

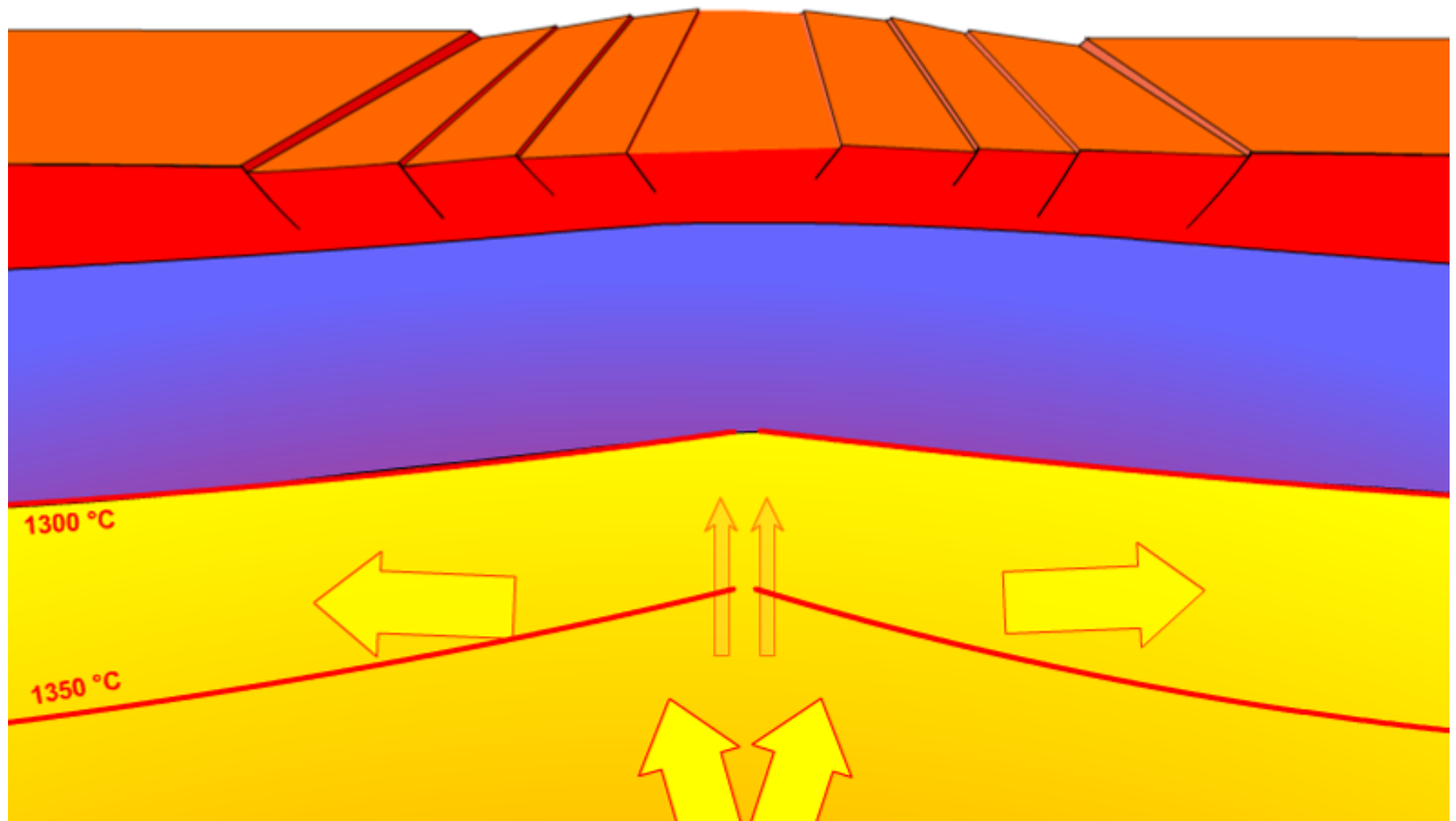
Thème : Les continents et leur dynamique.

Comment les reliefs se sont-ils mis en place ?

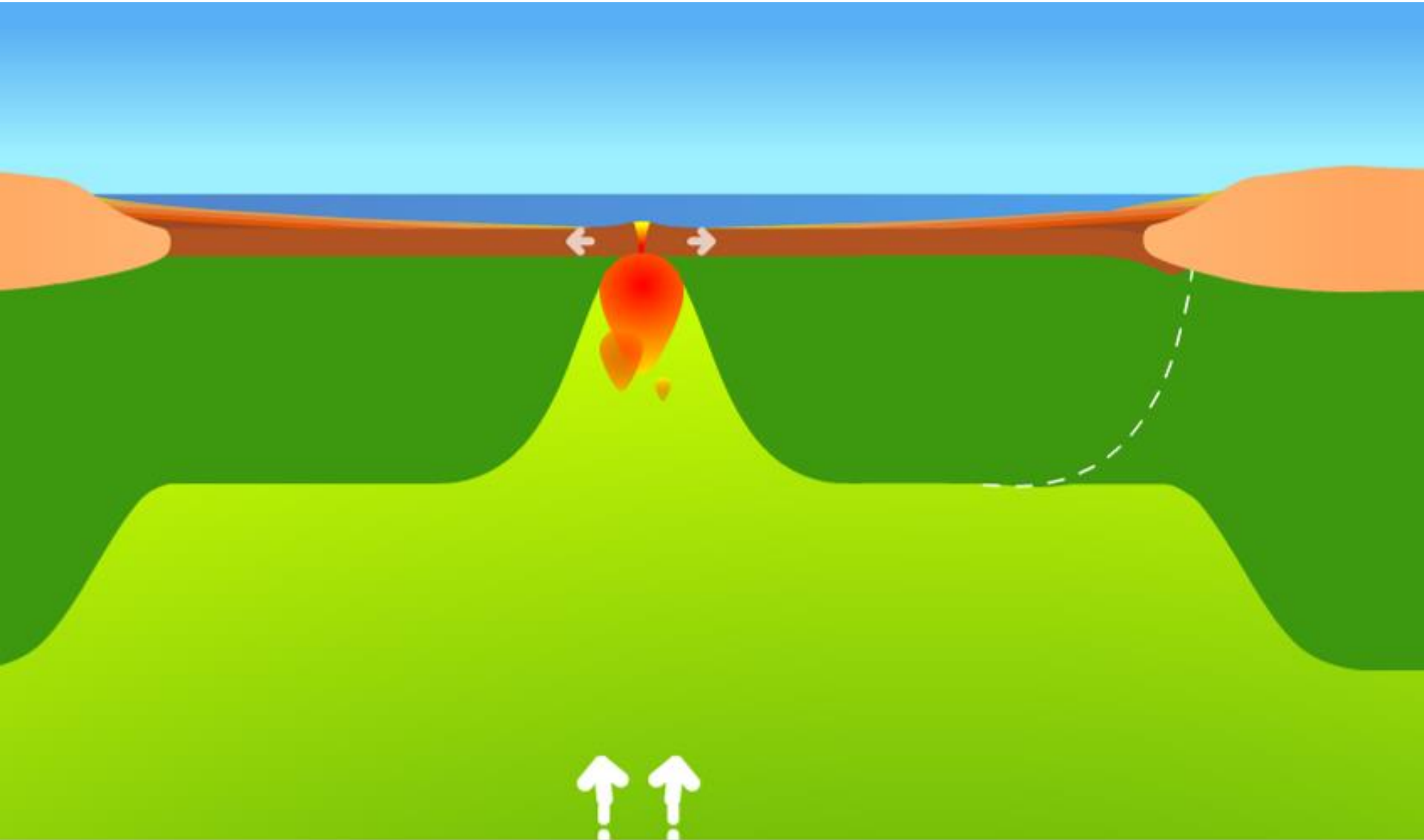
Thème : Les continents et leur dynamique.

Chapitre 2. La formation d'une chaîne de montagne.

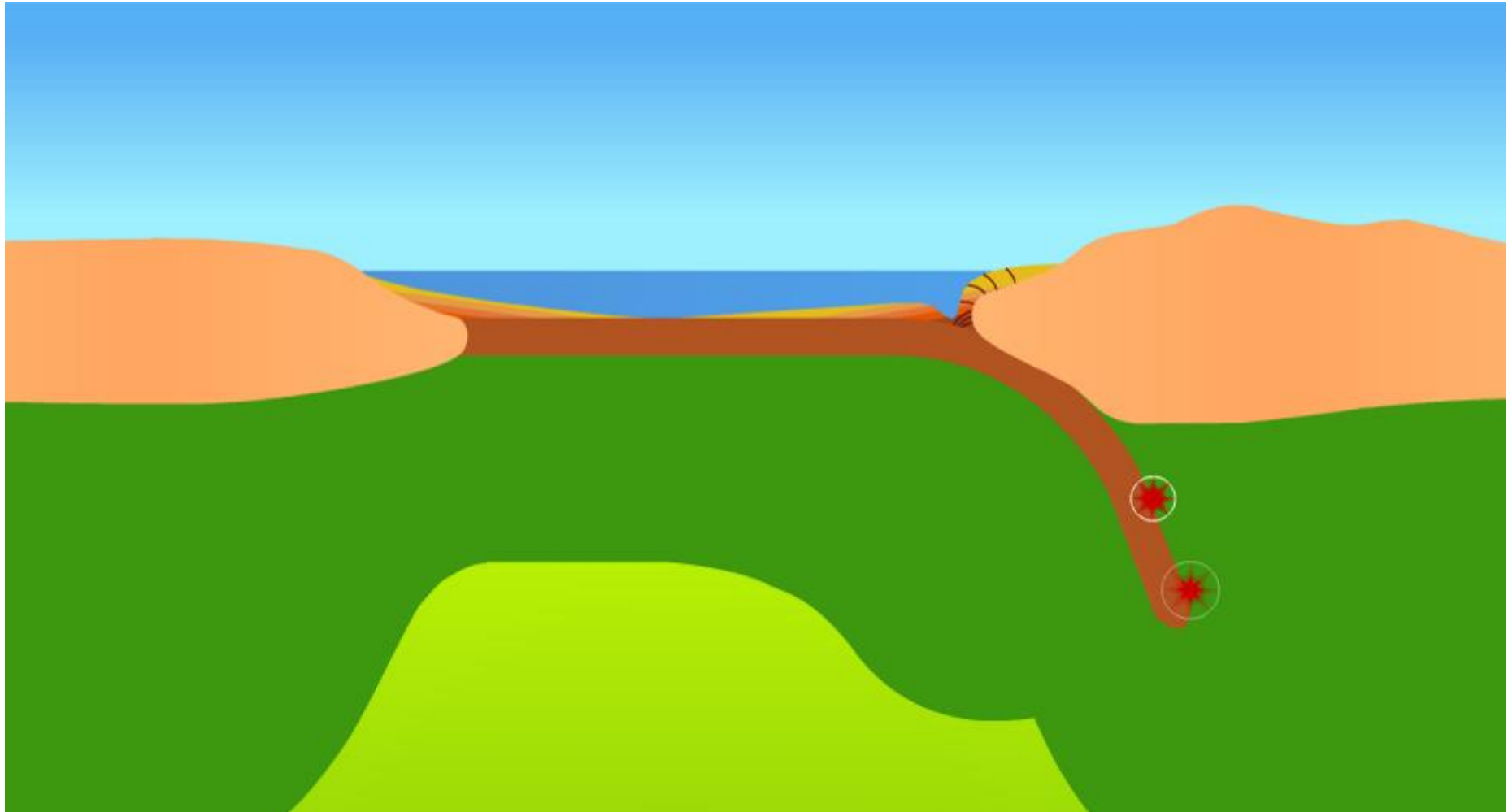
1. Déchirure continentale



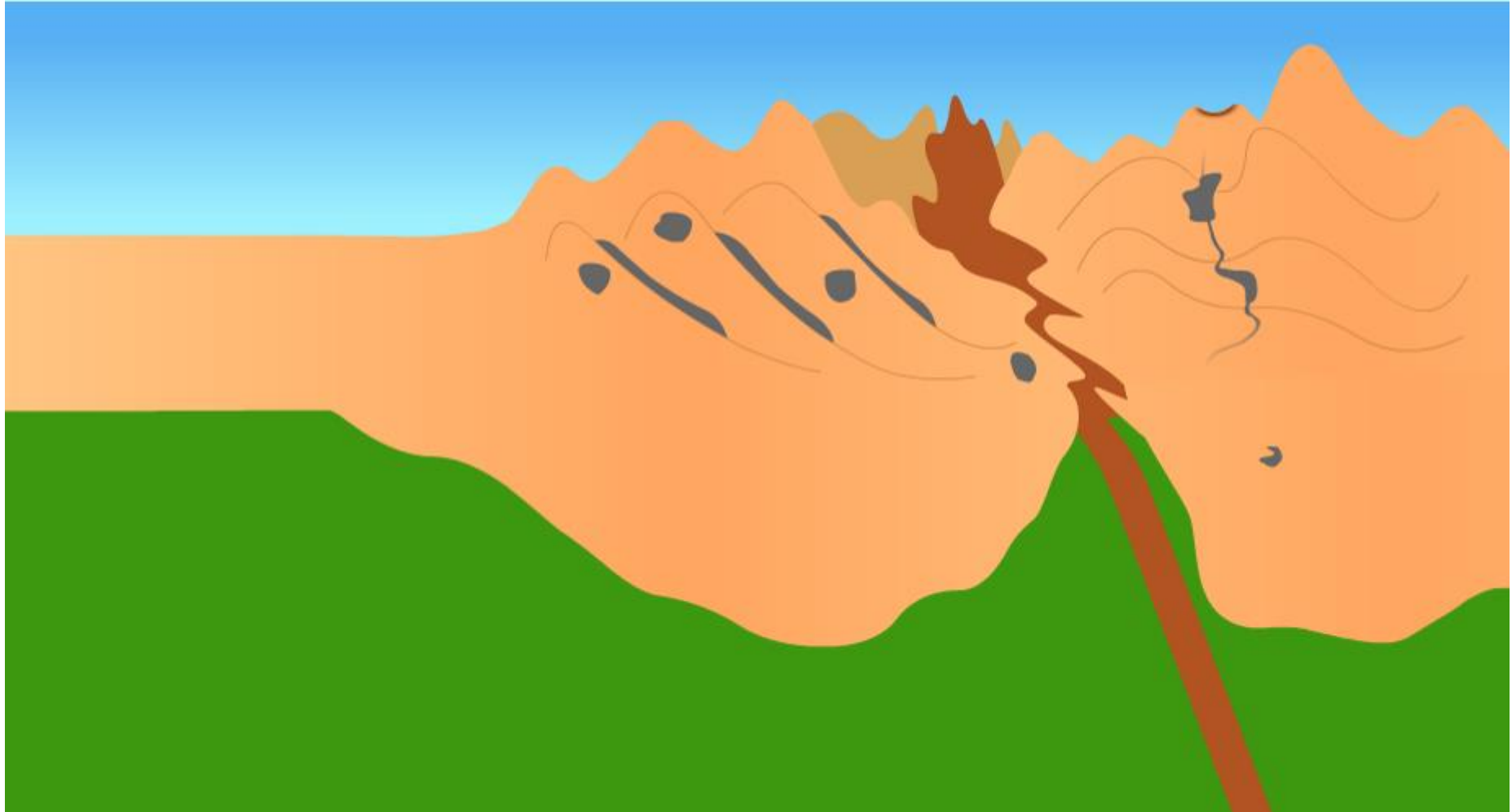
2. Ouverture et expansion océanique



3. Fermeture de l'océan par subduction



4. Collision de 2 lithosphères continentales et subduction continentale



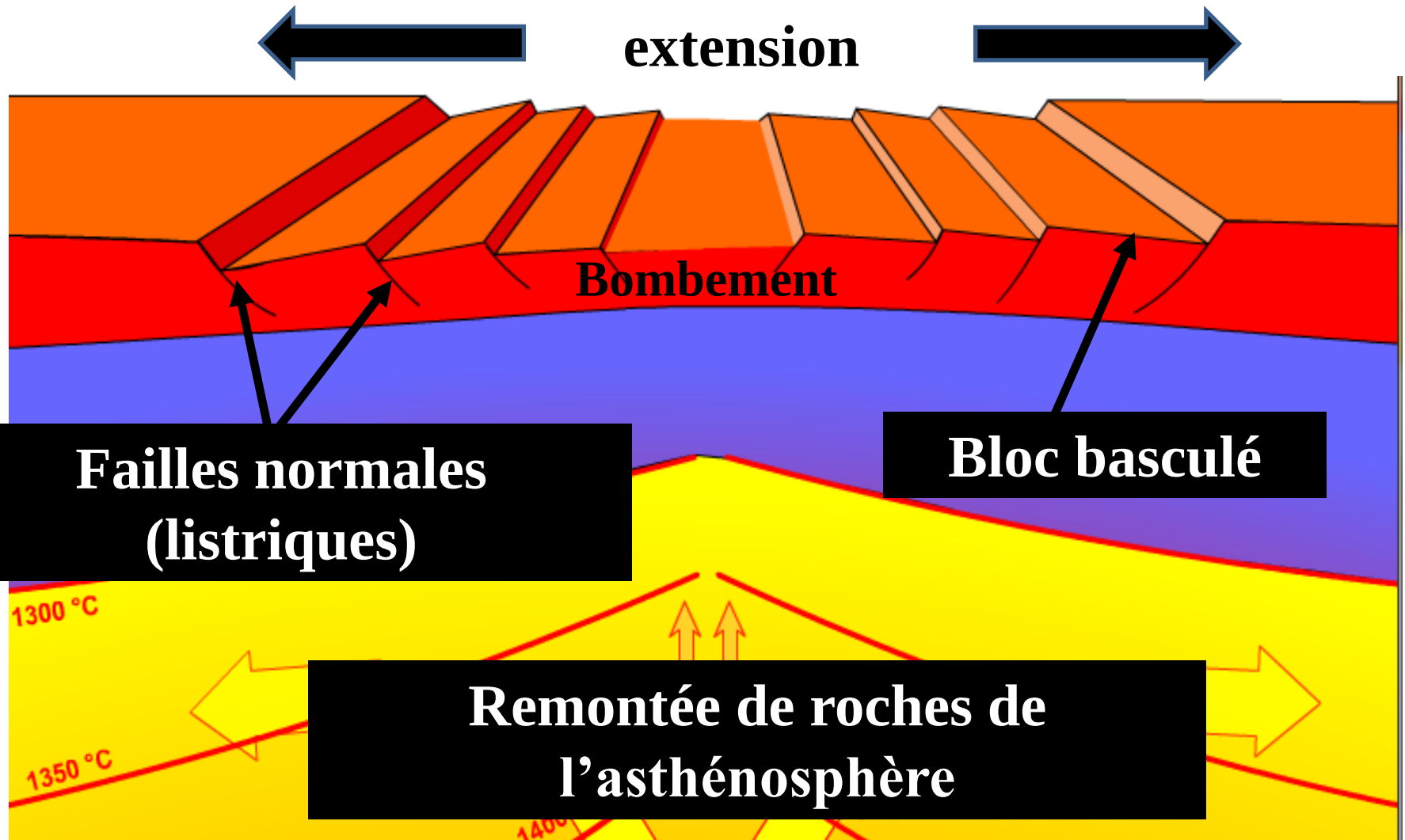
Thème : Les continents et leur dynamique.

Chapitre 2. La formation d'une chaîne de montagne.

I. 1^{ère} étape : la déchirure continentale.

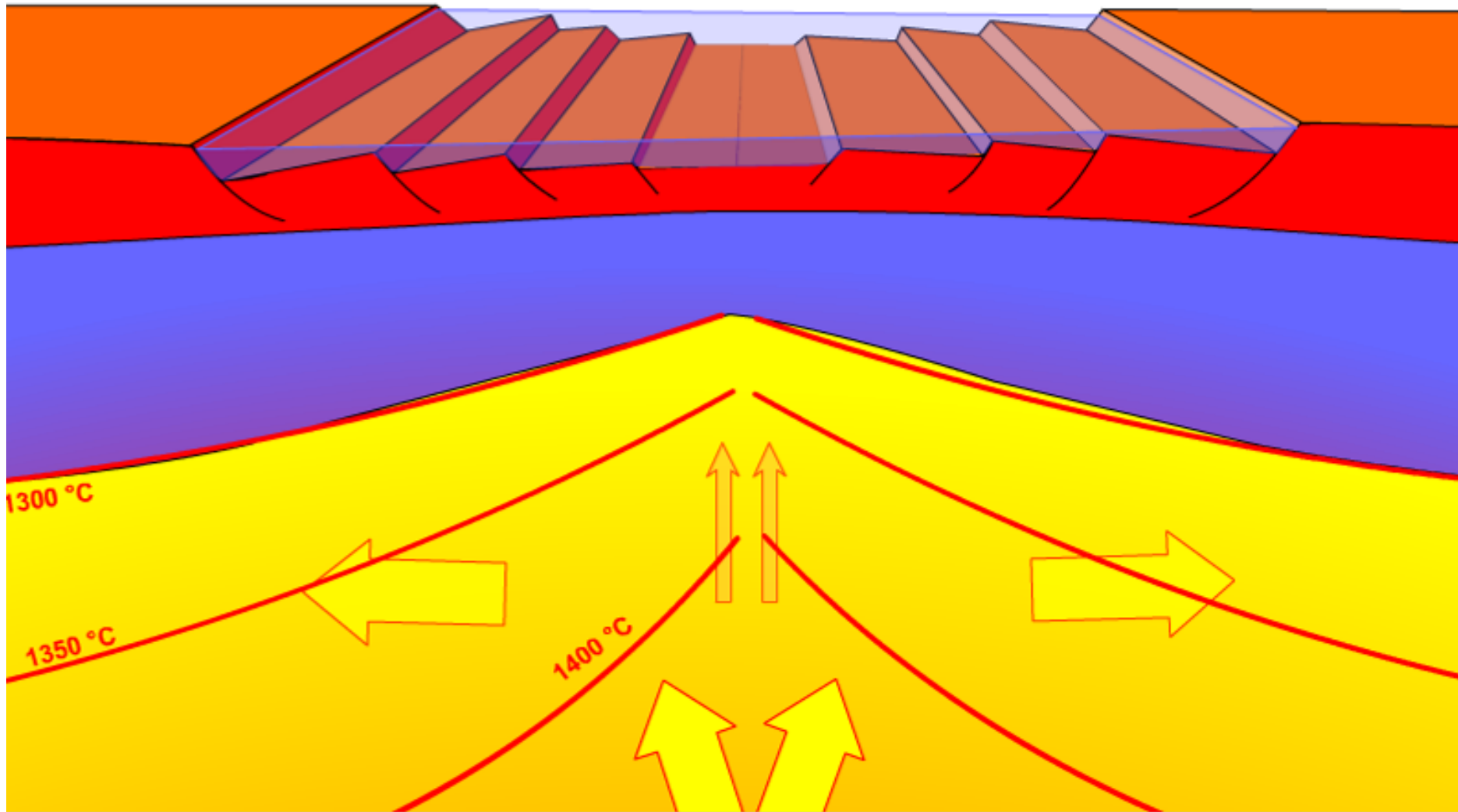
A. Les caractéristiques d'une déchirure continentale.

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



Remontée de roches profondes => Extension en surface => fracturation de la croûte par des failles normales listriques qui délimitent des blocs basculés

Rift continental

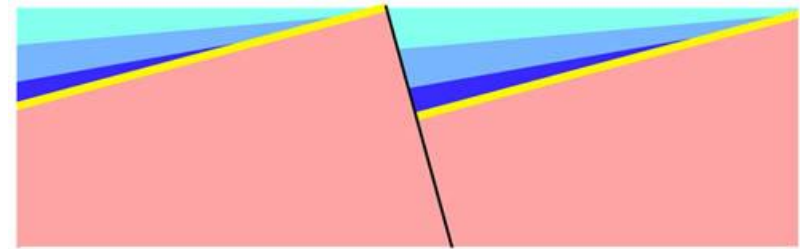


L'enregistrement sédimentaire de la déchirure continentale

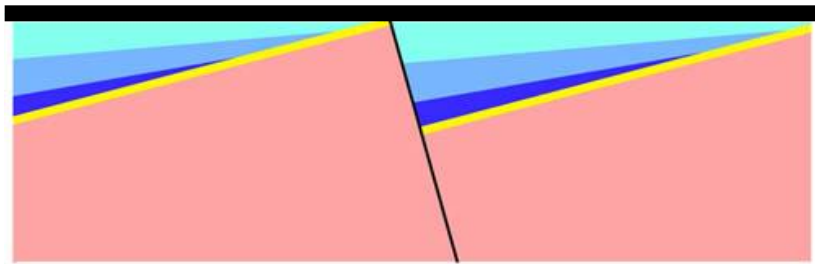
1. avant le basculement : sédimentation anterift



2. pendant le basculement : sédimentation synrift



3. après le basculement : sédimentation postrift



Sommet du bloc



creux du bloc

**Épaisseur variable des sédiments
entre le creux et le sommet des blocs**

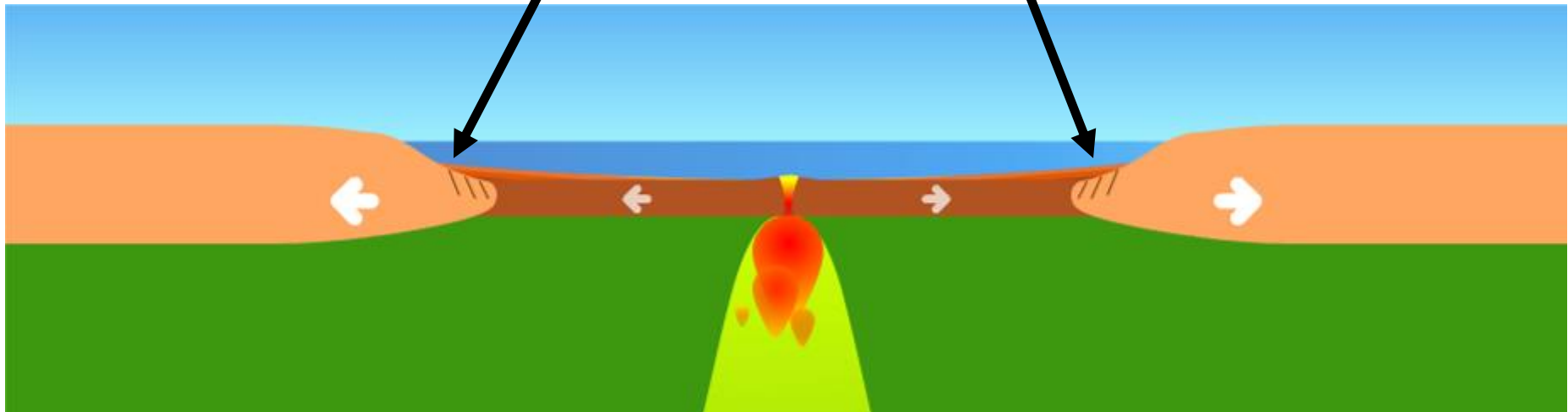
**Faible activité
sismique et
volcanique**

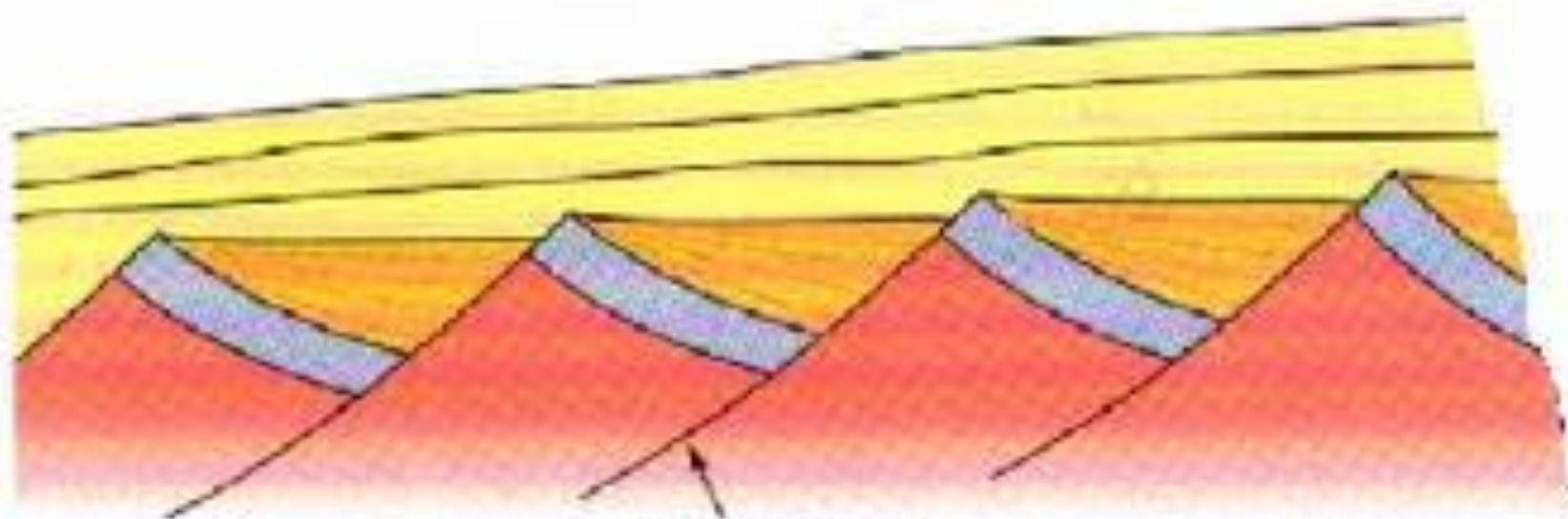
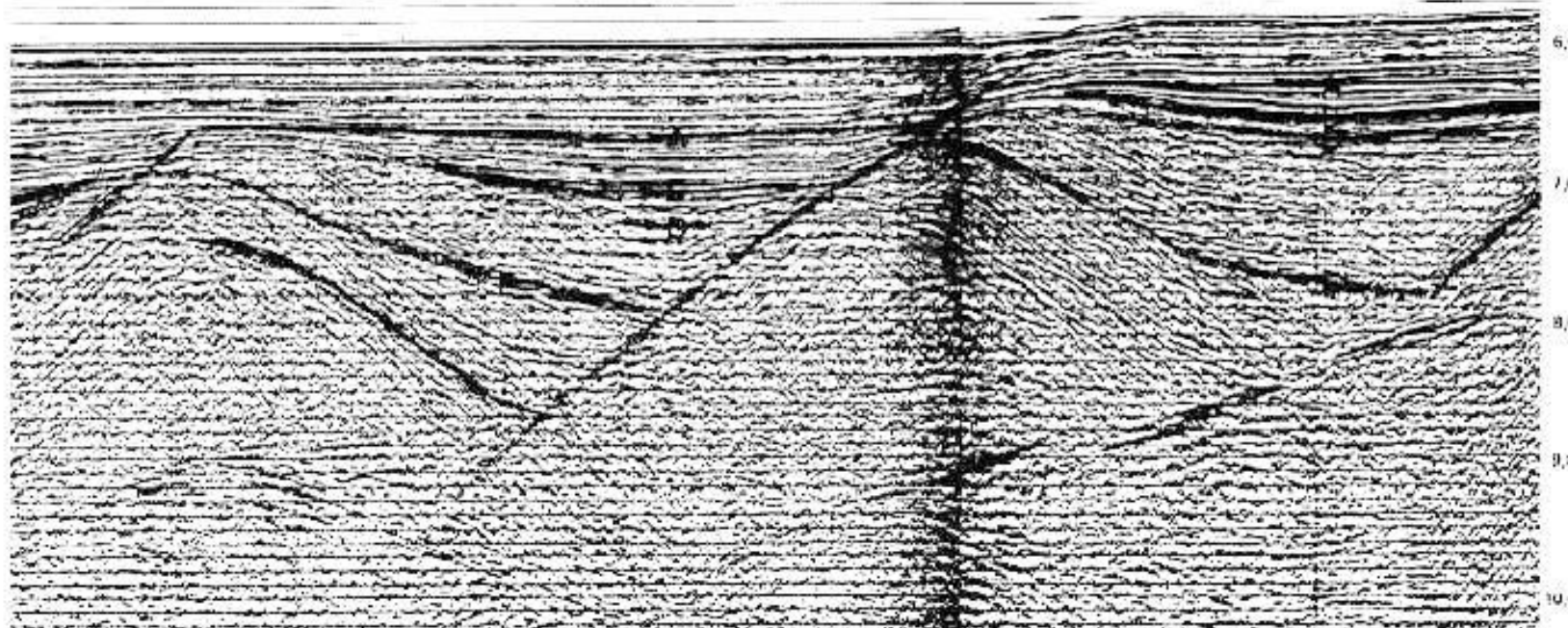
2 marges passives

**Failles normales
listriques**

Blocs basculés

**Sédiments en
éventail**





Faillle inactive

Thème : Les continents et leur dynamique.

