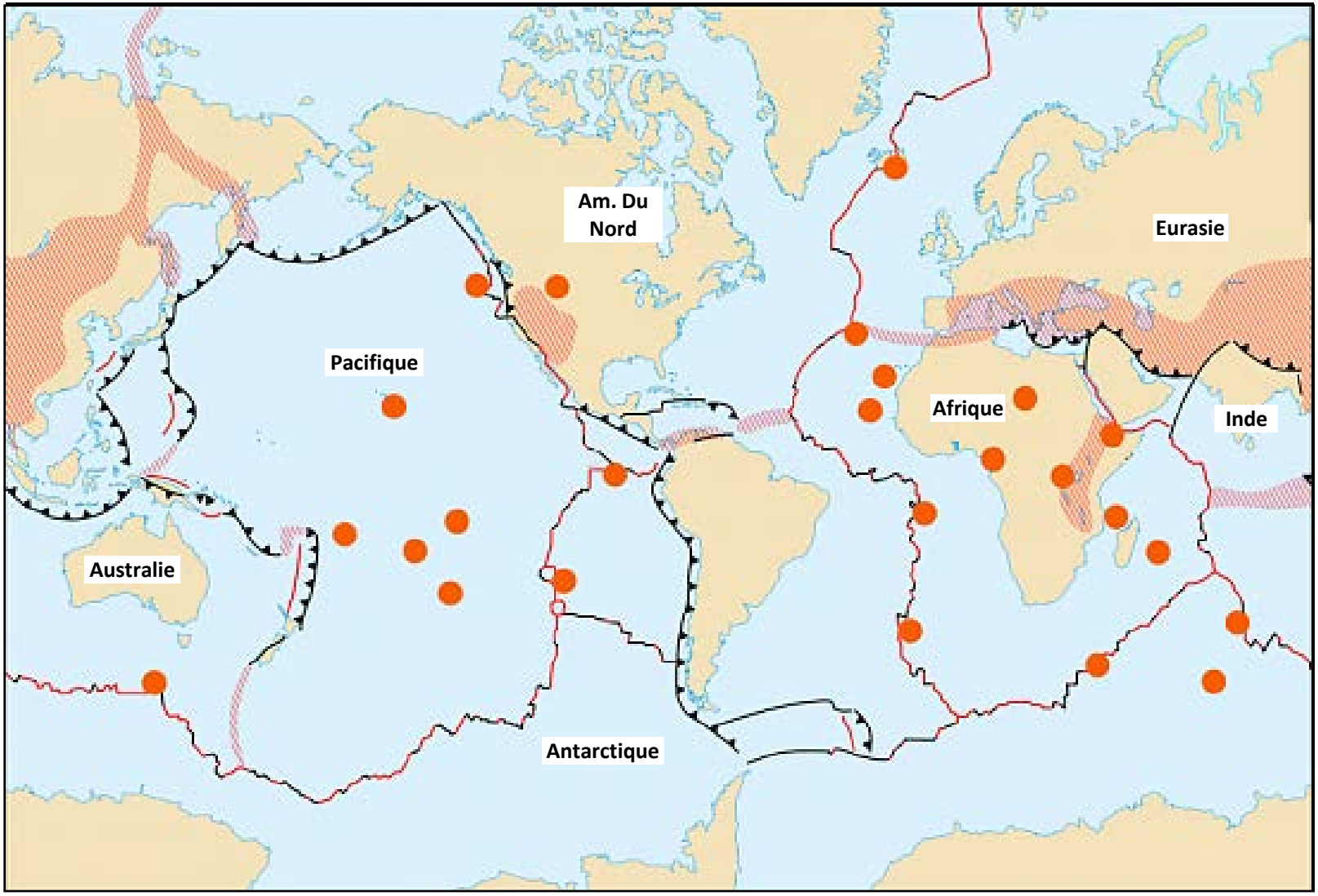
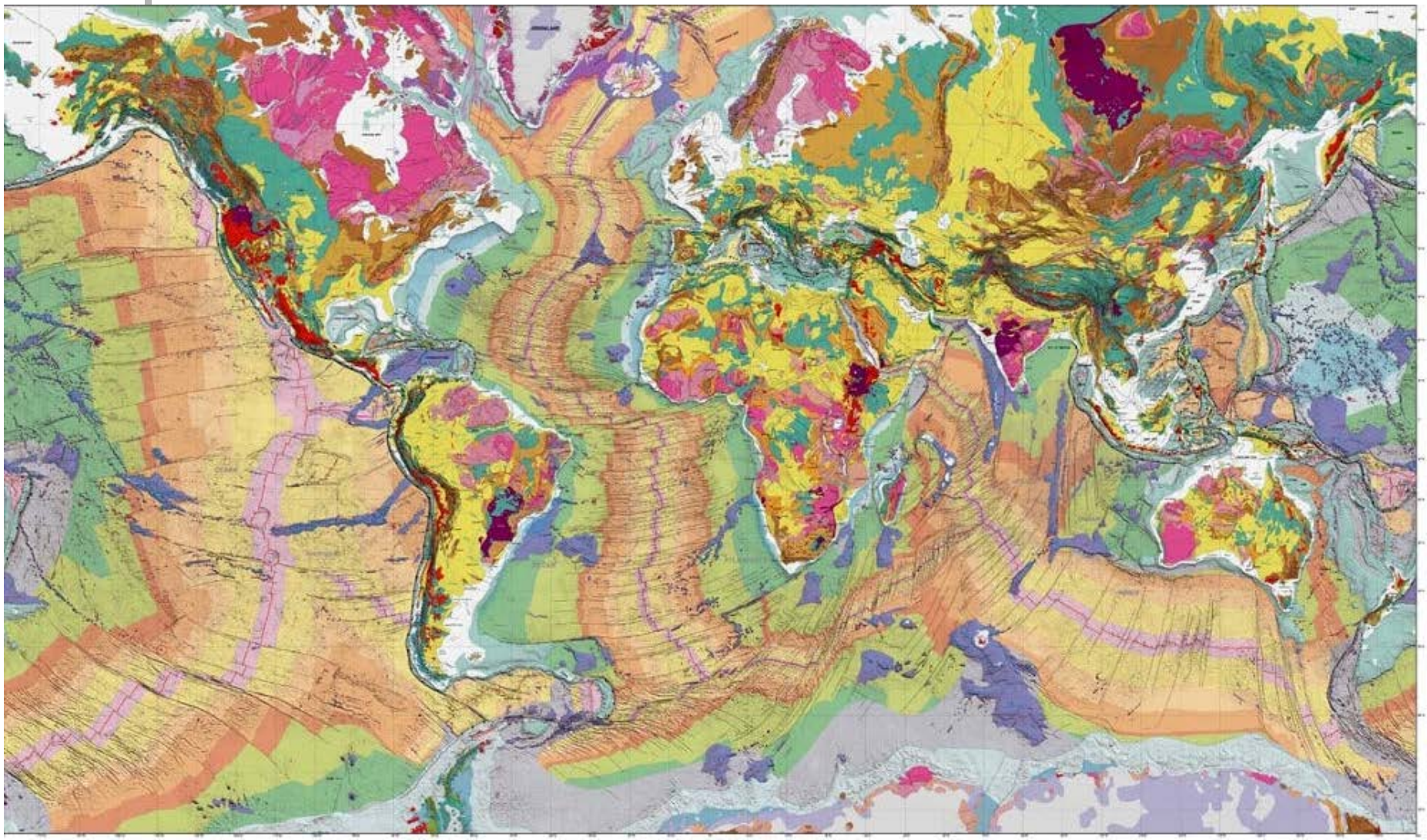
Du rift à l’océan et de l’océan à la chaine de montagne

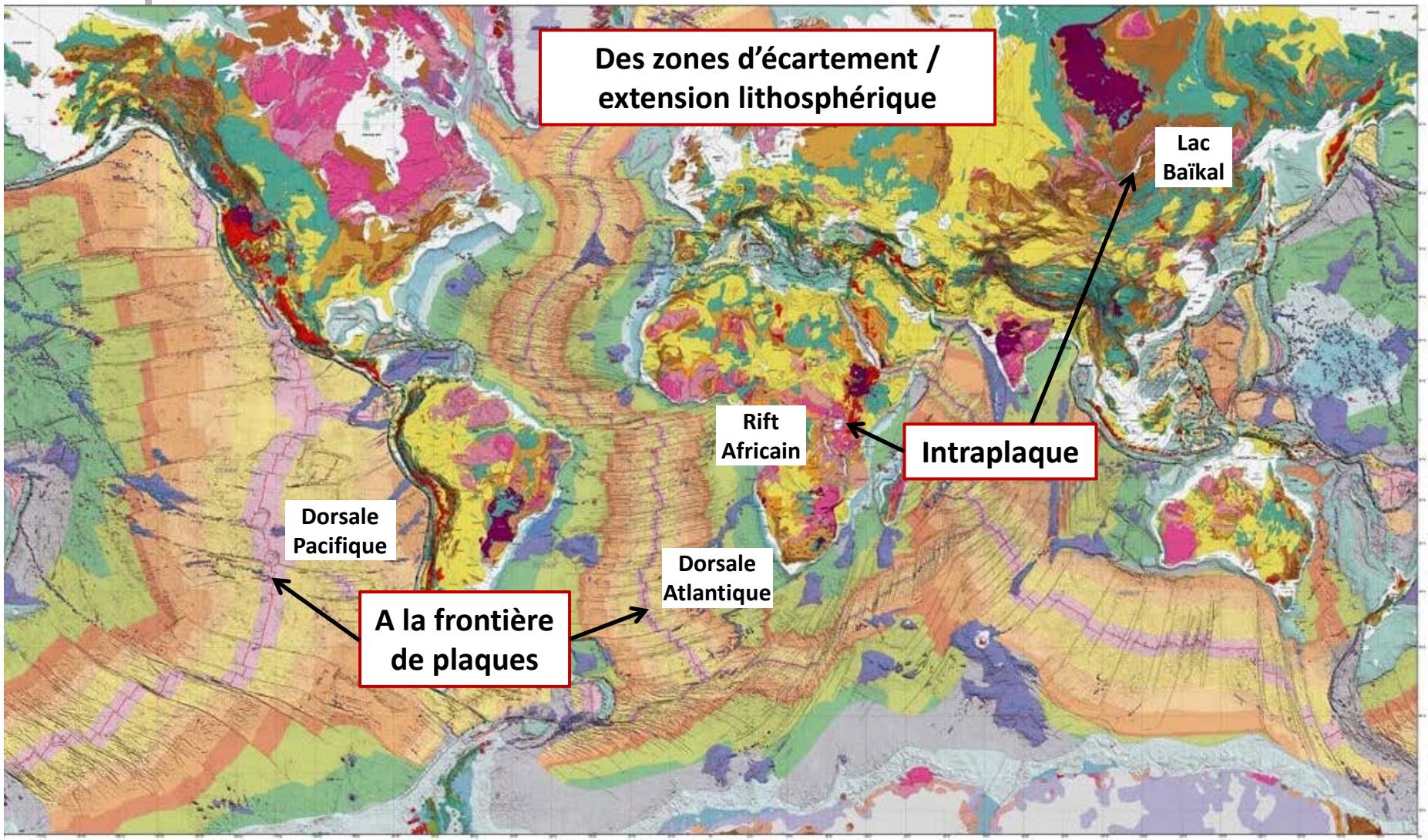
Les limites de plaques



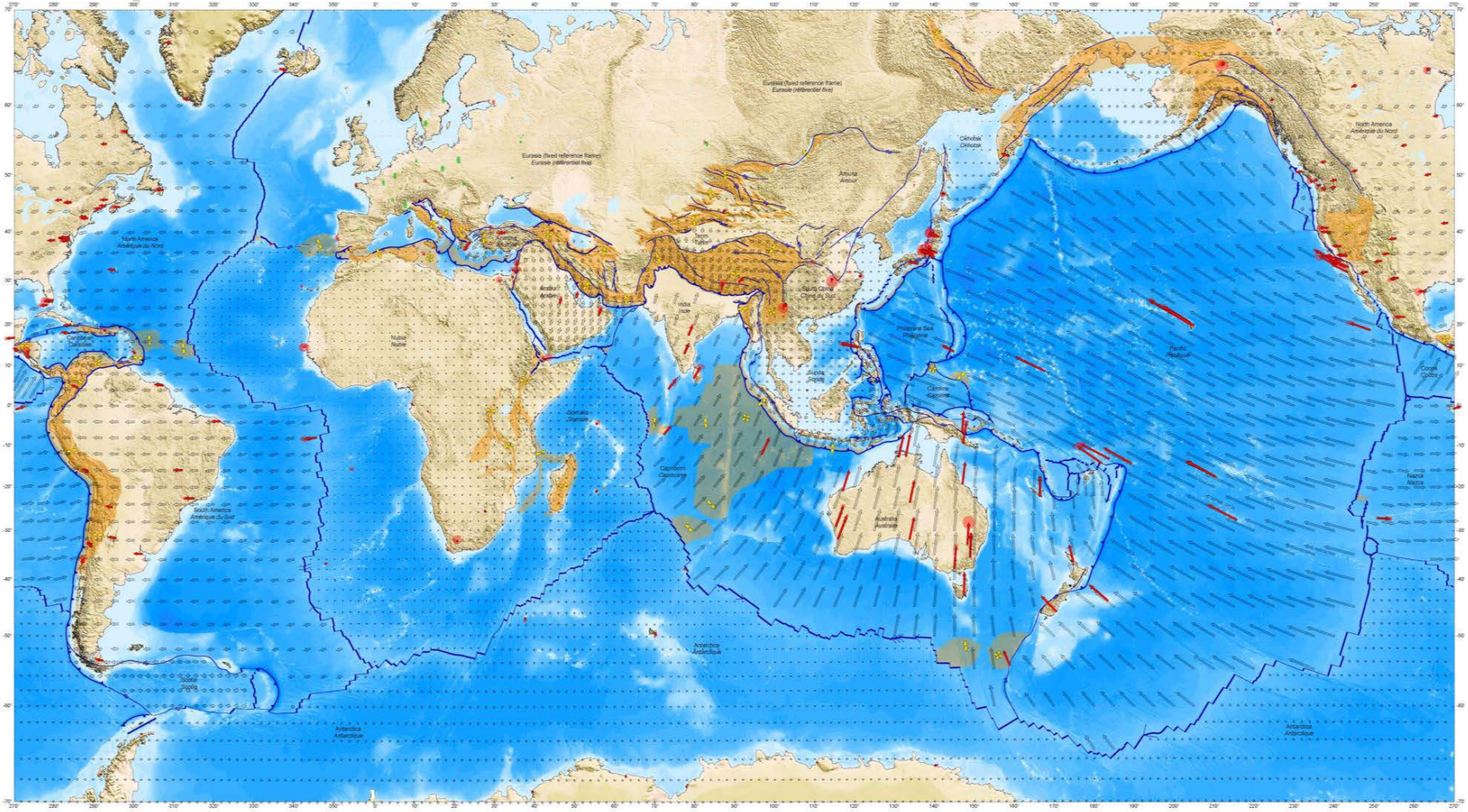
La carte géologique du monde



La carte géologique du monde



Géodynamique du monde



Plan

I – Du rift à l'océan

1.1 L'extension et le rifting

1.2 Les mécanismes de rifting

1.3 L'océanisation et la formation de marges

II – L'extension et la formation de bassins

2.1 Notion de bassin sédimentaire

2.2 La subsidence

2.3 Quand l'extension n'aboutit pas à l'océanisation - diversité des bassins français

III – De l'ouverture à la fermeture d'un océan

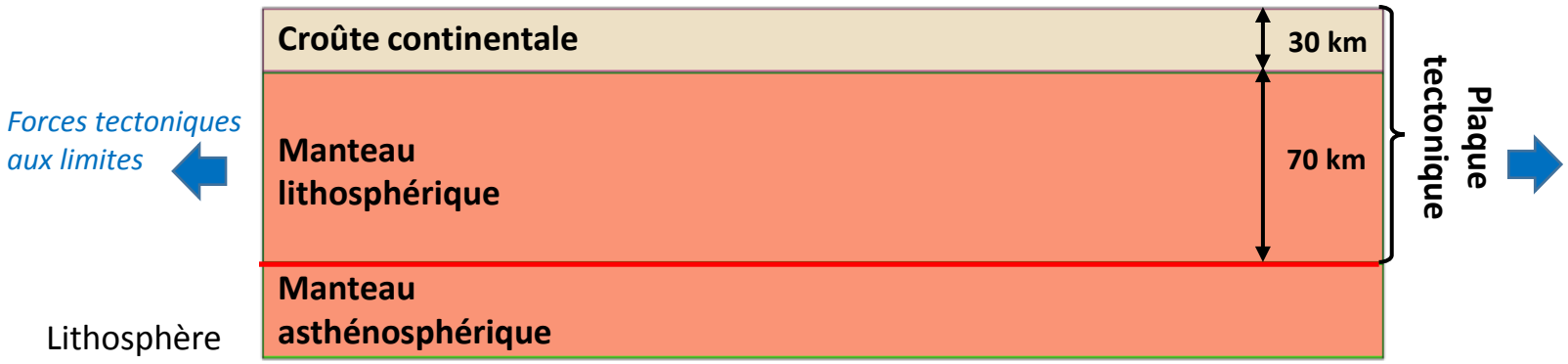
3.1 L'expansion océanique et les dorsales

3.2 Initiation de la subduction

Introduction

I-Du rift à l'océan

L'extension

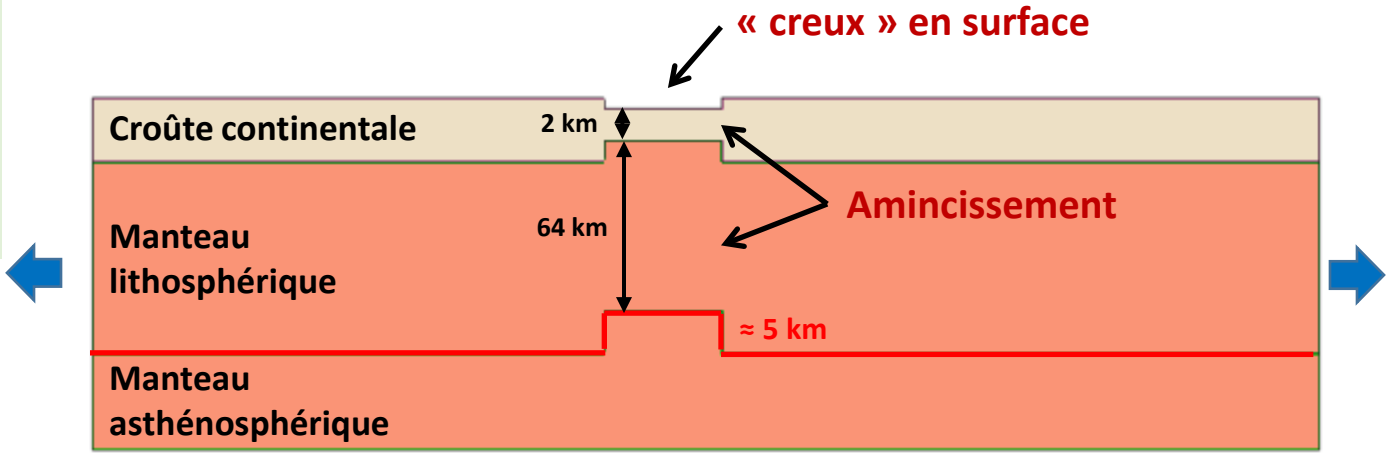


Lithosphère continentale « normale »

Amincissement de 6,6%

- Perte de 2 km de croûte
- Perte de 6 km de manteau

→ « creux » de 300 m



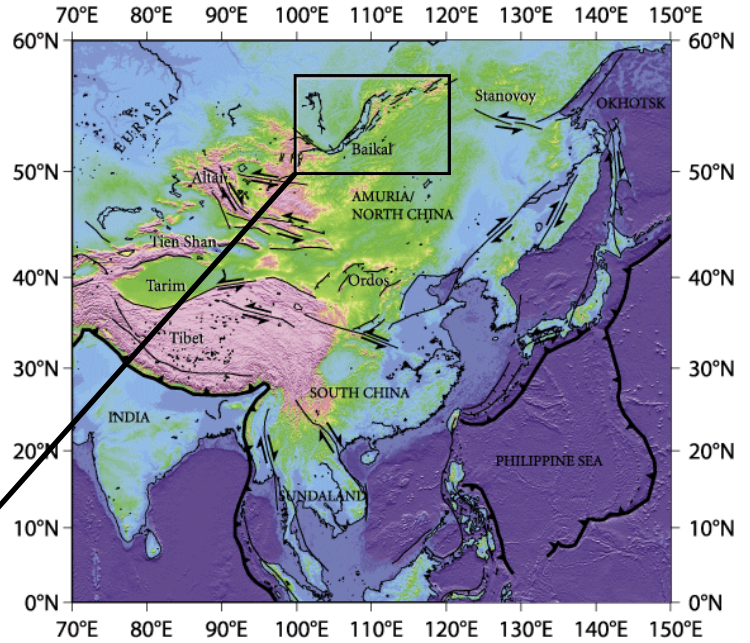
Lithosphère continentale « étirée » et amincie

Introduction

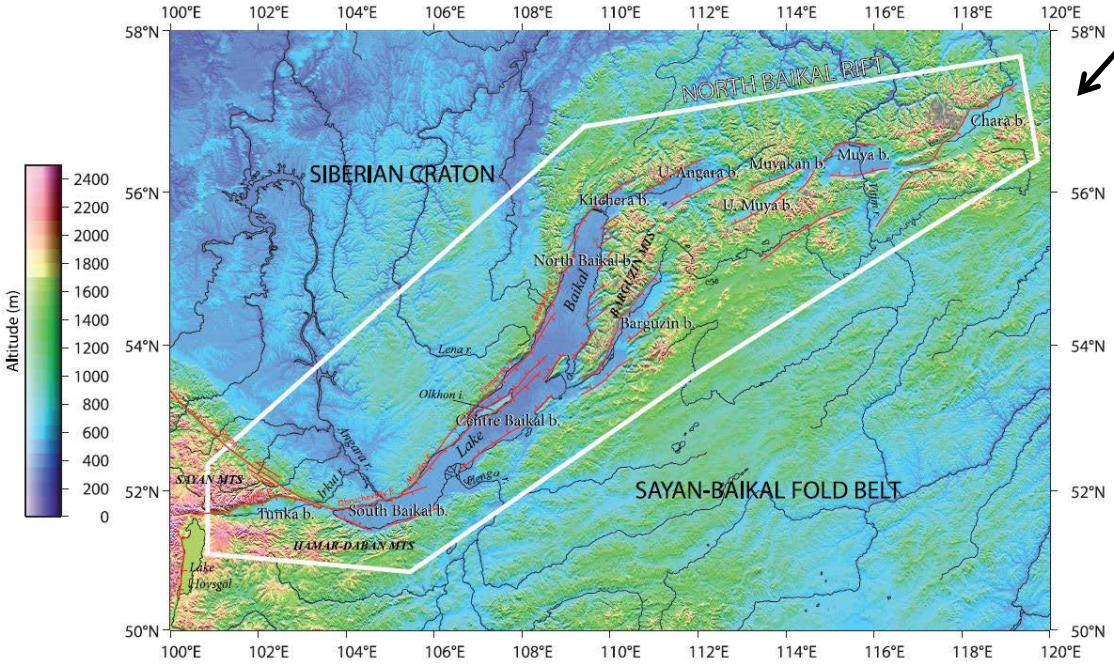
I-Du rift à l'océan

Le Lac Baïkal

- **Fossés étroits d'environ 40-50 km de large, bordés par des failles normales**
- **Volcanisme éventuel**



Petit et Deverchère (2006)





Lac Baïkal

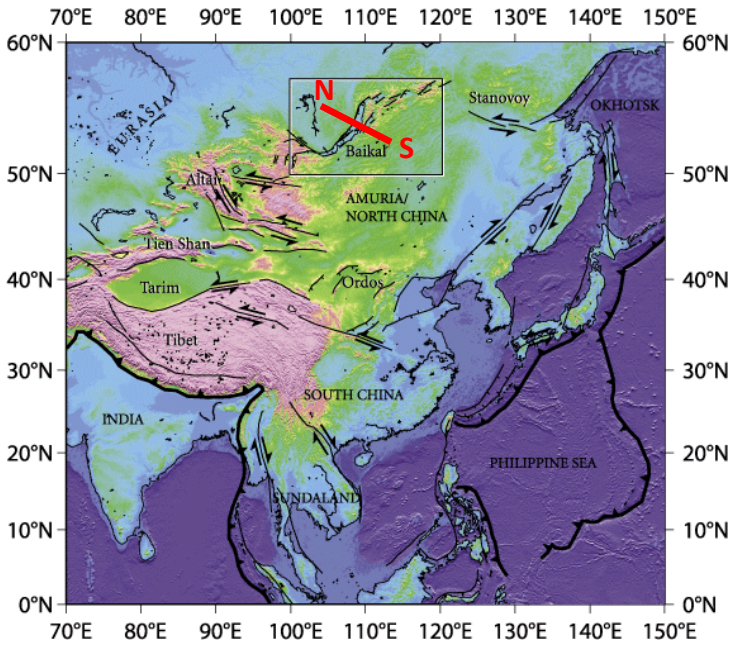
Introduction

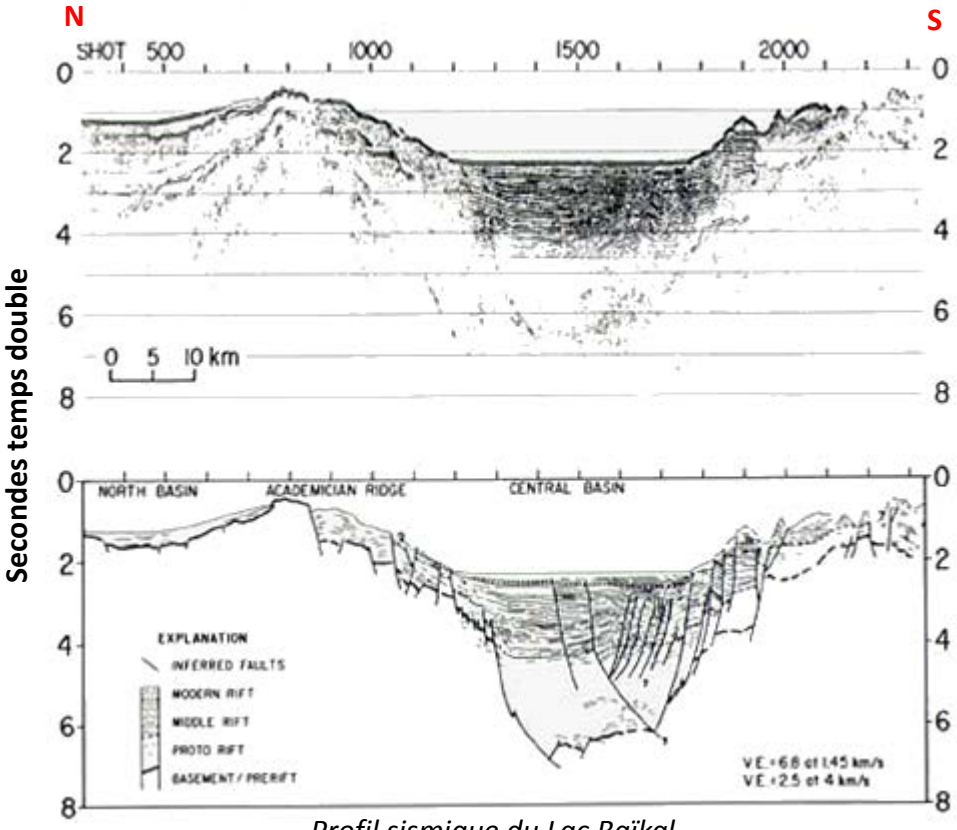
I-Du rift à l'océan

Le Lac Baïkal

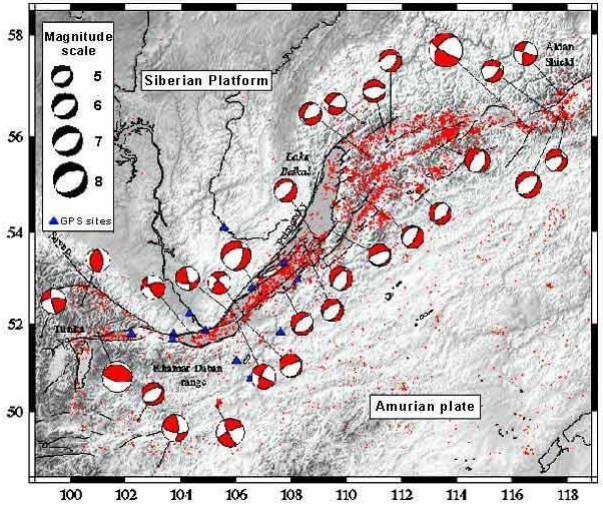
- **Vitesse d'extension < 1 cm/an**
- **Fossés étroits d'environ 40-50 km de large, bordés par des failles normales**
- **Forte activité sismique en extension**

Petit et Deverchère (2006)





