éocène à actuel)



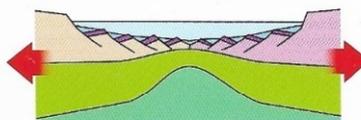
■ Sédiments récents post-collision

CROÛTE CONTINENTALE STABLE
(Trias inférieur)



■ Croûte continentale

RIFTING CONTINENTAL
(Trias supérieur au Jurassique moyen)

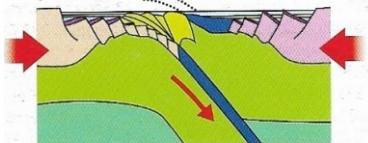


■ Sédiments syn-rift (Jurassique inférieur et moyen)

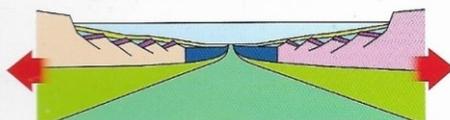
←→ Mouvements relatifs des plaques

MODÈLE DU CYCLE OROGÉNIQUE ALPIN

SUBDUCTION CONTINENTALE, OBDUCTION
(Éocène)



ACCRETION OCÉANIQUE
(Jurassique supérieur et Crétacé inférieur)



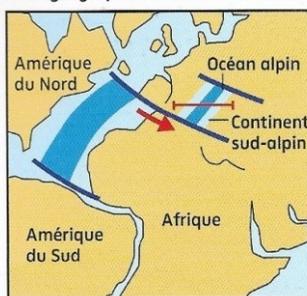
■ Sédiments post-rift (Jurassique supérieur et crétacé)

■ Croûte océanique

SUBDUCTION OCÉANIQUE, OBDUCTION
(Crétacé supérieur à Paléocène)



Paléogéographie au Crétacé inférieur

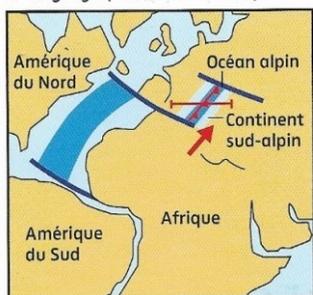


→ Mouvements relatifs de l'Afrique

■ Croûte océanique

■ Marge passive

Paléogéographie au Crétacé supérieur



▲▲▲ Subduction

Les épaisseurs relatives de la croûte et du manteau lithosphérique ne sont pas respectées

Les cycles orogéniques – l'exemple Alpin (rabat du livre)

Chapitre 2. Les traces du passé mouvementé de la Terre

I. La Terre a subi une succession de cycles orogéniques

A) Des traces d'orogénèse successives dans les terrains continentaux

B) Qu'est-ce qu'un cycle orogénique ?

1. Rifting continental

2. Accrétion océanique (rappels de première)

3. Subduction océanique (rappels de première)

4 Collision (rappels premières)

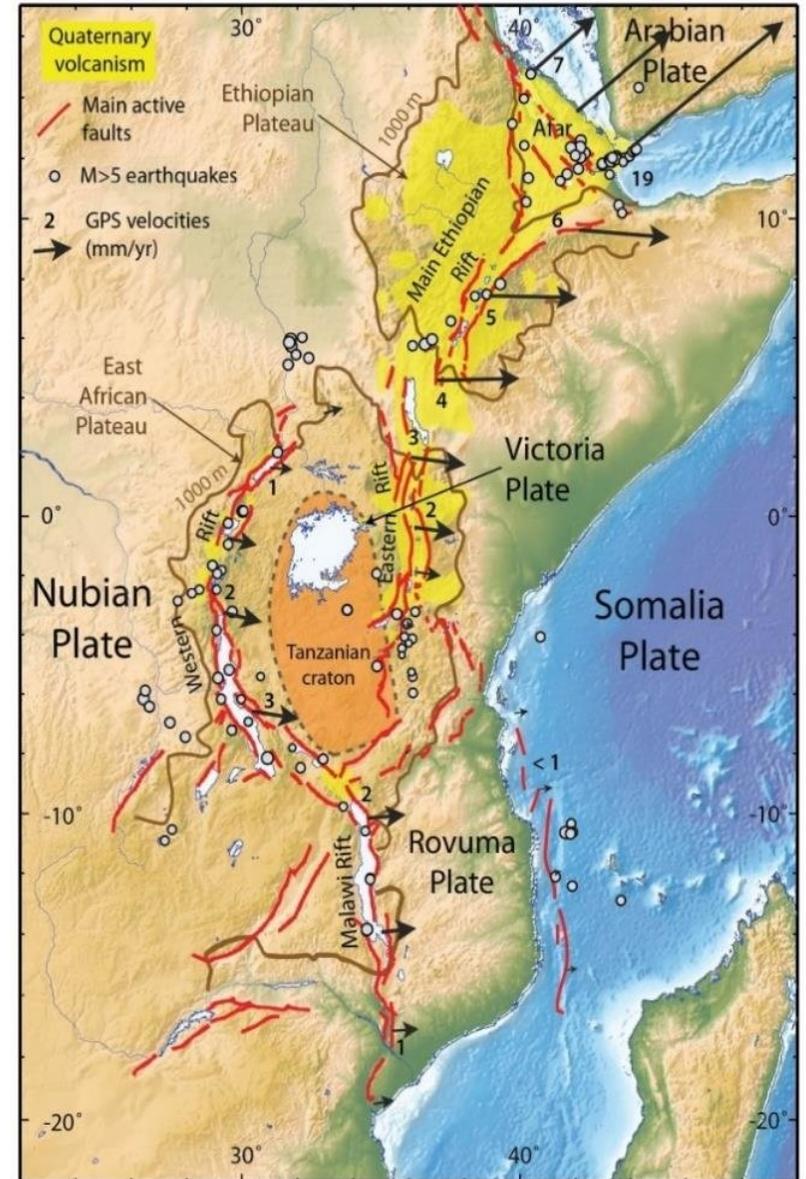
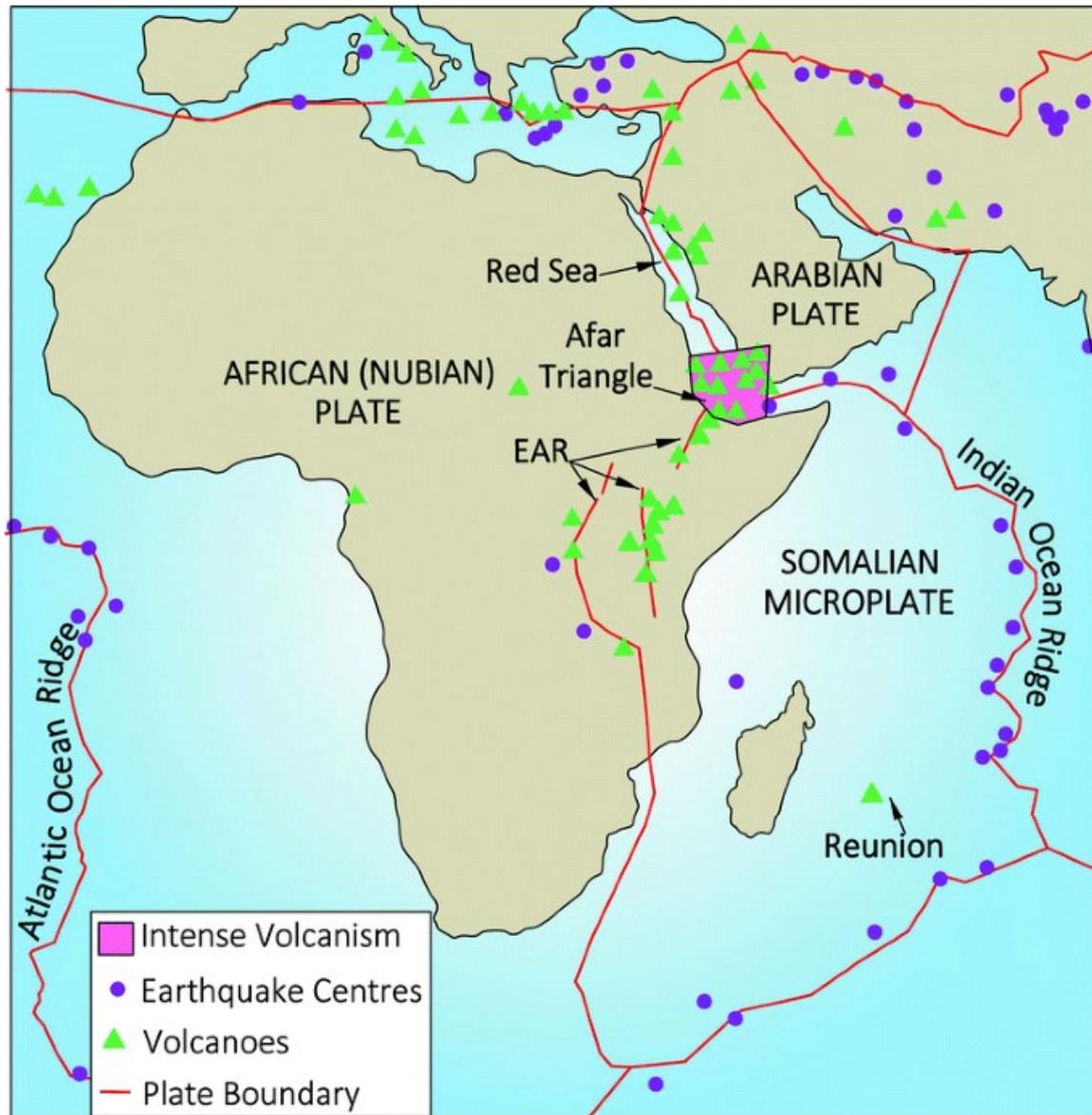
II. A la recherche d'océans disparus

III. A la recherche de chaînes de montagnes anciennes

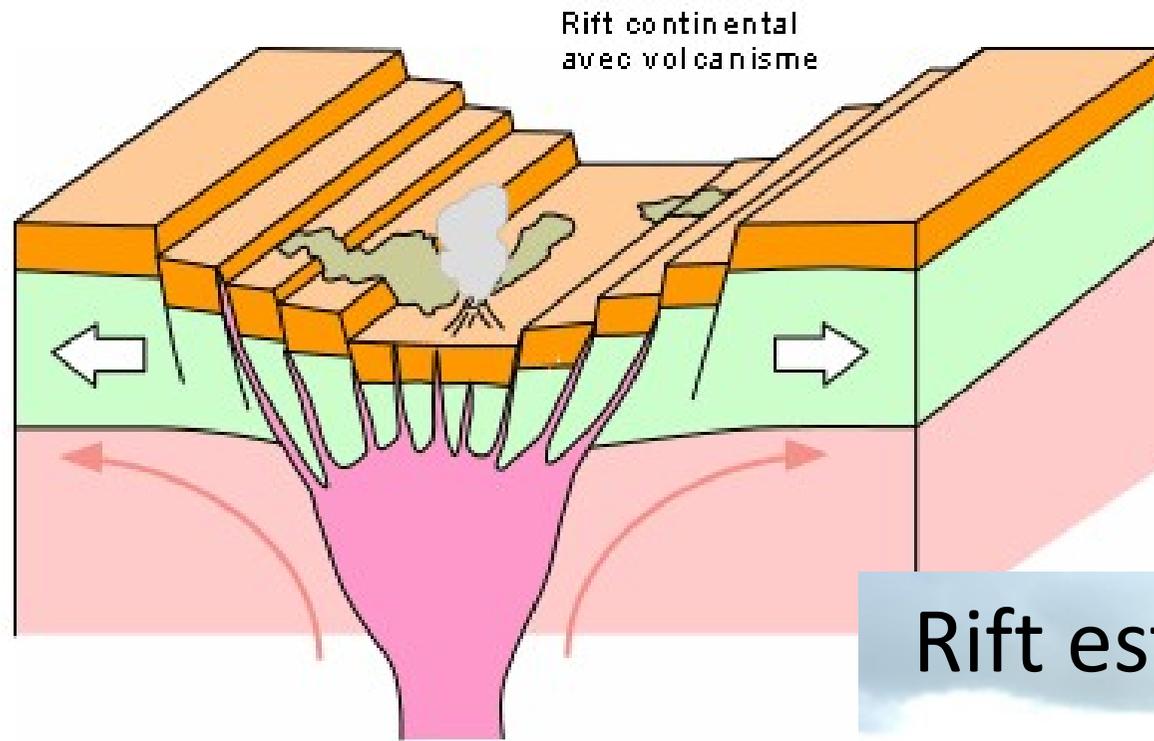
IV. Reconstitution d'un cycle orogénique

Conclusion

Rift Est Africain



Rift continental.



Rift est éthiopien

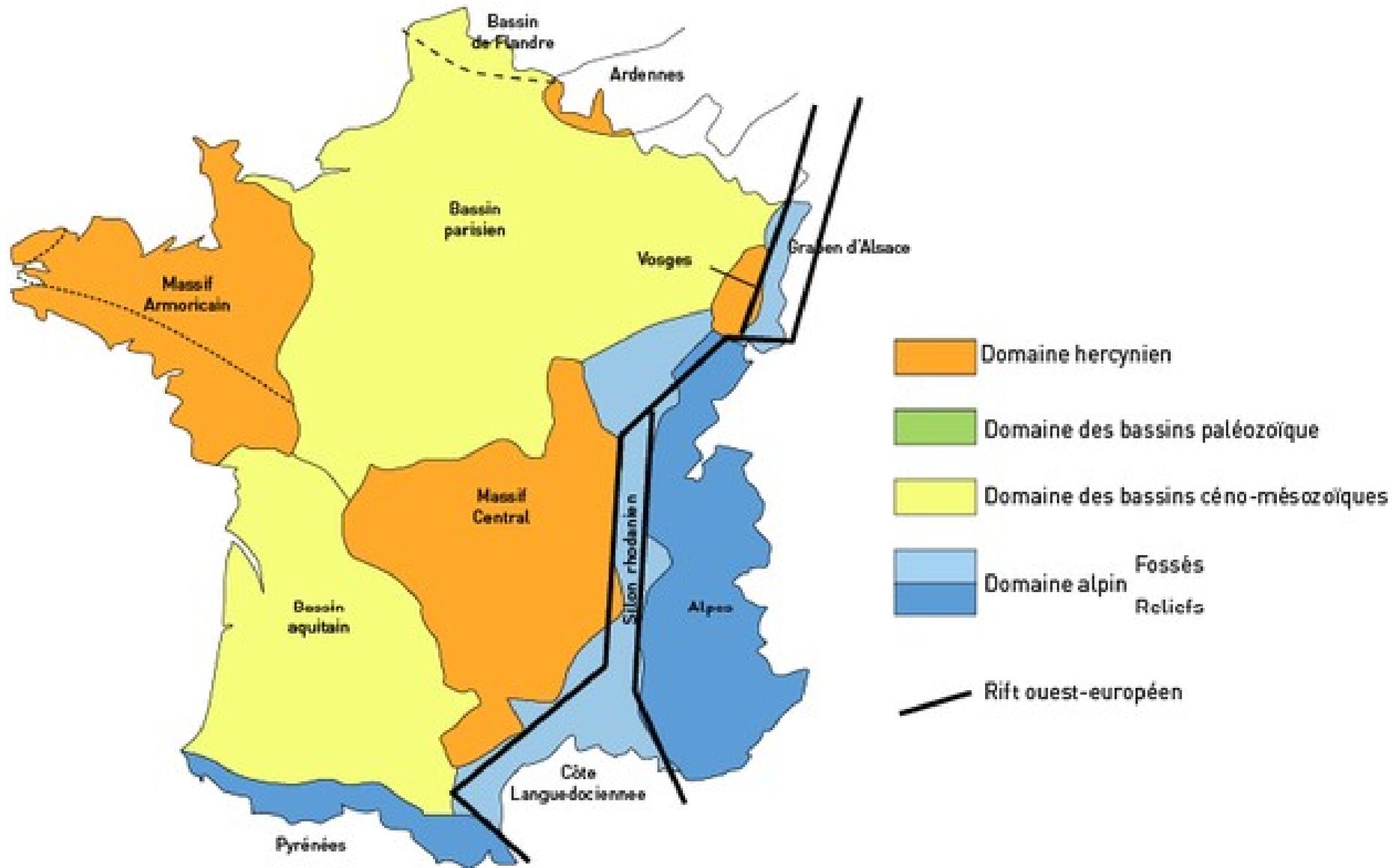


A Dépôts de sel dans le rift de l'Afar.

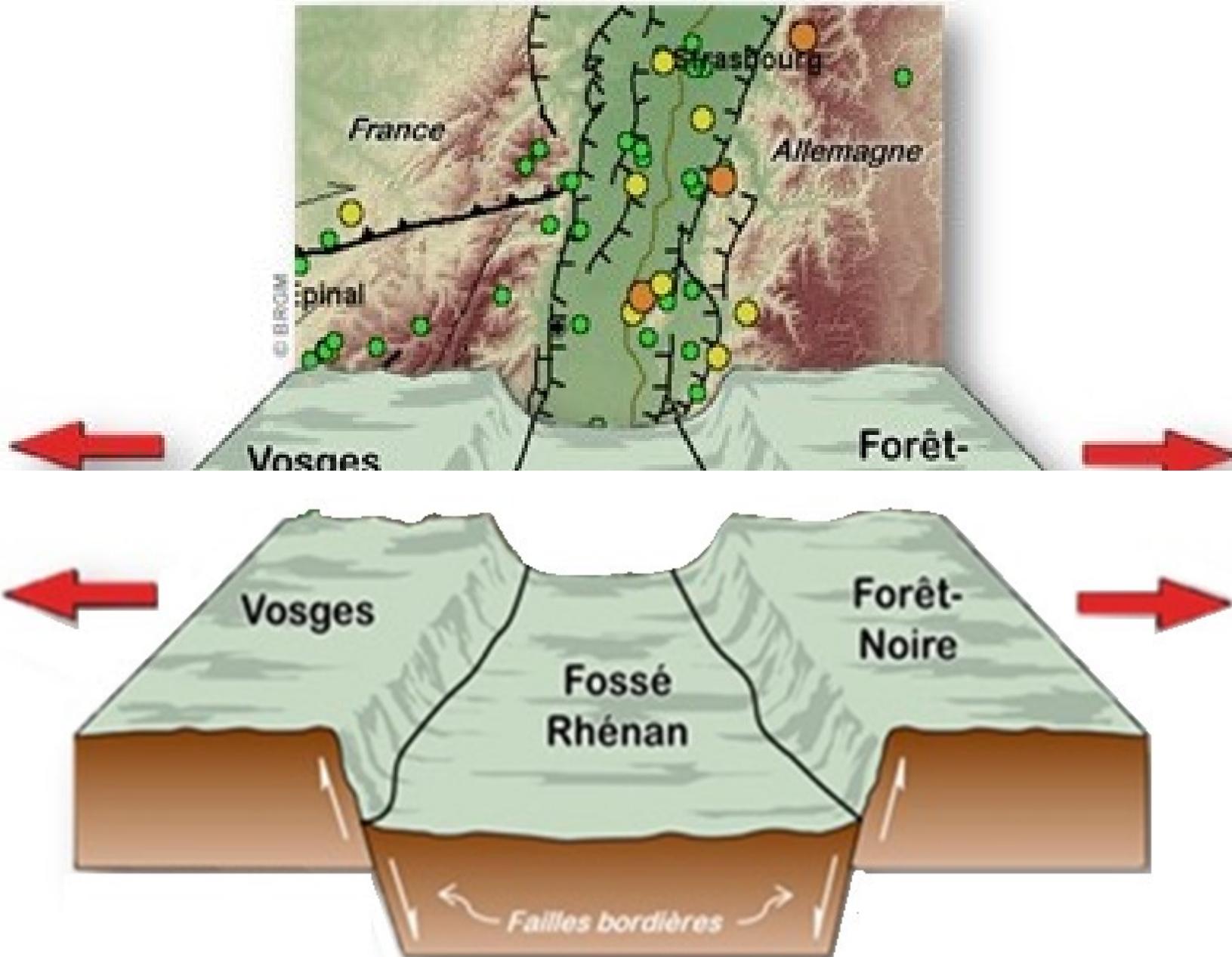


Stade rift

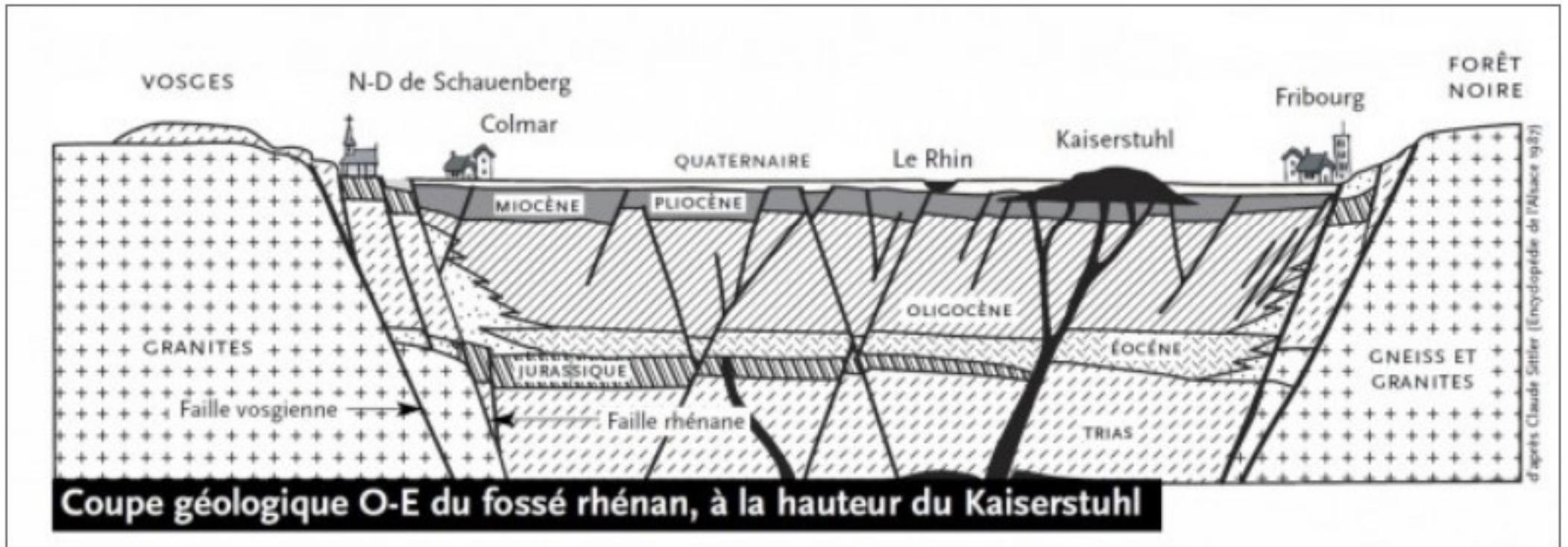
Un exemple de rift avorté : le fossé rhénan



Un exemple de rift avorté : le fossé rhénan



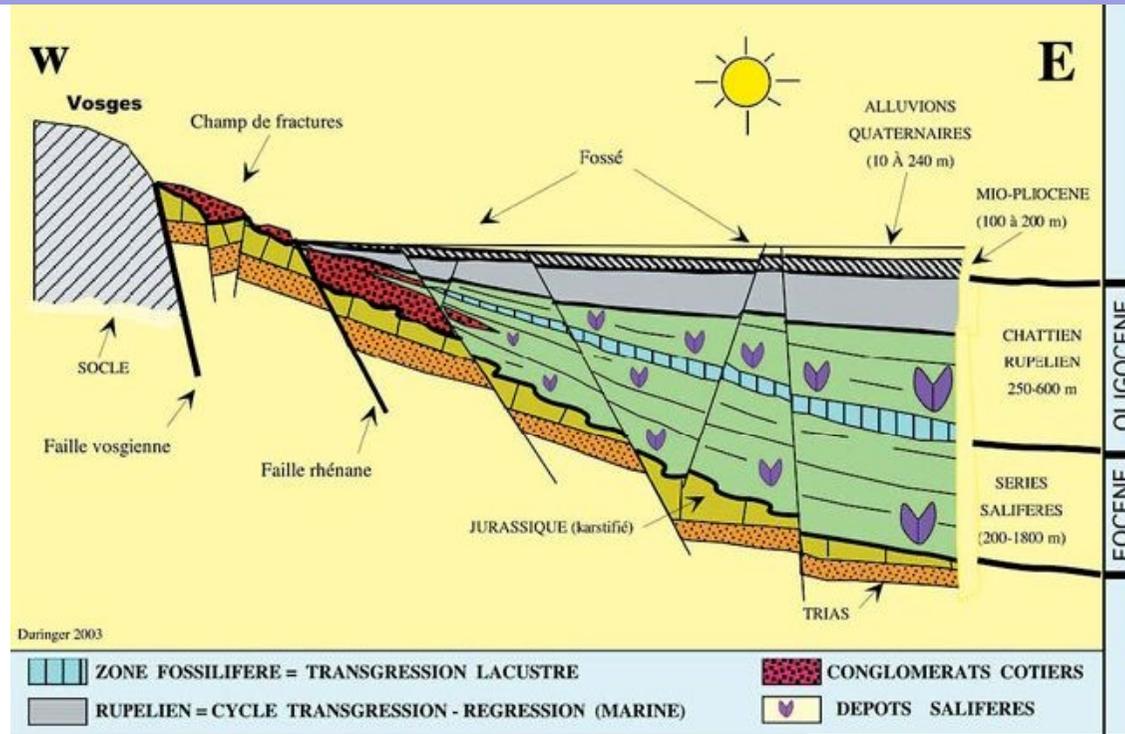
Un exemple de rift avorté : le fossé rhénan



Coupe géologique O-E du fossé rhénan

L'enregistrement sédimentaire de la déchirure continentale

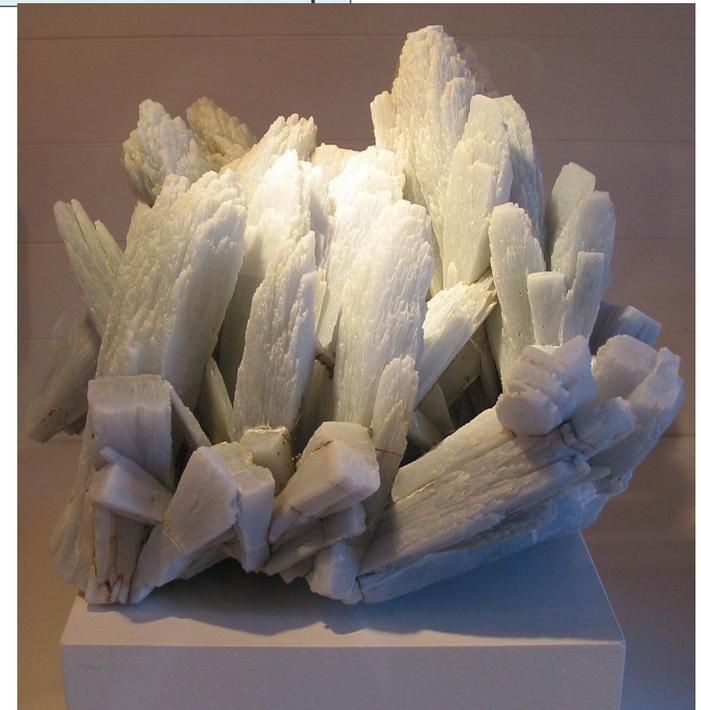
Coupe fossé rhénan



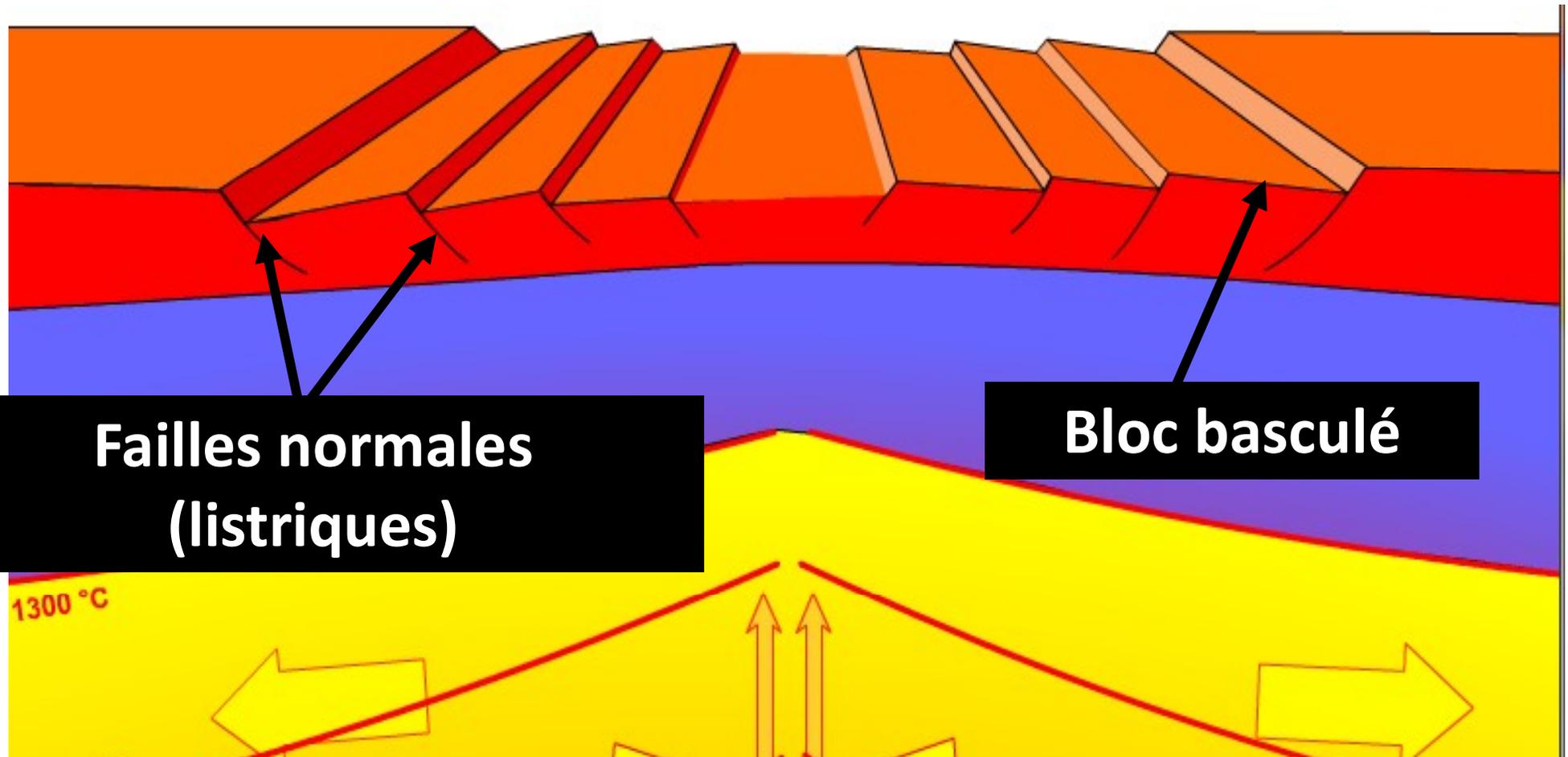
Conglomérats



Evaporites



L'ouverture d'un océan débute par un amincissement et une fracturation de la croûte continentale



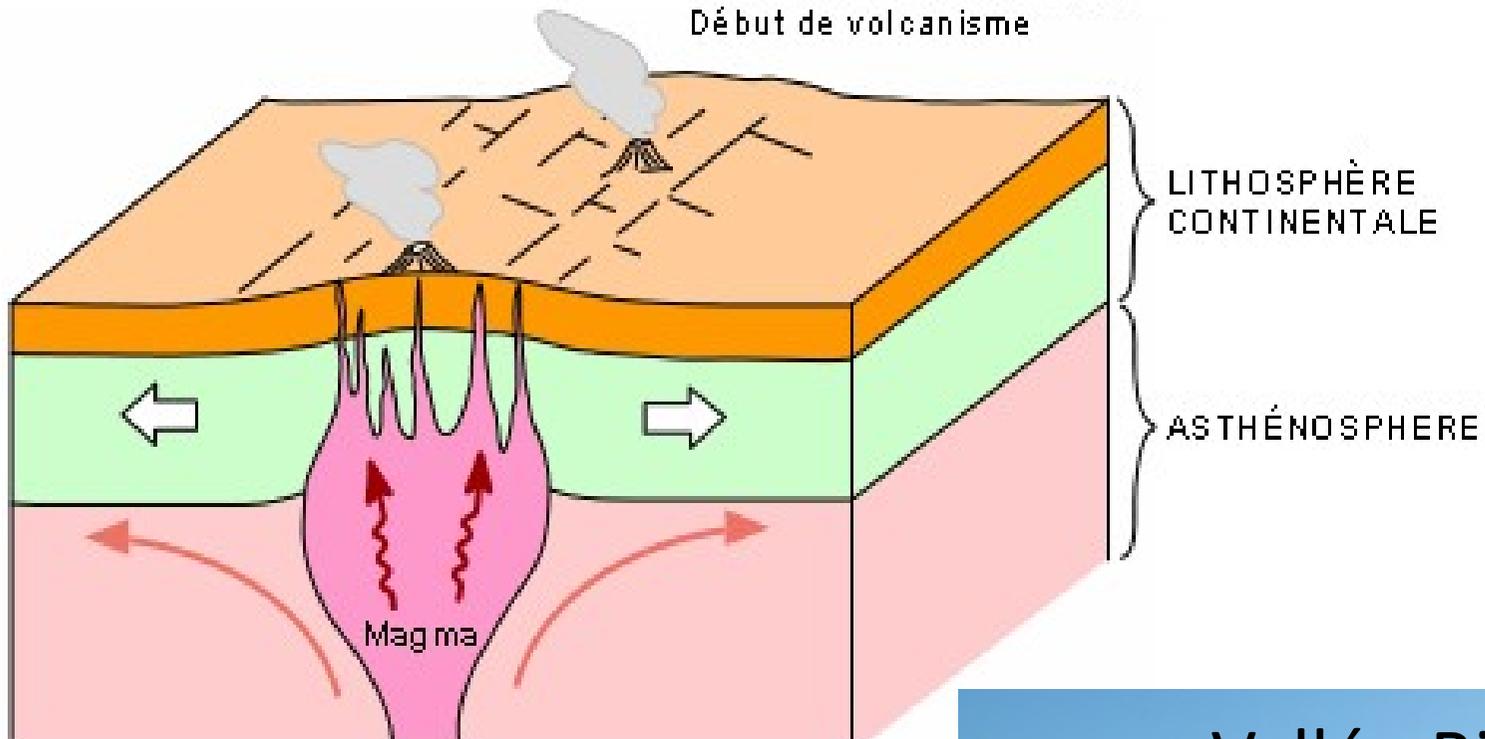
**Failles normales
(listriques)**

Bloc basculé

Extension => fracturation de la croûte par des failles listriques qui délimitent des blocs basculés

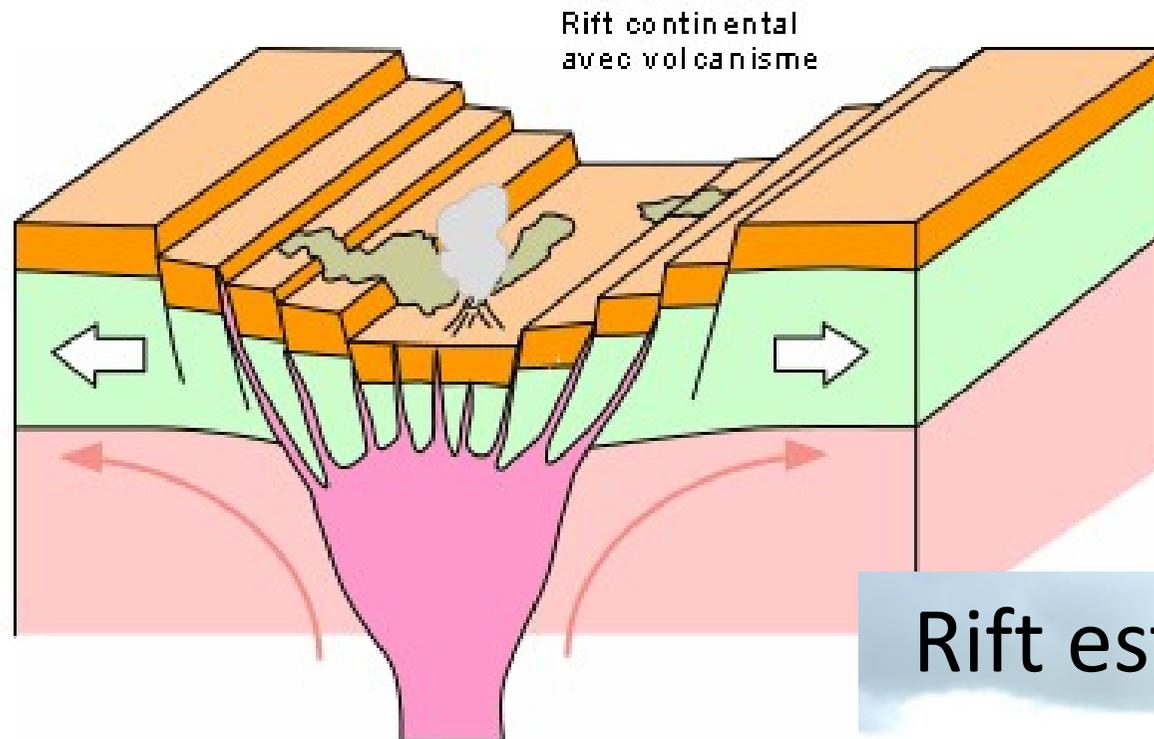
Amorce d'un rift continental.

Bombement et fracturation.
Début de volcanisme



Stade pré-rift

Rift continental.



Rift est éthiopien

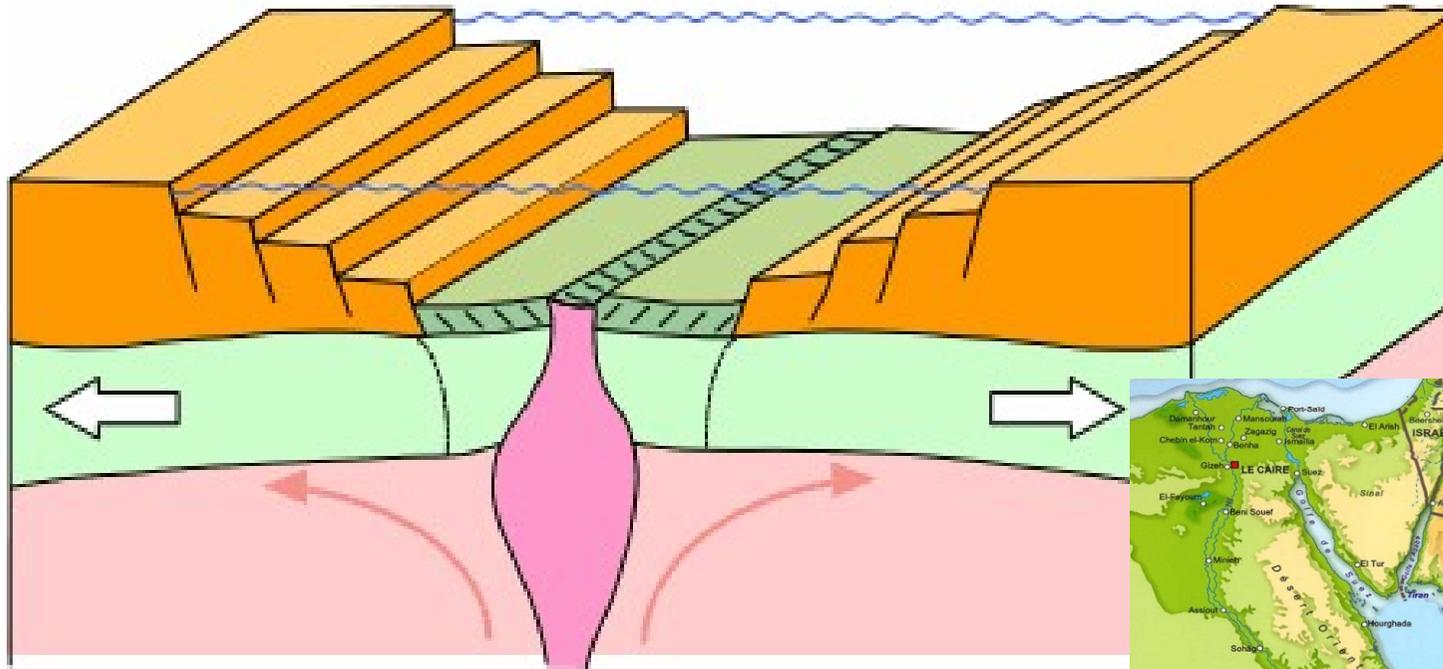


A Dépôts de sel dans le rift de l'Afar.



