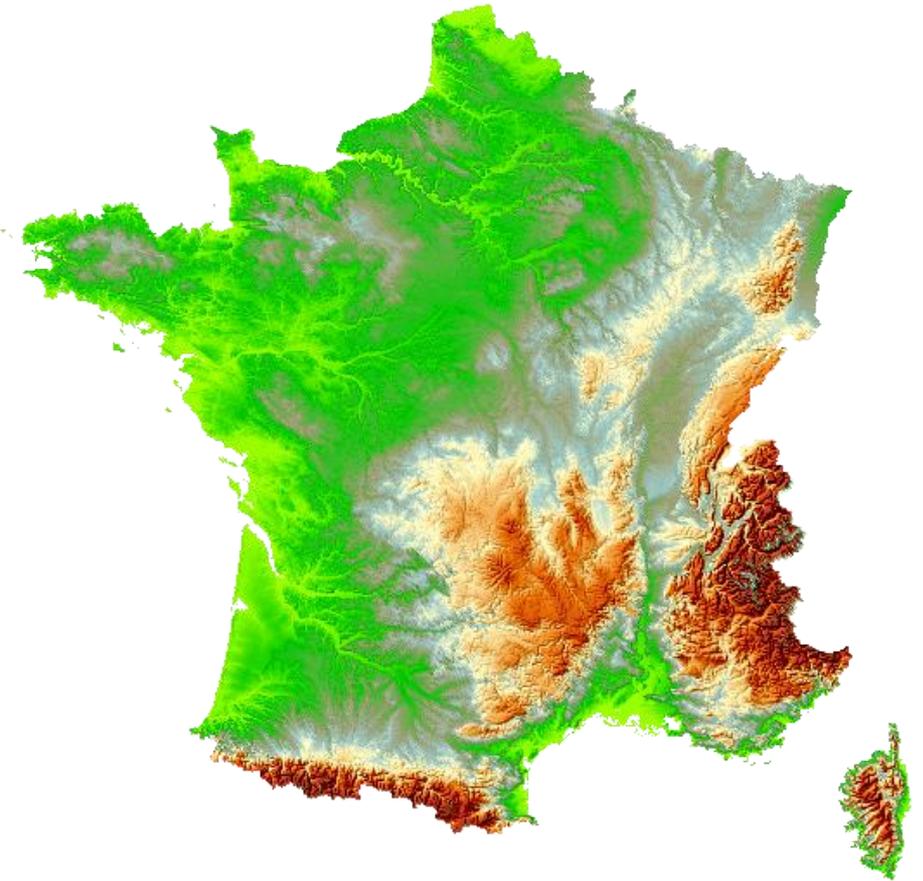


Les continents



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

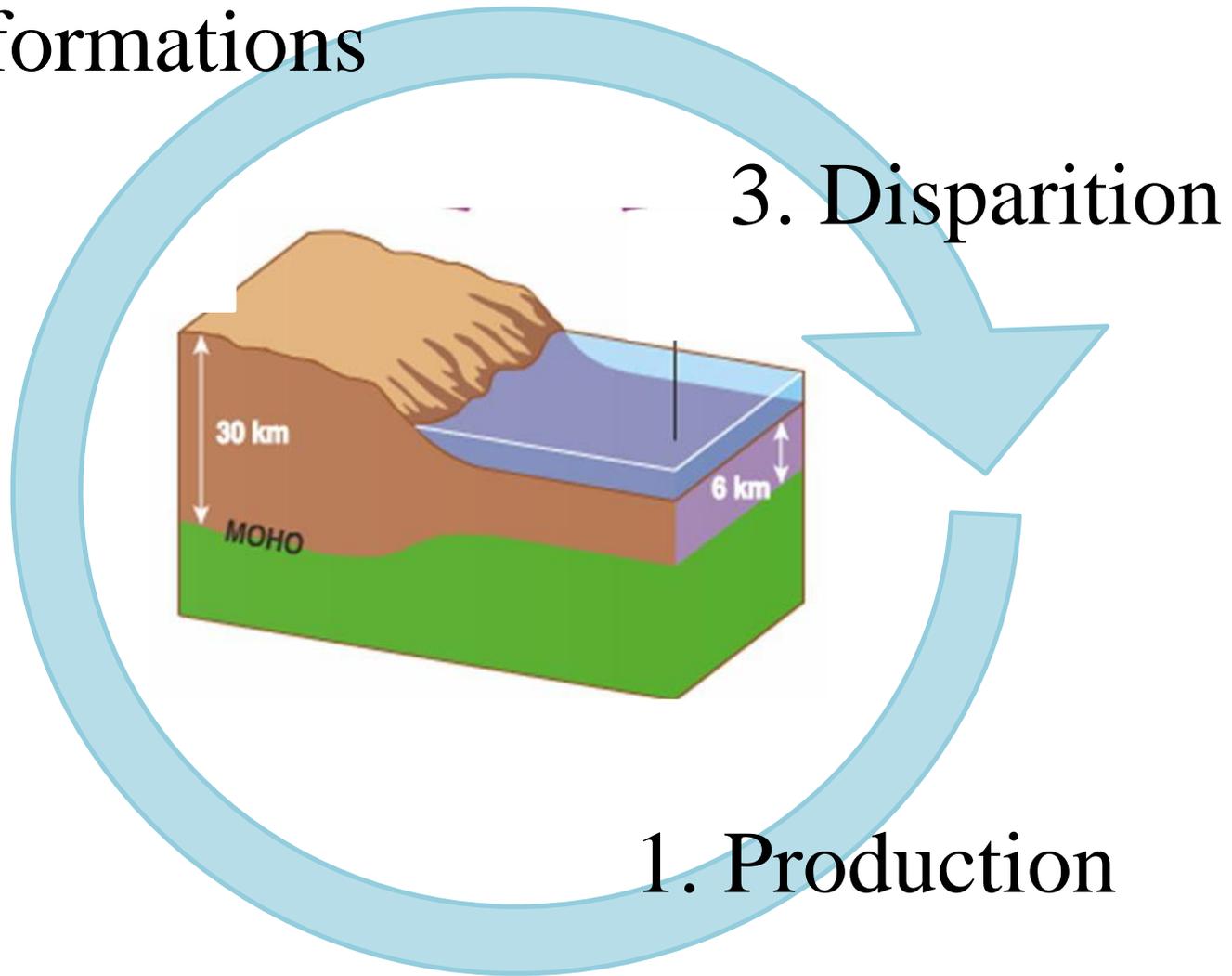


Reliefs variés

TS

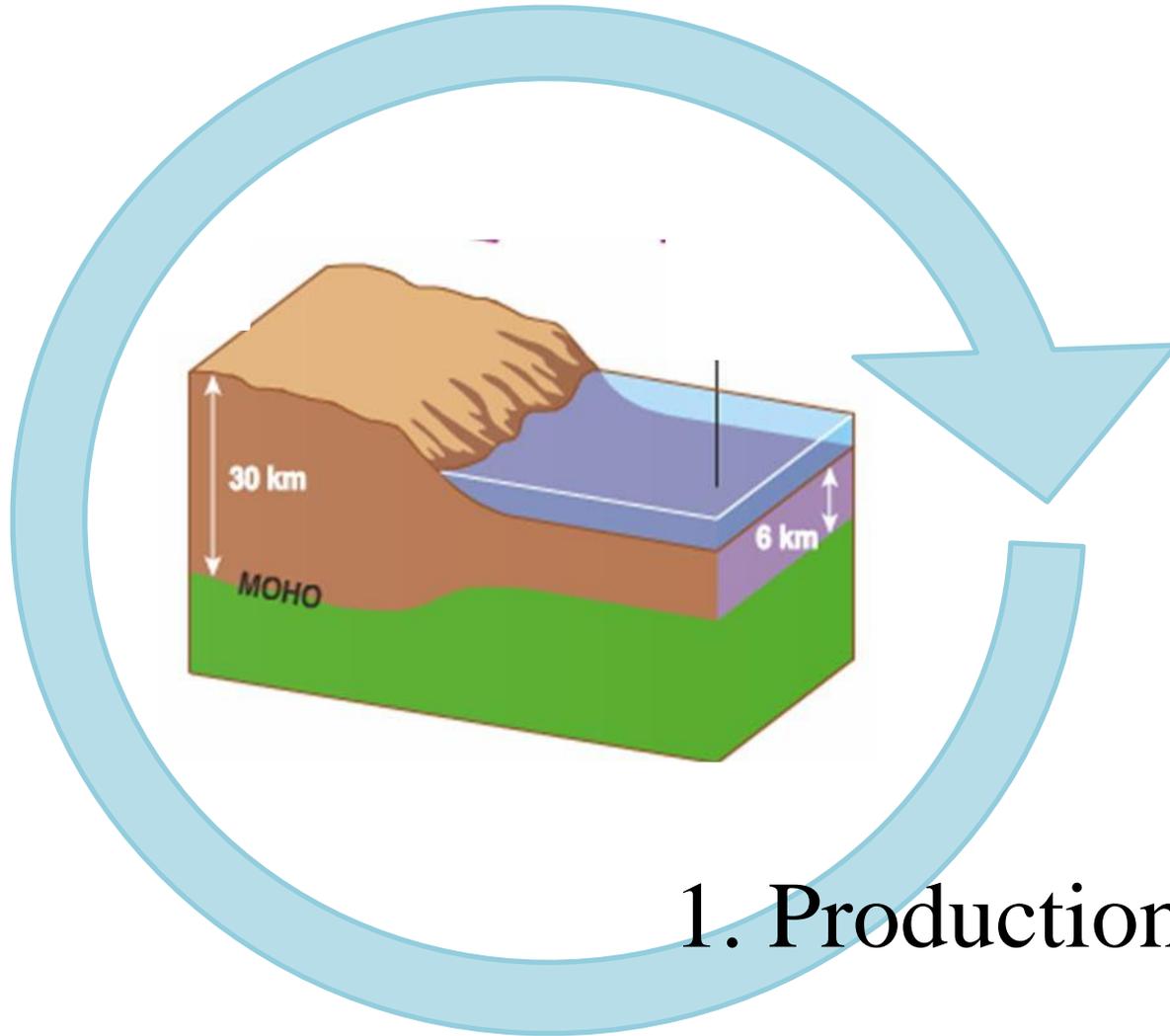
Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale.

2. Transformations



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

Dynamique de la croûte continentale

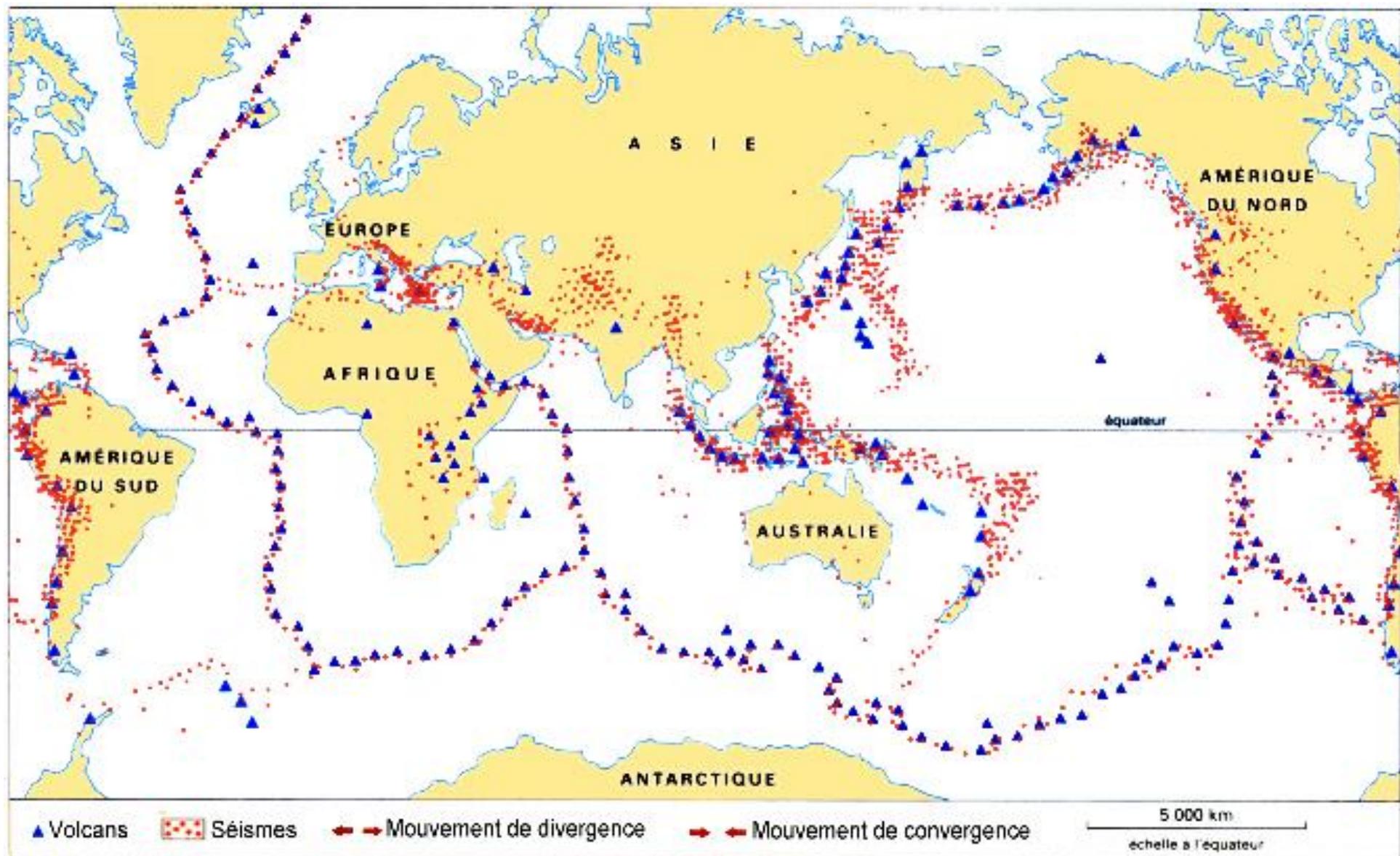


1. Production

Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale

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

Répartition des séismes et des volcans à la surface du globe



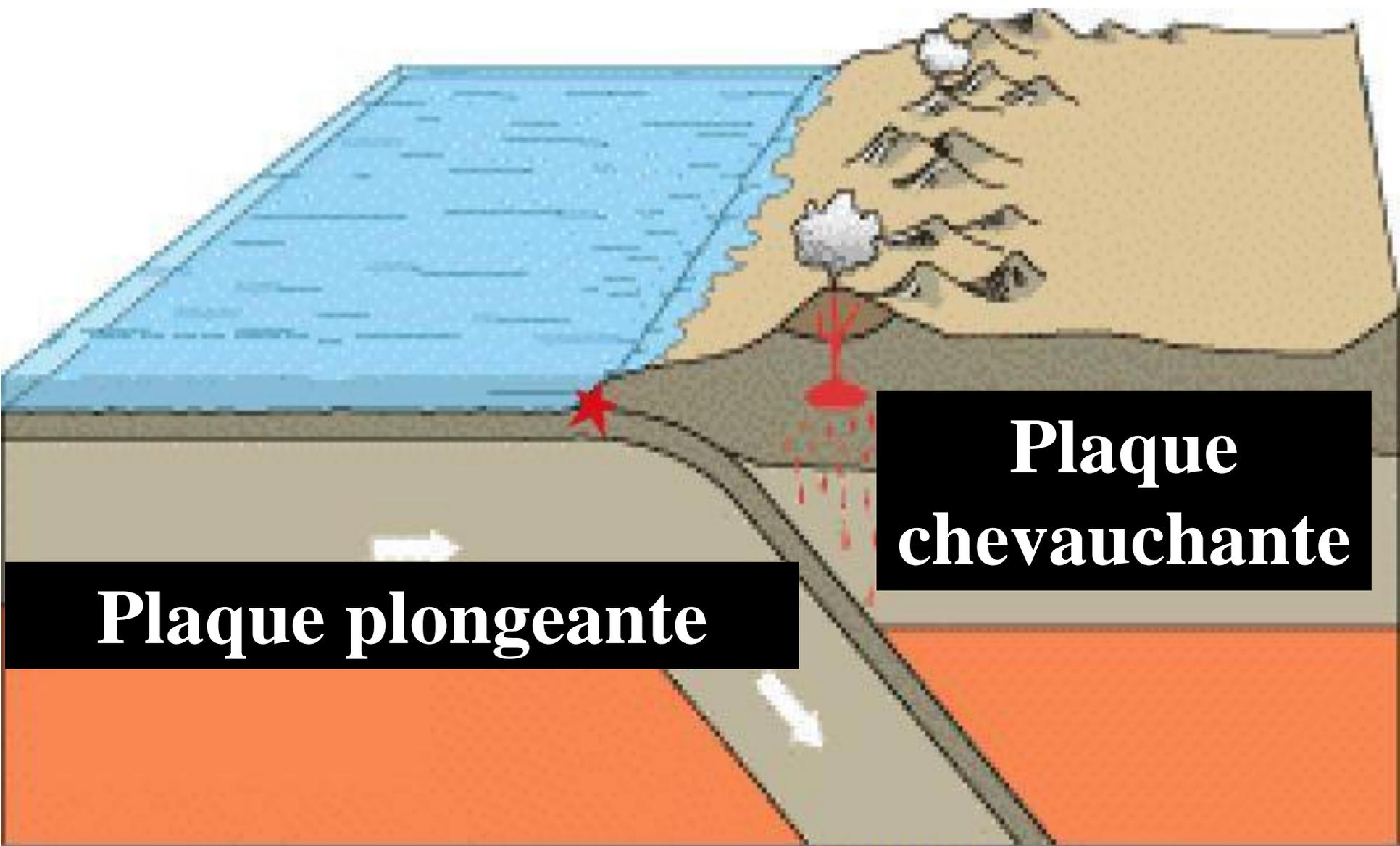
Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale

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

A. Une activité magmatique dans les zones de subduction

1. Un volcanisme de type explosif



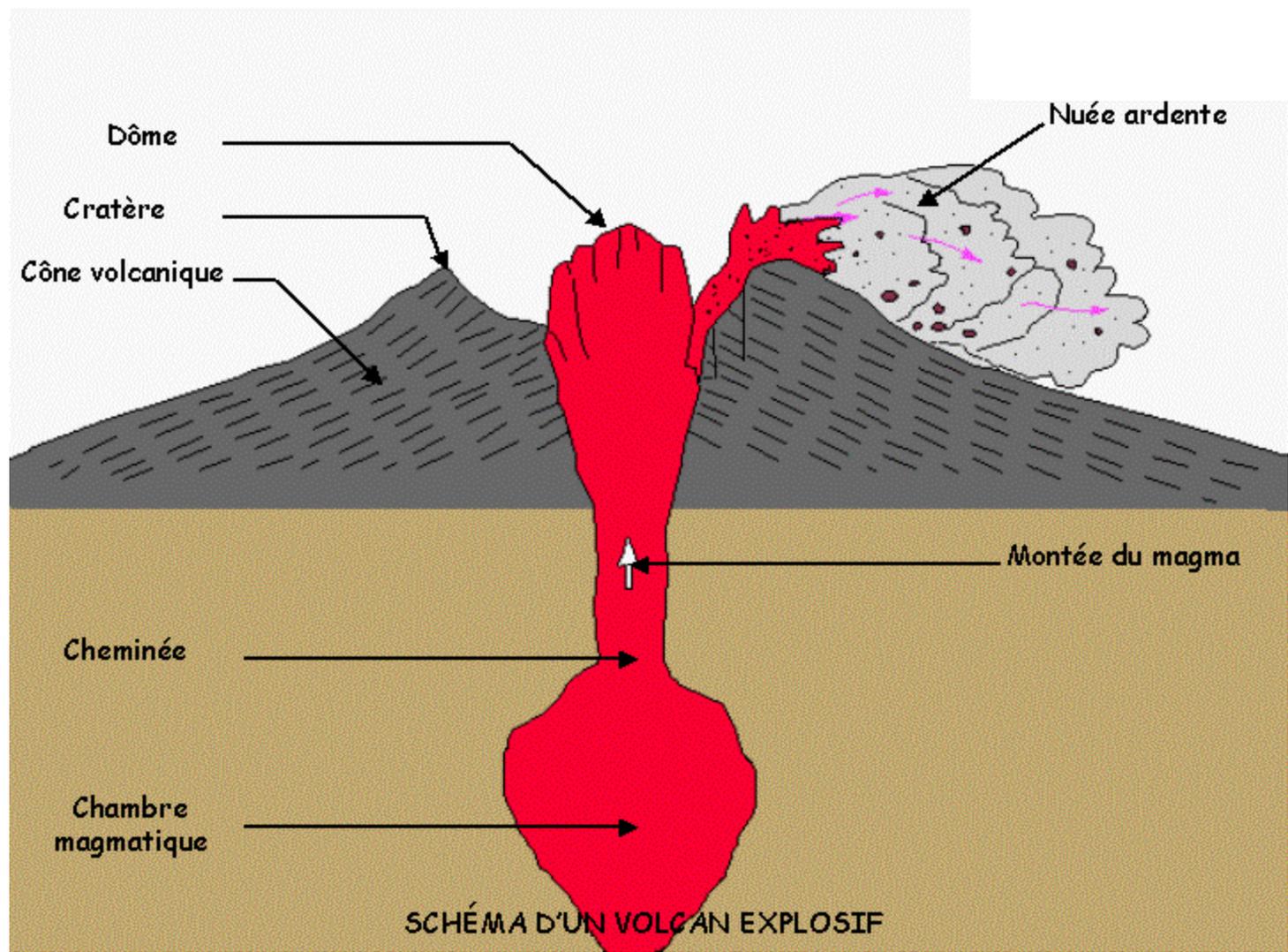


Plaque plongeante

**Plaque
chevauchante**

Des volcans de type explosif







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 volcanisme de type explosif

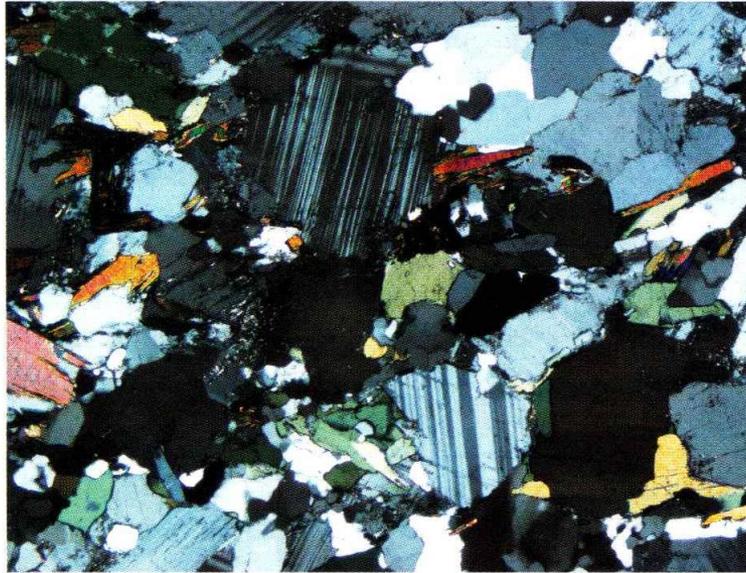
2. Les principales roches magmatiques qui se forment dans les zones de subduction