Profil sismique du Lac Baïkal



Séismes du Lac Baïkal

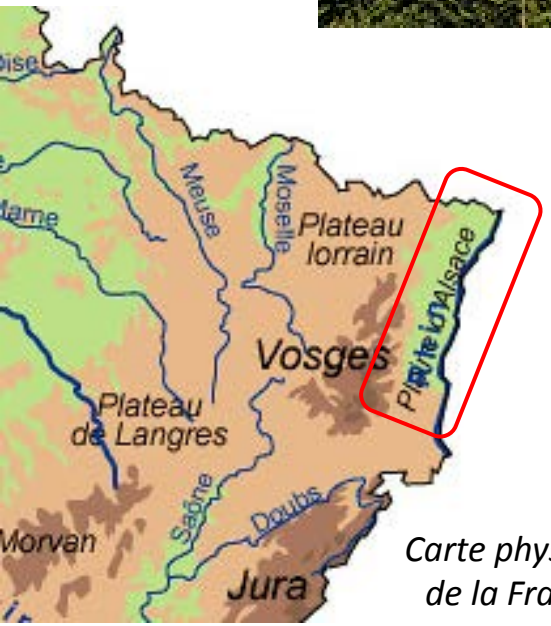
Introduction

I-Du rift à l'océan

Fossé Rhénan

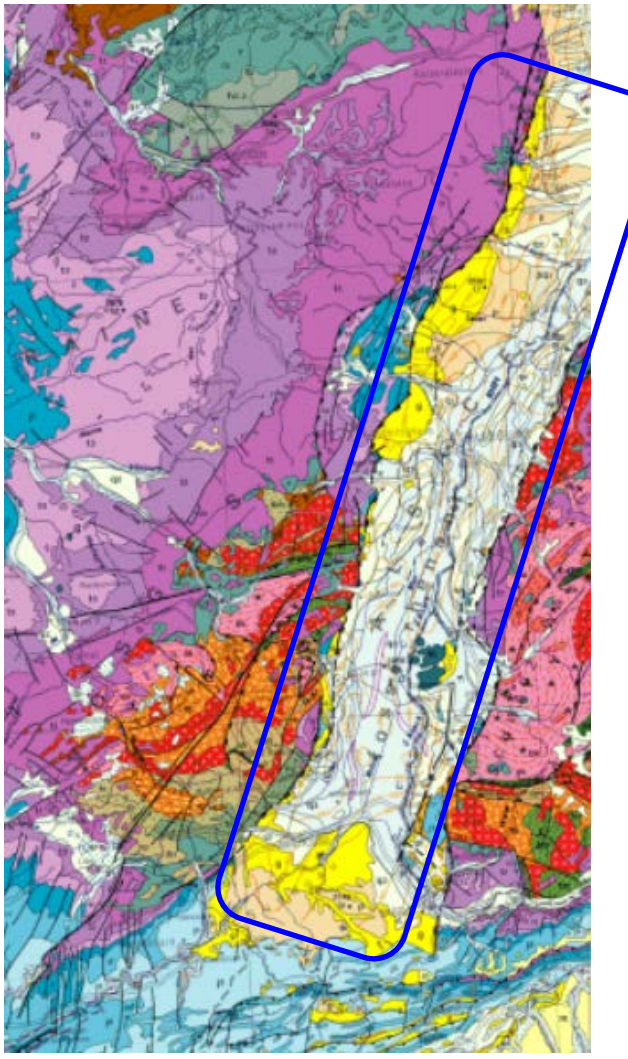


Plaine d'Alsace



Carte physique de la France

Fossé rhénan : dépression topographique correspondant à un rift



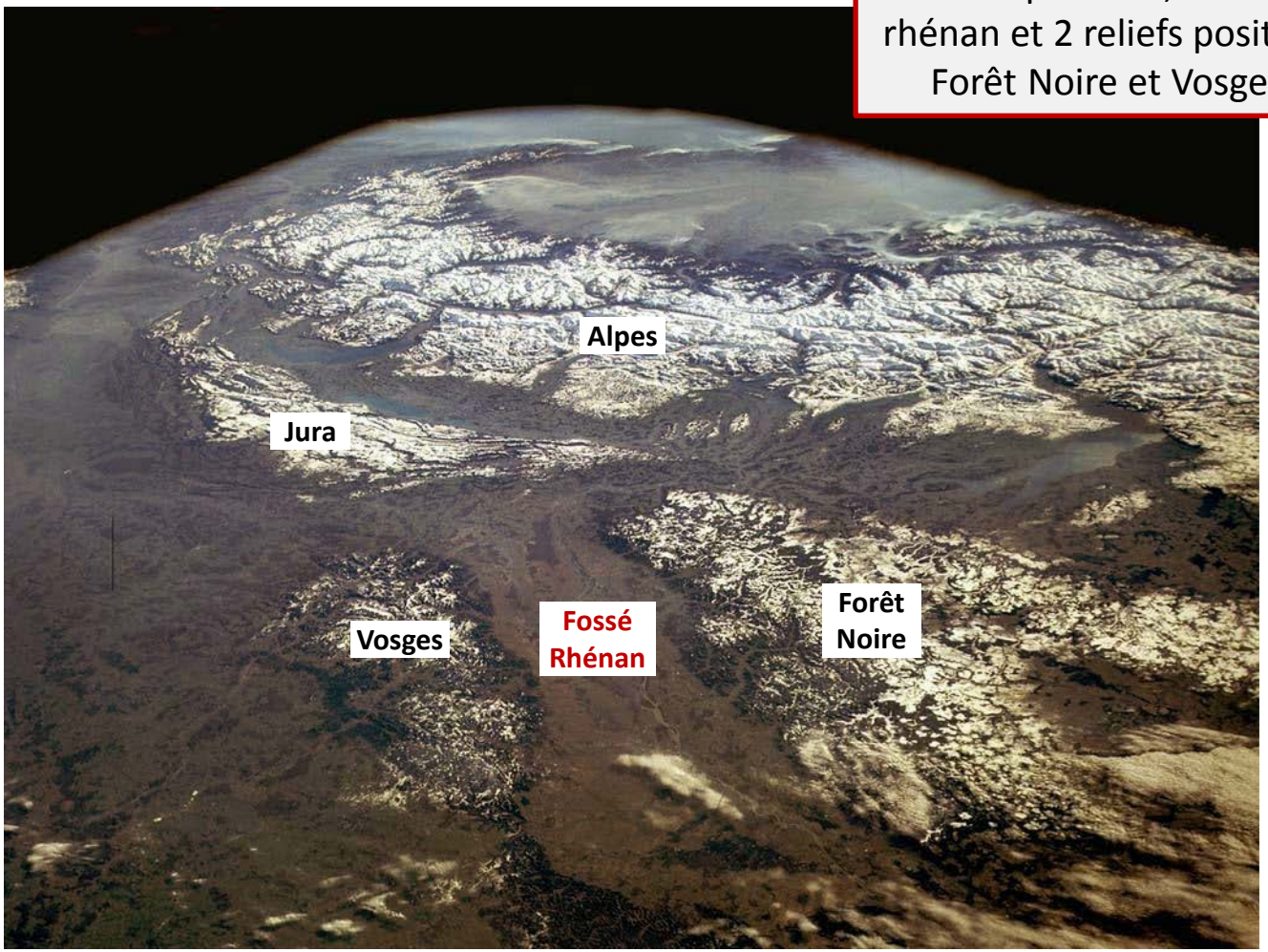
Carte géologique de la France

Introduction

I-Du rift à l'océan

Fossé Rhénan

Une dépression, le fossé rhénan et 2 reliefs positifs : Forêt Noire et Vosges



S

N

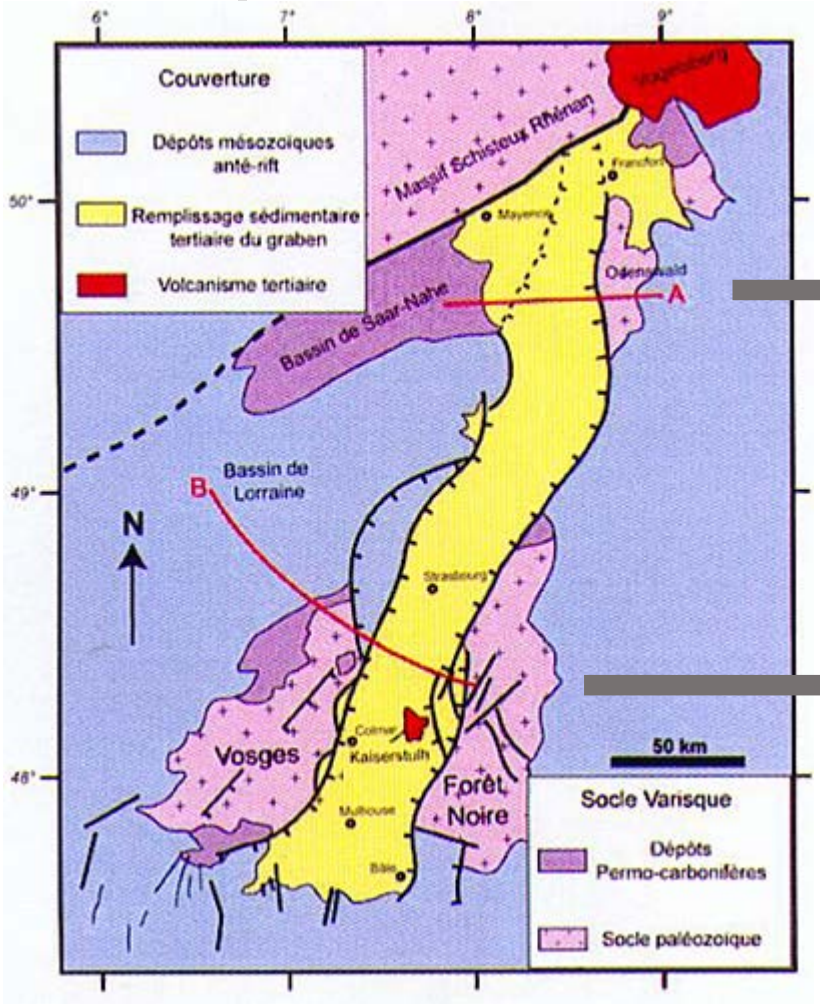
Vue satellite

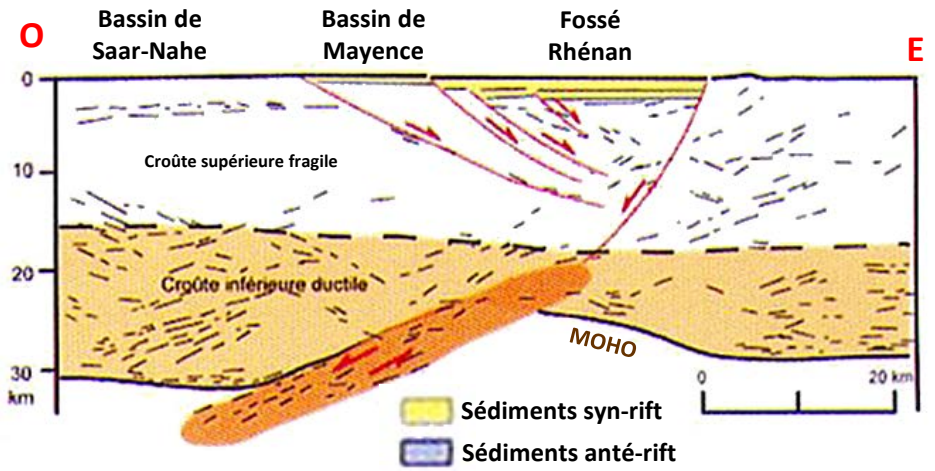
Introduction

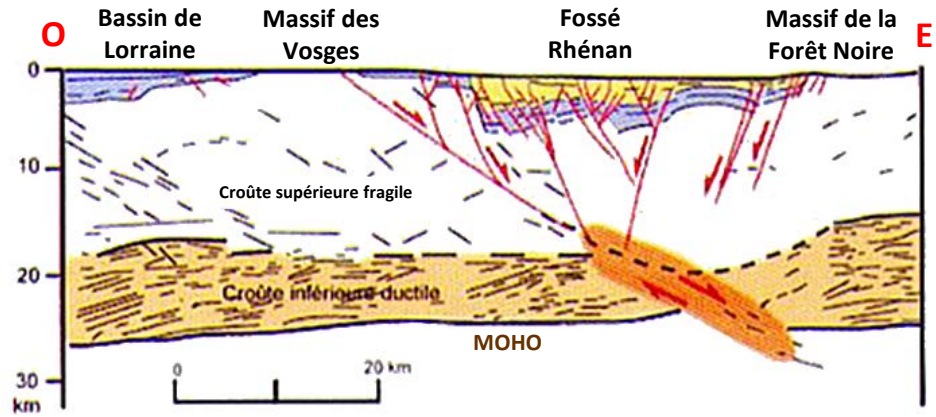
I-Du rift à l'océan

Fossé Rhénan

Rift dissymétrique







Coupes dans le fossé rhénan

Introduction

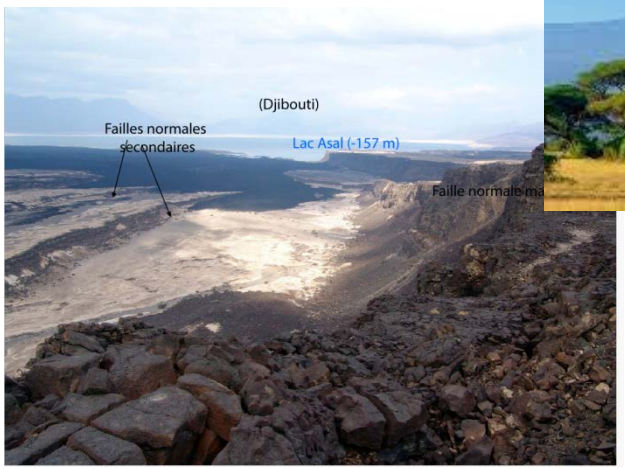
I-Du rift à l'océan

Rift africain

- **Orientation N-S**
- **Divisé en plusieurs segments**
- **Sismicité modérée**
- **Volcanisme (Kilimandjaro)**

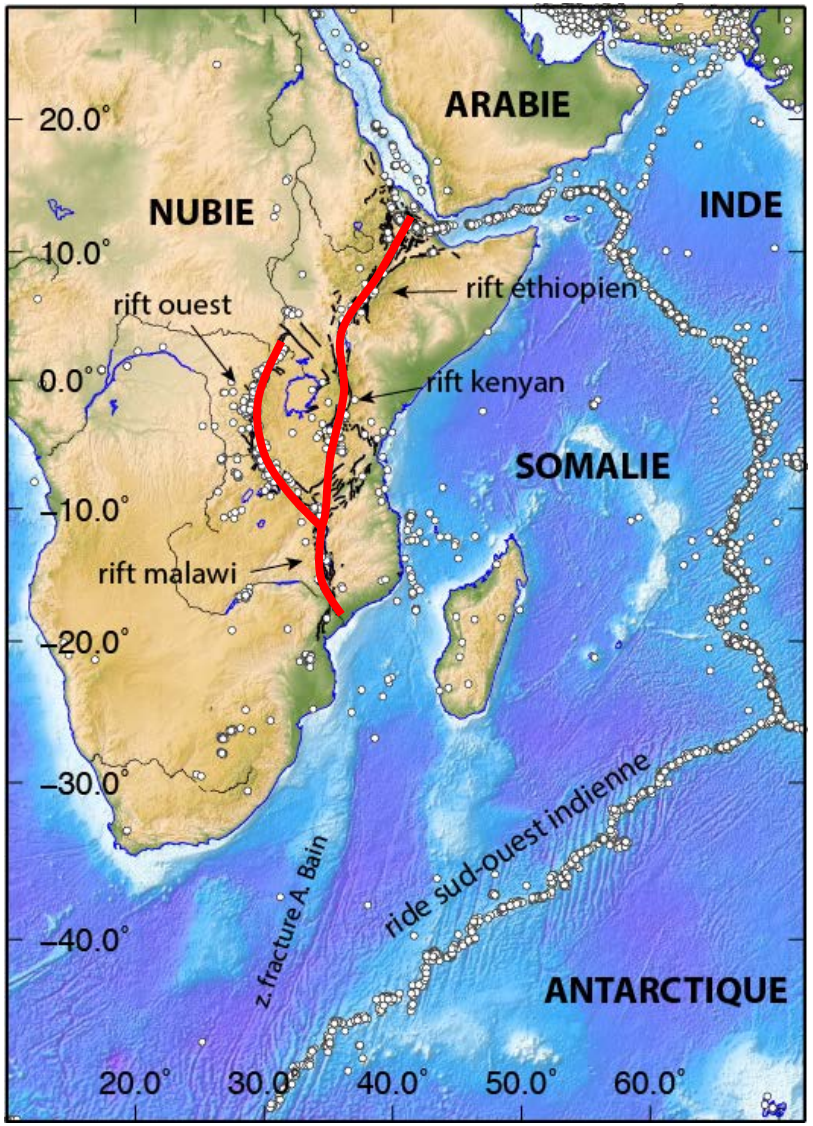


Kilimandjaro



Rift africain

Une vaste dépression et du volcanisme



Introduction

I-Du rift à l'océan

Rift africain

- Deux branches
  - Orientale plus magmatique
  - Occidentale peu magmatique
- Deux dômes topographiques.

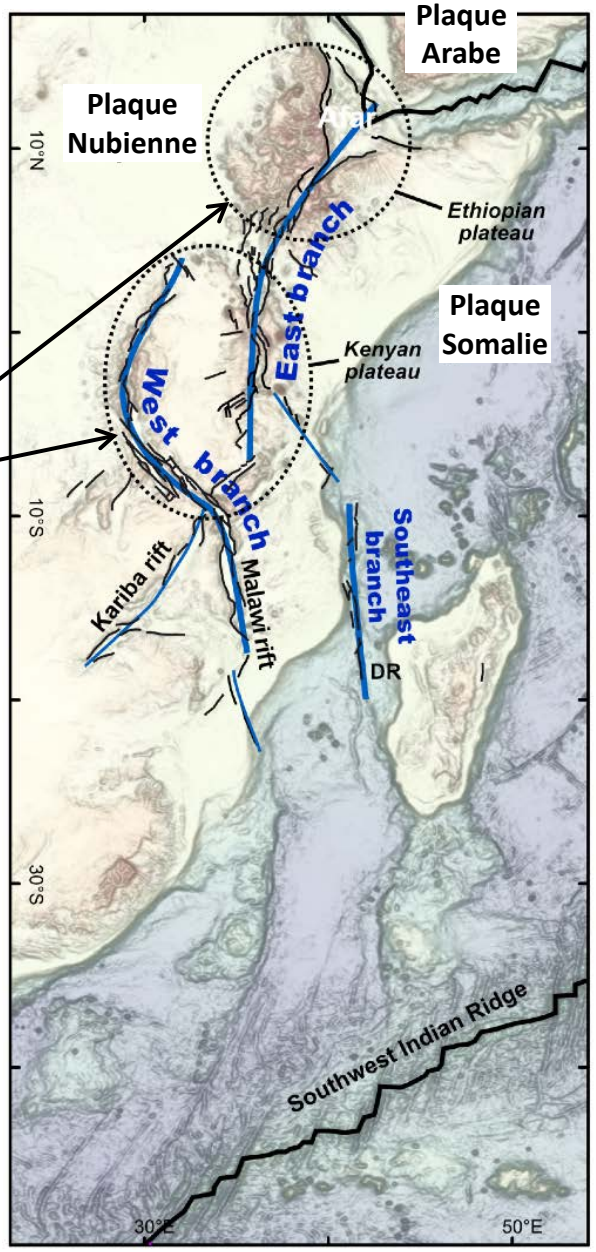


Dômes topographiques

Un rift à 2 branches



Une faille du rift est-africain



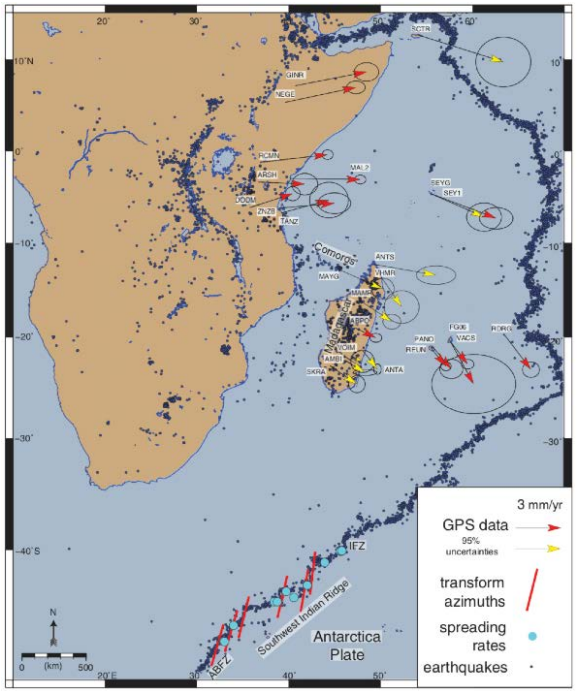
Introduction

I-Du rift à l'océan

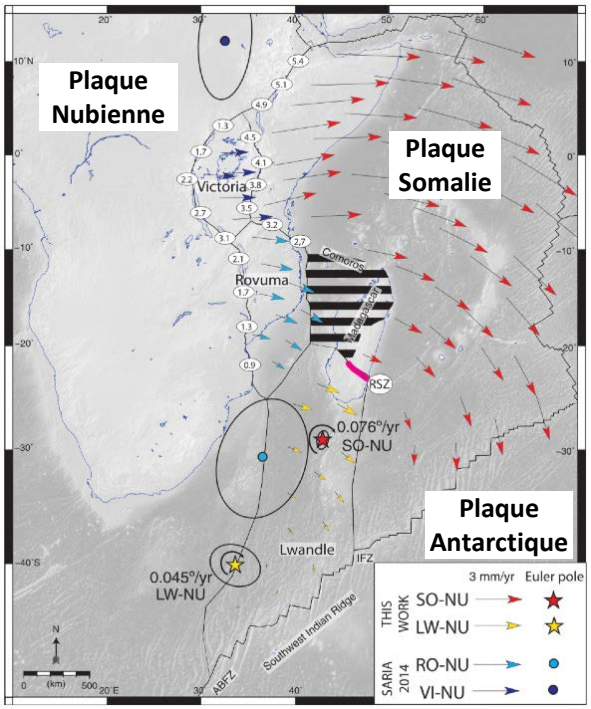
Rift africain

Rift dissymétrique

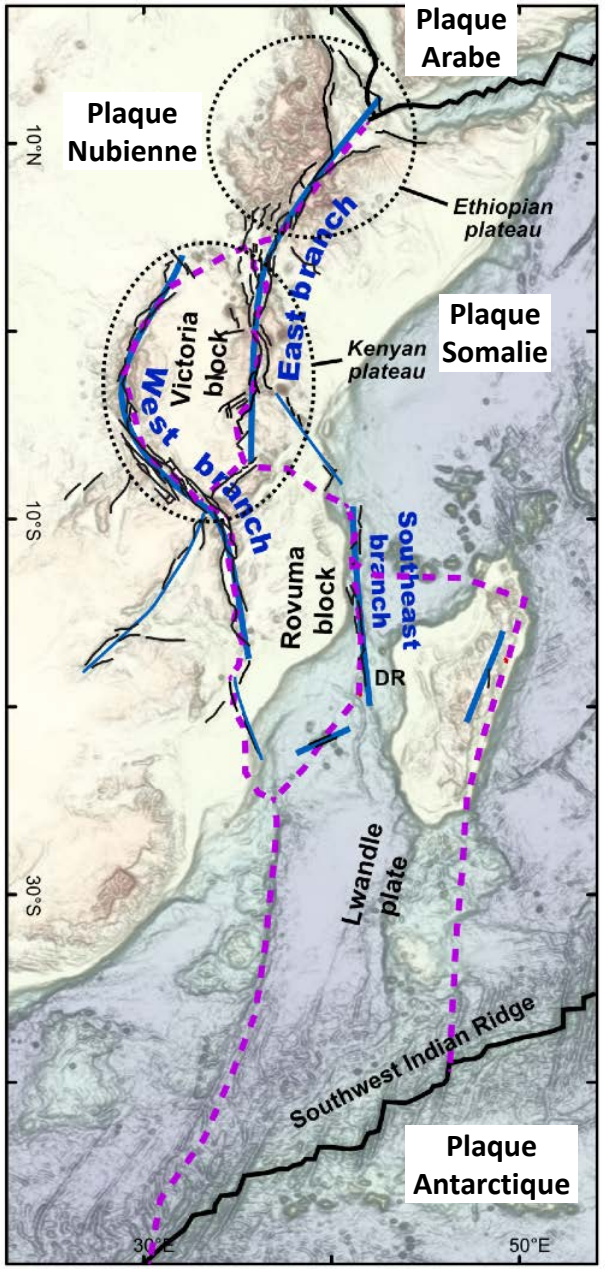
- **Forte activité sismique**
- **Déplacement de plaques et blocs en divergence**
- **Prolongation du rift est-africain jusqu'à la dorsale sud-ouest indienne**



Est-ce vraiment un rift ?



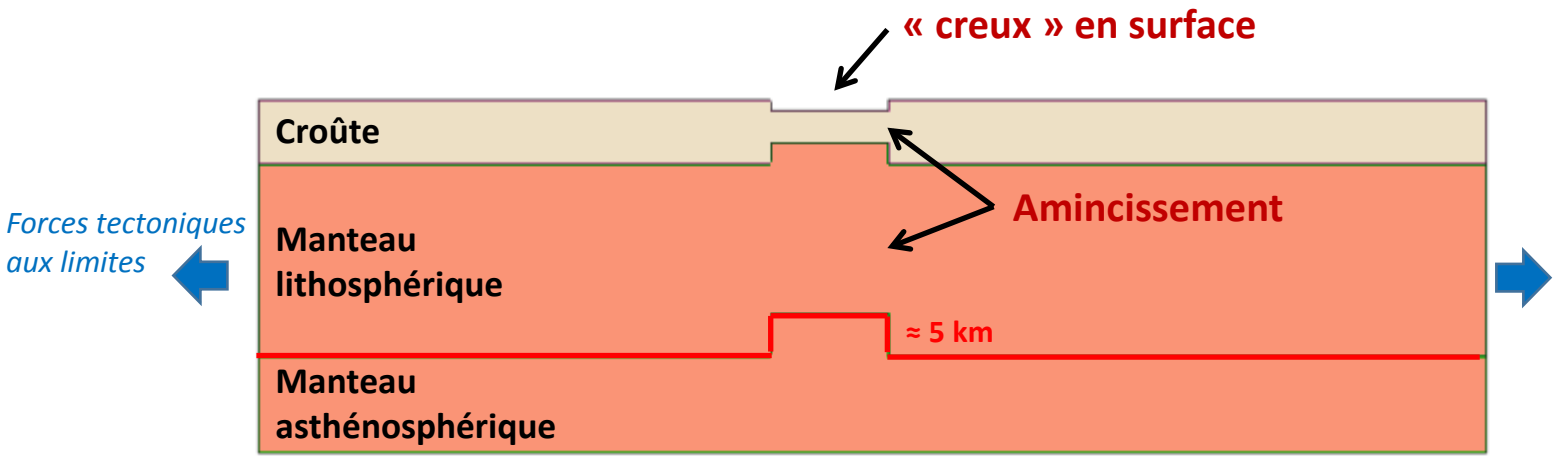
Vitesse des plaques



Introduction

I-Du rift à l'océan

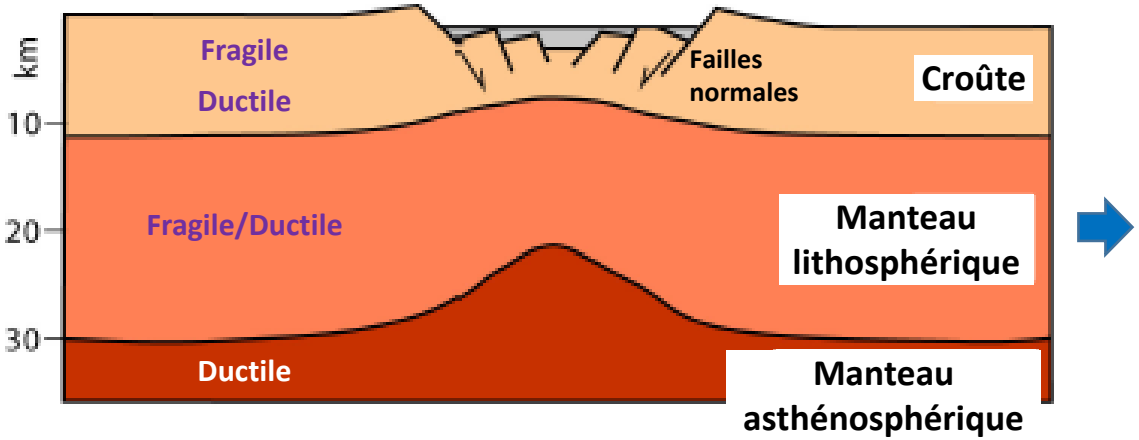
Modes de déformation de la lithosphère



En tenant compte de la rhéologie des matériaux

Mode de déformation

- Nature du matériau
- Température
- Vitesse de déformation
- …

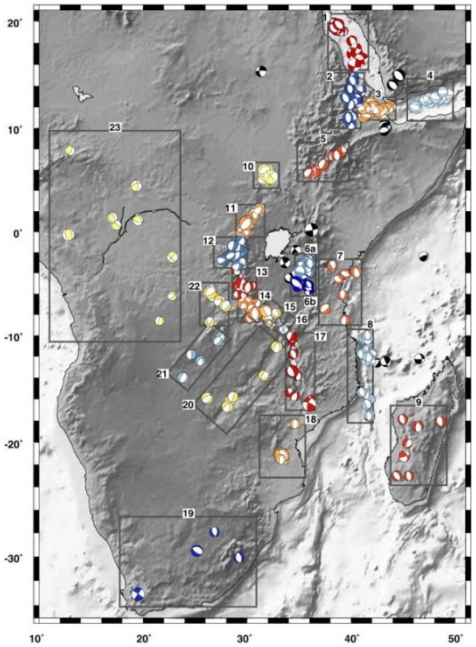


Introduction

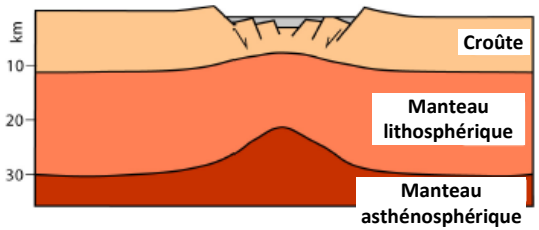
I-Du rift à l'océan

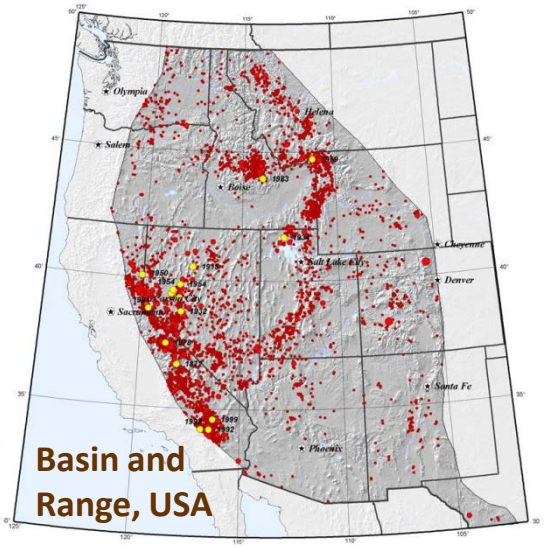
Diversité des modes de rifting

Rift étroit

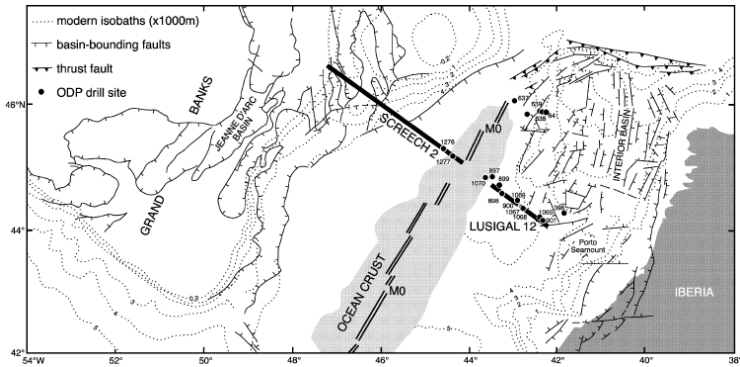


Rift est-africain

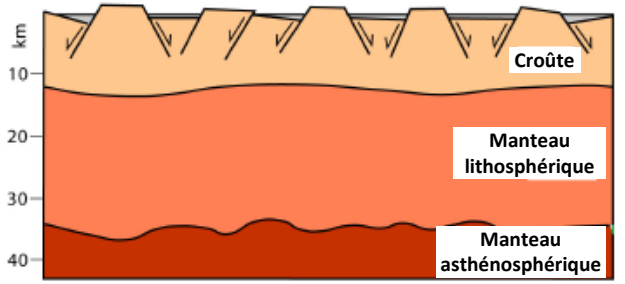




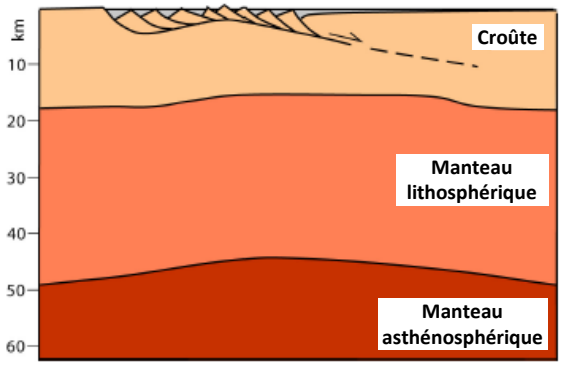
Rift large



Océan Atlantique



Rift en core complex



Rift symétrique/dissymétrique

Un lien avec le mode de rifting ?

Introduction

I-Du rift à l'océan

Plan

I – Du rift à l'océan

1.1 L'extension et le rifting

1.2 Mécanismes de rifting

1.3 L'océanisation et la formation de marges

II – L'extension et la formation de bassins

2.1 Notion de bassin sédimentaire

2.2 La subsidence

2.3 Quand l'extension n'aboutit pas à l'océanisation - diversité des bassins français

III – De l'ouverture à la fermeture d'un océan

3.1 L'expansion océanique et les dorsales

3.2 Initiation de la subduction

Introduction

I-Du rift à l'océan

Mécanismes de rifting

Quel mécanisme initie l'étirement ?

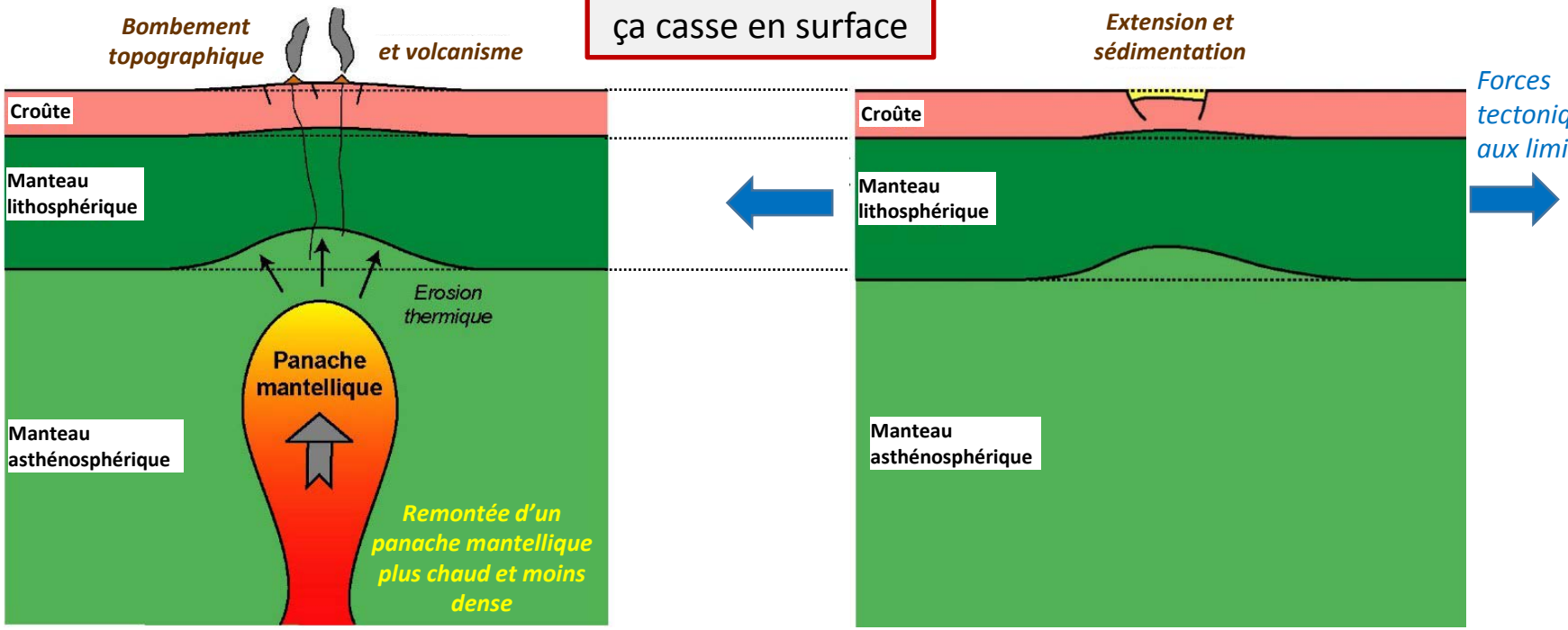
Rifting « actif »

Extension précédée par du volcanisme et la surrection de la croûte - liée à une **anomalie thermique mantellique**

Rifting « passif »

Extension due à des **forces initiées aux limites des plaques**

Dans tous les cas, ça casse en surface

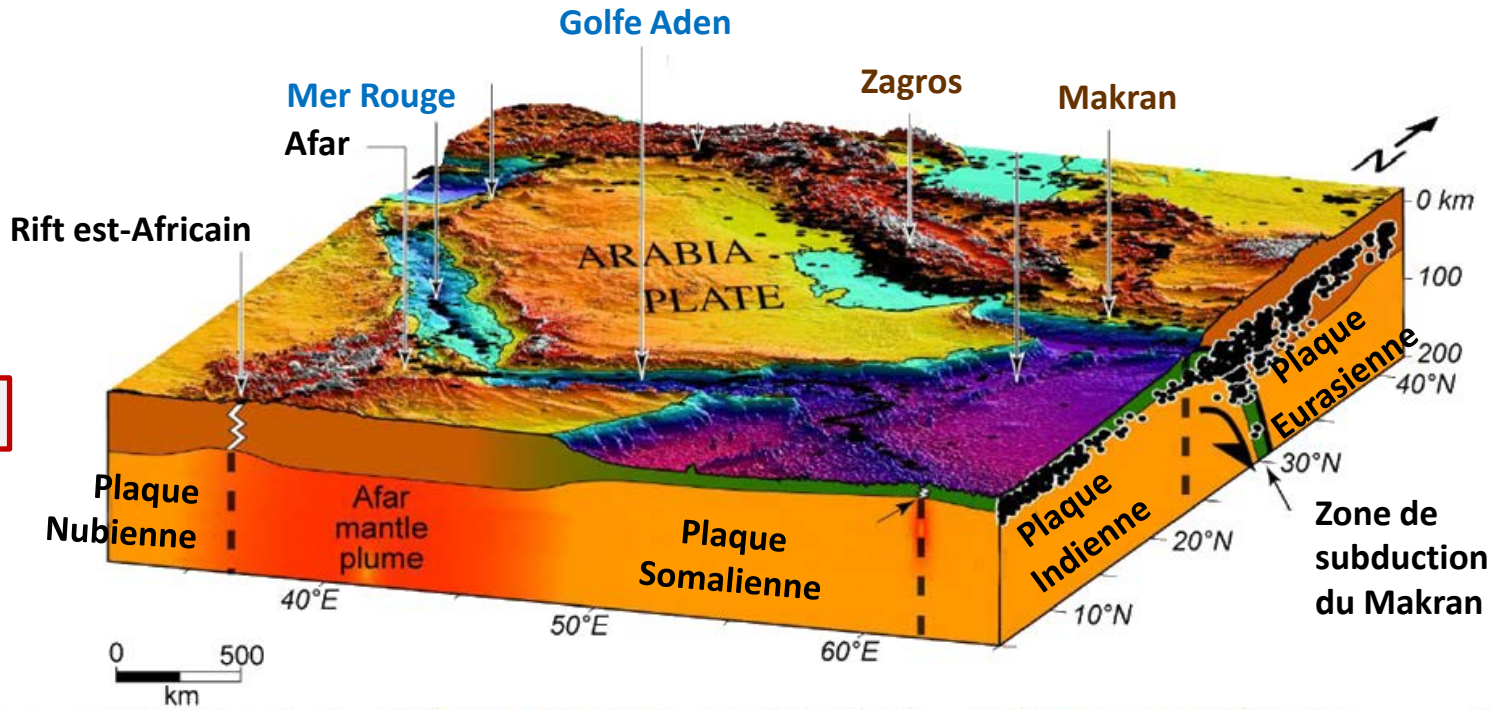


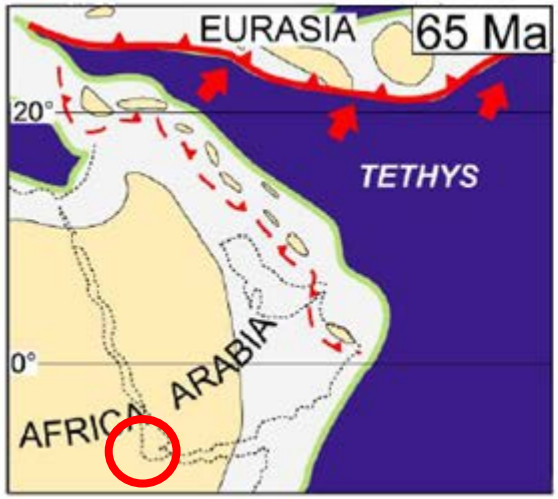
Introduction

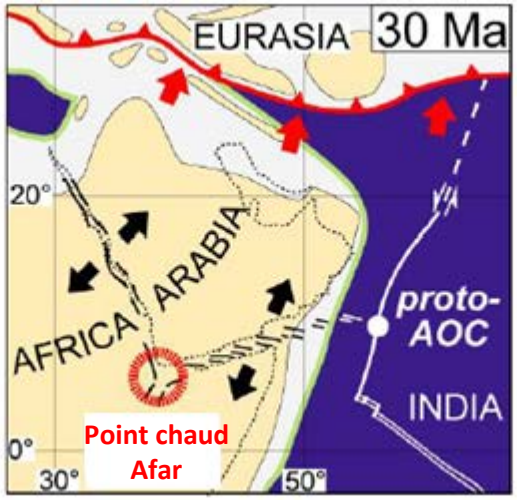
I-Du rift à l'océan

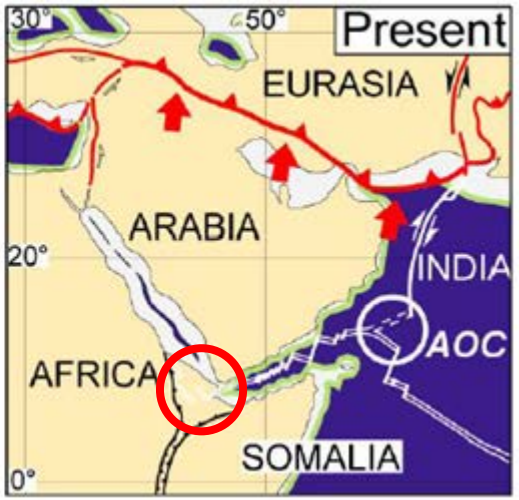
Un rifting actif ?

