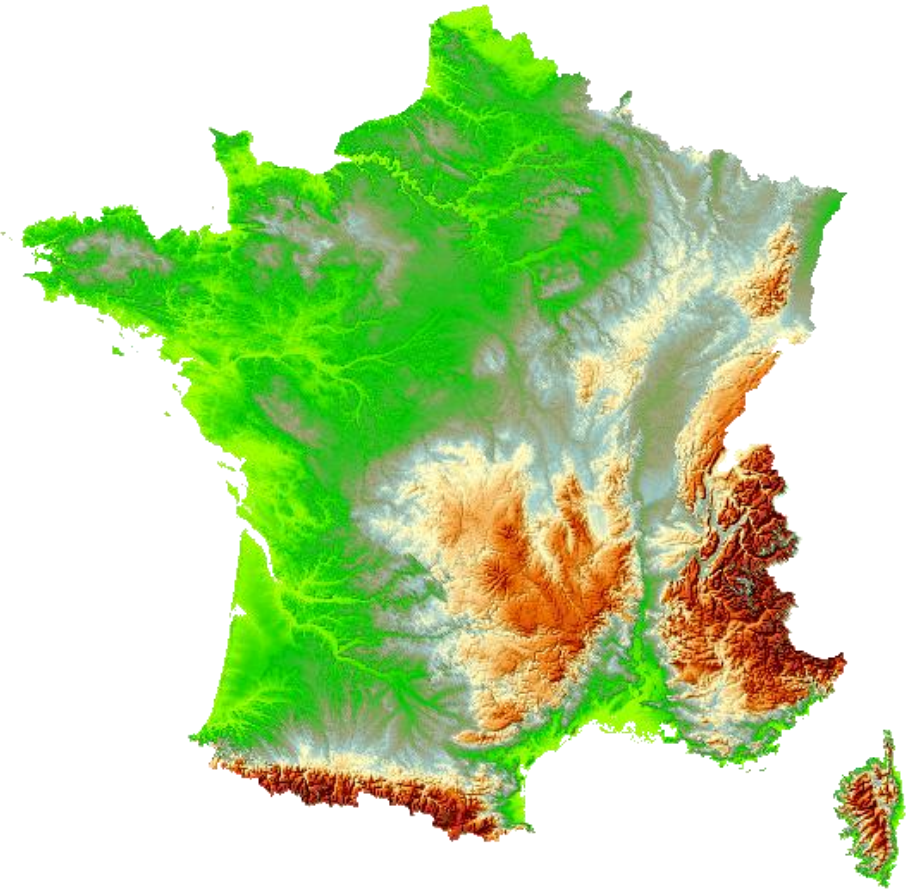


Les continents



**30 % de la surface
de la Terre**



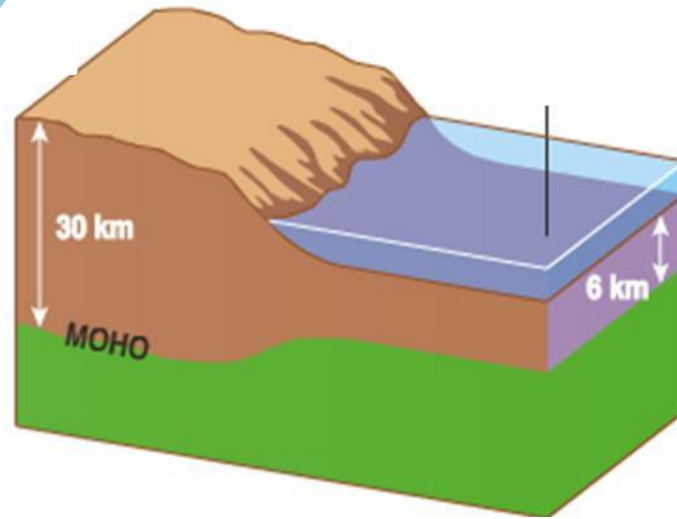
Reliefs variés

TS

Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale.

2. Transformations

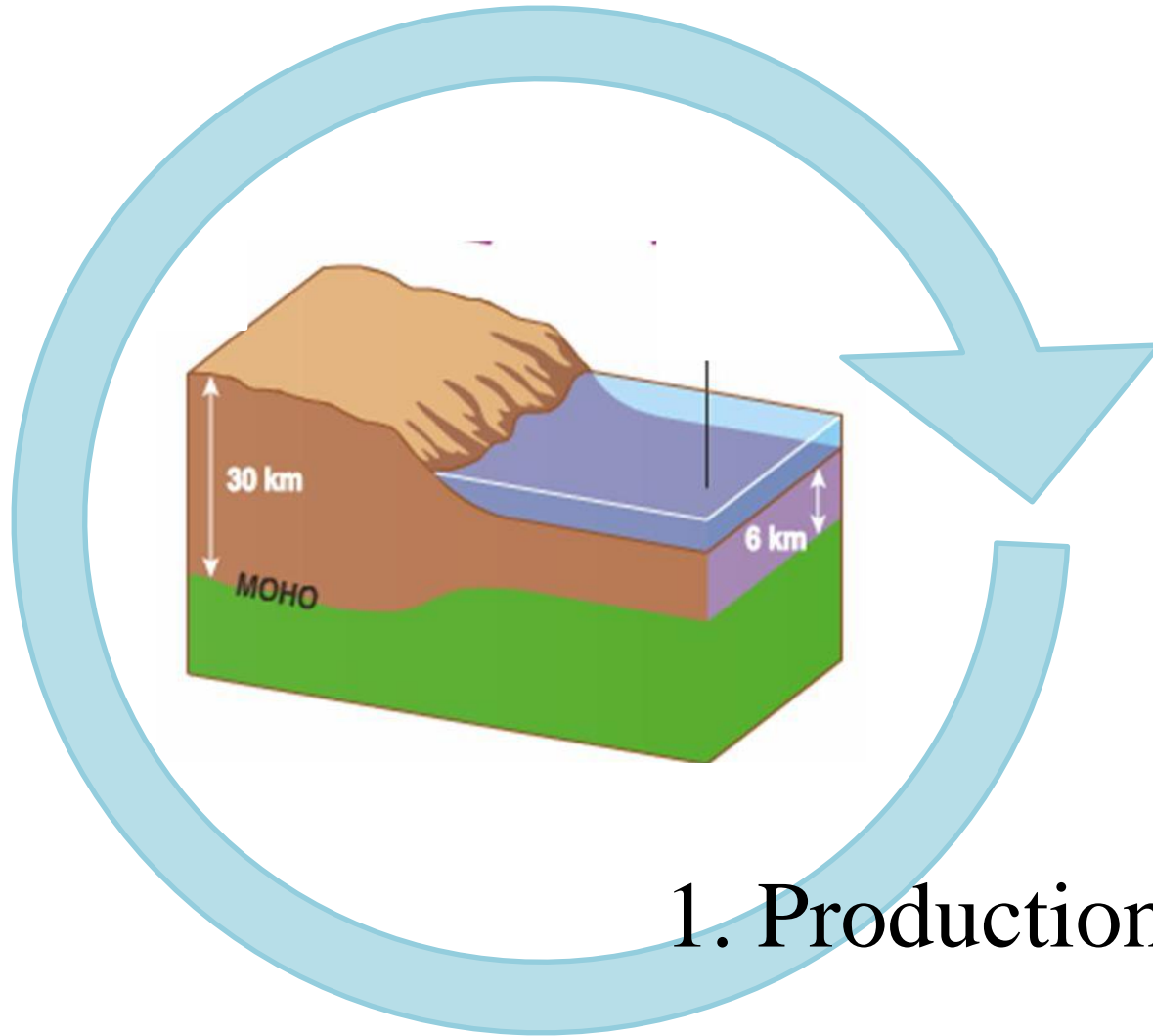
3. Disparition



1. Production

**Comment la croûte continentale est-elle
produite, transformée puis détruite?**

Dynamique de la croûte continentale



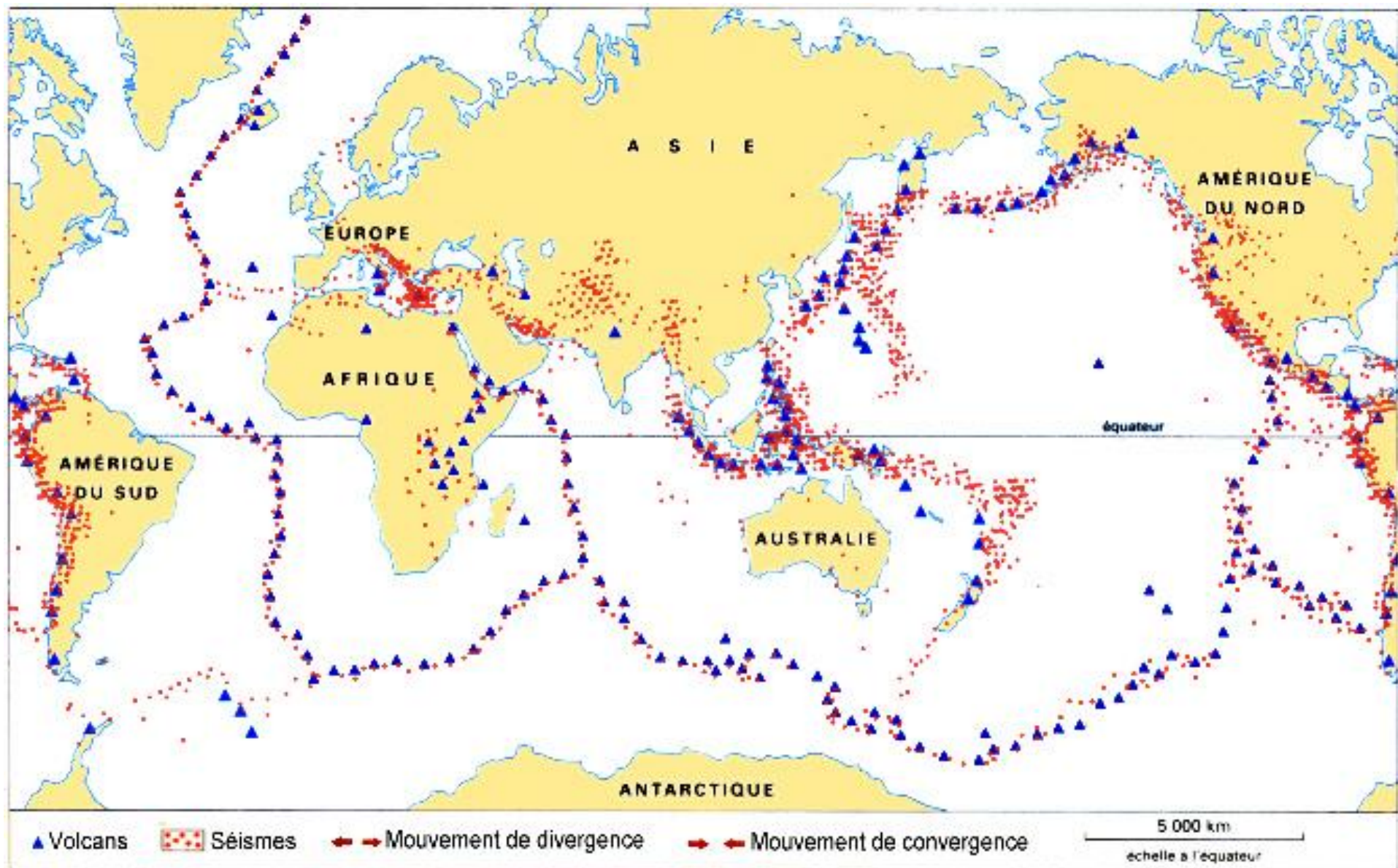
1. Production

Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale

I. La production de nouveaux matériaux continentaux au niveau des zones de subduction

A. Une activité magmatique dans les zones de subduction

Répartition des séismes et des volcans à la surface du globe

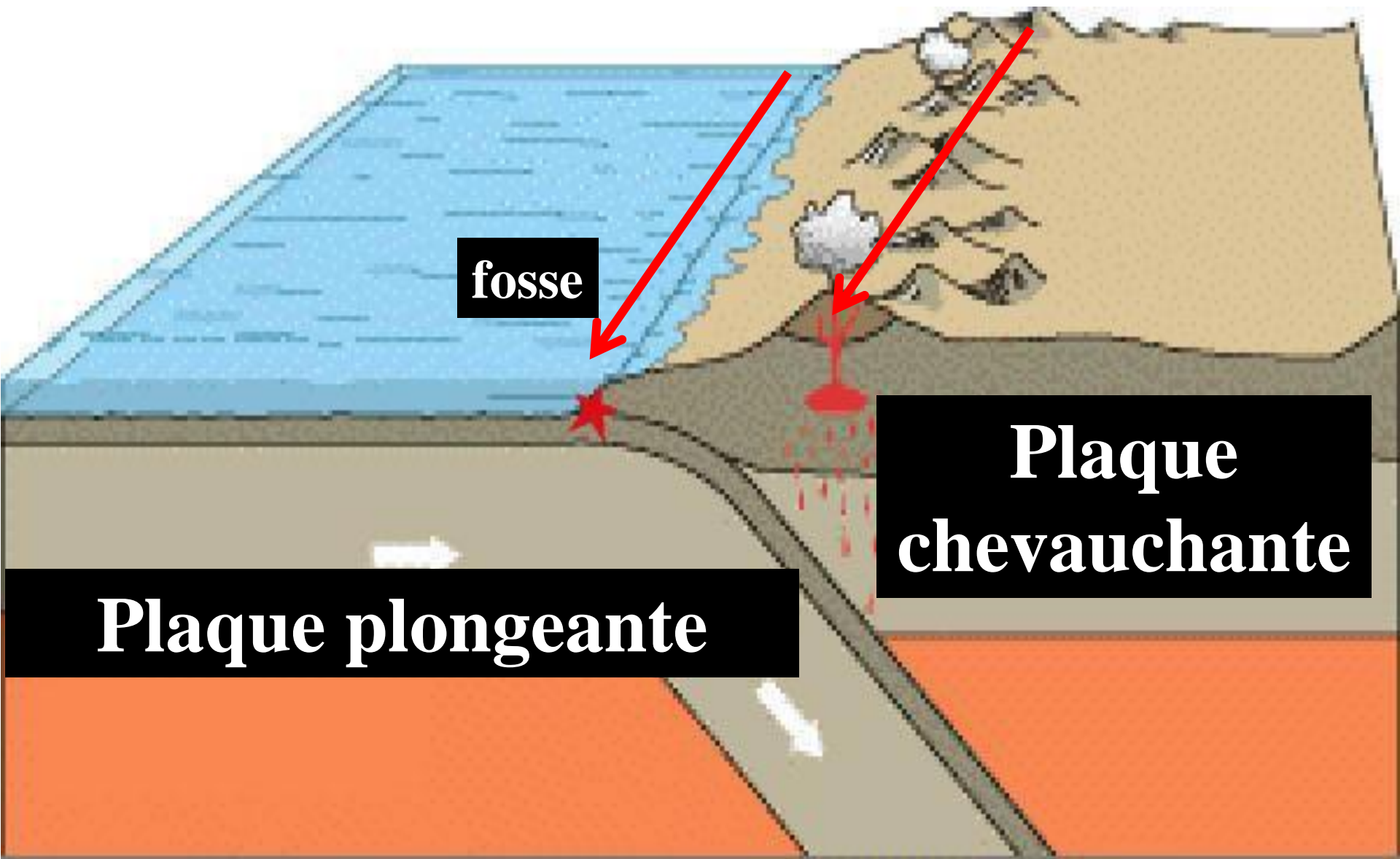


Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale

I. La production de nouveaux matériaux continentaux au niveau des zones de subduction

A. Une activité magmatique dans les zones de subduction

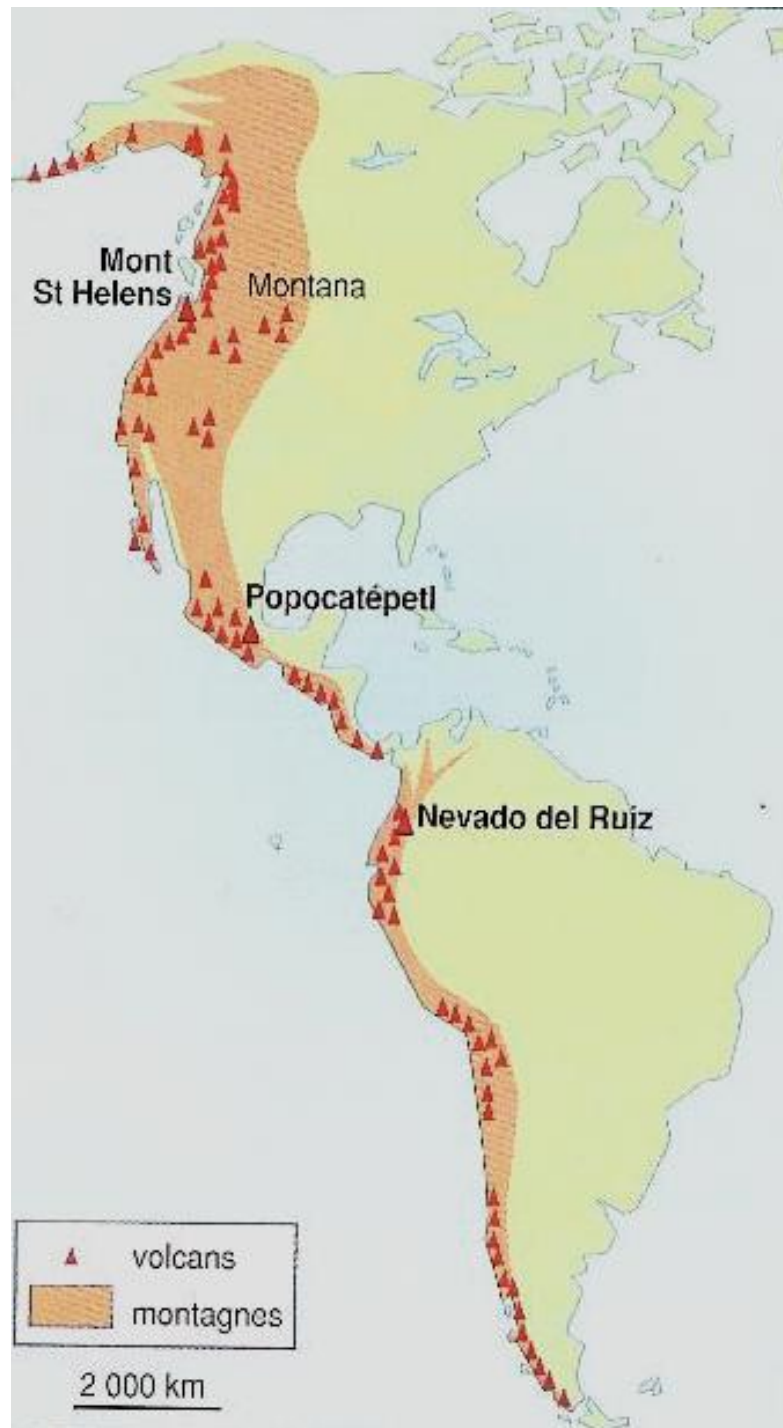
1. Un témoin de la formation d'un magma dans les zones de subduction : le volcanisme de type explosif



fosse

**Plaque
chevauchante**

Plaque plongeante



Des volcans de type explosif



Nuée ardente

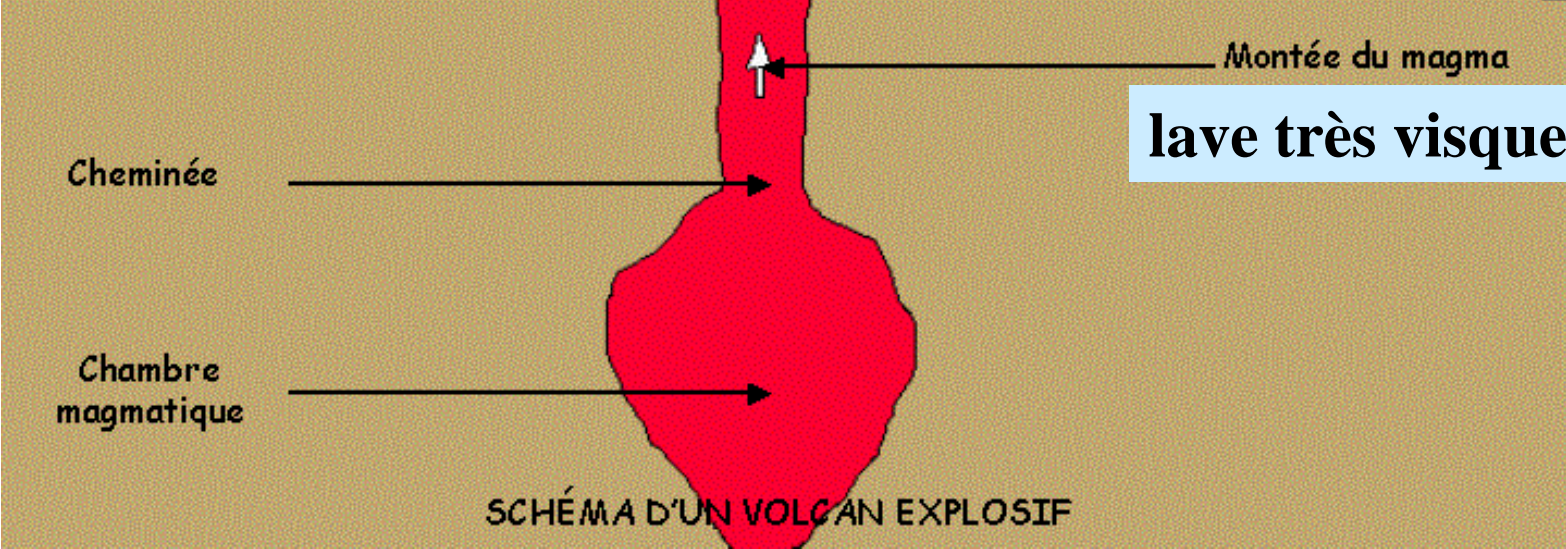
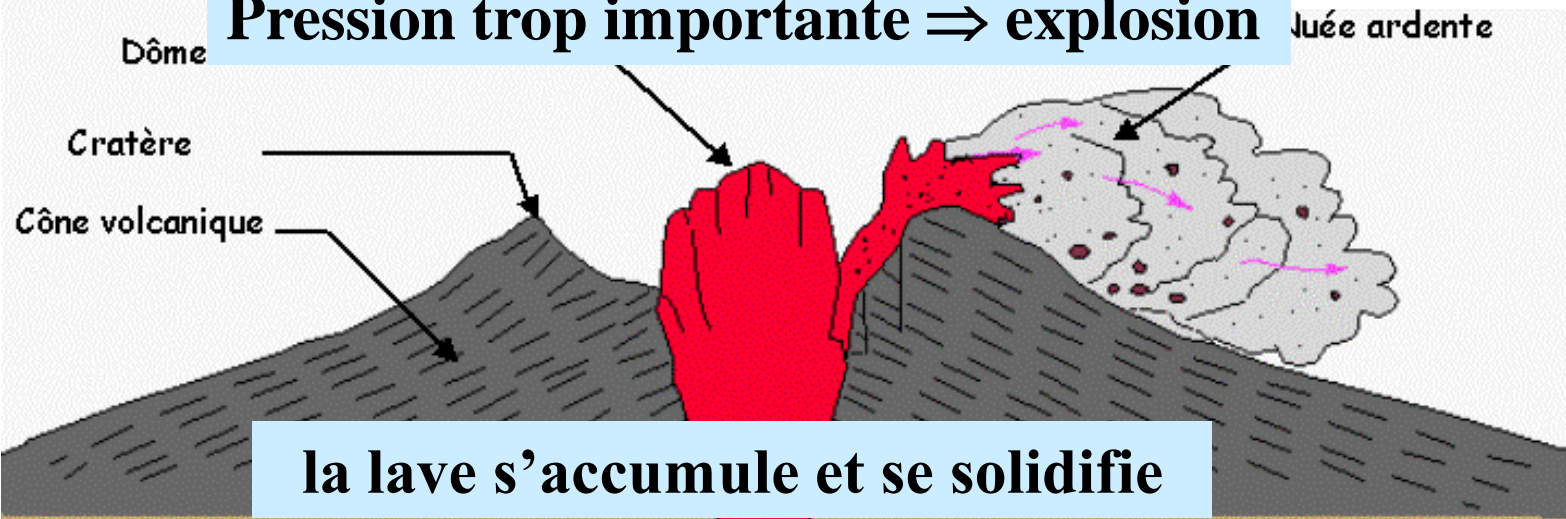


poussières et gaz



très haute température

Pression trop importante ⇒ explosion





Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale

I. La production de nouveaux matériaux continentaux au niveau des zones de subduction

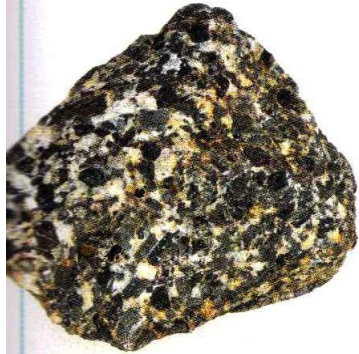
A. Une activité magmatique dans les zones de subduction

