

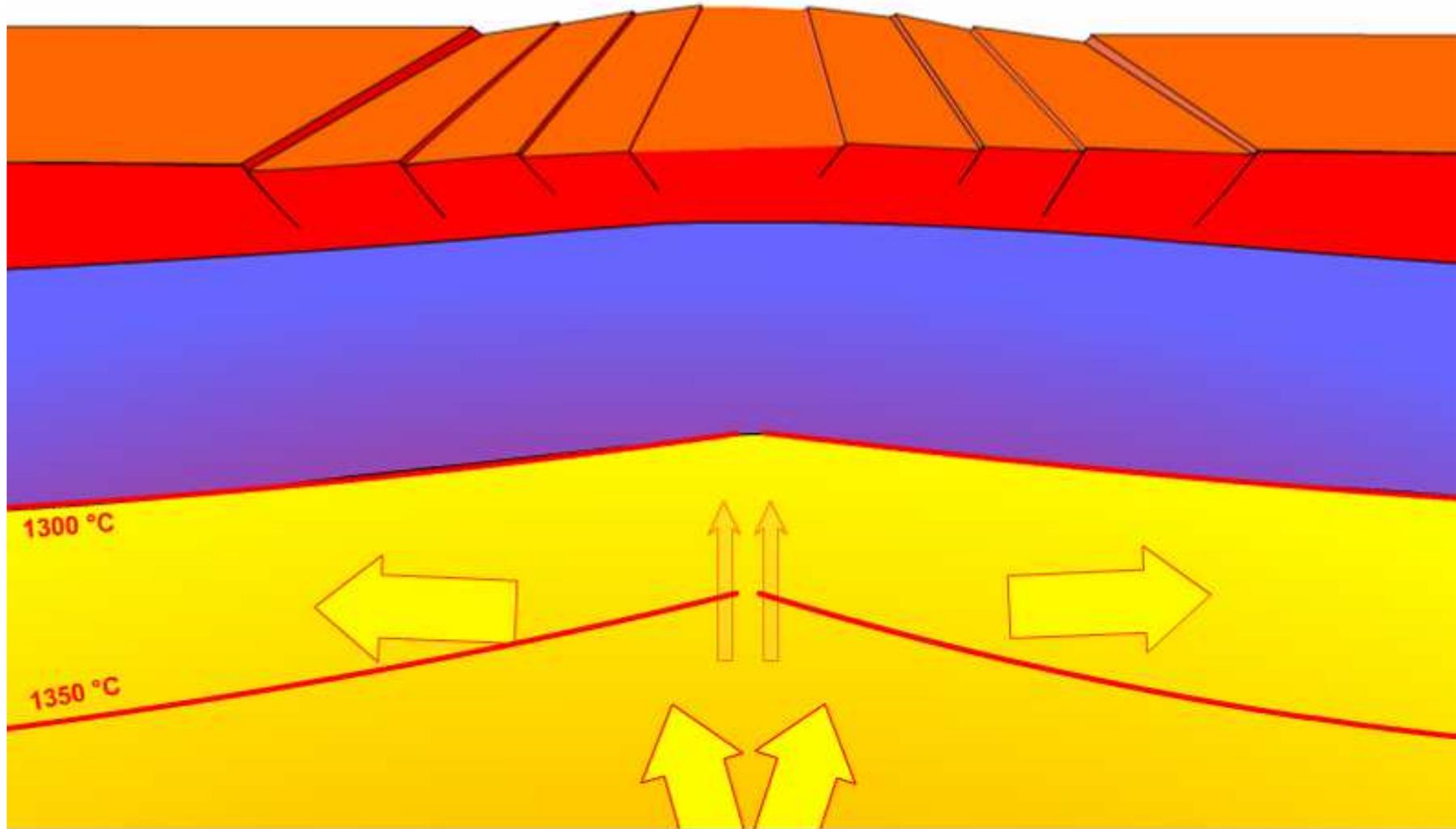
TS

Thème II: Les continents et leur dynamique

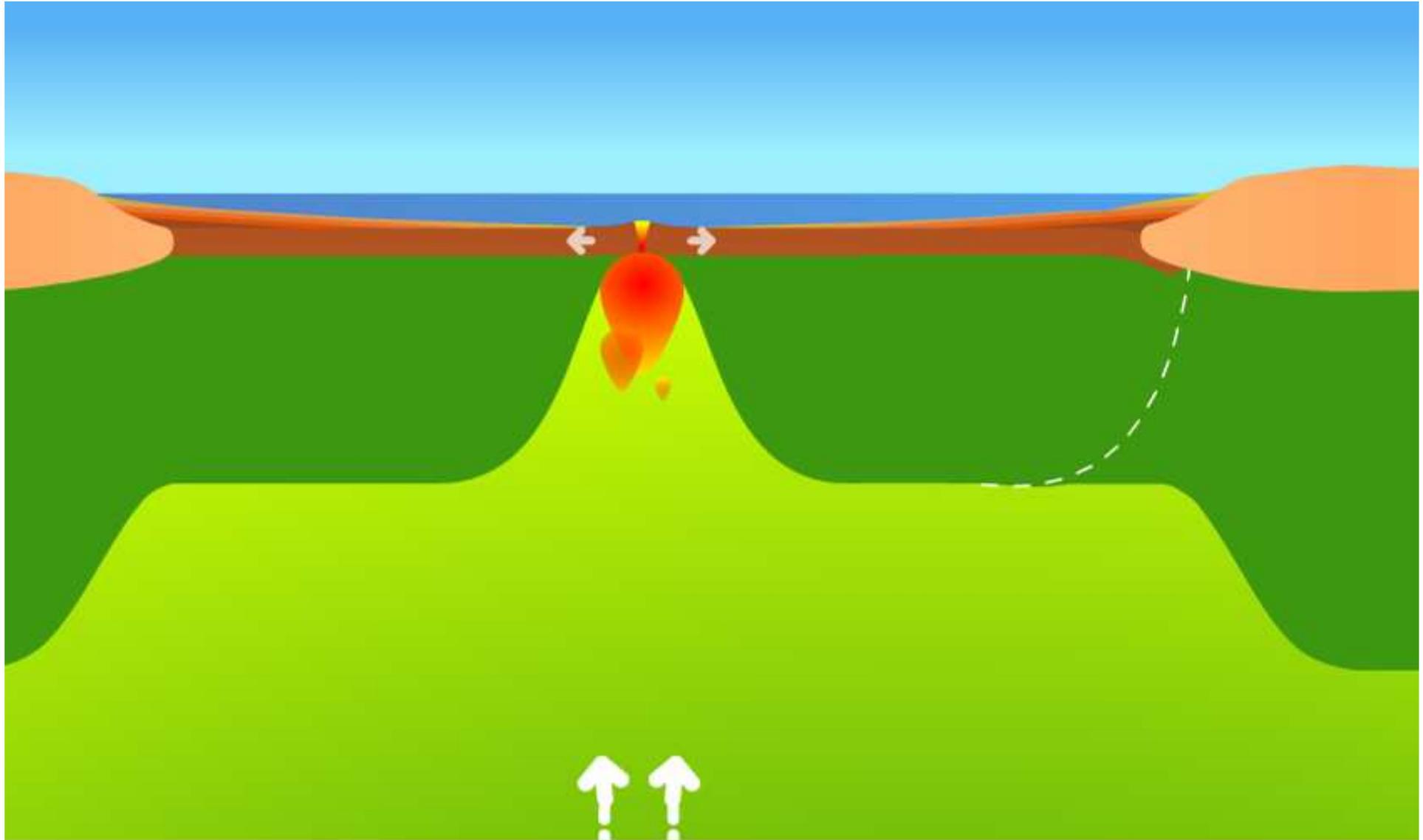
TS

Chapitre 2 : La formation des chaines de montagnes.

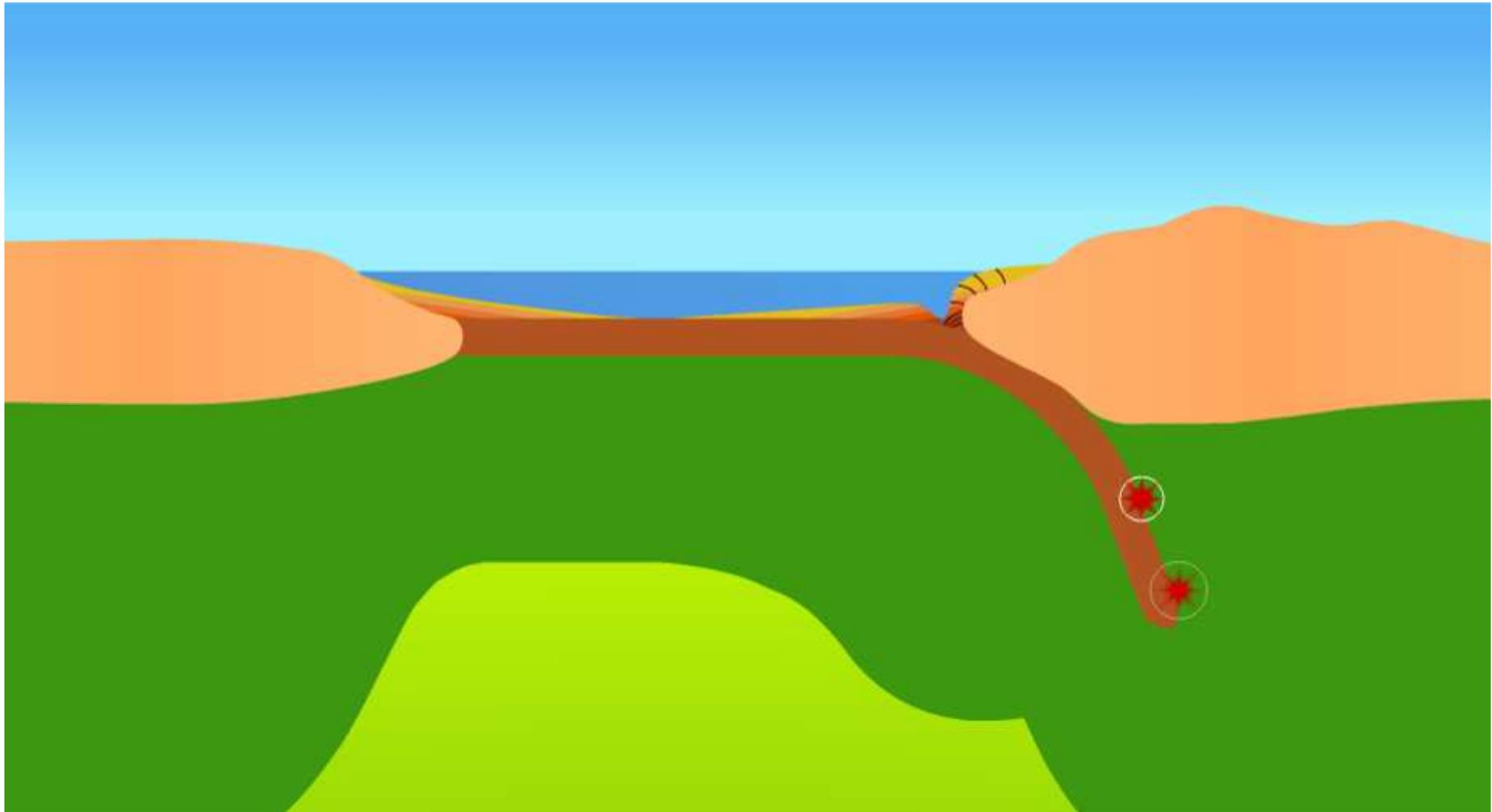
1. Déchirure continentale



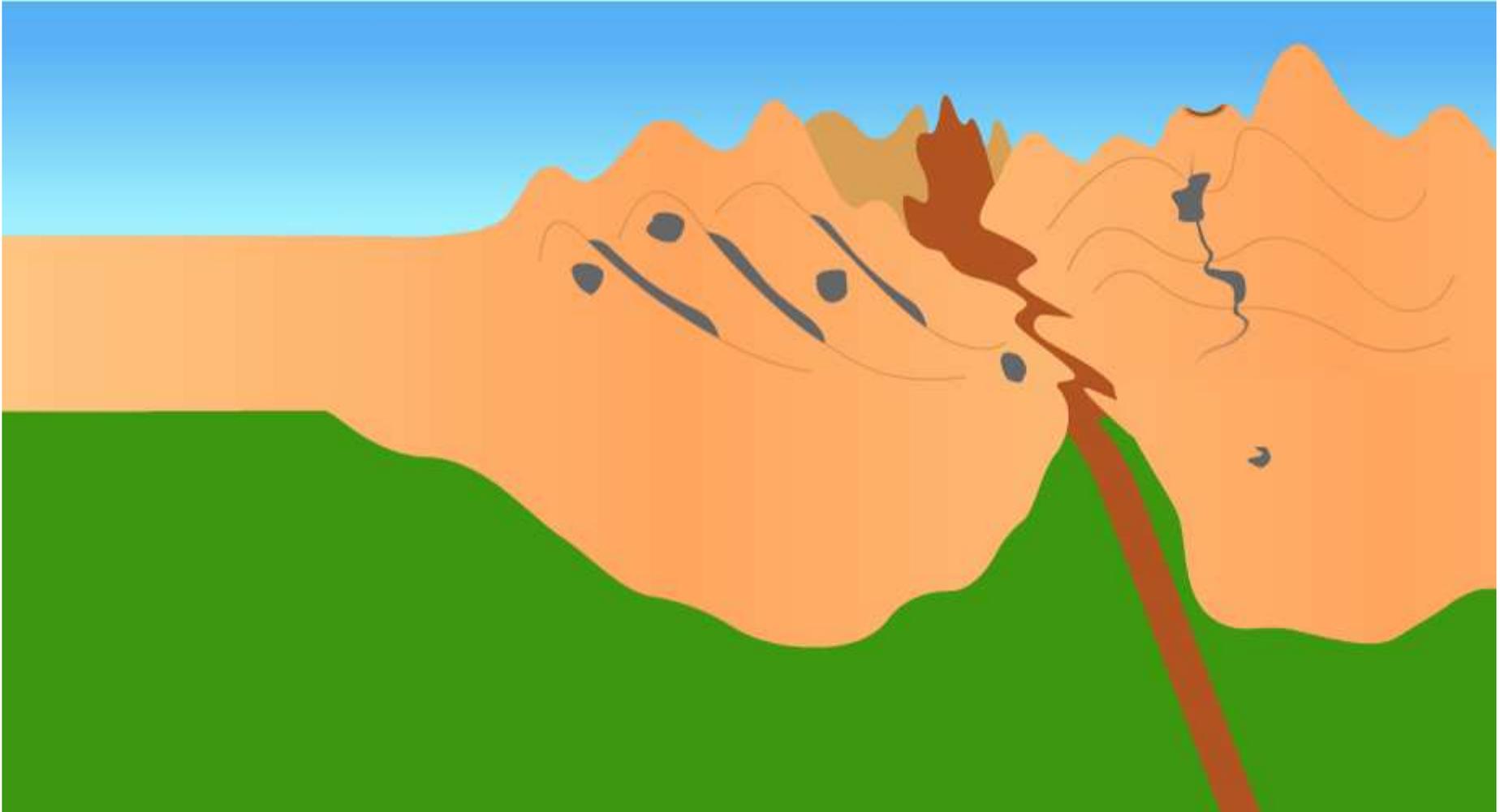
2. Ouverture et expansion océanique



3. Fermeture de l'océan par subduction



4. Collision de 2 lithosphères continentales



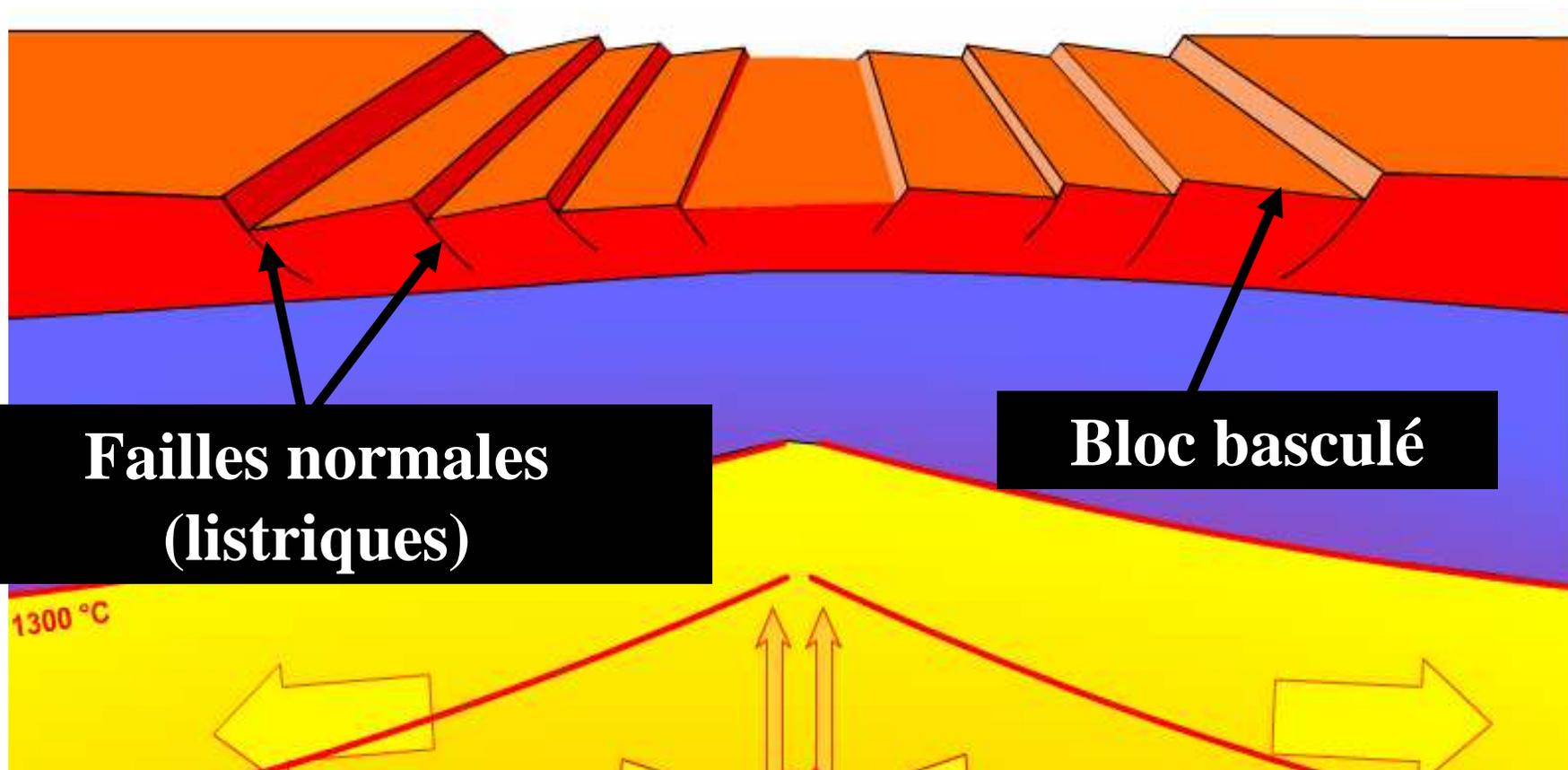
Comment les données de terrain nous permettent-elles de valider le modèle de la formation d'une chaîne de montagne ?

Chapitre 2 : la formation d'une chaîne de montagnes

I. 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

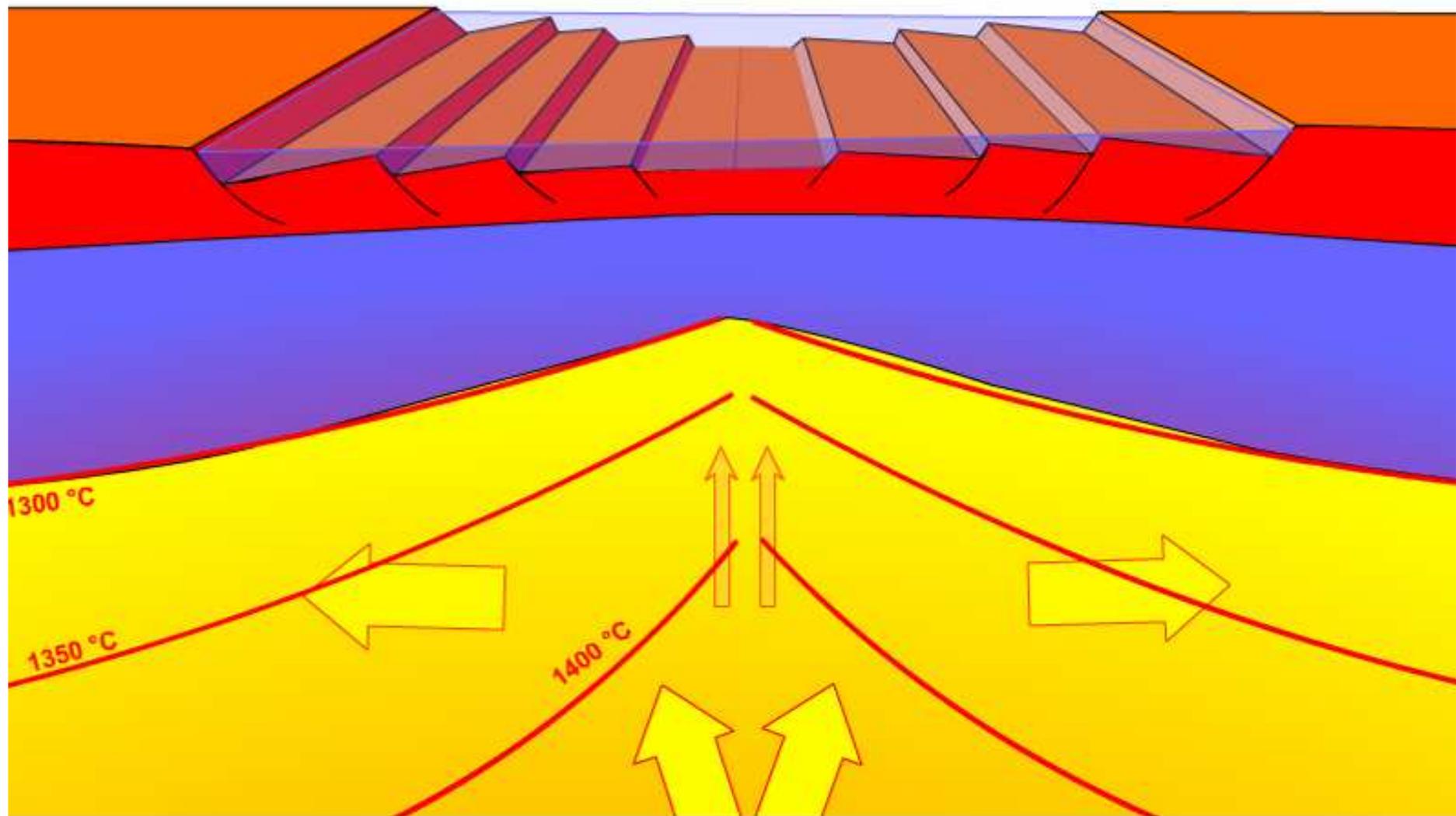


**Failles normales
(listriques)**

Bloc basculé

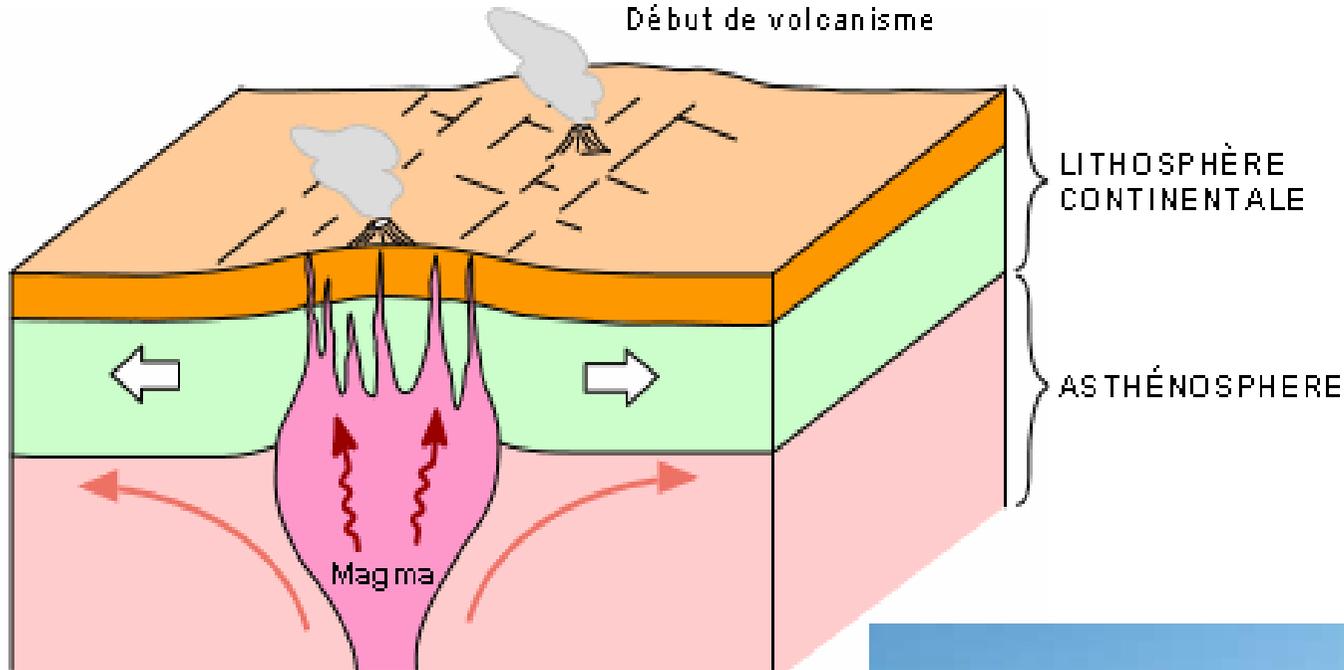
Extension => fracturation de la croûte par des failles listriques qui délimitent des blocs basculés

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



Amorce d'un rift continental.

Bombement et fracturation.
Début de volcanisme

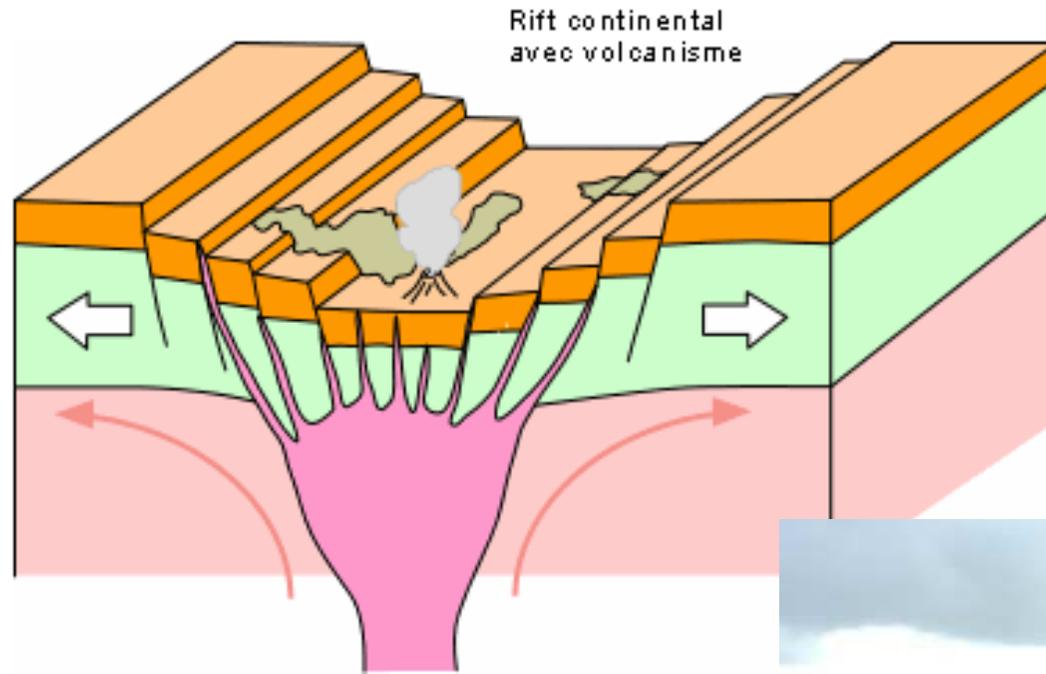


Vallée Rio Grande
USA



Stade pré-rift

Rift continental.