Golfe d'Aden et point chaud des Afars





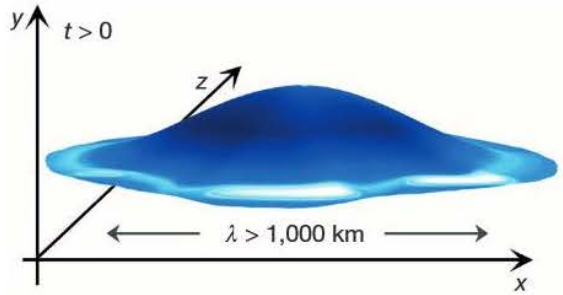
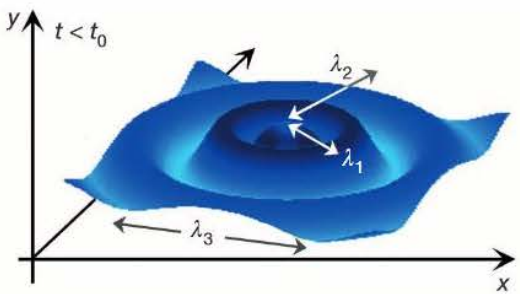
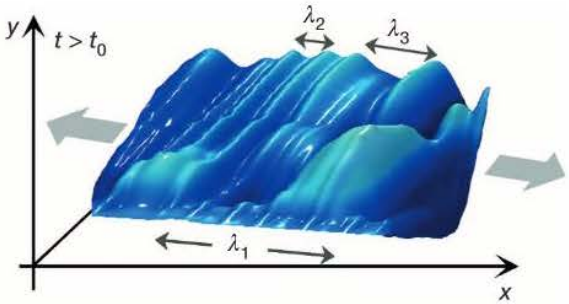
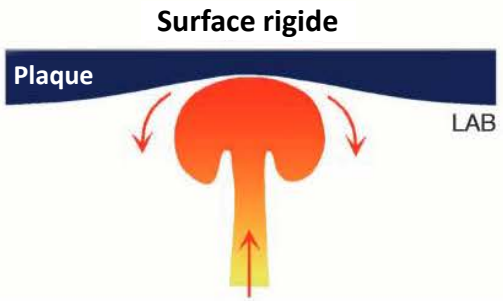
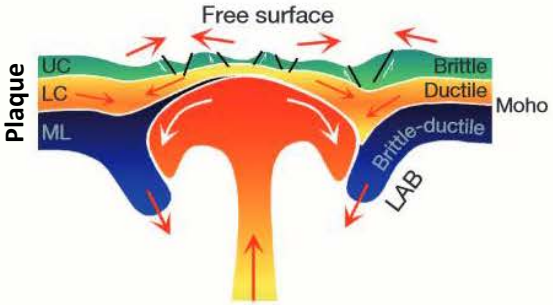
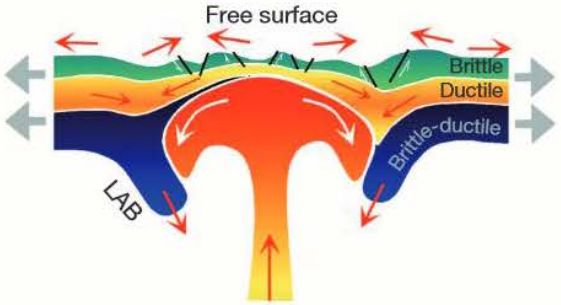




Introduction
I-Du rift à l'océan

Actif ou passif, l'éternel débat

→ **Apports de la modélisation**

	Couche supérieure rigide	Couches supérieures à rhéologie stratifiée	Couches supérieures à rhéologie stratifiée & forces aux limites extensives
Topographie de surface			
Coupe verticale			
	« chauffage d'un couvercle rigide »	Modèles à lithosphère stratifiée	

→ **Vers un modèle mixte reproduisant bien les observations**

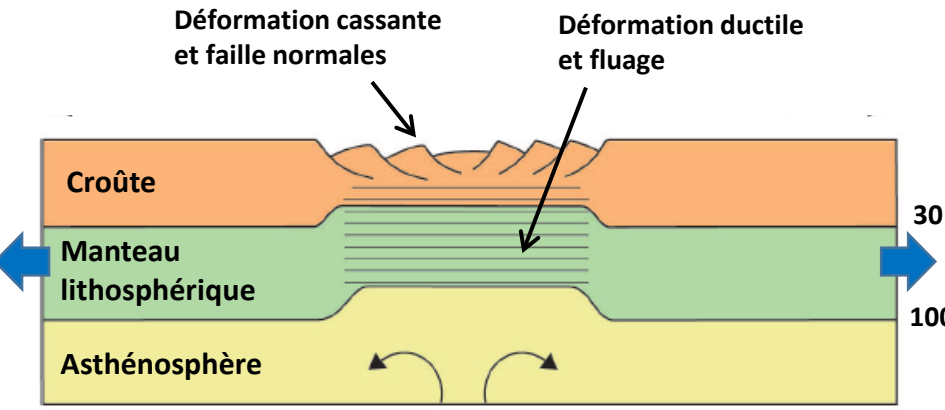
Introduction

I-Du rift à l'océan

Modèles d'extension

Croûte
Manteau asthénosphérique
Manteau lithosphérique
Zone déformation ductile

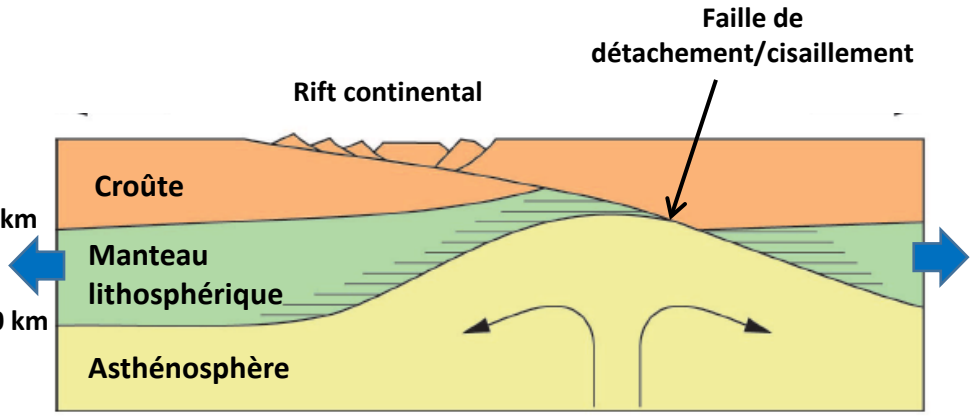
Extension homogène



Modèle de cisaillement pur (Mc Kenzie)

Amincissement **homogène** de la lithosphère
Cassante et **symétrique** en surface
→ N'explique pas l'asymétrie systématique des fossés

Extension hétérogène



Modèle de cisaillement simple

Amincissement **hétérogène** de la lithosphère
Contrôlé par un grand détachement à faible pente
Déformation **asymétrique**.
→ Peut s'appliquer aux rifts rapides mais peu aux rifts lents

Introduction
I-Du rift à l'océan

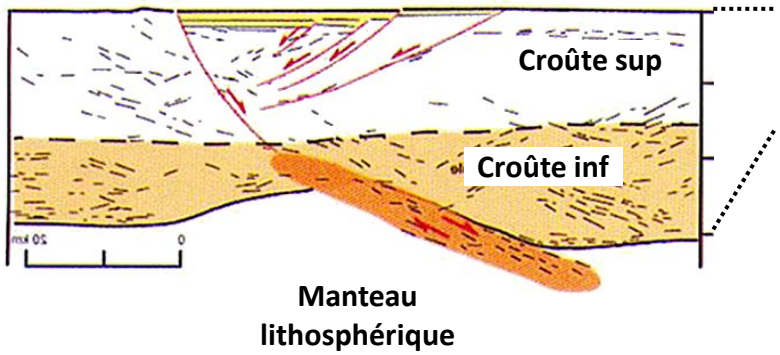
Modèles d'extension

- Extension découplée

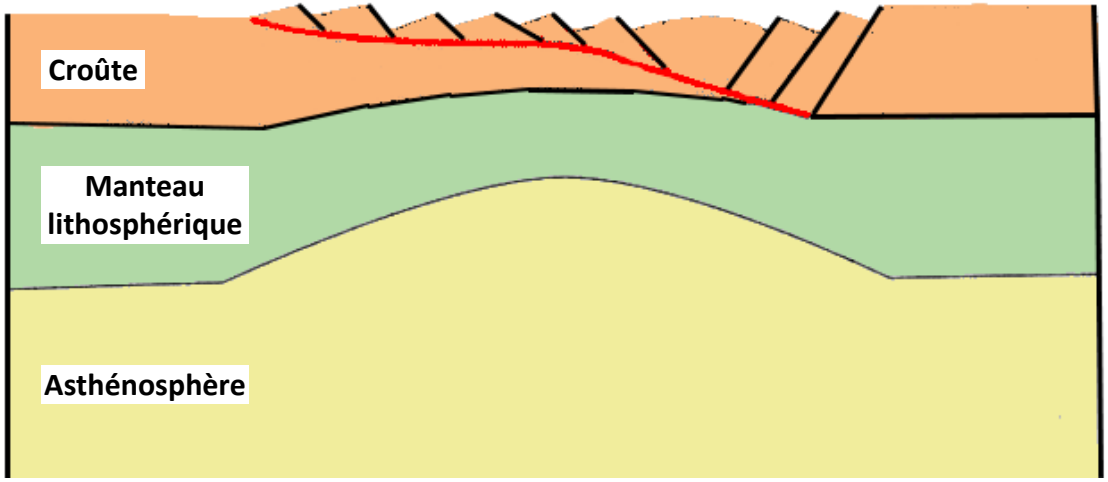
→ Un modèle plus complexe rendant compte de la géométrie des fossés

Cisaillement pur (symétrique) dans la lithosphère mantellique
Cisaillement simple (asymétrique) dans la croûte

Explique la géométrie des structures crustales qui sont toujours asymétriques et les caractèristiques de la subsidence



Coupe dans le fossé Rhénan

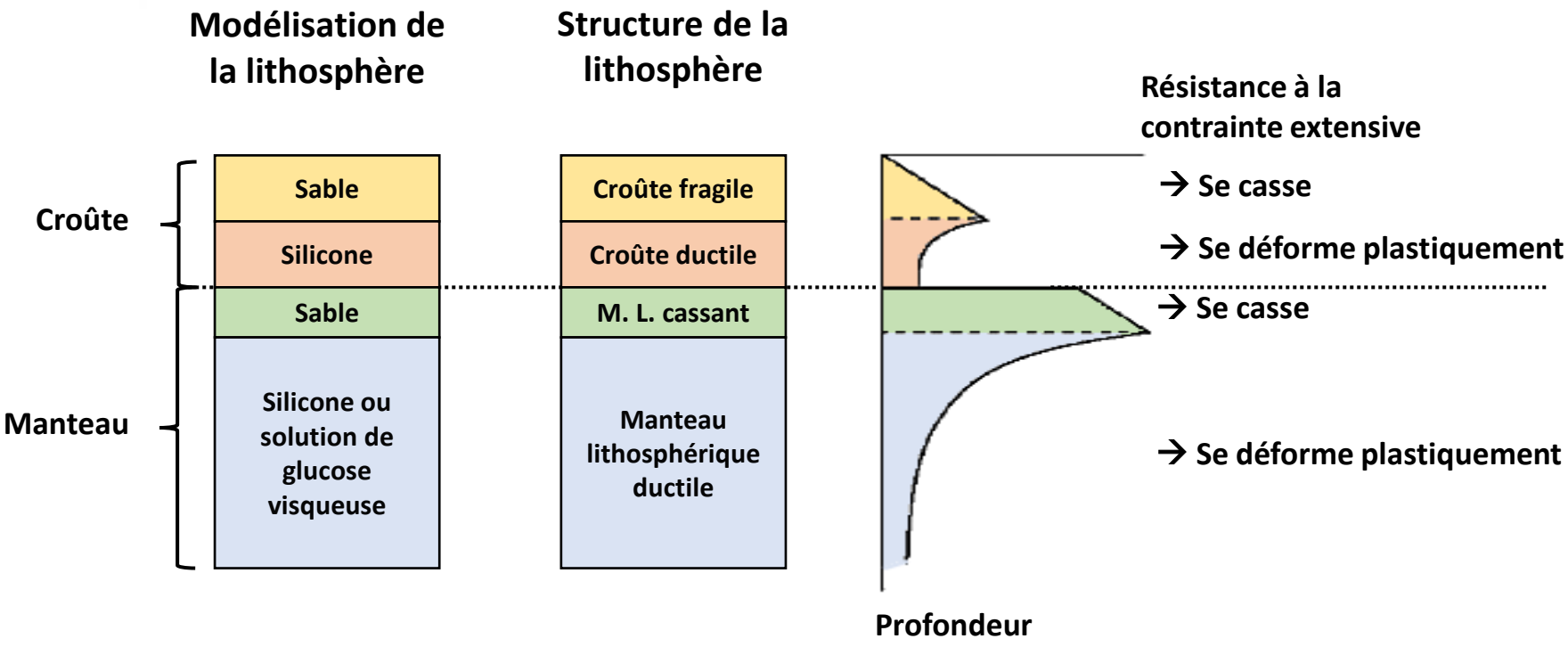


Modèle de cisaillement simple dans la croûte & cisaillement pur dans le manteau lithosphérique (Lister & Davis)

Introduction
I-Du rift à l'océan

Modèles d'extension

- Comparaison de modèles aux échelles crustales et lithosphériques



Michon et Merle (2003)

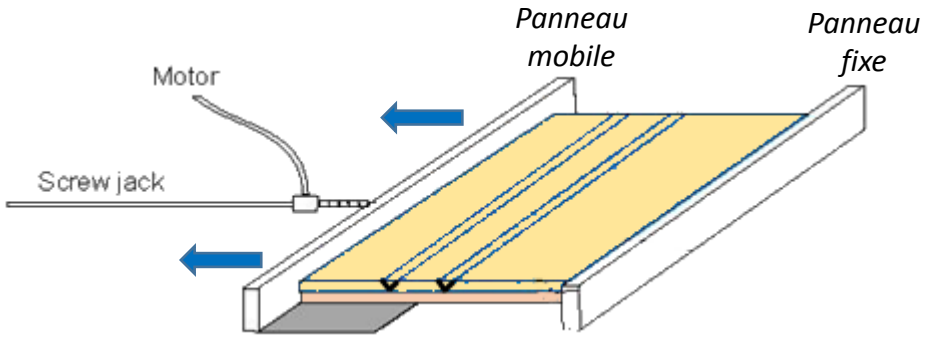
Introduction
I-Du rift à l'océan

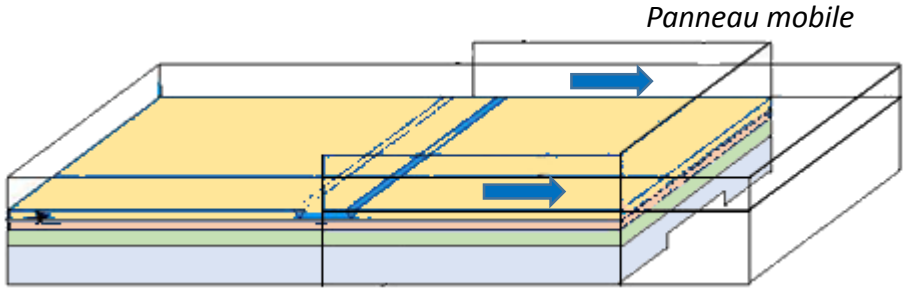
Modèles d'extension

- Comparaison de modèles aux échelles crustales et lithosphériques

Modélisation à l'échelle crustale
(Modèle à 2 couches)

Modélisation à l'échelle lithosphérique
(modèle à 4 couches)





Dispositifs expérimentaux

➡ Permet de tester l'**effet** de différents **paramètres** sur la géométrie des structures

1- Rôle de la **vitesse d'extension**
2- Rôle du nombre de **discontinuités de vitesse**, c.a.d de ruptures de la lithosphère mantellique
3- **Déformation interne** des modèles
4- **Rhéologie** des différentes couches

Michon et Merle (2003)

Introduction
I-Du rift à l'océan

Modèles d'extension

- Résultats pour une extension à faible vitesse :

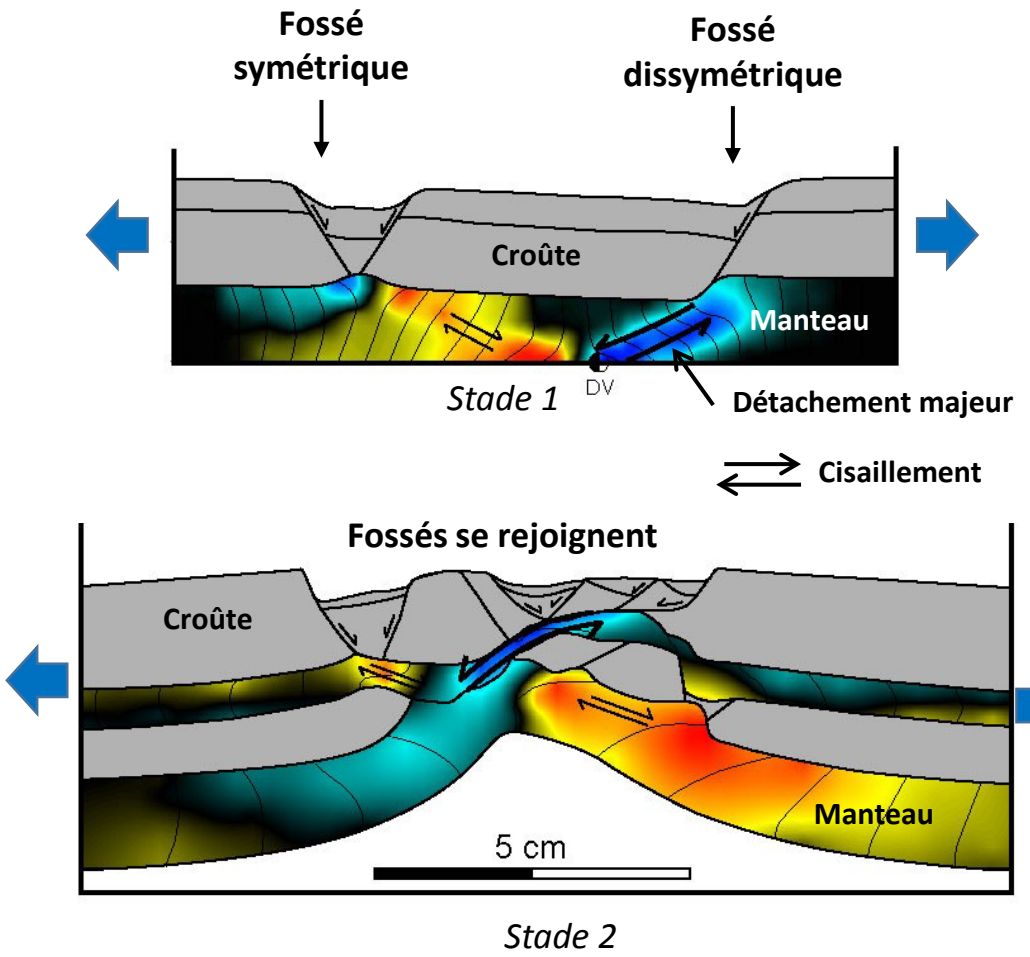
1- **Déformation crustale** contrôlée par des cisaillements conjugués

2- **Déformation lithosphérique** contrôlée par un détachement majeur lié au fossé asymétrique

3- Développement de **zones de cisaillement conjuguées** dans chaque niveau ductile

4- Valeurs de cisaillement maximum à l'aplomb du graben asymétrique

→ Déformation globale liée à des zones de cisaillement d'échelle lithosphérique

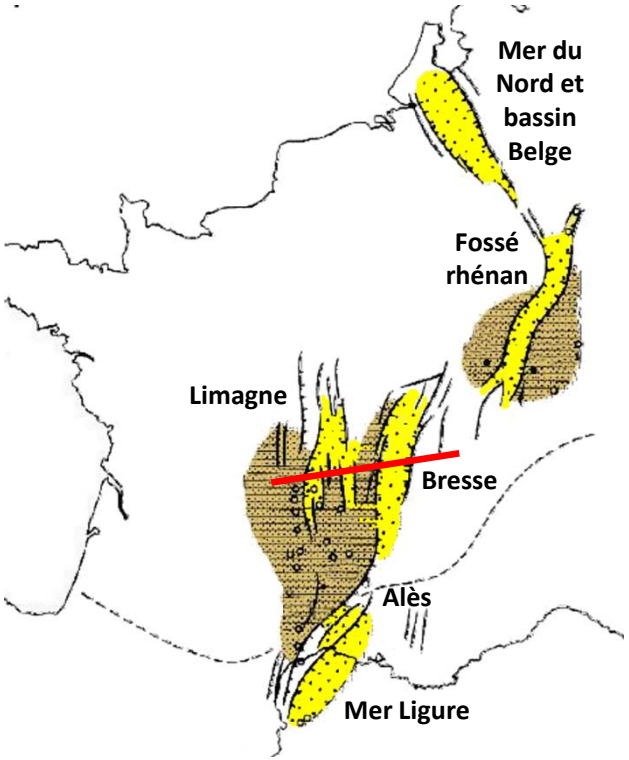


Michon et Merle (2003)

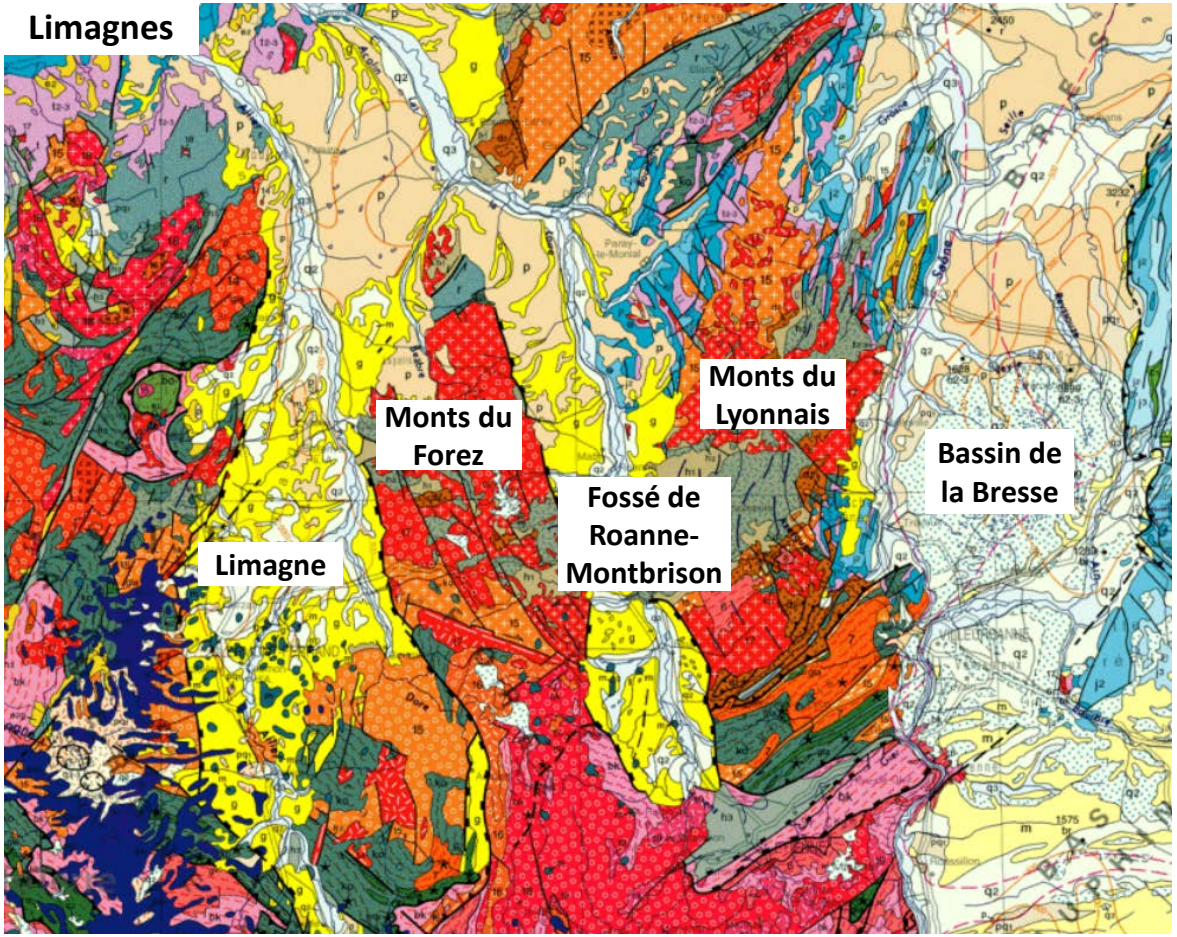
Introduction

I-Du rift à l'océan

Fossés des « Limagnes »

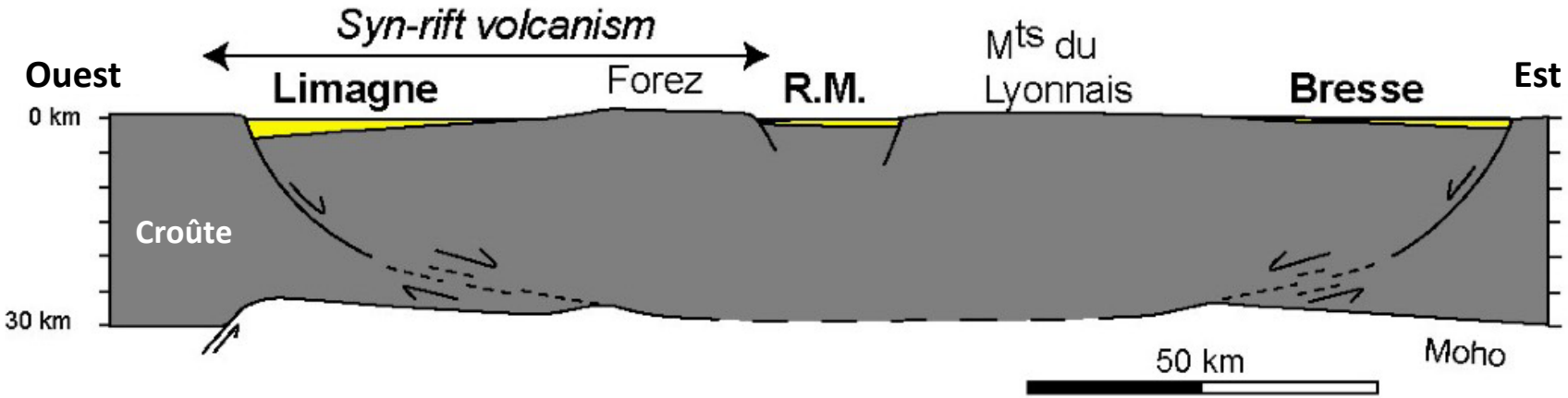


Les fossés cénozoïques



Fossés du Nord Massif Central

- 3 fossés majeurs *(200 km de largeur)*
- Etirement et amincissement synchrone *(Eocène sup.- Oligocène inf.)*
- Concentration de l'extension et volcanisme syn- à post-rift *(Oligocène sup.-Miocène inf.)*
- Superposition de l'amincissement crustal et de l'amincissement de la lithosphère mantellique



Coupe dans les 3 fossés du Nord du Massif Central

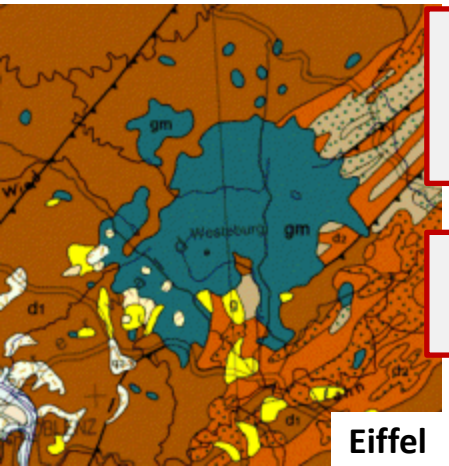
Introduction

I-Du rift à l'océan

Volcanisme associé aux bassins en France

Fossé rhénan

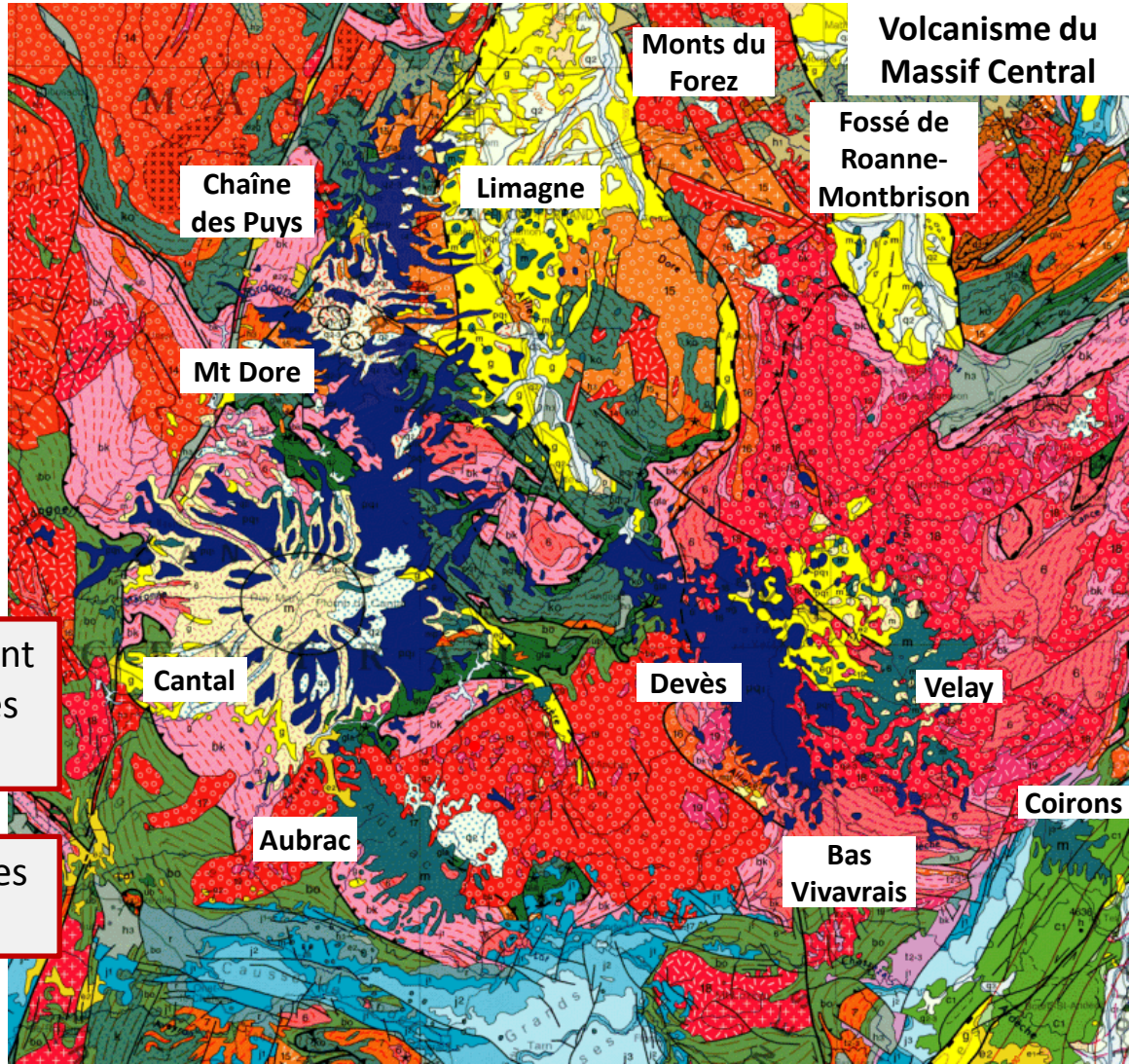




Volcanisme souvent associé aux fossés d'effondrement

Roches basaltiques d = 2,8

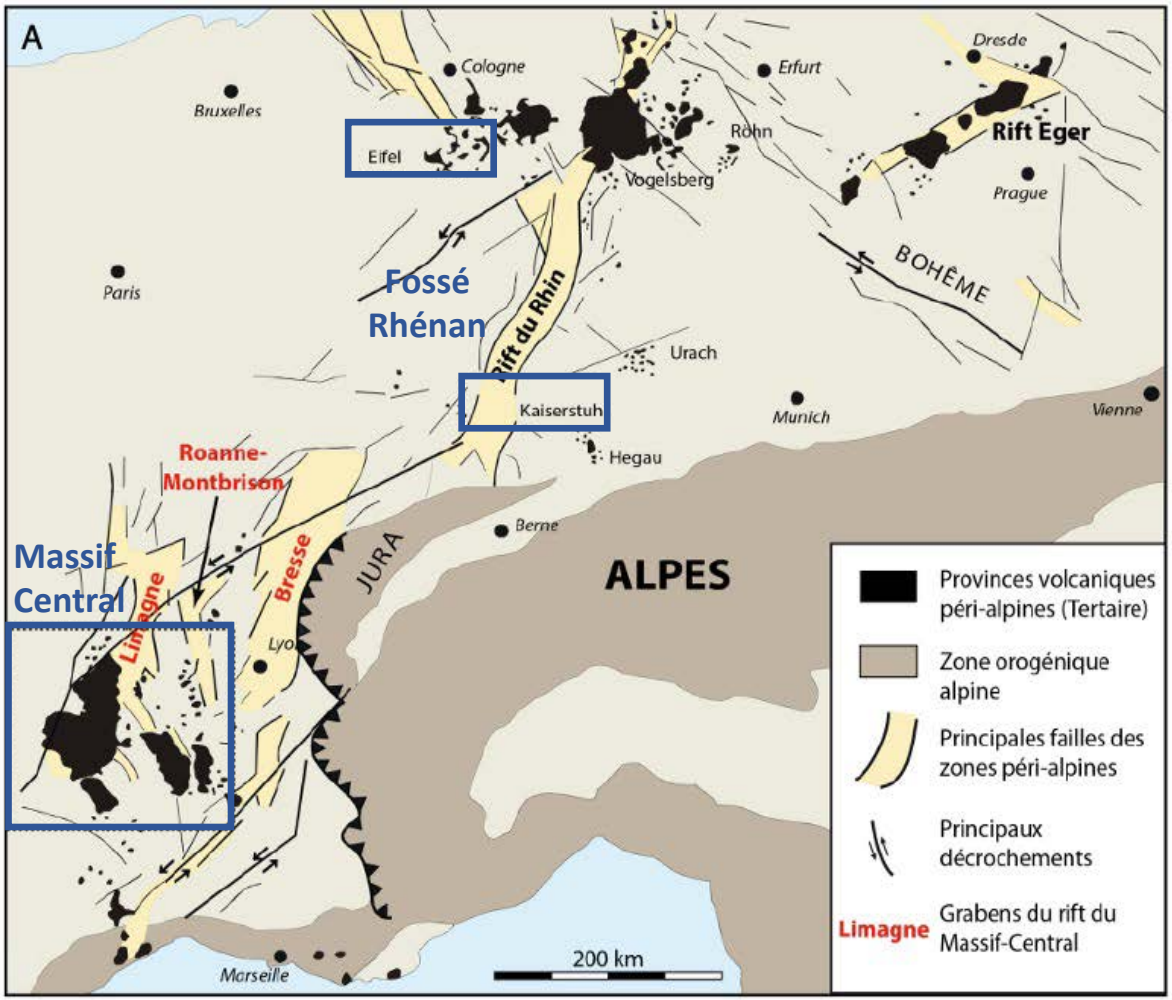
Fossés du Nord du Massif Central

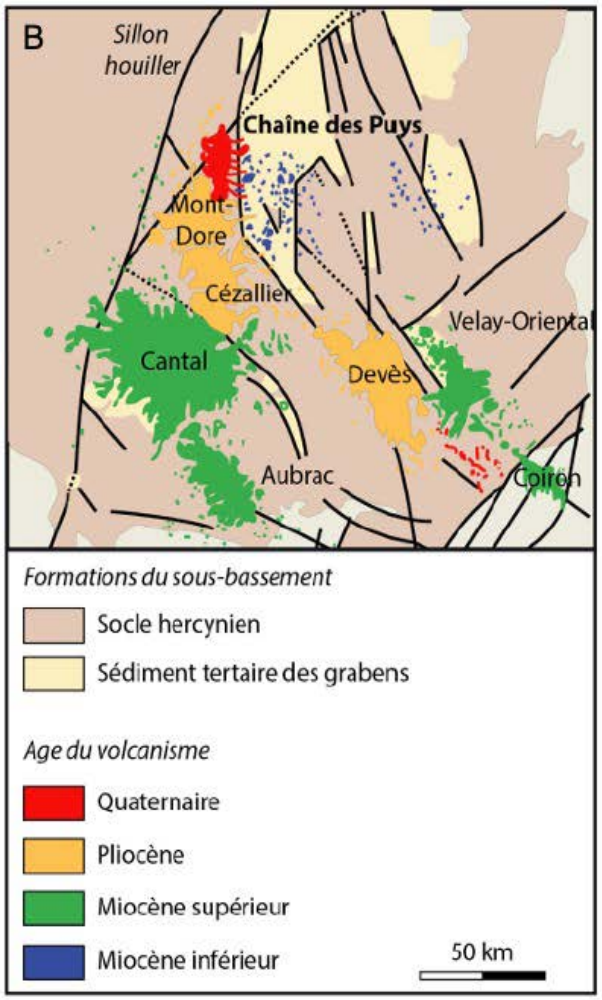


Introduction

I-Du rift à l'océan

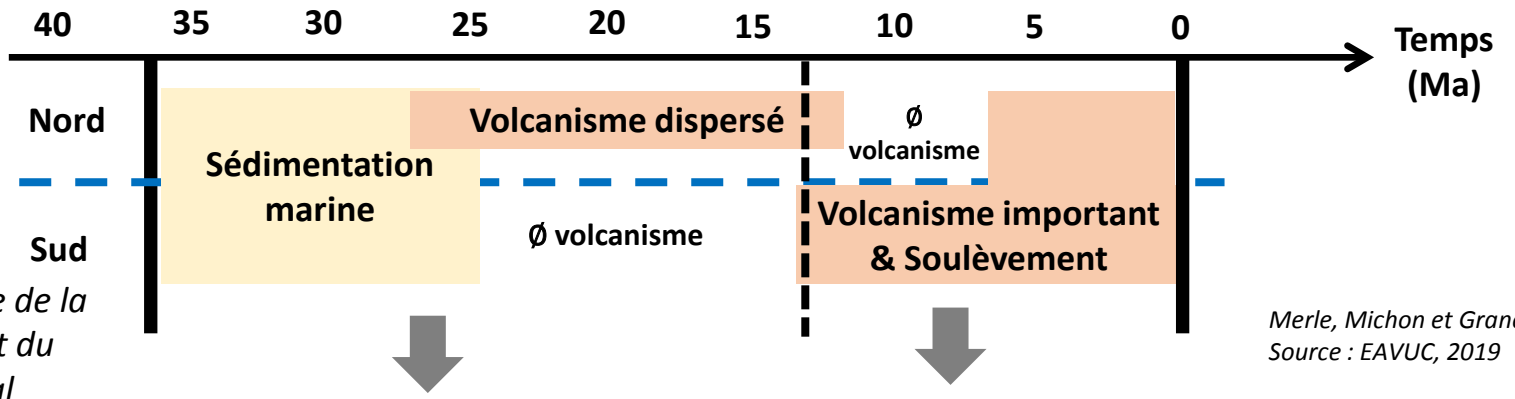
A l'échelle de l'Europe, un ensemble de fossés





Introduction
I-Du rift à l'océan

Un épisode de rifting en 2 étapes ?