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 microlithique

Texture microlitique

Verre
volcanique

microlites

• L'ANDÉSITE



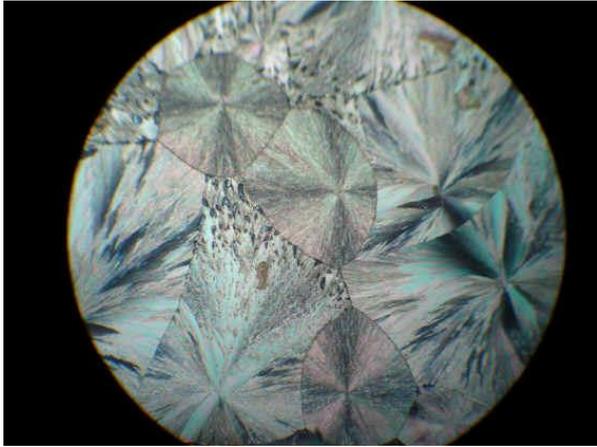
a Un échantillon d'andésite



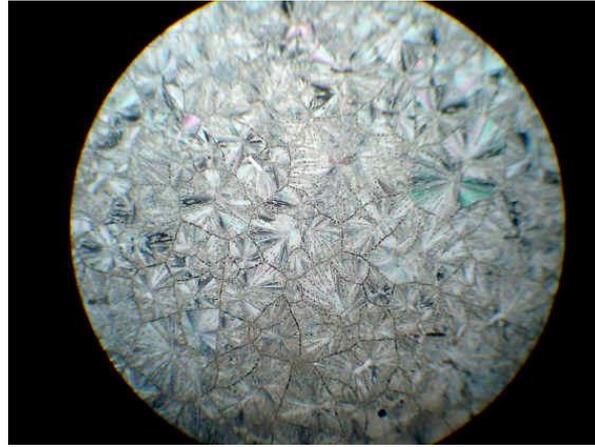
b Lamme mince d'andésite observée en lumière polarisée analysée

phénocristaux

Modélisation vanilline



A température ambiante

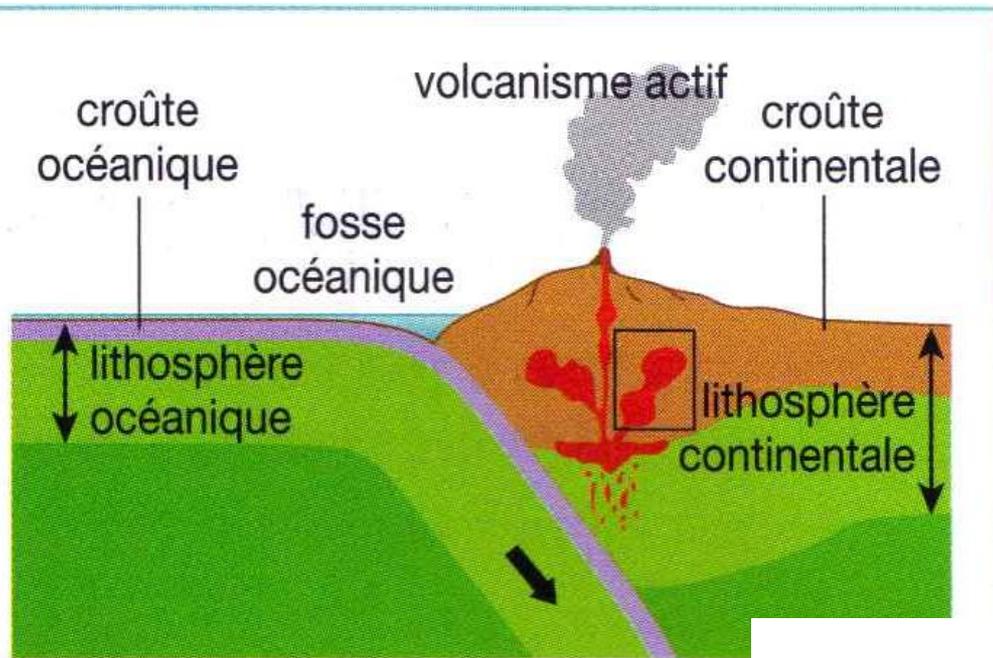


Au frigo, 10°C



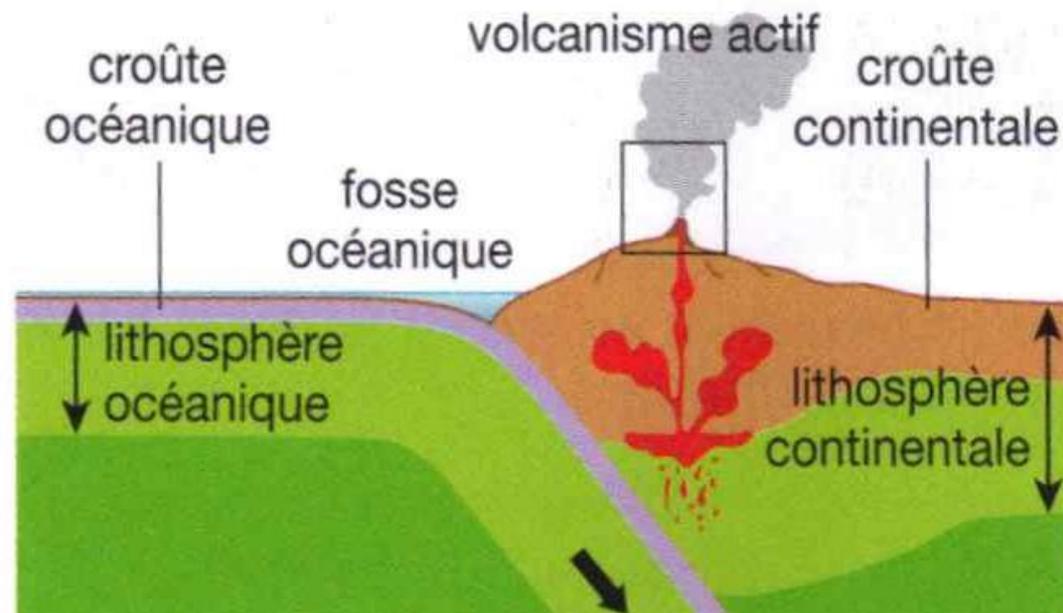
Au frigo, 5°C

Des roches plutoniques et des roches volcaniques

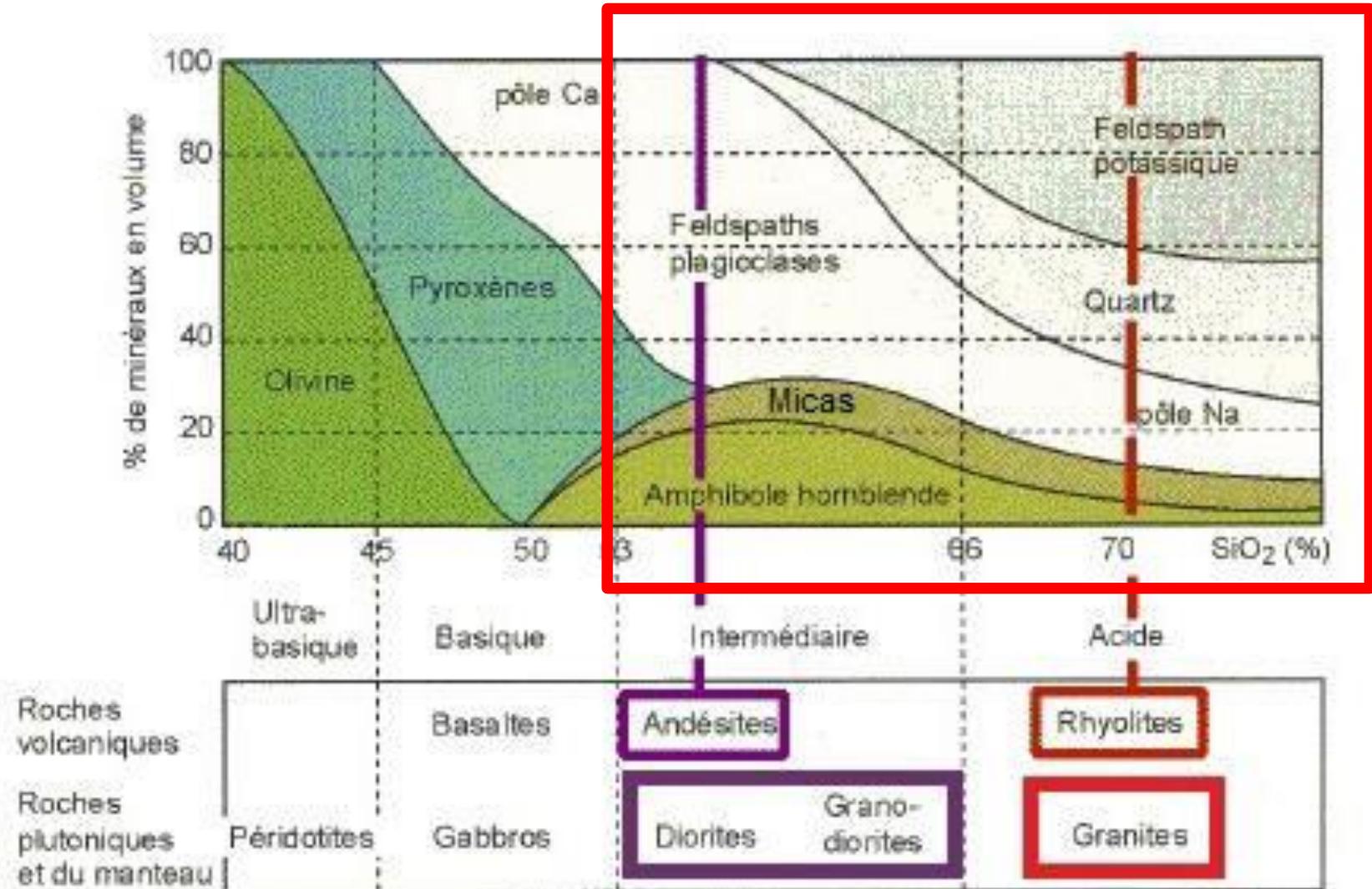


Refroidissement lent,
en profondeur
Roches plutoniques
Texture grenue

Refroidissement
brutal, en surface
Roches volcaniques
Texture microlithique



Les roches magmatiques

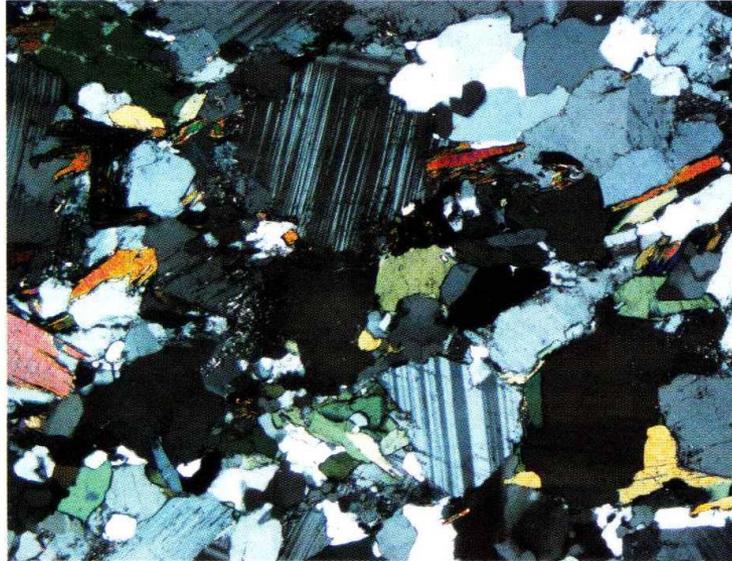


Diorite et andésite : deux roches de même composition

• LA DIORITE



a Un échantillon de diorite



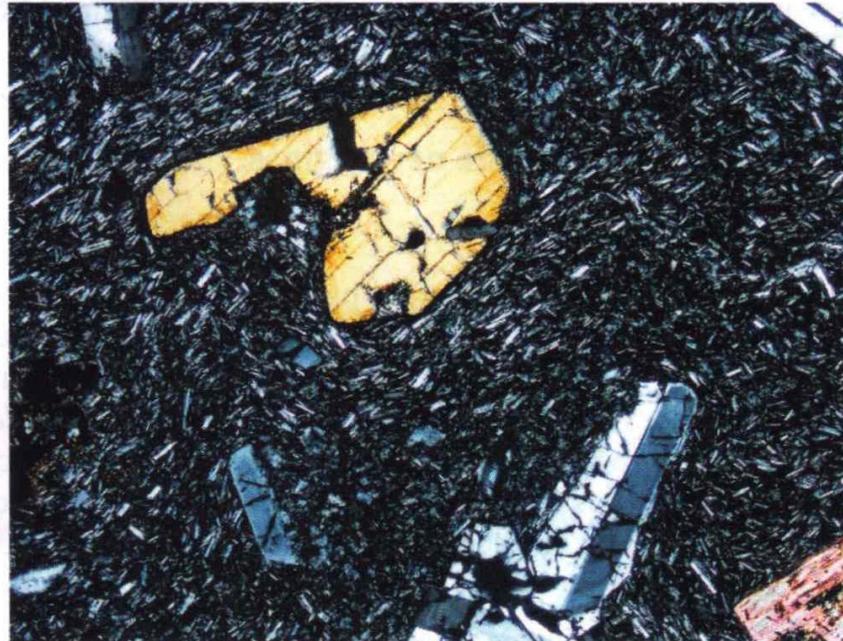
La diorite

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

• L'ANDÉSITE



a Un échantillon d'andésite



L'andésite

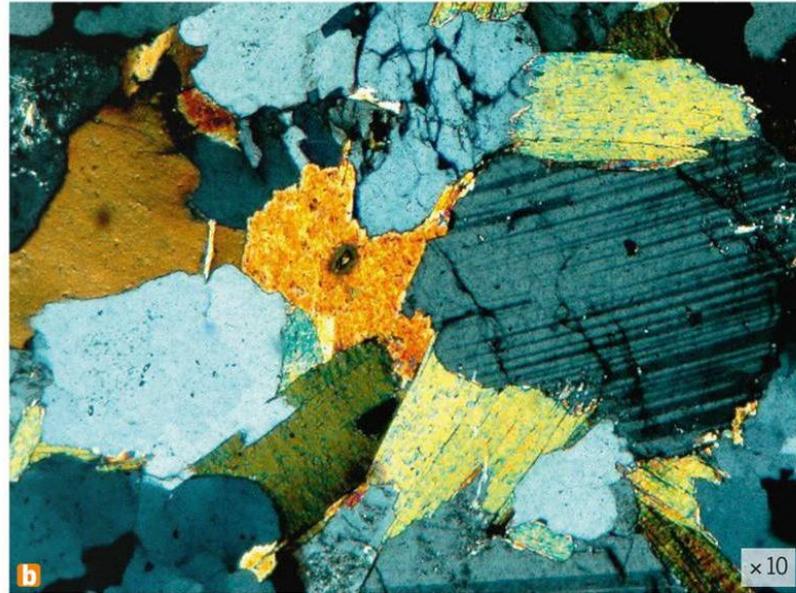
- Roche magmatique volcanique
- Structure microlitique
- Composition minéralogique :
 - phénocristaux de plagioclases, d'amphiboles, de pyroxènes, de biotite ;
 - microlites d'amphiboles et de plagioclases ;
 - verre (partie non cristallisée).

Granite et rhyolite : deux roches de même composition



a Échantillon de granite

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

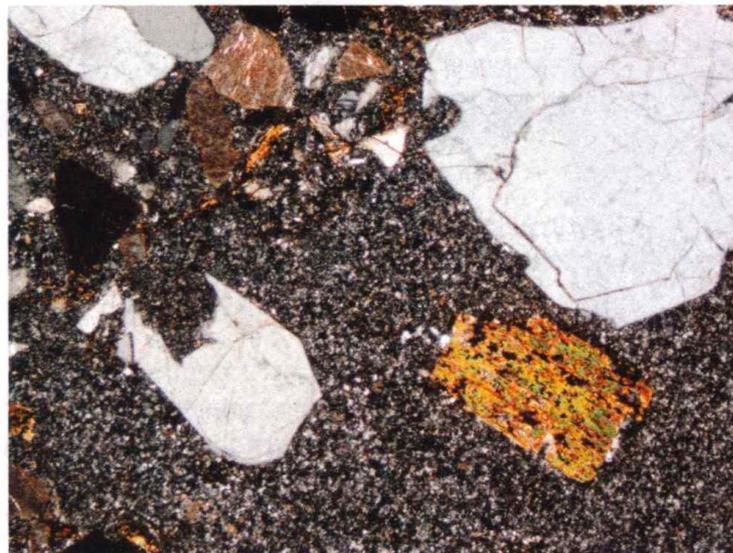


Lame mince de granite observée en lumière polarisée analysée

• LA RHYOLITE



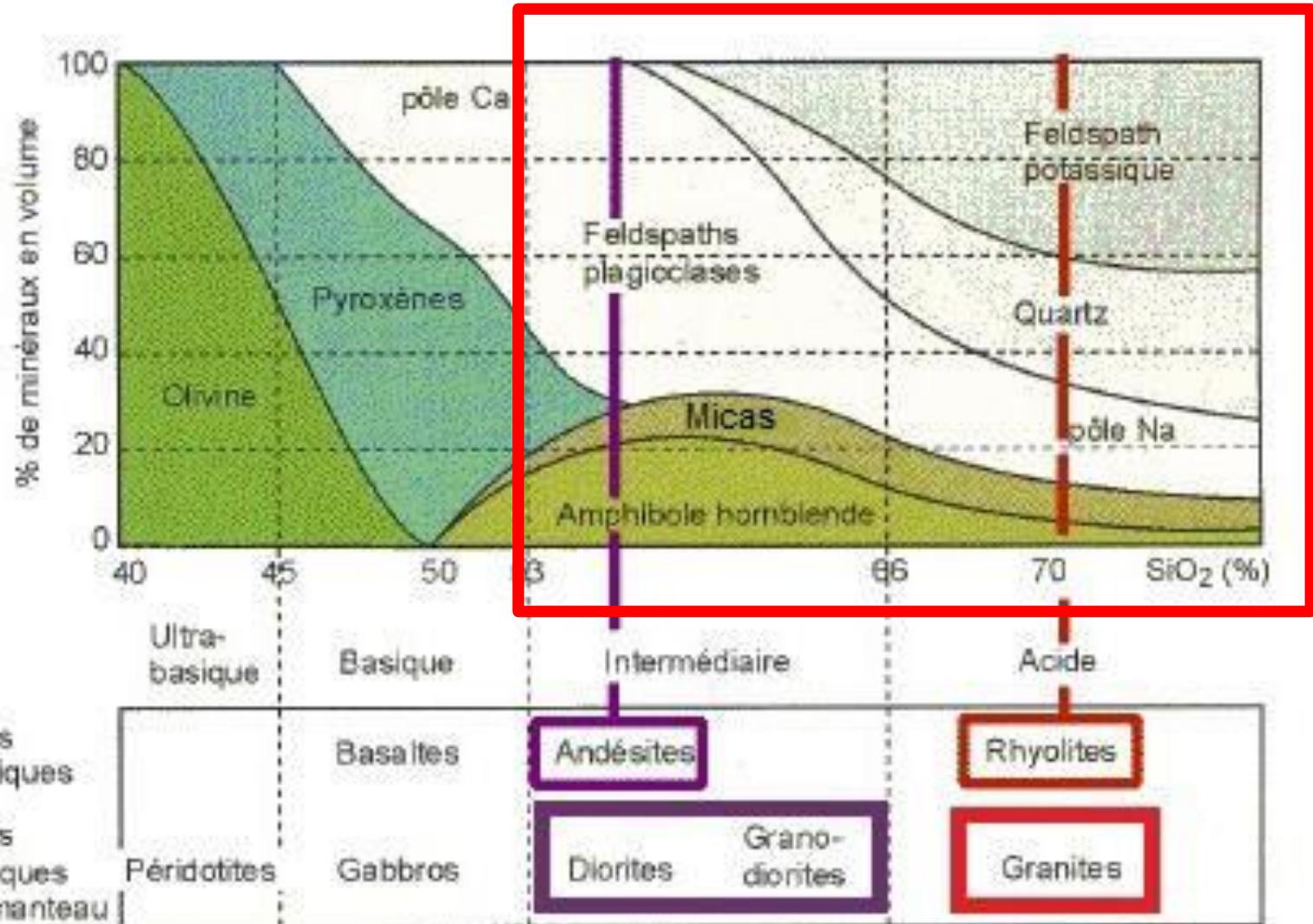
a Un échantillon de rhyolite



La rhyolite

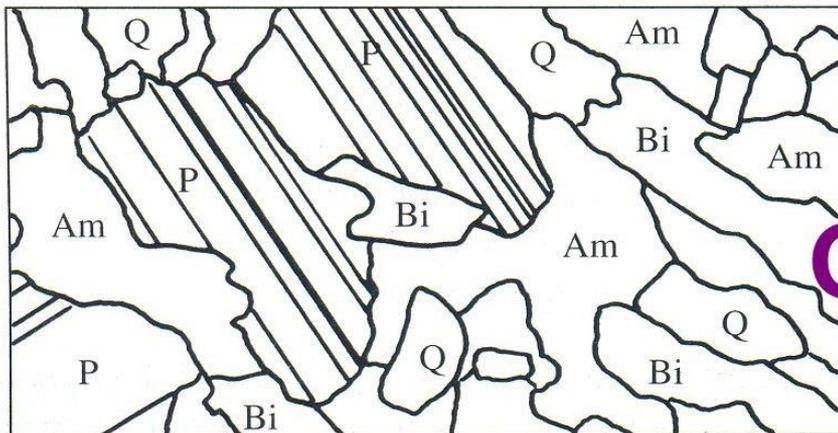
- Roche magmatique volcanique
- Structure microlitique
- **Composition minéralogique** :
 - phénocristaux de quartz, d'amphiboles, de feldspath potassique et plagioclases, de biotite ;
 - microlites de quartz et de feldspaths ;
 - verre (partie non cristallisée).