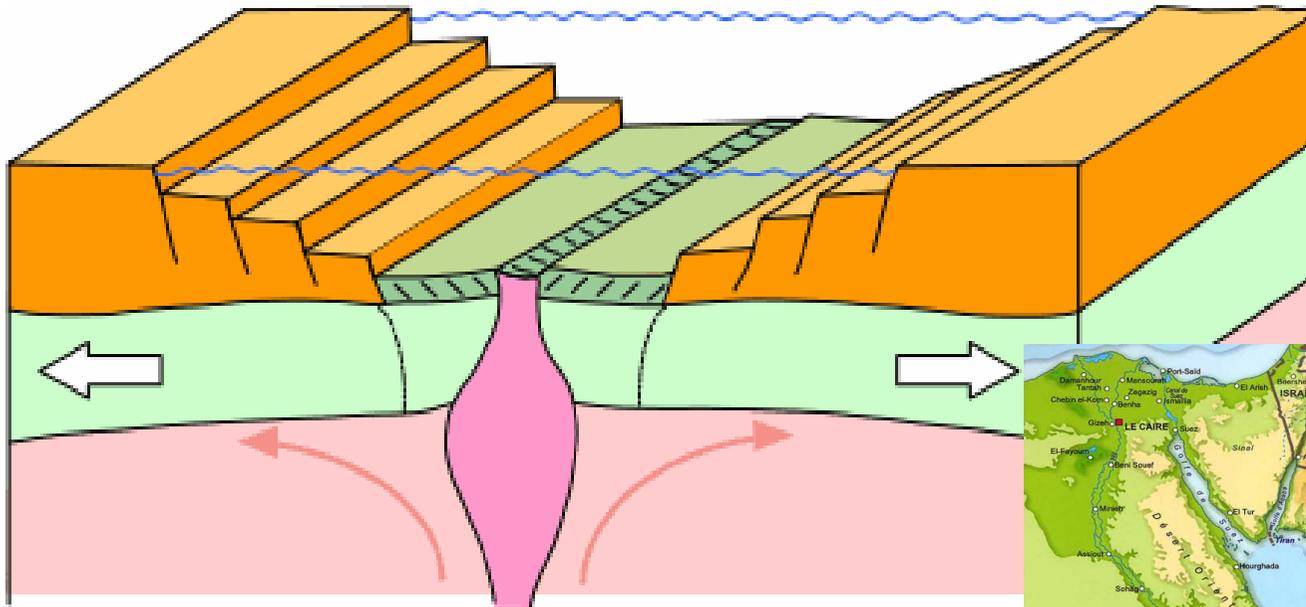


Rift est
éthiopien



Stade rift

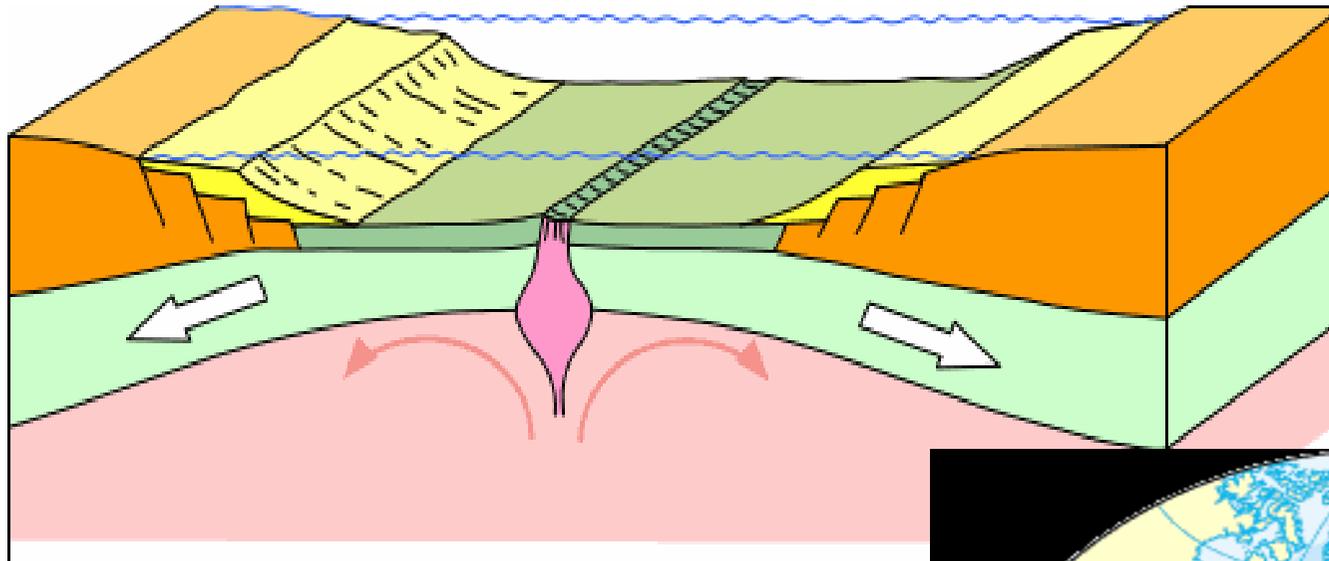
Premier plancher océanique - Mer linéaire.



Mer rouge

Stade mer linéaire

Océan de type Atlantique



Océan
Atlantique



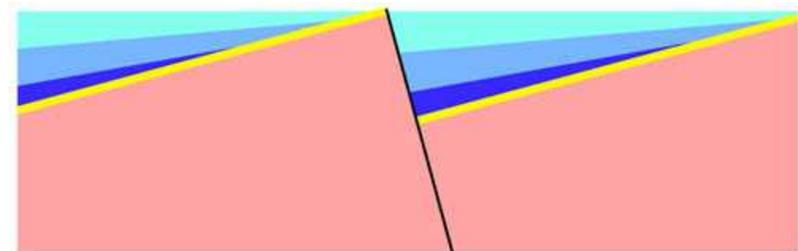
Stade océan

L'enregistrement sédimentaire de la déchirure continentale

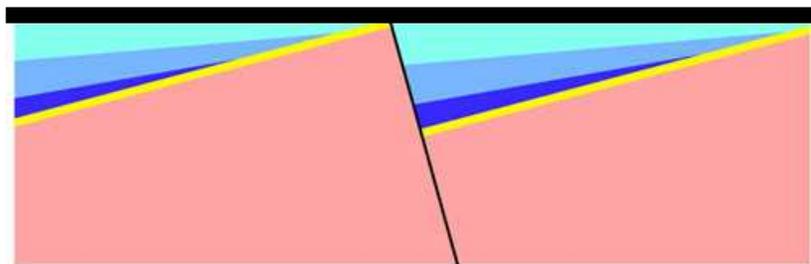
1. avant le basculement : sédimentation anterift



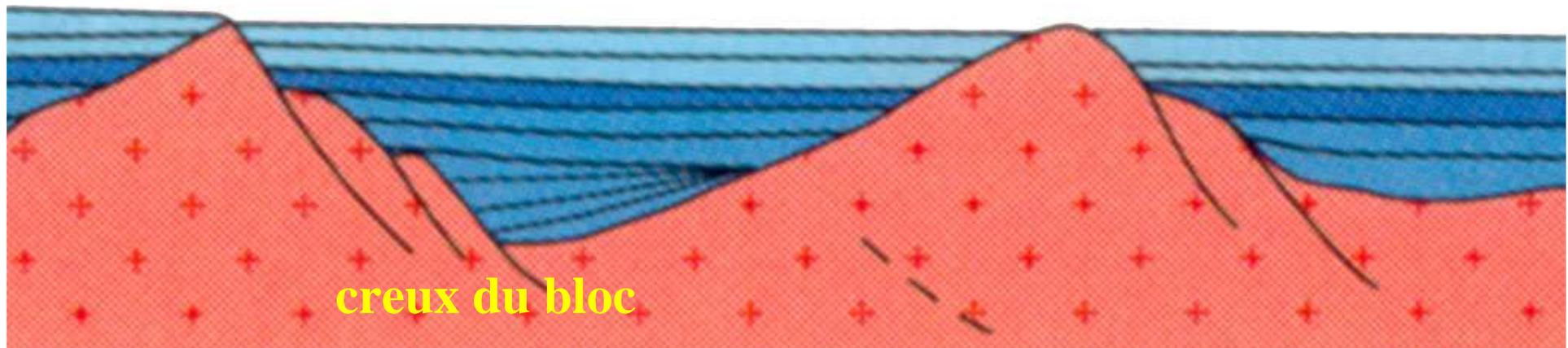
2. pendant le basculement : sédimentation synrift



3. après le basculement : sédimentation postrift

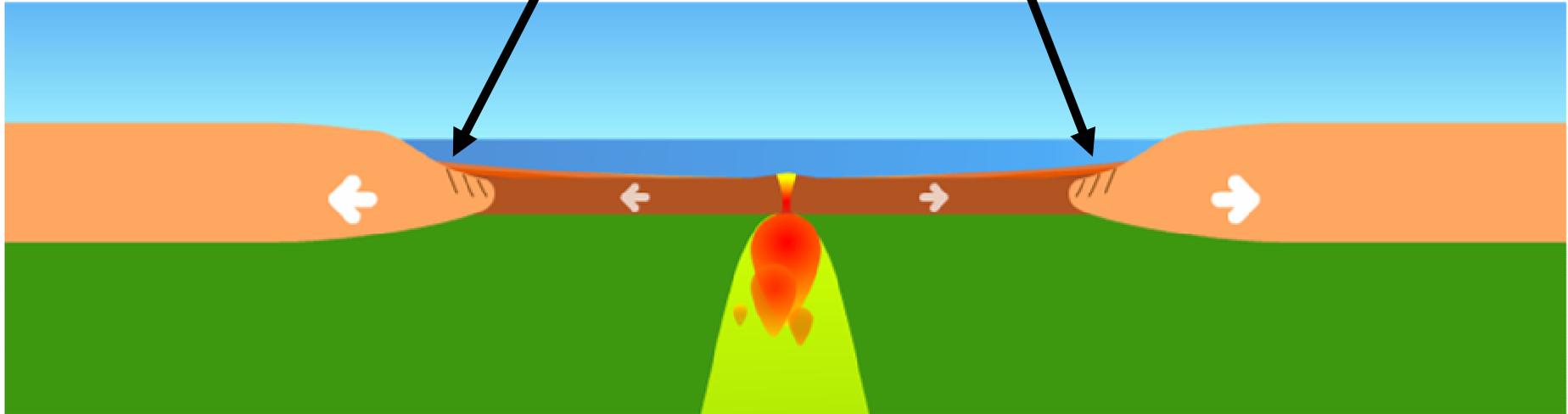


Sommet du bloc

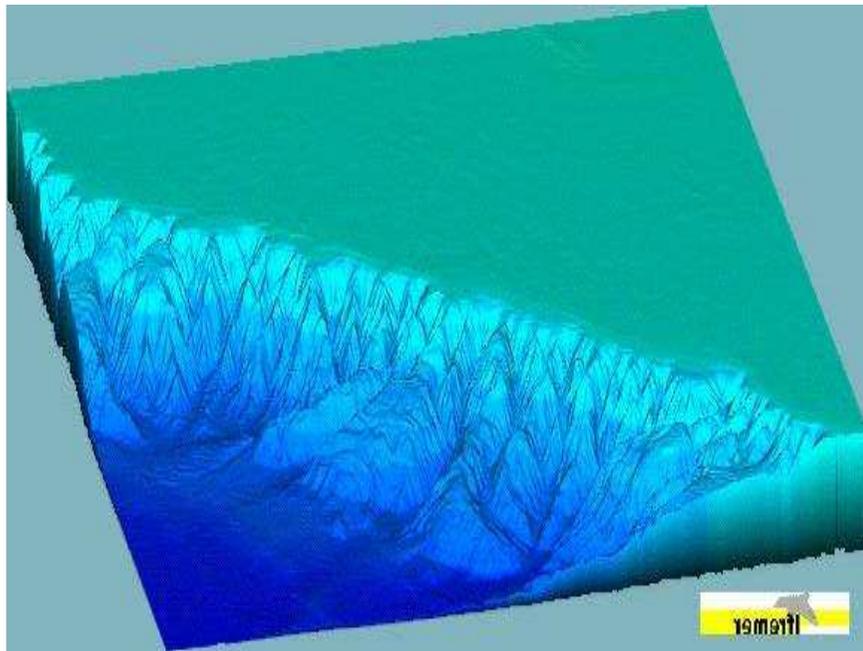
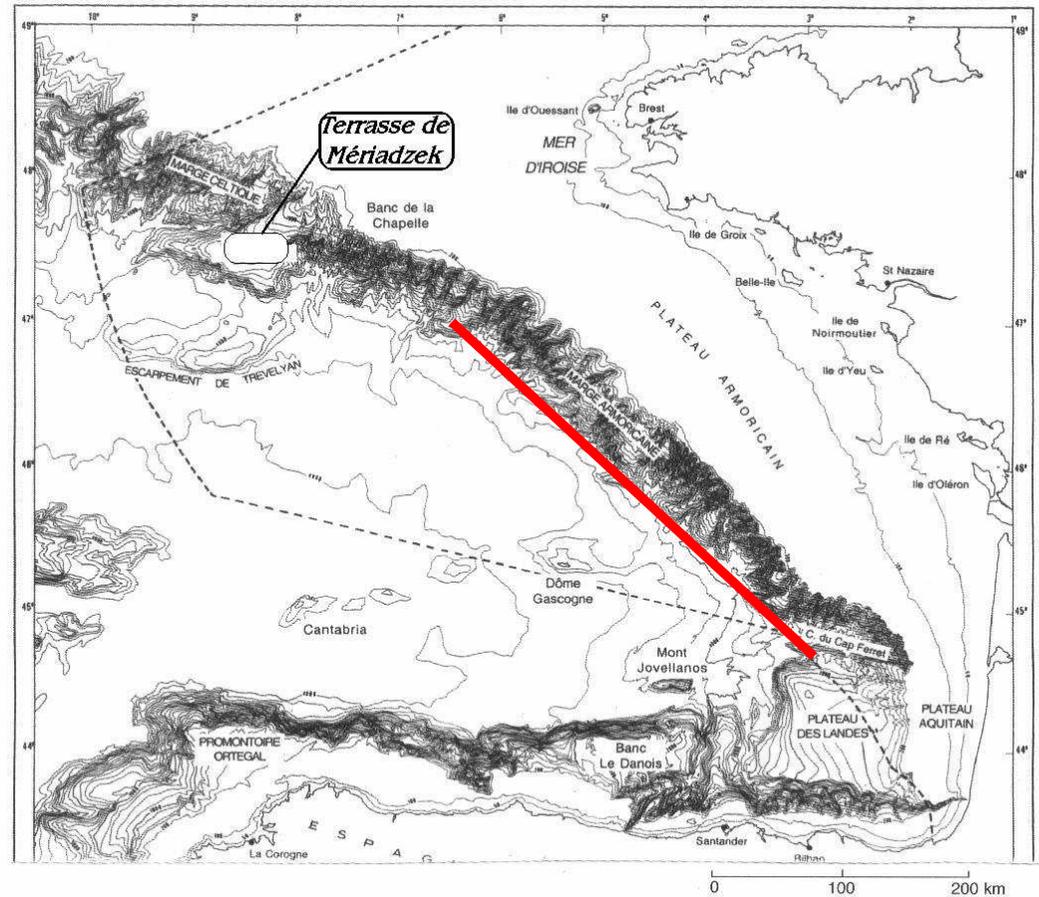


Deux marges passives de part et d'autre de l'océan ouvert

2 marges passives



Un exemple de marge passive : la marge armoricaine



Chapitre 2 : la formation d'une chaîne de montagnes

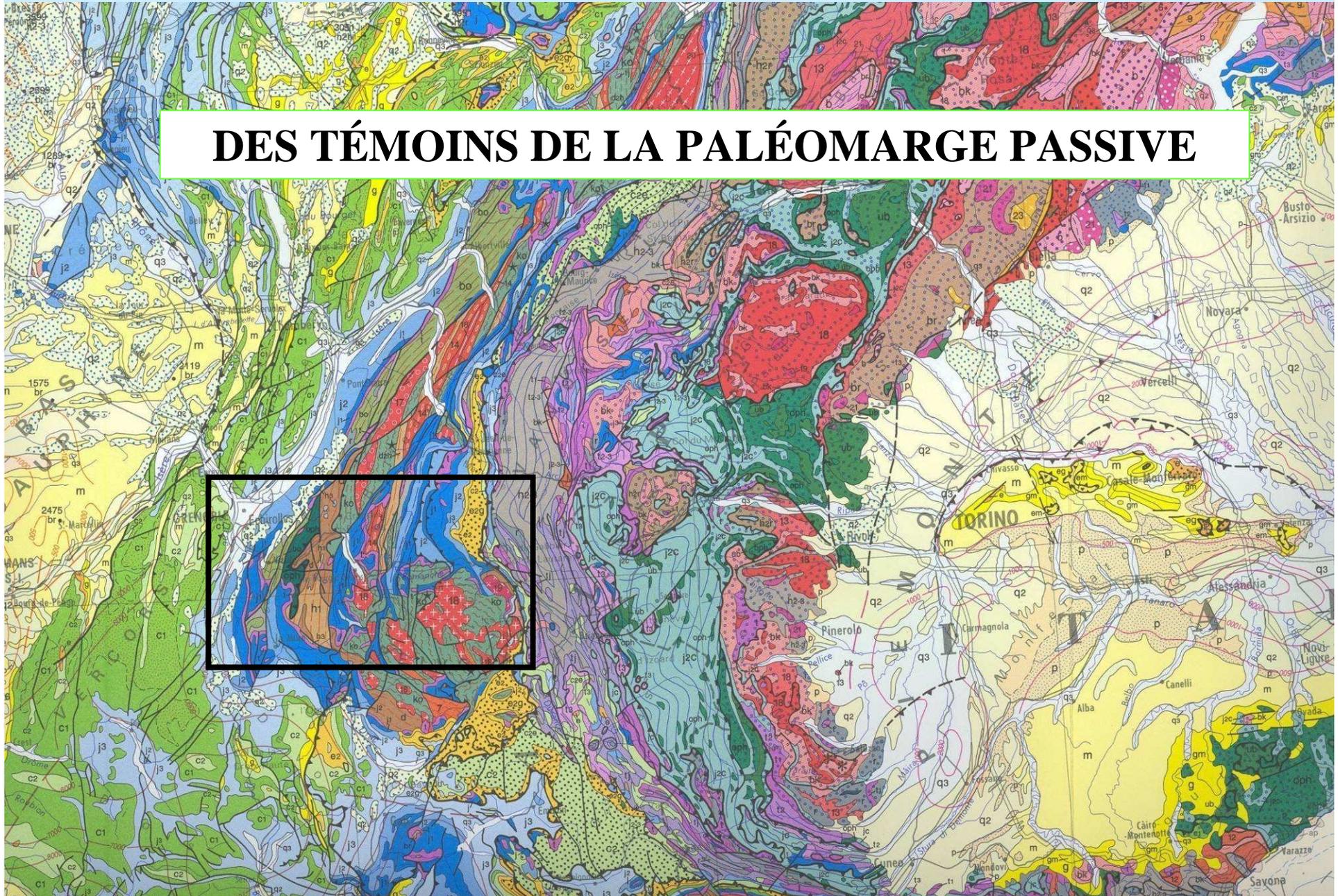
I. La déchirure continentale.

A. Les caractéristiques d'une déchirure continentale.

B. Les traces d'une marge passive retrouvées dans les Alpes.

Des blocs basculés dans les Alpes

DES TÉMOINS DE LA PALÉOMARGE PASSIVE



Des blocs basculés dans les Alpes



Ouest

Est



La Mure

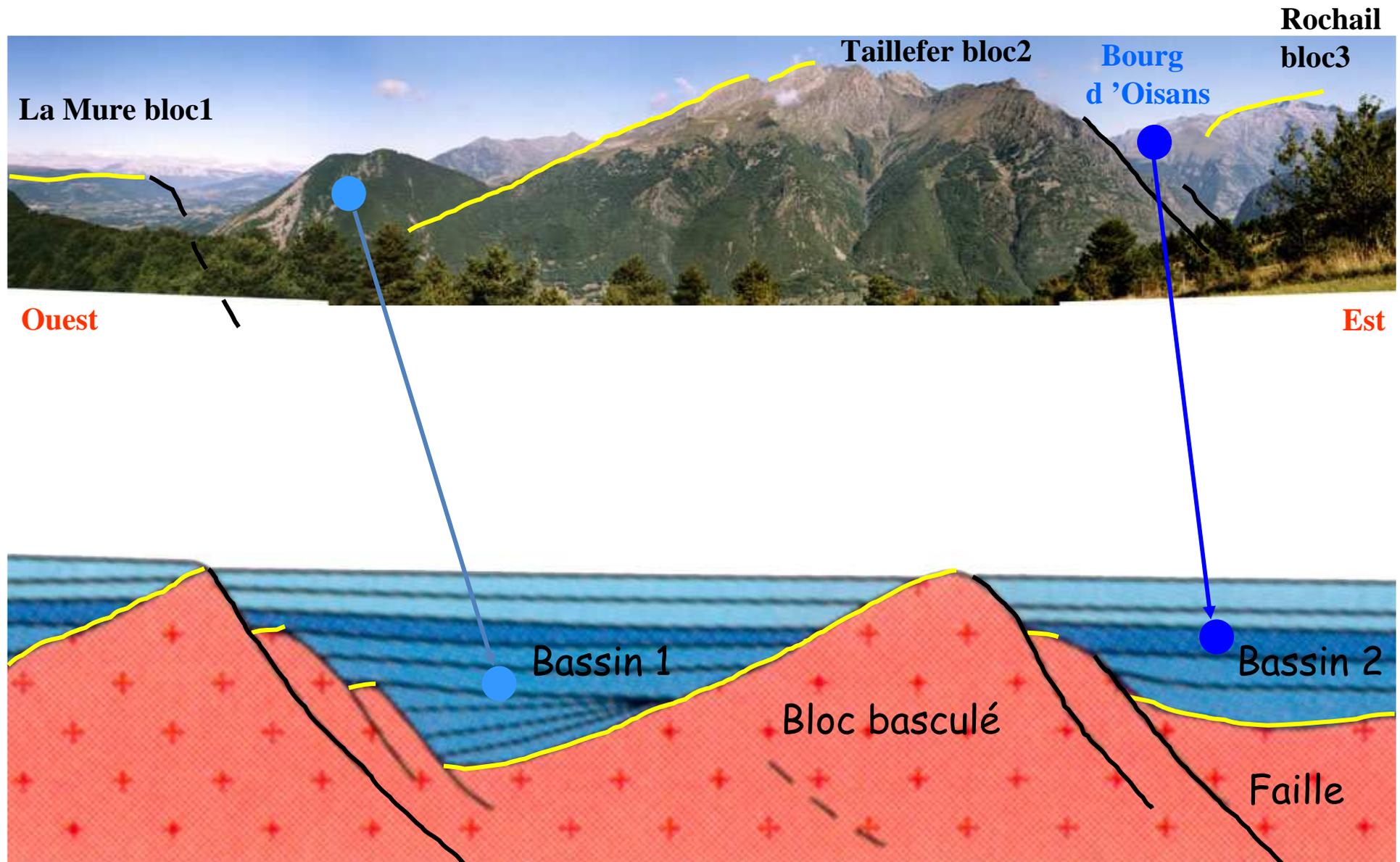
Taillefer

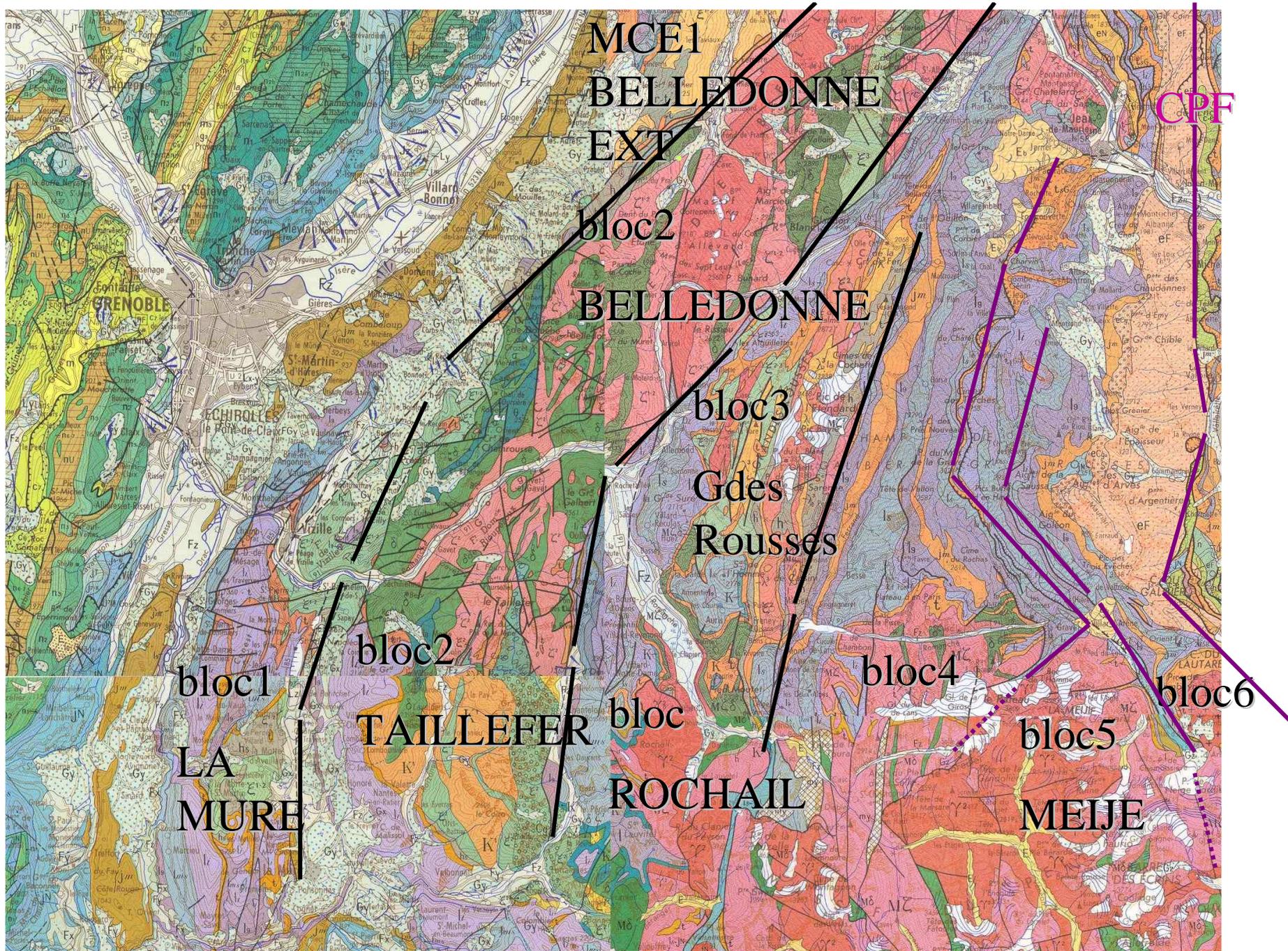
Bourg d'Oisans

Rochail

Un ancien bloc basculé

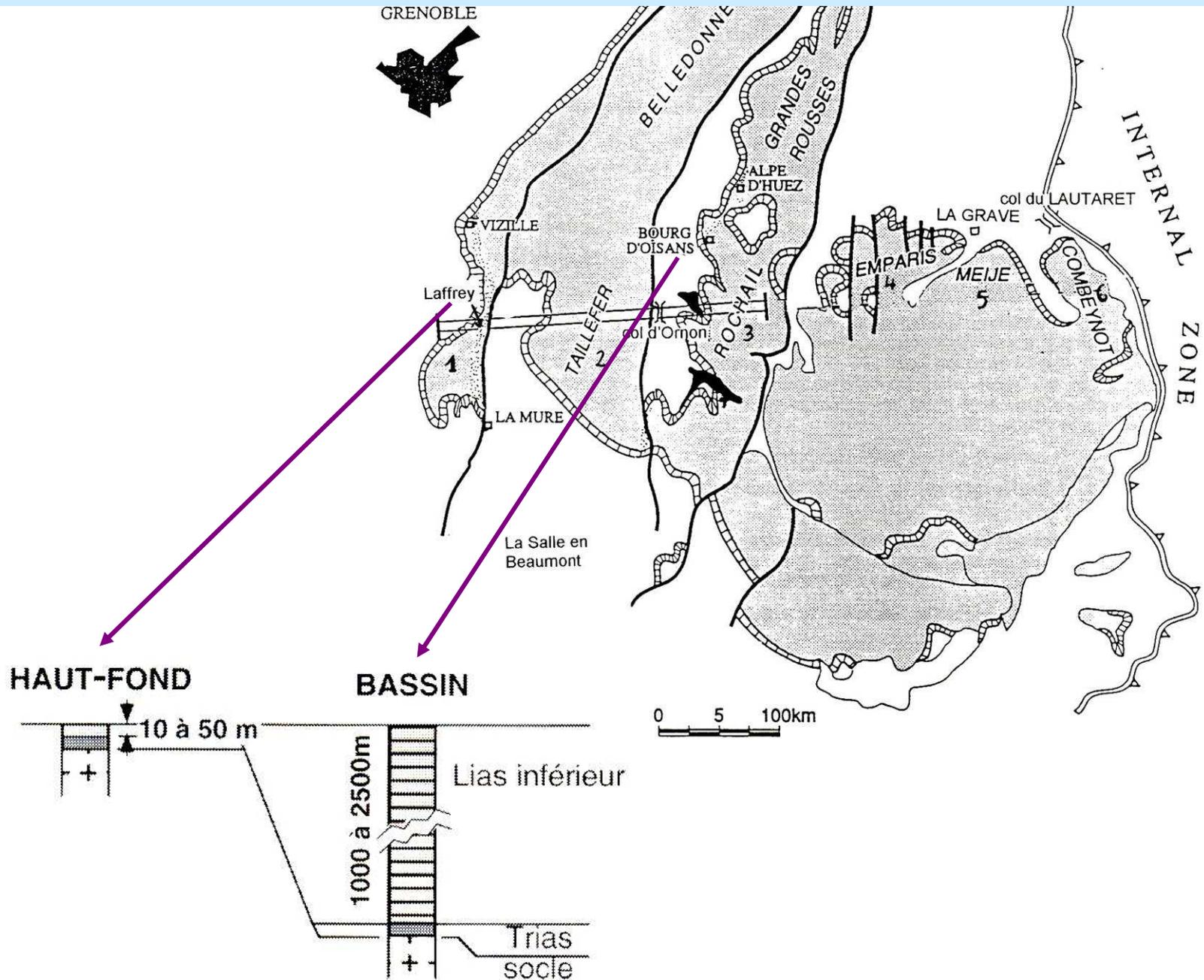
Des blocs basculés dans les Alpes

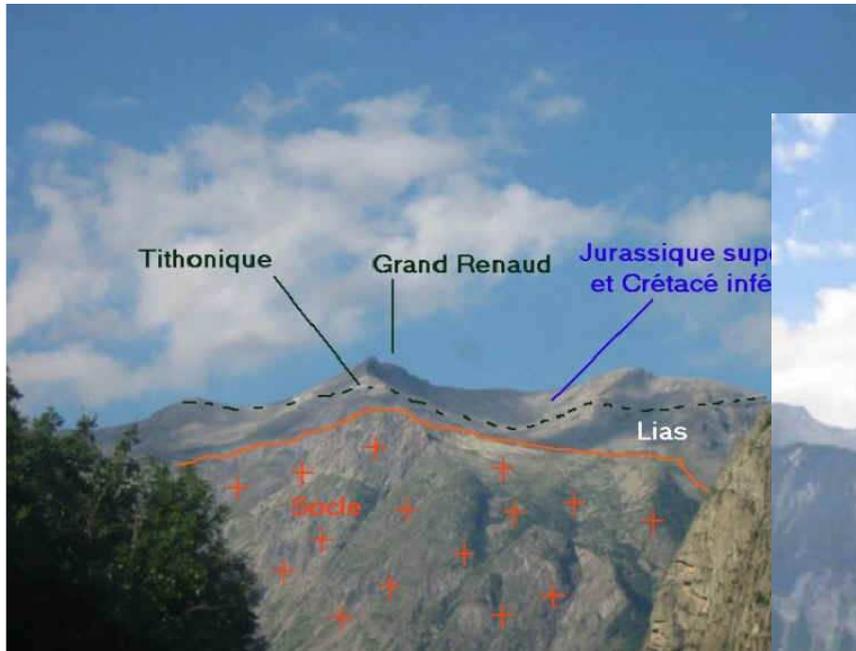
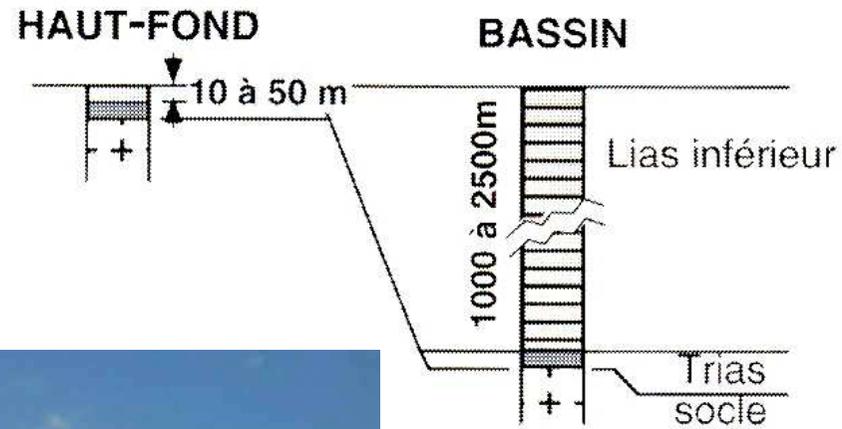




Des blocs basculés dans les Alpes

Des différences importantes de séries sédimentaires





Des différences importantes de séries sédimentaires

Chapitre 2 : la formation d'une chaîne de montagnes

I. La déchirure continentale.

A. Les caractéristiques d'une déchirure continentale.

B. Les traces d'une marge passive retrouvés dans les Alpes.

II. L'expansion océanique.

A. Les caractéristiques d'un domaine océanique.

Les roches de la lithosphère océanique

Basaltes en pillow-lavas

En 1988, le submersible Alvin, lors d'une mission de la faille transformante de Vema, a permis l'observation de la lithosphère océanique.