Stade rift

Premier plancher océanique - Mer linéaire.

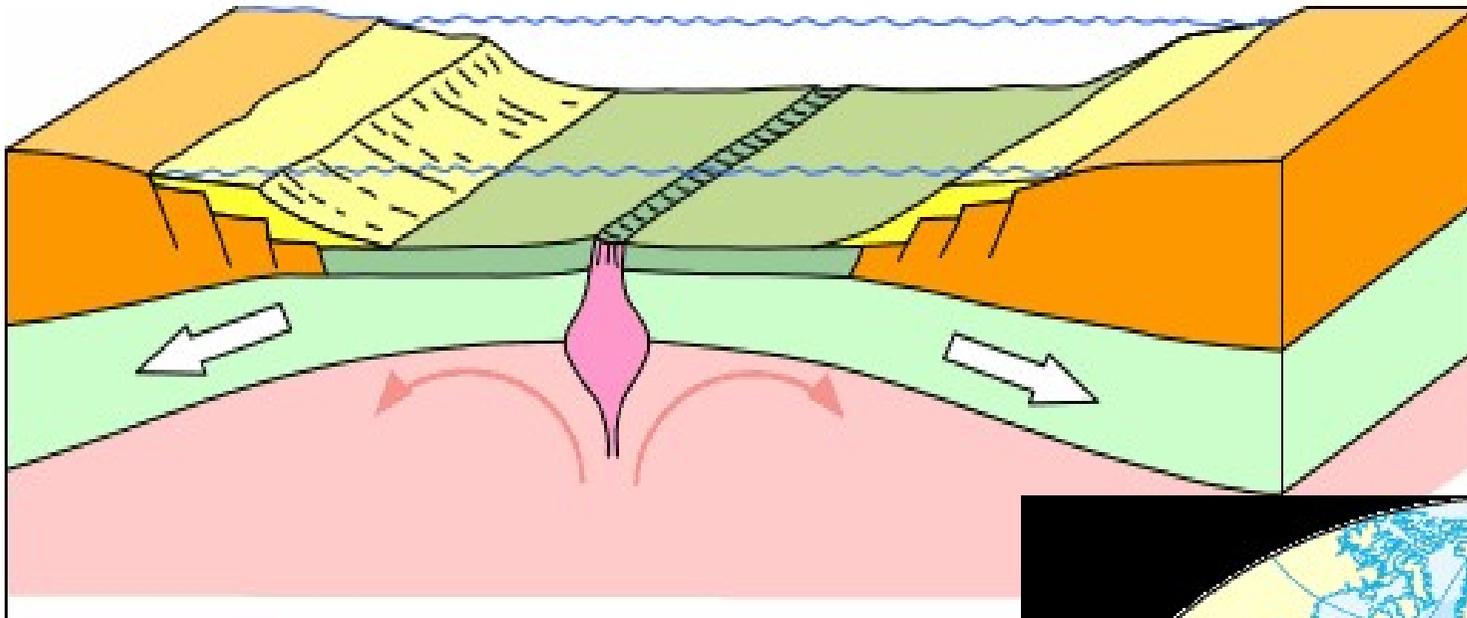


Mer
rouge



Stade mer linéaire

Océan de type Atlantique



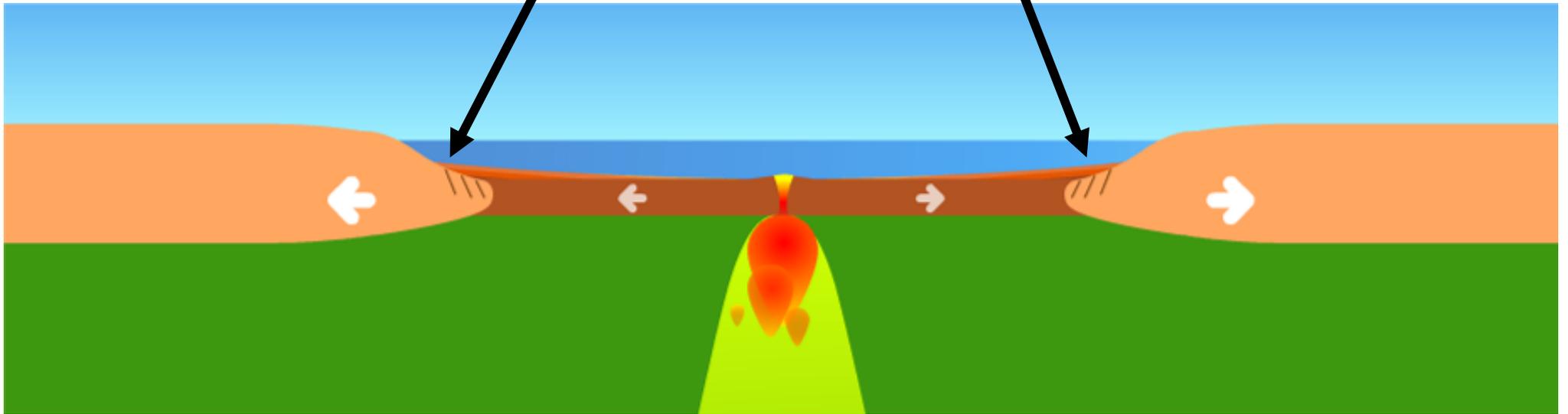
Océan
Atlantique



Stade océan

Deux marges passives de part et d'autre de l'océan ouvert

2 marges passives



Localisation des marges passives sur le globe



— Marges passives

— Subductions

— Dorsales

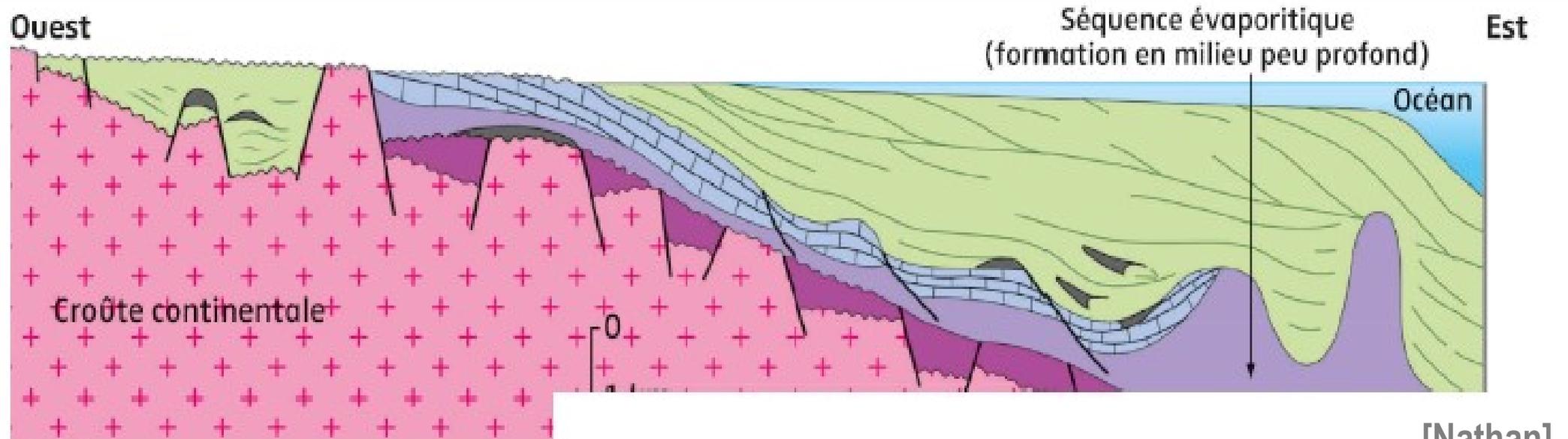
① Coupe du document 2

② Coupe du document 3

Reconstitution de la marge Brésilienne avec indication des paléoenvironnements sédimentaires



Animation faille normale/faille inverse



Dépôts :

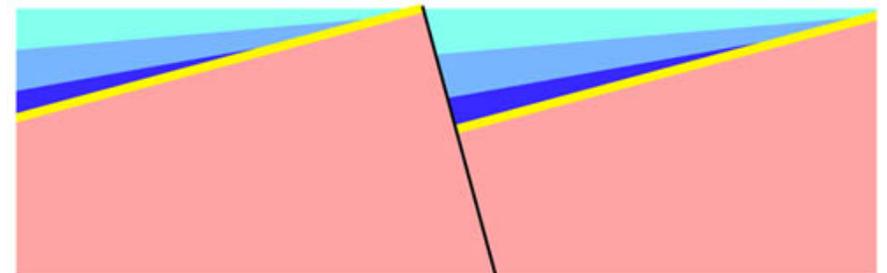


L'enregistrement sédimentaire de la déchirure continentale

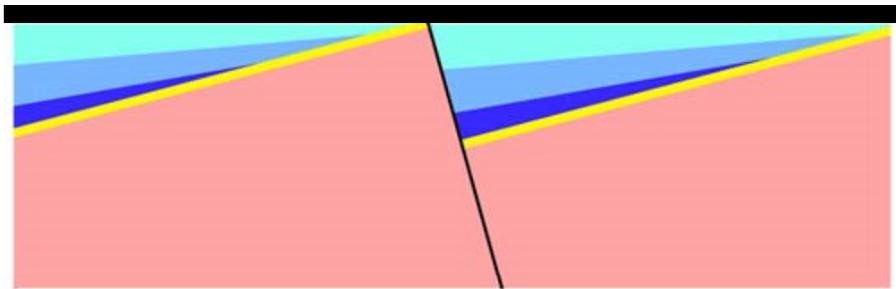
1. avant le basculement : sédimentation anterift



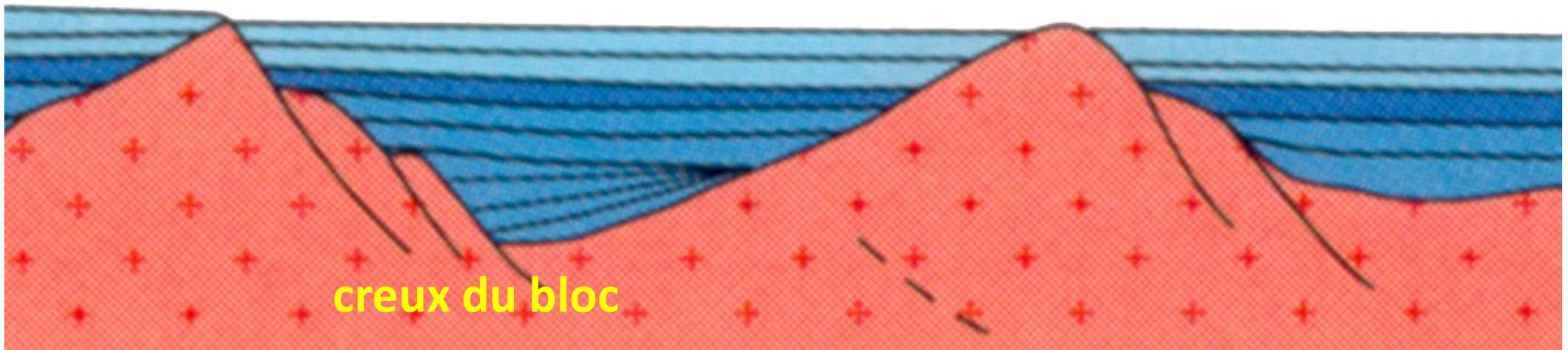
2. pendant le basculement : sédimentation synrift



3. après le basculement : sédimentation postrift

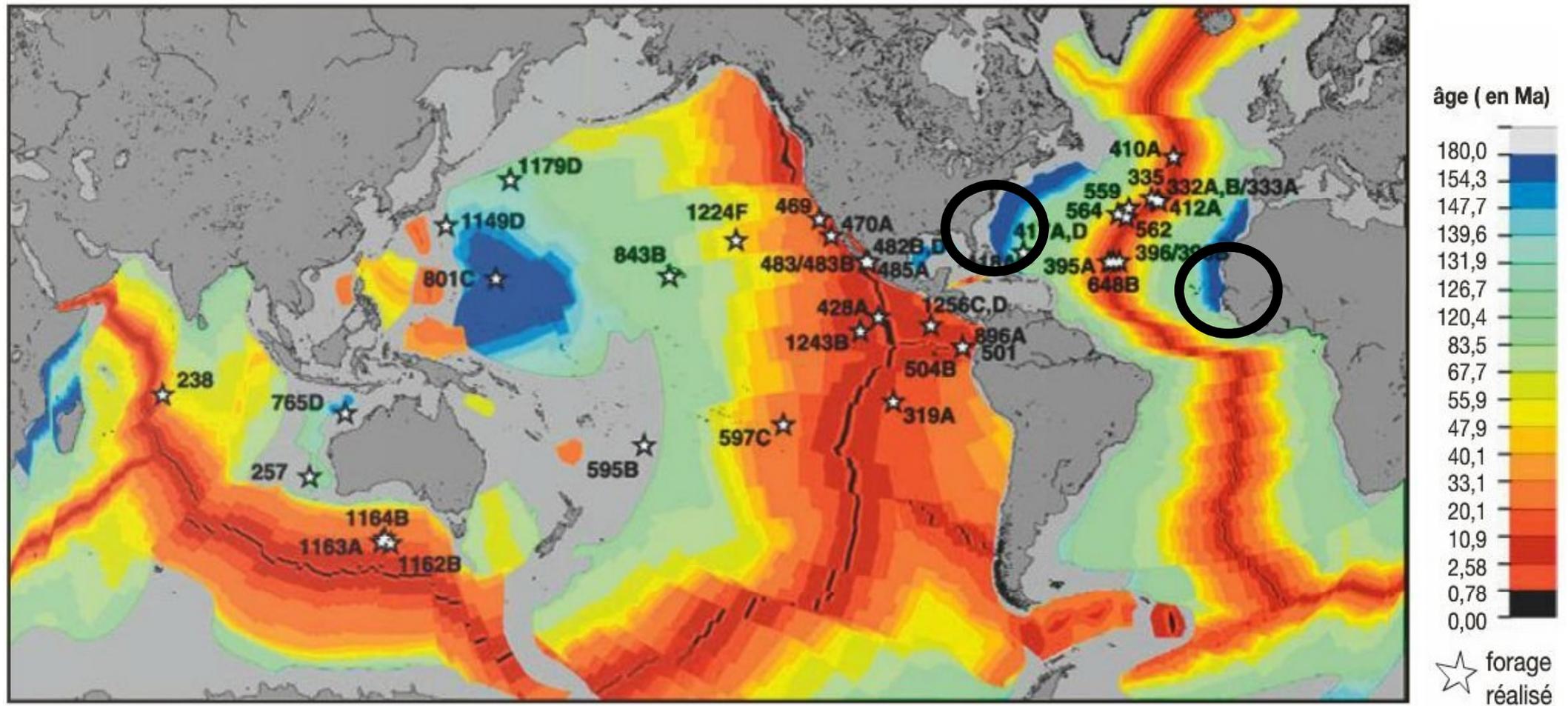


Sommet du bloc



creux du bloc

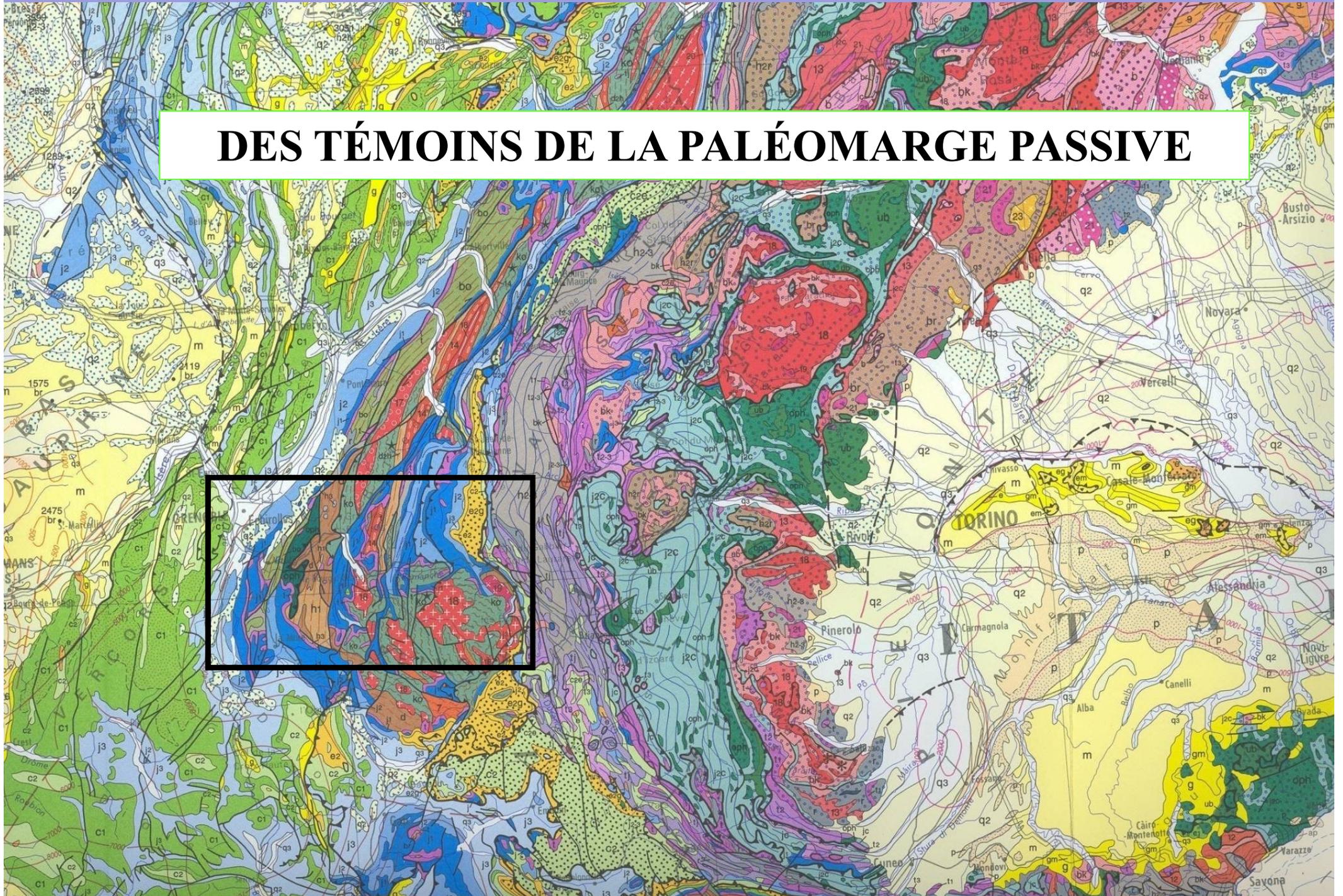
Recherche d'indices témoignant de la fracturation d'un continent



Complémentarité de la forme des côtes !

Des blocs basculés dans les Alpes

DES TÉMOINS DE LA PALÉOMARGE PASSIVE



Des blocs basculés dans les Alpes



Ouest

Est

La Mure

Taillefer

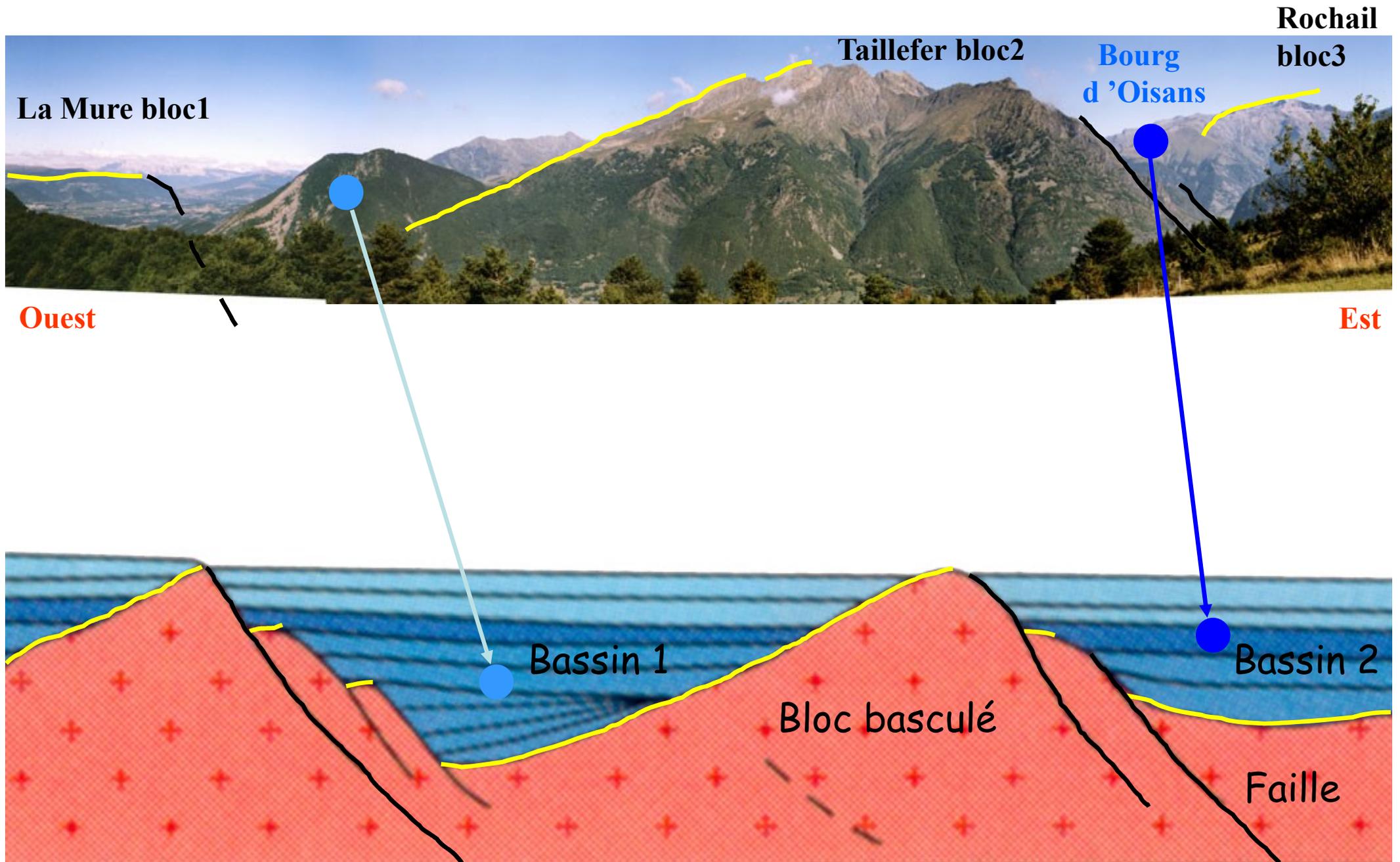
Bourg
d'Oisans

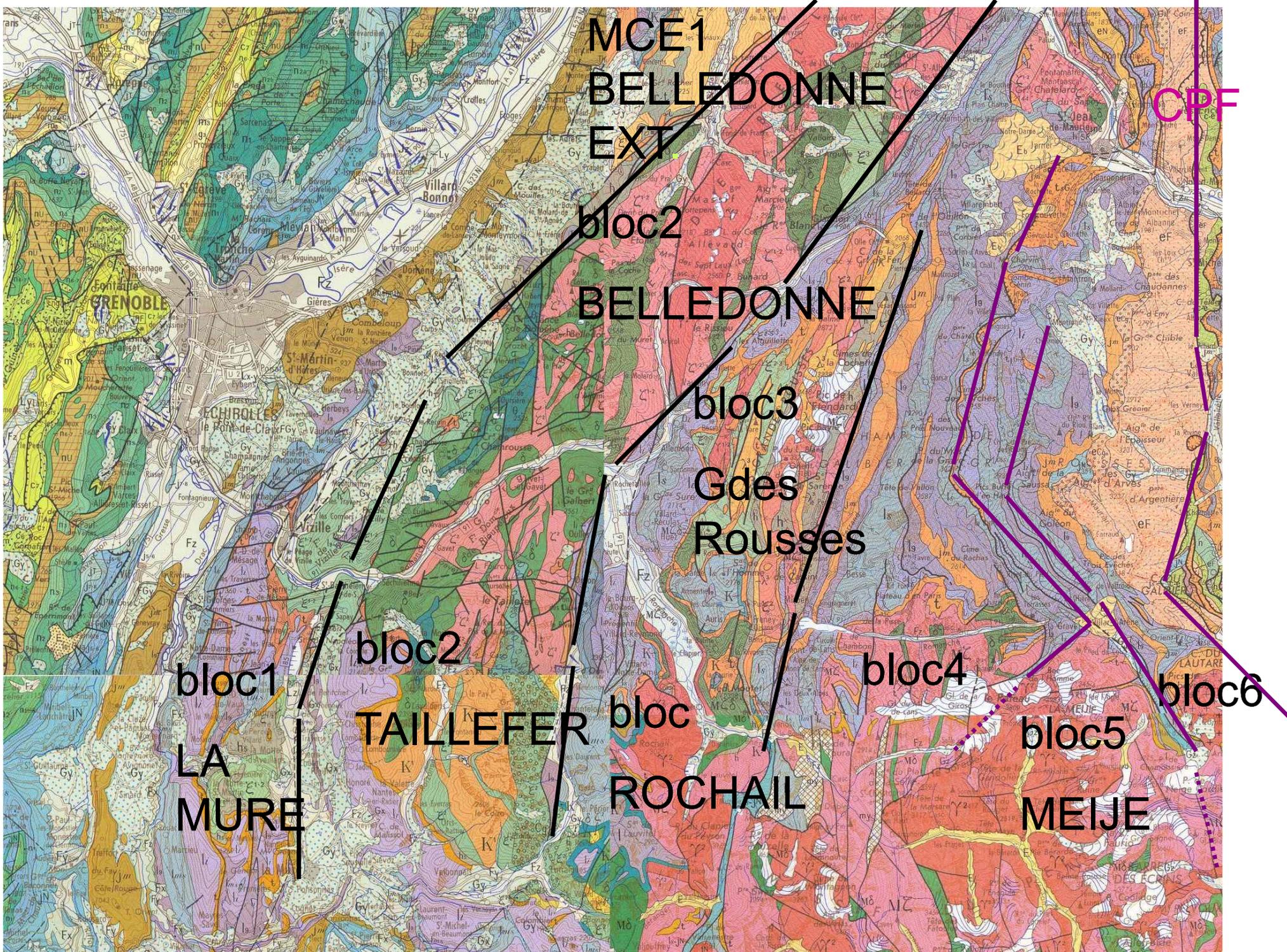
Rochail

Un ancien bloc basculé



Des blocs basculés dans les Alpes





Des blocs basculés dans les Alpes

Chapitre 2. Les traces du passé mouvementé de la Terre

I. La Terre a subi une succession de cycles orogéniques

A) Des traces d'orogénèse successives dans les terrains continentaux

B) Qu'est-ce qu'un cycle orogénique ?

1. Rifting continental

2. Accrétion océanique (rappels de première)

3. Subduction océanique (rappels de première)

4 Collision (rappels premières)

II. A la recherche d'océans disparus

III. A la recherche de chaînes de montagnes anciennes

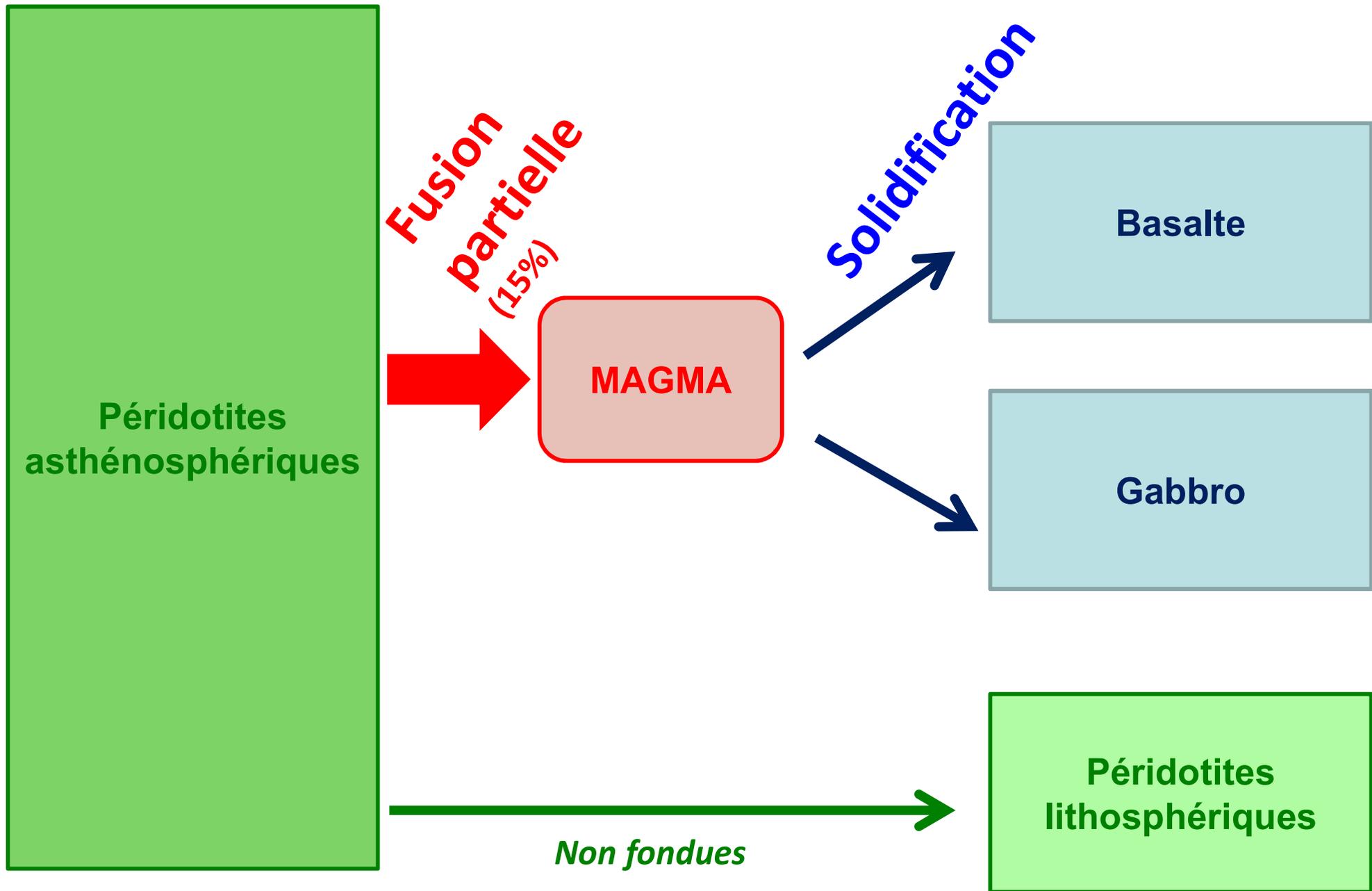
IV. Reconstitution d'un cycle orogénique

Conclusion

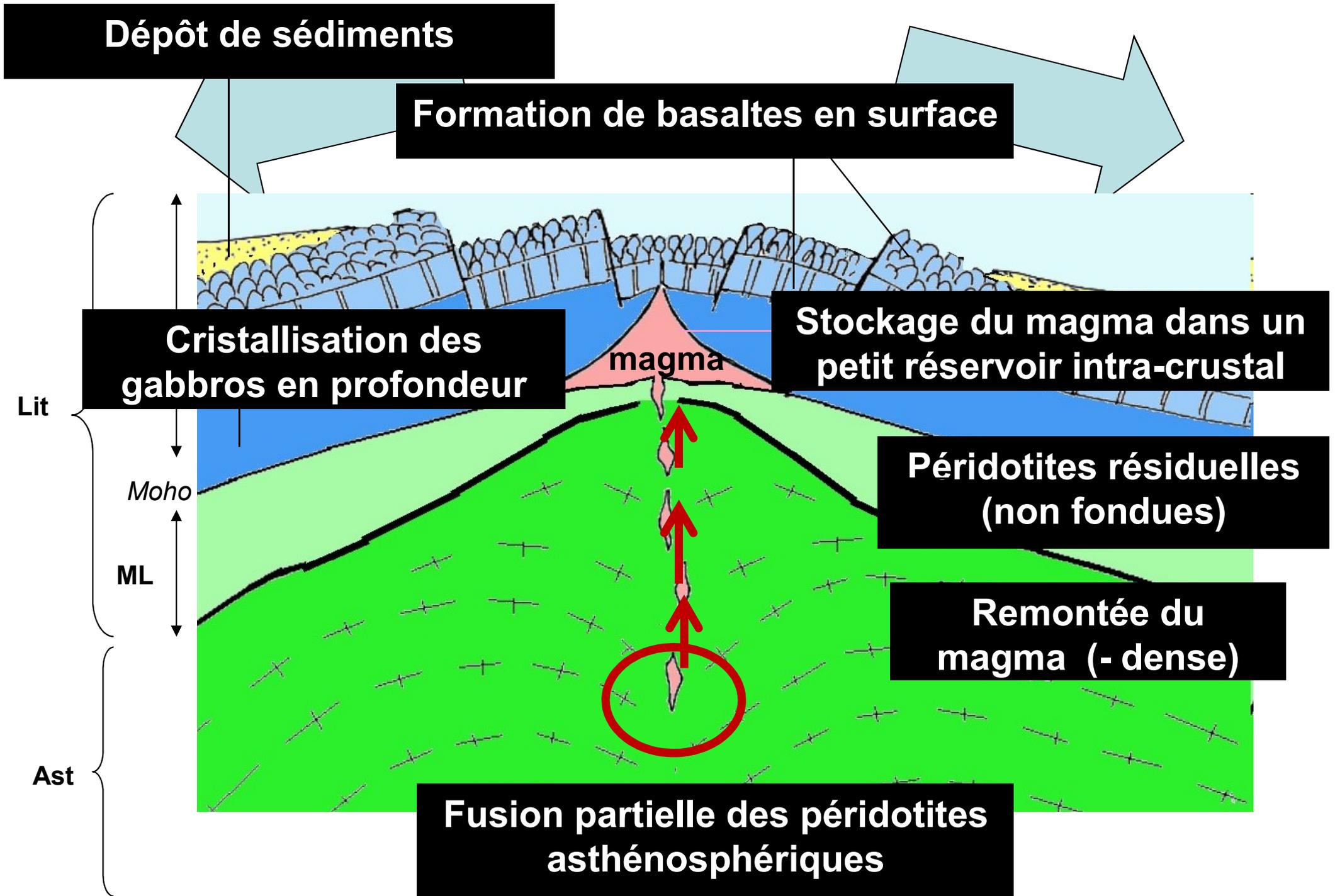
Carte mondiale des fond océaniques



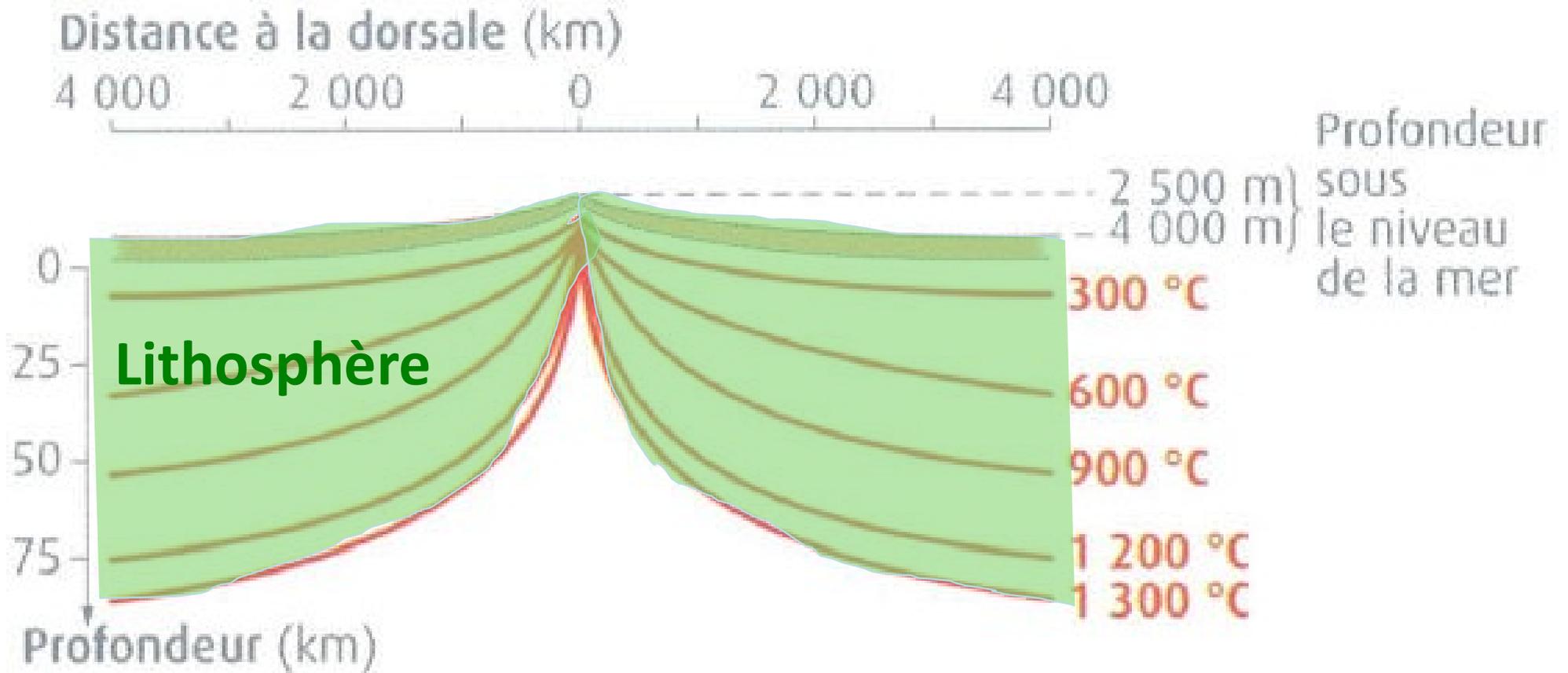
L'origine des roches de la lithosphère océanique