1. Un témoin de la formation d'un magma dans les zones de subduction : le volcanisme de type explosif

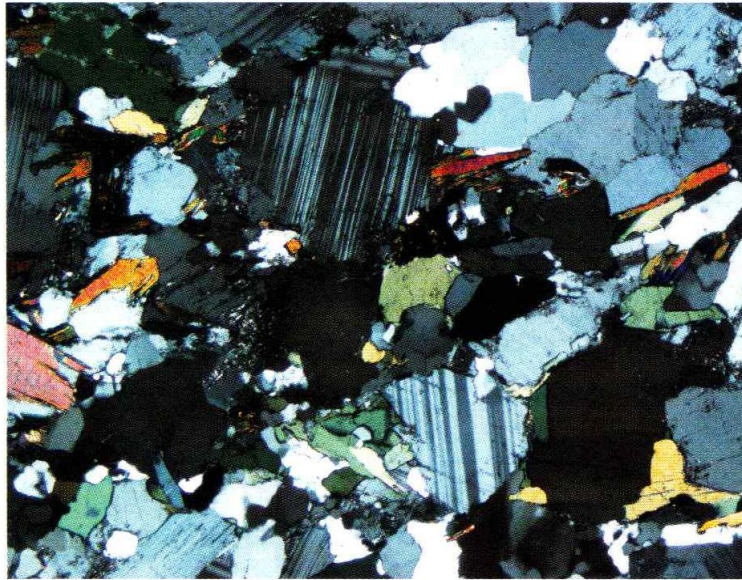
2. Les principales roches magmatiques qui se forment dans les zones de subduction

Des roches plutoniques et des roches volcaniques

• LA DIORITE



a Un échantillon de diorite



b lame mince de diorite observée en lumière polarisée analysée

Roche plutonique

Texture grenue

• L'ANDÉSITE



a Un échantillon d'andésite



b lame mince d'andésite observée en lumière polarisée analysée

Roche volcanique

Texture microlitique

Texture microlitique

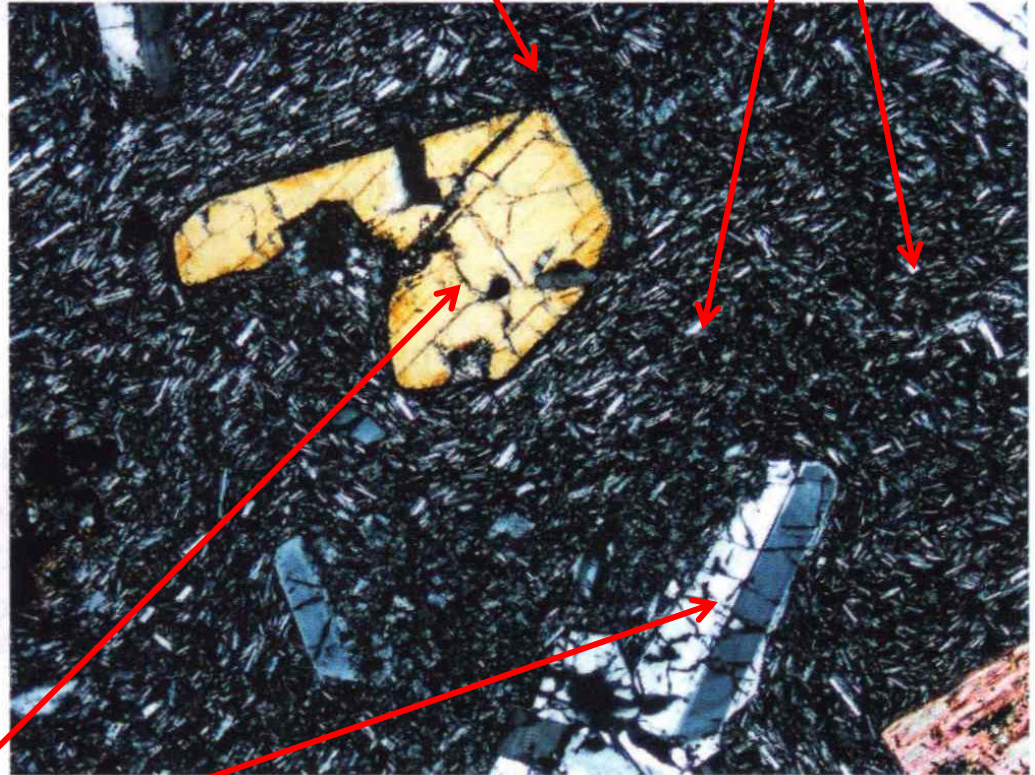
Verre
volcanique

microlites

● L'ANDÉSITE



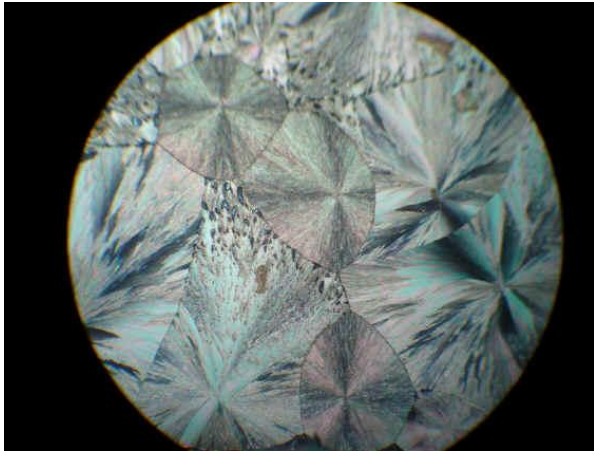
a Un échantillon d'andésite



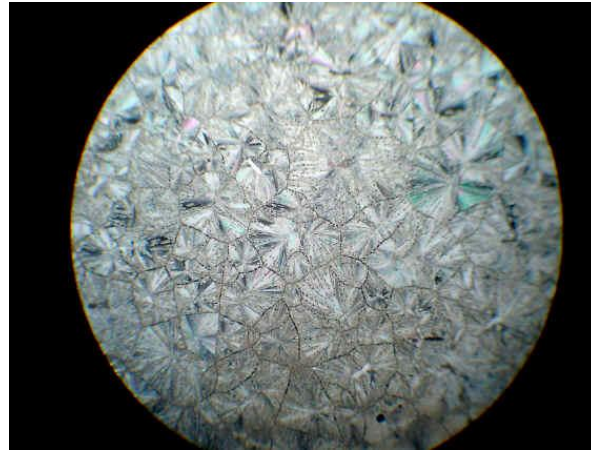
b Lamme mince d'andésite observée en lumière polarisée analysée

phénocristaux

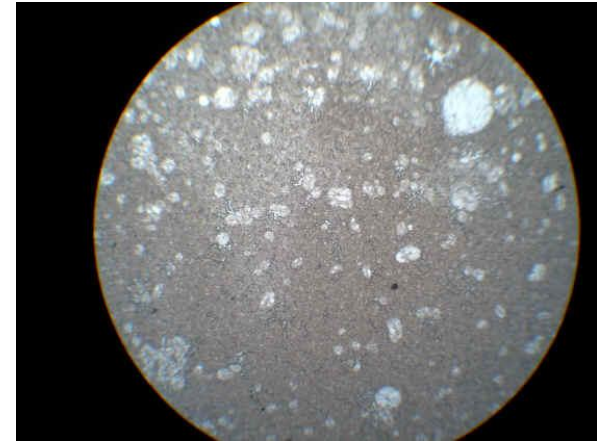
Modélisation vanilline



A température ambiante

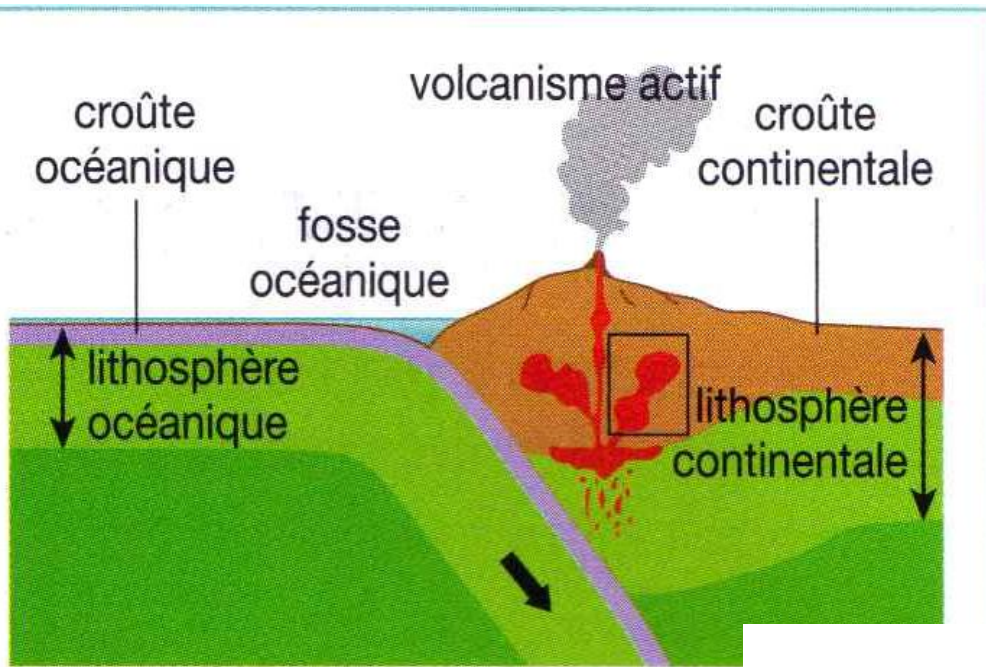


Au frigo, 10°C



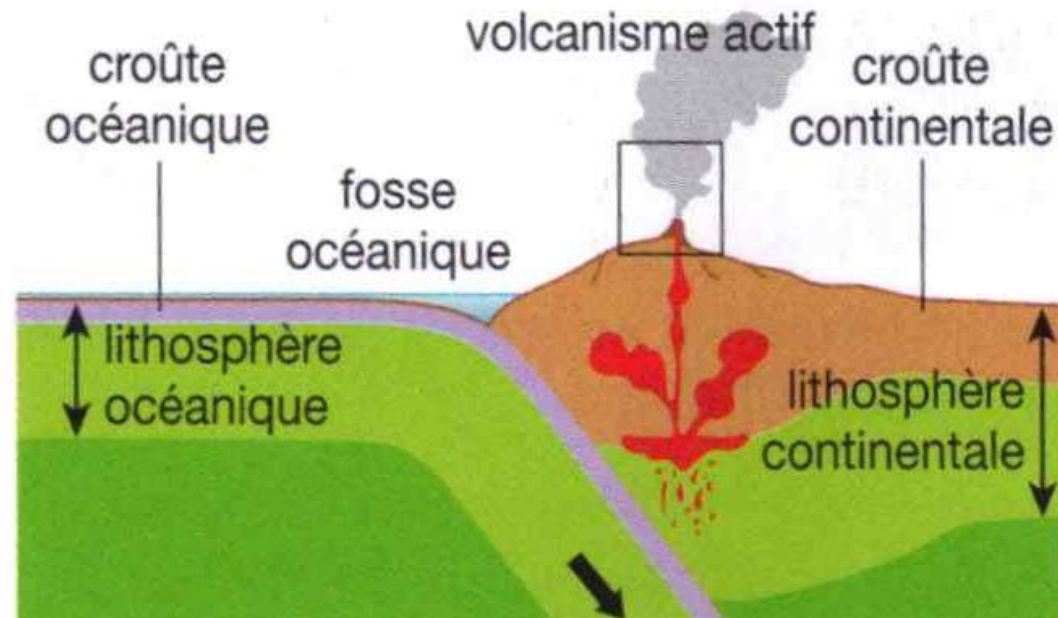
Au frigo, 5°C

Des roches plutoniques et des roches volcaniques



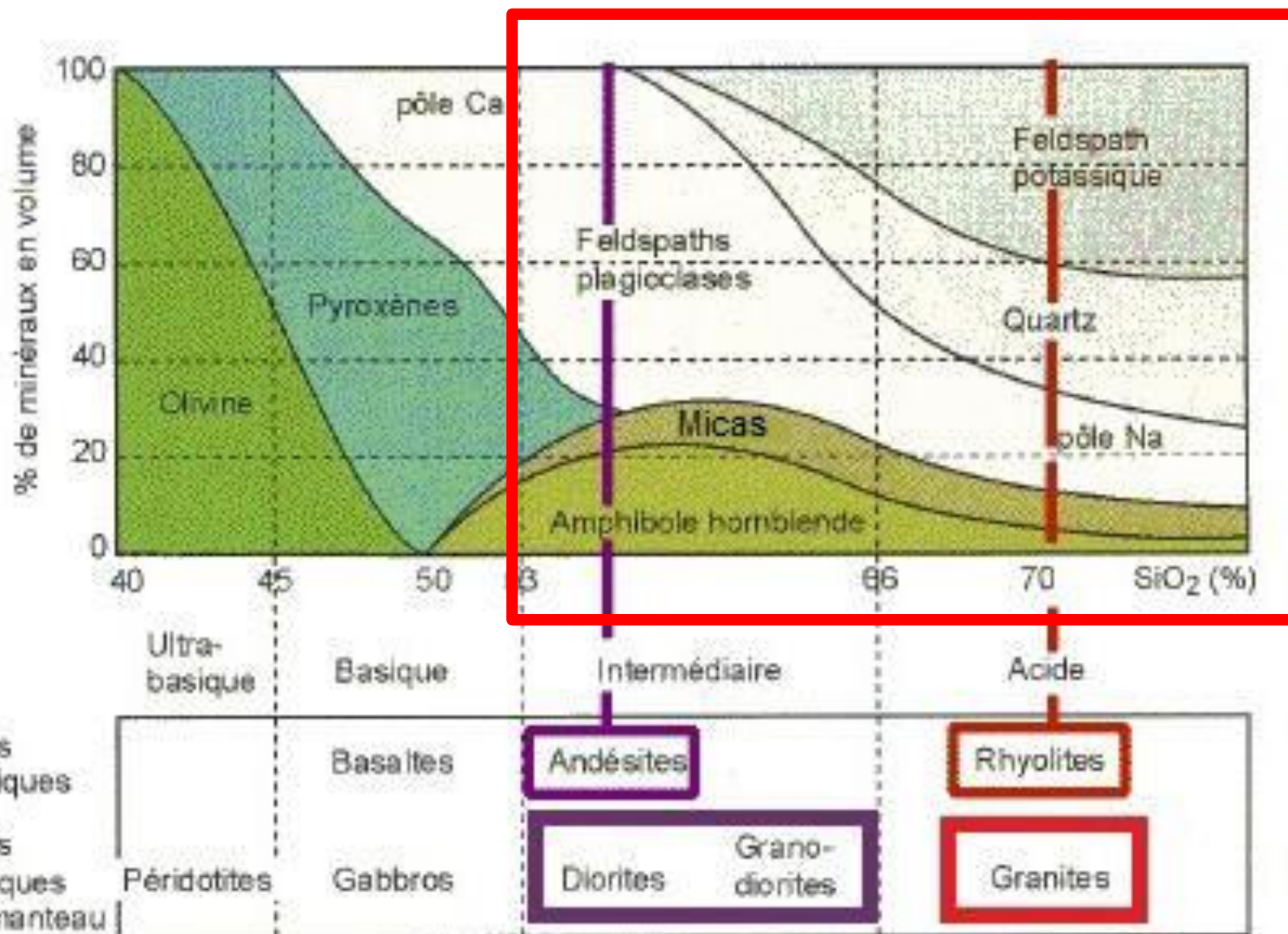
Refroidissement lent,
en profondeur
Roches plutoniques
Texture grenue

Refroidissement
brutal, en surface
Roches volcaniques
Texture microlitique



Les roches magmatiques

granitoïde

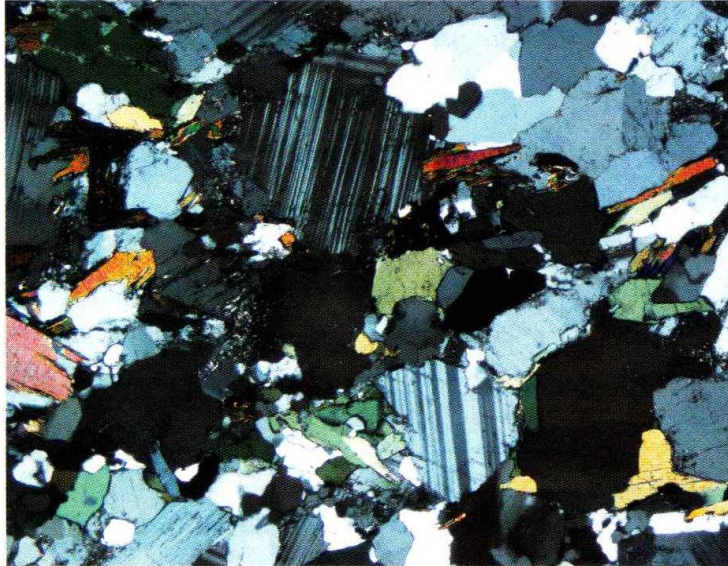


Diorite et andésite : deux roches de même composition

• LA DIORITE



a Un échantillon de diorite



La diorite

- Roche magmatique plutonique
- Structure grenue
- Composition minéralogique : plagioclases, amphiboles, biotite et muscovite, pyroxènes.

• L'ANDÉSITE



a Un échantillon d'andésite



L'andésite

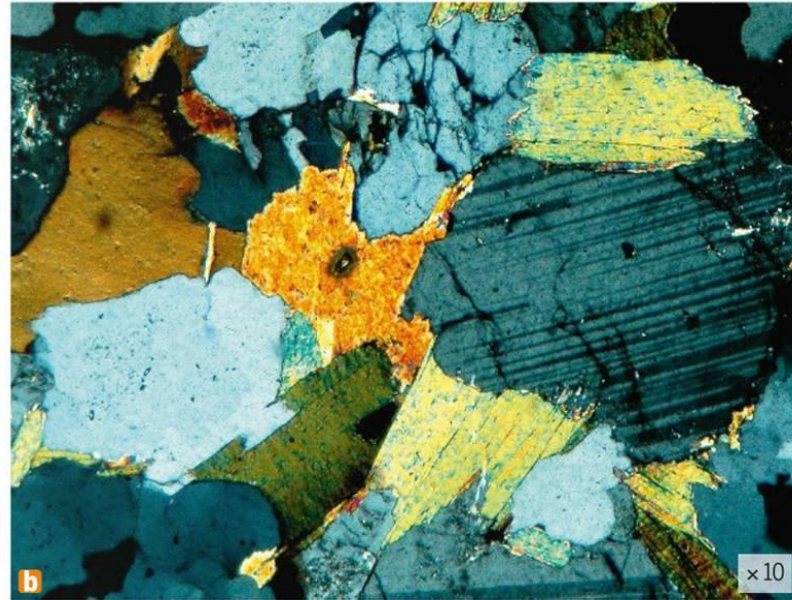
- Roche magmatique volcanique
- Structure microlitique
- Composition minéralogique :
 - phénocristaux de plagioclases, d'amphiboles, de pyroxènes, de biotite ;
 - microlites d'amphiboles et de plagioclases ;
 - verre (partie non cristallisée).

Granite et rhyolite : deux roches de même composition



a Échantillon de granite

- Roche **magmatique plutonique**
- **Composition minéralogique** : quartz et feldspaths (80 %), micas, éventuellement amphiboles.

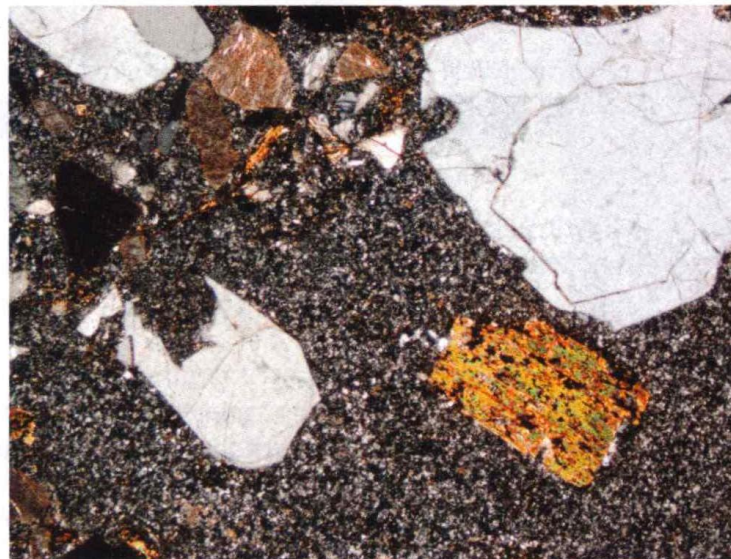


Lame mince de granite observée en lumière polarisée analysée

• LA RHYOLITE



a Un échantillon de rhyolite

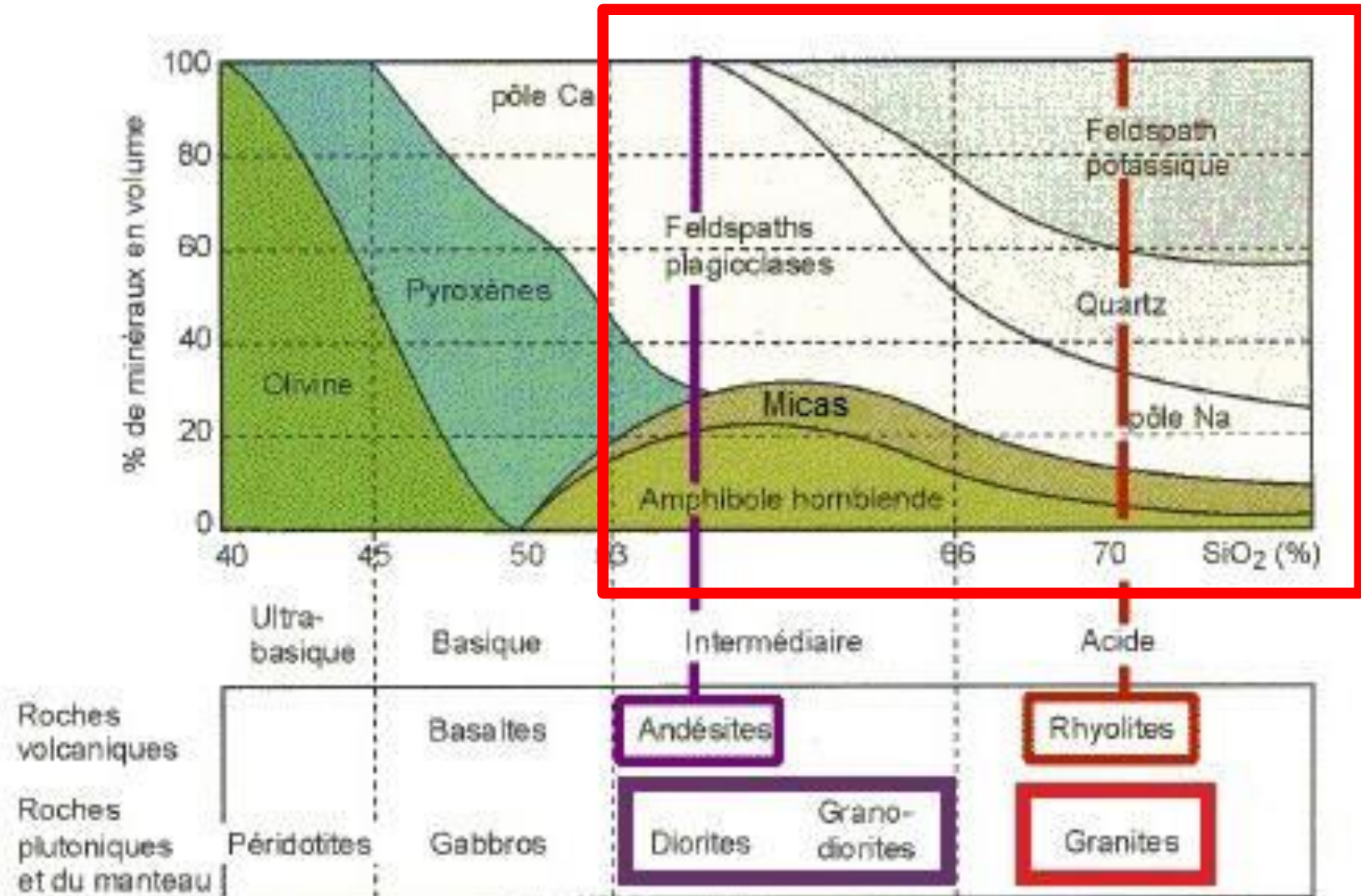


La rhyolite

- Roche magmatique volcanique
- Structure microlitique
- **Composition minéralogique** :
 - phénocristaux de quartz, d'amphiboles, de feldspath potassique et plagioclases, de biotite ;
 - microlites de quartz et de feldspaths ;
 - verre (partie non cristallisée).

