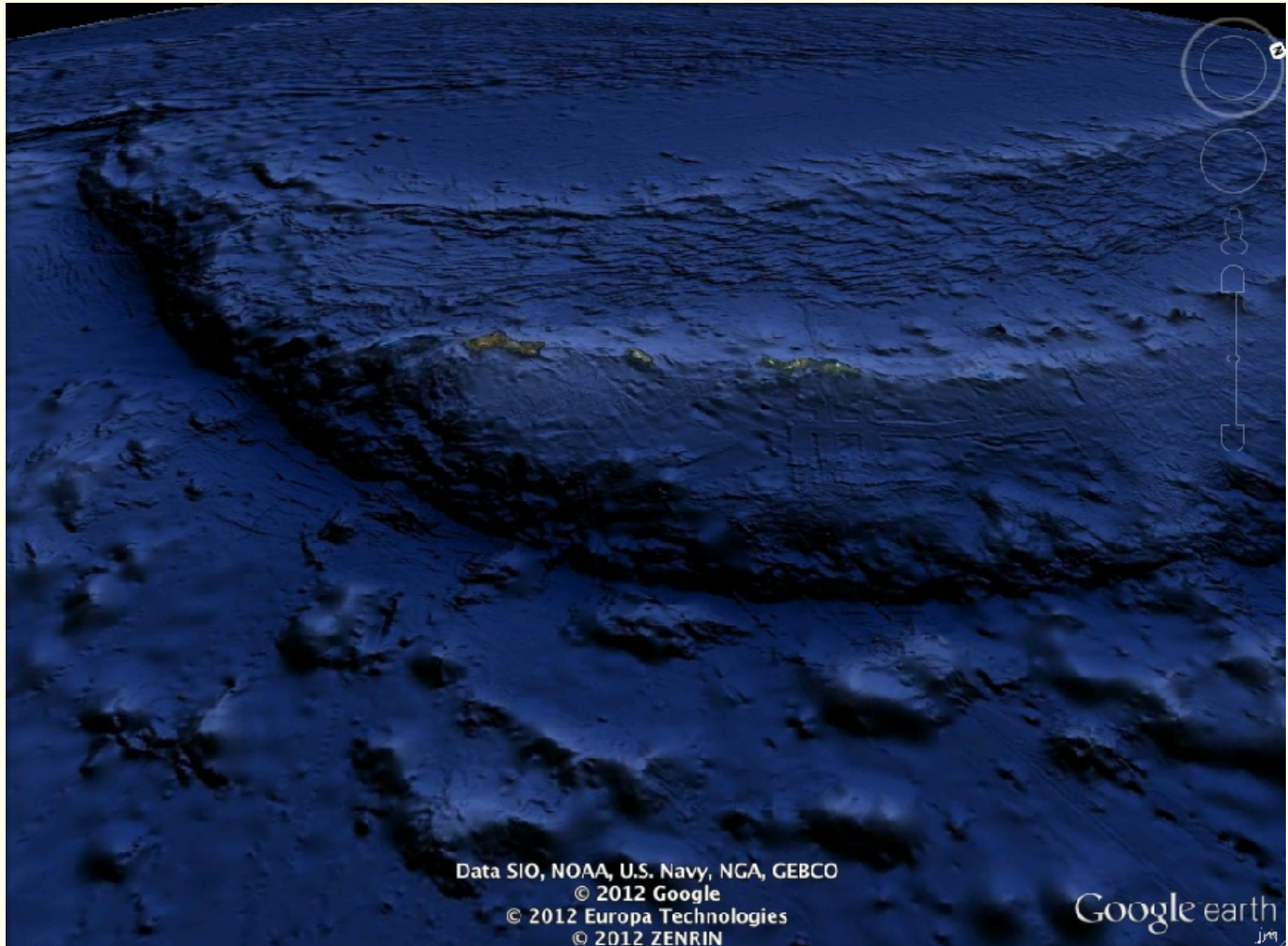


T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère



T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

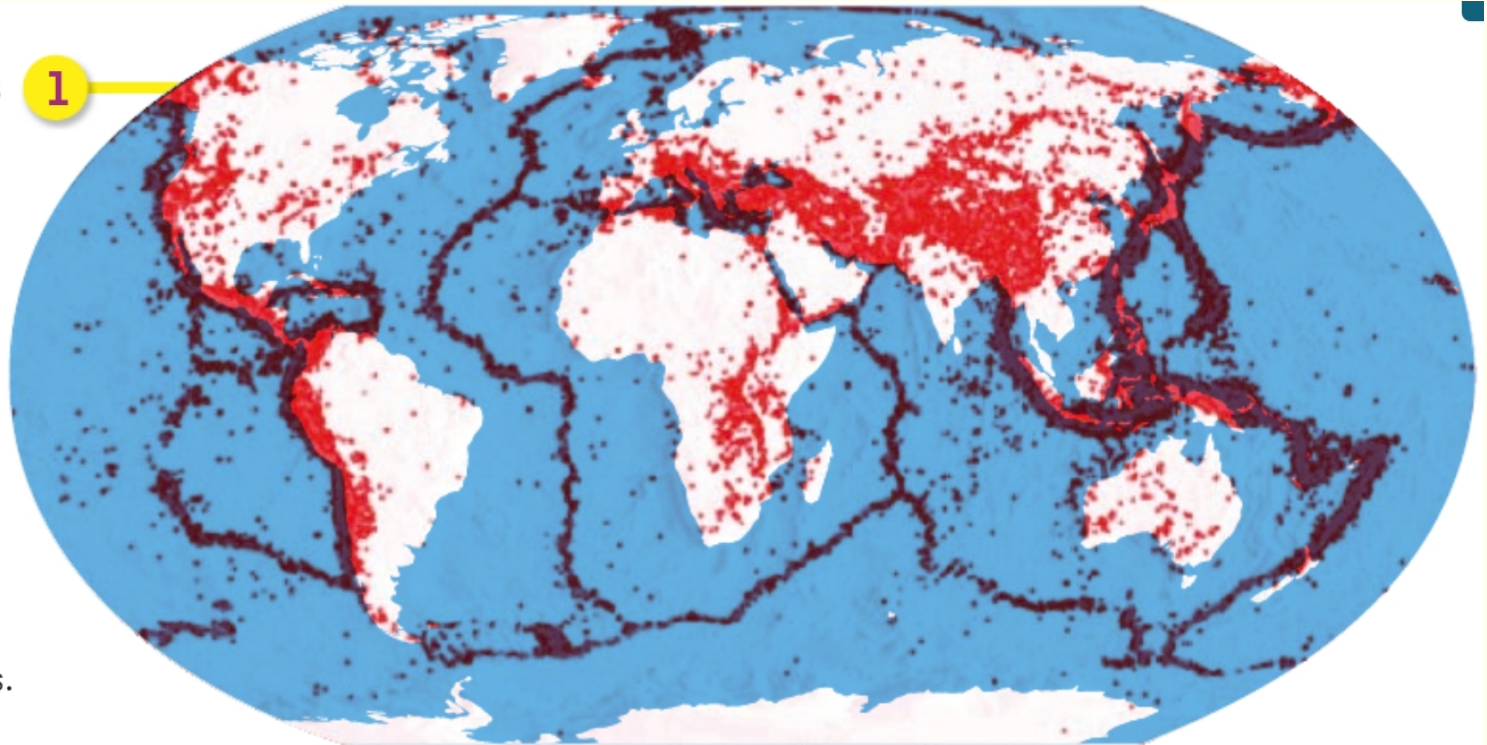
T1B2-1 Caractérisation de la mobilité horizontale

La lithosphère terrestre est découpée en plaques animées de mouvements.

Doc.1 page 140

Localisation des épicentres des séismes de magnitude égale ou supérieure à 3,5.

Seuls les séismes dont le foyer est localisé à une profondeur inférieure à 140 km sont représentés et ce pour la période 1967-2007. Les dorsales océaniques, fosses océaniques et chaînes de montagnes continentales sont les principales zones au niveau desquelles se produisent des séismes. Les épicentres des séismes sont représentés par des points rouges.



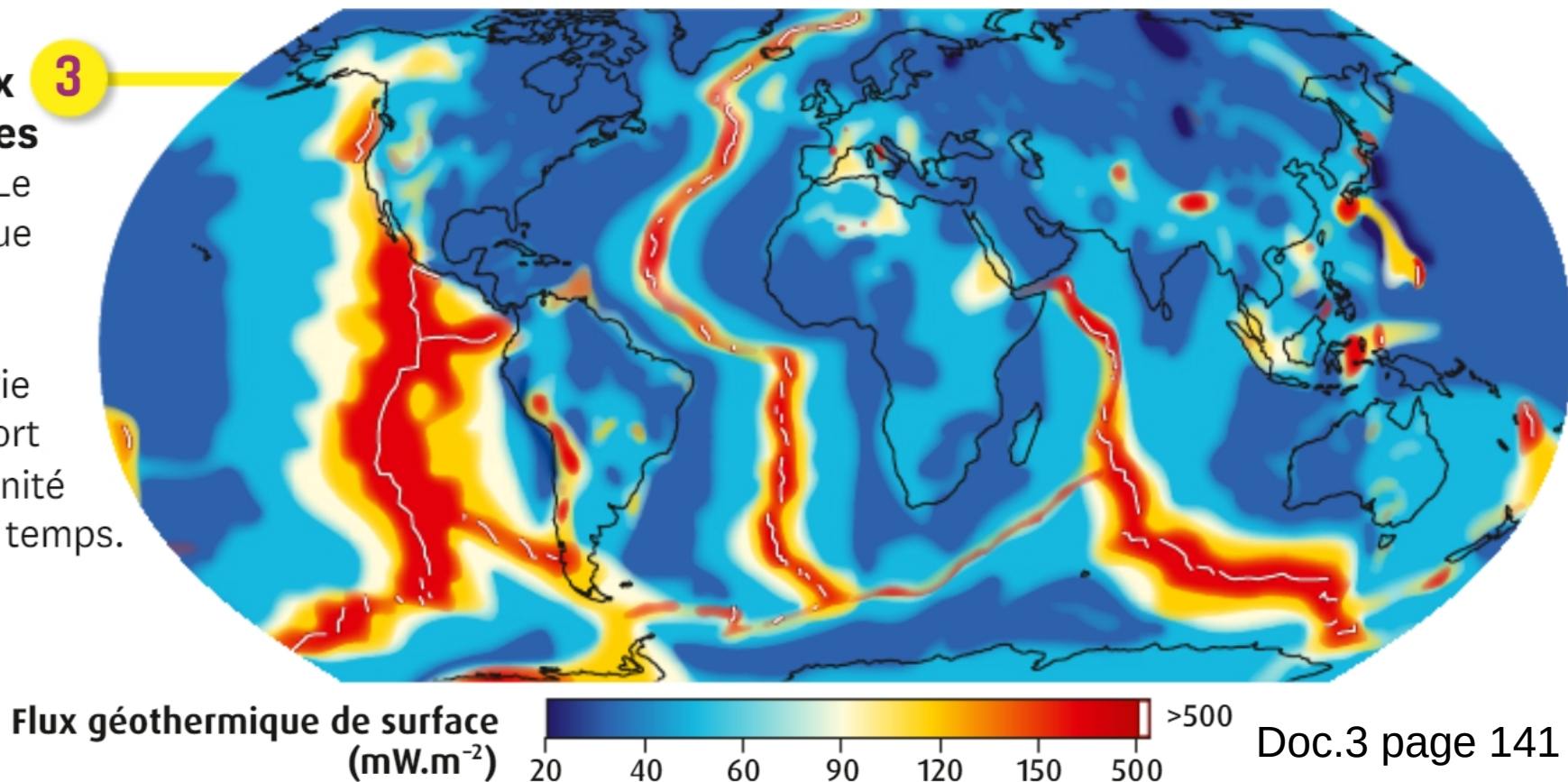
T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-1 Caractérisation de la mobilité horizontale

La lithosphère terrestre est découpée en plaques animées de mouvements.

3 Carte des flux géothermiques surfaciques. Le flux géothermique surfacique correspond à la quantité d'énergie thermique qui sort de la Terre par unité de surface et de temps.



Doc.3 page 141

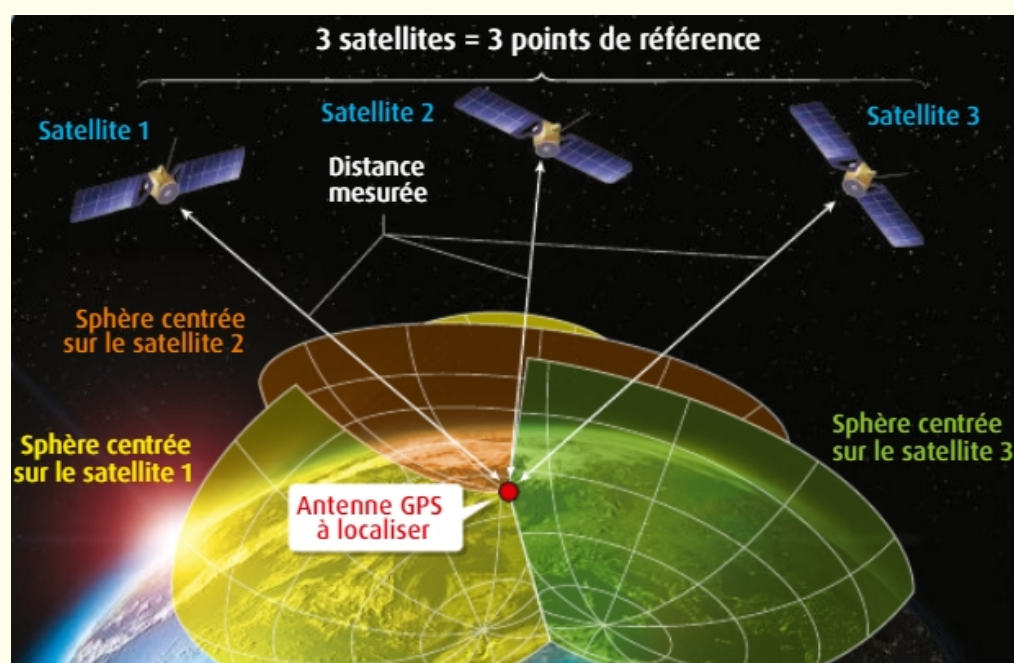
Flux max au niveau des dorsales
Cordillère des Andes? Himalaya?

T1B La dynamique interne de la Terre

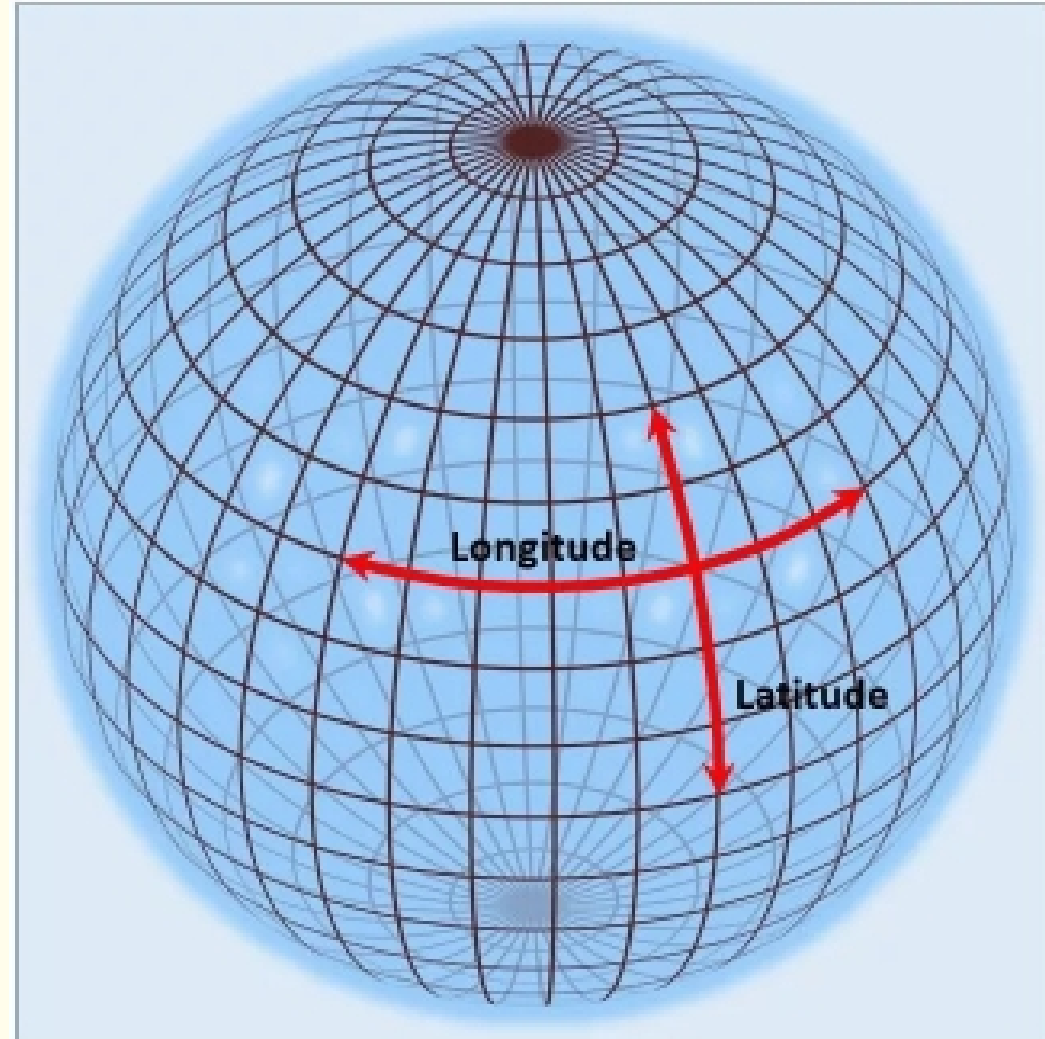
T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-1 Caractérisation de la mobilité horizontale

- mesures géodésiques,



Doc.1 page 142



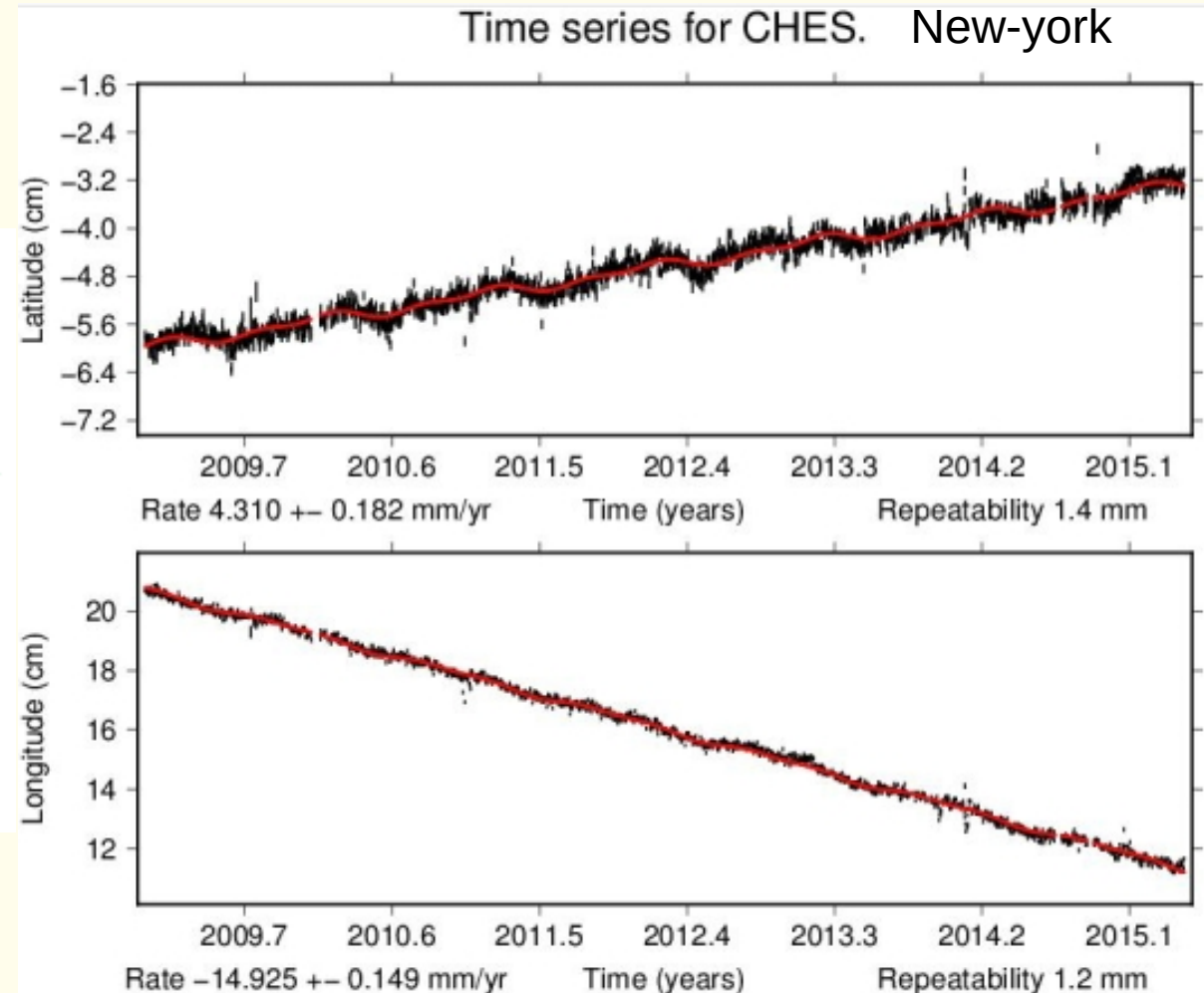
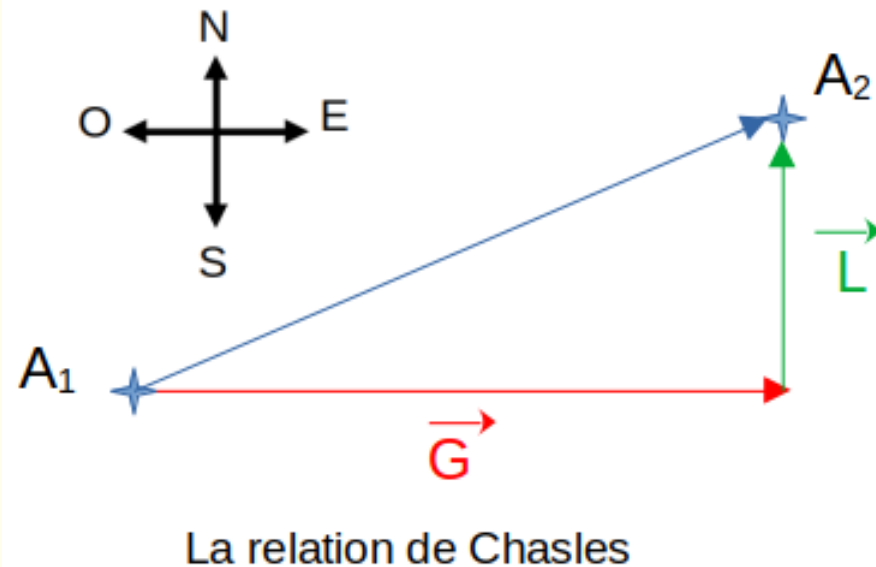
Repère géodésique

T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-1 Caractérisation de la mobilité horizontale