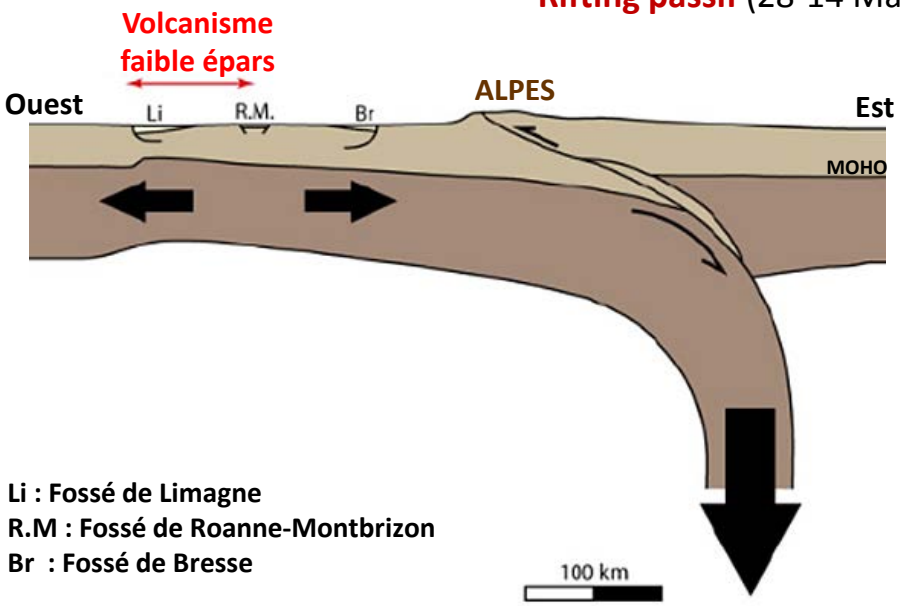


Modèle tectonique de la formation du rift du Massif Central

Merle, Michon et Granet, Source : EAVUC, 2019

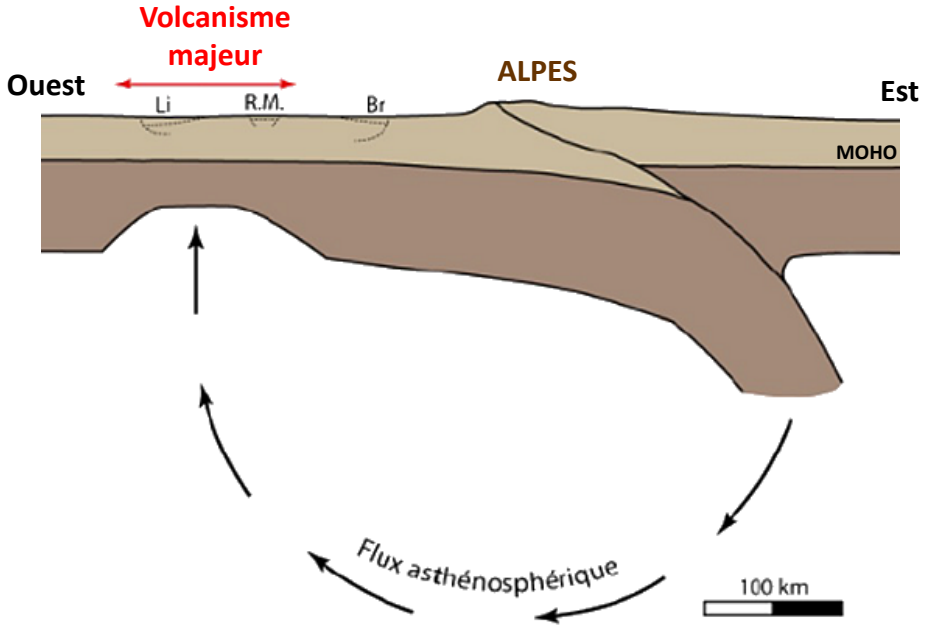
Rifting passif (28-14 Ma)

Rifting passif (14 Ma -Actuel)



Li : Fossé de Limagne
R.M : Fossé de Roanne-Montbrizon
Br : Fossé de Bresse

Episode de rifting passif conduisant à l'ouverture de fossés en périphérie de l'arc alpin.



Episode de rifting actif expliquant le volcanisme du Massif Central.

Introduction

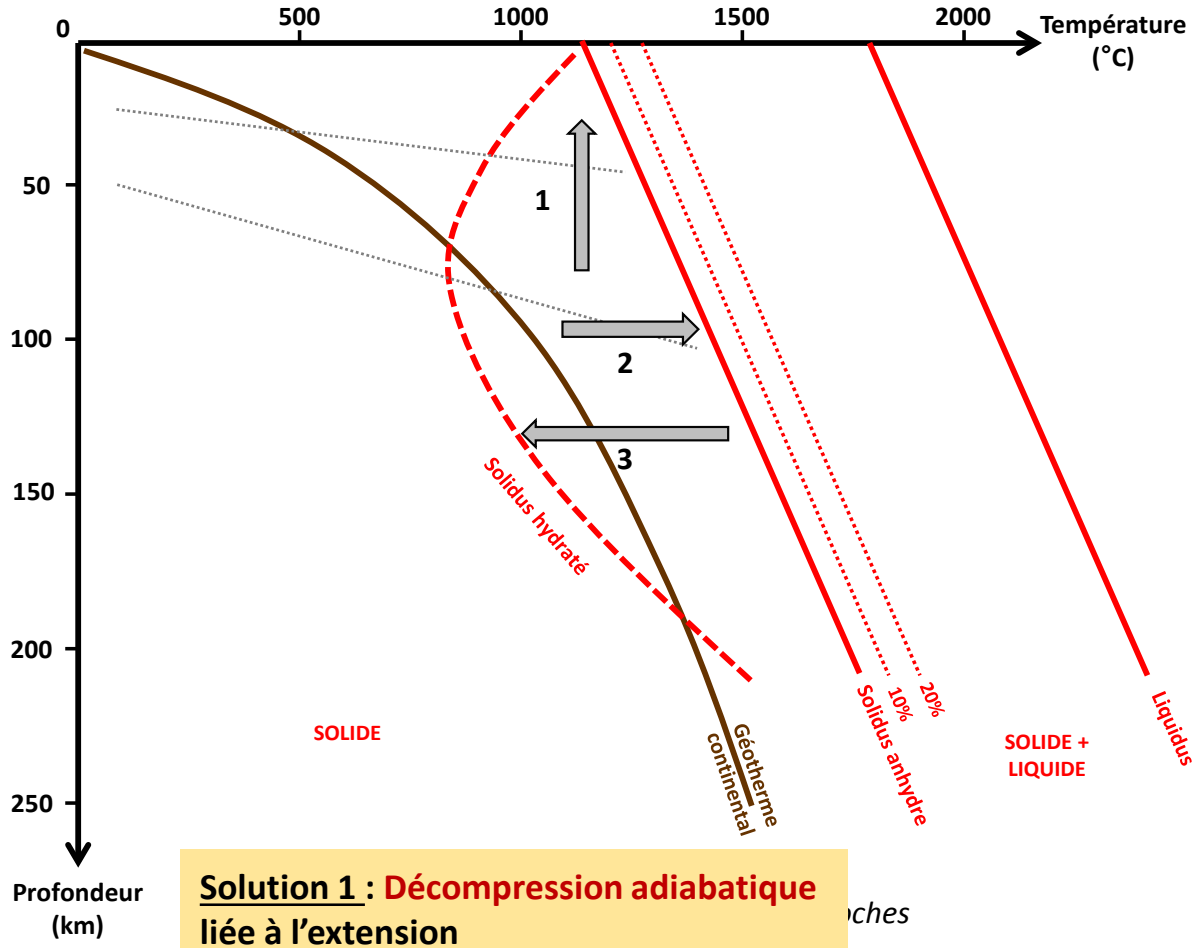
I-Du rift à l'océan

Comment peut-on avoir du volcanisme en extension ?

Croûte

Manteau lithosphérique

Manteau asthénosphérique



Tout est solide !!

Solution 1 : Décompression adiabatique liée à l'extension

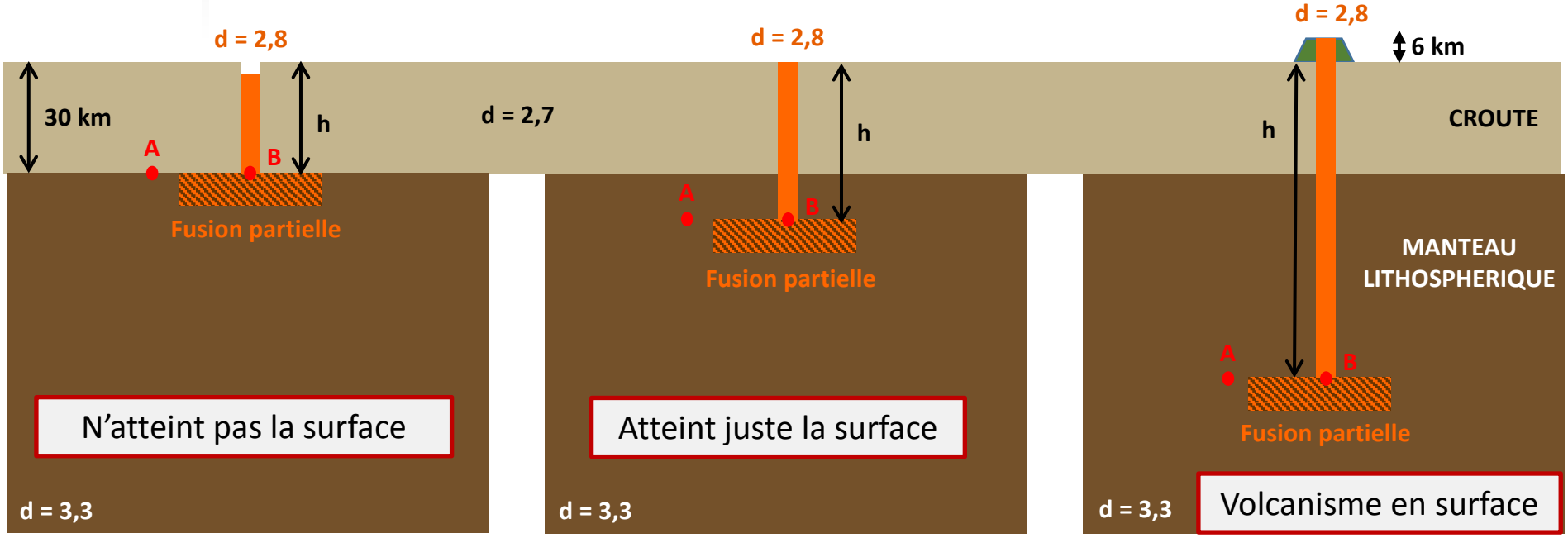
Solution 2 : Réchauffement dû à une remontée « chaude »

Introduction

I-Du rift à l'océan

Comment peut-on avoir du volcanisme en extension ?

Une fusion mantellique en profondeur



$P_A = P_B$
$30 \times 2,7 = h \times 2,8$
$h = 28,9$ km

$P_A = P_B$
$30 \times 2,7 + (h-30) \times 3,3 = h \times 2,8$
$h = 36$ km

$P_A = P_B$
$30 \times 2,7 + (h-30) \times 3,3 = (h+6) \times 2,8$
$h = 70$ km

Introduction

I-Du rift à l'océan

Plan

I – Du rift à l'océan

1.1 L'extension et le rifting

1.2 Mécanismes de rifting

1.3 L'océanisation et la formation de marges

II – L'extension et la formation de bassin

2.1 Notion de bassin sédimentaire

2.2 La subsidence

2.3 Quand l'extension n'aboutit pas à l'océanisation - diversité des bassins français

III – De l'ouverture à la fermeture d'un océan

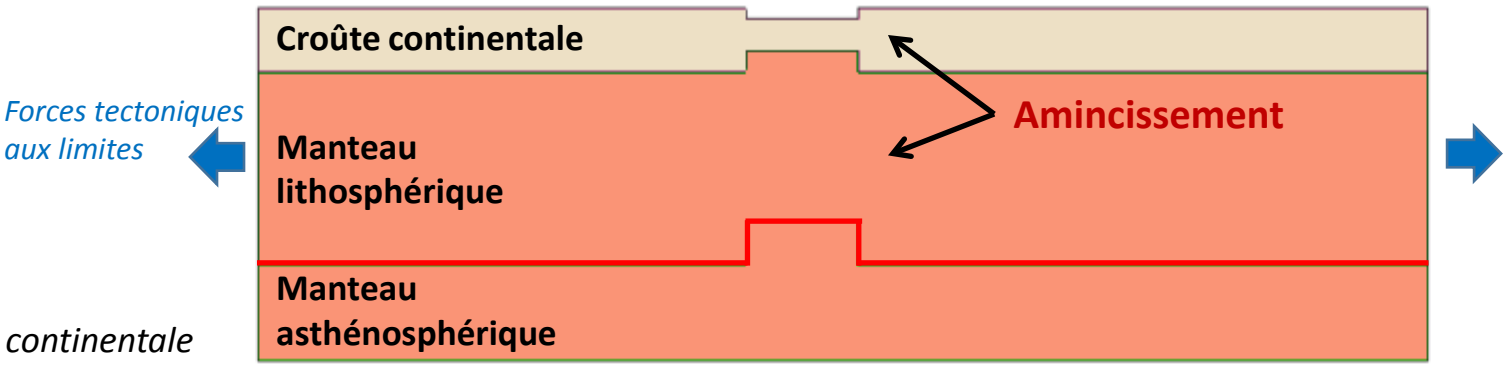
3.1 L'expansion océanique et les dorsales

3.2 Initiation de la subduction

Introduction

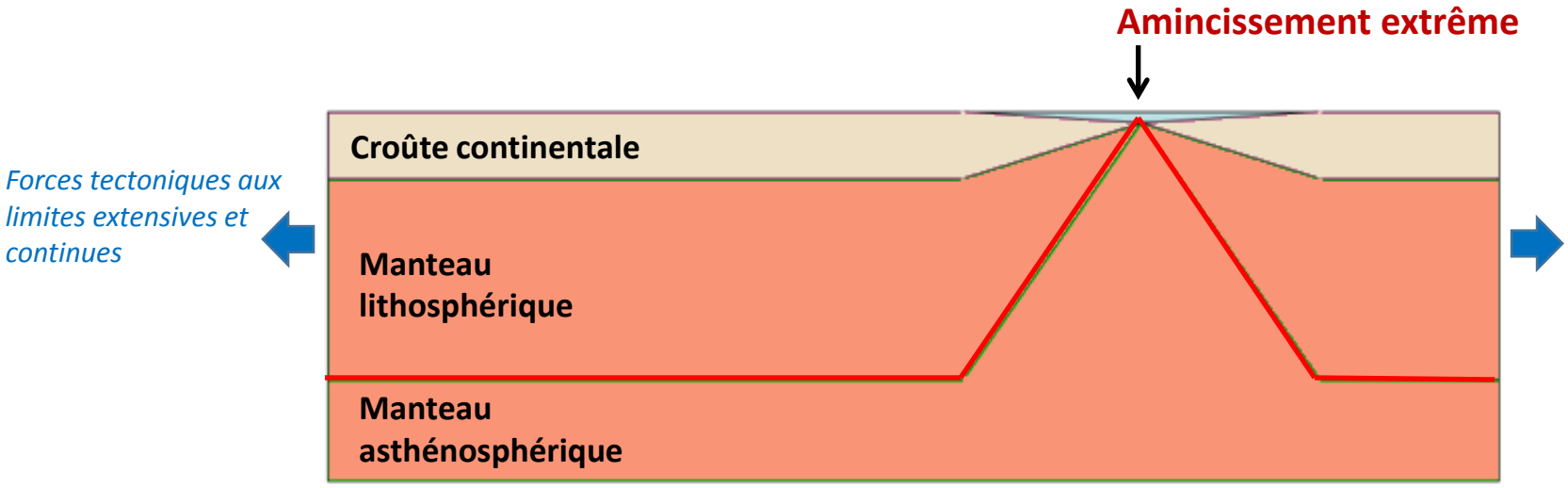
I-Du rift à l'océan

L'océanisation



Lithosphère continentale « étendue » et amincie

Stade rift



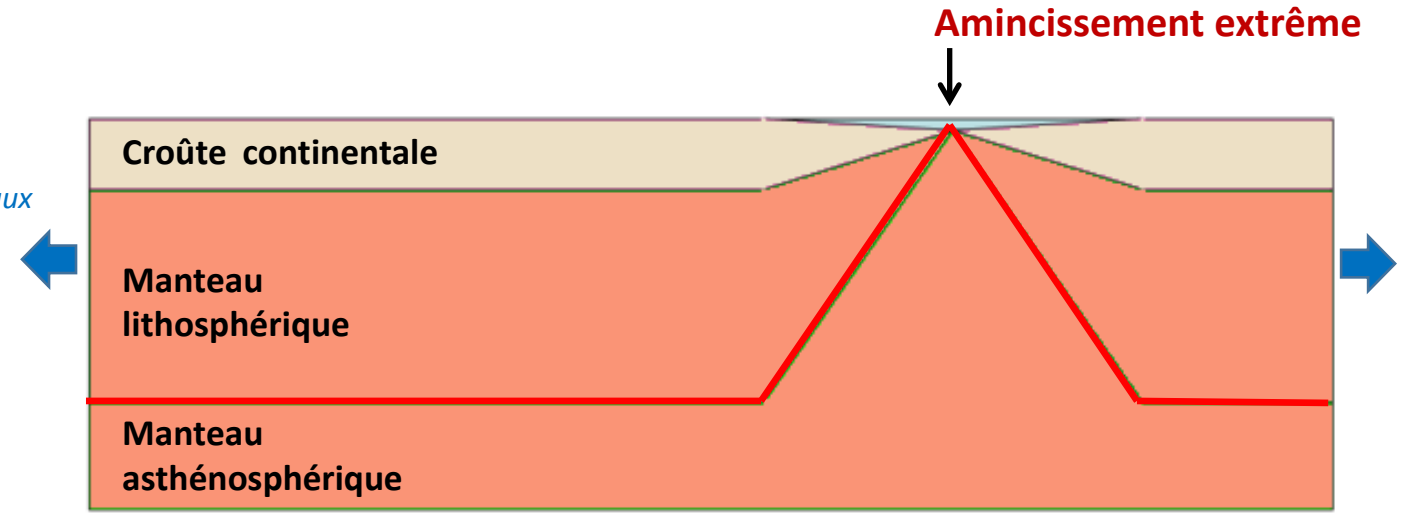
Amincissement extrême

Stade rift aminci à l'extrême

Introduction

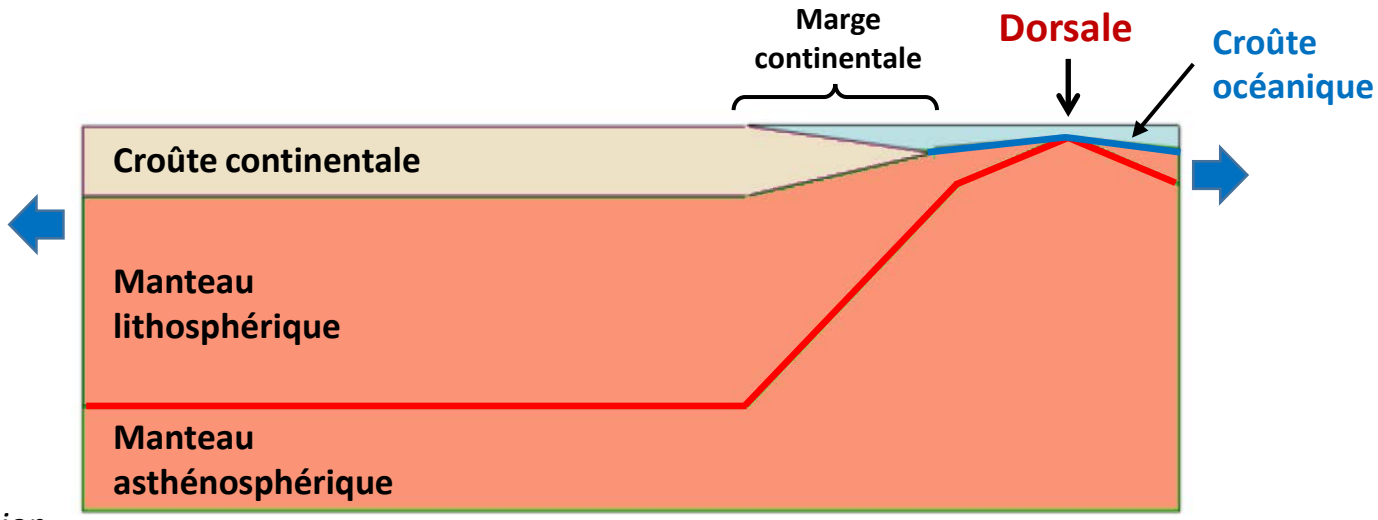
I-Du rift à l'océan

L'océanisation



Amincissement extrême

Stade rift amincis à l'extrême

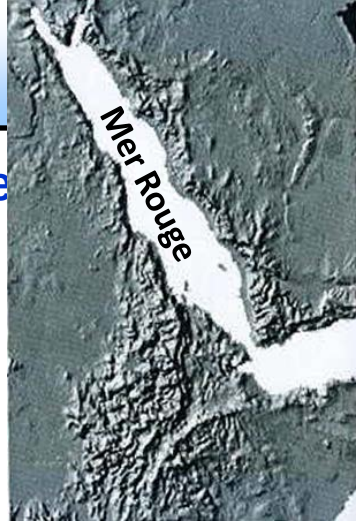


Océanisation

Stade naissance d'un océan

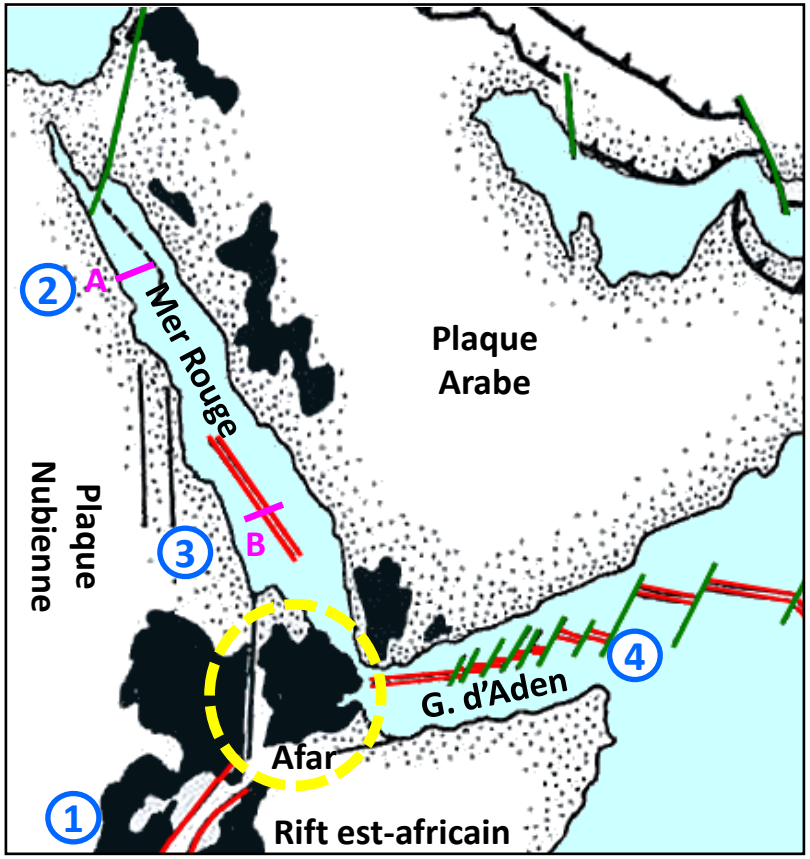
Introduction
I-Du rift à l'océan

Evolution du rifting : exemple du Moyen-Orie

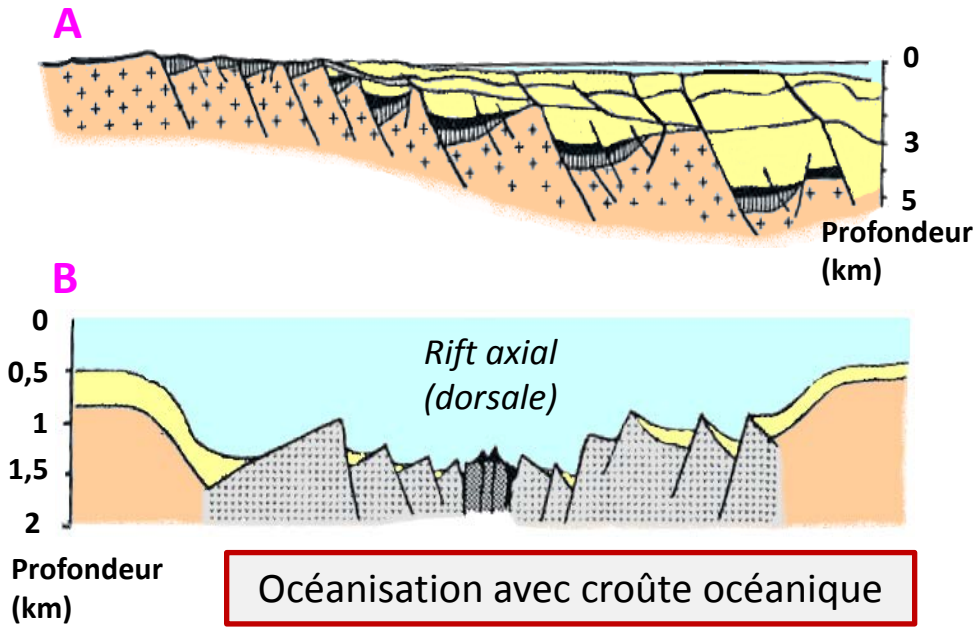


- **Un fossé asymétrique**
- **Volcanisme syn-rift sur la bordure orientale uniquement**
- **Topographie asymétrique avec bombement de la marge arabe**

① ② ③ ④ **Stades de divergence**



Remplissage sédimentaire
Croûte continentale
Basaltes (CO)
Volcanisme



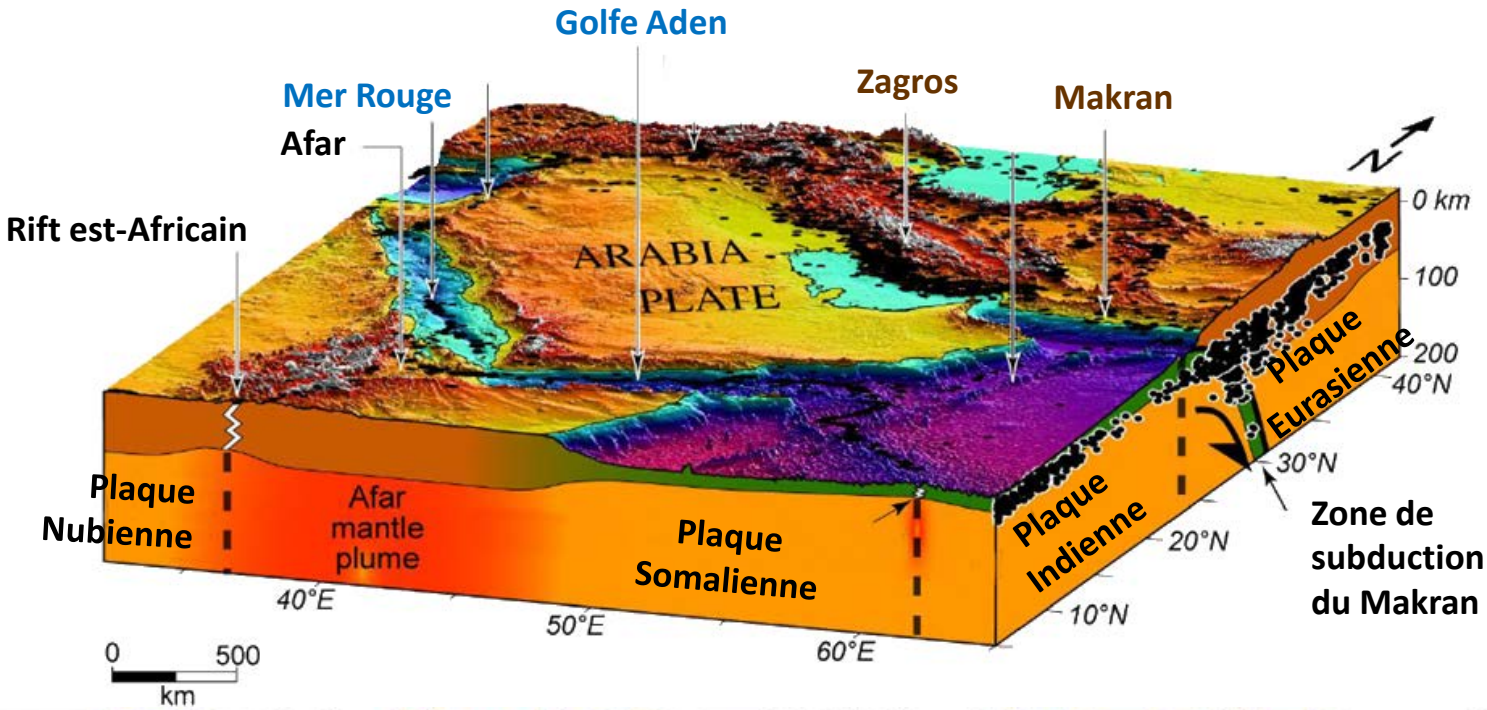
Océanisation avec croûte océanique

Debelmas, 2008

Introduction

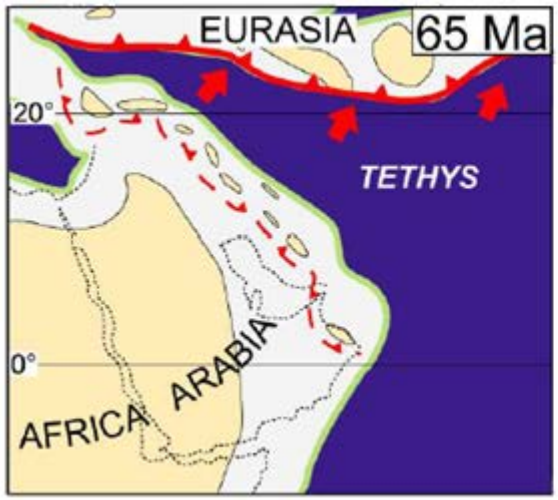
I-Du rift à l'océan

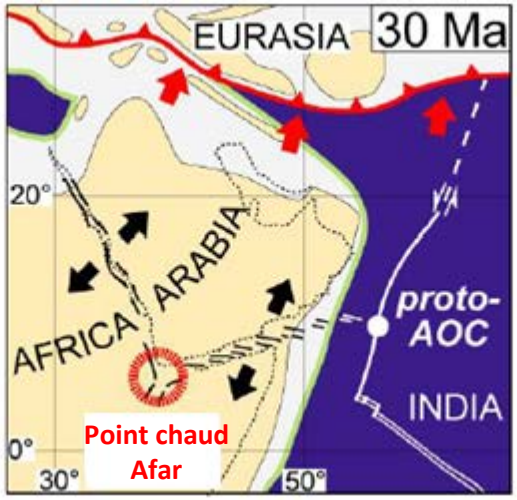
Le Golfe d'Aden et la Mer rouge, une zone en cours d'océanisation