Les roches magmatiques



Granodiorite

échantillo



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

Granodiorite

Granitoïdes

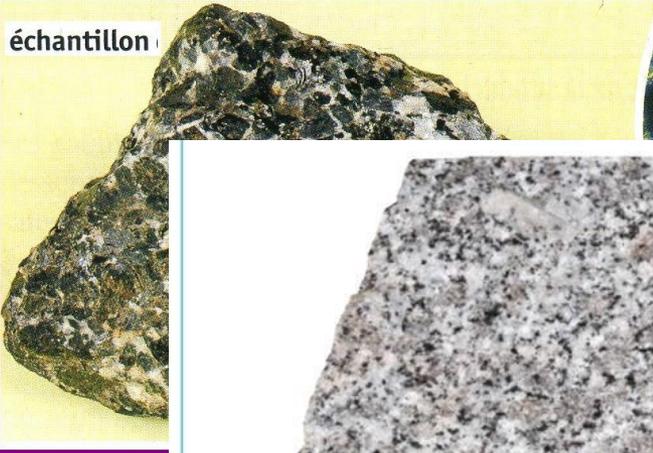
• LA DIORITE



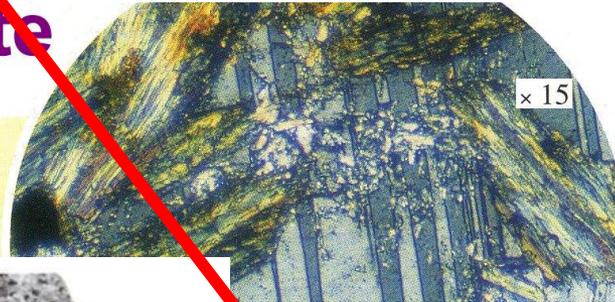
a Un échantillon de diorite



Granodiorite



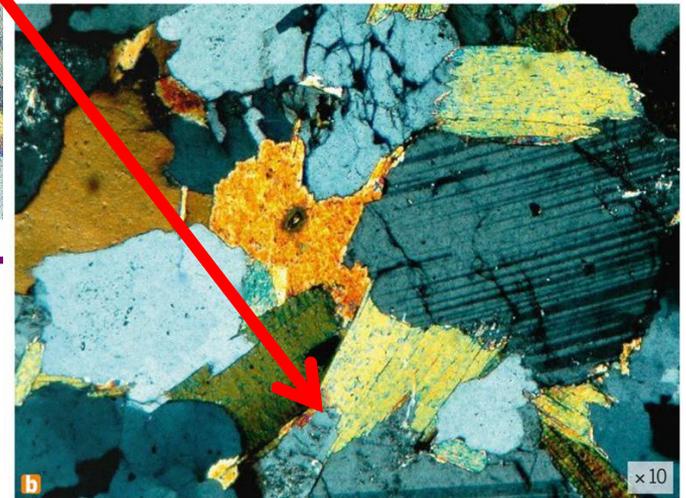
échantillon



a Échantillon de granite

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

Richesse en silice



b 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

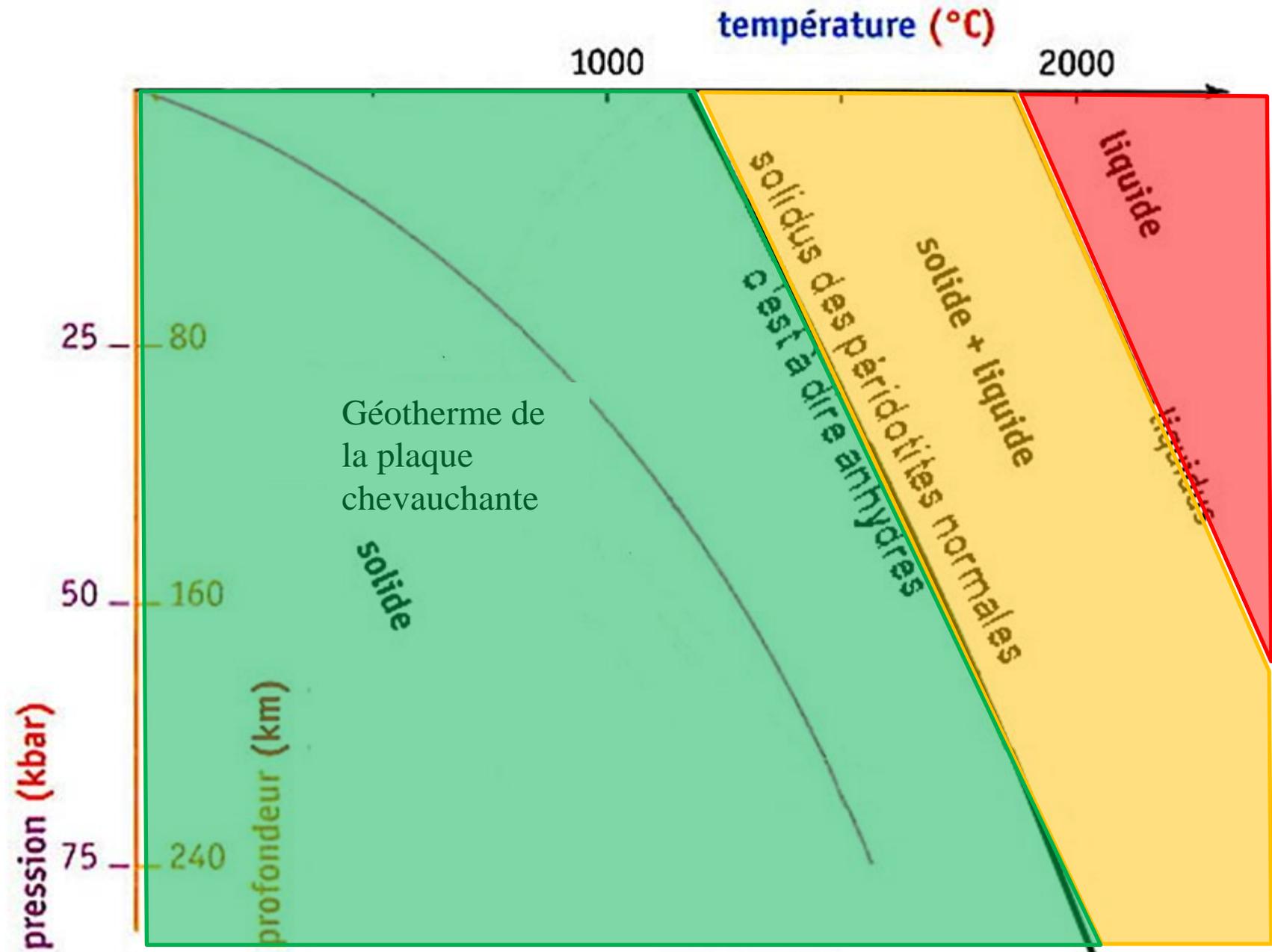
1. Un témoin de la formation d'un magma dans les zones de subduction : le volcanisme de type explosif

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

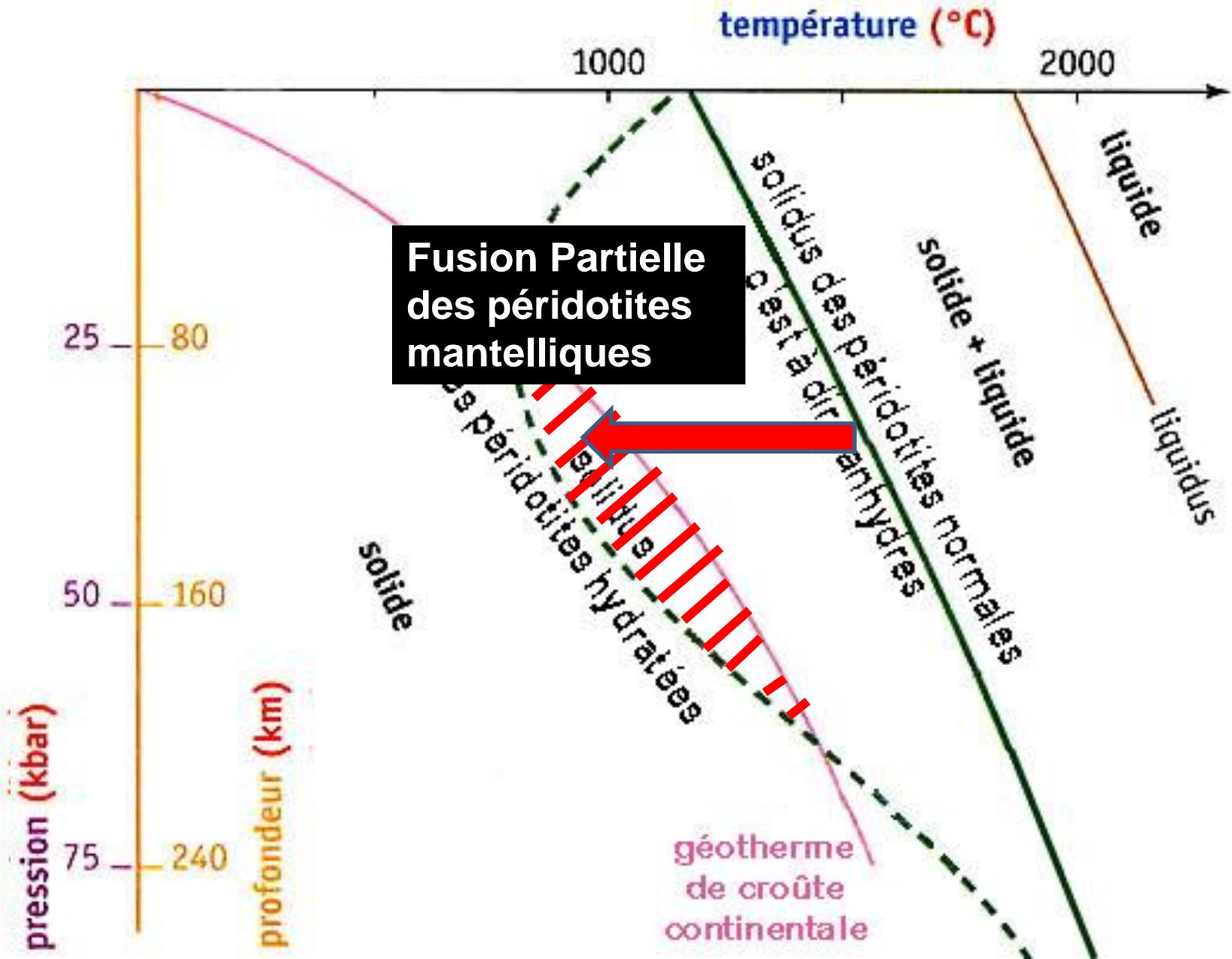
B. Origine du magma des zones de subduction

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 hydratées



Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale

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

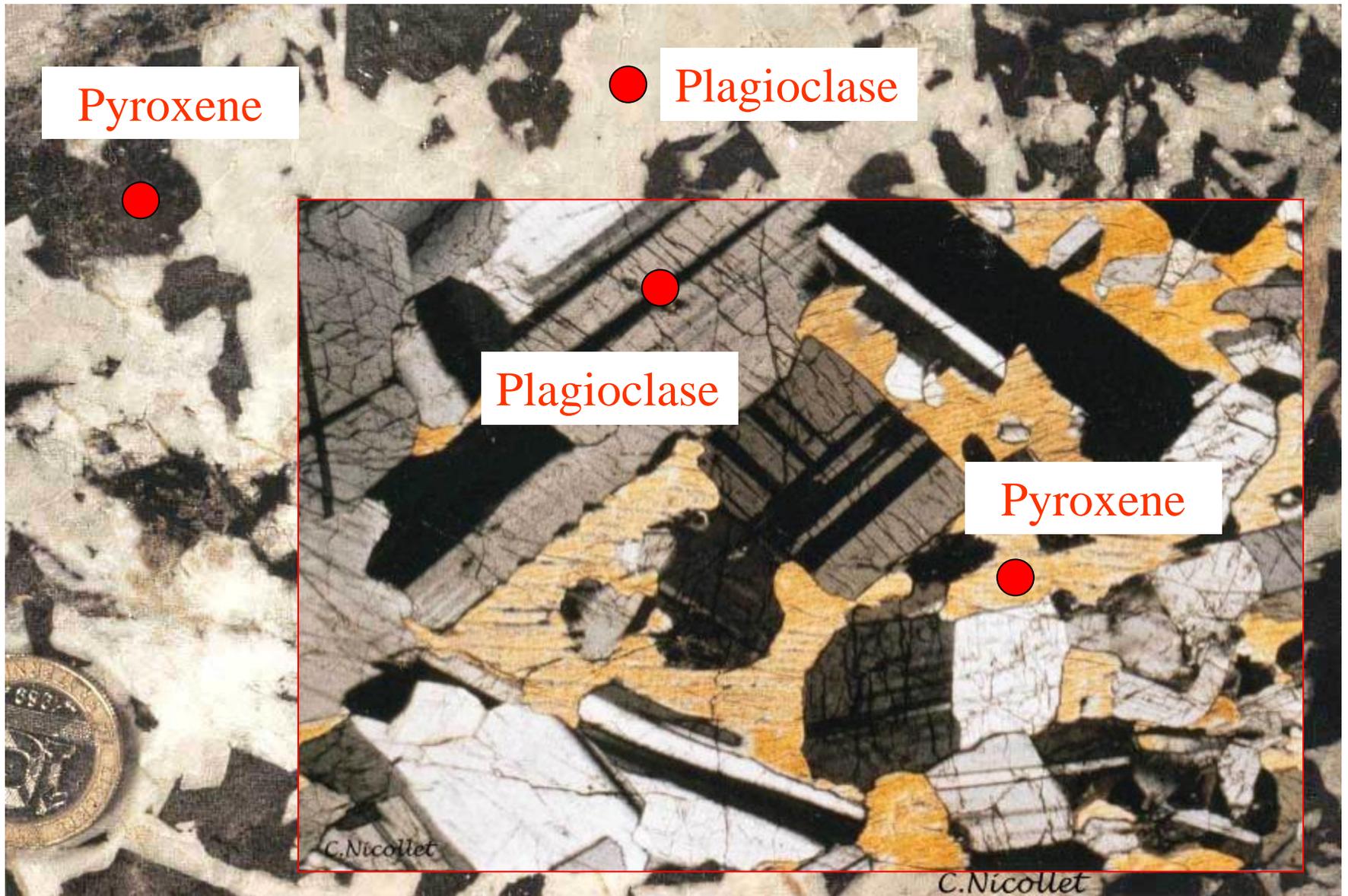
A. Une activité magmatique dans les zones de subduction

B. Origine du magma des zones de subduction

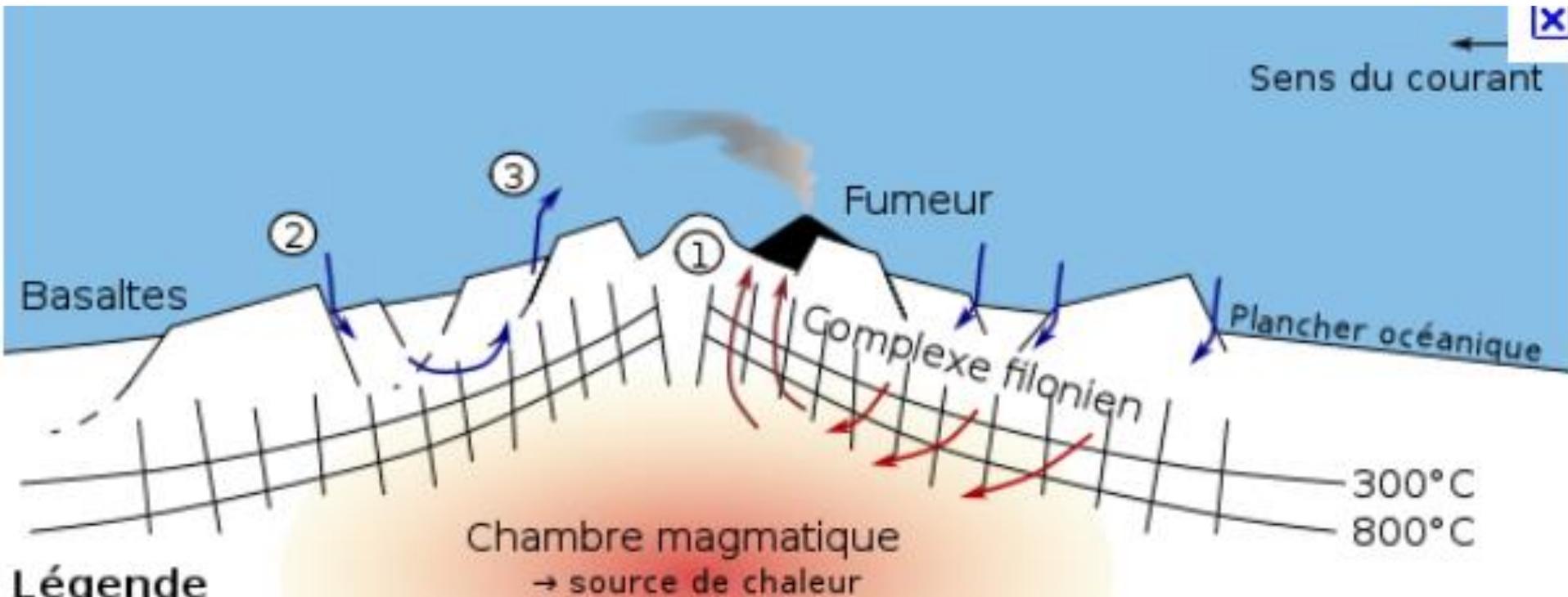
1. Les conditions de la fusion partielle des péridotites mantelliques

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

La roche de départ : le gabbro océanique

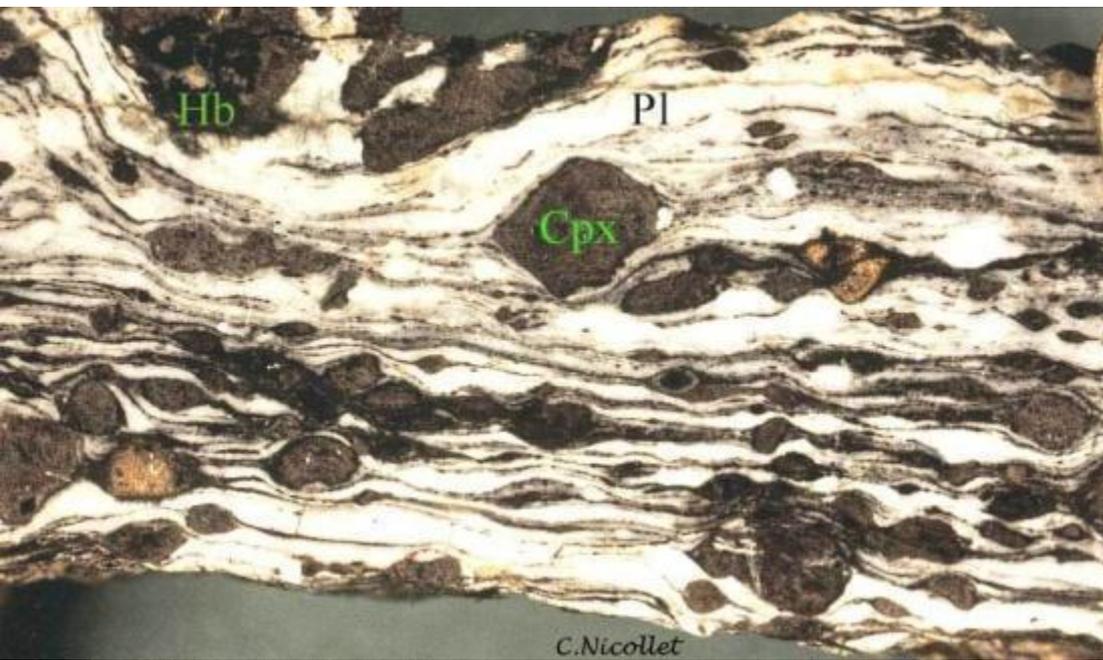


Hydratation de la lithosphère océanique lors de son vieillissement



Légende

- ① Précipitation des minéraux
- ② Recharge : infiltration d'eau de mer
- ③ Décharge : sortie d'eau de mer



Gabbro à hornblende

= métagabbro

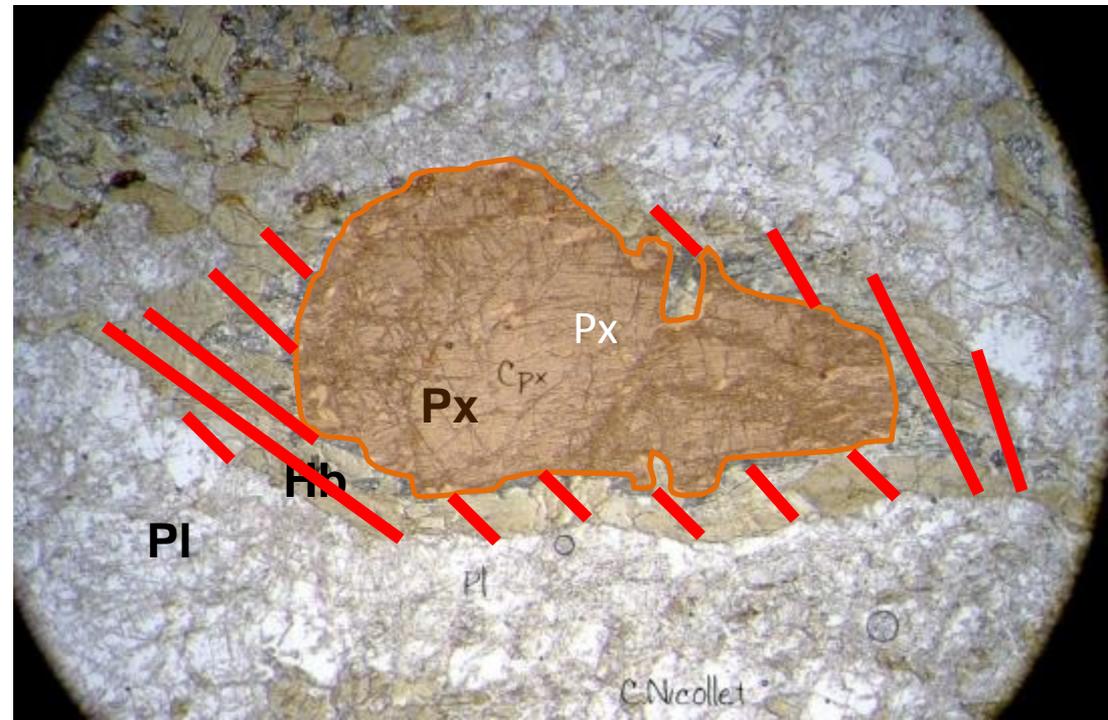
= gabbro métamorphisé dans le faciès des schistes verts