- mesures géodésiques,

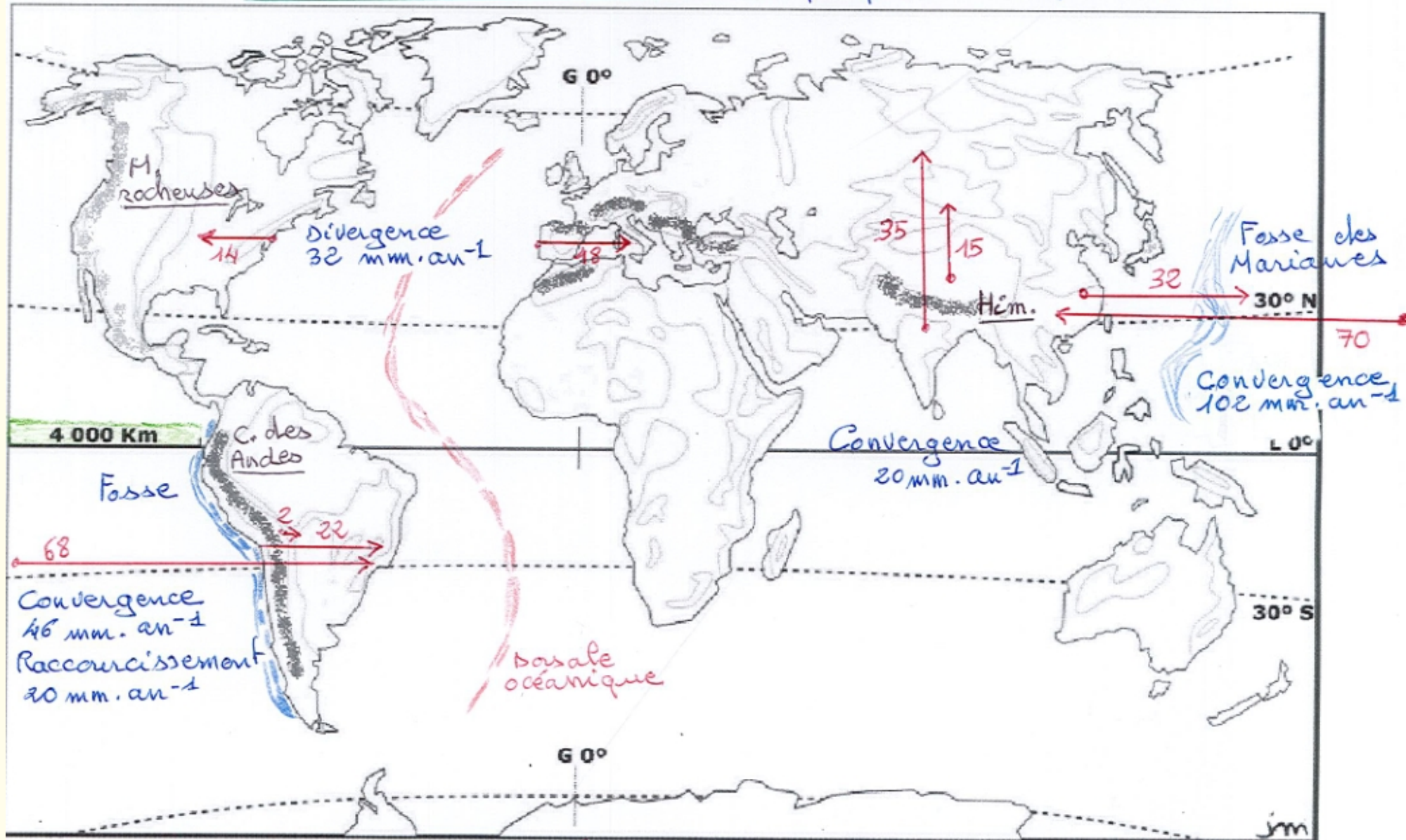


T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère T1B2-1... La mobilité horizontale

Vos résultats de TP

Déplacements horizontaux des plaques lithosphériques.



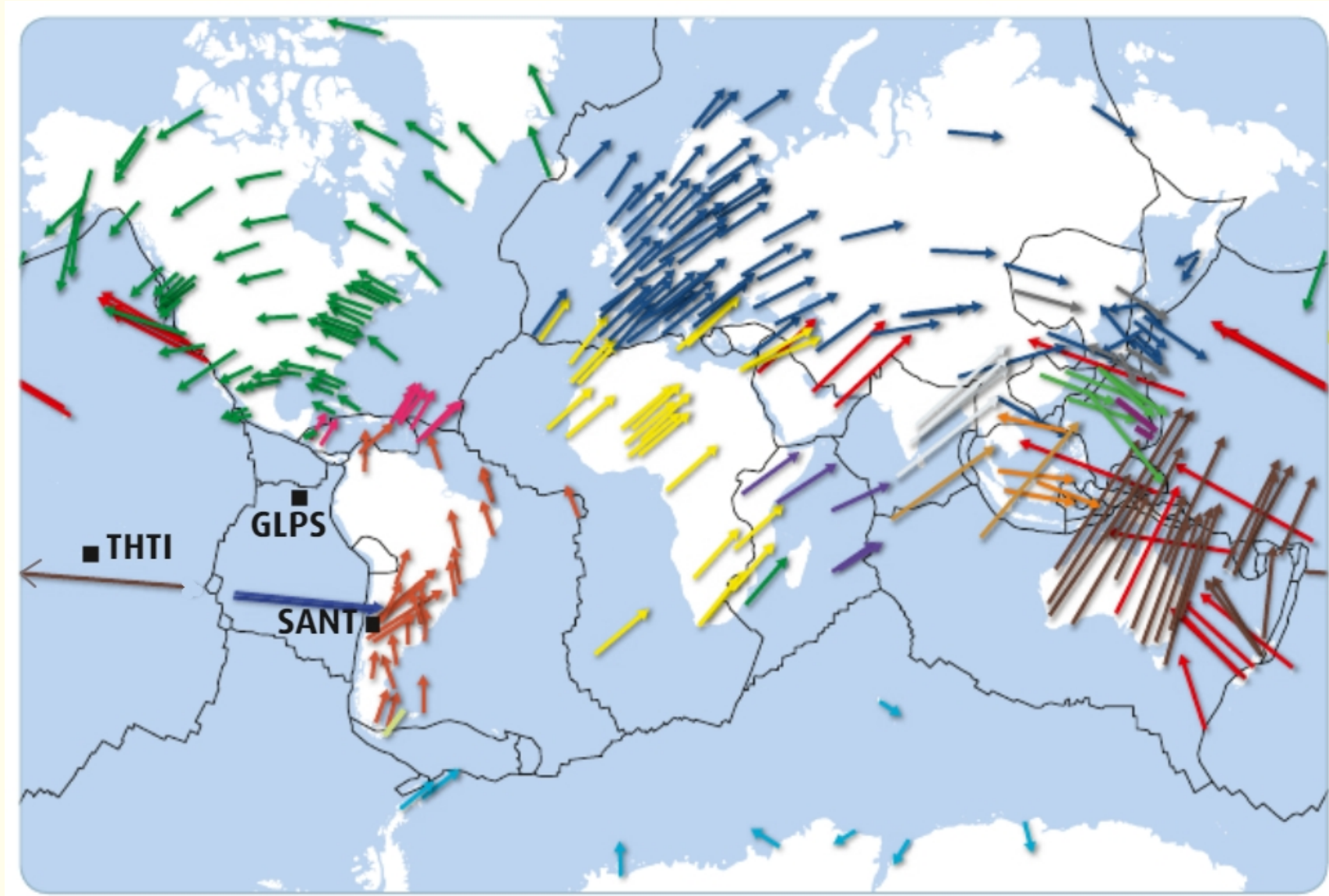
22 → : vitesse de déplacement dans le repère géodésique en mm.an⁻¹
Raccourcissement du continent mesuré en Amérique du Sud entre COTO et Tuca.

T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-1 Caractérisation de la mobilité horizontale

- mesures géodésiques, ... Bilan



T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-1 Caractérisation de la mobilité horizontale

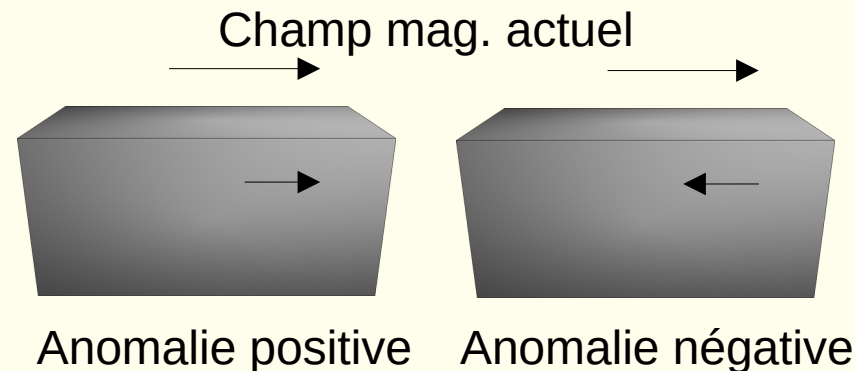
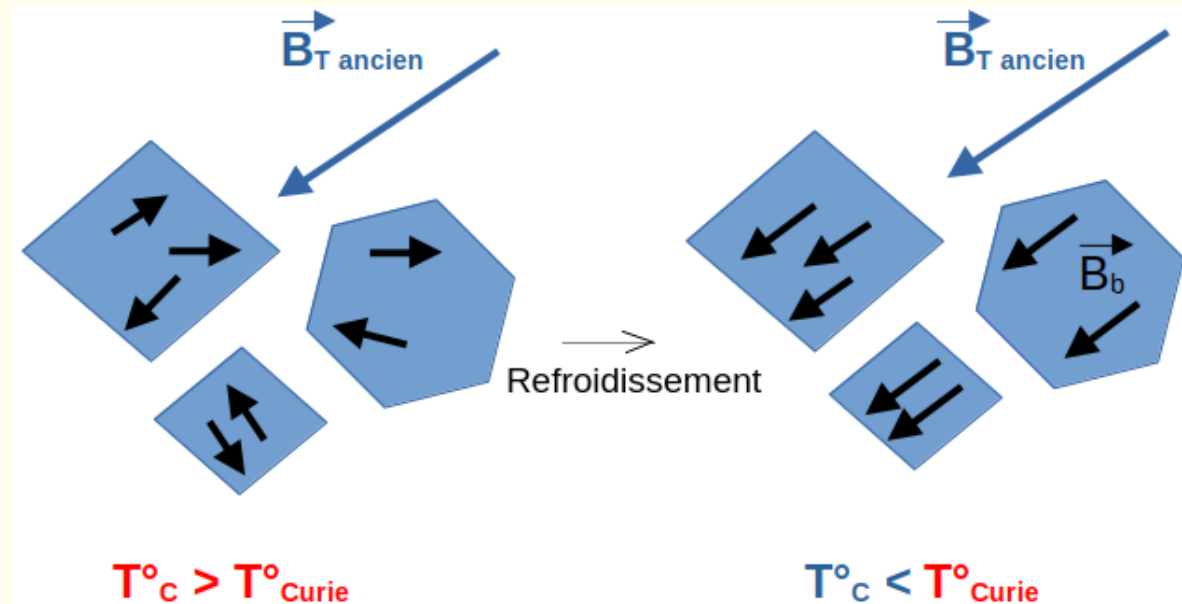
- études des anomalies magnétiques,

Le champ magnétique terrestre s'est inversé au cours des temps géologiques.

Température de Curie et anomalie magnétique

Lorsqu'une roche refroidit dans un champ magnétique certains minéraux acquièrent une aimantation de même sens que la champ magnétique imposé.

L'aimantation persiste au cours des Ma. Aimantation "fossile"

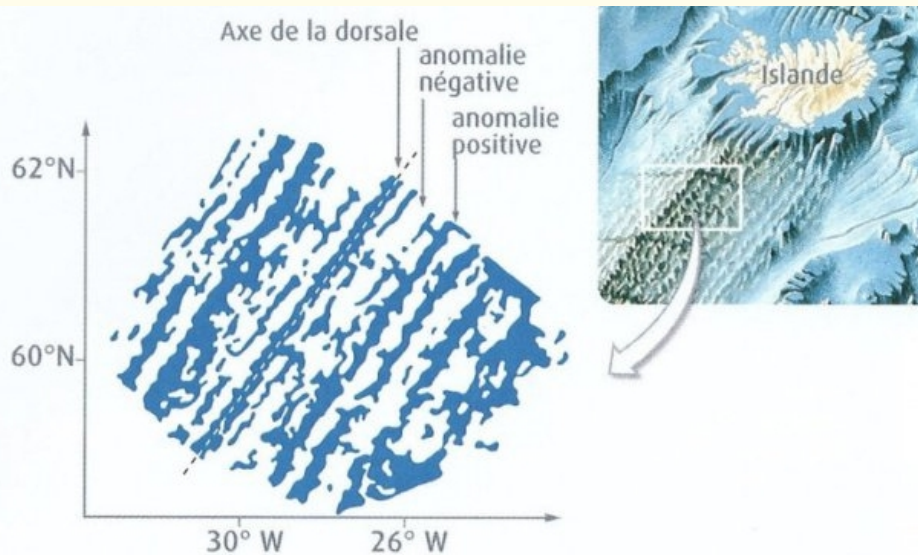


T1B La dynamique interne de la Terre

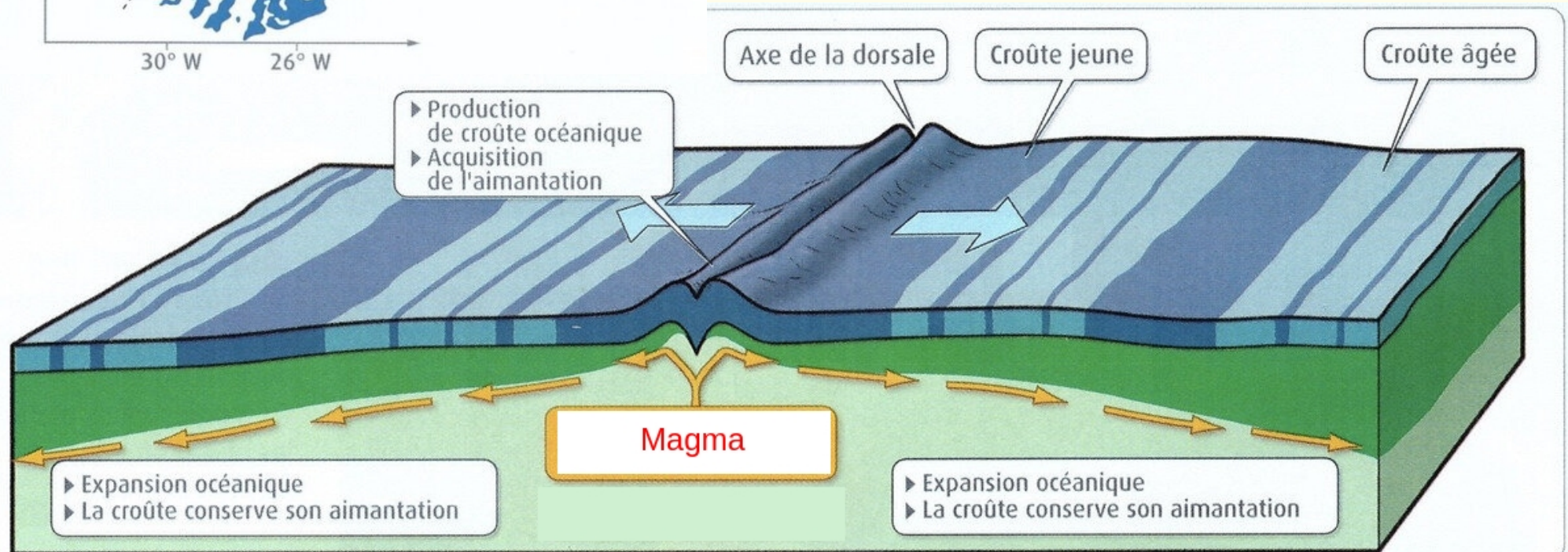
T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-1 Caractérisation de la mobilité horizontale

- études des anomalies magnétiques,



**Anomalies magnétiques
parallèles et
symétriques
par rapport à la dorsale océanique.**



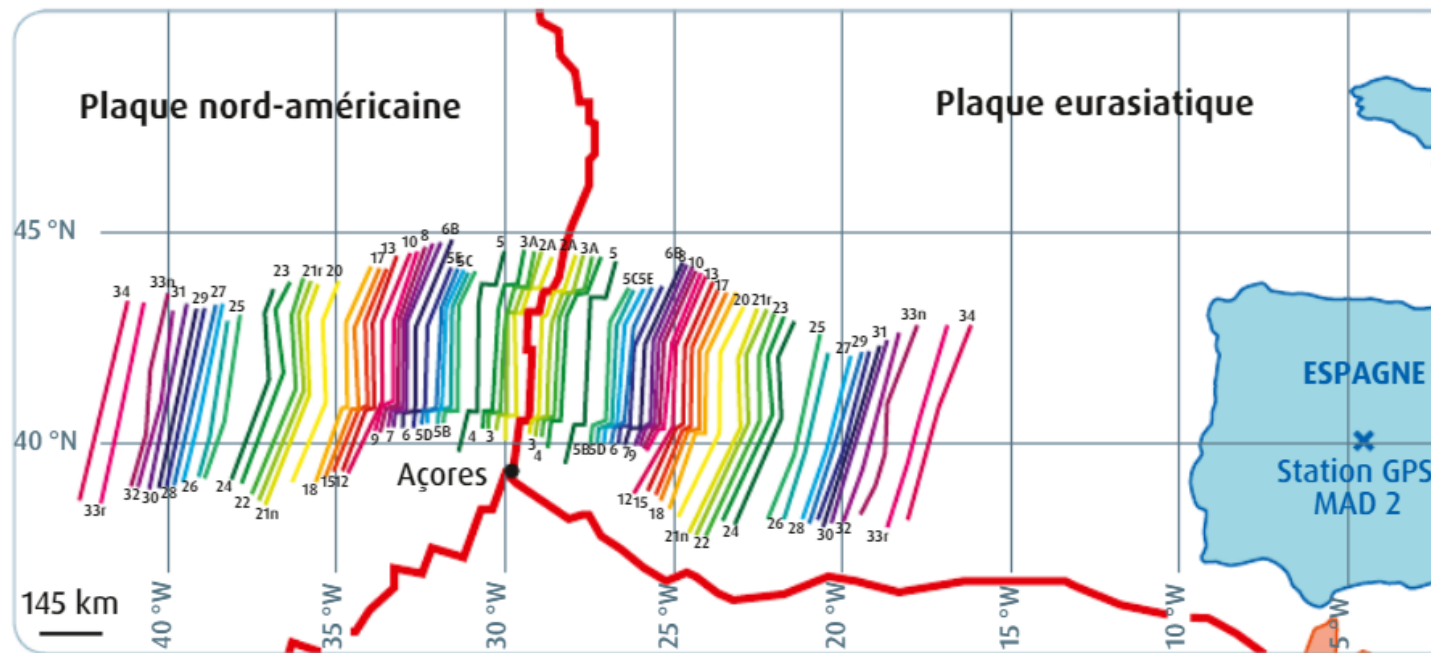
T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-1 Caractérisation de la mobilité horizontale

- études des anomalies magnétiques,

Calculs de la vitesse de divergence pour les anomalies 5, 25, 34.



Anomalie magnétique	2A	5	5B	6	13	15	17	21n	24	25	28	30	33n	34
Âge en millions d'années	2,58	10,95	14,80	20,13	33,06	34,55	36,62	46,26	52,36	55,90	62,50	65,58	73,62	83,50

5 Carte des anomalies magnétiques de l'Atlantique nord entre 40°N et 45°N de latitude. Chaque trait correspond à une anomalie magnétique. La station GPS MAD2 située en Espagne à la même latitude a une vitesse de déplacement en longitude de $18,3 \text{ mm.an}^{-1}$ en direction de l'ouest entre 2002 et 2018.

T1B La dynamique interne de la Terre

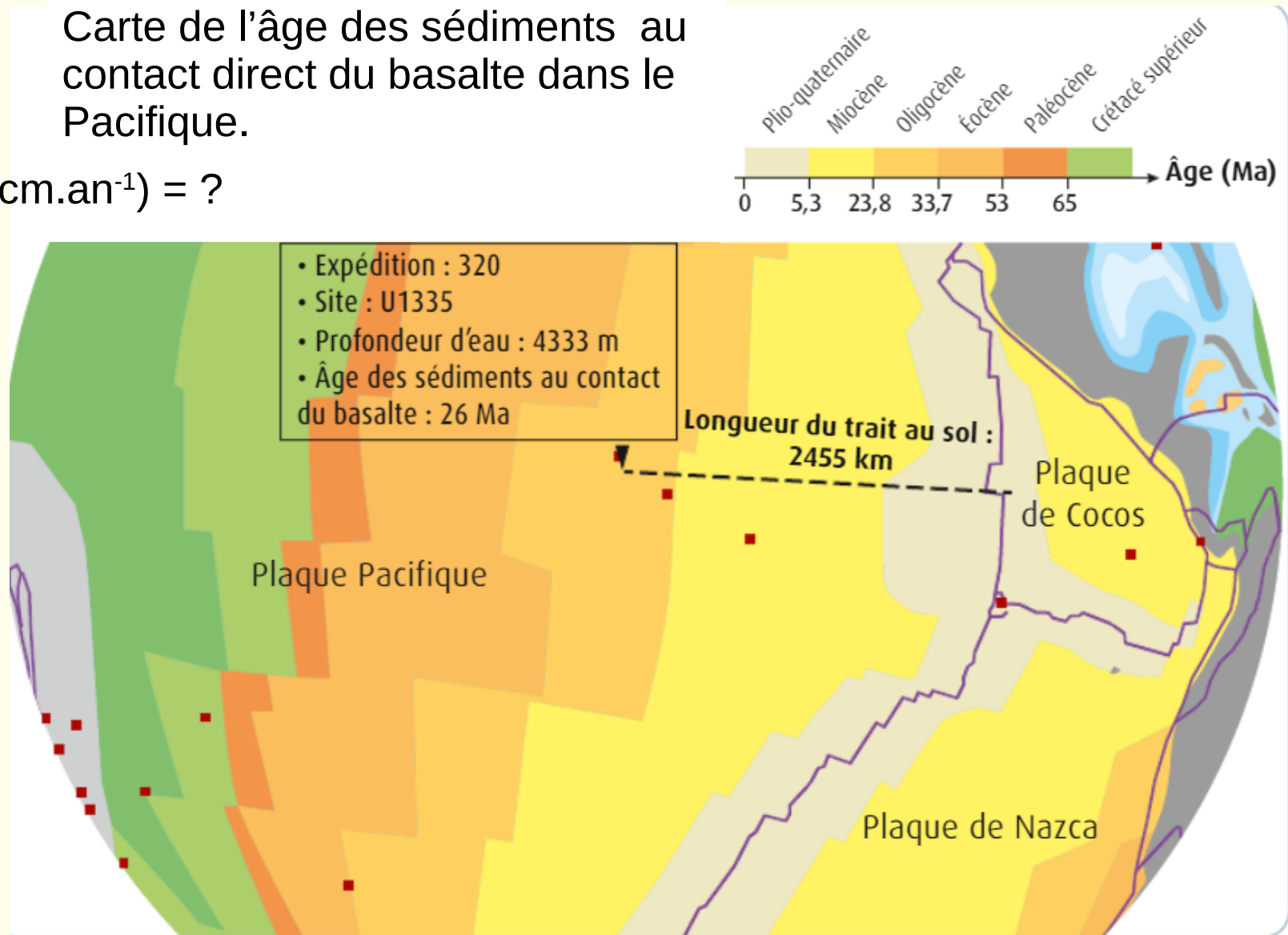
T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-1 Caractérisation de la mobilité horizontale

- détermination de l'âge des roches séd. par rapport à la dorsale,

Carte de l'âge des sédiments au contact direct du basalte dans le Pacifique.