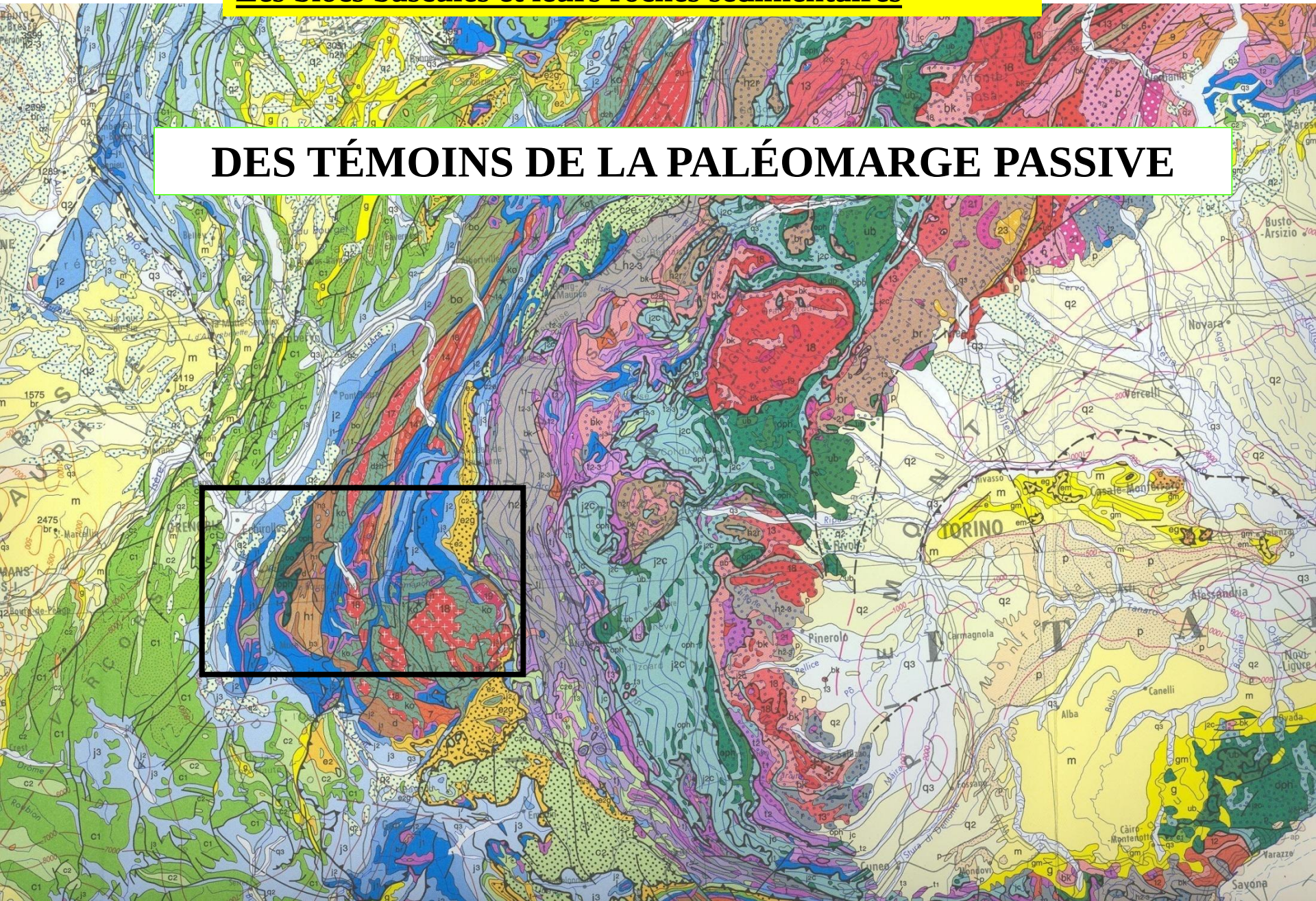
Chapitre 2. La formation d'une chaîne de montagne.

I. 1^{ère} étape : la déchirure continentale.

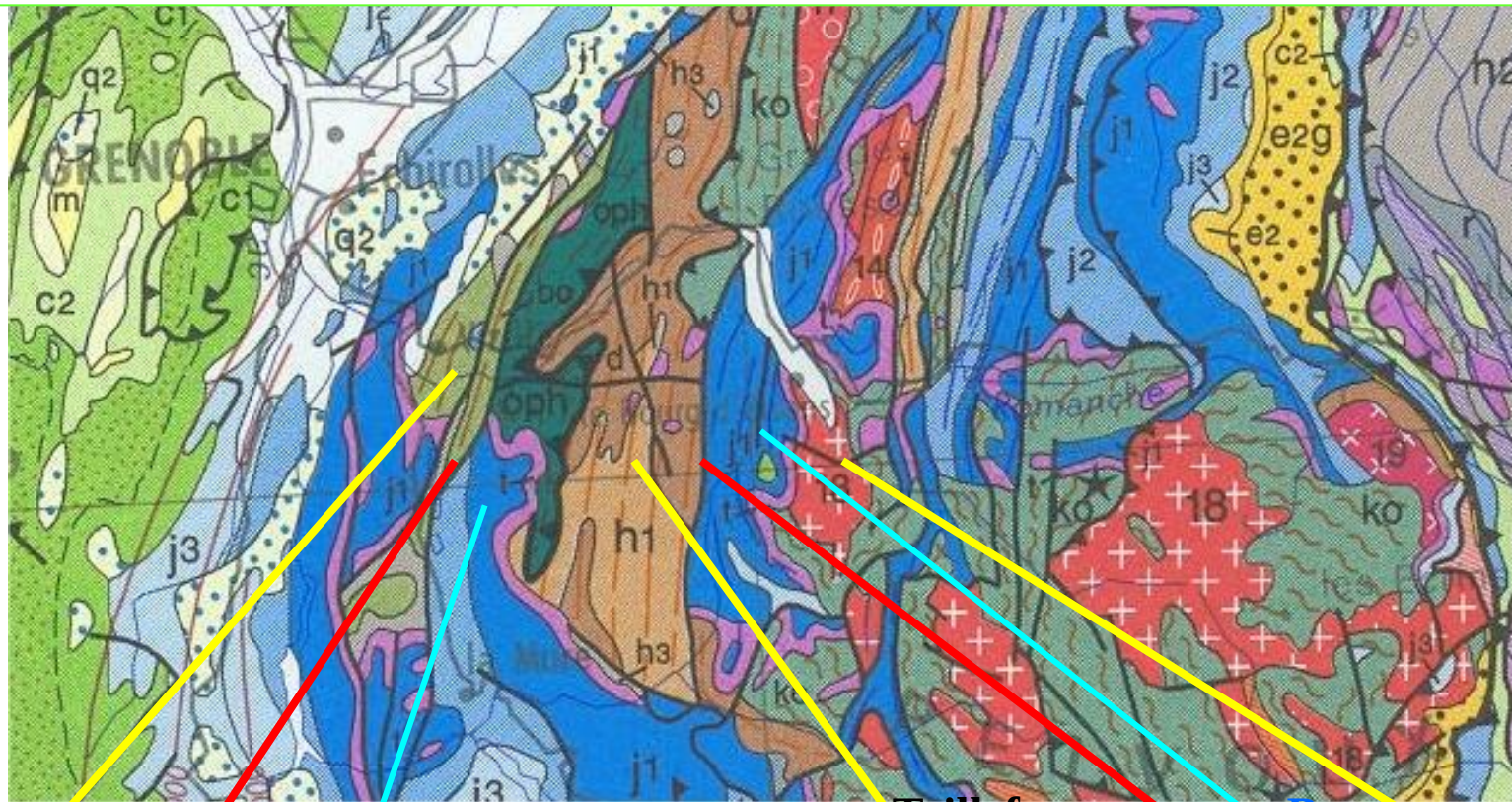
A. Les caractéristiques d'une déchirure continentale.

B. Les traces d'une déchirure continentale dans les Alpes.

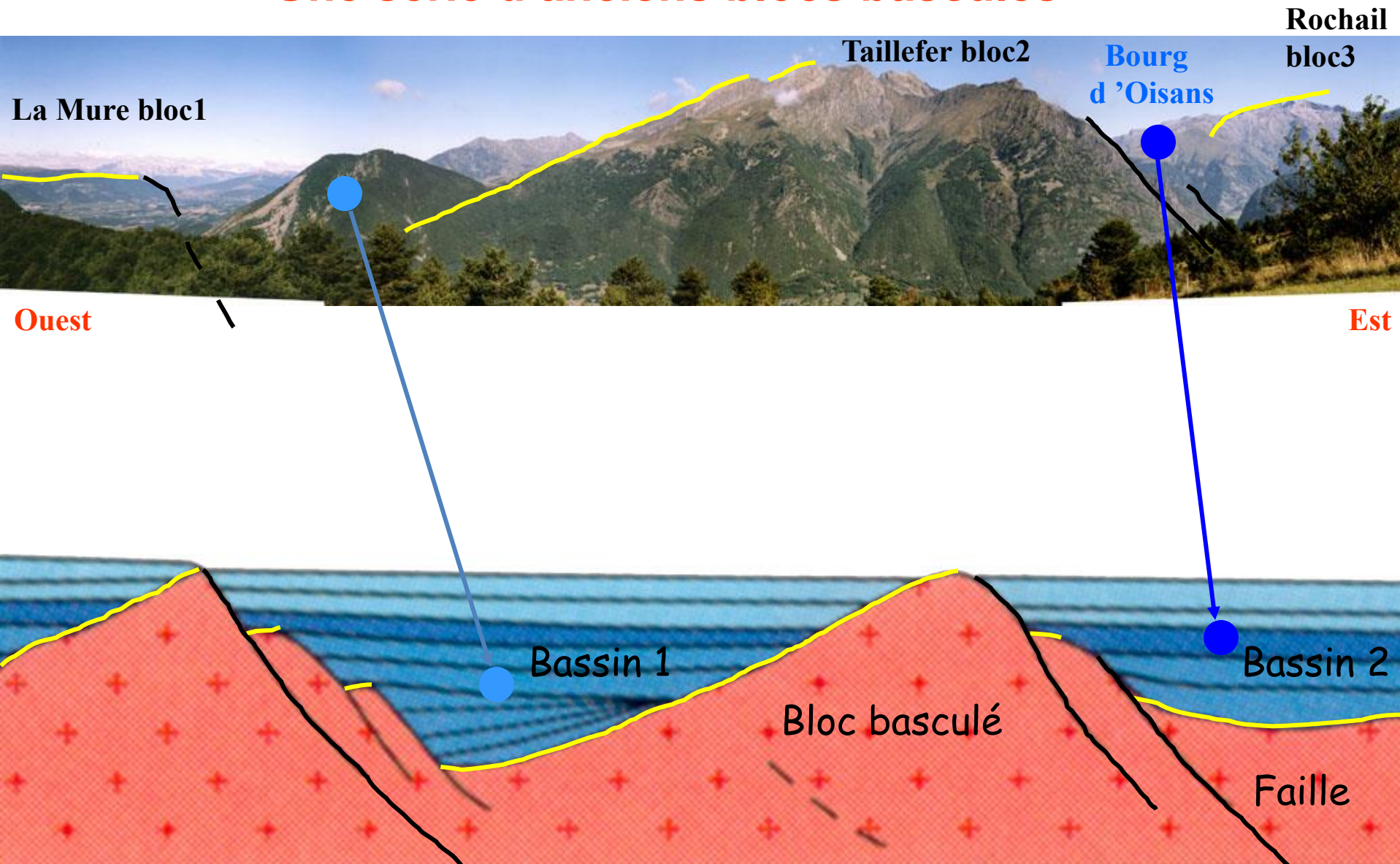
DES TÉMOINS DE LA PALÉOMARGE PASSIVE

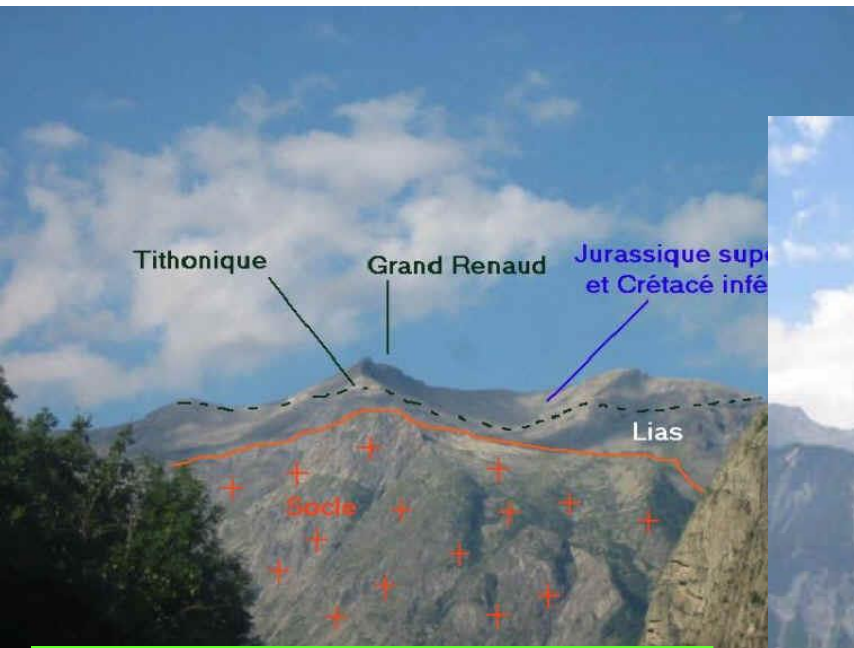
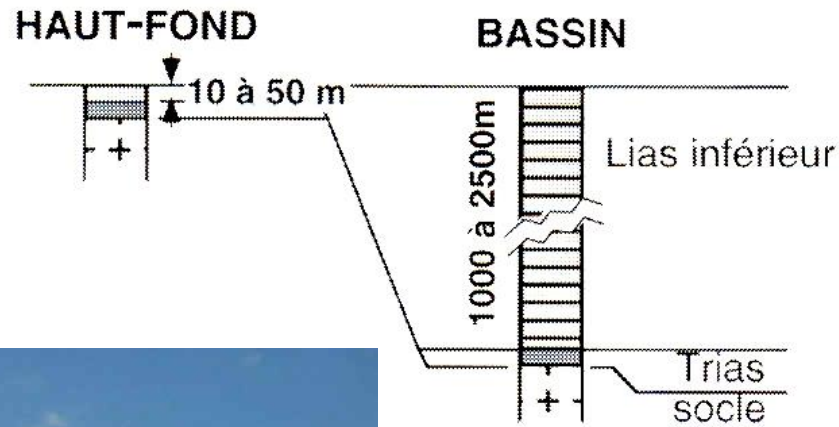


DES TÉMOINS DE LA PALÉOMARGE PASSIVE

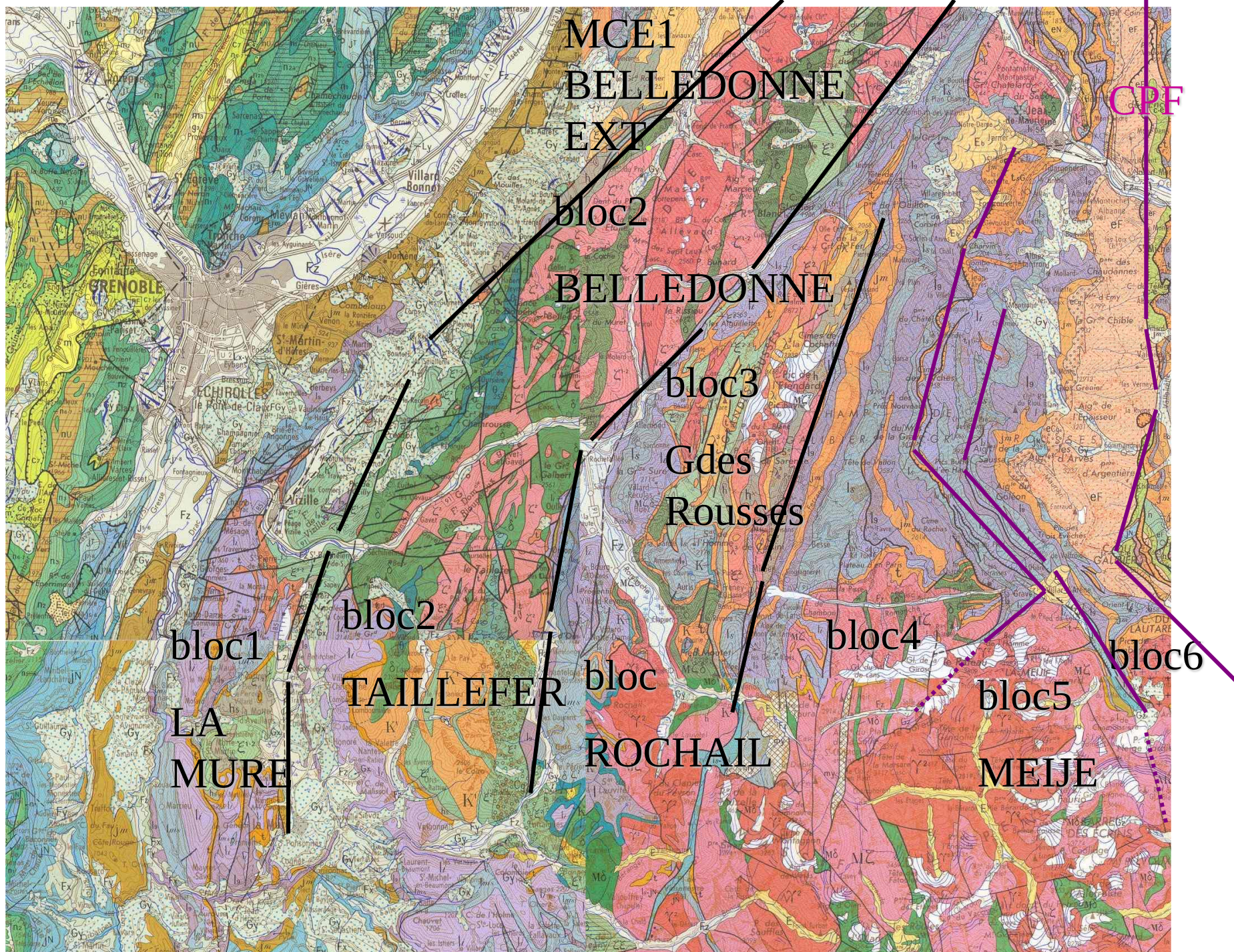


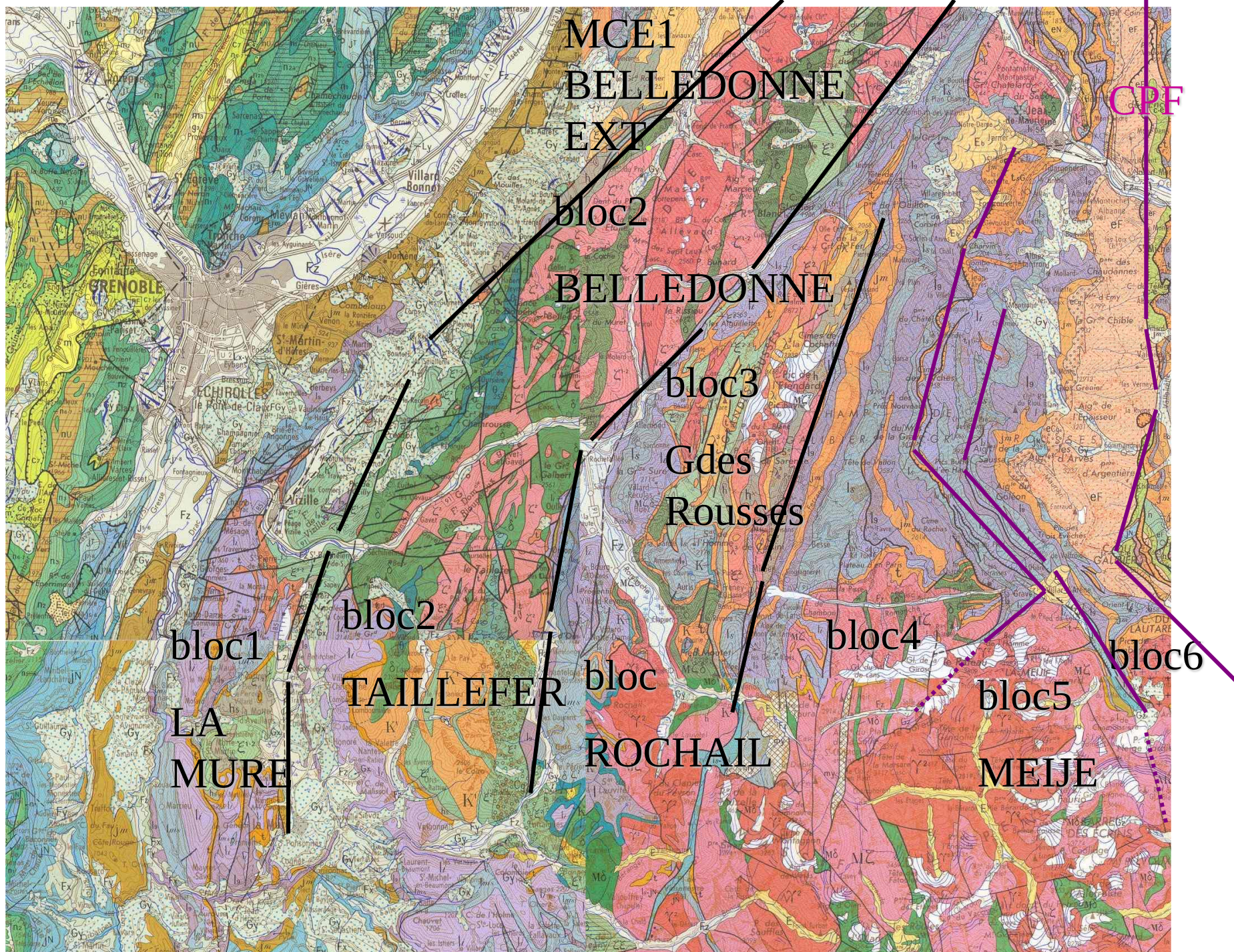
Une série d'anciens blocs basculés





**DES DIFFÉRENCES
IMPORTANTES DE
SÉRIE
SÉDIMENTAIRE**





Thème : Les continents et leur dynamique.

Chapitre 2. La formation d'une chaîne de montagne.

I. 1^{ère} étape : la déchirure continentale.

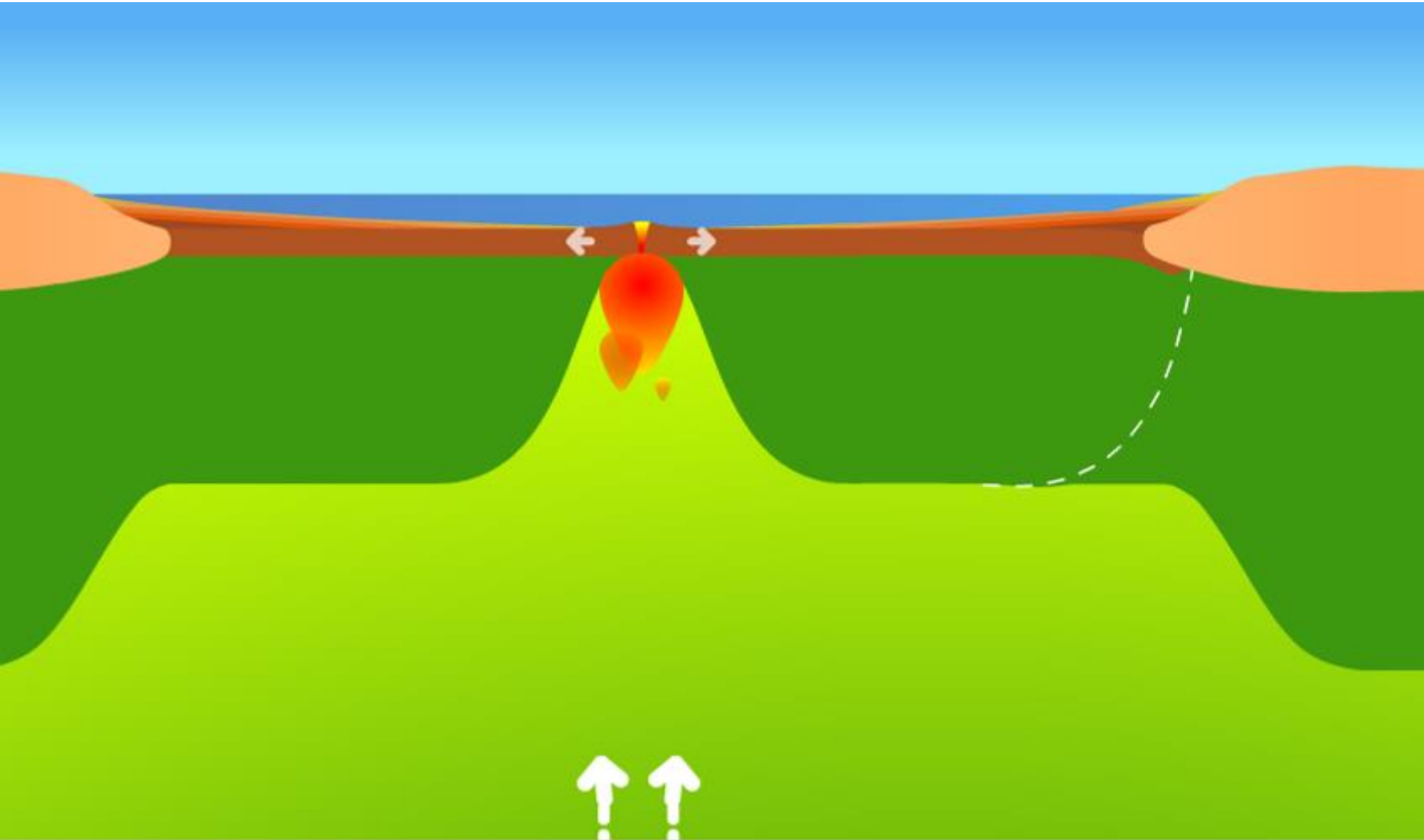
A. Les caractéristiques d'une déchirure continentale.

B. Les traces d'une déchirure continentale dans les Alpes.

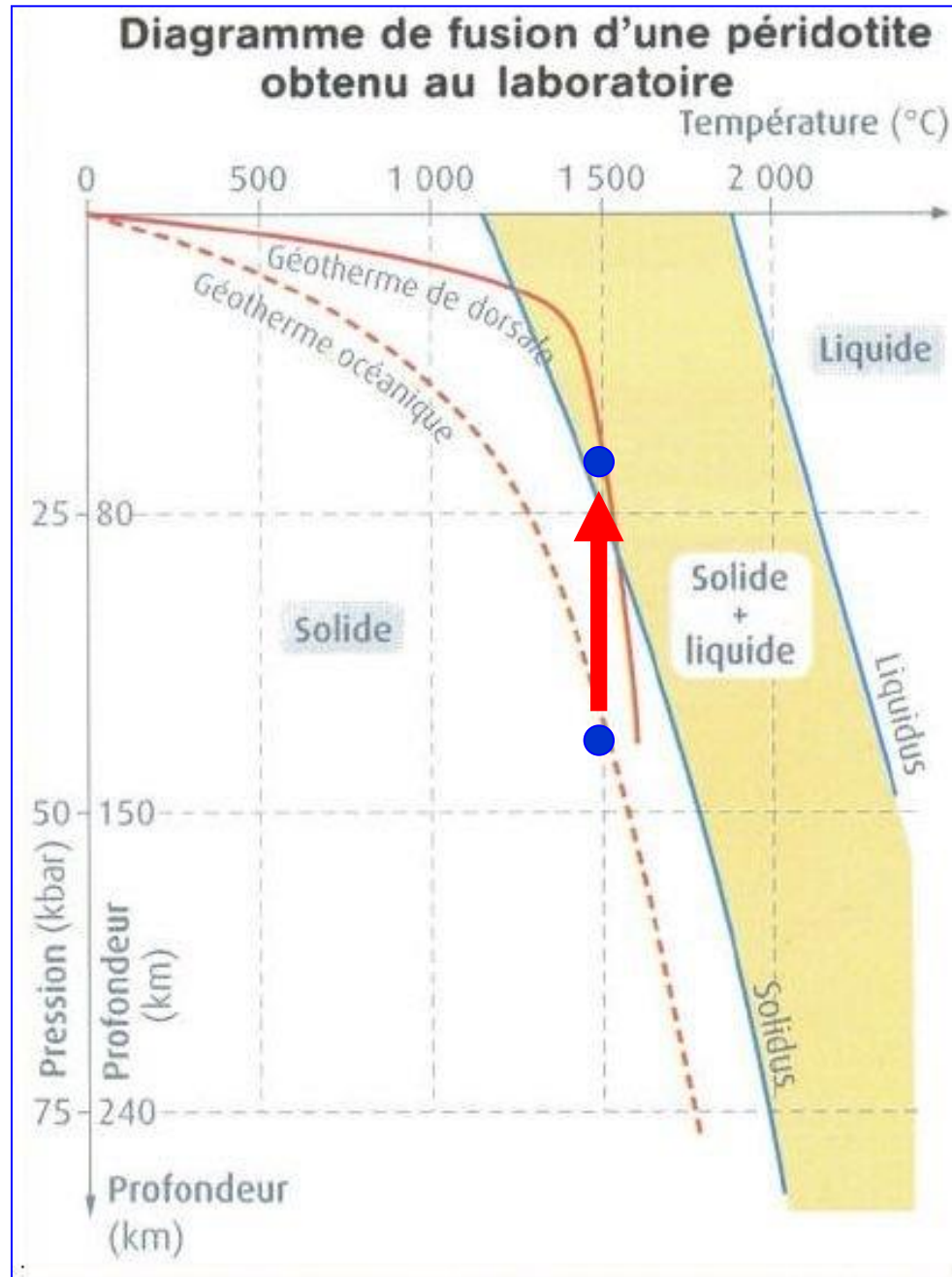
II. 2^{ème} étape : l'expansion océanique.

A. Les caractéristiques d'une expansion océanique.

2. Ouverture et expansion océanique



Fusion partielle des péridotites asthénosphériques



Remontée de roches profondes chaudes

=> Diminution de pression

=> Fusion partielle des péridotites asthénosphériques

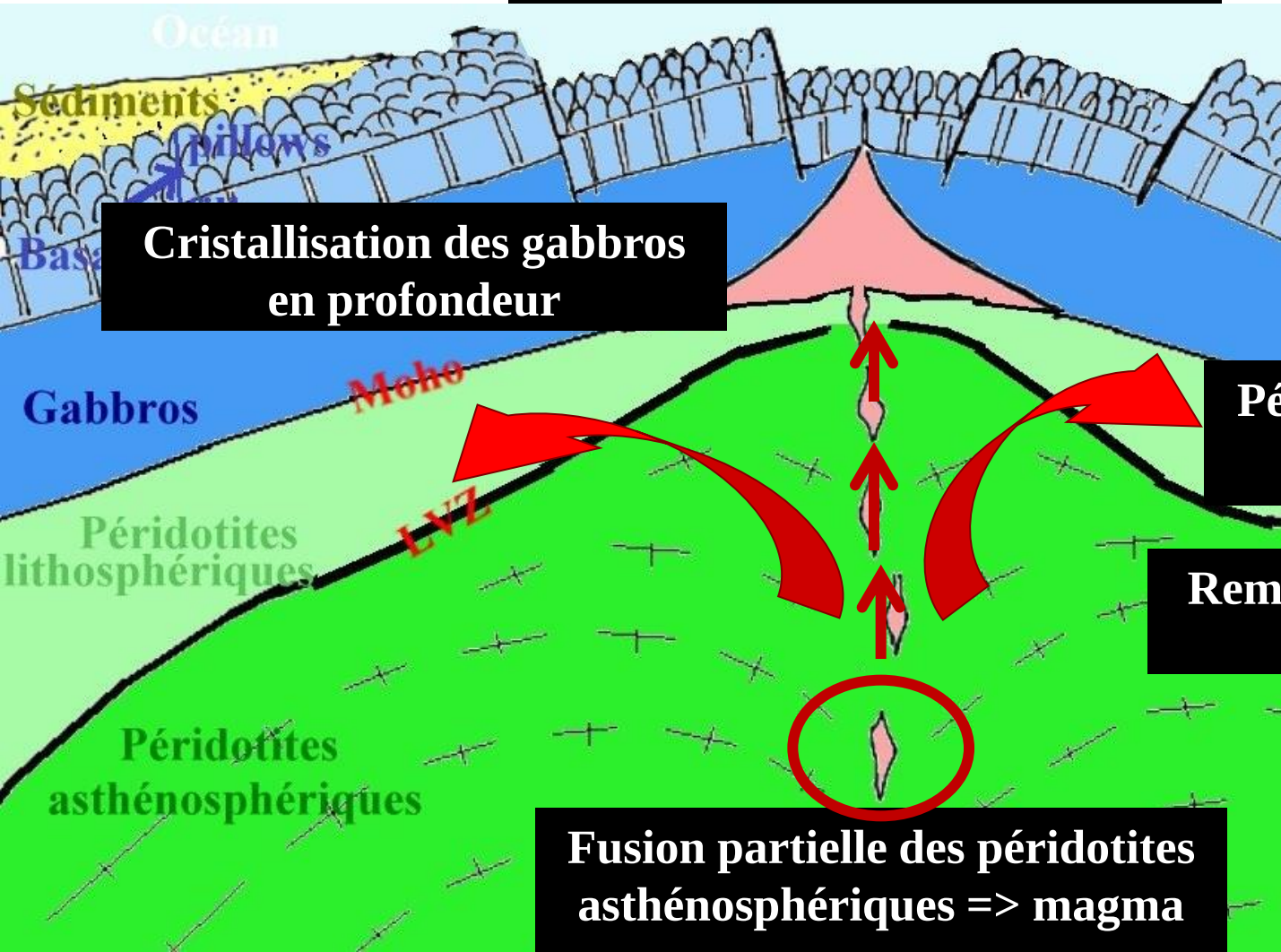
=> une phase liquide (magma) + péridotite résiduelle

Formation de la lithosphère océanique

Formation de basaltes en surface



Pillow-lavas



Cristallisation des gabbros
en profondeur

Péridotites résiduelles
(non fondues)

Remontée du magma
(- dense)