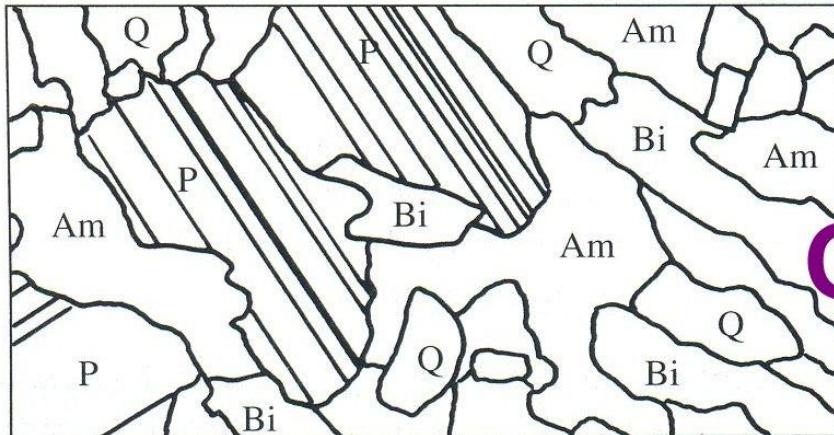
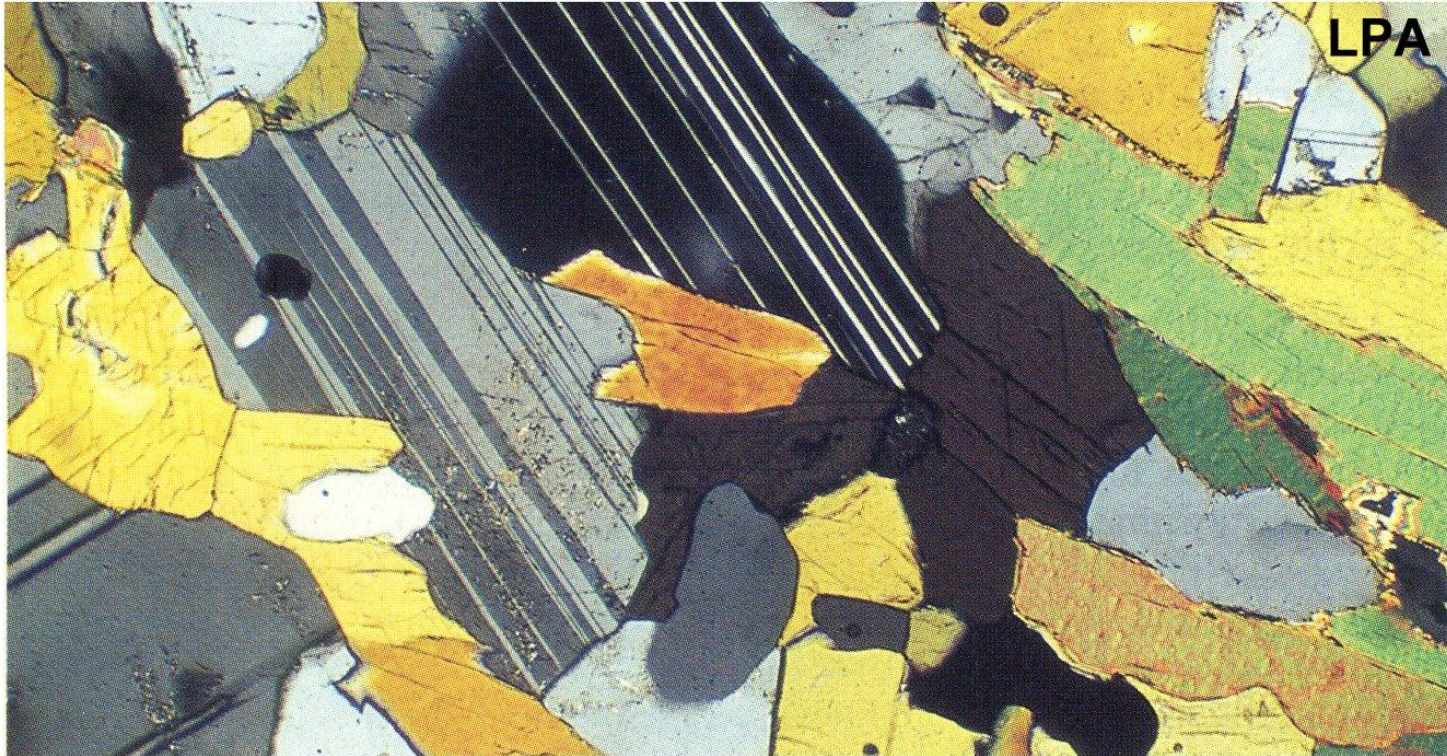
Les roches magmatiques

granitoïde



Granodiorite

échantillo



Q = quartz
P = feldspar plagioclase
Bi = biotite
Am = amphibole

Granodiorite

Granitoïdes

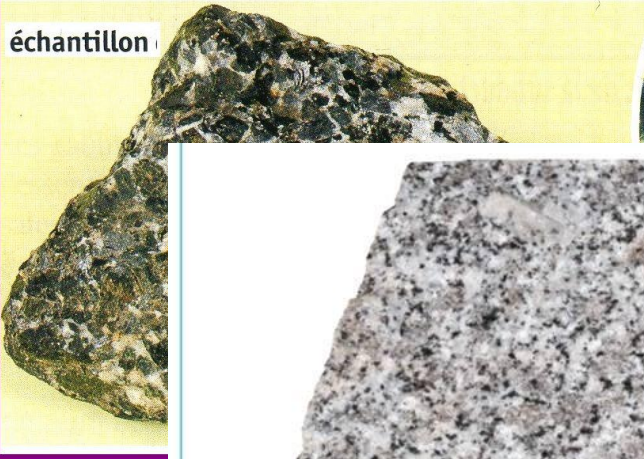
• LA DIORITE



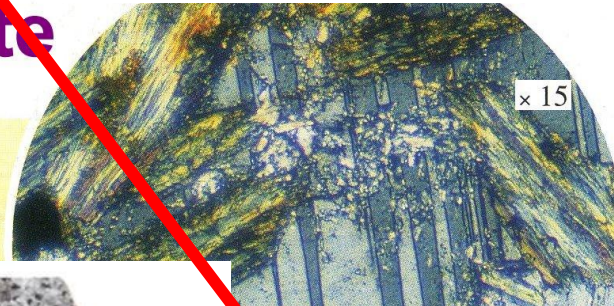
a Un échantillon de diorite



Granodiorite



échantillon



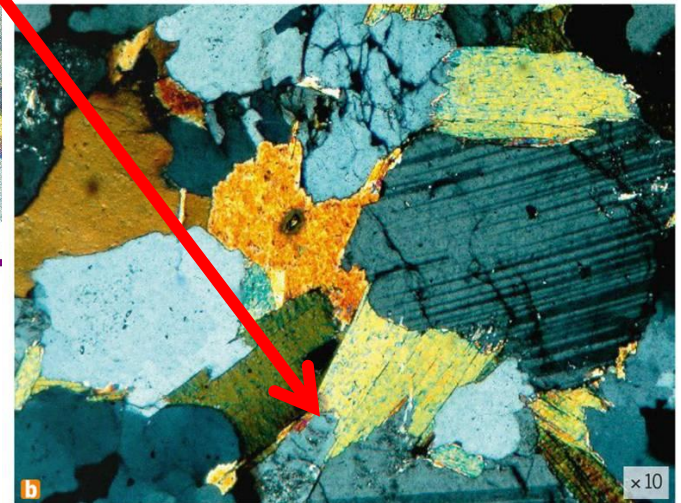
x 15



a Échantillon de granite

- Roche **magmatique plutonique**
- **Composition minéralogique** : quartz et feldspaths (80 %), micas, éventuellement amphiboles.

Richesse en silice



x 10

Lame mince de granite observée en lumière polarisée analysée

Granitoïdes riches en minéraux hydroxylés

Composition chimique en oxydes (en %)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO MgO	Na ₂ O K ₂ O	CaO	H ₂ O
Quartz	100	0	0	0	0	0
Orthose	66,67	11,11	0	22,22	0	0
Plagioclases	50,35	33,23	0	4,12	11,67	0
Biotite	35,3	5,88	35,3	11,76	0	11,76
Muscovite	46,1	23,1	0	15,4	0	15,4
Pyroxènes	50	0	50	0	0	0
Amphiboles	50	0	43,75	0	0	1,25

Formules chimiques des principaux minéraux

- Quartz : SiO₂
- Feldspath, orthose : KAlSi₃O₈
- Plagioclases : CaAl₂Si₂O₈ ; NaAlSi₃O₈
- Biotite (mica noir) : K(Fe,Mg)₃AlSi₃O₁₀(OH)₂
- Muscovite (mica blanc) : KAl₂(AlSi₃O₁₀)(OH)₂
- Pyroxènes : Ca(Fe,Mg)Si₂O₆
- Amphiboles : NaCa₂(Mg,Fe,Al)₅[(Si,Al)₈O₂₂](OH)₂

Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale

I. La production de nouveaux matériaux continentaux au niveau des zones de subduction

A. Une activité magmatique dans les zones de subduction

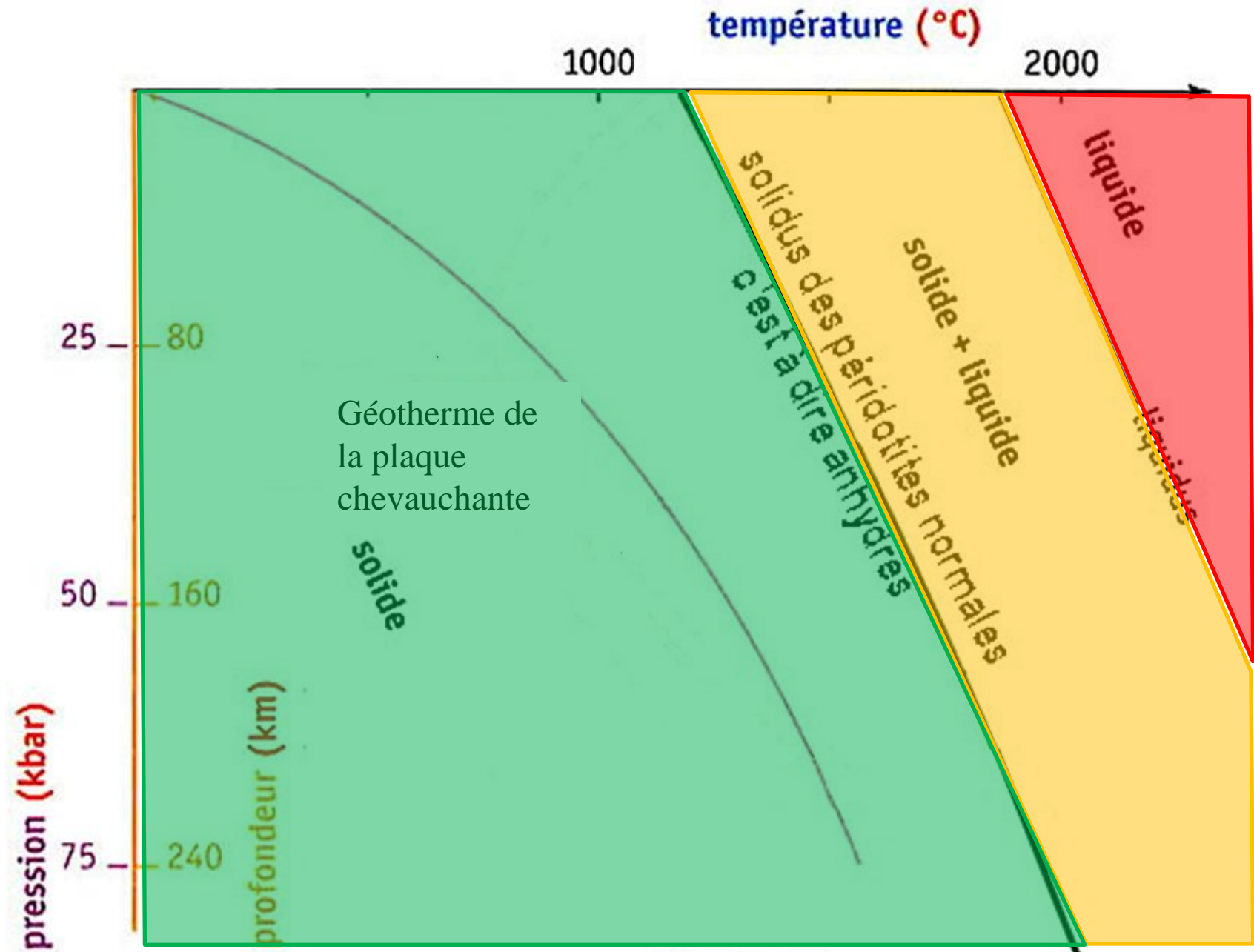
1. Un témoin de la formation d'un magma dans les zones de subduction : le volcanisme de type explosif

2. Les principales roches magmatiques qui se forment dans les zones de subduction

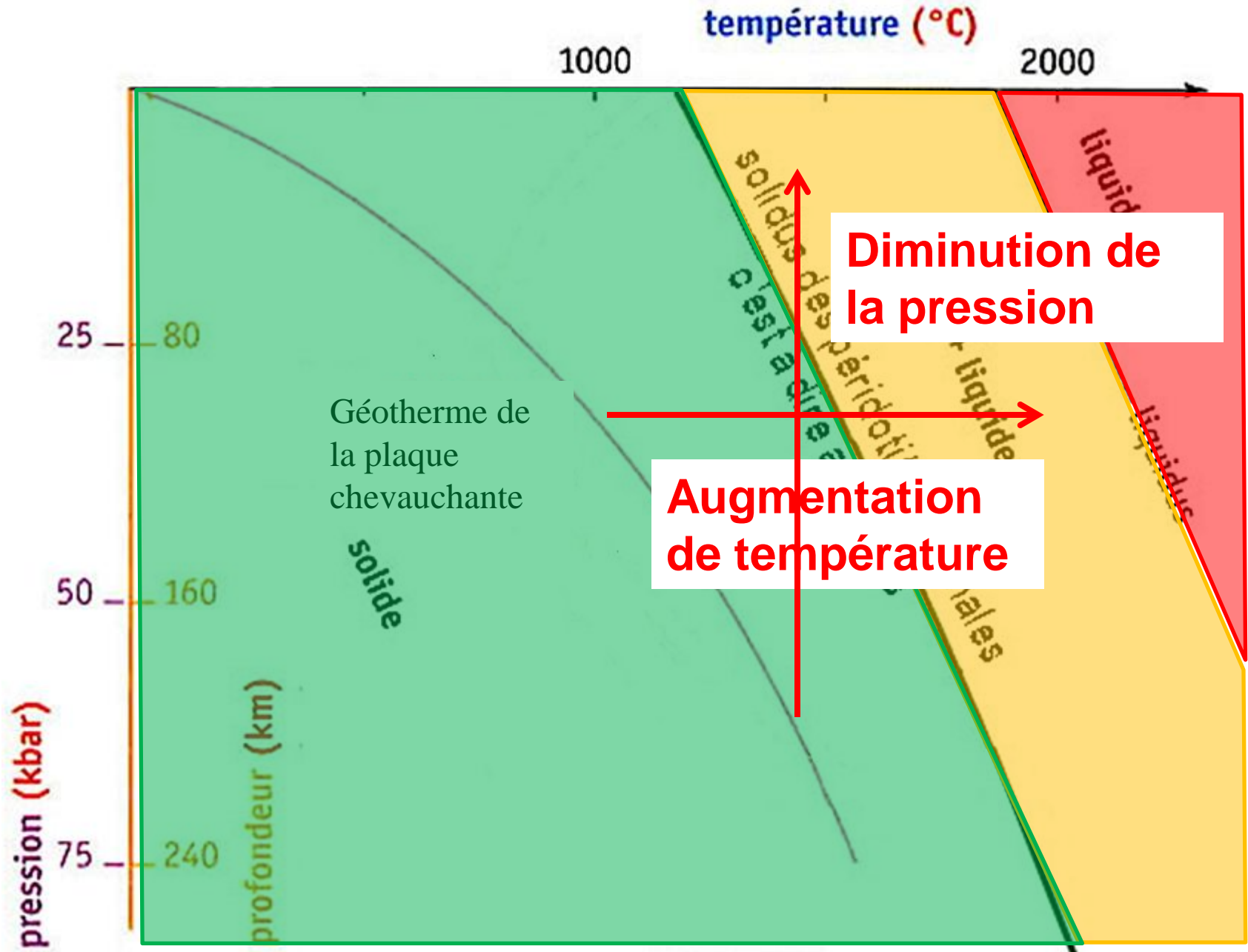
B. Origine du magma des zones de subduction

1. Les conditions de la fusion partielle des péridotites mantelliques

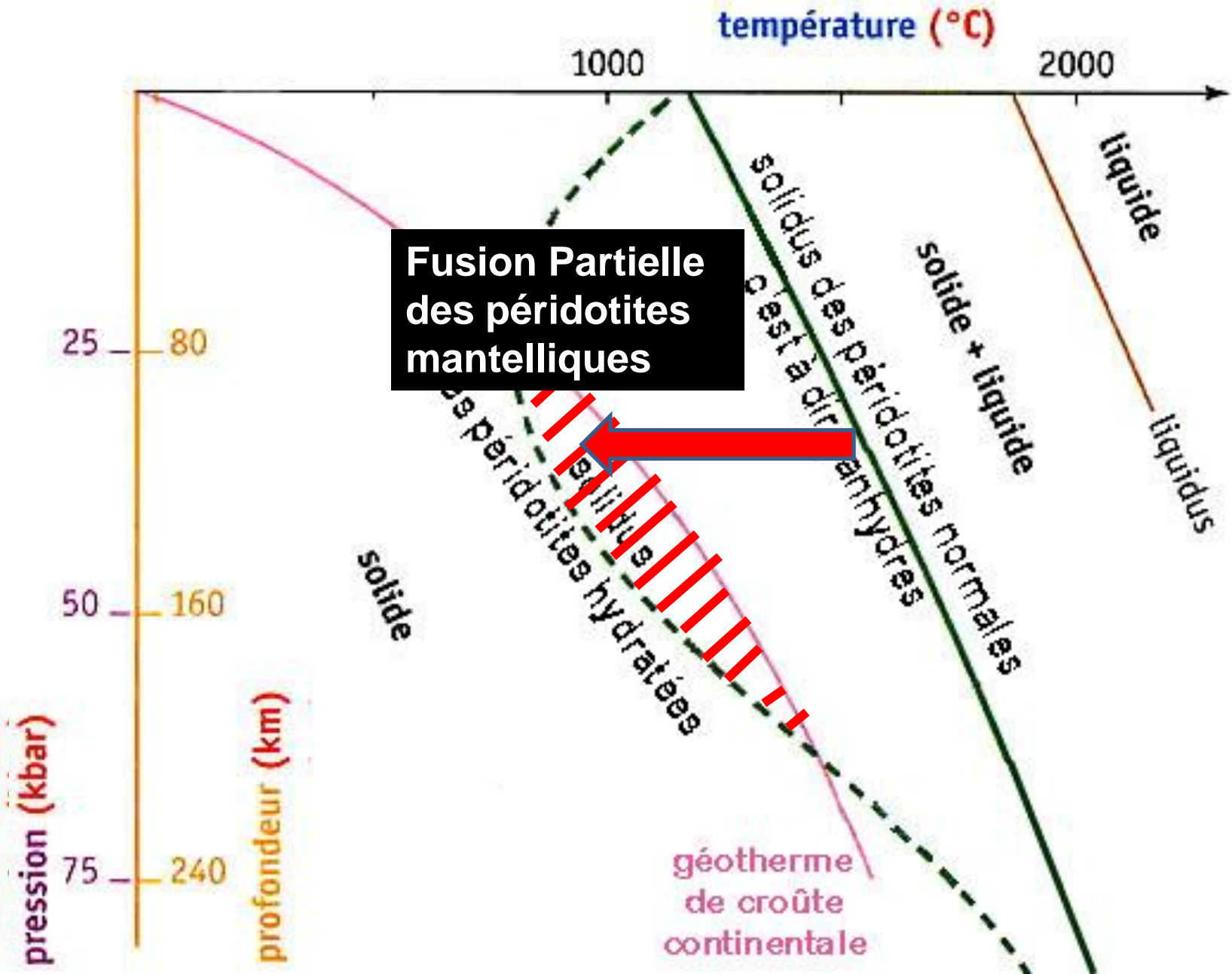
Le diagramme de phase des péridotites mantelliques anhydres



Le diagramme de phase des péridotites mantelliques anhydres



Le diagramme de phase des péridotites mantelliques hydratées



Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale

I. La production de nouveaux matériaux continentaux au niveau des zones de subduction

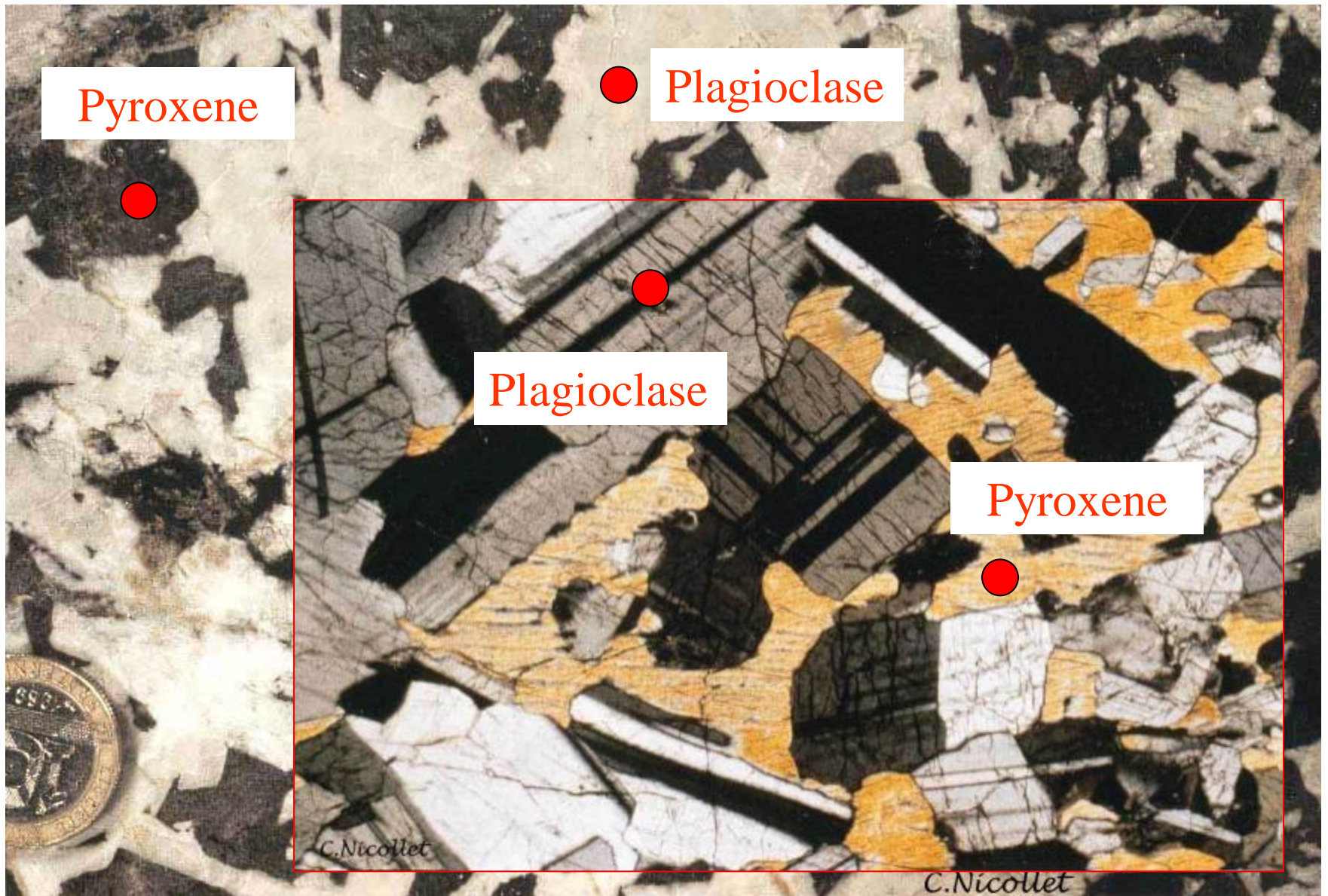
A. Une activité magmatique dans les zones de subduction

B. Origine du magma des zones de subduction

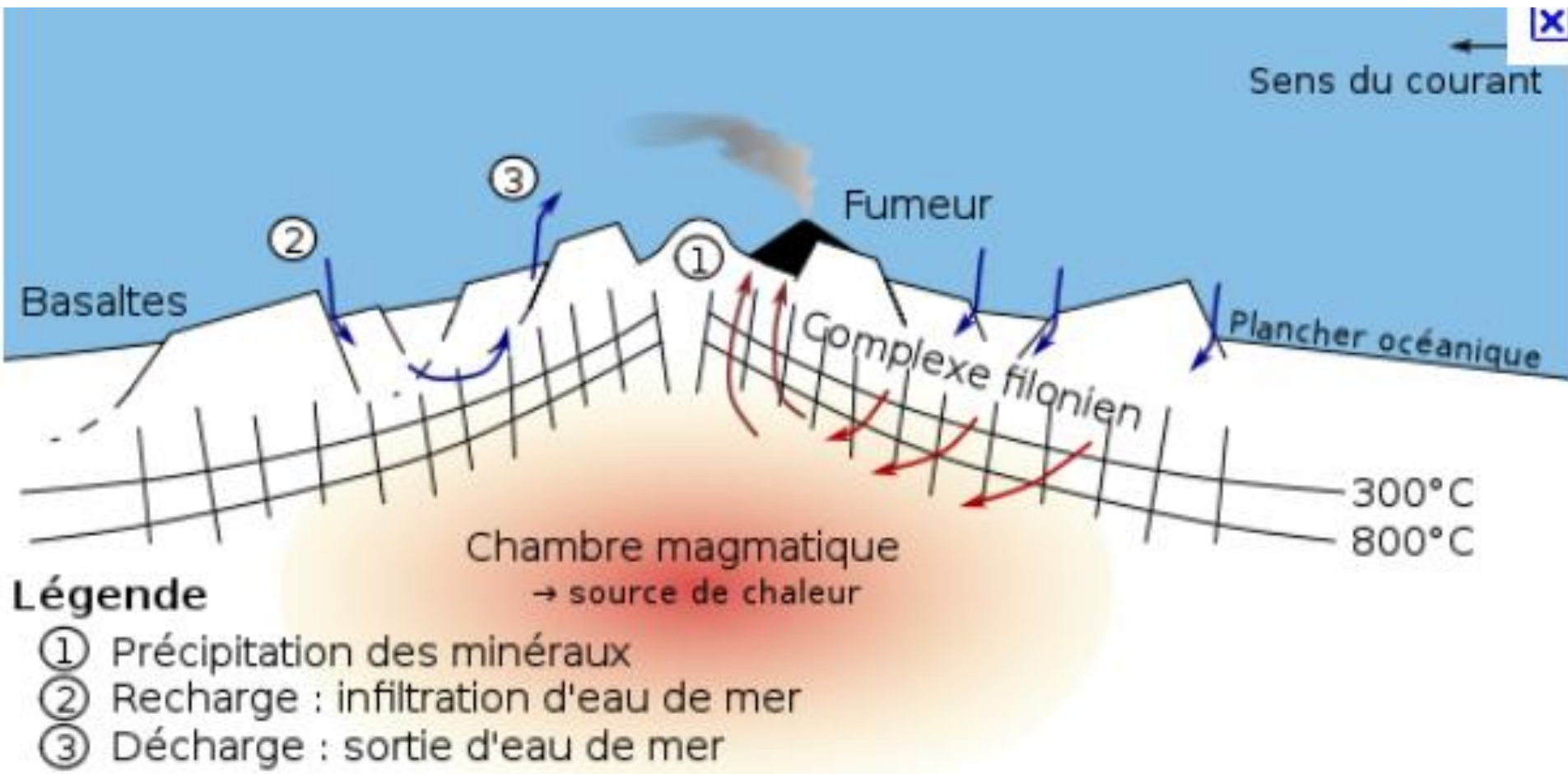
1. Les conditions de la fusion partielle des péridotites mantelliques