Vitesse (cm.an^{-1}) = ?

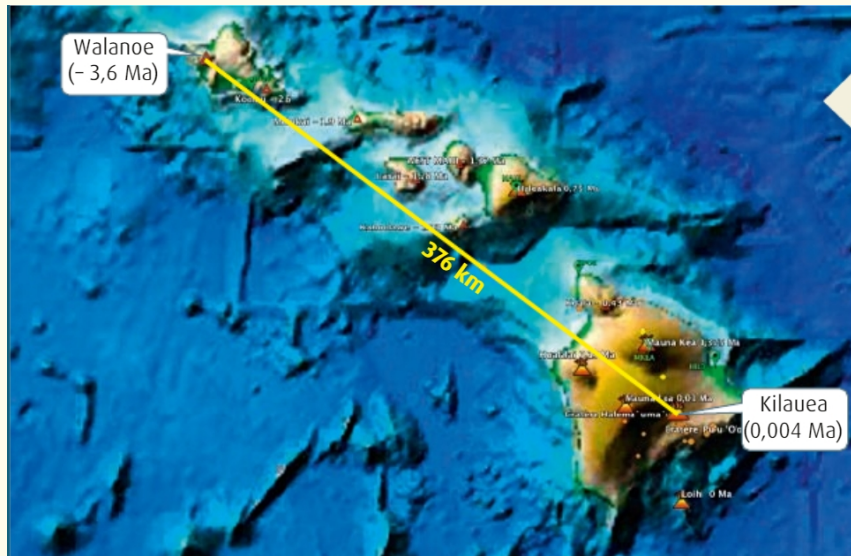


T1B La dynamique interne de la Terre

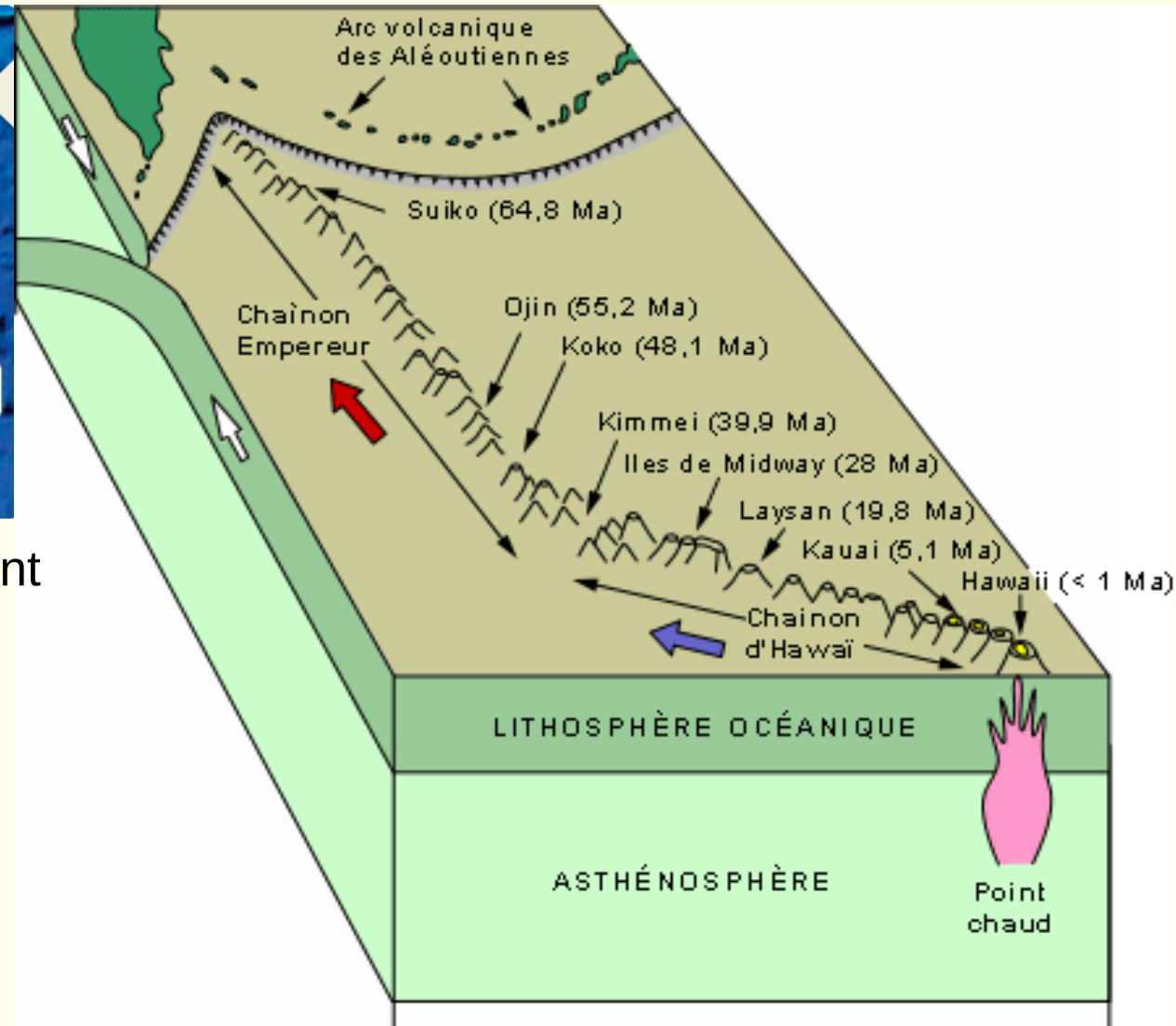
T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-1 Caractérisation de la mobilité horizontale

- alignements volcaniques liés aux points chauds.



Calcul de la vitesse de déplacement de la plaque Pacifique (cm.an^{-1}):



T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-1 Caractérisation de la mobilité horizontale

Bilan :

Le mouvement des plaques, passé et actuel, peut être mesuré par différentes méthodes géologiques :

- mesures géodésiques,**
- études des anomalies magnétiques,**
- détermination de l'âge des roches par rapport à la dorsale,**
- alignements volcaniques liés aux points chauds.**

Ordre de grandeur : cm.an^{-1}

T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-1 Caractérisation de la mobilité horizontale

L'ensemble des indices géologiques et les mesures actuelles permettent d'identifier des zones de convergence et des zones de divergence aux caractéristiques géologiques différentes (marqueurs sismologiques, thermiques, pétrologiques).

Caractéristiques pétrologiques

Zones de Convergence

Sédiments

Volcaniques

Plutoniques

Basalte (rare)

Andésite
ou Rhyolite

Granite
Gneiss

Zones de Divergence

Sédiments

Basalte

Gabbro

Péridotite

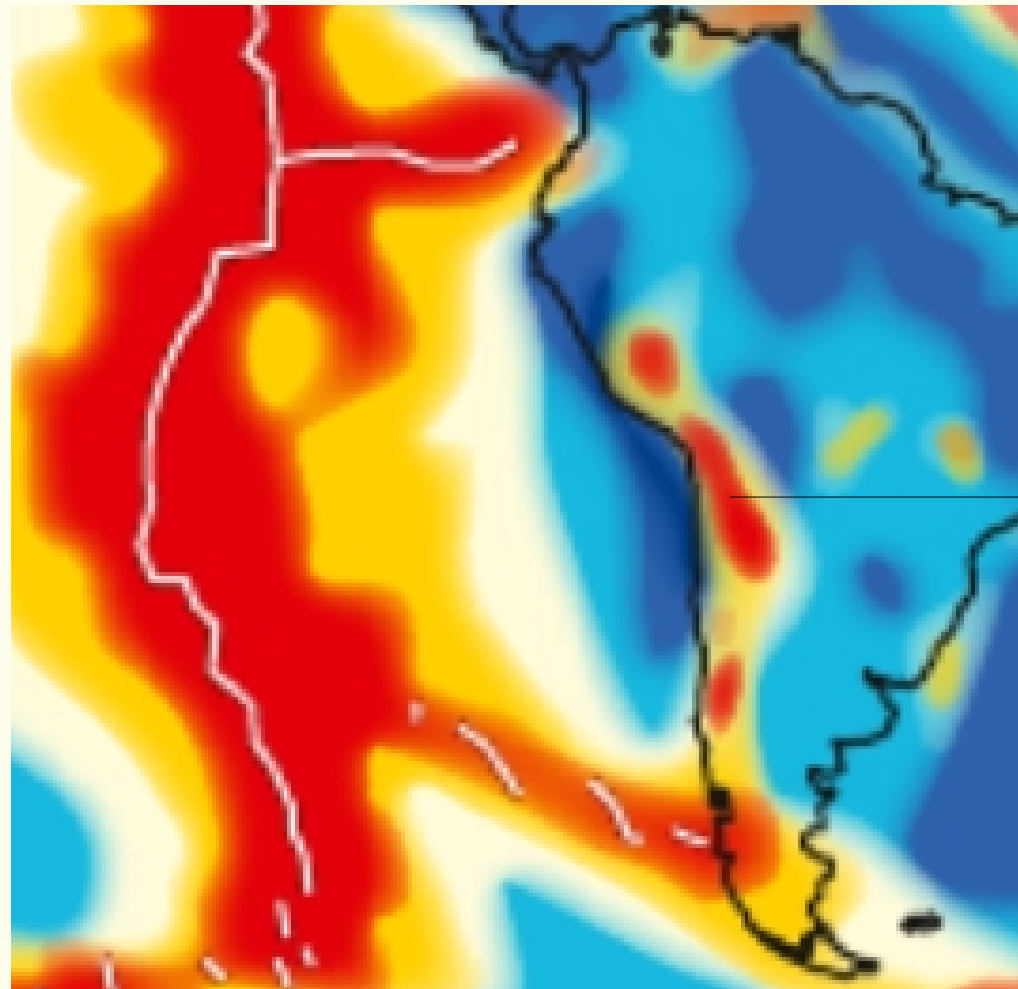
T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

Au niveau d'une zone de convergence (subduction) la lithosphère océanique est vieille, épaisse, froide et hydratée ! *Origine de l'eau voir le vieillissement de la LO.*

Doc.3 page 141



Anomalie
thermique

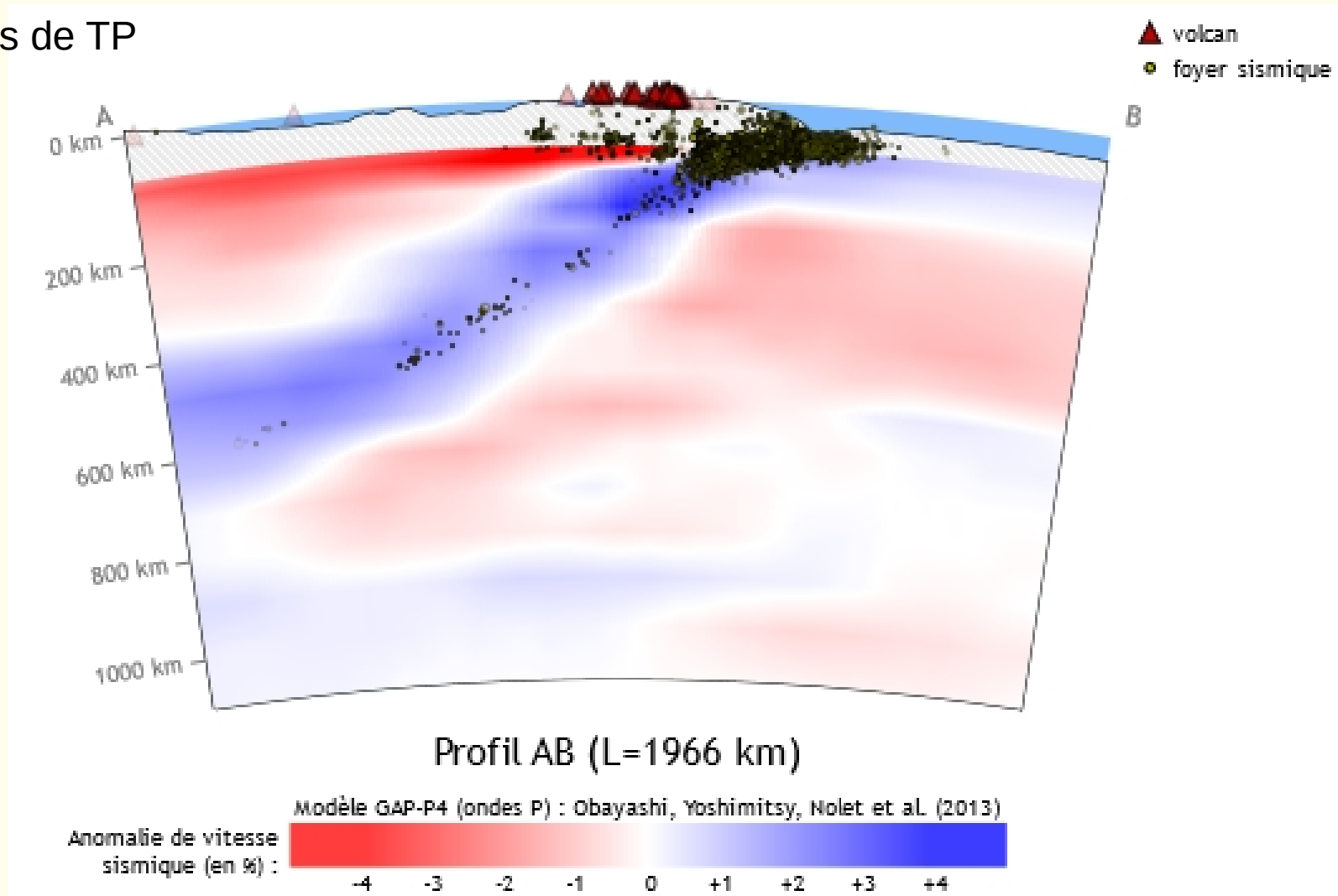
T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

Au niveau d'une zone de subduction, la lithosphère océanique froide plonge en profondeur

Vos résultats de TP
Japon

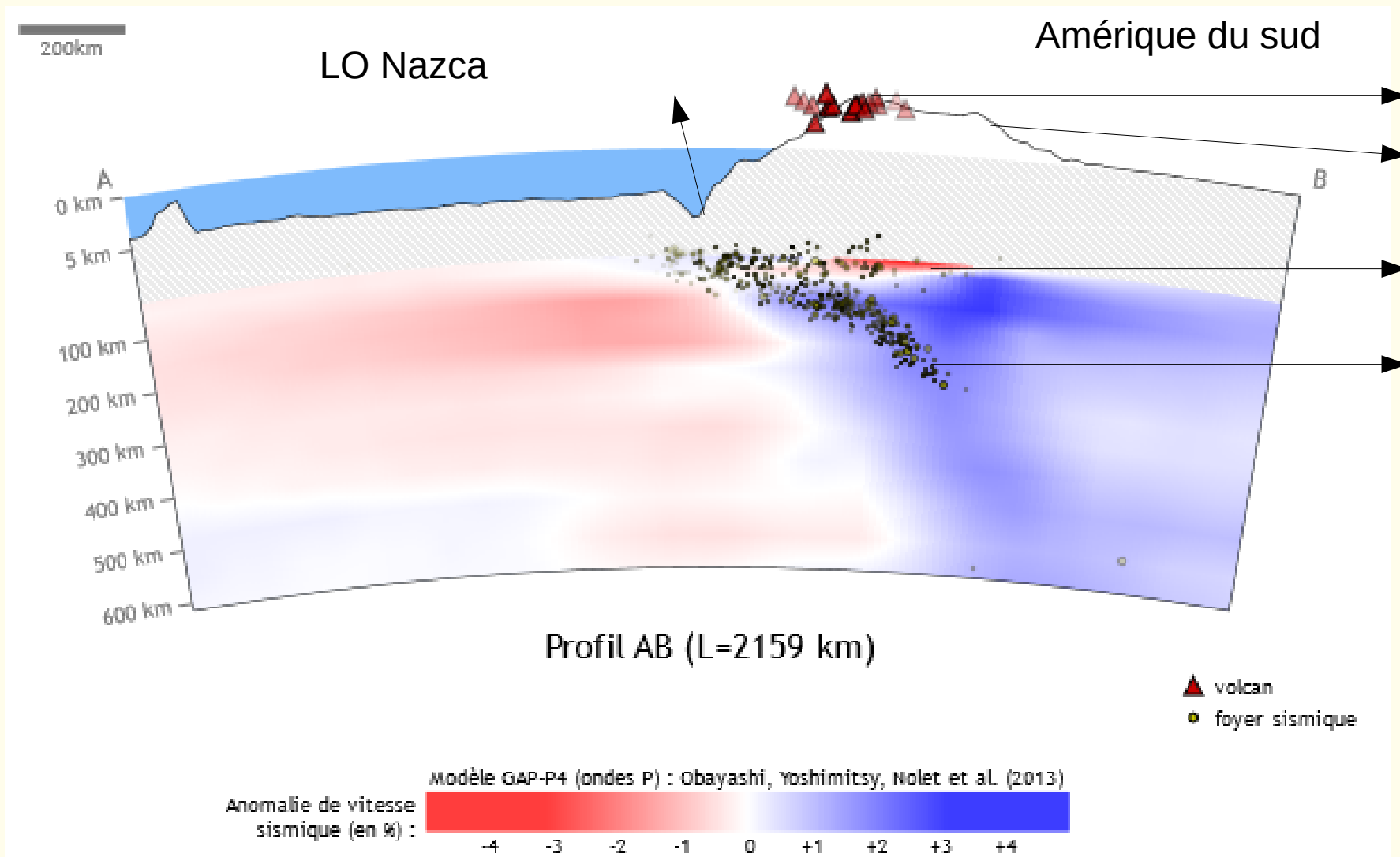


T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

Au niveau d'une zone de subduction, la lithosphère océanique froide plonge en profondeur

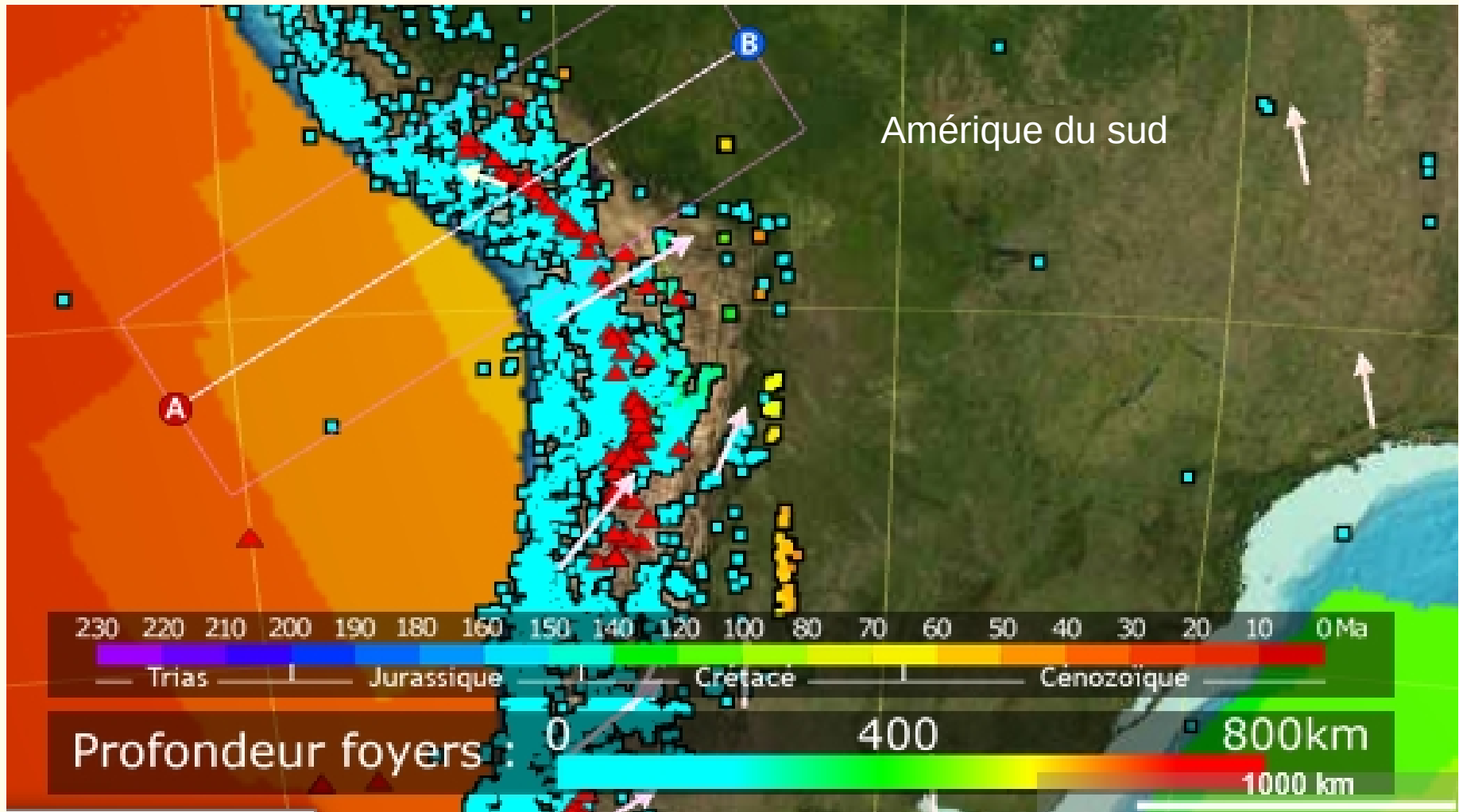


T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

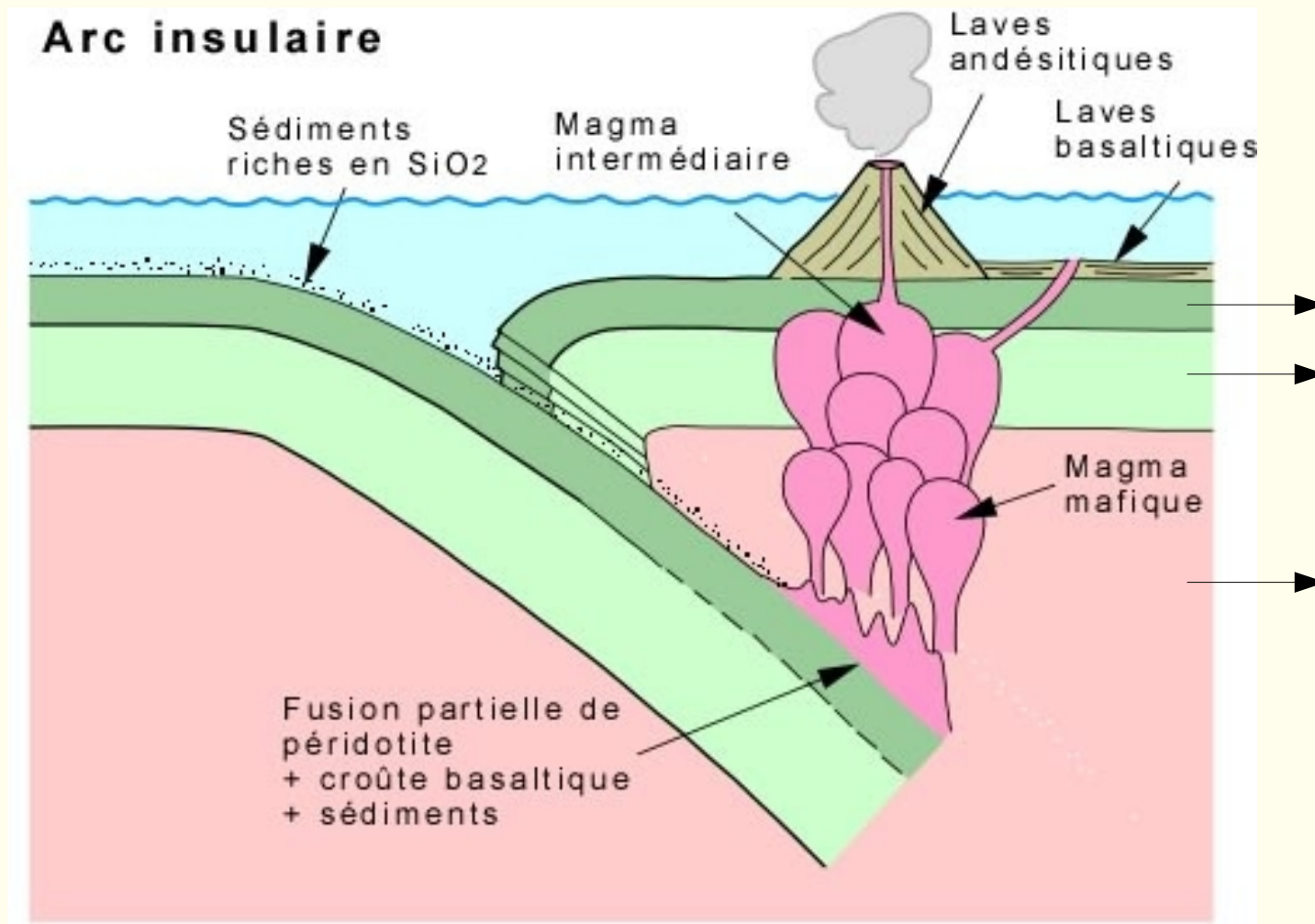
La lithosphère océanique (âgée) plonge en profondeur au niveau d'une zone de subduction.