Fusion partielle des péridotites
asthénosphériques => magma

Les roches de la lithosphère océanique

**Basaltes en
pillow-lavas**



**Basaltes en
filons**

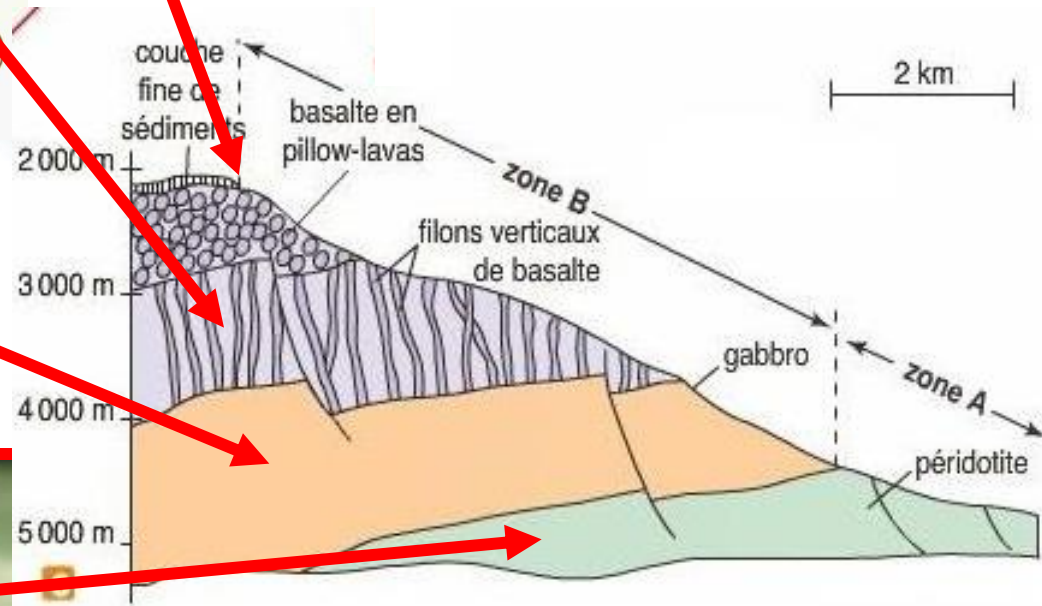
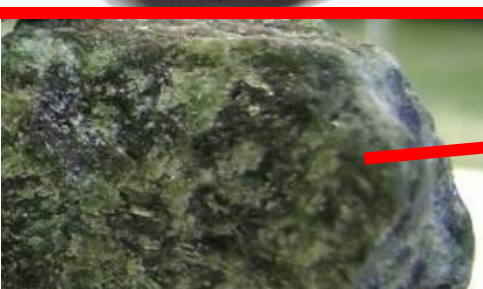


gabbros

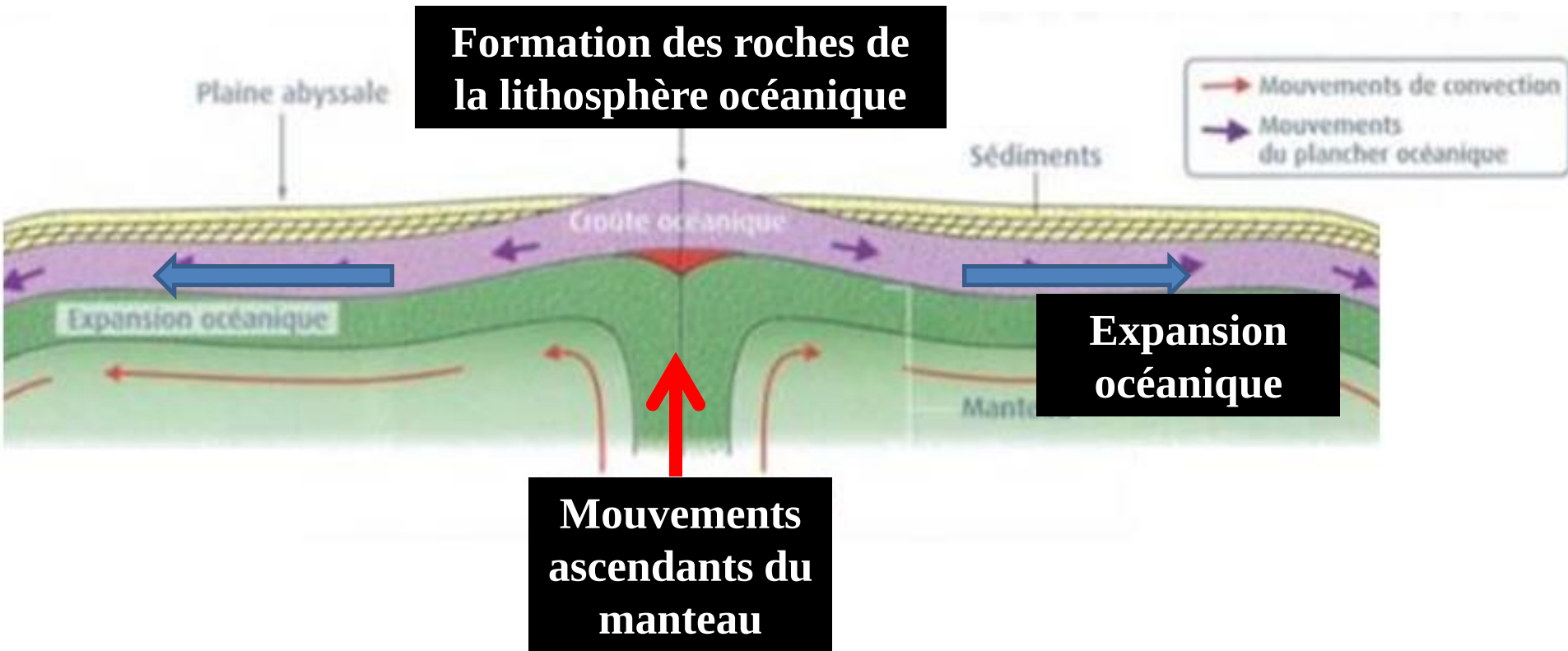


MOHO

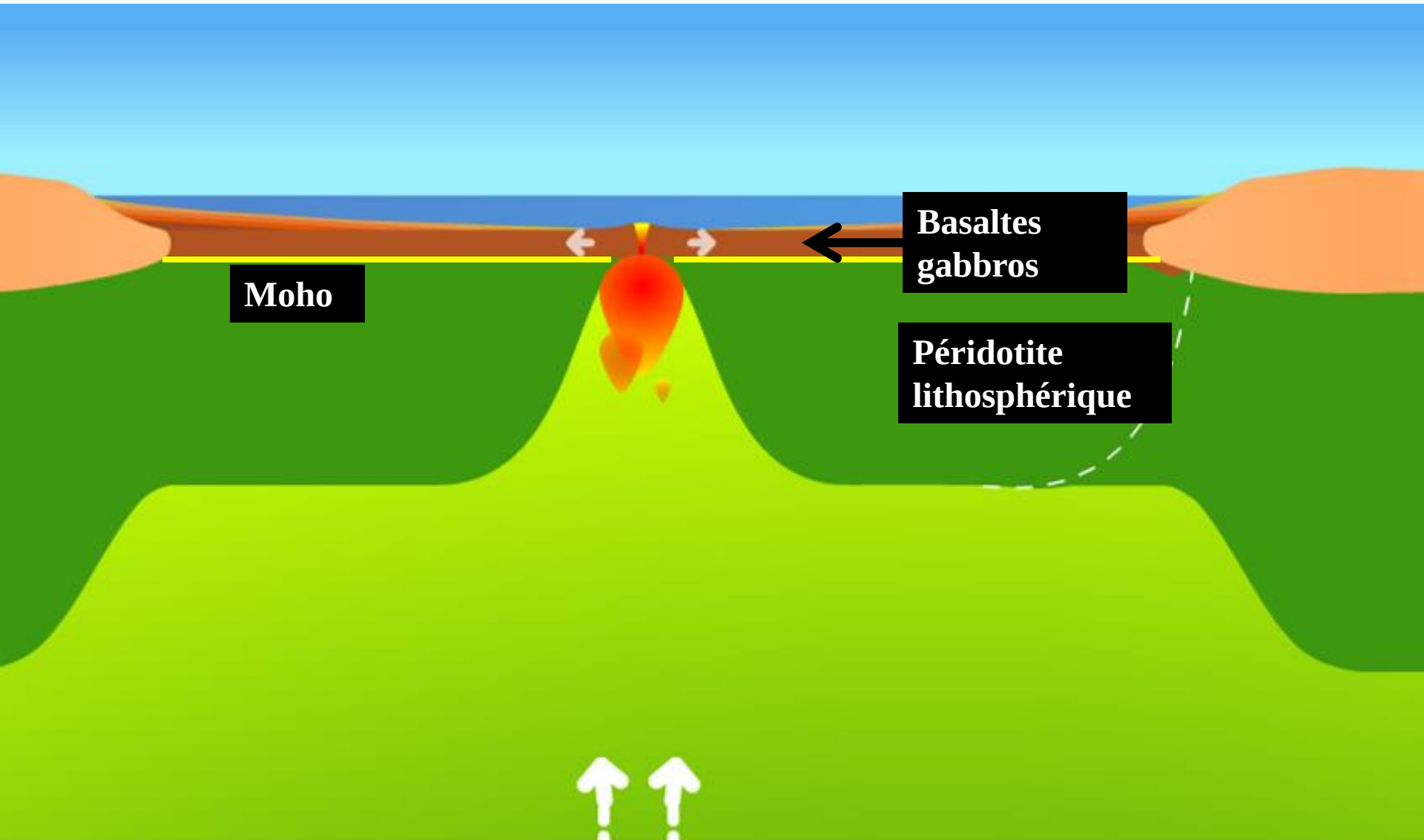
**Péridotites
lithosphériques**



L'expansion océanique



2. Ouverture et expansion océanique



Thème : Les continents et leur dynamique.

Chapitre 2. La formation d'une chaîne de montagne.

I. 1^{ère} étape : la déchirure continentale.

A. Les caractéristiques d'une déchirure continentale.

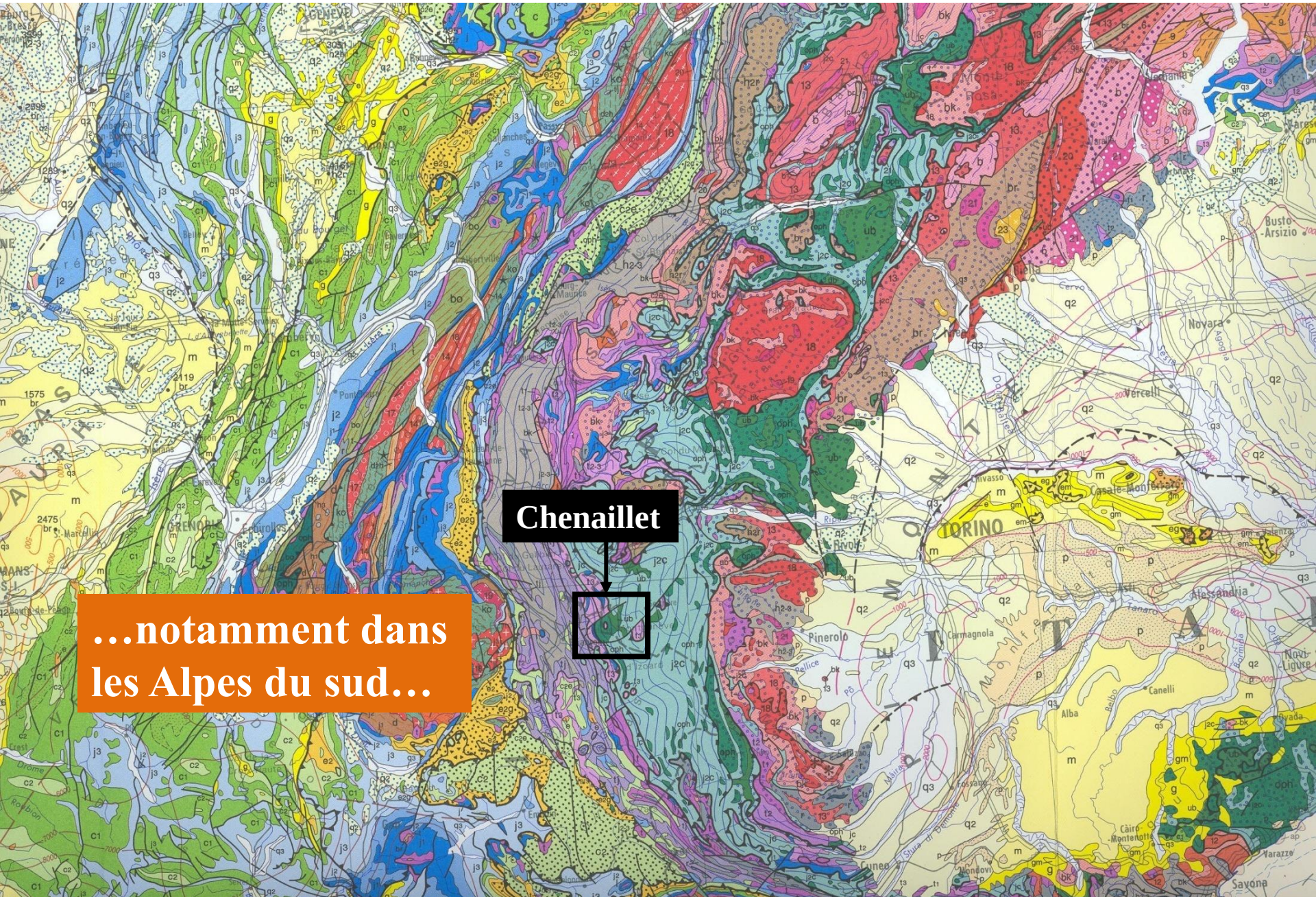
B. Les traces d'une déchirure continentale dans les Alpes.

II. 2^{ème} étape : l'expansion océanique.

A. Les caractéristiques d'une expansion océanique.

B. Les traces d'une expansion océanique dans les Alpes.

Des traces de l'océan perdu...



Chenaillet

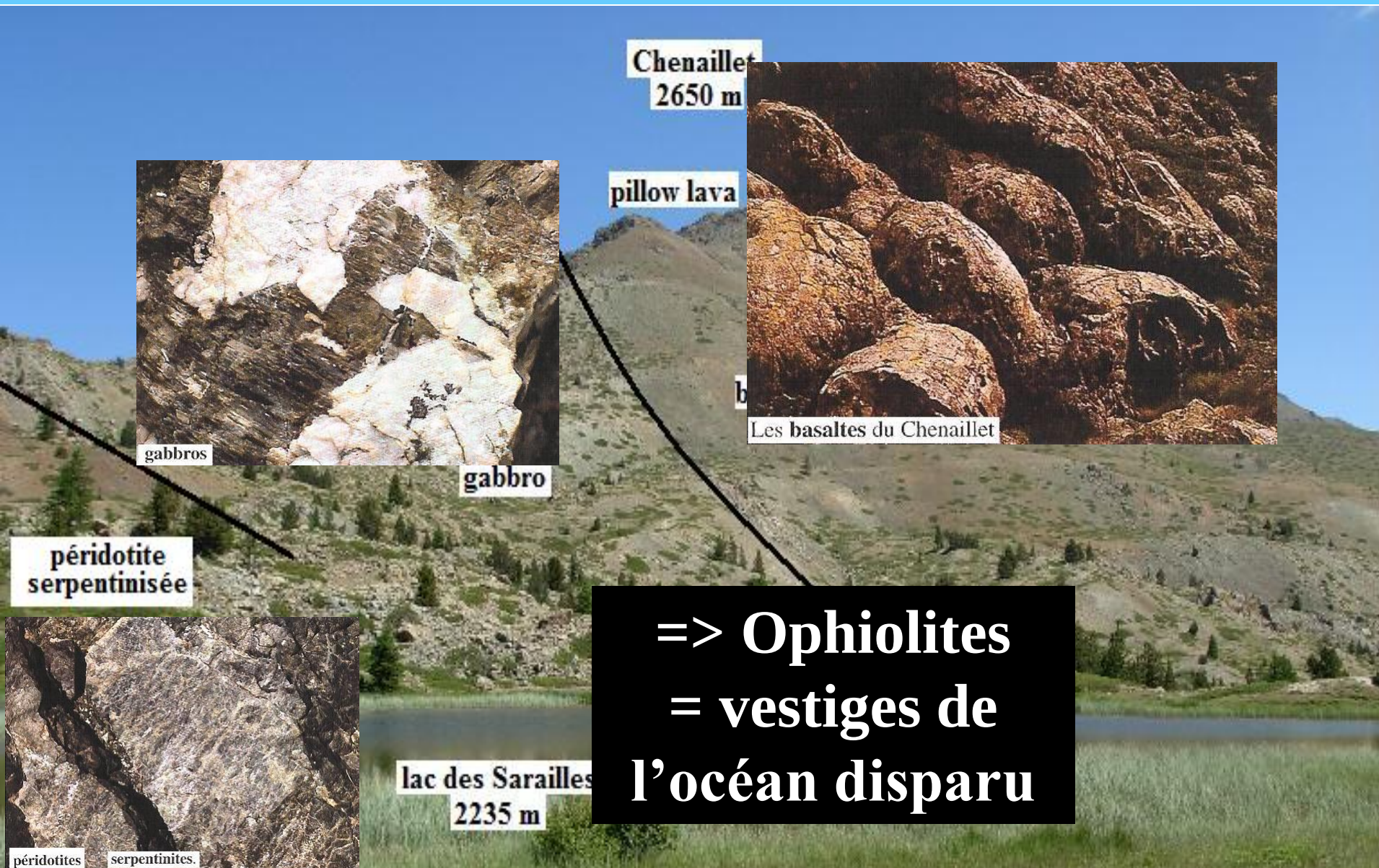
...notamment dans
les Alpes du sud...

Des pillow-lavas au sommet du massif du Chenaillet !!



Sommet du massif de
chenaillet

Le Chenaillet : un lambeau de lithosphère océanique dans les Alpes



Thème : Les continents et leur dynamique.

Chapitre 2. La formation d'une chaîne de montagne.

I. 1^{ère} étape : la déchirure continentale.

A. Les caractéristiques d'une déchirure continentale.

B. Les traces d'une déchirure continentale dans les Alpes.

II. 2^{ème} étape : l'expansion océanique.

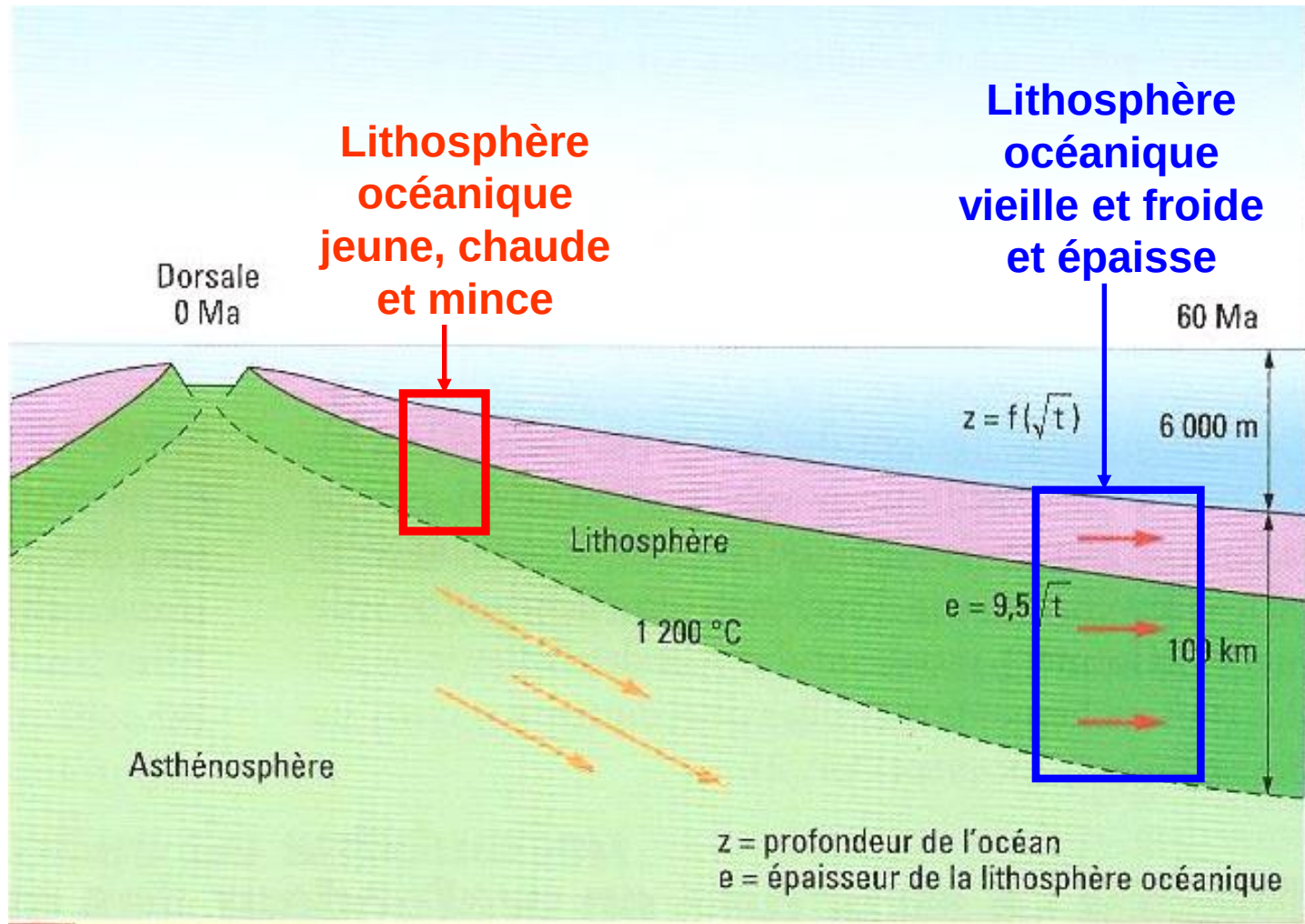
A. Les caractéristiques d'une expansion océanique.

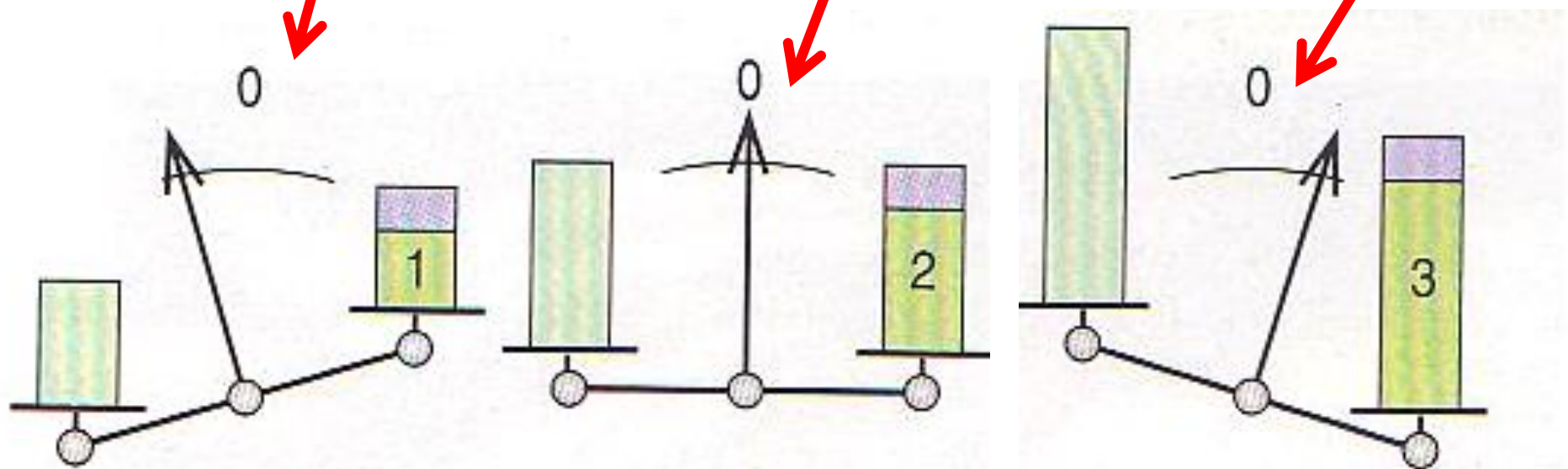
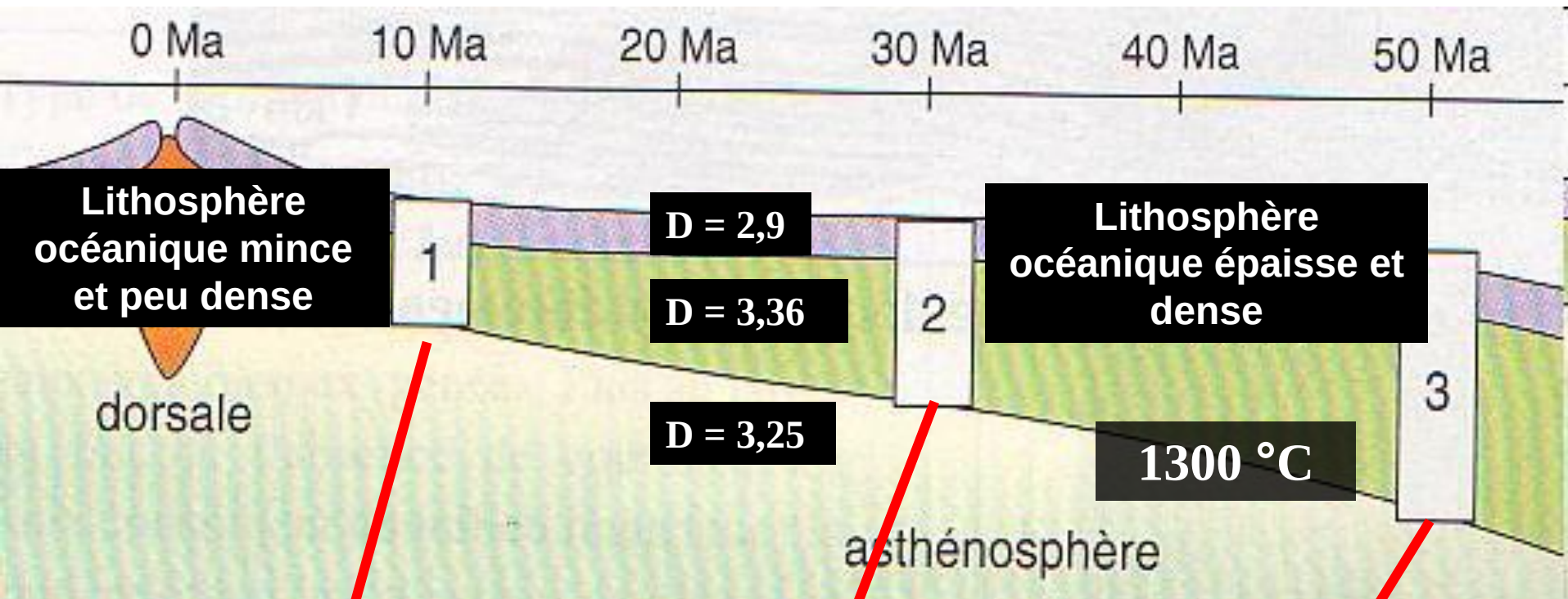
B. Les traces d'une expansion océanique dans les Alpes.

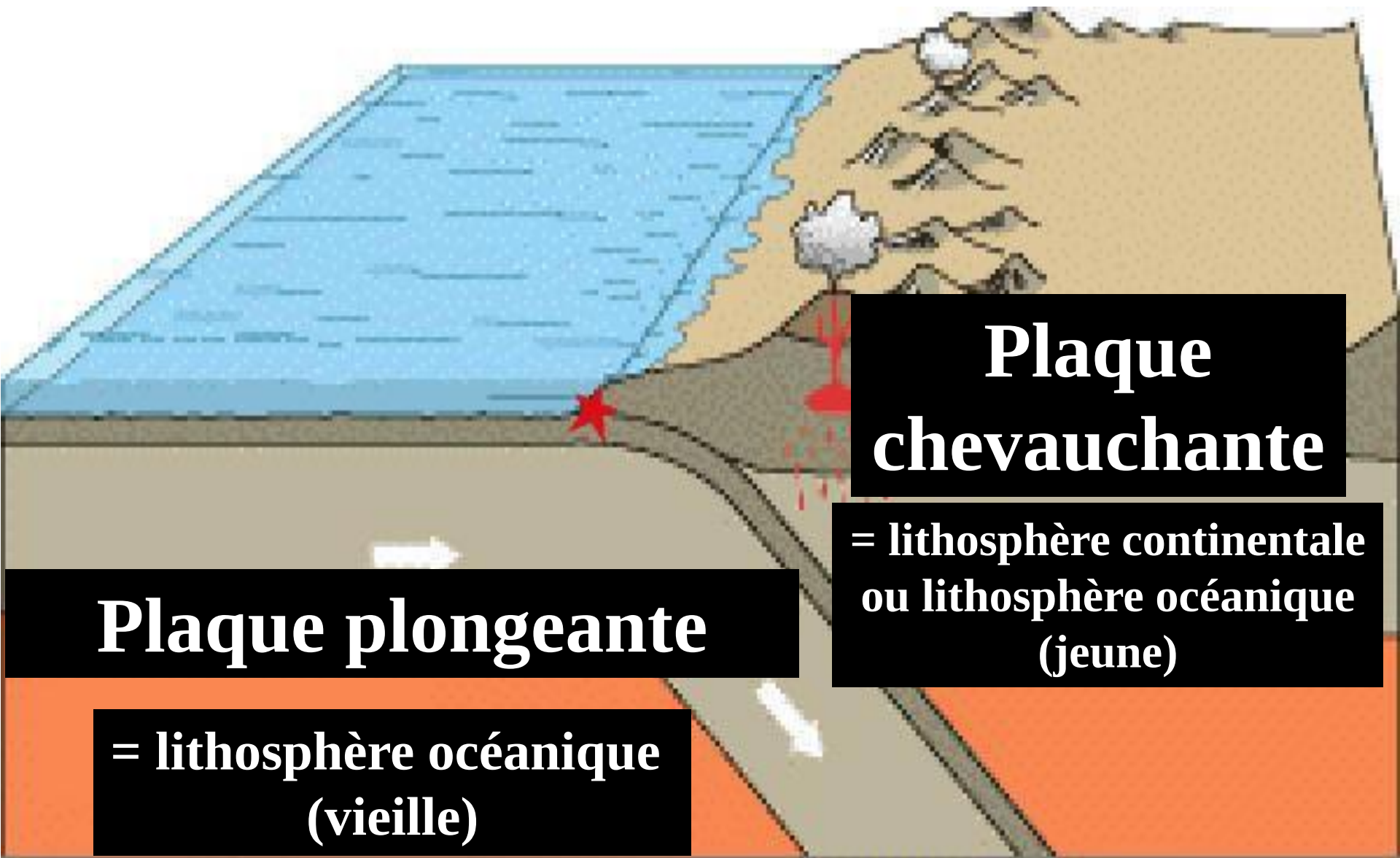
III. 3^{ème} étape : La subduction.

A. Principale cause de la subduction.

L'évolution de la lithosphère océanique avec son âge.







**Plaque
chevauchante**

**= lithosphère continentale
ou lithosphère océanique
(jeune)**

Plaque plongeante

**= lithosphère océanique
(vieille)**

Thème : Les continents et leur dynamique.

Chapitre 2. La formation d'une chaîne de montagnes.

I. 1^{ère} étape : la déchirure continentale.

A. Les caractéristiques d'une déchirure continentale.

B. Les traces d'une déchirure continentale dans les Alpes.

II. 2^{ème} étape : l'expansion océanique.

A. Les caractéristiques d'une expansion océanique.

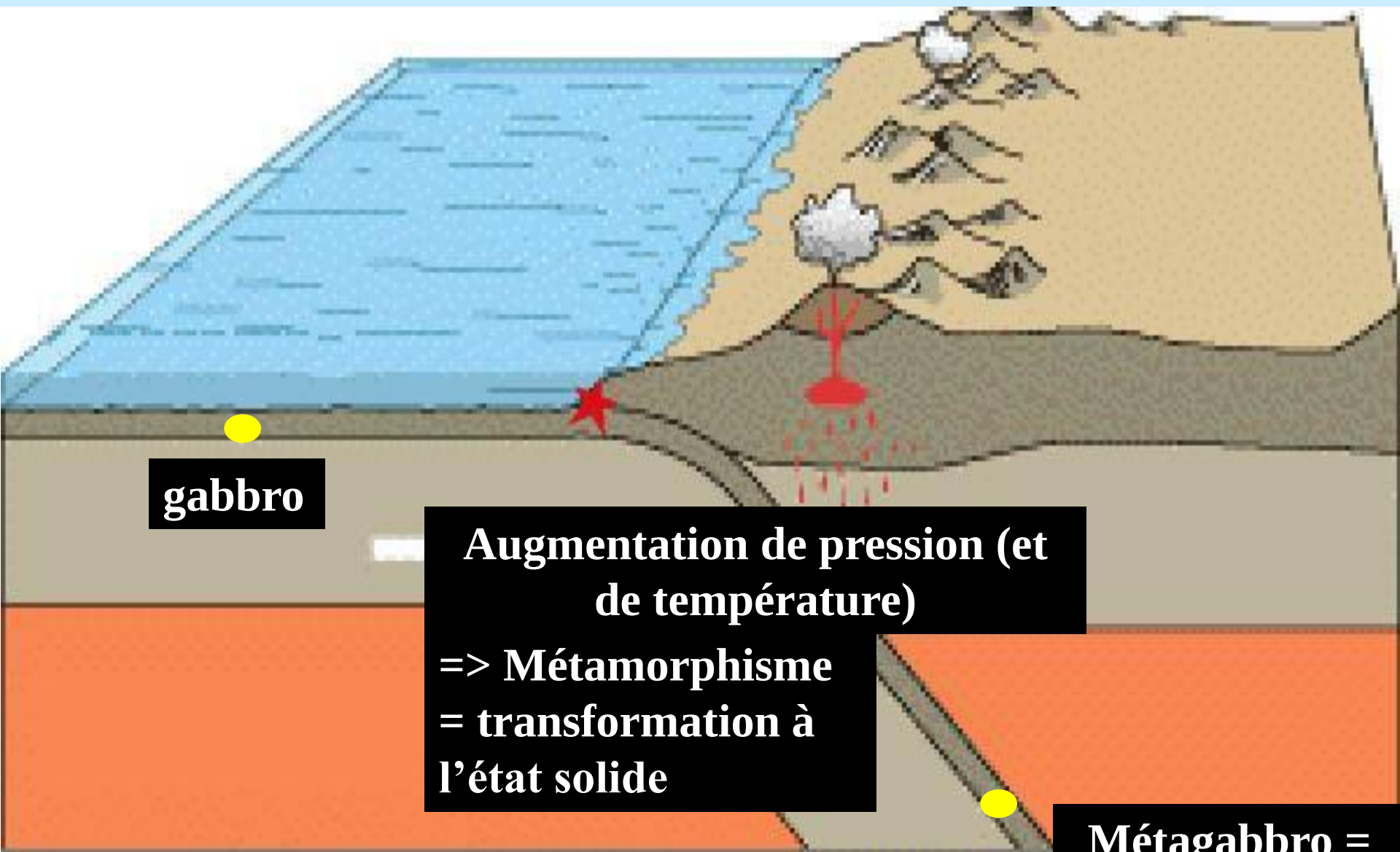
B. Les traces d'une expansion océanique dans les Alpes.