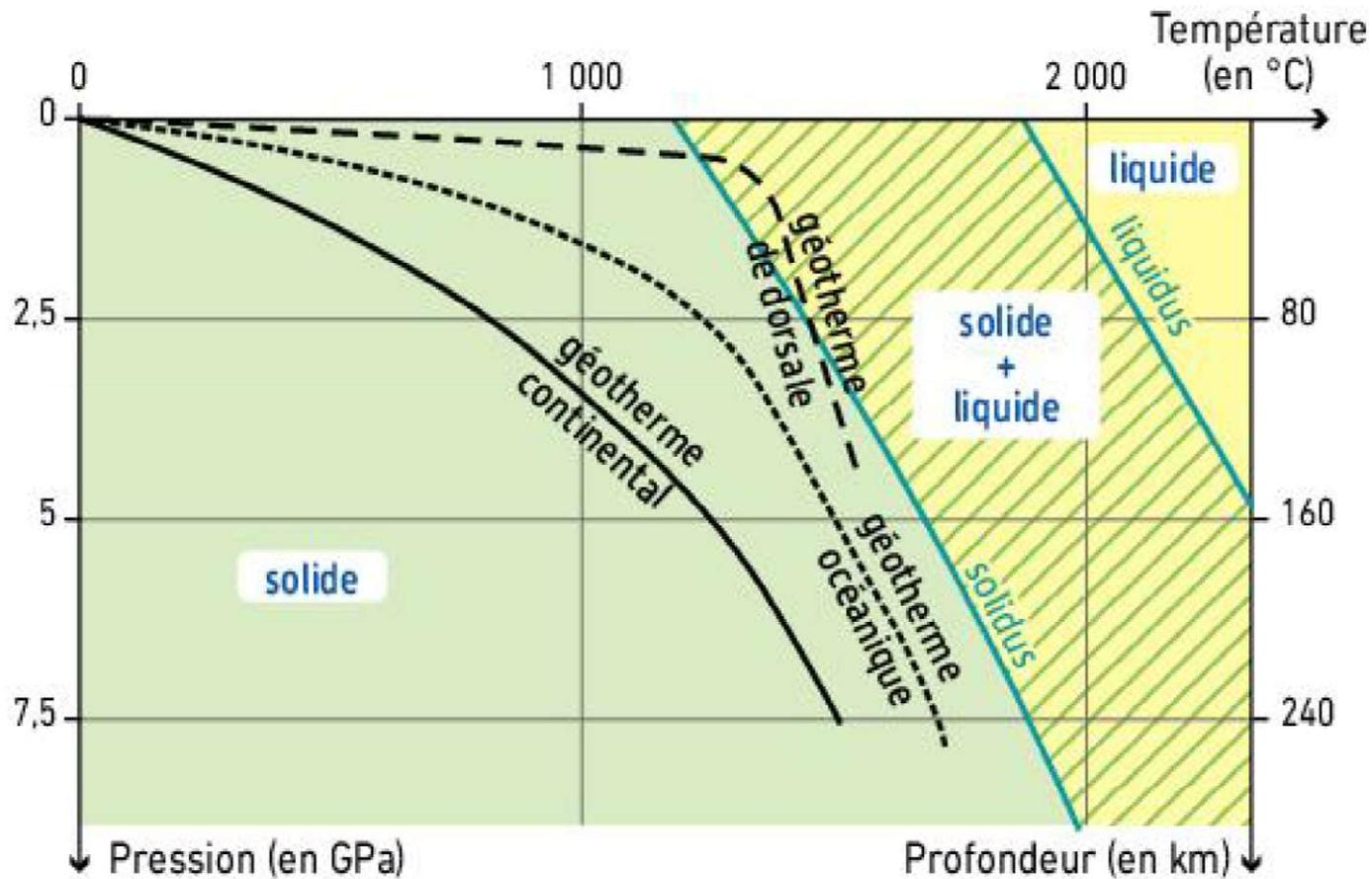
Formation de la lithosphère océanique



Les isothermes sous une dorsale



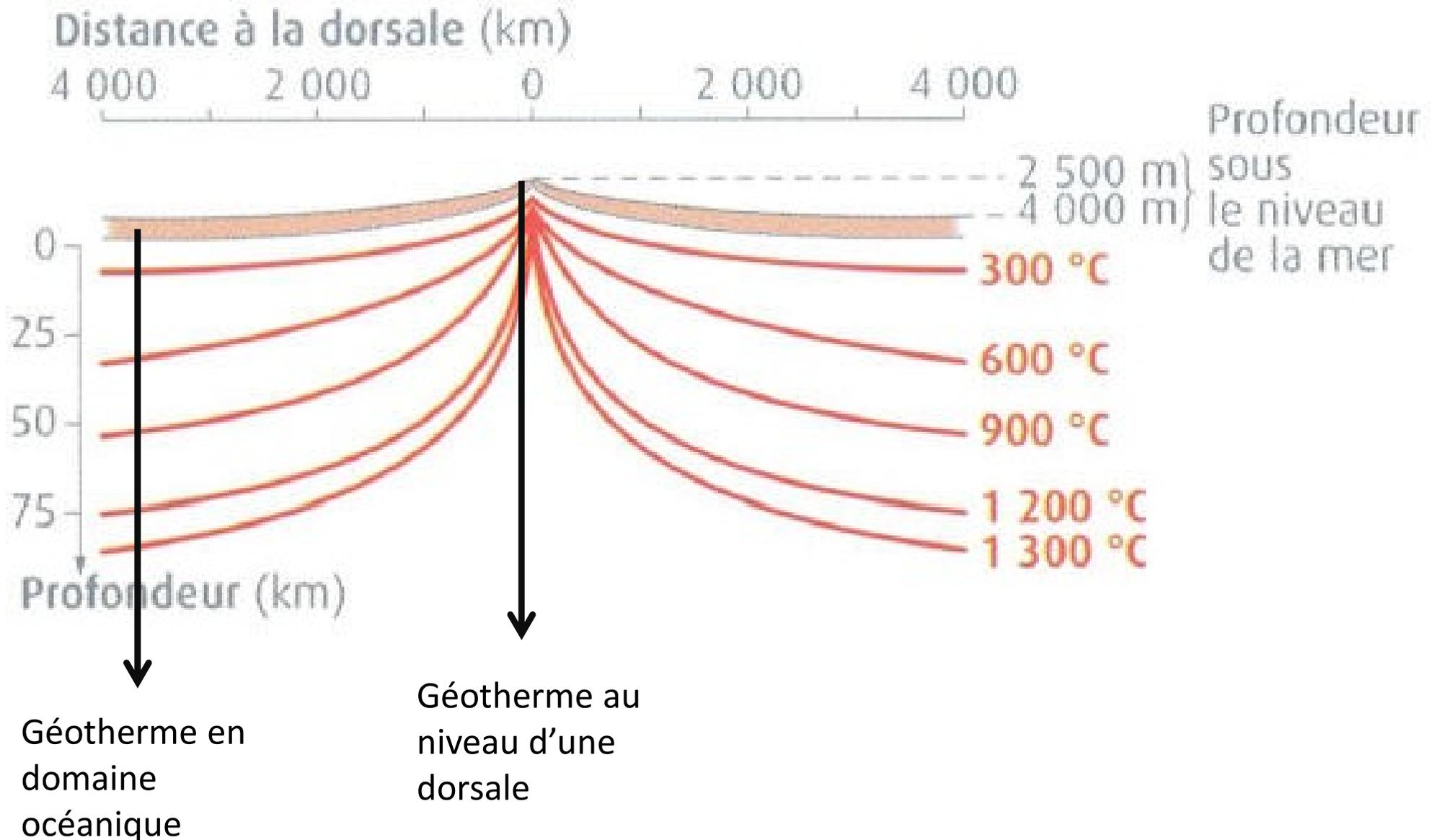
Fusion partielle des péridotites asthénosphériques



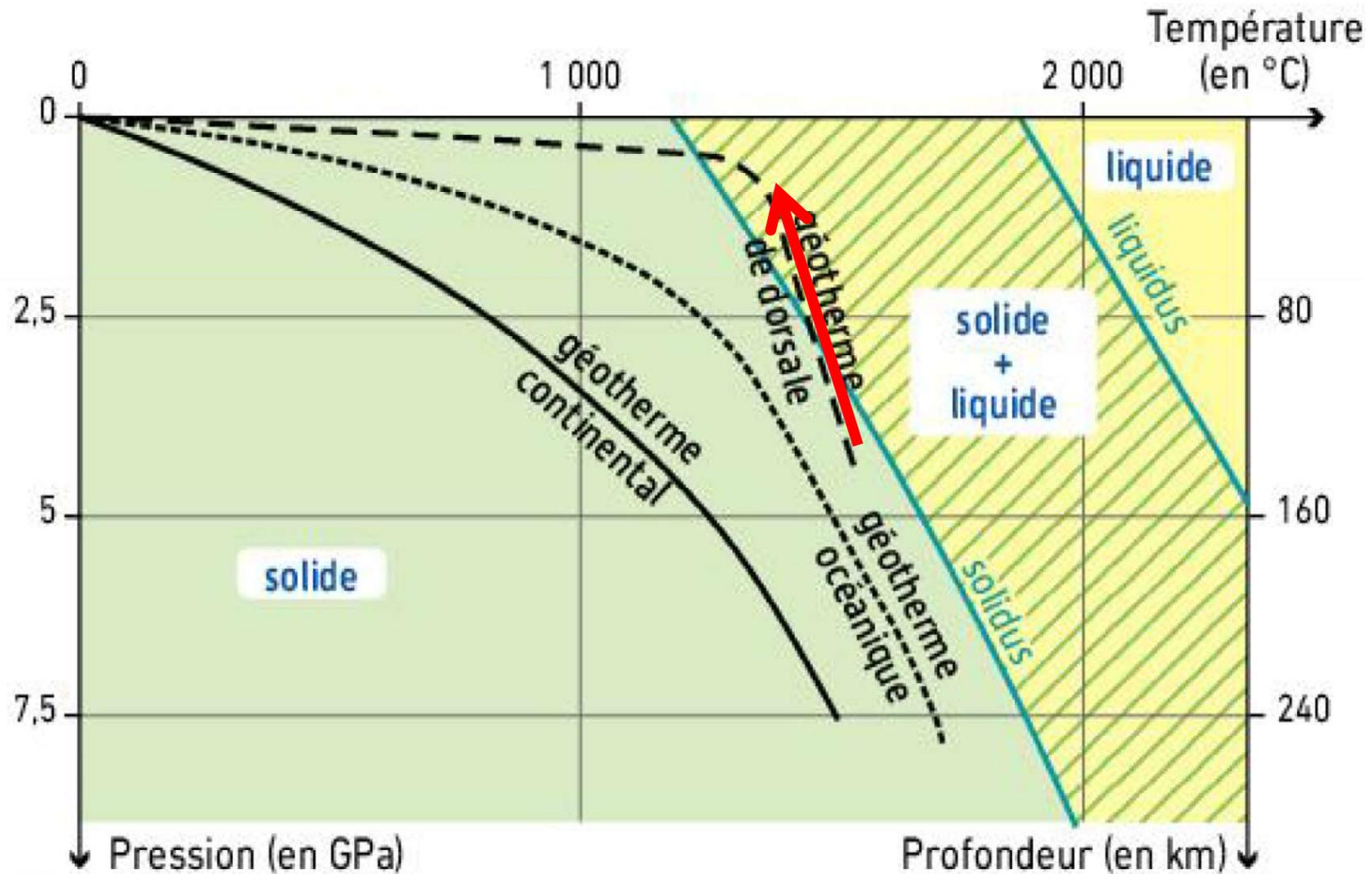
B Mise en relation du diagramme de phase de la péridotite et de trois géothermes typiques (continent, plaine abyssale et dorsale).



Les isothermes sous une dorsale



Fusion partielle des péridotites asthénosphériques



B Mise en relation du diagramme de phase de la péridotite et de trois géothermes typiques (continent, plaine abyssale et dorsale).

Formation des basaltes et des gabbros

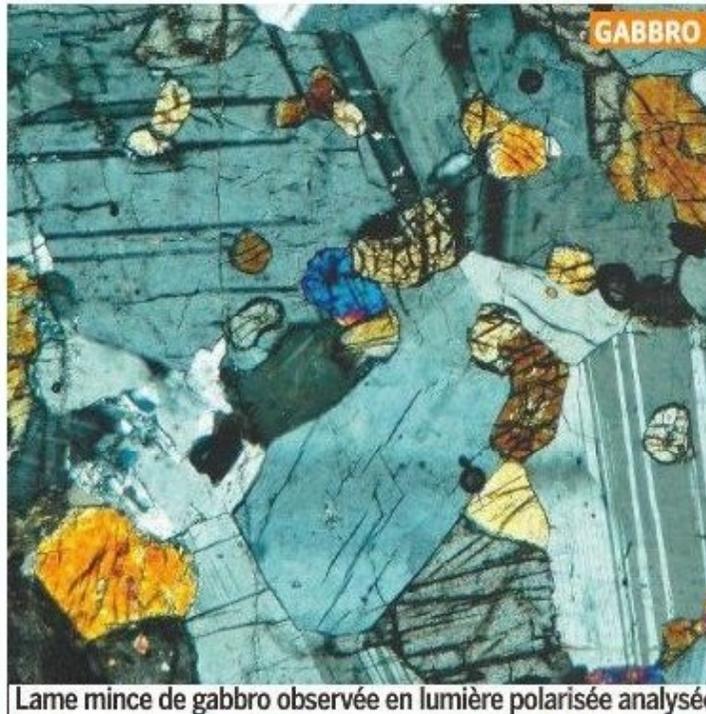
Gabbro

O	Si	Al	Fe	Mg	Ca	Na	K
43.5	23.7	7.4	8.3	3.8	7.4	1.6	0.6

Basalte



Feldspaths (F)
Pyroxènes (P)
[Olivine (O)]



Lame mince de gabbro observée en lumière polarisée analysée



Lame mince de basalte observée en lumière polarisée analysée

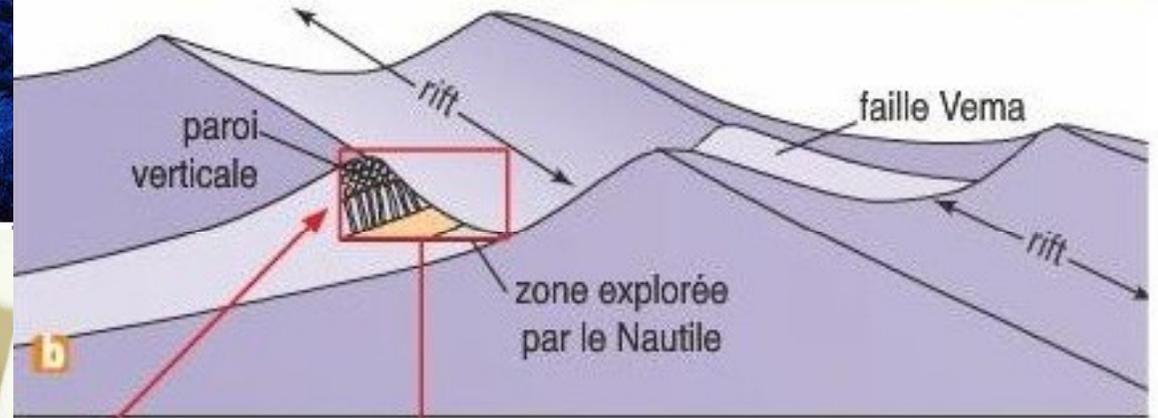
Structure grenue

**Structure microlitique :
phénocristaux + microlites
+ verre volcanique**

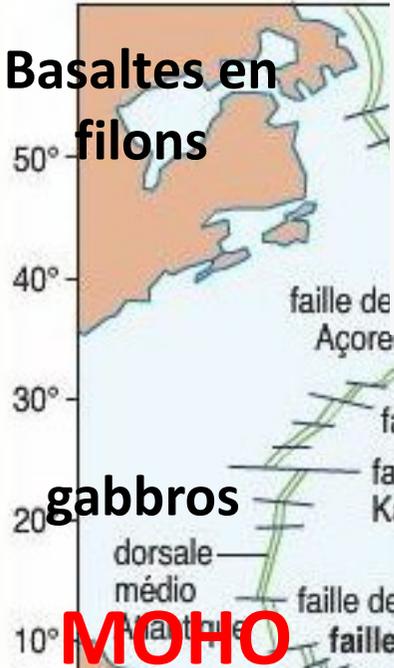
Les roches de la lithosphère océanique (schémas !)

Basaltes en pillow-lavas

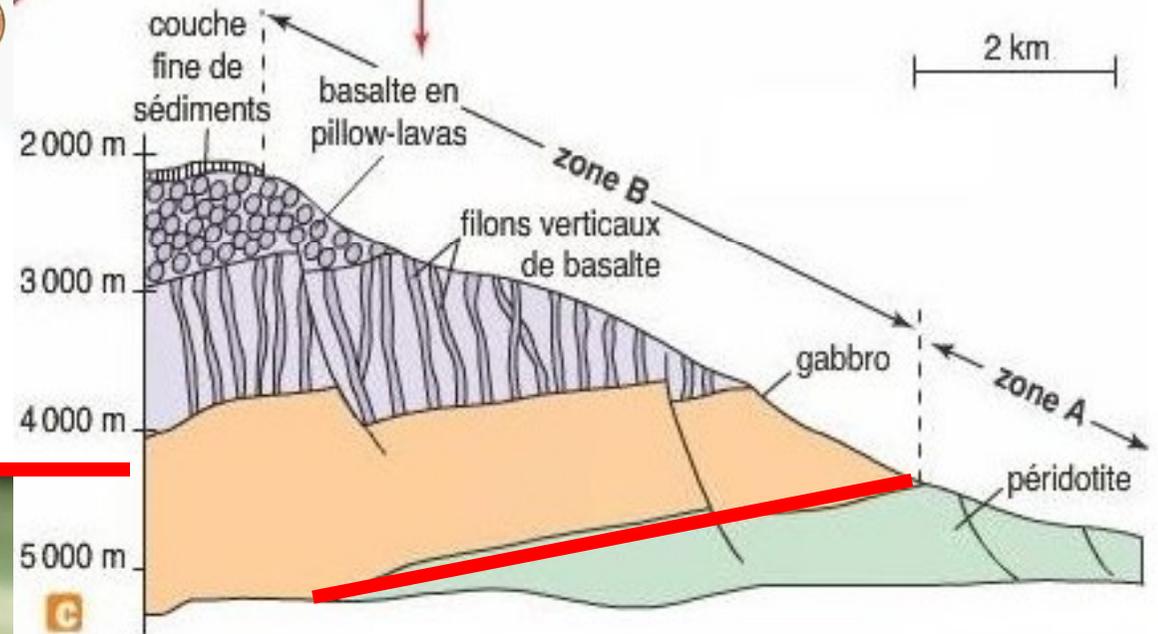
En 1988, le submersible Alvin, lors de la mission 188, a permis l'observation de lithosphère océanique décalant deux blocs le long d'une faille transformante.



Basaltes en filons



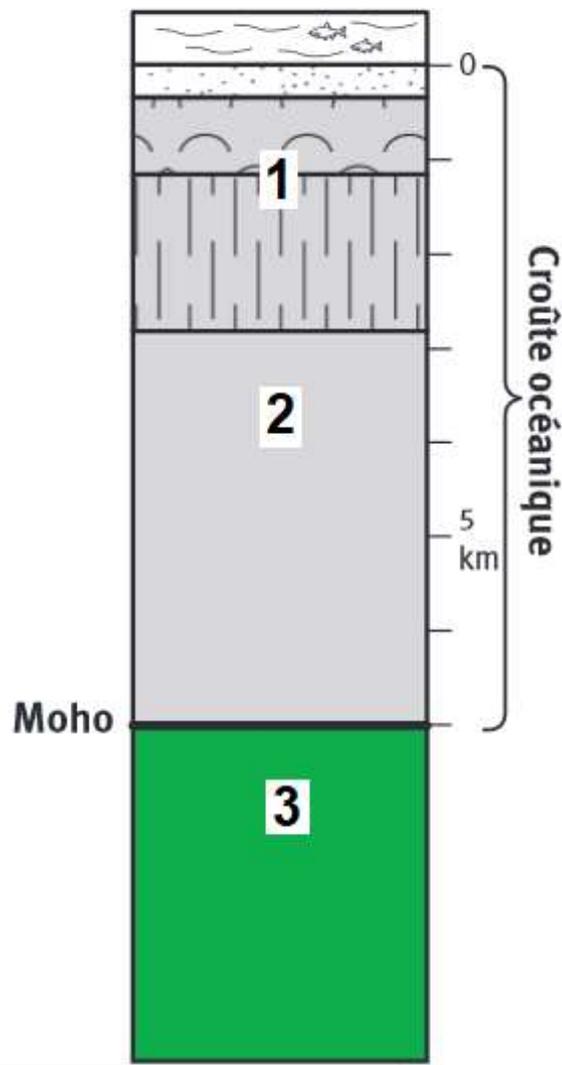
gabbros



Péridotites lithosphériques



Rappel : roches étudiées en 1ère spécialité : la lithosphère océanique



Structure verticale de la lithosphère océanique



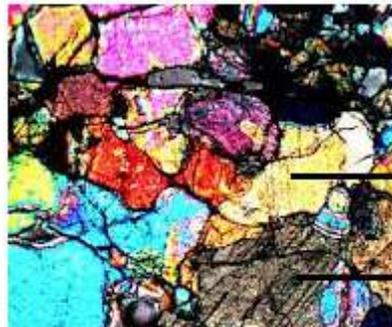
verre

microlite



feldspath

pyroxène



olivine

pyroxène

Roches observées en LPA

1. Basalte

roche magmatique volcanique
Structure microlitique
Roche formée suite à un refroidissement rapide du magma

2. Gabbro

roche magmatique plutonique
Structure grenue
Roche formée suite à un refroidissement lent du magma

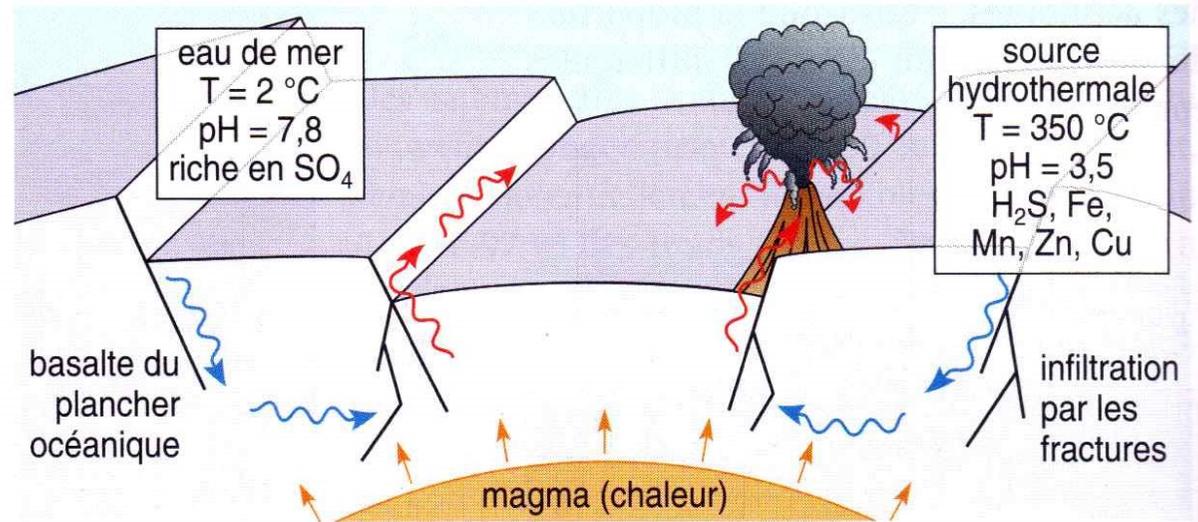
3. Péridotite

Roche mantellique.
Structure grenue.

Caractéristiques de ces roches (type, structure, mode de formation)

Métamorphisme hydrothermal

A Une modification par des circulations hydrothermales

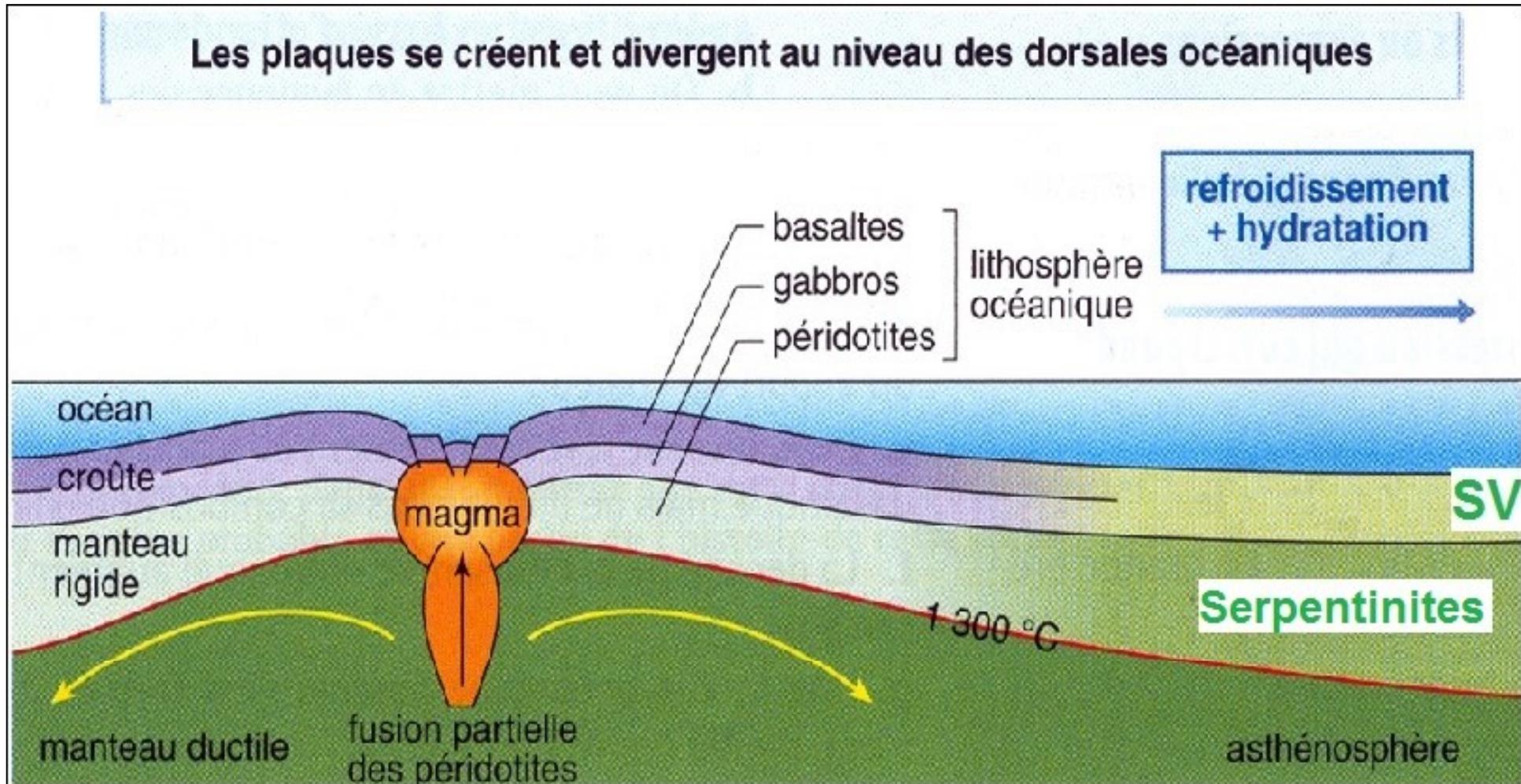


Au niveau du rift, les « fumeurs noirs » sont des sources chaudes où l'eau, chargée de sels minéraux, jaillit à plus de 300 °C.

L'eau de mer froide et légèrement basique s'infiltration par des fissures dans la croûte océanique. Vers 2 à 3 km de profondeur, près des réservoirs magmatiques, elle se réchauffe et devient acide. Cette eau peut alors entraîner des modifications chimiques des roches au contact desquelles elle circule.

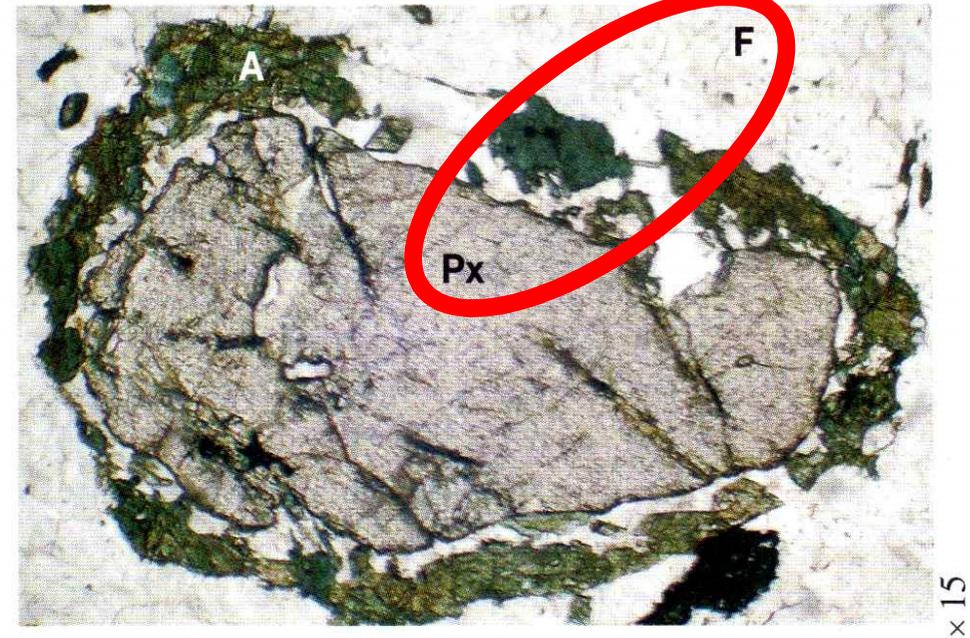
Doc. 1 Les « fumeurs noirs » sont la signature de circulations hydrothermales dans le plancher océanique.

Les roches de la lithosphère océanique



Rappel : **Métamorphisme** : Ensemble des TR structurales ou minéralogiques subies par une roche sous l'effet de modifications de la pression et de la température/
Attention ces modifications se produisent à l'état solide.

Métagabbro de faciès schiste vert (à hornblende)

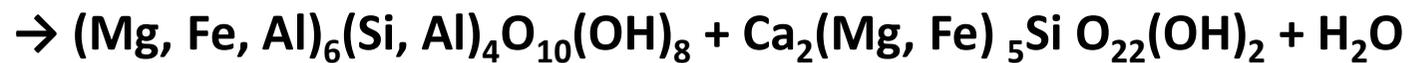


a. Lame mince de gabbro âgé et altéré.

Px = pyroxène. F = feldspaths. A = amphiboles hornblende et actinote.



Pyroxène + Feldspaths + eau → Hornblende + Feldspath + eau

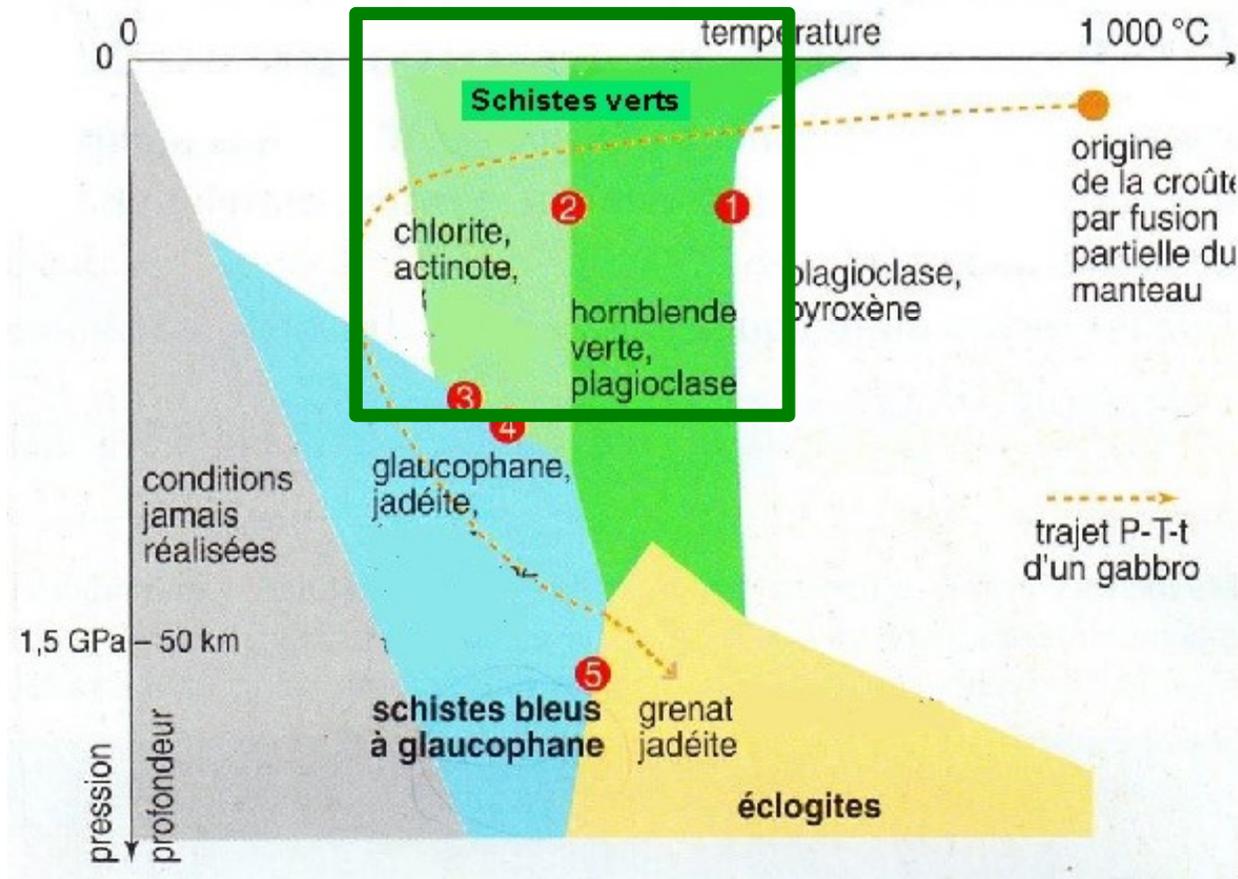


Hornblende + Feldspath + eau → Chlorite + Actinote + eau

(Réactions non équilibrées)

Diagramme pression/ Température

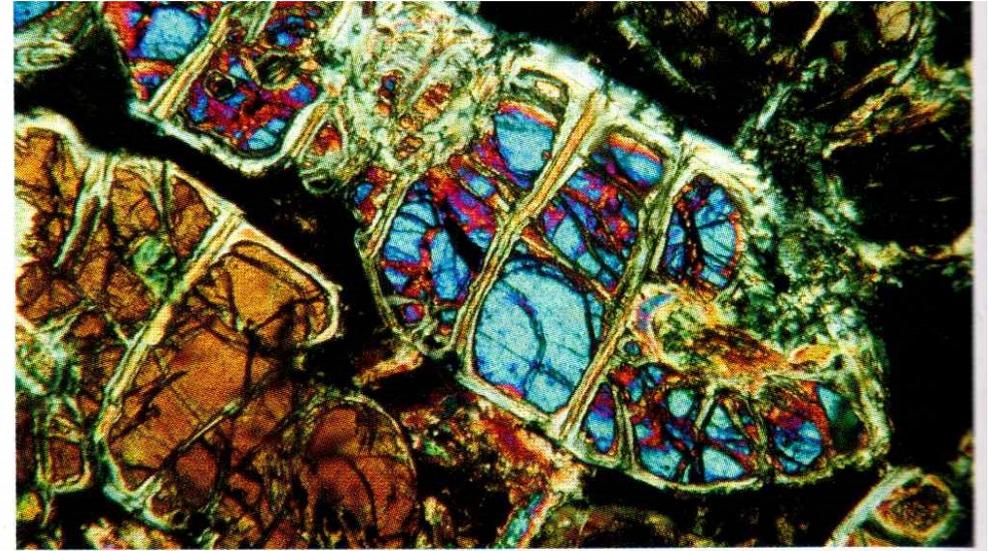
Domaines de stabilité de quelques associations minérales.



Quelques réactions du métamorphisme

1. Plagioclase + Pyroxène + eau → Amphibole Hornblende verte
2. Plagioclase + Hornblende + eau → Chlorite + Actinote
3. Plagioclase + Chlorite + Actinote → Amphibole Glaucophane + eau
4. Plagioclase → Pyroxène Jadéite + Quartz
5. Plagioclase + Glaucophane → Grenat Pyrope + Pyroxène Jadéite + eau

Serpentinite (péridotite altérée)



b. Lame mince de péridotite âgée et altérée.

La partie mantellique de la lithosphère océanique est elle aussi altérée par les circulations hydrothermales : l'olivine est transformée peu à peu en serpentine.



olivine + silice + eau → serpentine

Dès leur mise en place les fonds océaniques sont métamorphisés en metabasaltes/métagabbros/serpentinites

Chapitre 2. Les traces du passé mouvementé de la Terre

I. La Terre a subi une succession de cycles orogéniques

A) Des traces d'orogénèse successives dans les terrains continentaux

B) Qu'est-ce qu'un cycle orogénique ?