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

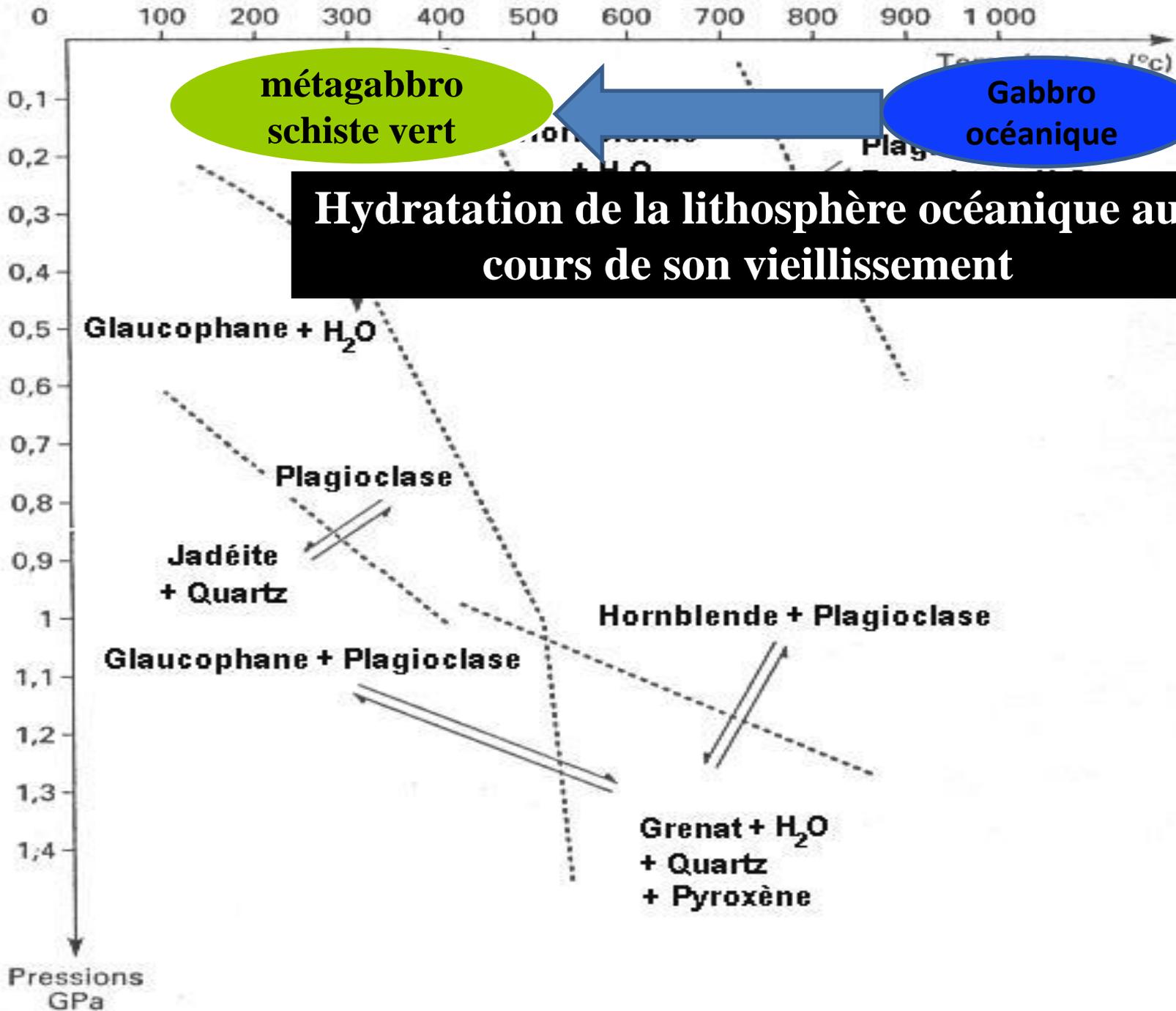




GABRRO FRAIS

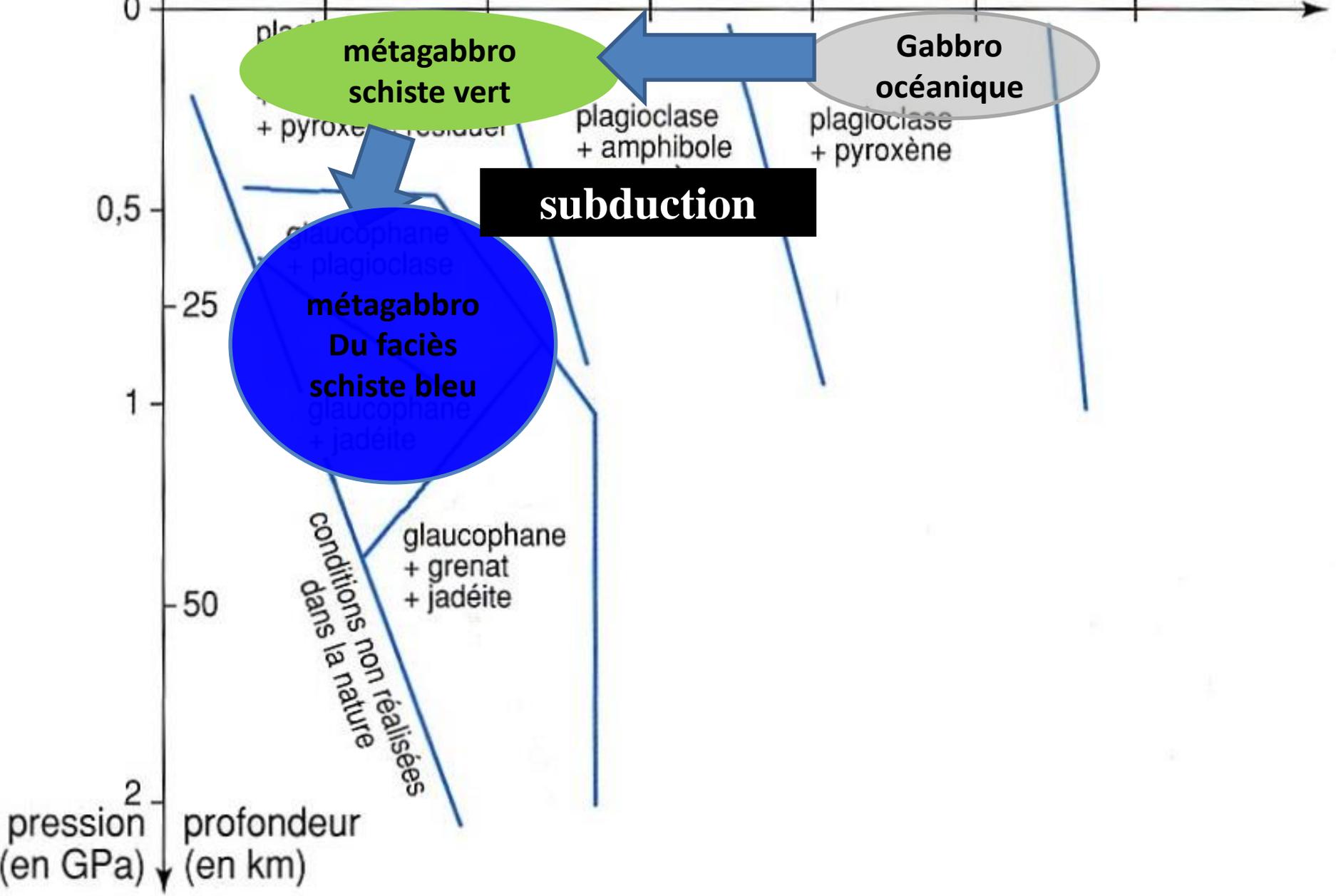


METAGABRRO
(à **hornblende, chlorite et actinote**) = Schiste vert
Minéraux riches en eau



température (en °C)

0 200 400 600 800 1 000 1 200



métagabbro schiste vert

Gabbro océanique

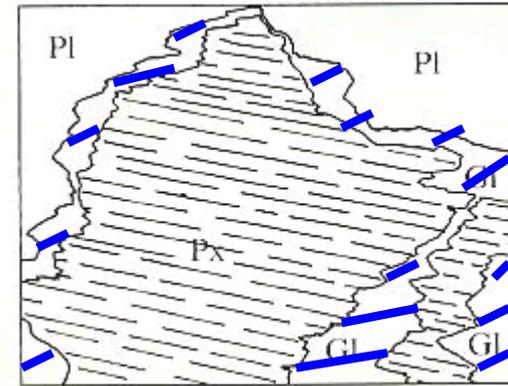
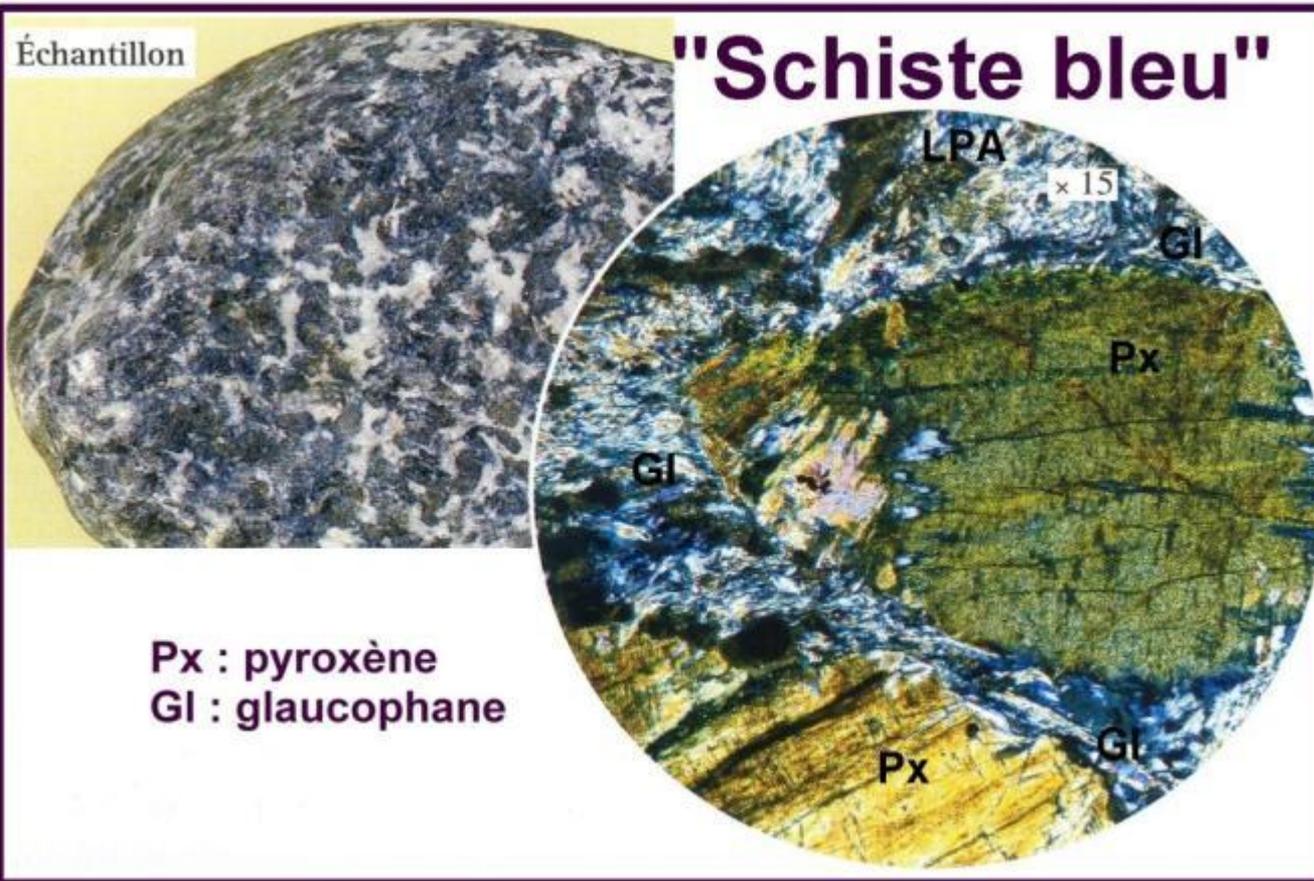
subduction

métagabbro Du faciès schiste bleu

glaucophane + grenat + jadeite

Conditions non réalisées

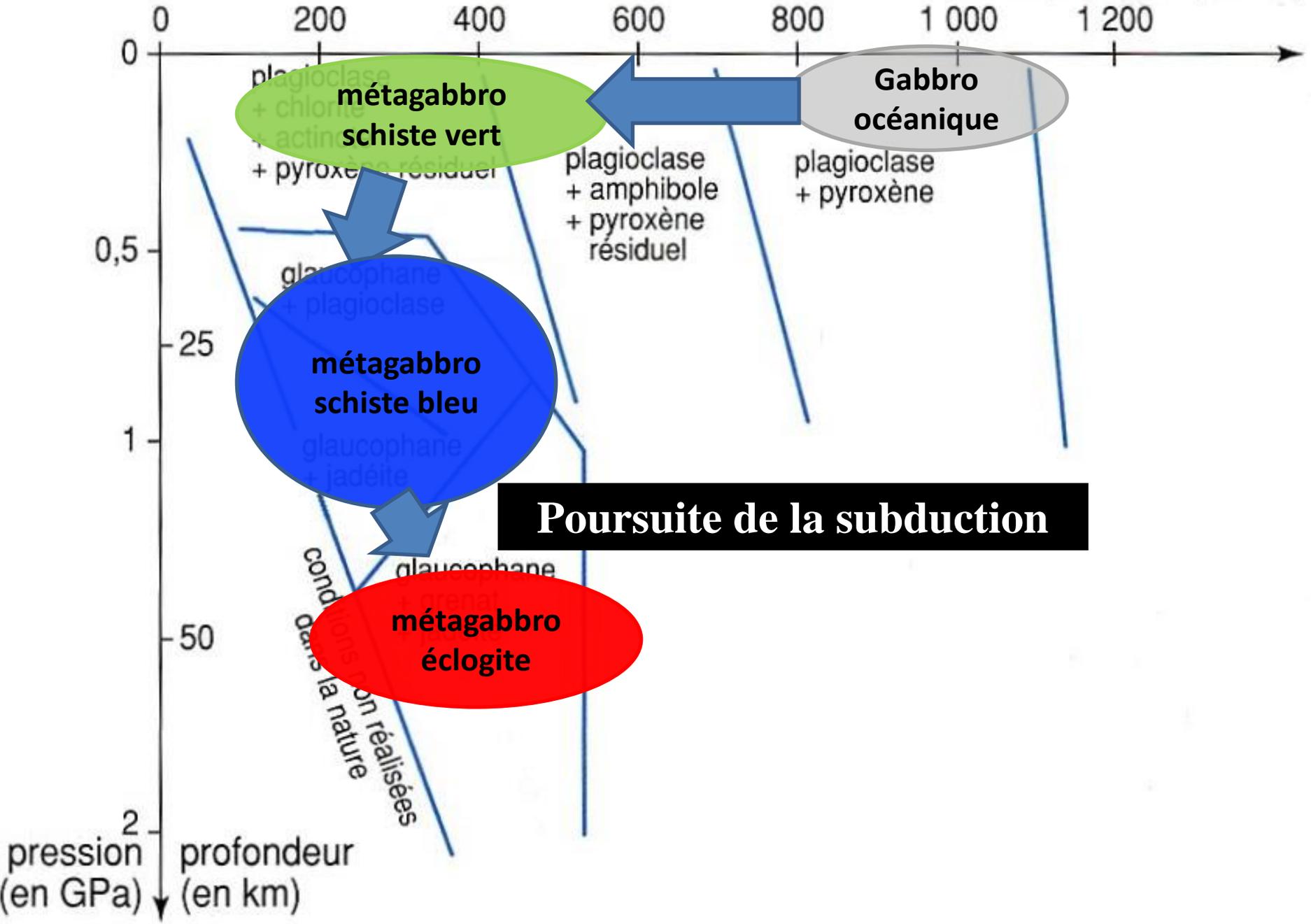
Formation des métagabbros à glaucophane lors de la subduction



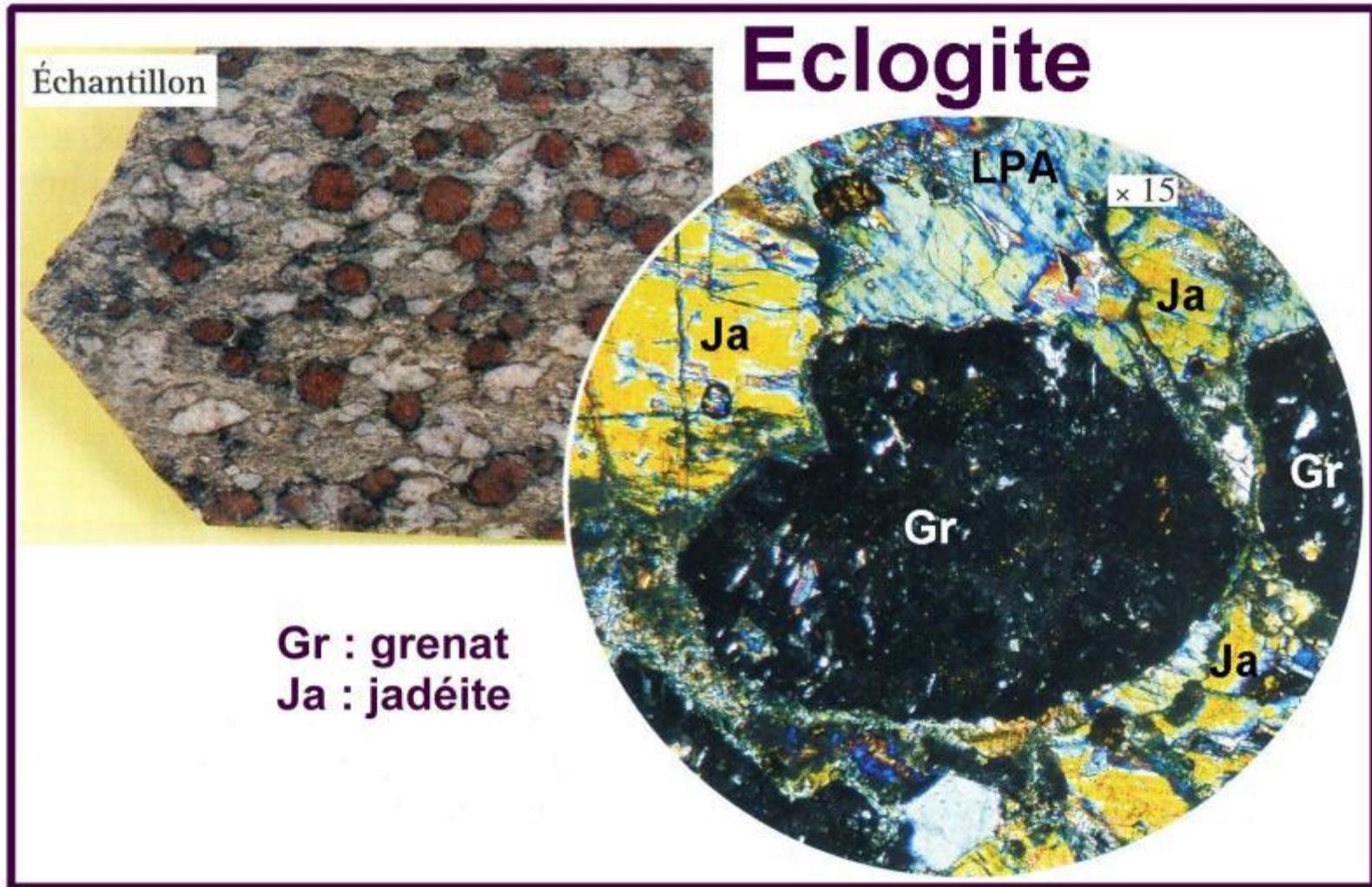
Plagioclase + Chlorite + Actinote → Amphibole bleue (Glaucophane) + eau

déshydratation de la lithosphère océanique au cours de la subduction

température (en °C)



Formation des éclogites lors de la subduction



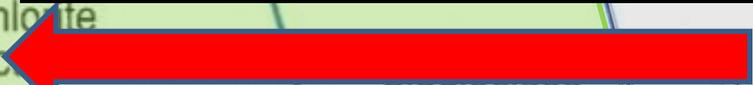
Plagioclase + Glaucophane → Grenat + Pyroxène vert (Jadéite) + eau

=> Déshydratation de la lithosphère océanique

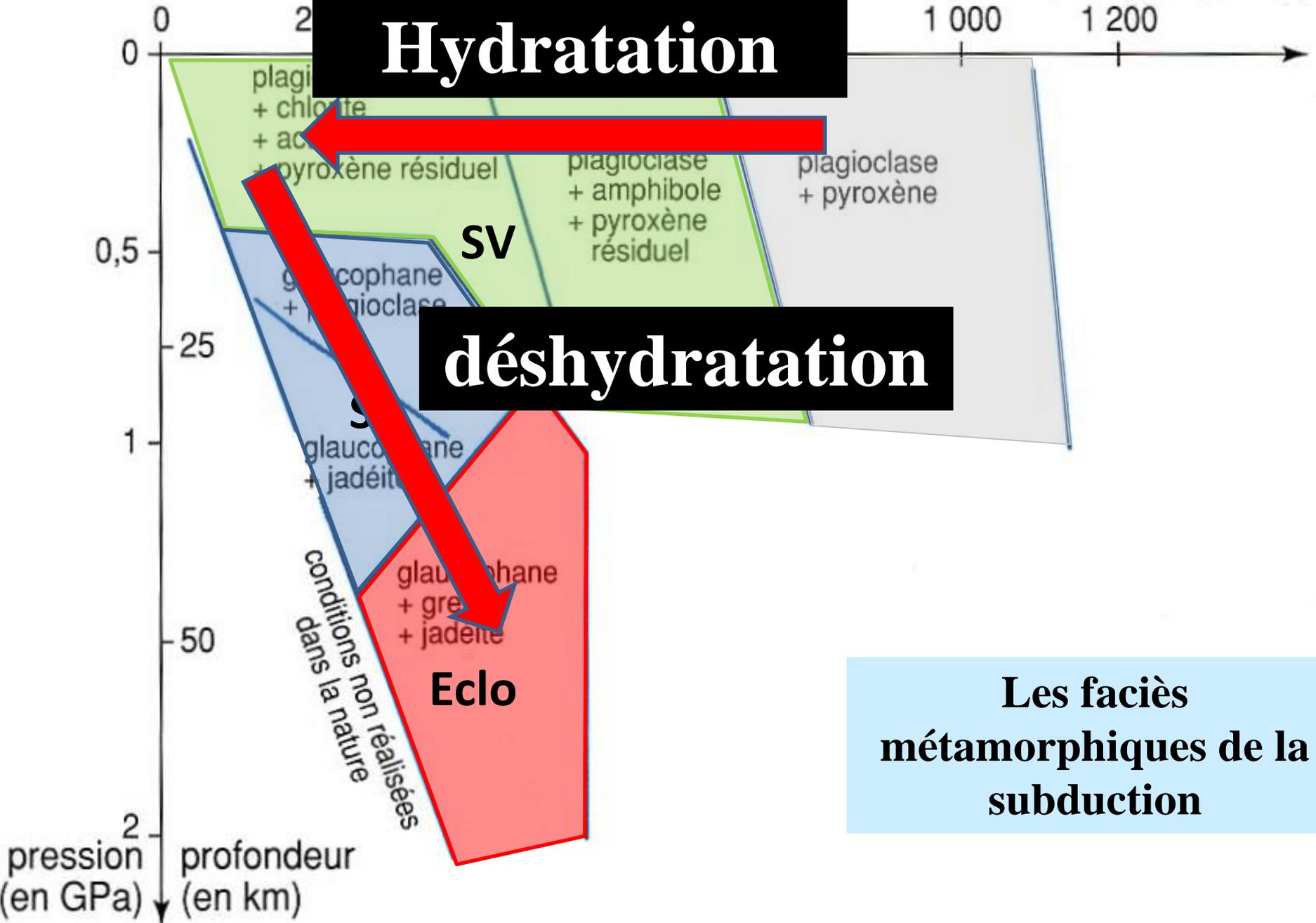
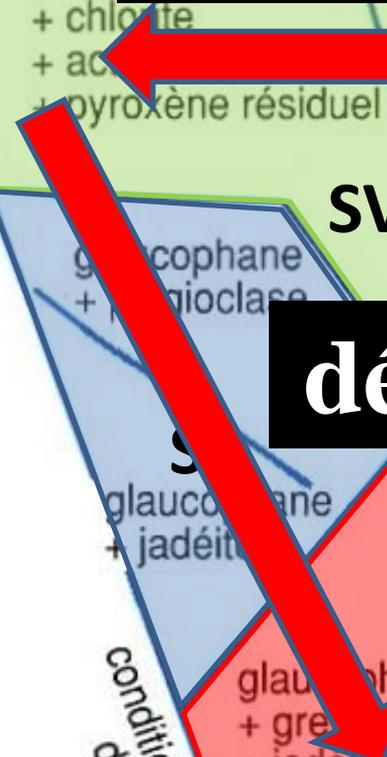
température (en °C)

1 000 1 200

Hydratation



déshydratation

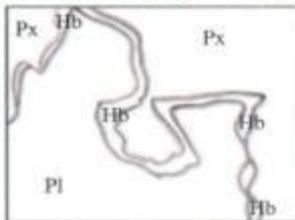
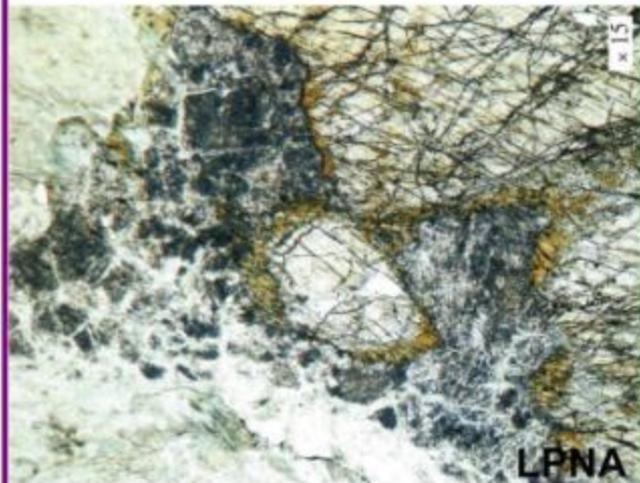