T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

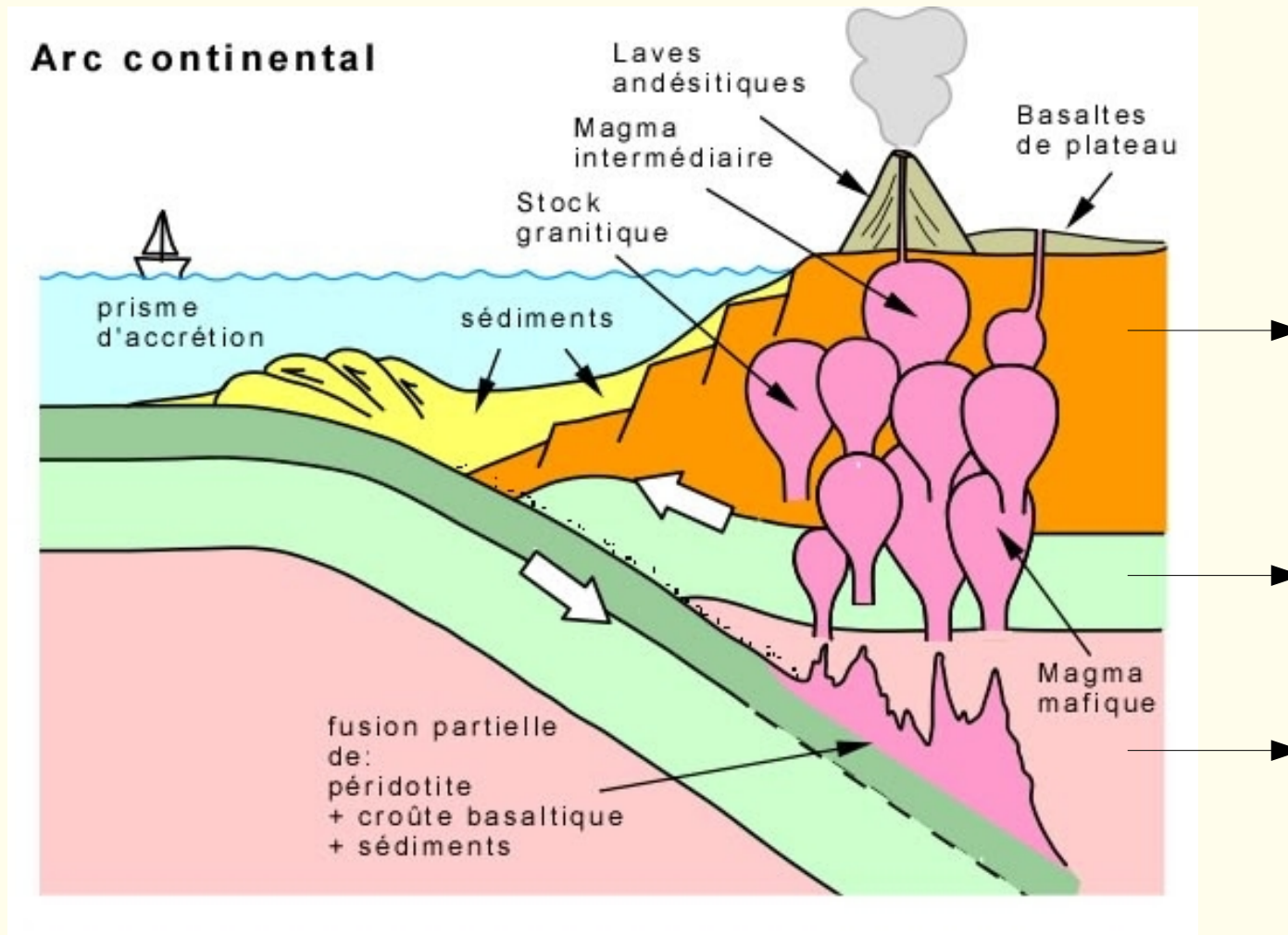


Les zones de subduction sont le siège d'un magmatisme au niveau de la plaque chevauchante. Ces magmas sont issus de la fusion partielle du coin de manteau situé sous la plaque chevauchante

T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)



Les zones de subduction sont le siège d'un magmatisme au niveau de la plaque chevauchante. Ces magmas sont issus de la fusion partielle du coin de manteau situé sous la plaque chevauchante

T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

Les magmas peuvent s'exprimer en surface

→ Volcanisme de type explosif. Cause de l'explosivité ?



Altitude
3000m

Mont Redoubt Alaska

T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

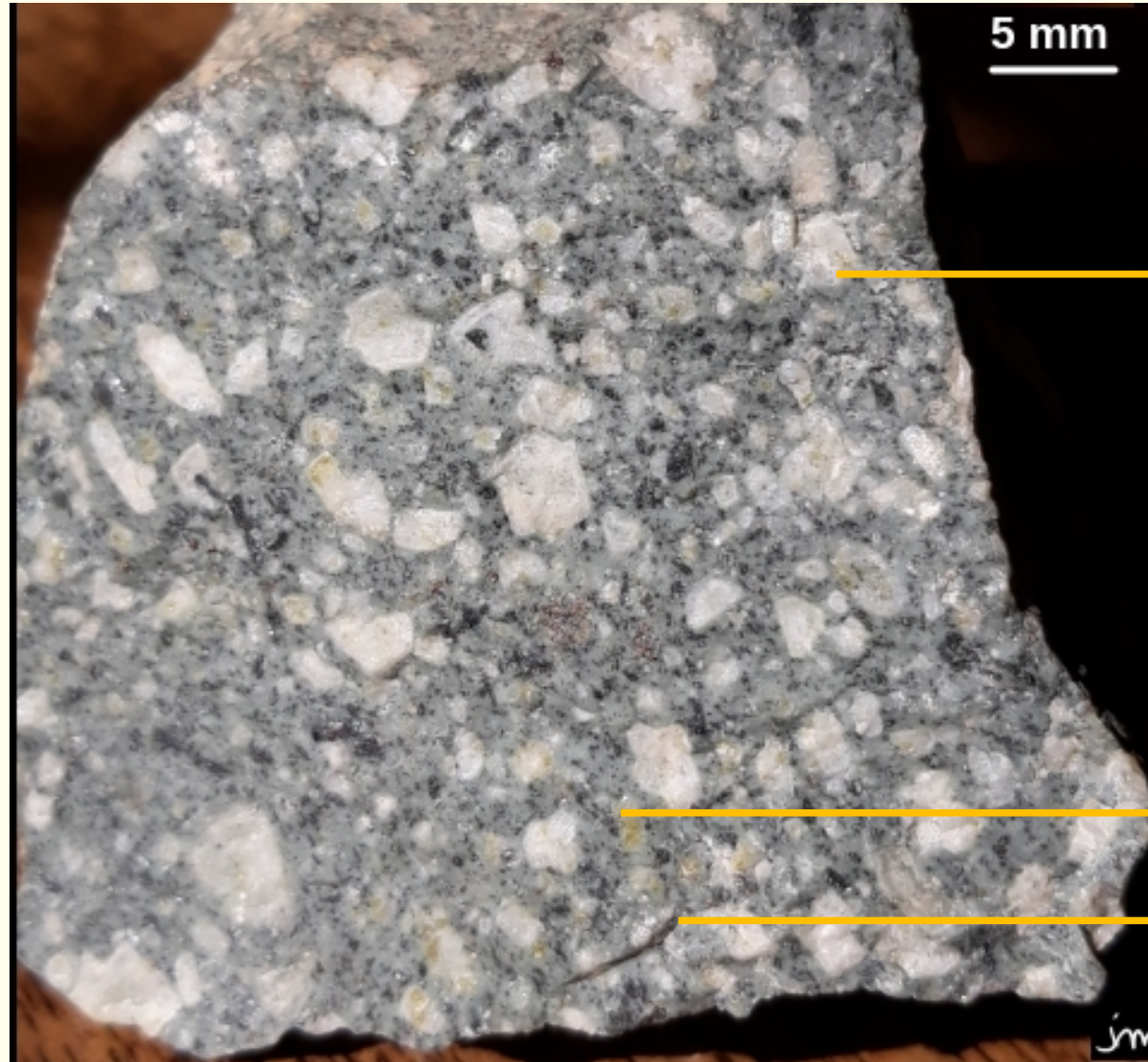
Les roches mises en place montrent une diversité pétrologique mais leur minéralogie atteste toujours de magmas riches en eau.

Esterelite

Bleue verte

Composition :
Andésitique

Mais Microgrenue
car refroidissement
lent



Plagioclase
(andésine)

Biotite

Chlorite (?)

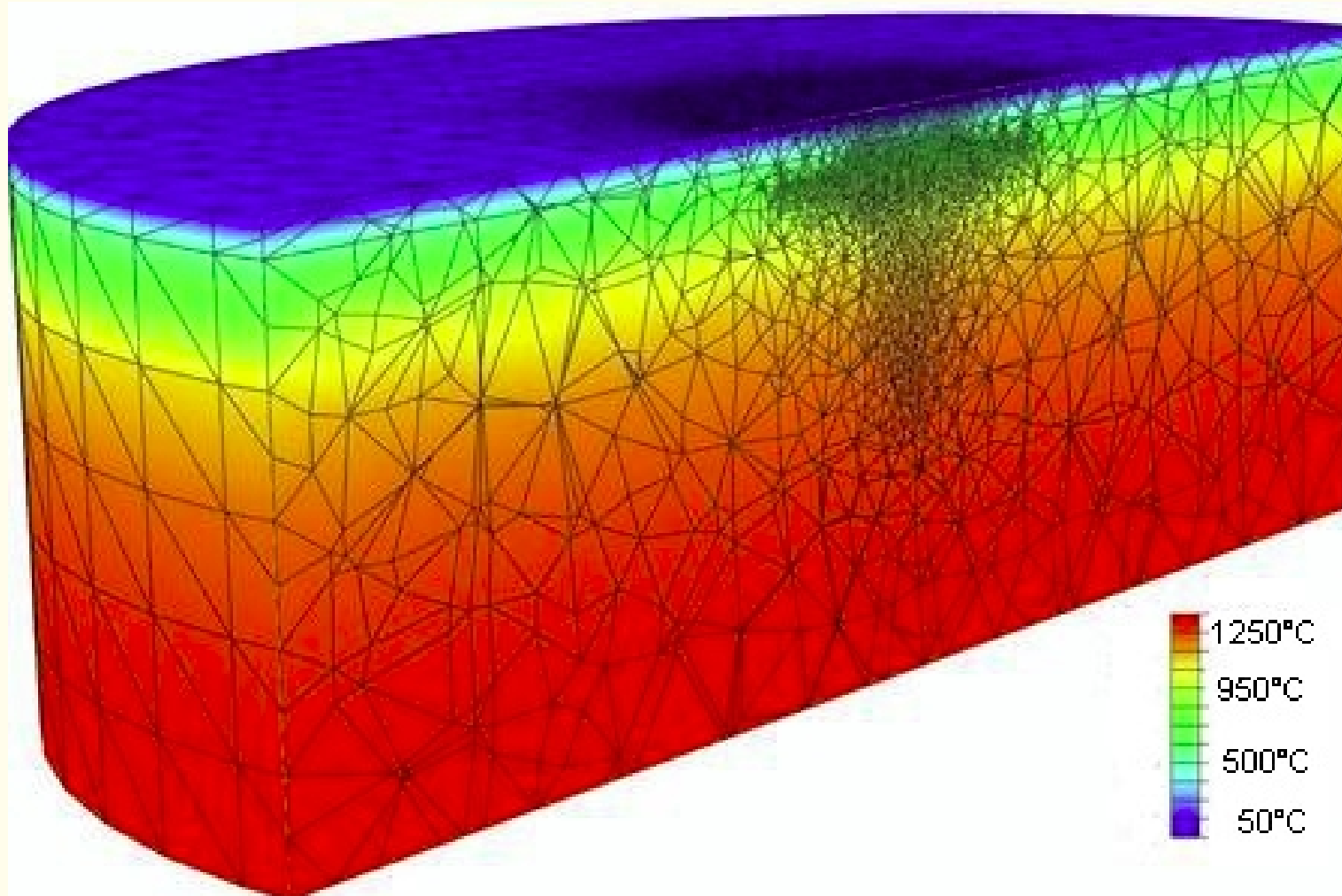
Amphibole
(hornblende)

T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

Les magmas peuvent cristalliser en profondeur, sous forme de massifs plutoniques → sombrero



T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

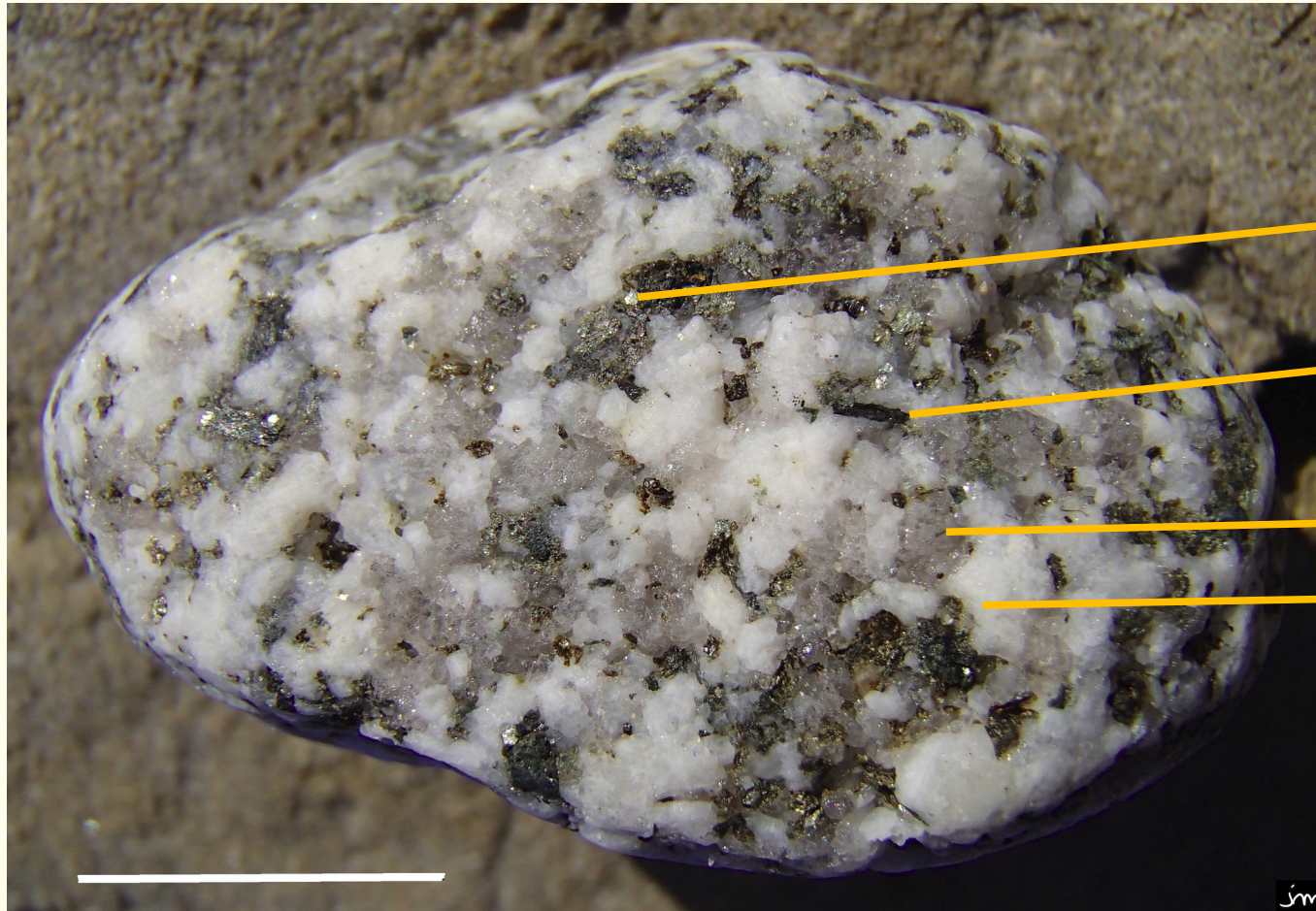
T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

Les roches mises en place montrent une diversité pétrologique mais leur minéralogie atteste toujours de magmas riches en eau.

Granodiorite

Composition :
+ Granitique

Holocristalline



Biotite

Amphibole
(hornblende)

Quartz

Plagioclase

Granodiorite à amphibole de l'Ésera (barre 1cm)

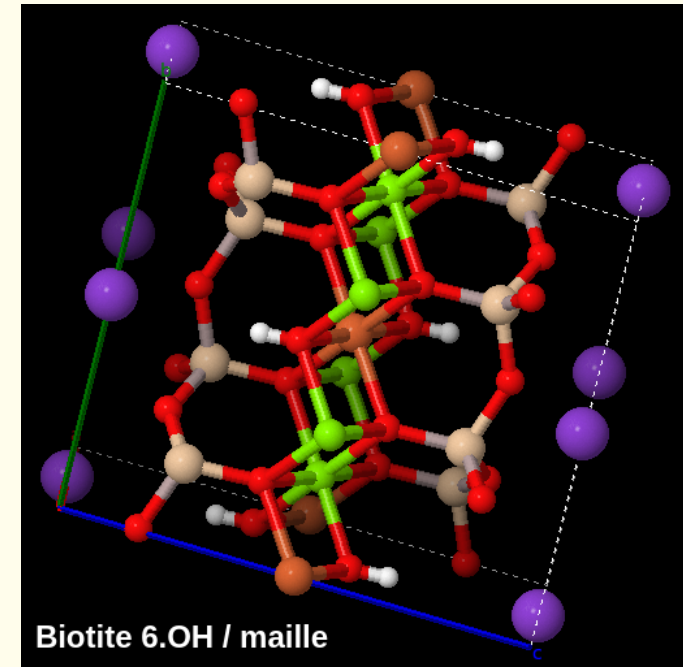
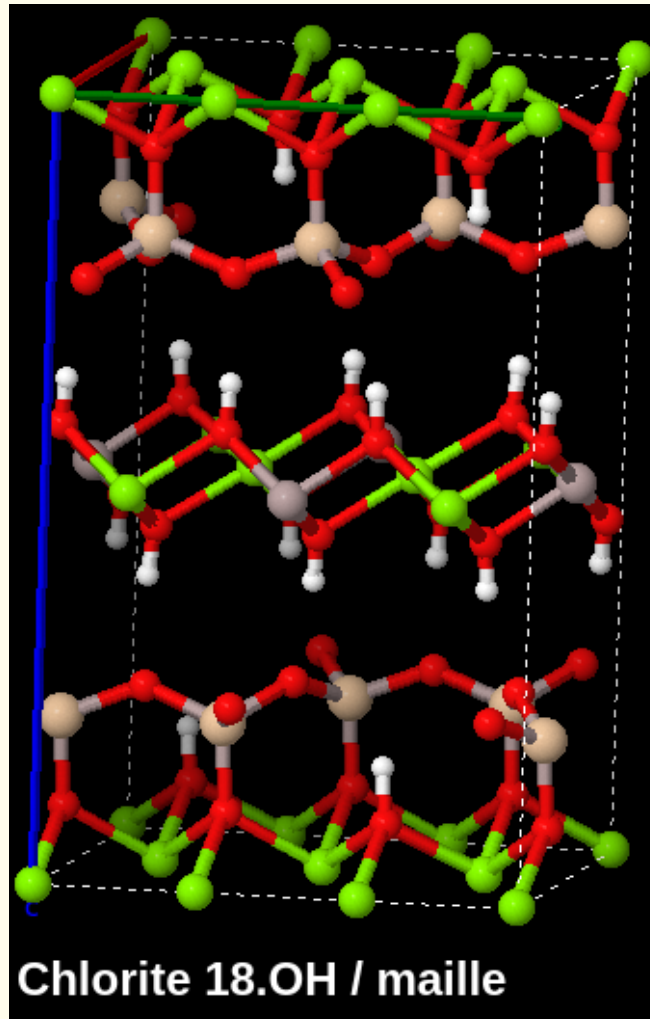
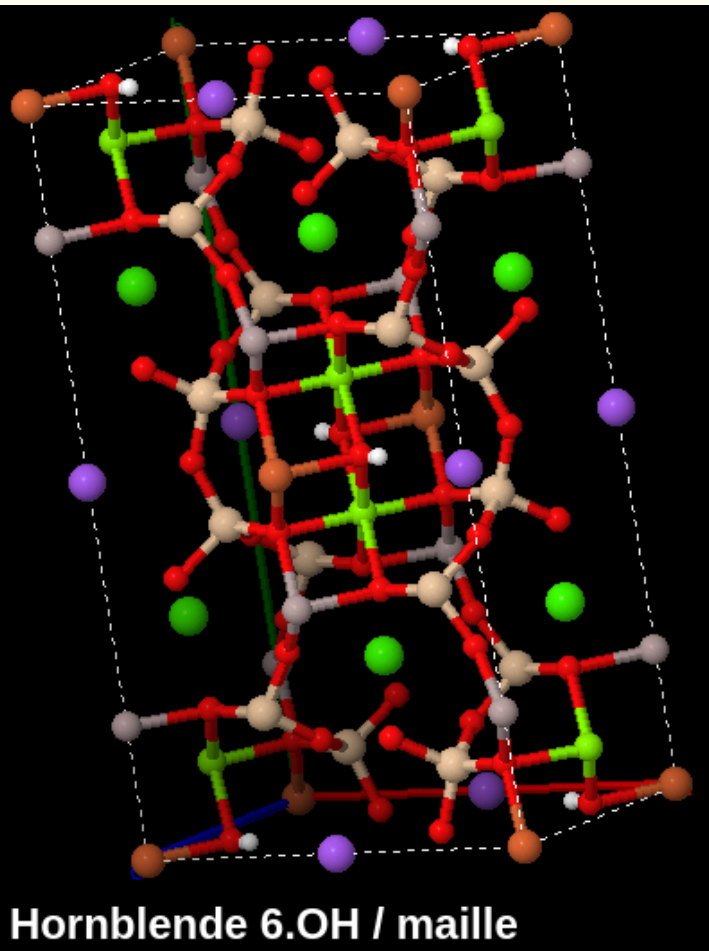
T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

Les roches mises en place montrent une diversité pétrologique mais leur minéralogie atteste toujours de magmas riches en eau.