1. Rifting continental

2. Accrétion océanique (rappels de première)

3. Subduction océanique (rappels de première)

4 Collision (rappels premières)

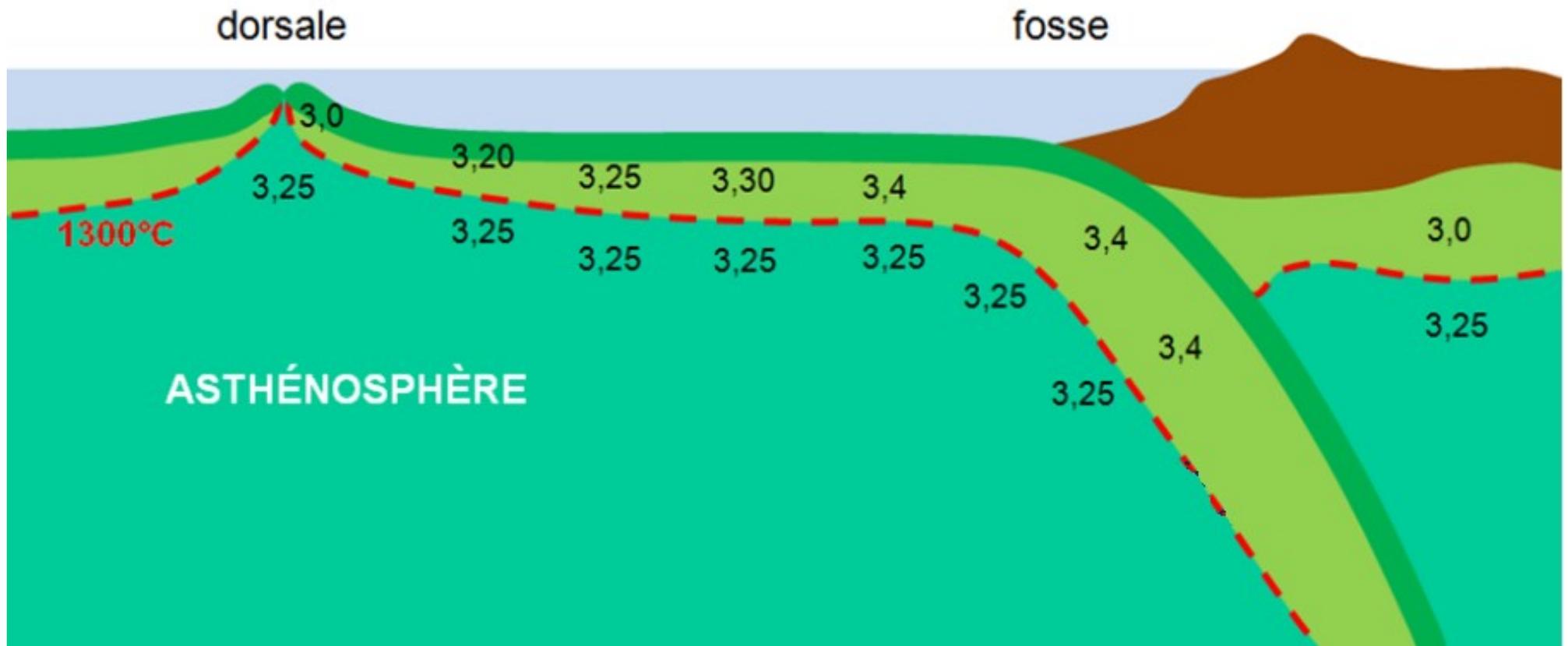
II. A la recherche d'océans disparus

III. A la recherche de chaînes de montagnes anciennes

IV. Reconstitution d'un cycle orogénique

Conclusion

Vieillesse et densité de la lithosphère océanique



Les causes de la subduction



Métamorphisme de subduction

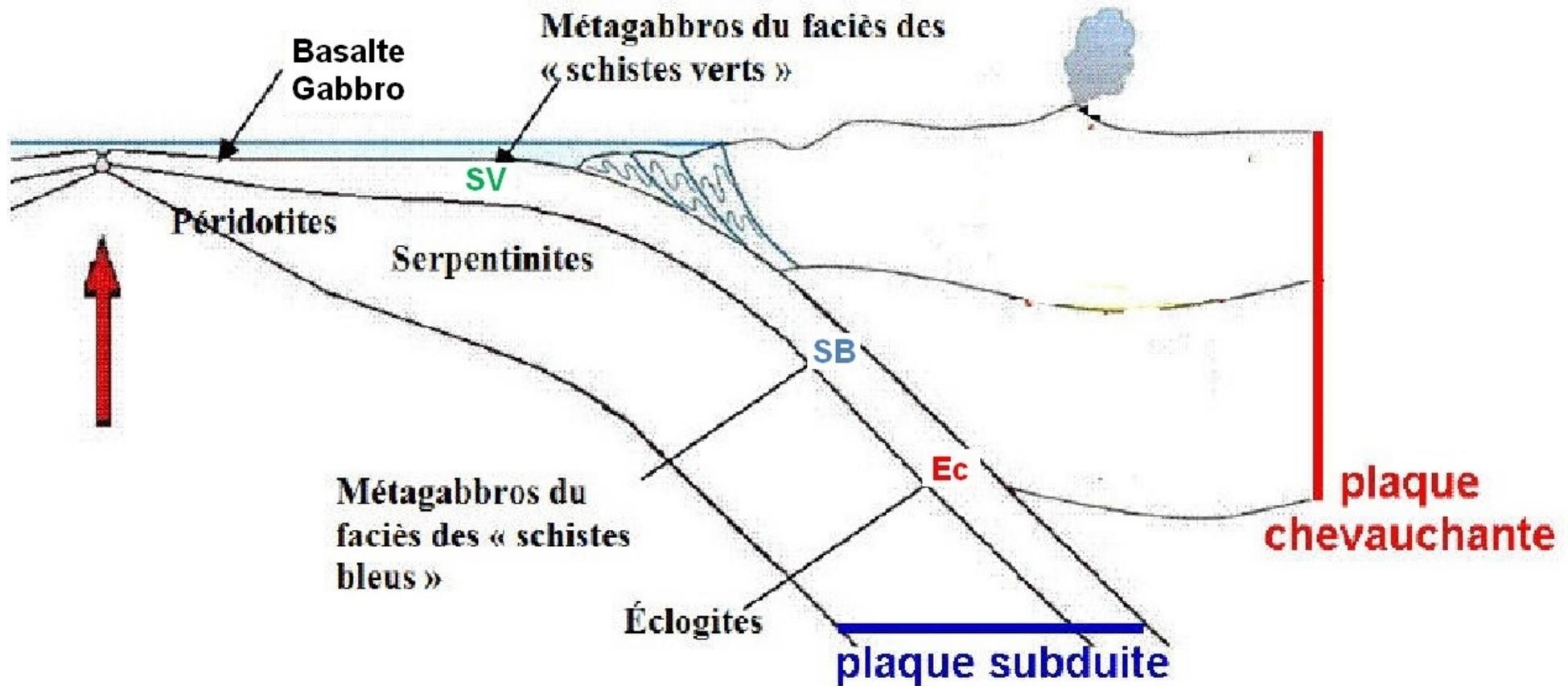
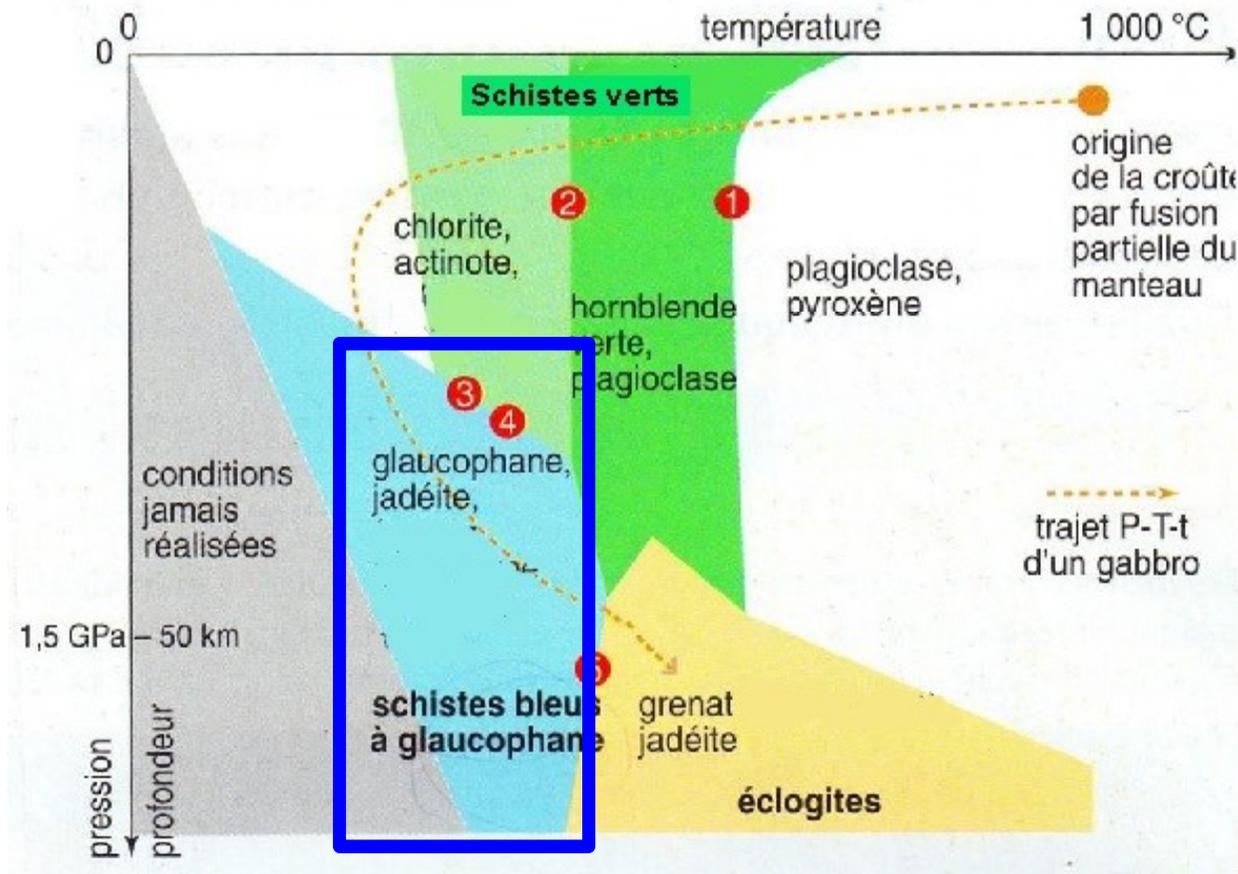


Diagramme pression/ Température

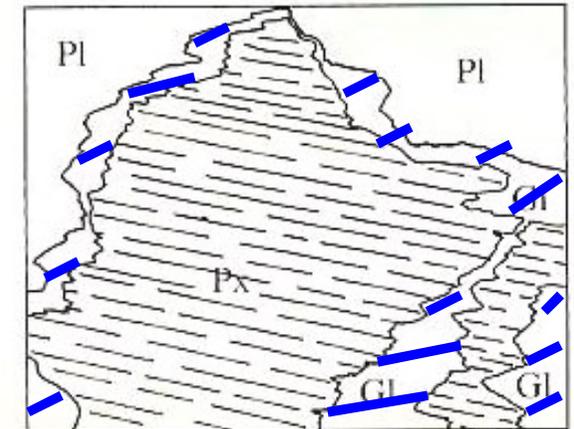
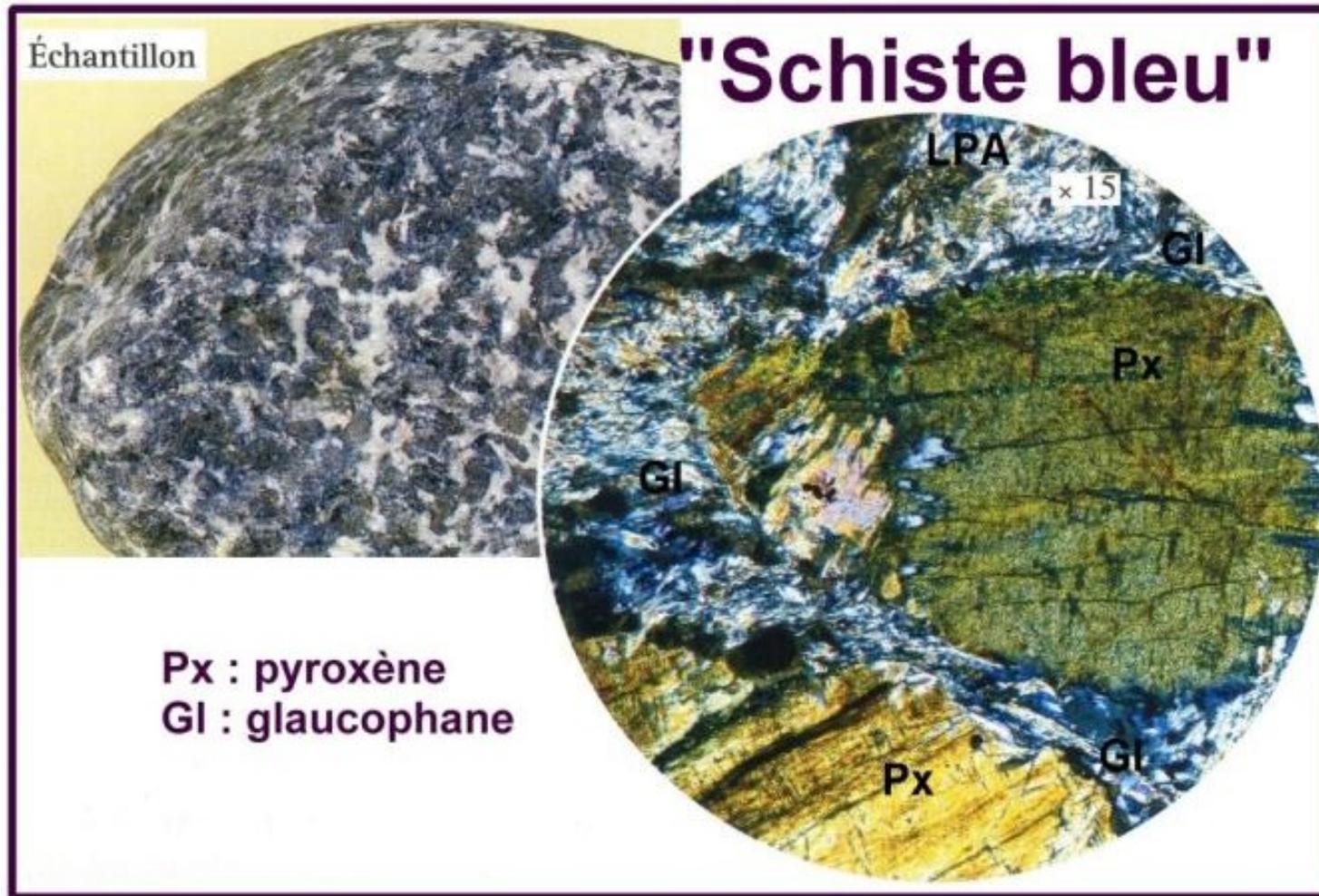
Domaines de stabilité de quelques associations minérales.



Quelques réactions du métamorphisme

1. Plagioclase + Pyroxène + eau \rightarrow Amphibole Hornblende verte
2. Plagioclase + Hornblende + eau \rightarrow Chlorite + Actinote
3. Plagioclase + Chlorite + Actinote \rightarrow Amphibole Glaucophane + eau
4. Plagioclase \rightarrow Pyroxène Jadéite + Quartz
5. Plagioclase + Glaucophane \rightarrow Grenat Pyrope + Pyroxène Jadéite + eau

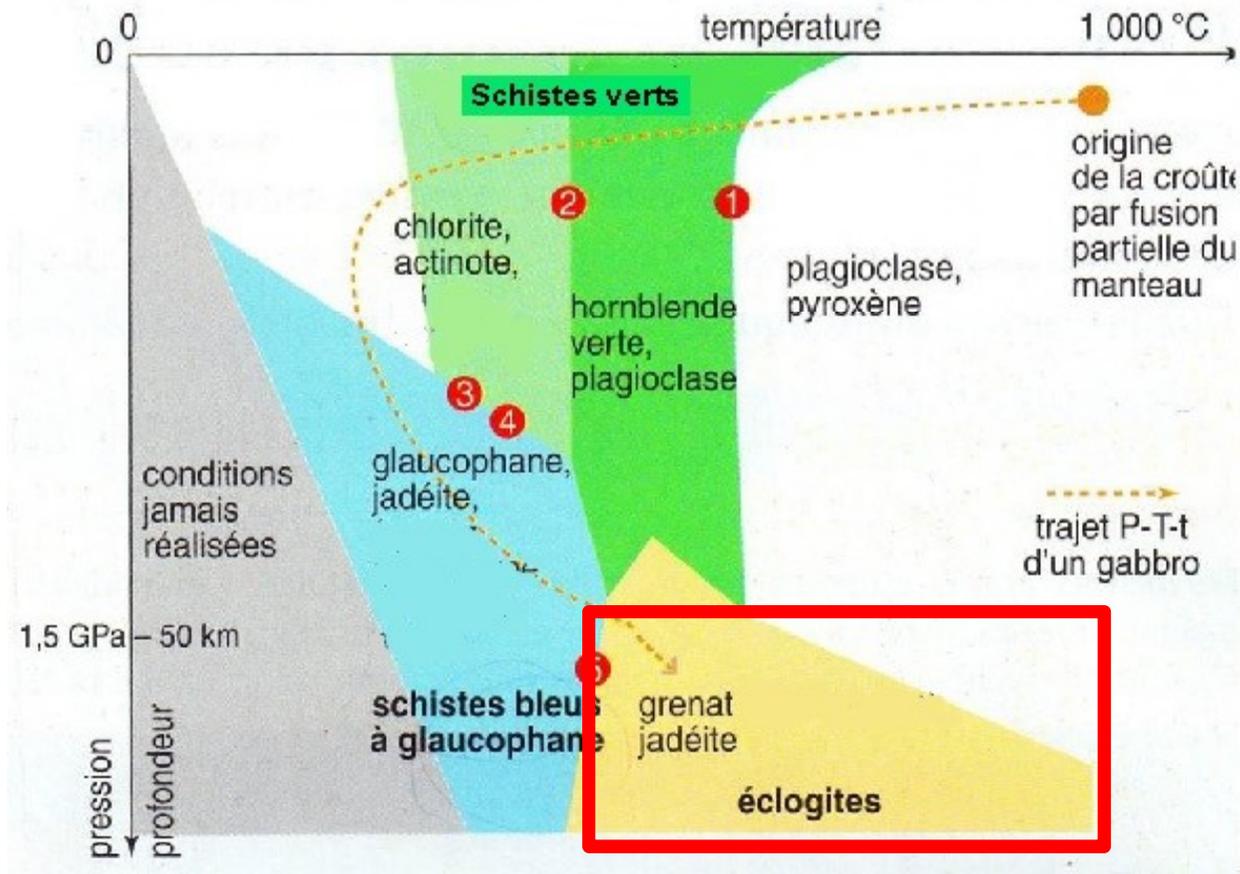
Métagabbro du faciès des schiste bleus



Plagioclase + Chlorite + Actinote → Amphibole bleue (Glaucophane) + eau

Diagramme pression/ Température

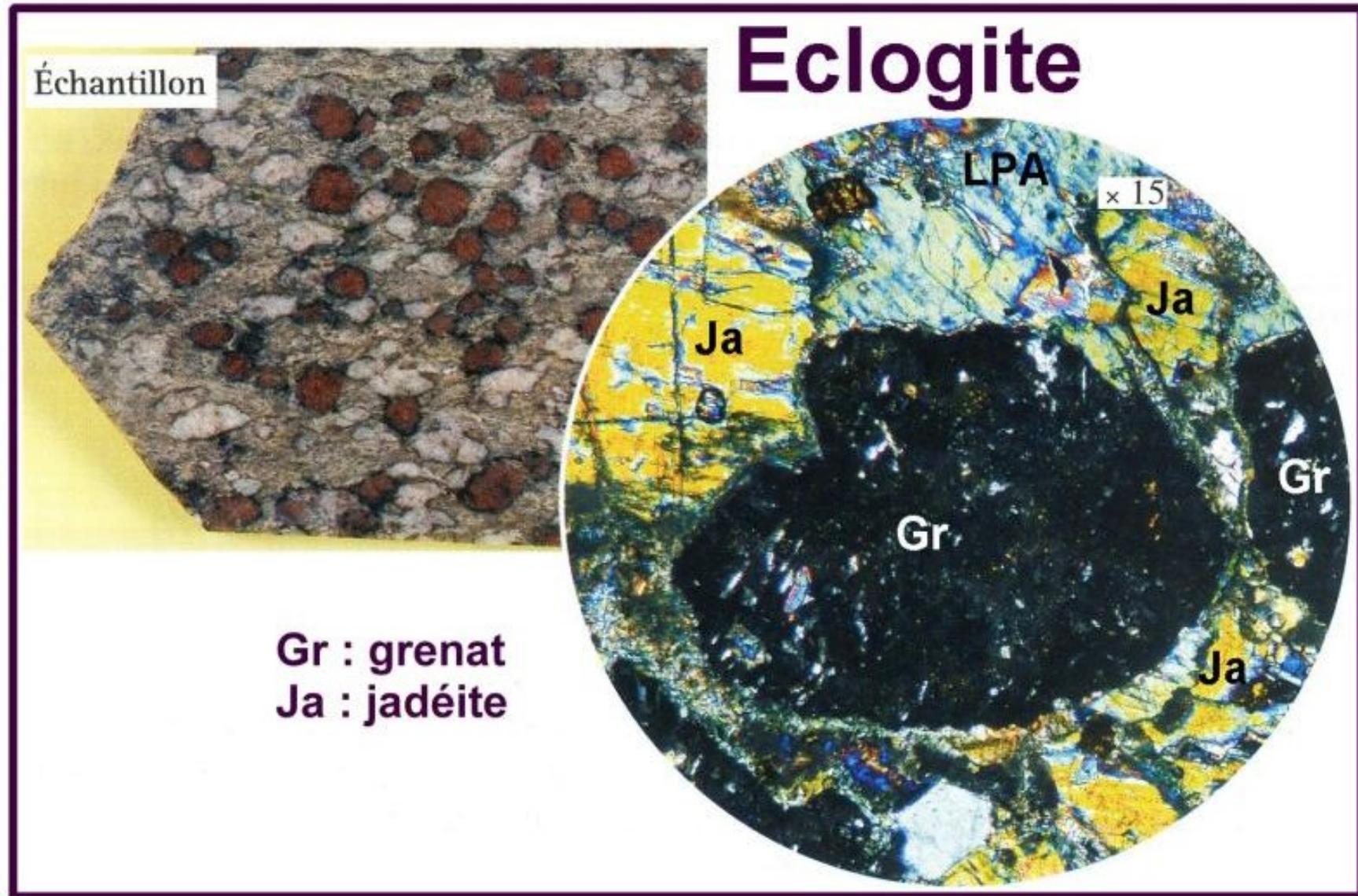
Domaines de stabilité de quelques associations minérales.



Quelques réactions du métamorphisme

1. Plagioclase + Pyroxène + eau → Amphibole Hornblende verte
2. Plagioclase + Hornblende + eau → Chlorite + Actinote
3. Plagioclase + Chlorite + Actinote → Amphibole Glaucophane + eau
4. Plagioclase → Pyroxène Jadéite + Quartz
5. Plagioclase + Glaucophane → Grenat Pyrope + Pyroxène Jadéite + eau

Métagabbro du faciès des éclogites

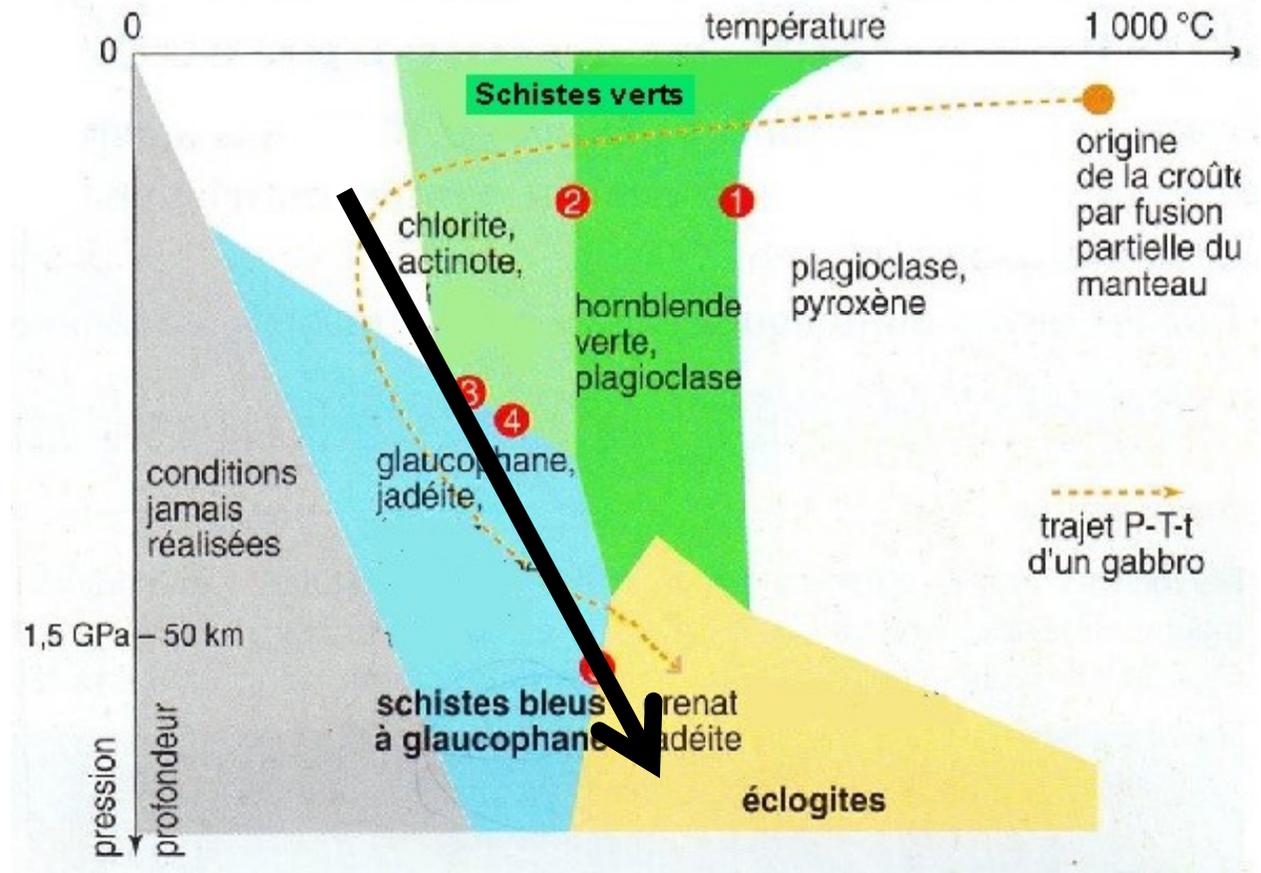


Plagioclase + Glaucophane → Grenat + Pyroxène vert (Jadéite) + eau

Diagramme pression/ Température

**Métamorphisme haute
pression / basse
température**

Domaines de stabilité de quelques associations minérales.



Quelques réactions du métamorphisme

1. Plagioclase + Pyroxène + eau → Amphibole Hornblende verte
2. Plagioclase + Hornblende + eau → Chlorite + Actinote
3. Plagioclase + Chlorite + Actinote → Amphibole Glaucophane + eau
4. Plagioclase → Pyroxène Jadéite + Quartz
5. Plagioclase + Glaucophane → Grenat Pyrope + Pyroxène Jadéite + eau

Augmentation de la densité des roches et entretien de la subduction

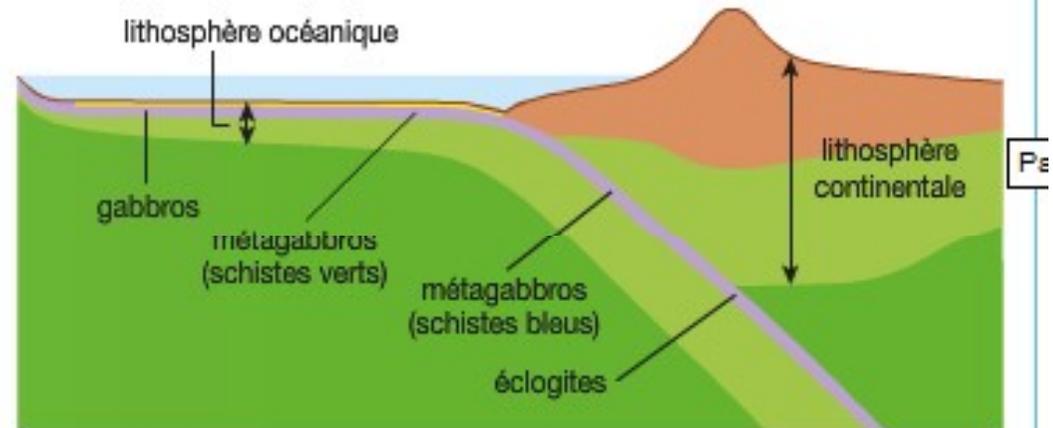
● Le contexte géodynamique

Lors de la subduction, l'augmentation de pression et de température produit des transformations minéralogiques dans les roches de la croûte océanique. Ainsi, les gabbros sont transformés en métagabbros puis en éclogites. Ces transformations s'accompagnent d'une modification de la densité des roches que l'on se propose d'évaluer expérimentalement.

■ PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL



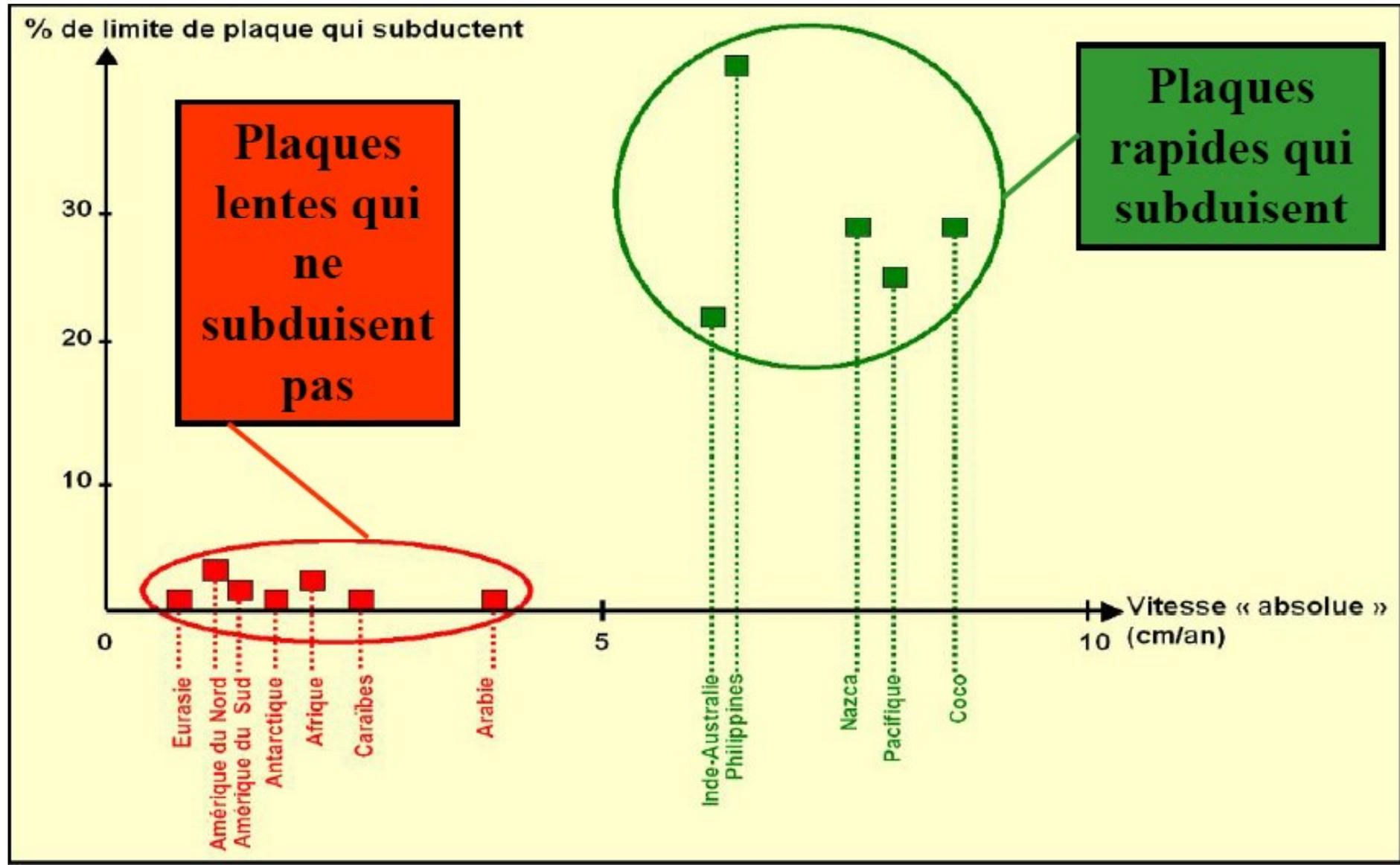
En utilisant le protocole décrit page 147 (*document 3*), déterminer la densité d'un schiste bleu (métagabbro à glaucophane) et d'une éclogite. On rappelle que la densité s'exprime par la même valeur que la masse volumique, mais sans unité puisqu'il s'agit d'un rapport de deux masses volumiques.



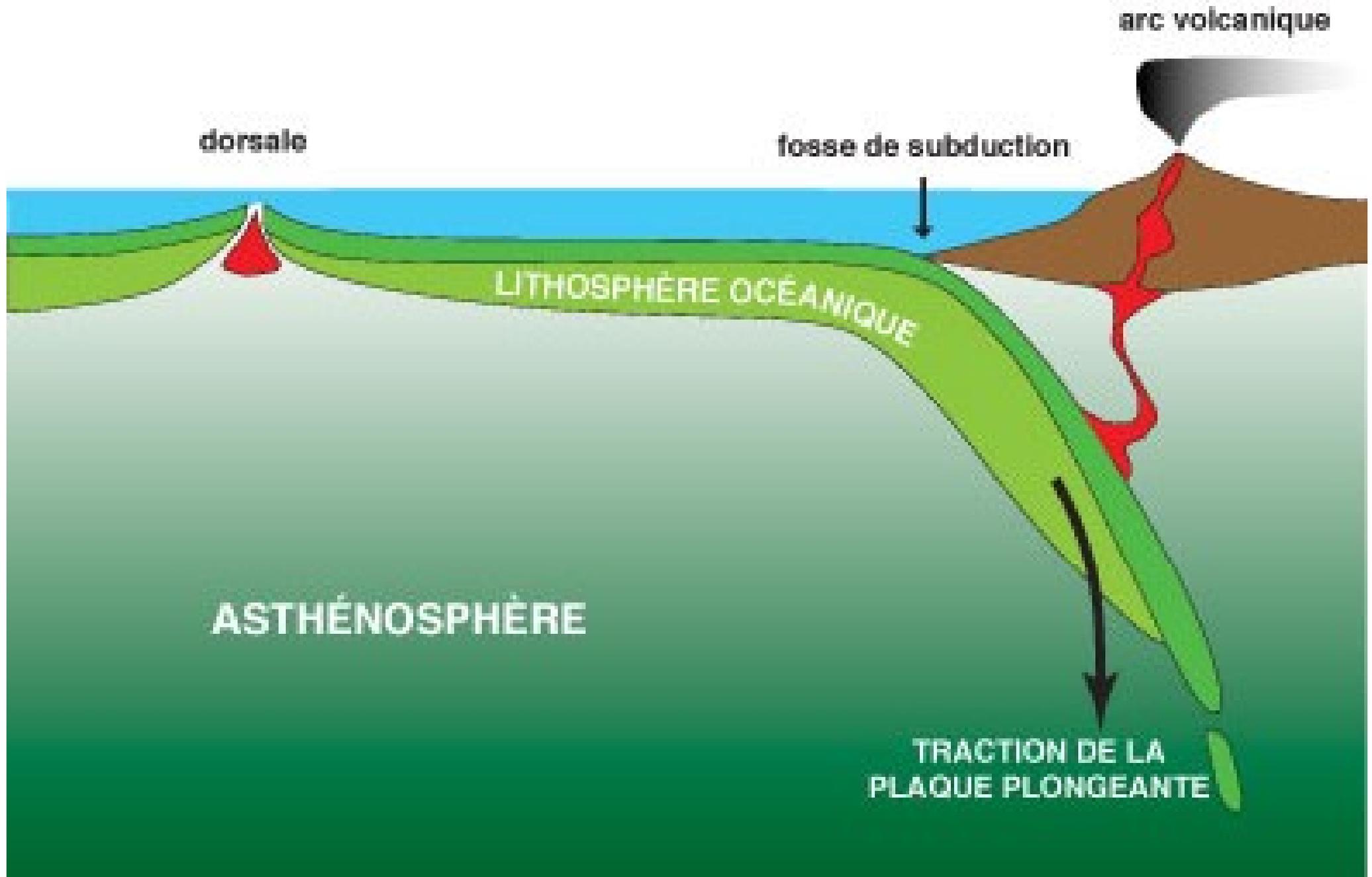
■ RÉSULTATS

Roches	Densité
Gabbro	2,9 à 3,1
Métagabbro (schistes verts)	3,2
Métagabbro (schistes bleus)	3.4
Éclogite	3.5

Le moteur du mouvement des plaques

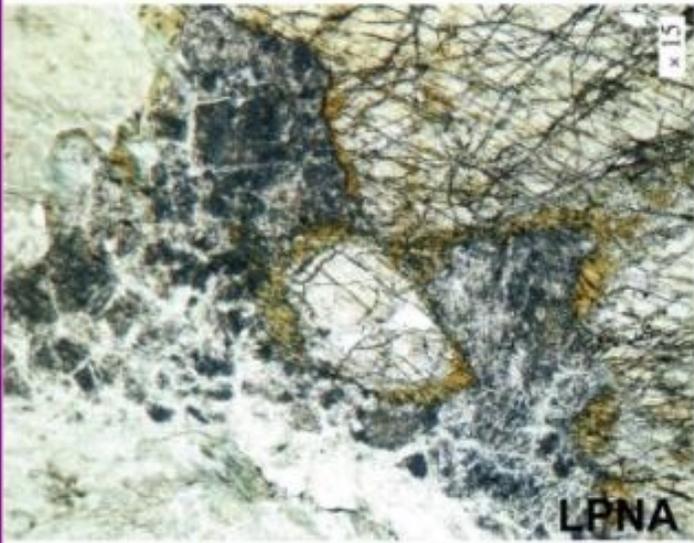
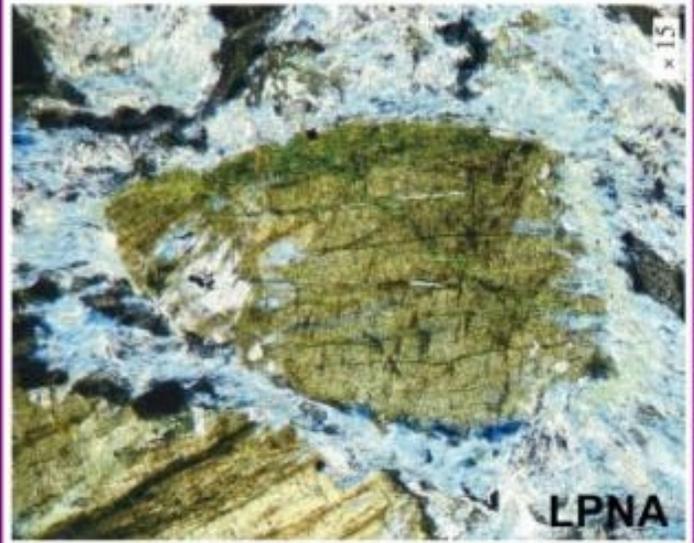
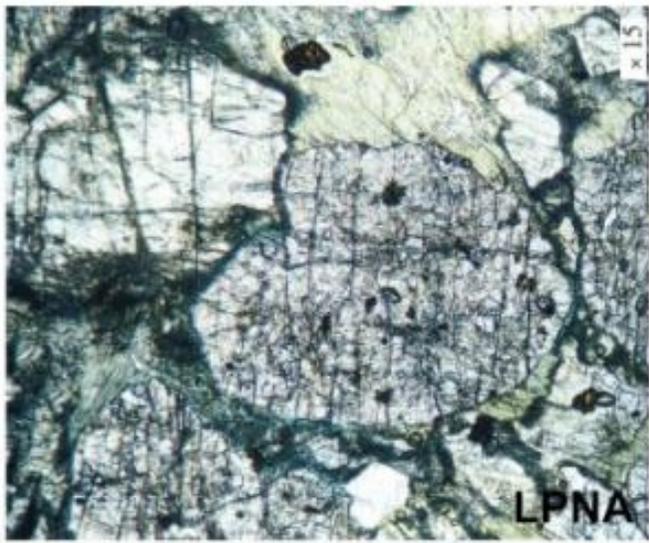
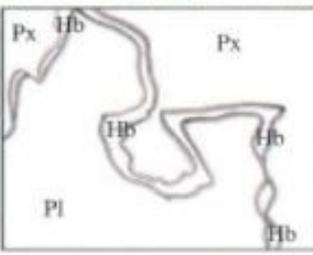
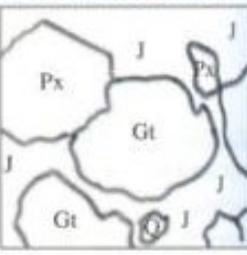