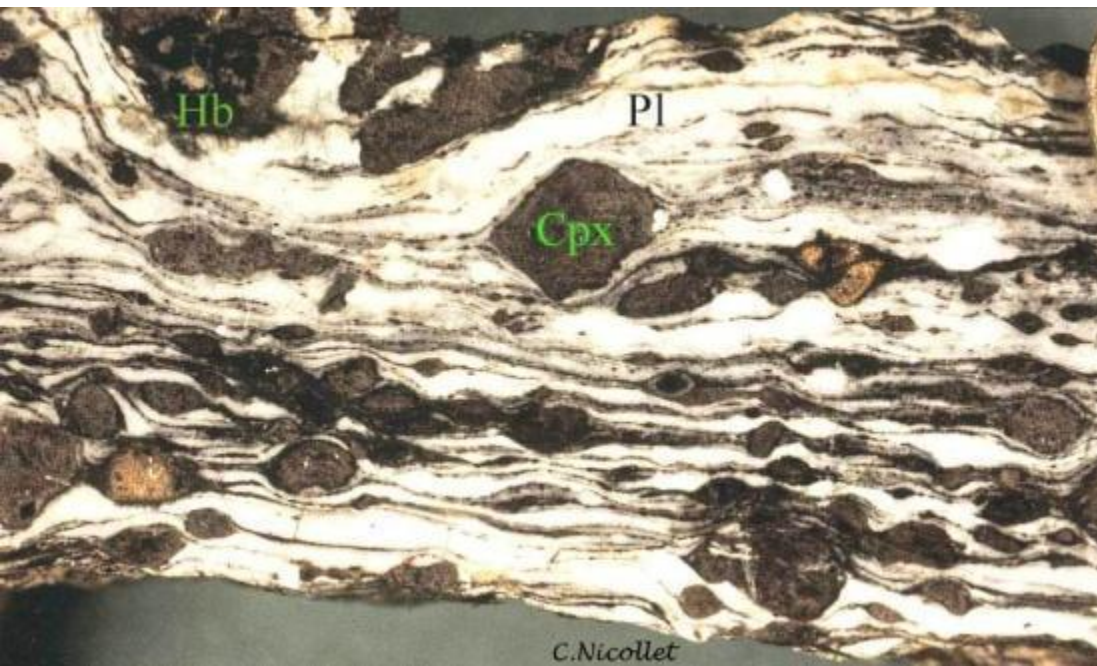
2. Origine de l'eau nécessaire à la fusion partielle des péridotites

La roche de départ : le gabbro océanique



Hydratation de la lithosphère océanique lors de son vieillissement





Gabbro à hornblende

= métagabbro

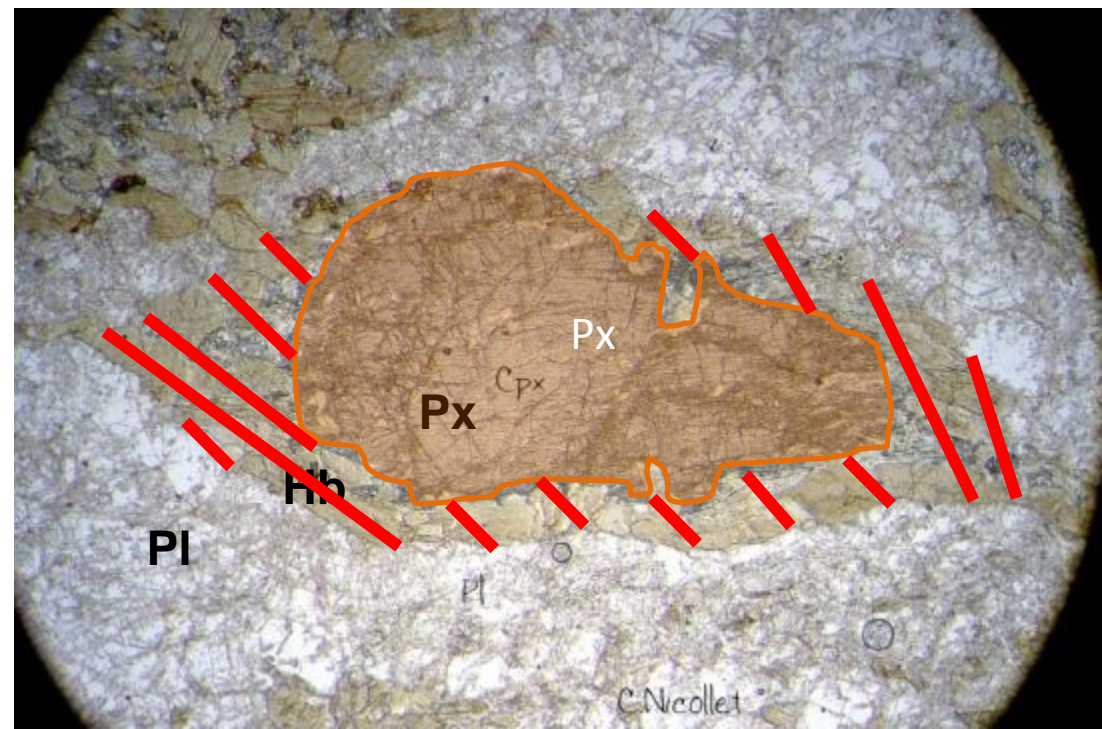
= gabbro métamorphisé dans le faciès des schistes verts

Aspect macro et microscopique

Plagioclase + Pyroxène + eau →
Amphibole brune de type Hornblende

Plagioclase + Hornblende + eau →
Chlorite + Actinote (Amphibole verte)

Minéraux principaux : Feldspaths plagioclases
et hornblende

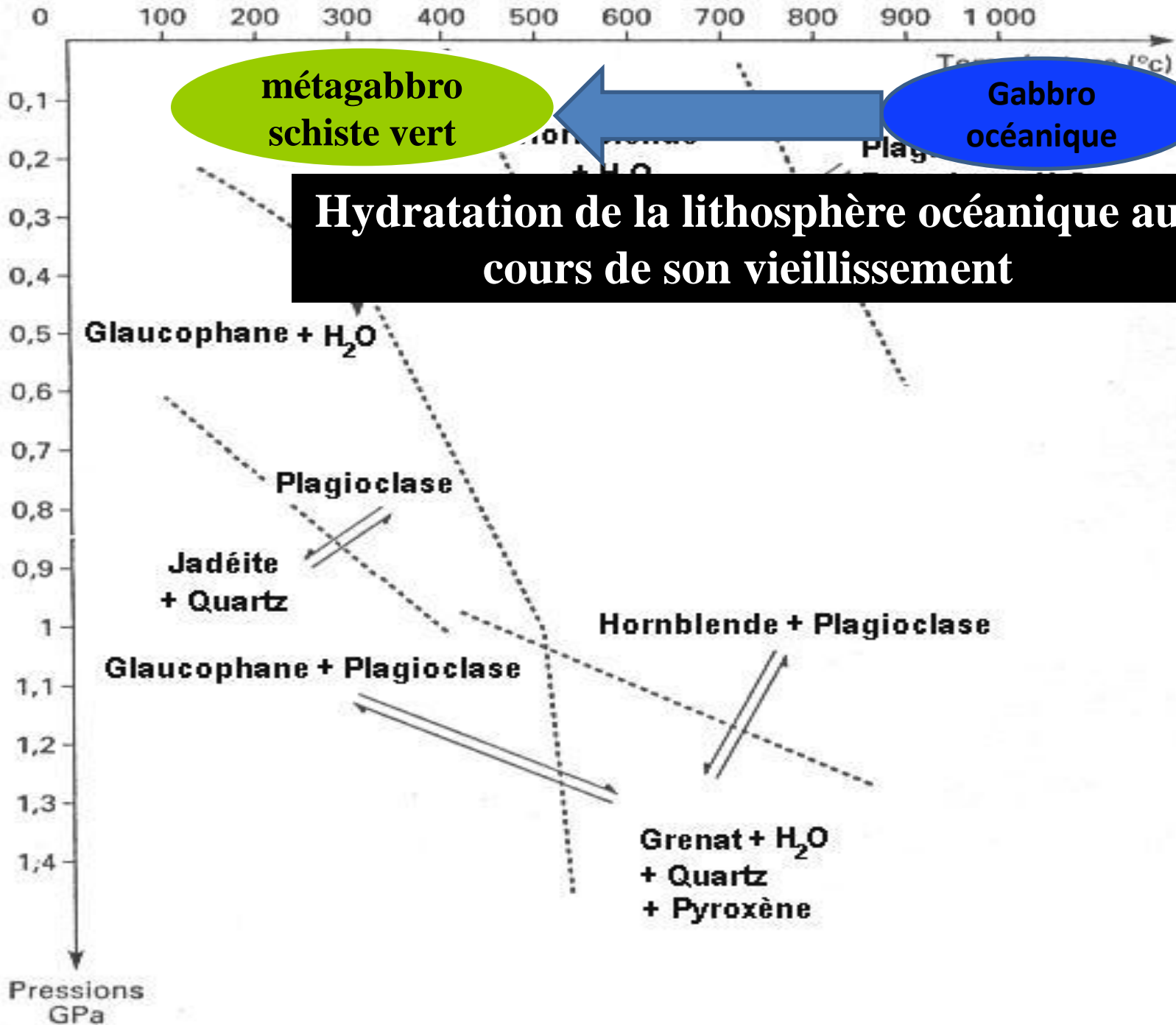




GABRRO FRAIS

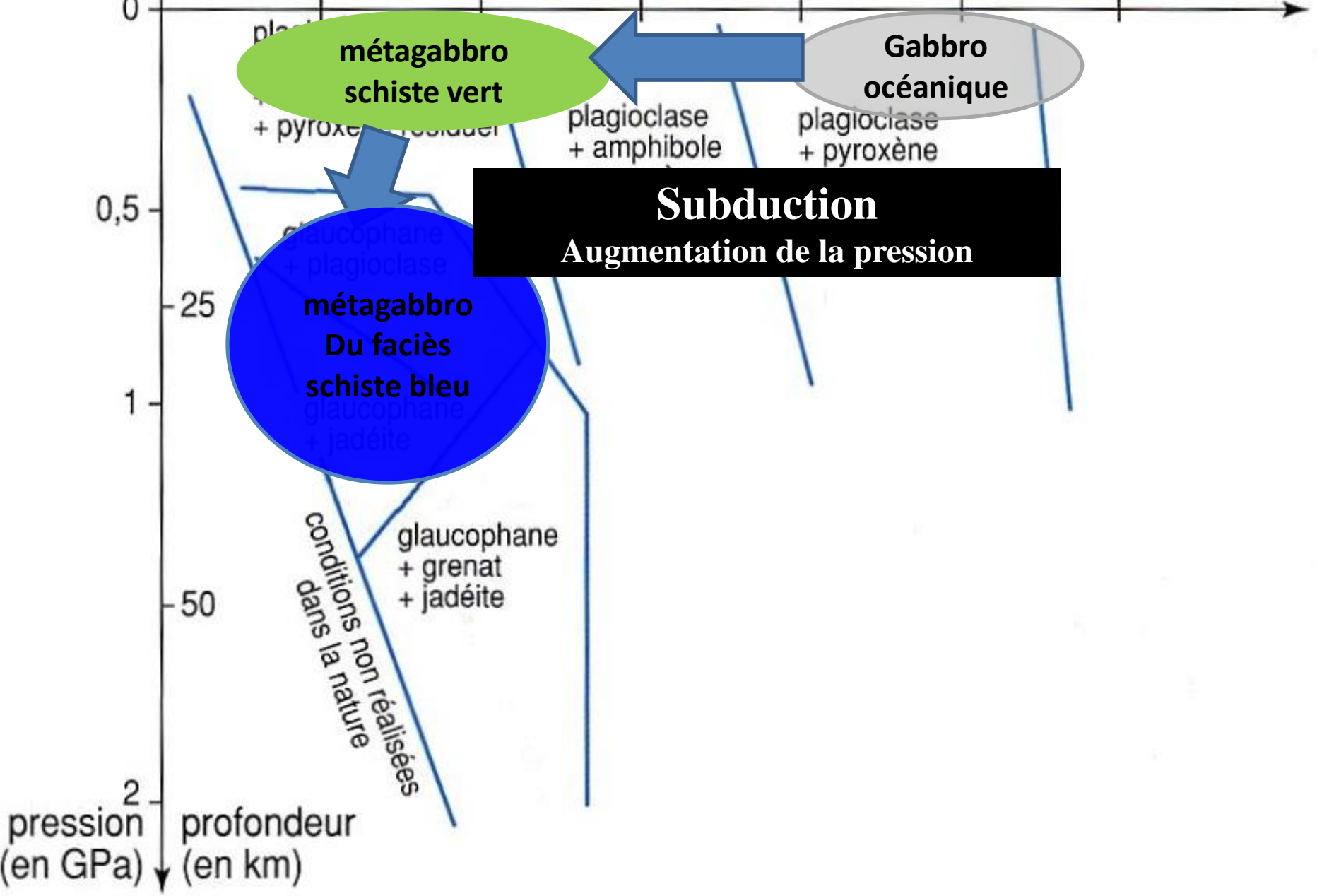


METAGABRRO
(à hornblende, chlorite et
actinote) = Schiste vert



température (en °C)

0 200 400 600 800 1 000 1 200



**métagabbro
schiste vert**

**Gabbro
océanique**

**Subduction
Augmentation de la pression**

**métagabbro
Du faciès
schiste bleu**

plagioclase + pyroxène

plagioclase + amphibole

plagioclase + pyroxène

glaucophane + plagioclase

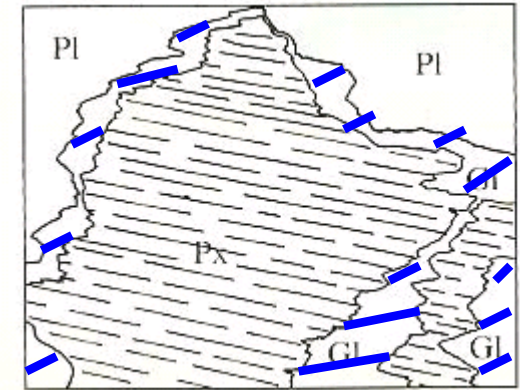
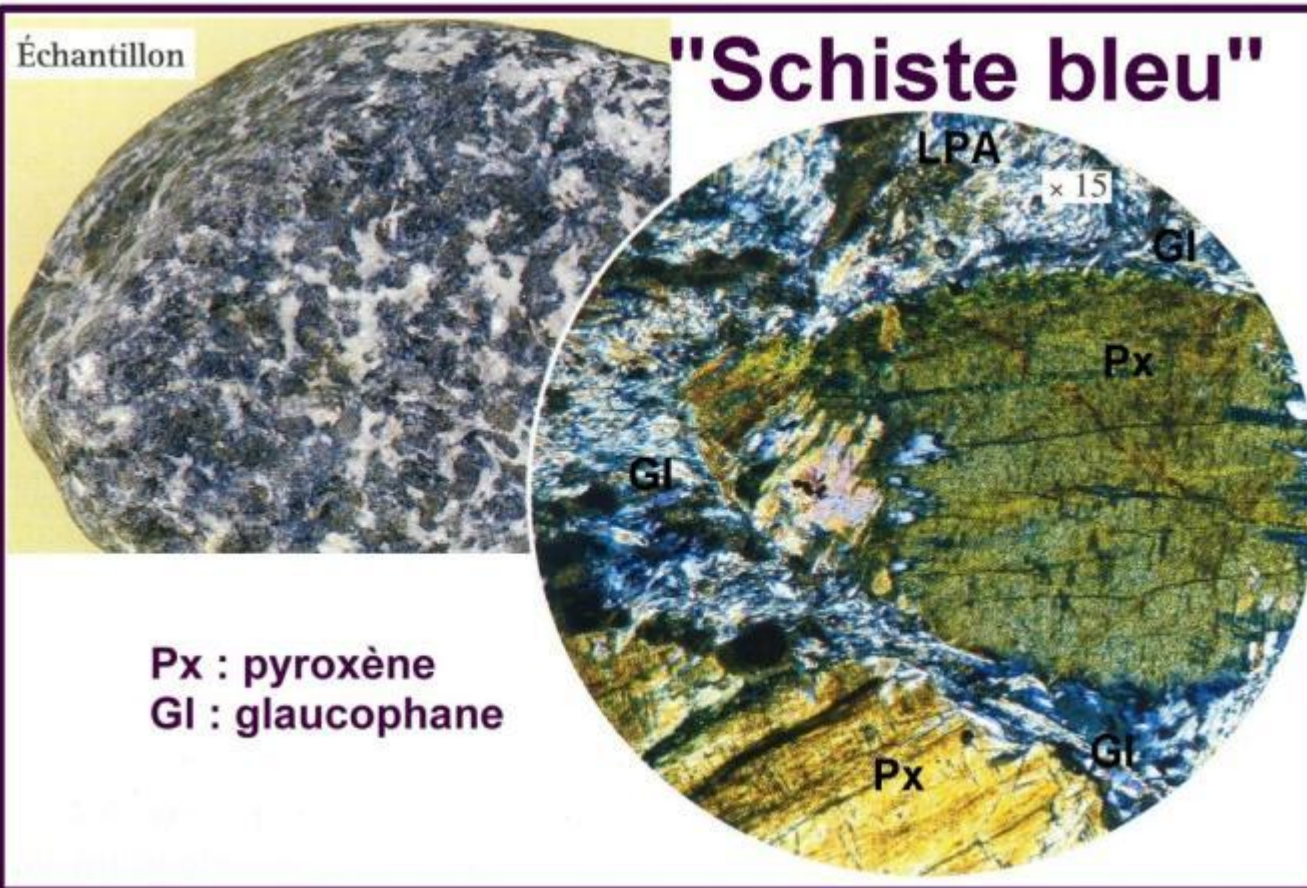
glaucophane + jadeite

glaucophane + grenat + jadeite

conditions non réalisées dans la nature

pression (en GPa) ↓
profondeur (en km)

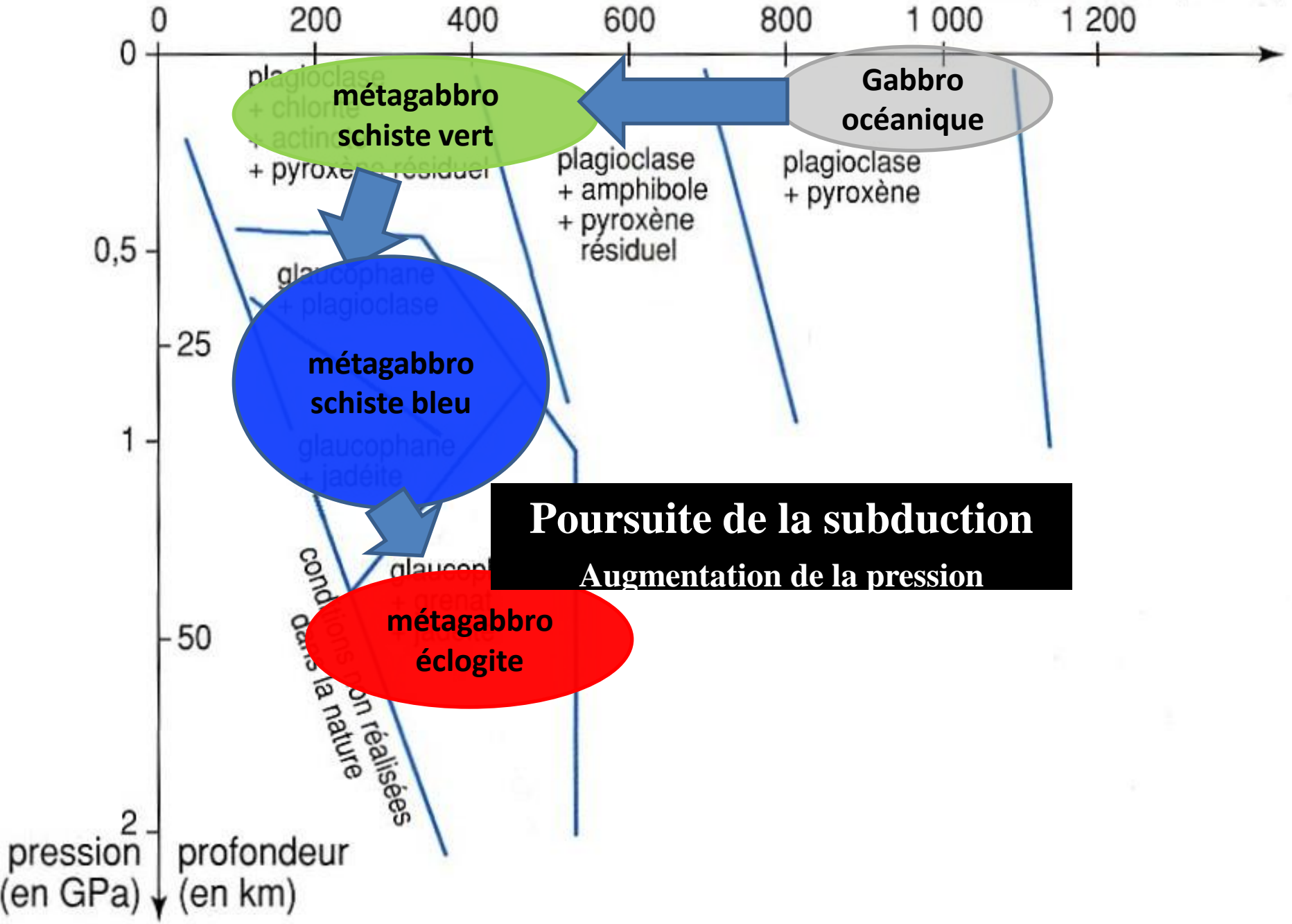
Formation des métagabbros à glaucophane lors de la subduction



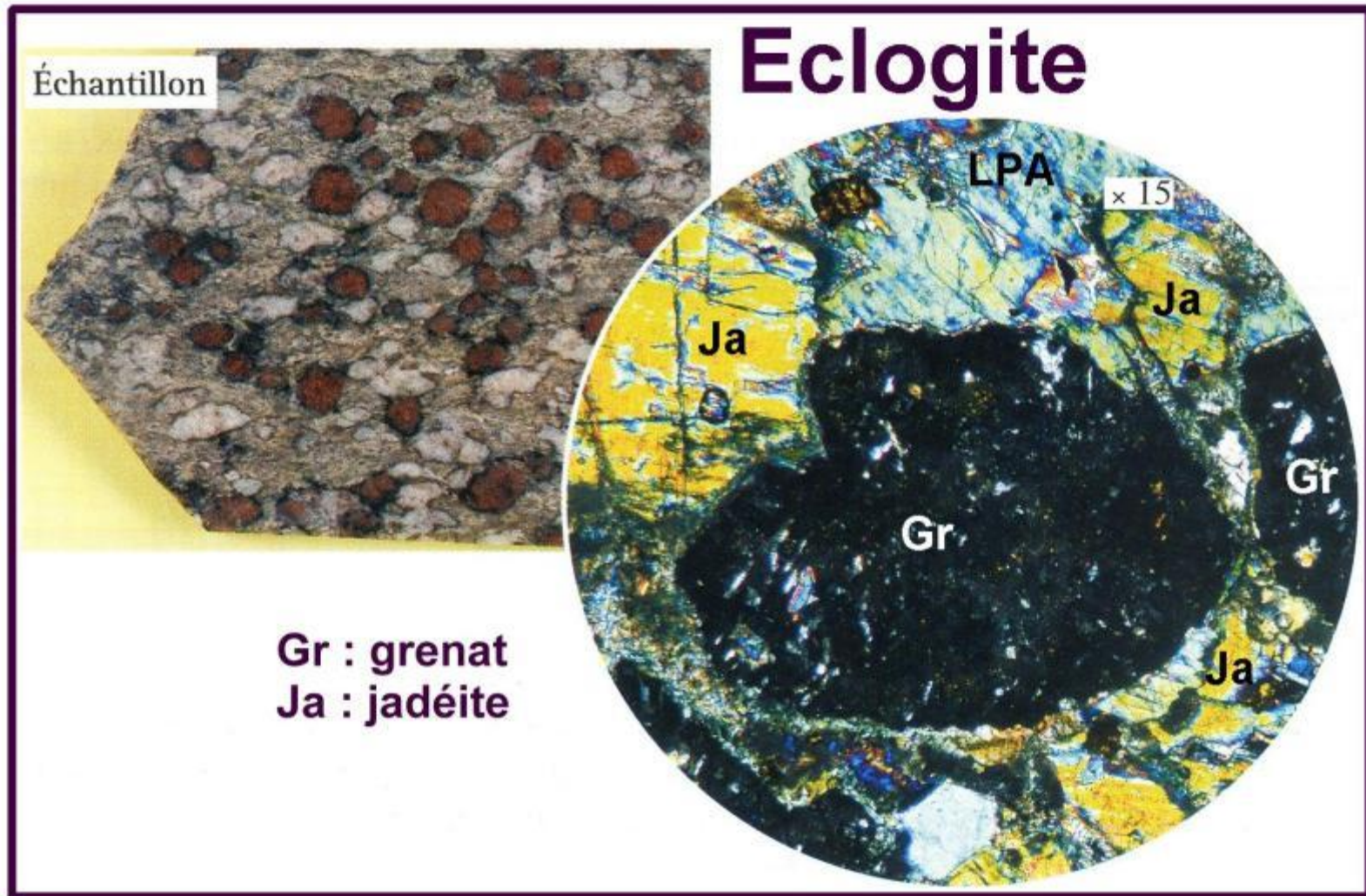
Plagioclase + Chlorite + Actinote → Amphibole bleue (Glaucophane) + eau

déshydratation de la lithosphère océanique au cours de la subduction

température (en °C)