Vos résultats de TP



Minéraux hydroxylés
Origine de l'eau?

T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

STRUCTURE ET MINÉRALOGIE DE QUATRE ROCHES MAGMATIQUES DES ZONES DE SUBDUCTION

Structure \ Composition Minéralogique	Quartz Feldspaths (orthose avec ou sans plagioclases) Biotite	Feldspaths (Plagioclases) Pyroxène et/ou Amphiboles	
Microlithique <u>A l'œil nu</u> : existence de gros cristaux visibles (phénocristaux) dans une pâte non cristallisée (structure hémicristalline) <u>Au microscope</u> : grands cristaux et petits cristaux (microlithes) visibles dans une pâte non cristallisée apparaissant noire en lumière polarisée analysée (structure microlithique)	RHYOLITE	ANDESITE	Refroidissement rapide Roche volcanique d'origine superficielle
Grenue Cristaux visibles à l'œil nu. L'ensemble de la roche est entièrement cristallisé	GRANITE	DIORITE	Refroidissement lent Roche plutonique d'origine profonde
	Magma riche en silice (entre 65 et 75%)	Magma moyennement riche en silice (entre 50 et 60 %)	Vitesse de refroidissement <i>Un refroidissement lent est favorable au développement des cristaux</i> Chimie du magma

T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

Les magmas peuvent subir des modifications lors de leur ascension, ce qui explique la diversité des roches.

→ **différenciation magmatique**

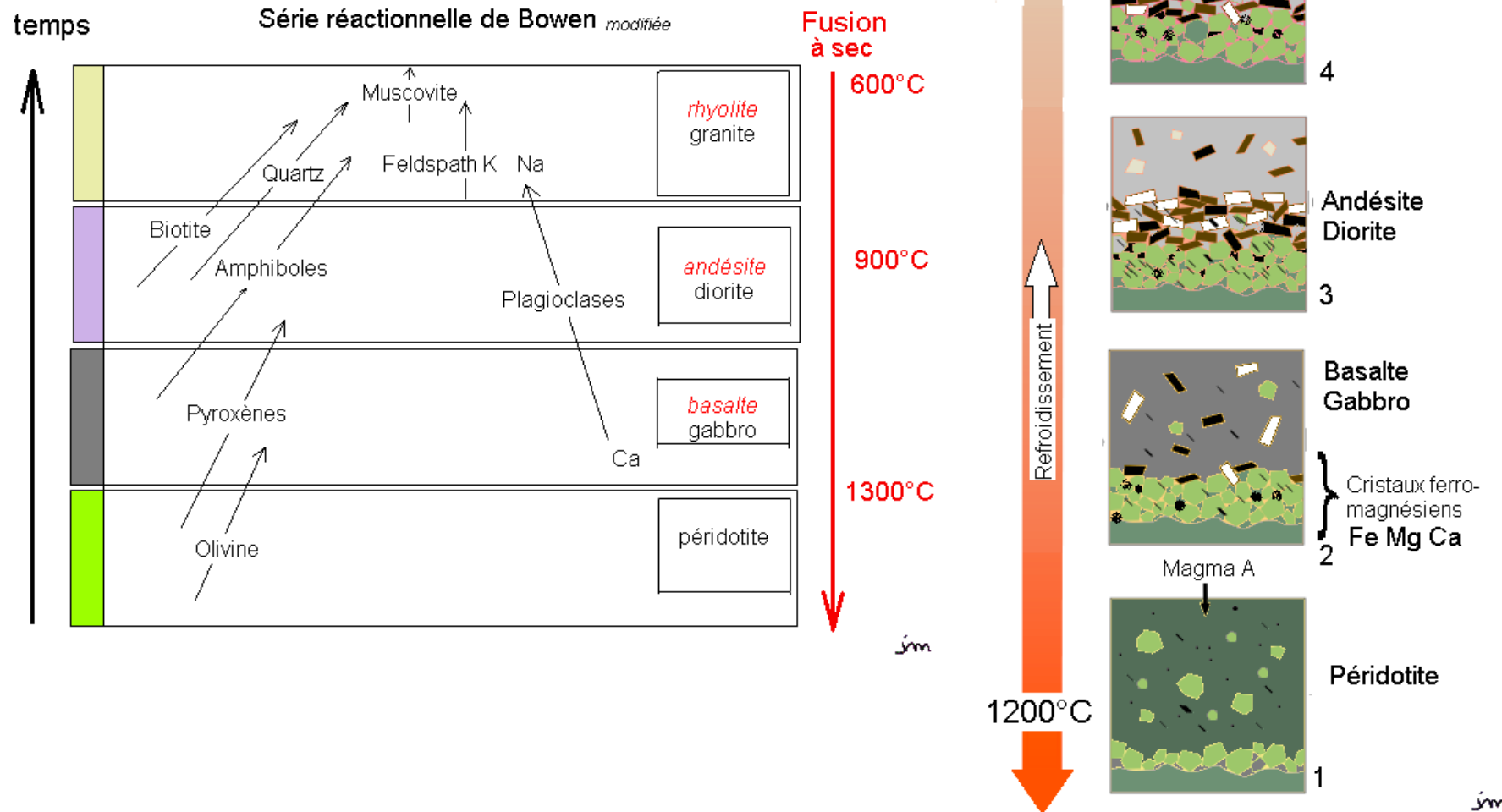


T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

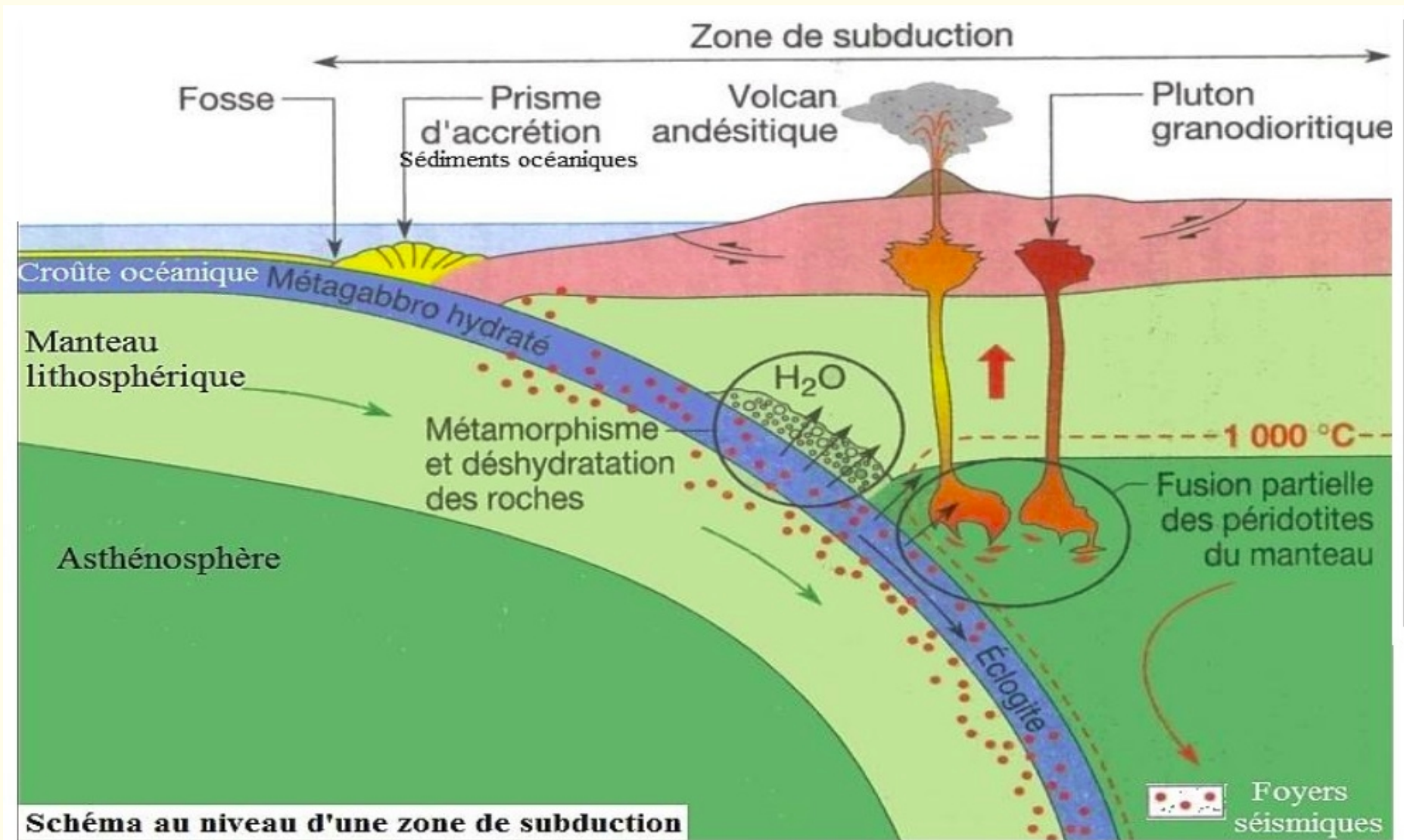
→ **différenciation magmatique**



T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)



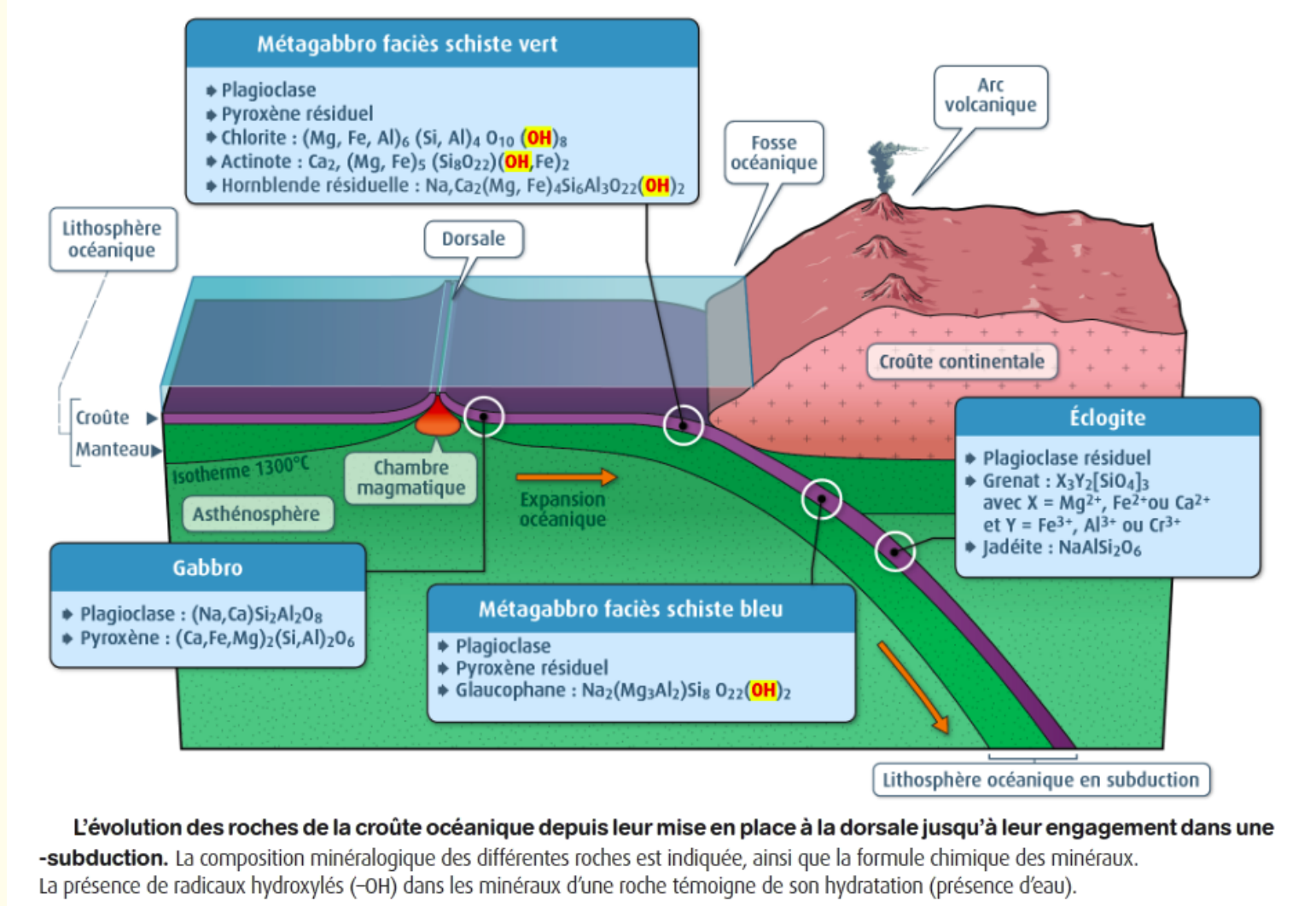
Origine des magmas : La fusion partielle des péridotites est favorisée par l'hydratation (hydroxylation) du coin de manteau.

T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

Les fluides hydratant le coin de manteau sont apportés par des transformations minéralogiques du panneau en subduction, dont une partie a été hydratée au niveau des zones de dorsales.

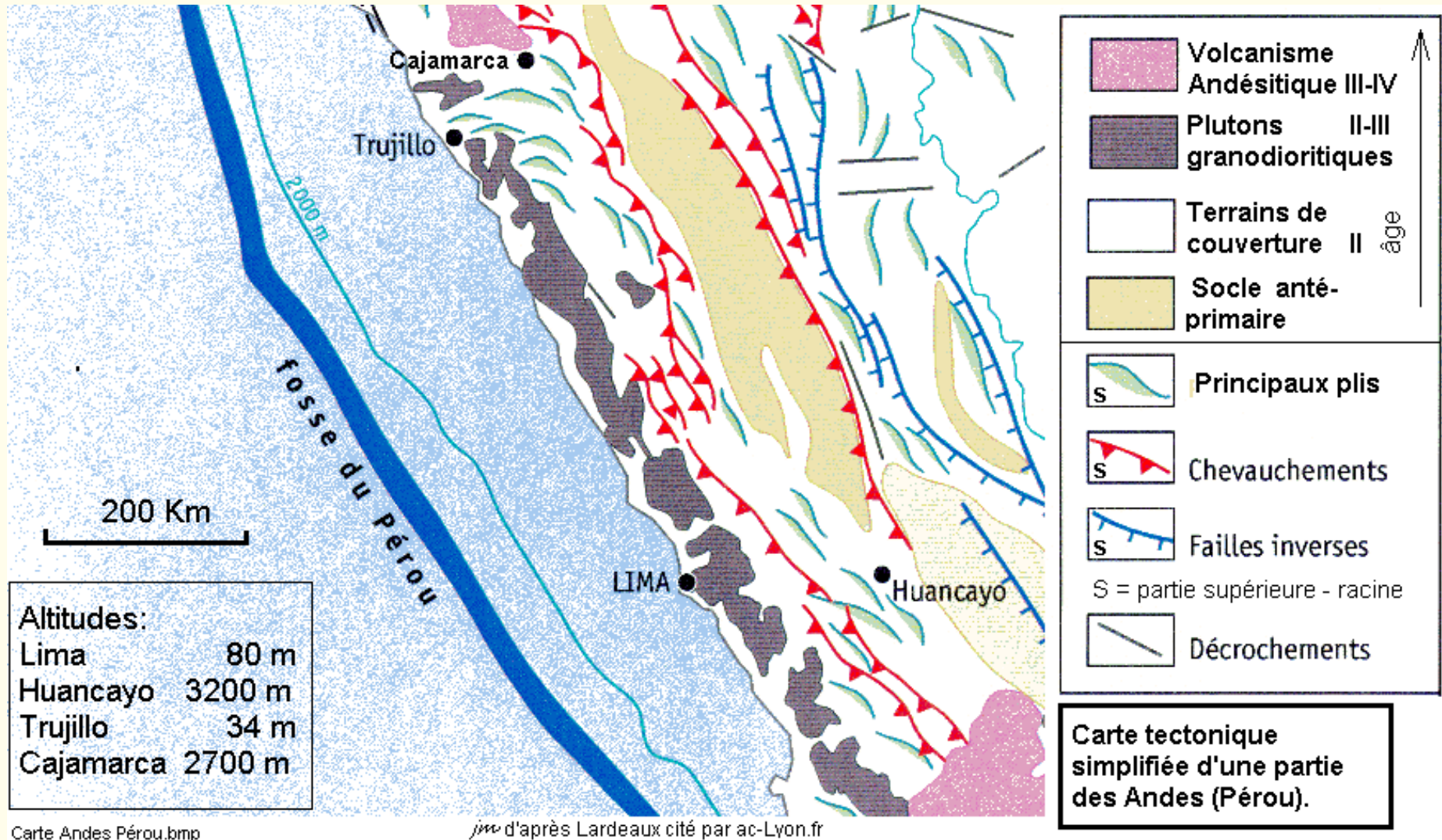


T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

Dans une convergence des structures tectoniques témoignent d'un raccourcissement et d'un épaississement.



T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

Dans une convergence des structures tectoniques témoignent d'un raccourcissement et d'un épaissement.

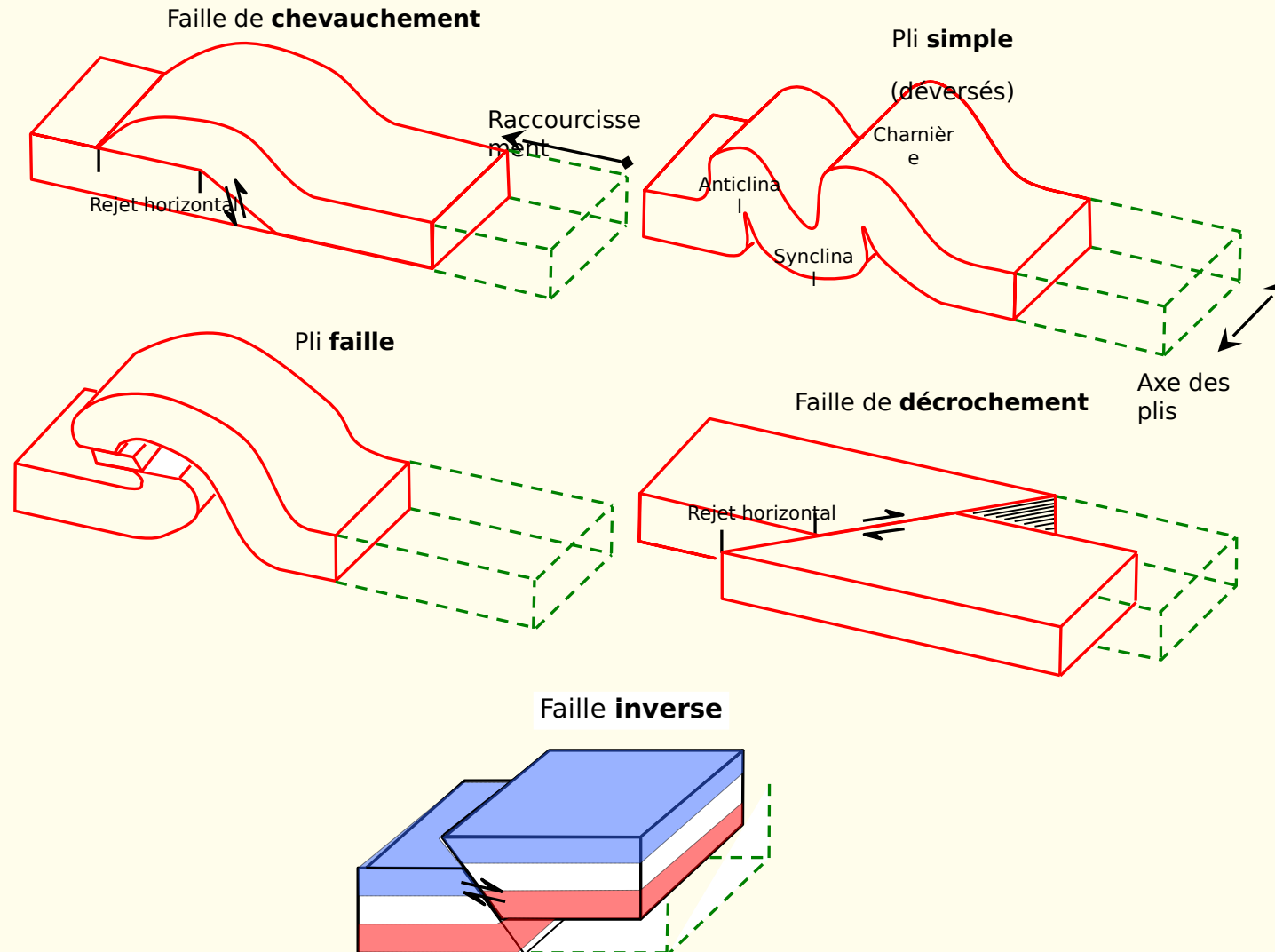


T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

Dans une convergence des structures tectoniques témoignent d'un raccourcissement et d'un épaissement.



T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

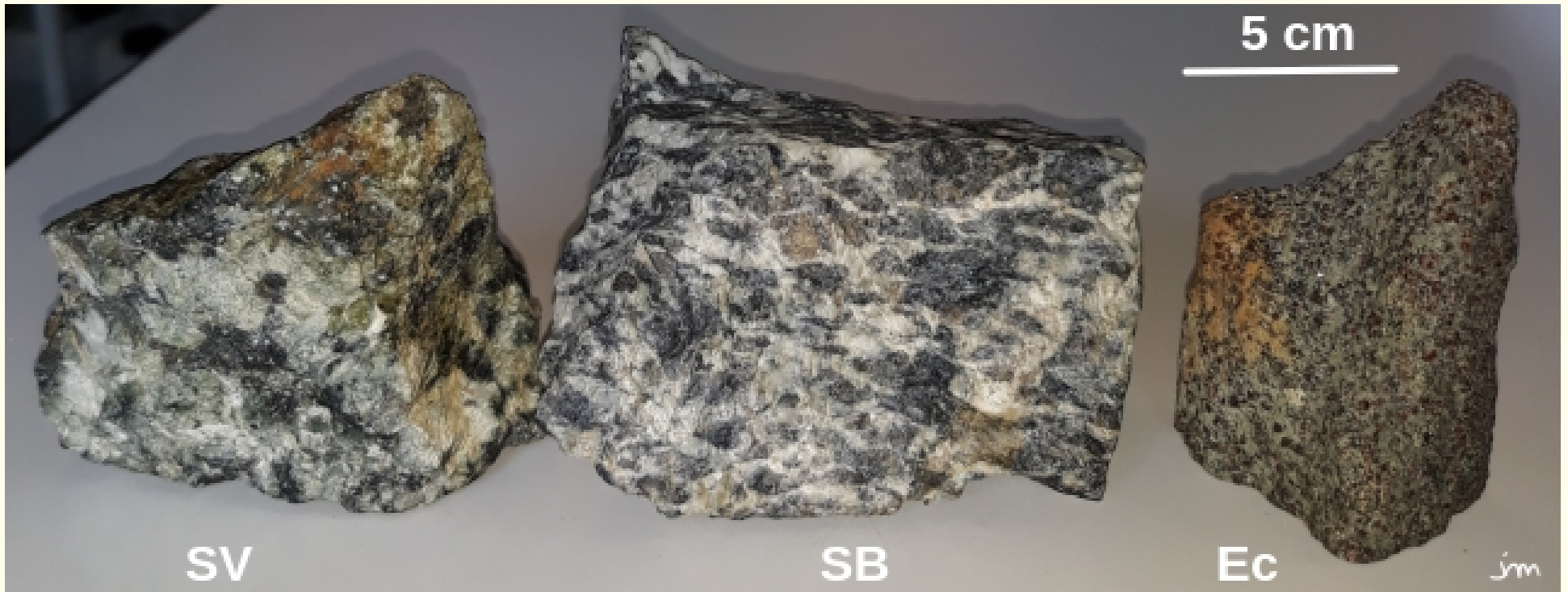
L'augmentation de la densité de la lithosphère constitue un facteur important contrôlant la subduction.