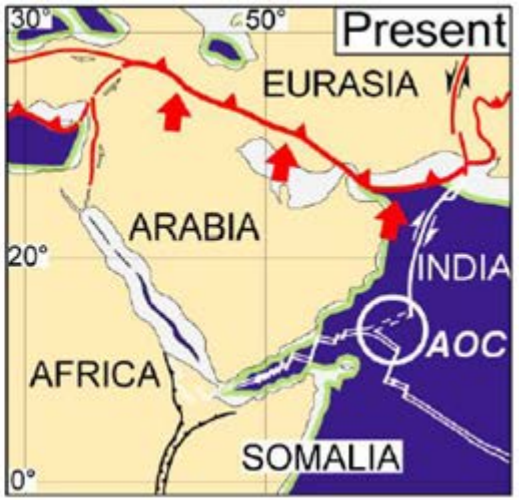


Marge continentale

Croûte océanique







Introduction

I-Du rift à l'océan

Evolution du rifting à l'océanisation

Formation et évolution d'une marge passive continentale

Rifting → *Marge jeune* → *Marge mature*



Lac Tangagyika et Victoria



Mer Rouge

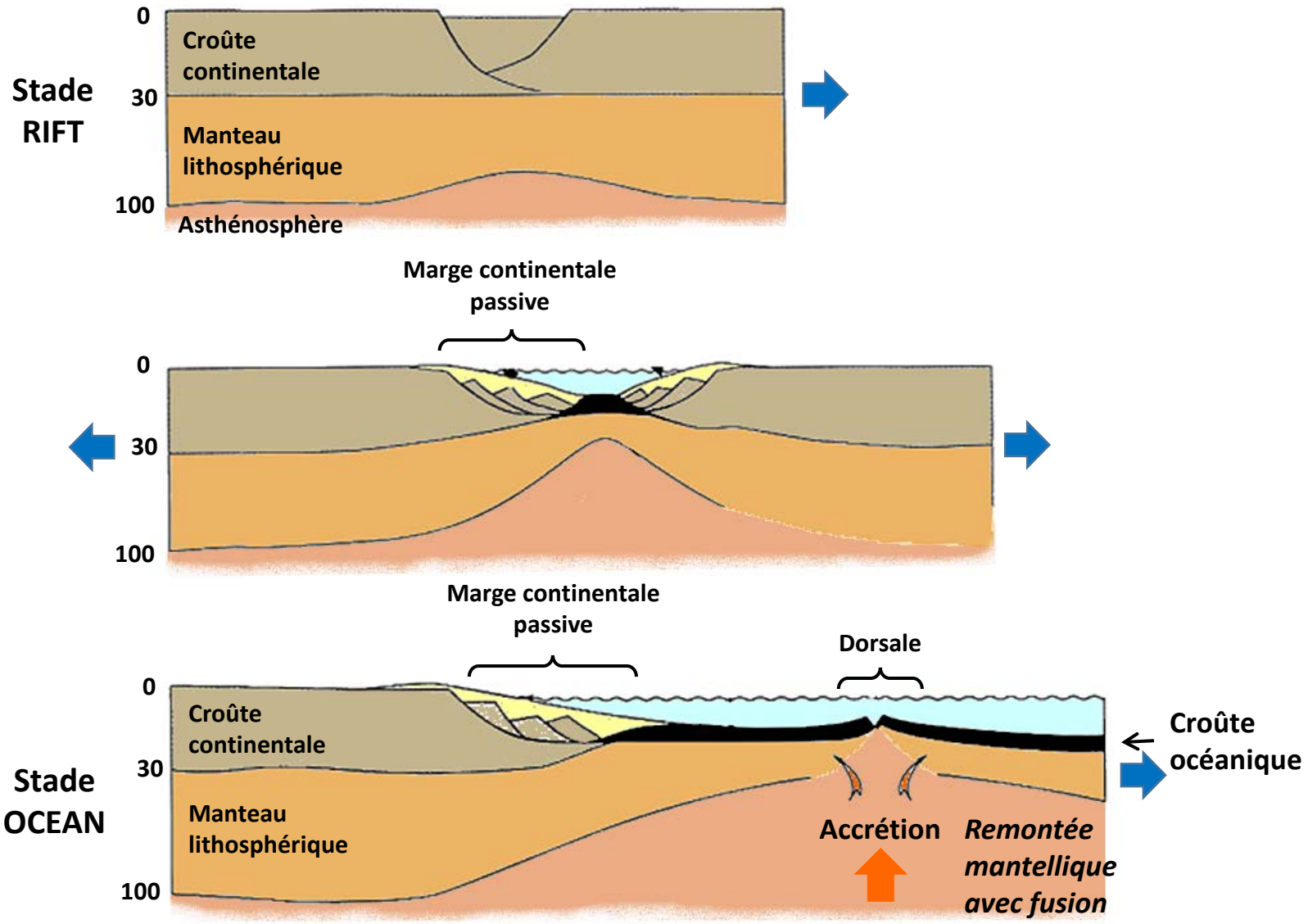


Marge Atlantique

Introduction

I-Du rift à l'océan

Evolution du rifting à l'océanisation – une 1ère idée

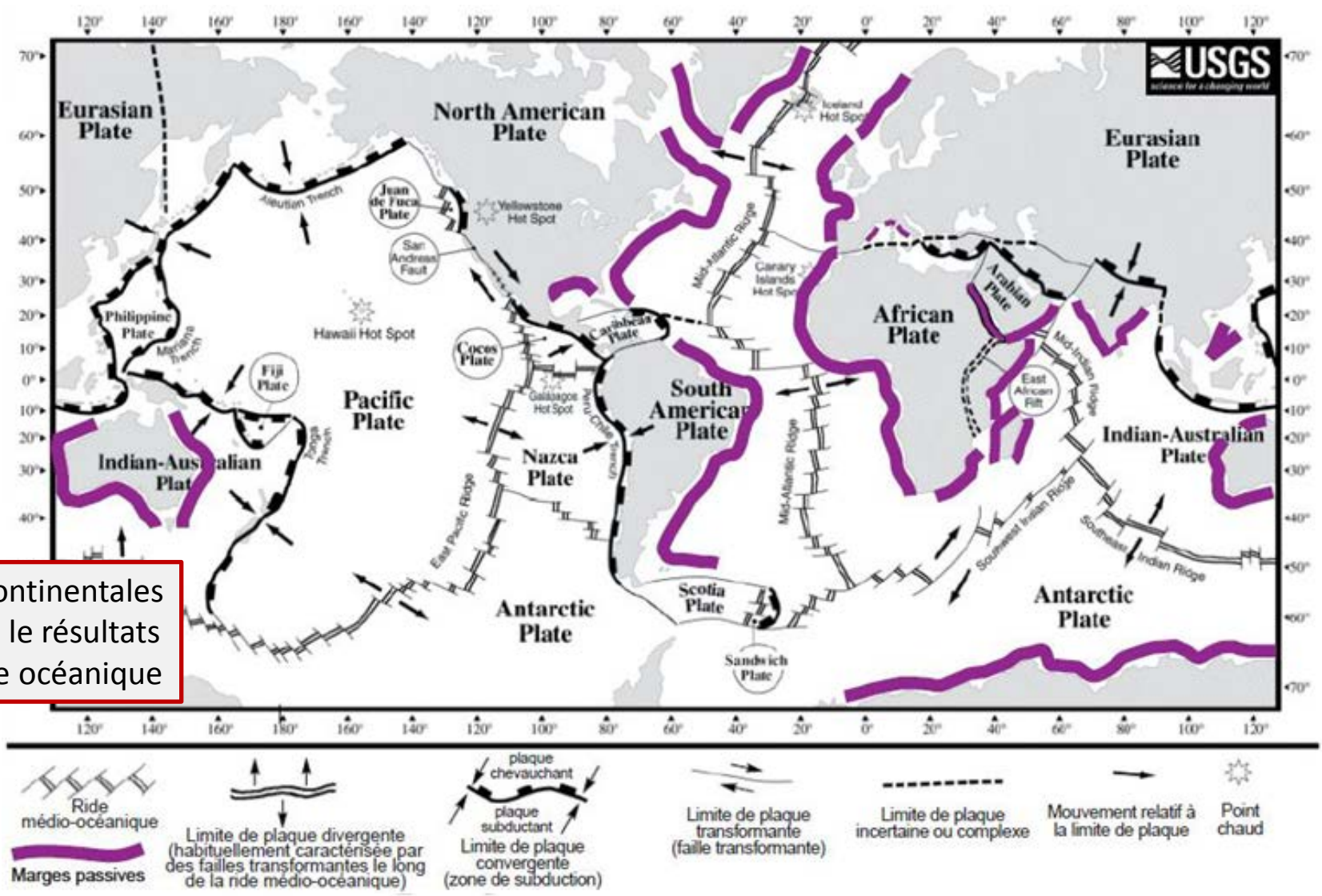


Introduction

I-Du rift à l'océan

Les marges continentales passives

Les marges continentales passives sont le résultats de l'ouverture océanique

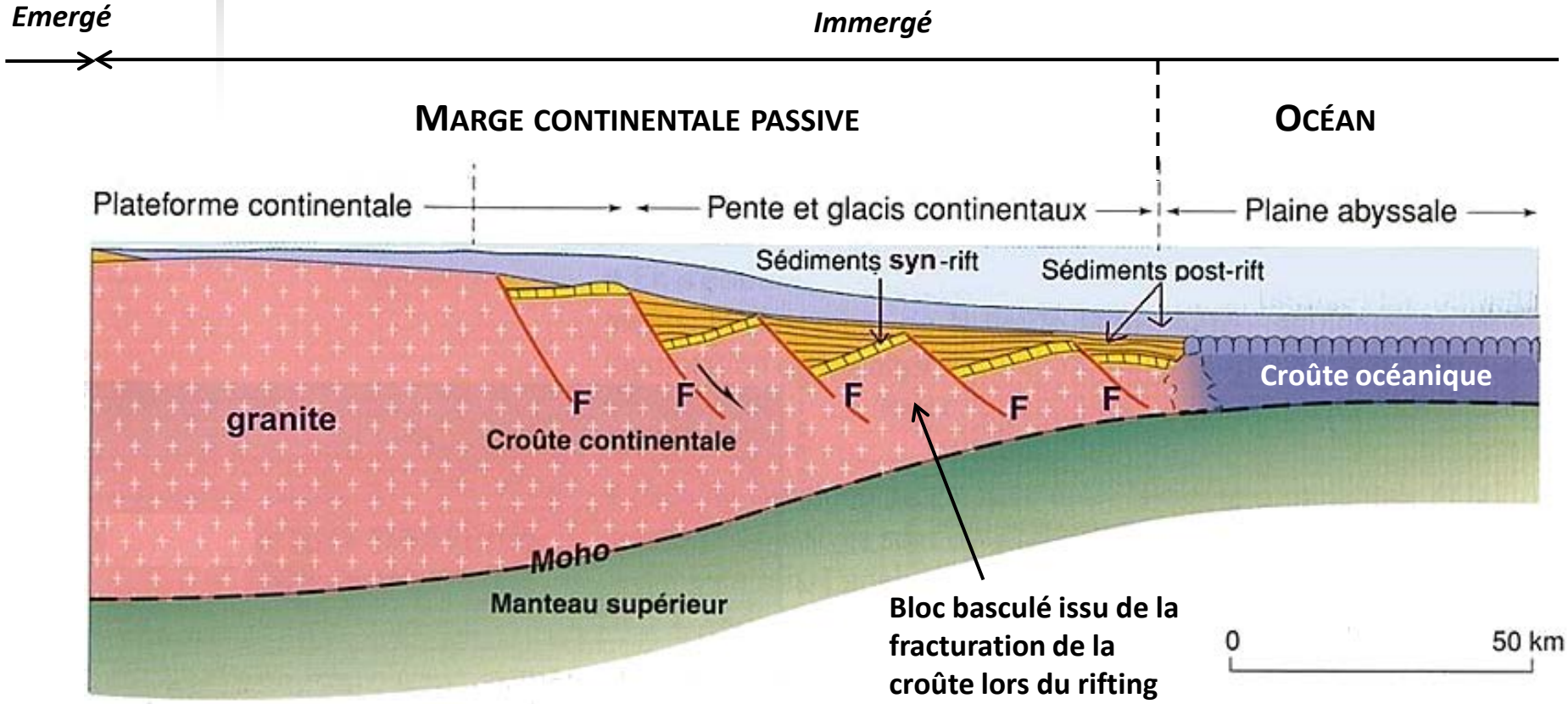


Les marges continentales passives dans le monde

Introduction
I-Du rift à l'océan

Une marge continentale passive – un modèle

La marge passive, une transition continent-océan



F : Faille normale

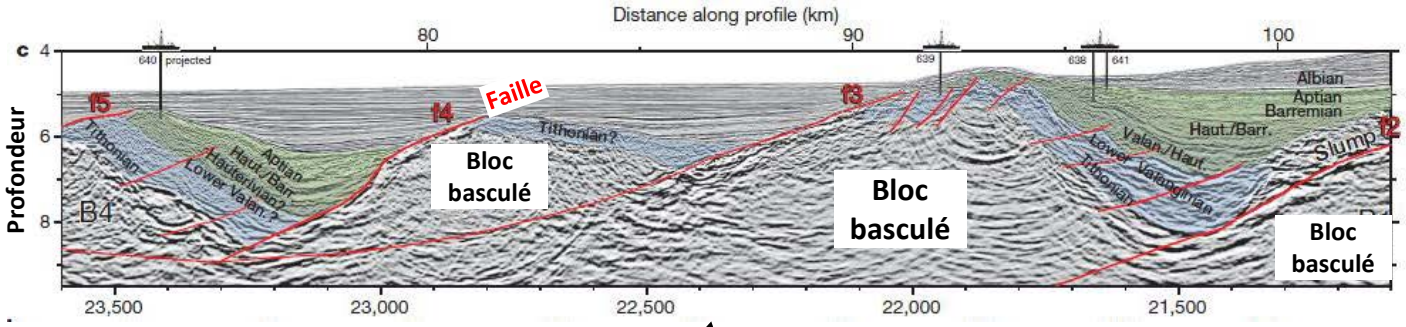
Profil simplifié d'une marge continentale passive

Introduction

I-Du rift à l'océan

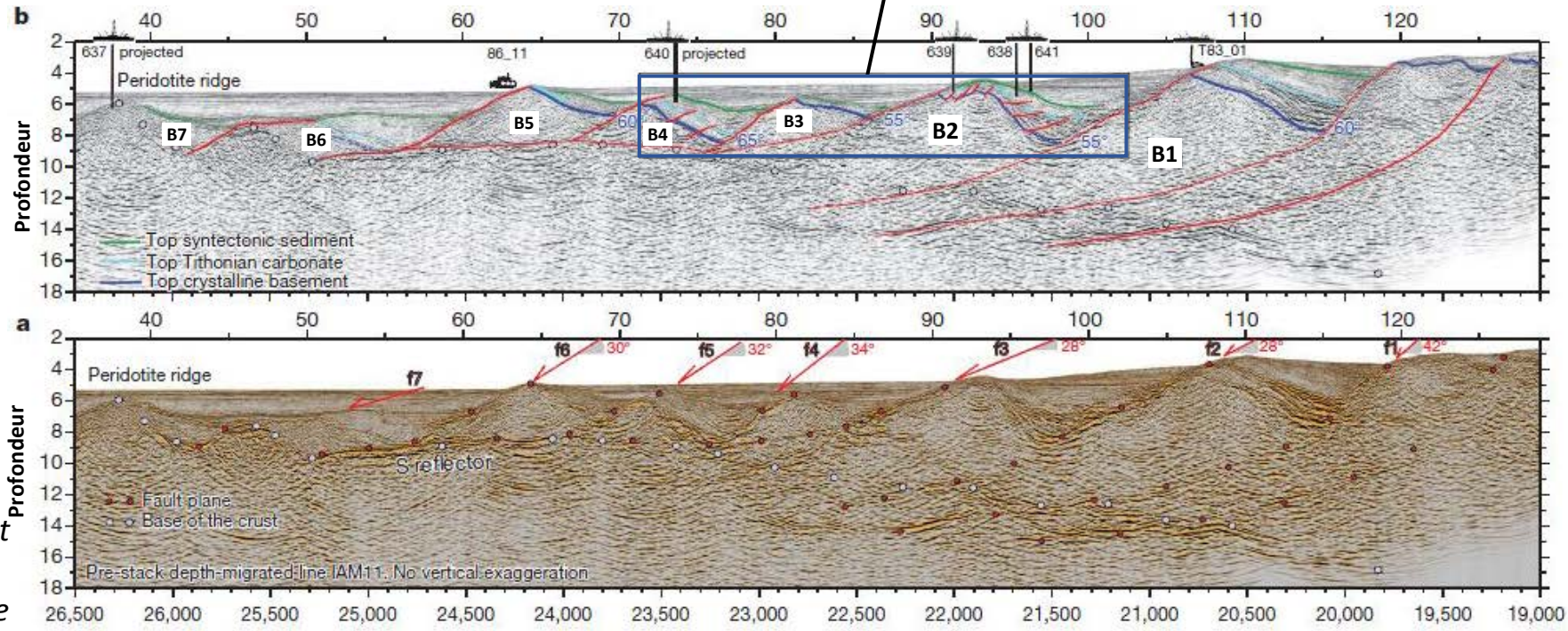
Marge de la Galice au large de l'Espagne





Océan (Ouest)

Continent (Est)

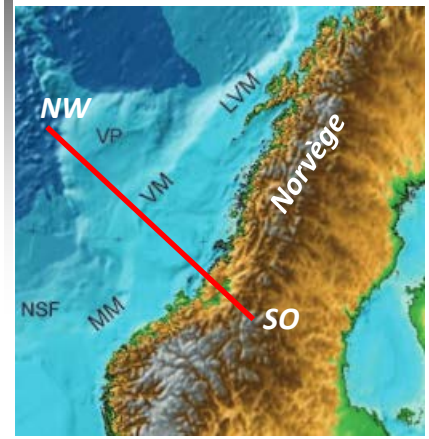


Coupe Ouest-est sur la marge de la Galice

Introduction
I-Du rift à l'océan

Coupe dans une marge passive AVEC magmatisme

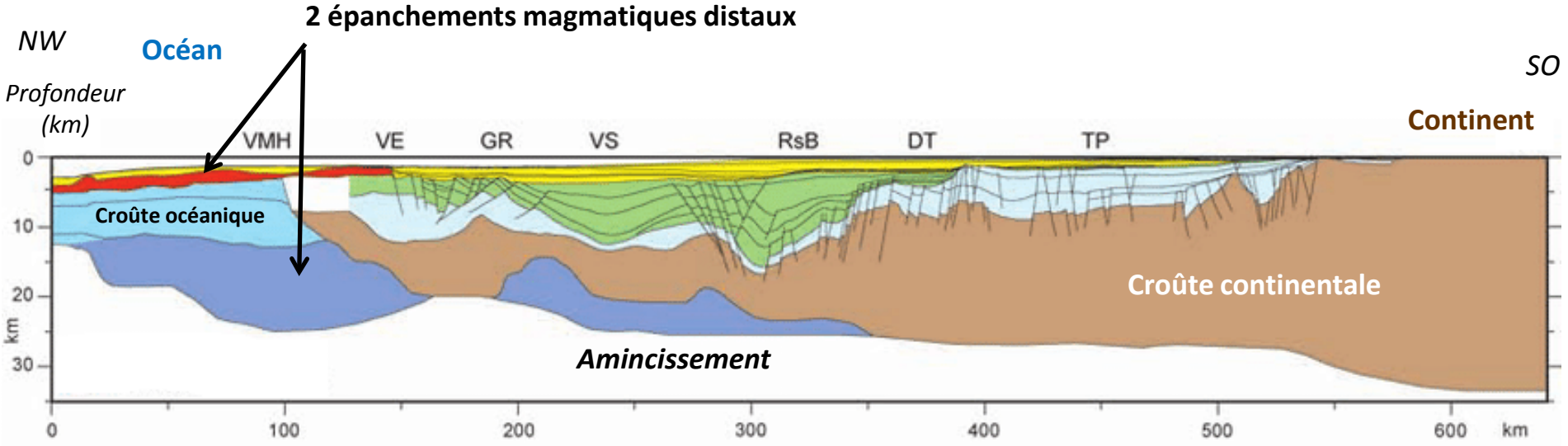
Une structure pas si simple !



- Croûte continentale
- Croûte océanique
- Roches extrusives profondes
- Corps crustaux inférieurs (vitesses ondes sismiques +7 km.s^{-1})

Sédiments

- Cénozoïques
- Crétacé
- Paléozoïque sup. Mésozoïque inf.

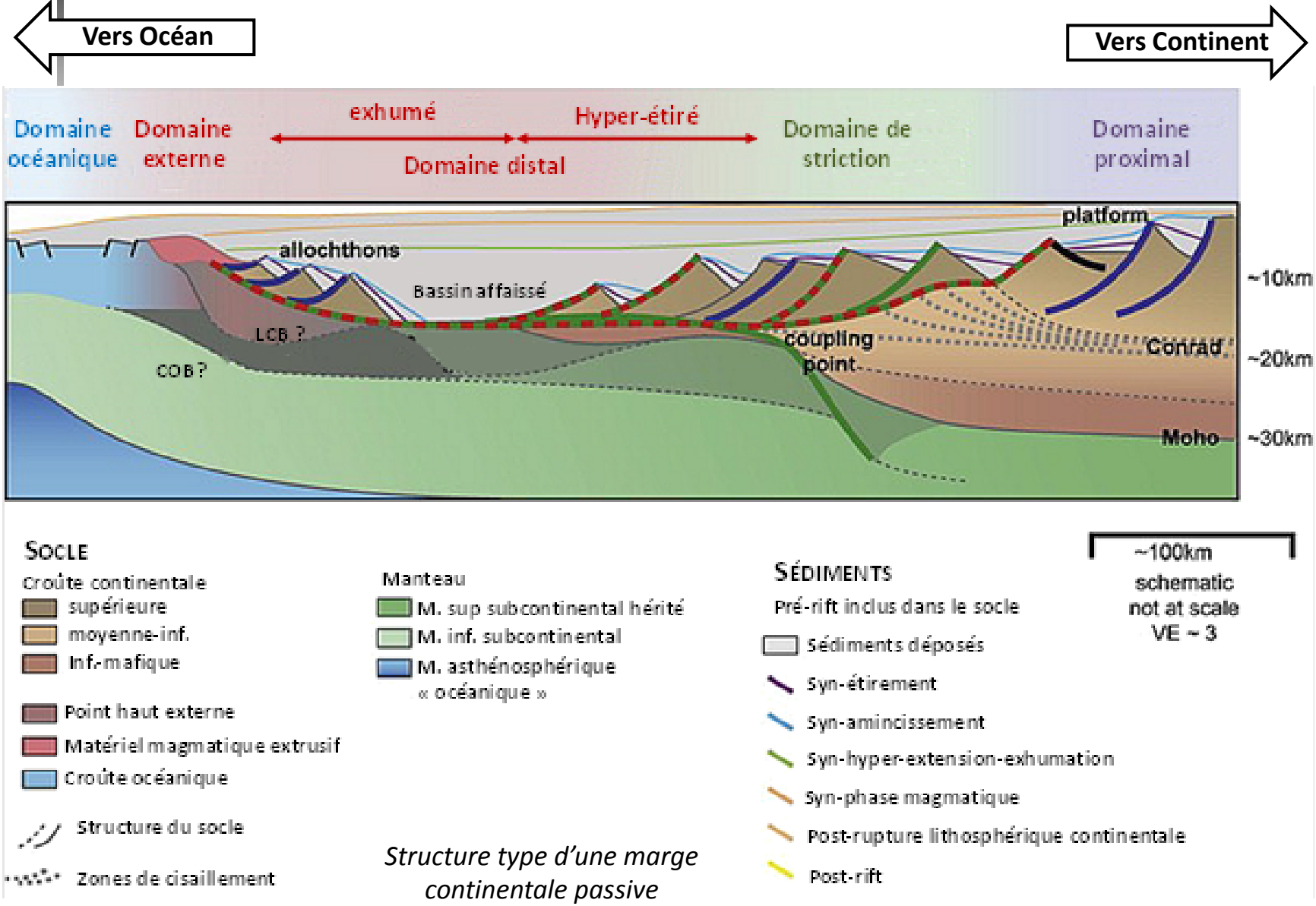


Structure type d'une marge riche en magma au large de la Norvège (au large de Voring)

Manatschal et al

Introduction
I-Du rift à l'océan

Vers une structure intégrée : la transition océan-continent



Structure type d'une marge continentale passive

Introduction

I-Du rift à l'océan

Plan

I – Du rift à l'océan

1.1 L'extension et le rifting

1.2 Mécanismes de rifting

1.3 L'océanisation et la formation de marges

II – L'extension et la formation de bassin

2.1 Notion de bassin sédimentaire

2.2 La subsidence

2.3 Quand l'extension n'aboutit pas à l'océanisation - diversité des bassins français

III – De l'ouverture à la fermeture d'un océan

3.1 L'expansion océanique et les dorsales

3.2 Initiation de la subduction

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

Formation d'un creux topographique et d'un bassin sédimentaire

Bassins sédimentaires : **Dépressions** présentes à la surface de la croûte **où s'accumulent** au cours des temps géologiques, **des dépôts sédimentaires**.

→ Très grande variété
- De forme
- De dimension
- D'origine

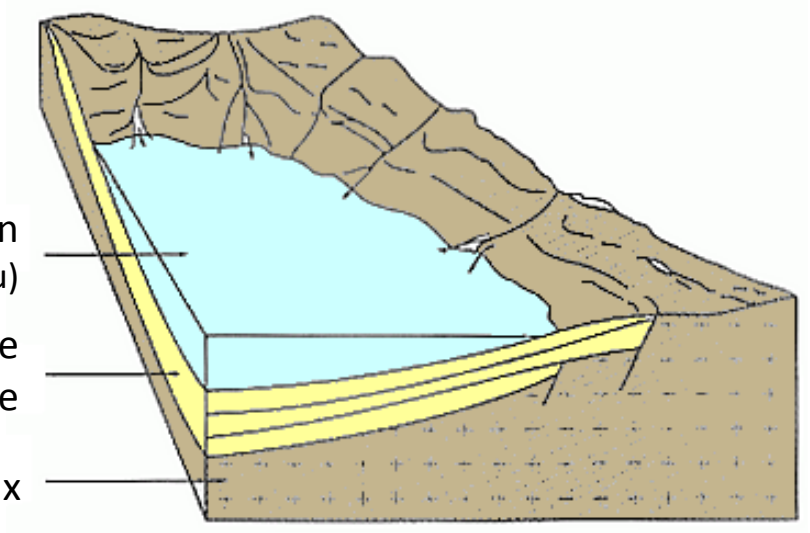


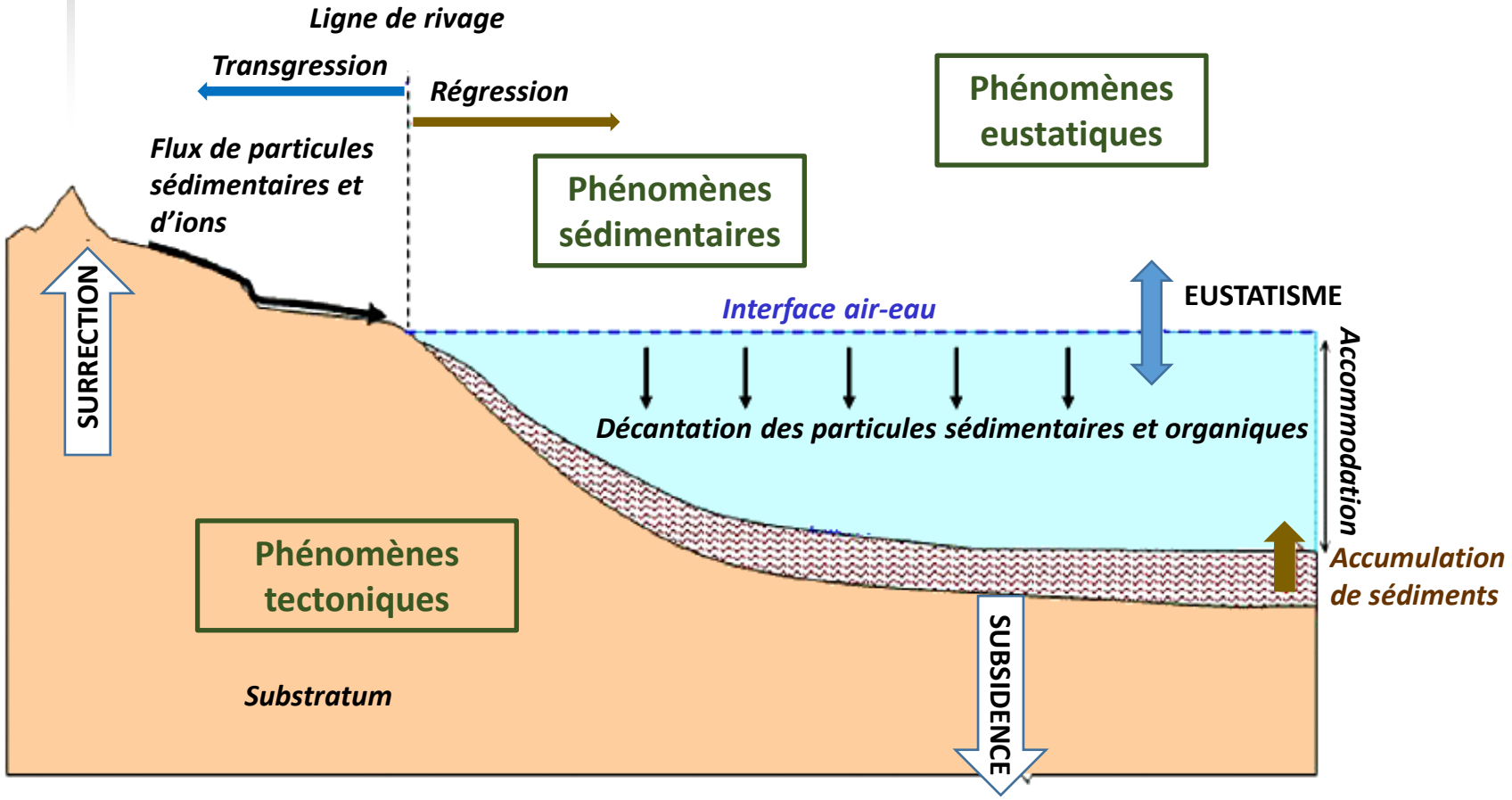
Schéma théorique d'un bassin sédimentaire

Ce n'est donc pas toujours un océan !

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

Formation d'un creux topographique et d'un bassin sédimentaire

Eustatisme : Niveau marin absolu



Un bassin sédimentaire et son fonctionnement

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

Une diversité de bassins sédimentaires

Une très grande **diversité de bassins** sédimentaires…

… dans tous les **contextes géodynamiques** possibles

Diversité dépendant de :

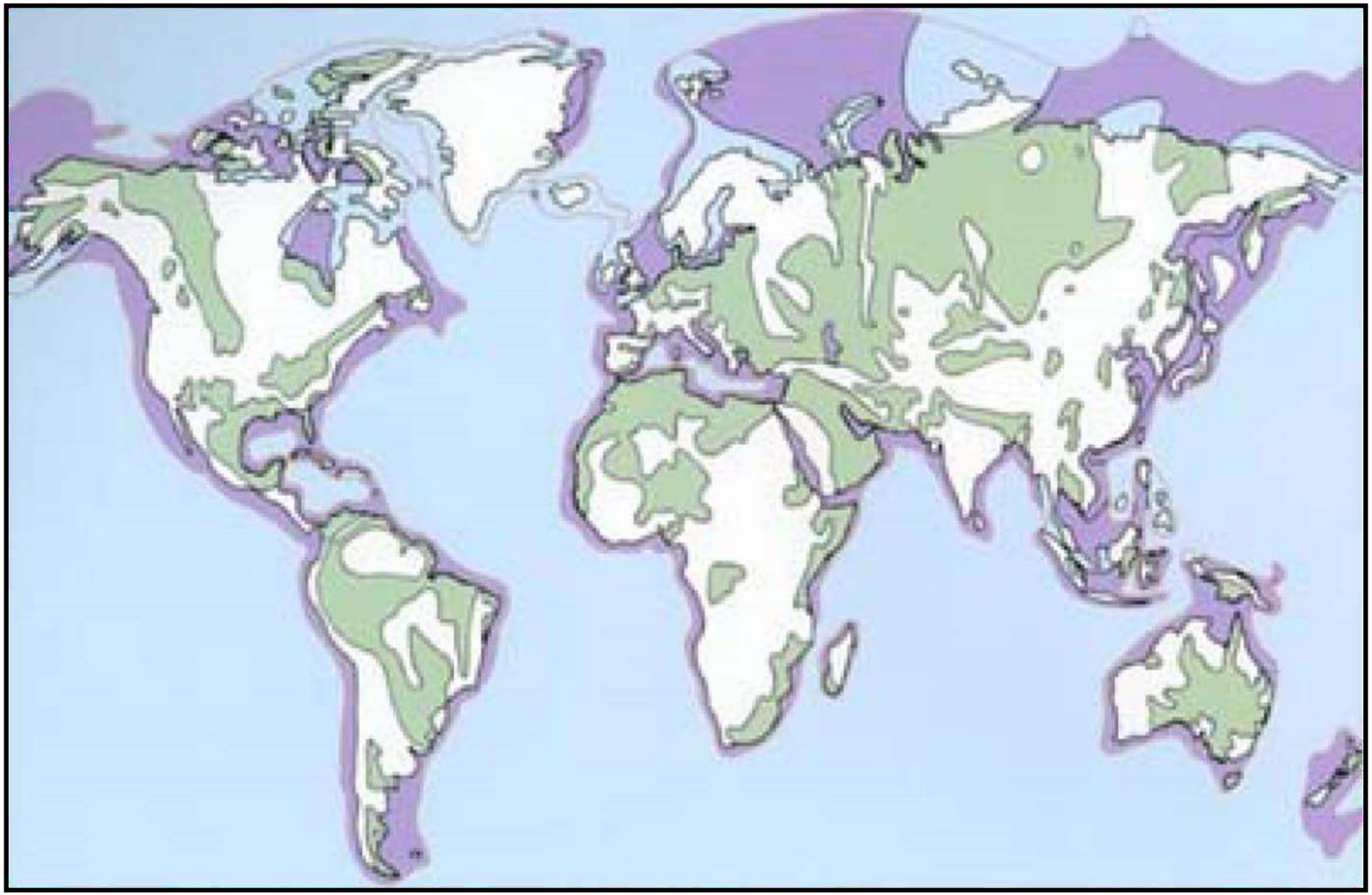
- la position des bassins
  - Frontière de plaques
  - Intraplaque
- leur contexte géodynamique
  - Distention - Extension
  - Compression
  - Cisaillement
- la nature de la lithosphère
  - Continentale
  - Océanique

Le point commun, un creux topographique (souvent issu d'une extension) !