Le moteur du mouvement des plaques

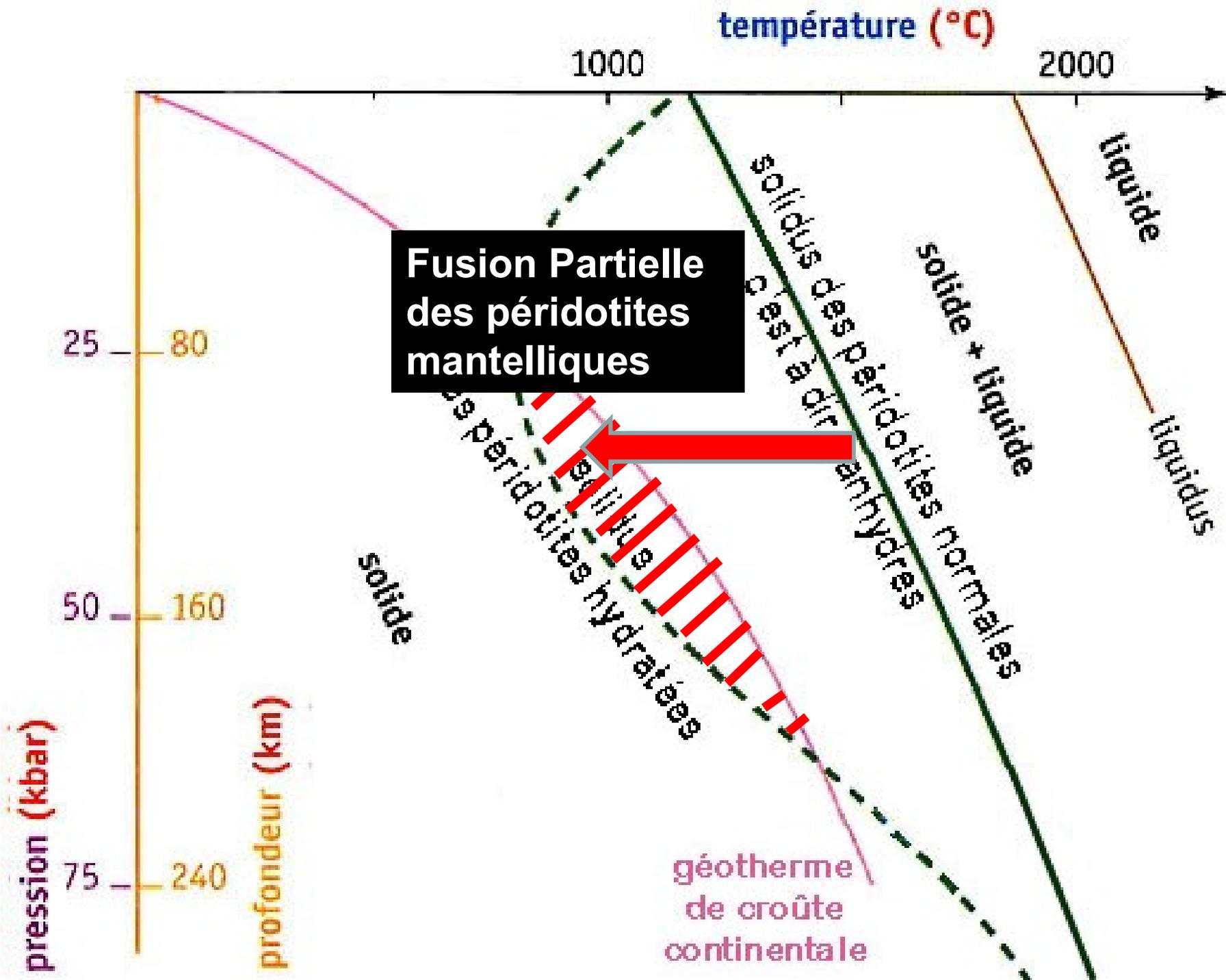


Libération d'eau

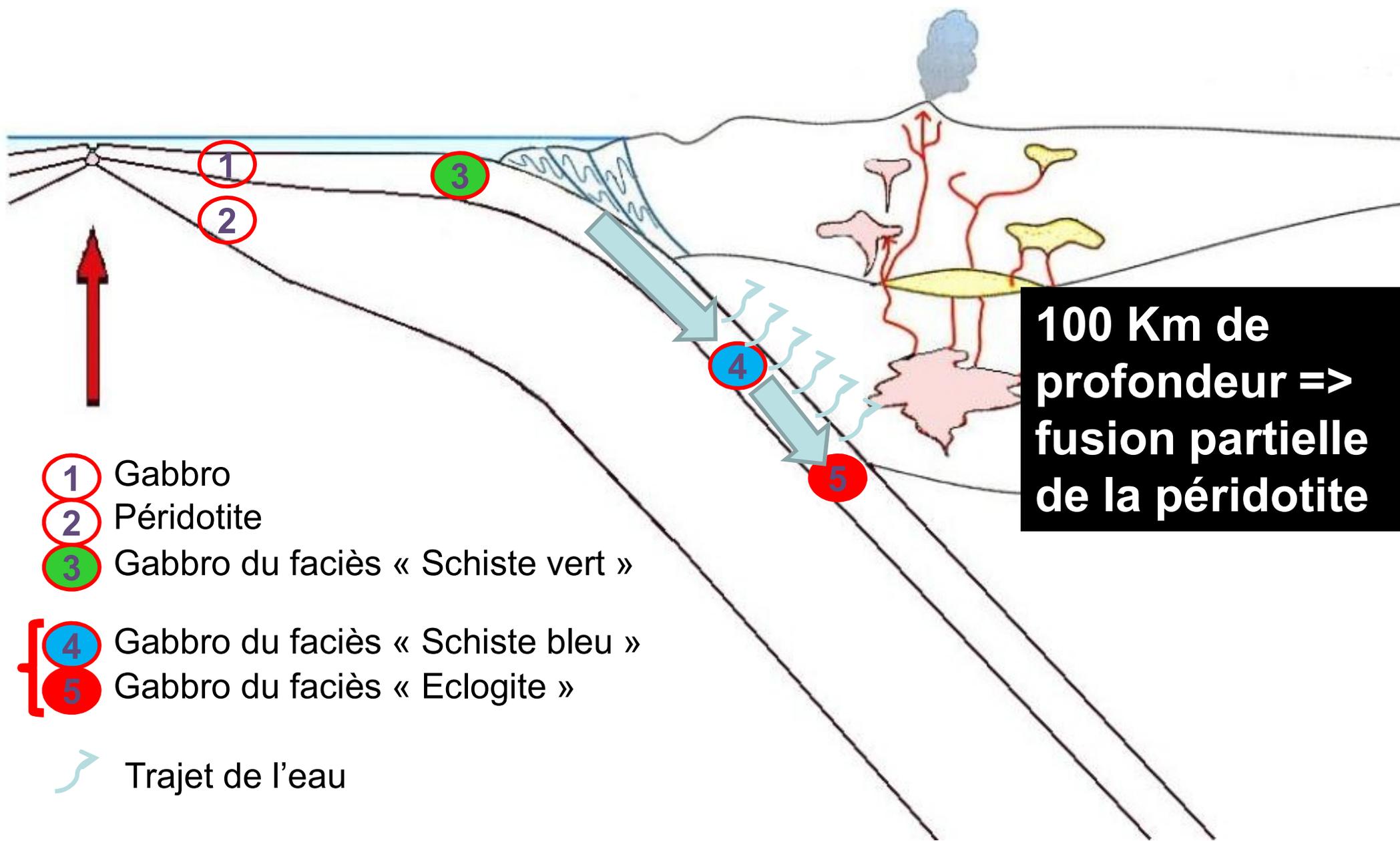


"Schiste vert"	"Schiste bleu"	"Eclogite"	
 <p>LPNA</p>	 <p>LPNA</p>	 <p>LPNA</p>	
	<p>Act = actinote Q = quartz Pl = feldspath plagioclase Px = pyroxène J = jadéite (pyroxène vert) Gl = glaucophane Gt = grenat</p>	<p>Act = actinote Q = quartz Pl = feldspath plagioclase Px = pyroxène J = jadéite (pyroxène vert) Gl = glaucophane Gt = grenat</p>	
Métagabbro à Hornblende	Métagabbro à Glaucophane	Métagabbro à Jadéite et Grenat	

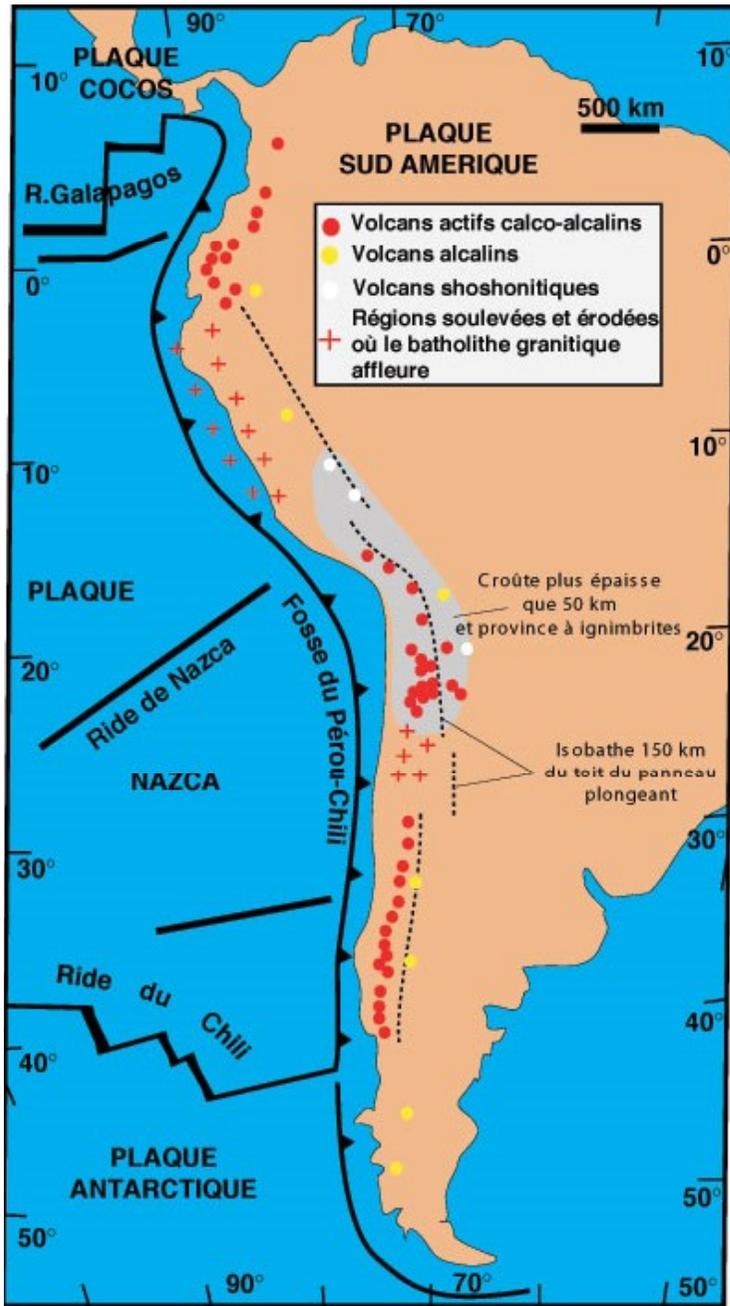
Le diagramme de phase des péridotites mantelliques hydratées



Déshydratation de la lithosphère océanique lors de la subduction



Volcanisme associé aux zones de subduction



Chapitre 2. Les traces du passé mouvementé de la Terre

I. La Terre a subi une succession de cycles orogéniques

A) Des traces d'orogénèse successives dans les terrains continentaux

B) Qu'est-ce qu'un cycle orogénique ?

1. Rifting continental

2. Accrétion océanique (rappels de première)

3. Subduction océanique (rappels de première)

4 Collision (rappels premières)

II. A la recherche d'océans disparus

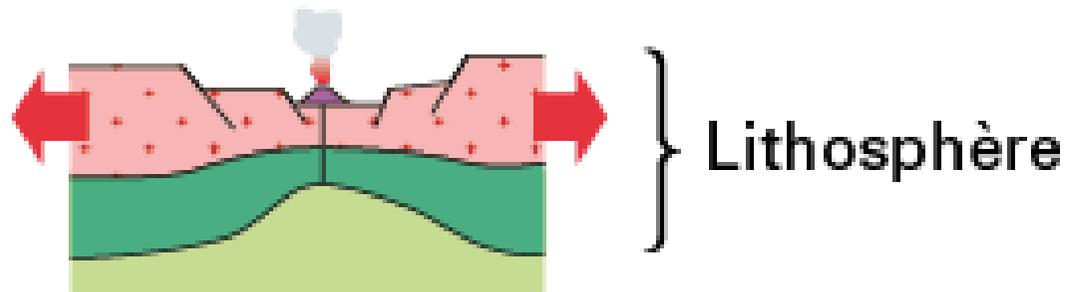
III. A la recherche de chaînes de montagnes anciennes

IV. Reconstitution d'un cycle orogénique

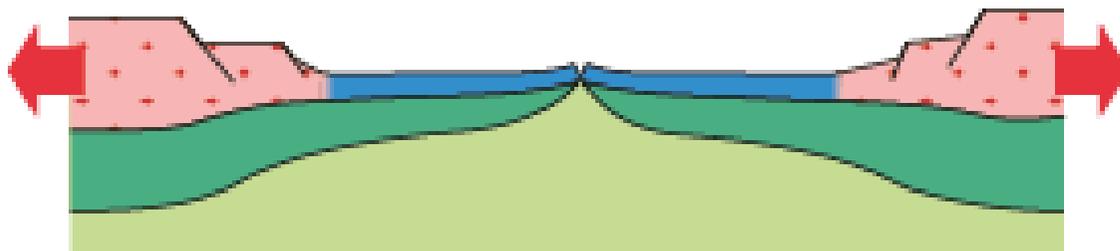
Conclusion

La subduction aboutit à la collision

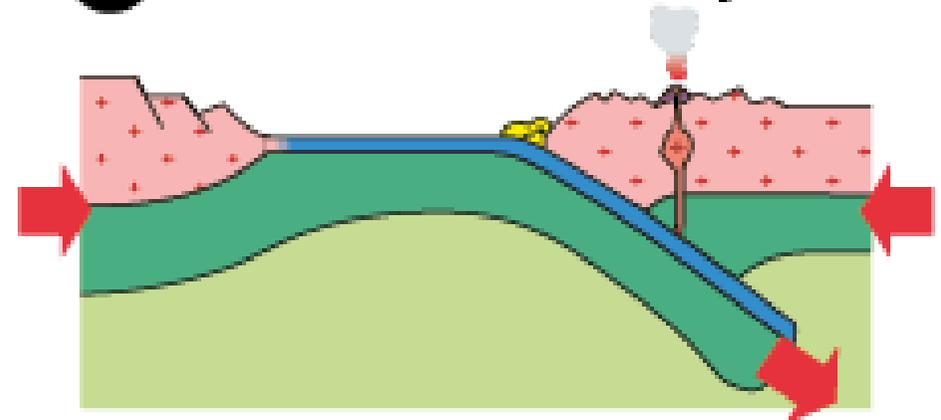
1 Rift continental



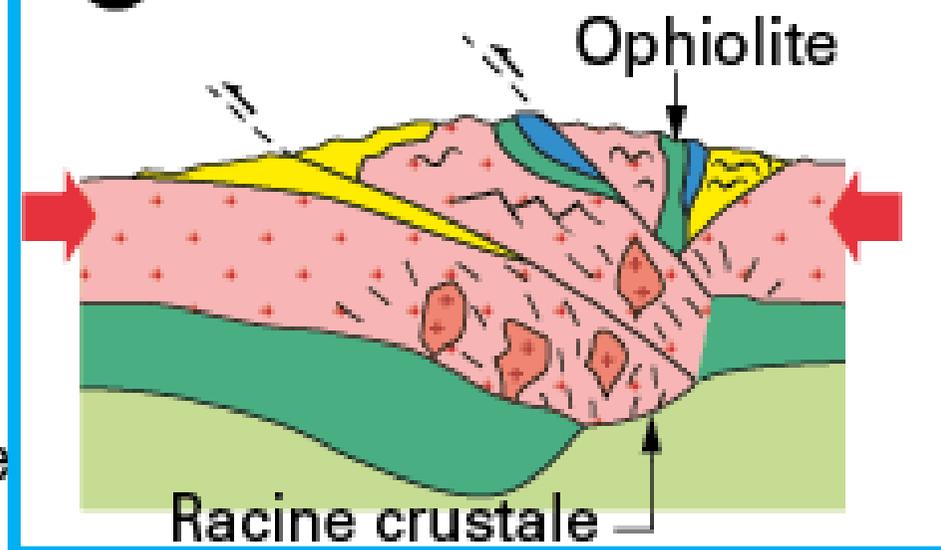
2 Ouverture océanique



3 Fermeture océanique

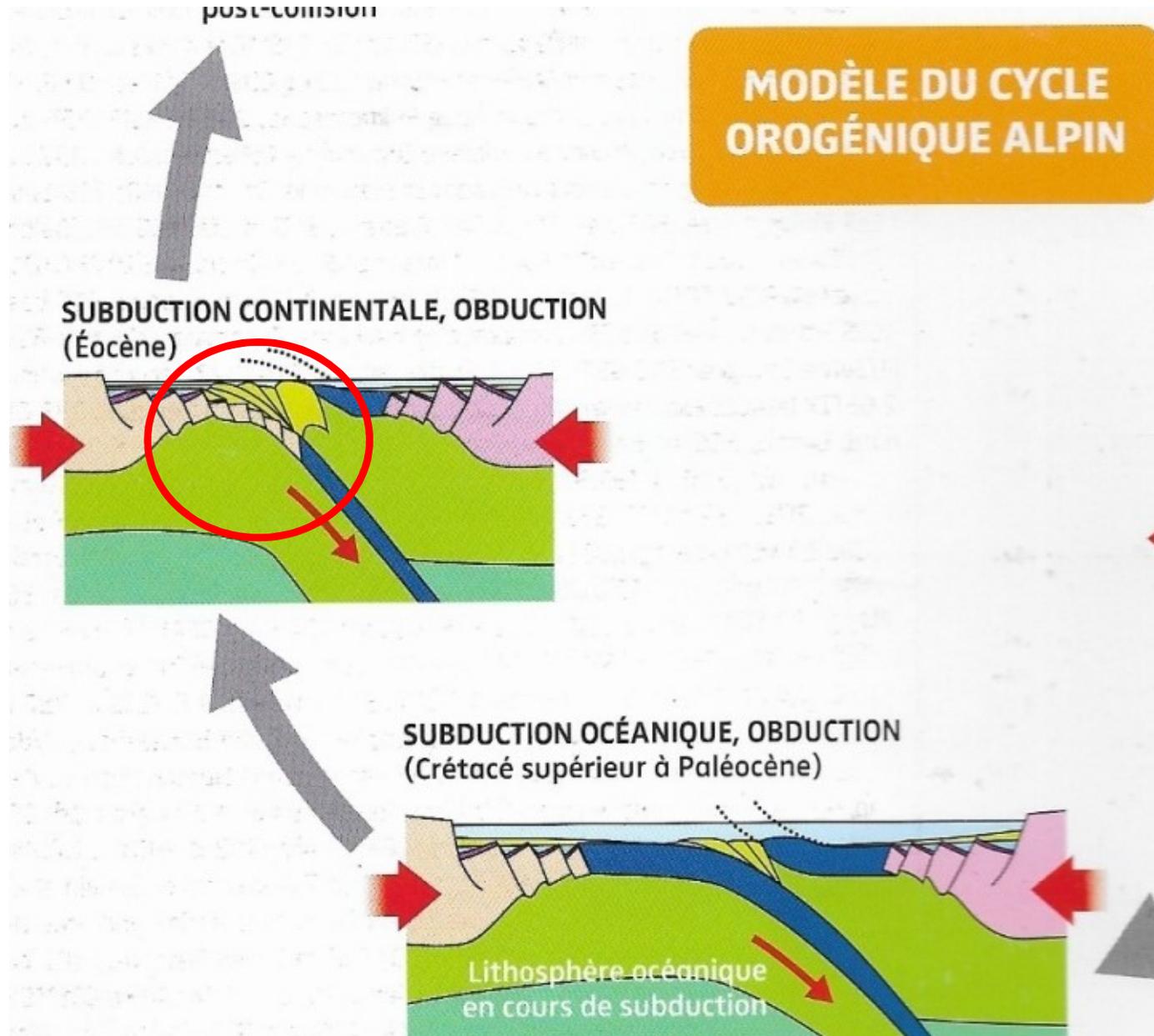


4 Collision continentale

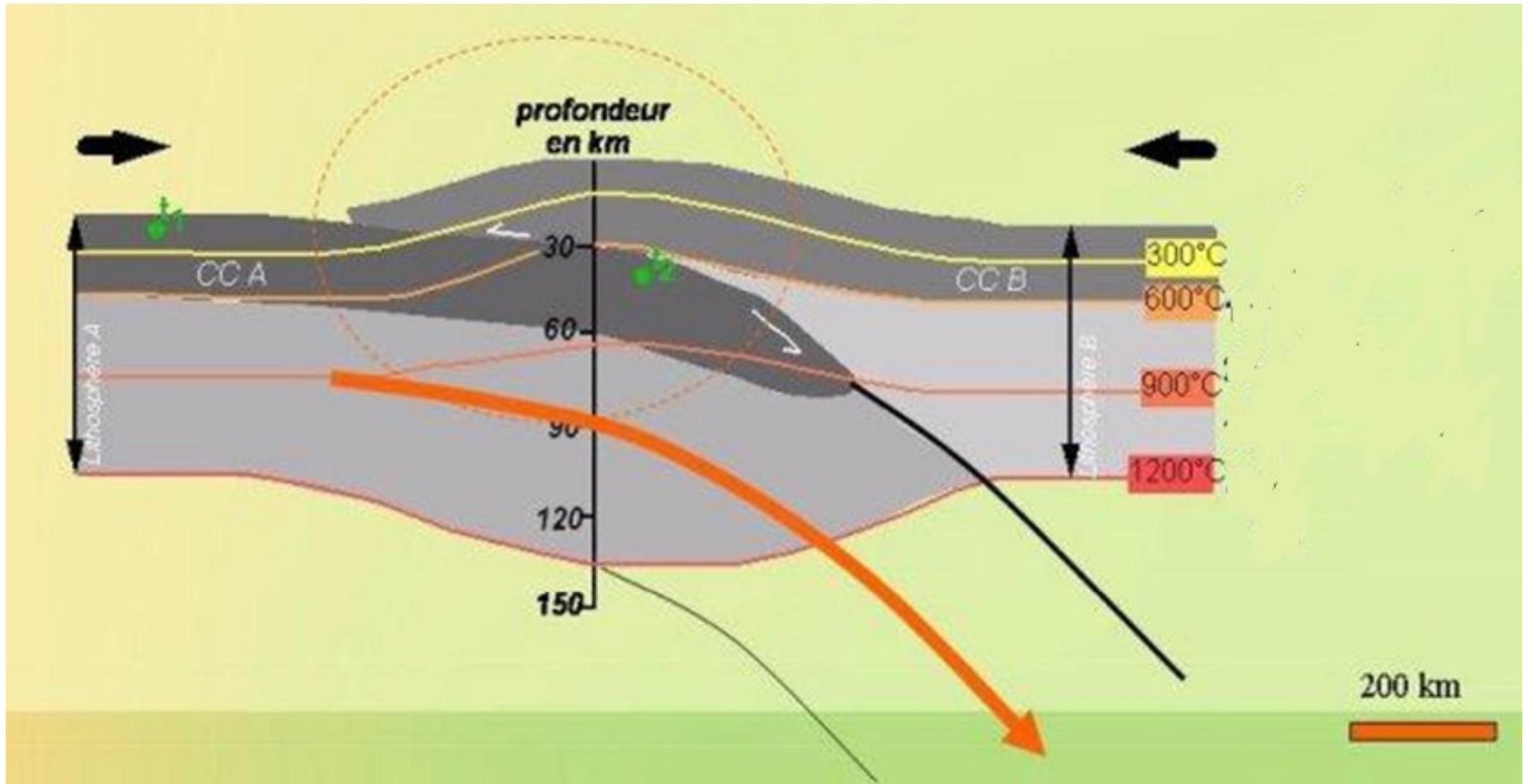


- | | | | |
|--|---------------------|--|------------------------|
| | Croûte continentale | | Manteau lithosphérique |
| | Croûte océanique | | Asthénosphère |
| | Sédiments marins | | Plutons de granitoïdes |
| | Blocs basculés | | Métamorphisme |

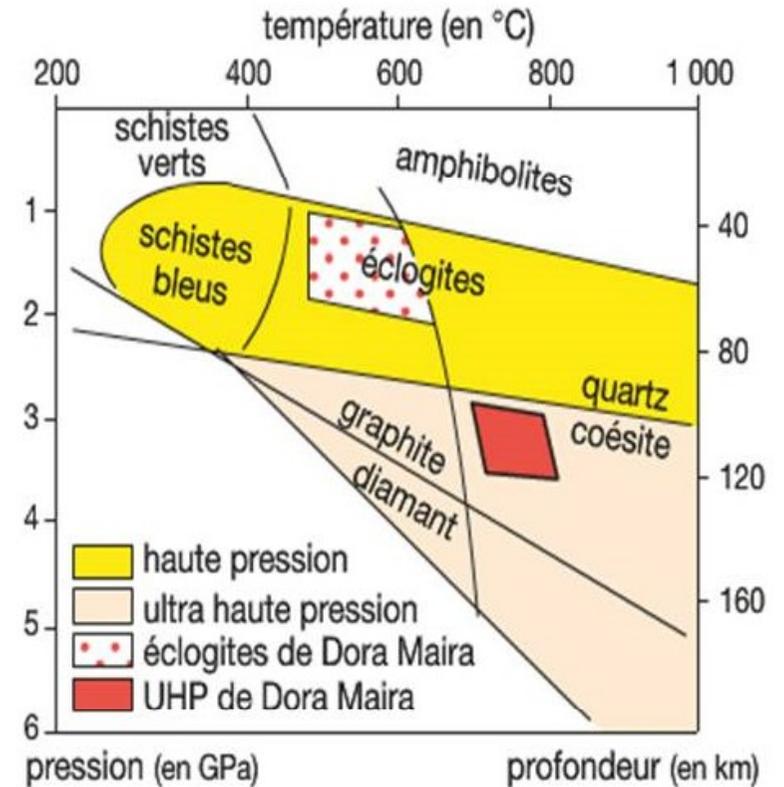
La subduction continentale



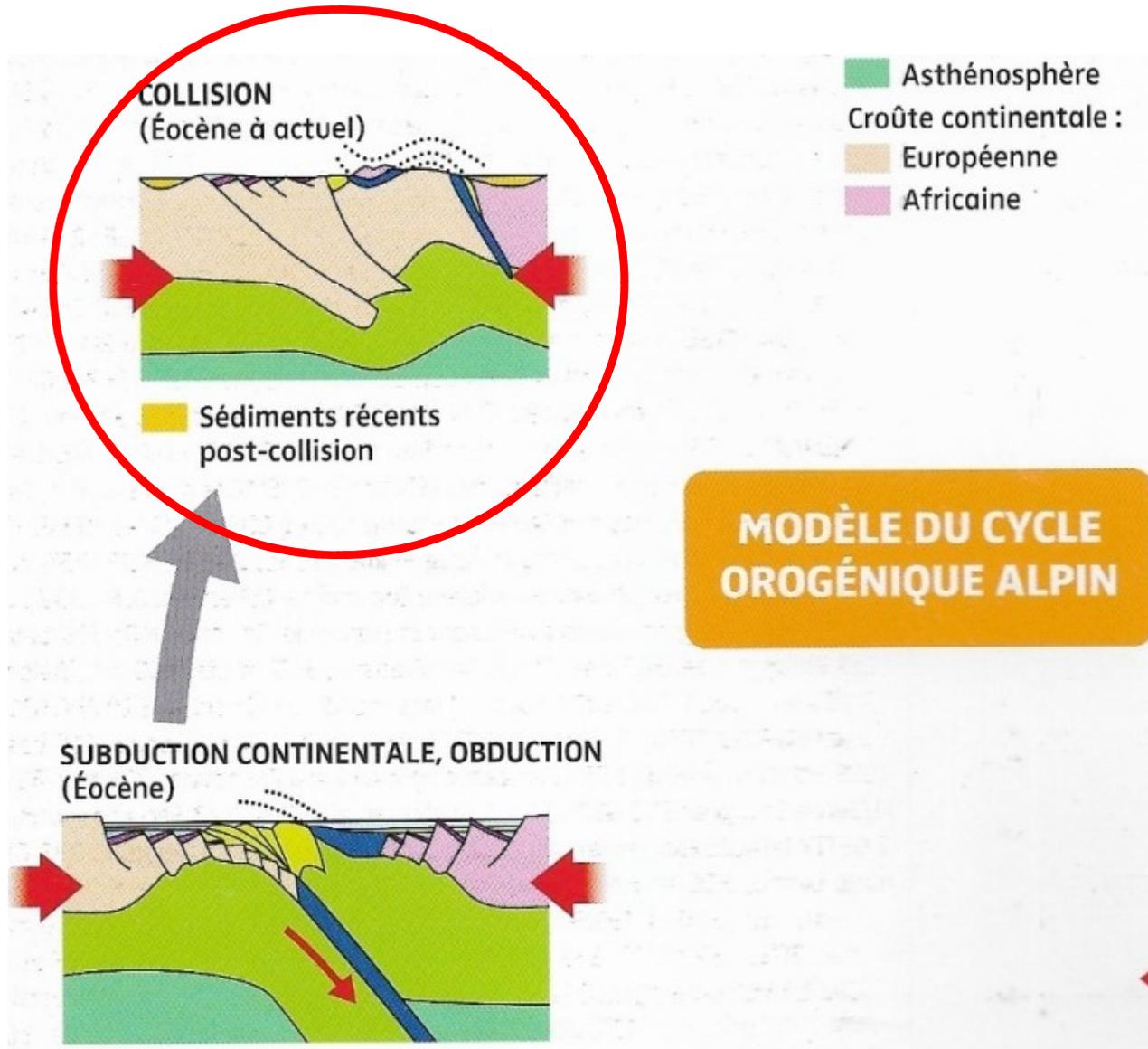
La subduction continentale



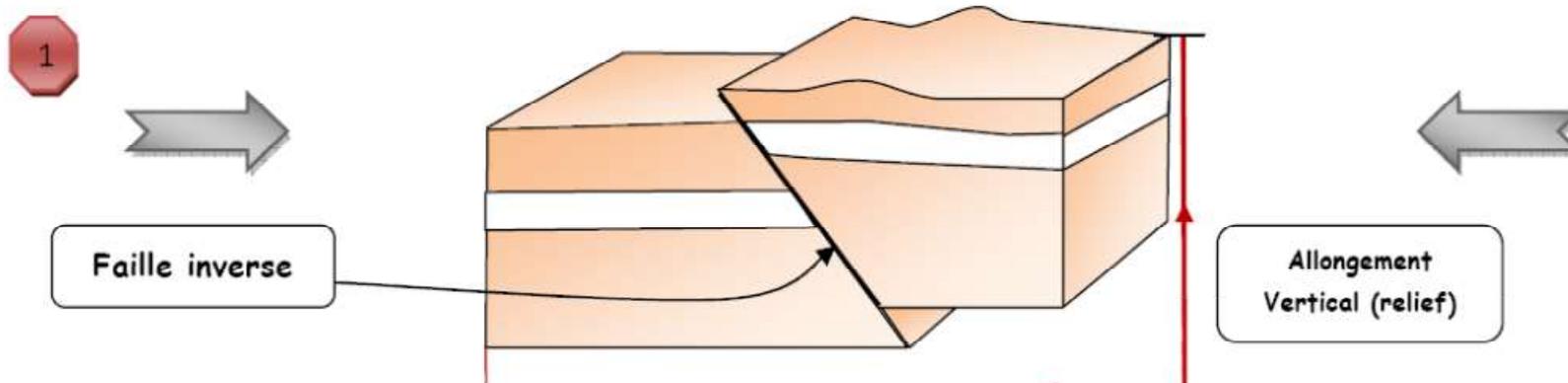
Formation de minéraux d'ultra haute pression



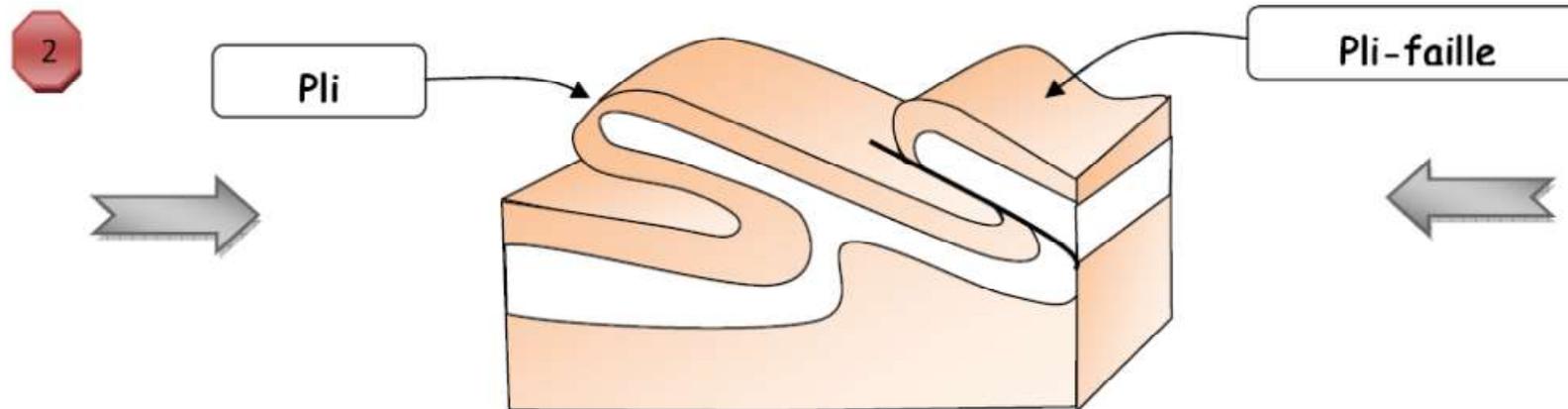
La collision



Les déformations subies par les roches suite à des contraintes compressives



Déformations cassantes => failles inverses



Déformations plastiques => plis

Modélisation des déformations subies par les roches

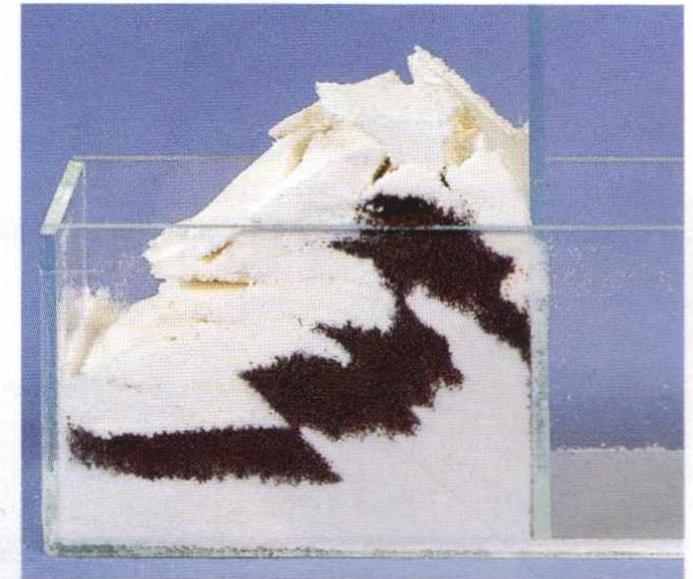
■ PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL : modéliser la déformation des roches

Dans deux mini-aquariums faits de lames pour observations au microscope, et assemblées à l'aide de papier adhésif :

- placer une lame verticalement à une extrémité ;
- saupoudrer alternativement de la farine et du chocolat en poudre pour former des strates (tasser chaque strate dans un mini-aquarium, ne pas tasser dans l'autre) ;
- déplacer latéralement la lame verticale et observer.



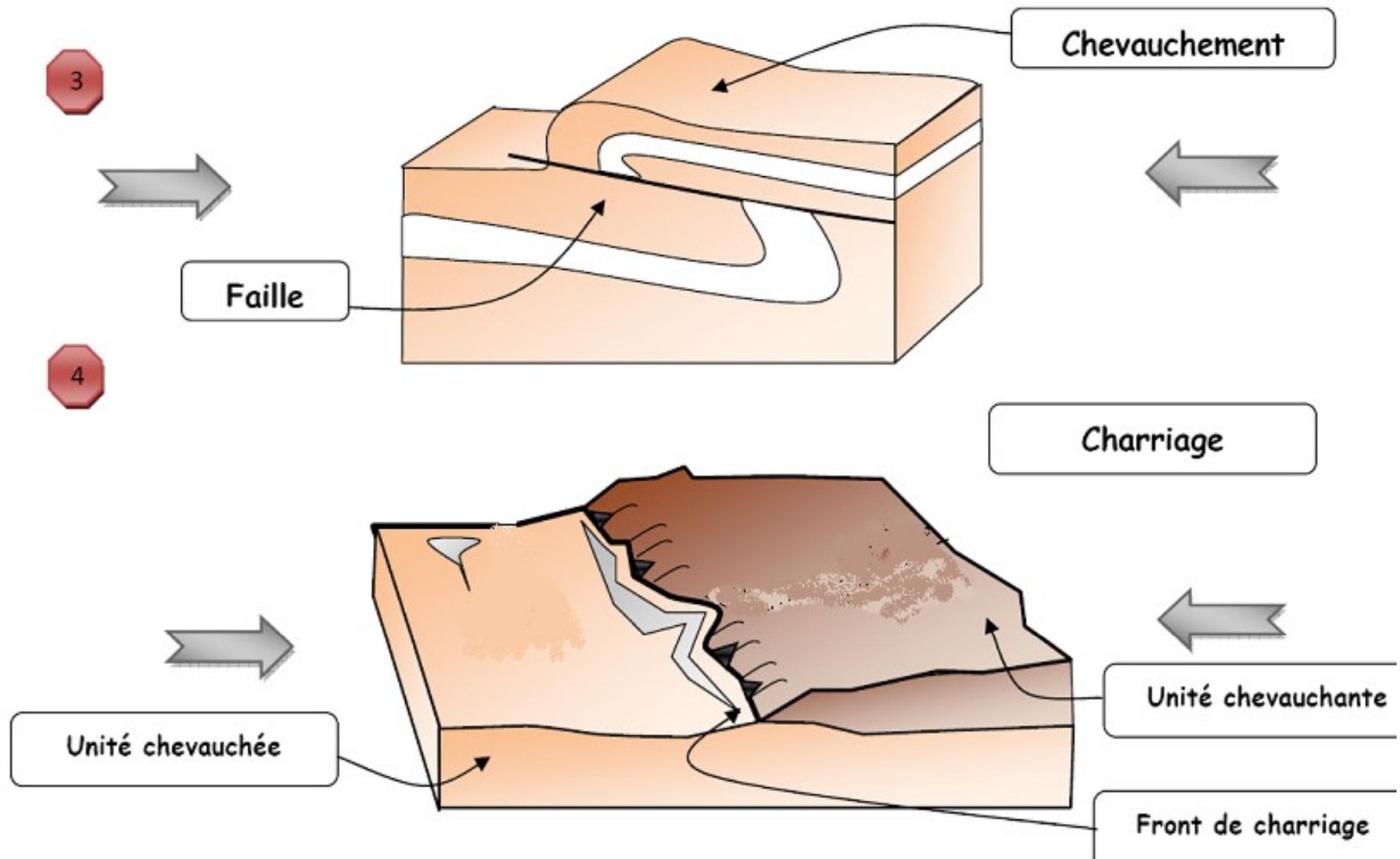
Couches non tassées (souples)



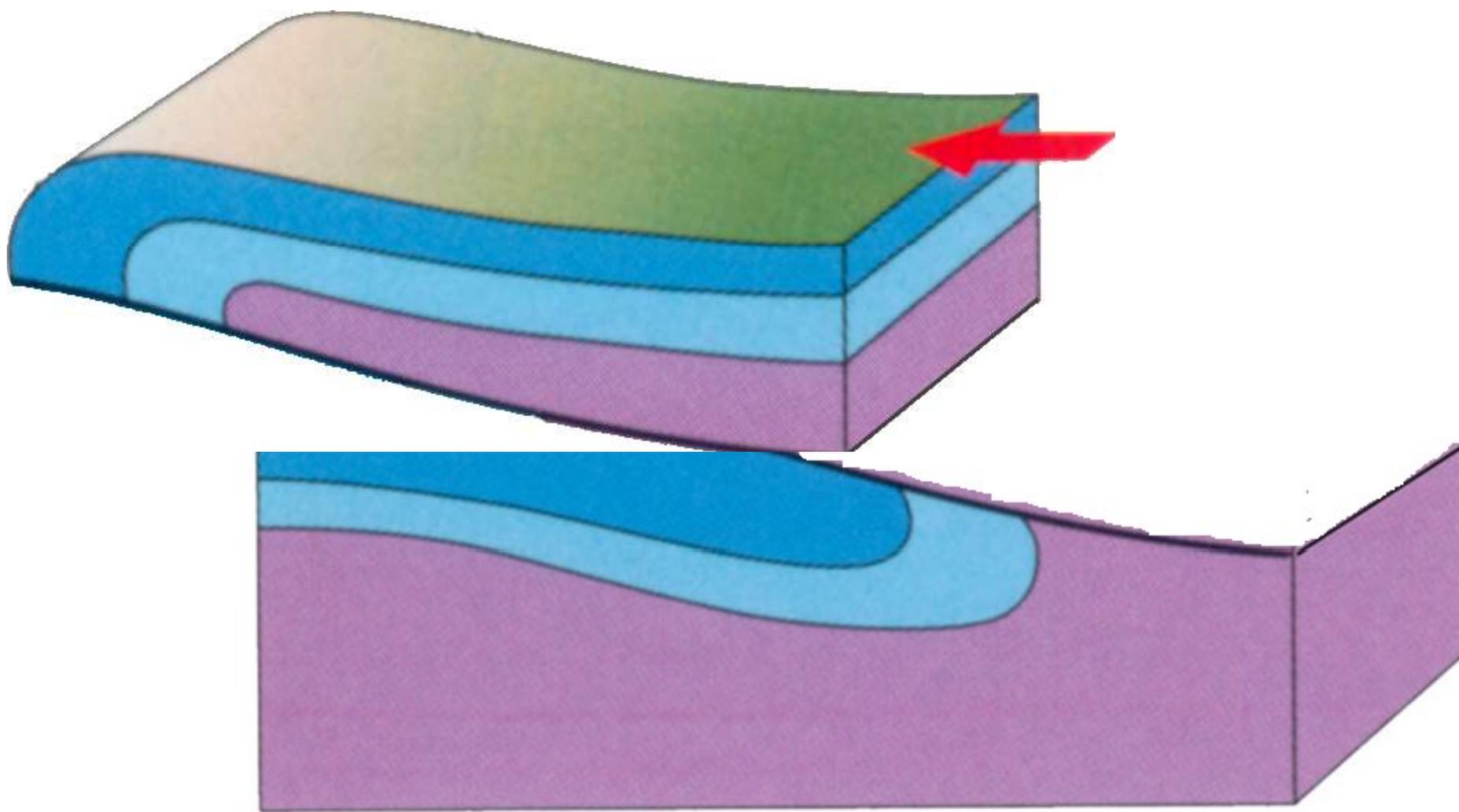
Couches bien tassées (cassantes)

Doc. 4 Une modélisation pour comprendre l'épaississement de la croûte continentale.