Voir Tp masse volumique des métagabbros

Faciès schistes verts

Faciès schistes bleus

Faciès éclogite



Masse vol. 2,8 à 3 g.cm⁻³
Profondeur 30 Km

3,1 à 3,4 g.cm⁻³
35 Km

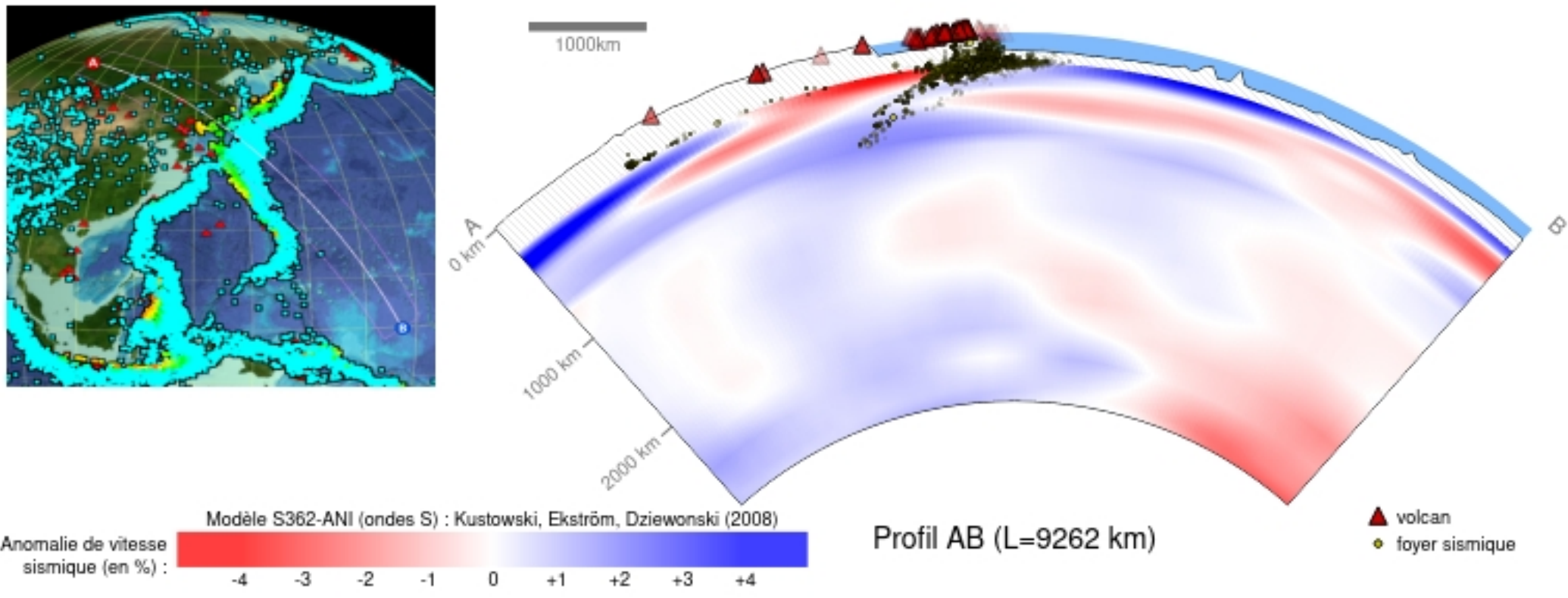
3,5 à 3,7 g.cm⁻³
50Km

T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

La densité induit les mouvements descendants de la convection. Ces mouvements descendants participent à leur tour à la mise en place des mouvements ascendants.



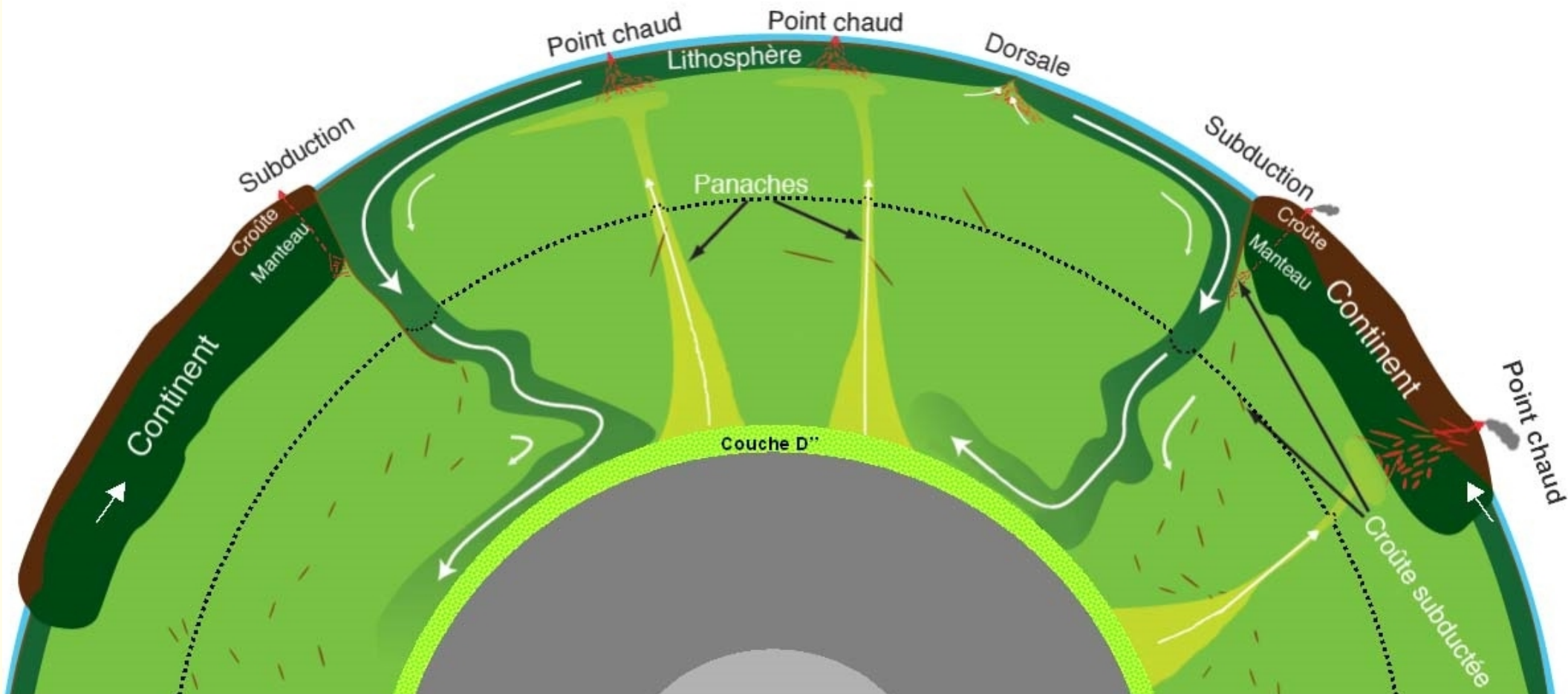
Tectoglob3D, la coupe passe par l'île principale du Japon.

T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-2 Dynamique des zones de convergence (**Subduction**)

La mobilité horizontale (et verticale) des plaques lithosphériques résulte de phénomènes de convection impliquant les plaques elles-mêmes et l'ensemble du manteau.



← Manteau ———— Noyau externe ———— Graine solide ———→

ENS Lyon Droits réservés - © 2010 S. Labrosse, P. Thomas

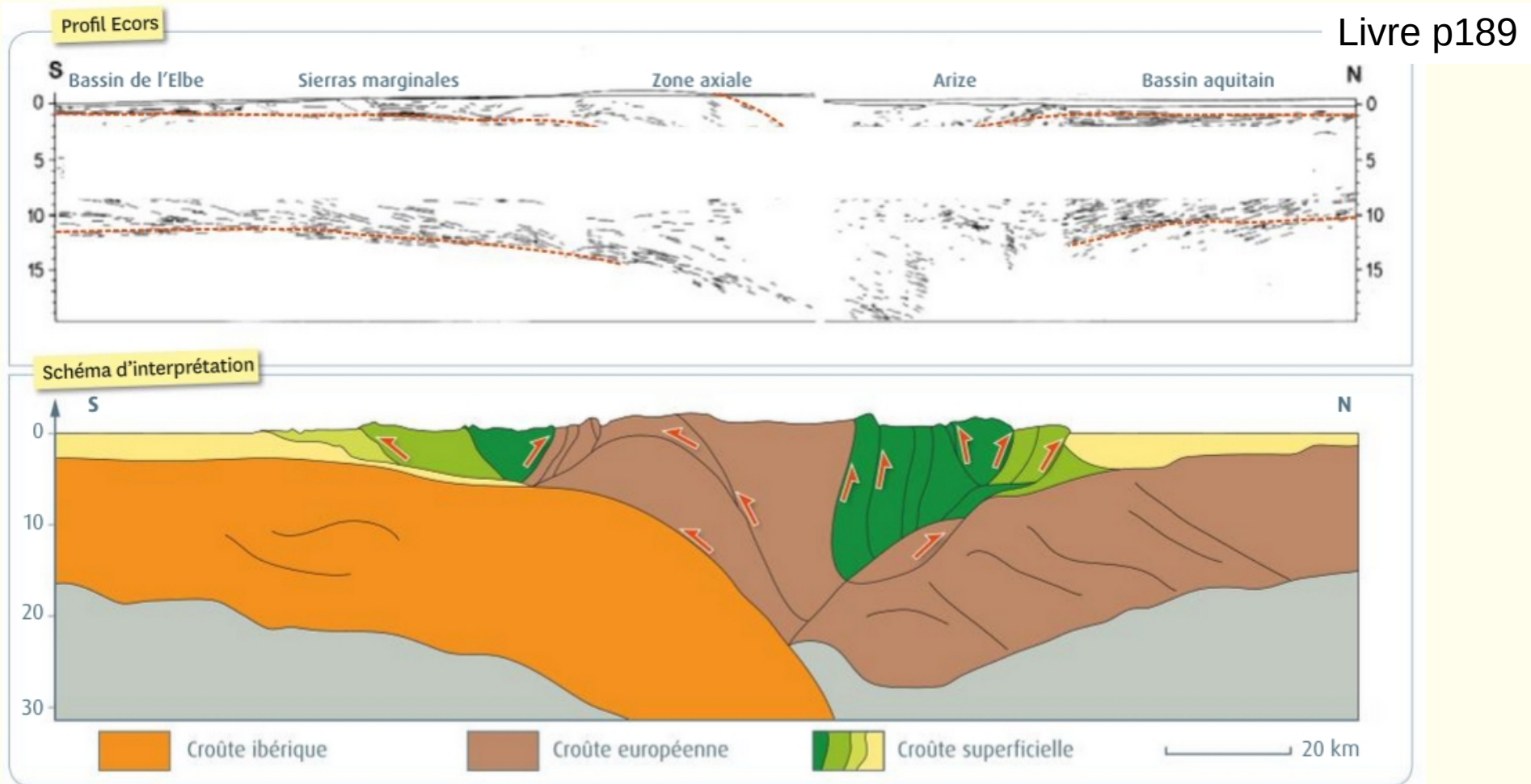
T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-3 Dynamique des zones de convergence (**Subduction continentale**)

L'affrontement de plaques lithosphériques de même densité conduit à un épaissement crustal.

L'épaississement de la croûte résulte d'un raccourcissement et d'un empilement des matériaux lithosphériques.

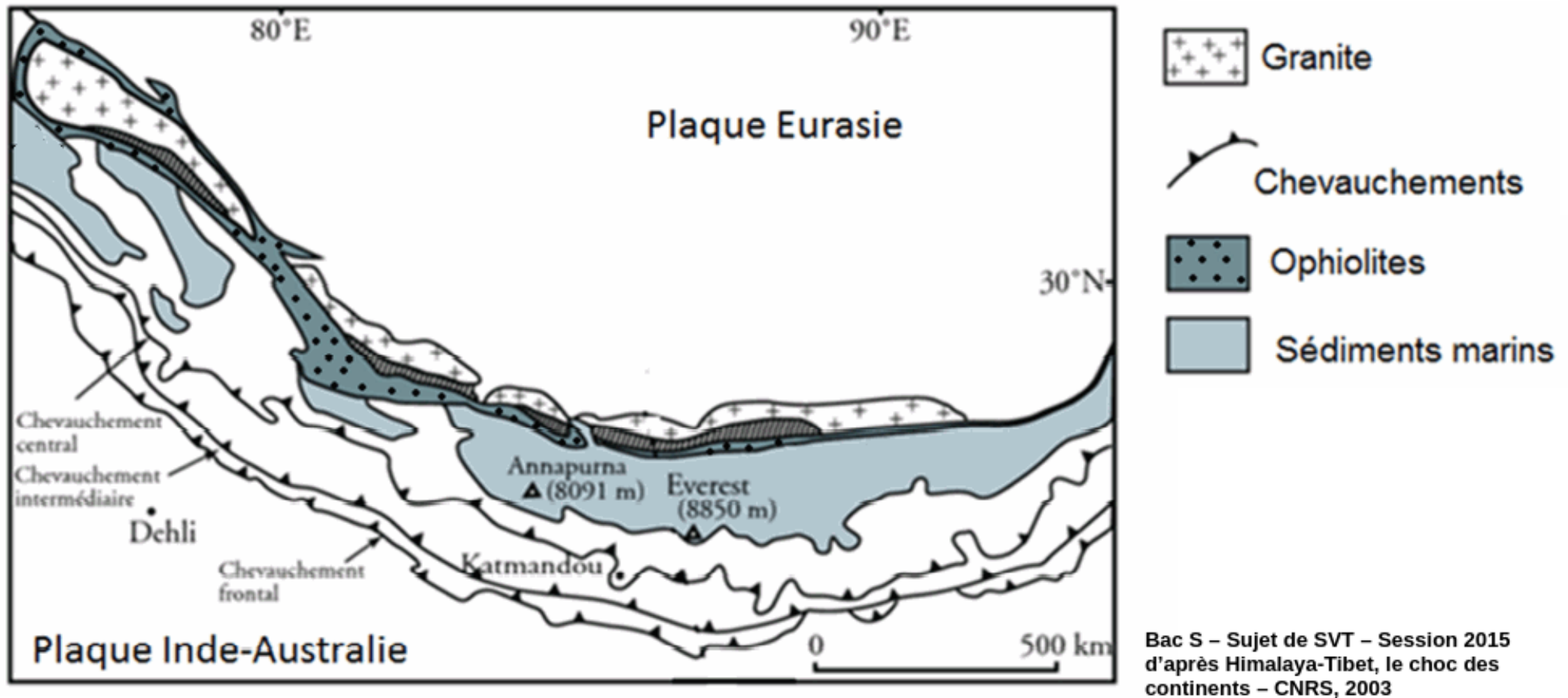


T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-3 Dynamique des zones de convergence (**Subduction continentale**)

Raccourcissement et empilement sont attestés par des structures tectoniques déformant les roches (plis, failles, chevauchements, nappes de charriage). (**à toutes les échelles**)



T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-3 Dynamique des zones de convergence (**Subduction continentale**)

Raccourcissement et empilement sont attestés par des structures tectoniques déformant les roches (plis, failles, chevauchements, nappes de charriage). (**à toutes les échelles**)



Pli couché dans l'Himalaya

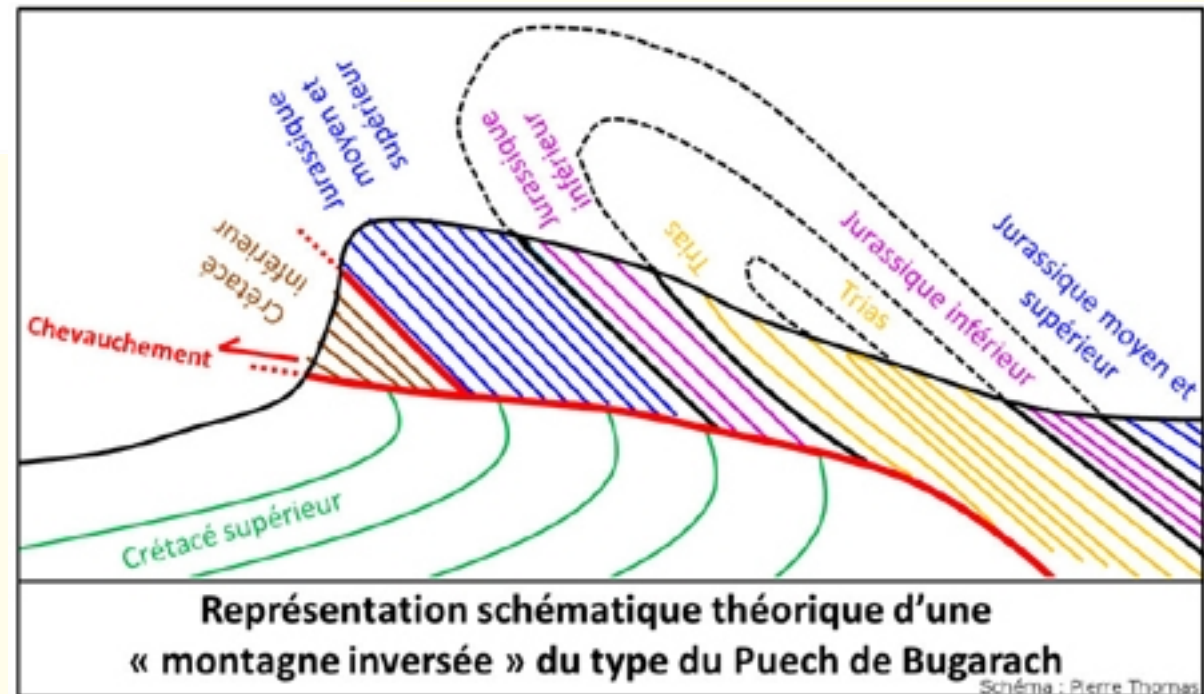
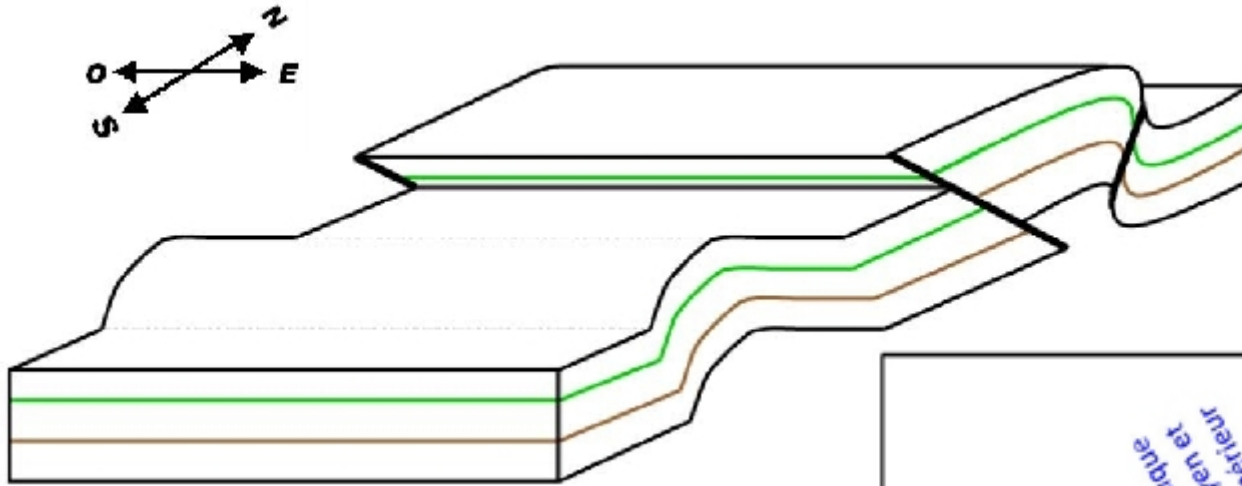
Photographie : Pierre Thomas

T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-3 Dynamique des zones de convergence (**Subduction continentale**)

Raccourcissement et empilement sont attestés par des structures tectoniques déformant les roches (plis, failles, chevauchements, nappes de charriage). (**à toutes les échelles**)

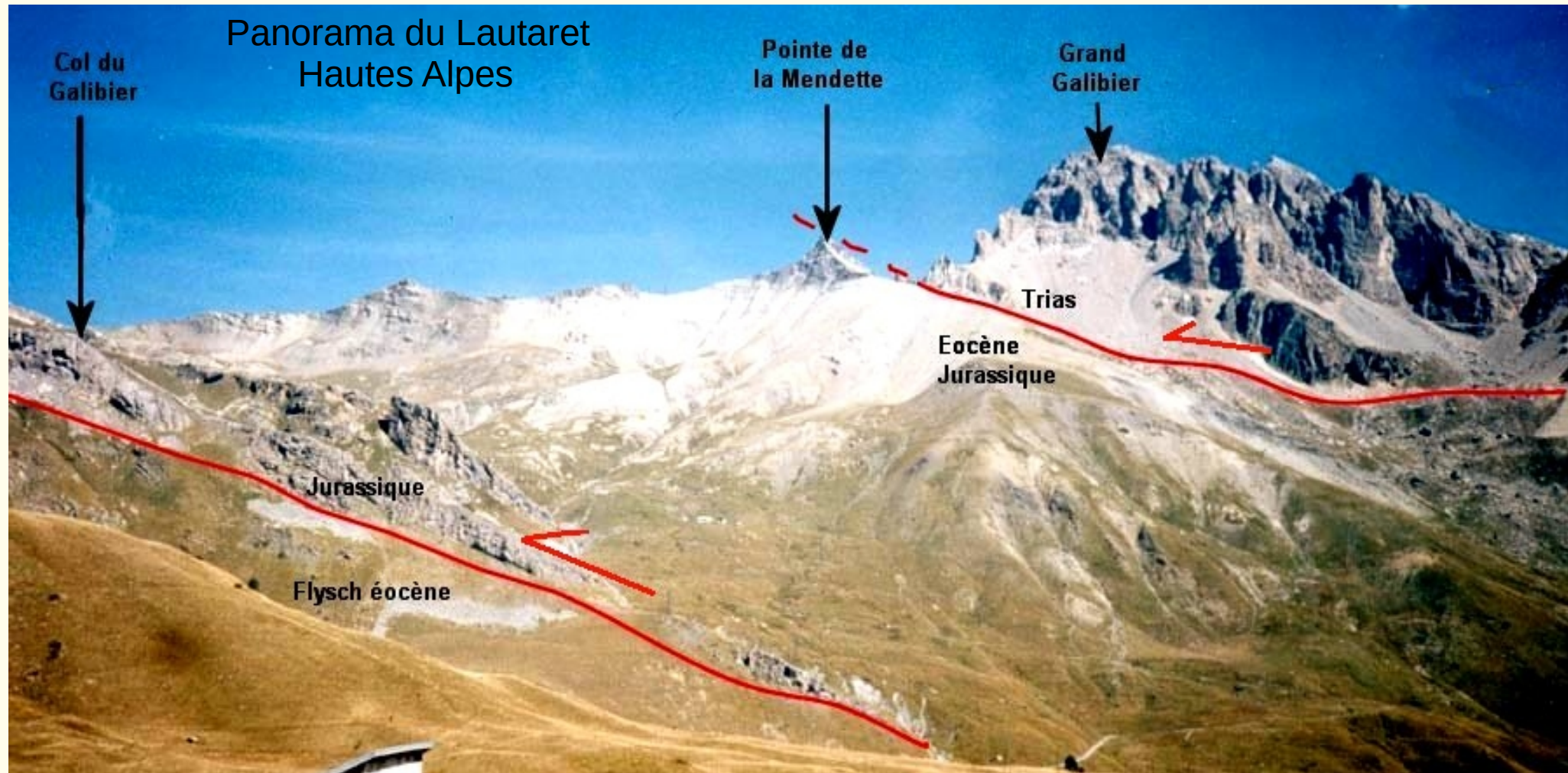


T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-3 Dynamique des zones de convergence (**Subduction continentale**)