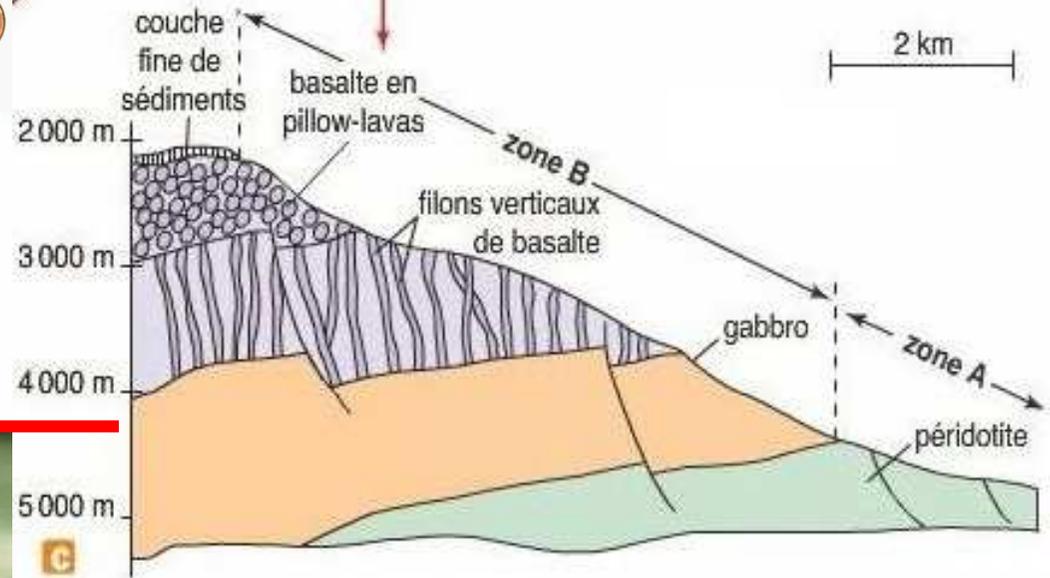
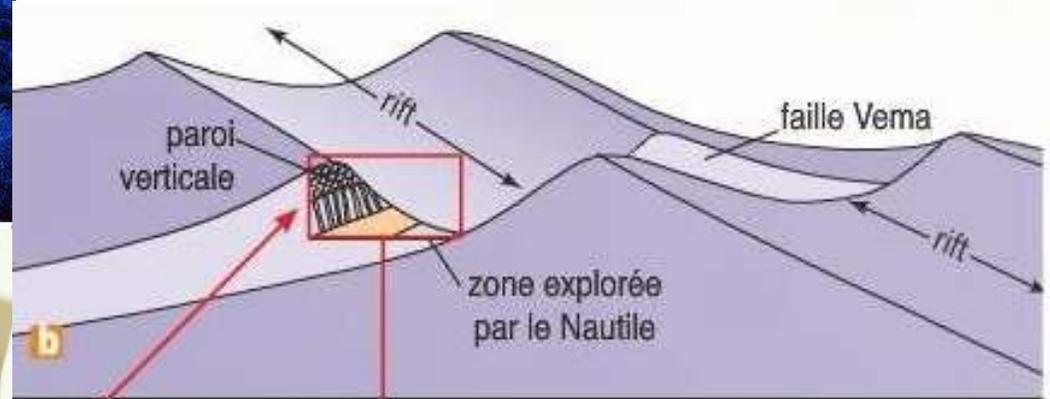
Basaltes en filons



gabbros



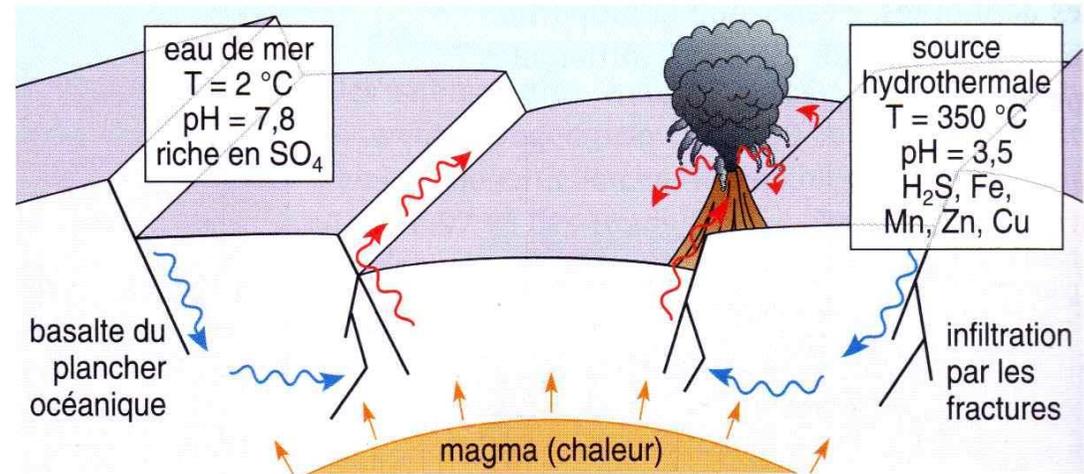
Péridotites lithosphériques



MOHO

La circulation hydrothermale

A Une modification par des circulations hydrothermales

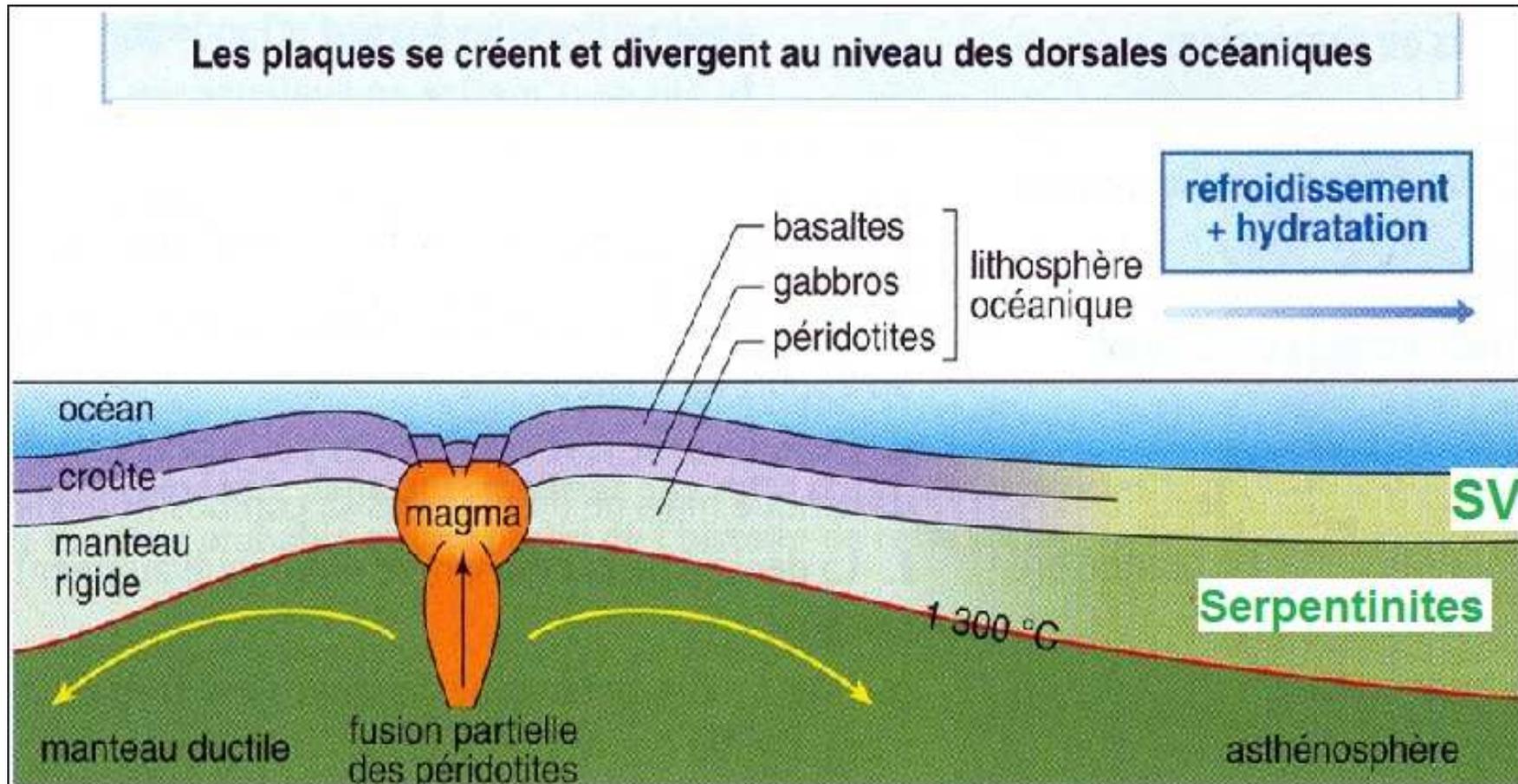


Au niveau du rift, les « fumeurs noirs » sont des sources chaudes où l'eau, chargée de sels minéraux, jaillit à plus de 300 °C.

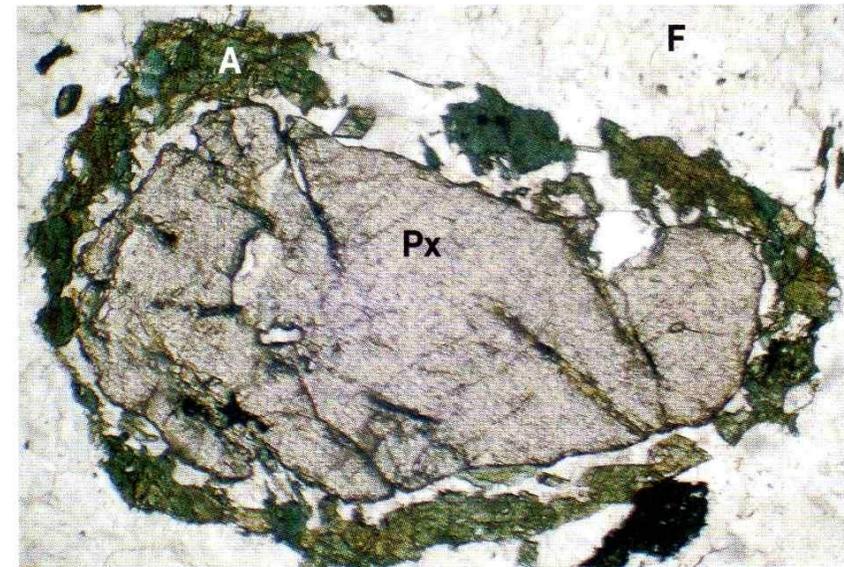
L'eau de mer froide et légèrement basique s'infiltre par des fissures dans la croûte océanique. Vers 2 à 3 km de profondeur, près des réservoirs magmatiques, elle se réchauffe et devient acide. Cette eau peut alors entraîner des modifications chimiques des roches au contact desquelles elle circule.

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

Les roches de la lithosphère océanique



Métagabbro de faciès schiste vert (à hornblende)

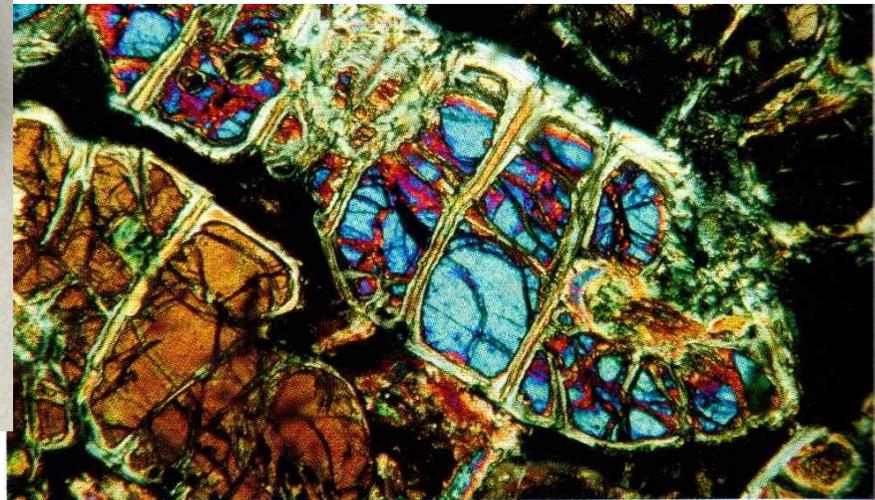


a. Lame mince de gabbro âgé et altéré.

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

1. Plagioclase + Pyroxène + eau \rightarrow Amphibole Hornblende verte
2. Plagioclase + Hornblende + eau \rightarrow Chlorite + Actinote

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.

Chapitre 2 : la formation d'une chaîne de montagnes

I. Les traces d'une déchirure continentale.

A. Les caractéristiques d'une déchirure continentale.

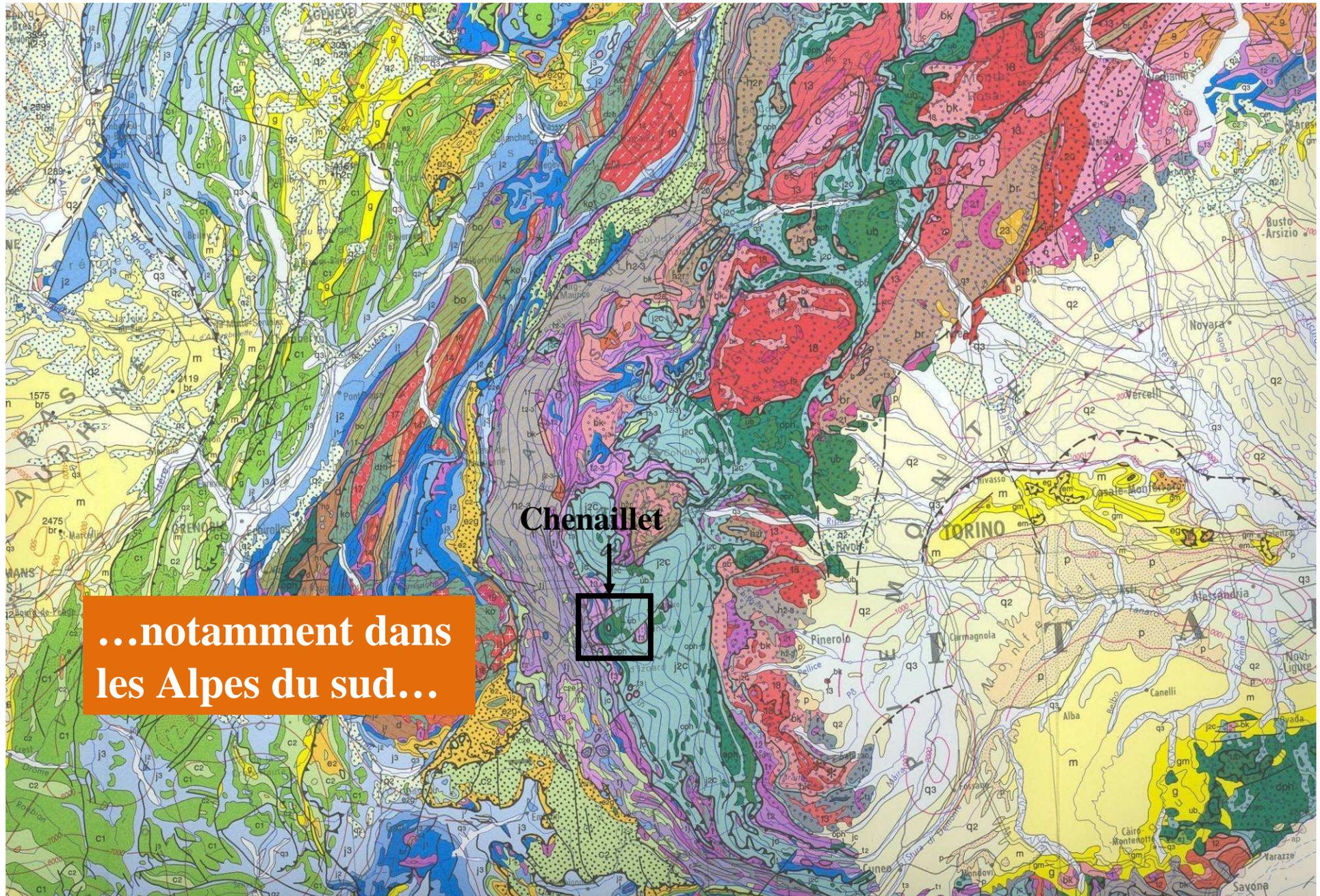
B. Les traces d'une marge passive retrouvées dans les Alpes.

II. L'expansion océanique.

A. Les caractéristiques d'un domaine océanique.

B. Les traces d'un océan ancien retrouvées dans les Alpes.

Des traces de l'océan perdu...



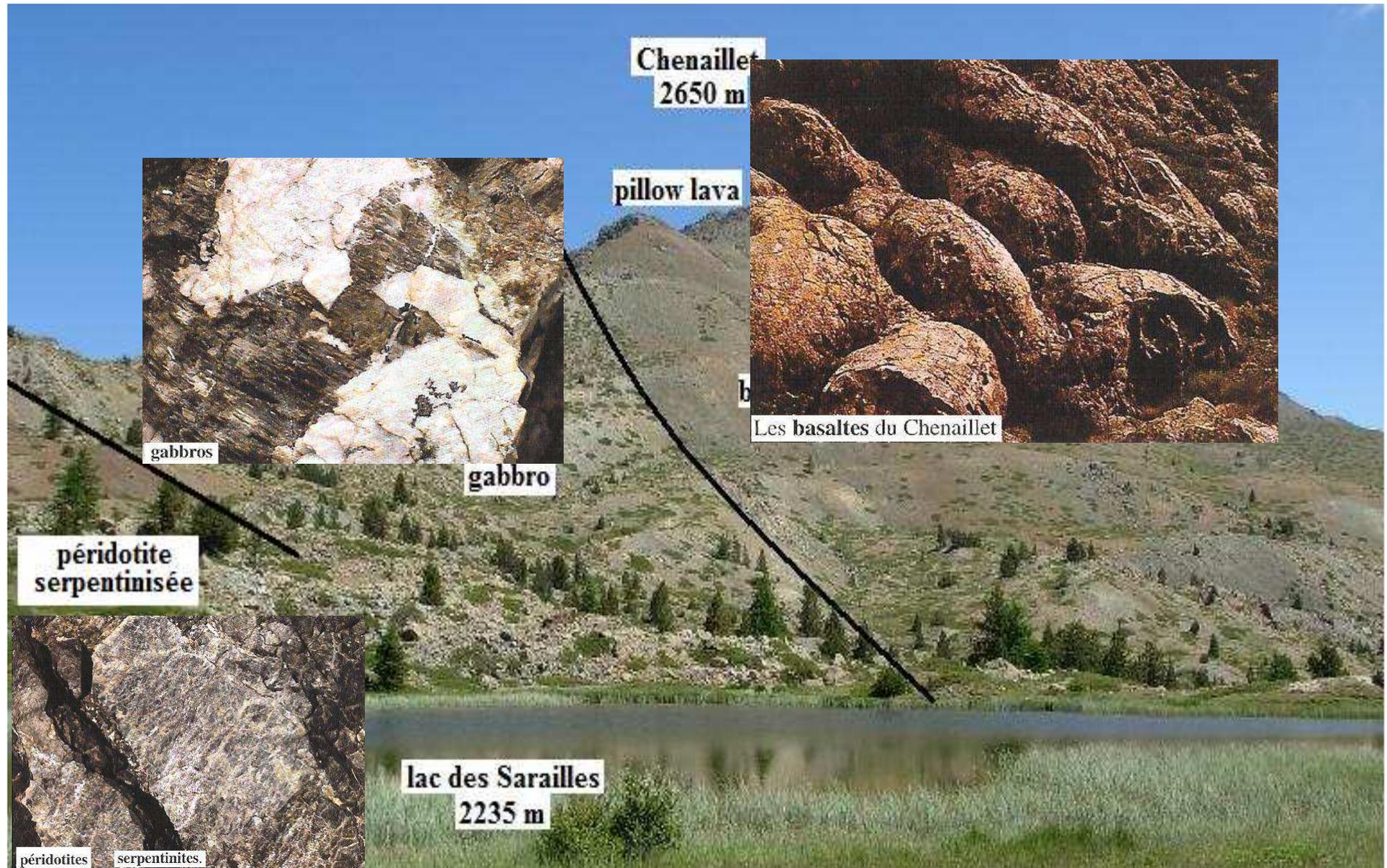
...notamment dans
les Alpes du sud...

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



Sommet du massif de chenaillet

Le Chenaillet : un lambeau de lithosphère océanique dans les Alpes



Chapitre 2 : la formation d'une chaîne de montagnes

I. La déchirure continentale.

A. Les caractéristiques d'une déchirure continentale.

B. Les traces d'une marge passive retrouvées dans les Alpes.

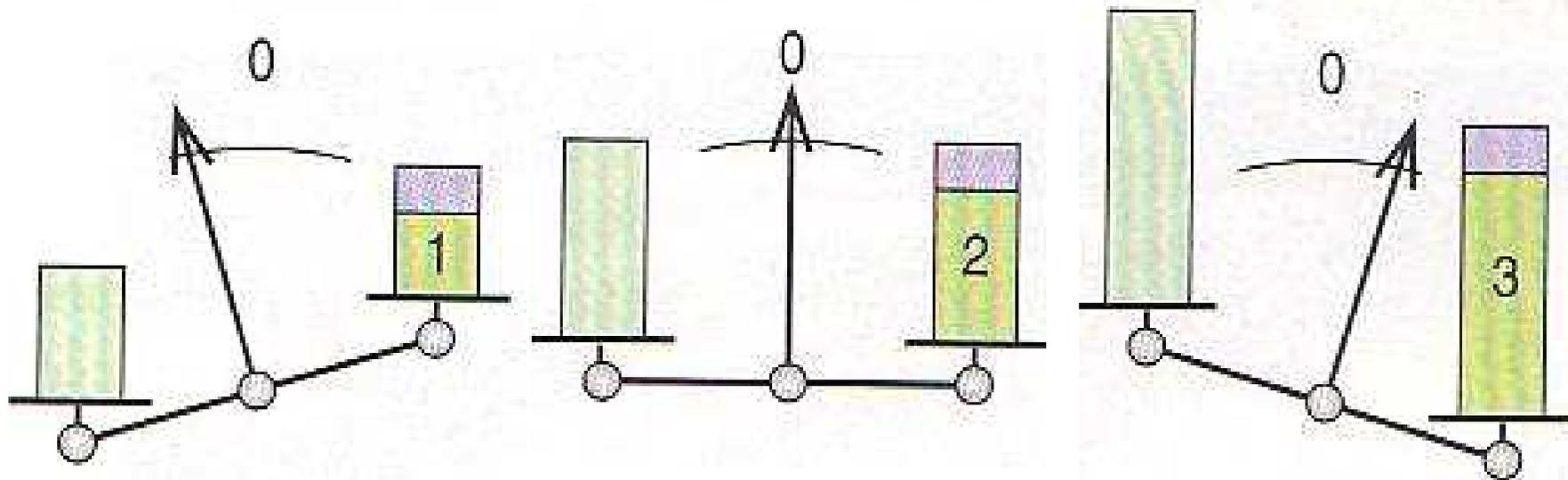
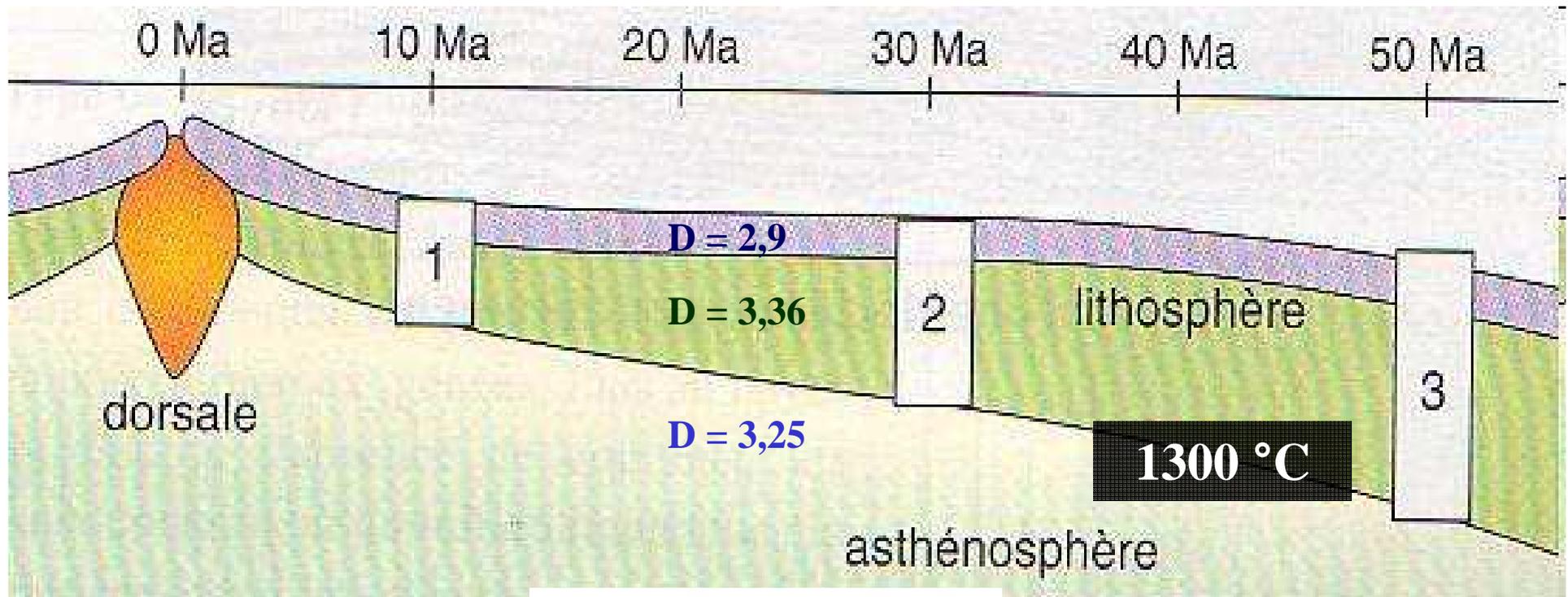
II. L'expansion océanique.