Les déformations subies par les roches suite à des contraintes compressives



Mise en place d'une nappe de charriage



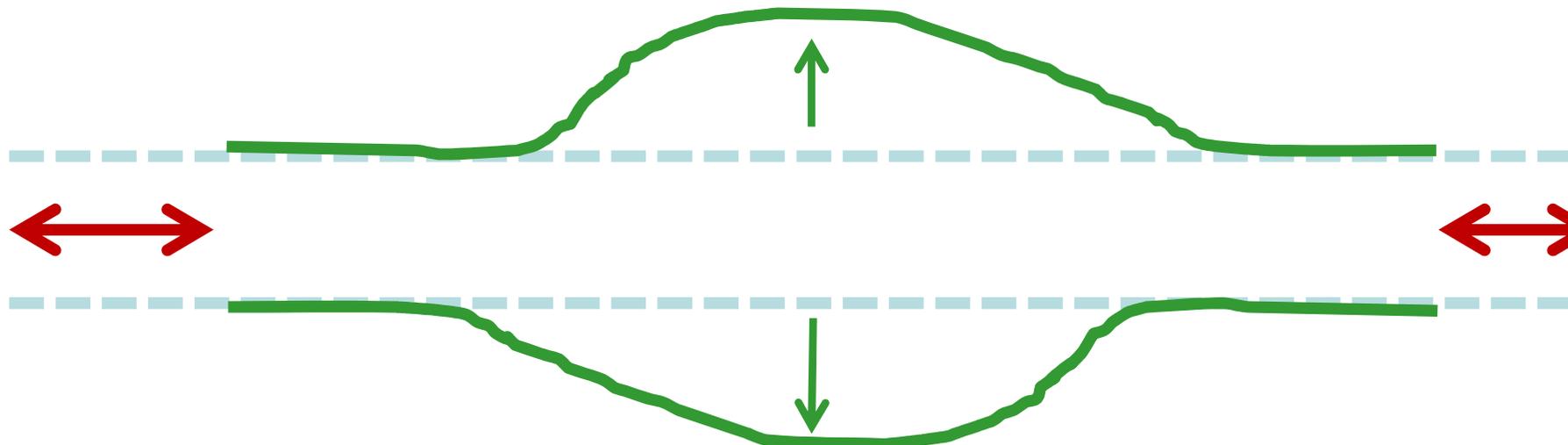
Conséquences sur la croûte continentale

ETAT INITIAL

CONTRAINTES COMPRESSIVES



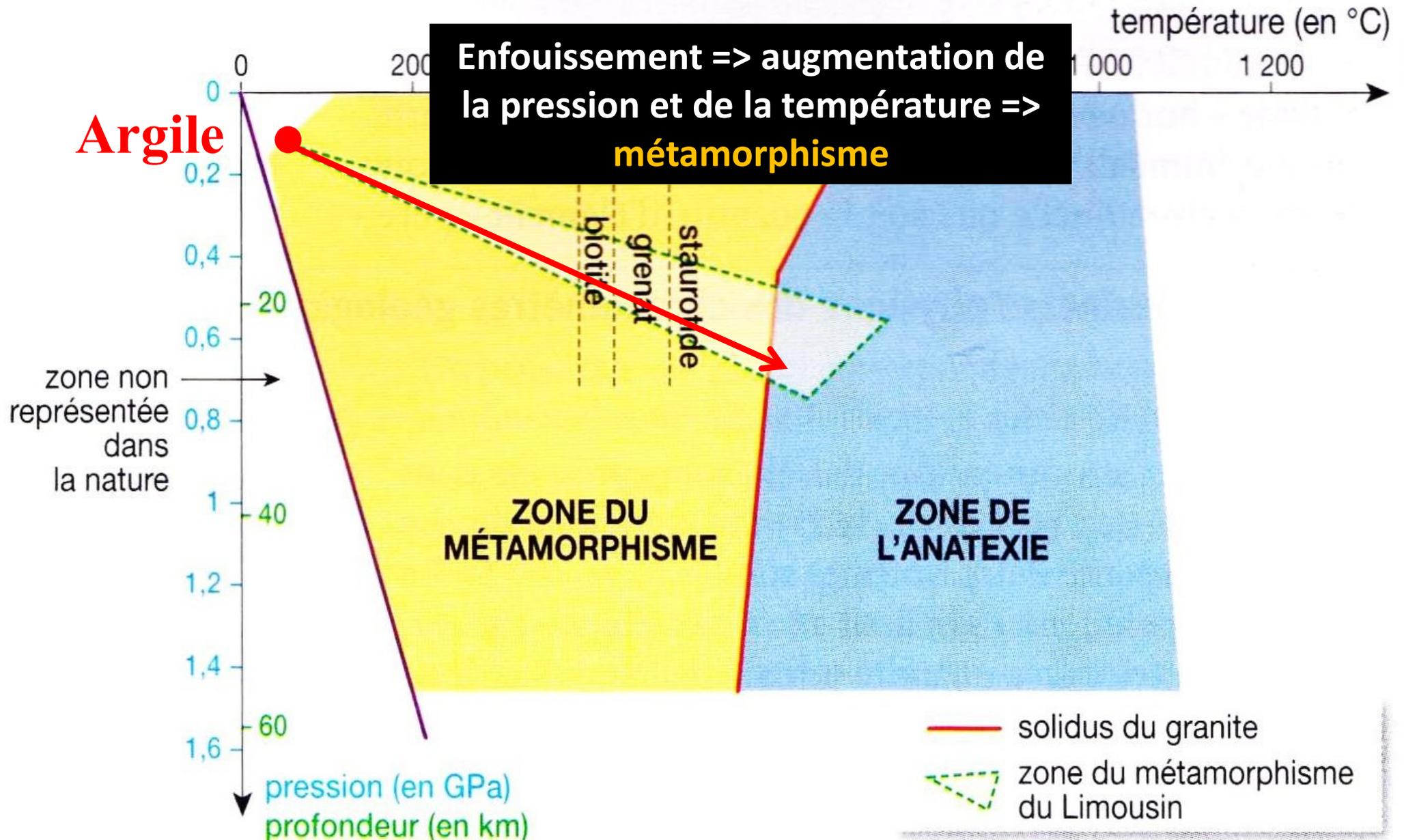
EPAISSISSEMENT



RACCOURCISSEMENT

Métamorphisme des roches de la croûte continentale

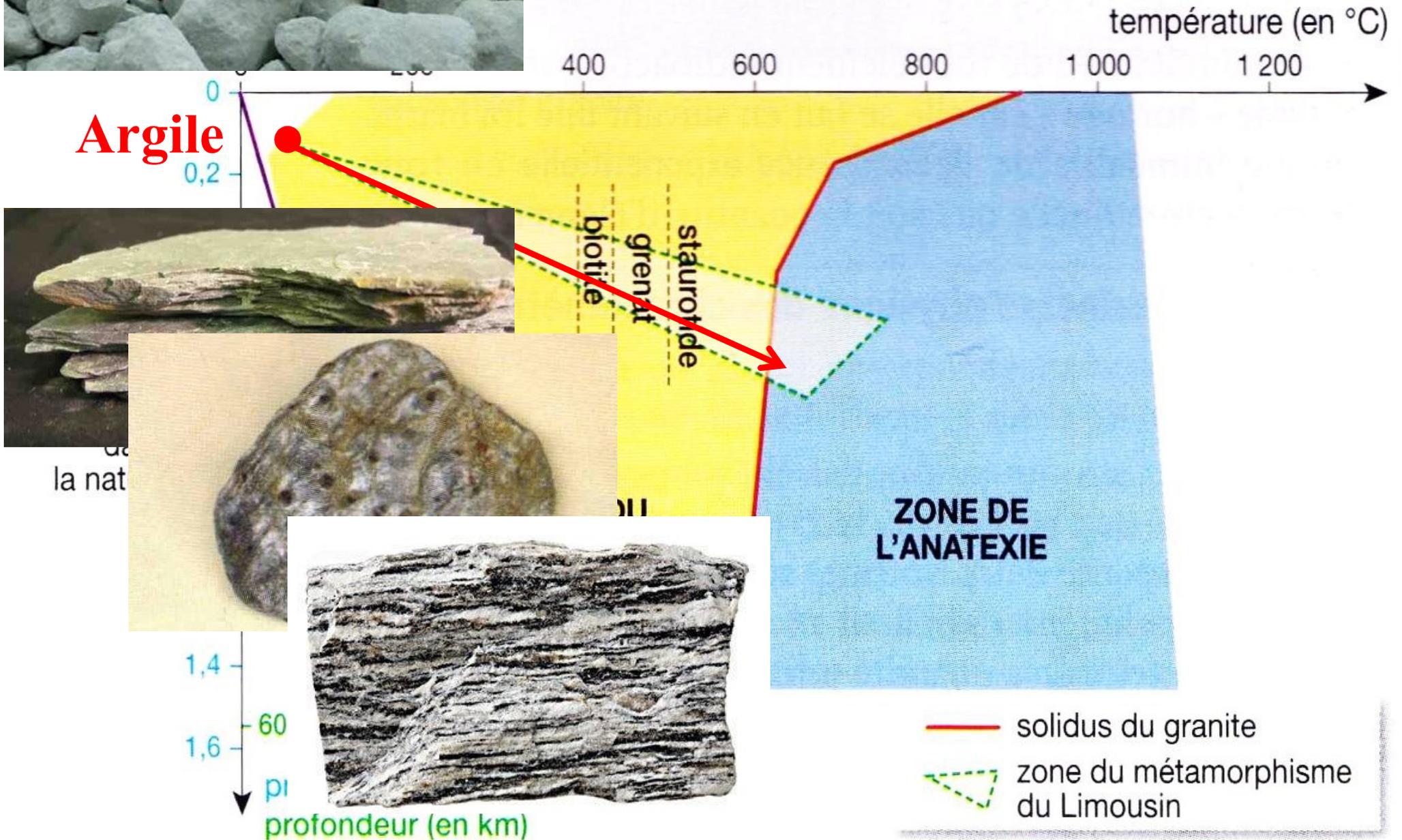
Diagramme P-T : zones du métamorphisme et de l'anatexie



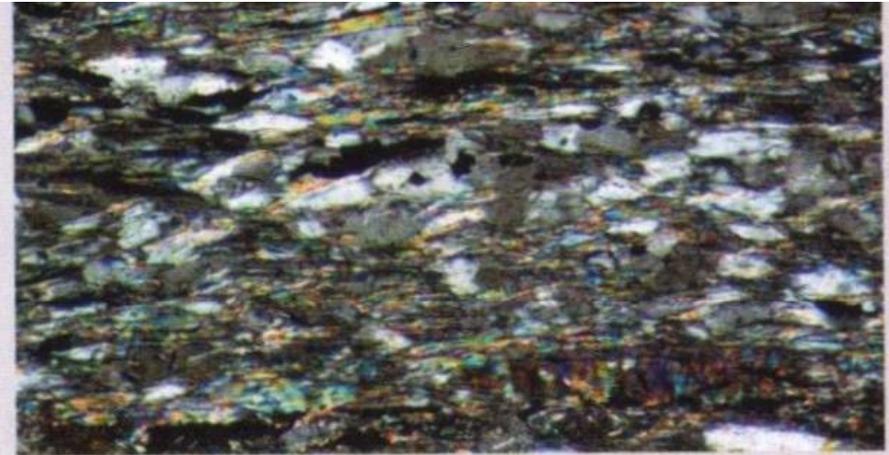
les roches de la croûte continentale



P-T : zones du métamorphisme et de l'anatexie



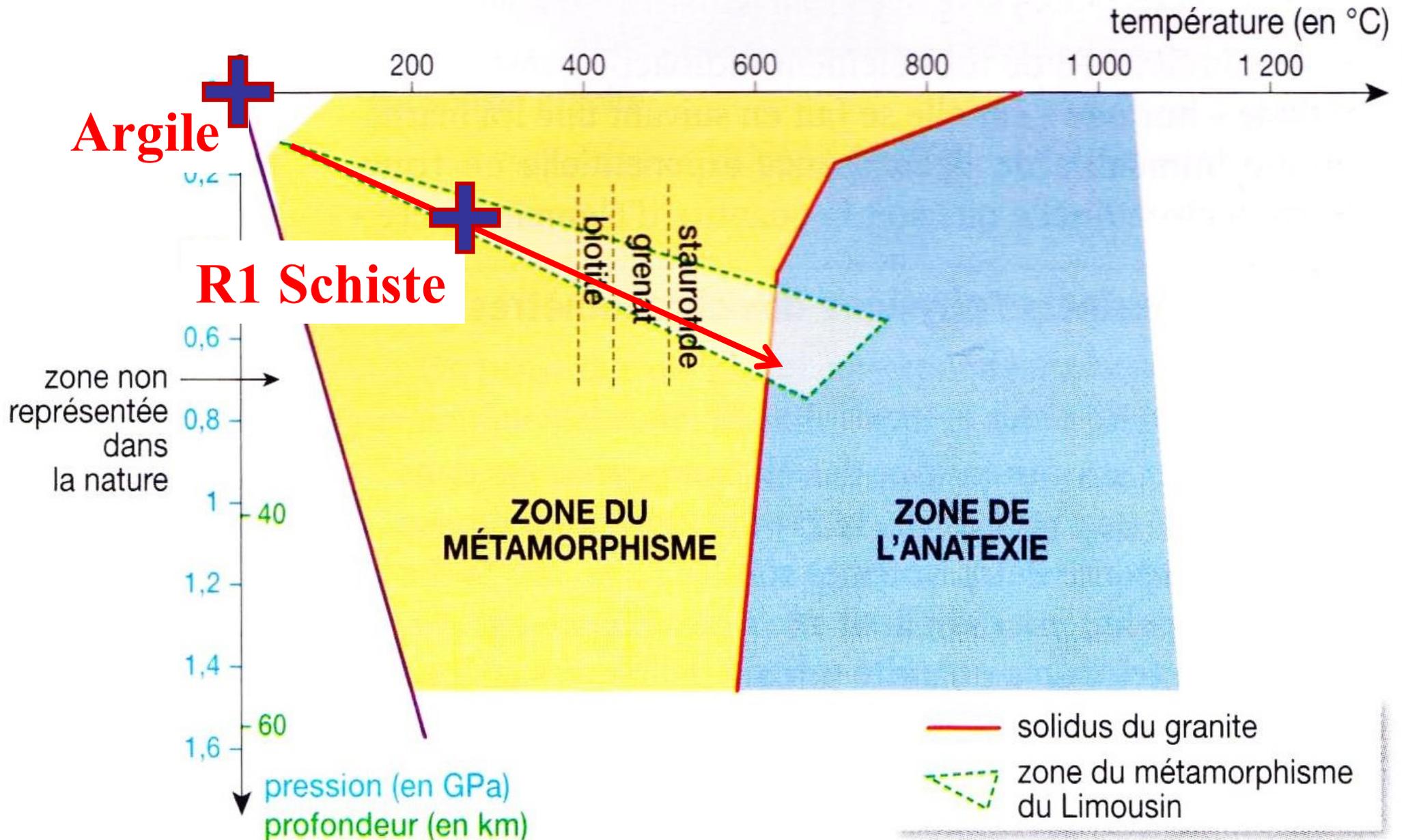
Le schiste, une roche métamorphique



L'observation au microscope montre un alignement de petites paillettes de séricite et de chlorite (minéraux voisins des micas) qui détermine une **schistosité**. L'aspect satiné de l'échantillon est dû à la séricite, sa couleur verdâtre à la chlorite.

Le schiste, une roche métamorphique

Diagramme P-T : zones du métamorphisme et de l'anatexie



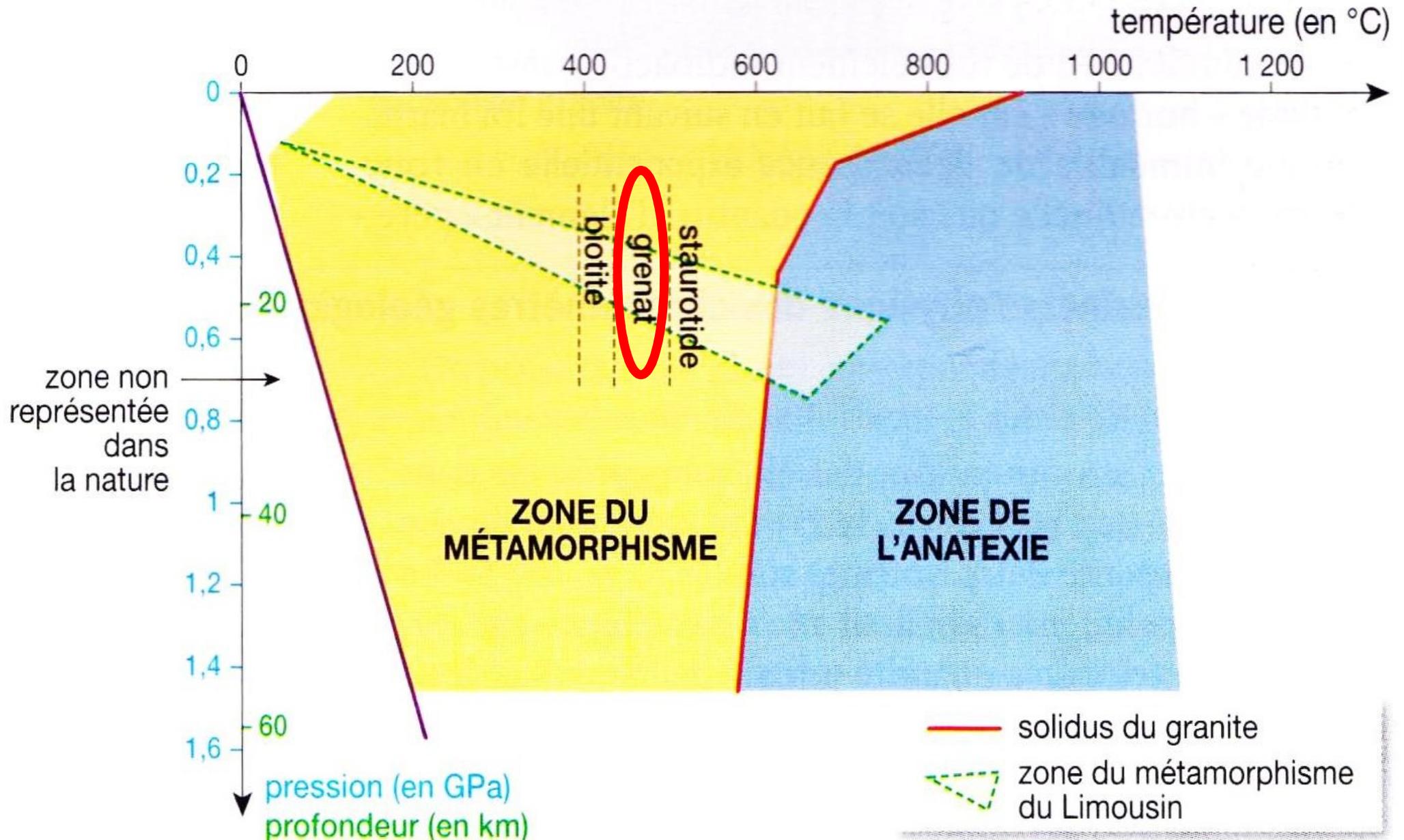
Le micaschiste à grenat, une roche métamorphique

Roche R2 : micaschiste à grenat



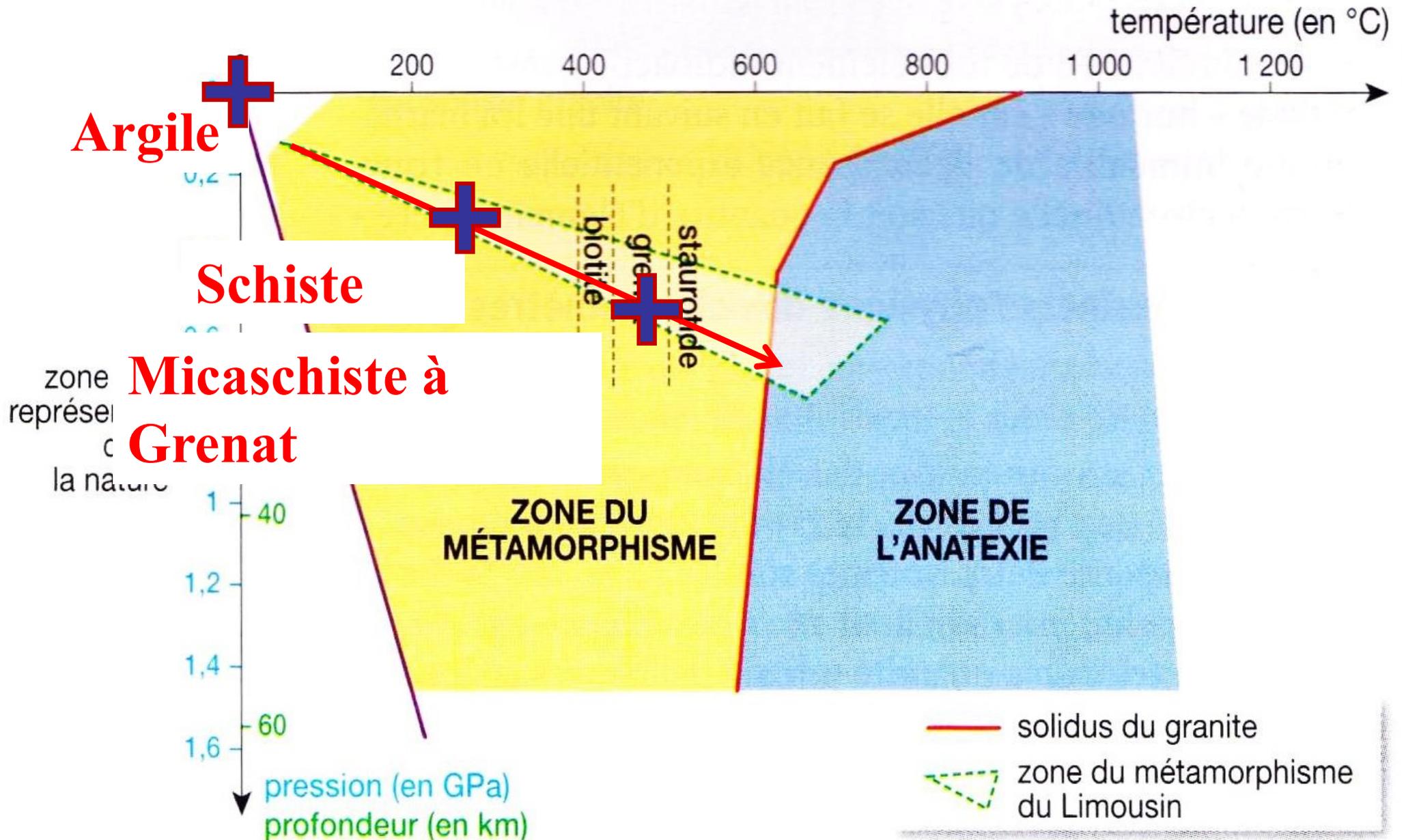
Le micaschiste à grenat, une roche métamorphique

Diagramme P-T : zones du métamorphisme et de l'anatexie



Le schiste, une roche métamorphique

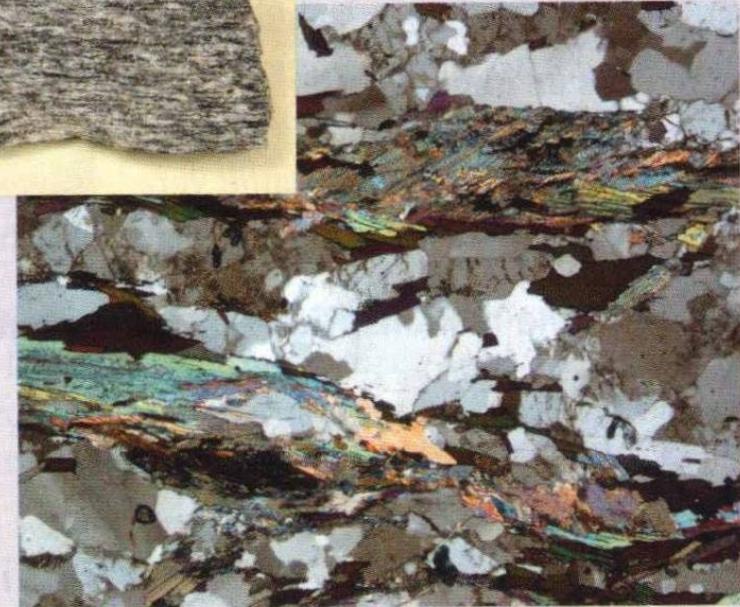
Diagramme P-T : zones du métamorphisme et de l'anatexie



Le gneiss, une roche métamorphique



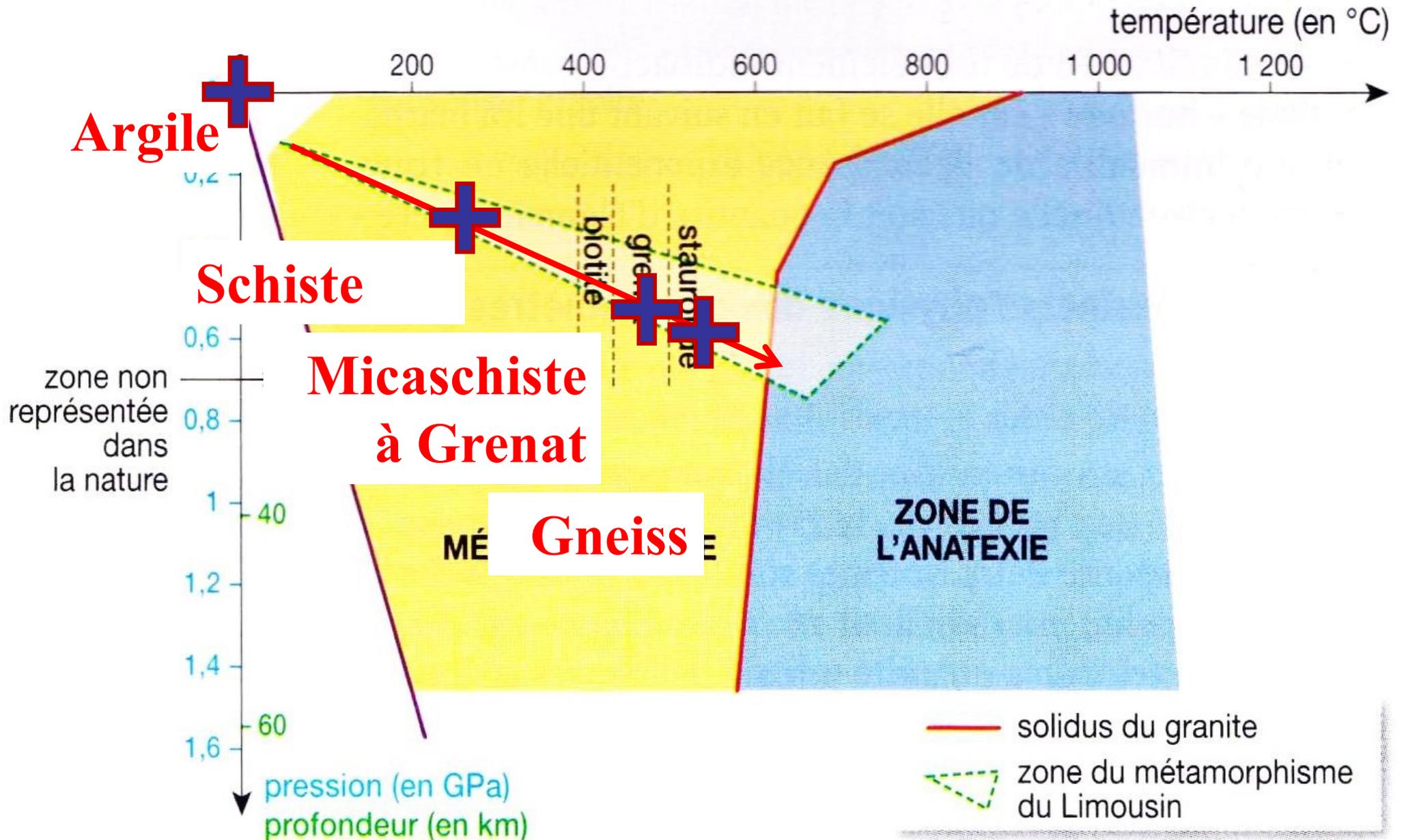
Roche R3 : gneiss gris



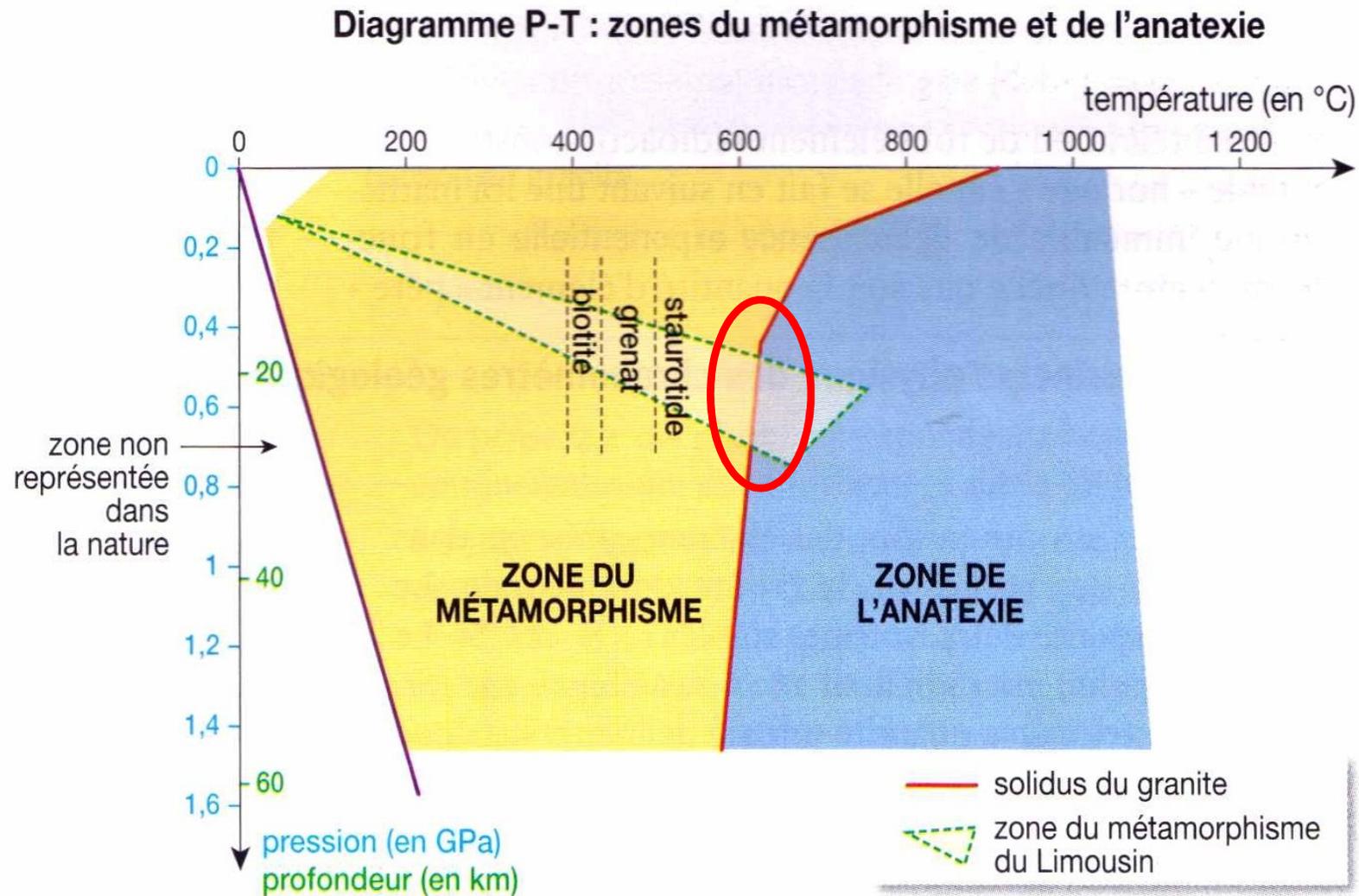
L'aspect lité de l'échantillon est dû à une alternance de lits clairs et de lits sombres. Au microscope, les feuillets clairs apparaissent formés de quartz et de feldspaths alors que les feuillets sombres sont formés de micas noirs.

Le gneiss, une roche métamorphique

Diagramme P-T : zones du métamorphisme et de l'anatexie



Franchissement du solidus et début de la fusion partielle



Particularités des roches du doc. 1

- La roche **R1** ne contient pas de biotite.
- La roche **R2** contient de la biotite et du grenat.
- La roche **R3** contient du grenat et de la staurotite.

Les migmatites, des roches résultant de l'anatexie

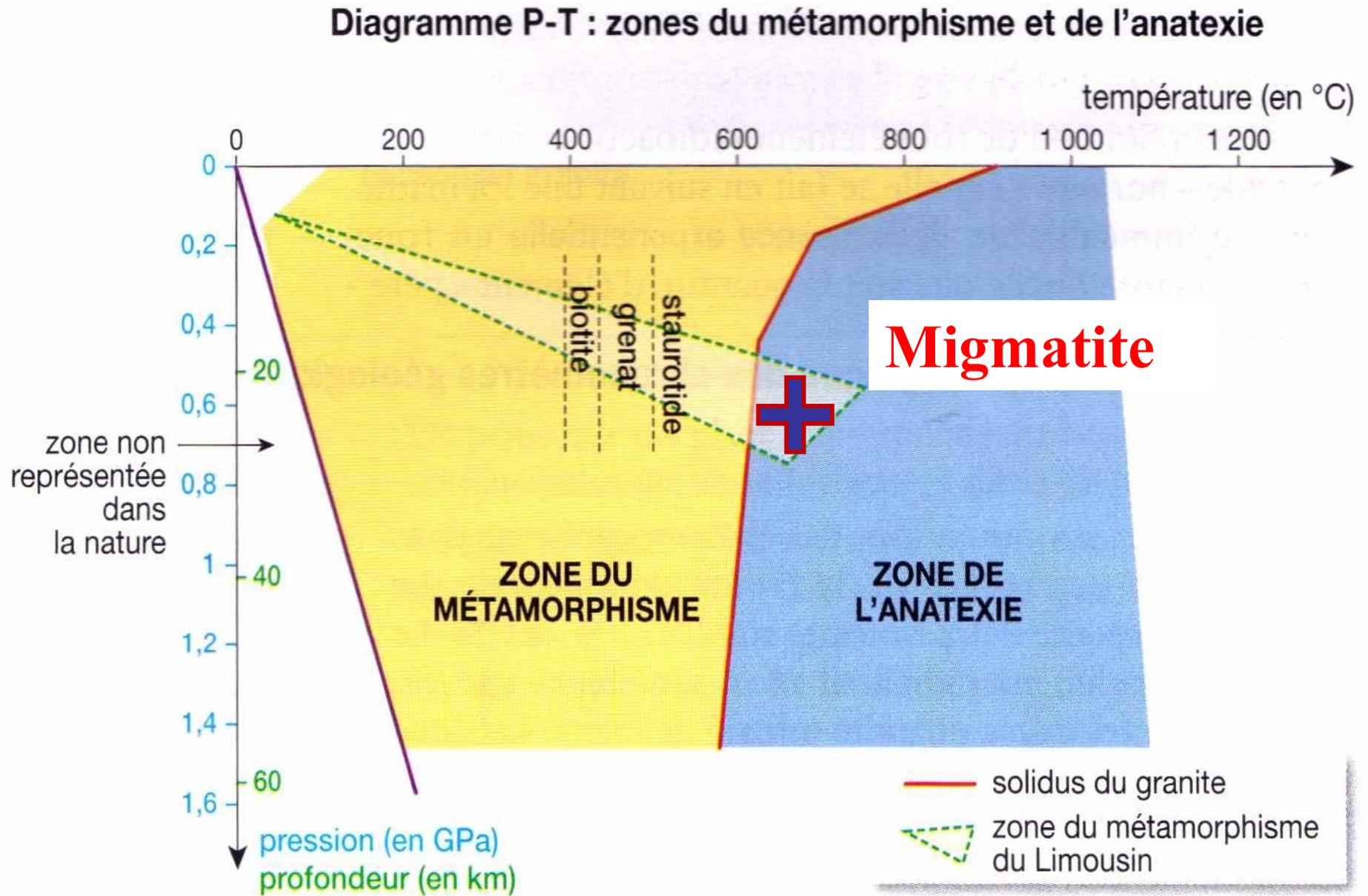
Bordure sombre → minéraux réfractaire à la fusion → température insuffisante.