Raccourcissement et empilement sont attestés par des structures tectoniques déformant les roches (plis, failles, chevauchements, nappes de charriage). (**à toutes les échelles**)



T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-3 Dynamique des zones de convergence (**Subduction continentale**)

Raccourcissement et empilement sont attestés par des structures tectoniques déformant les roches (plis, failles, chevauchements, nappes de charriage). (**à toutes les échelles**)



T1B La dynamique interne de la Terre

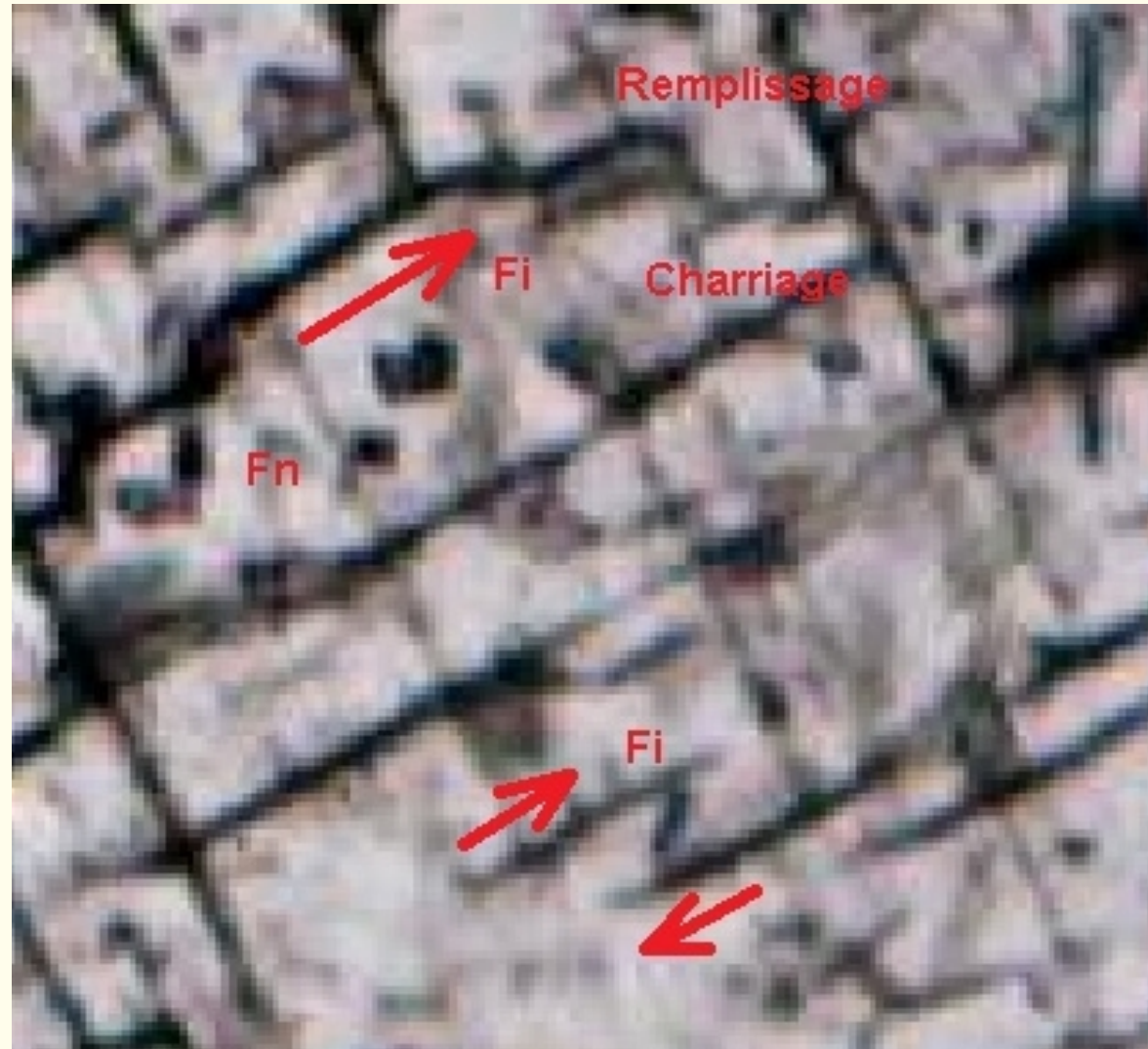
T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-3 Dynamique des zones de convergence (**Subduction continentale**)

Raccourcissement et empilement sont attestés par des structures tectoniques (**à toutes les échelles**)

Feldspath fracturé
dans un gneiss.
LPNA x4

2 cm



T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-4 Dynamique des zones de divergence (**Rift continental**)

La divergence crée un fossé d'effondrement bordé de failles normales

Cf TP



Dômes volcaniques dans la vallée d'effondrement, chaîne de l'ERTA-ALE.
Volcanisme effusif => souvent un lac de lave permanent au fond du cratère.

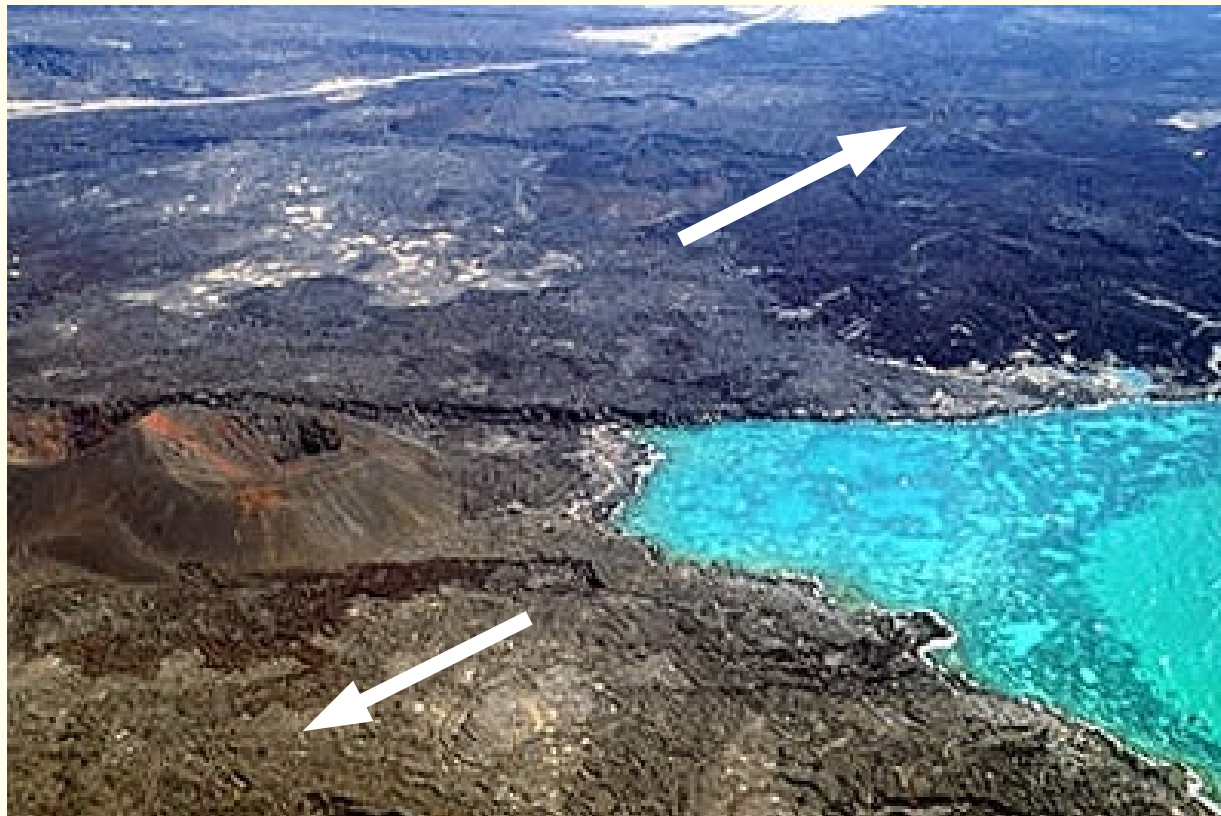
T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

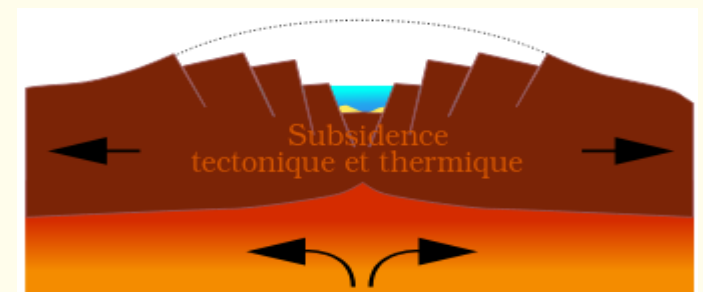
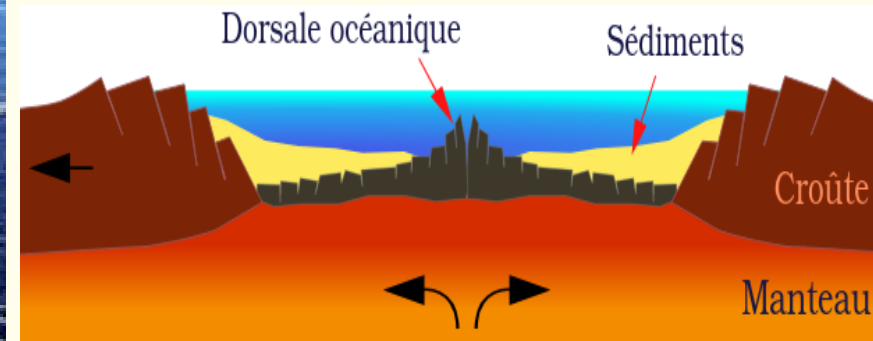
T1B2-4 Dynamique des zones de divergence (**Rift continental**)

La divergence crée un fossé d'effondrement bordé de failles normales

Cf TP



Océanisation Rift d'Afrique de l'Est - Djibouti

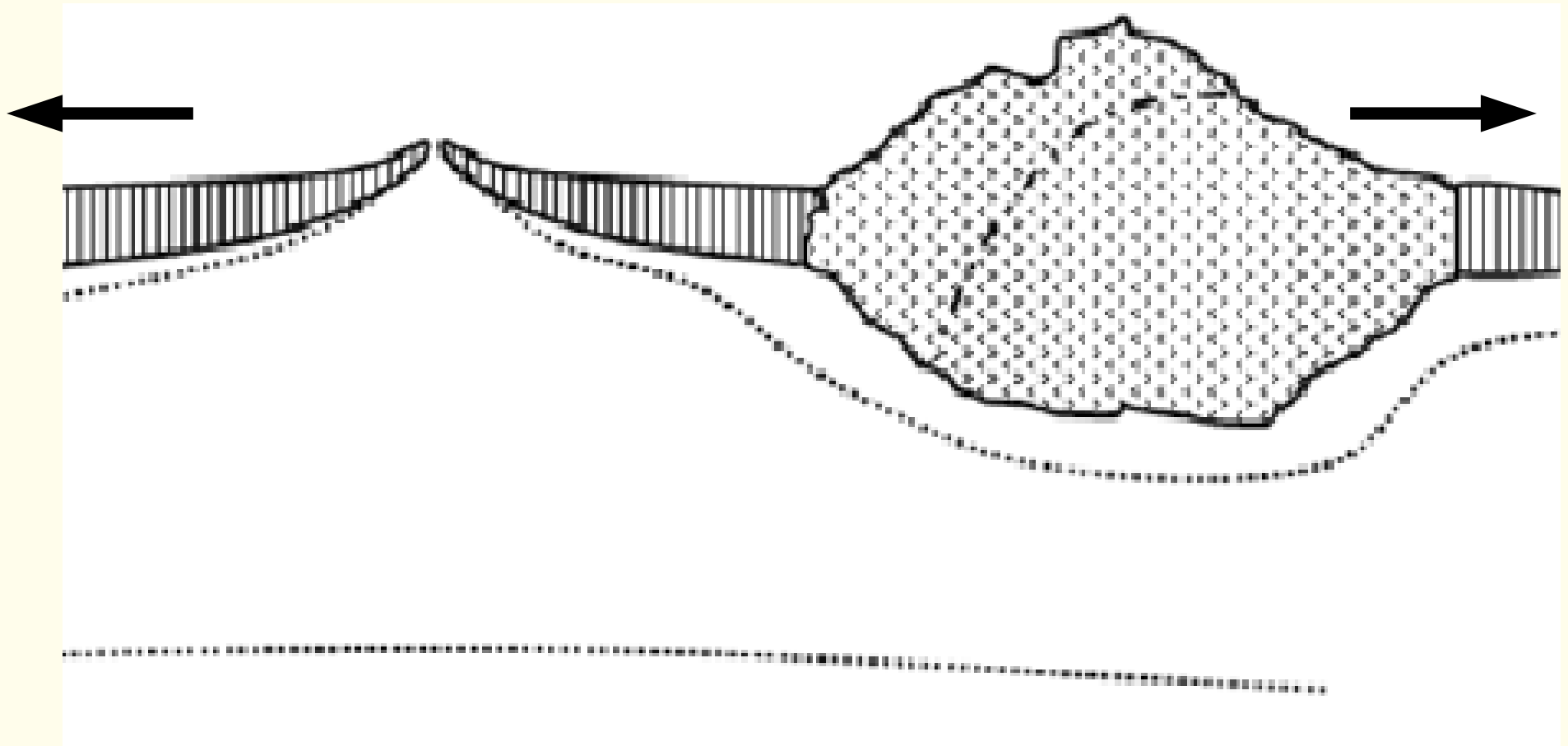


T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-4 Dynamique des zones de divergence (**Dorsales**)

Ainsi la divergence des plaques entraîne la mise en place d'une nouvelle lithosphère océanique par apport de magmas mantelliques.

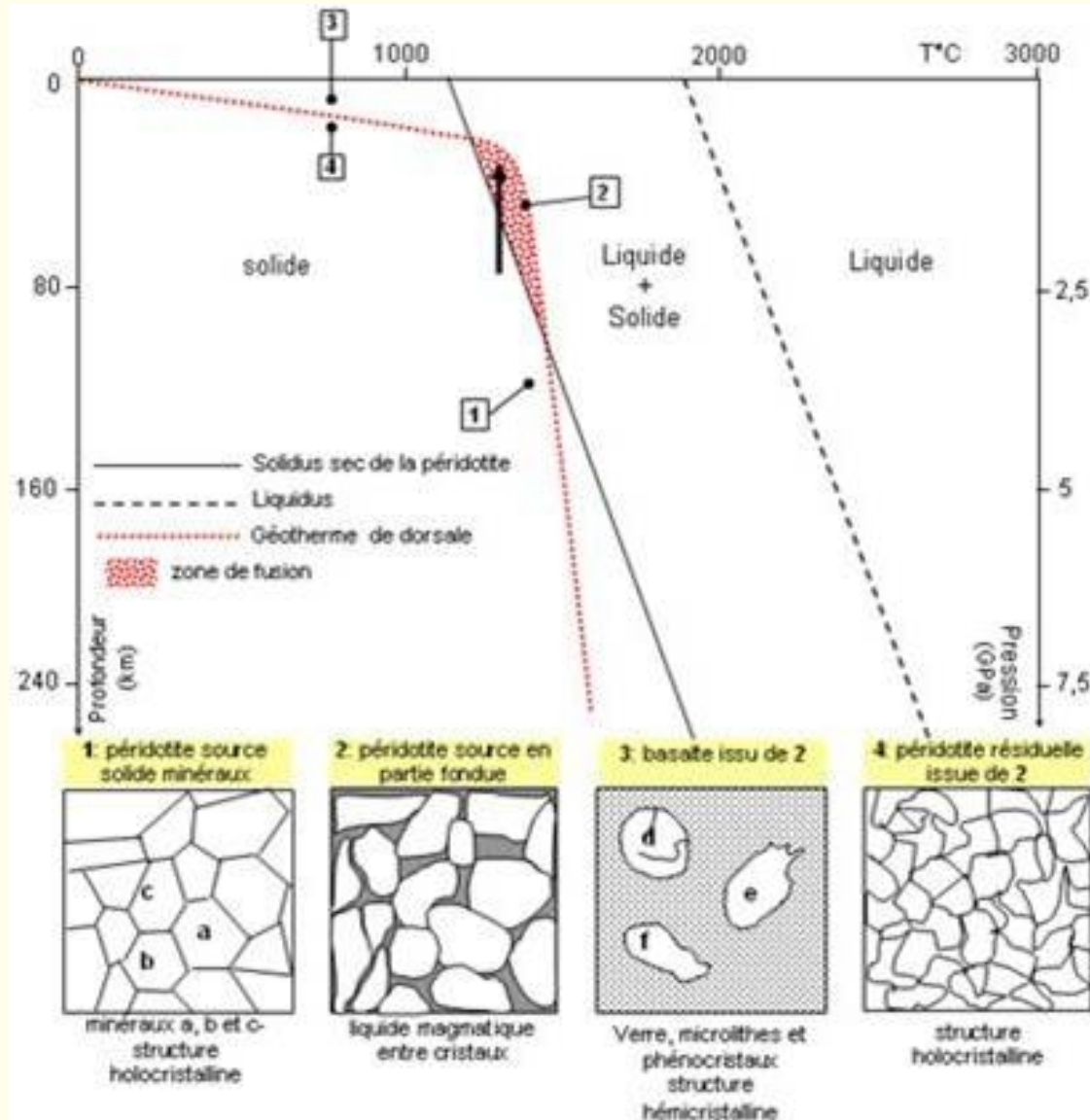


T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-4 Dynamique des zones de divergence (**Dorsales**)

Ce magmatisme des dorsales est du à la décompression du manteau.

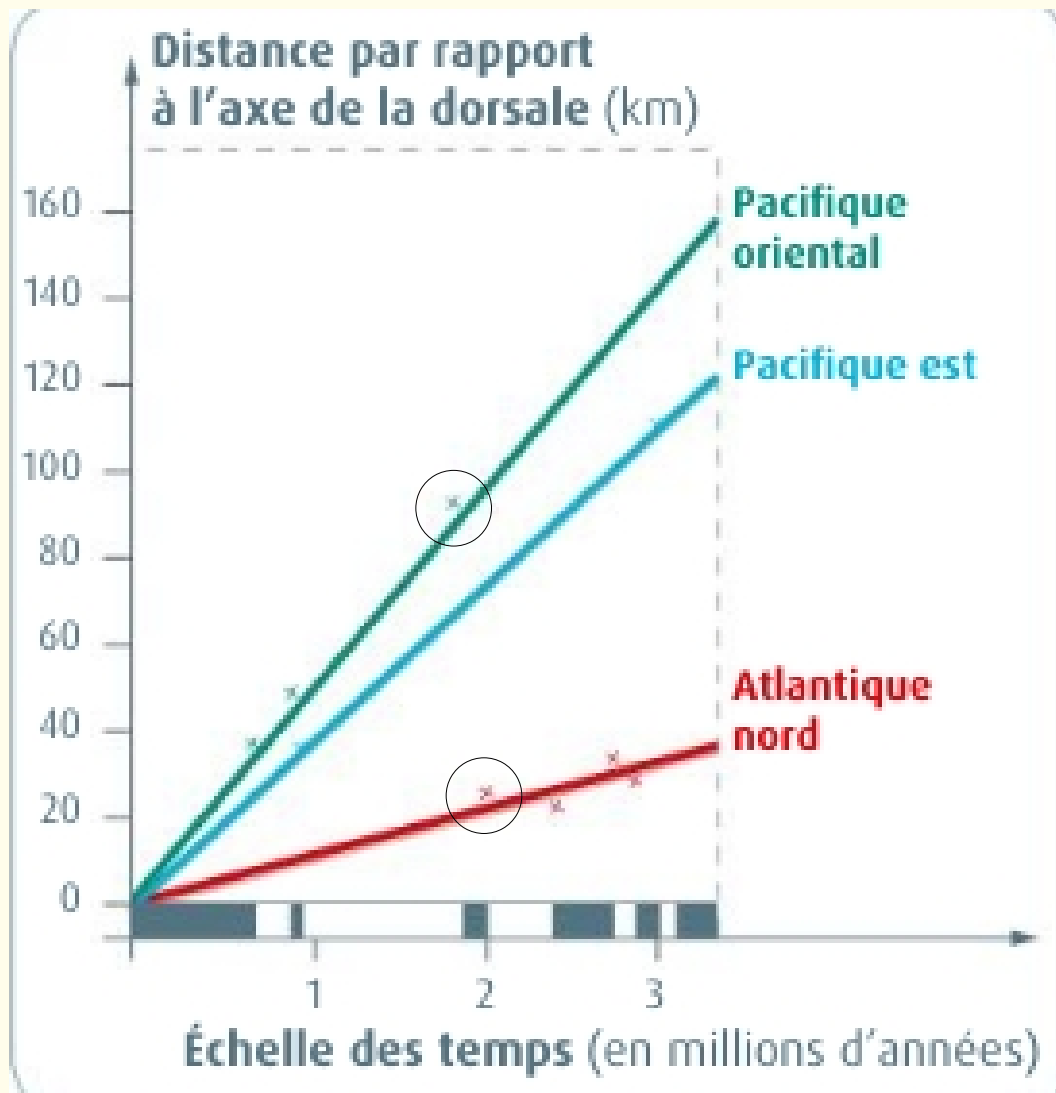


T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-4 Dynamique des zones de divergence (**Dorsales**)

Décompression lente ou rapide – dorsale lente # dorsale rapide



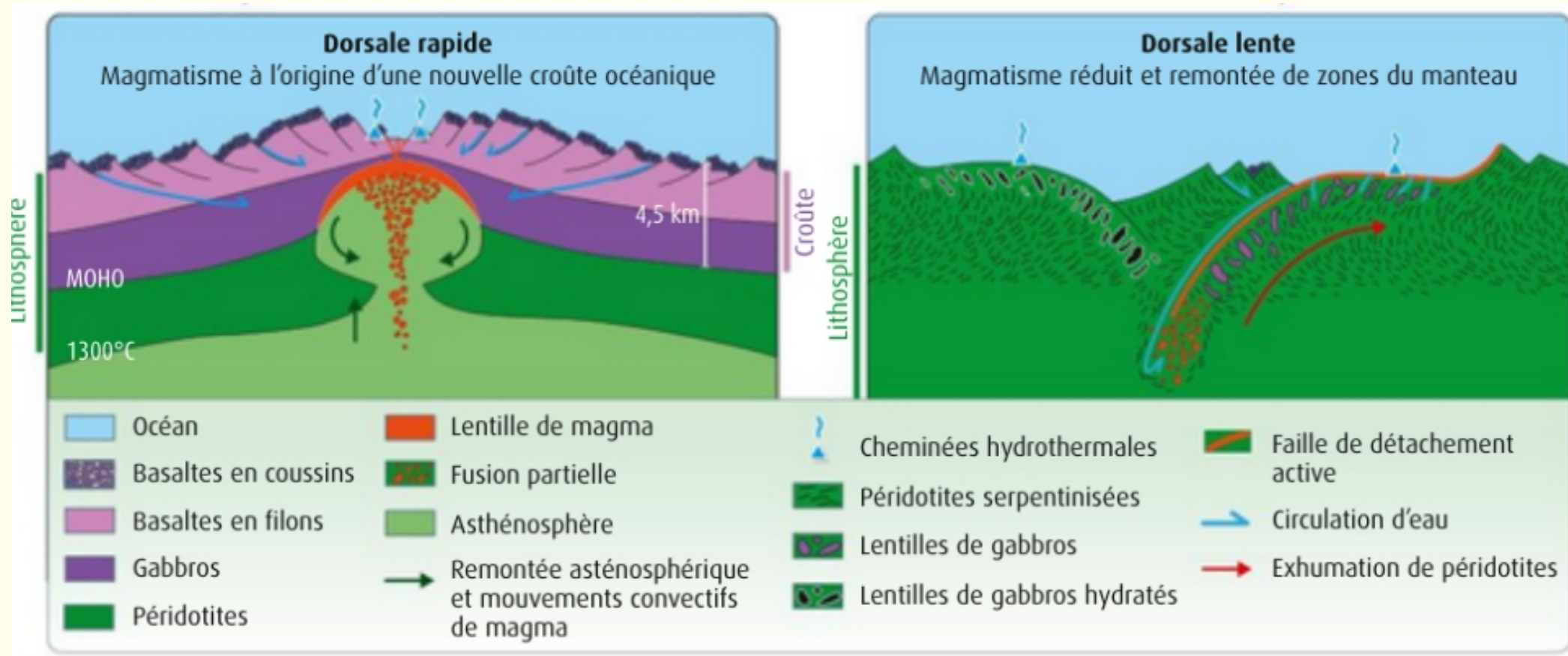
À partir des points repérés calculer la vitesse de divergence pour chacune des dorsales.