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

Une diversité de bassins sédimentaires

bassin émergé,
bassin immergé

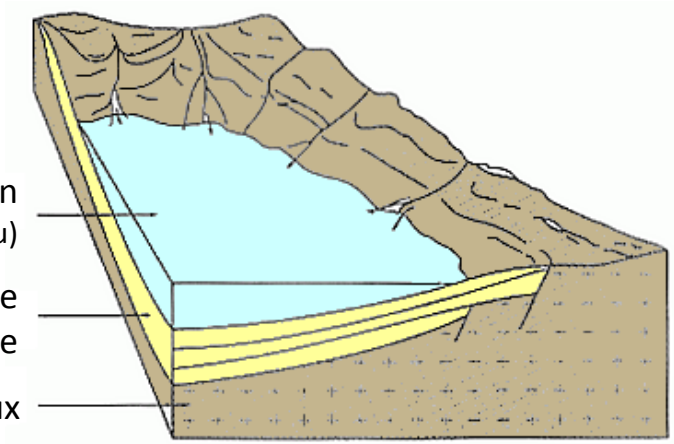


Bassins sédimentaires mondiaux

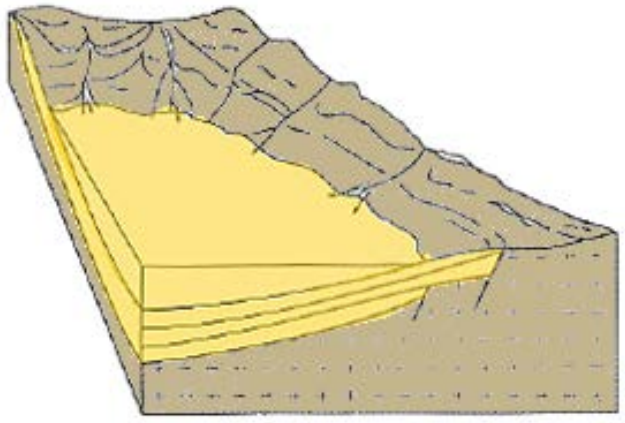
Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

Evolution d'un bassin sédimentaire

Bassin fonctionnel



Bassin résiduel



Un bassin sédimentaire se comble progressivement



Naissance → **Comblement** : **Temps**

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

Plan

I – Du rift à l'océan

1.1 L'extension et le rifting

1.2 Mécanismes de rifting

1.3 L'océanisation et la formation de marges

II – L'extension et la formation de bassin

2.1 Notion de bassin sédimentaire

2.2 La subsidence

2.3 Quand l'extension n'aboutit pas à l'océanisation - diversité des bassins français

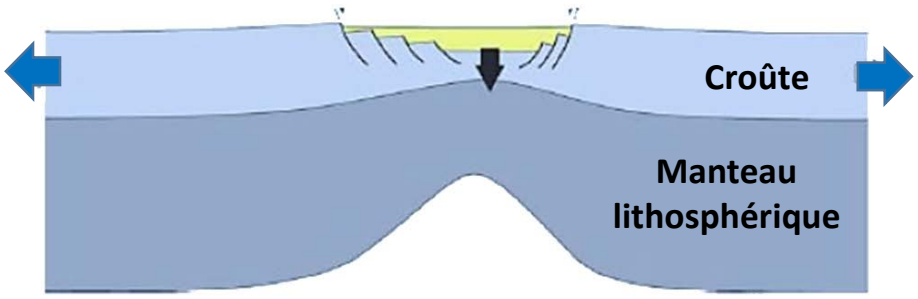
III – De l'ouverture à la fermeture d'un océan

3.1 L'expansion océanique et les dorsales

3.2 Initiation de la subduction

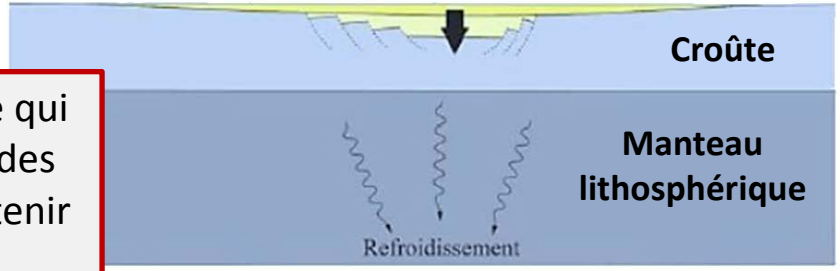
Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

Les modes de subsidence



Subsidence tectonique

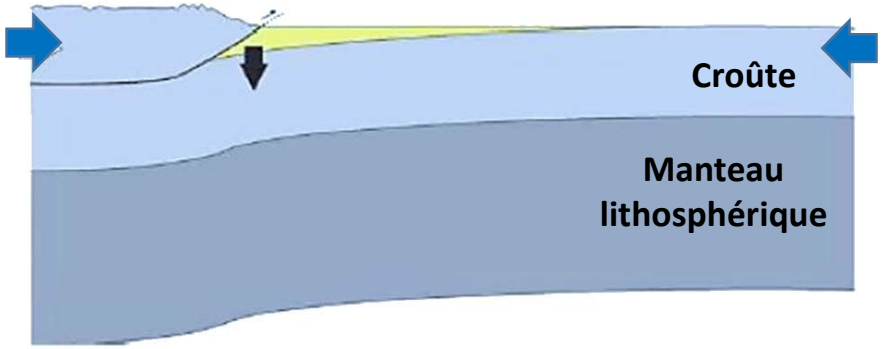
Extension de la lithosphère



Subsidence thermique

Refroidissement de la lithosphère

Subsidence, le mécanisme qui augmente la profondeur des bassins et permet d'entretenir leur remplissage



Subsidence par surcharge

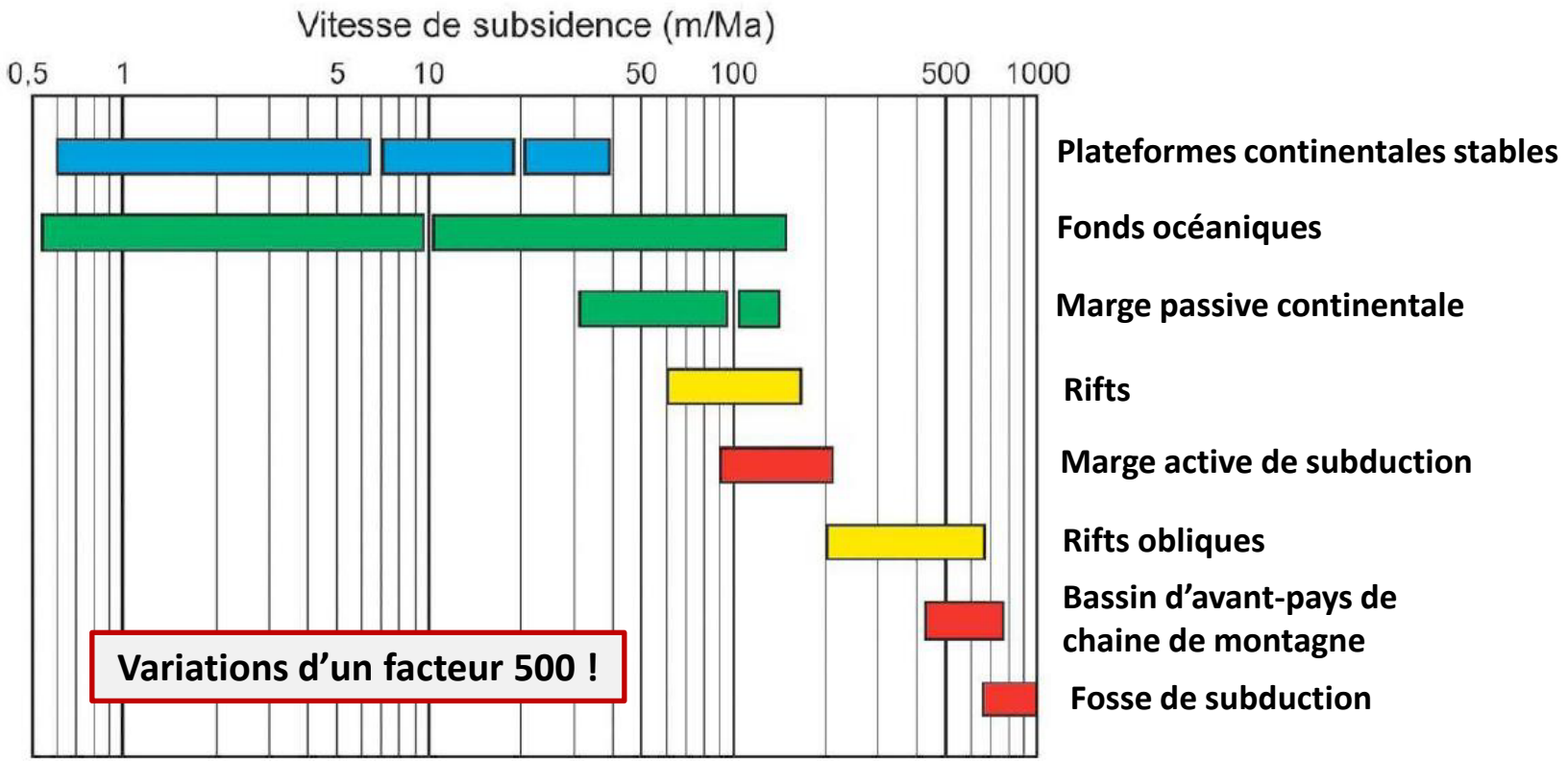
Charge des dépôts sédimentaires favorisant l'enfoncement

Subsidence

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

Vitesse de subsidence

Vitesses de subsidence variables selon les contextes des bassins



Vitesses de subsidence selon les contextes et les types de bassin

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

Evolution de la subsidence

Subsidence : **enfoncement régulier** du fond d'un bassin sédimentaire

Subsidence totale =

- Subsidence tectonique

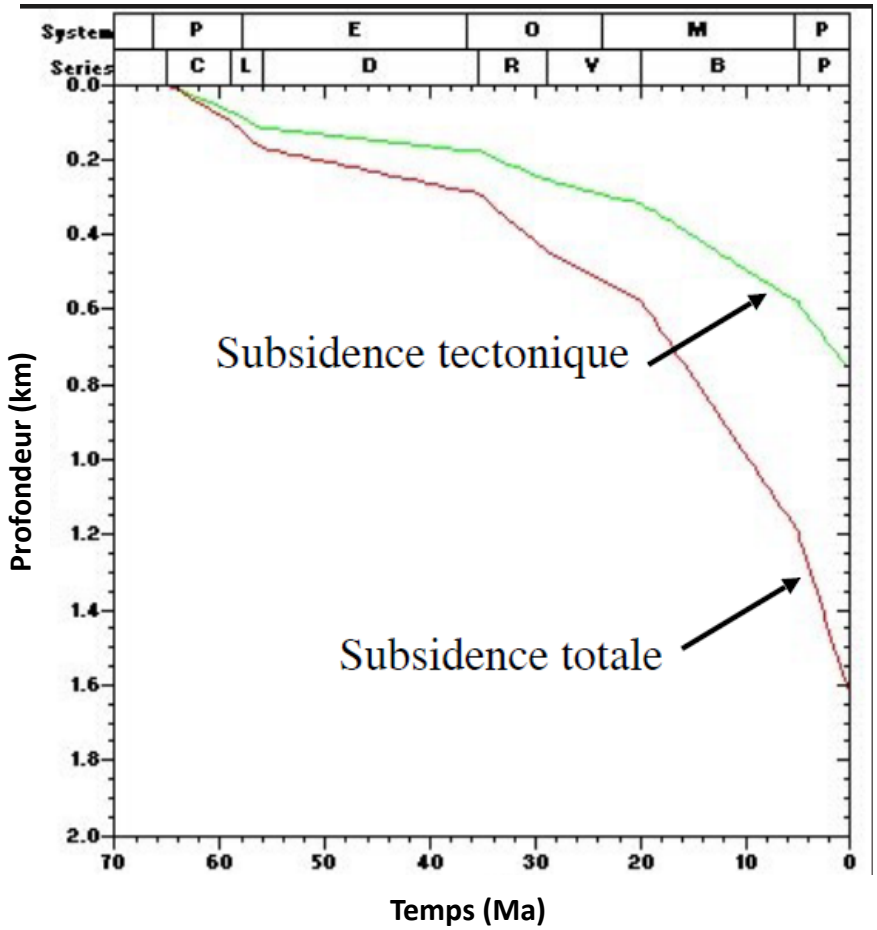
+

- Subsidence thermique

+

- Charge des sédiments

La part de subsidence tectonique décroît avec le temps



Courbes de subsidence pour un forage du graben de la Roer

Michon et Merle (2003)

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

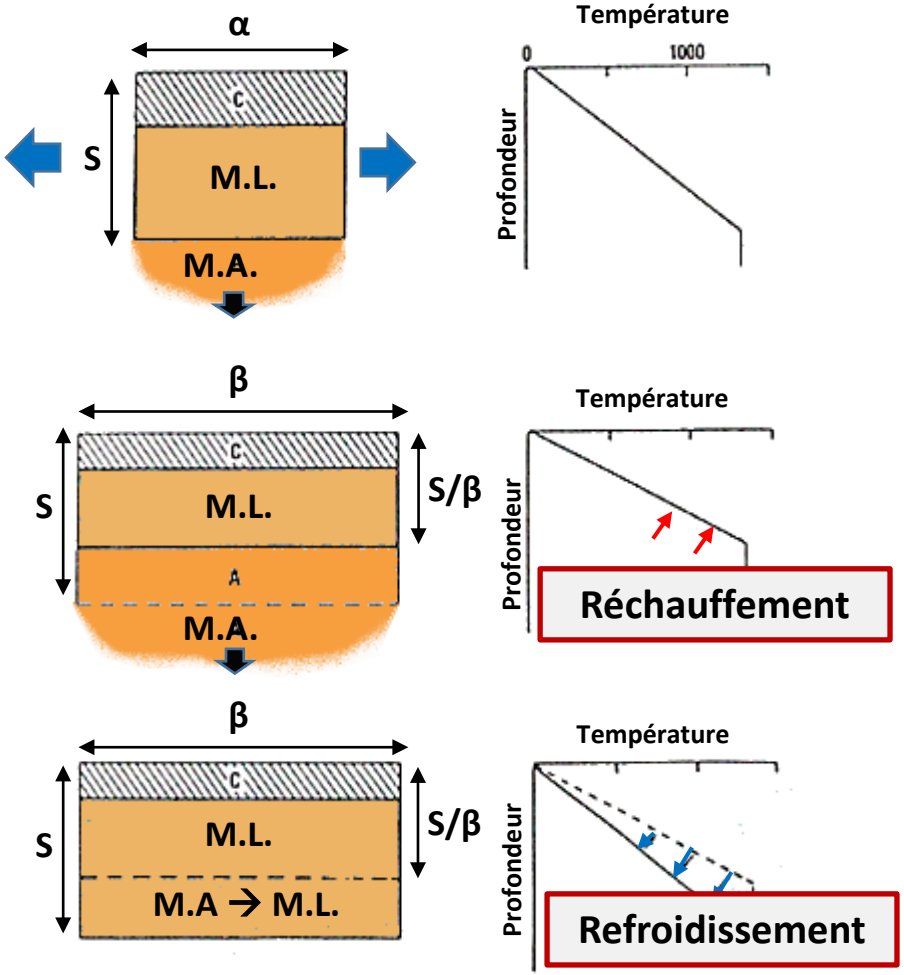
Subsidence thermique

Subsidence thermique : Résulte du **rééquilibrage thermique** de la lithosphère après l'amincissement

1. Lithosphère « normale »

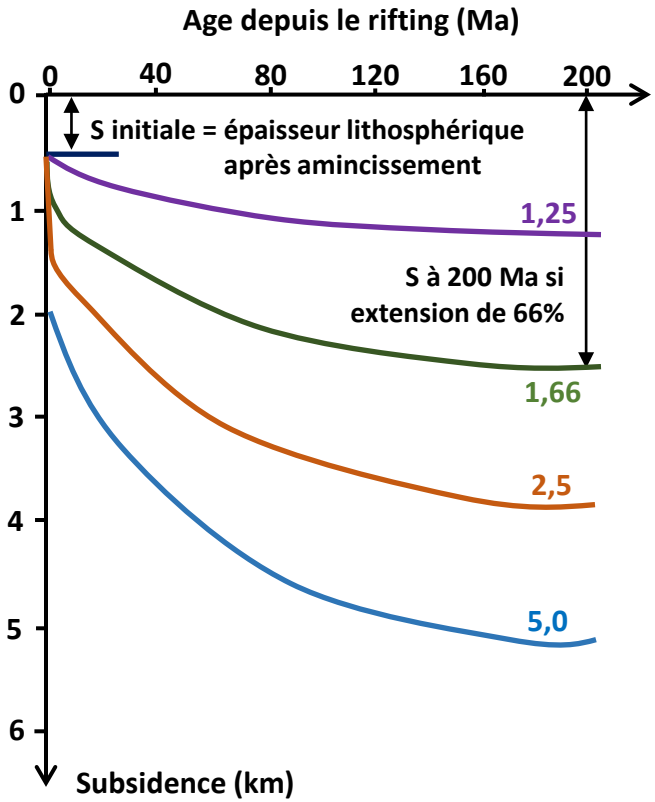
2. Amincissement lithosphérique

3. Rééquilibrage thermique et subsidence



Subsidence

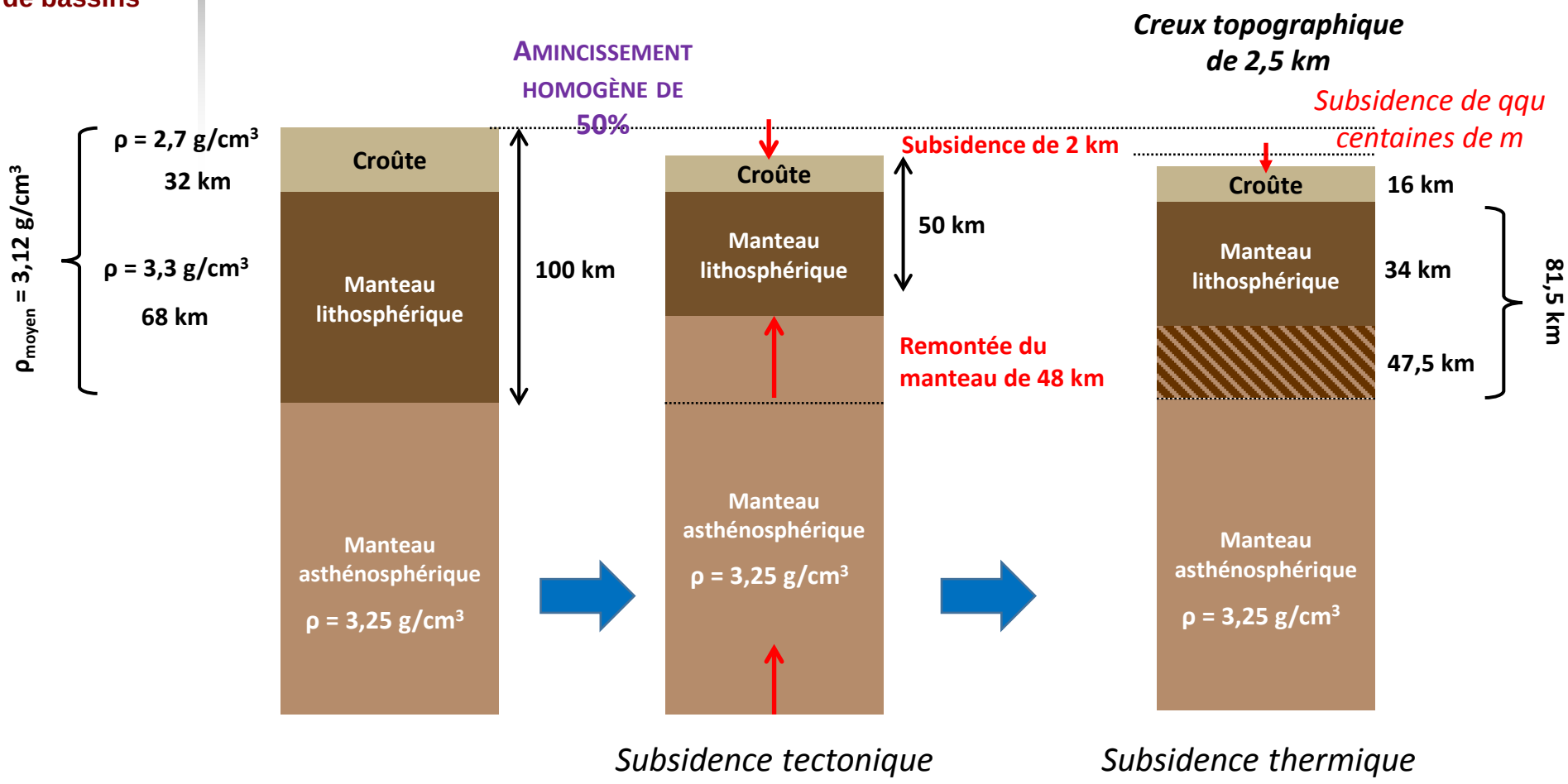
Coupe lithosphérique *Gradient géothermique*



Evolution de la subsidence thermique au cours du temps

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

Subsidence tectonique puis thermique



Echelles non respectées

Souvent, les différents phénomènes sont couplés

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

Plan

I – Du rift à l'océan

1.1 L'extension et le rifting

1.2 Mécanismes de rifting

1.3 L'océanisation et la formation de marges

II – L'extension et la formation de bassin

2.1 Notion de bassin sédimentaire

2.2 La subsidence

2.3 Quand l'extension n'aboutit pas à l'océanisation - diversité des bassins français

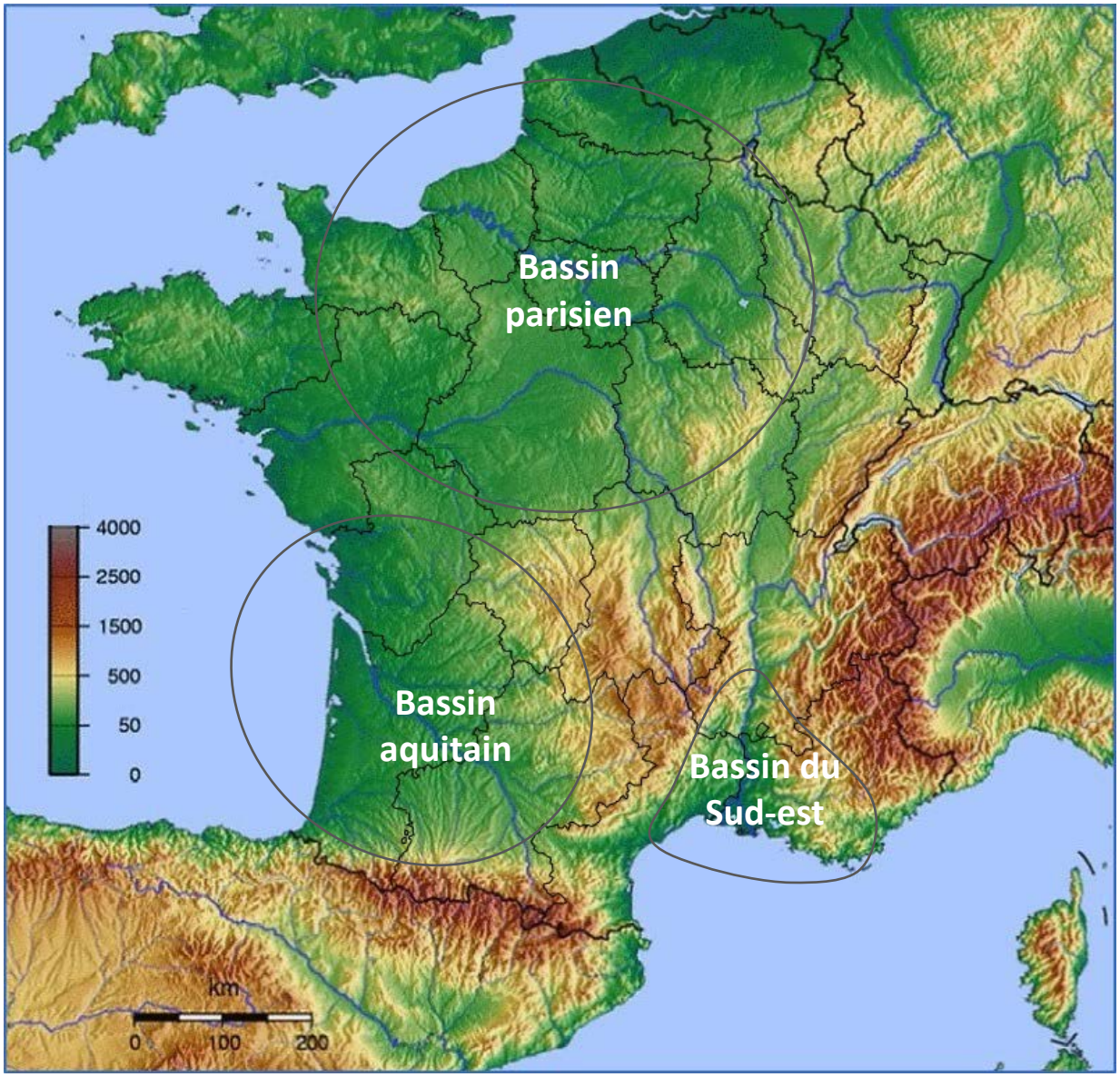
III – De l'ouverture à la fermeture d'un océan

3.1 L'expansion océanique et les dorsales

3.2 Initiation de la subduction

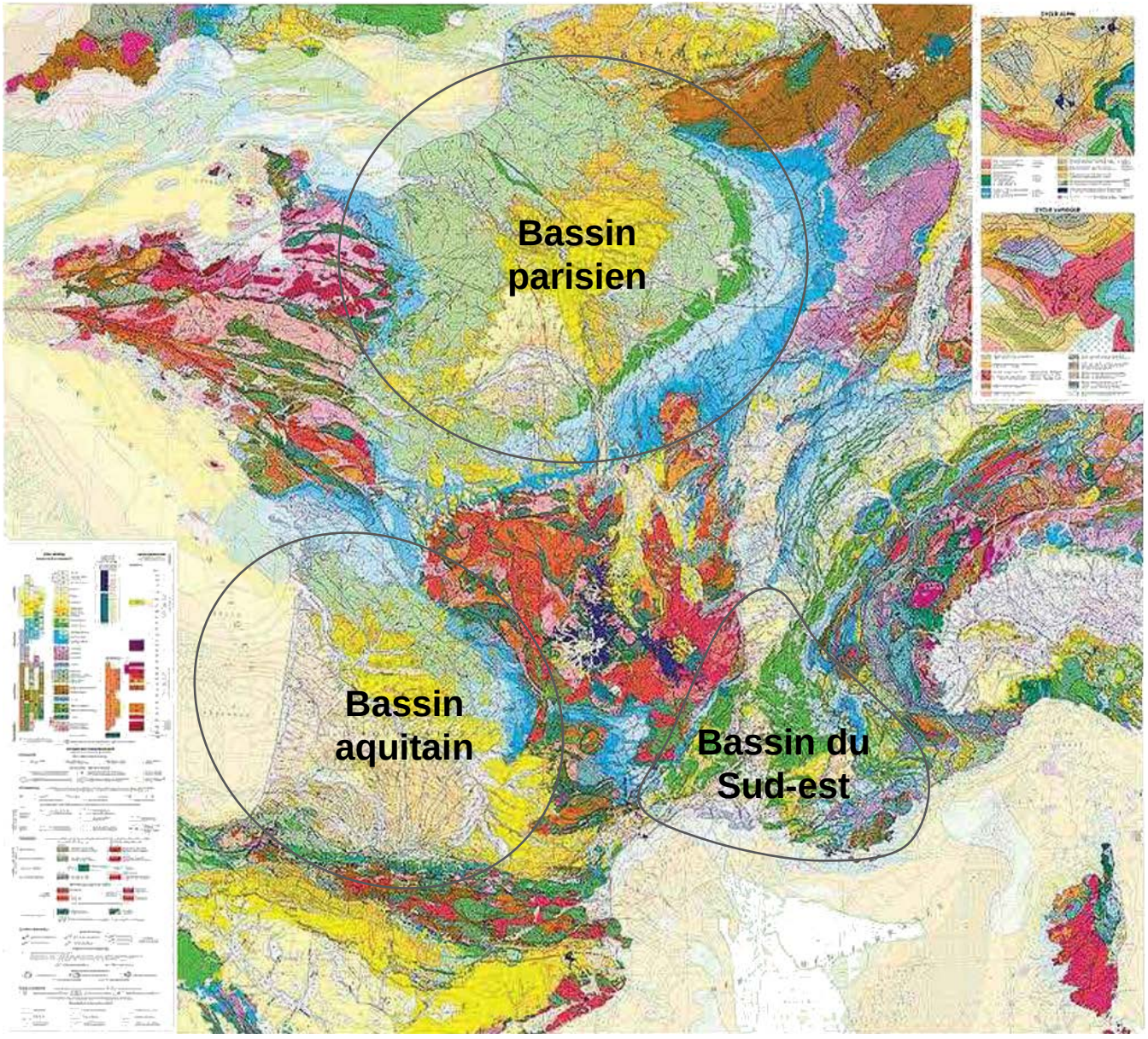
Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

La France topographique



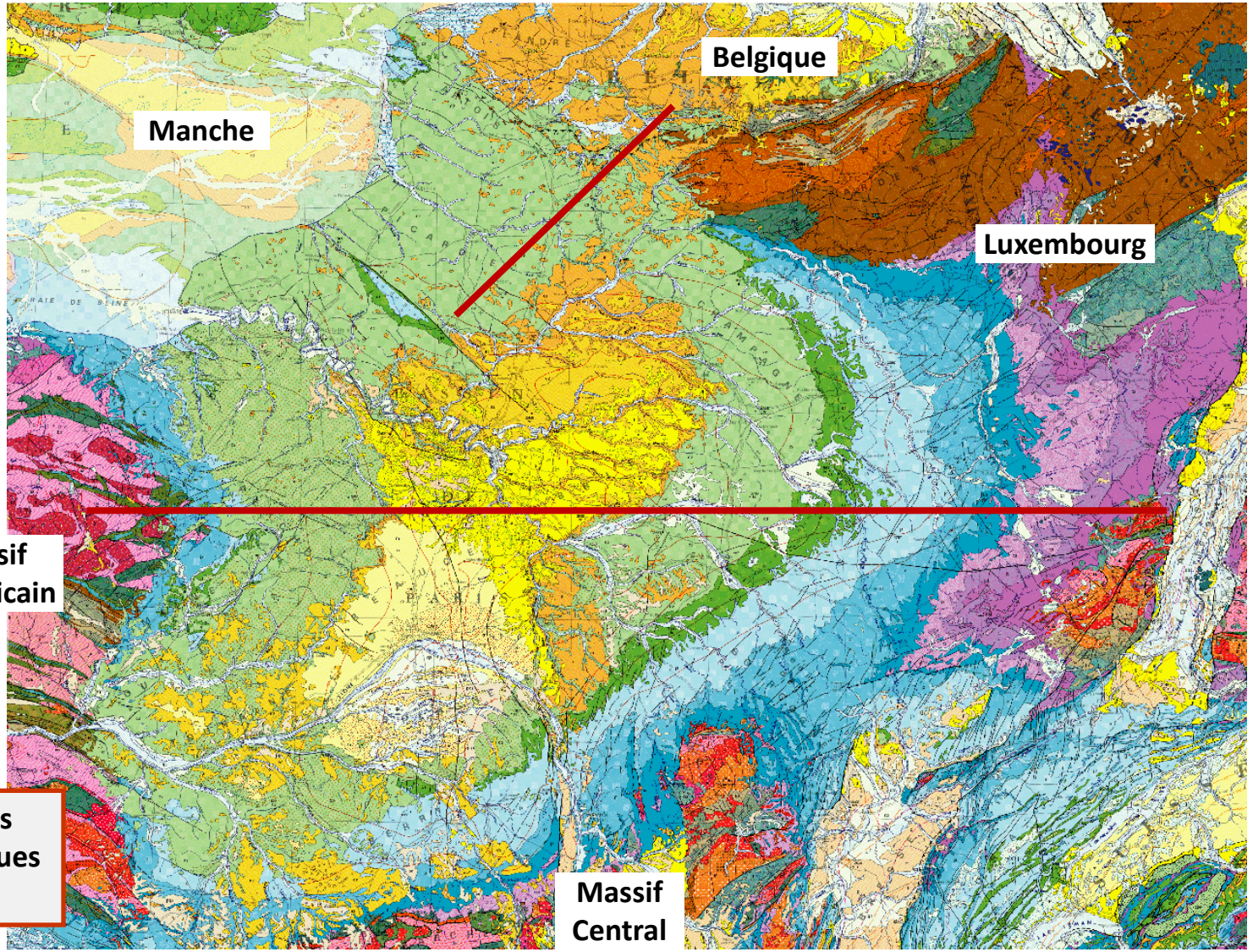
Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

Les grands bassins sédimentaires



Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

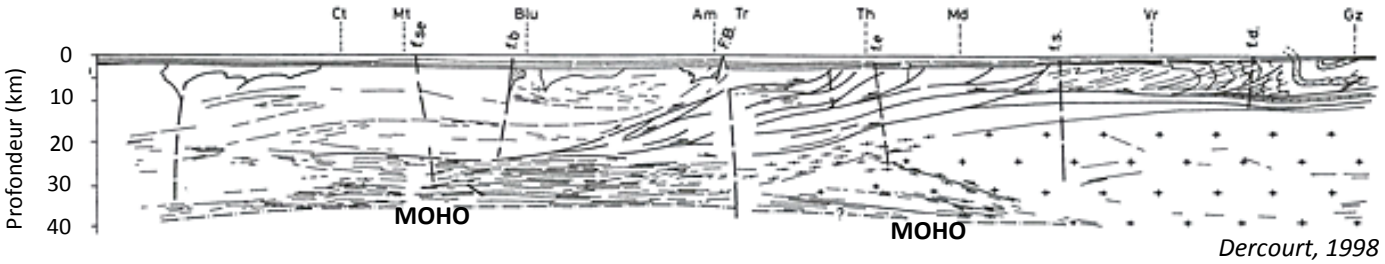
Le Bassin Parisien – structure globale



Couches sédimentaires superposées concentriques … pas tout à fait

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

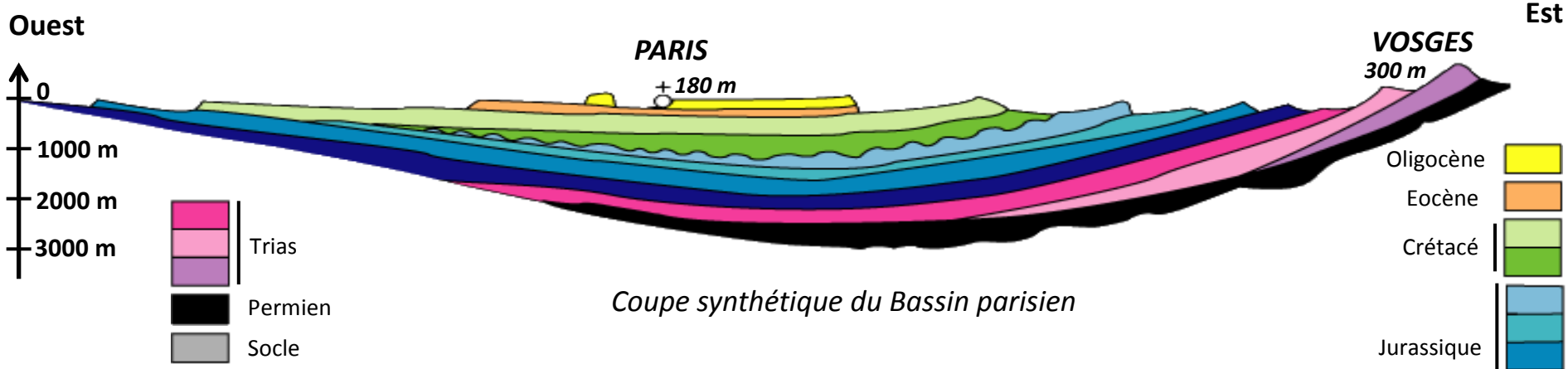
Le Bassin Parisien – structure profonde



Profil ECORS du Nord de la France

Terrains sédimentaires superposées
Un bassin en forme de cuvette plus profond au centre
→ Un modèle de **bassin intra-cratonique**

→ **Comblement progressif du Bassin**



Coupe synthétique du Bassin parisien

Debelmas, 1975

Comment est-il possible d'atteindre une telle épaisseur de sédiments ?