III. 3^{ème} étape : La subduction.

A. Principale cause de la subduction.

B. Les transformations des roches de la lithosphère océanique lors de la subduction.

Métamorphisme des gabbros lors de la subduction



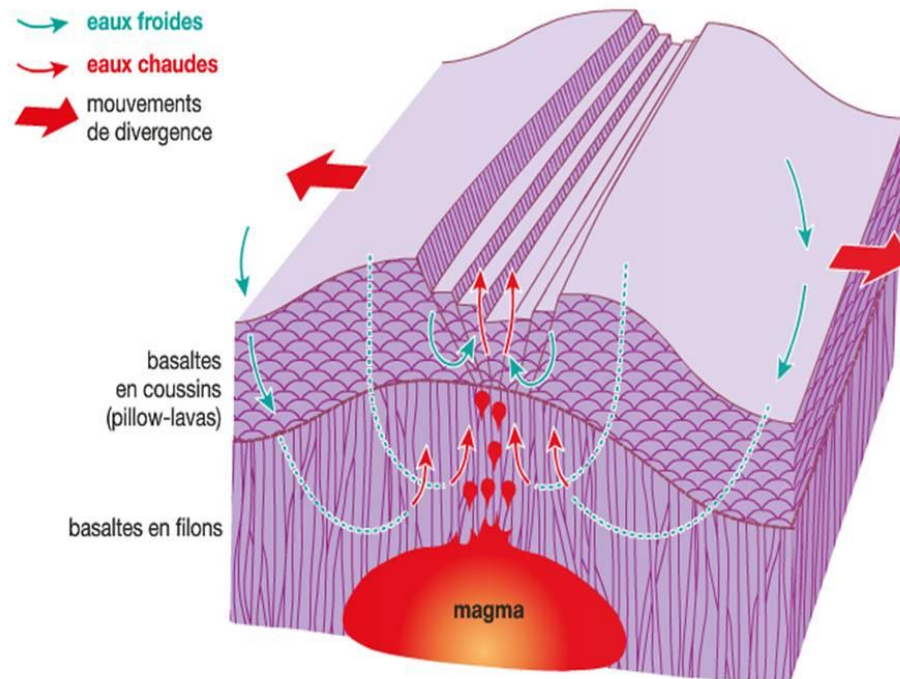
gabbro

**Augmentation de pression (et
de température)**

**=> Métamorphisme
= transformation à
l'état solide**

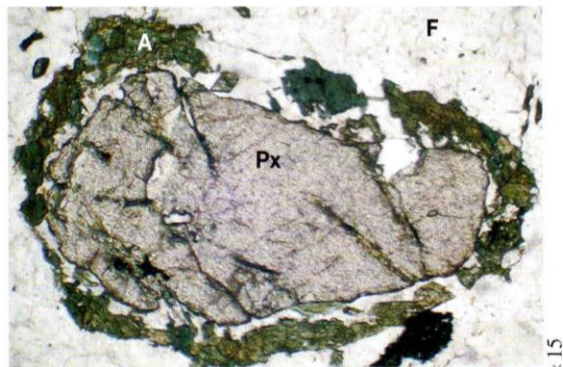
**Métagabbro =
roche
métamorphique**

Au niveau d'une dorsale, le volcanisme se caractérise par une remontée de magma et un épanchement de lave dans la partie axiale. La lave, proche de 1200 °C, est refroidie très rapidement dans une eau à 2 °C, ce qui forme des pillow-lavas (basaltes en coussins). De plus, une circulation d'eau de mer se met en place dans les nombreuses failles affectant la lithosphère océanique. Cette circulation hydrothermale participe grandement au refroidissement de la lithosphère océanique.



Doc. 1 Un refroidissement rapide par circulation hydrothermale au voisinage de la dorsale.

Au sein d'une lithosphère océanique âgée, les minéraux magmatiques originels des gabbros sont déstabilisés par la circulation de l'eau de mer. Ils réagissent entre eux ce qui permet la cristallisation de nouveaux minéraux hydratés tels des hornblendes ou des chlorites.



a. Lame mince de gabbro âgé et altéré.

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

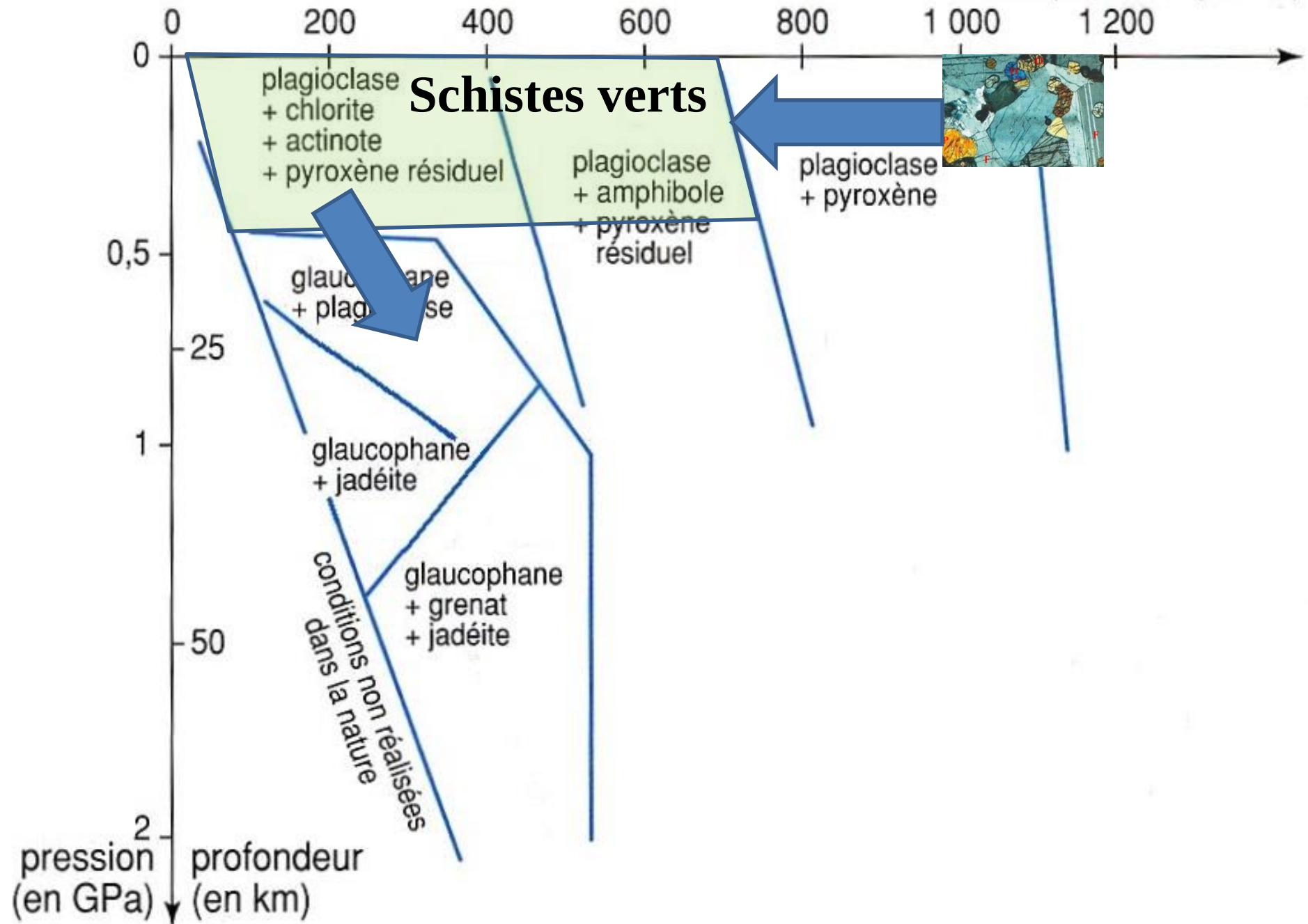
Plagioclase + Pyroxène + eau → Hornblende verte

Plagioclase + Hornblende + eau → chlorite + actinote

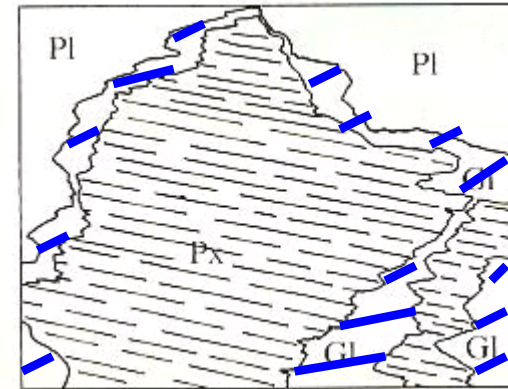
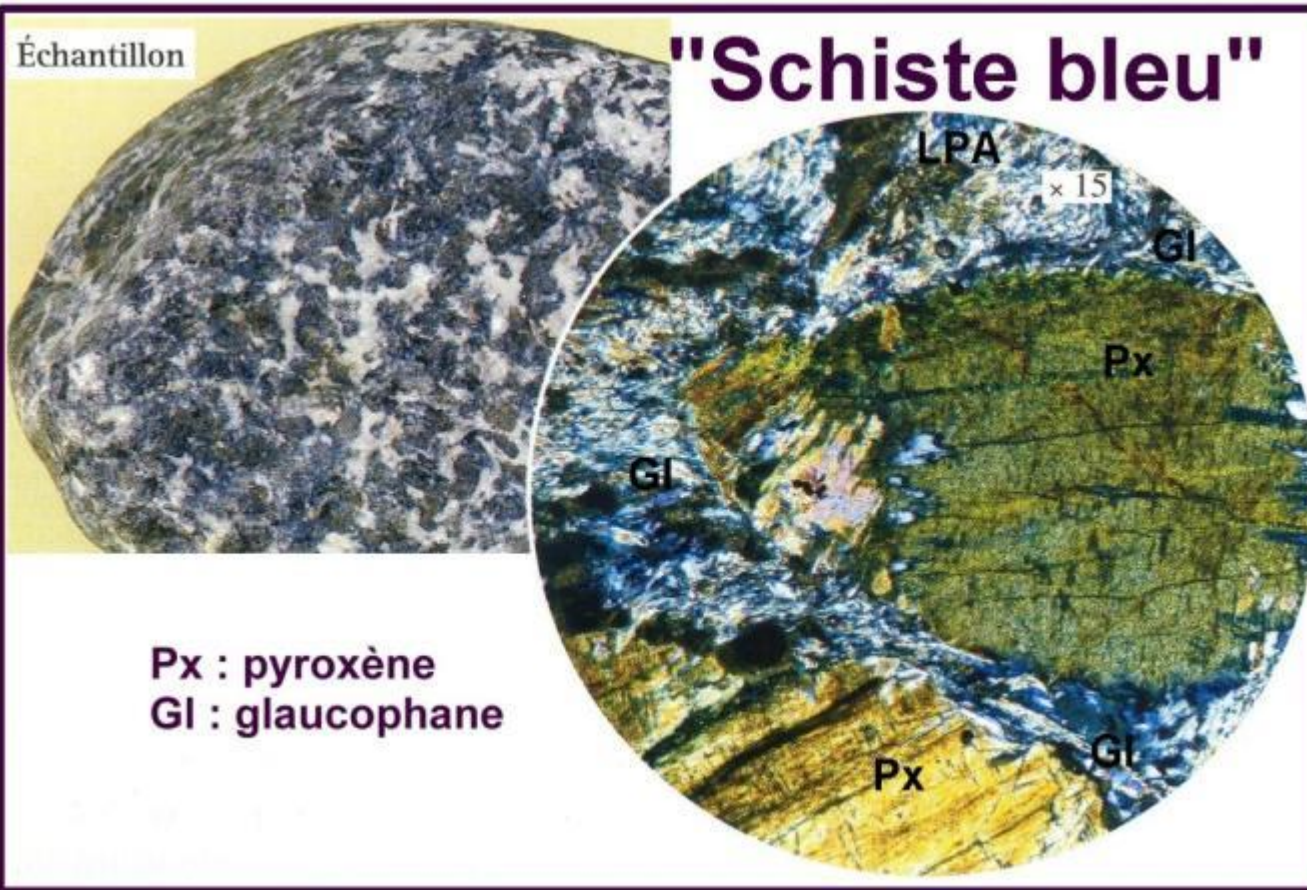
=> **Métagabbro « schiste vert »**

Les faciès métamorphiques

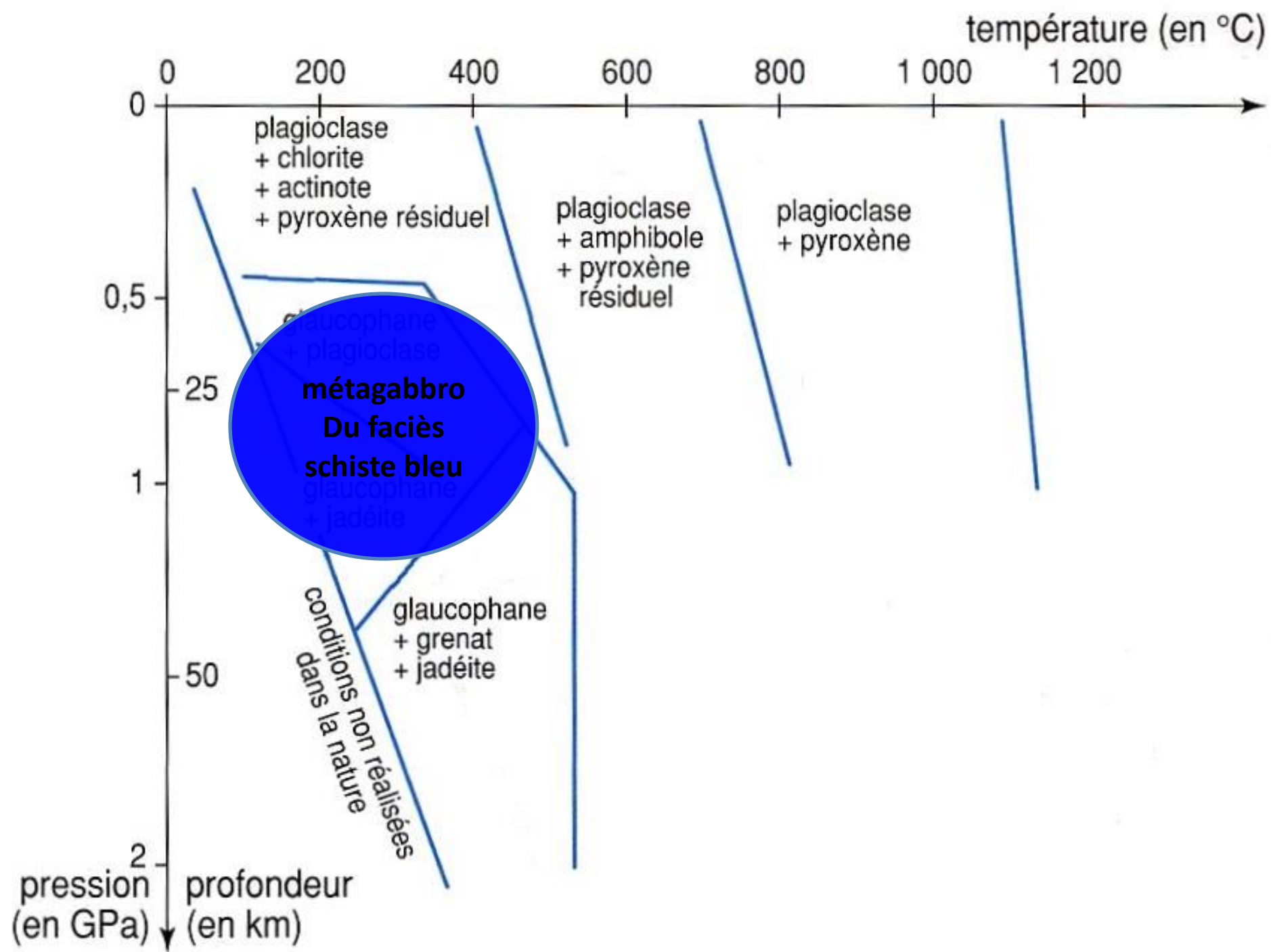
température (en °C)

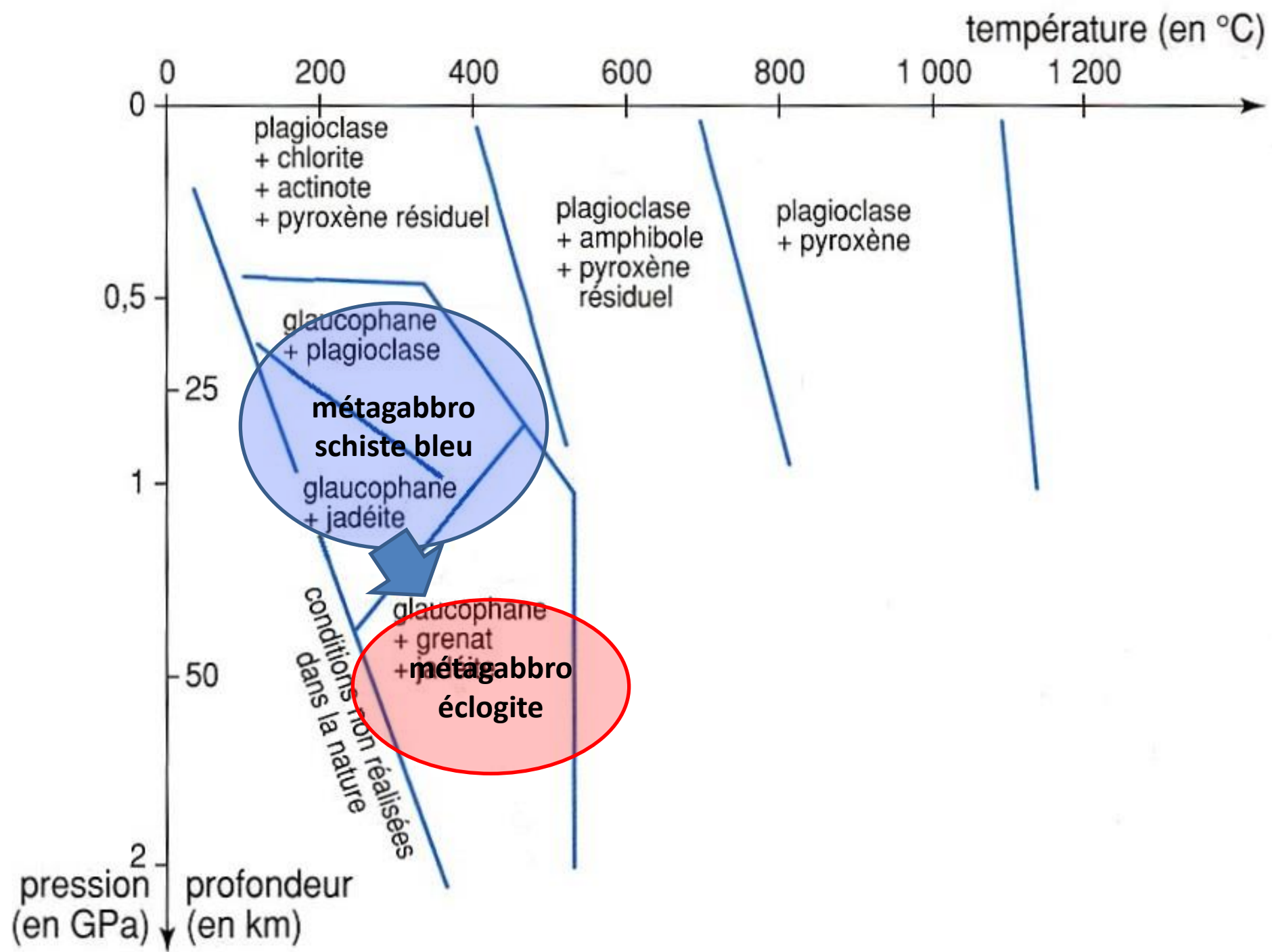


Métagabbro du faciès des schiste bleus

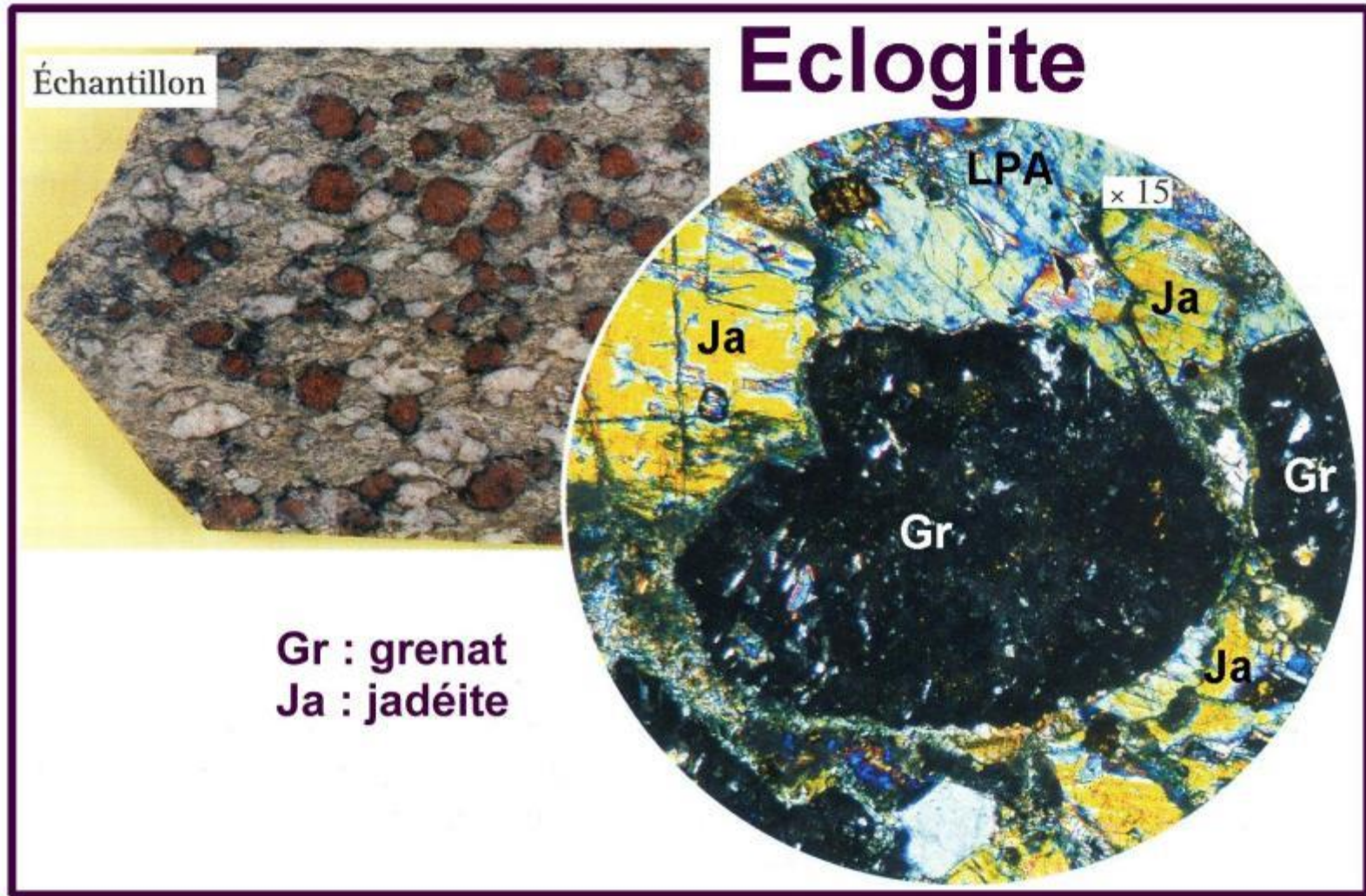


Plagioclase + Chlorite + Actinote → Amphibole bleue (Glaucophane) + eau





Métagabbro du faciès des éclogites

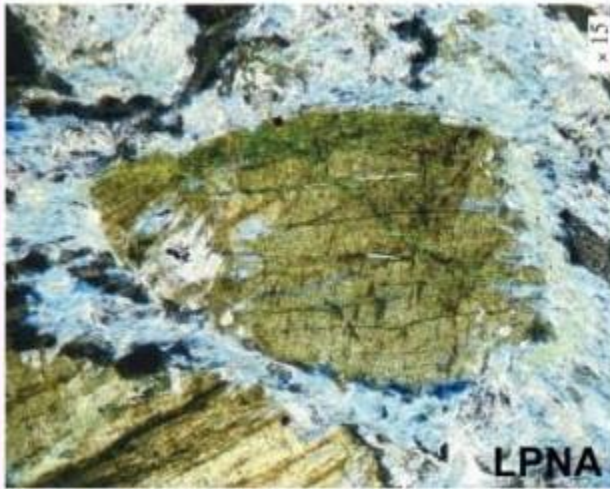


Plagioclase + Glaucophane → Grenat + Pyroxène vert (Jadéite) + eau

Les roches métamorphiques de la subduction

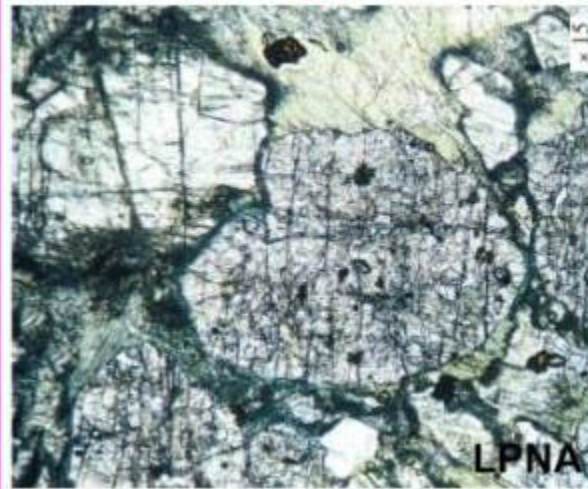
Pression

"Schiste bleu"



**Métagabbro
à Glaucofane**

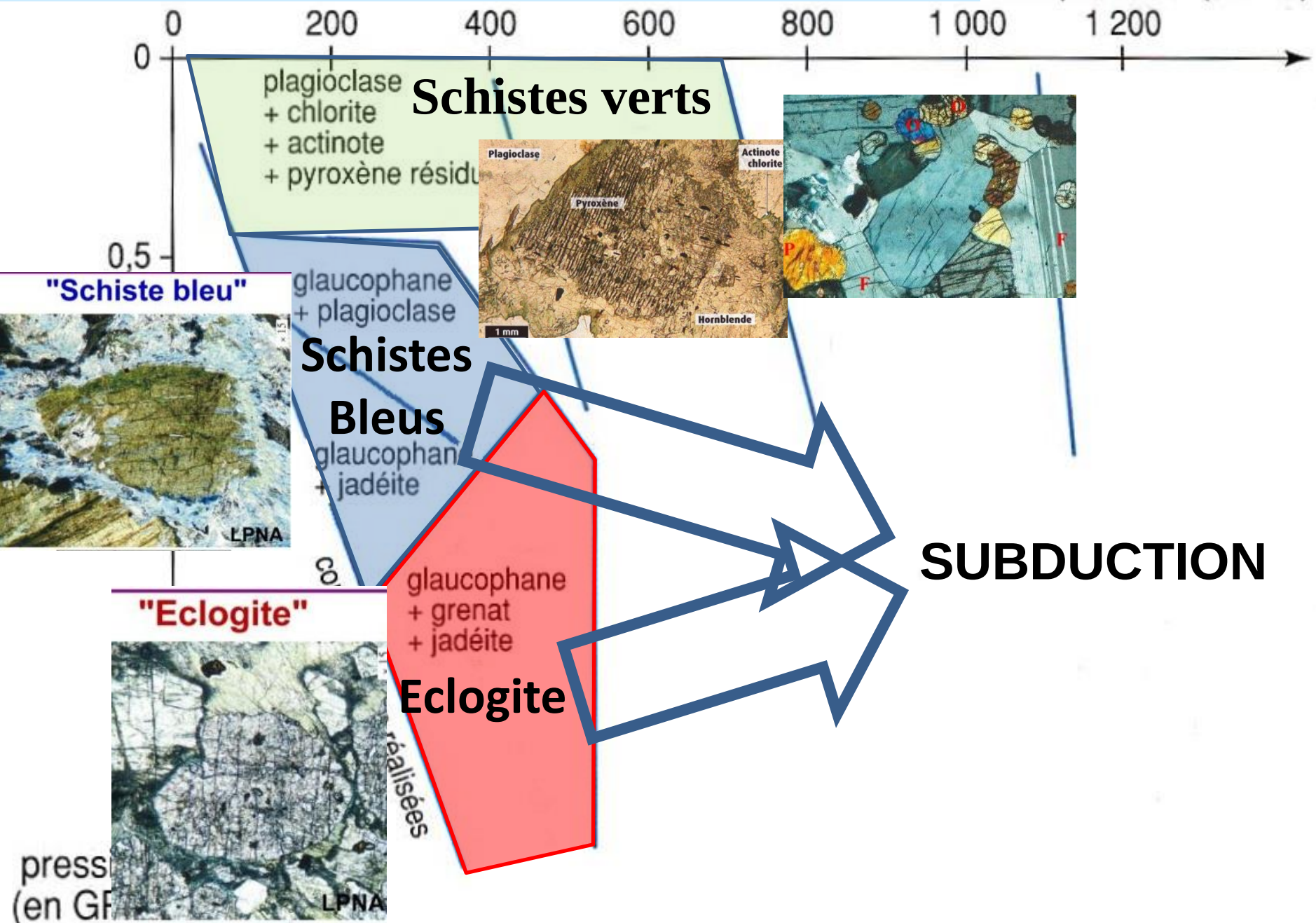
"Eclogite"



**Métagabbro
à Jadéite et Grenat**

Les faciès métamorphiques

température (en °C)



Thème : Les continents et leur dynamique.

Chapitre 2. La formation d'une chaîne de montagnes.

I. 1^{ère} étape : la déchirure continentale.

A. Les caractéristiques d'une déchirure continentale.

B. Les traces d'une déchirure continentale dans les Alpes.

II. 2^{ème} étape : l'expansion océanique.

A. Les caractéristiques d'une expansion océanique.

B. Les traces d'une expansion océanique dans les Alpes.

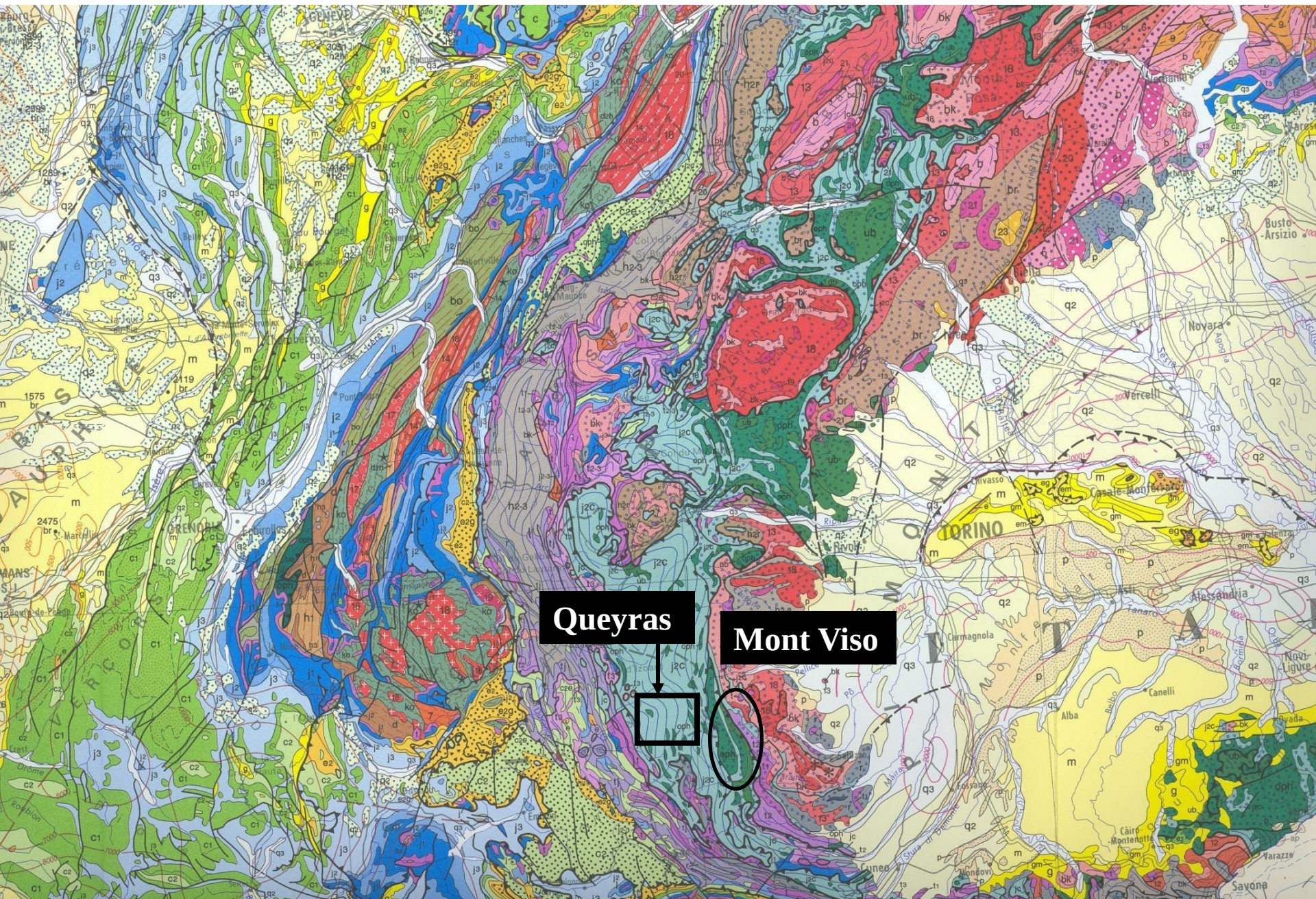
III. 3^{ème} étape : La subduction.

A. Principale cause de la subduction.

B. Les transformations des roches de la lithosphère océanique lors de la subduction.

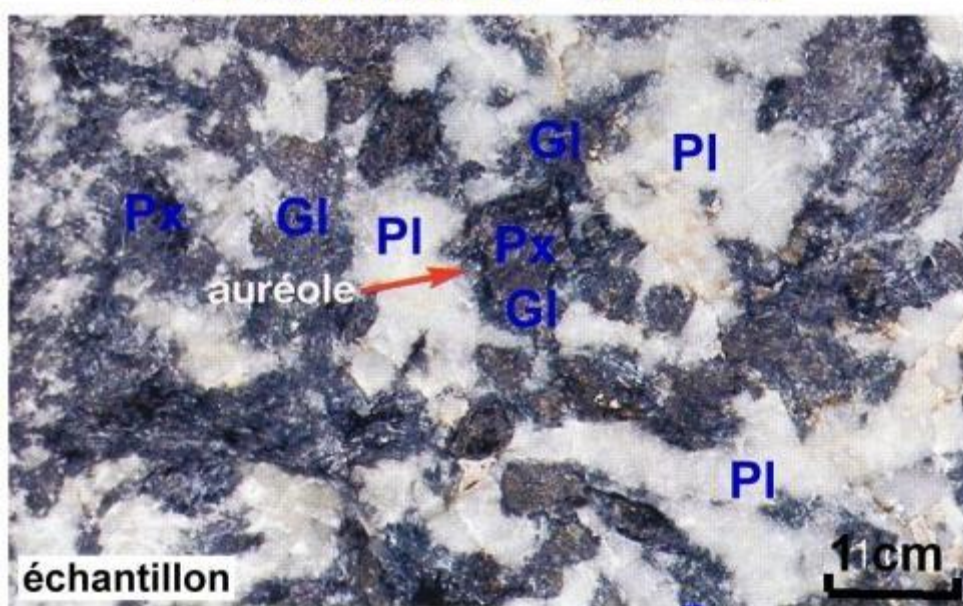
C. Les témoins d'une subduction retrouvés dans les Alpes.