Lentille claire proviennent
D'un liquide granitique résultant
De la fusion partielle du gneiss

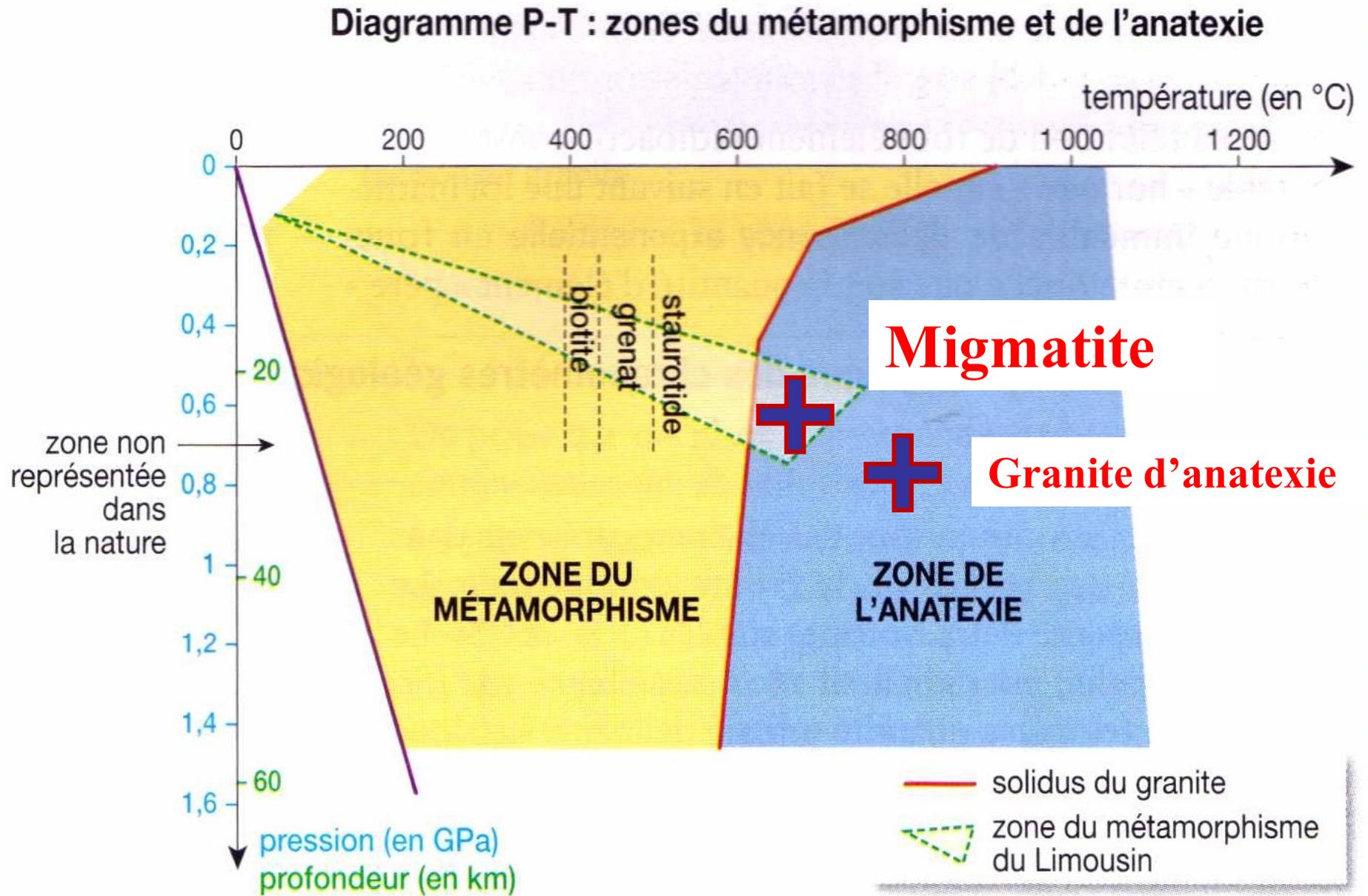


6 mm

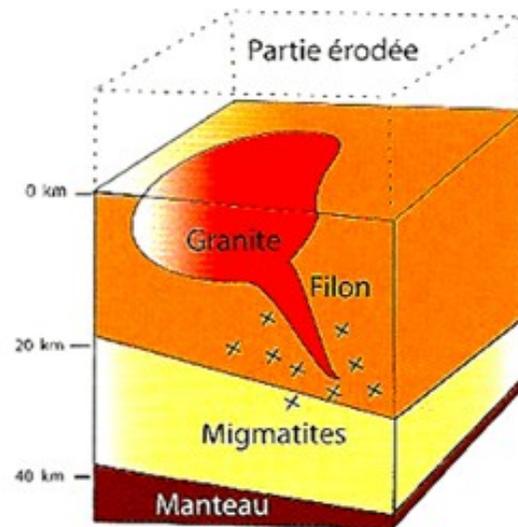
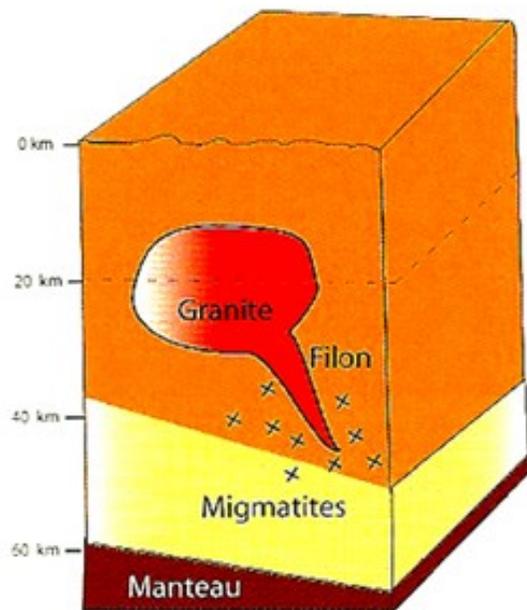
Franchissement du solidus et début de la fusion partielle



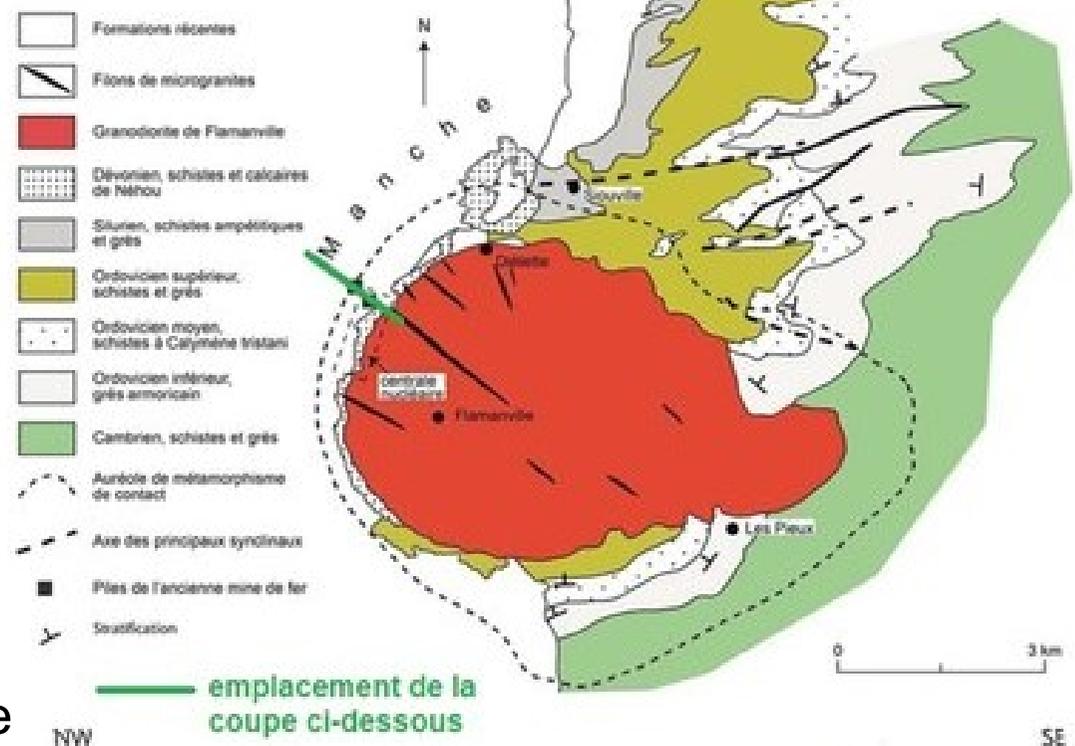
Franchissement du solidus et début de la fusion partielle



Anatexie : mise en place d'un pluton granitique



La mise en place du filon de microgranite et plusieurs centaines de millions d'années plus tard son démantèlement



Flamanville

Chapitre 2. Les traces du passé mouvementé de la Terre

I. La Terre a subi une succession de cycles orogéniques

A) Des traces d'orogénèse successives dans les terrains continentaux

B) Qu'est-ce qu'un cycle orogénique ?

1. Rifting continental

2. Accrétion océanique (rappels de première)

3. Subduction océanique (rappels de première)

4 Collision (rappels premières)

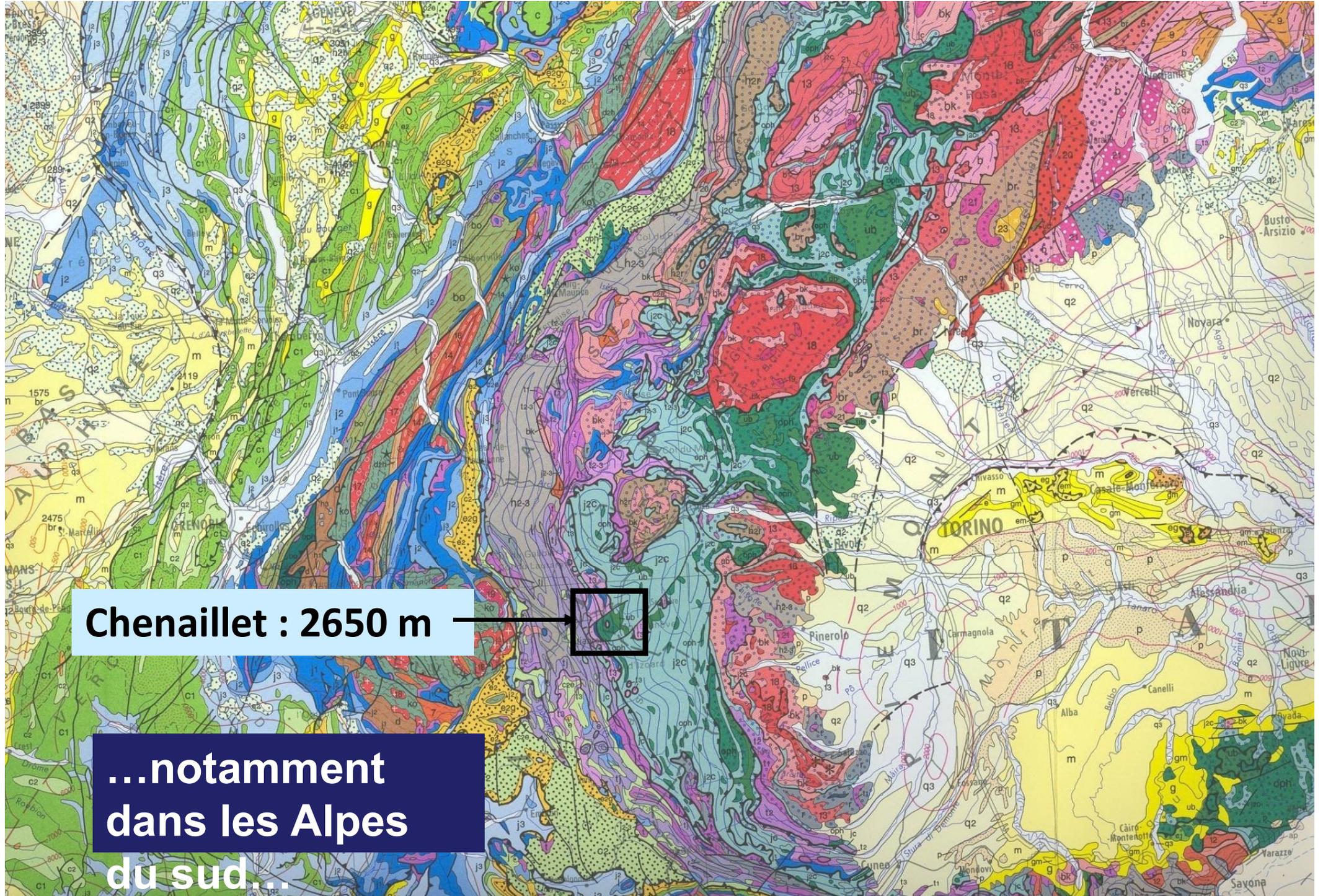
II. A la recherche d'océans disparus

III. A la recherche de chaînes de montagnes anciennes

IV. Reconstitution d'un cycle orogénique

Conclusion

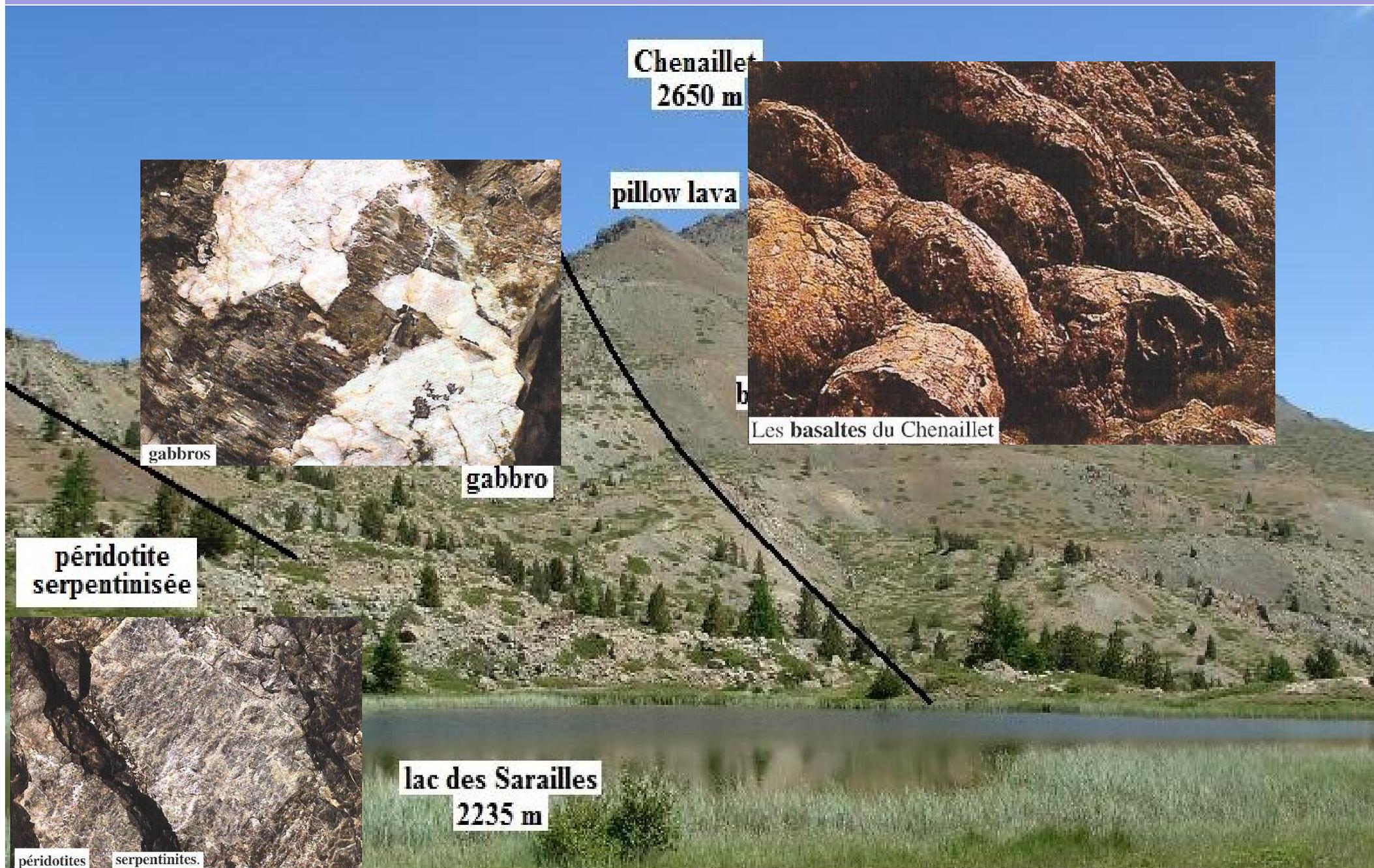
Les ophiolites des Alpes



Chenaillet : 2650 m

**...notamment
dans les Alpes
du sud...**

Le Chenaillet : un lambeau de lithosphère océanique dans les Alpes



Métamorphisme SV peu marqué => ophiolite obduite

Les ophiolites issues d'obduction

1

Les ophiolites de Bou Azzer, au Maroc

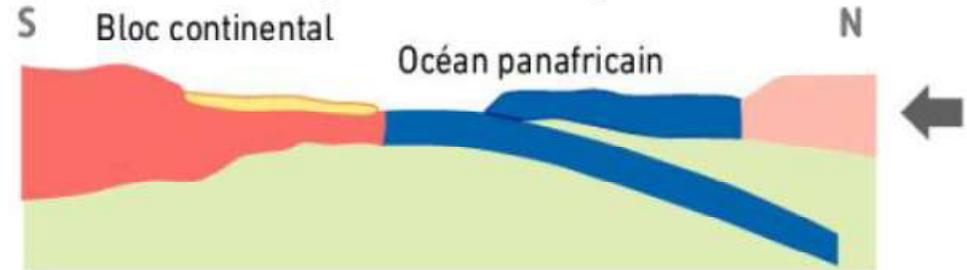
Les ophiolites de Bou Azzer (A) sont situées au sud du Maroc, dans l'Anti-Atlas, une très ancienne chaîne de montagnes issue de l'orogénèse panafricaine. Elles présentent une superposition de péridotites serpentinisées, de gabbros et de micro-gabbros (gabbros à petits cristaux).



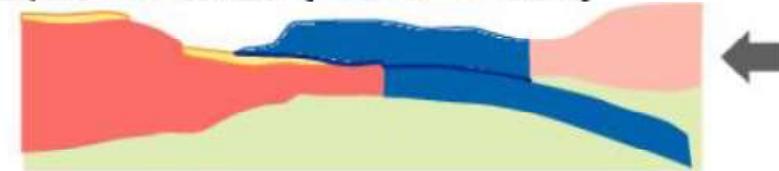
A Les ophiolites de Bou Azzer.

Malgré l'âge de ces roches, les géologues ont pu modéliser les étapes de leur mise en place (B). Celle-ci fait intervenir un mécanisme d'**obduction***, c'est-à-dire le charriage d'une portion de lithosphère océanique sur le continent.

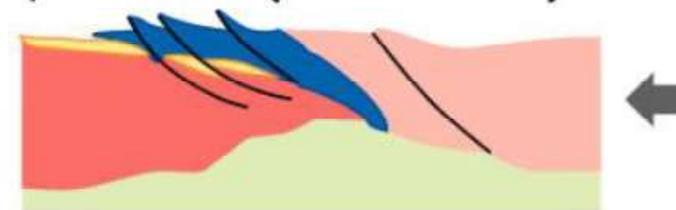
Étape 1 : subduction (-750 à -700 Ma)



Étape 2 : obduction (-680 à -660 Ma)

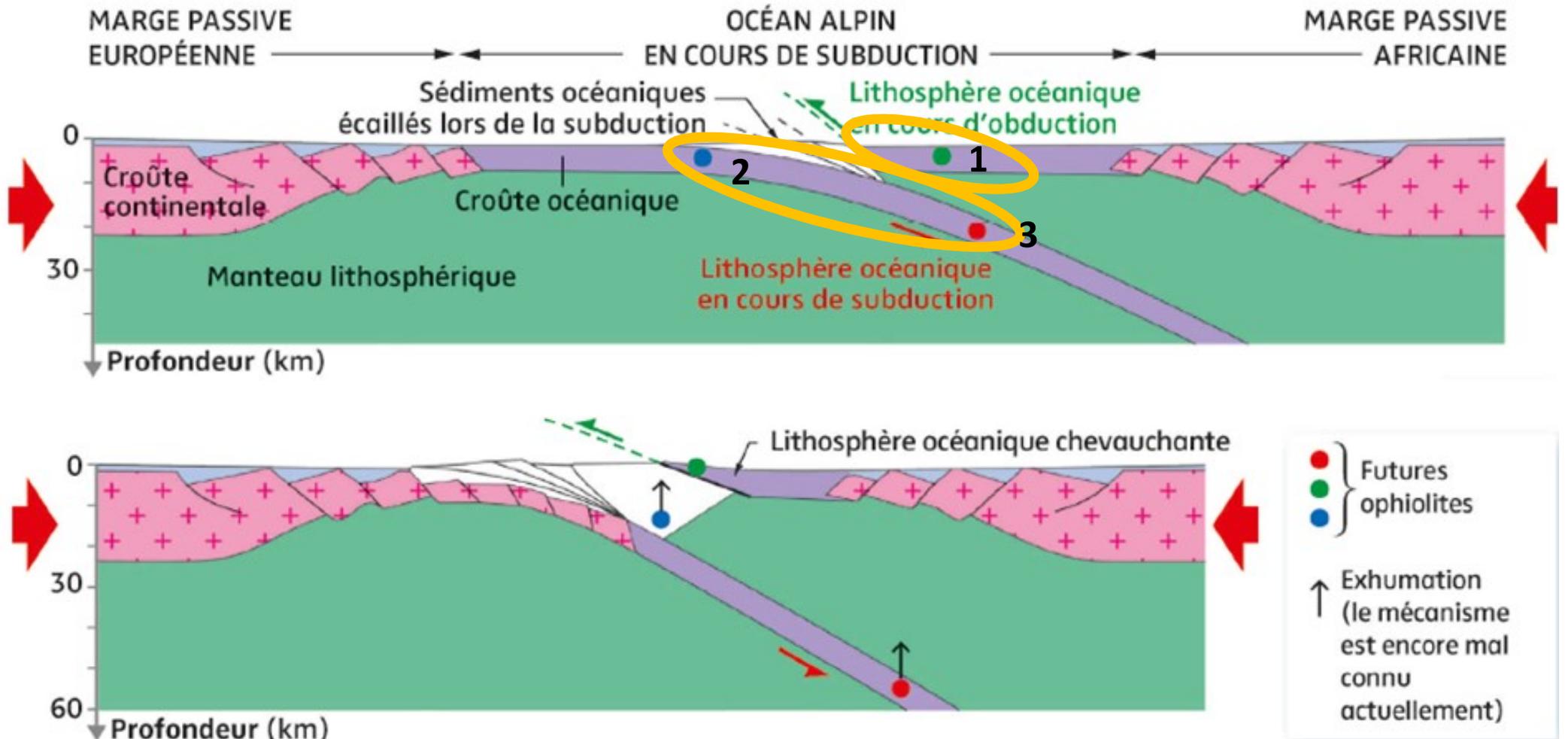


Étape 3 : collision (-650 à -640 Ma)



B Modélisation de la mise en place des ophiolites de Bou Azzer.

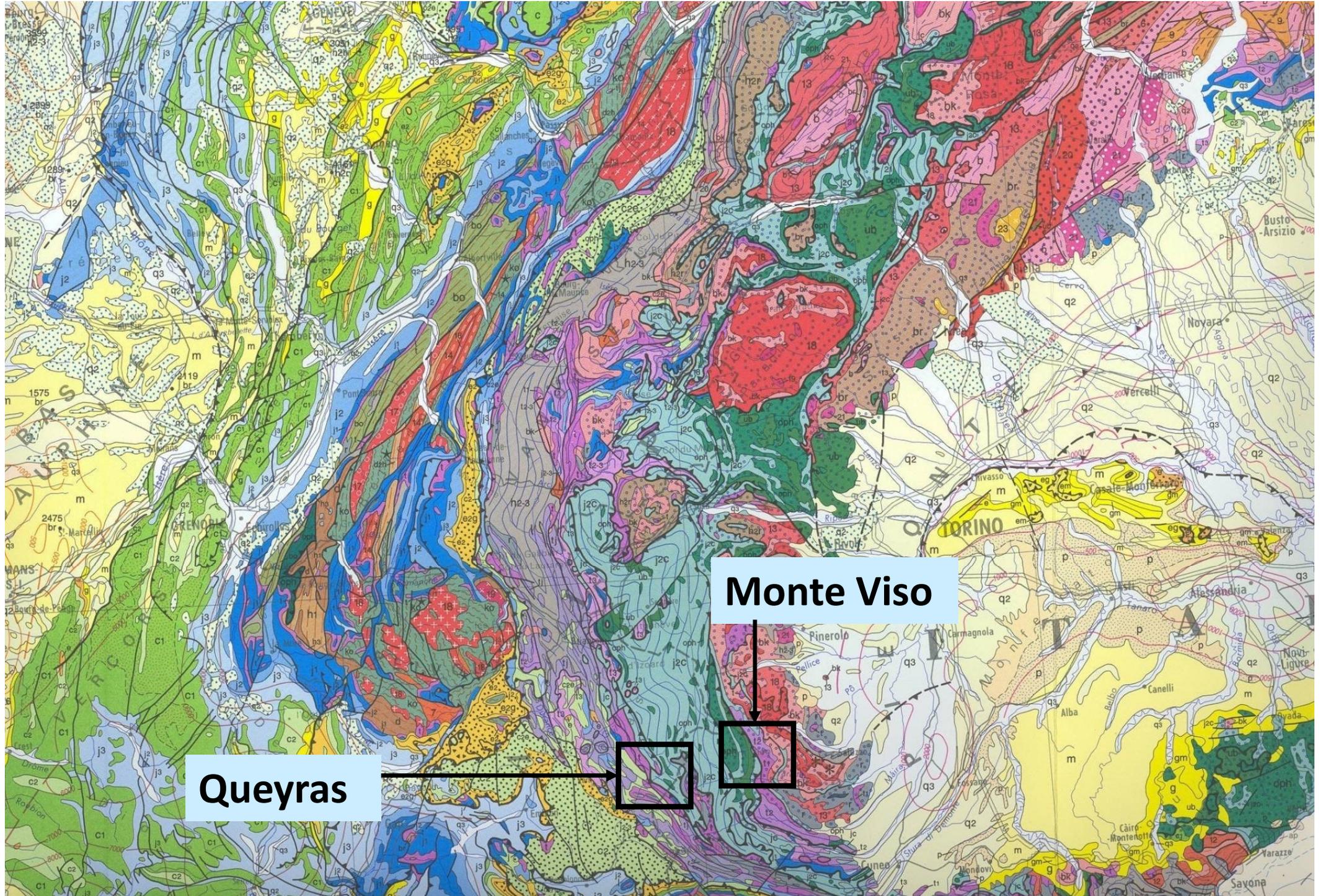
2 types d'ophiolites



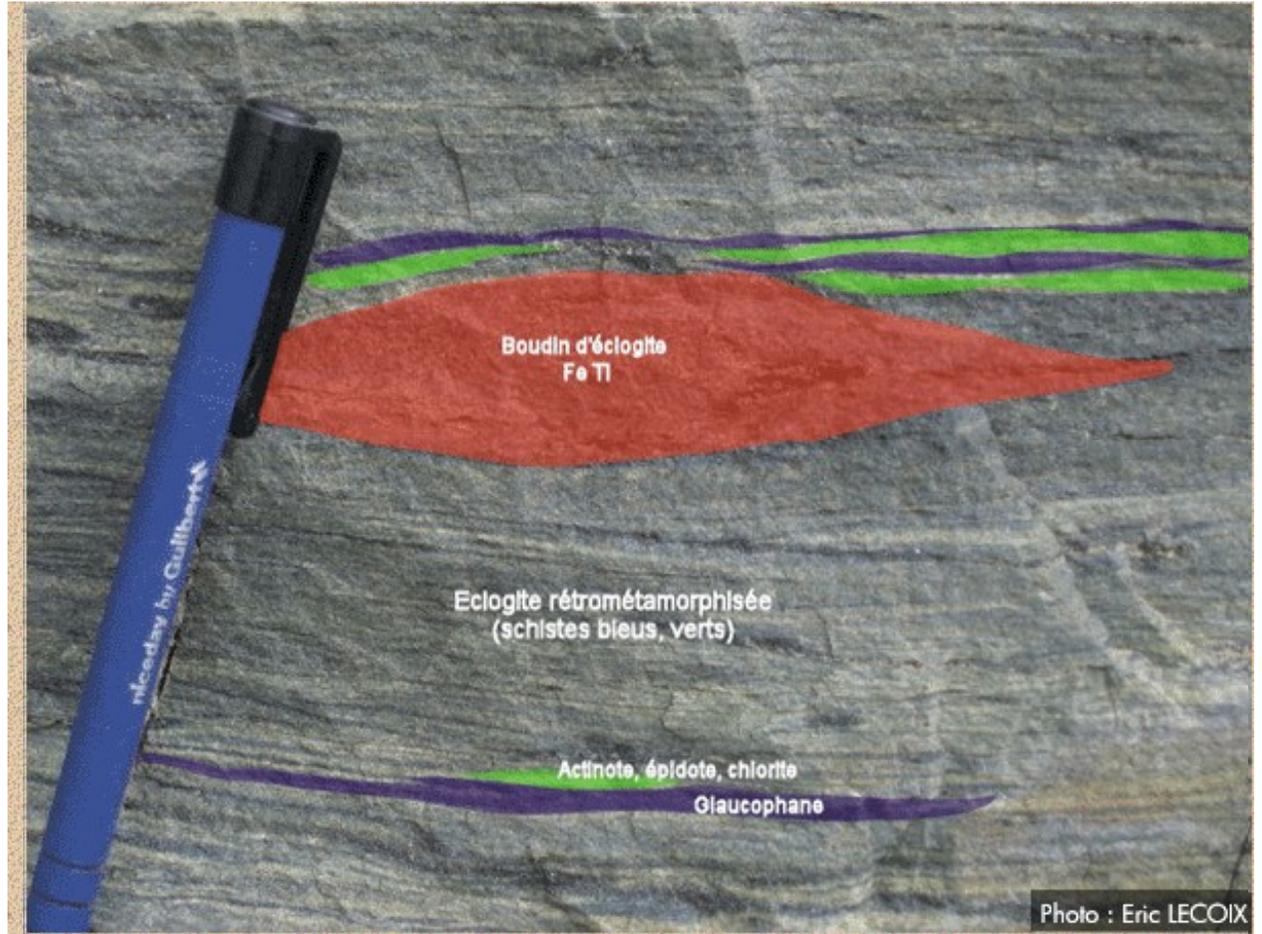
1 : **Obduction** : pas de métamorphisme supplémentaire (facies SV)

2 et 3 : **Subduction** : métamorphisme HP-BT (faciès Schiste bleu et éclogite)

Les ophiolites des Alpes



Le monte Viso : des roches très métamorphisées

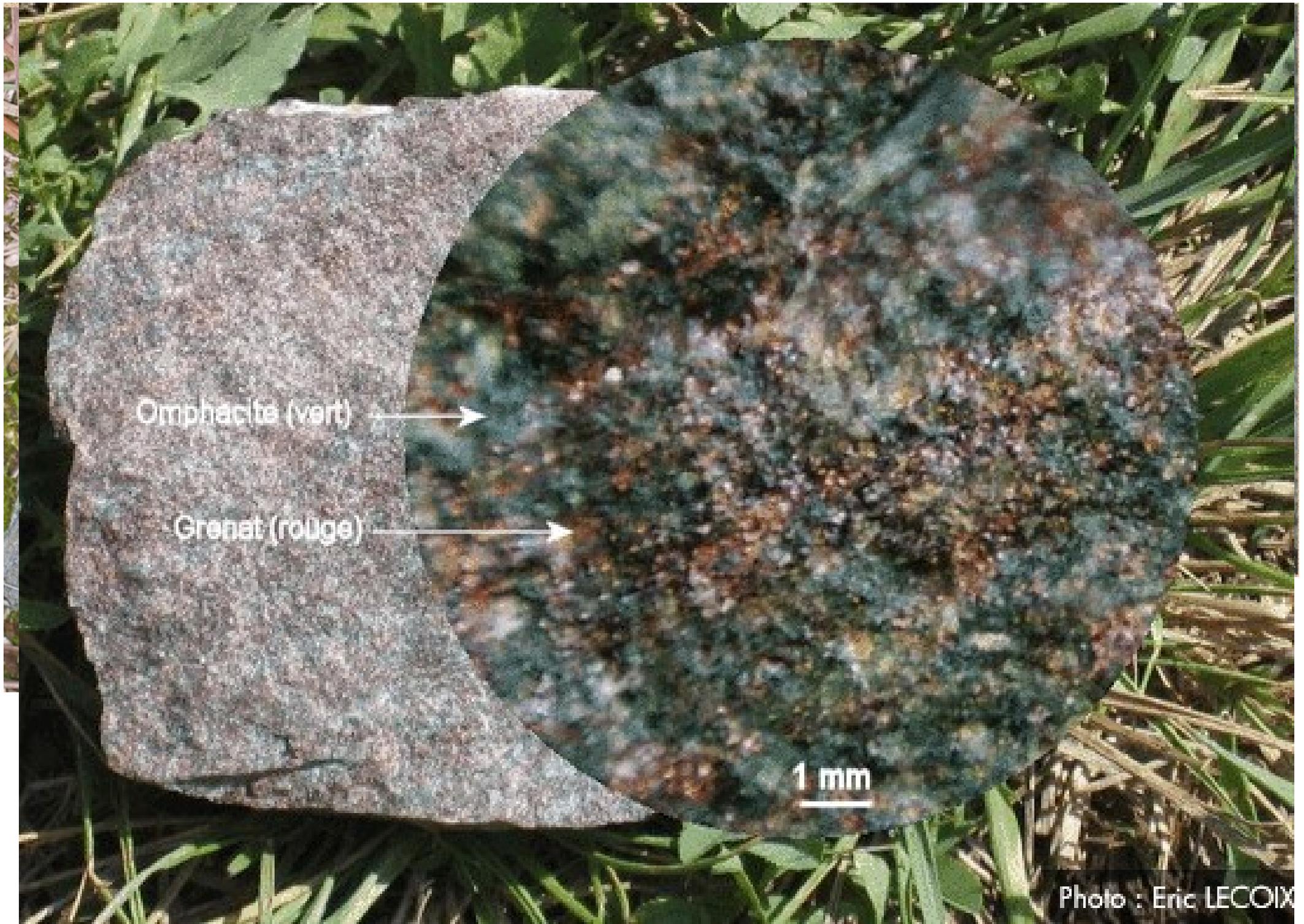


**Faciès schiste bleus
(superposé/intercalé au SV)**

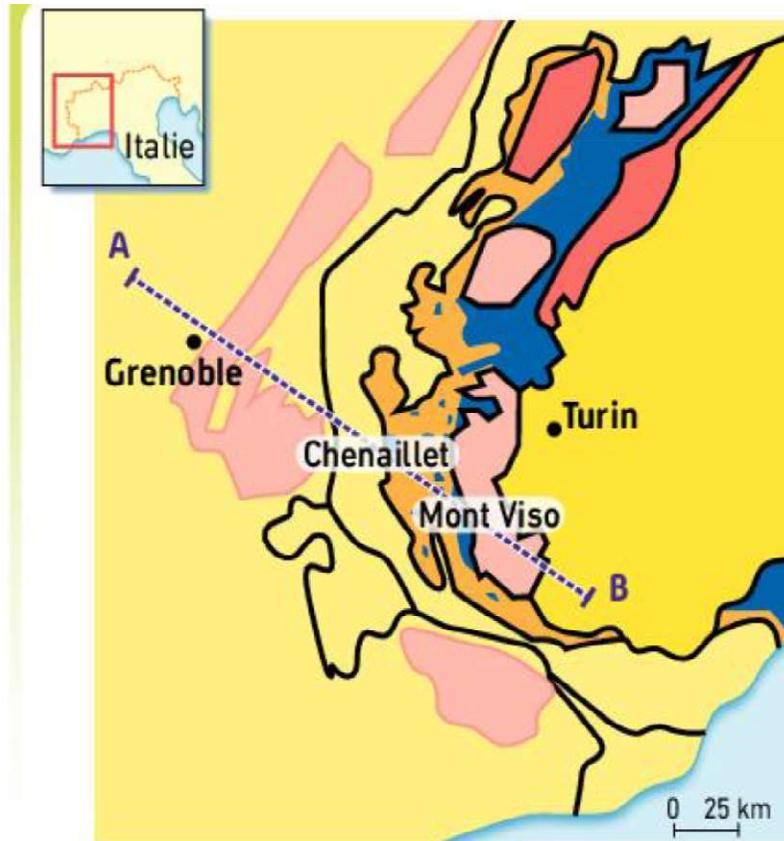
**Faciès éclogitique
(omphacite = Cpx HP)**

Faciès métamorphiques HP-BT => ophiolite subduite

Le monte Viso : des roches très métamorphisées



Ophiolites, suture d'anciennes plaques lithosphériques



A Schéma structural simplifié des Alpes.

Les ophiolites forment une **suture*** au sein de la chaîne de montagnes. Elles sont situées à la frontière d'anciennes plaques tectoniques convergentes, aujourd'hui « soudées » par la collision des blocs continentaux.

Plaque « européenne »

croûte continentale
sédiments continentaux

ophiolites
sédiments océaniques

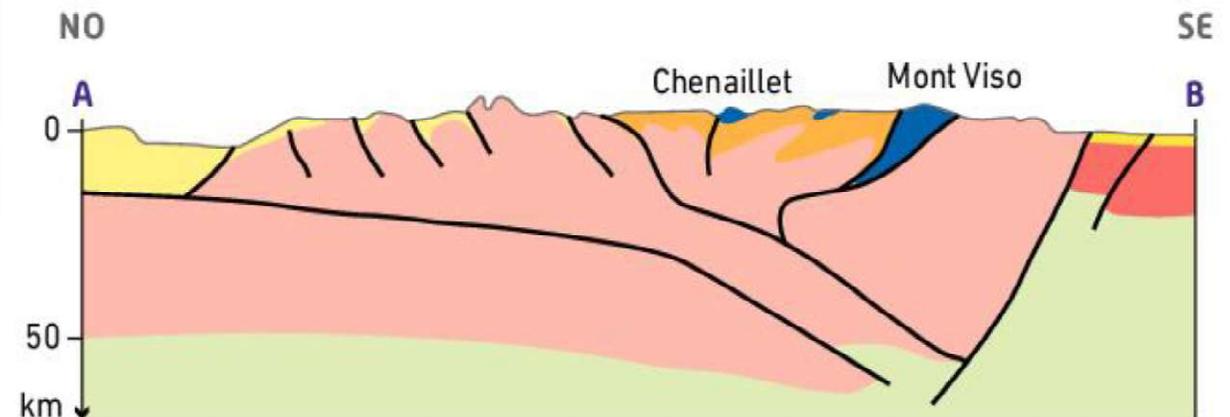
failles et chevauchements

manteau lithosphérique

Plaque « africaine »

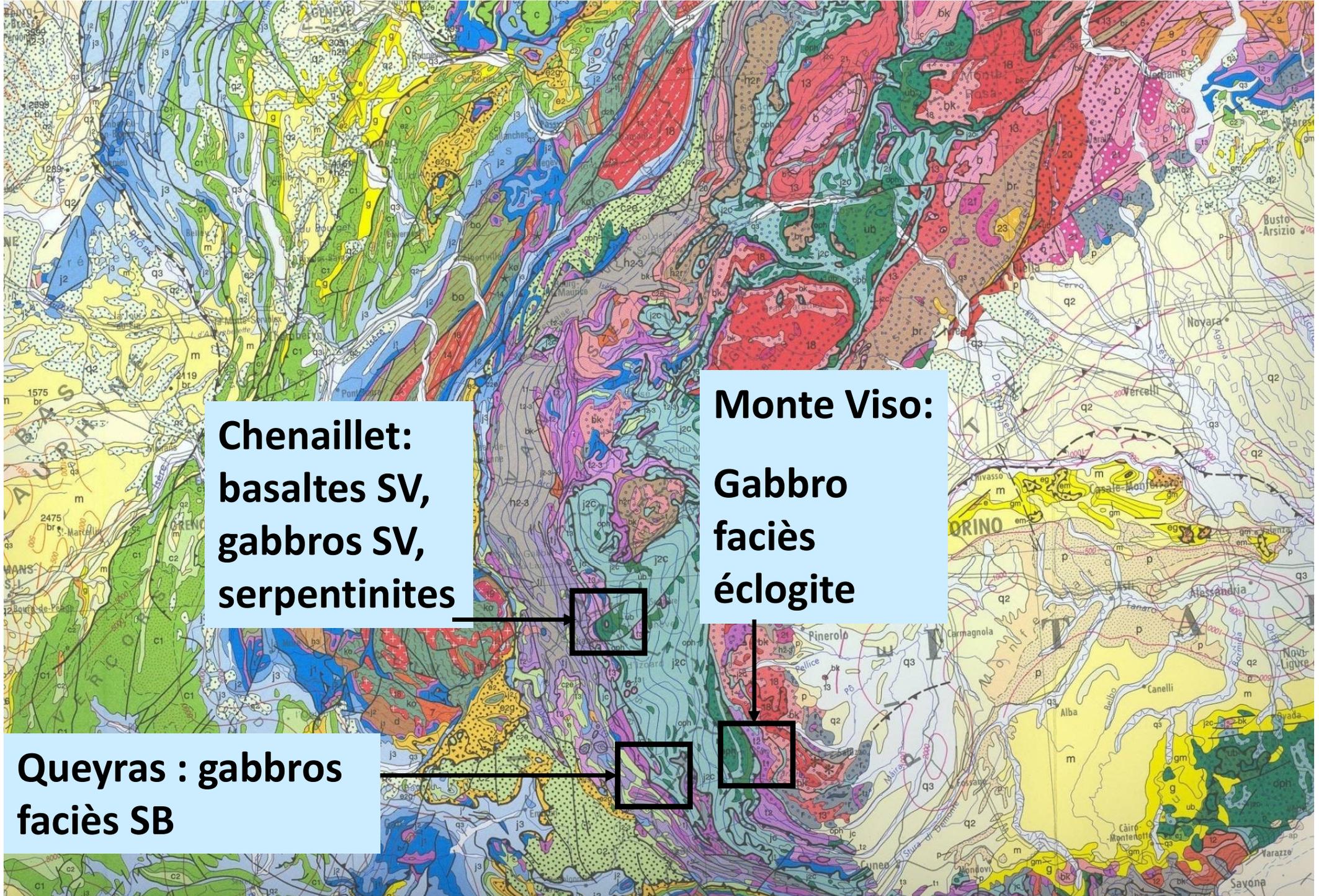
croûte continentale

sédiments continentaux



B Coupe suivant le tracé AB.