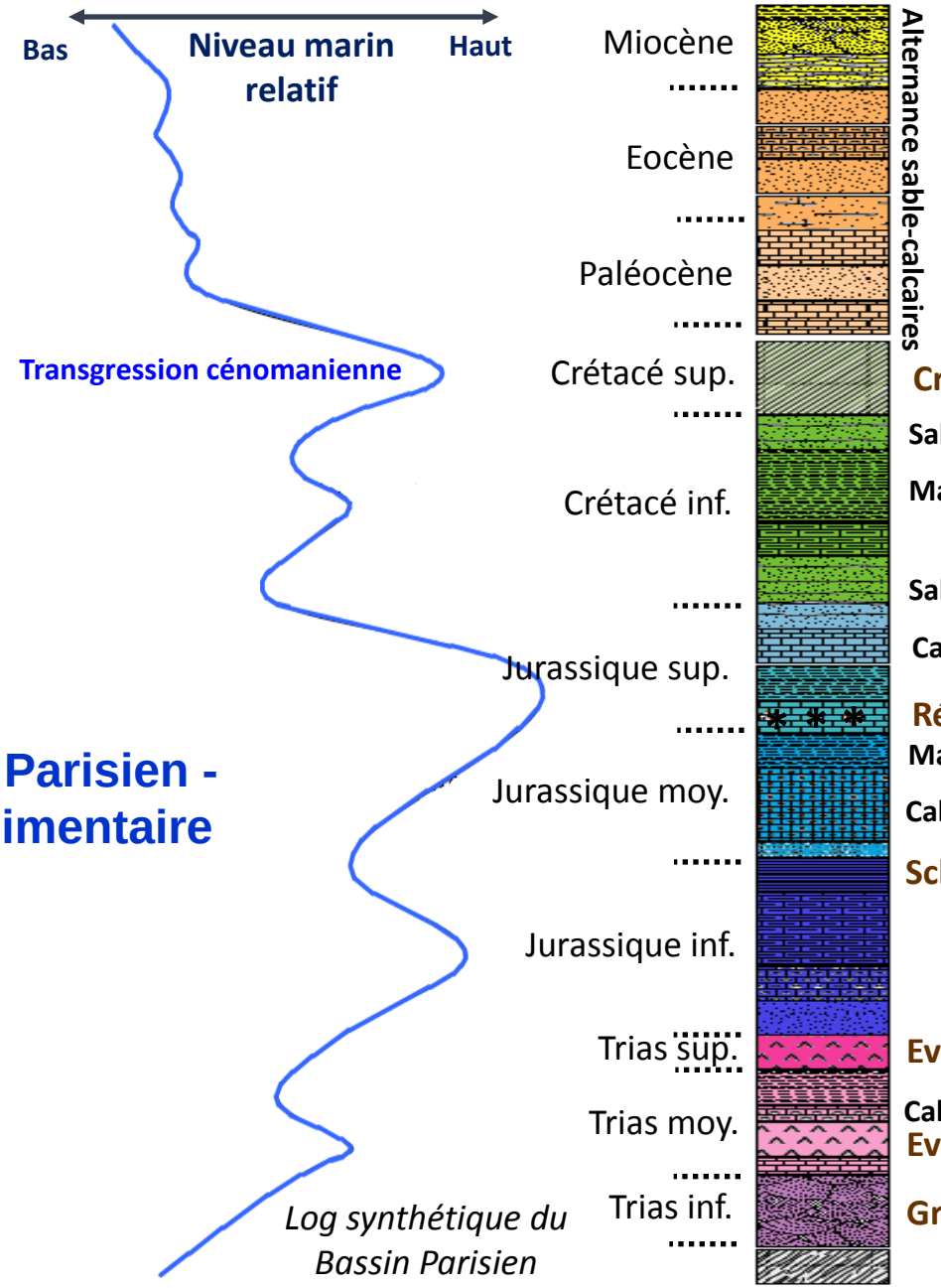
2.3 Diversité des bassins sédimentaires français

Introduction

I-Rift à l'océan

II-Extension et formation de bassins

Le Bassin Parisien - la pile sédimentaire

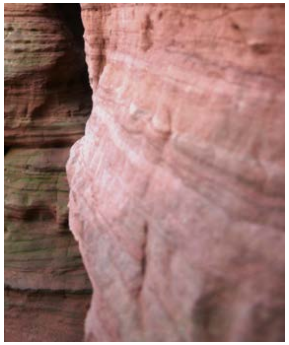


Log synthétique du Bassin Parisien



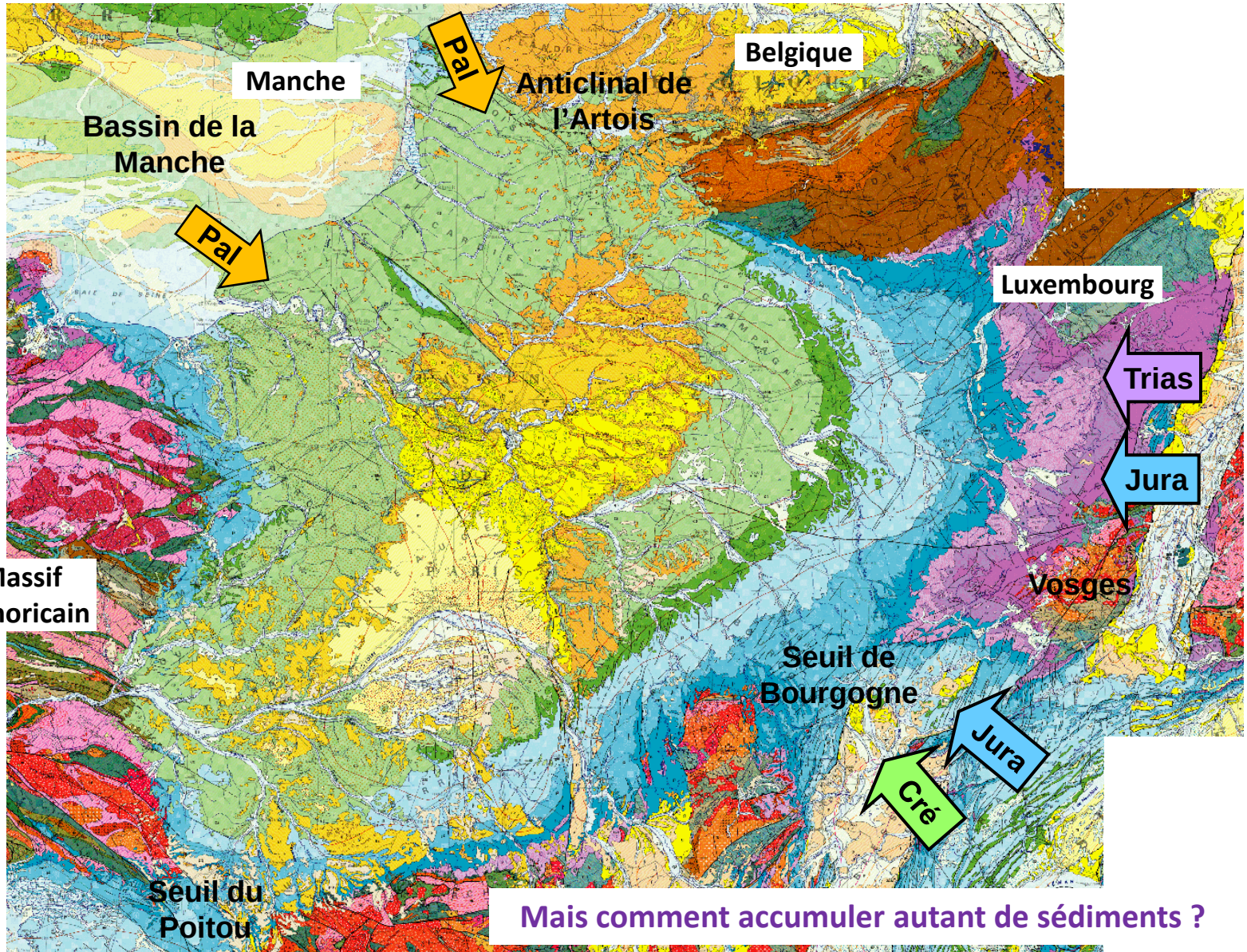






Cénozoïque
IV
Néogène
Paléogène
Mésozoïque
Crétacé
Jurassique
Trias
Paléozoïque
Per
Carb
Dév
Sil
Or
Ca
Pro
téro

Le Bassin Parisien – Histoire



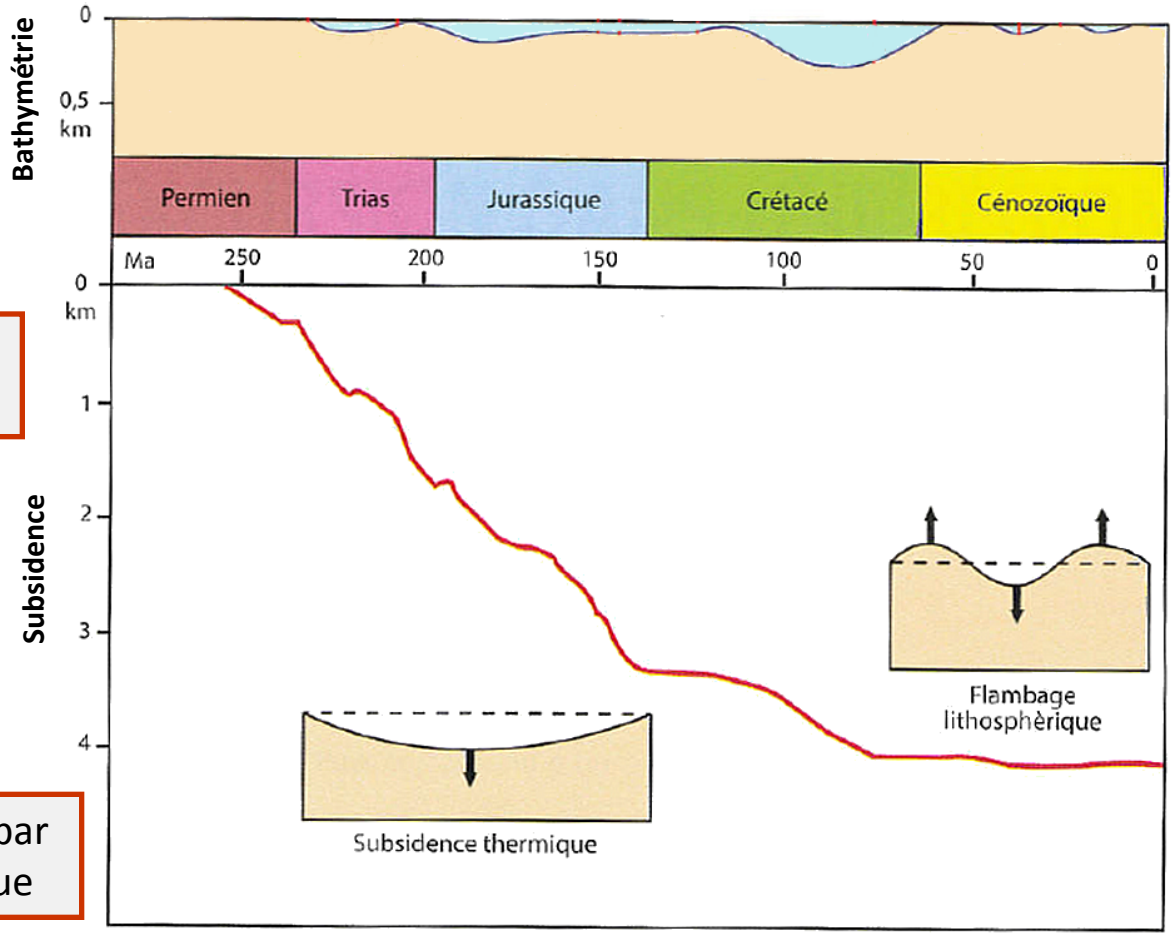
Mais comment accumuler autant de sédiments ?

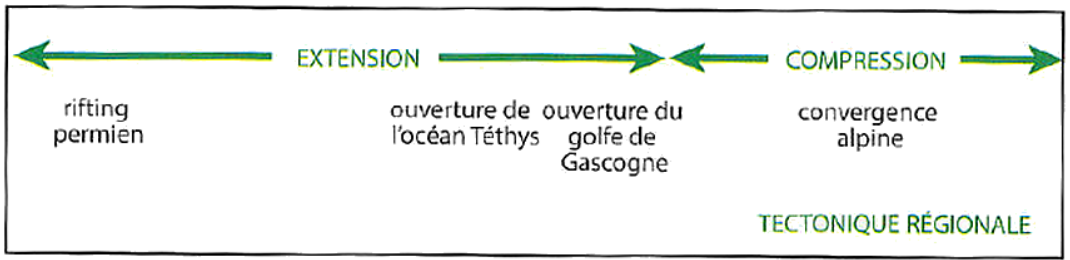
Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

Le Bassin Parisien – Subsidence

Subsidence tectonique puis thermique

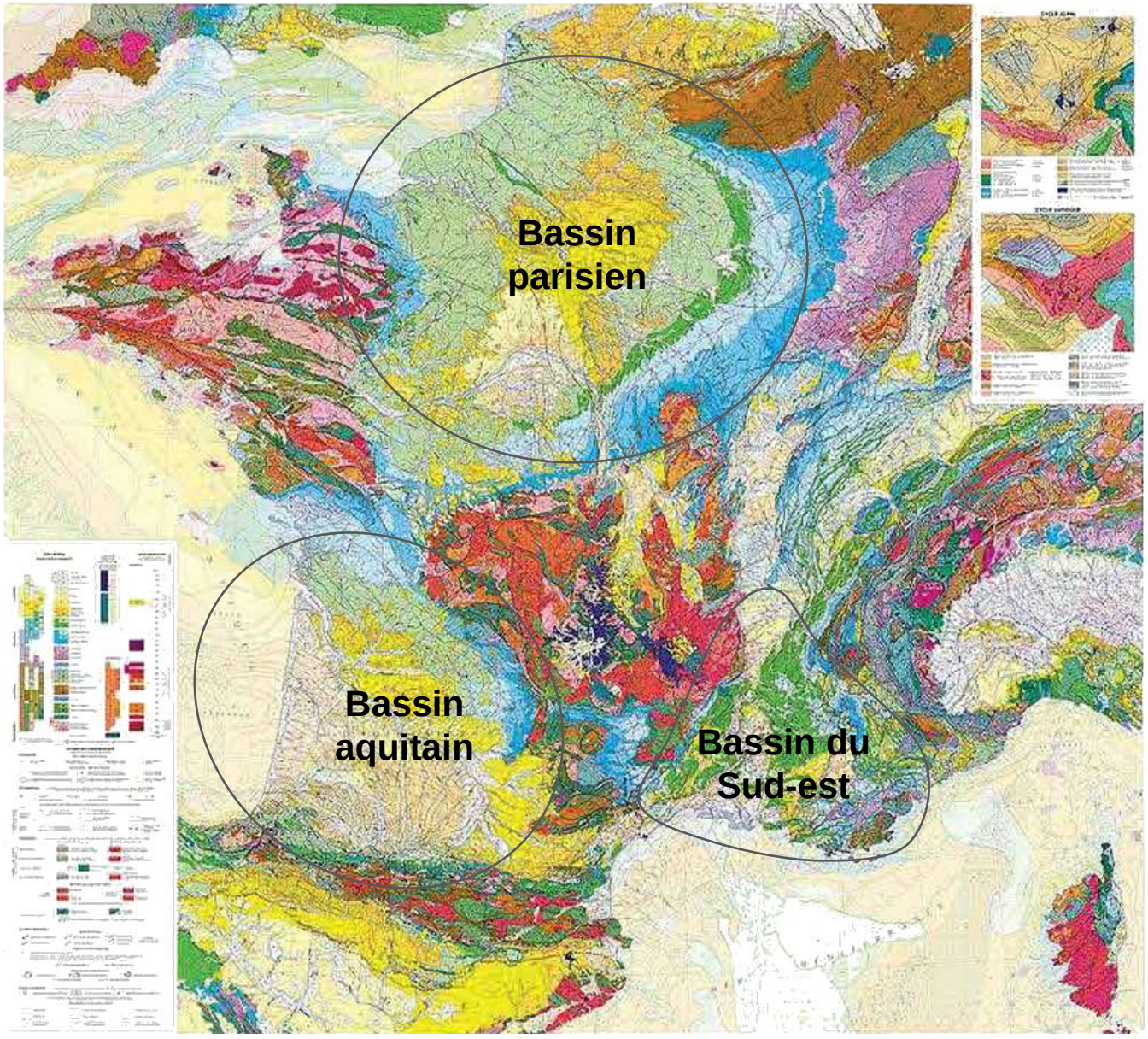
Arrêt de la subsidence par flambage lithosphérique



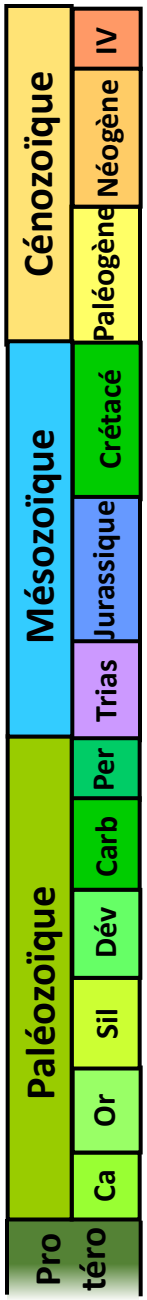


Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

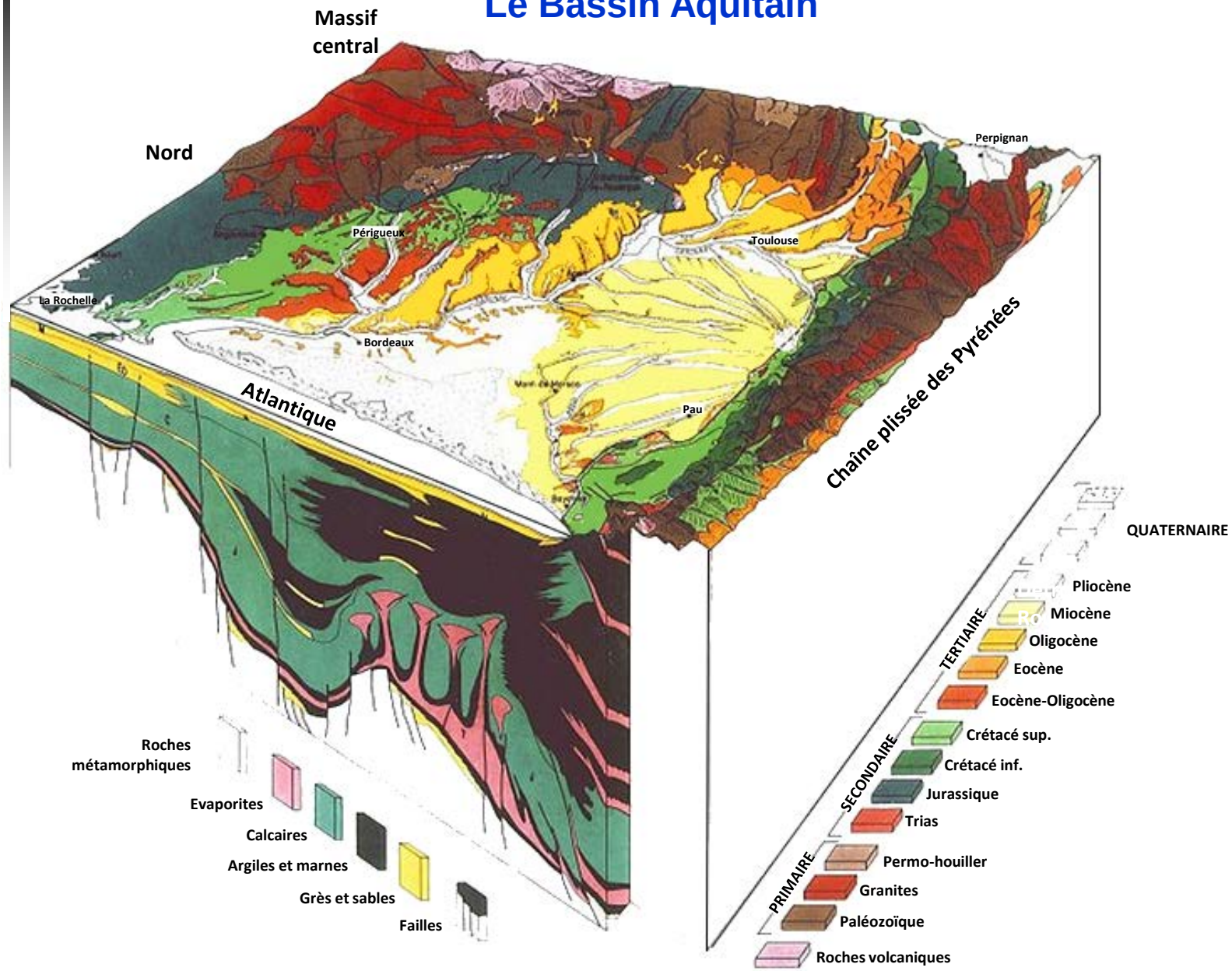
Les grands bassins sédimentaires



2.3 Diversité des bassins sédimentaires français



Le Bassin Aquitain

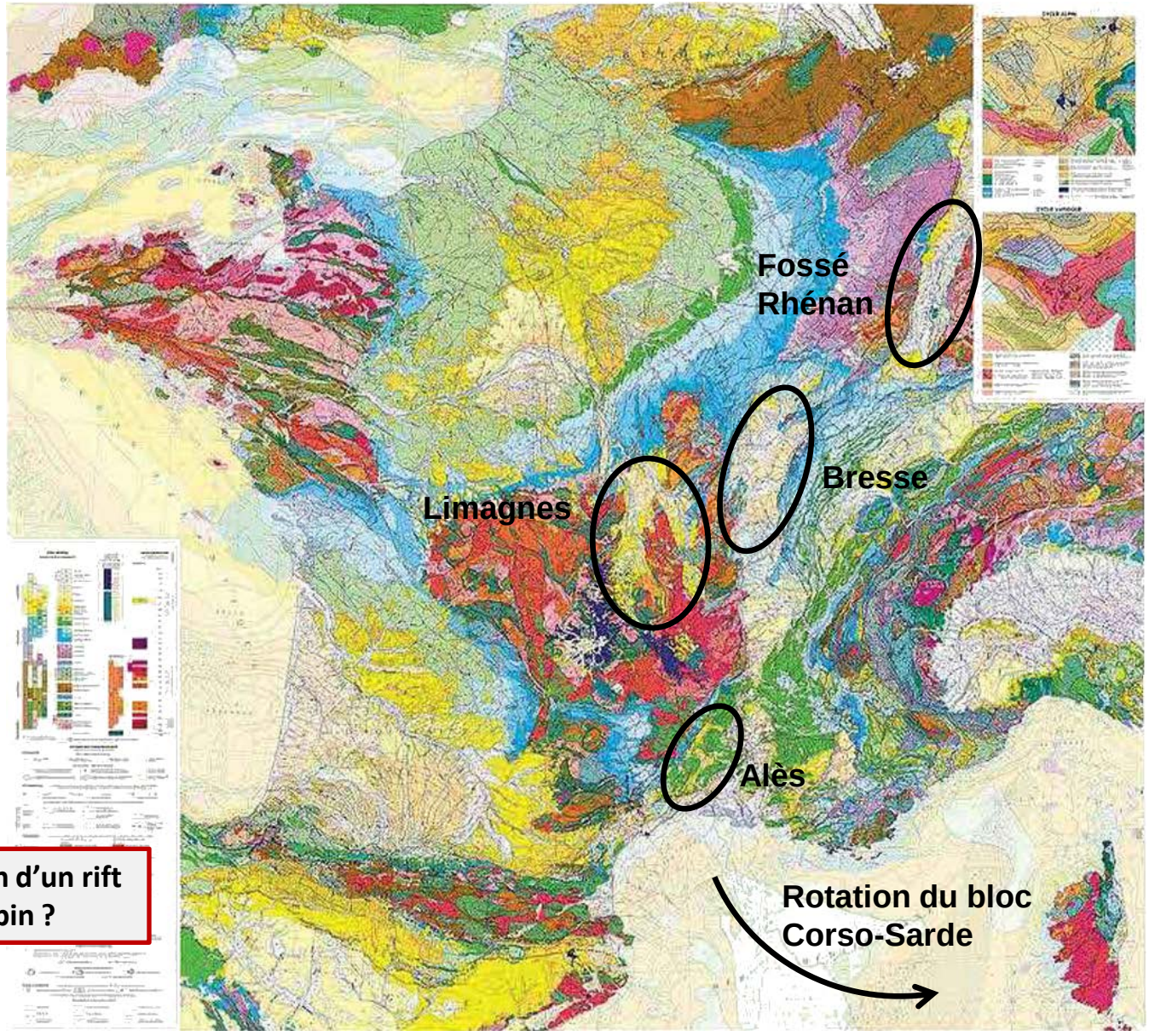


Introduction

I-Rift à l'océan

II-Extension et formation de bassins

Les fossés cénozoïques



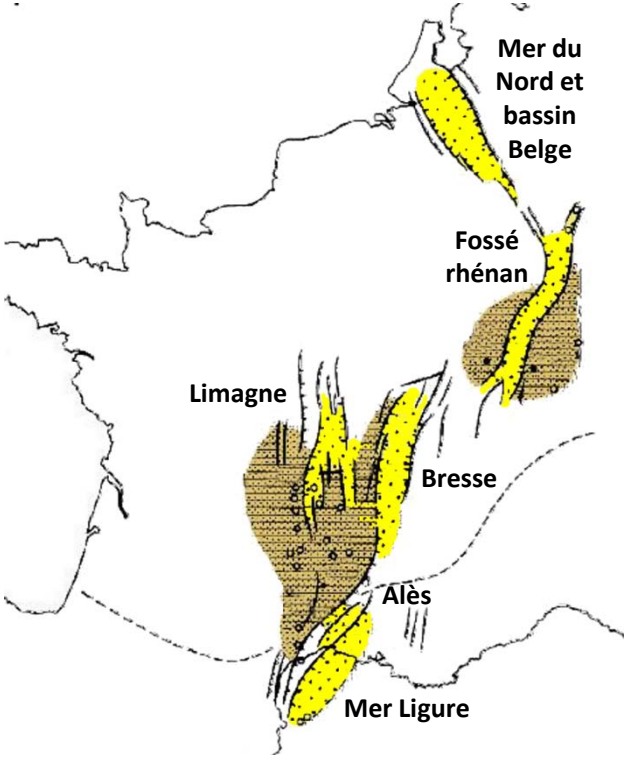
La formation d'un rift péri-alpin ?

Introduction

I-Rift à l'océan

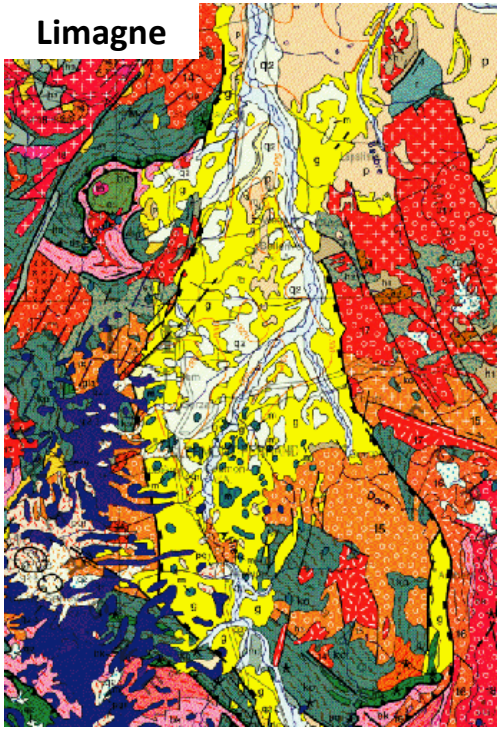
II-Extension et formation de bassins

Les fossés cénozoïques

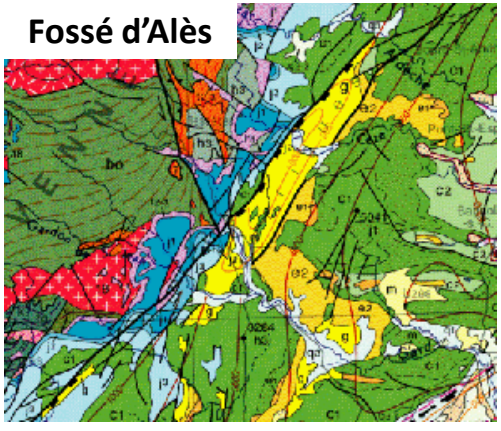


Les fossés cénozoïques

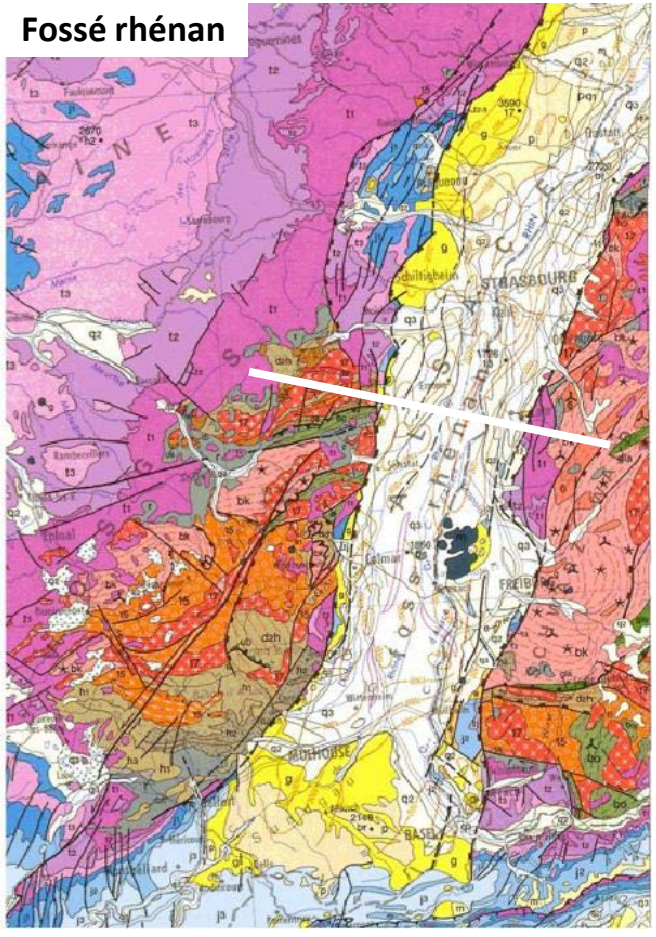
Limagne

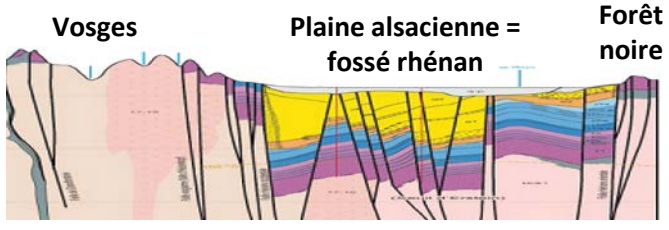


Fossé d'Alès

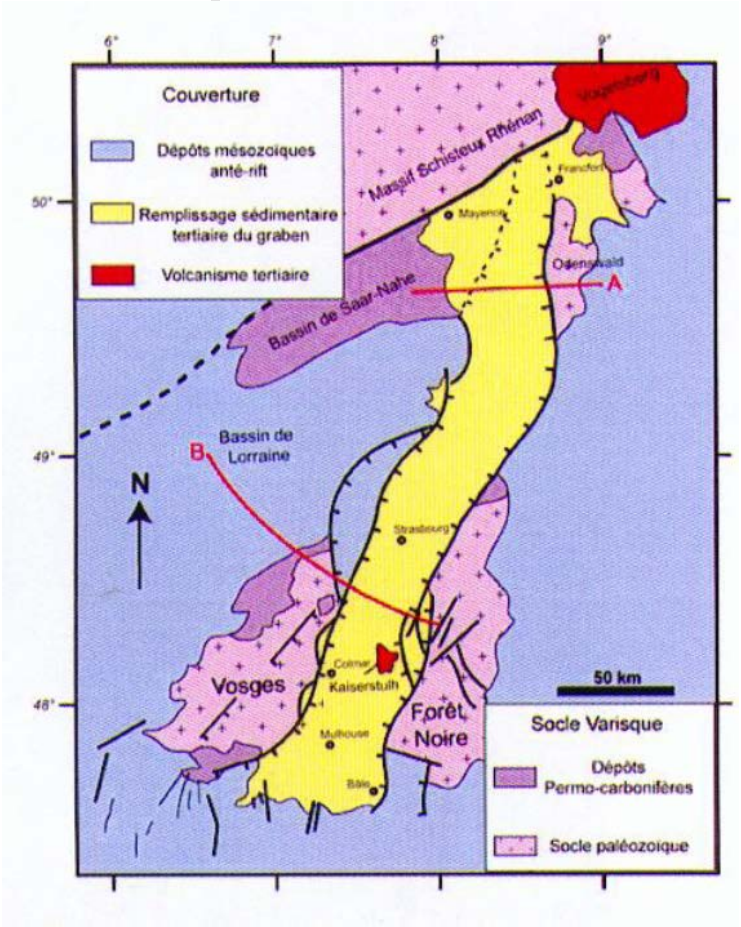


Fossé rhénan



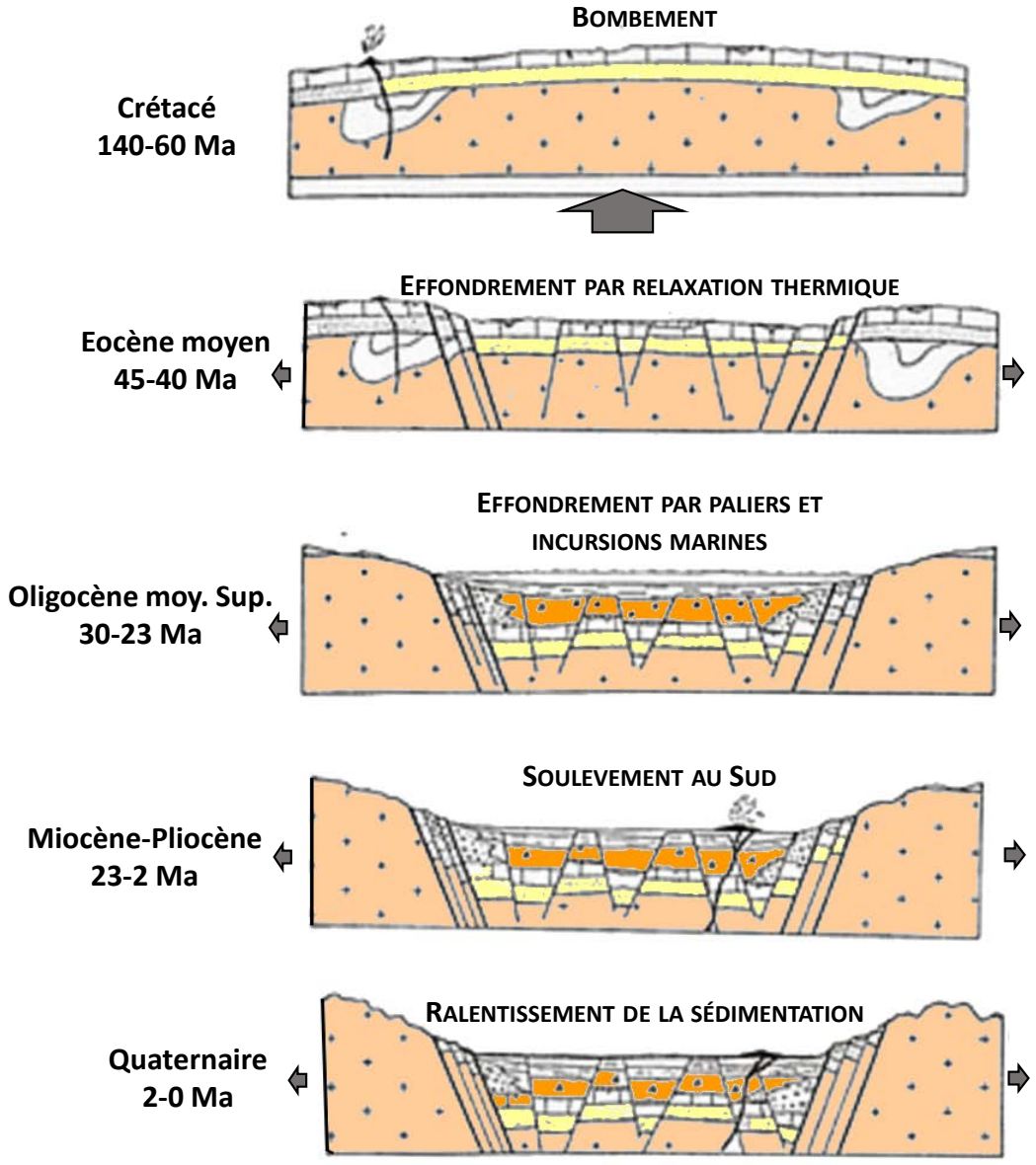


Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins



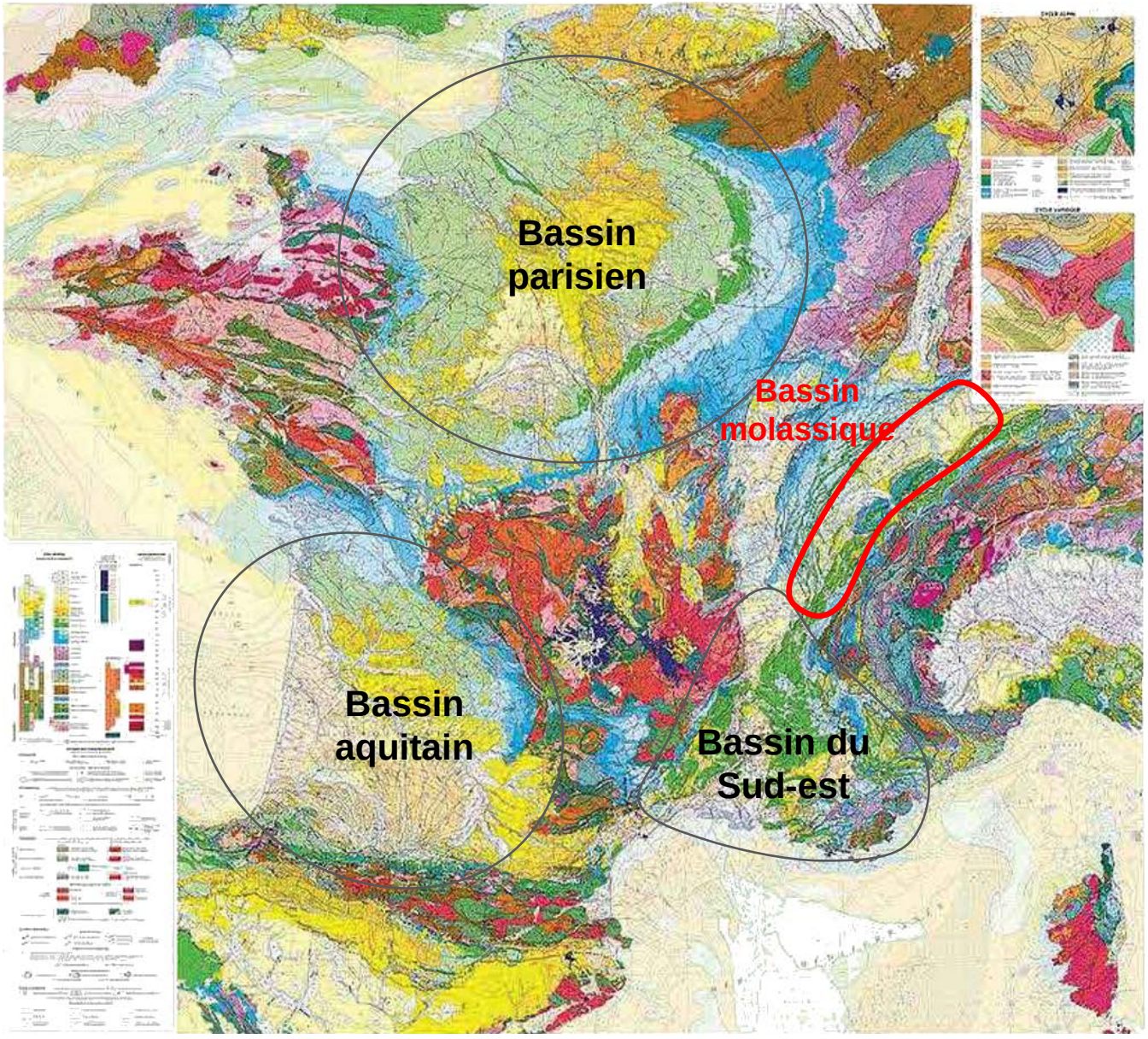
Histoire géologique du Fossé Rhénan

La France topographique



Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

Les grands bassins sédimentaires



Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

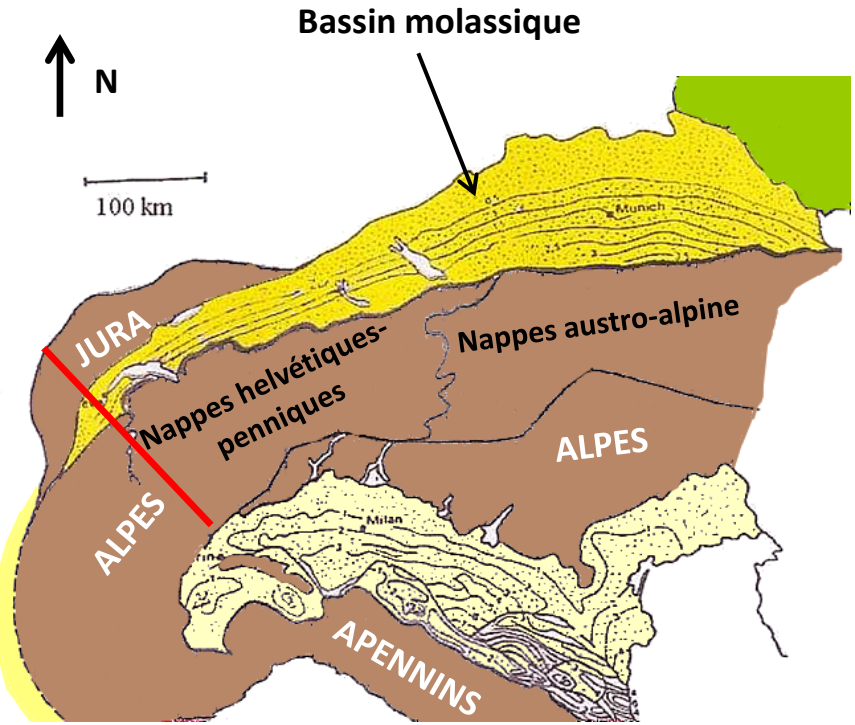
Bassin d'avant-pays

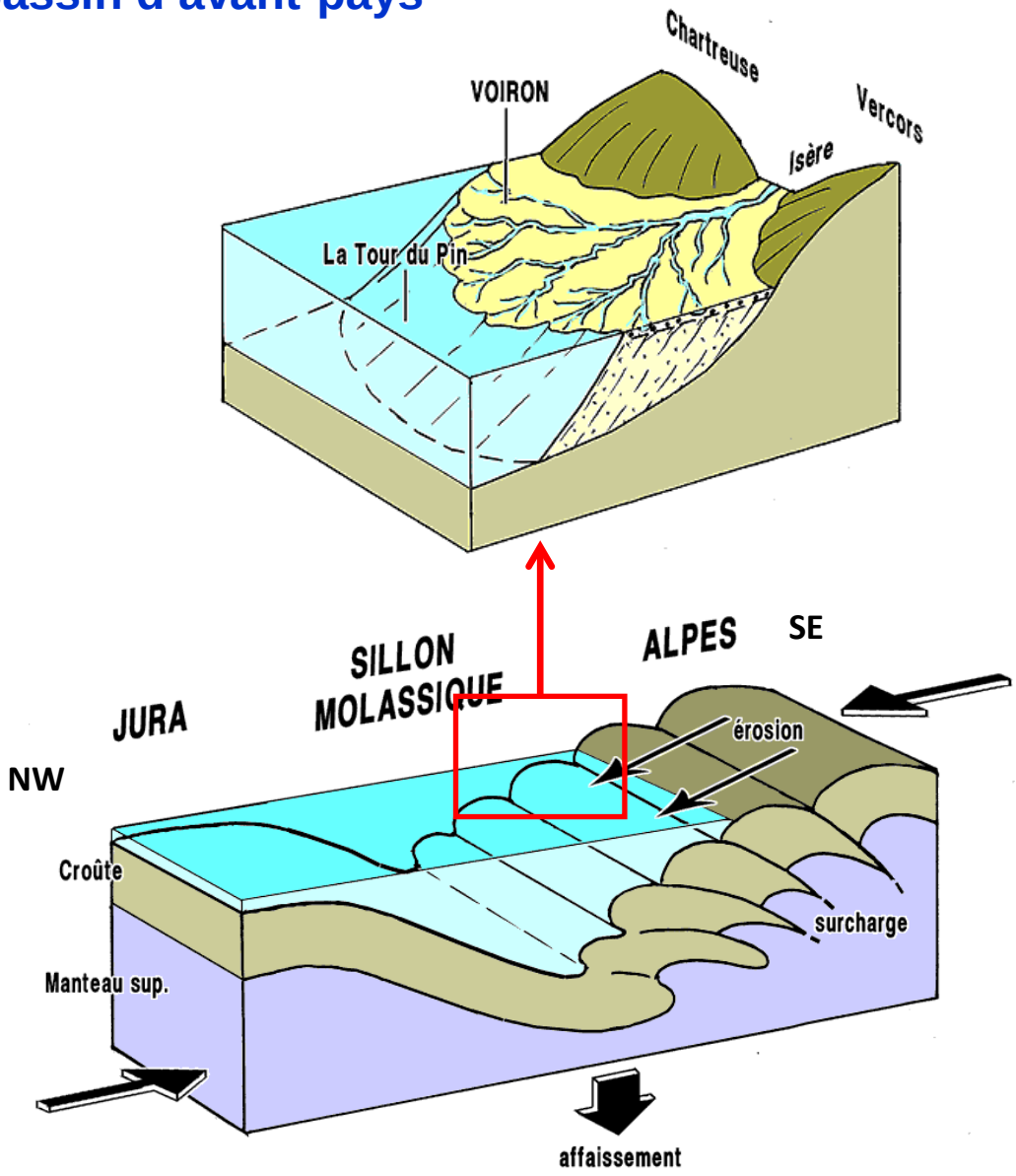


Bassin molassique péri-alpin

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

Bassin d'avant-pays





Coupe du bassin molassique

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Extension et formation de bassins