Des traces de la subduction



Les métamorphismes du Queyras et du Viso témoins de la subduction

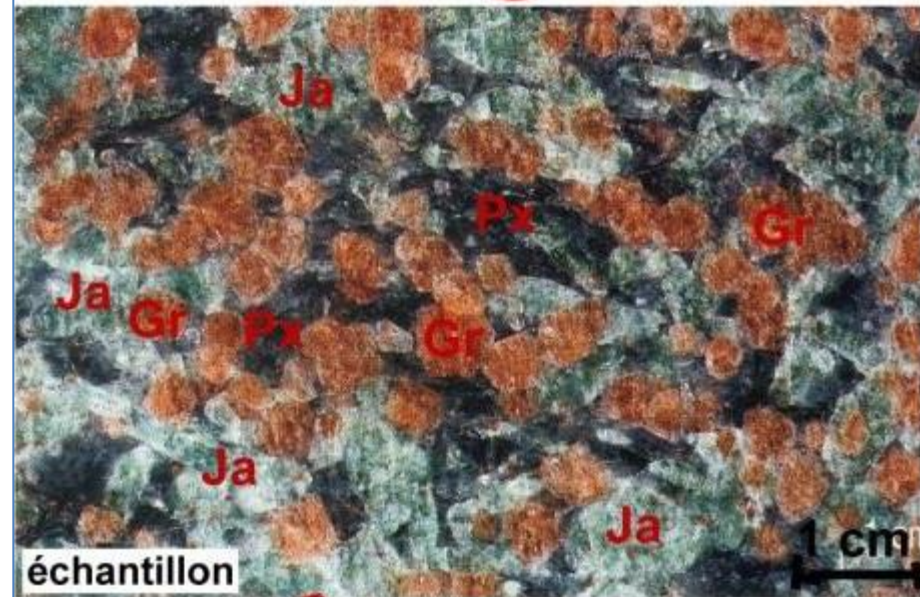
"Schiste bleu"



Métagabbro à glaucophane

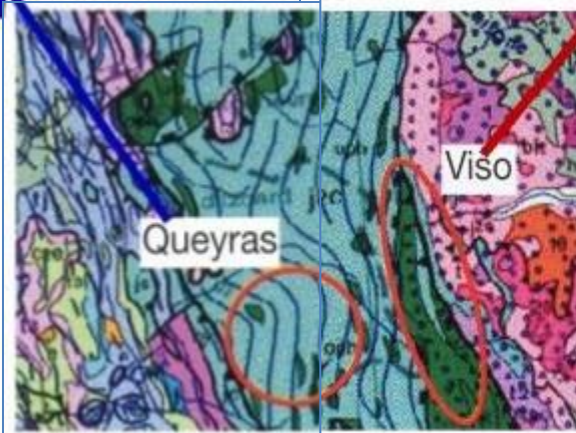
Px = pyroxène
Gl = glaucophane
Pl = feldspath plagioclase

"Eclogite"



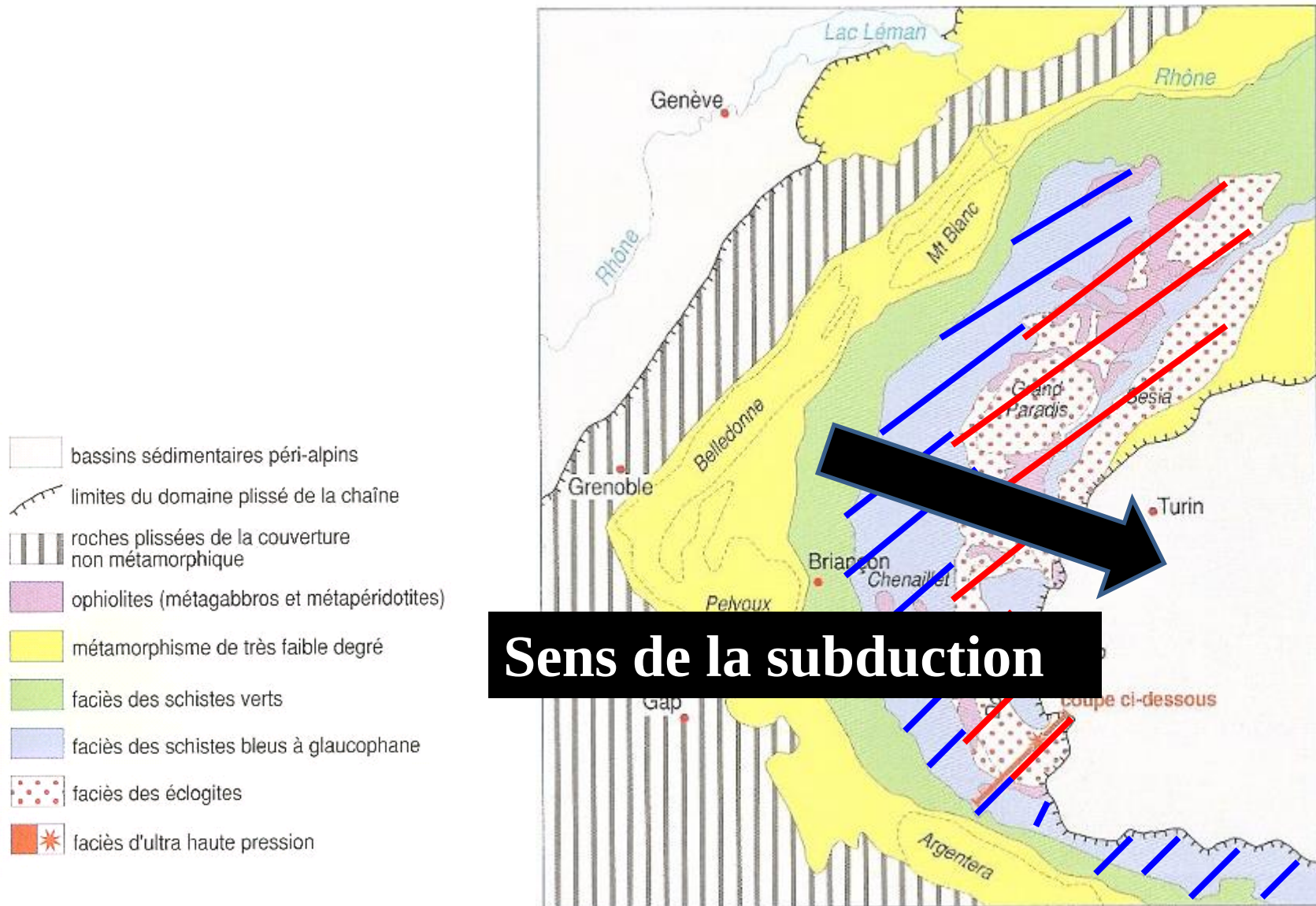
Métagabbro à jadéite et grenat

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



-70 à -50 MA

L'intensité du métamorphisme augmente d'ouest en est



Thème : Les continents et leur dynamique.

Chapitre 2. La formation d'une chaîne de montagnes.

I. 1^{ère} étape : la déchirure continentale.

II. 2^{ème} étape : l'expansion océanique.

III. 3^{ème} étape : La subduction.

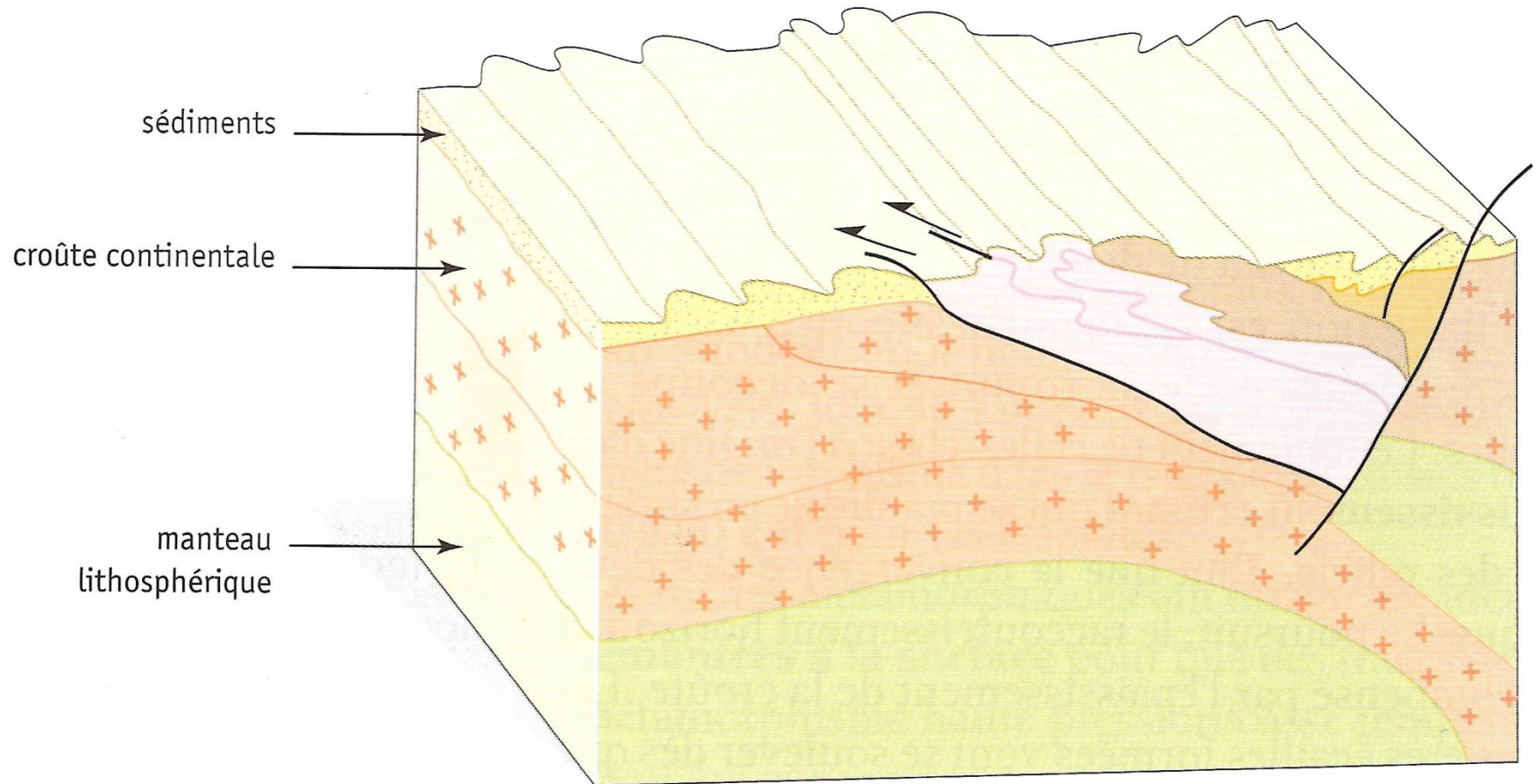
A. Principale cause de la subduction.

B. Les transformations des roches de la lithosphère océanique lors de la subduction.

C. Les témoins d'une subduction retrouvés dans les Alpes.

IV. 4^{ème} étape : Collision et subduction continentale.

Collision



Thème : Les continents et leur dynamique.

Chapitre 2. La formation d'une chaîne de montagnes.

I. 1^{ère} étape : la déchirure continentale.

II. 2^{ème} étape : l'expansion océanique.

III. 3^{ème} étape : La subduction.

A. Principale cause de la subduction.

B. Les transformations des roches de la lithosphère océanique lors de la subduction.

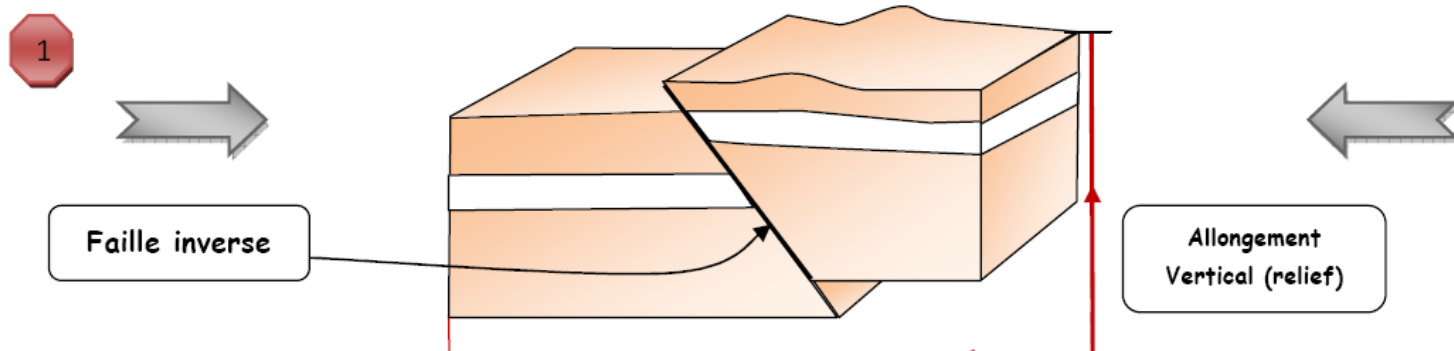
C. Les témoins d'une subduction retrouvés dans les Alpes.

IV. 4^{ème} étape : Collision et subduction continentale.

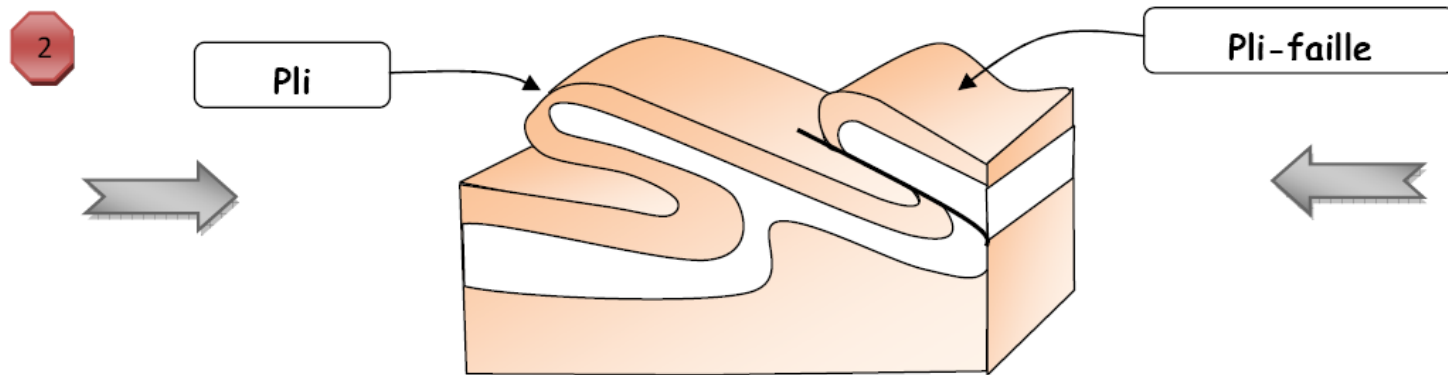
A. Les conséquences de l'affrontement des 2 lithosphères continentales.

1. Les conséquences tectoniques de l'affrontement.

Les déformations subies par les roches suite à des contraintes compressives



Déformations cassantes => failles inverses



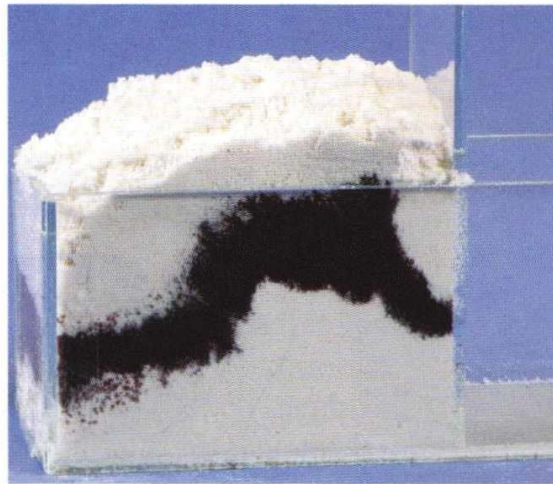
Déformations plastiques => plis

Modélisation des déformations subies par les roches

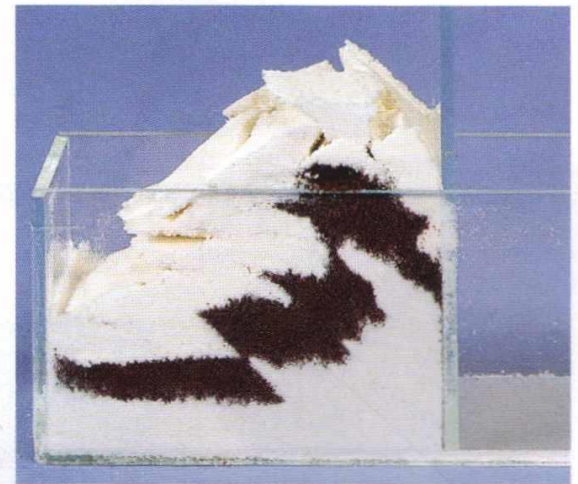
■ PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL : modéliser la déformation des roches

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.



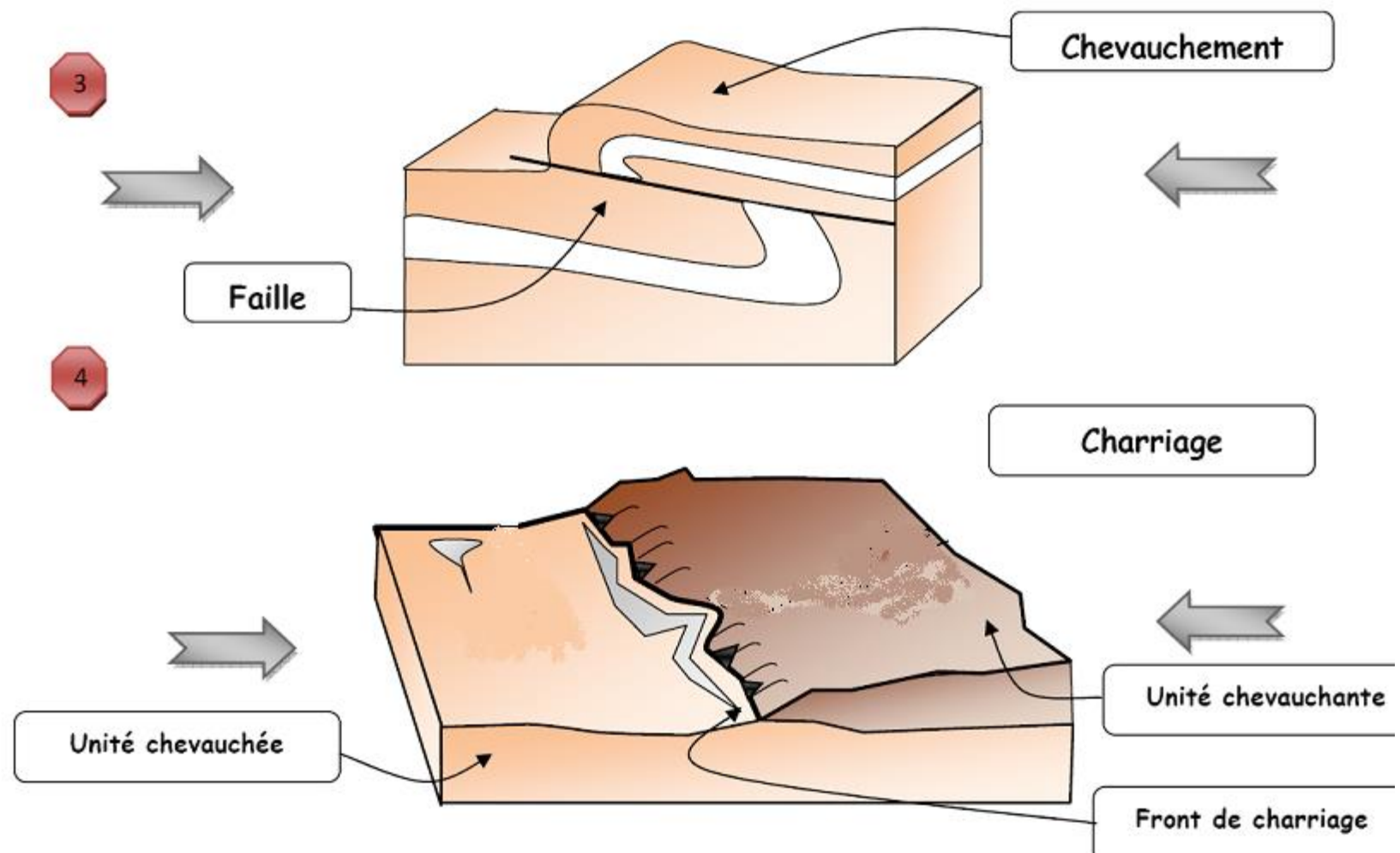
Couches non tassées (souples)



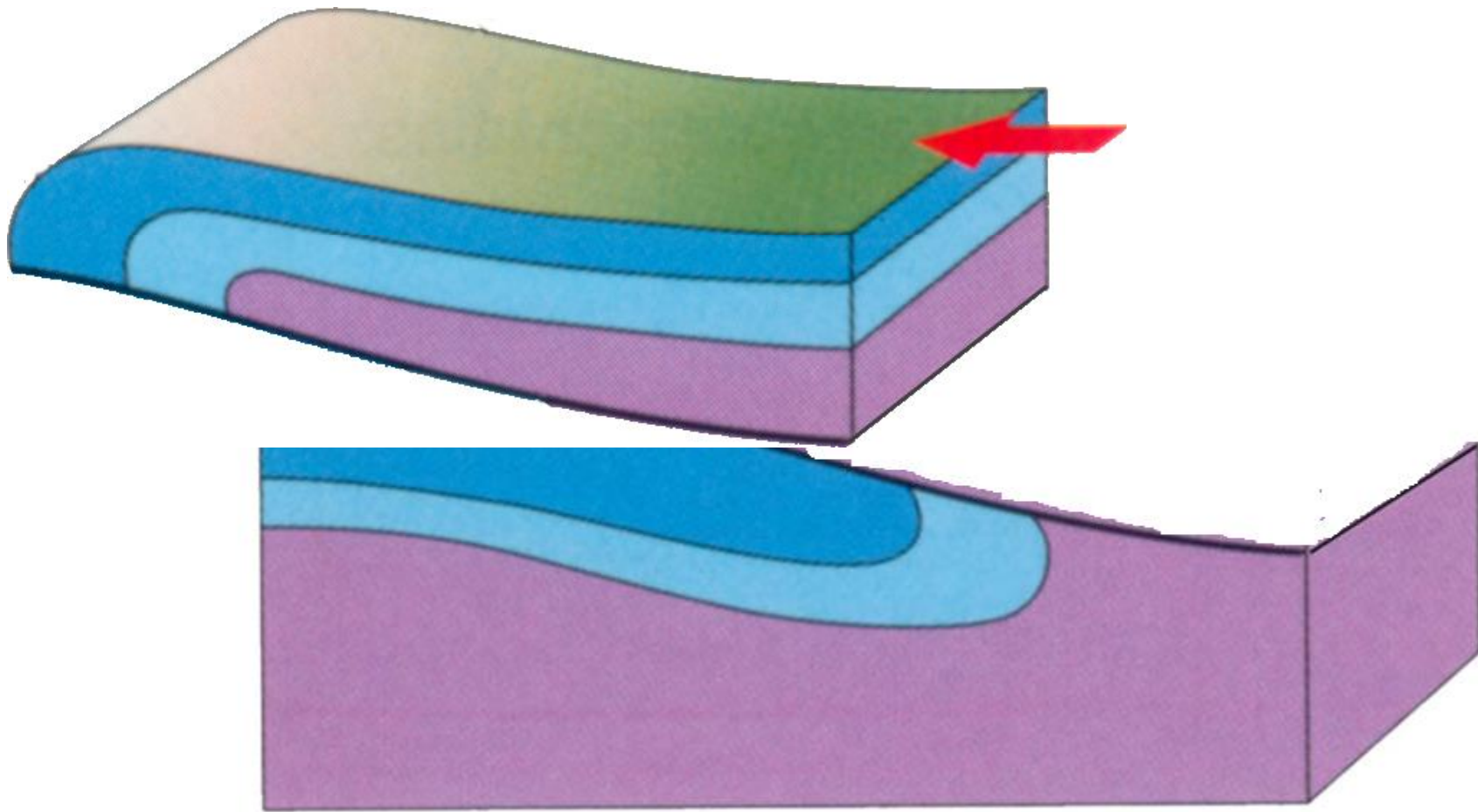
Couches bien tassées (cassantes)