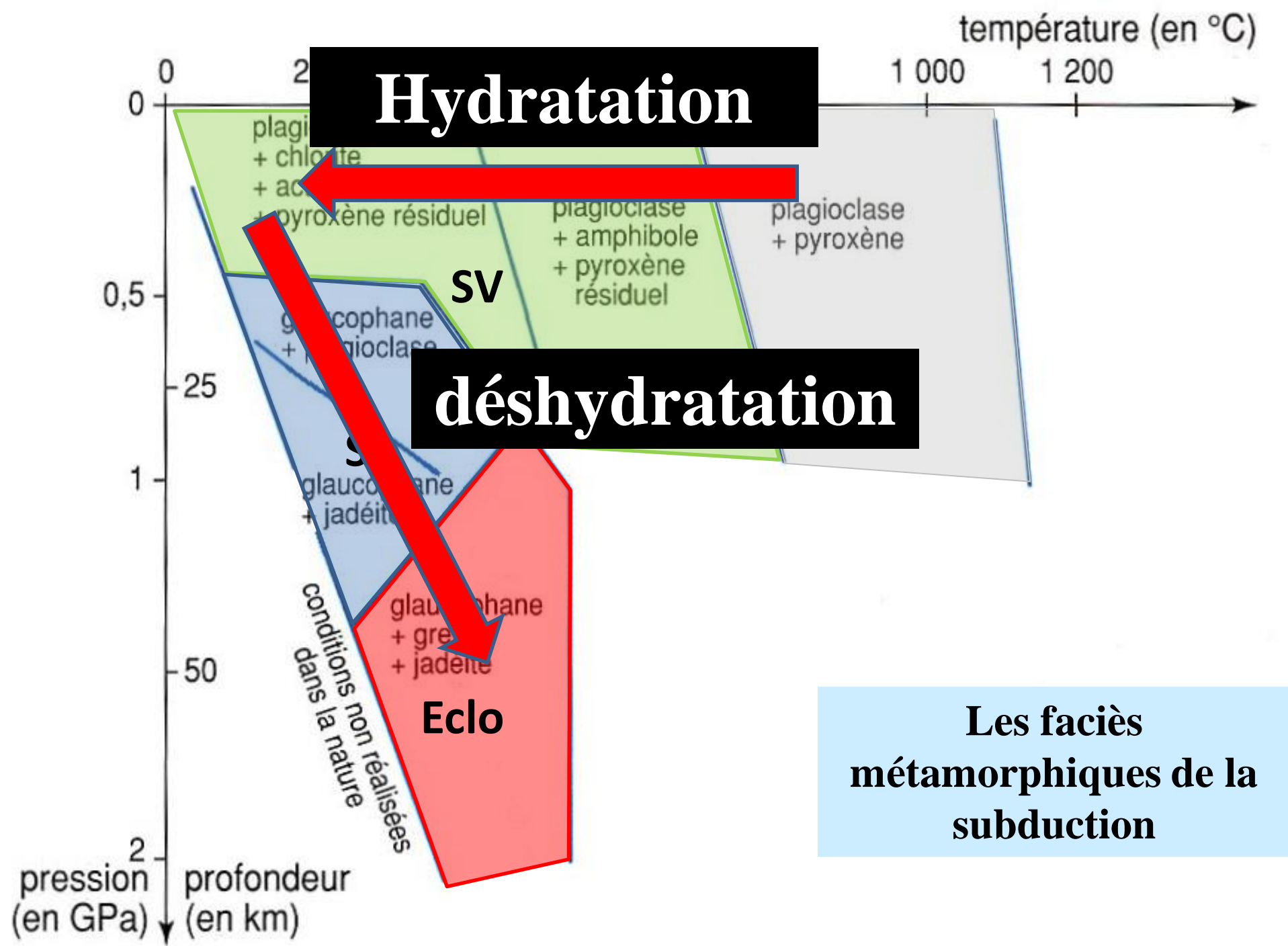


Formation des éclogites lors de la subduction



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

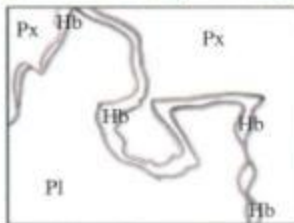
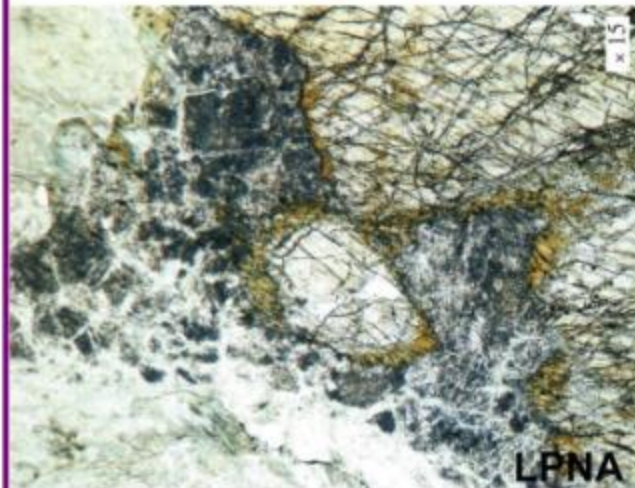
=> Déshydratation de la lithosphère océanique



Libération d'eau

Pression

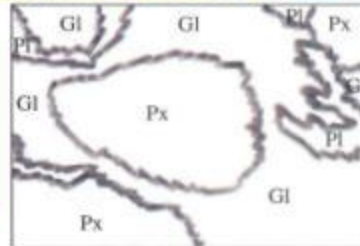
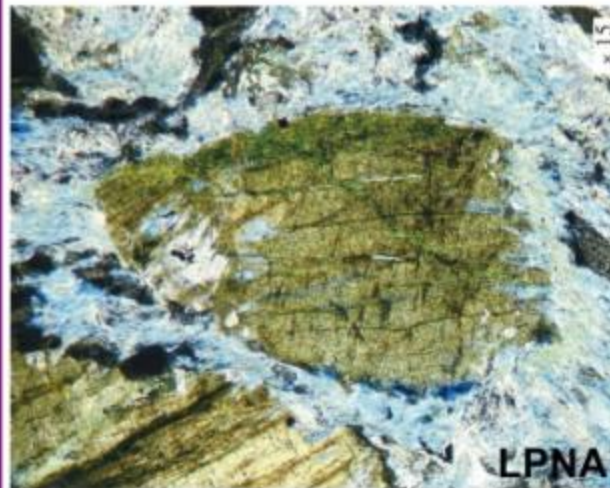
"Schiste vert"



Act = actinote
Q = quartz
Pl = feldspath plagioclase
Px = pyroxène
J = jadéite (pyroxène vert)
Gl = glaucophane
Gt = grenat

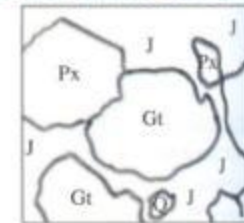
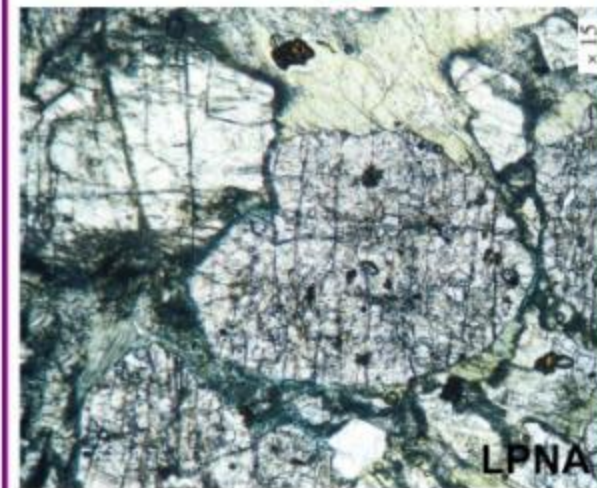
**Métagabbro
à Hornblende**

"Schiste bleu"



**Métagabbro
à Glaucophane**

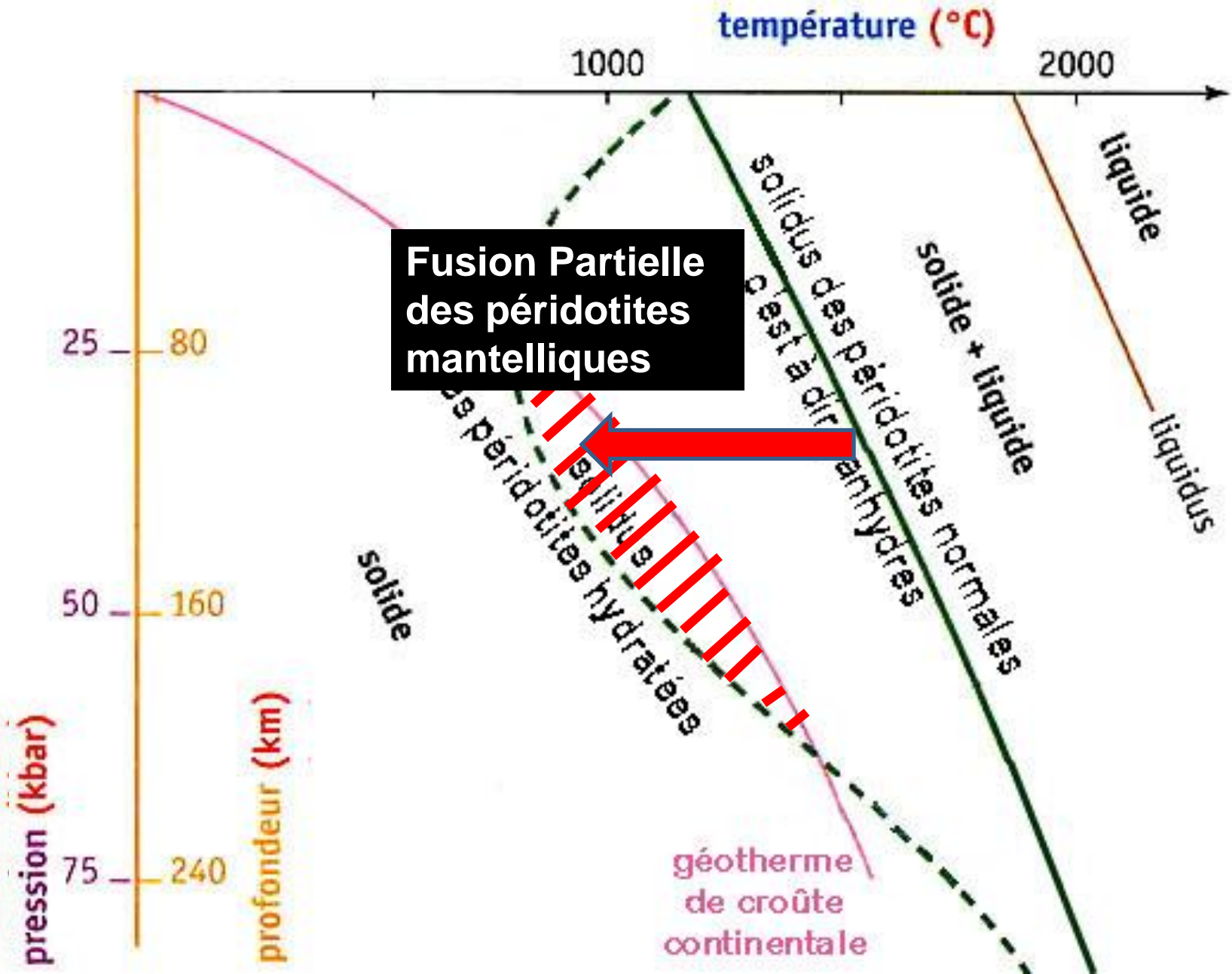
"Eclogite"



Act = actinote
Q = quartz
Pl = feldspath plagioclase
Px = pyroxène
J = jadéite (pyroxène vert)
Gl = glaucophane
Gt = grenat

**Métagabbro
à Jadéite et Grenat**

Le diagramme de phase des péridotites mantelliques hydratées



Déshydratation de la lithosphère océanique lors de la subduction

hydratation



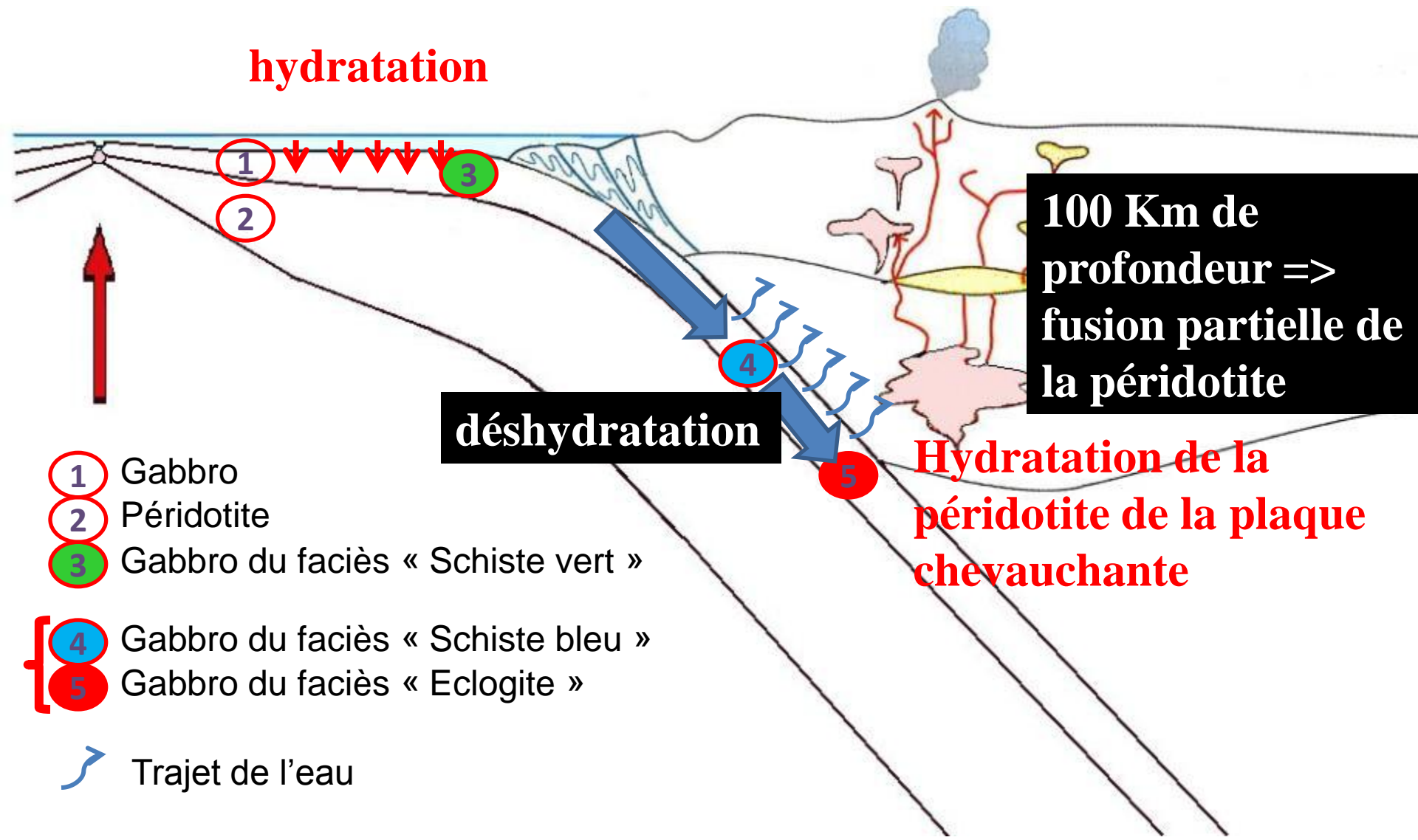
100 Km de profondeur => fusion partielle de la péridotite

déshydratation

Hydratation de la péridotite de la plaque chevauchante

- 1 Gabbro
- 2 Péridotite
- 3 Gabbro du faciès « Schiste vert »
- 4 Gabbro du faciès « Schiste bleu »
- 5 Gabbro du faciès « Eclogite »

Trajet de l'eau



Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale

I. La production de nouveaux matériaux continentaux au niveau des zones de subduction

A. Une activité magmatique dans les zones de subduction

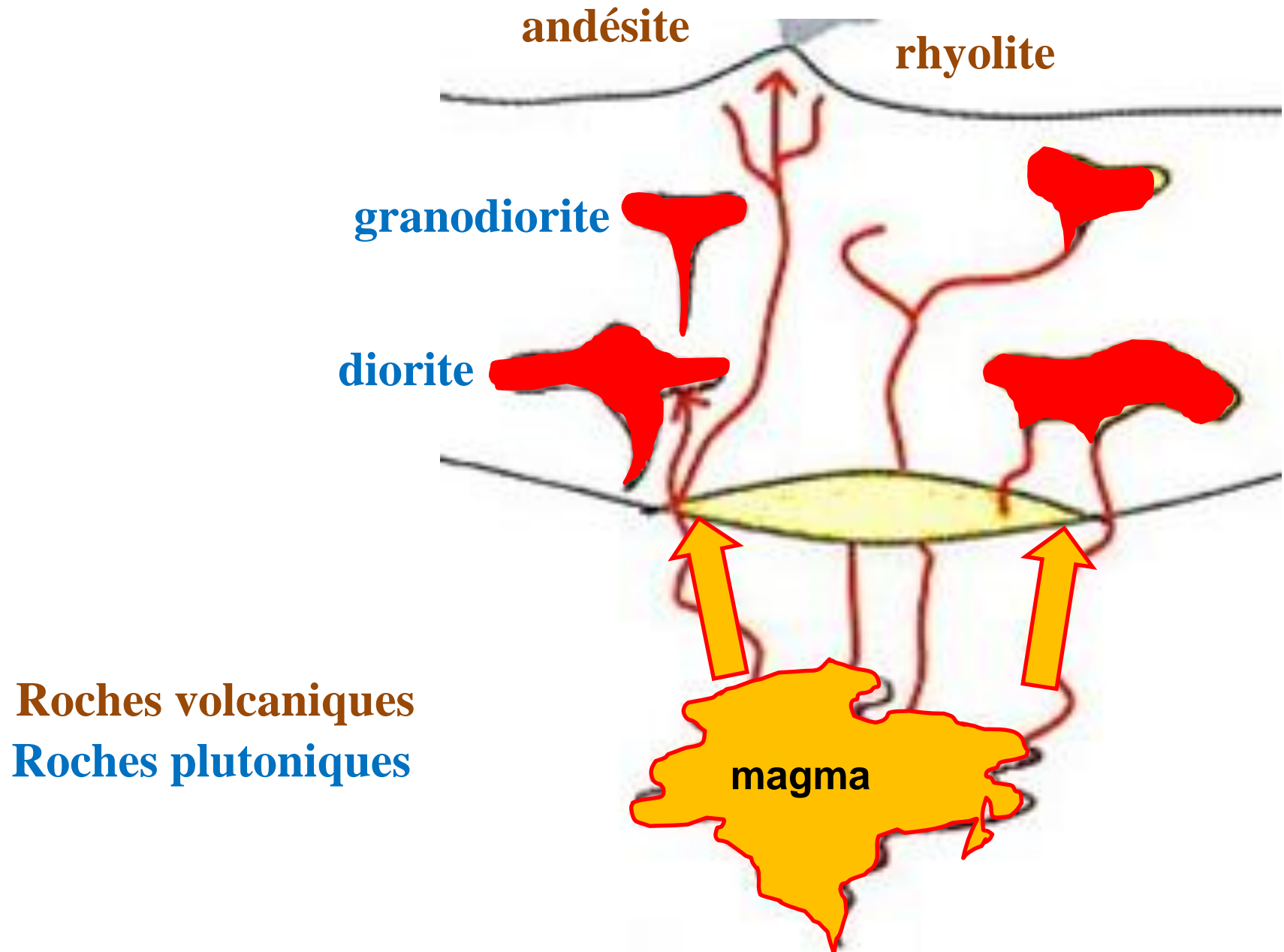
B. Origine du magma des zones de subduction

1. Les conditions de la fusion partielle des péridotites mantelliques

2. Origine de l'eau nécessaire à la fusion partielle des péridotites

3. Mise en place des roches de la croûte continentale à partir du magma

Les roches magmatiques formées lors de la subduction



andésite

rhyolite

granodiorite

diorite

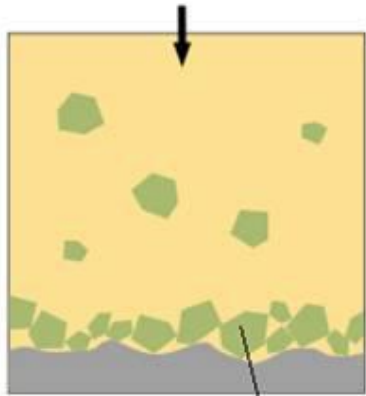
Roches volcaniques

Roches plutoniques

magma

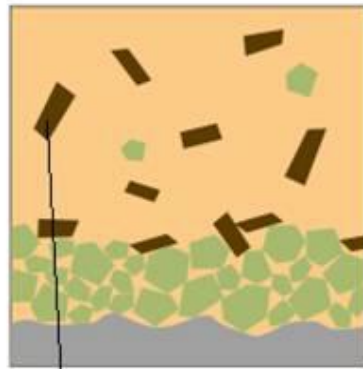
Cristallisation fractionnée

Magma résultant de la fusion partielle des péridotites mantelliques



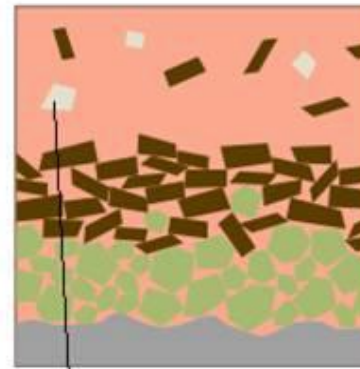
1

olivine



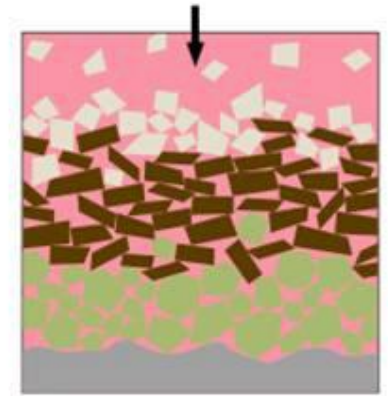
2

pyroxène



3

plagioclase calcique



4

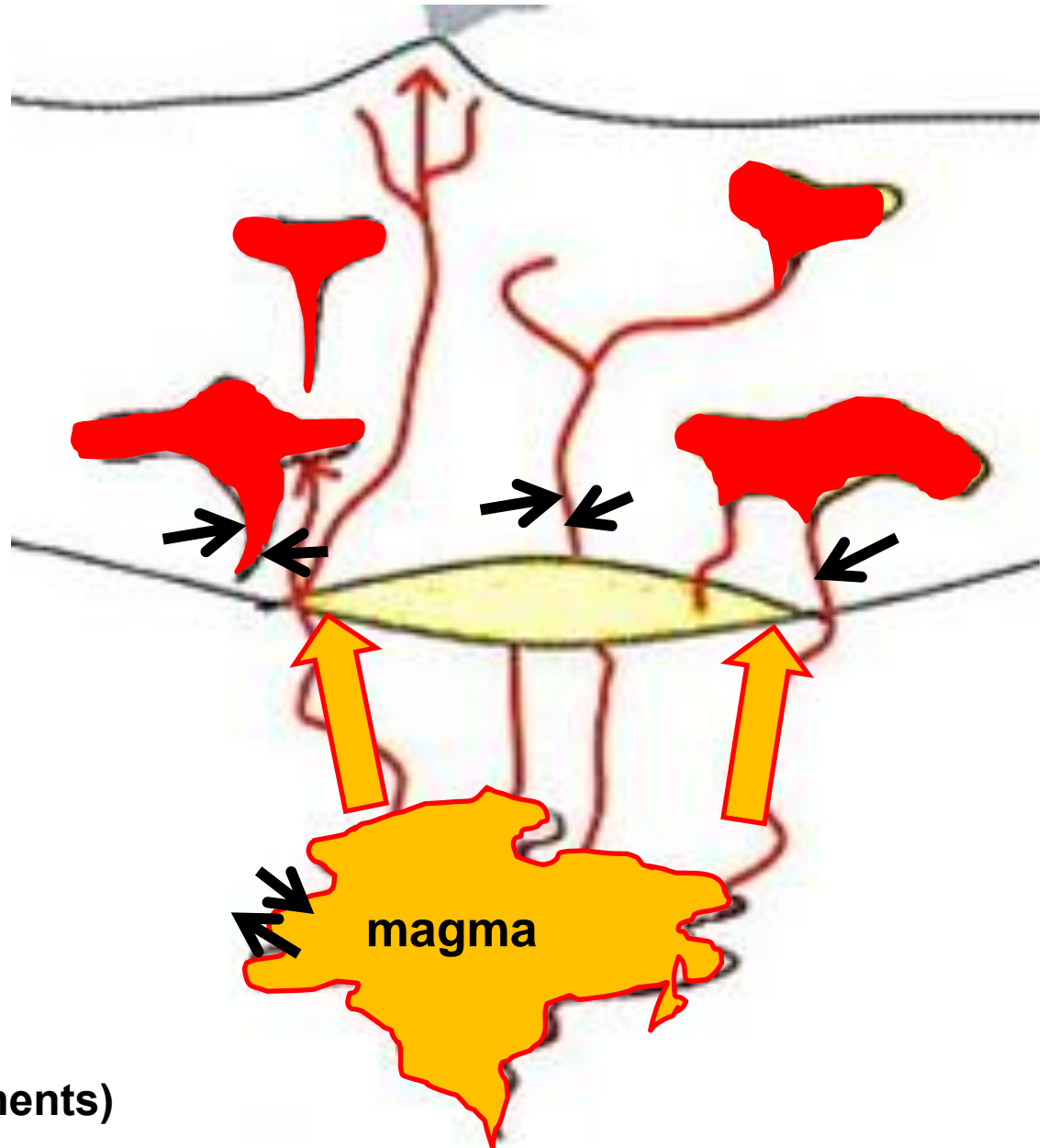
Liquide résiduel de plus en plus riche en silice