Les faciès métamorphiques de la subduction

Libération d'eau

Pression

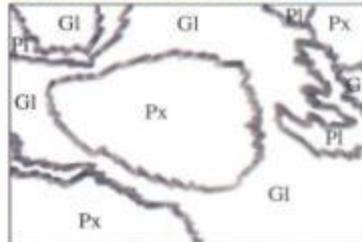
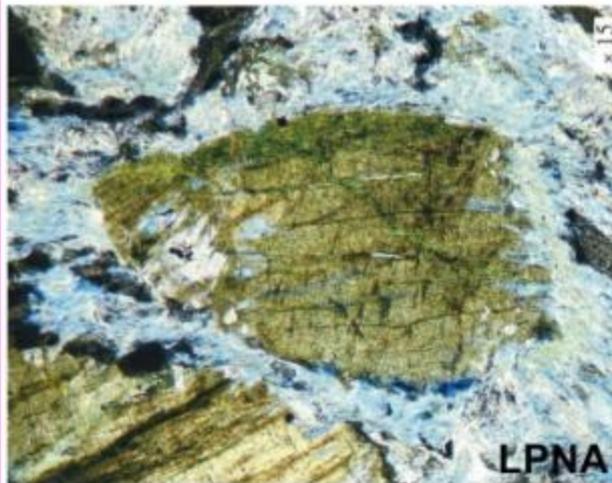
"Schiste vert"



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

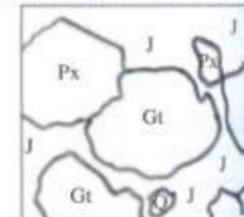
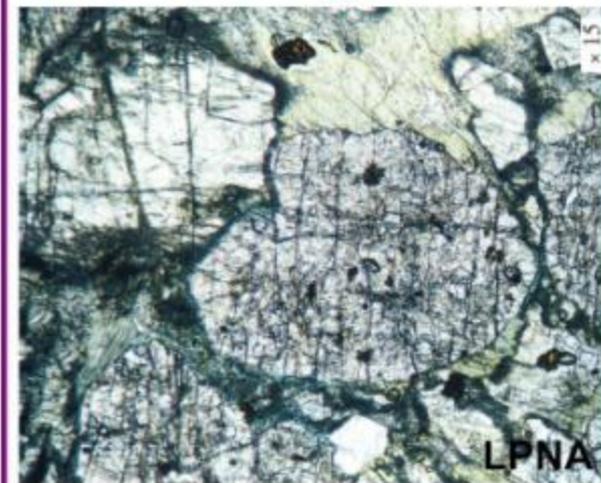
Métagabbro
à Hornblende

"Schiste bleu"



Métagabbro
à Glaucophane

"Eclogite"



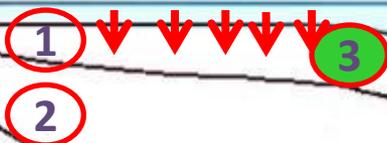
Act = actinote
Q = quartz
Pl = feldspath plagioclase
Px = pyroxène
J = jadéite (pyroxène vert)
Gl = glaucophane
Gt = grenat

Métagabbro
à Jadéite et Grenat

Déshydratation de la lithosphère océanique lors de la subduction

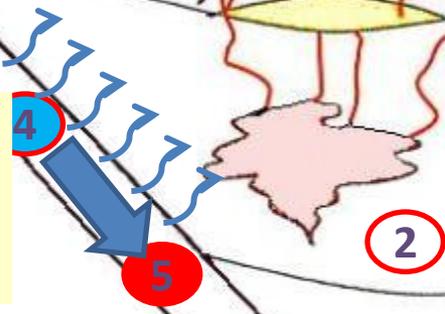
Croûte océanique

1. Hydratation de la lithosphère océanique



Manteau lithosphérique

2. Déshydratation de la lithosphère océanique lors de la subduction



Croûte continentale

Manteau lithosphérique (plaque chevauchante)

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

Trajet de l'eau

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

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

Roches volcaniques

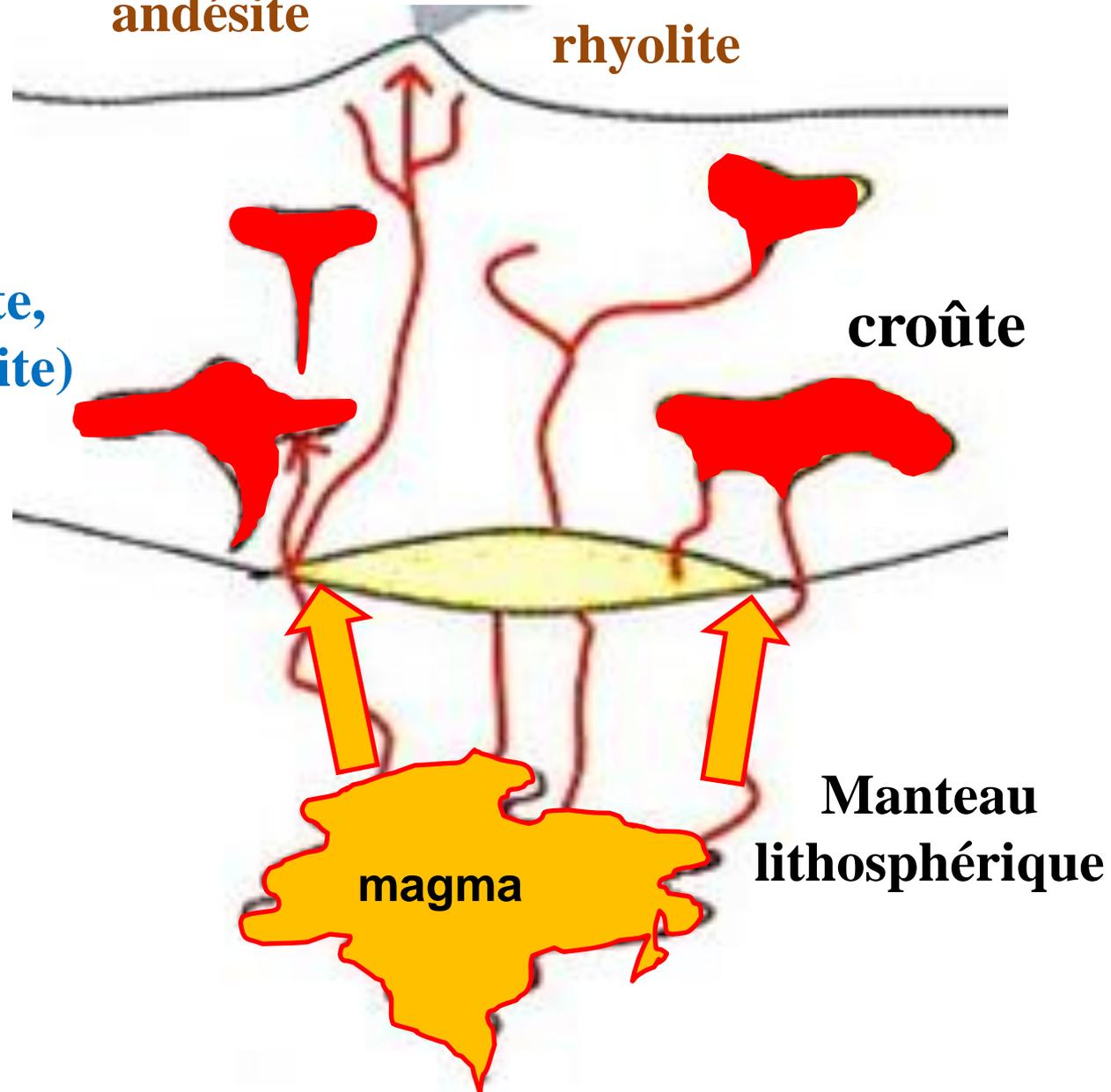
andésite

rhyolite

Roches plutoniques

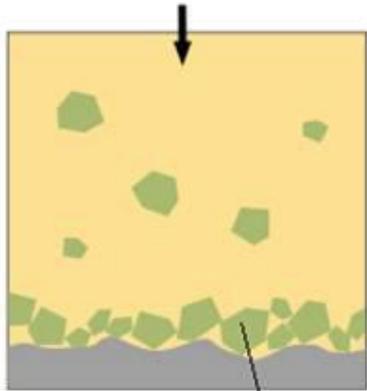
**Granitoïdes (diorite,
granodiorite, granite)**

croûte



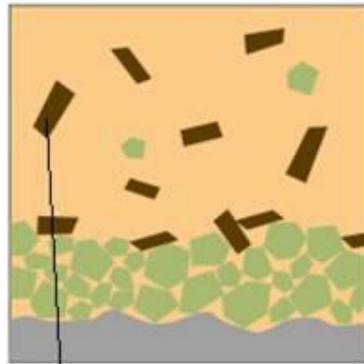
Cristallisation fractionnée

Magma résultant de la fusion partielle des péridotites mantelliques



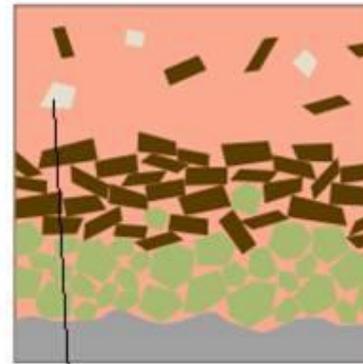
1

olivine



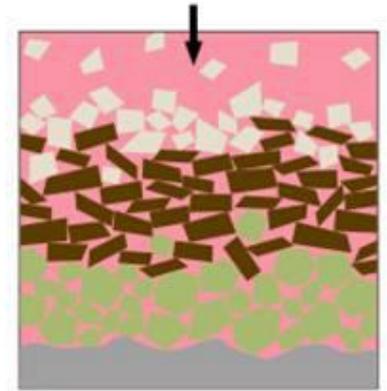
2

pyroxène



3

plagioclase calcique



4

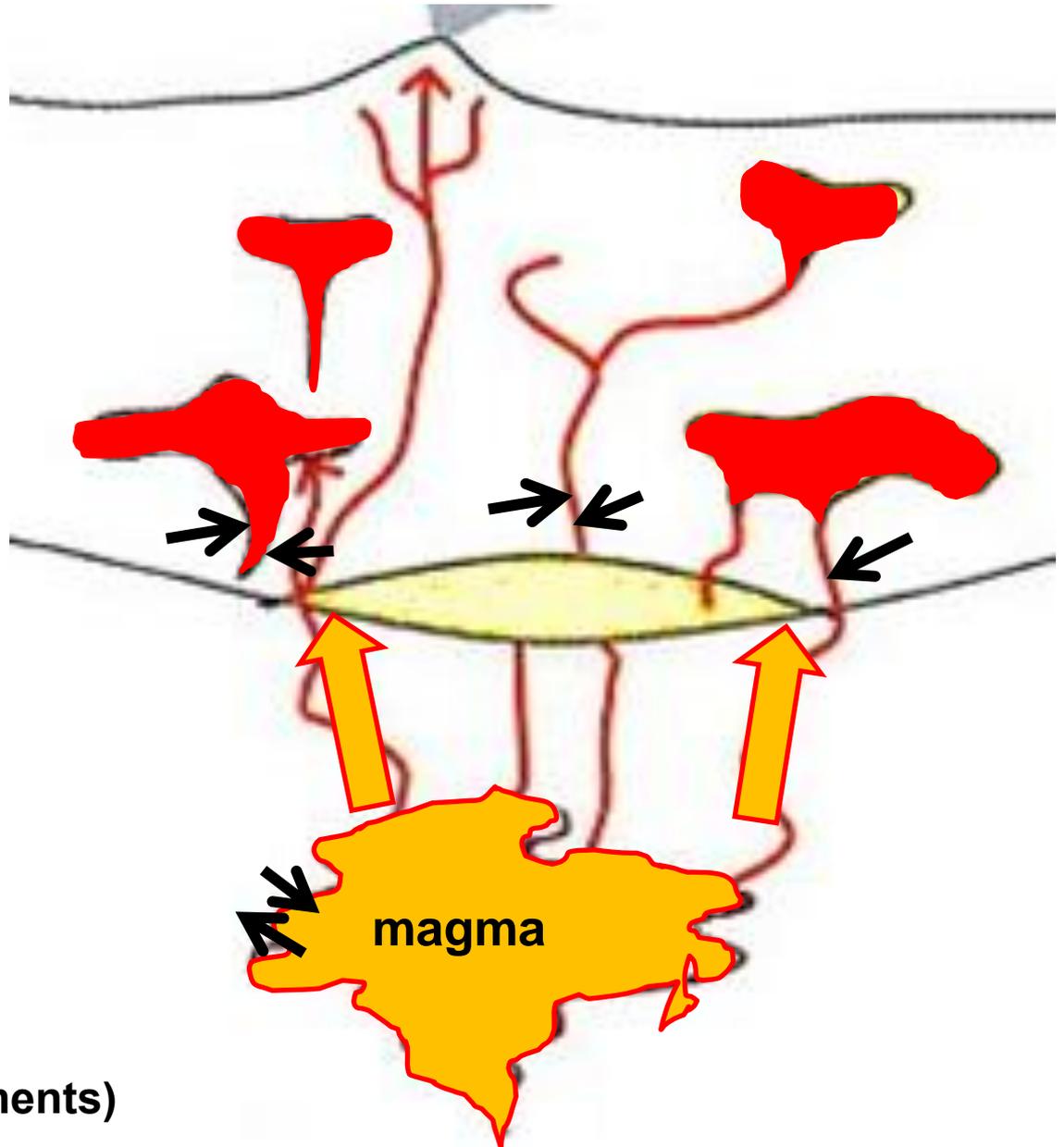
Liquide résiduel de plus en plus riche en silice

1200°C

600°C

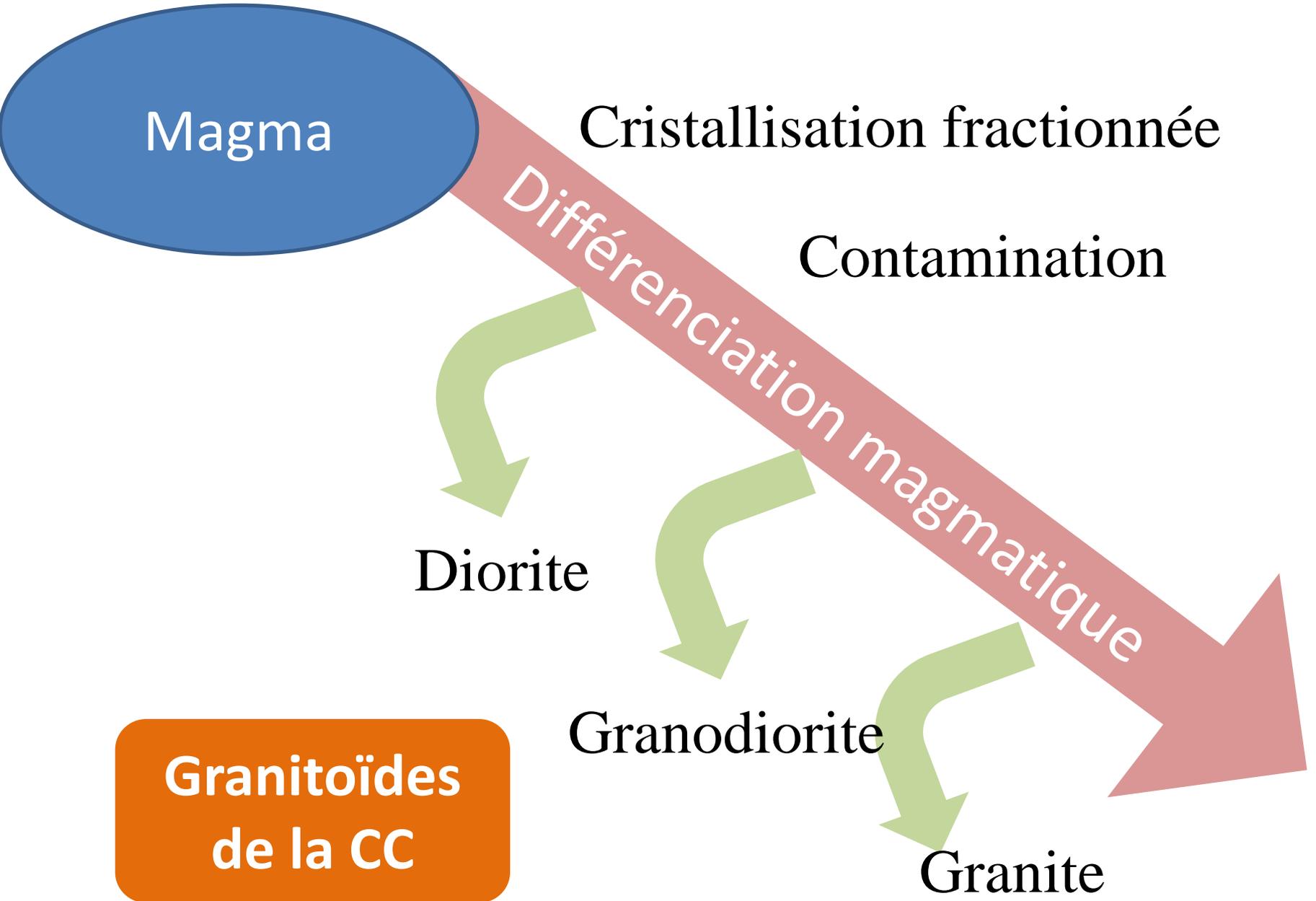
Refroidissement

Contamination



Contaminations
(=échanges d'éléments)

Accrétion continentale



Magma

Cristallisation fractionnée

Contamination

Différenciation magmatique

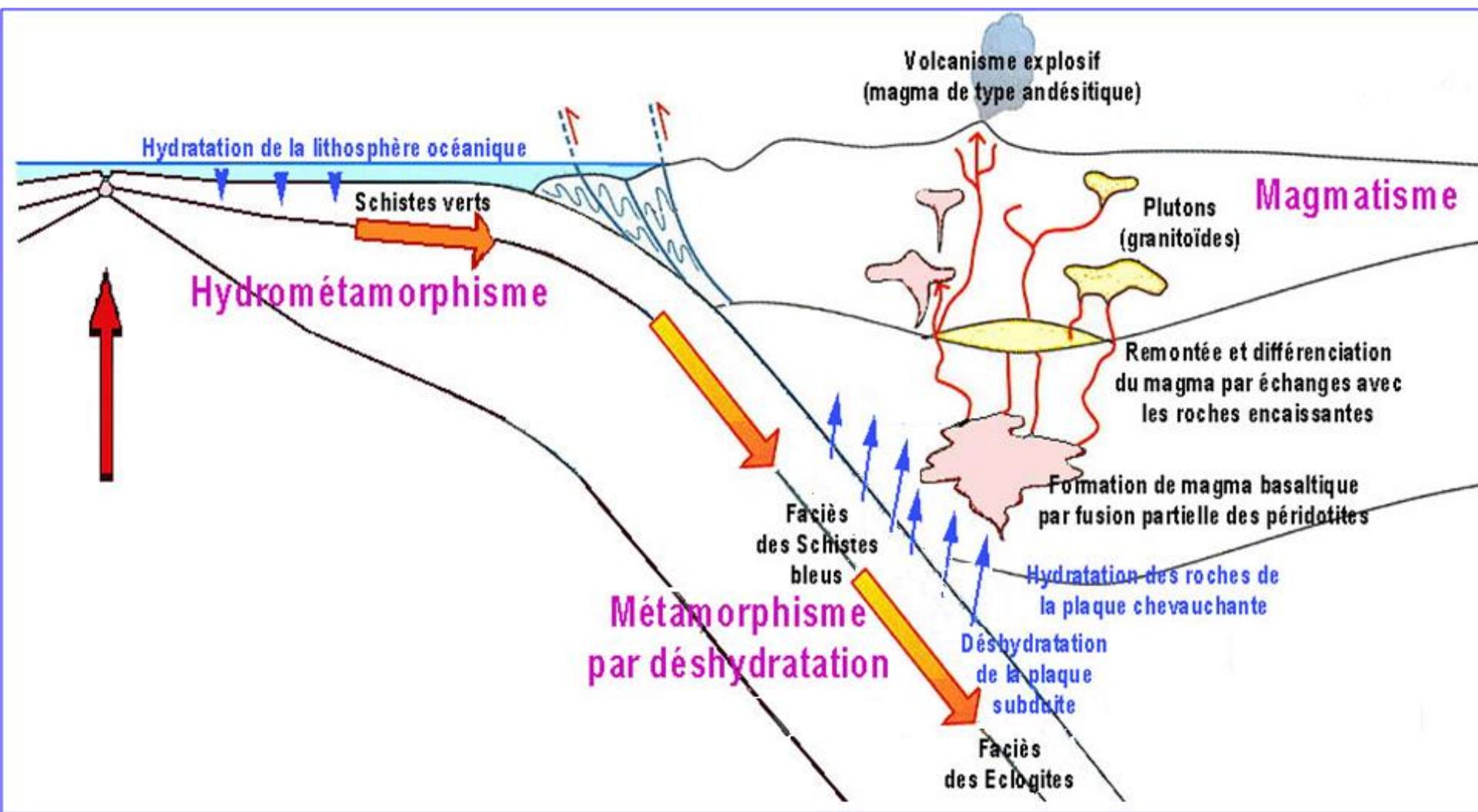
Diorite

Granodiorite

Granite

Granitoïdes
de la CC

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



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

1. Hydratation de la lithosphère océanique

Gabbro

Metagabbro
(schiste vert)

granitoïdes

Andésites +
rhyolites

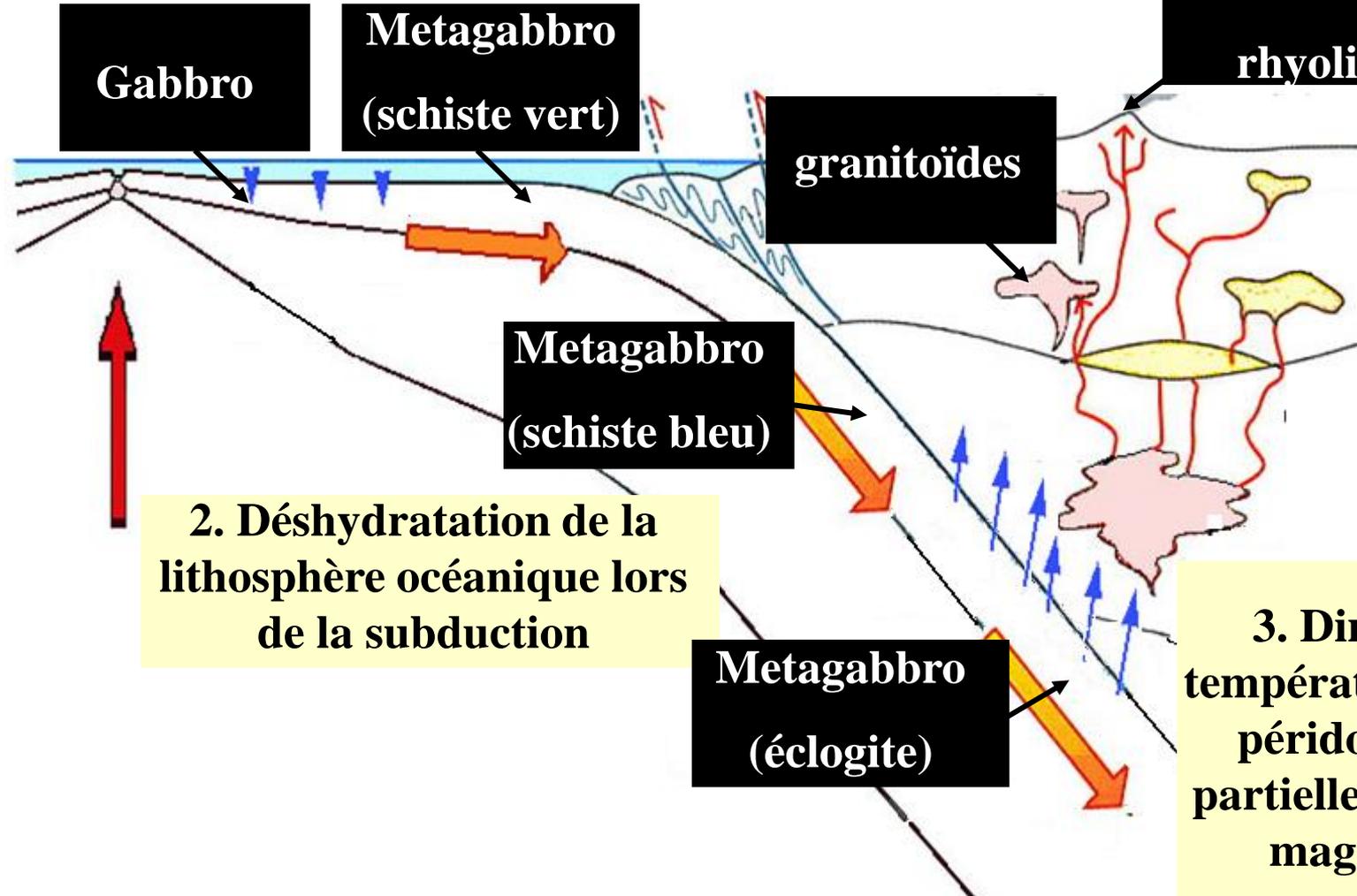
4. Ascension du magma => roches plutoniques en profondeur et roches volcaniques en surface