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

Les déformations subies par les roches suite à des contraintes compressives

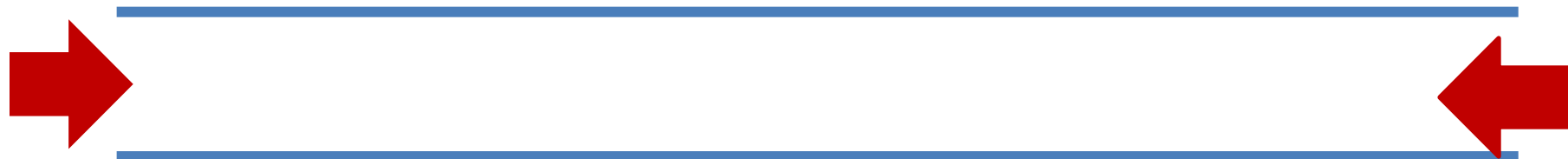


Mise en place d'une nappe de charriage

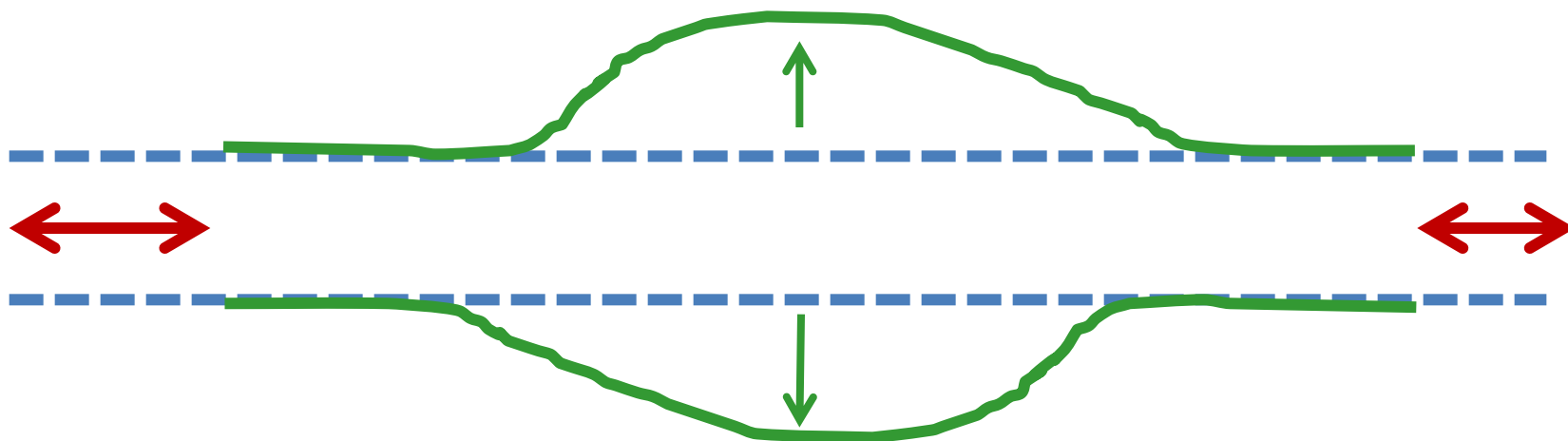


ETAT INITIAL

CONTRAINTES COMPRESSIVES

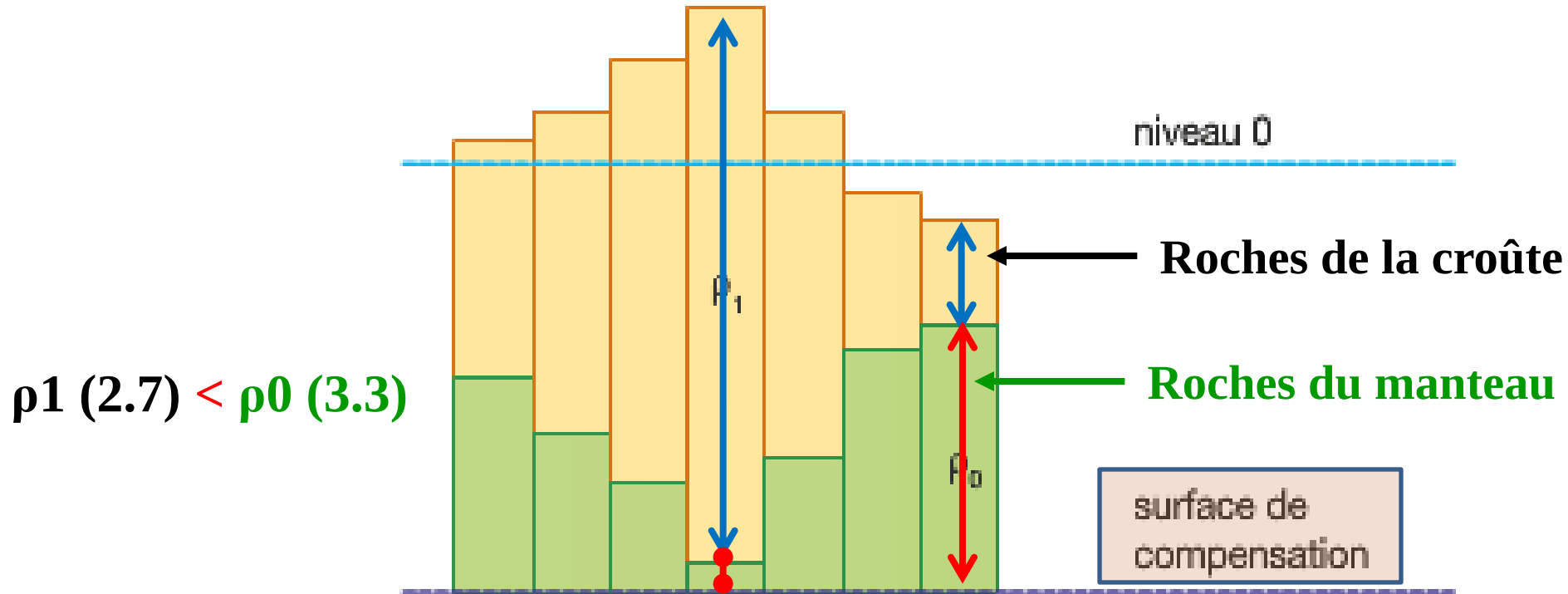


EPAISSISSEMENT

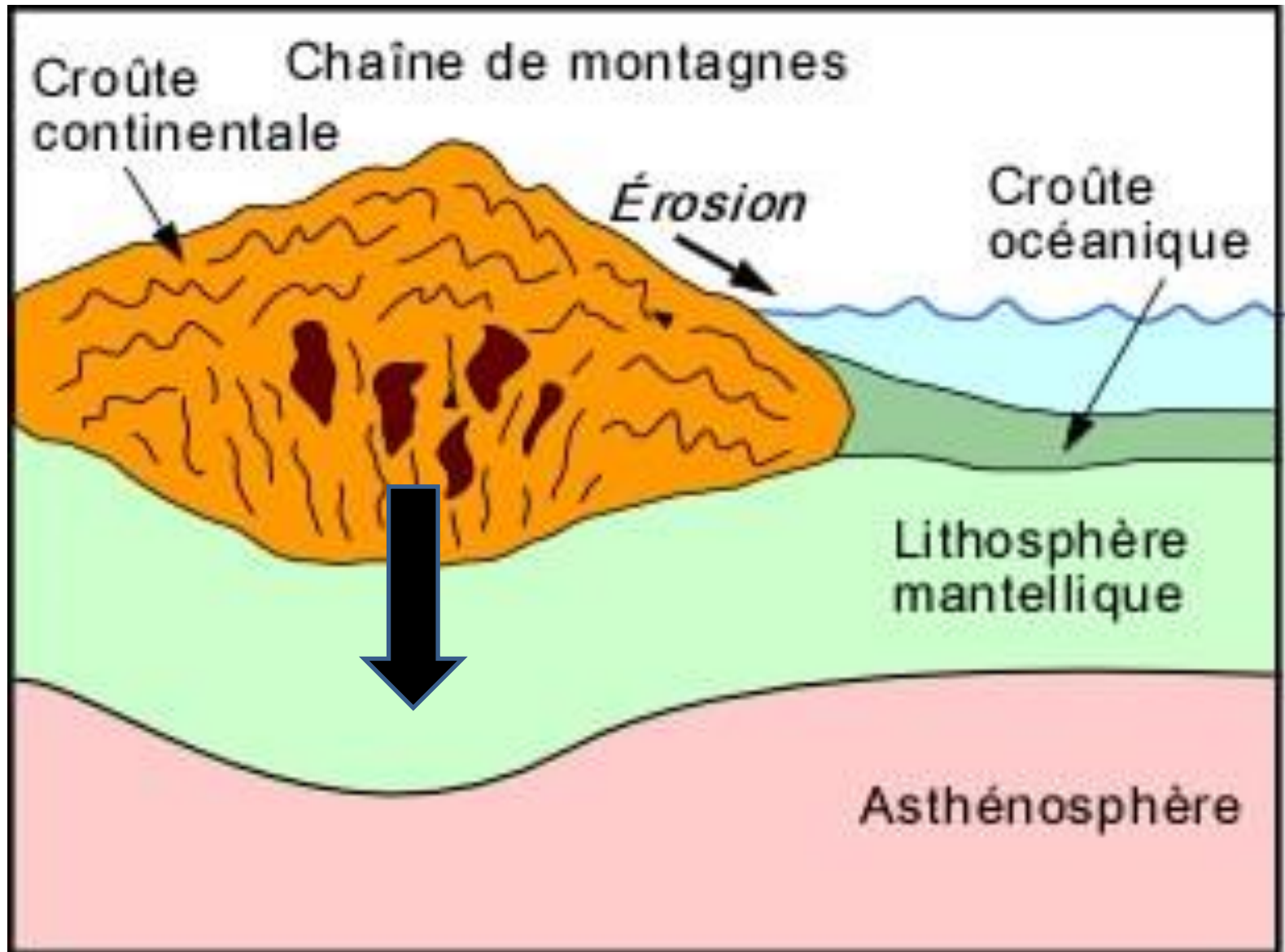


RACCOURCISSEMENT

Mise en place d'une racine crustale dans les chaines de montagnes



Mise en place d'une racine crustale



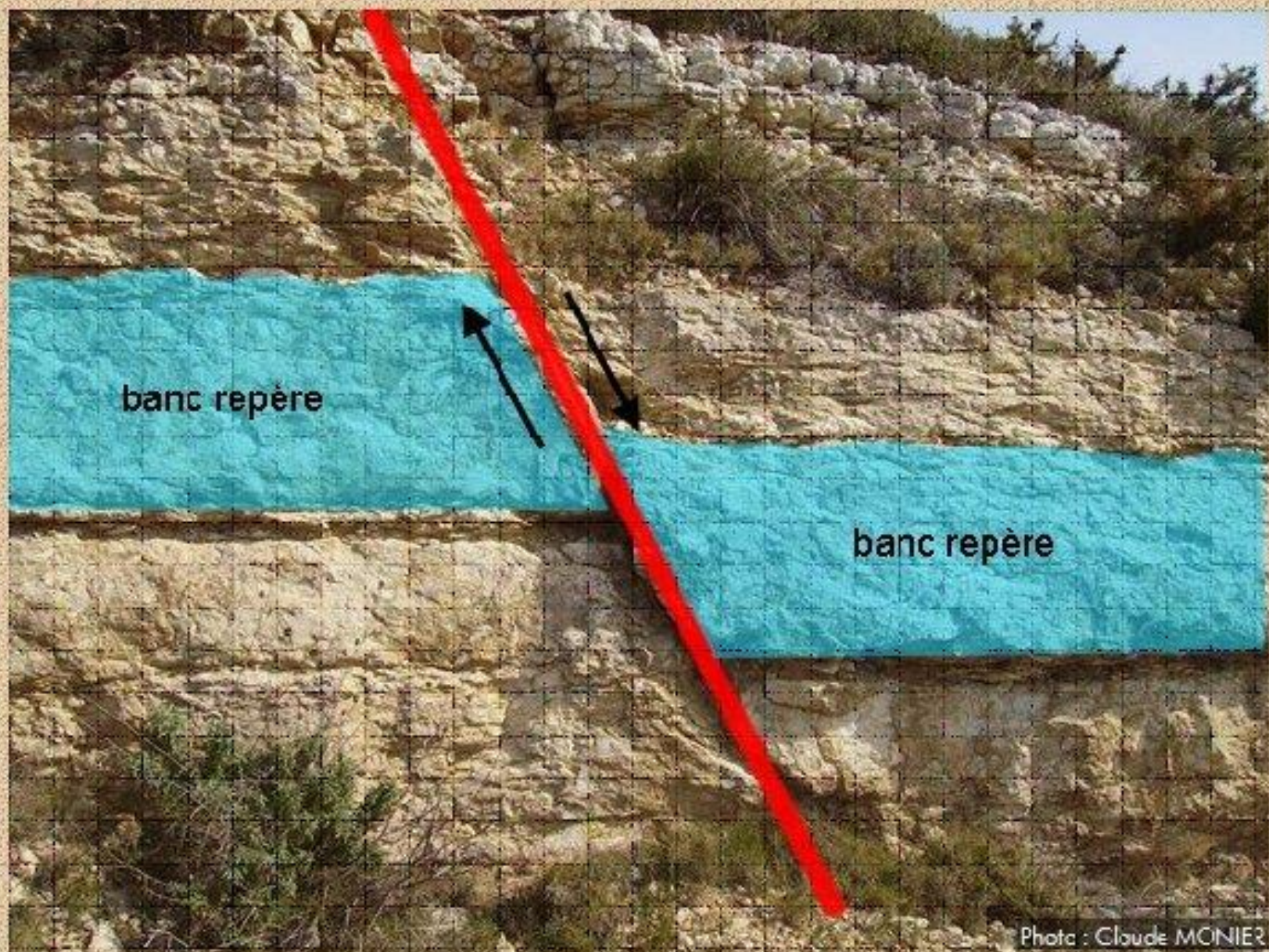
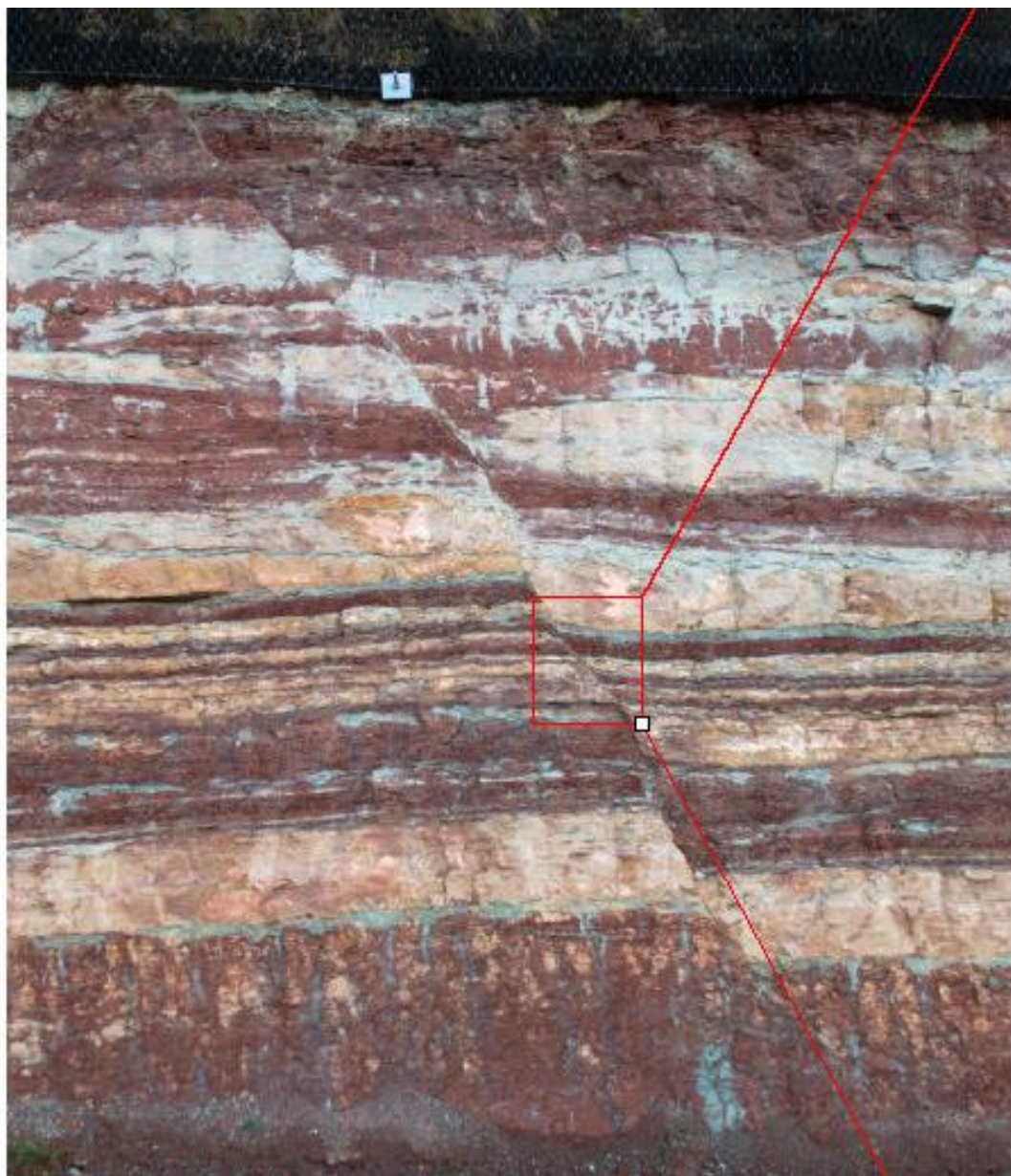


Photo : Claude MONIER









Thème : Les continents et leur dynamique.

Chapitre 2. La formation d'une chaîne de montagnes.

I. 1^{ère} étape : la déchirure continentale.

II. 2^{ème} étape : l'expansion océanique.

III. 3^{ème} étape : La subduction.

IV. 4^{ème} étape : Collision et subduction continentale.

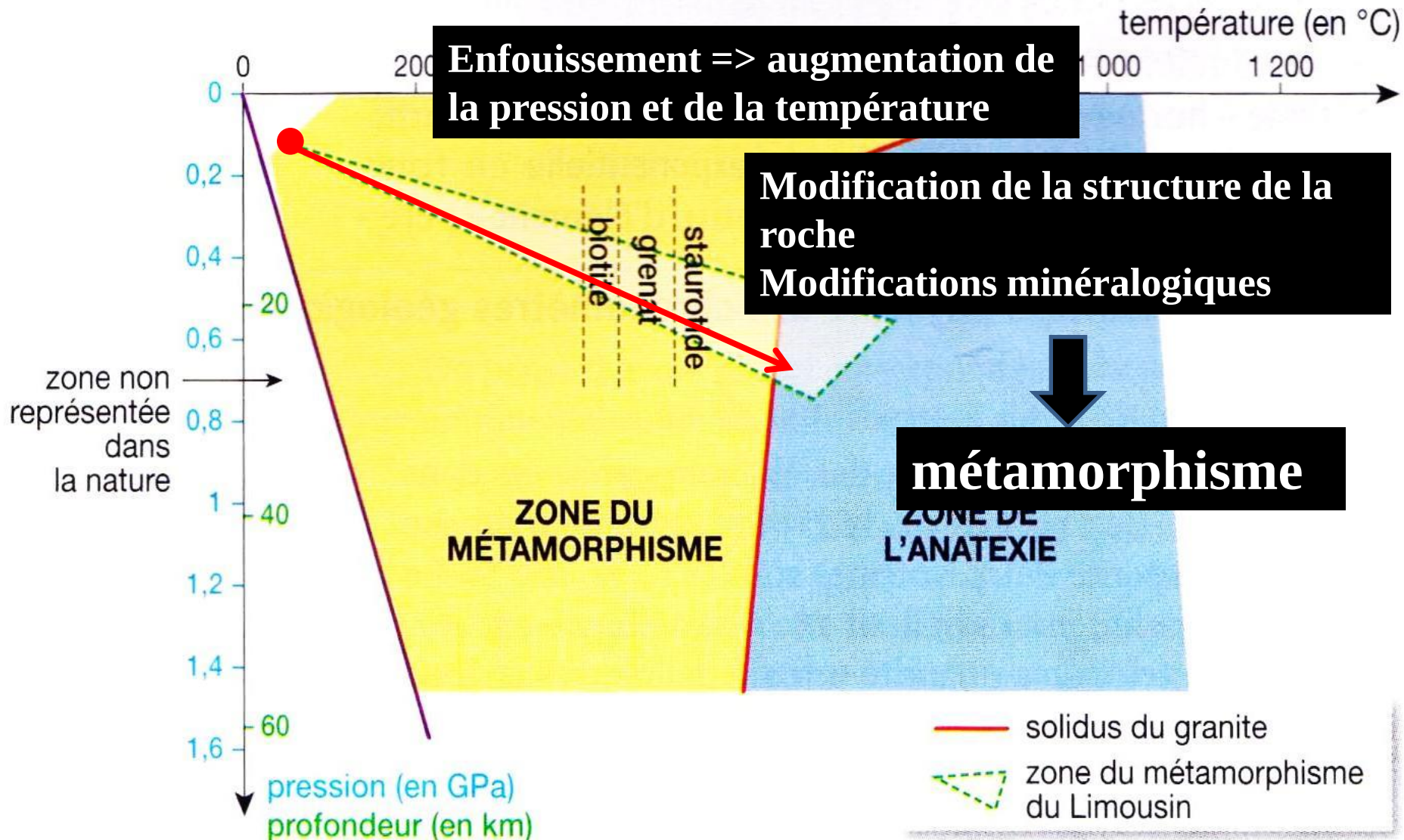
A. Les conséquences de l'affrontement des 2 lithosphères continentales.

1. Les conséquences tectoniques de l'affrontement.

2. Les conséquences pétrographiques de l'épaississement.

Métamorphisme des roches de la croûte continentale

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



des roches de la croûte continentale

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



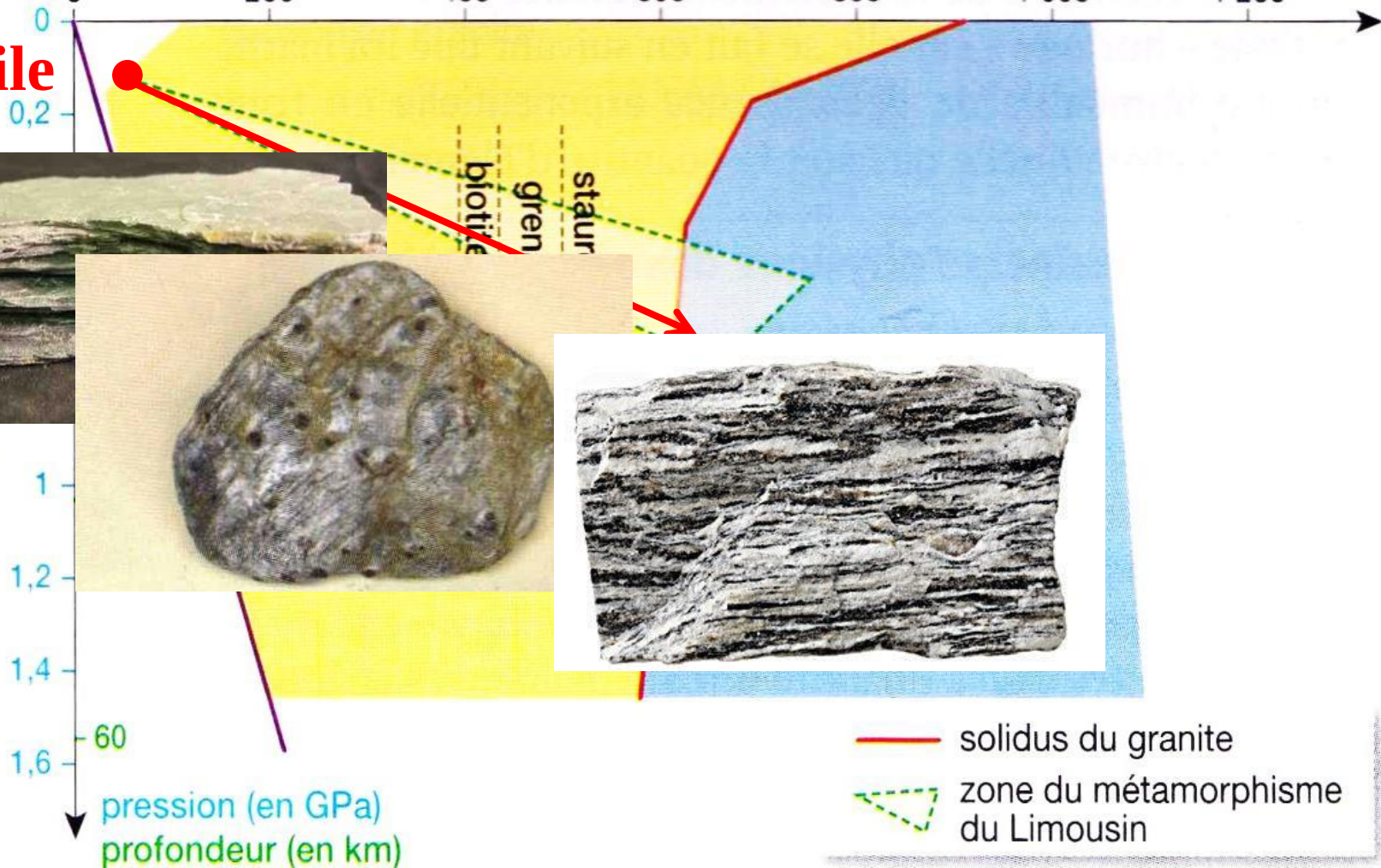
température (en °C)

400 600 800 1 000 1 200

Argile



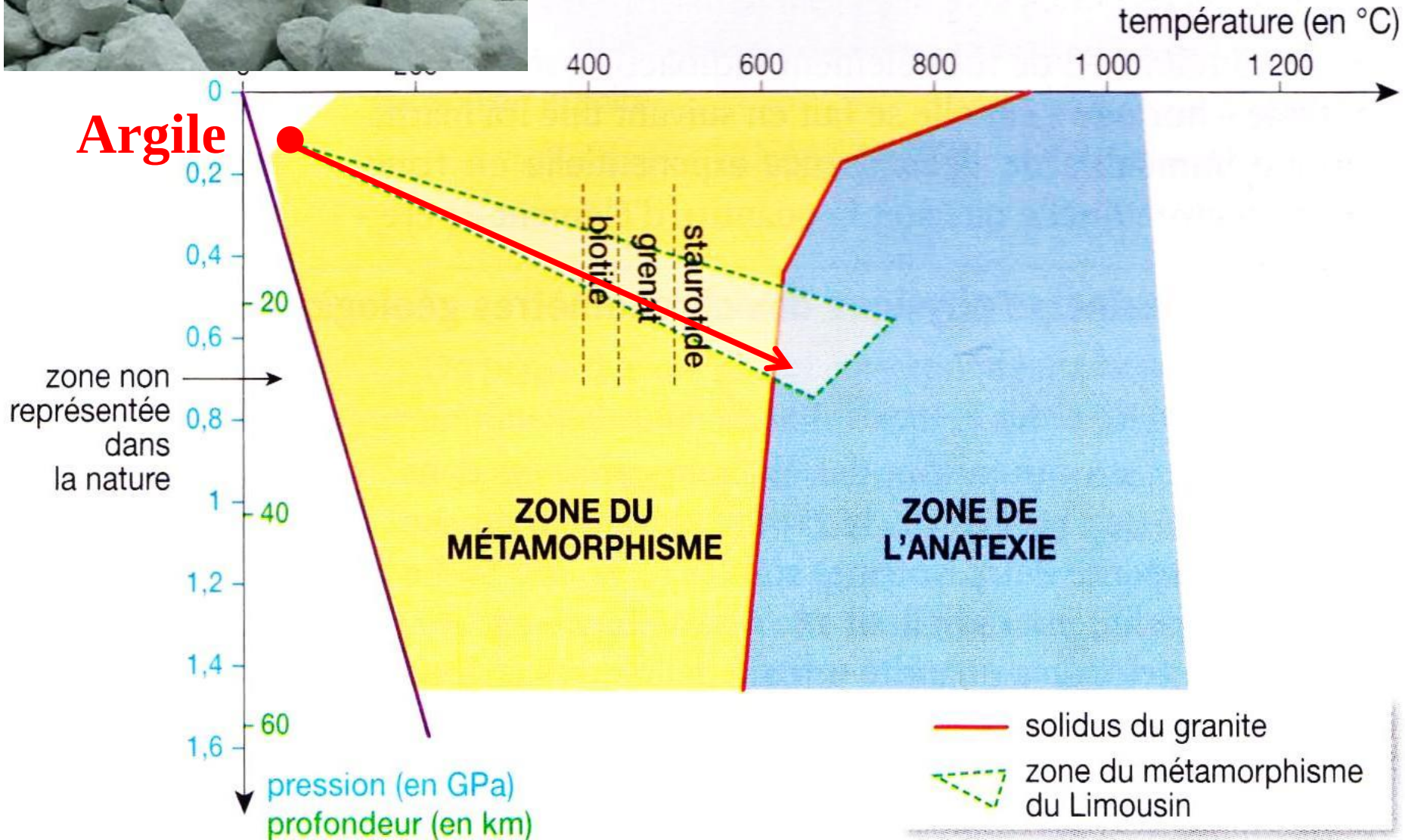
dans
la nature



des roches de la croûte continentale

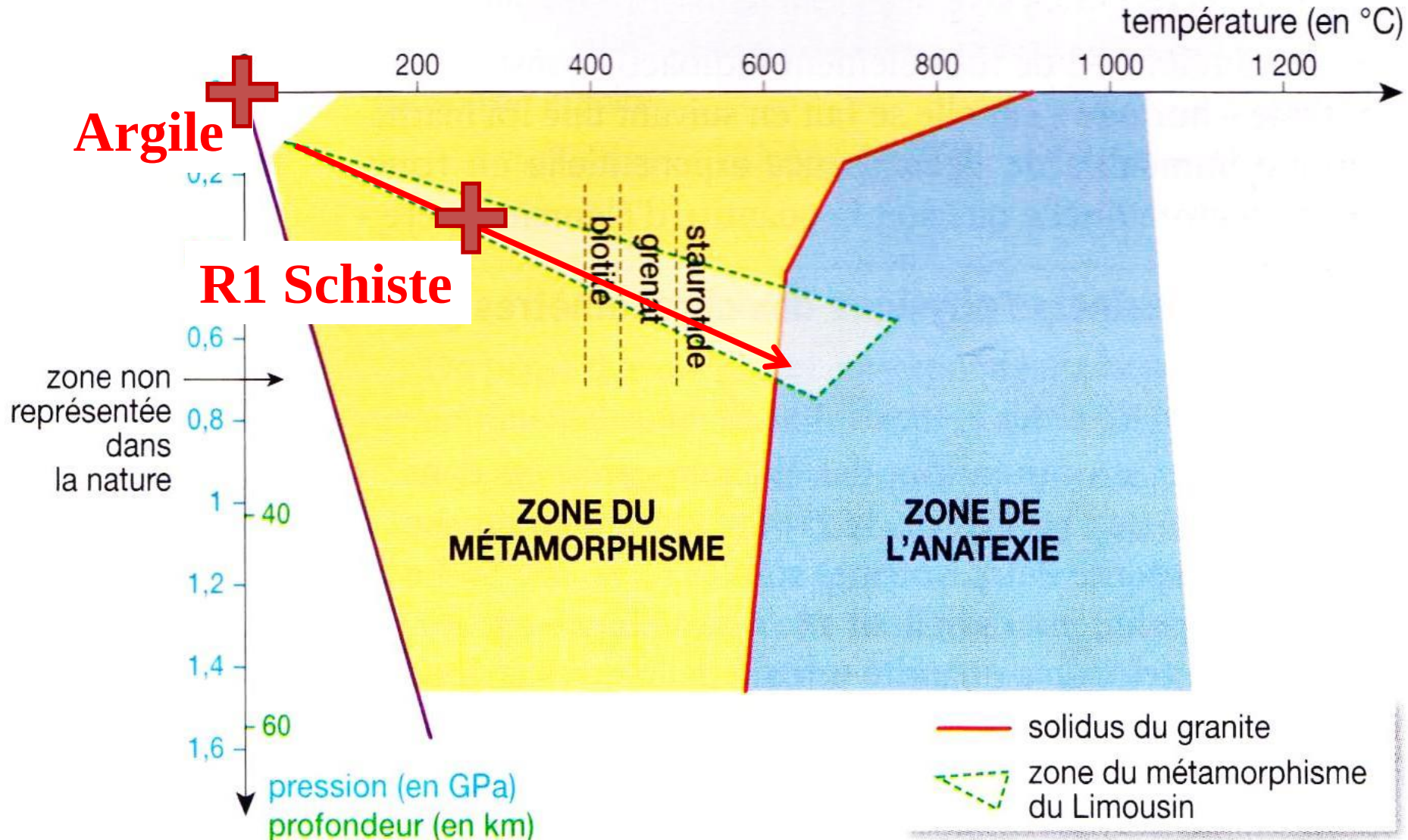


P-T : zones du métamorphisme et de l'anatexie

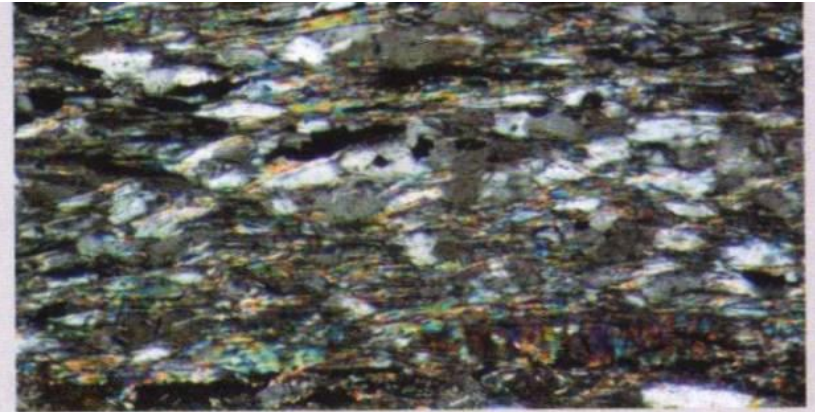


Le schiste, une roche métamorphique

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



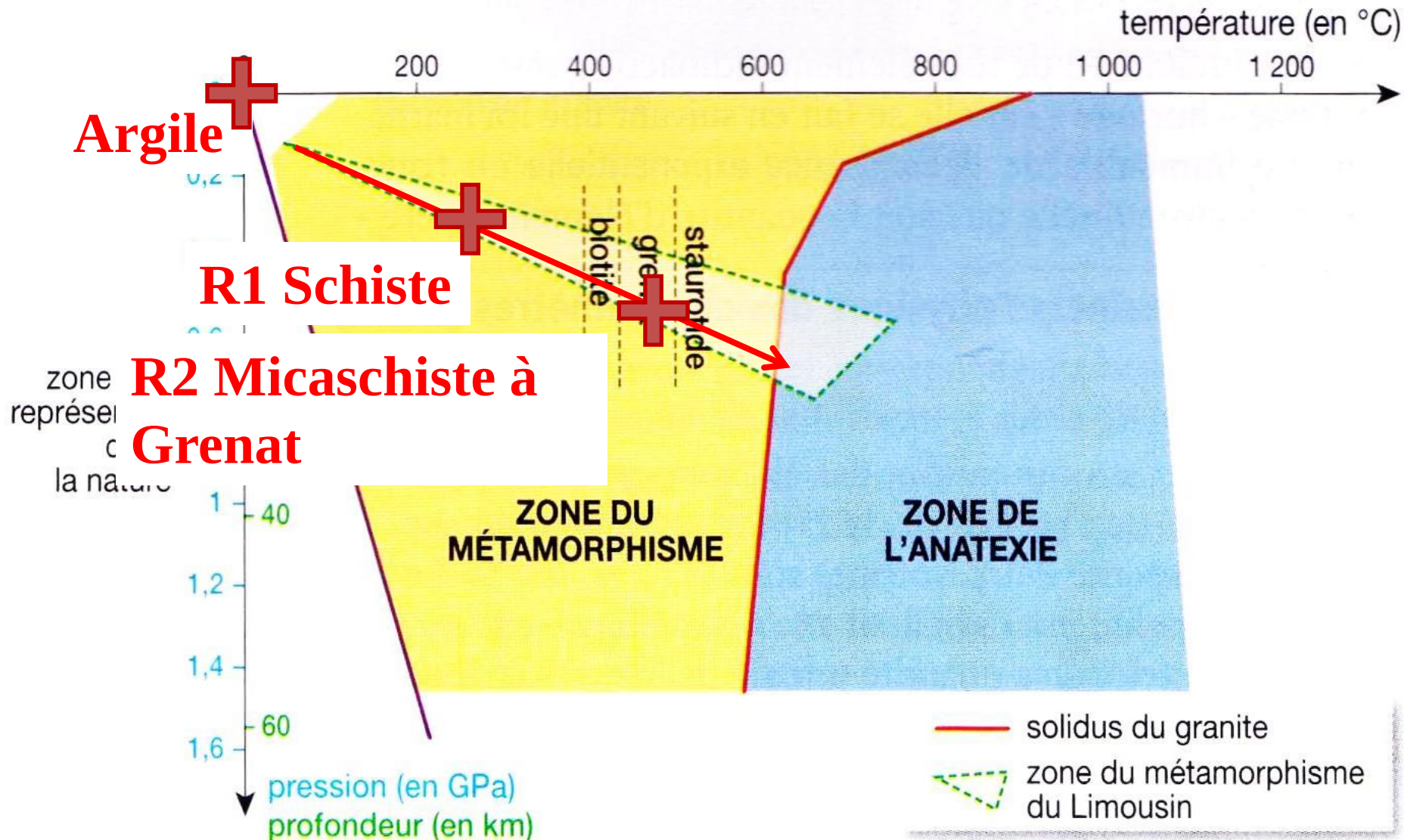
Le schiste, une roche métamorphique



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.

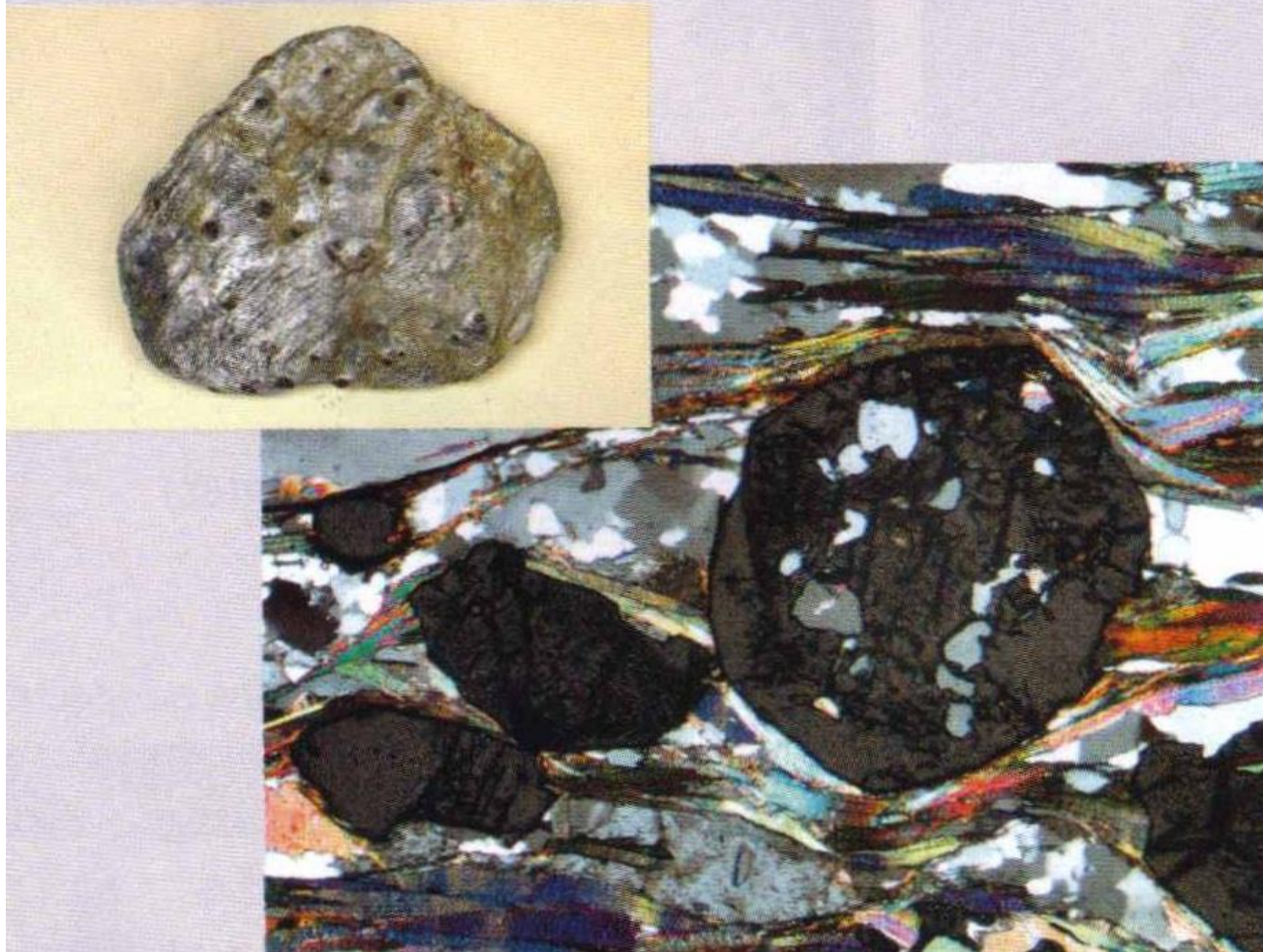
Le schiste, une roche métamorphique

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



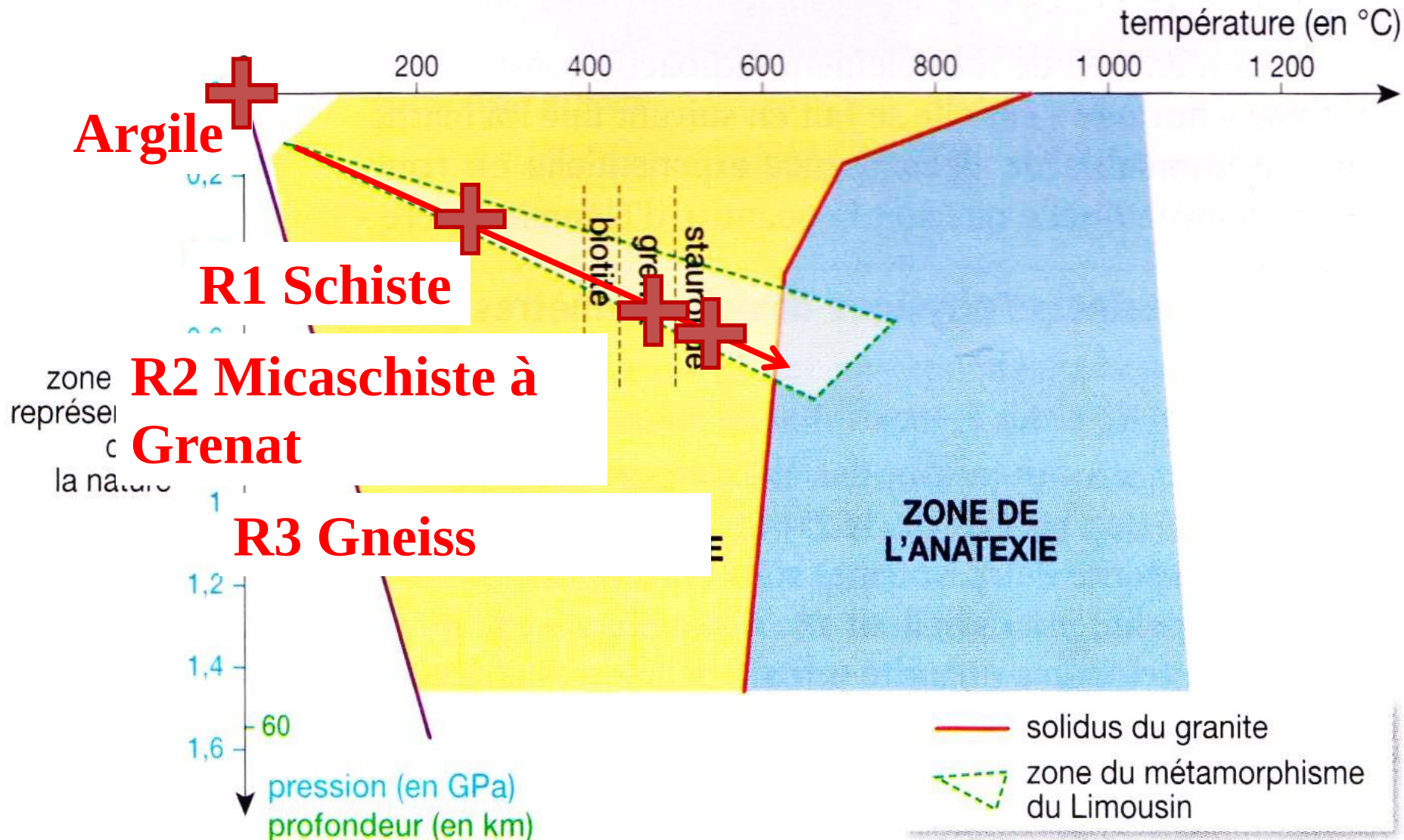
Le micaschiste à grenat, une roche métamorphique