A. Les caractéristiques d'un domaine océanique.

B. Les traces d'un océan ancien retrouvées dans les Alpes.

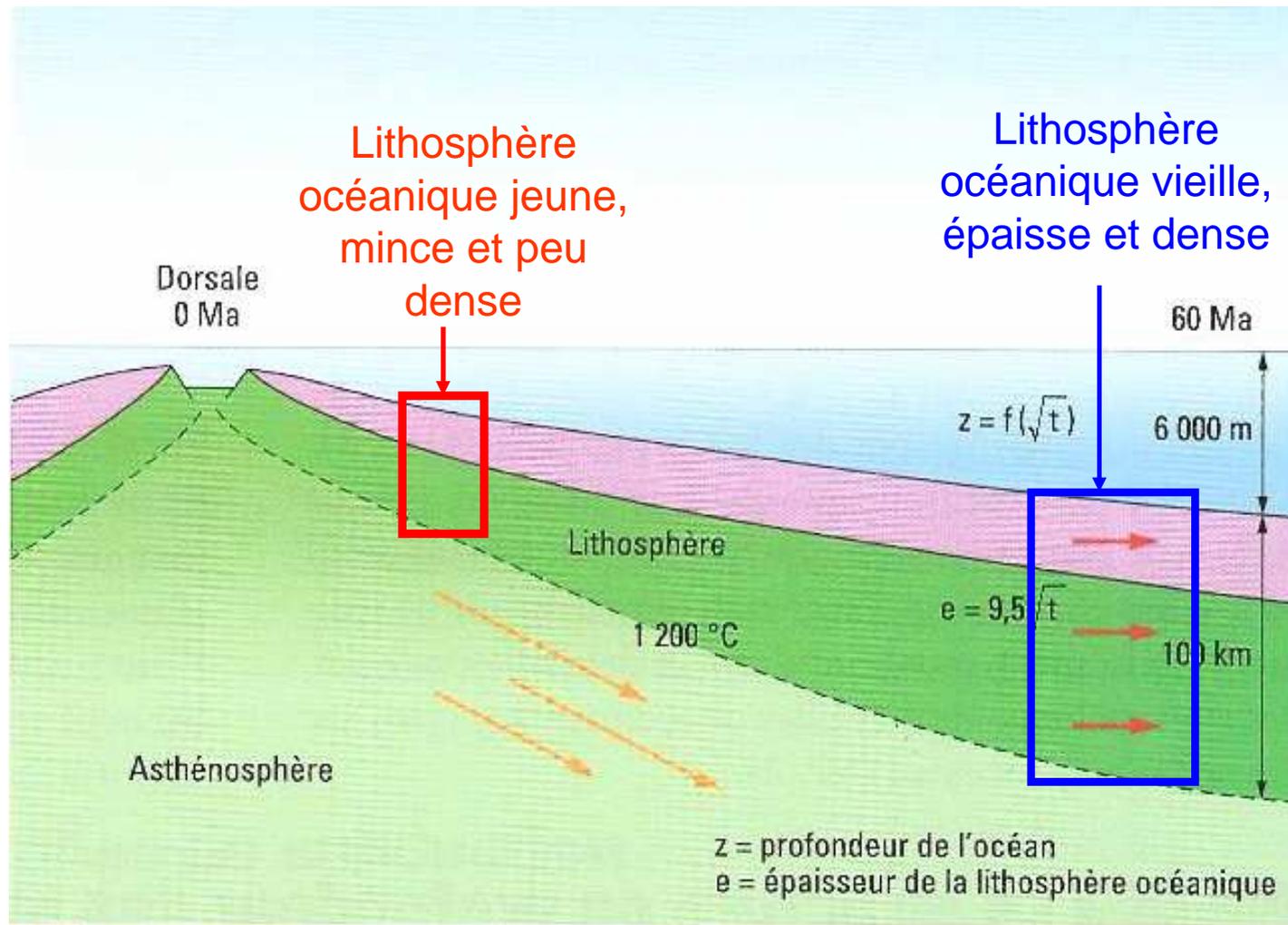
III. La subduction.

A. Principale cause de la subduction.

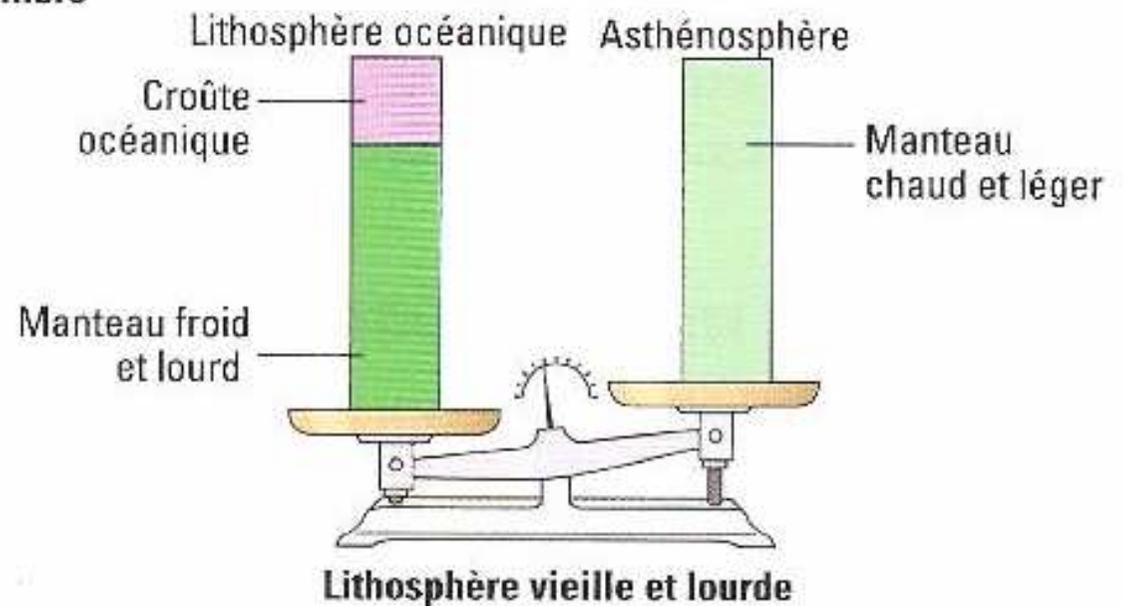
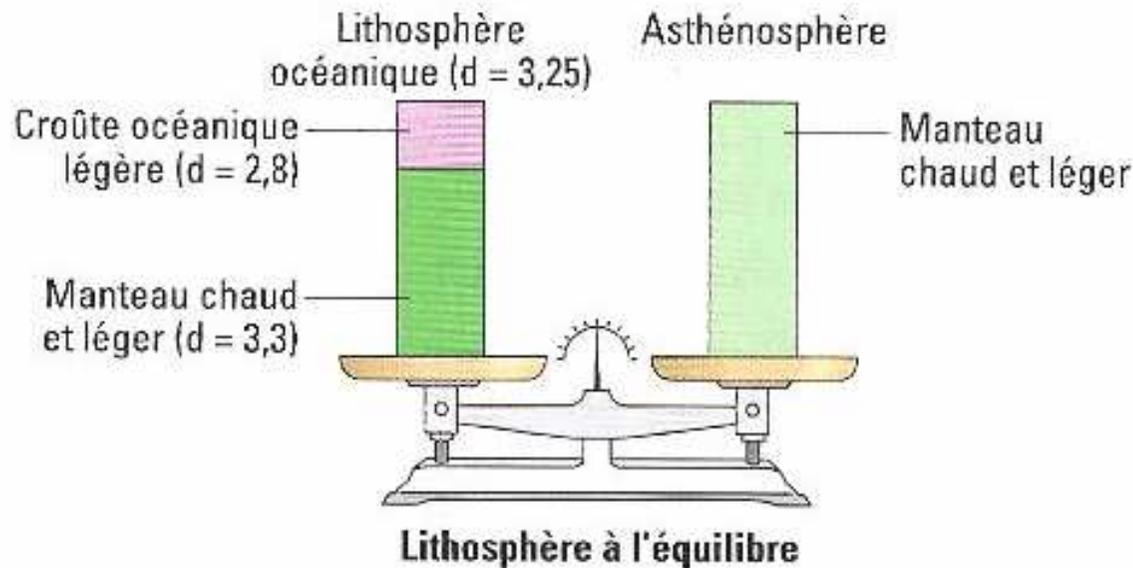


Vieillissement de la lithosphère océanique

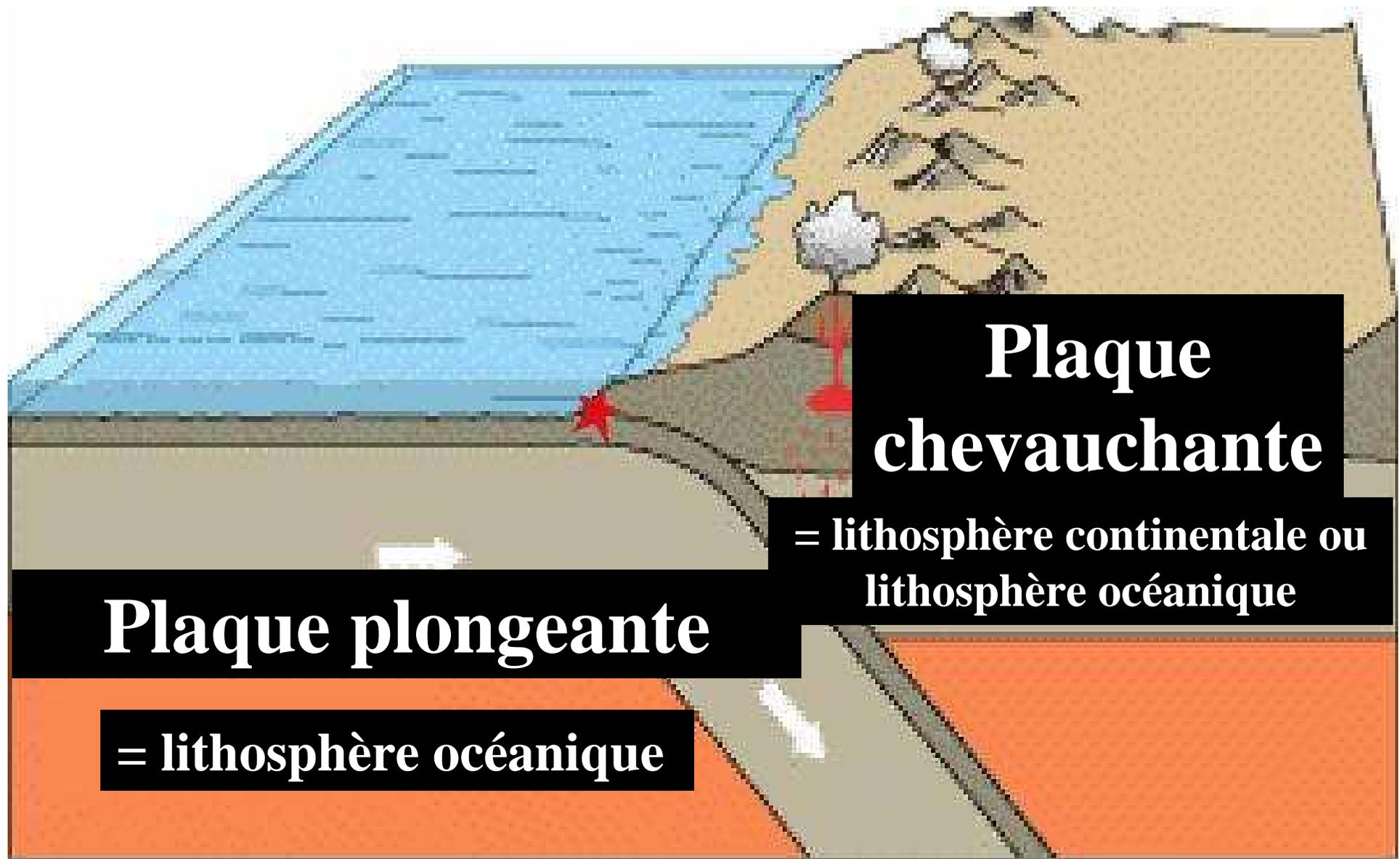
Vieillissement de la lithosphère océanique



Vieillesse de la lithosphère océanique : début de la subduction



Vieillissement de la lithosphère océanique : début de la subduction



Chapitre 2 : la formation d'une chaîne de montagnes

I. La déchirure continentale.

A. Les caractéristiques d'une déchirure continentale.

B. Les traces d'une marge passive retrouvées dans les Alpes.

II. L'expansion océanique.

A. Les caractéristiques d'un domaine océanique.

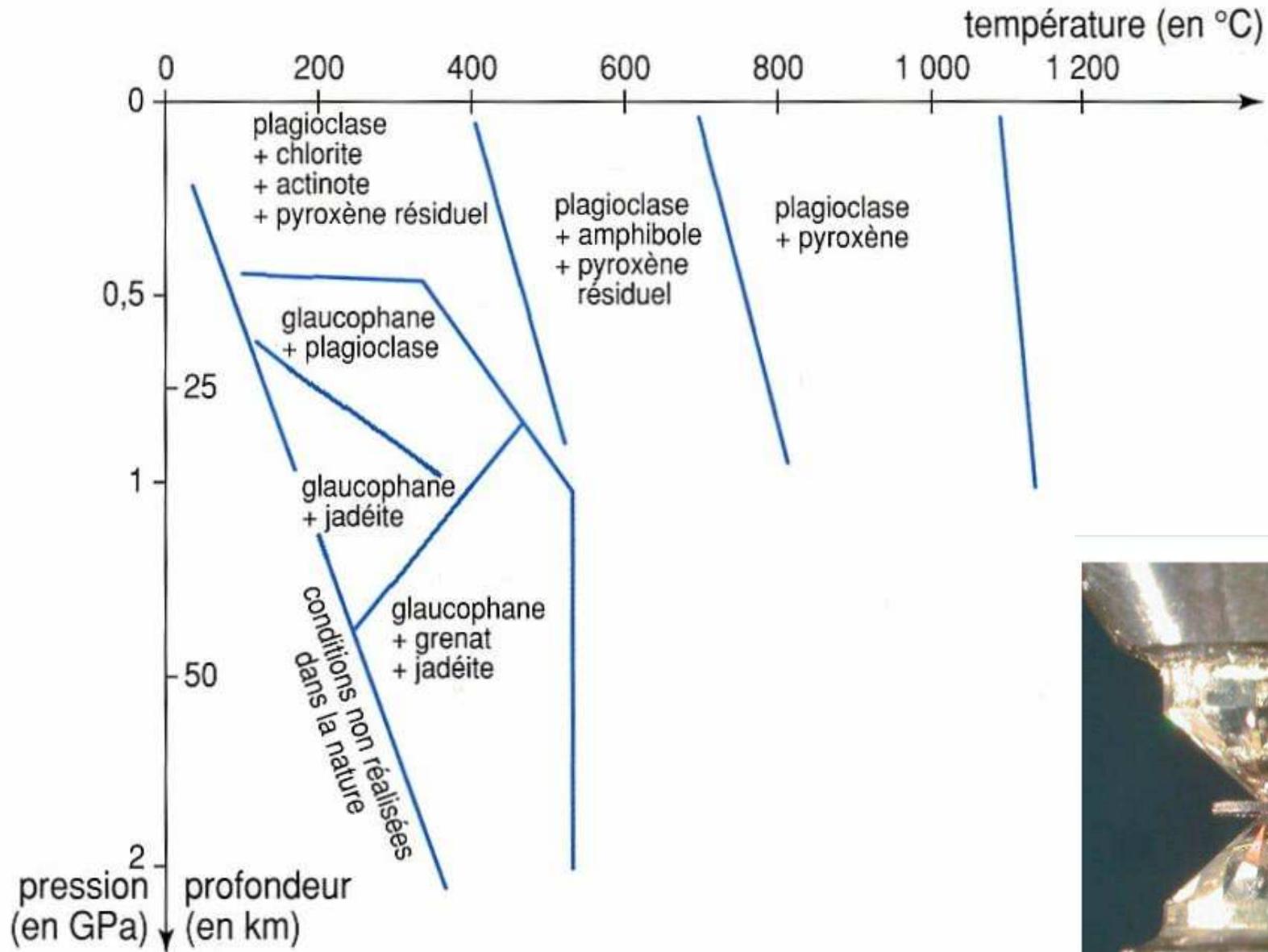
B. Les traces d'un océan ancien retrouvées dans les Alpes.

III. La subduction.

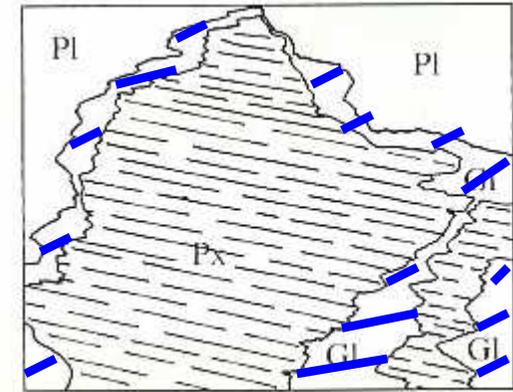
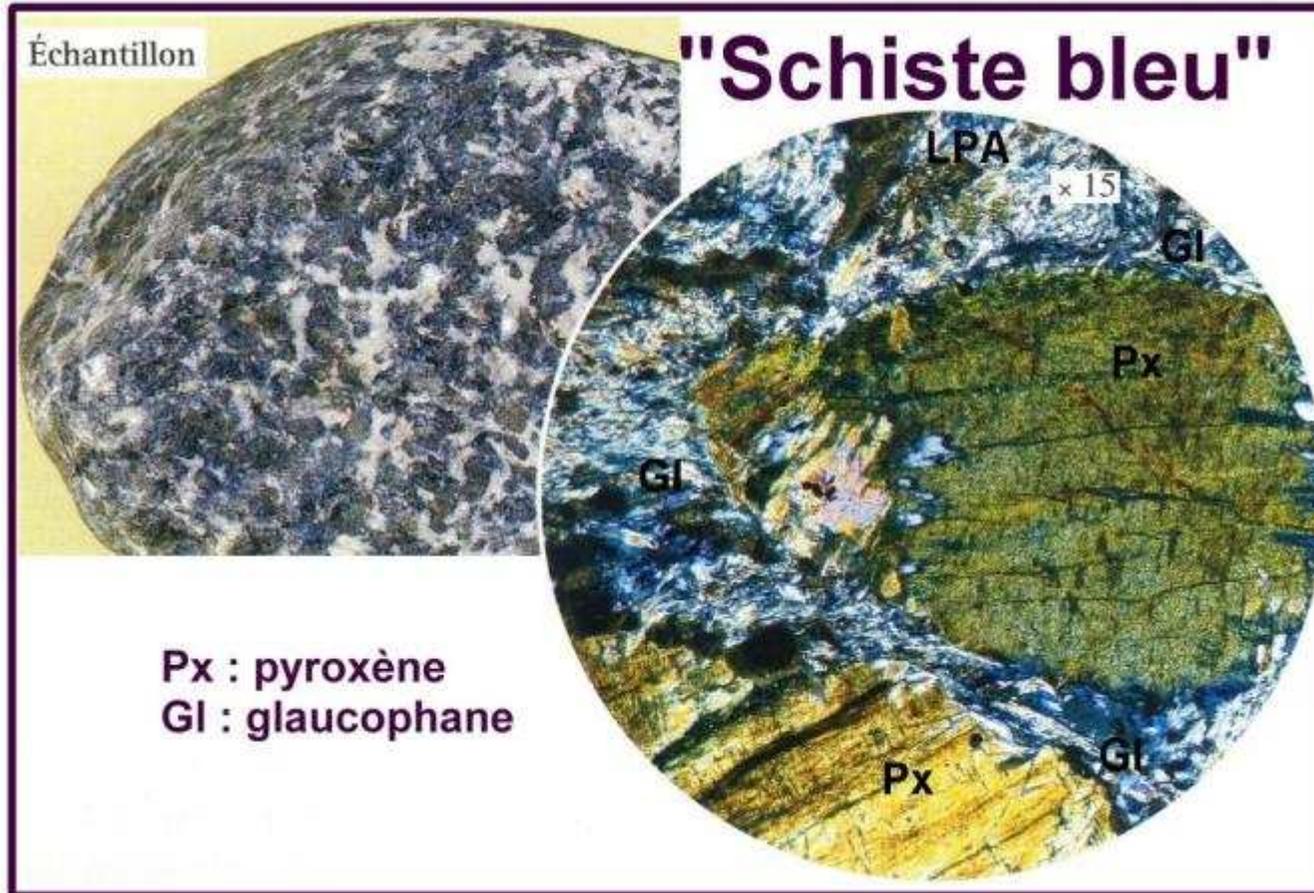
A. Principale cause de la subduction.

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

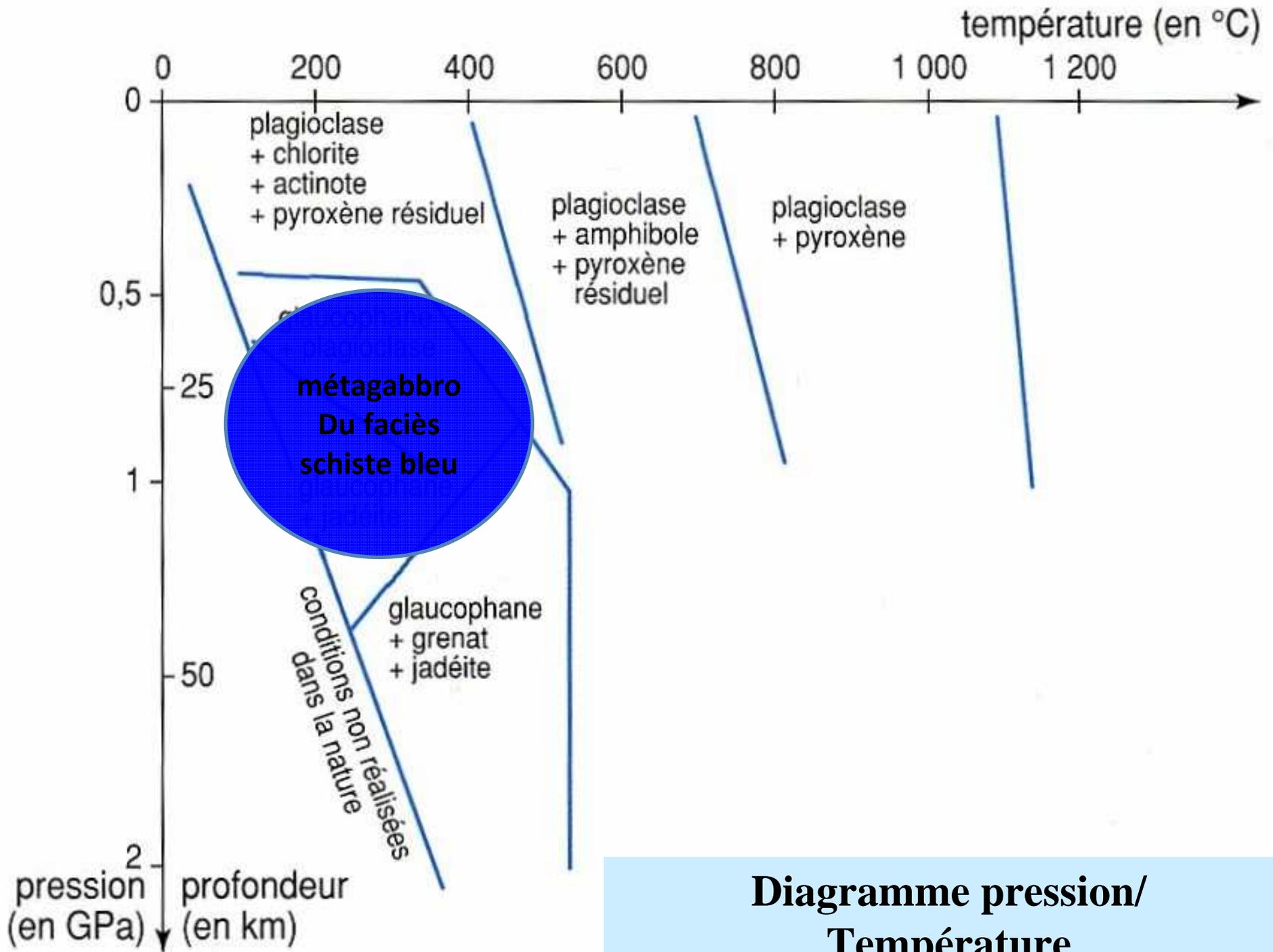
Diagramme pression/ Température



Métagabbro du faciès des schiste bleus

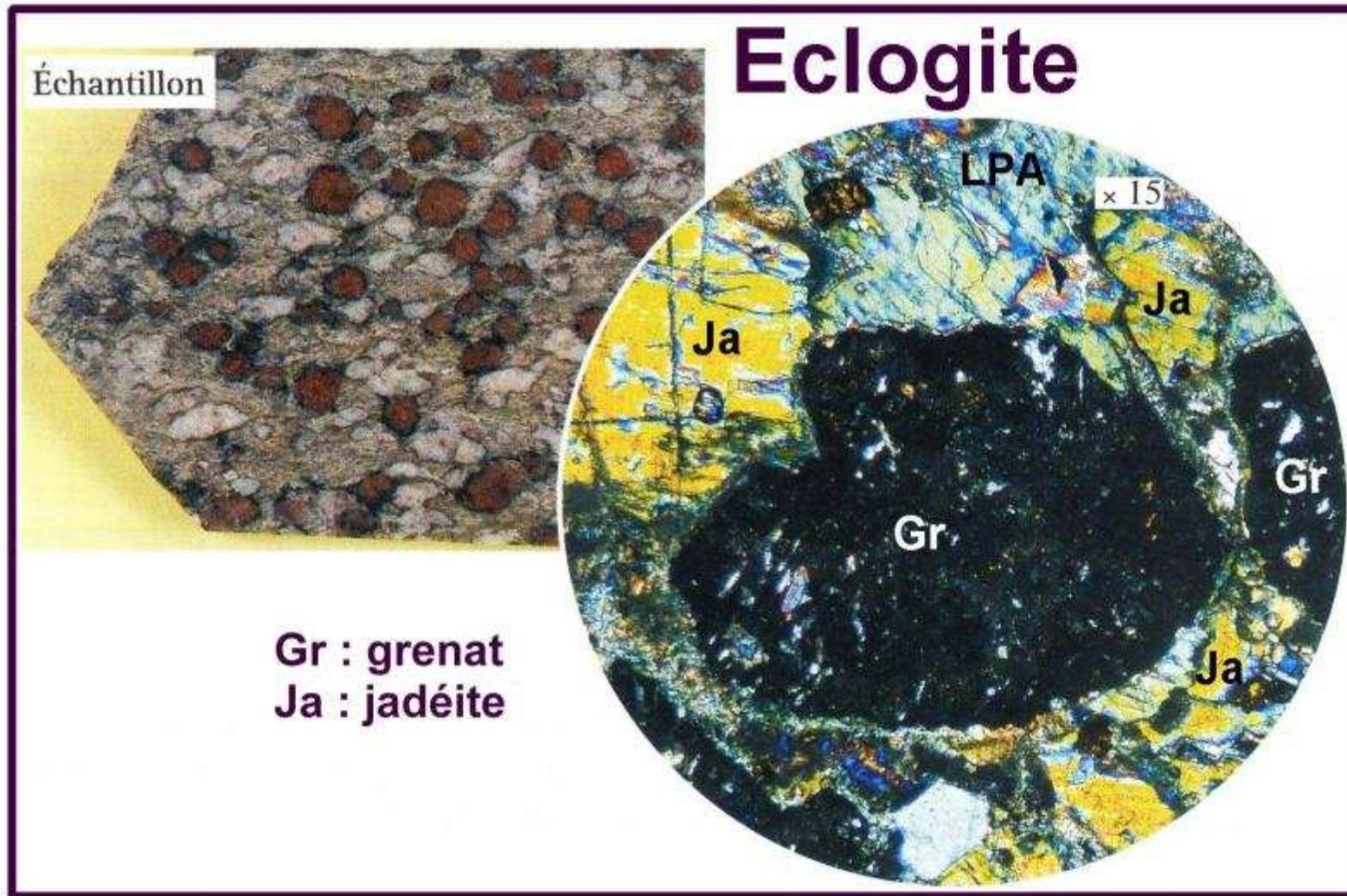


Plagioclase + Chlorite + Actinote → Amphibole bleue (Glaucophane) + eau



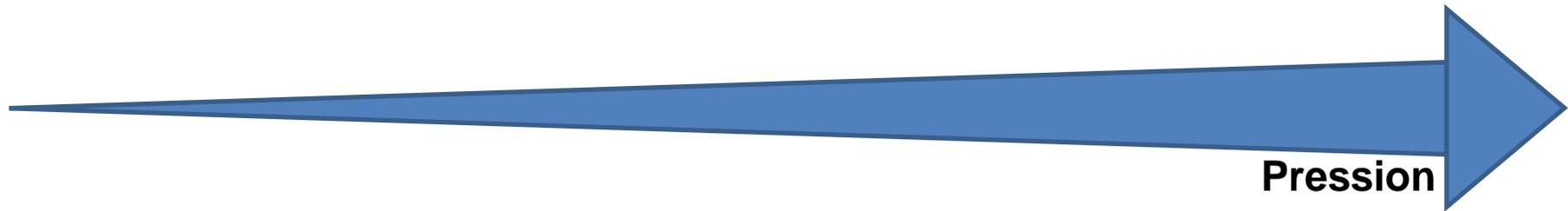
**Diagramme pression/
Température**

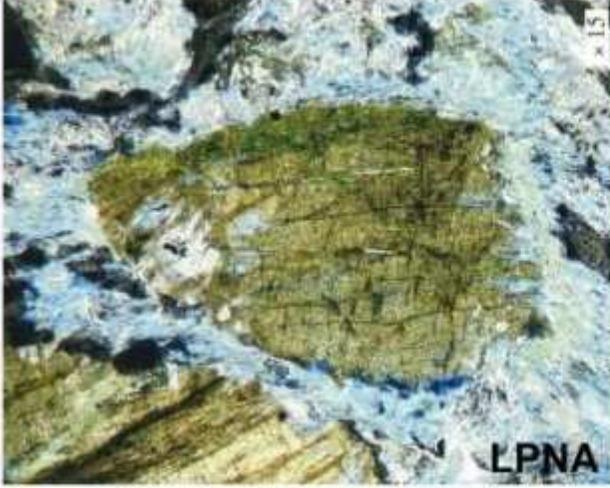
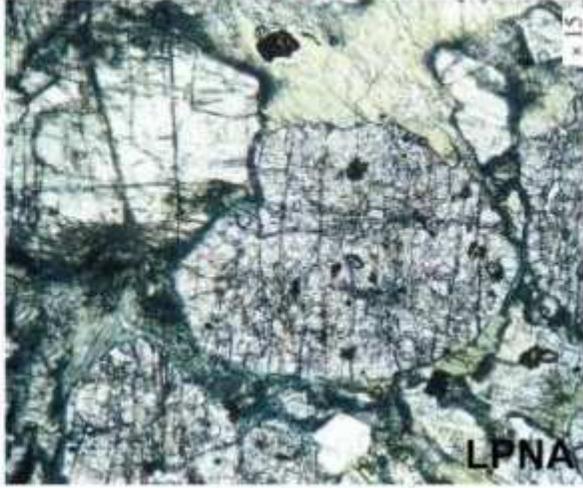
Métagabbro du faciès des éclogites