1200°C

600°C

Refroidissement

Contamination



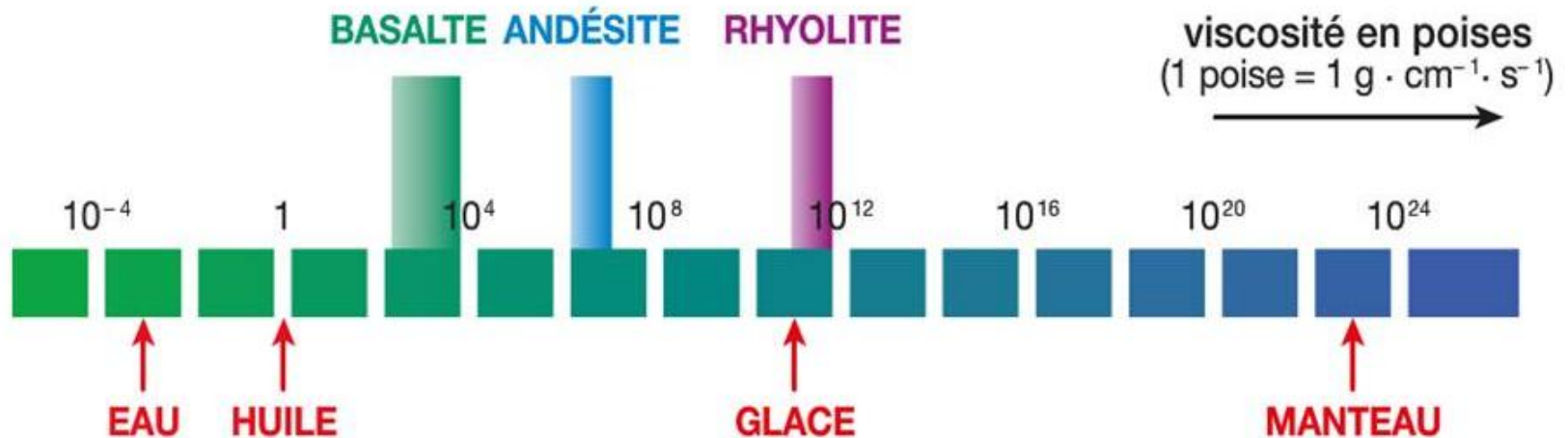
Contaminations
(=échanges d'éléments)

Magma visqueux, riche en silice

Teneur en silice (SiO ₂)	Nature chimique du magma
44 à 50 %	basaltique
54 à 63 %	andésitique
68 à 77 %	rhyolitique



Ordre de grandeur de la viscosité (en poises) de plusieurs types de lave



Accrétion continentale

Magma
basaltique

Cristallisation fractionnée

Contamination

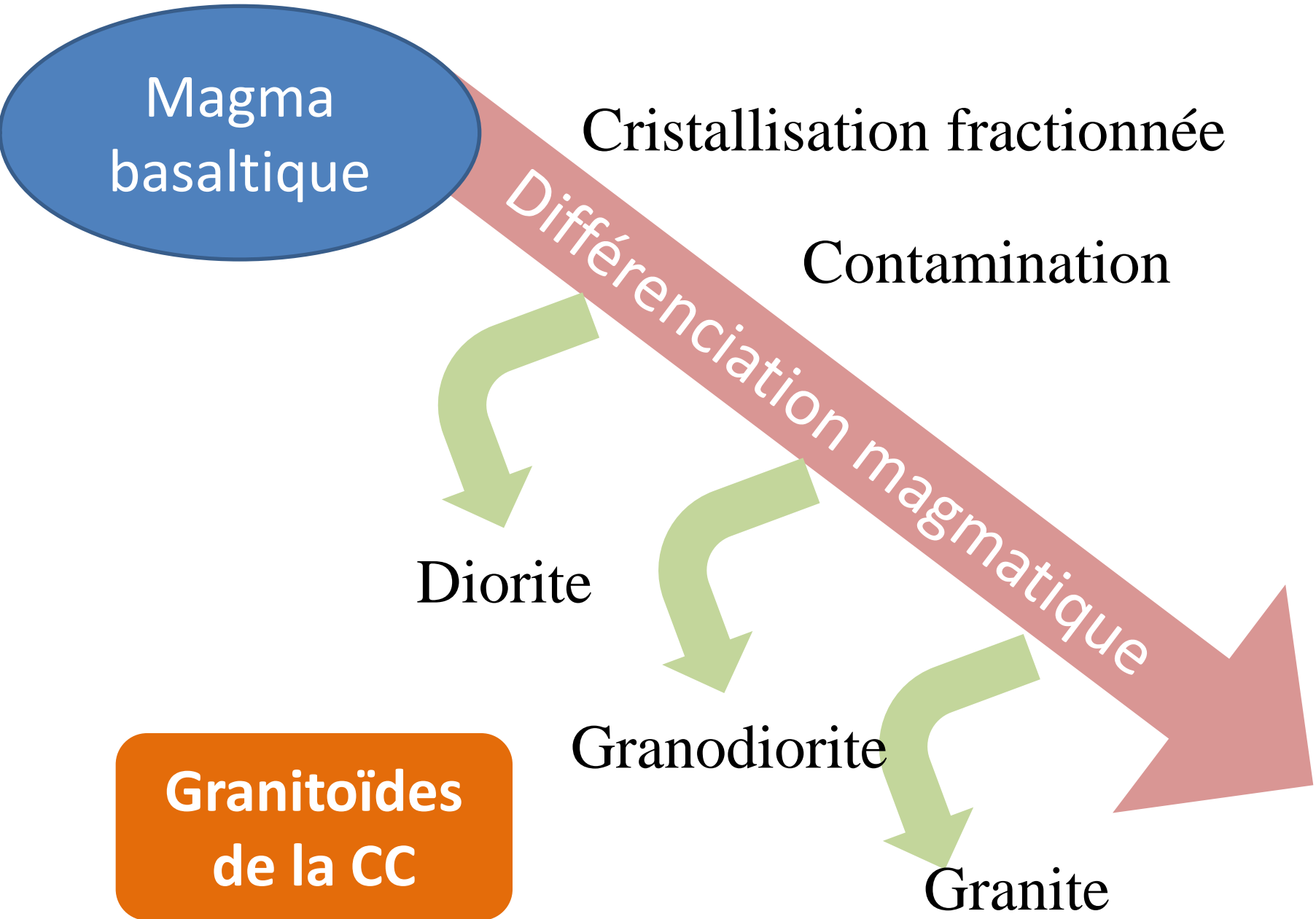
Différenciation magmatique

Diorite

Granodiorite

Granite

Granitoïdes
de la CC



La subduction : zone de production de roches de la croûte continentale.

1. Hydratation de la lithosphère océanique

Gabbro

Metagabbro (schiste vert)

Andésites + rhyolites

granitoïdes

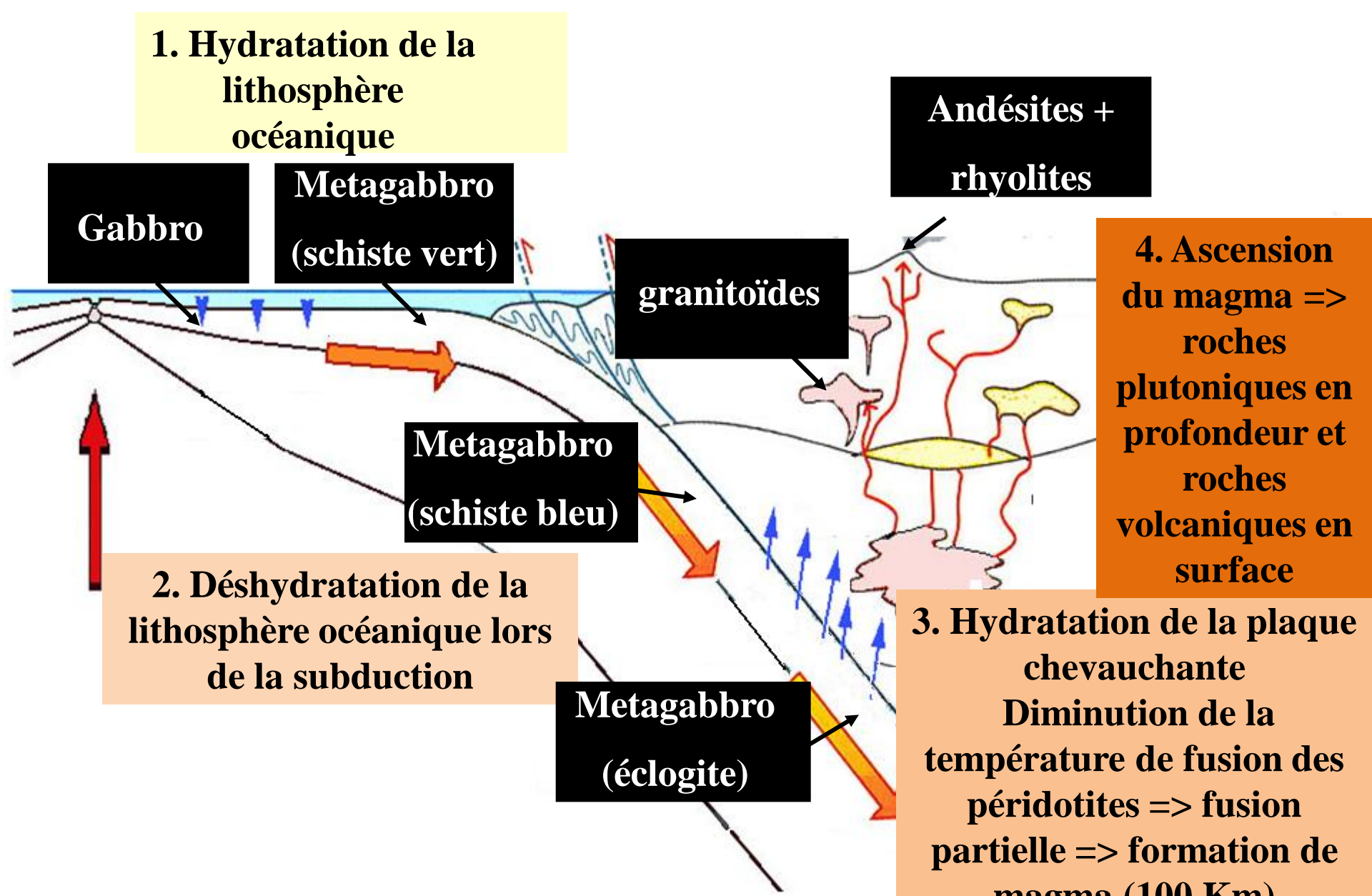
Metagabbro (schiste bleu)

4. Ascension du magma => roches plutoniques en profondeur et roches volcaniques en surface

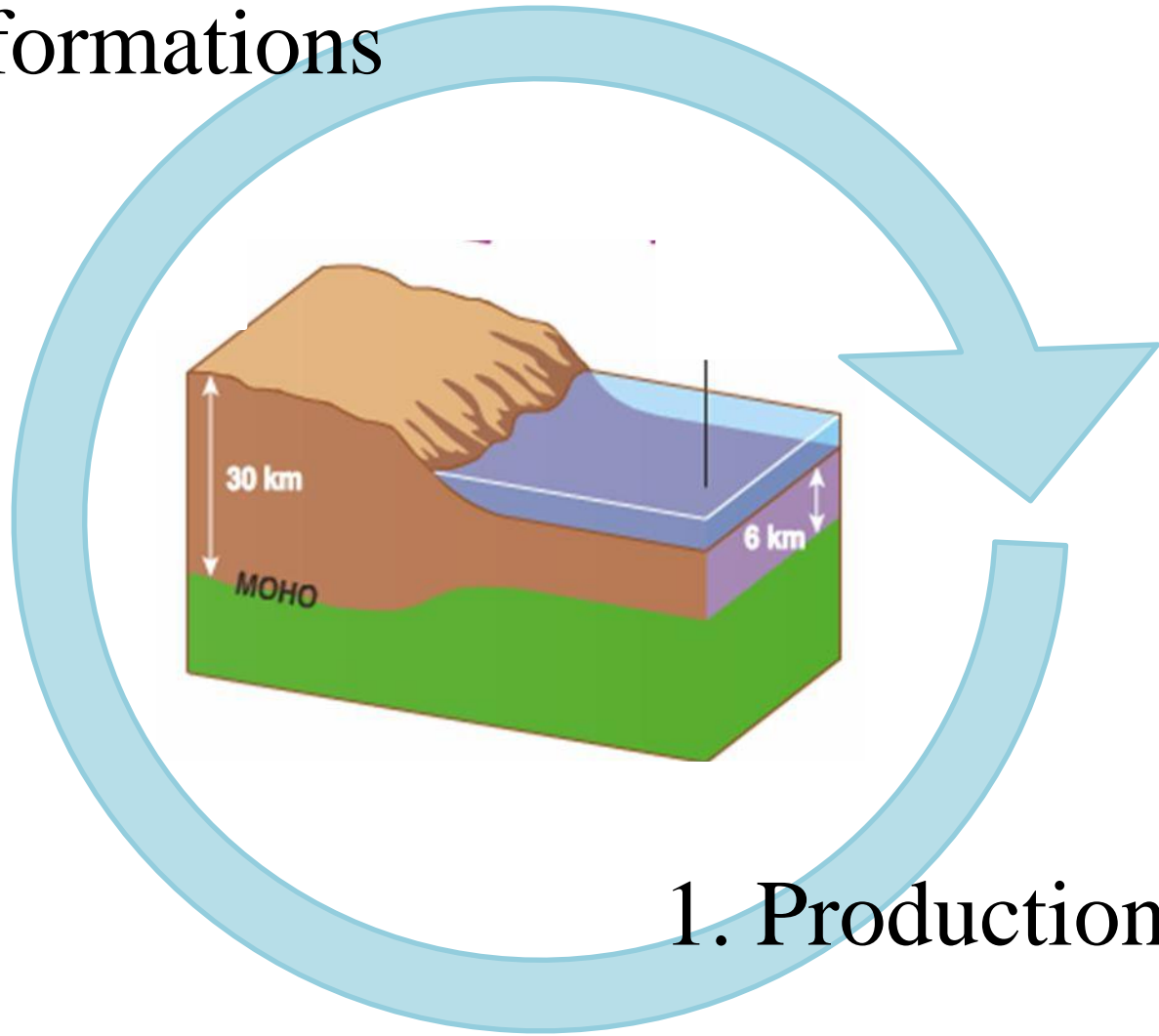
2. Déshydratation de la lithosphère océanique lors de la subduction

Metagabbro (éclogite)

3. Hydratation de la plaque chevauchante
Diminution de la température de fusion des péridotites => fusion partielle => formation de magma (100 Km)



2. Transformations

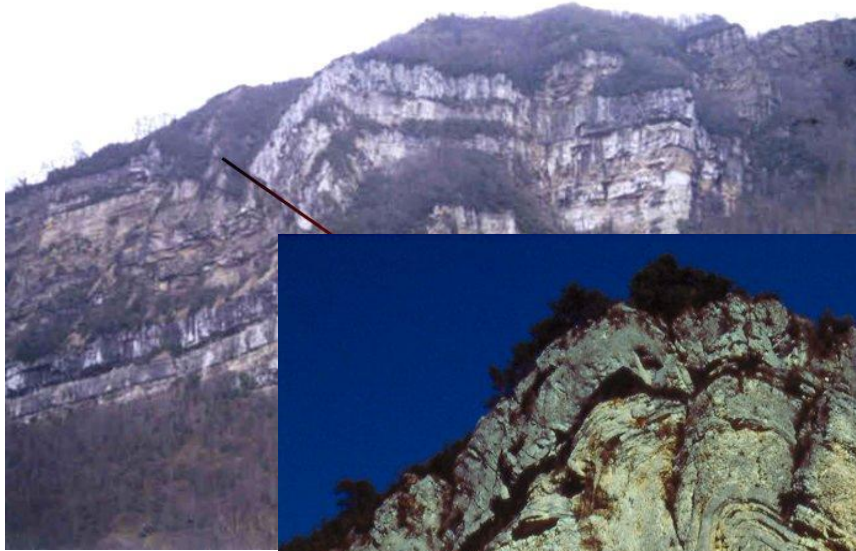


Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale

I. La production de nouveaux matériaux continentaux au niveau des zones de subduction

II. Les transformations subies par la croûte continentale lors de la formation des chaînes de montagnes

Déformations de la croûte continentale



Plan de chevauchement

Permien (-280Ma)

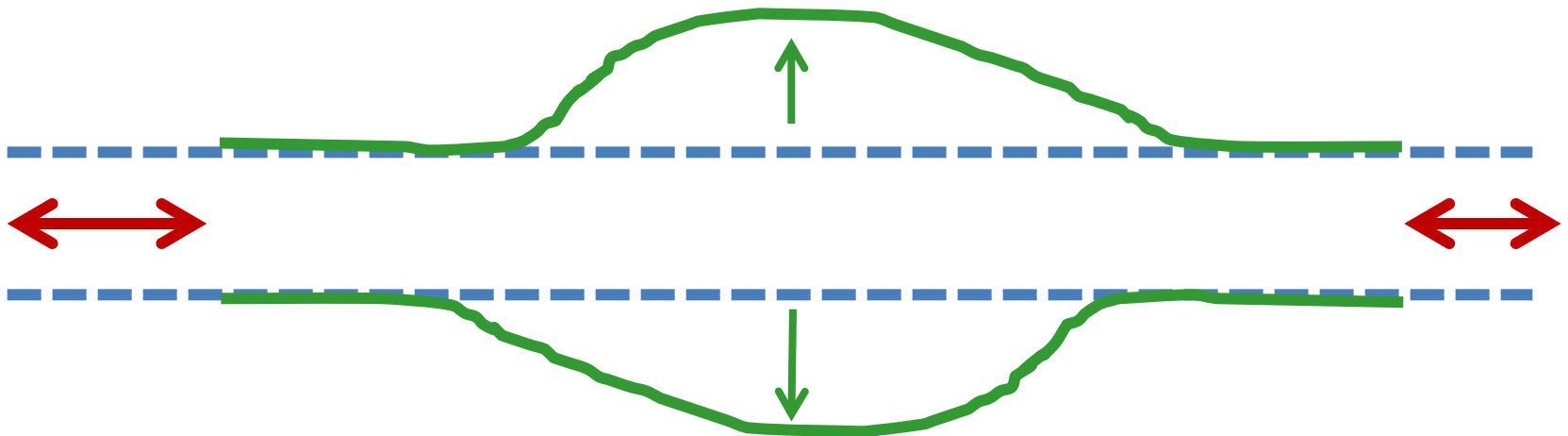
Crétacé supérieur tertiaire (-100 à -50Ma)

ETAT INITIAL

CONTRAINTES COMPRESSIVES



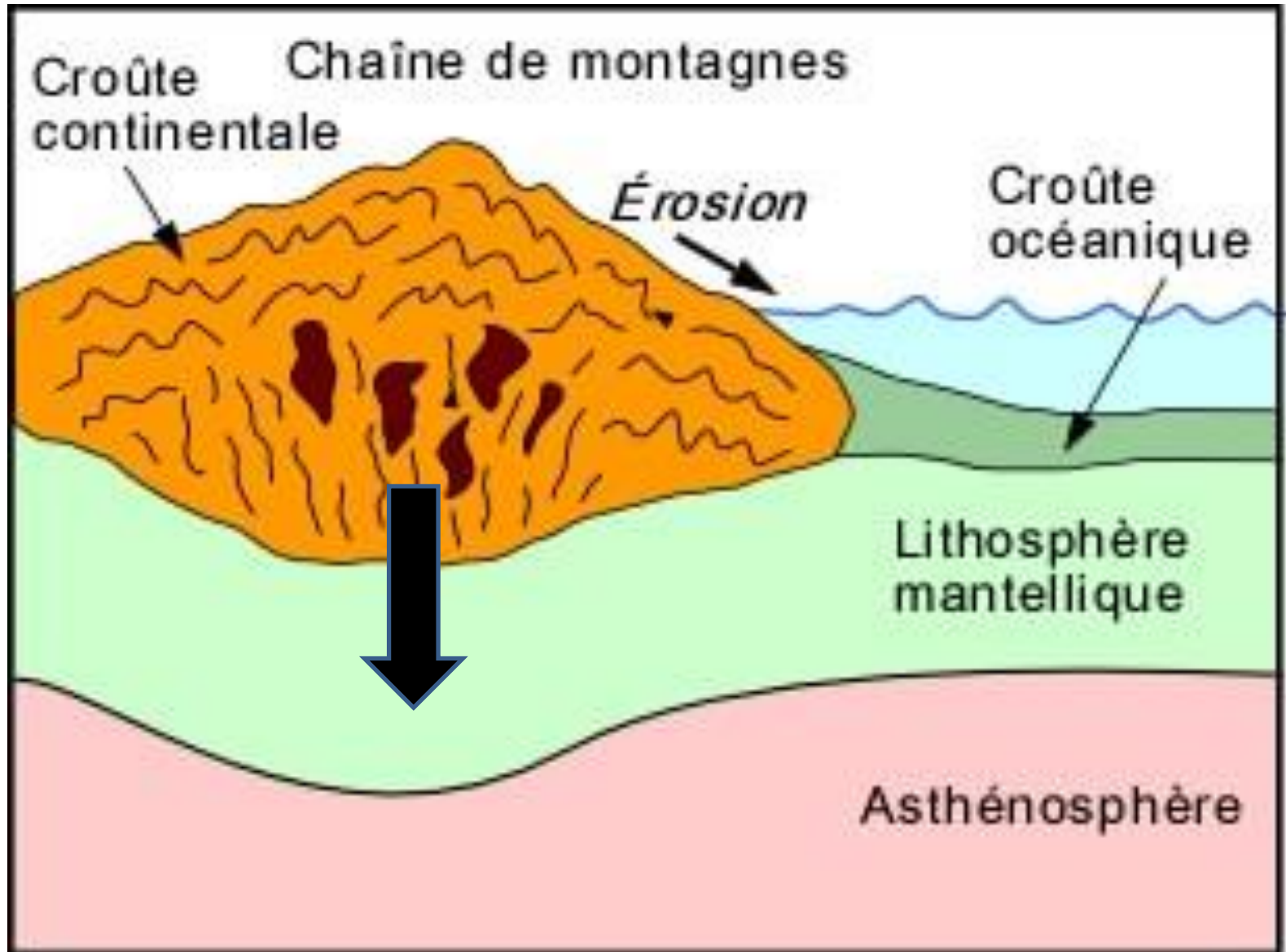
EPAISSISSEMENT



RACCOURCISSEMENT

Epaississement de la croûte continentale

Mise en place d'une racine crustale



Transformations pétrographiques

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



température (en °C)

400 600 800 1 000 1 200

Argile

0
0,2



la nat



1,4

1,6

60

pi

profondeur (en km)

blotie
grenat
staurolite

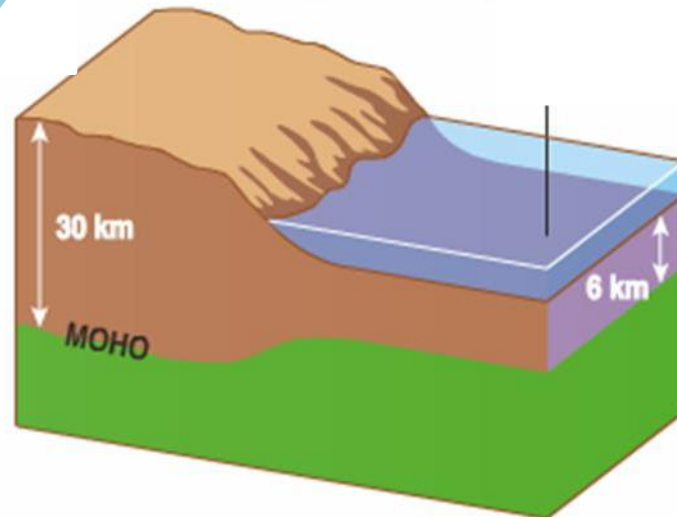


6 mm

— solidus du granite
- - - zone du métamorphisme du Limousin

2. Transformations

3. Disparition



1. Production

Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale

I. La production de nouveaux matériaux continentaux au niveau des zones de subduction

II. Les transformations subies par la croûte continentale lors de la formation des chaînes de montagnes

III. La disparition des reliefs de la croûte continentale

A. Deux grands types de chaînes de montagnes

2 types de chaînes de montagnes



Paysage du Massif armoricain

Des chaînes anciennes



Paysage du Massif central

Des chaînes récentes



Paysage des Pyrénées



Relief de la France : il s'agit d'une représentation de partir de données d'altitude du terrain (réalisé par J.-C. Technology).