Roche R2 : micaschiste à grenat



Le schiste, une roche métamorphique

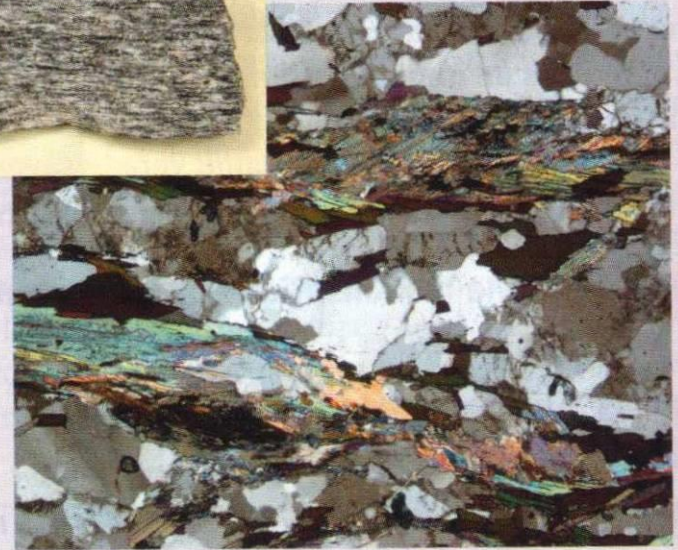
Diagramme P-T : zones du métamorphisme et de l'anatexie



gneiss

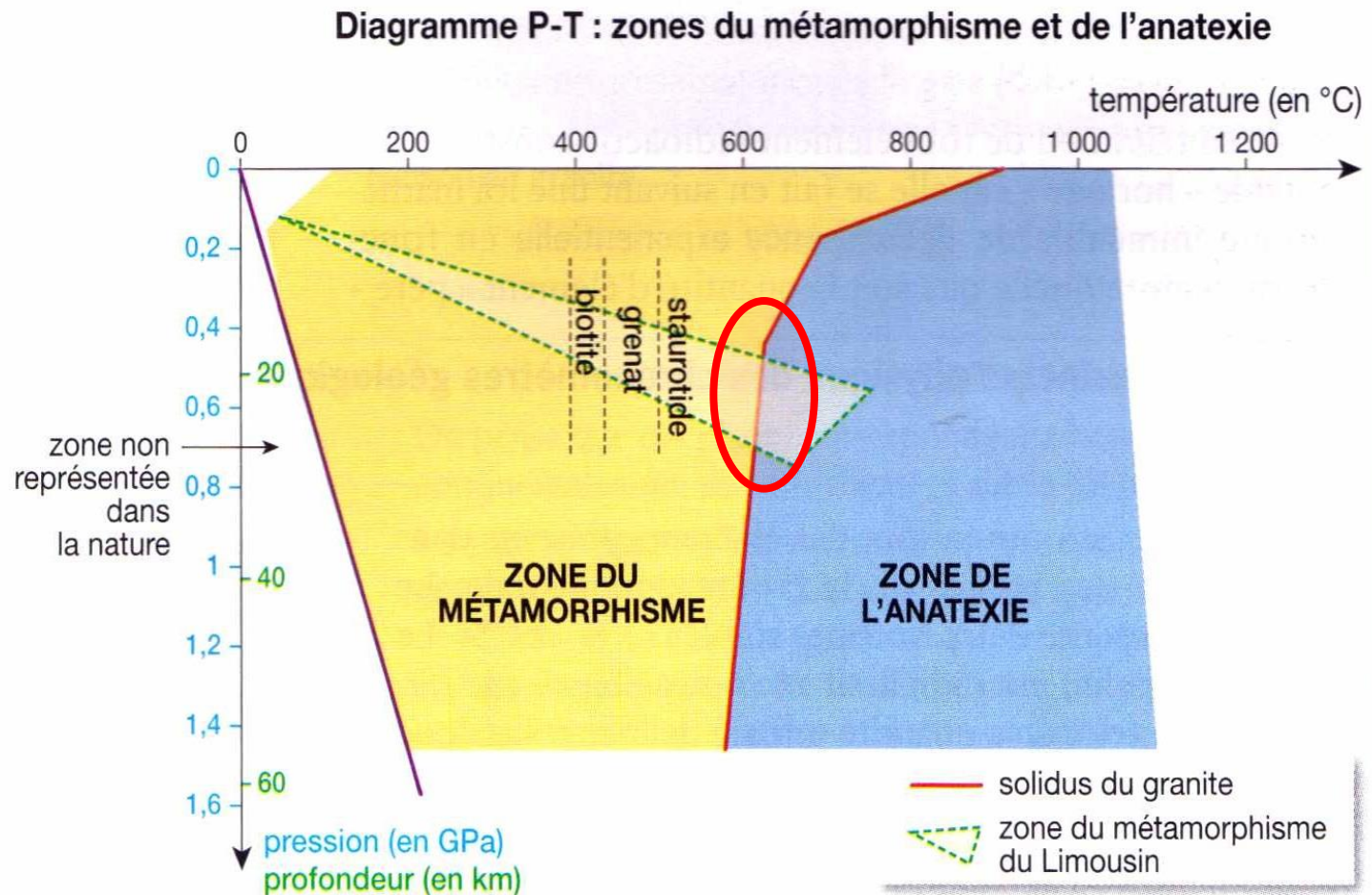


Roche R3 : gneiss gris



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.

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 staurotide.

Les migmatites, des roches résultant de l'anatexie

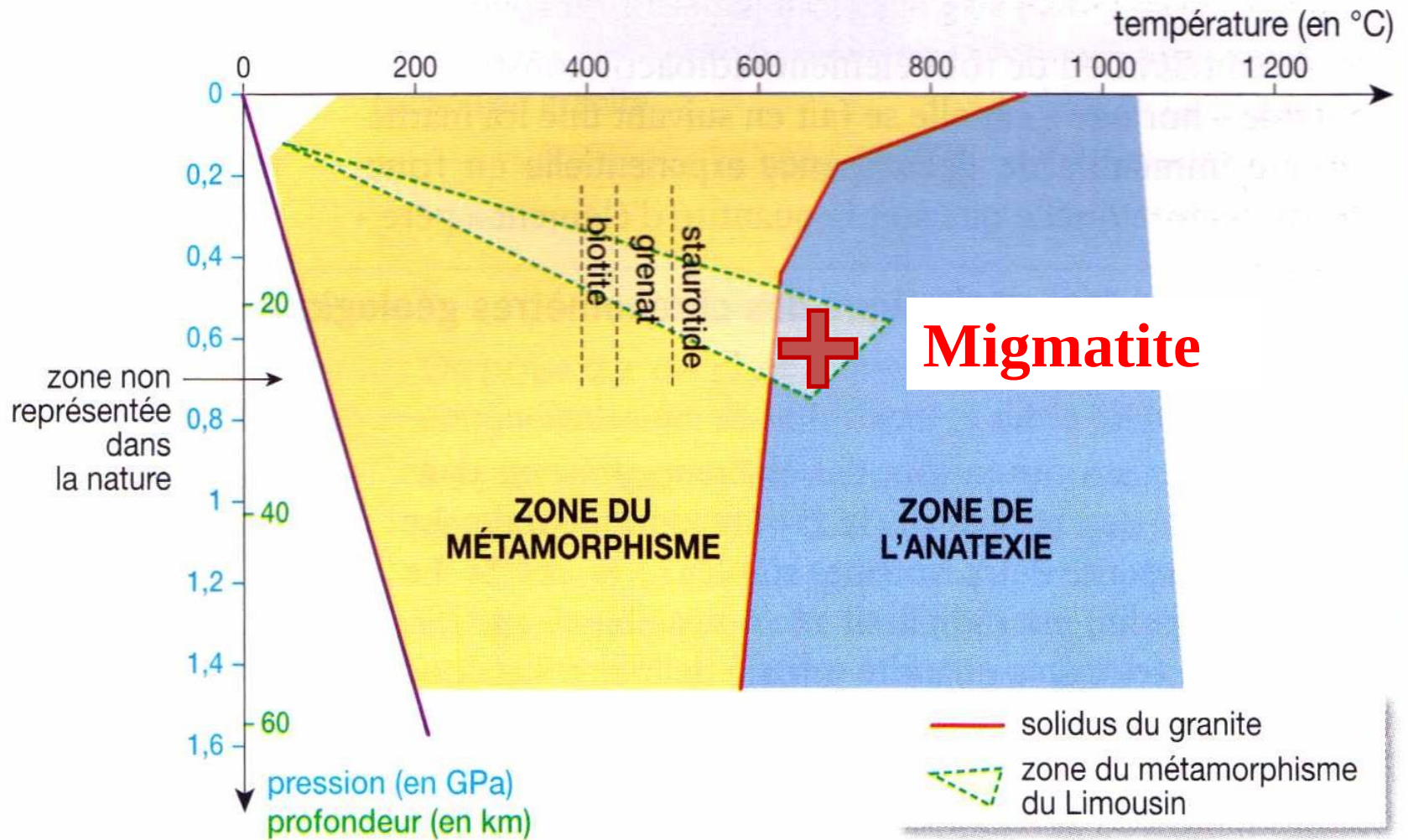
Bordure sombre → minéraux réfractaire à la fusion → température insuffisante.

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



Franchissement du solidus et début de la fusion partielle

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



Thème : Les continents et leur dynamique.

Chapitre 2. La formation d'une chaîne de montagnes.

I. 1^{ère} étape : la déchirure continentale.

II. 2^{ème} étape : l'expansion océanique.

III. 3^{ème} étape : La subduction.

IV. 4^{ème} étape : Collision et subduction continentale.

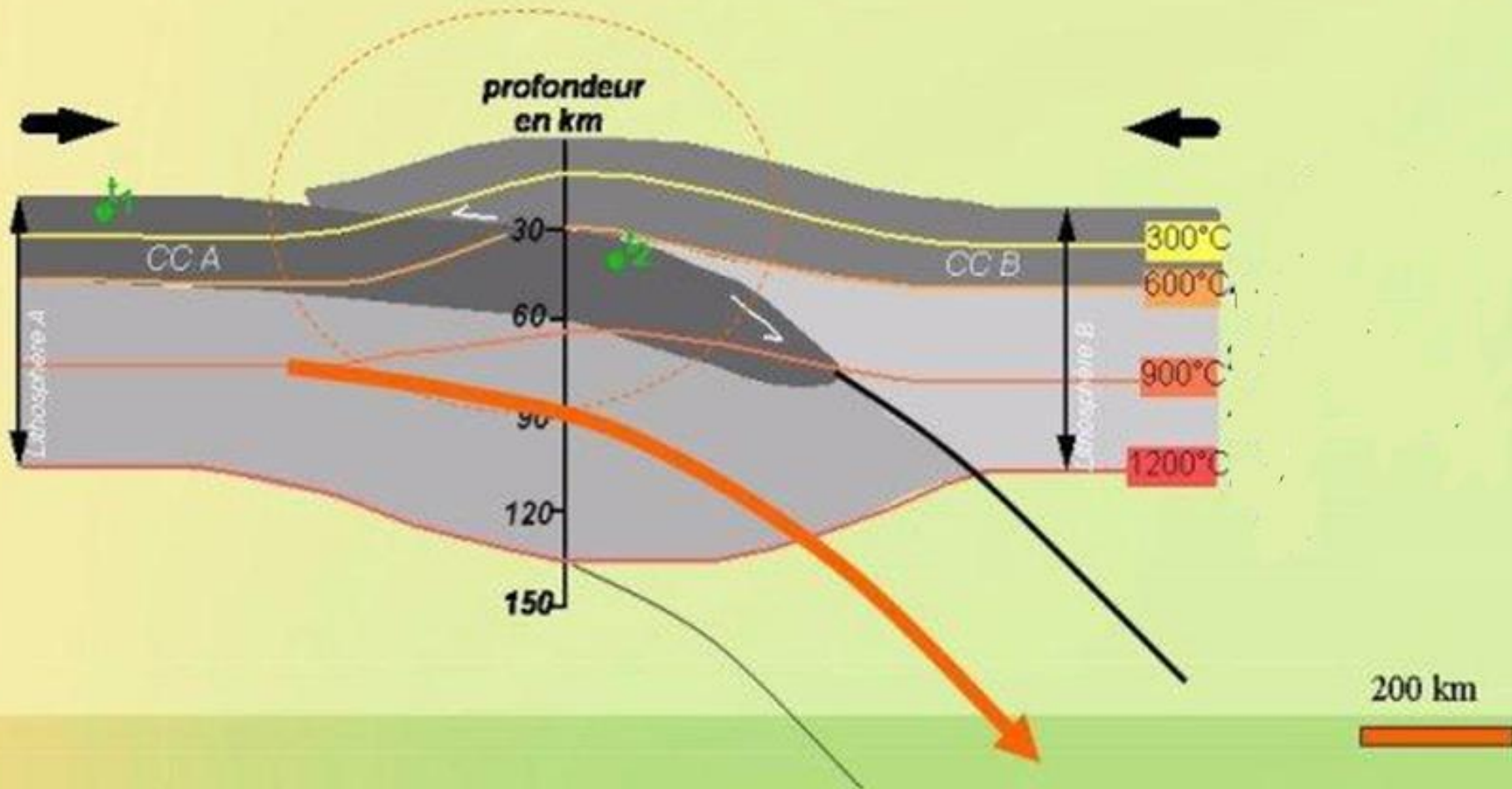
A. Les conséquences de l'affrontement des 2 lithosphères continentales.

1. Les conséquences tectoniques de l'affrontement.

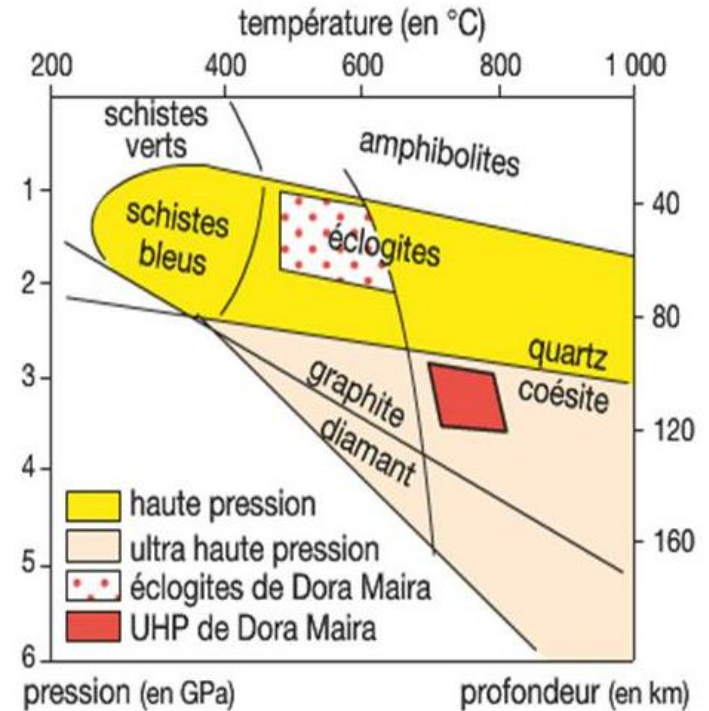
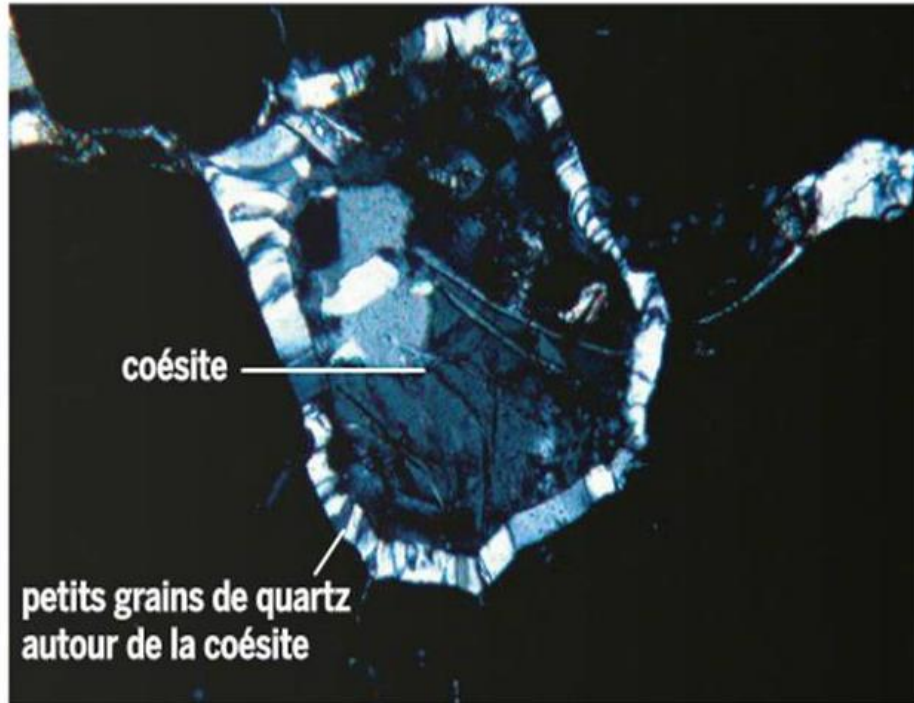
2. Les conséquences pétrographiques de l'épaississement.

3. Un début de subduction continentale.

La subduction continentale



Formation de minéraux d'ultra haute pression



Thème : Les continents et leur dynamique.

Chapitre 2. La formation d'une chaîne de montagnes.

I. 1^{ère} étape : la déchirure continentale.

II. 2^{ème} étape : l'expansion océanique.

III. 3^{ème} étape : La subduction.

IV. 4^{ème} étape : Collision et subduction continentale.

A. Les conséquences de l'affrontement des 2 lithosphères continentales.

1. Les conséquences tectoniques de l'affrontement.

2. Les conséquences pétrographiques de l'épaississement.

3. Un début de subduction continentale.

B. Les témoins de la collision et de la subduction continentale retrouvés dans les Alpes.

Dans les Alpes, on retrouve : des failles inverses ...

Pli-faille à saint Rambert en Bugey



Photographie Pierre Thomas

Dans les Alpes, on retrouve : des plis ...



Zones plus ductiles...

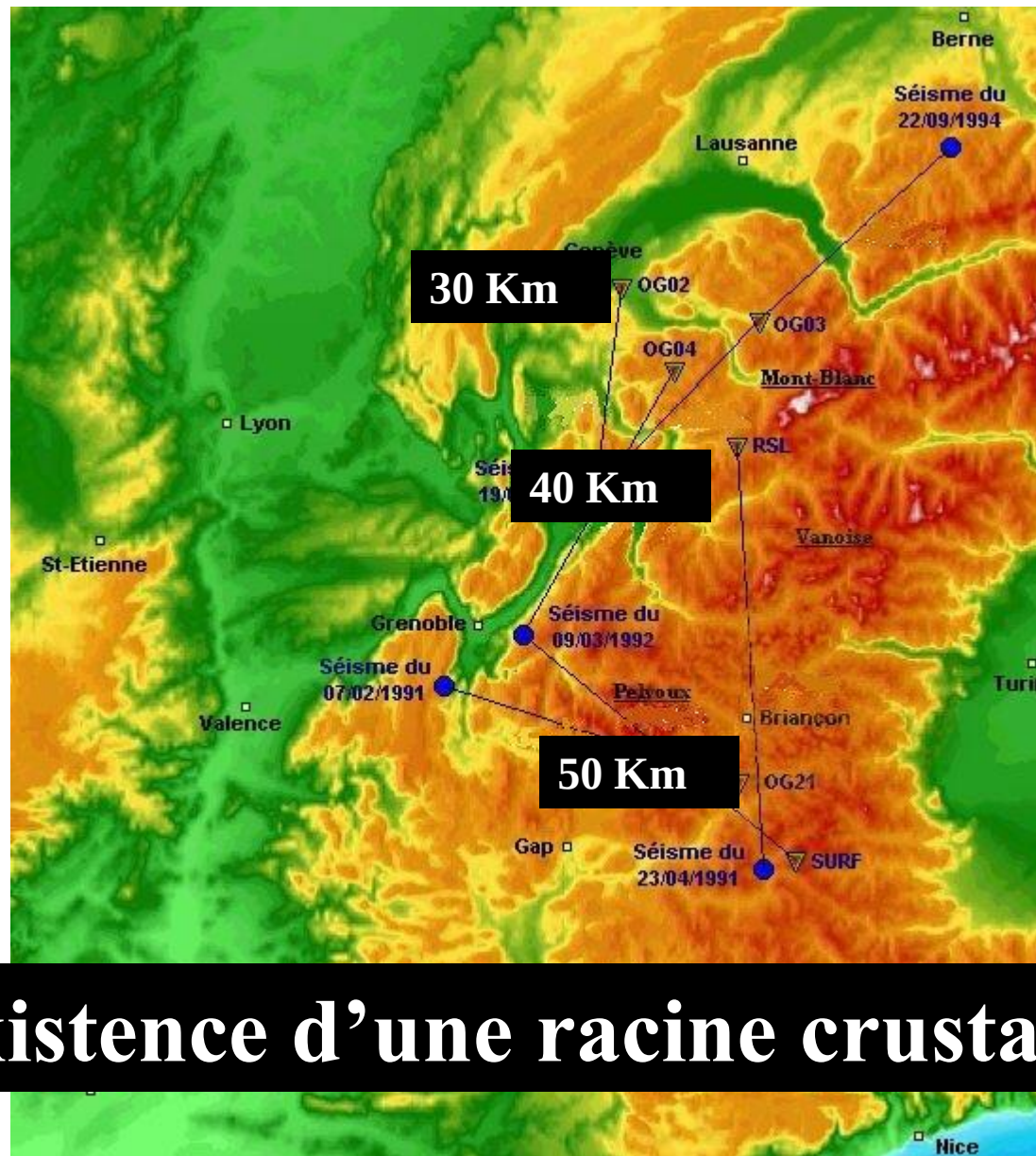
...déformations plus souples : plis

Dans les Alpes, on retrouve : des nappes de charriage ...

Nappe de Glaris dans les Alpes suisses



Dans les Alpes, on retrouve : une racine crustale témoin d'un épaississement ...



Existence d'une racine crustale

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



**Micaschiste
(Belledonne)**

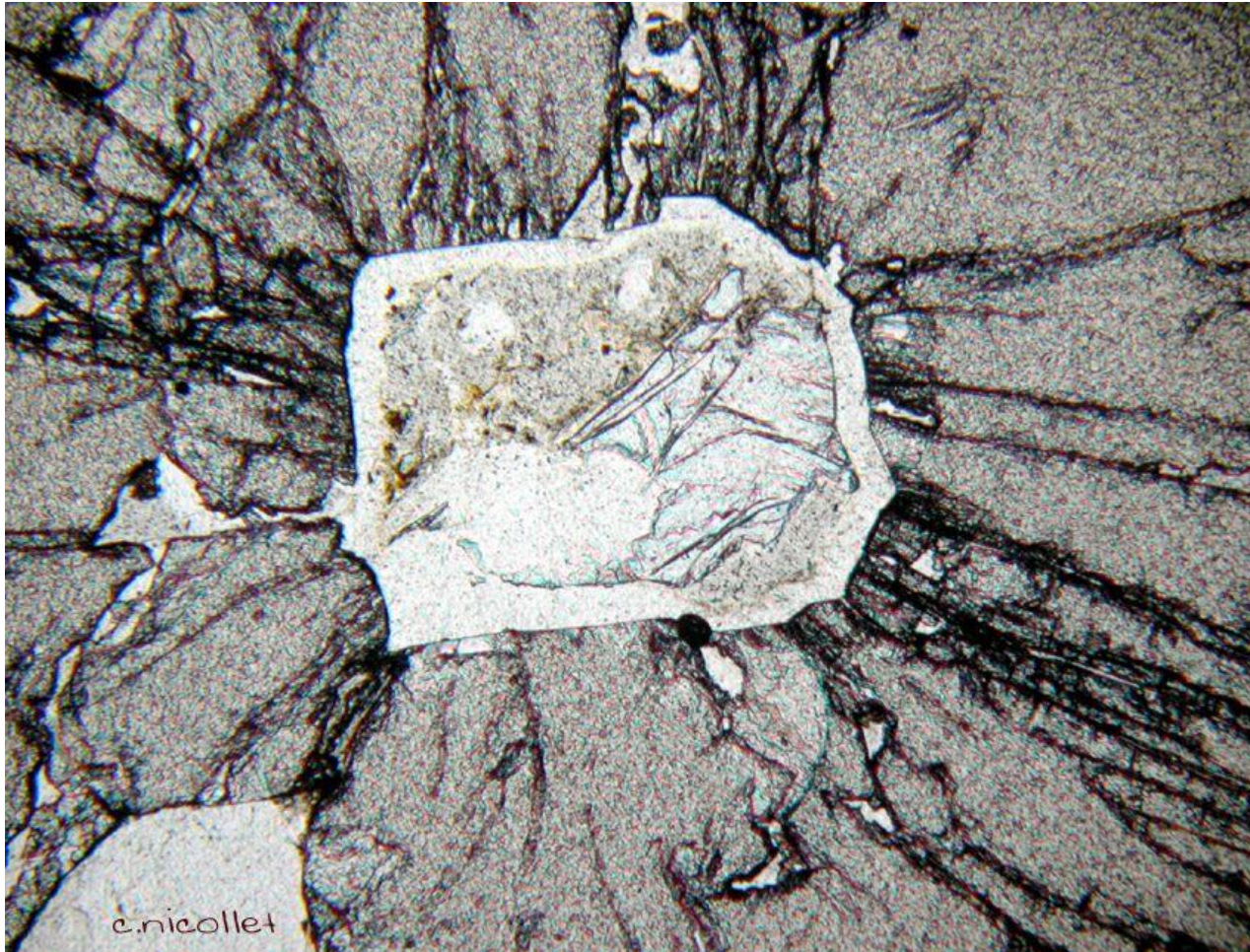


Micaschiste à grenat (Mont Blanc)



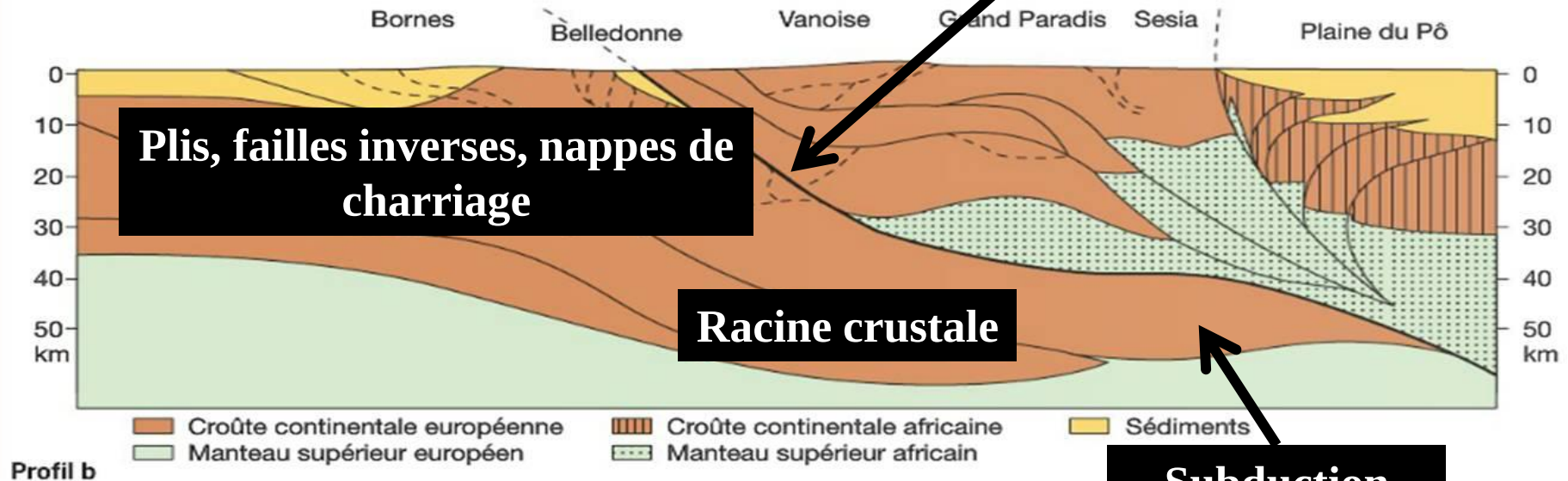
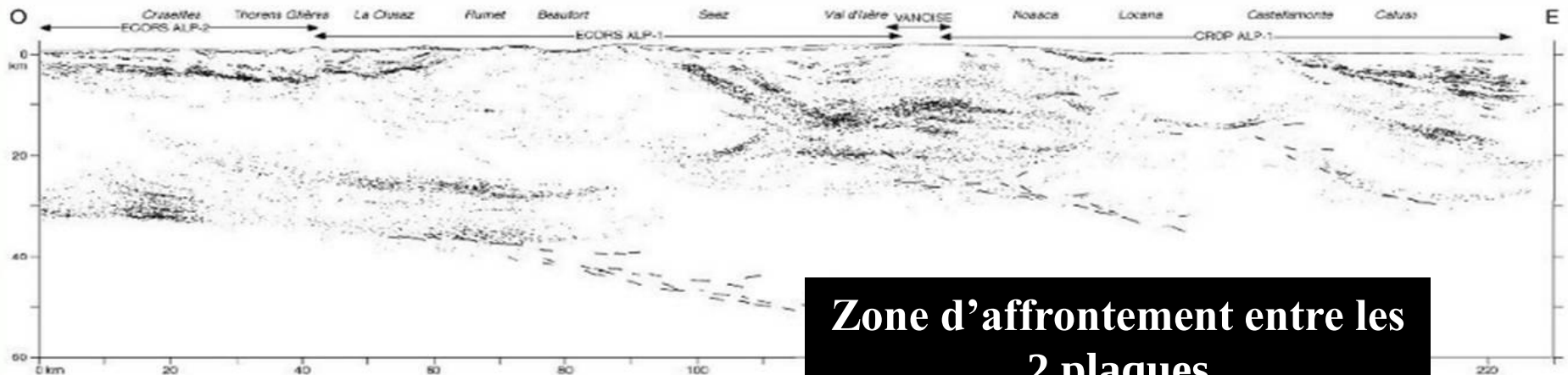
Gneiss (Mercantour)

Dans les Alpes, on retrouve : de la coésite témoin de la subduction continentale

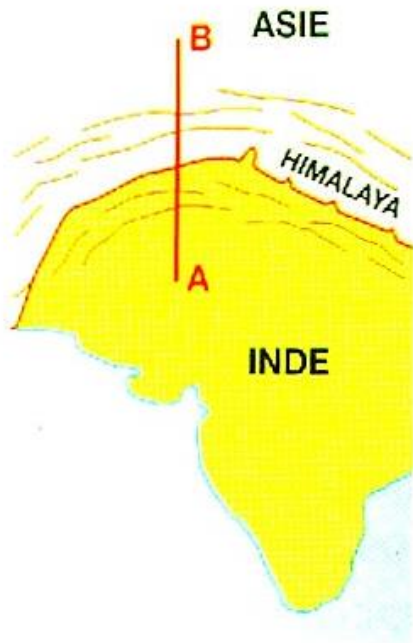


Coésite (Dora Maira)

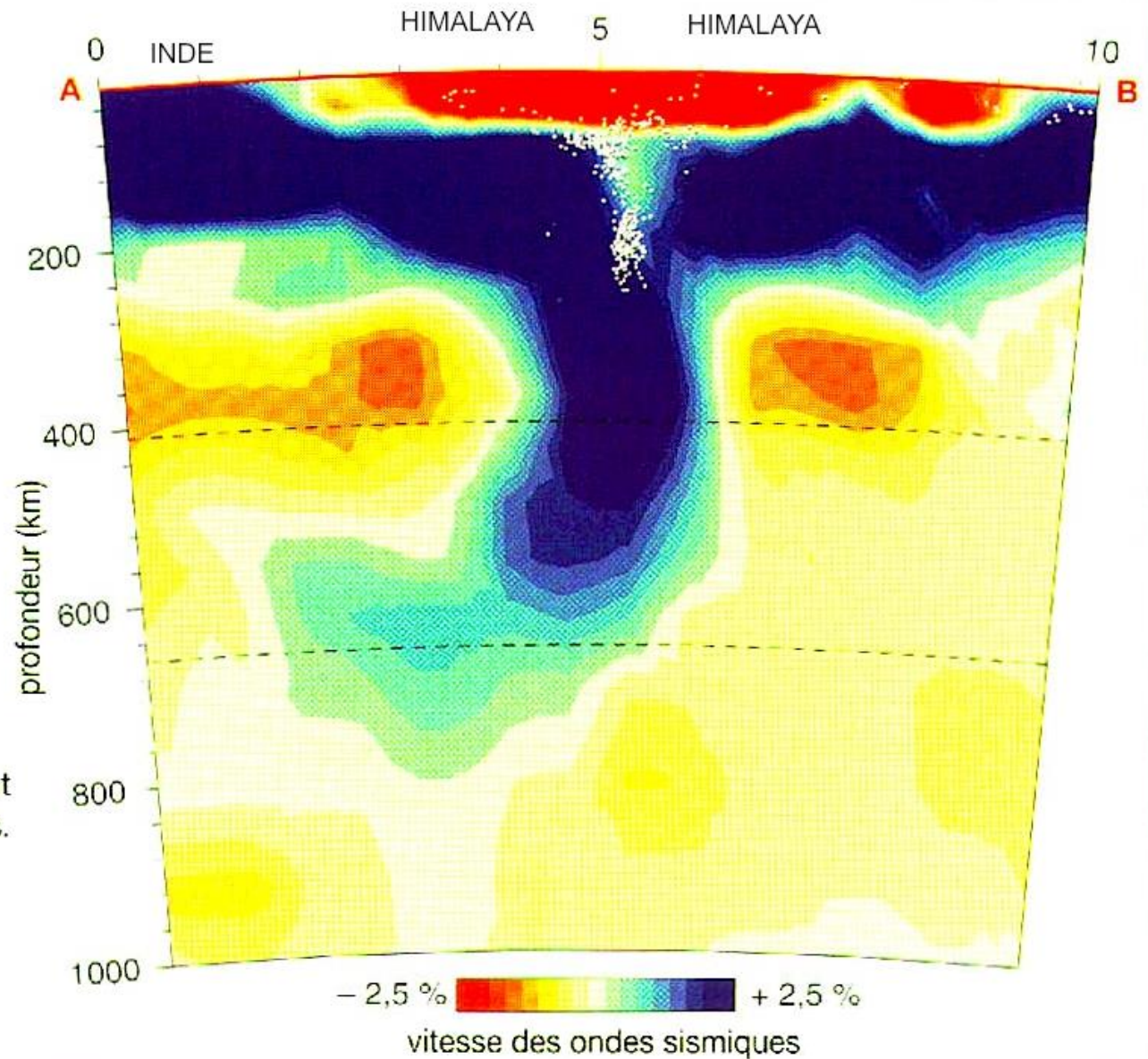
Collision et subduction continentale confirmées par des données sismiques



Une subduction continentale sur une grande profondeur

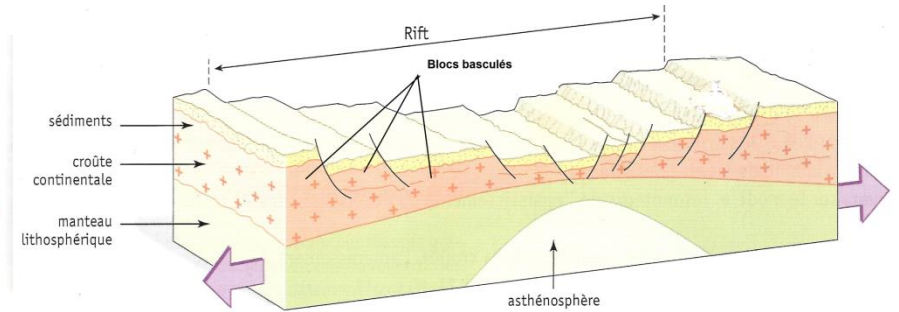
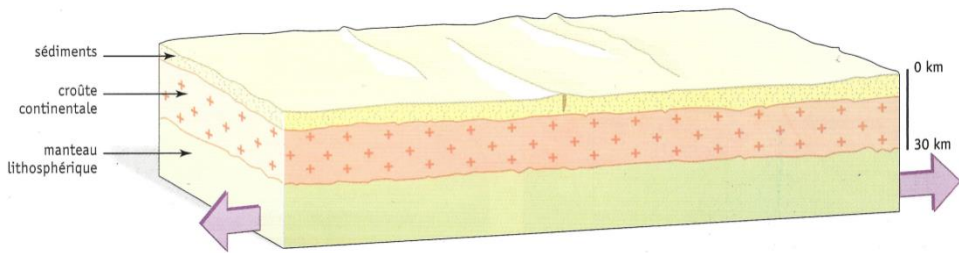


Les points blancs correspondent aux foyers des principaux séismes.