2. Déshydratation de la lithosphère océanique lors de la subduction

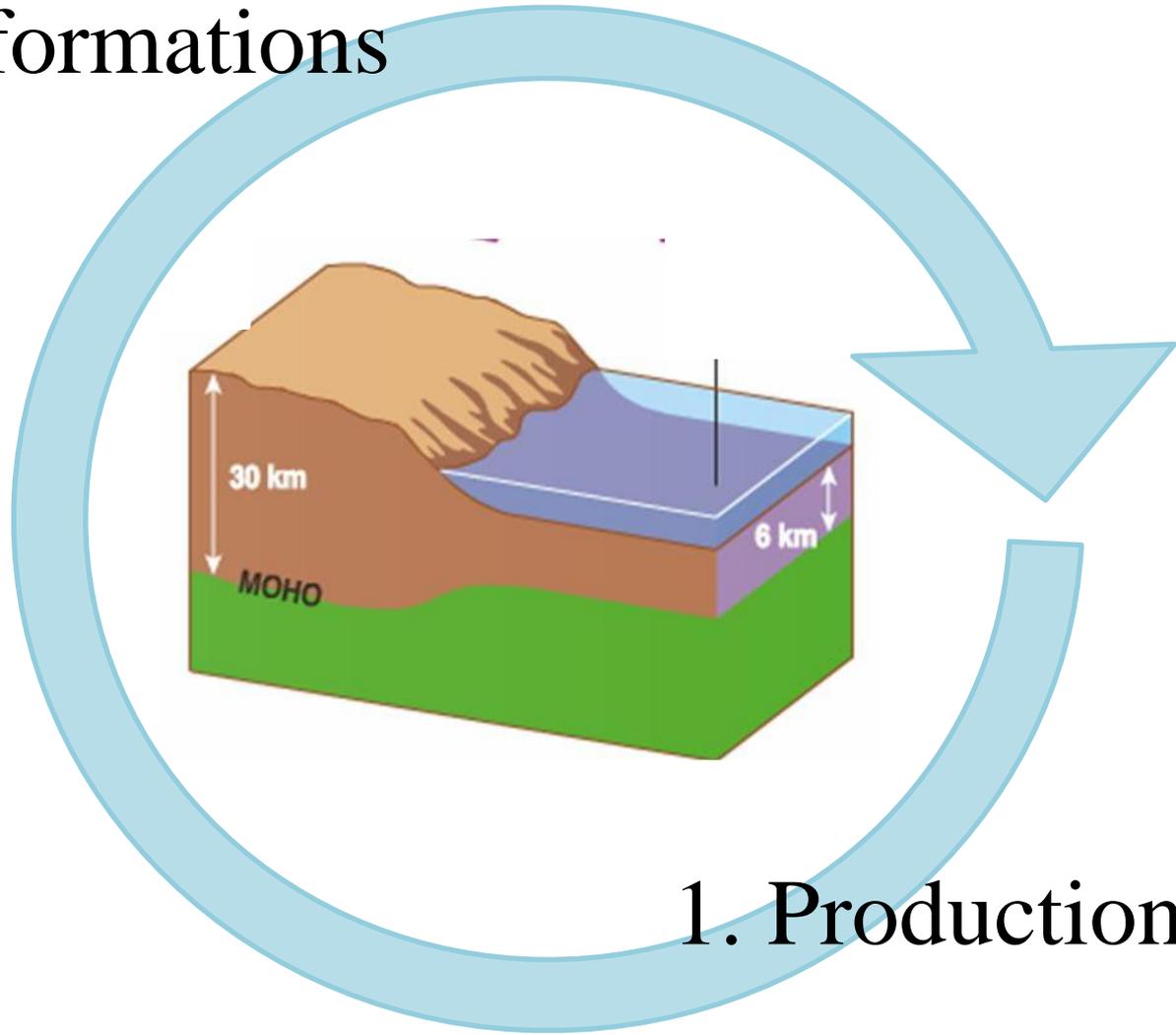
Metagabbro
(schiste bleu)

Metagabbro
(éclogite)

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



2. Transformations

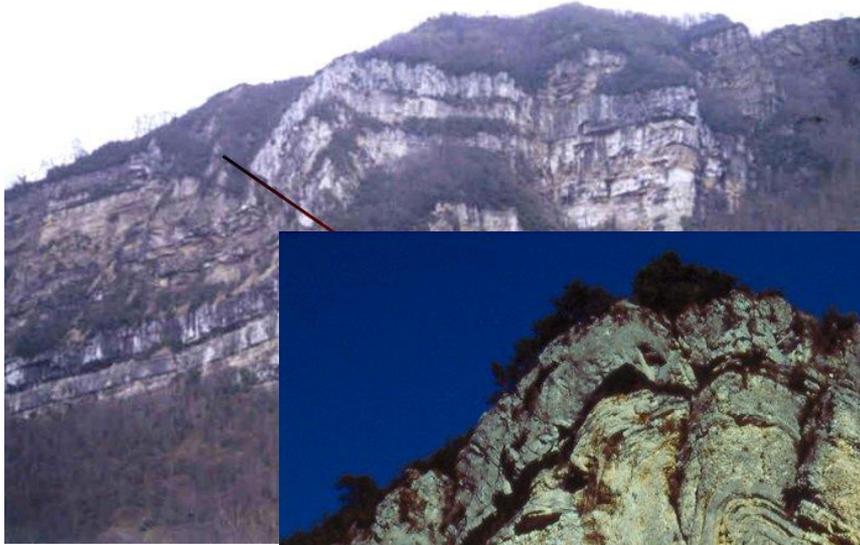


Chapitre 3 : Dynamique de la croûte continentale

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)

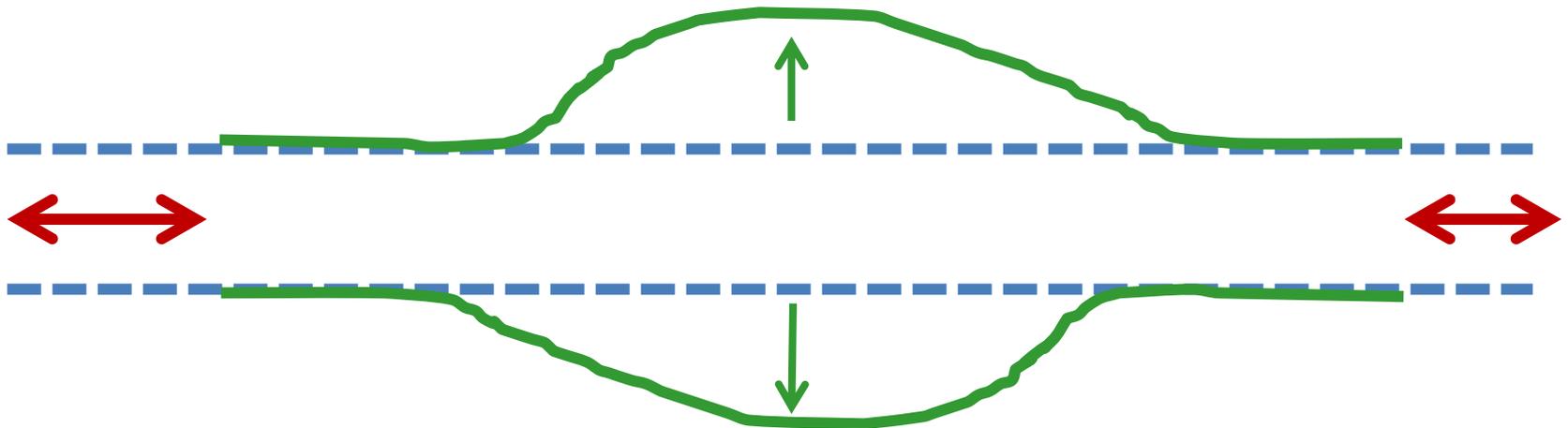
Crétacé supérieur tertiaire (-100 à -50Ma)

ETAT INITIAL

CONTRAINTES COMPRESSIVES



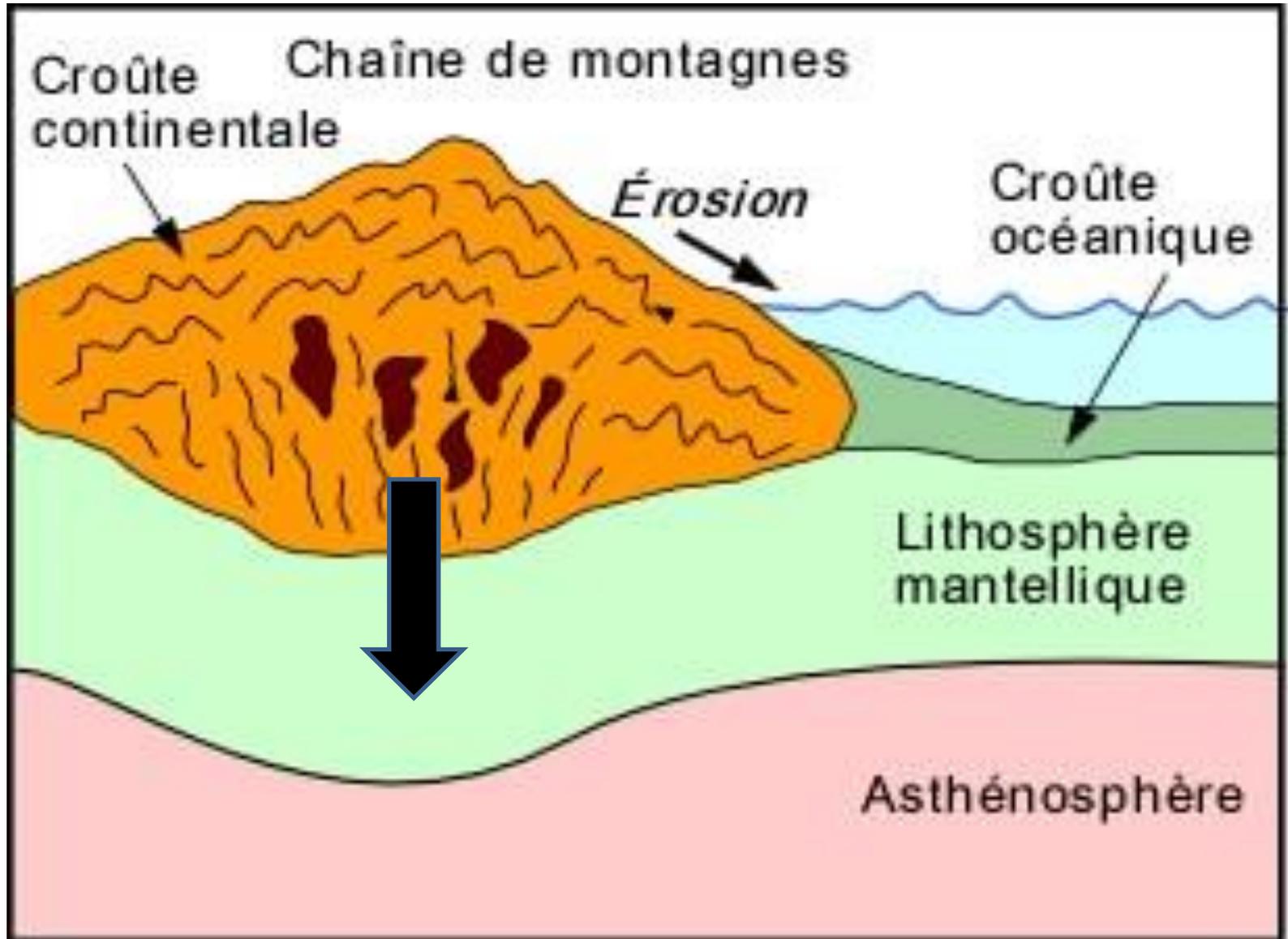
EPAISSISSEMENT



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)



biotite

grenat

staurolite

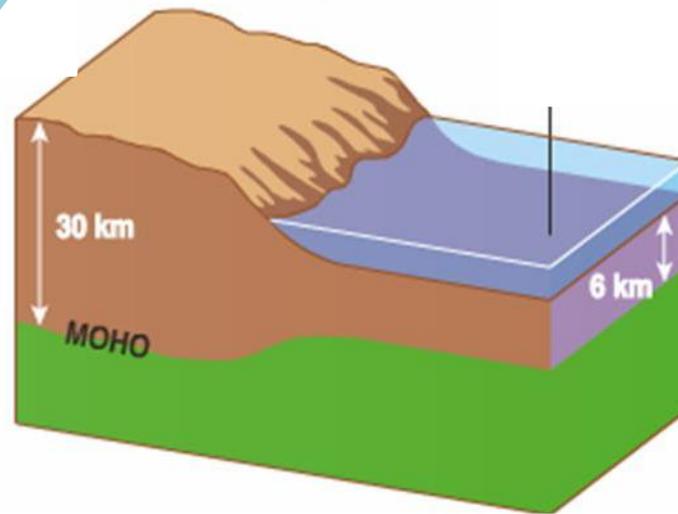


6 mm

- 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



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

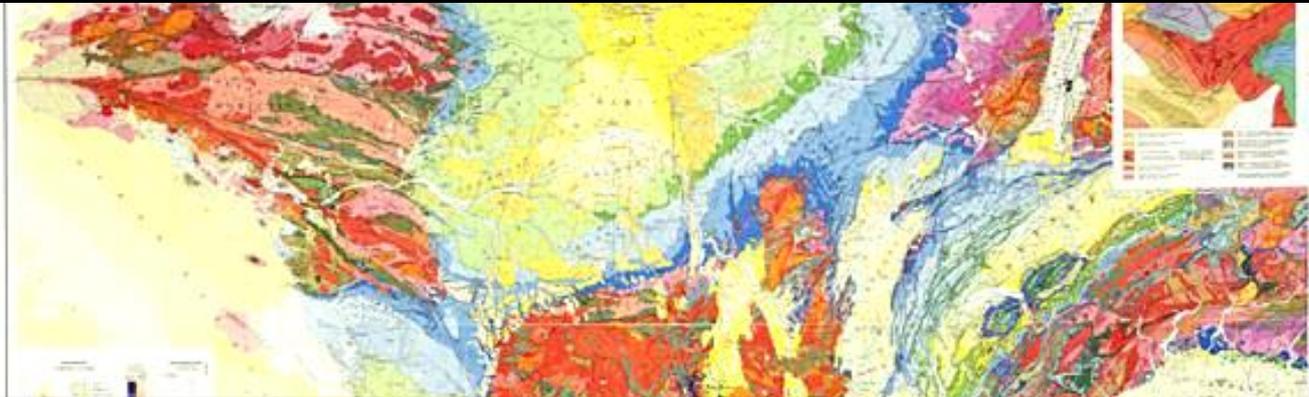


Paysage des Alpes

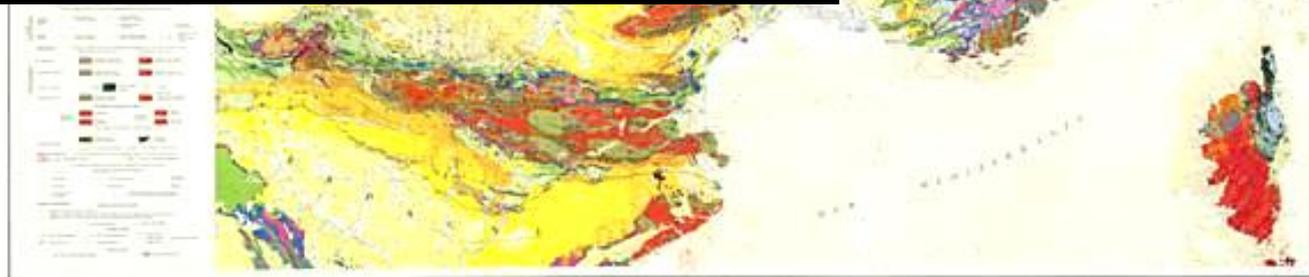
Les roches à l'affleurement



Roches plutoniques et métamorphiques dans les chaines anciennes



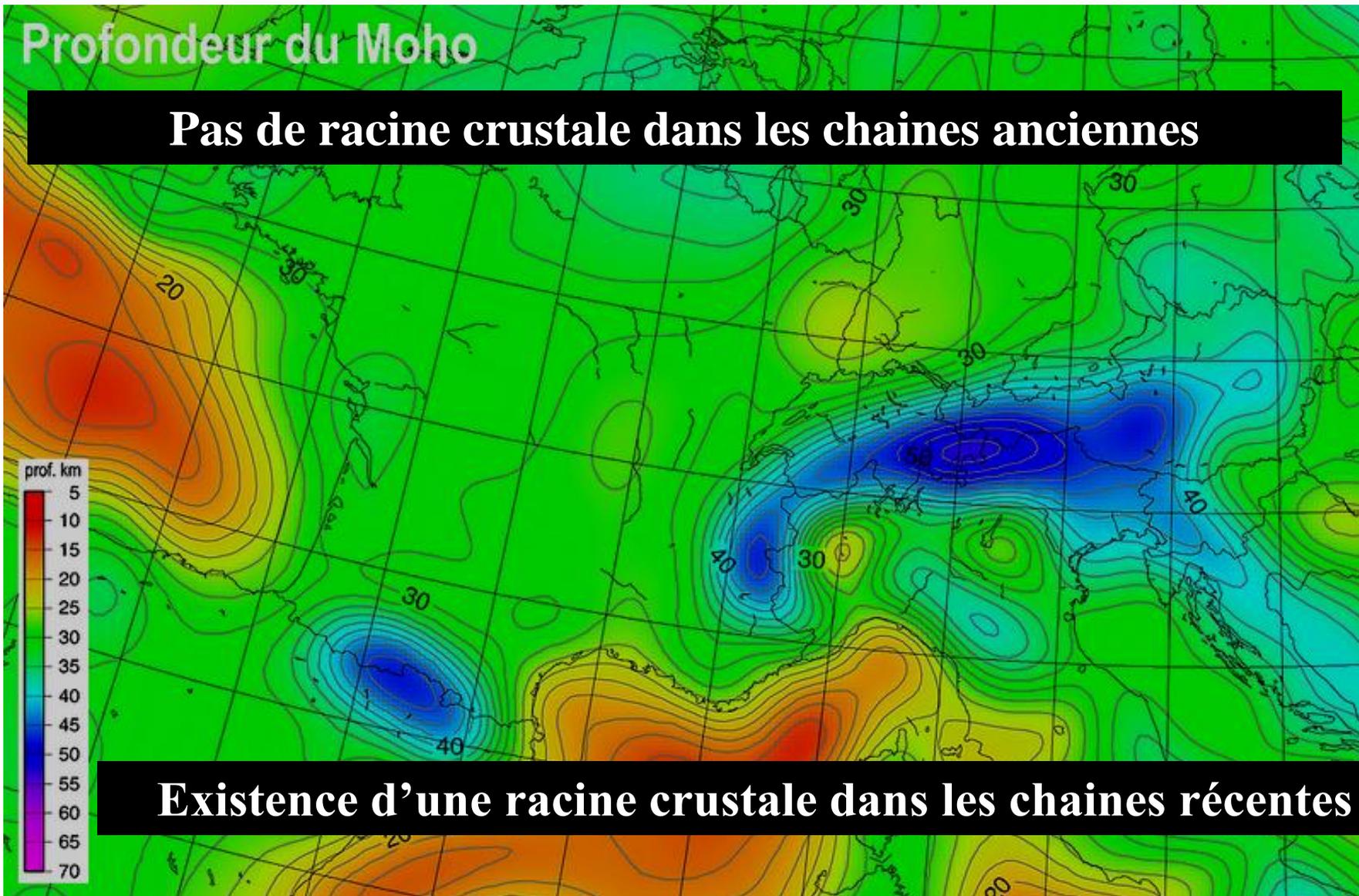
Roches sédimentaires, plutoniques et métamorphiques dans les chaines récentes



Profondeur du Moho sous les reliefs récents et anciens

Profondeur du Moho

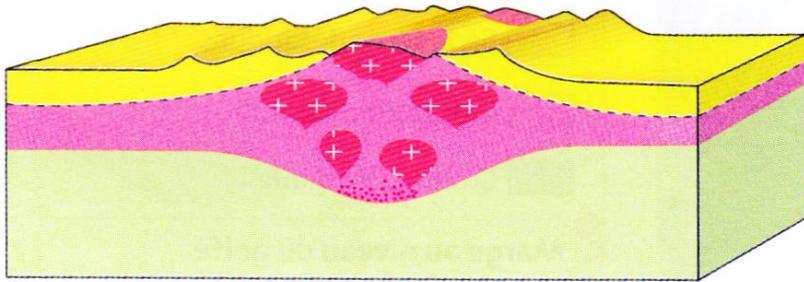
Pas de racine crustale dans les chaînes anciennes