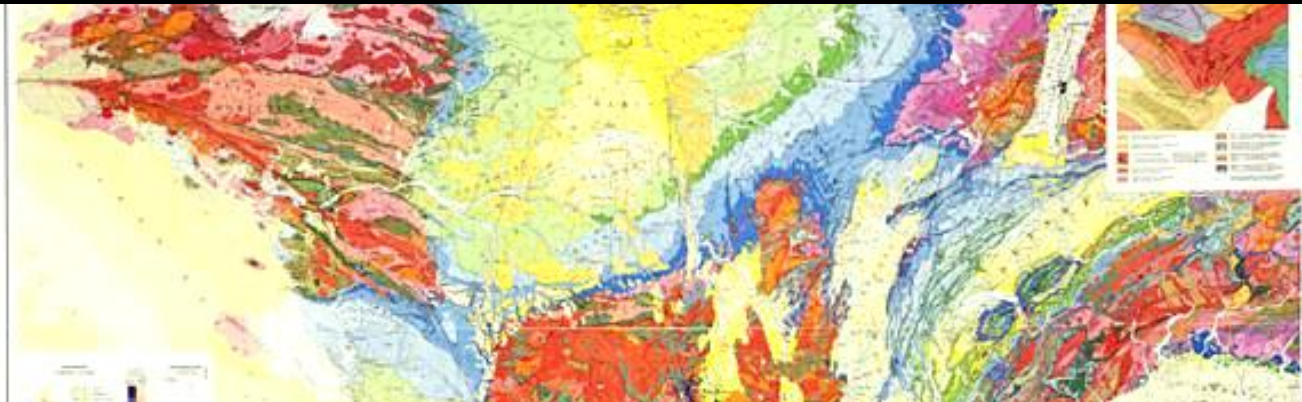


Paysage des Alpes

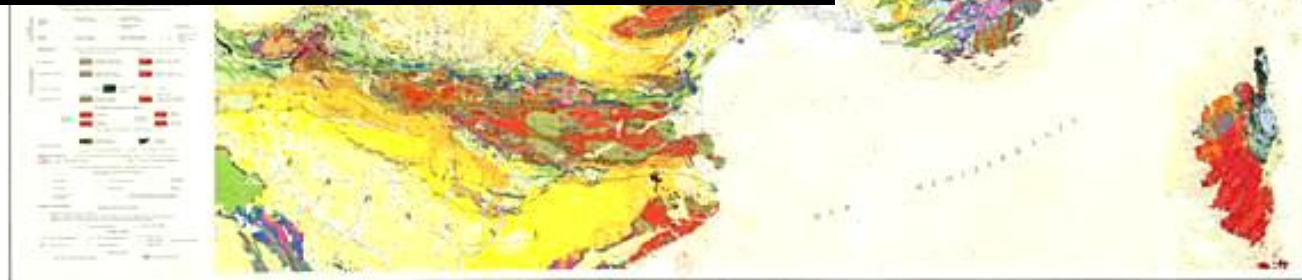
Les roches à l'affleurement



Roches plutoniques et métamorphiques dans les chaînes anciennes



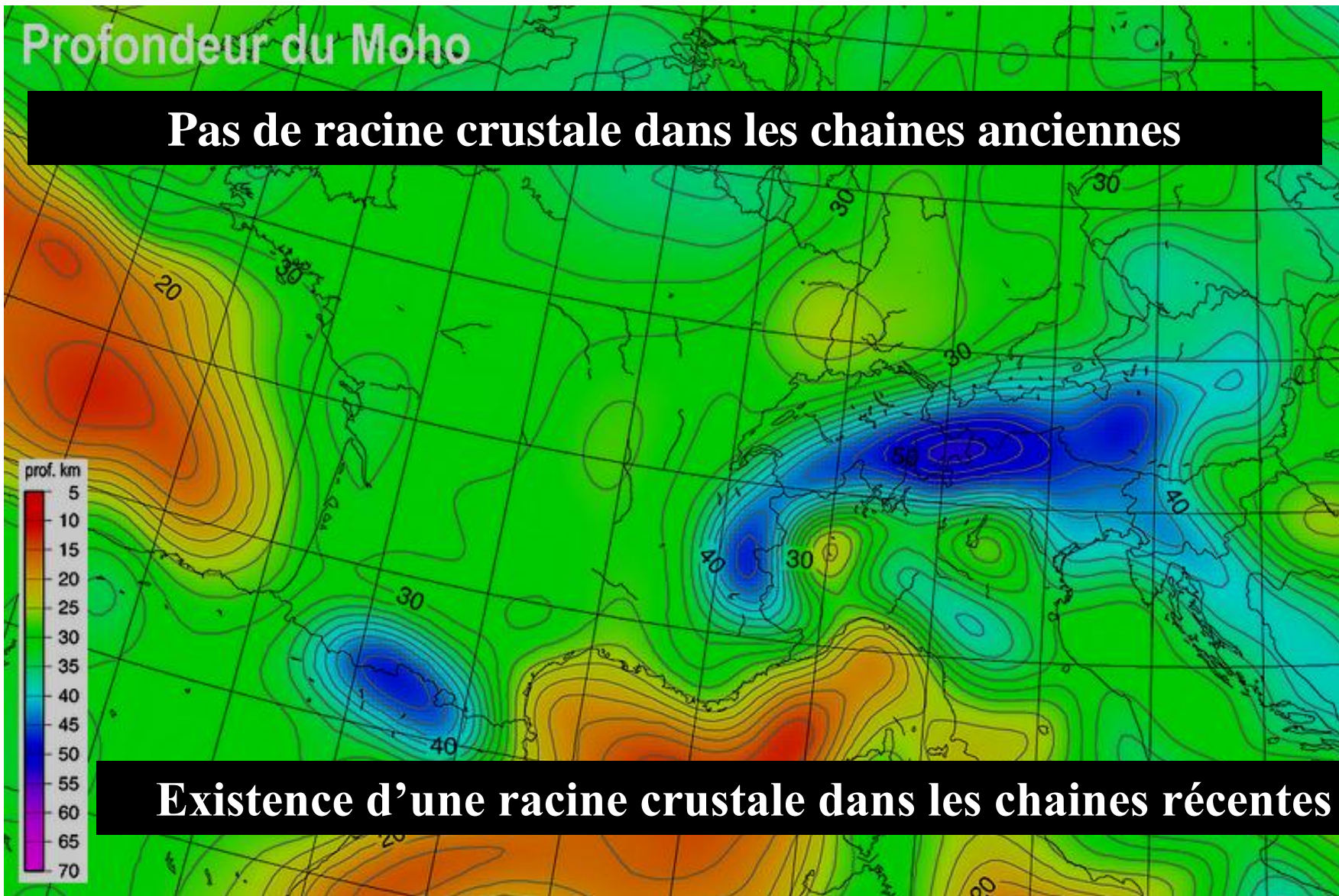
Roches sédimentaires, plutoniques et métamorphiques dans les chaînes récentes



Profondeur du Moho sous les reliefs récents et anciens

Profondeur du Moho

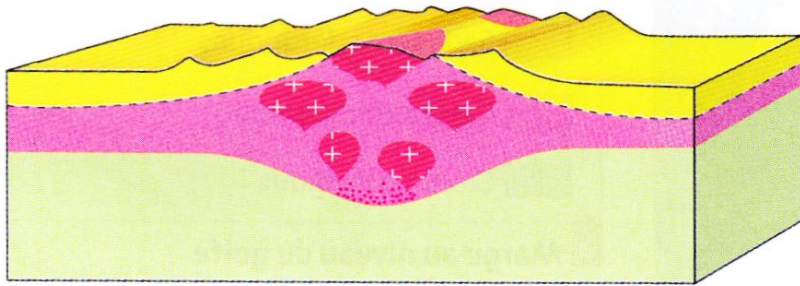
Pas de racine crustale dans les chaines anciennes



Existence d'une racine crustale dans les chaines récentes

Comparaison chaîne récente et chaîne ancienne

Chaîne récente

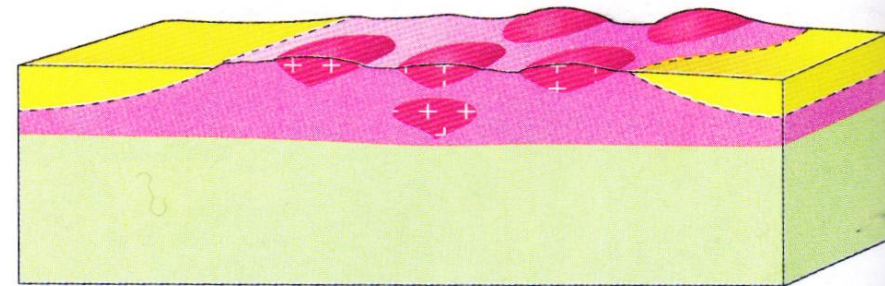


Chaîne récente : les roches sédimentaires sont importantes, les roches formées en profondeur commencent à affleurer. La racine crustale est profonde.

 Roches sédimentaires

 Roches métamorphiques

Chaîne ancienne



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

 Roches granitiques

 Manteau supérieur

- **Reliefs élevés**
- **Affleurement de roches sédimentaires, plutoniques et métamorphiques**
- **Présence d'une racine crustale**

- **Reliefs peu importants**
- **Affleurement de roches plutoniques et métamorphiques**
- **Pas de racine crustale**

Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale

I. La production de nouveaux matériaux continentaux au niveau des zones de subduction

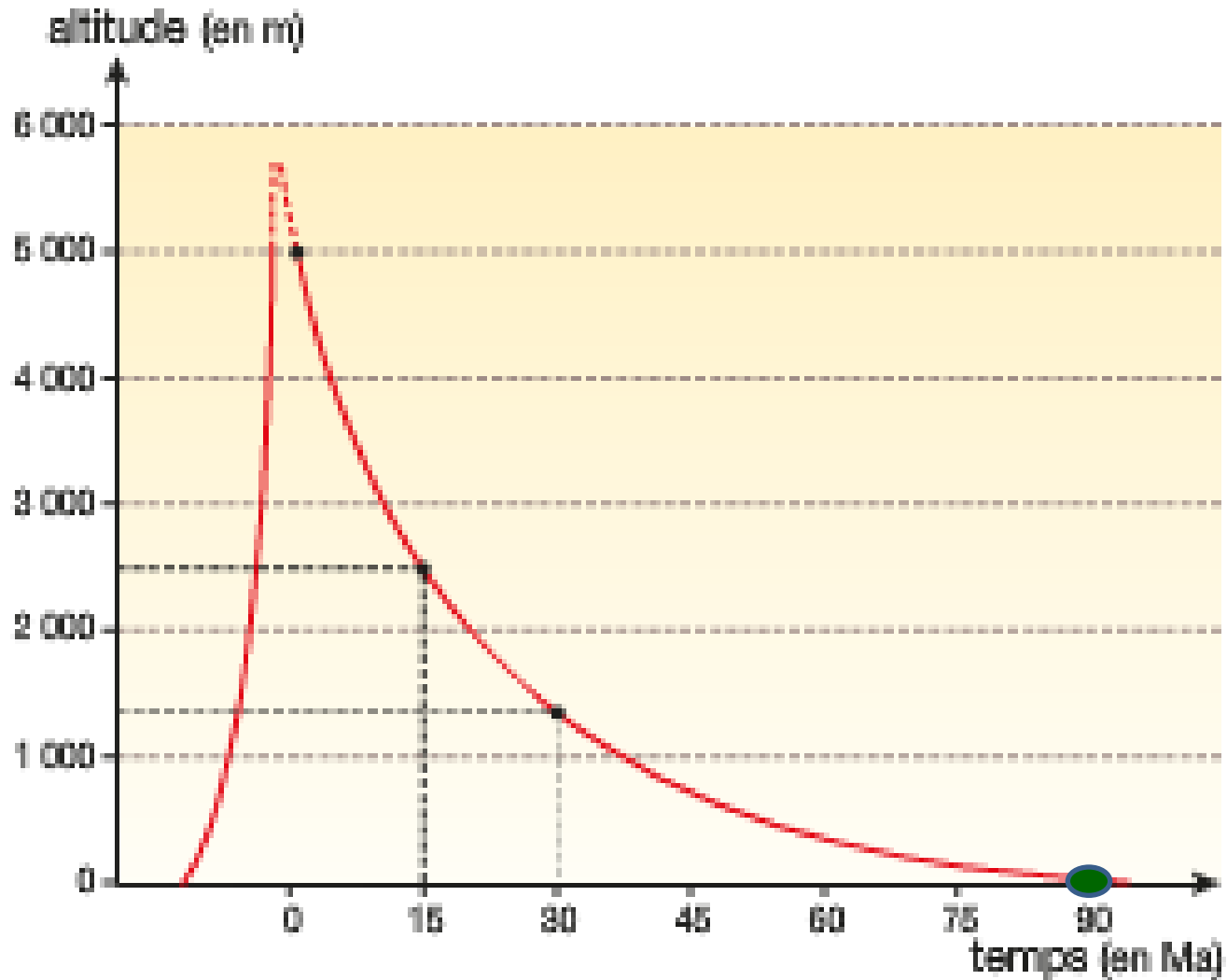
II. Les transformations subies par la croûte continentale lors de la formation des chaînes de montagnes

III. La disparition des reliefs de la croûte continentale

A. Deux grands types de chaînes de montagnes

B. Les mécanismes permettant l'aplanissement des reliefs

Temps nécessaire pour aplanir un relief



Évolution de l'altitude d'une chaîne de montagnes en fonction du temps

Erosion



Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale

I. La production de nouveaux matériaux continentaux au niveau des zones de subduction

II. Les transformations subies par la croûte continentale lors de la formation des chaînes de montagnes

III. La disparition des reliefs de la croûte continentale

A. Deux grands types de chaînes de montagnes

B. Les mécanismes permettant l'aplanissement des reliefs

1. Altération des roches

a) altération physique

Altération physique



Alternance gel/dégel

Altération physique



Les variations brutales de température

Altération physique



L'action des glaciers

Altération physique



Action du vent

Altération physique



Racines des végétaux

Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale

I. La production de nouveaux matériaux continentaux au niveau des zones de subduction

II. Les transformations subies par la croûte continentale lors de la formation des chaînes de montagnes

III. La disparition des reliefs de la croûte continentale

A. Deux grands types de chaînes de montagnes

B. Les mécanismes permettant l'aplanissement des reliefs

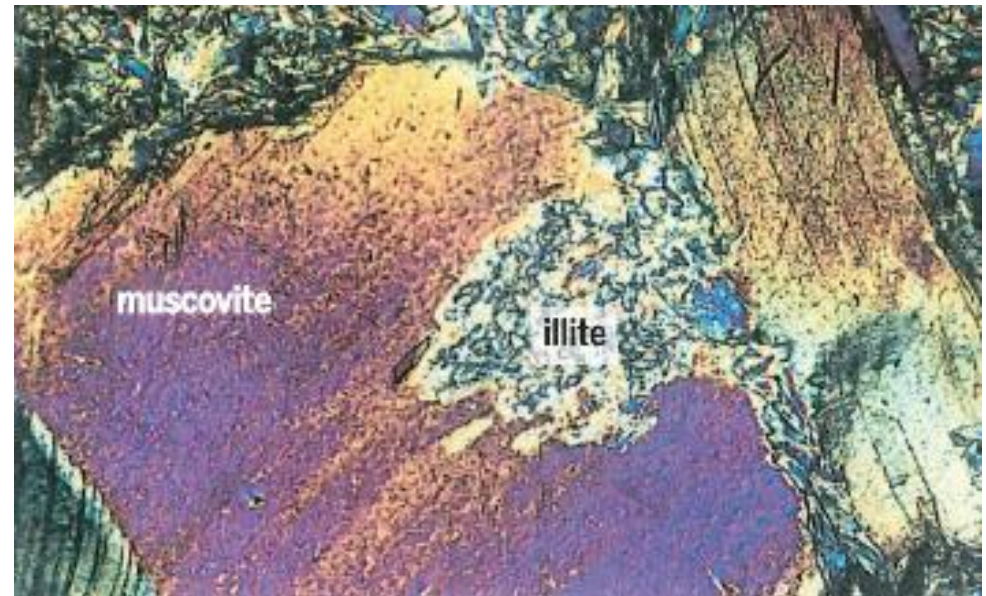
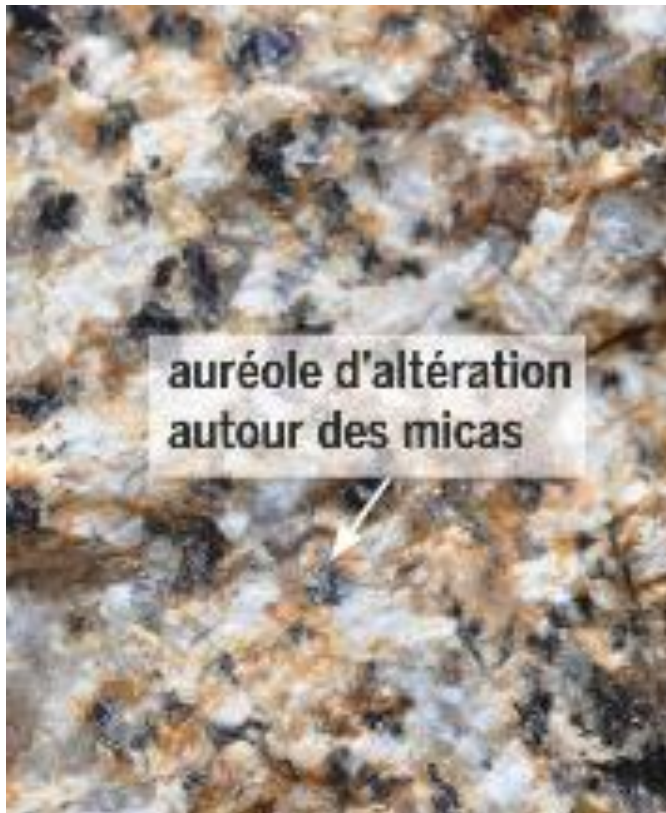
1. Altération des roches

- a) altération physique**
- b) altération chimique**

Altération chimique

Hydrolyse

Minéral d'origine + eau → nouveau minéral + ions en solution



Muscovite (mica) + eau → illite + K⁺

Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale

I. La production de nouveaux matériaux continentaux au niveau des zones de subduction

II. Les transformations subies par la croûte continentale lors de la formation des chaînes de montagnes

III. La disparition des reliefs de la croûte continentale

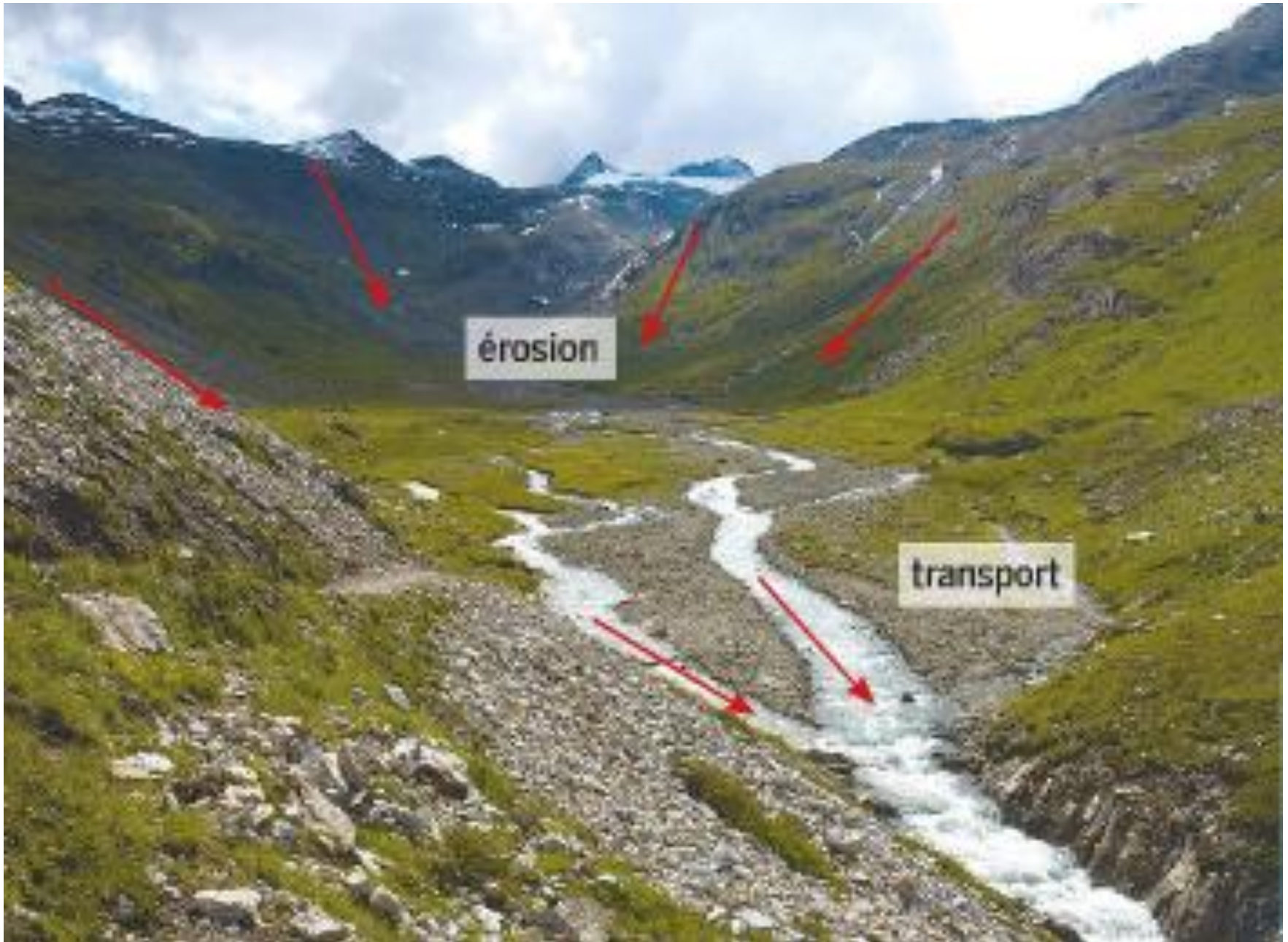
A. Deux grands types de chaînes de montagnes

B. Les mécanismes permettant l'aplanissement des reliefs

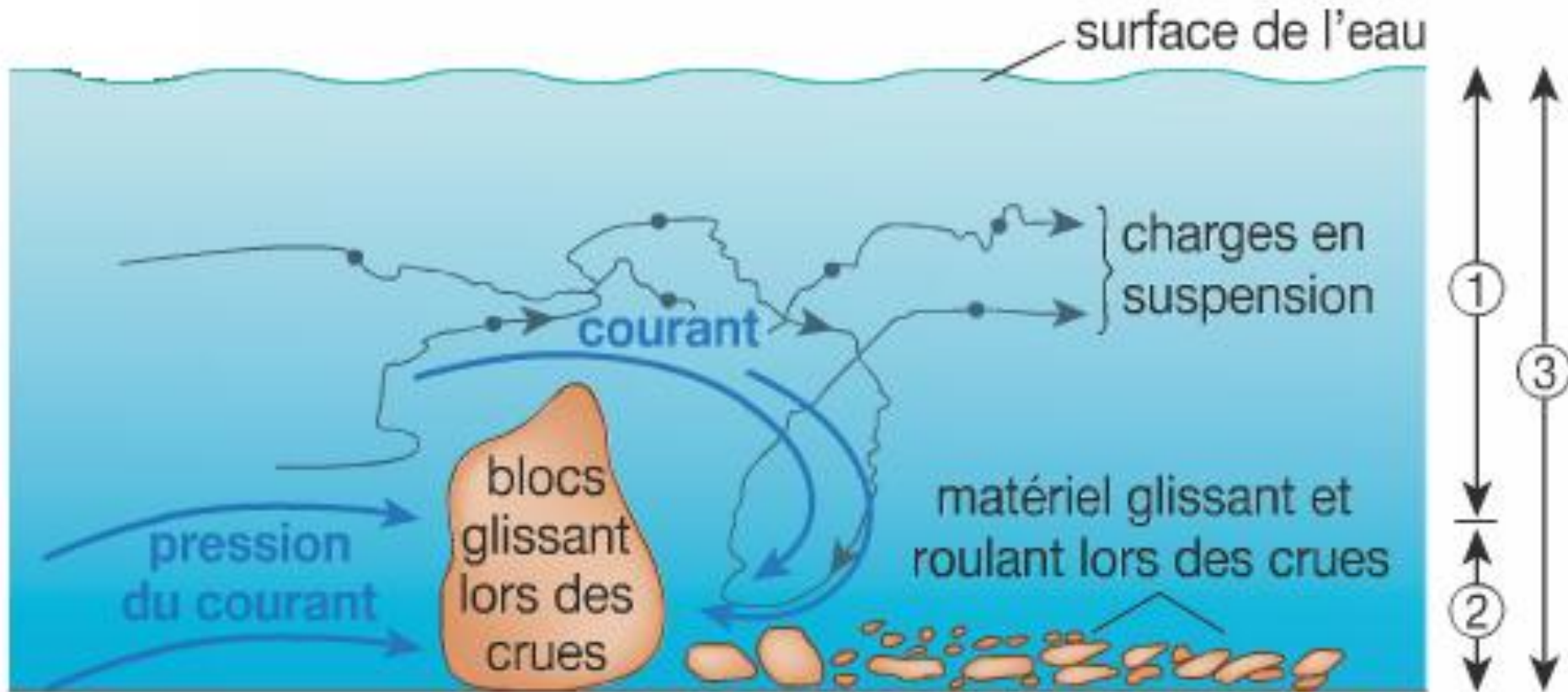
1. Altération des roches

2. Transport et sédimentation

Transport des éléments issus de l'altération



Transport des particules solides dans l'eau



- ① charge déplacée principalement en suspension
- ② charge déplacée par glissement et roulement
- ③ charge chimique en solution