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

Les roches métamorphiques de la subduction

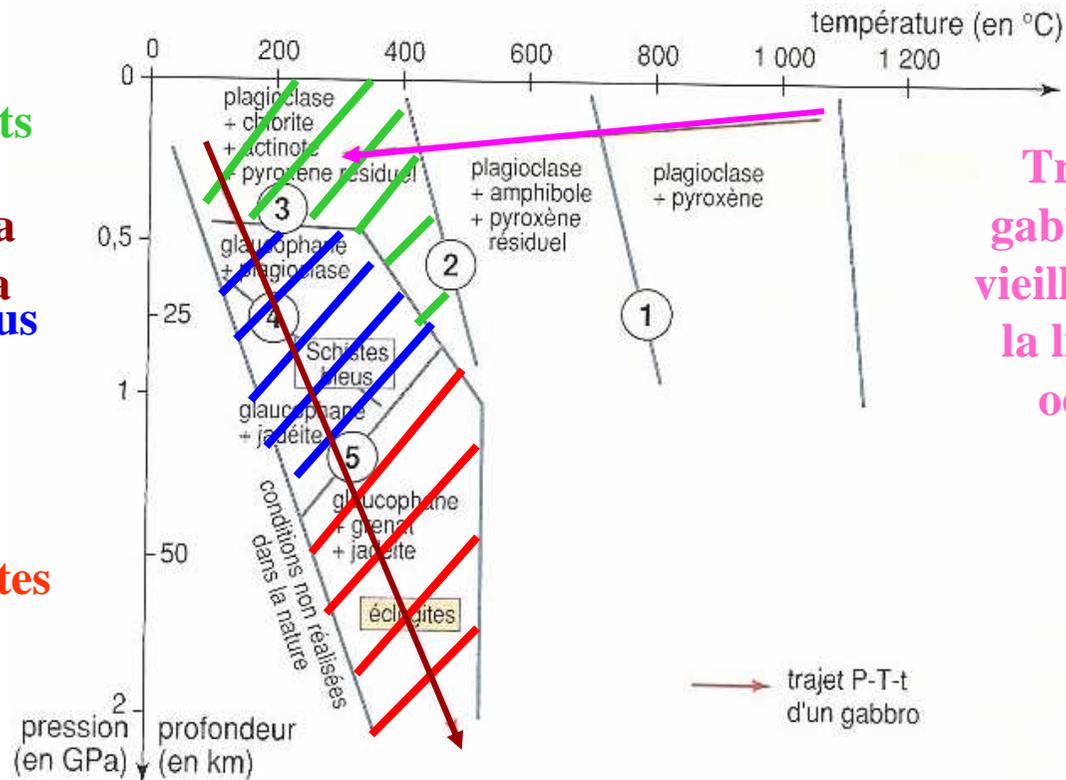


"Schiste bleu"	"Eclogite"
 <p data-bbox="969 1059 1081 1098">LPNA</p>	 <p data-bbox="1585 1059 1697 1098">LPNA</p>
Métagabbro à Glaucophane	Métagabbro à Jadéite et Grenat

Schistes verts
Trajet d'un gabbro lors de la subduction de la lithosphère océanique

Schistes bleus

éclogites

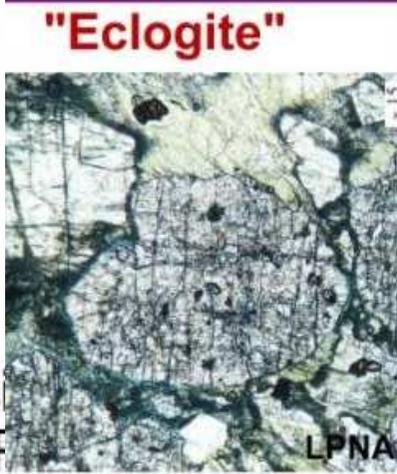
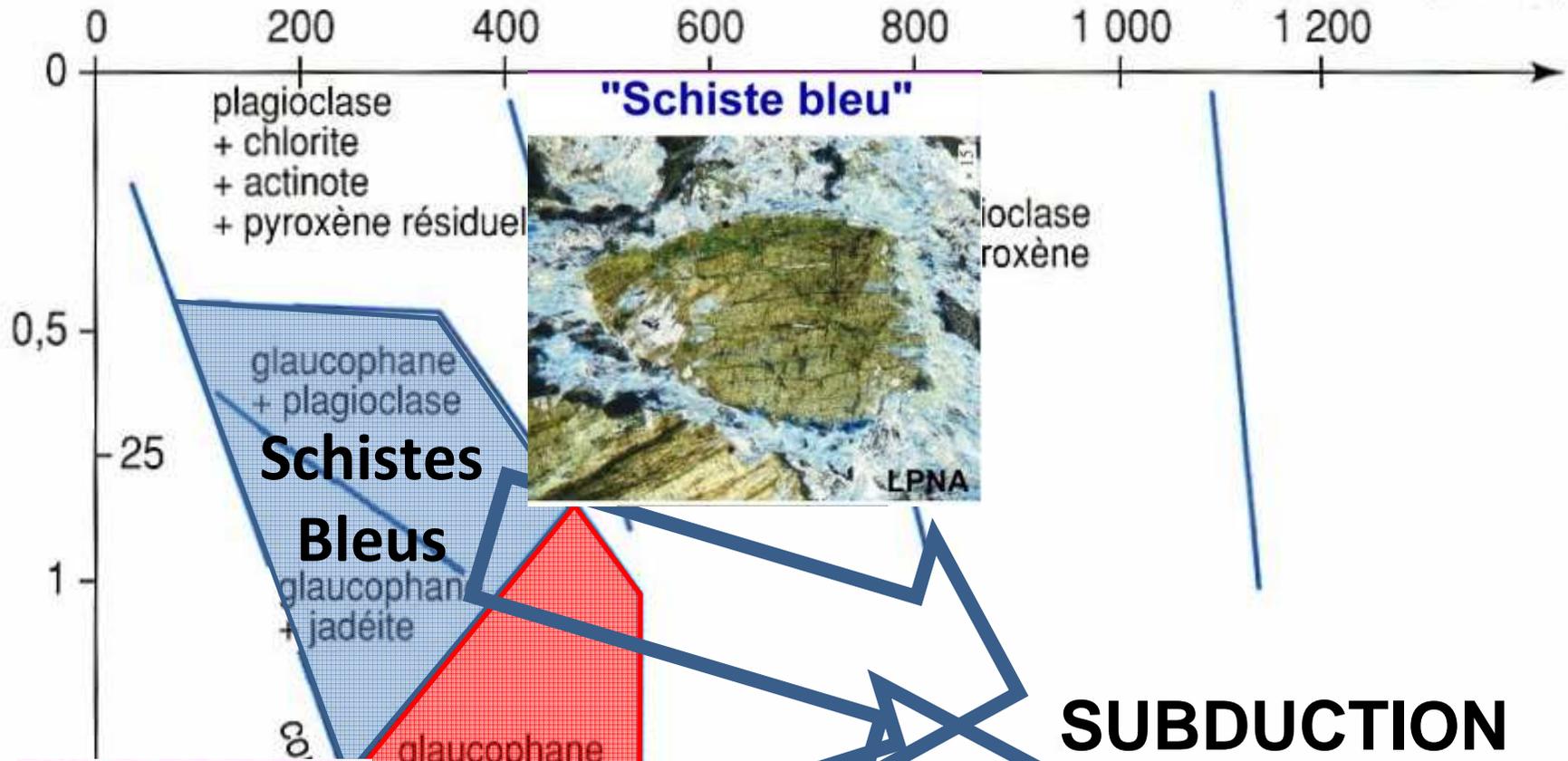


Trajet d'un gabbro lors du vieillissement de la lithosphère océanique

Trajet P/T d'un gabbro lors du vieillissement de la LO et lors de la subduction de la LO

Les faciès métamorphiques

température (en °C)



Augmentation de la densité des roches et entretien de la subduction

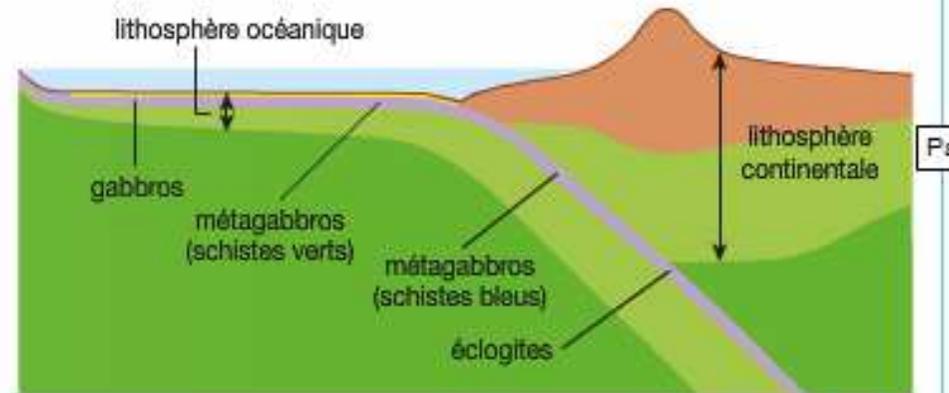
Le contexte géodynamique

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

Doc. 4 Des modifications de la densité des roches au cours de la subduction.

Chapitre 2 : la formation d'une chaîne de montagnes

I. La déchirure continentale.

A. Les caractéristiques d'une déchirure continentale.

B. Les traces d'une marge passive retrouvées dans les Alpes.

II. L'expansion océanique.

A. Les caractéristiques d'un domaine océanique.

B. Les traces d'un océan ancien retrouvées dans les Alpes.

III. La subduction.

A. Principale cause de la subduction.

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

C. Les traces d'une subduction ancienne dans les Alpes.

Les métamorphismes du Queyras et du Viso témoins de la subduction

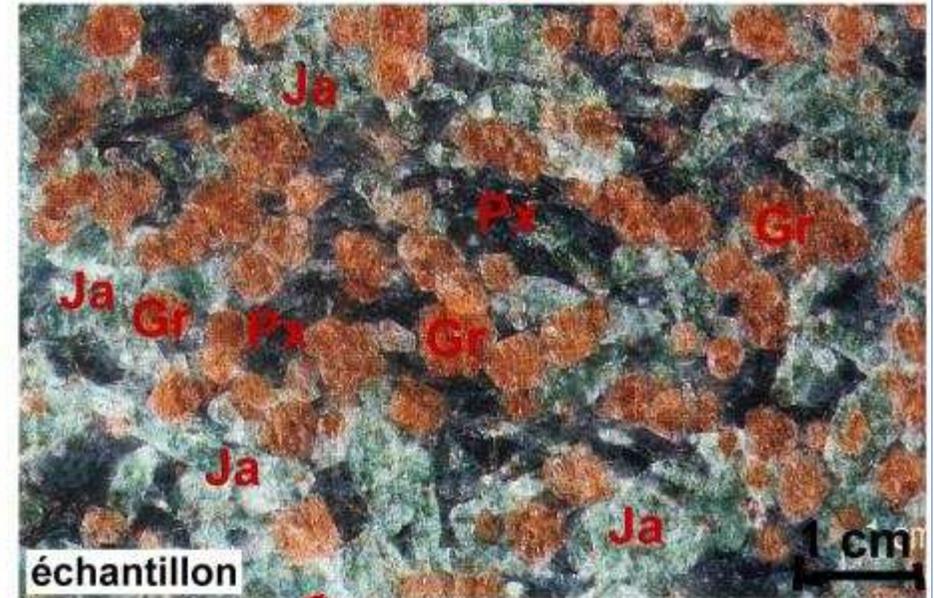
"Schiste bleu"



Métagabbro à glaucophane

Px = pyroxène
Gl = glaucophane
Pl = feldspath
plagioclase

"Eclogite"

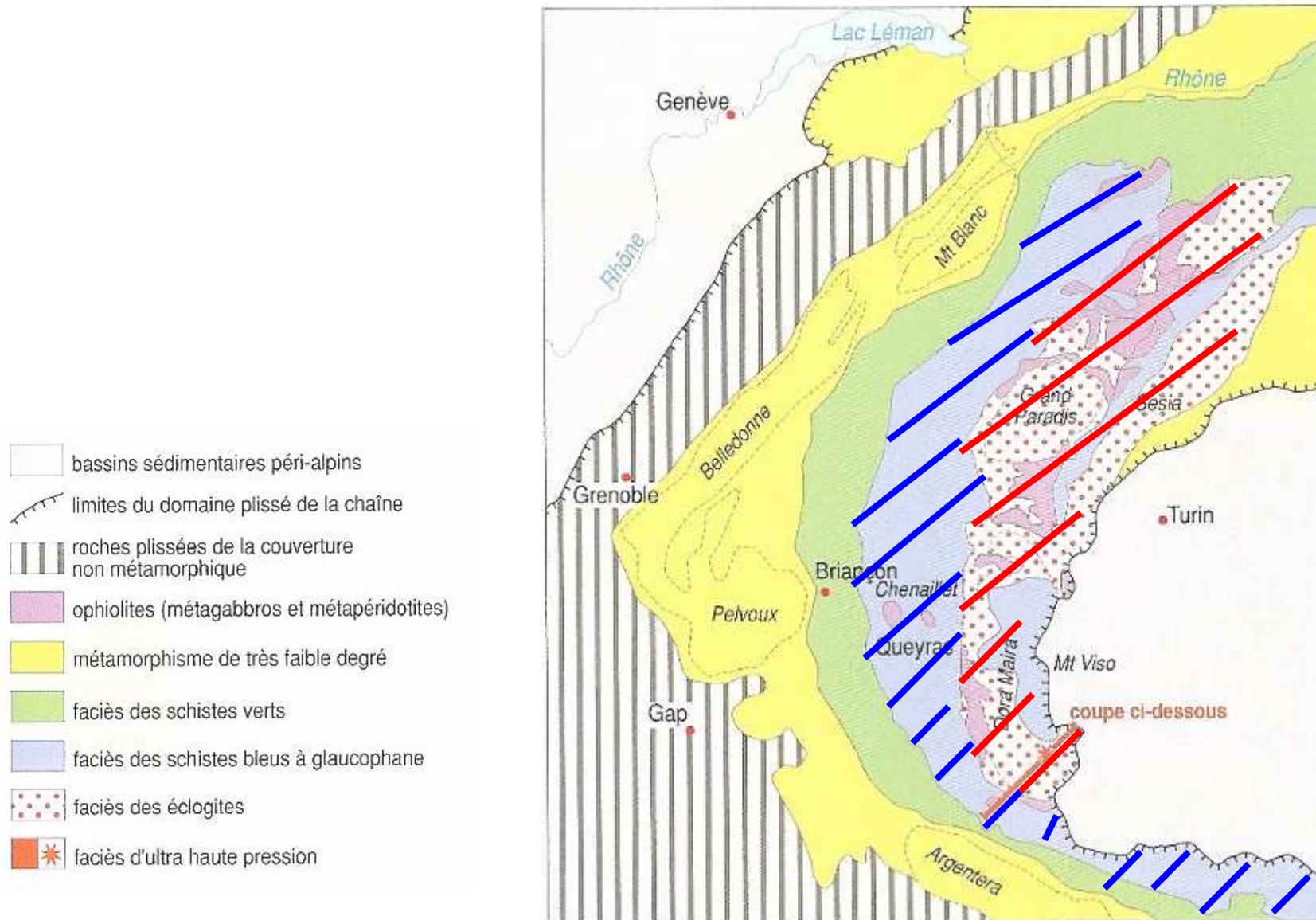


Métagabbro à jadéite et grenat

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



L'intensité du métamorphisme augmente d'ouest en est



Chapitre 2 : la formation d'une chaîne de montagnes

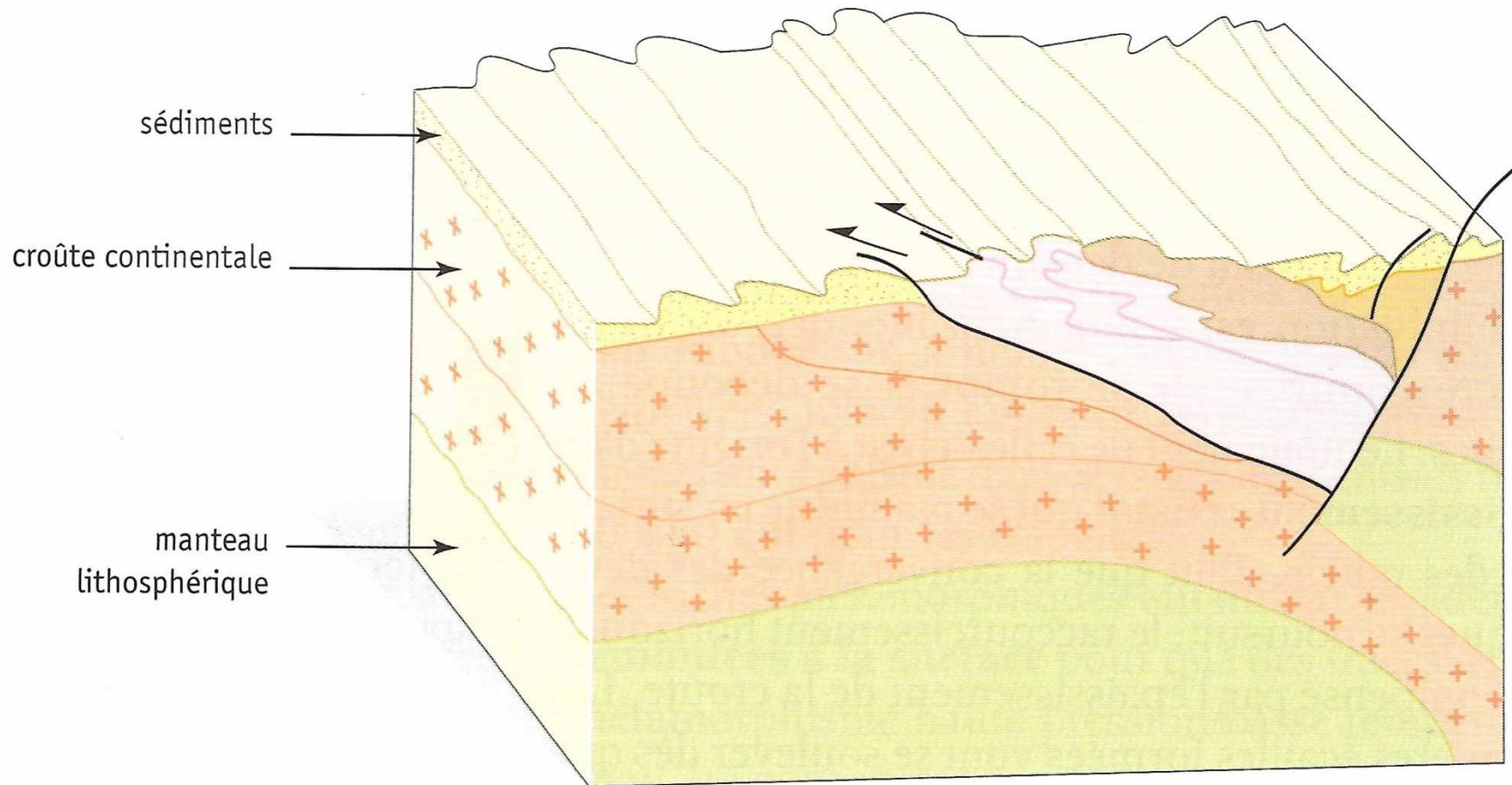
I. La déchirure continentale.

II. L'expansion océanique.

III. La subduction.

IV. La collision continentale.

Collision



Chapitre 2 : la formation d'une chaîne de montagnes

I. La déchirure continentale.

II. L'expansion océanique.

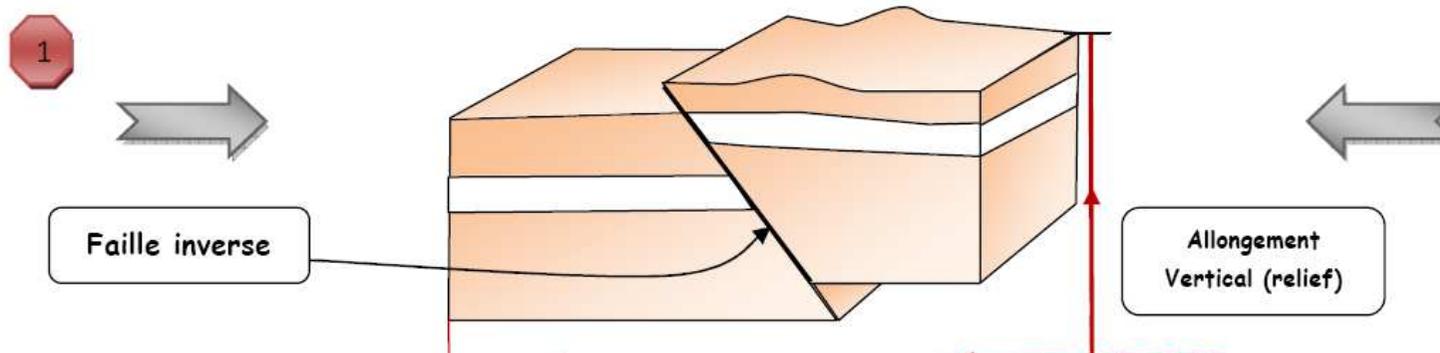
III. La subduction.

IV. La collision continentale.

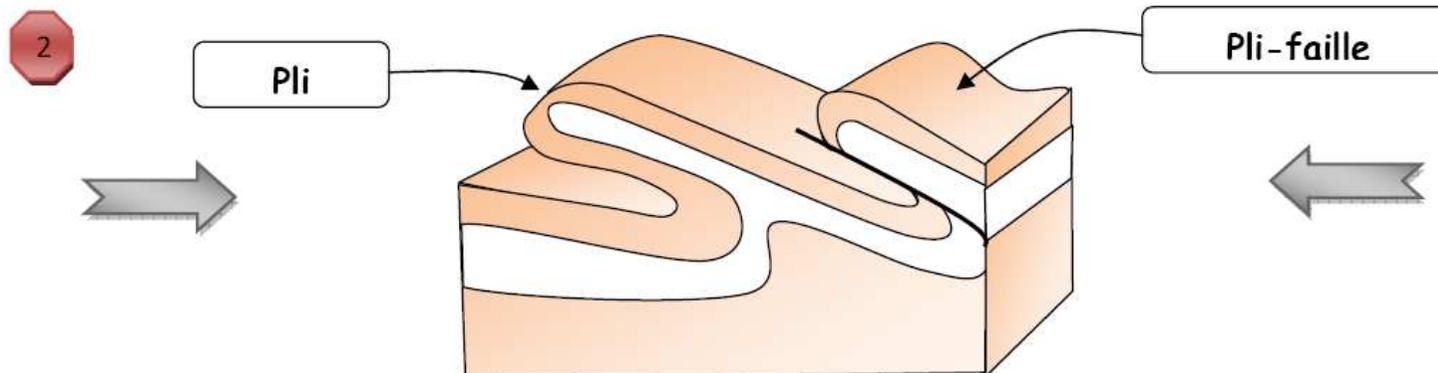
A. Les conséquences de l'affrontement des 2 lithosphères continentales.

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

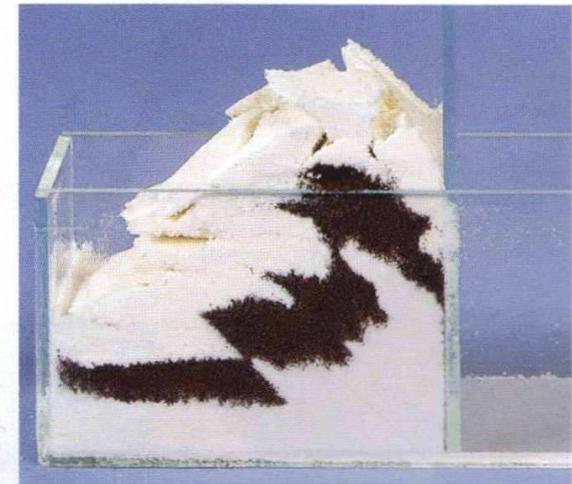
■ PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL : modéliser la déformation des roches

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.



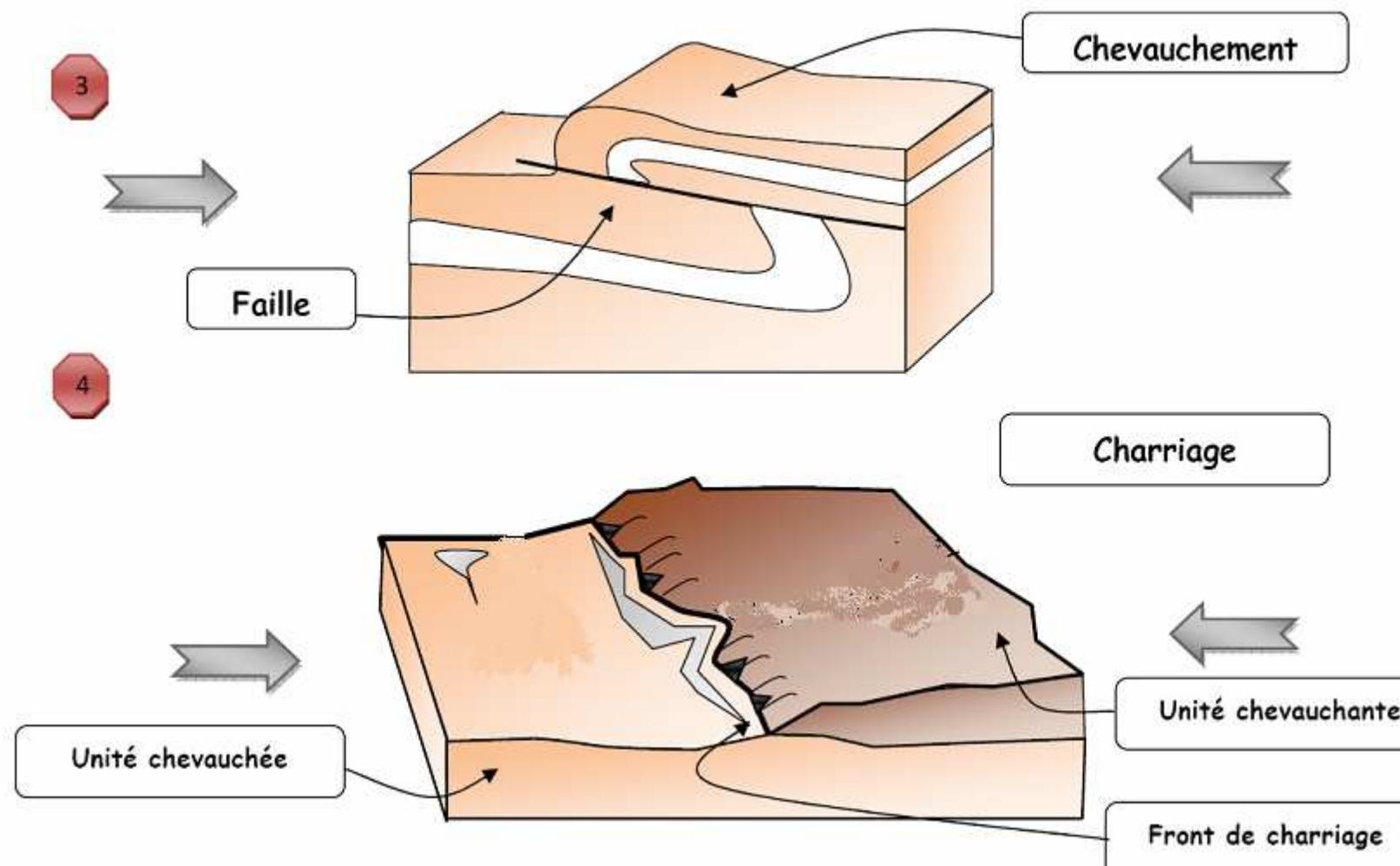
Couches non tassées (souples)



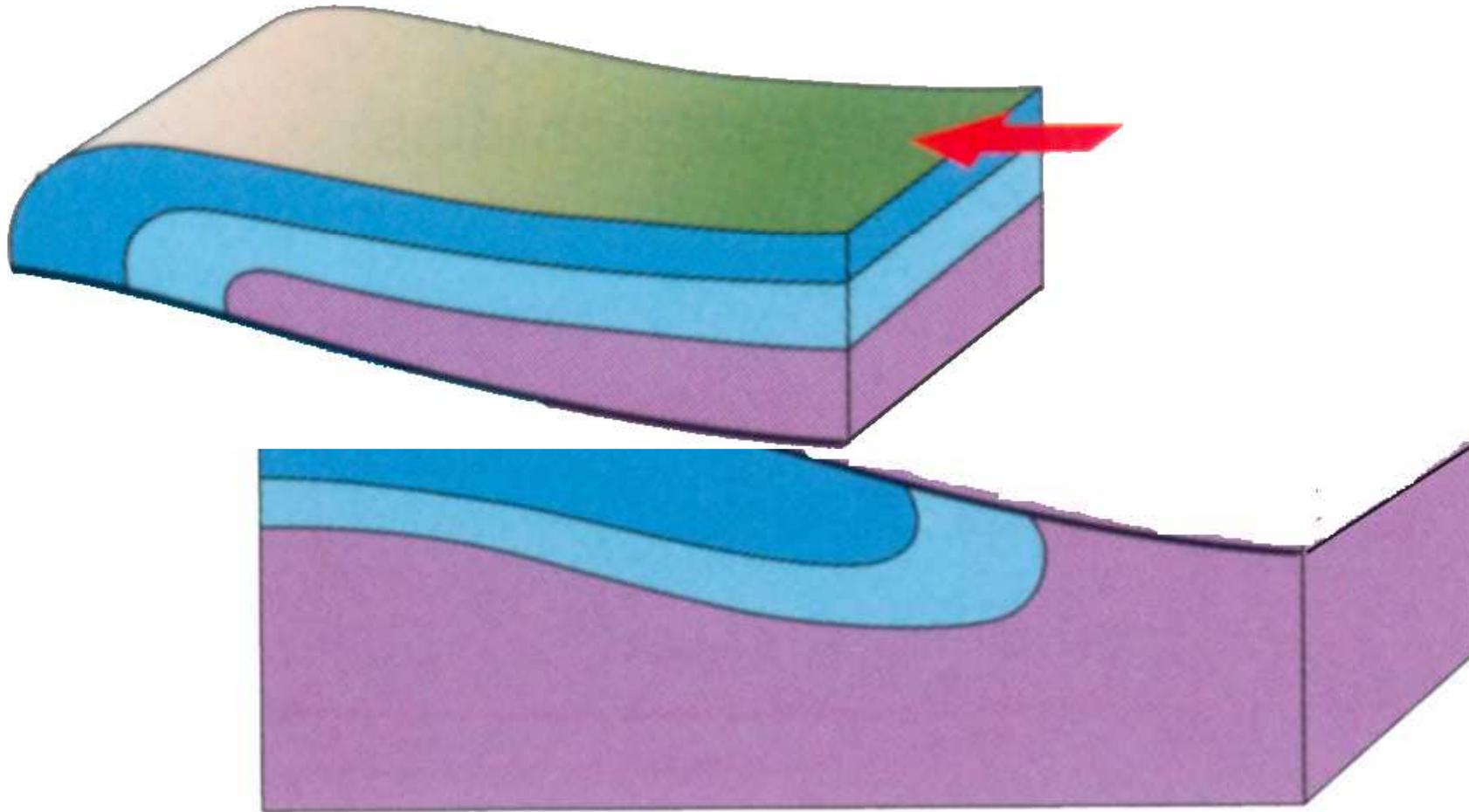
Couches bien tassées (cassantes)