T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-4 Dynamique des zones de divergence (**Dorsales**)

Dans certaines dorsales (dorsales lentes) l'activité magmatique est plus réduite et la divergence met directement à l'affleurement des zones du manteau. → dorsales rapides # dorsales lentes

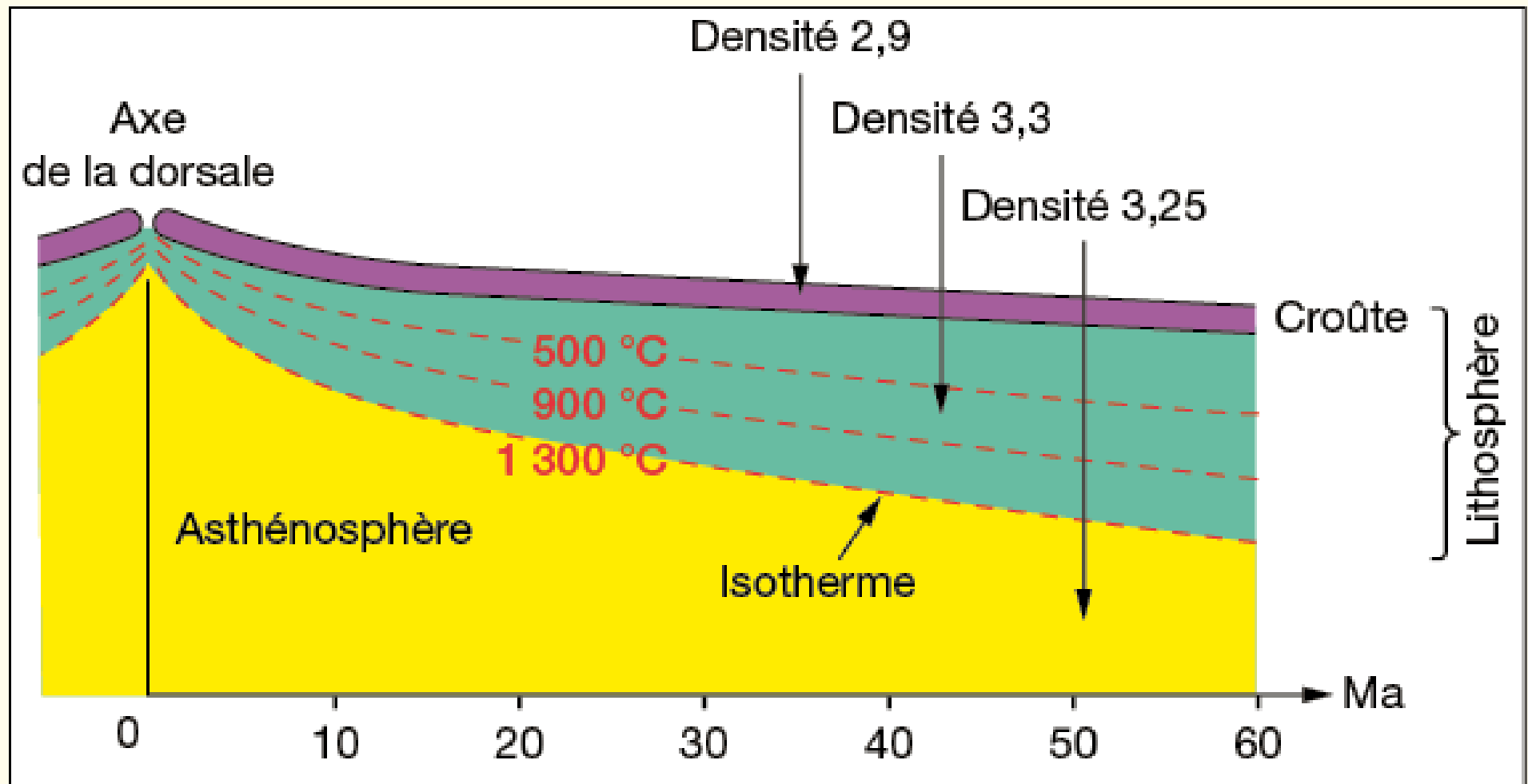


T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-5 Dynamique de la lithosphère océanique

La nouvelle lithosphère formée se refroidit en s'éloignant de l'axe et s'épaissit. Cet épaississement induit une augmentation progressive de la densité de la lithosphère.



T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

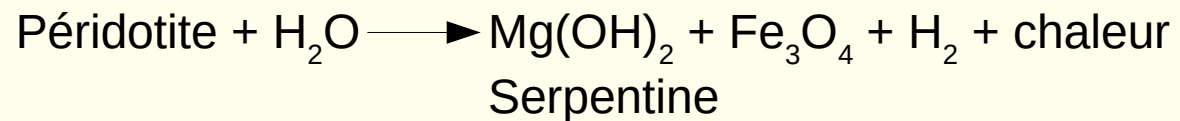
T1B2-5 Dynamique de la lithosphère océanique

Le vieillissement de la LO.

La croûte océanique et les niveaux superficiels du manteau sont le siège d'une circulation d'eau qui modifie les minéraux.



Péridotite serpentinisée



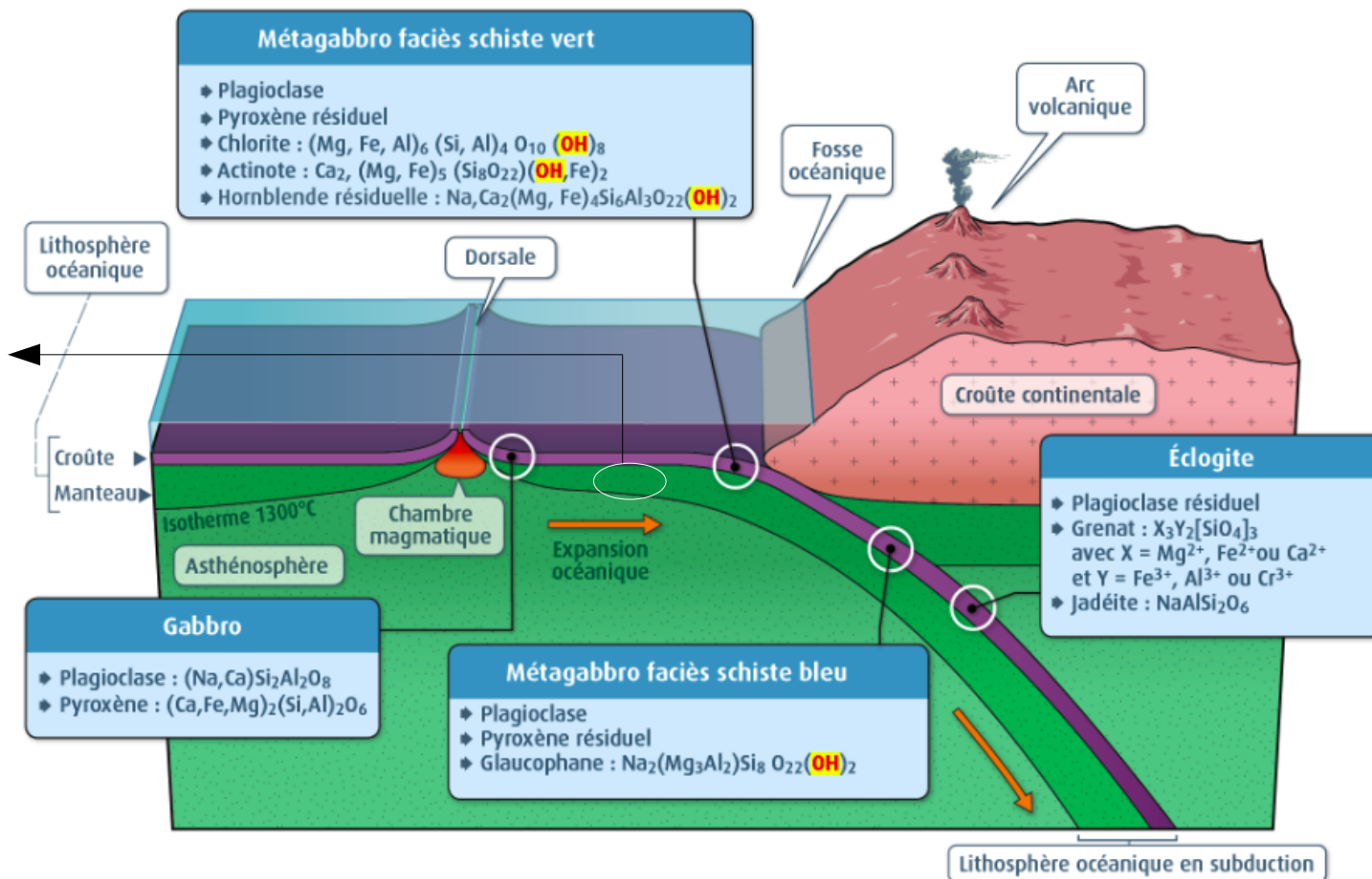
T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-5 Dynamique de la lithosphère océanique

Le vieillissement de la LO. Cette hydroxylation des minéraux est responsable de l'apport d'eau au niveau du coin mantellique lors de la subduction.

Péridotite
serpentinisée



L'évolution des roches de la croûte océanique depuis leur mise en place à la dorsale jusqu'à leur engagement dans une -subduction. La composition minéralogique des différentes roches est indiquée, ainsi que la formule chimique des minéraux. La présence de radicaux hydroxylés (-OH) dans les minéraux d'une roche témoigne de son hydratation (présence d'eau).

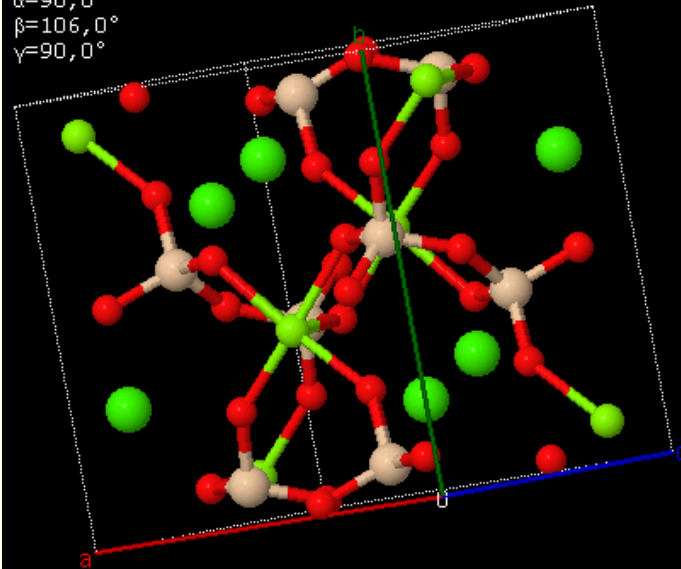
T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-5 Dynamique de la lithosphère océanique

Le vieillissement de la LO. Cette hydroxylation des minéraux est responsable de l'apport d'eau au niveau du coin mantellique lors de la subduction.

HM:C 1 2/c 1
a=9,750Å
b=8,901Å
c=5,274Å
 $\alpha=90,0^\circ$
 $\beta=106,0^\circ$
 $\gamma=90,0^\circ$

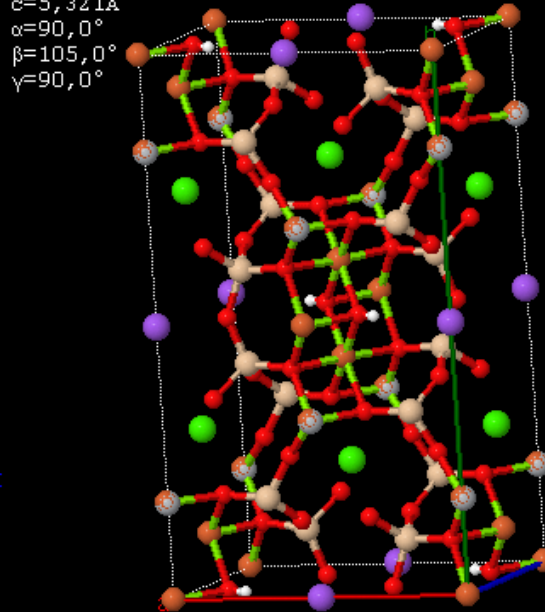


Augite Hydroxylation 0

Atomes : **Ca** **Mg** **Si** **O**

Type pyroxène densité (biblio) 3,4

HM:C 1 2/m 1
a=9,813Å
b=18,055Å
c=5,321Å
 $\alpha=90,0^\circ$
 $\beta=105,0^\circ$
 $\gamma=90,0^\circ$

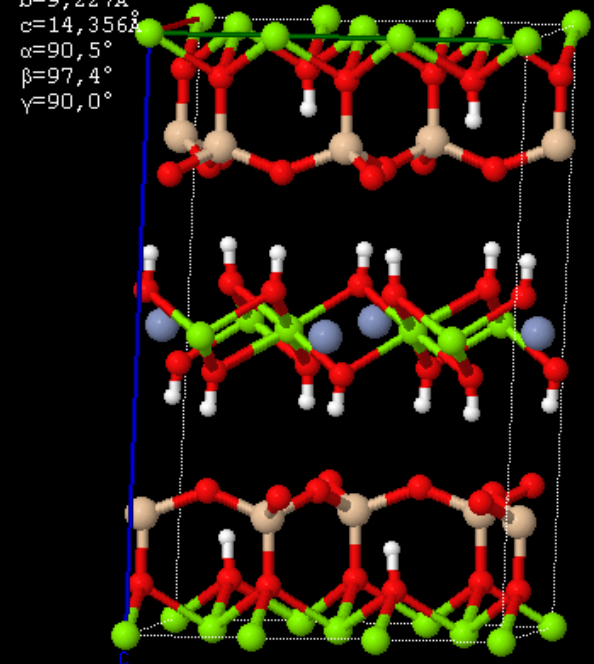


Hornblende Hydroxylation 6

Atomes : **Al** **Si** **Fe** **Mg** **Ti** **Ca** **Na** **O** **H**

Type amphibole calcique densité (biblio) 3,25

HM:C -1
a=5,327Å
b=9,227Å
c=14,356Å
 $\alpha=90,5^\circ$
 $\beta=97,4^\circ$
 $\gamma=90,0^\circ$



Chlorite Hydroxylation 18

Atomes : **Mg** **Al** **Cr** **Si** **O** **H**

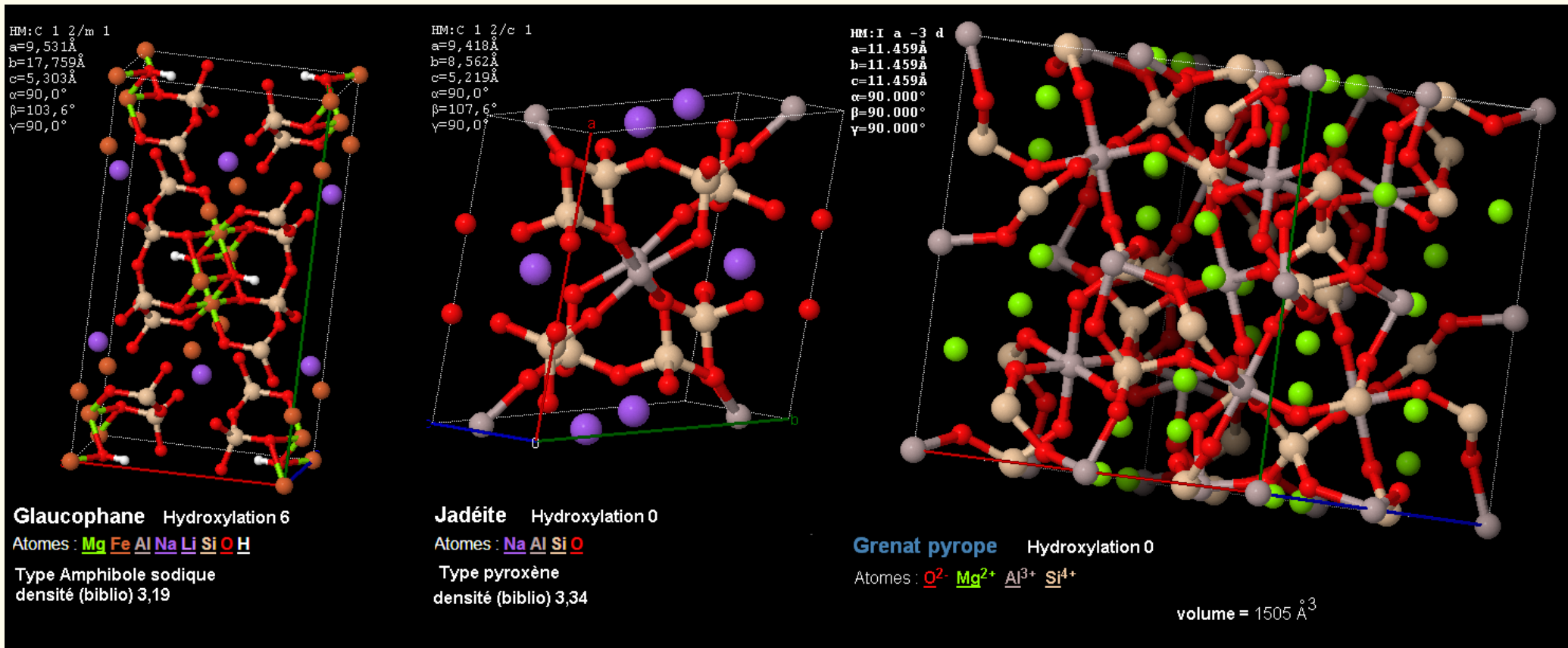
Type phyllosilicate micacé densité (biblio) 2,95

T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-5 Dynamique de la lithosphère océanique

Le vieillissement de la LO. Cette hydroxylation des minéraux est responsable de l'apport d'eau au niveau du coin mantellique lors de la subduction.



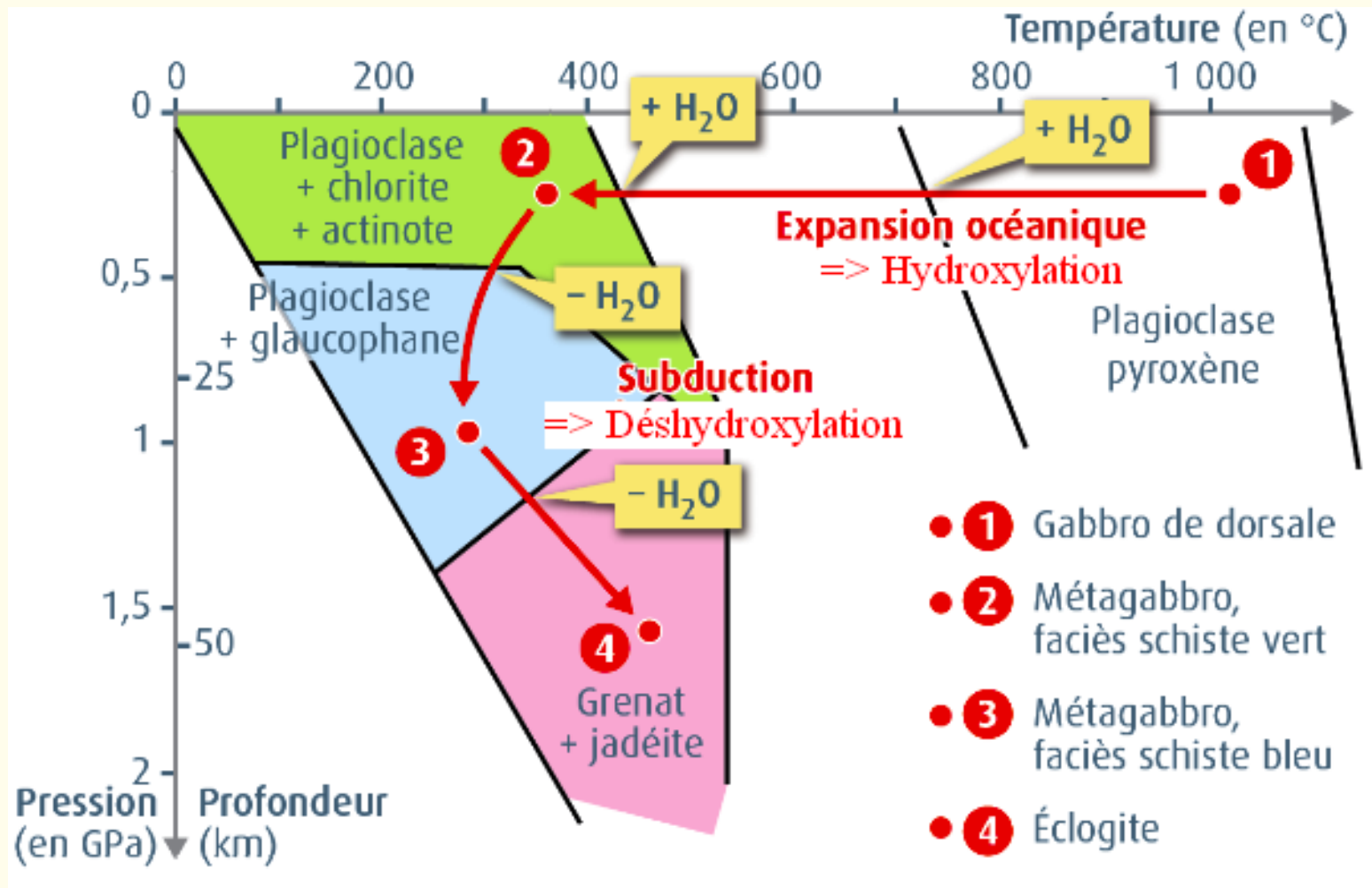
T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-5 Dynamique de la lithosphère océanique

Le vieillissement de la LO.

Ce mécanisme est à l'origine du magmatisme des zones de subduction.



T1B La dynamique interne de la Terre

T1B2 La dynamique de la lithosphère

T1B2-5 Dynamique de la lithosphère océanique

Le vieillissement de la LO.

Ce mécanisme est à l'origine du magmatisme des zones de subduction.