Charge sédimentaire de l'isère



L'isère en crue en mai 2008

Dépôt des produits d'érosion



Image satellitale du delta du Gange

Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale

III. La disparition des reliefs de la croûte continentale

A. Deux grands types de chaînes de montagnes

B. Les mécanismes permettant l'aplanissement des reliefs

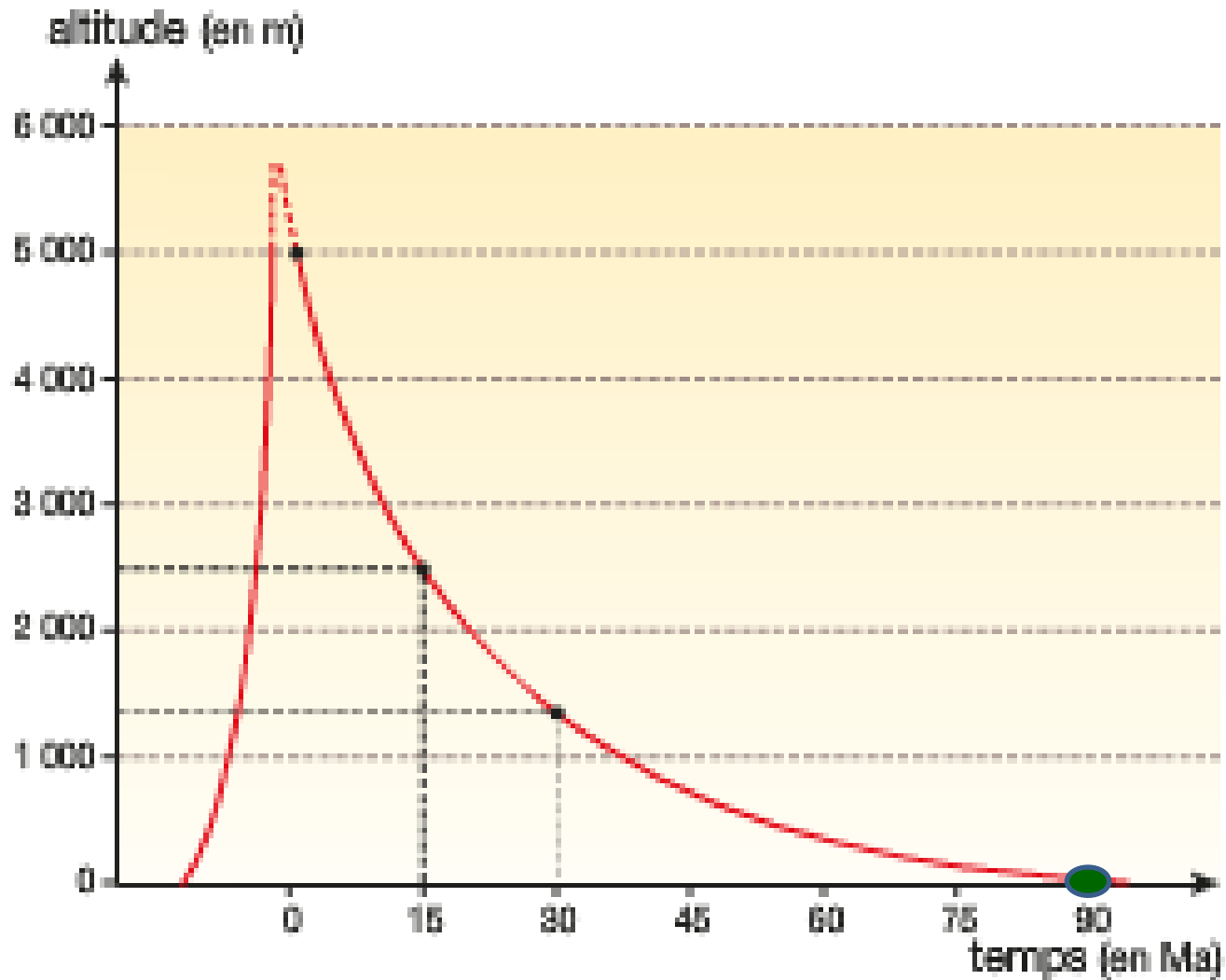
1. Altération des roches

2. Transport et sédimentation

3. Les phénomènes tectoniques qui accompagnent l'aplanissement des reliefs

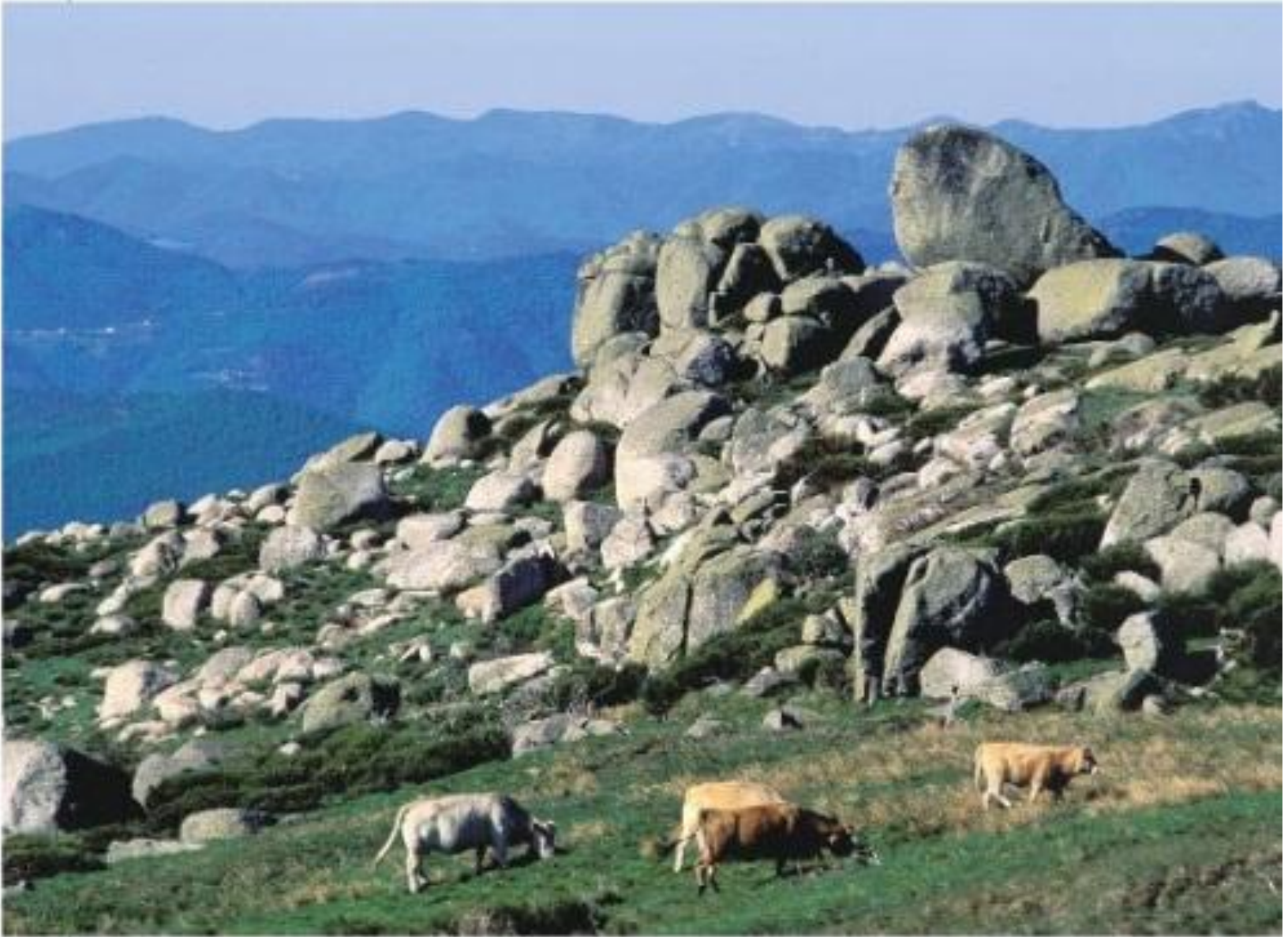
a. Un réajustement (rebond) isostatique

Temps nécessaire pour aplanir un relief



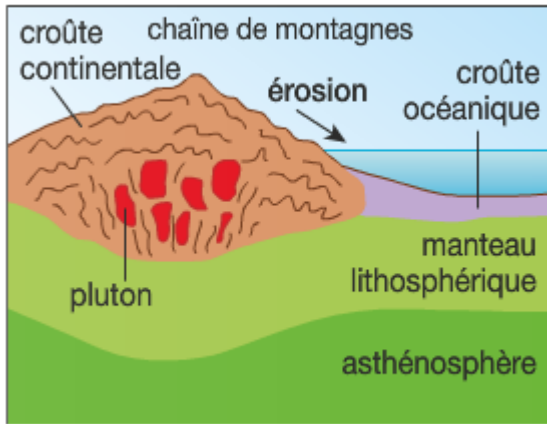
Évolution de l'altitude d'une chaîne de montagnes en fonction du temps

Affleurement en surface de granites formés à 15 Km de profondeur

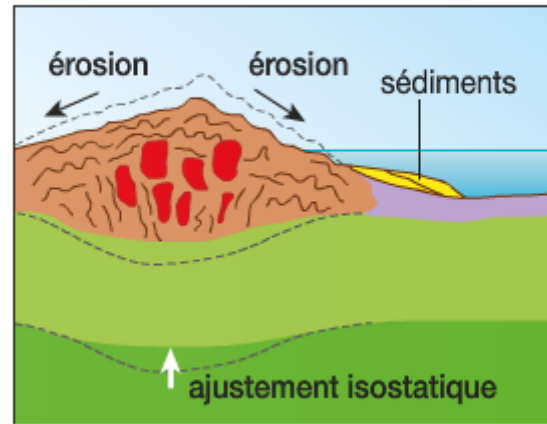


Paysage granitique du mont Lozère

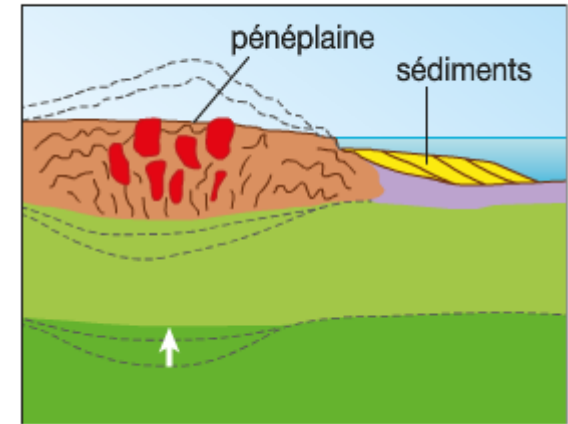
Modèle permettant d'expliquer la remontée des roches plutoniques



exemple : les Alpes



exemple : le Massif central

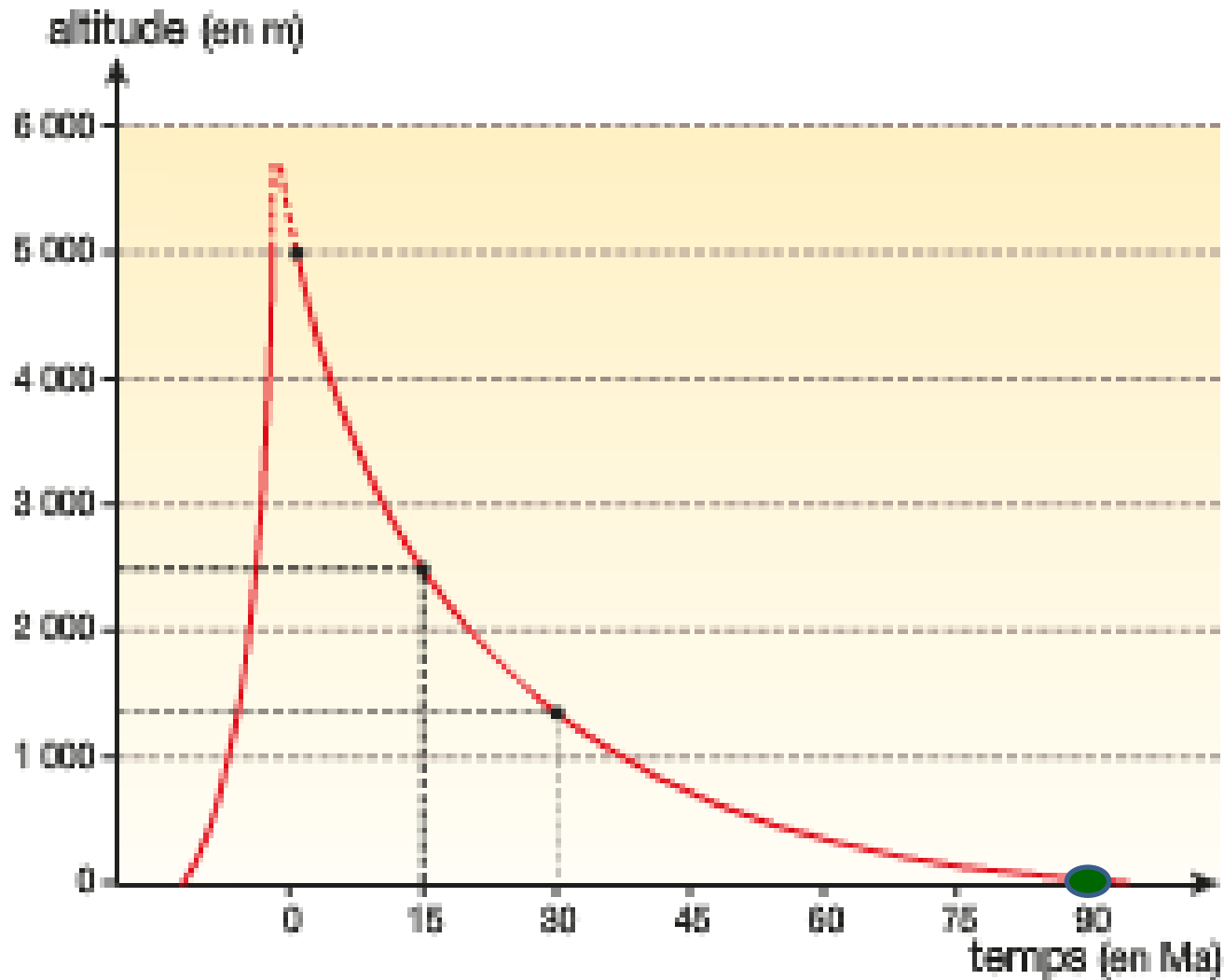


Formation de roches plutoniques en profondeur lors de l'orogénèse

Erosion en surface => allègement de la croûte continentale => remontée de roches mantelliques denses pour compenser ce déficit de masse (réajustement isostatique)

Poursuite de l'érosion et du réajustement isostatique => affleurement en surface de roches qui se sont formées en profondeur

Temps nécessaire pour aplanir un relief



Évolution de l'altitude d'une chaîne de montagnes en fonction du temps

Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale

III. La disparition des reliefs de la croûte continentale

A. Deux grands types de chaînes de montagnes

B. Les mécanismes permettant l'aplanissement des reliefs

1. Altération des roches

2. Transport et sédimentation

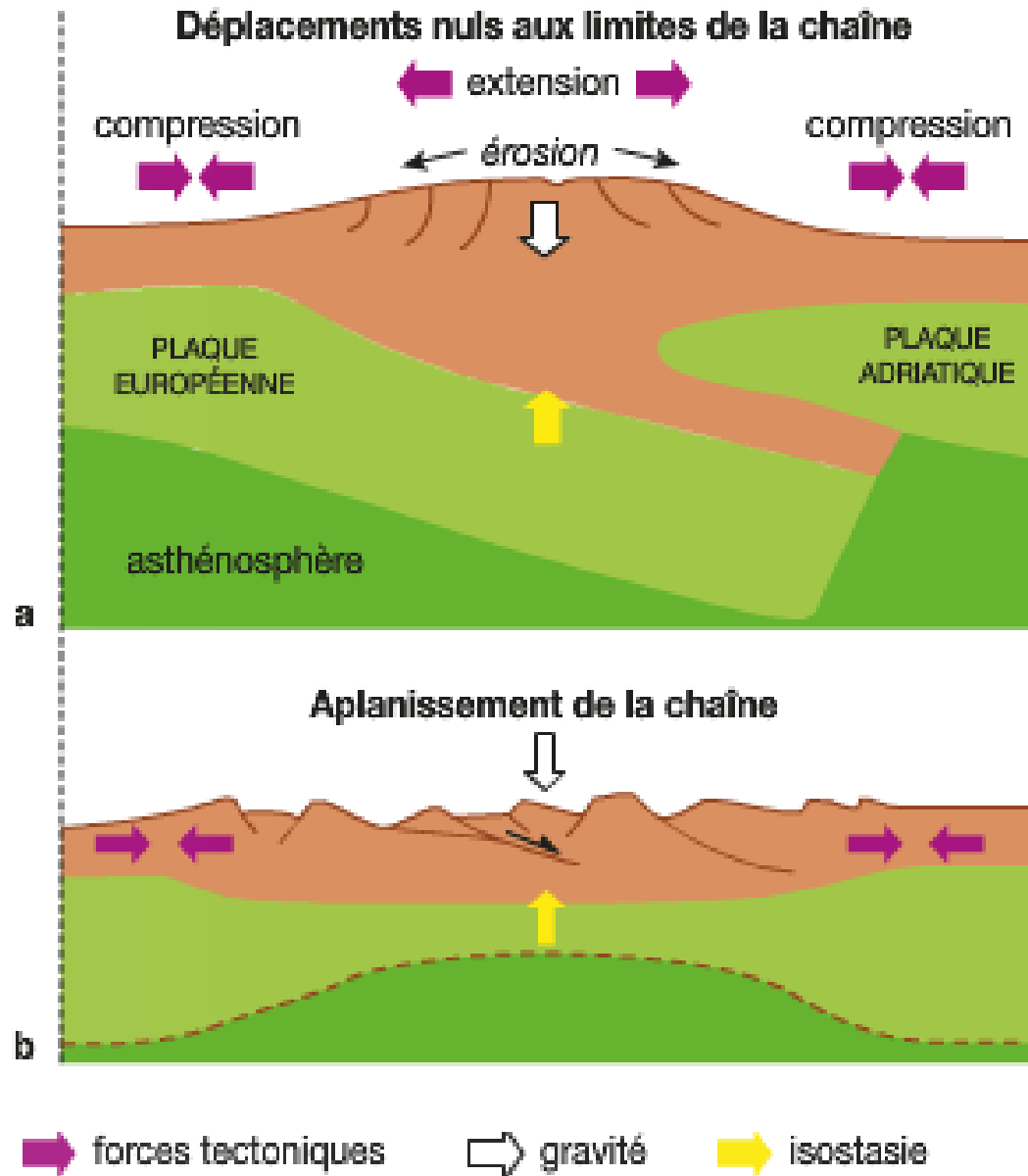
3. Les phénomènes tectoniques qui accompagnent l'aplanissement des reliefs

a. Un réajustement (rebond) isostatique

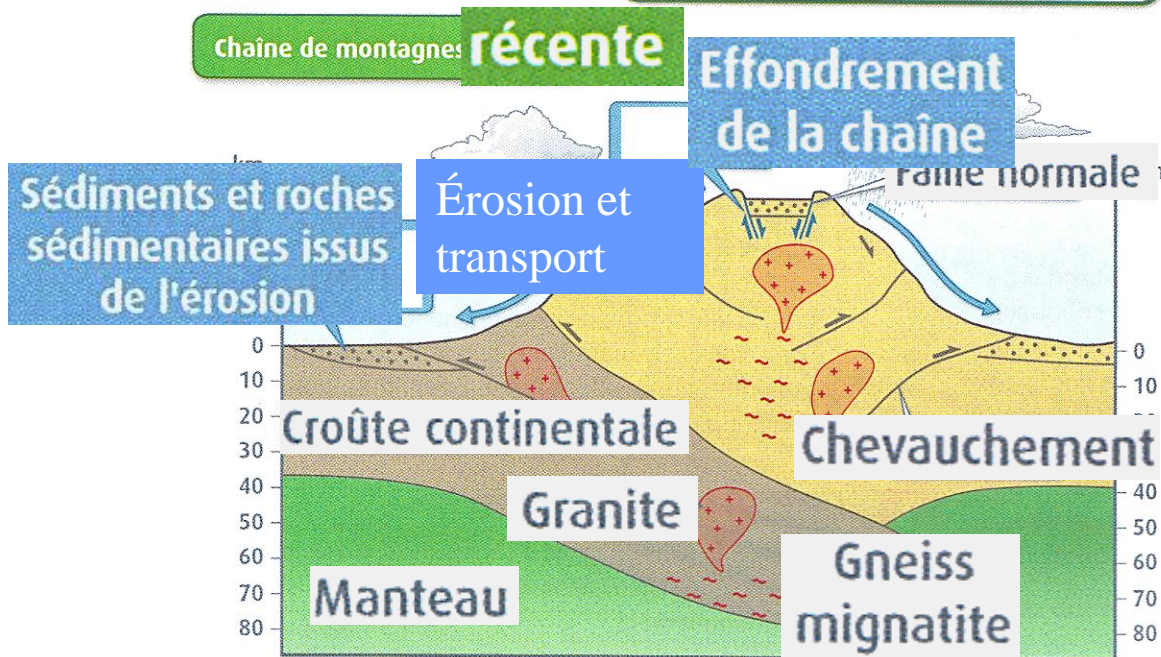
b. Une tectonique en extension qui favorise l'aplanissement



Phénomène extensif à la fin de la phase de compression



La disparition des reliefs

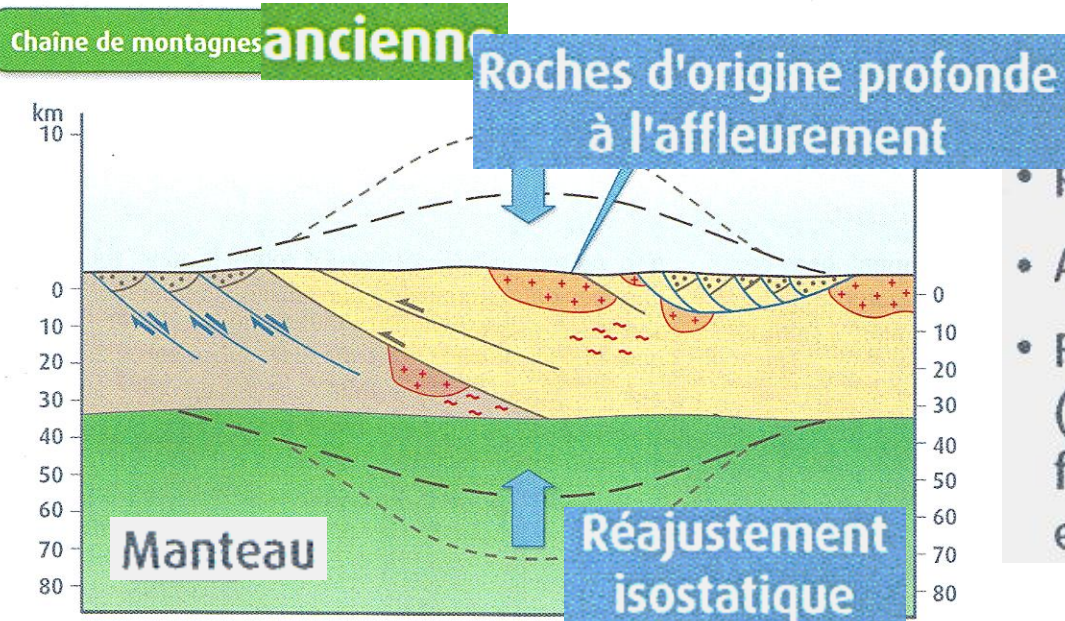


- Reliefs élevés
- Racine crustale profonde

érosion

- Réajustement isostatique

- Effondrement de la chaîne



- Reliefs faibles
- Absence de racine crustale
- Forte proportion en surface (à l'affleurement) de roches formées et/ou transformées en profondeur

Conclusion

Recyclage des matériaux de la croûte continentale

Magmatisme des zones de subduction

Croûte continentale :

- Roches sédimentaires
- roches plutoniques et volcaniques
- Roches métamorphiques

Erosion, transport, sédimentation

Roches sédimentaires océaniques

Enfouissement lors de la formation des reliefs

Disparition par subduction