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

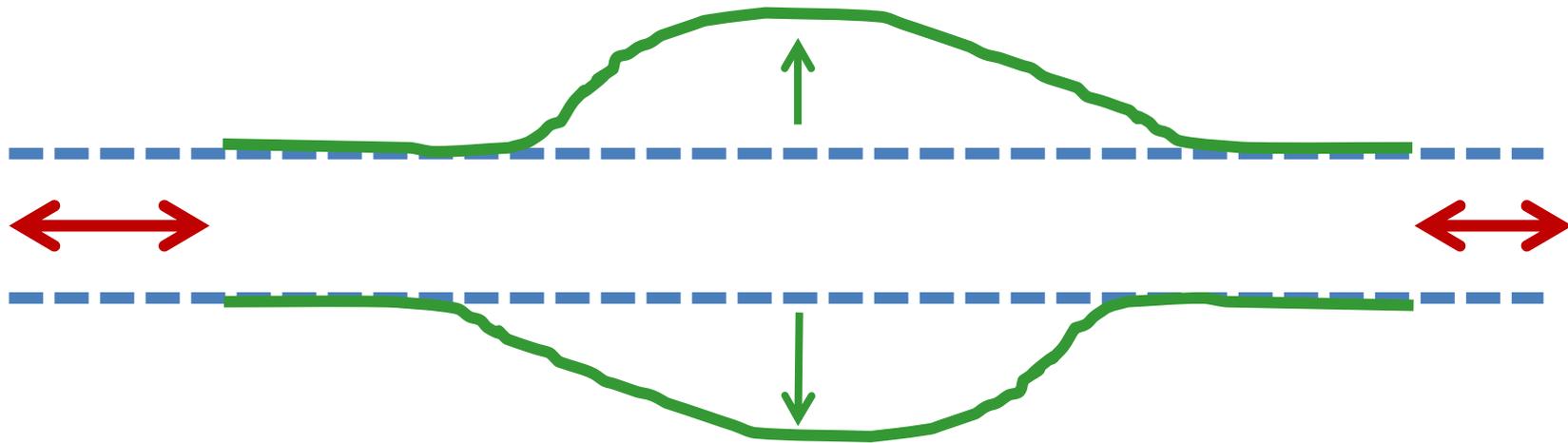


ETAT INITIAL

CONTRAINTES COMPRESSIVES



EPAISSISSEMENT



RACCOURCISSEMENT

Chapitre 2 : la formation d'une chaîne de montagnes

I. La déchirure continentale.

II. L'expansion océanique.

III. La subduction.

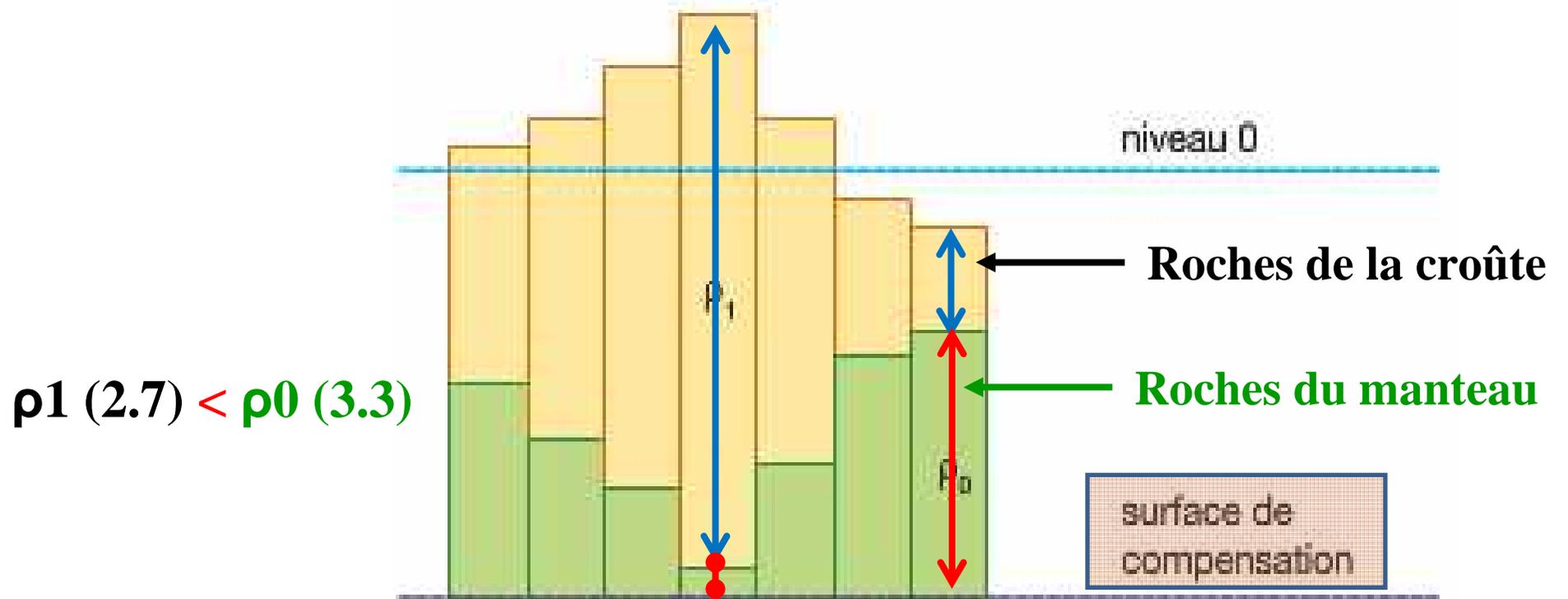
IV. La collision continentale.

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

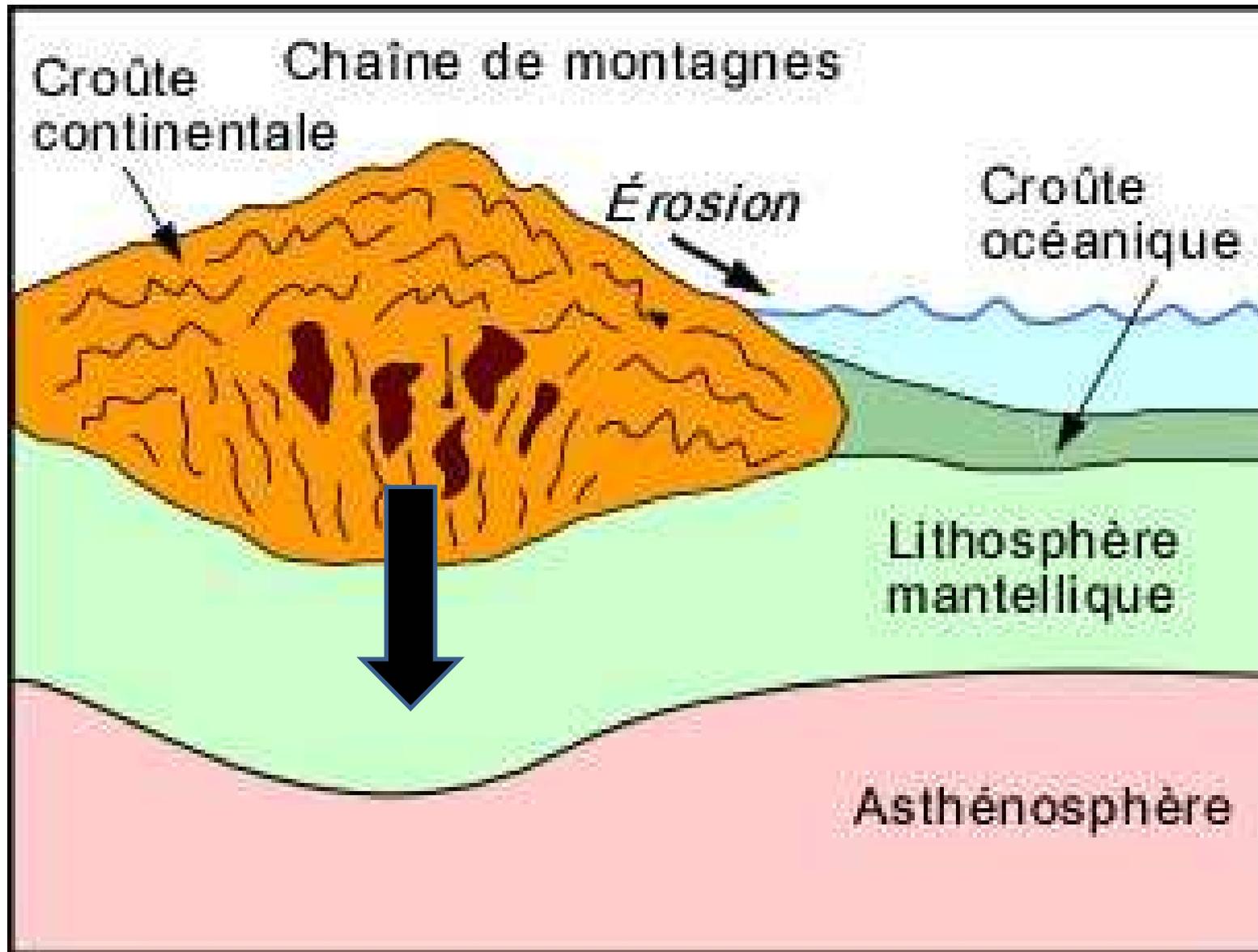
1. Les conséquences tectoniques de l'affrontement.

2. Les conséquences pétrographiques de l'affrontement.

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

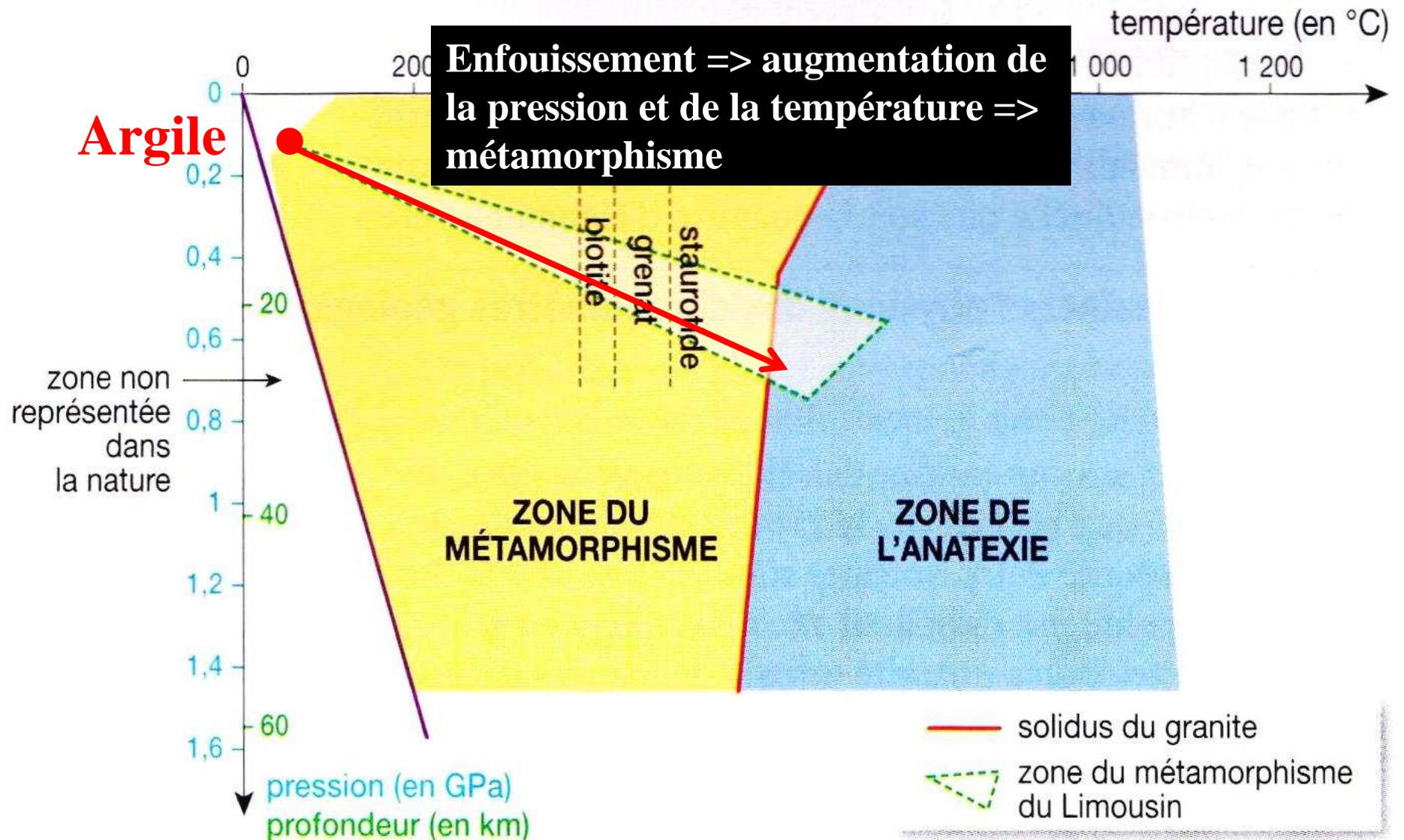


Mise en place d'une racine crustale



Métamorphisme des roches de la croûte continentale

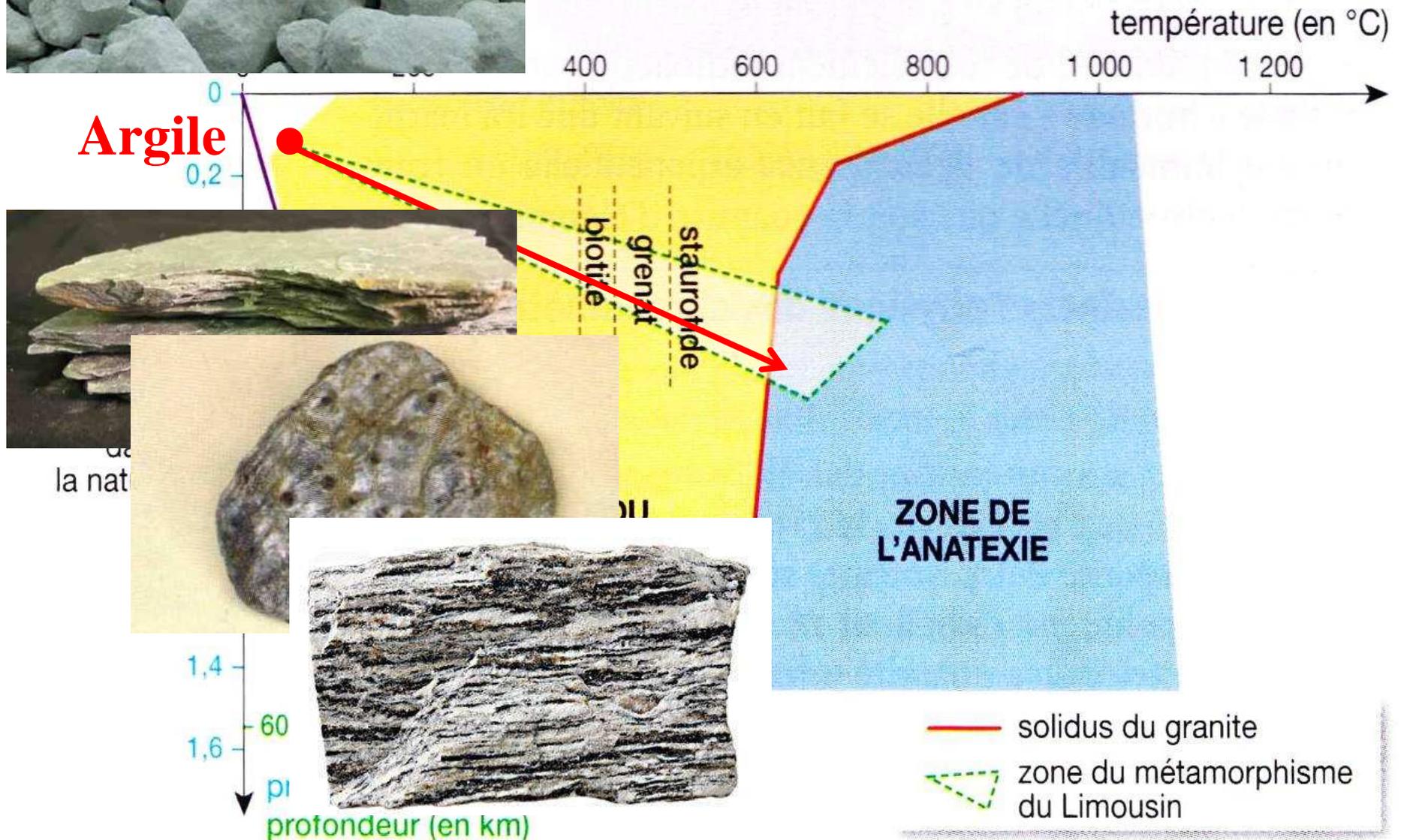
Diagramme P-T : zones du métamorphisme et de l'anatexie



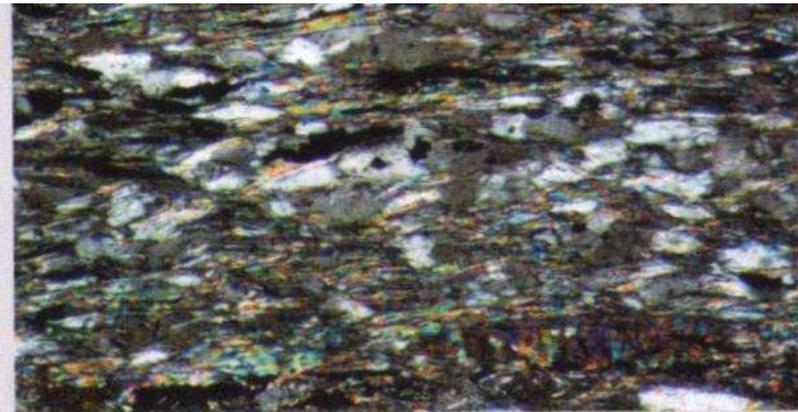
des roches de la croûte continentale



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



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.

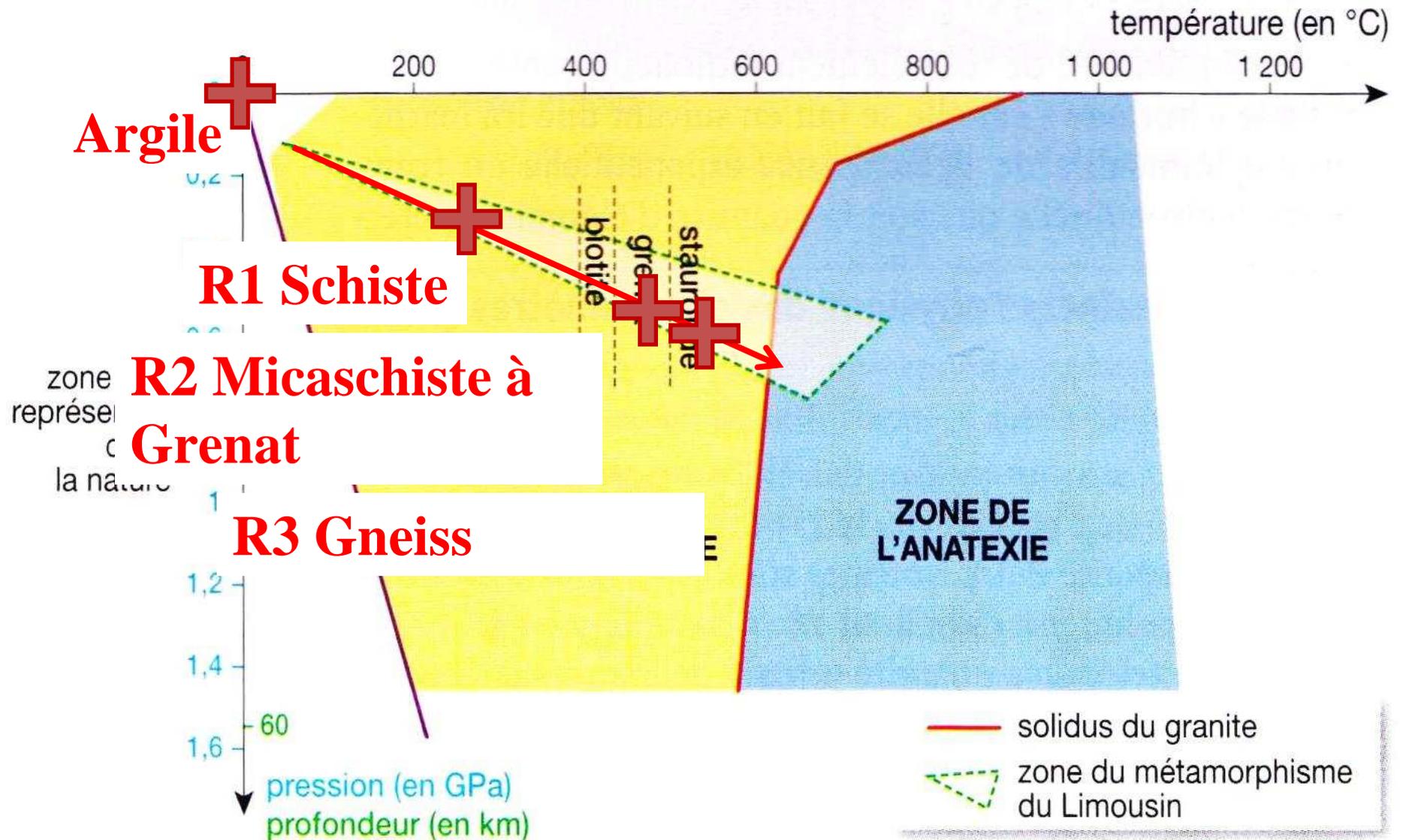
Le micaschiste à grenat, une roche métamorphique

Roche R2 : micaschiste à grenat



Le schiste, une roche métamorphique

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



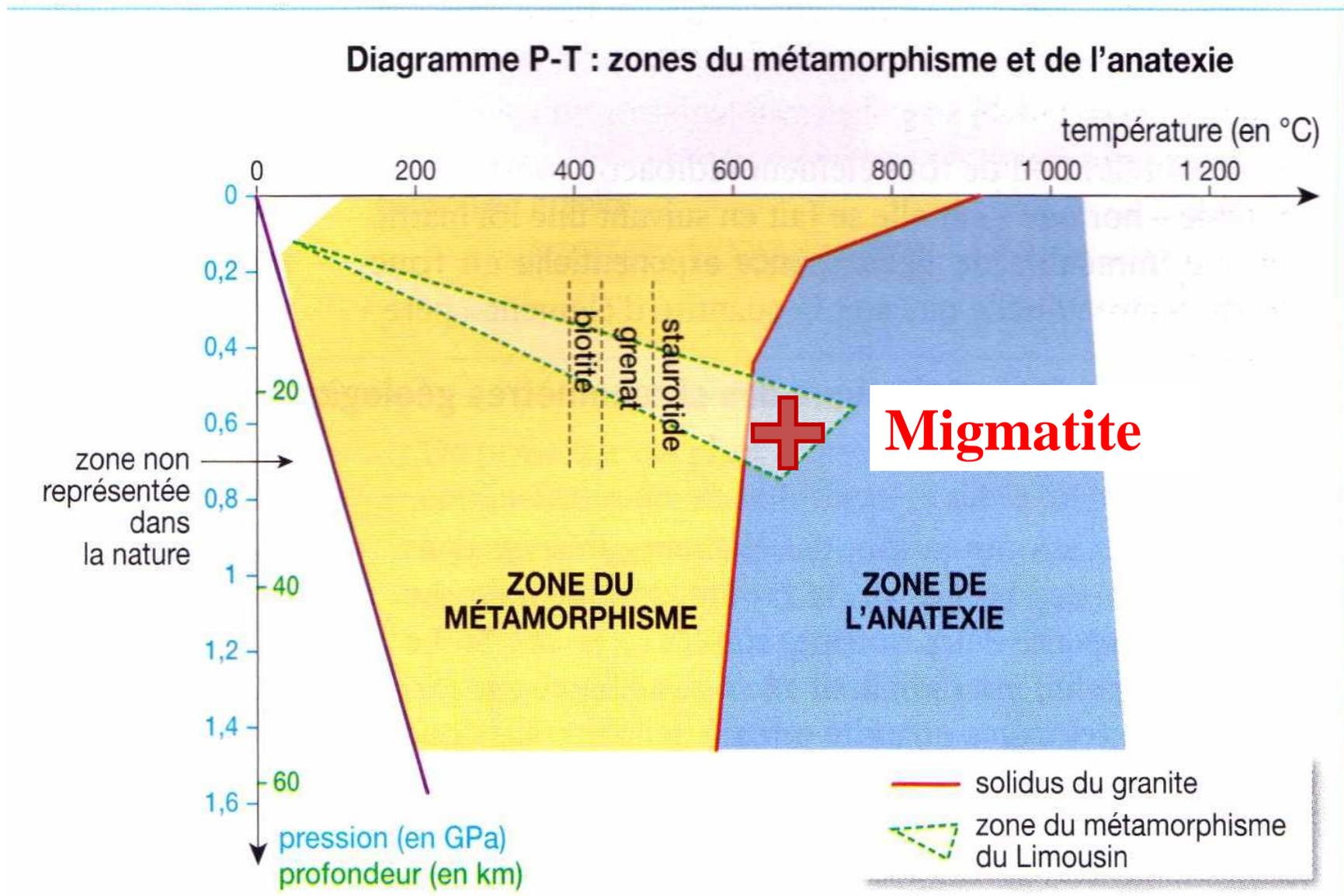
Les migmatites, des roches résultant de l'anatexie

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



Chapitre 2 : la formation d'une chaîne de montagnes

I. La déchirure continentale.

II. L'expansion océanique.

III. La subduction.

IV. La collision continentale.

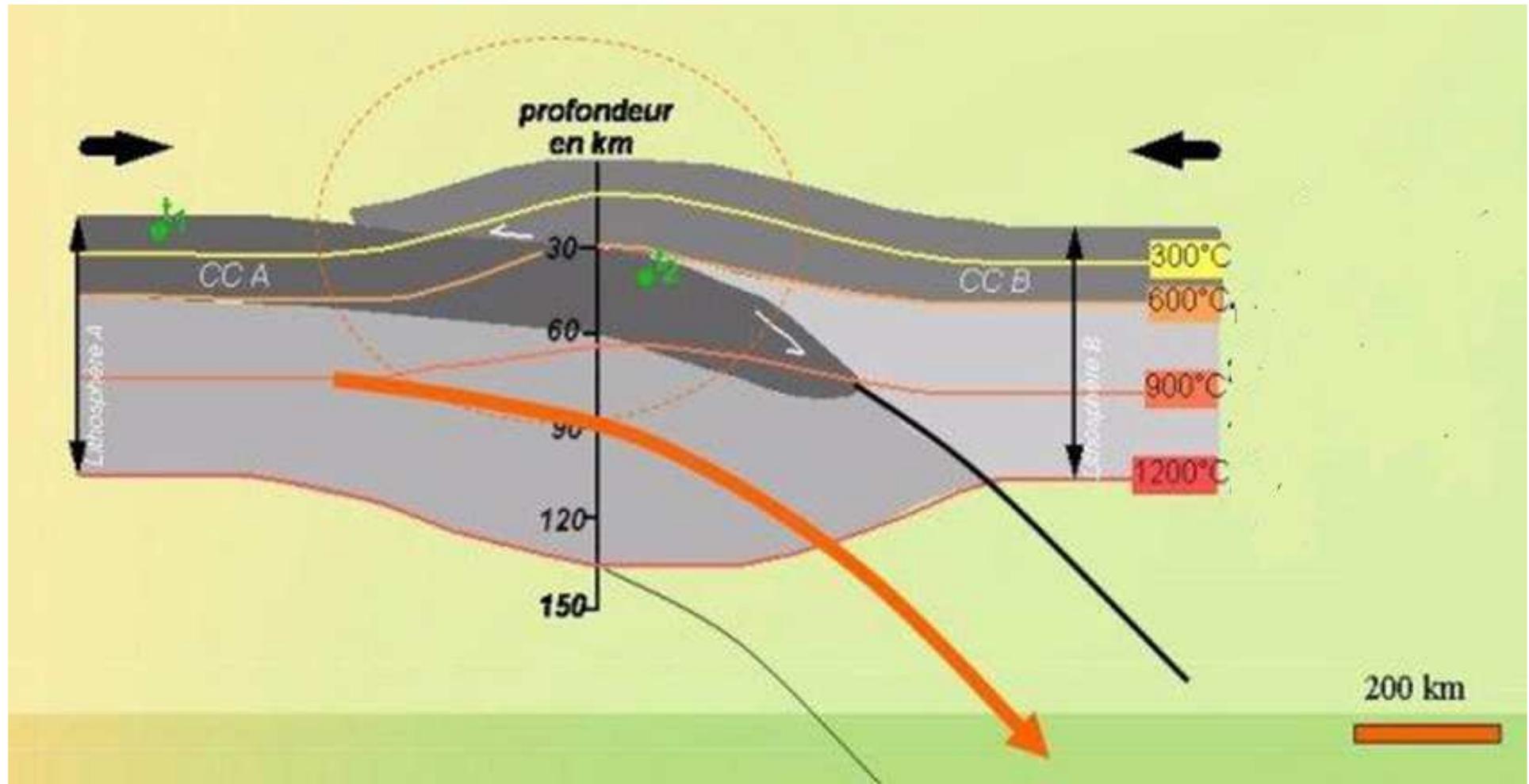
A. Les conséquences de l'affrontement des 2 lithosphères continentales.