Les ophiolites des Alpes



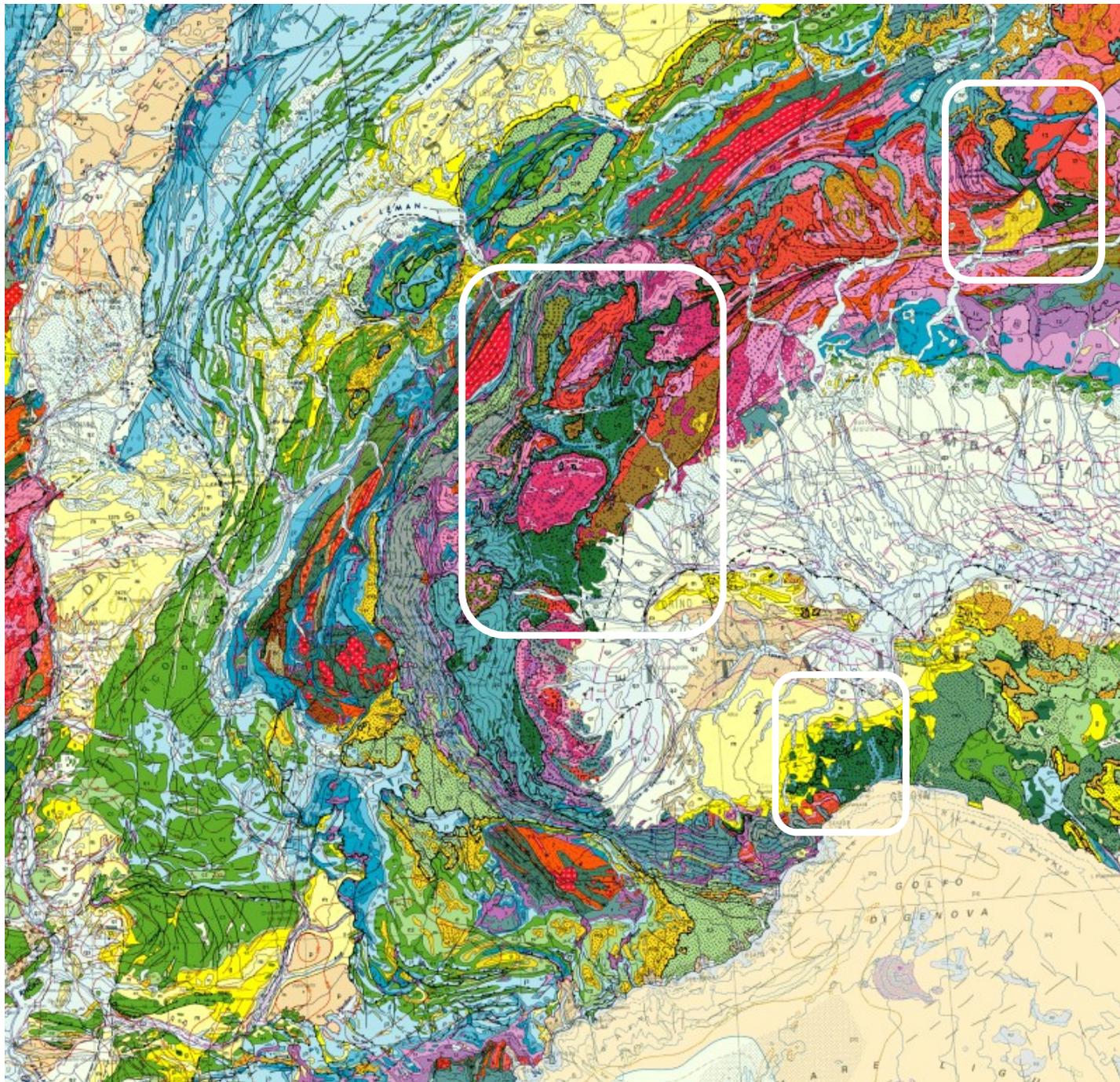
Chenaillet:
basaltes SV,
gabbros SV,
serpentinites

Monte Viso:
Gabbro
faciès
éclogite

Queyras : gabbros
faciès SB



Ophiolites, suture d'anciennes plaques lithosphériques



Chapitre 2. Les traces du passé mouvementé de la Terre

I. La Terre a subi une succession de cycles orogéniques

A) Des traces d'orogénèse successives dans les terrains continentaux

B) Qu'est-ce qu'un cycle orogénique ?

1. Rifting continental

2. Accrétion océanique (rappels de première)

3. Subduction océanique (rappels de première)

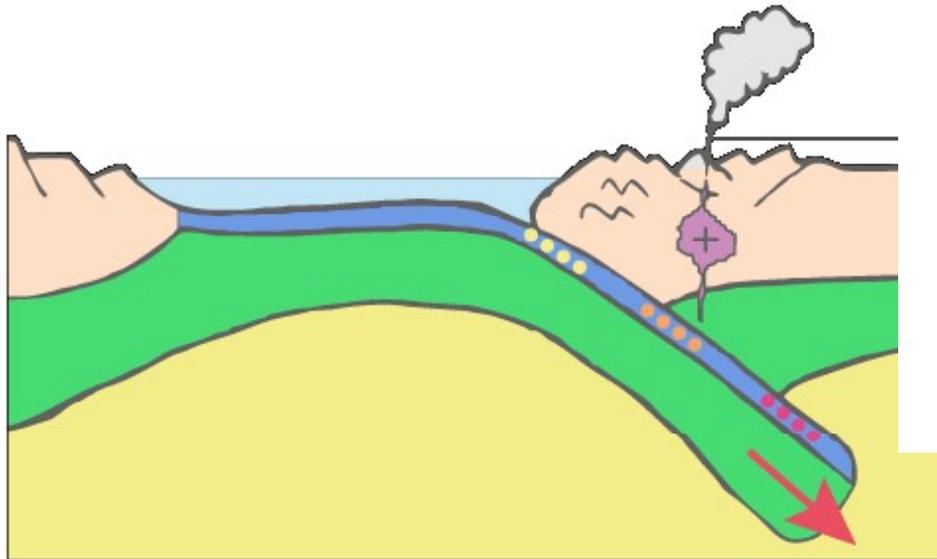
4 Collision (rappels premières)

II. A la recherche d'océans disparus

III. A la recherche de chaînes de montagnes anciennes

IV. Reconstitution d'un cycle orogénique

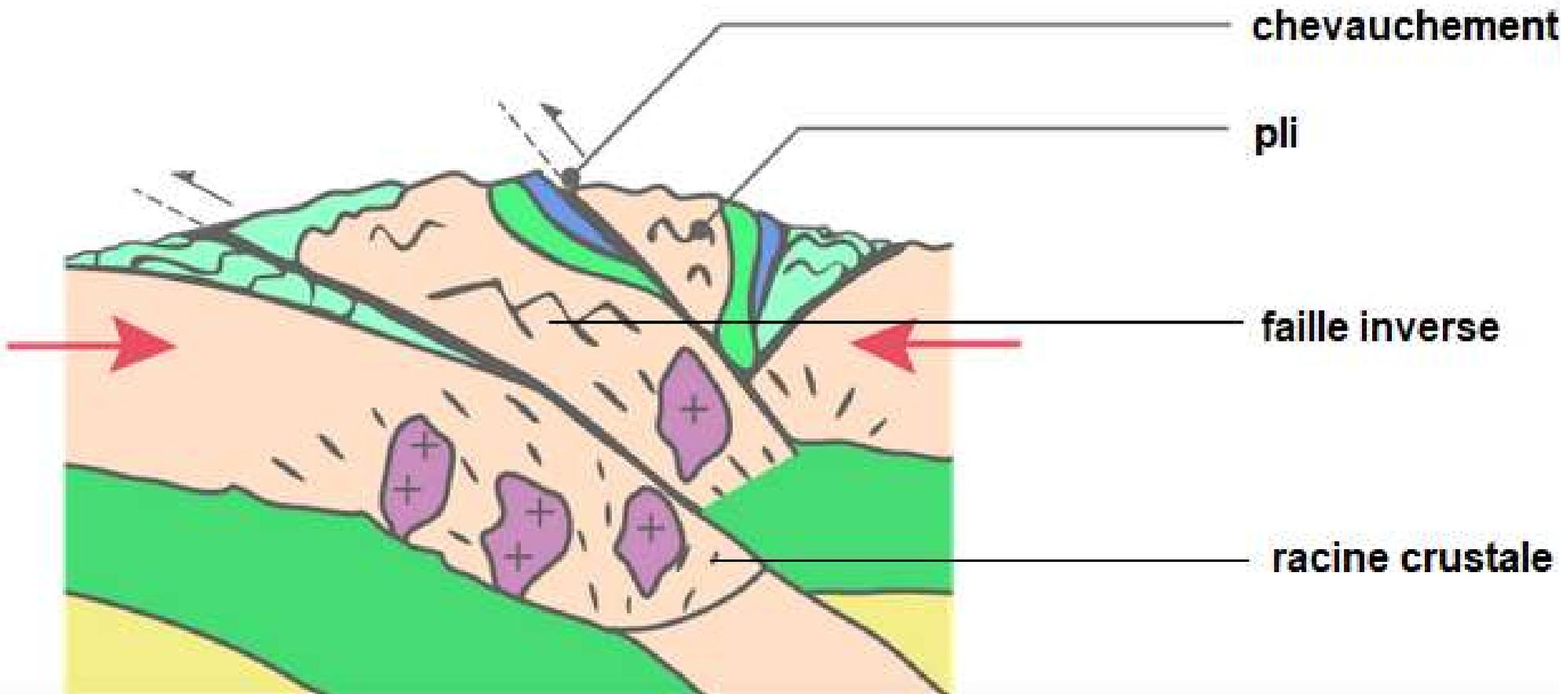
Conclusion



Volcans

Raccourcissement compensé par un épaisissement

 Séismes



Failles inverses

Pli-faille à saint Rambert en Bugey



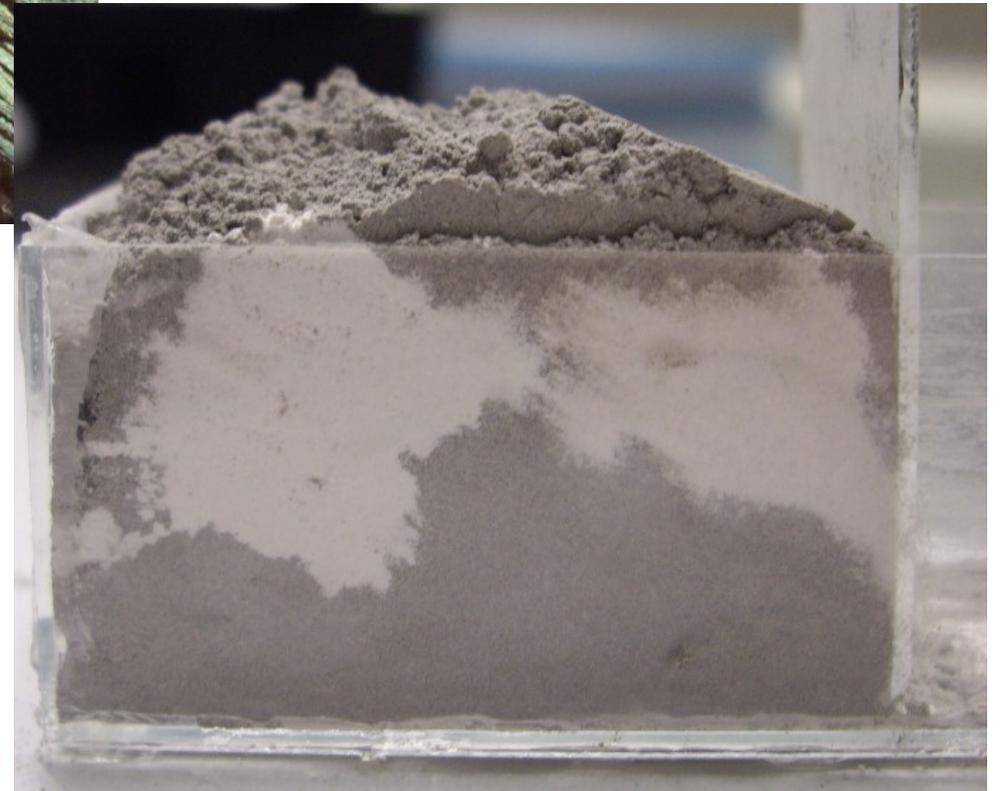
Photographie Pierre Thomas

plis



Zones plus ductiles...

...déformations plus souples : plis



Nappe de Glaris dans les Alpes suisses



Dans les Alpes, on retrouve : des roches métamorphiques qui témoignent d'un enfouissement ...



**Micaschiste
(Belledonne)**



**Micaschiste à grenat
(Mont Blanc)**



Gneiss (Mercantour)

Roches caractéristiques de la collision

- Gneiss, migmatique, granite anatexie
(Cf partie sur la collision)
- Remontés en surface suite à l'érosion

Chapitre 2. Les traces du passé mouvementé de la Terre

I. La Terre a subi une succession de cycles orogéniques

A) Des traces d'orogénèse successives dans les terrains continentaux

B) Qu'est-ce qu'un cycle orogénique ?

1. Rifting continental

2. Accrétion océanique (rappels de première)

3. Subduction océanique (rappels de première)

4 Collision (rappels premières)

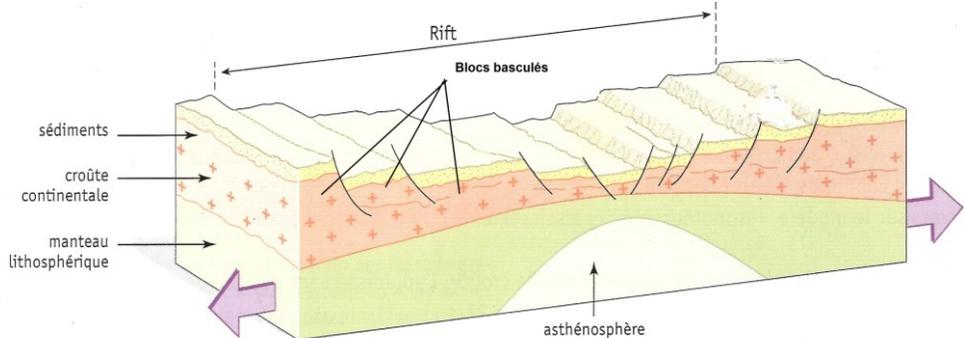
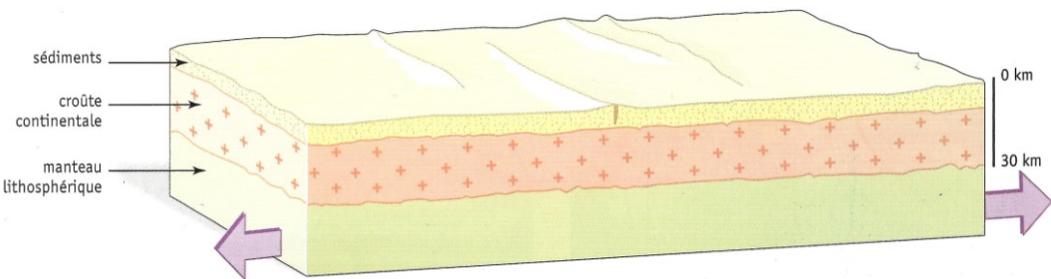
II. A la recherche d'océans disparus

III. A la recherche de chaînes de montagnes anciennes

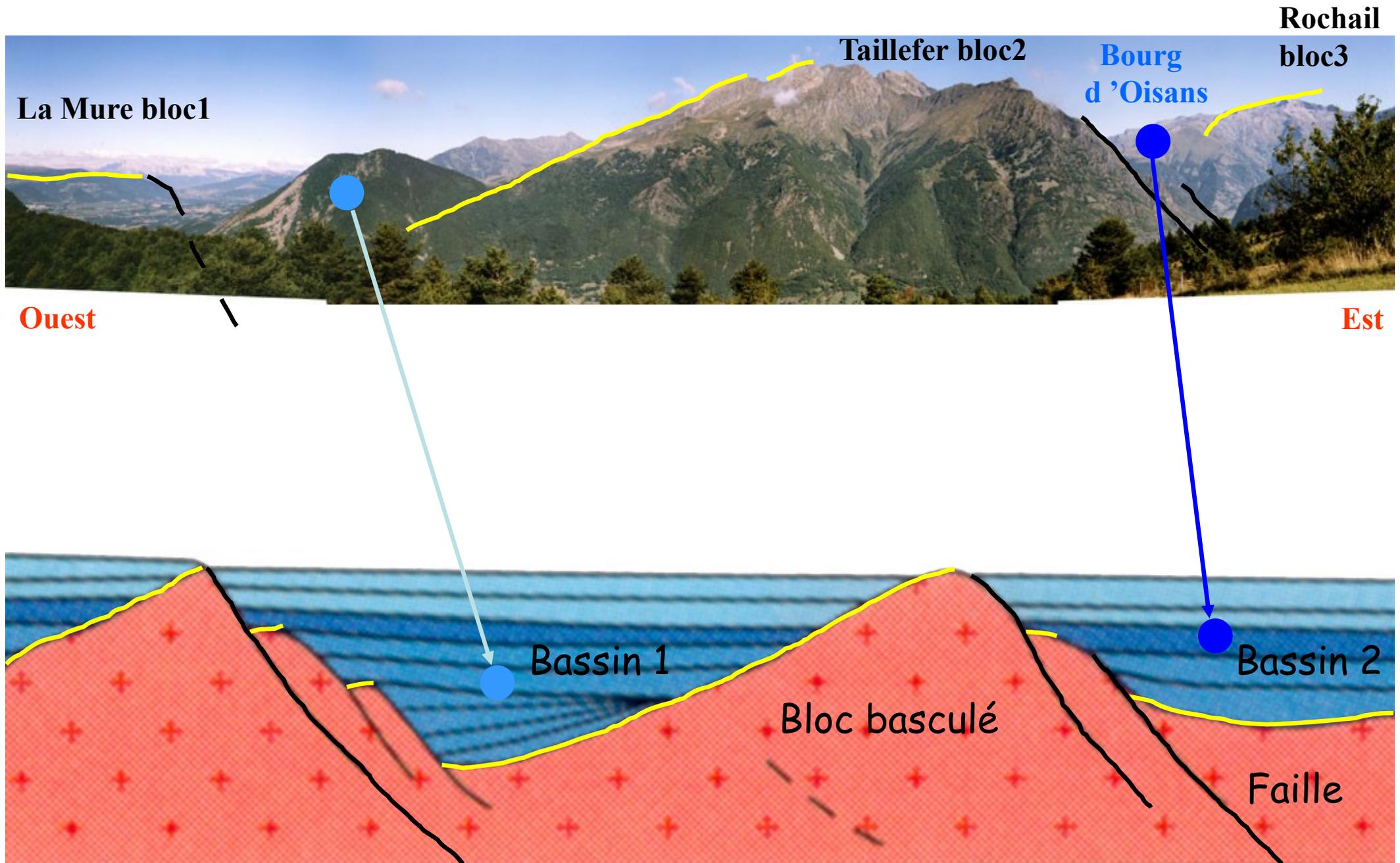
IV. Reconstitution d'un cycle orogénique

Conclusion

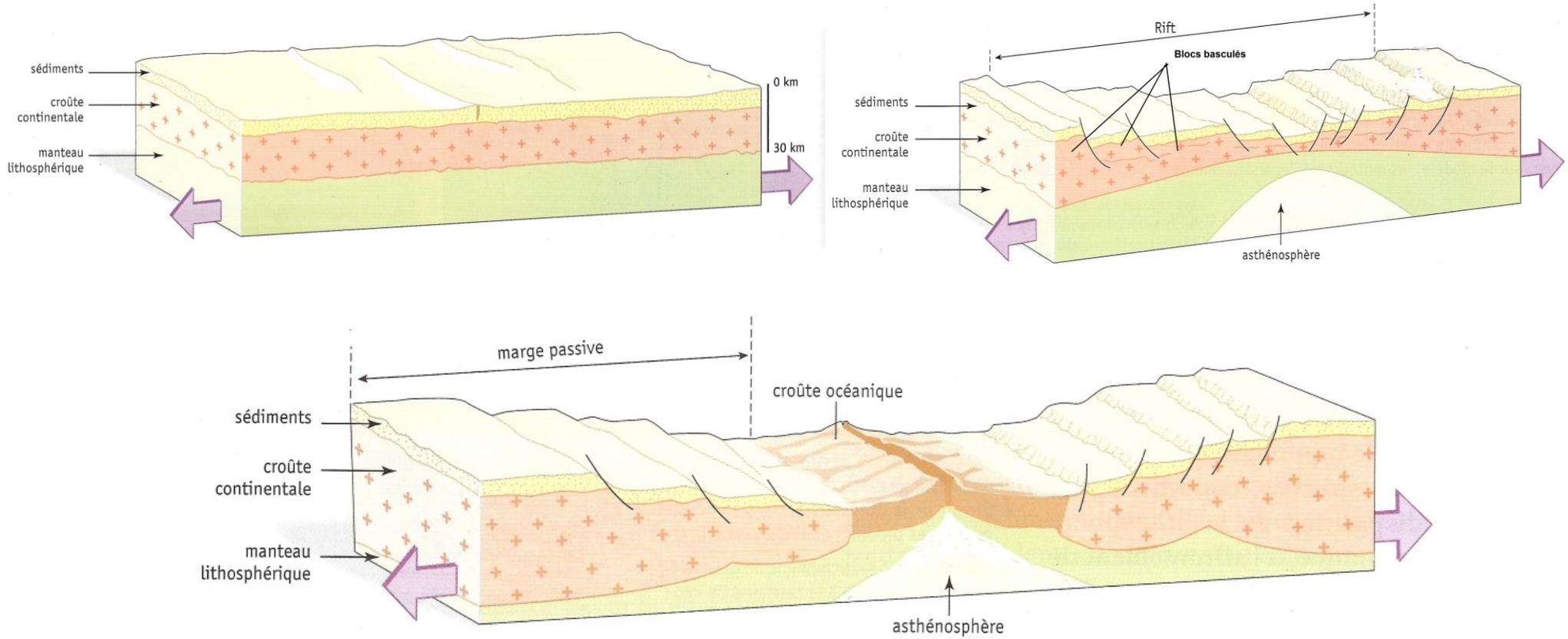
Scenarrio type de la formation d'une chaine de montagnes



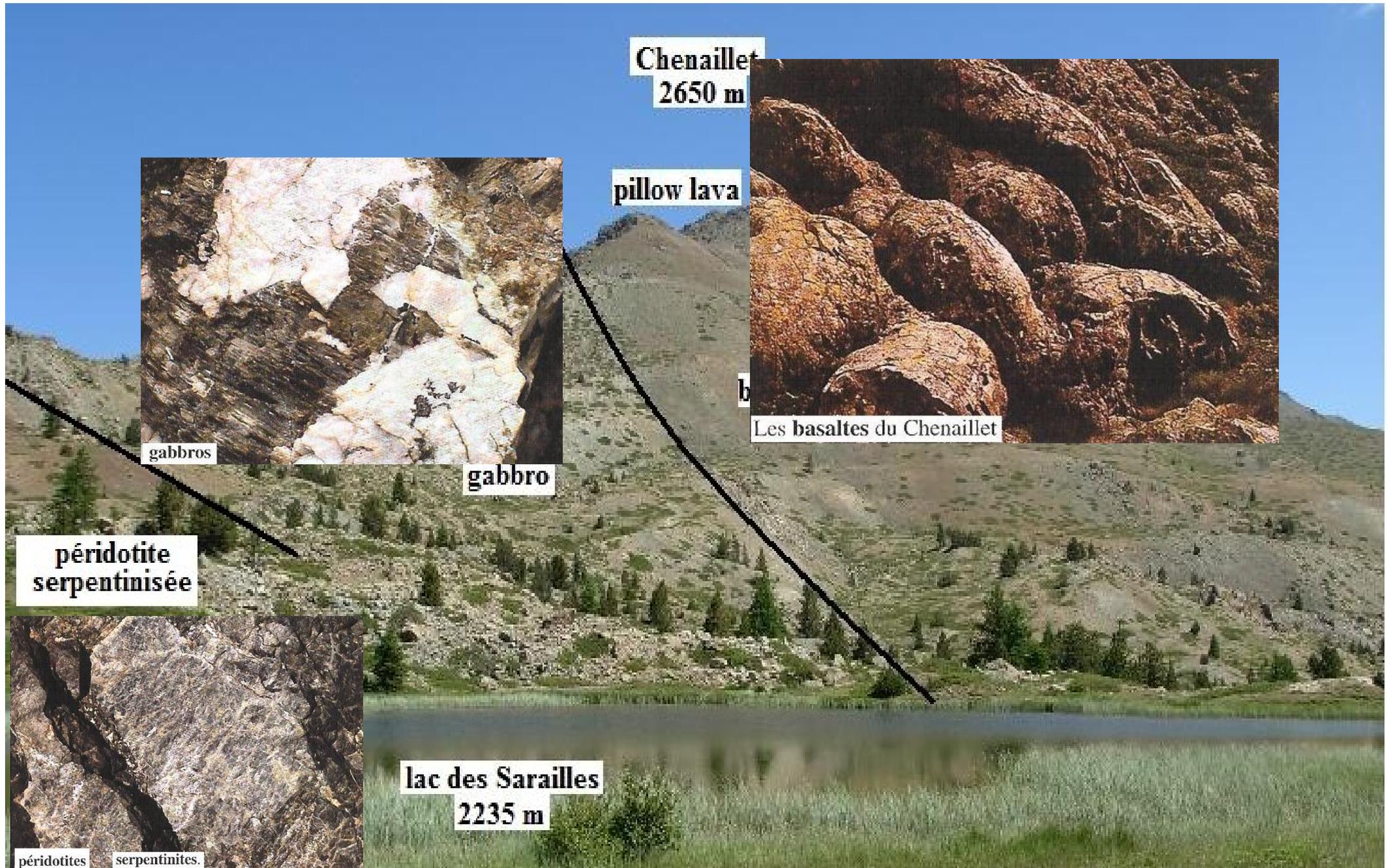
Dans les Alpes : blocs basculés et sédiments associés



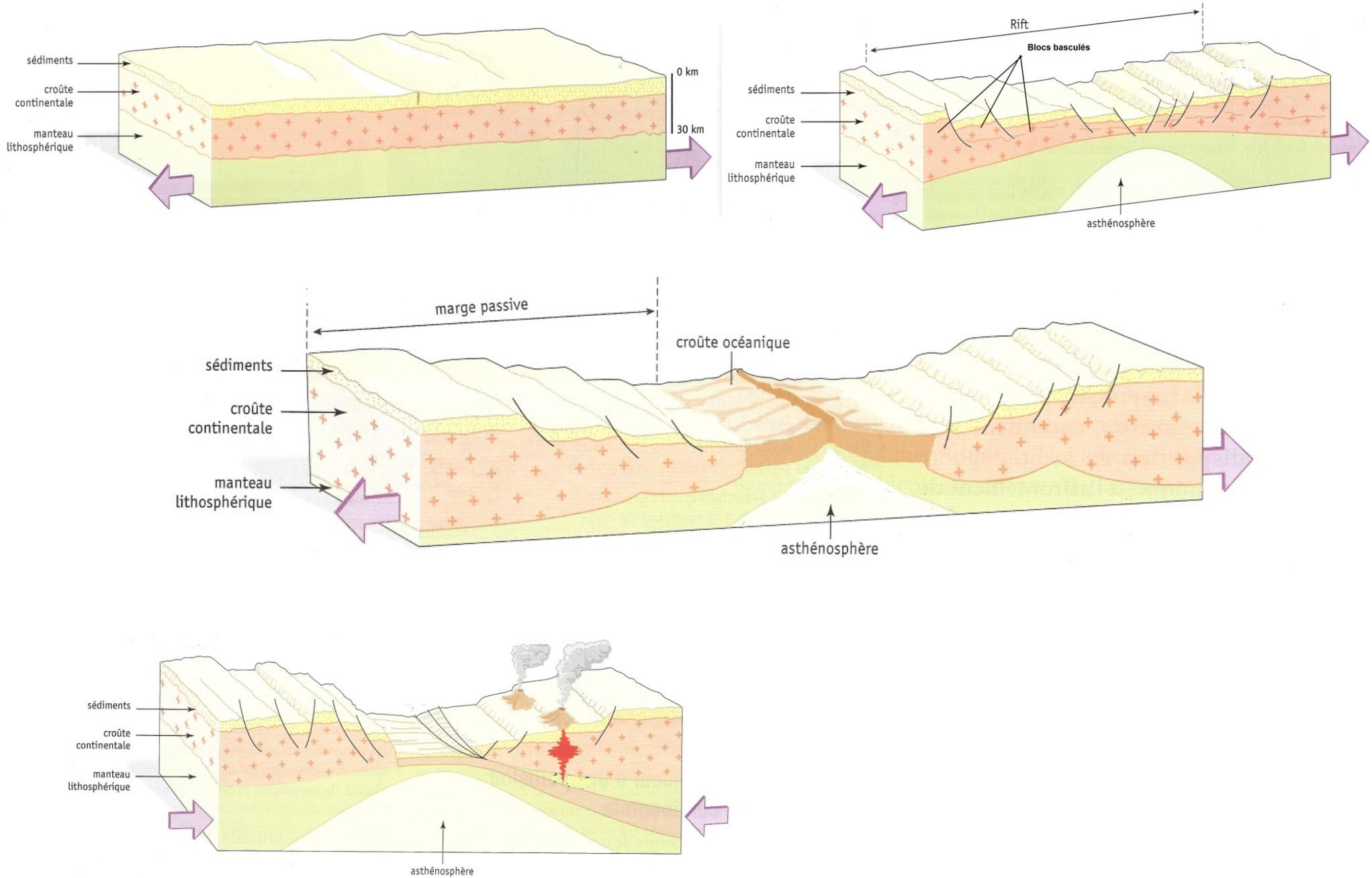
Scénario type de la formation d'une chaîne de montagnes



Dans les Alpes : des lambeaux de lithosphère océanique : les ophiolites



Scénario type de la formation d'une chaîne de montagnes



Dans les Alpes, des métagabbros caractéristiques du métamorphisme de subduction

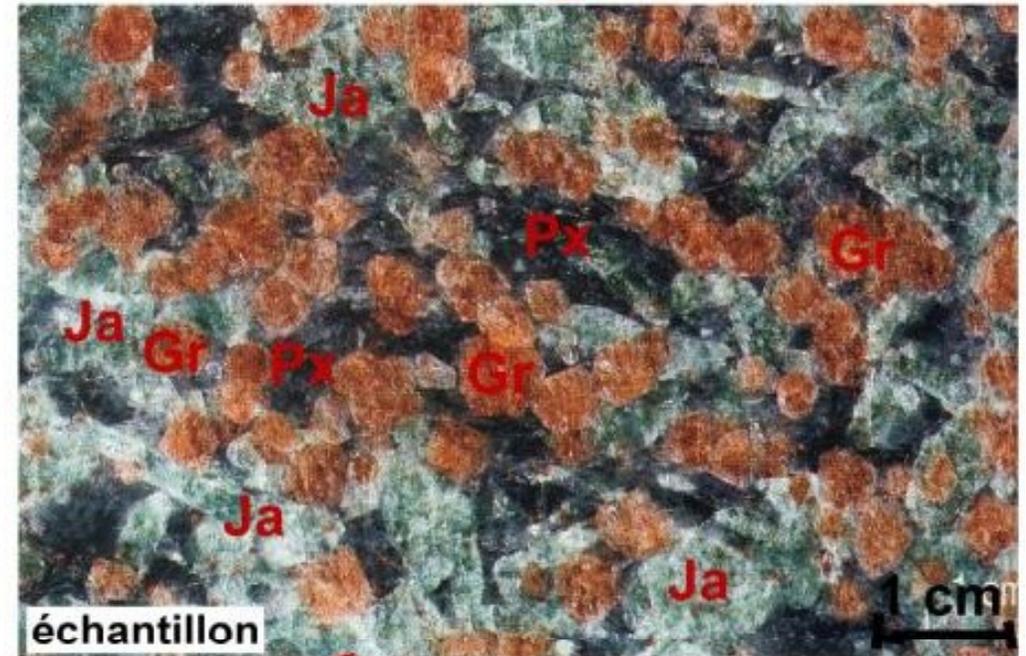
"Schiste bleu"



Métagabbro à glaucophane

Px = pyroxène
Gl = glaucophane
Pl = feldspath plagioclase

"Eclogite"

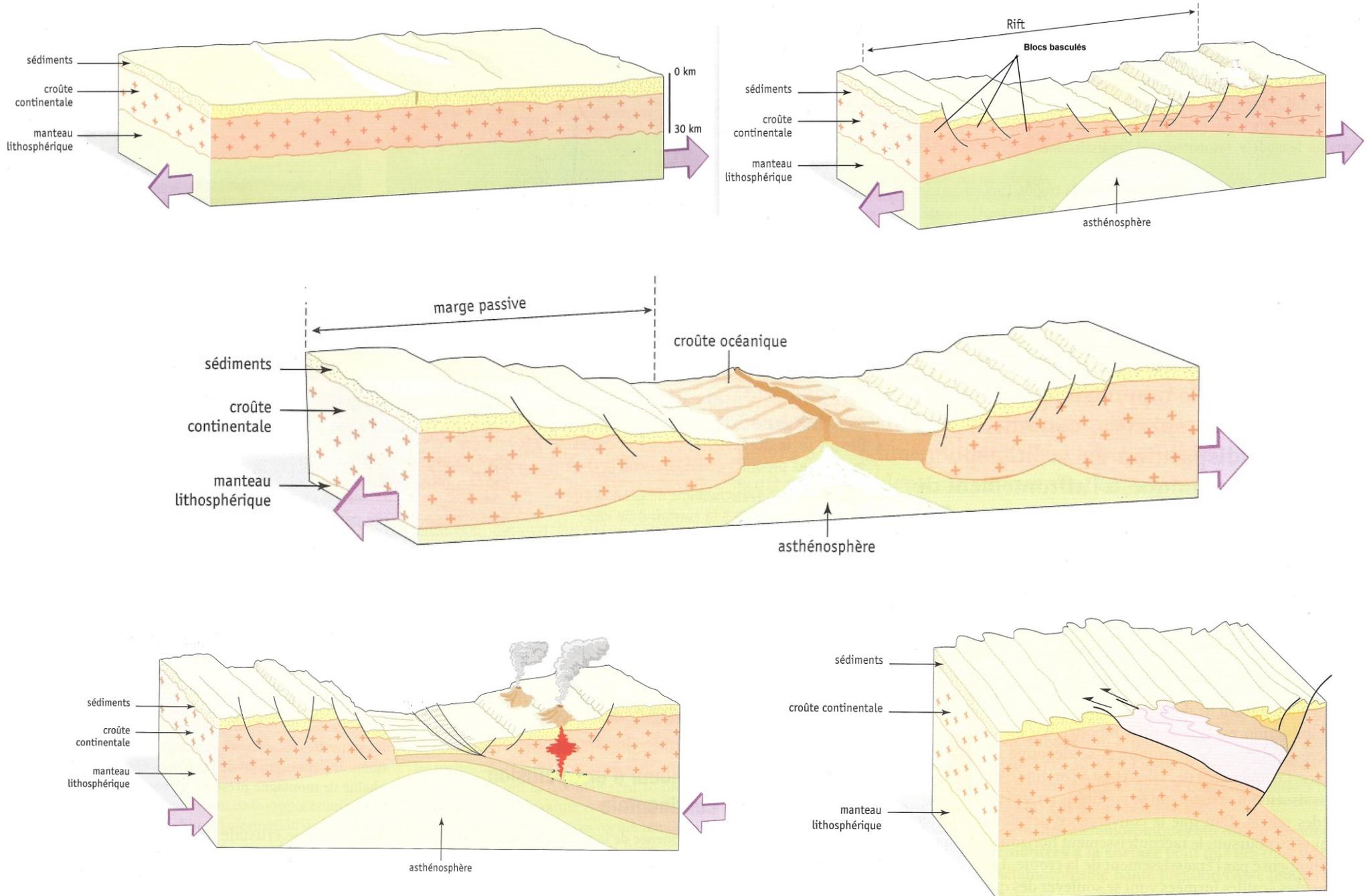


Métagabbro à jadéite et grenat

Gr = grenat
Ja = jadéite (pyroxène vert)
Px = relique de pyroxène



Scénario type de la formation d'une chaîne de montagnes



Dans les Alpes: des failles inverses, plis et nappes de charriage

Des roches métamorphiques formées pendant l'épaississement



Exercice Bretagne : A vous de jouer !

Chapitre 2. Les traces du passé mouvementé de la Terre

I. La Terre a subi une succession de cycles orogéniques

A) Des traces d'orogénèse successives dans les terrains continentaux

B) Qu'est-ce qu'un cycle orogénique ?

1. Rifting continental

2. Accrétion océanique (rappels de première)

3. Subduction océanique (rappels de première)

4 Collision (rappels premières)

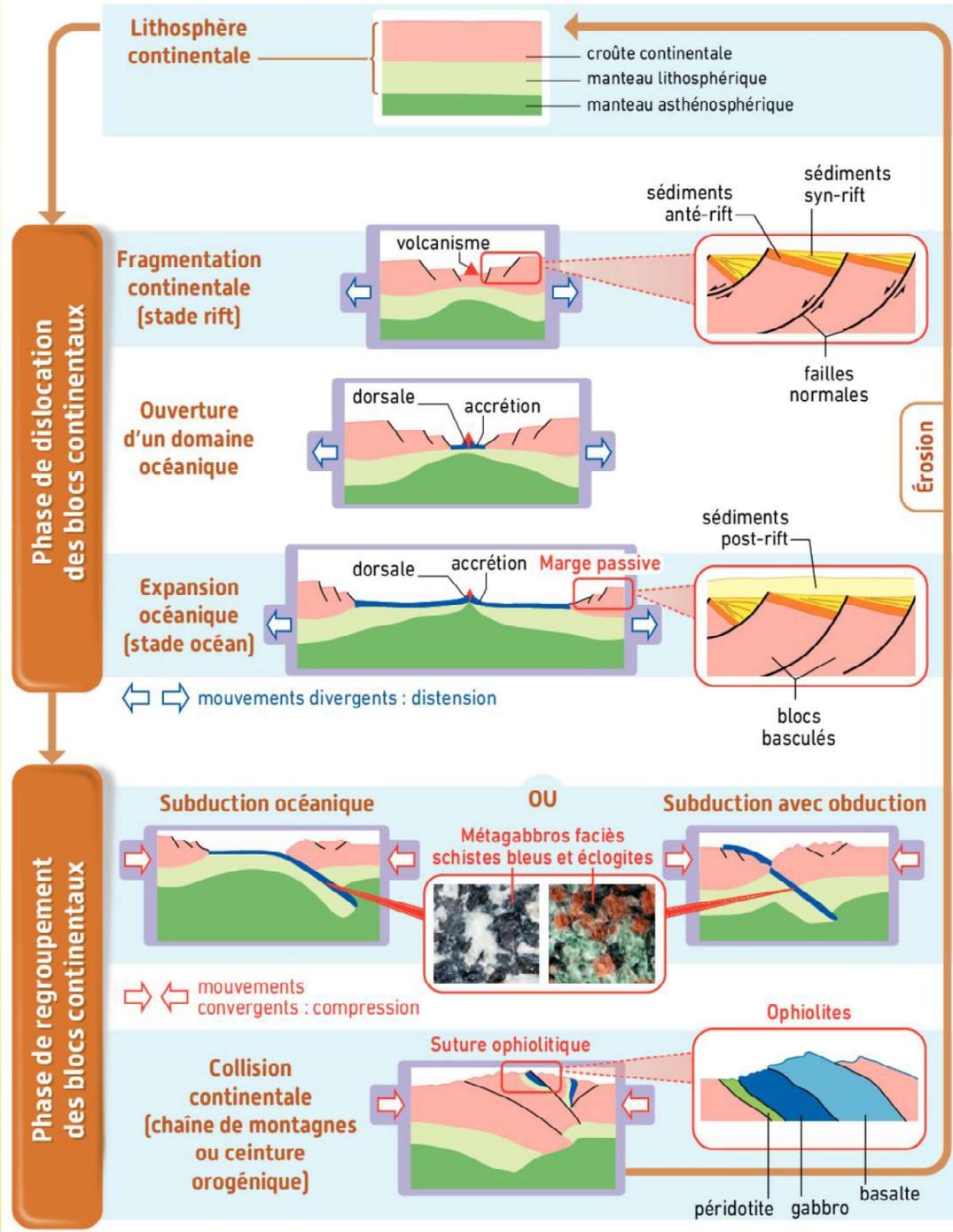
II. A la recherche d'océans disparus

III. A la recherche de chaînes de montagnes anciennes

IV. Reconstitution d'un cycle orogénique

Conclusion

Les traces du passé mouvementé de la Terre



Chapitre 2. Les traces du passé mouvementé de la Terre

I. La Terre a subi une succession de cycles orogéniques

A) Des traces d'orogénèse successives dans les terrains continentaux

B) Qu'est-ce qu'un cycle orogénique ?

1. Rifting continental

2. Accrétion océanique (rappels de première)

3. Subduction océanique (rappels de première)

4 Collision (rappels premières)

II. A la recherche d'océans disparus

III. A la recherche de chaînes de montagnes anciennes

IV. Reconstitution d'un cycle orogénique

Conclusion