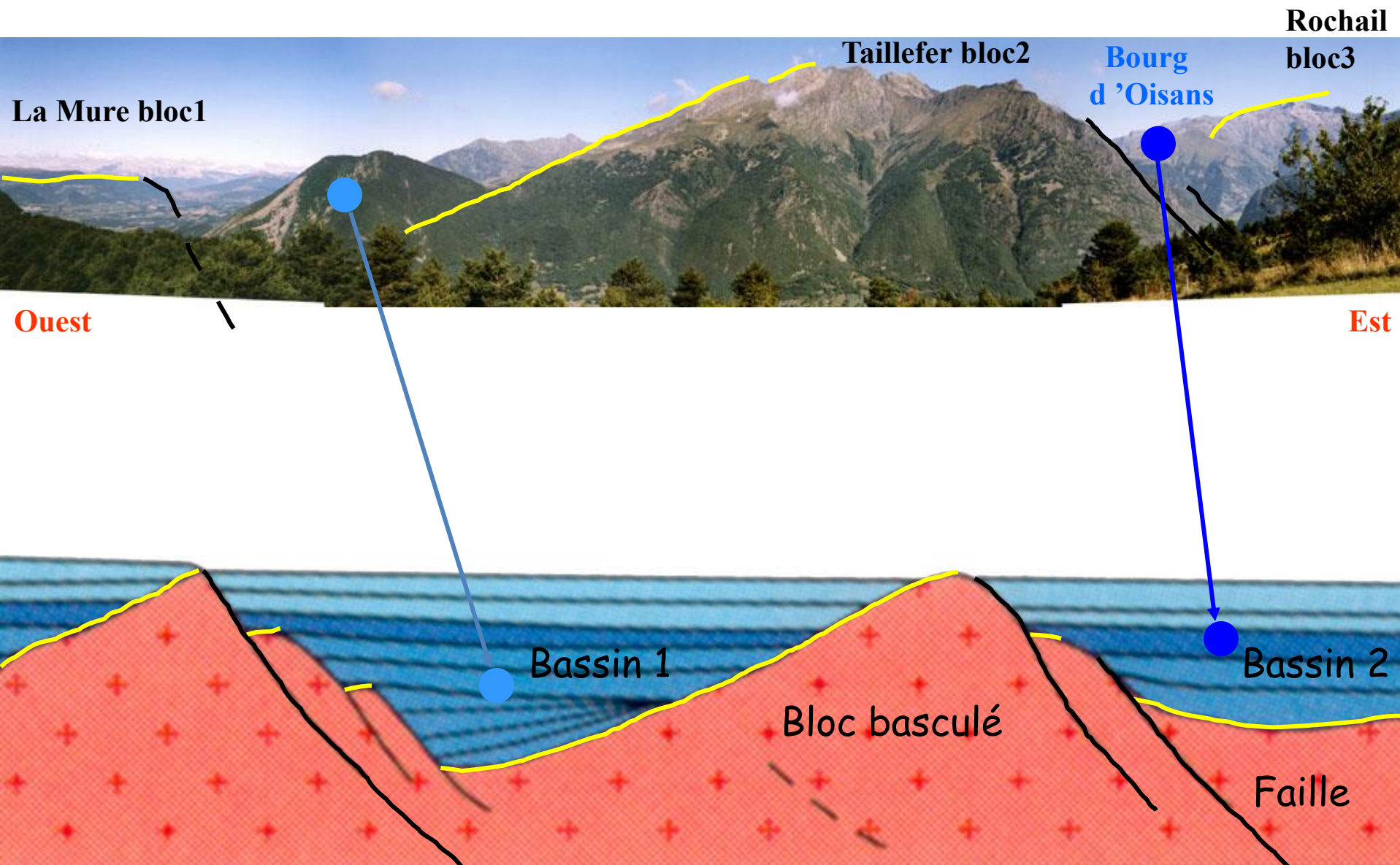


Conclusion

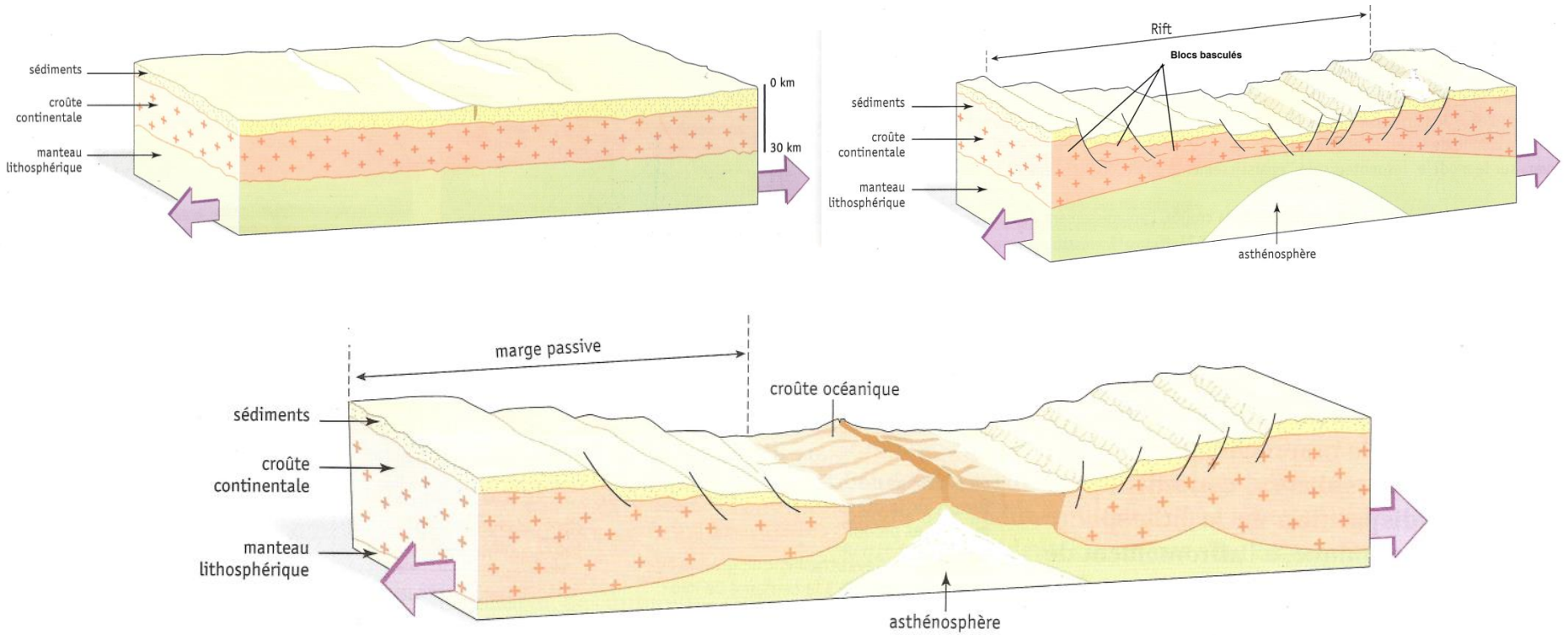
Scenario type de la formation d'une chaîne de montagnes



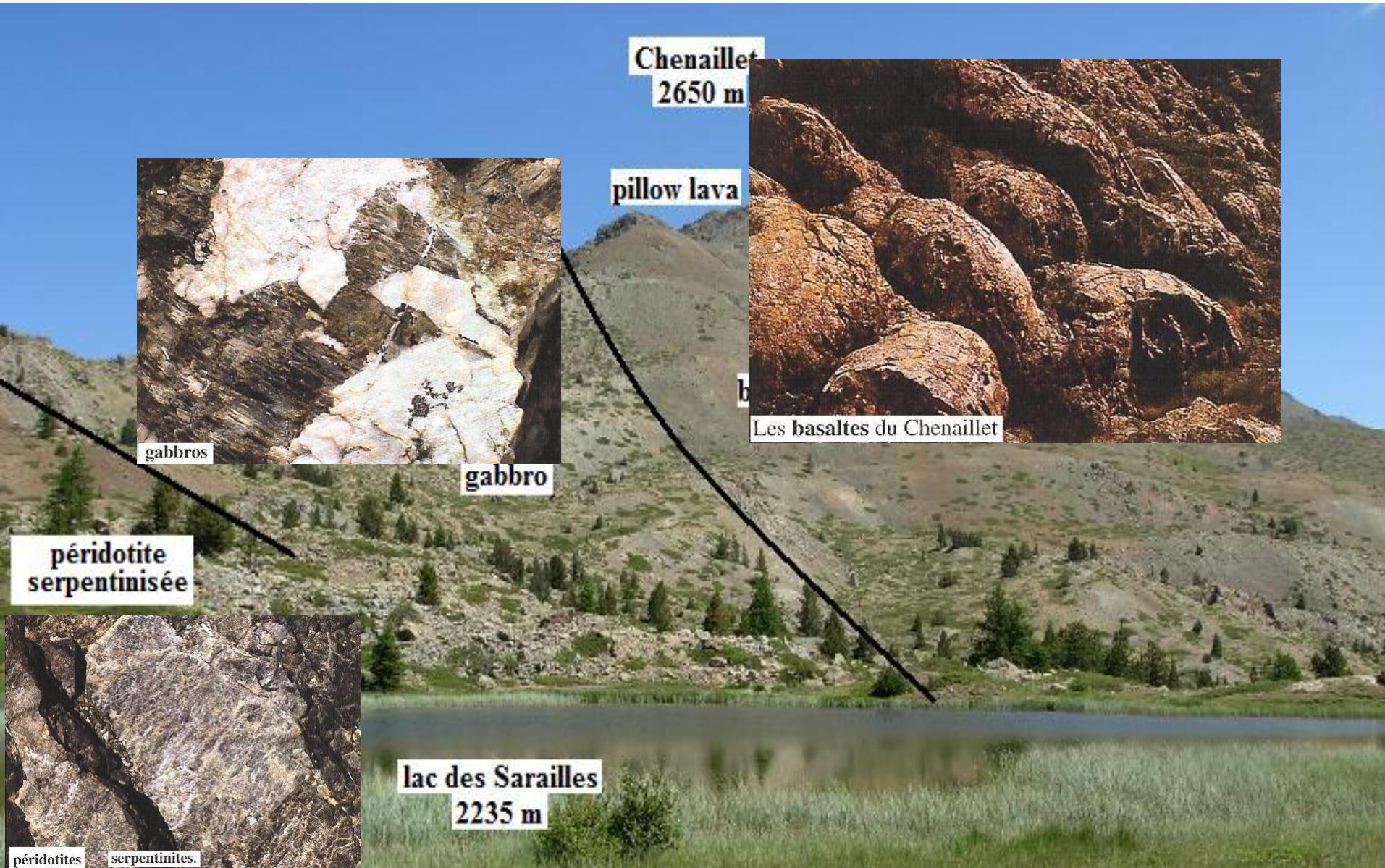
Dans les Alpes : blocs basculés et sédiments associés



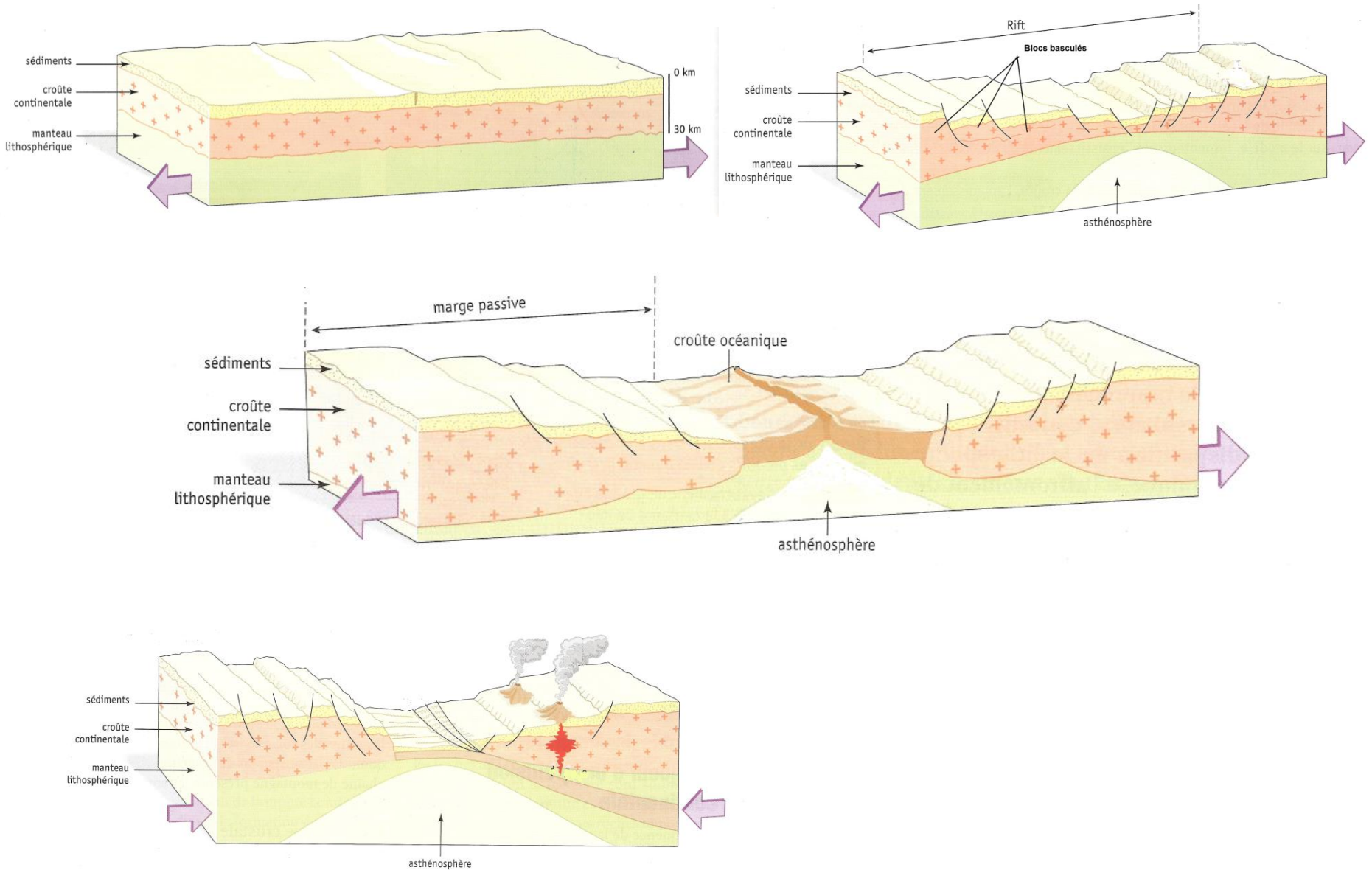
Scenario type de la formation d'une chaîne de montagnes



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

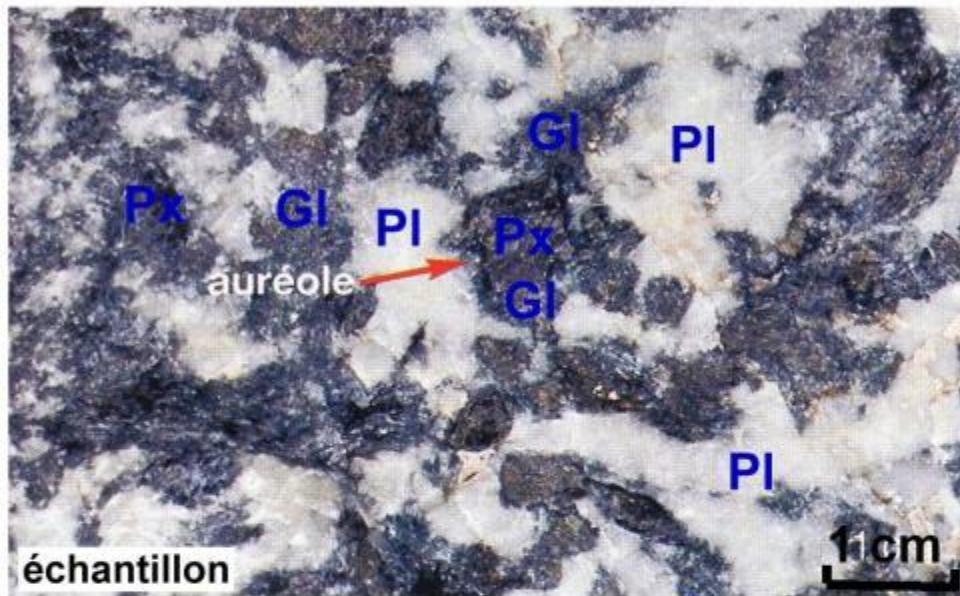


Scenario type de la formation d'une chaîne de montagnes



Dans les Alpes, des métagabbros caractéristiques du métamorphisme de subduction

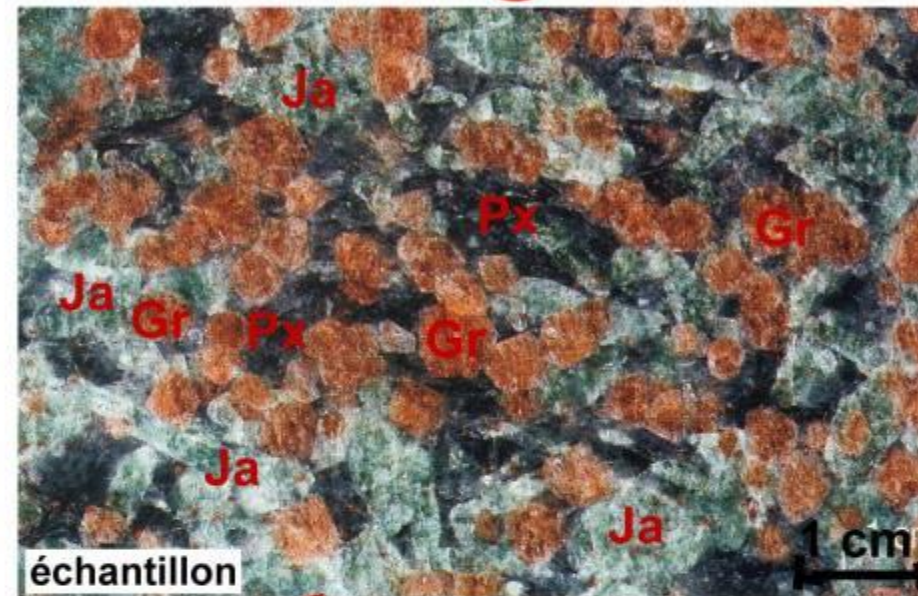
"Schiste bleu"



Métagabbro à glaucophane

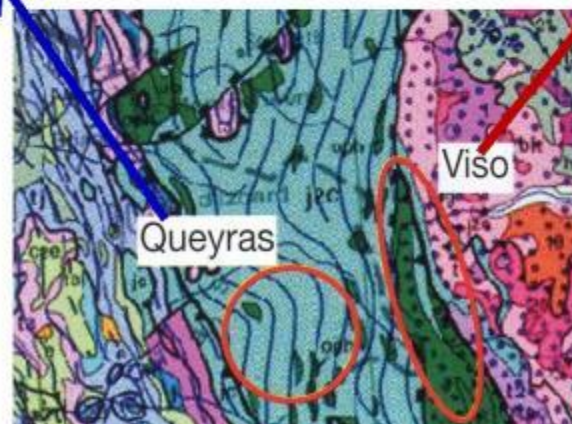
Px = pyroxène
Gl = glaucophane
Pl = feldspath plagioclase

"Eclogite"

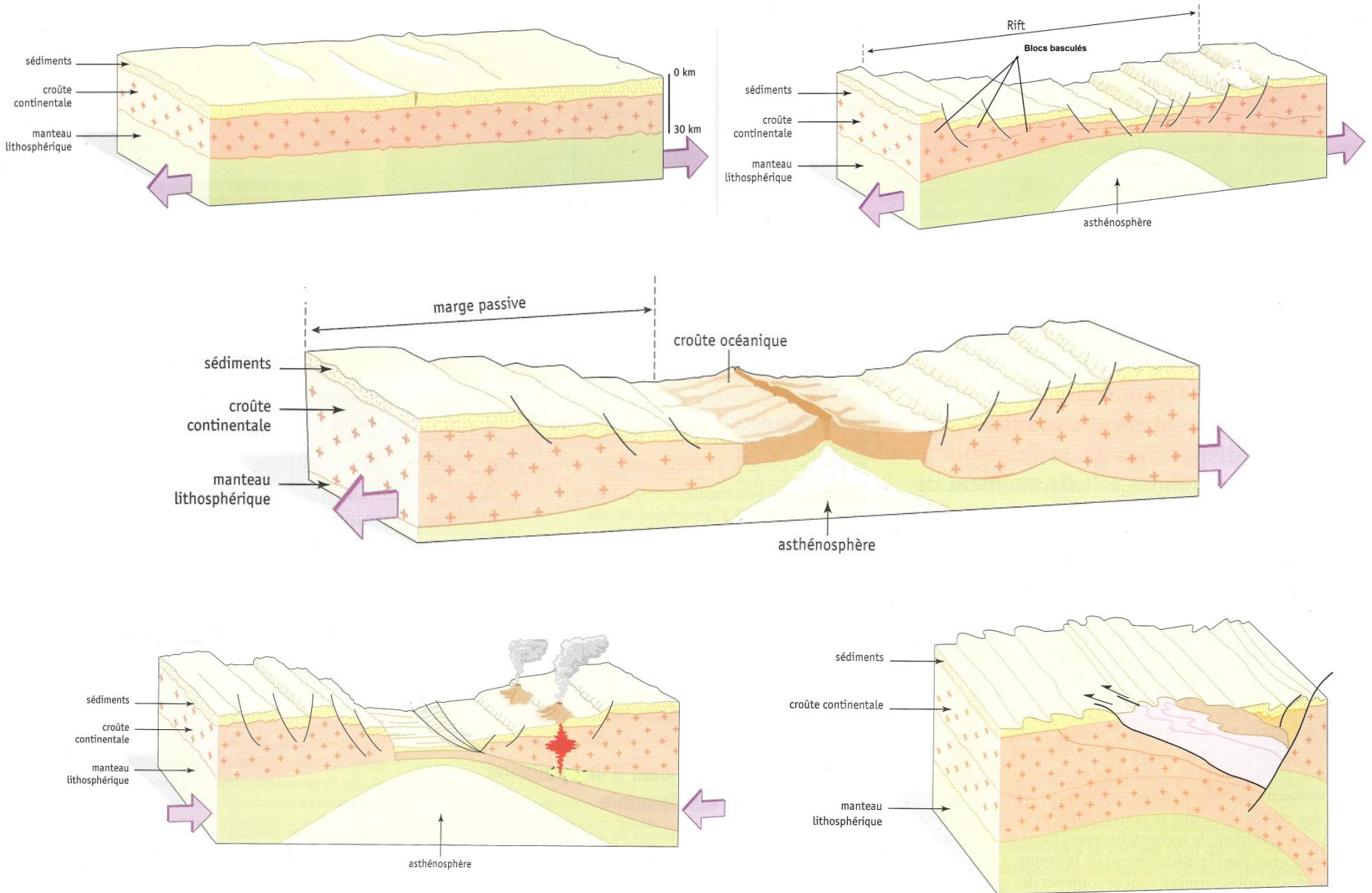


Métagabbro à jadéite et grenat

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



Scenario type de la formation d'une chaîne de montagnes

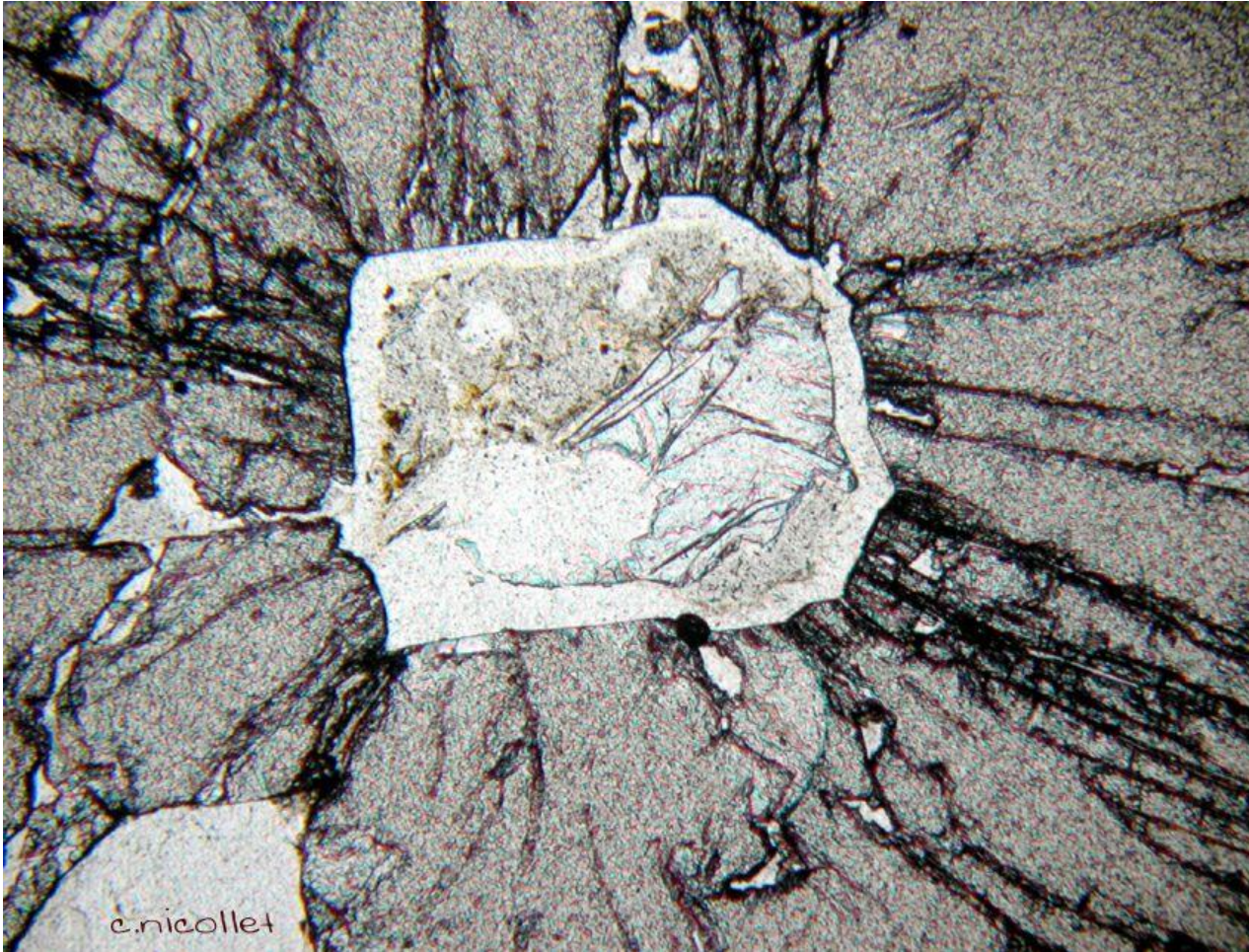


Dans les Alpes: des failles inverses, plis et nappes de charriage

Des roches métamorphiques formées pendant l'épaississement

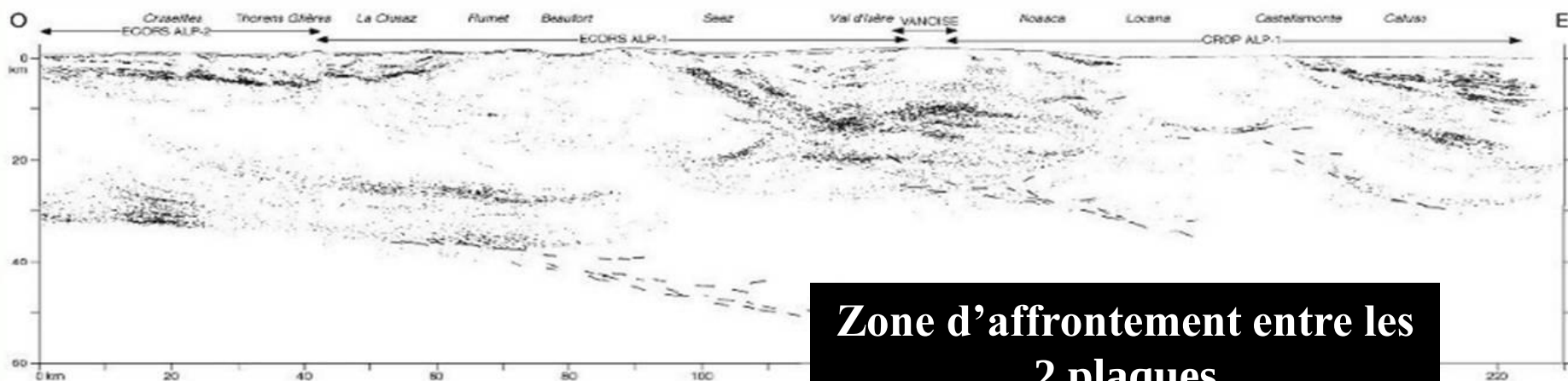


Dans les Alpes, : de la coésite témoin de la subduction continentale



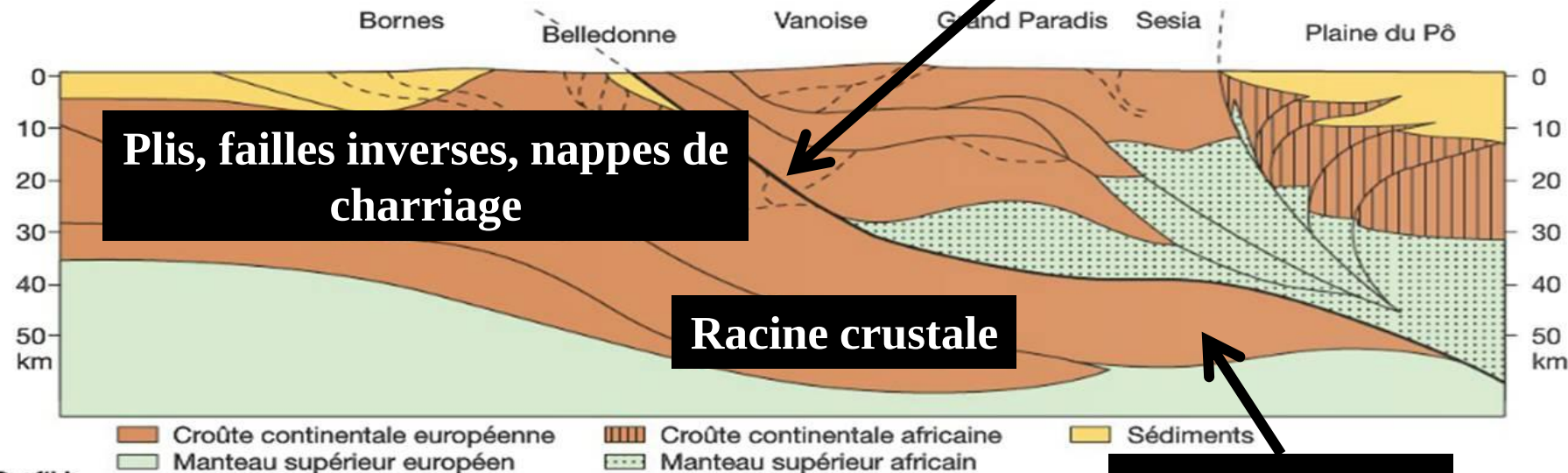
Coésite (Dora Maira)

Sous les Alpes : une structure profonde en accord avec le modèle



Profil a

Zone d'affrontement entre les 2 plaques



Profil b

Racine crustale

Subduction continentale