1. Les conséquences tectoniques de l'affrontement.

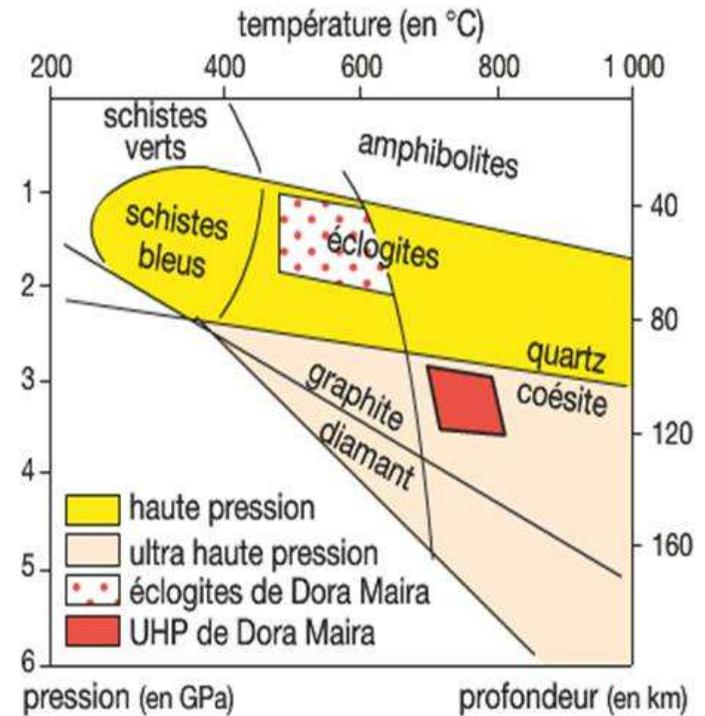
2. Les conséquences pétrographiques de l'affrontement.

3. Une subduction continentale

La subduction continentale



Formation de minéraux d'ultra haute pression



Chapitre 2 : la formation d'une chaîne de montagnes

I. La déchirure continentale.

II. L'expansion océanique.

III. La subduction.

IV. La collision continentale.

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

1. Les conséquences tectoniques de l'affrontement.

2. Les conséquences pétrographiques de l'affrontement.

3. Une 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



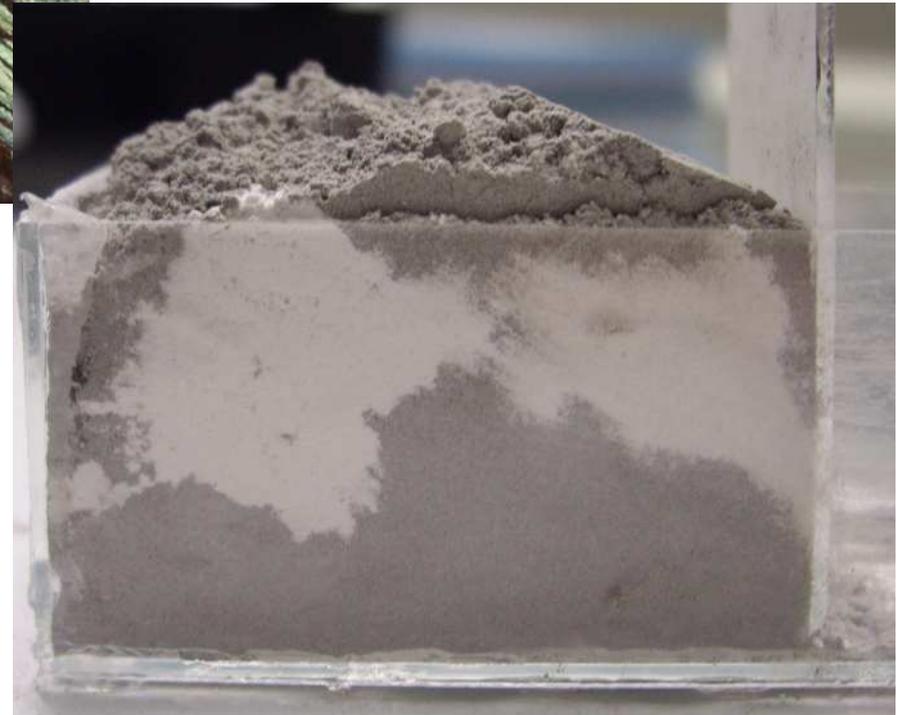
Photographie Pierre Thomas

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



Zones plus ductiles...

...déformations plus souples : plis

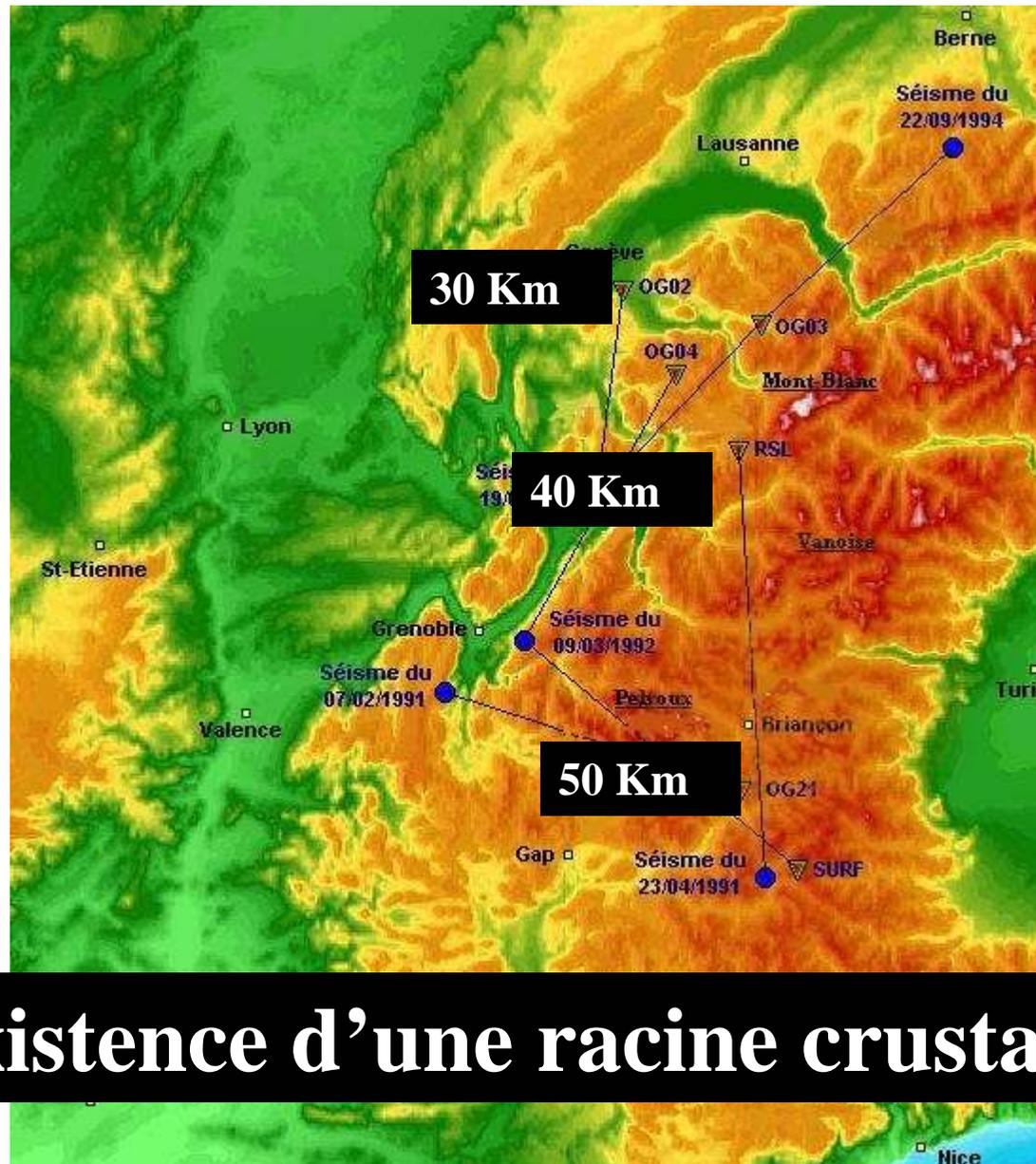


Dans les Alpes, on retrouve : des nappes de charriage ...

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)**

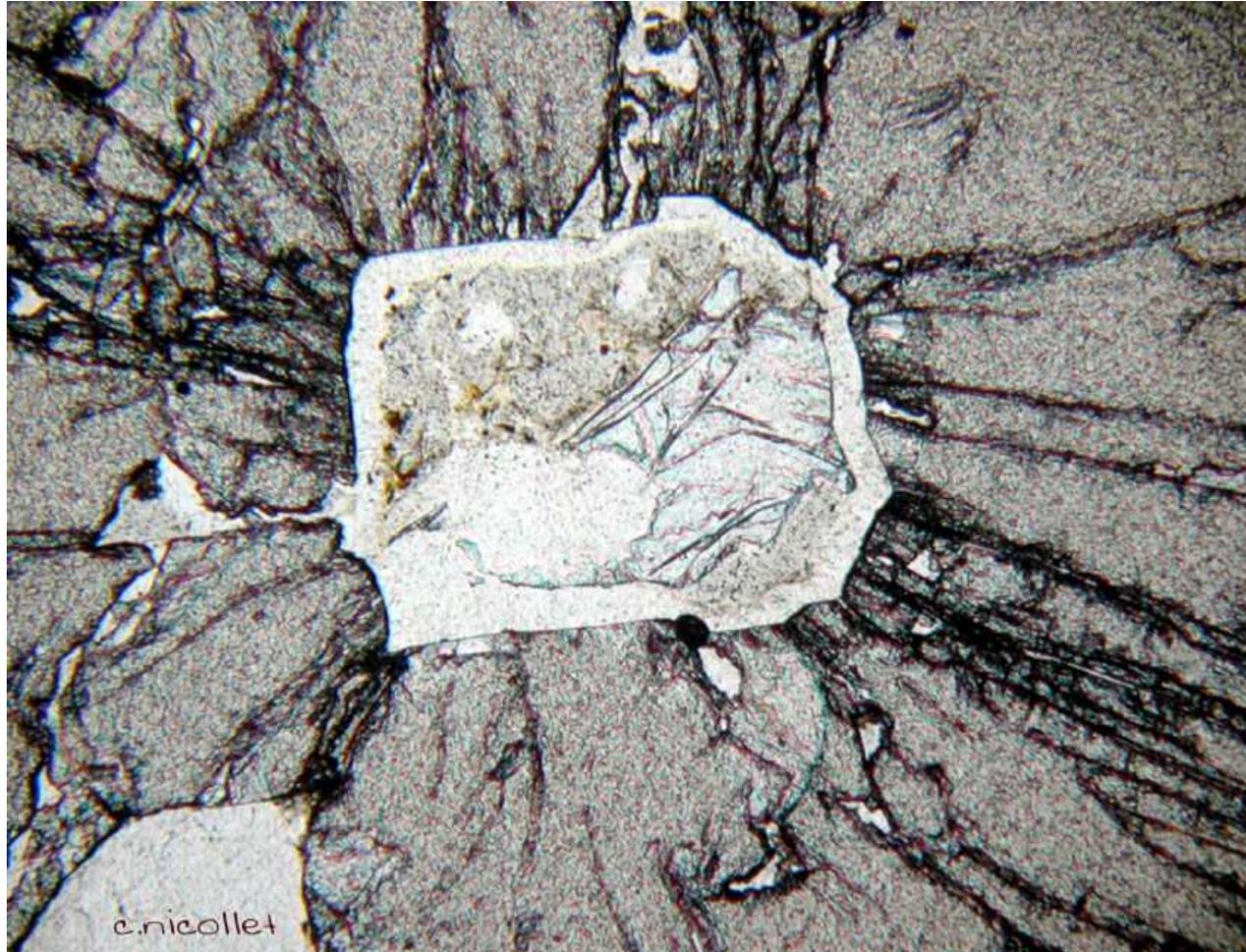


Micaschiste à grenat (Mont Blanc)



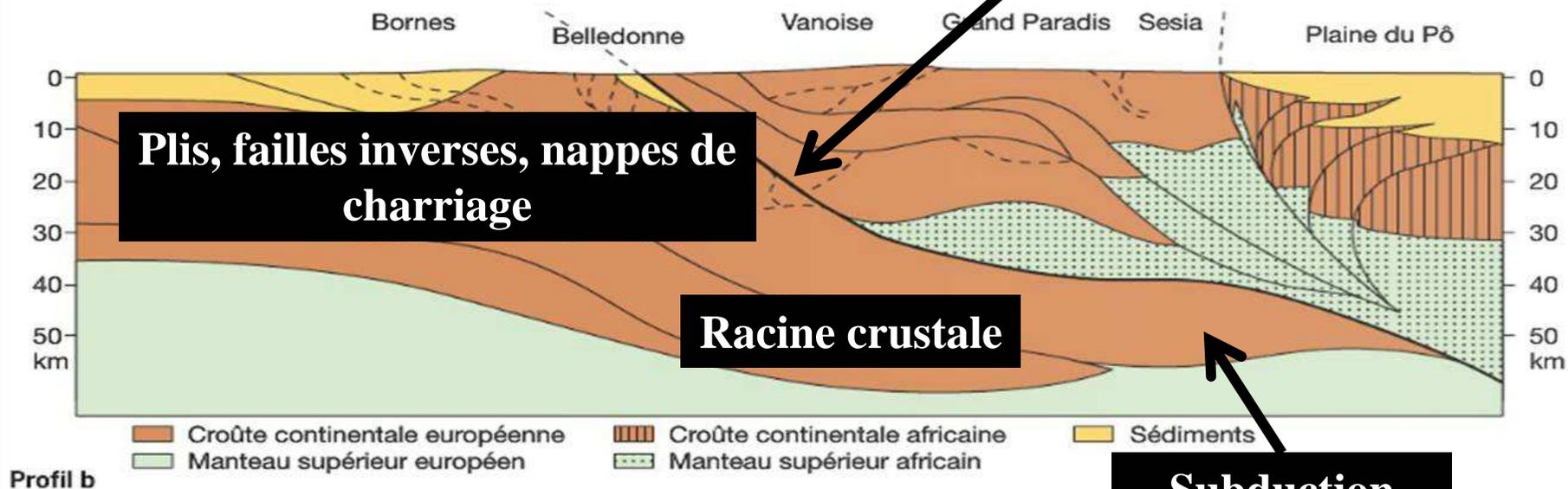
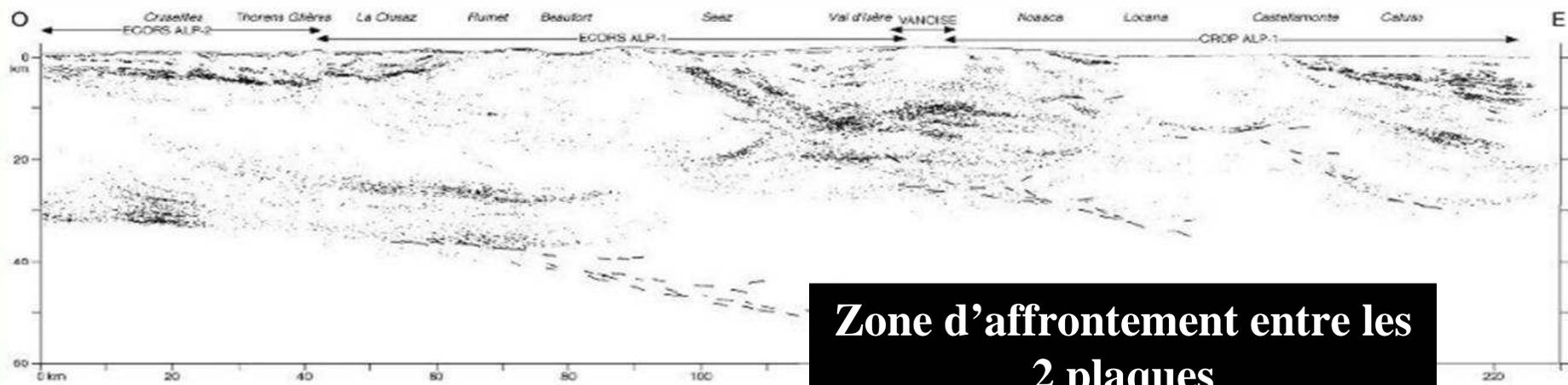
Gneiss (Mercantour)

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

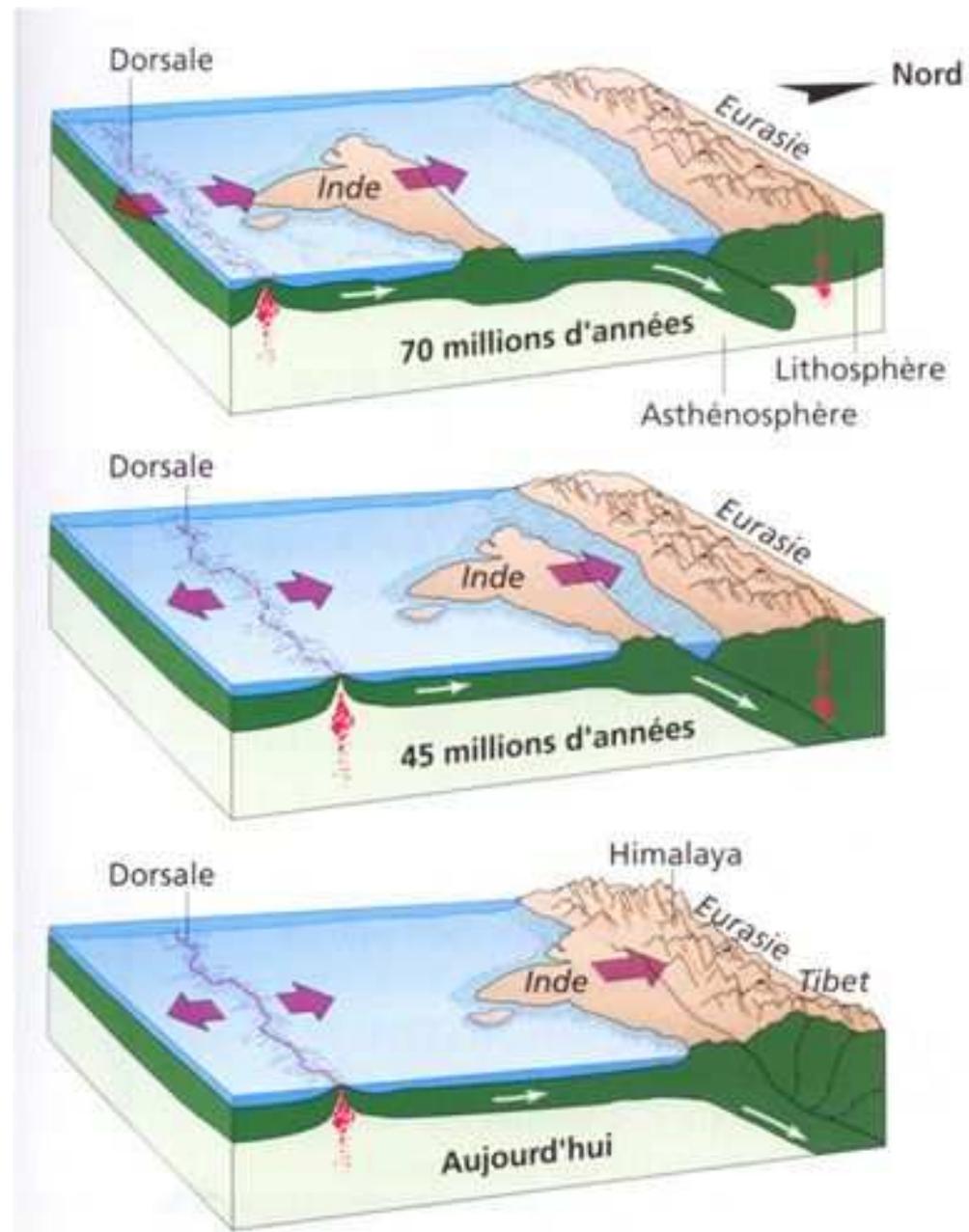


Coésite (Dora Maira)

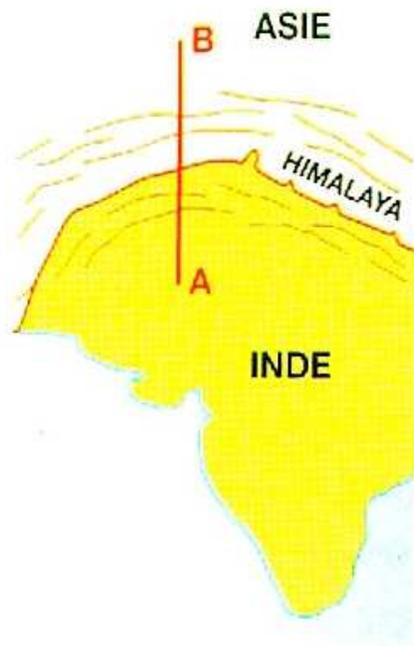
Collision et subduction continentale confirmées par des données sismiques



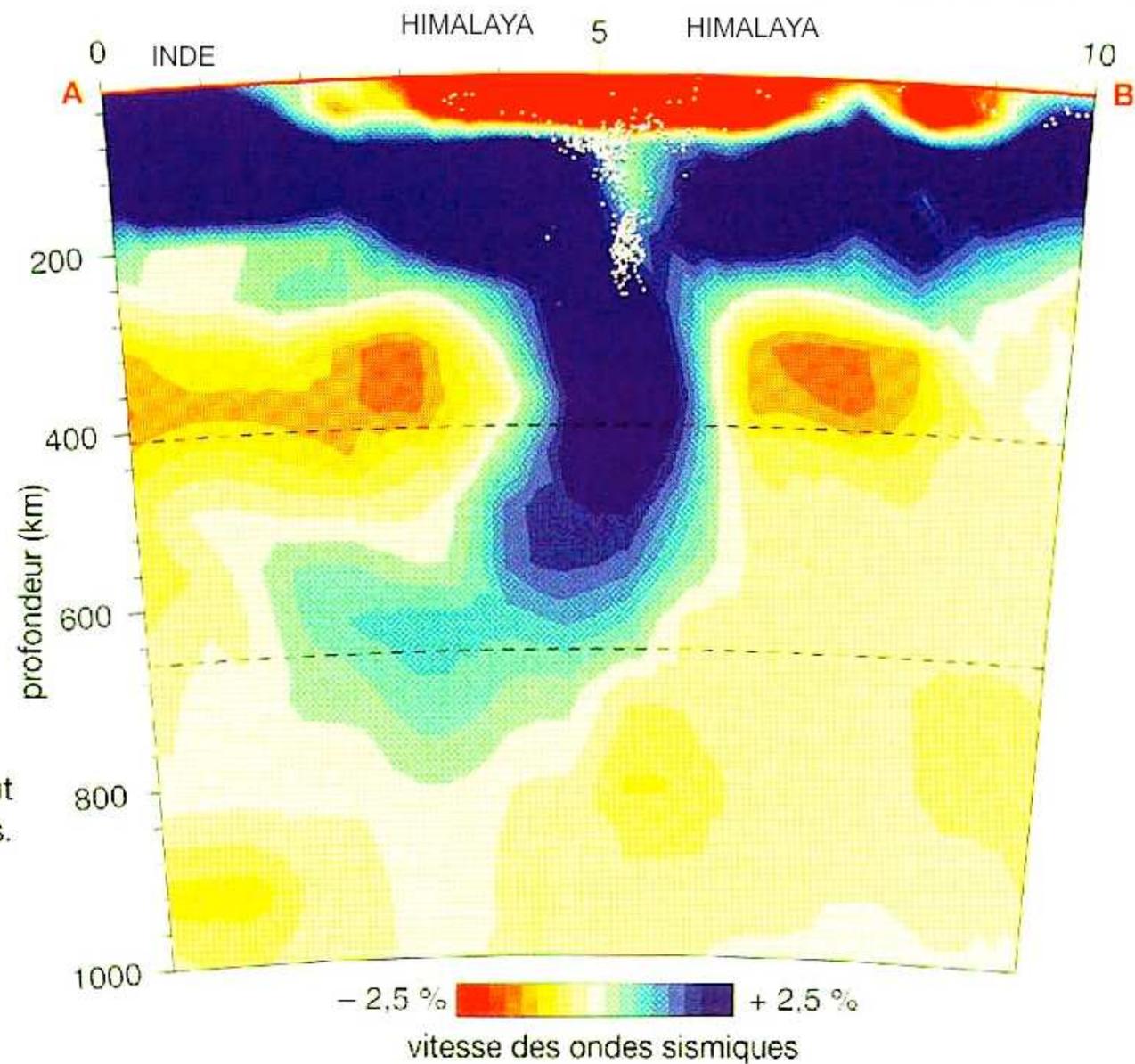
La collision entre l'Inde et l'Asie



Une subduction continentale sur une grande profondeur

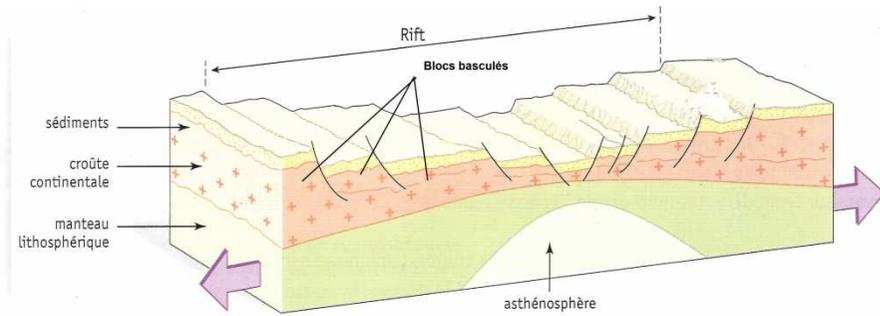
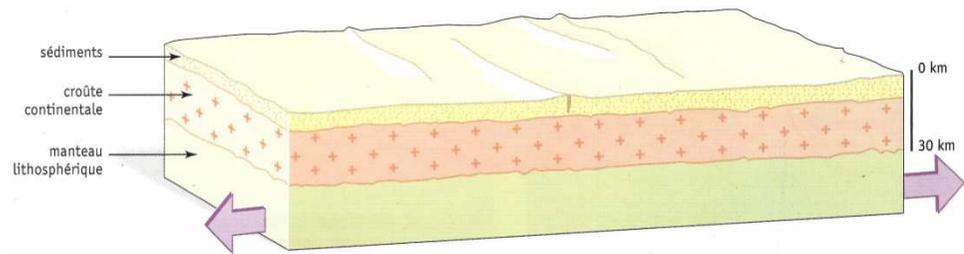


Les points blancs correspondent aux foyers des principaux séismes.