Existence d'une racine crustale dans les chaînes récentes

Comparaison chaîne récente et chaîne ancienne

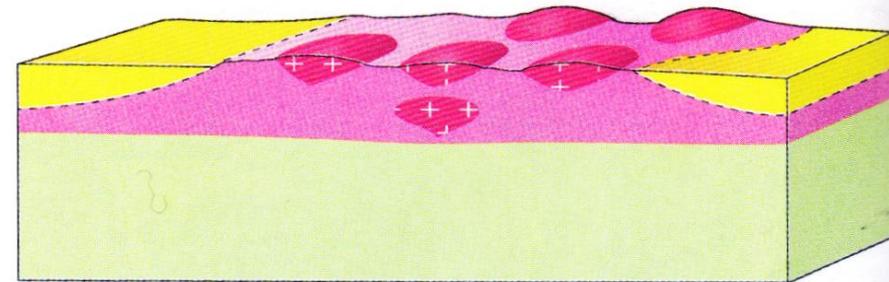
Chaîne récente



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

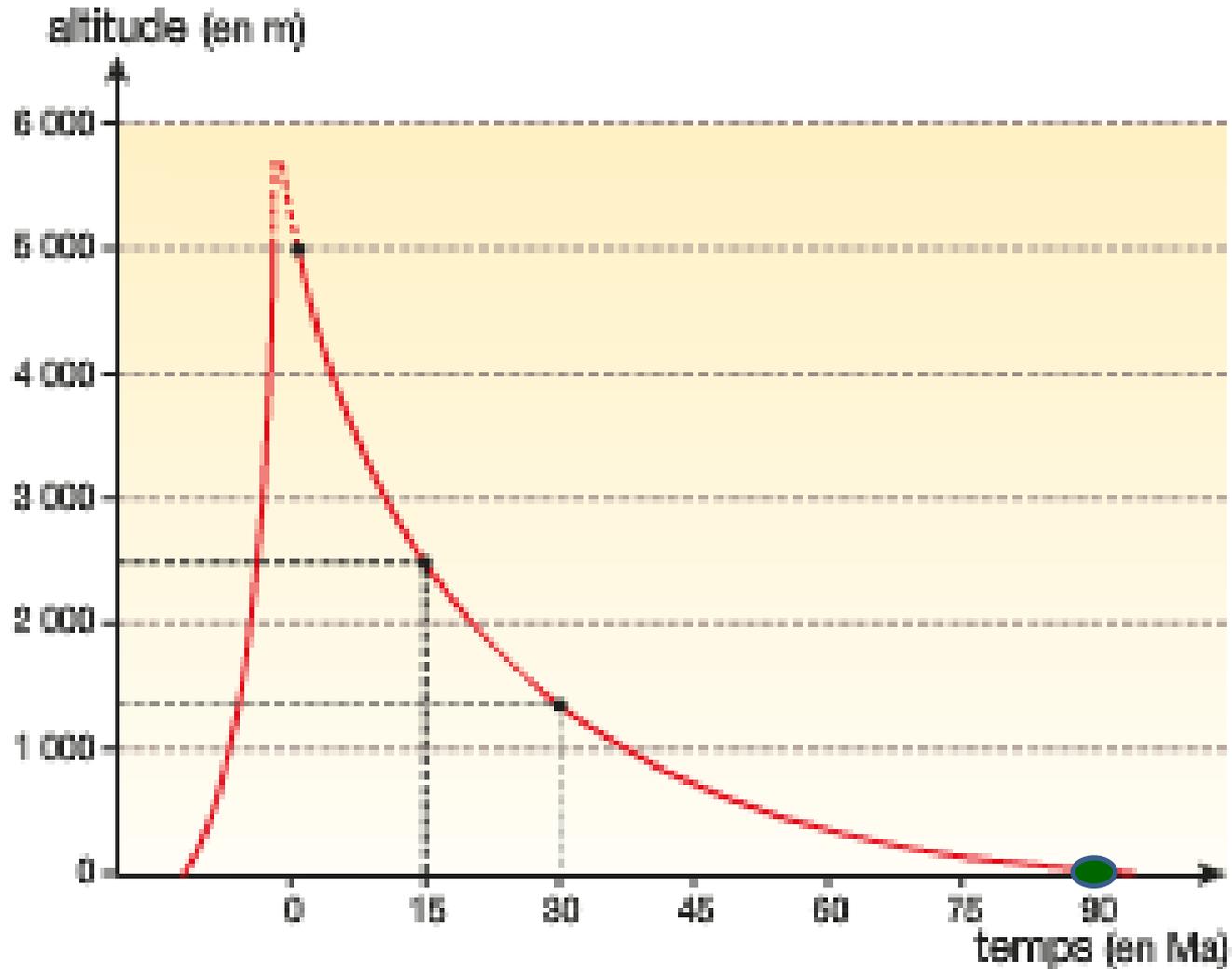
II. Les transformations subies par la croûte continentale lors de la formation des chaînes de montagnes

III. La disparition des reliefs de la croûte continentale

A. Deux grands types de chaînes de montagnes

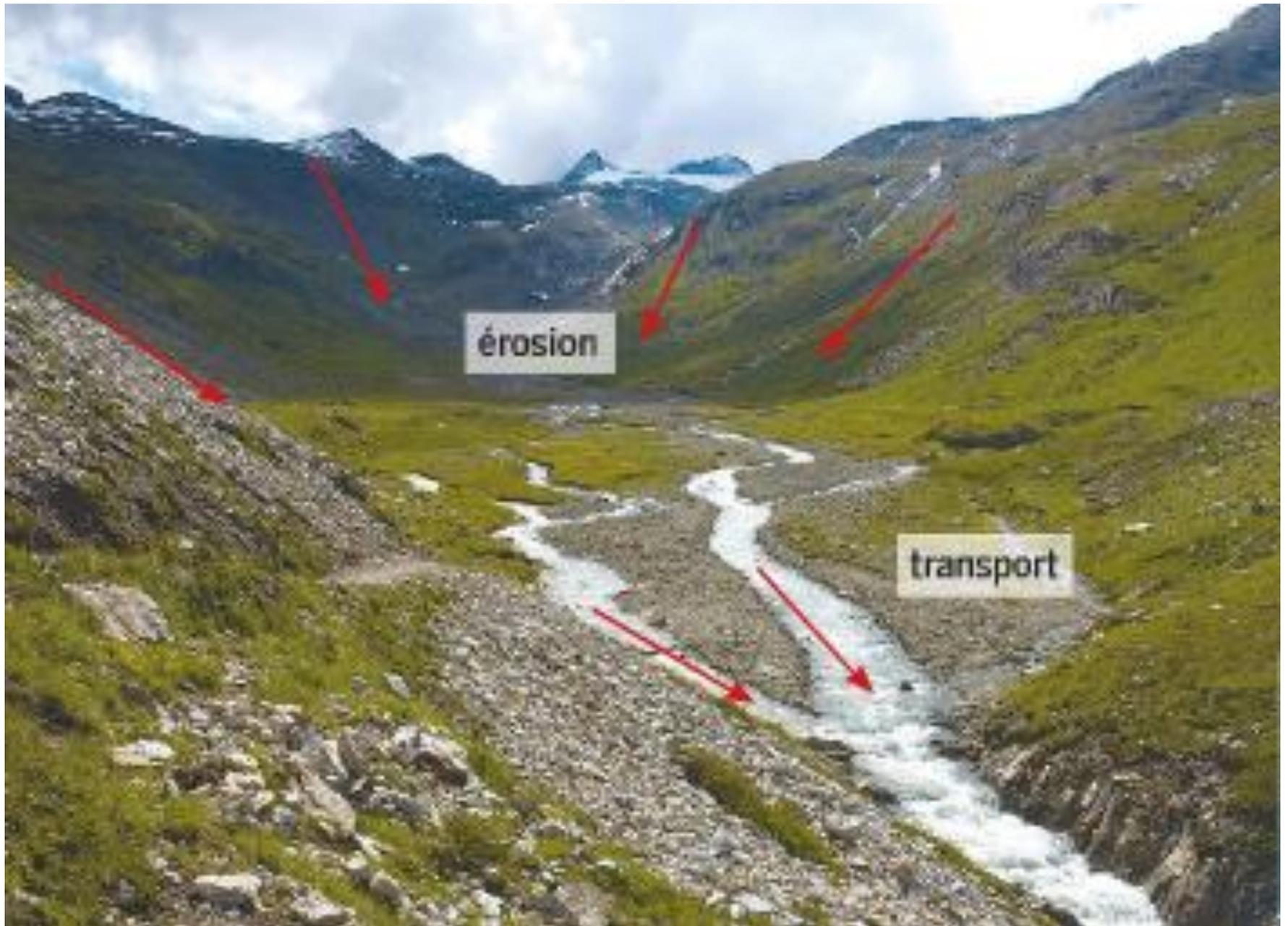
B. Les mécanismes permettant l'aplanissement des reliefs

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

2. Altération des roches

a) altération physique

b) altération chimique

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

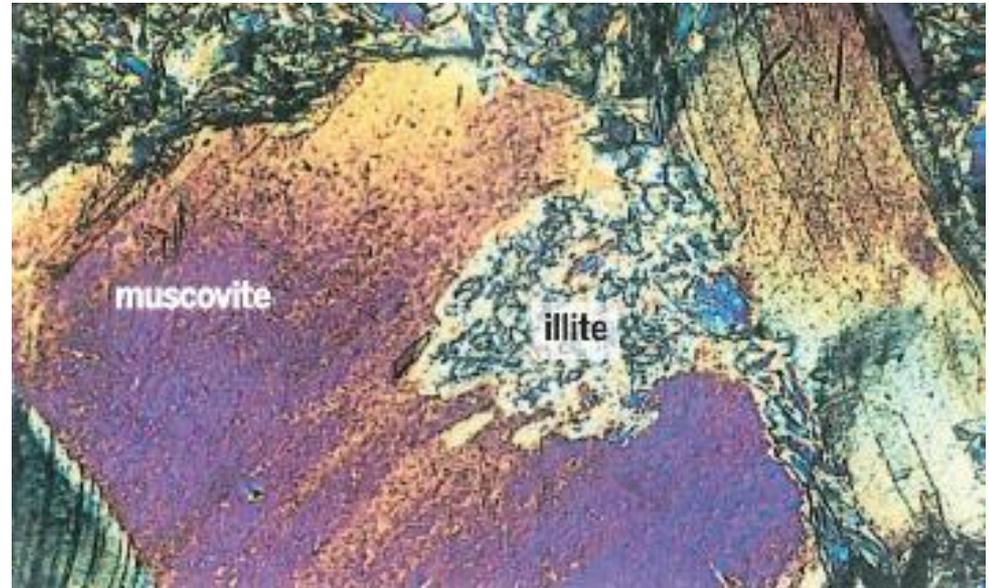
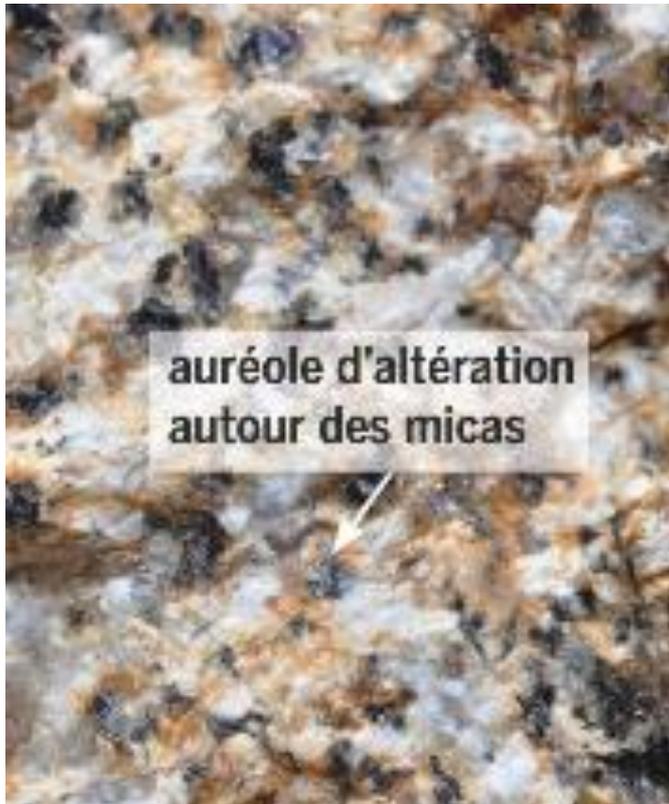
2. Altération des roches

- a) altération physique
- b) altération chimique

Altération chimique

Hydrolyse

Minéral d'origine + eau \rightarrow nouveau minéral + ions en solution



Muscovite (mica) + eau \rightarrow 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

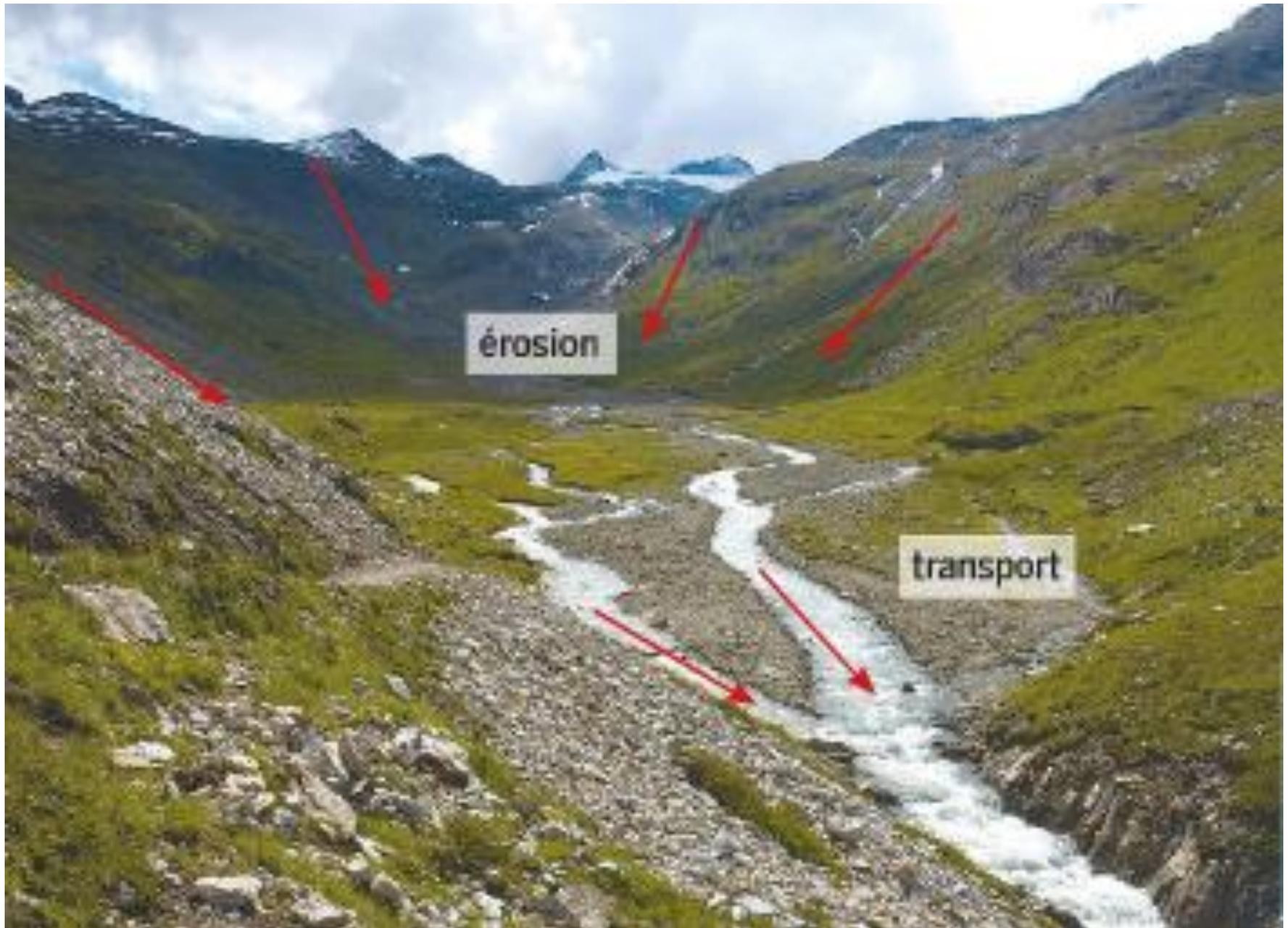
A. Deux grands types de chaînes de montagnes