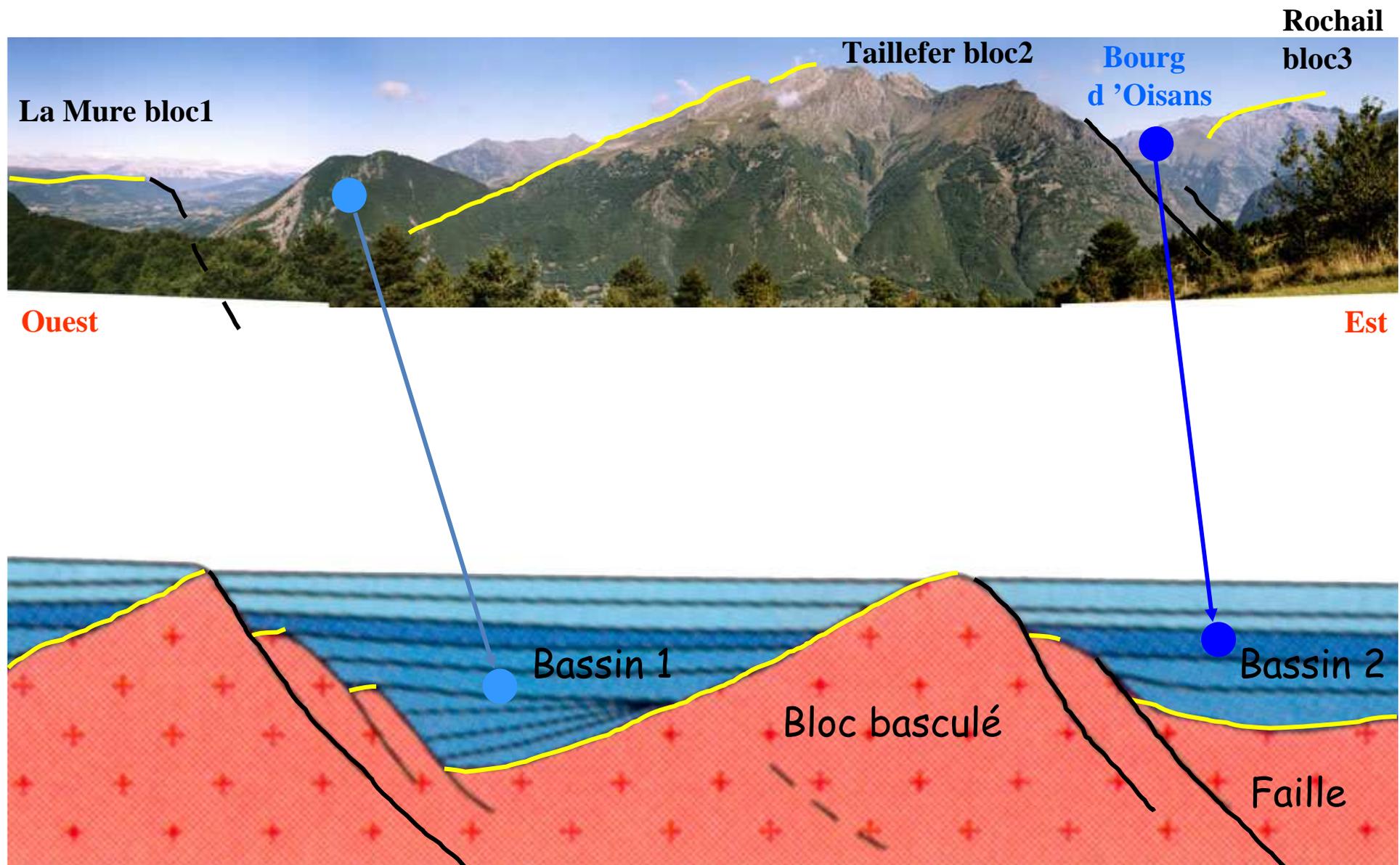


Conclusion

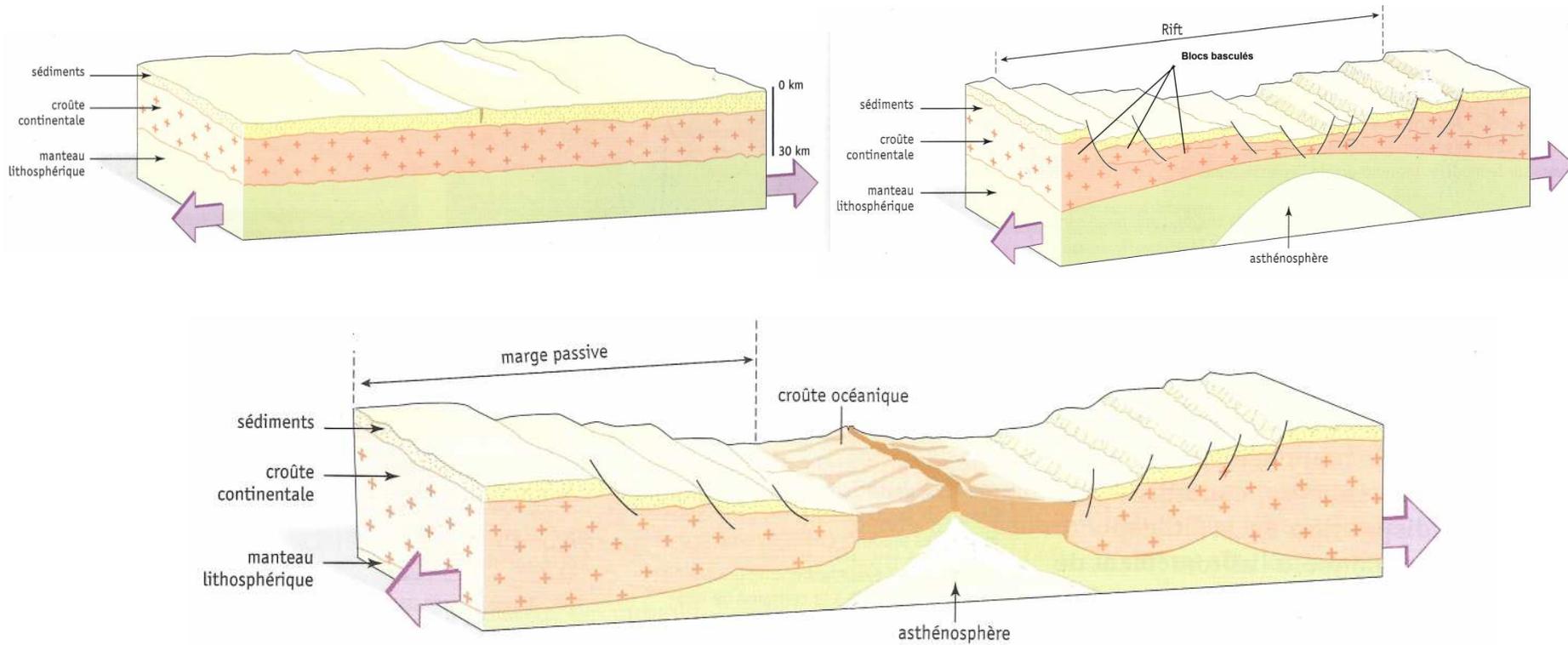
Scenarrio type de la formation d'une chaine de montagnes



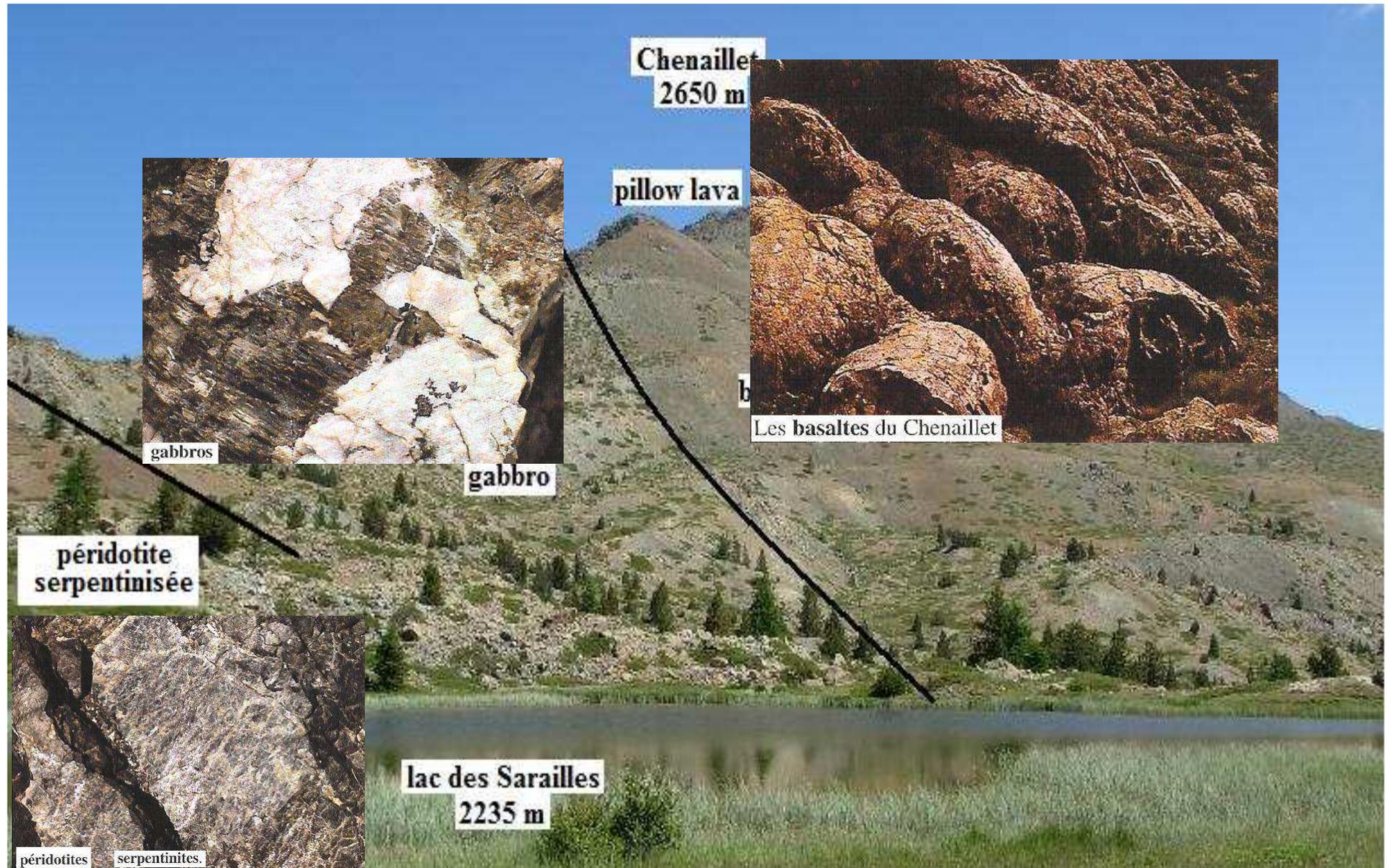
Dans les Alpes : blocs basculés et sédiments associés



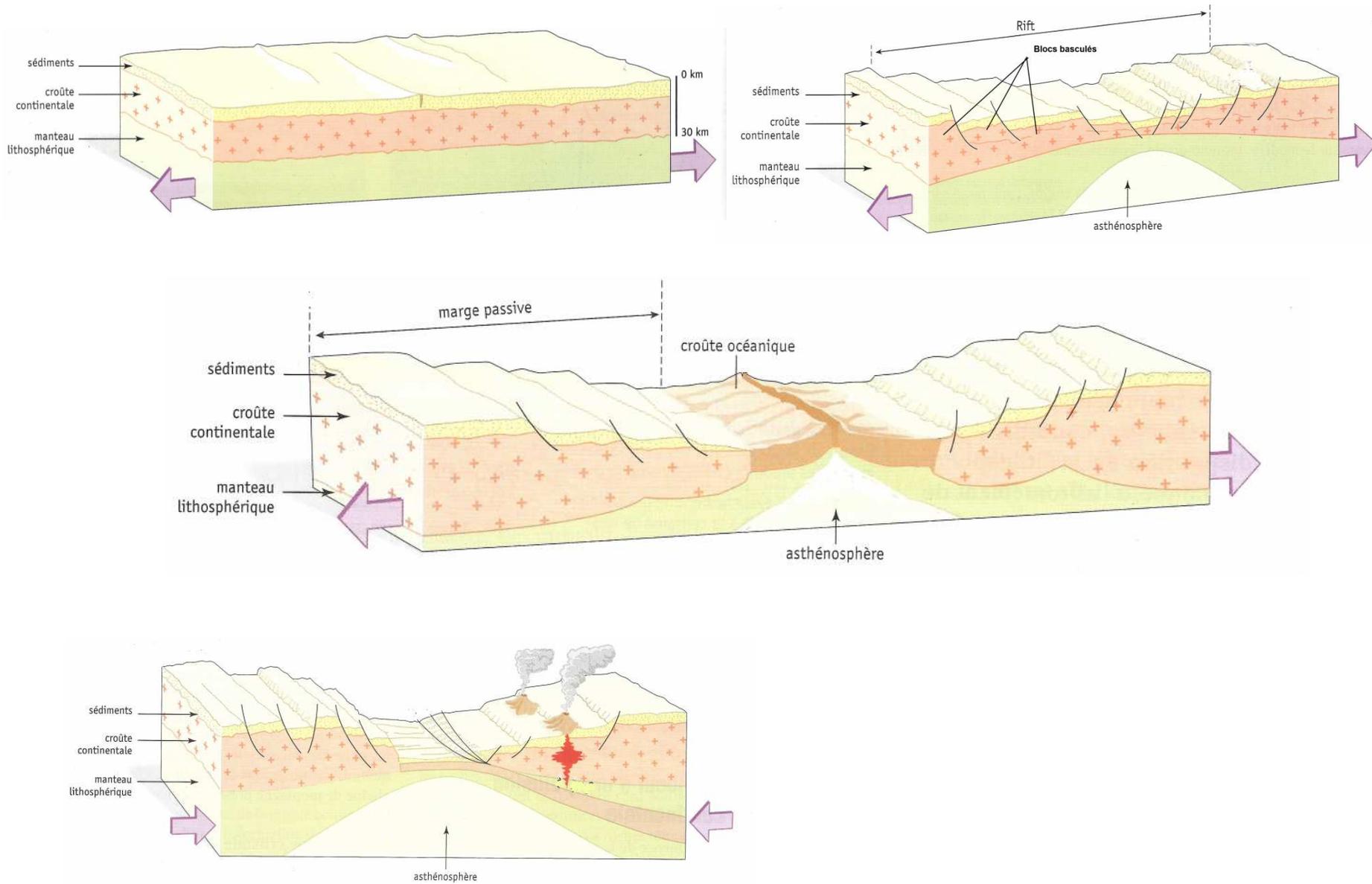
Scenarior type de la formation d'une chaîne de montagnes



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

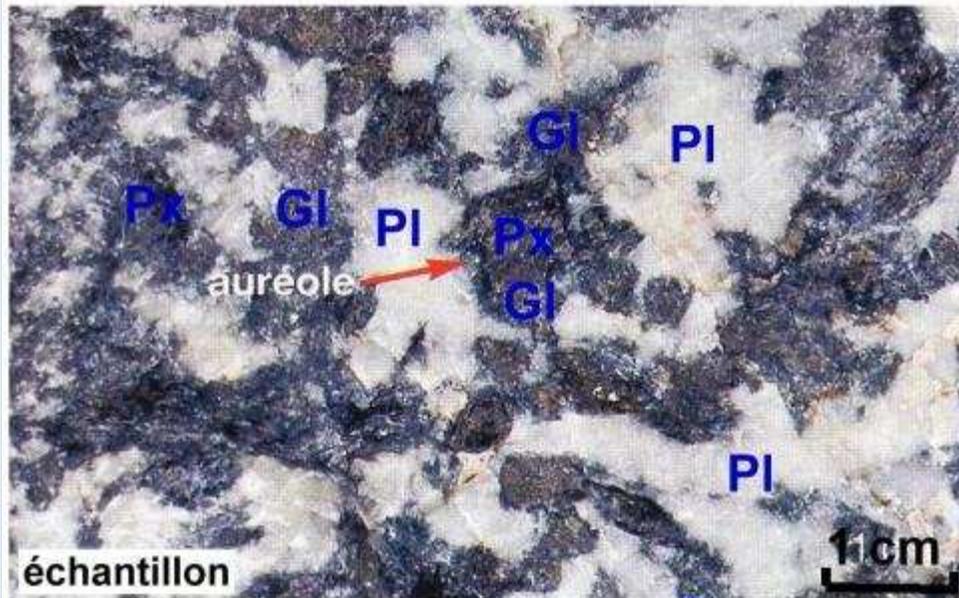


Scenarrio type de la formation d'une chaine de montagnes



Dans les Alpes, des métagabbros caractéristiques du métamorphisme de subduction

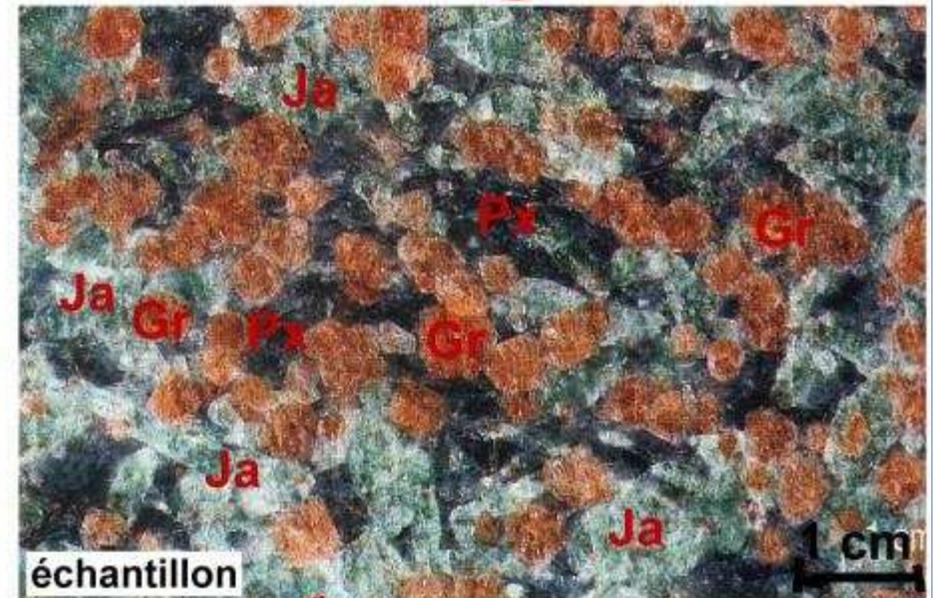
"Schiste bleu"



Métagabbro à glaucophane

Px = pyroxène
Gl = glaucophane
Pl = feldspath plagioclase

"Eclogite"

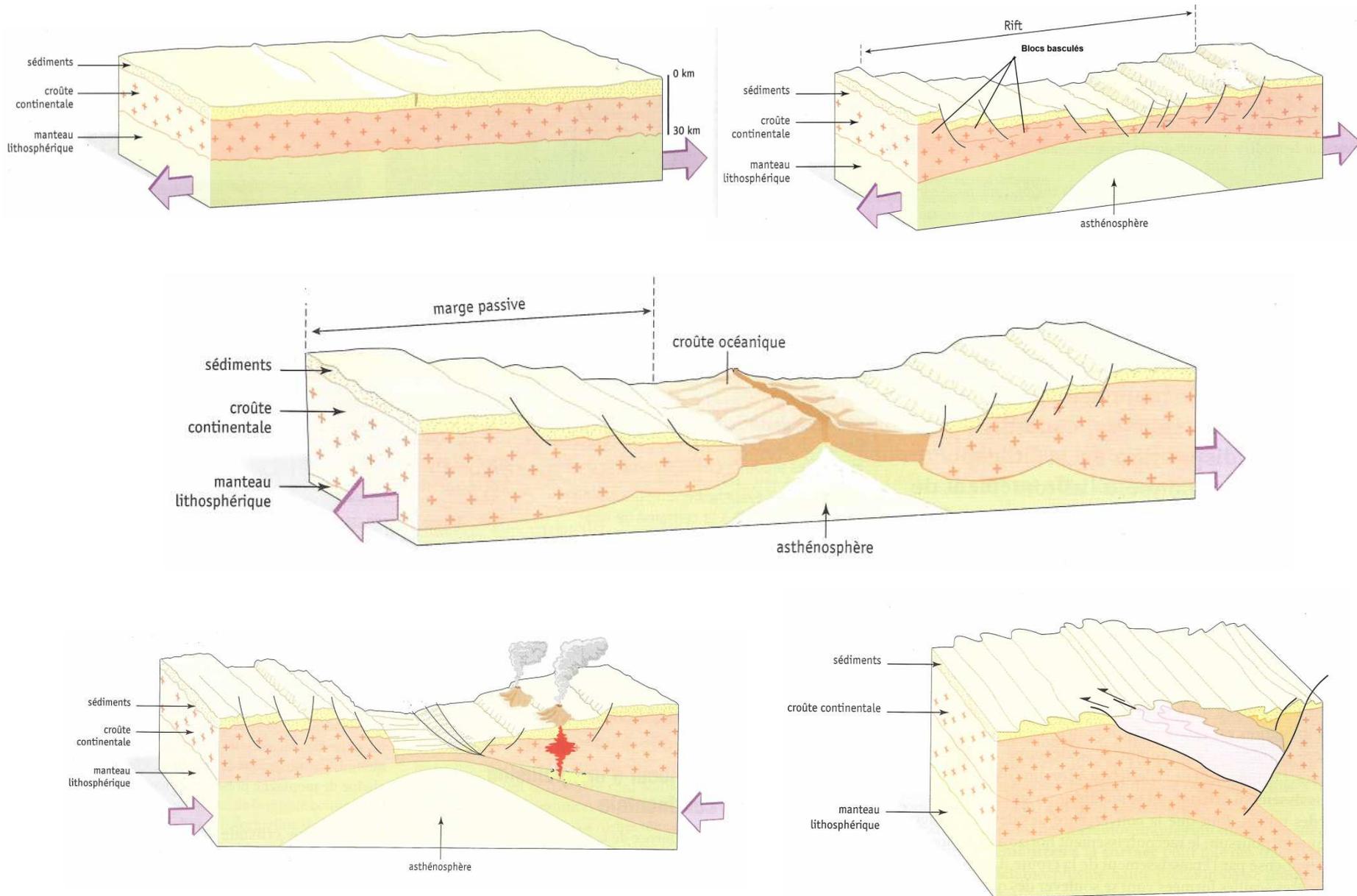


Métagabbro à jadéite et grenat

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

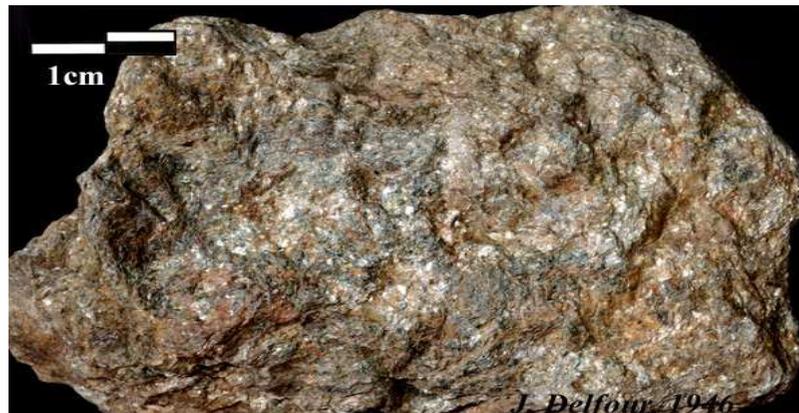
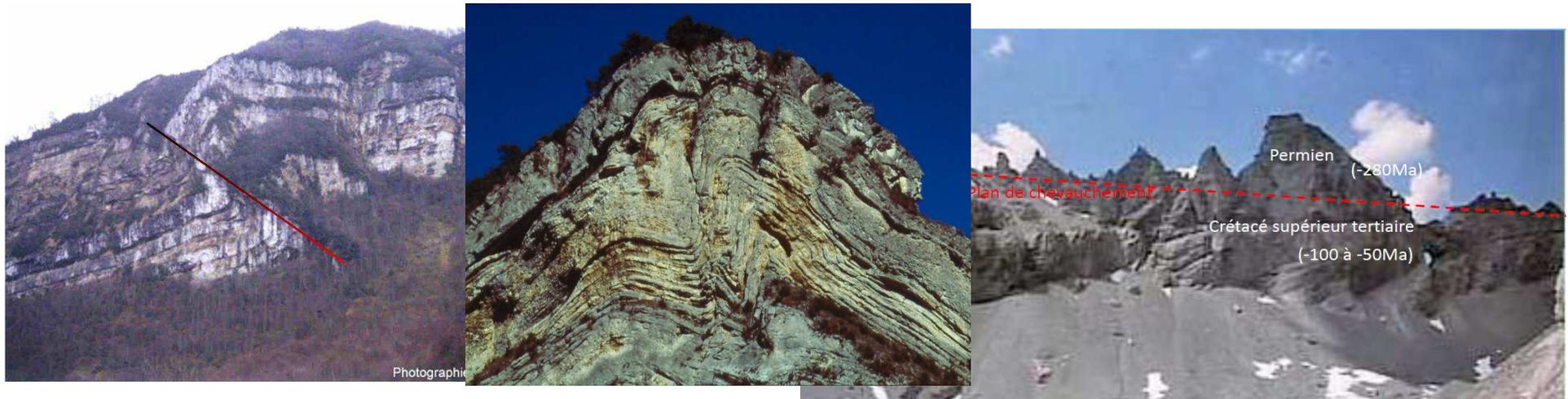


Scenarior type de la formation d'une chaîne de montagnes

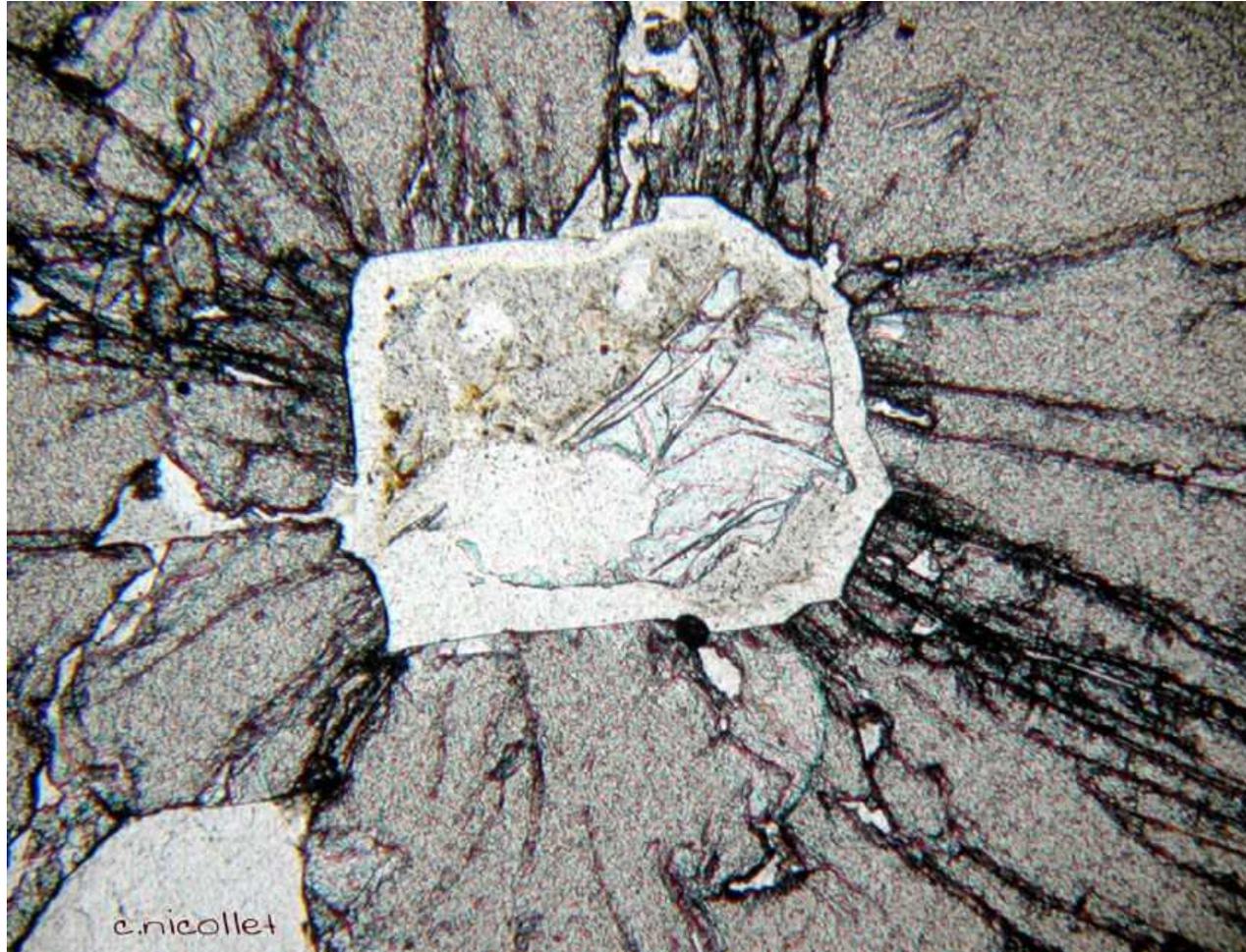


Dans les Alpes: des failles inverses, plis et nappes de charriage

Des roches métamorphiques formées pendant l'épaississement

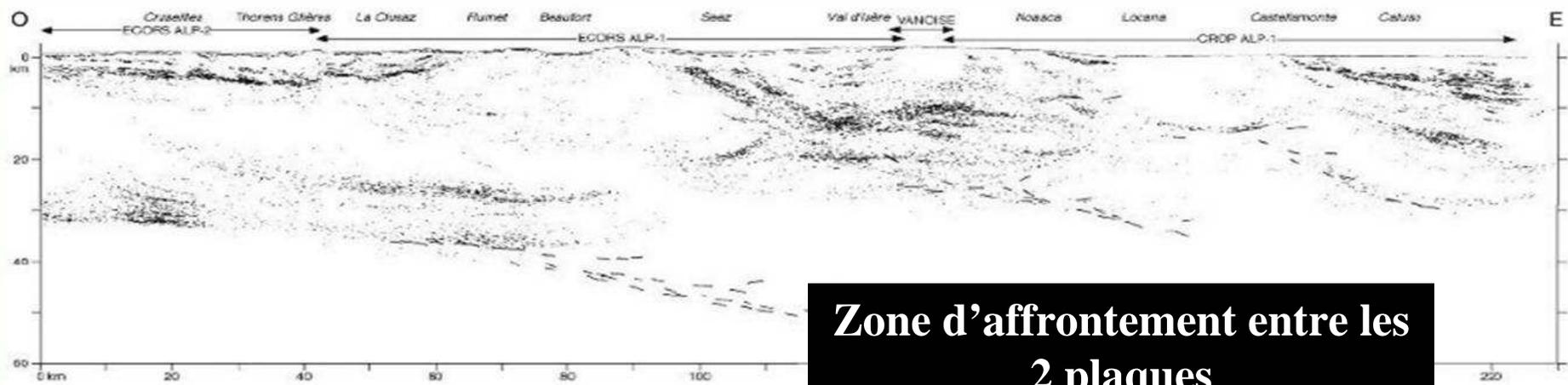


Dans les Alpes, : de la coésite témoin de la subduction continentale



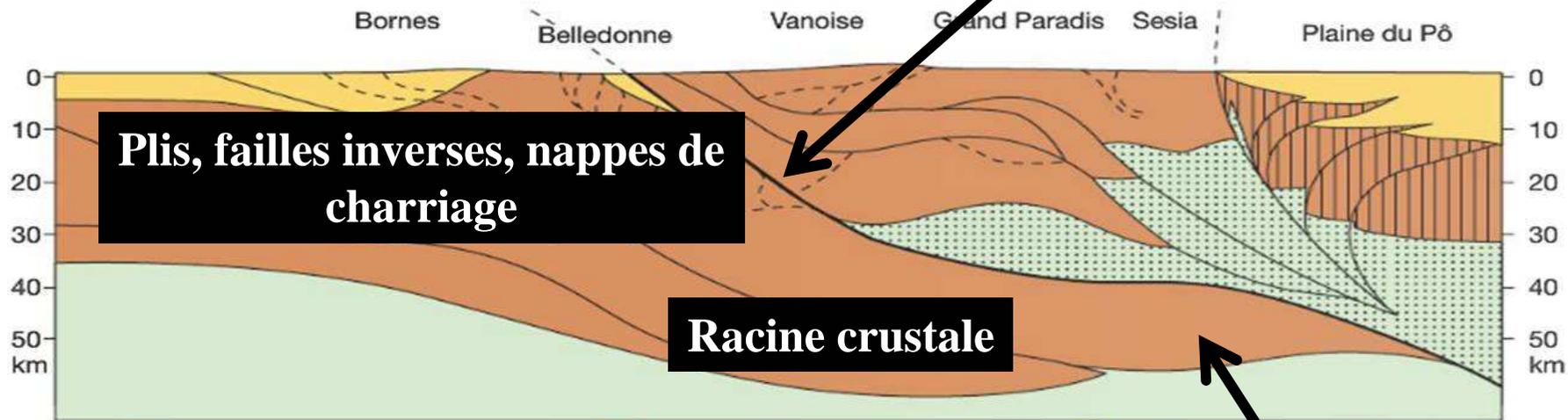
Coésite (Dora Maira)

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



Profil a

Zone d'affrontement entre les 2 plaques



Profil b

Plis, failles inverses, nappes de charriage

Racine crustale

Subduction continentale

■ Croûte continentale européenne
■ Manteau supérieur européen

■ Croûte continentale africaine
■ Manteau supérieur africain

■ Sédiments