B. Les mécanismes permettant l'aplanissement des reliefs

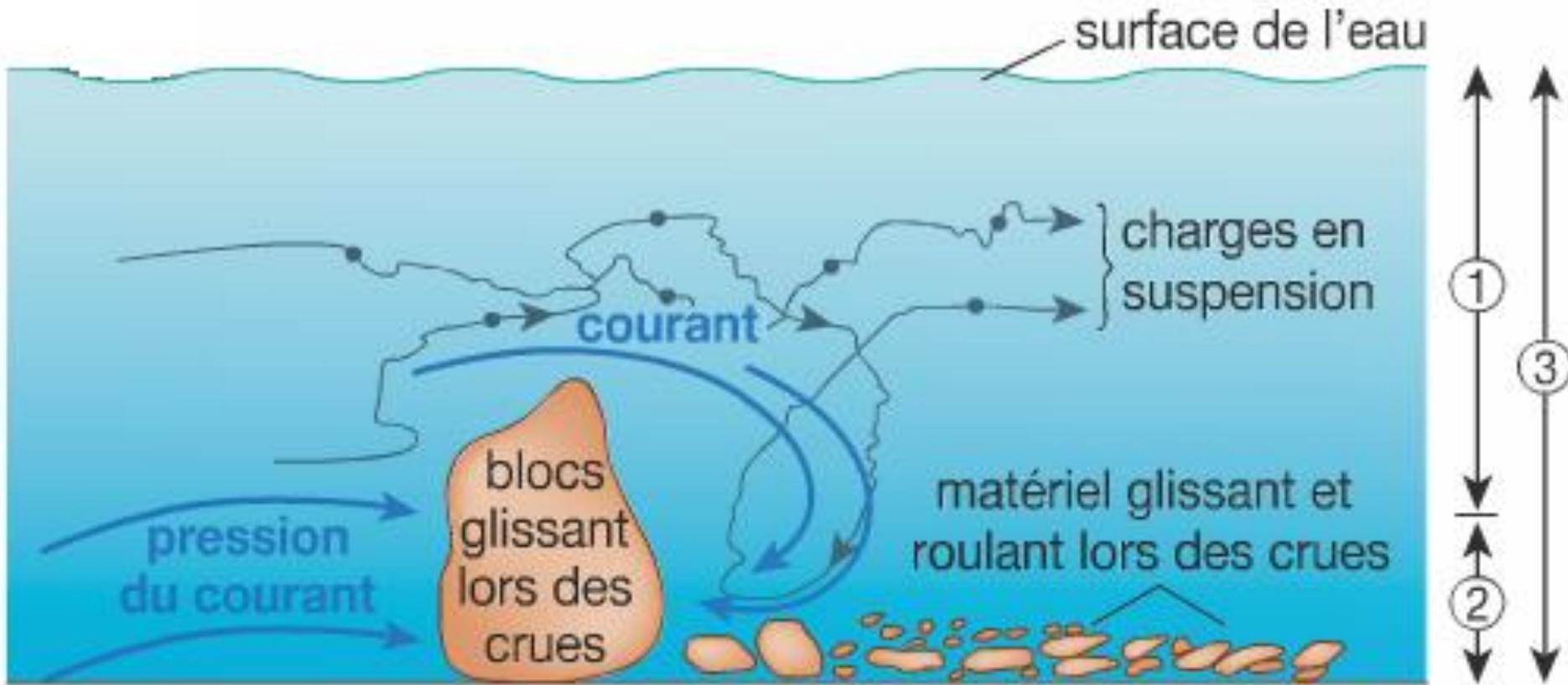
1. Altération des roches

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

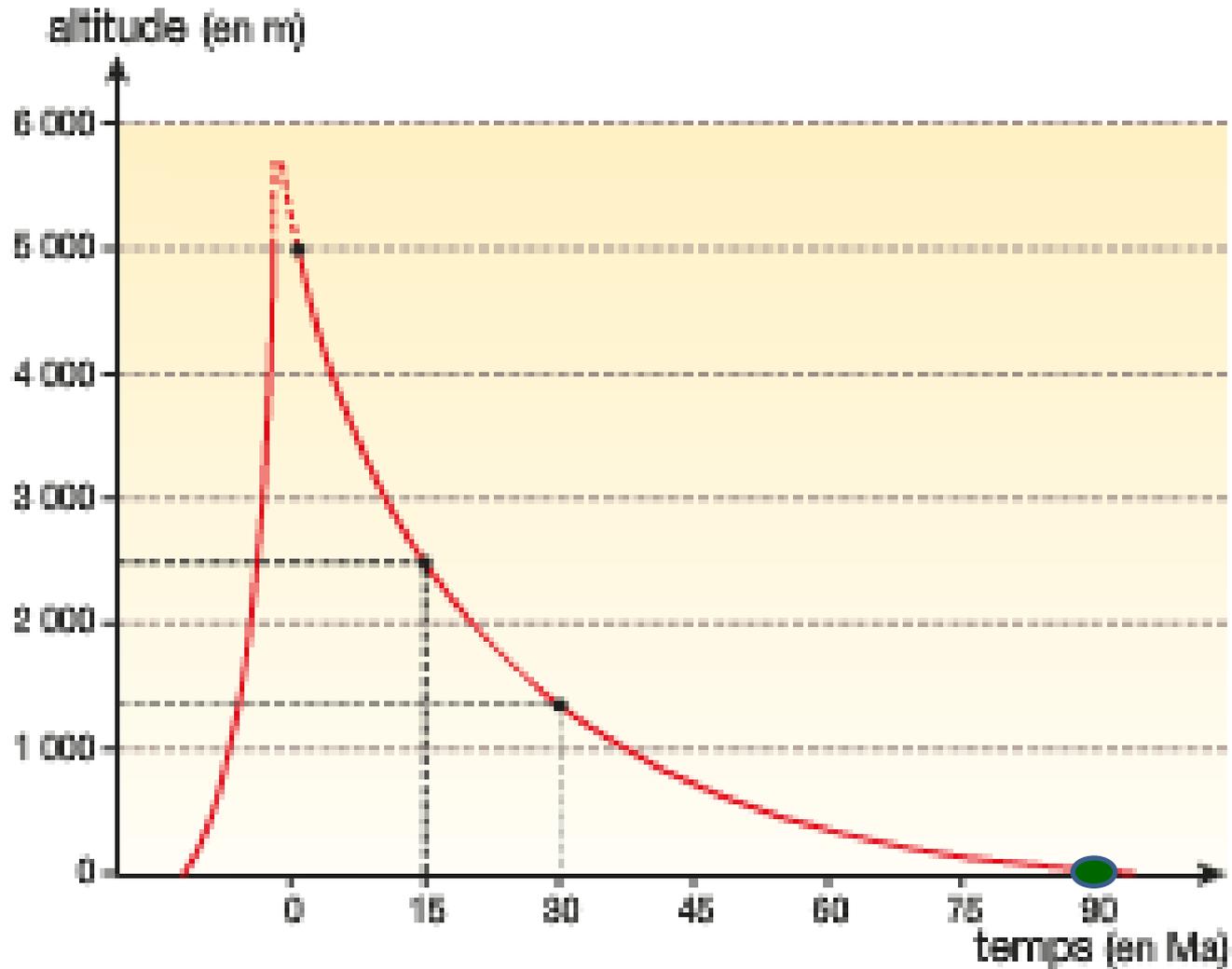
1. Altération des roches

2. Transport et sédimentation

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

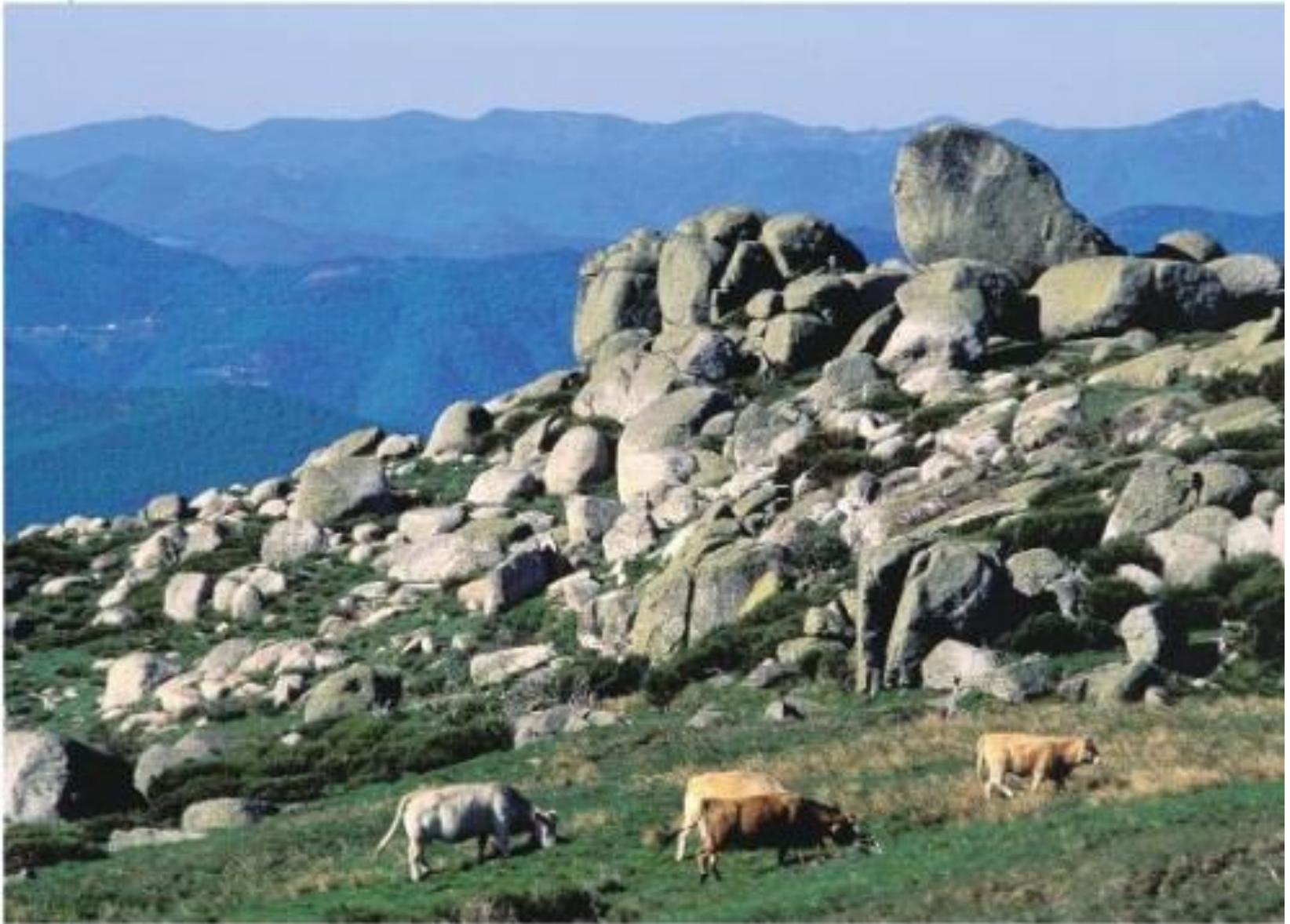
a. Un réajustement (rebond) isostatique

Temps nécessaire pour aplanir un relief



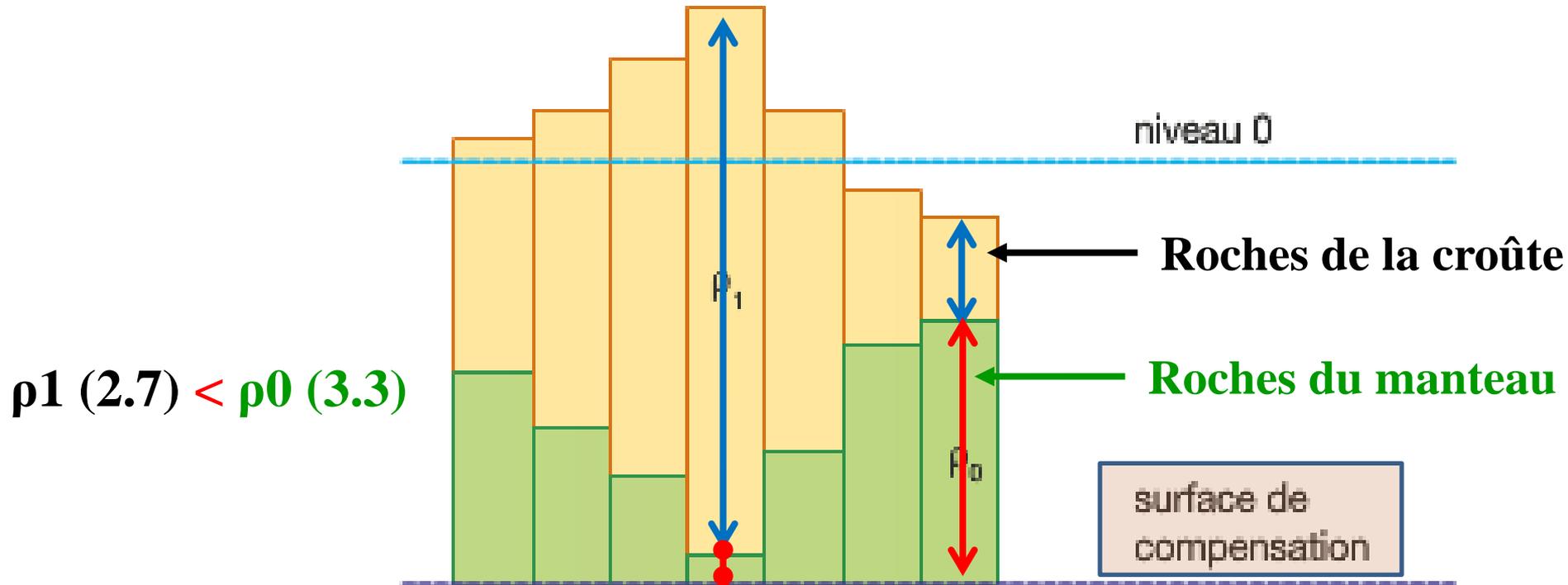
Évolution de l'altitude d'une chaîne de montagnes en fonction du temps

Affleurement en surface de granites formés à 15 Km de profondeur



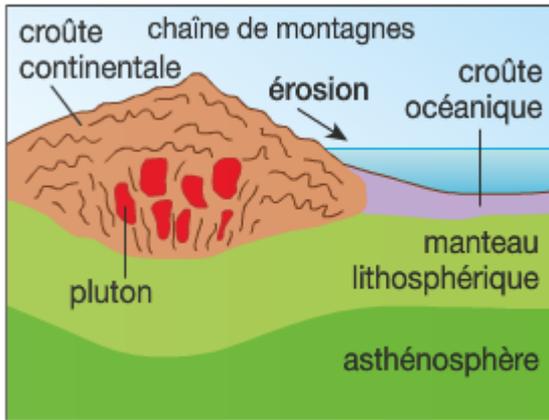
Paysage granitique du mont Lozère

Disparition de la racine crustale dans les chaînes de montagnes



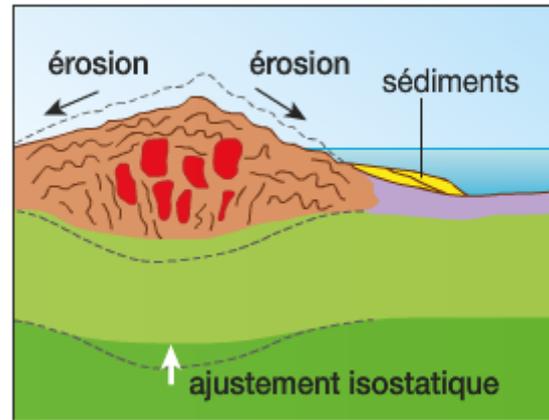
L'érosion provoque une remontée de la croûte

Modèle permettant d'expliquer la remontée des roches plutoniques



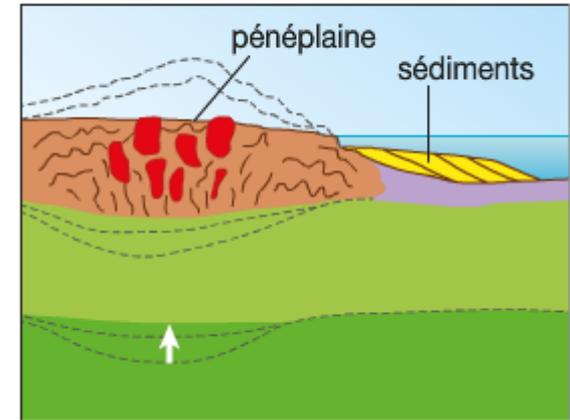
Formation de roches plutoniques en profondeur lors de l'orogénèse

exemple : les Alpes



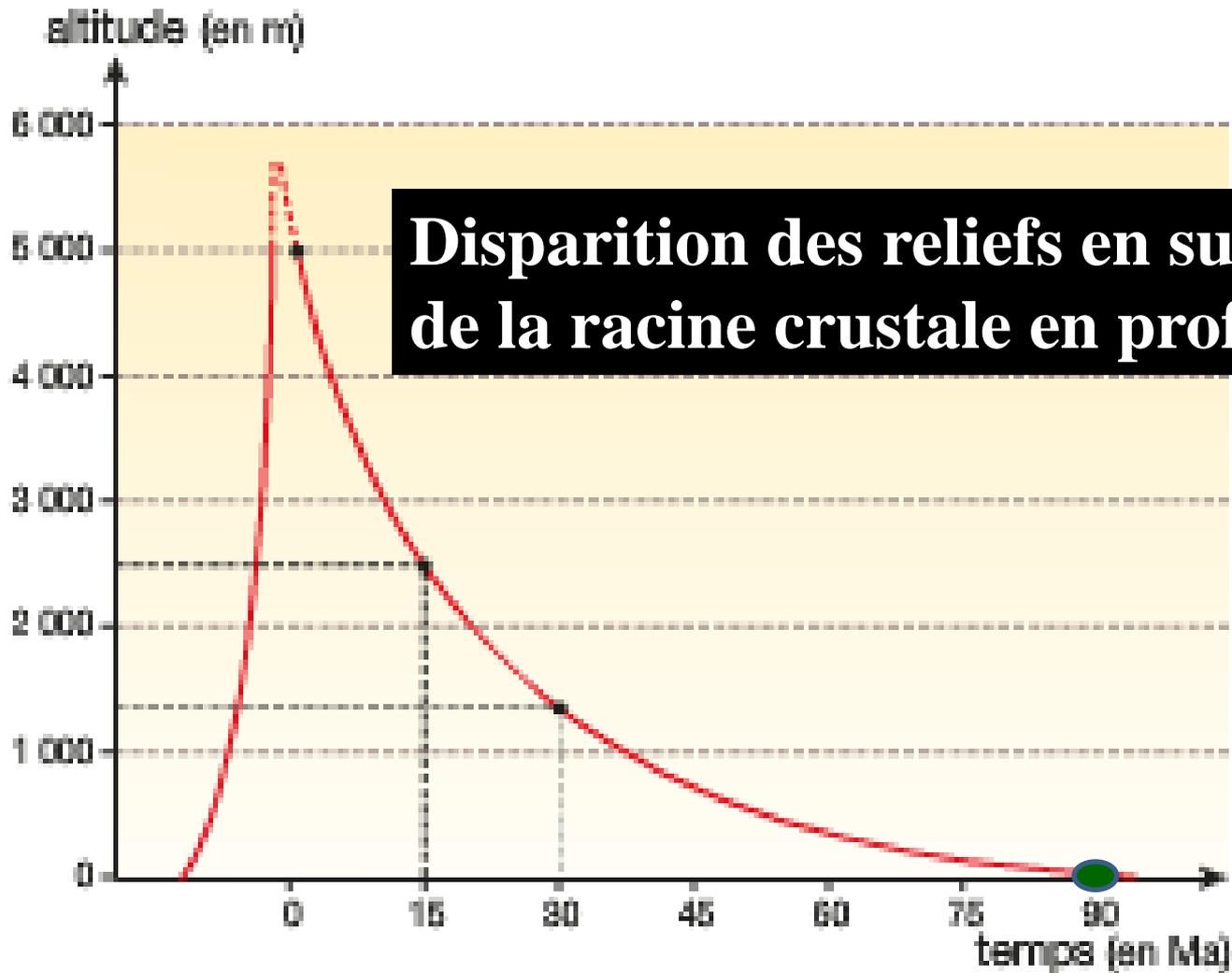
Erosion en surface => allègement de la croûte continentale => remontée de roches mantelliques denses pour compenser ce déficit de masse (réajustement isostatique)

exemple : le Massif central



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



London

Paris

Marseille

Barcelona

Valencia

Brussels

Luxembourg

Paris

Rennes

Bordeaux

Frankfurt

Köln

Nürnberg

München

Wien

Zürich

Warszawa

Milano

Verona

Venezia

Trieste

Ljubljana

Zagreb

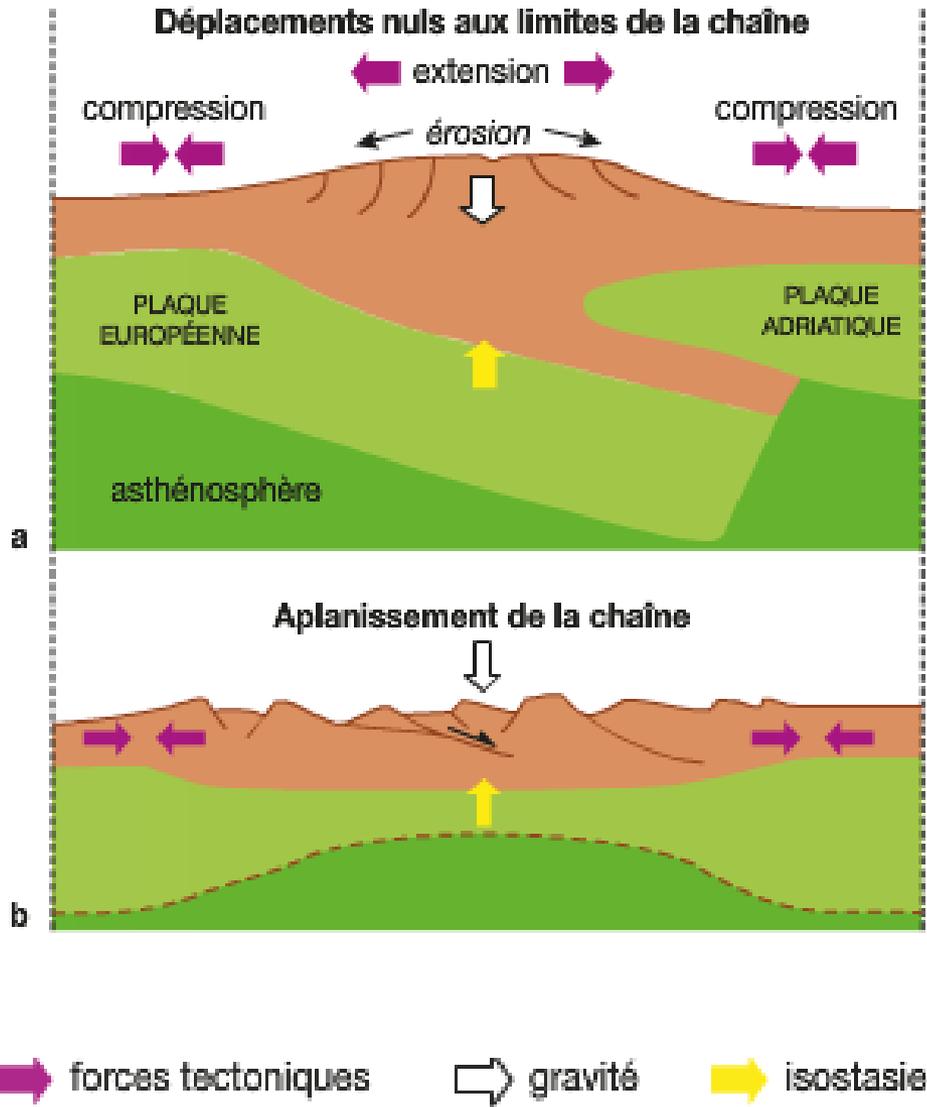
Genova

Bologna

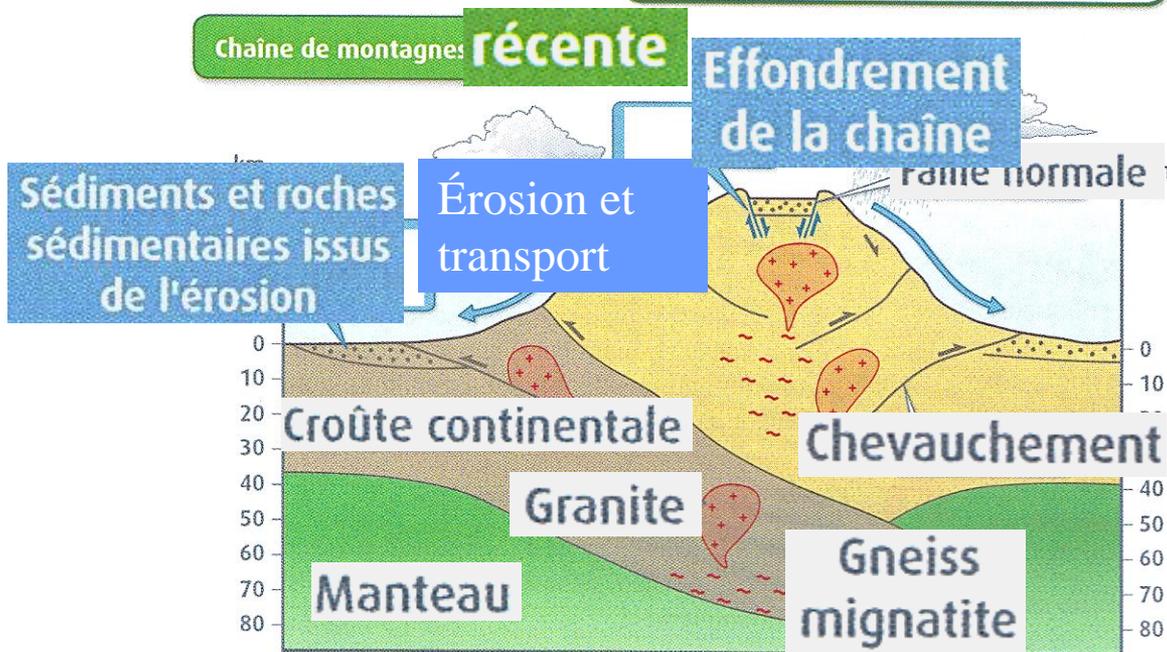
Roma

Napoli

Phénomène extensif à la fin de la phase de compression



La disparition des reliefs

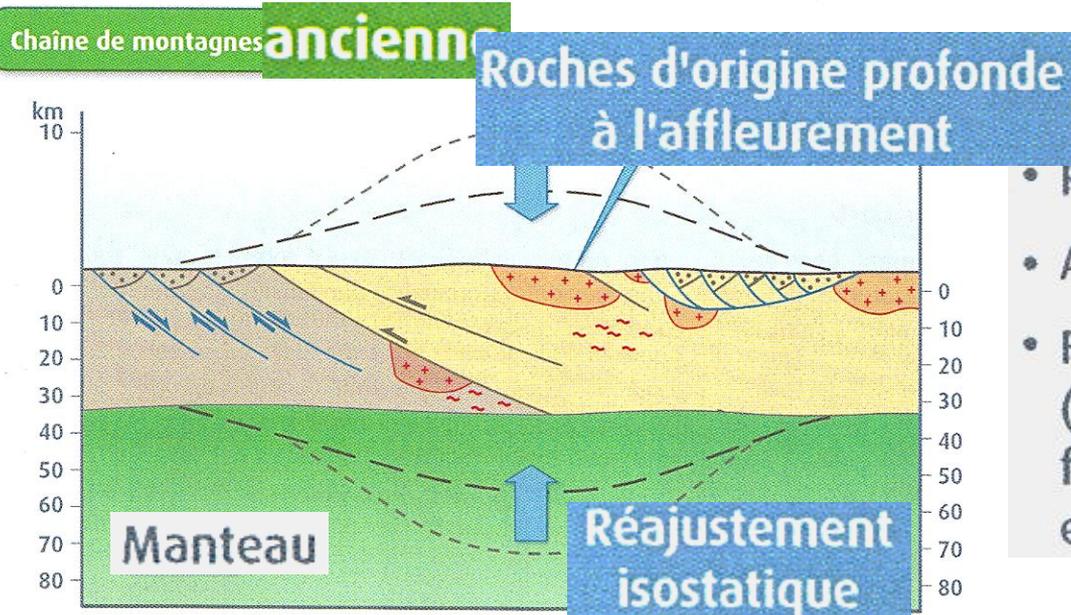


- Reliefs élevés
- Racine crustale profonde

érosion

- Réajustement isostatique

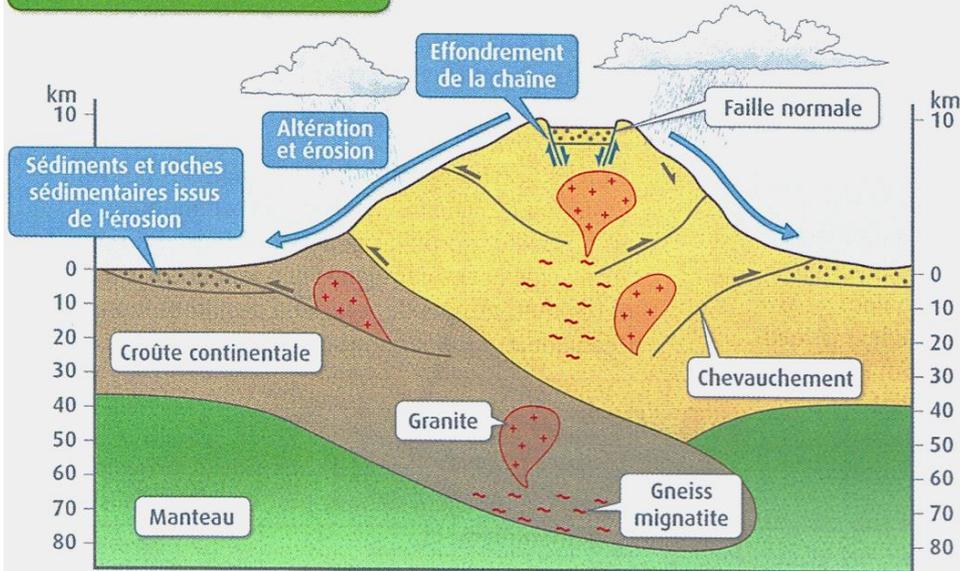
- Effondrement de la chaîne



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

La disparition des reliefs

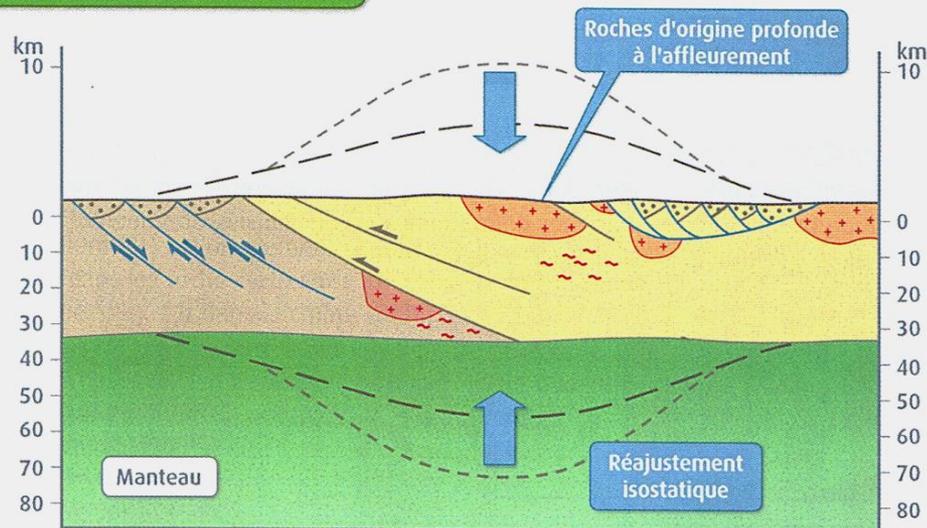
Chaîne de montagnes récente



- Reliefs élevés
- Racine crustale profonde

- Altération et érosion
- Effondrement de la chaîne
- Réajustement isostatique

Chaîne de montagnes ancienne



- 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