Plan

I – Du rift à l'océan

1.1 L'extension et le rifting

1.2 Mécanismes de rifting

1.3 L'océanisation et la formation de marges

II – L'extension et la formation de bassin

2.1 Notion de bassin sédimentaire

2.2 La subsidence

2.3 Quand l'extension n'aboutit pas à l'océanisation - diversité des bassins français

III – De l'ouverture à la fermeture d'un océan

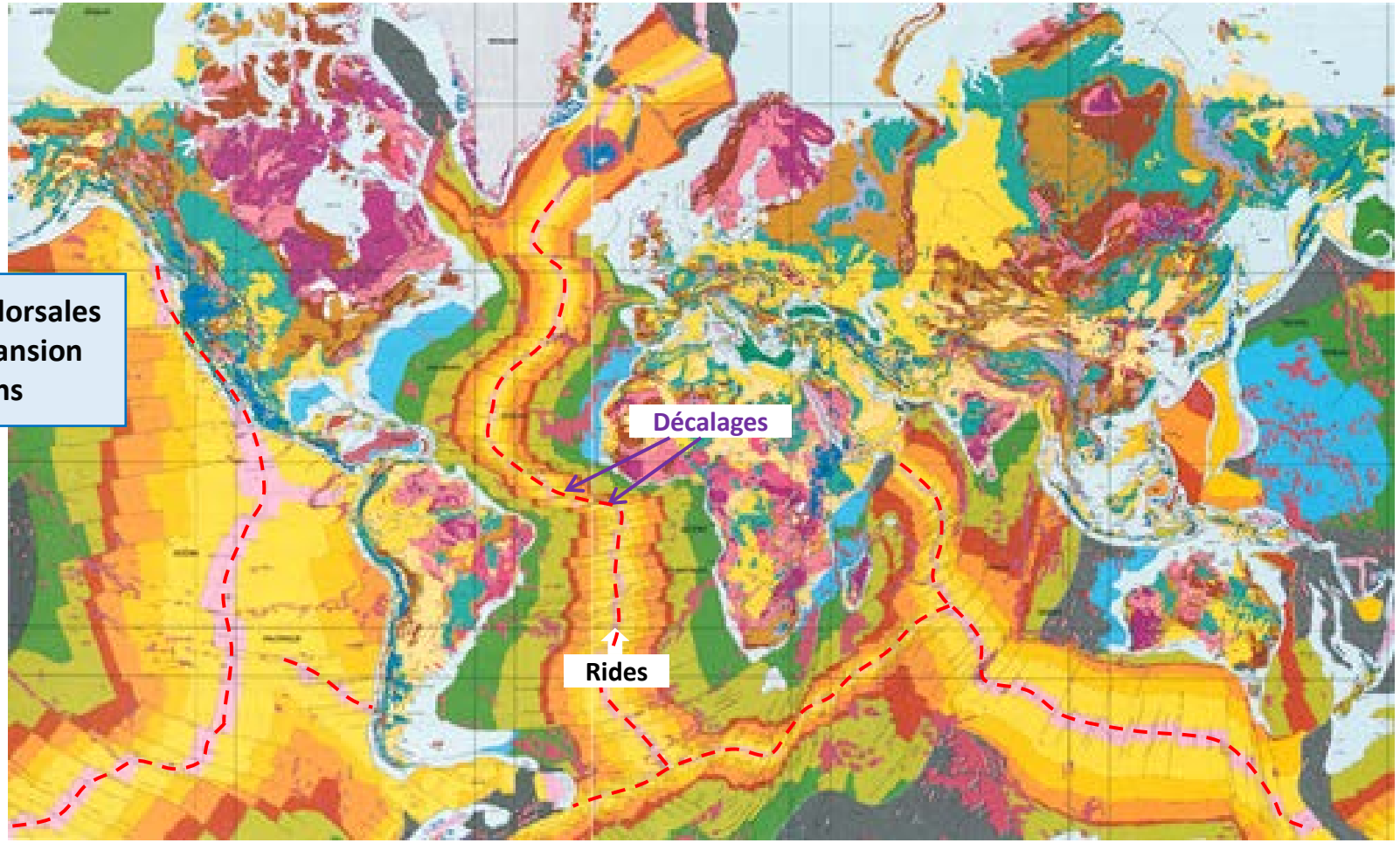
3.1 L'expansion océanique et les dorsales

3.2 Initiation de la subduction

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Bassins
III-Ouverture et fermeture d'océans

Age et expansion des fonds océaniques

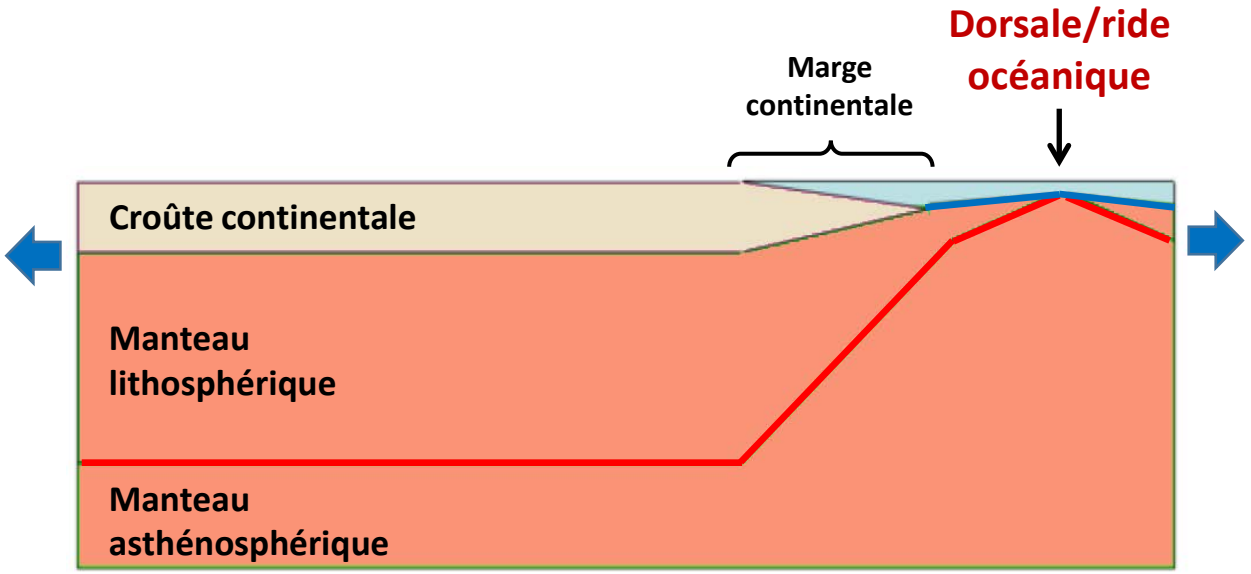
- Position des dorsales
- Vitesse d'expansion
- Age des océans

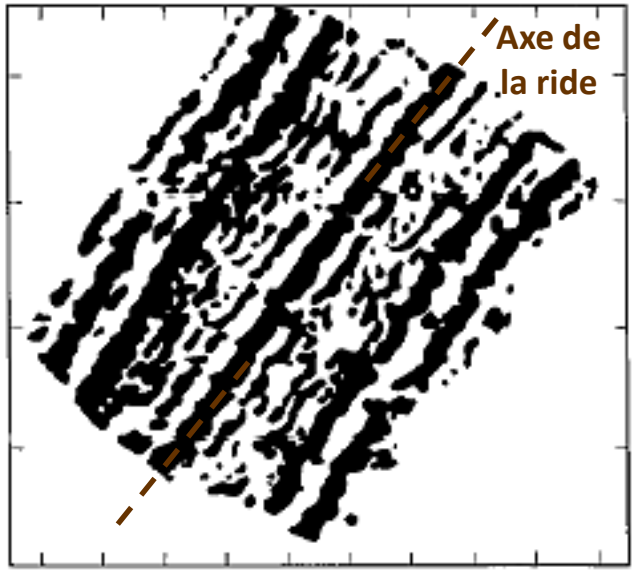


Carte de l'âge des sédiments océaniques

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Bassins
III-Ouverture et fermeture d'océans

L'expansion océanique





Enregistrement magnétique des fonds océaniques

- Bandes d'anomalies **parallèles** et **symétriques** par rapport aux dorsales (*Qualitatif*)

- Que l'on peut corréler et dater grâce à l'**échelle magnétostratigraphique** de Bruhnes (*Quantitatif*)



Vine & Matthews

Vitesse d'expansion = x cm/an

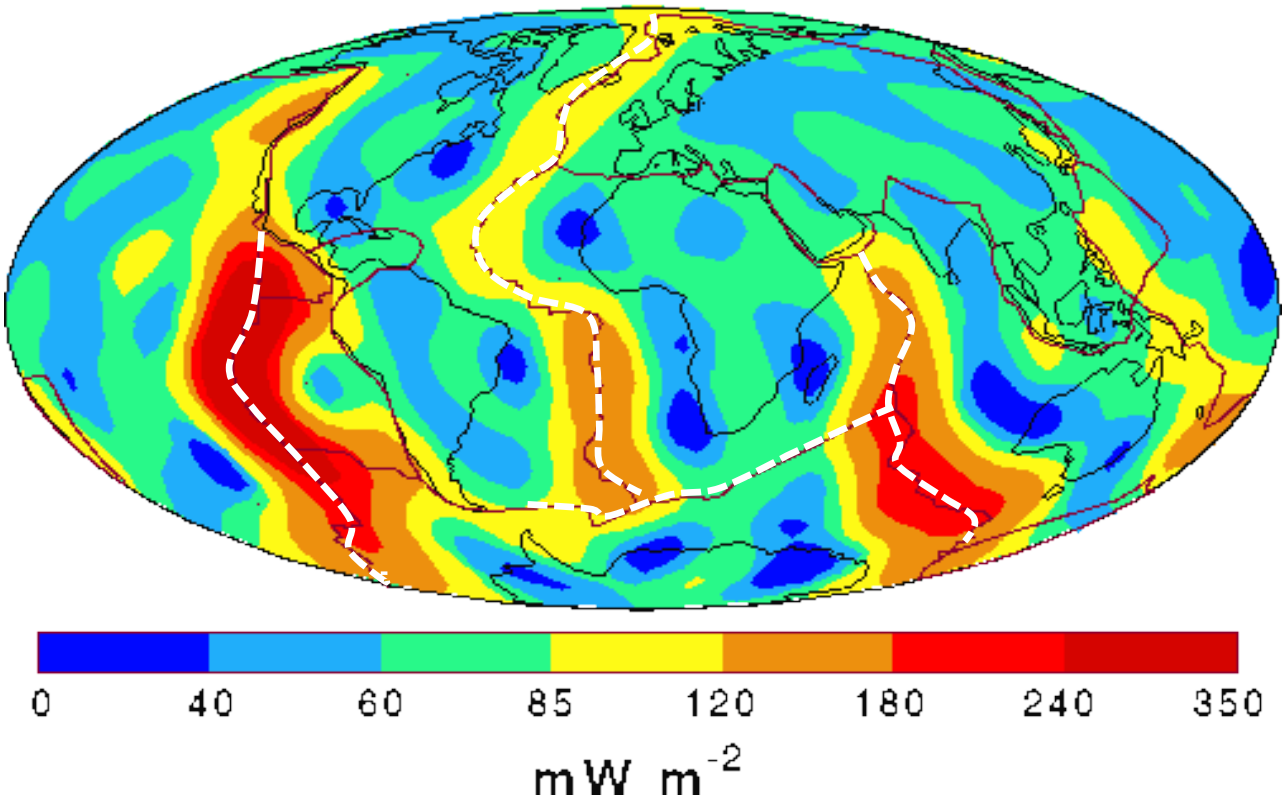
Théorie de l'expansion des fonds océaniques

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Bassins
III-Ouverture et fermeture d'océans

Dorsales océaniques

Flux de chaleur moyen : environ **82 mW/m²**

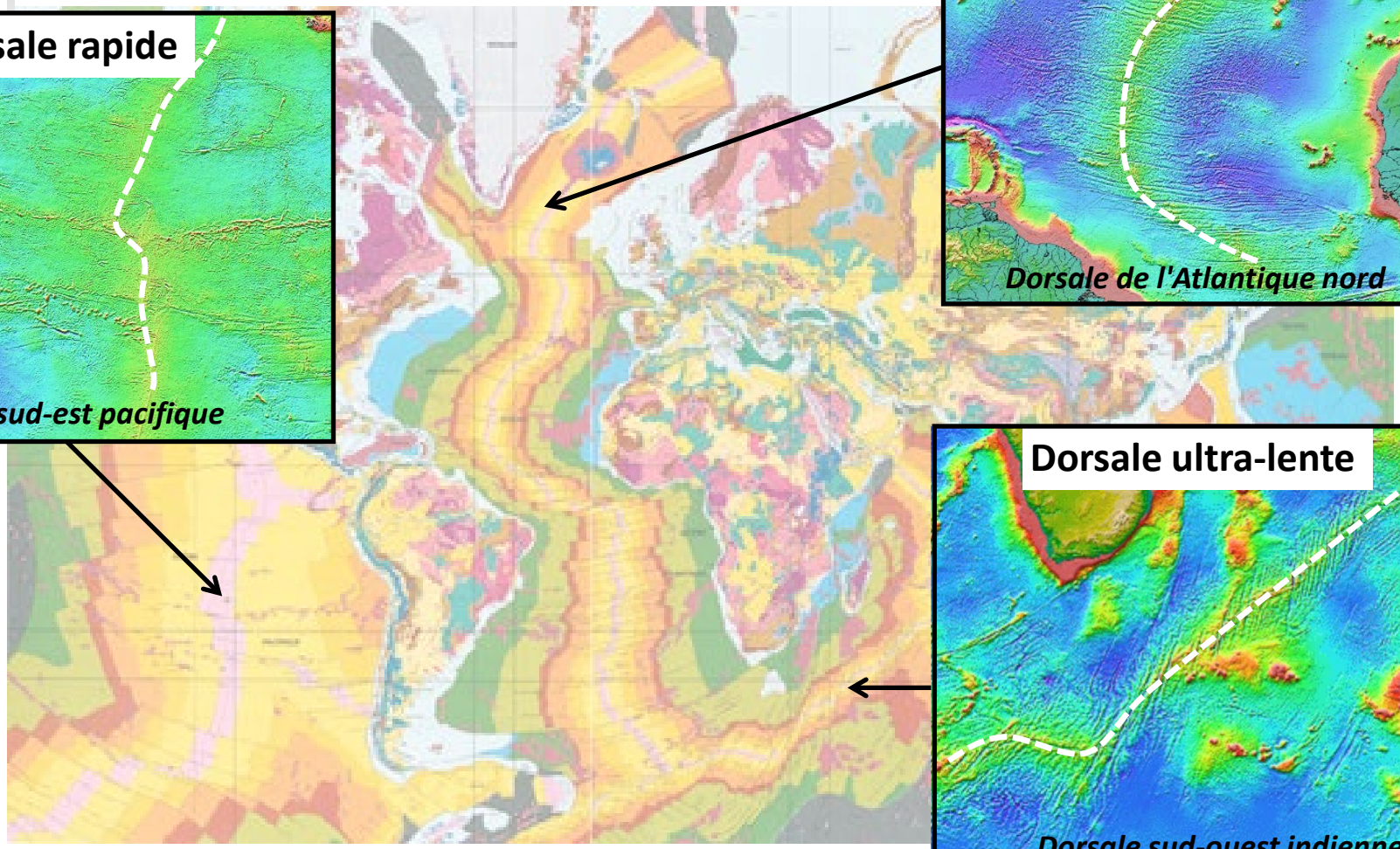
Flux de chaleur élevé = perte de chaleur élevée au niveau des dorsales.



Répartition du flux de chaleur à la surface de la Terre

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Bassins
III-Ouverture et fermeture d'océans

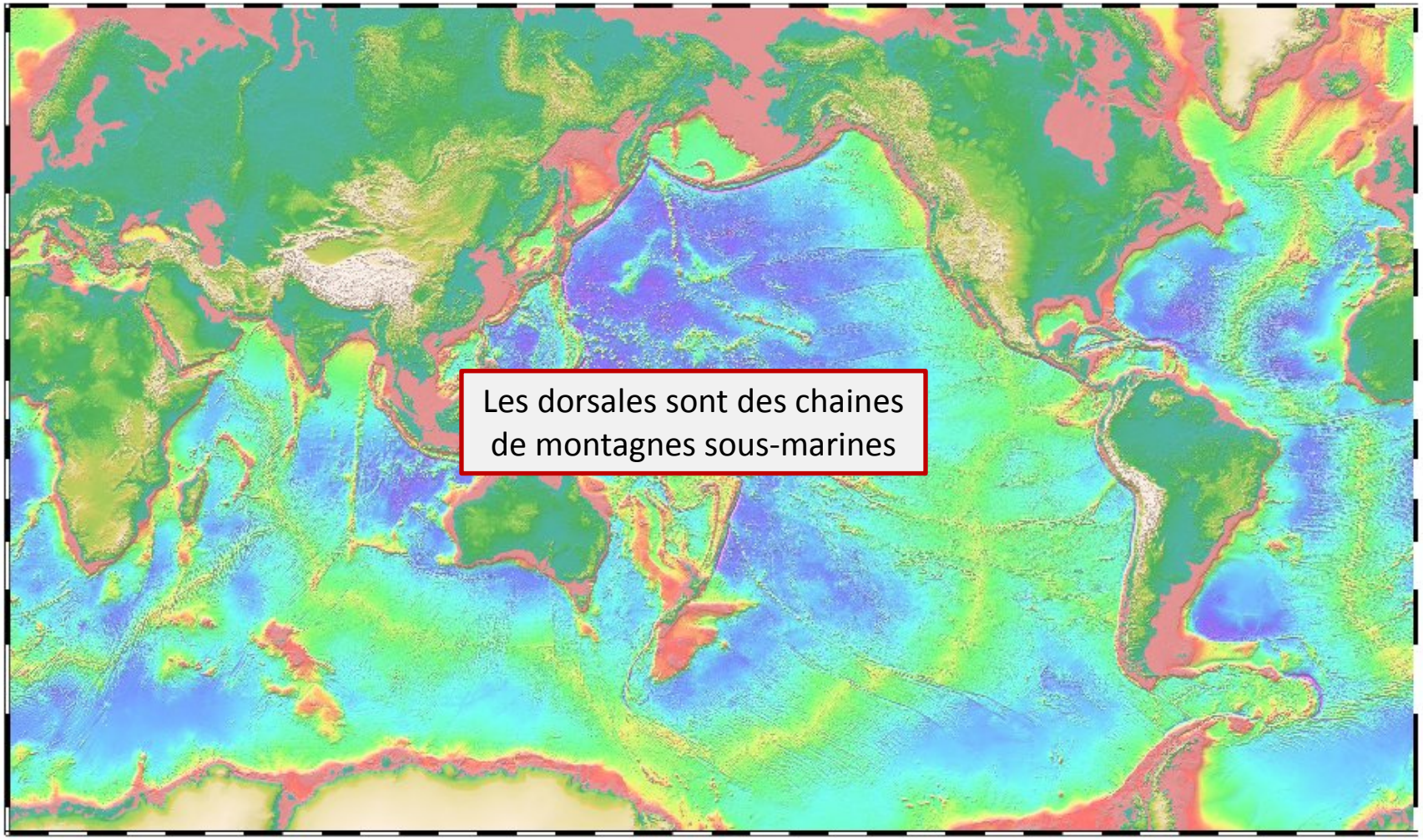
Morphologie des dorsales océaniques



Introduction
I-Rift à l'océan
II-Bassins
III-Ou
et fe
d'oc

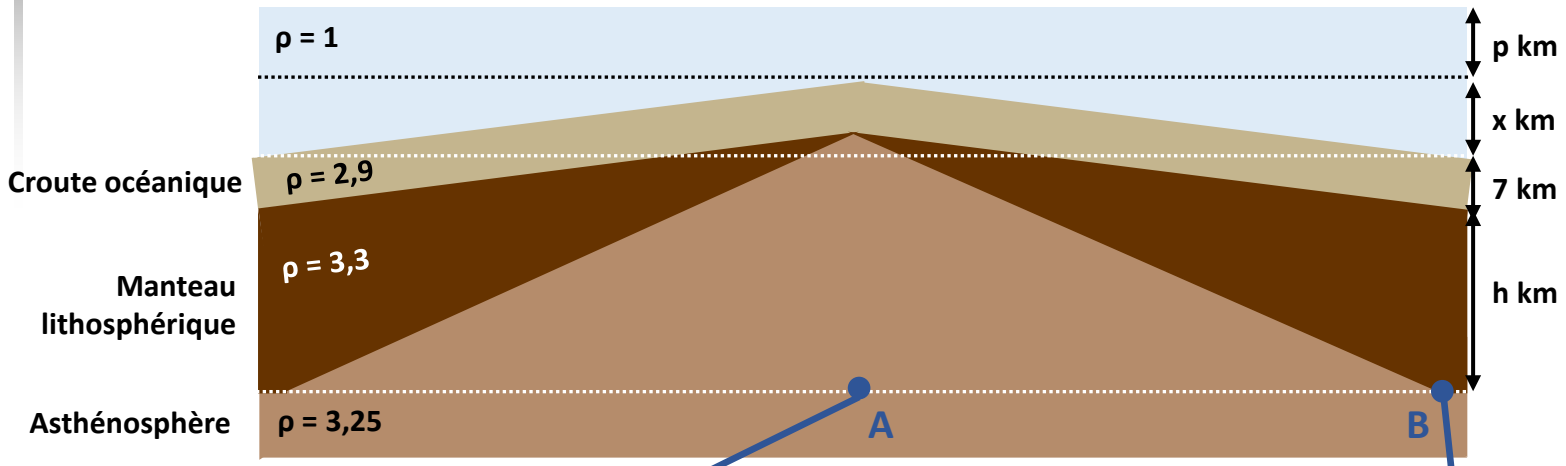
Morphologie des dorsales océaniques

Topographie des continents et océans



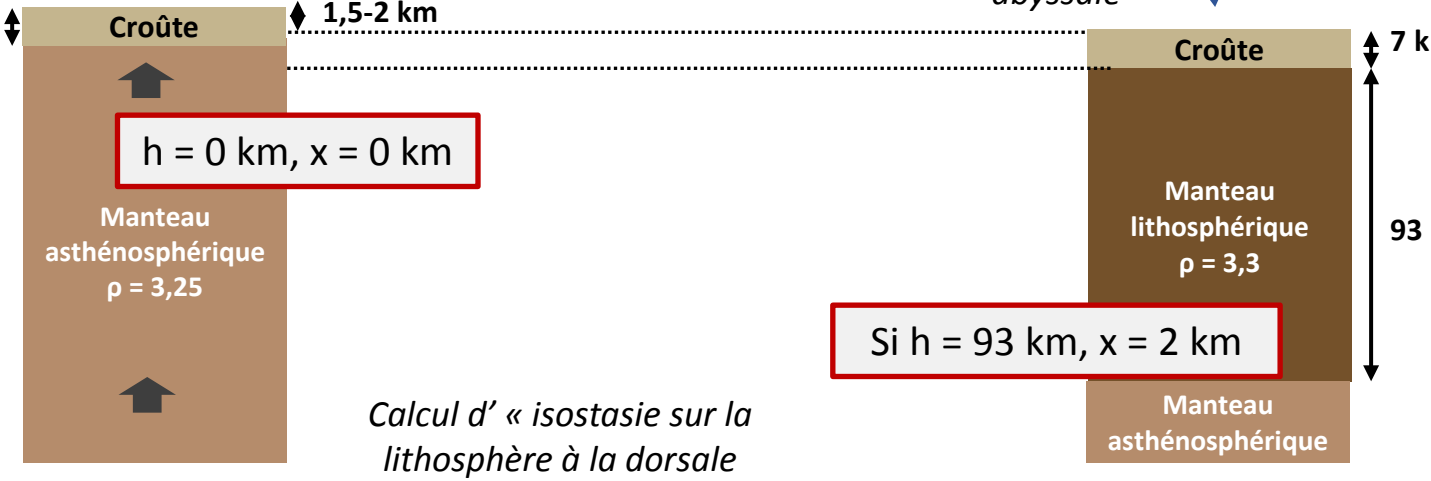
Introduction
I-Rift à l'océan
II-Bassins
III-Ouverture et fermeture d'océans

Les dorsales : des montagnes sous-marines



A l'axe de la dorsale

Sous la plaine abyssale



Epaisseur du manteau lithosphérique nulle

h = 0 km, x = 0 km

Si h = 93 km, x = 2 km

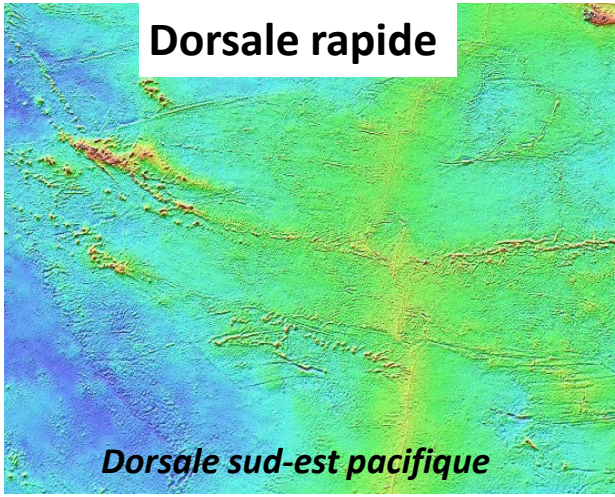
La dorsale est une montagne sous-marine de longueur > 1000 km

Calcul d' « isostasie sur la lithosphère à la dorsale

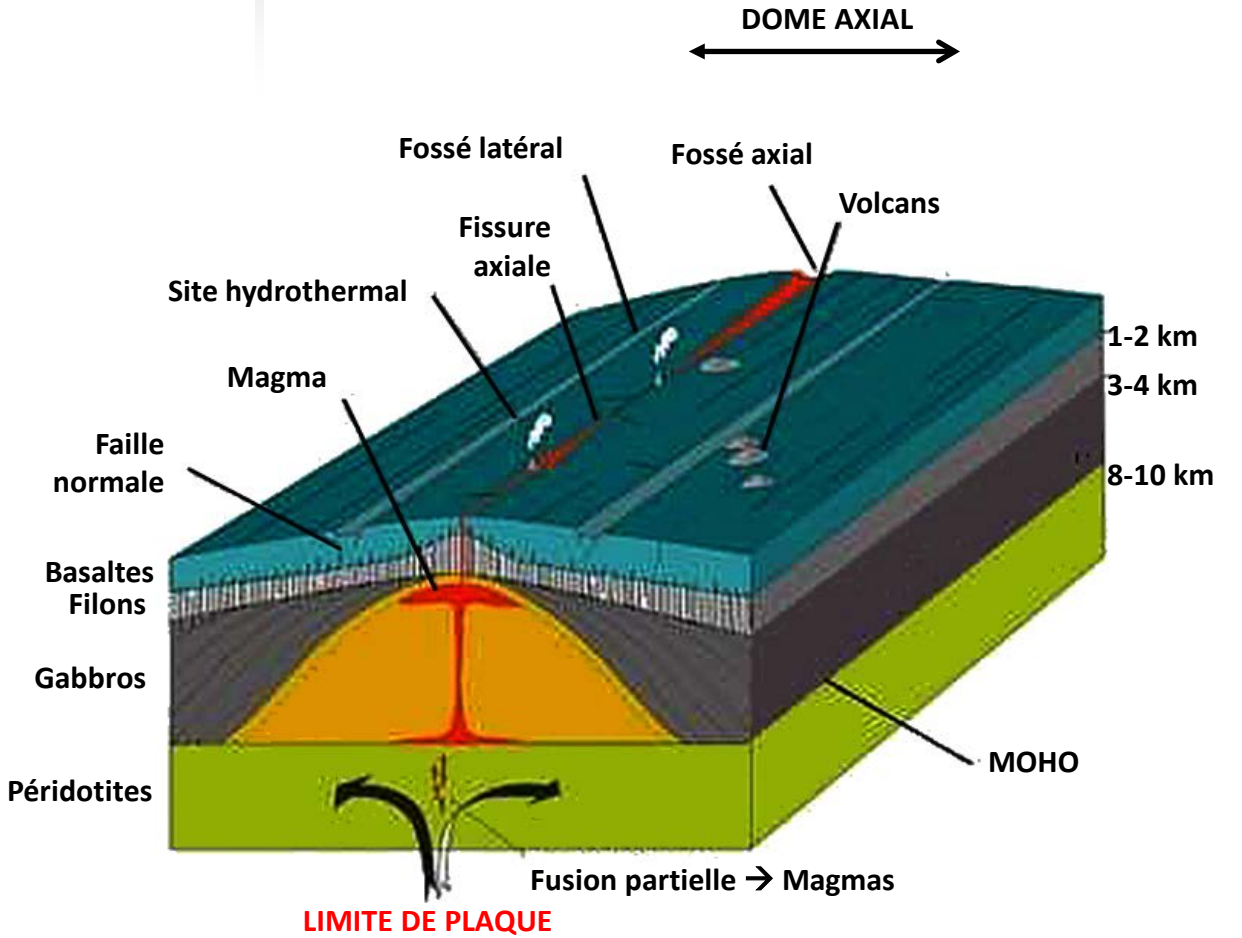
Introduction
I-Rift à l'océan
II-Bassins
III-Ouverture et fermeture d'océans

Dorsales océaniques

- **Dorsale rapide**



Est Pacifique (15 cm/an)

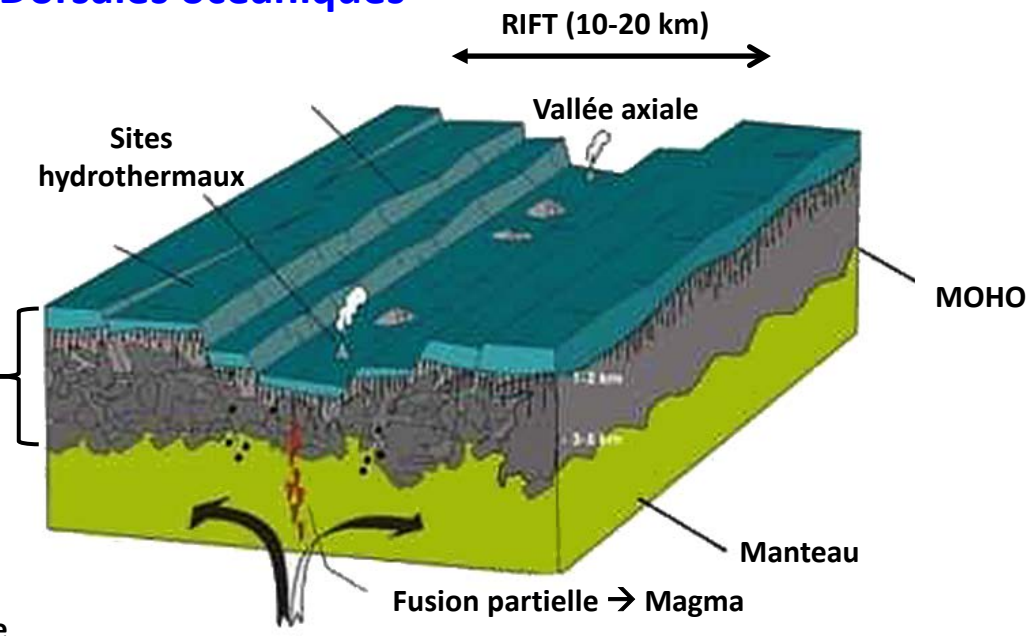


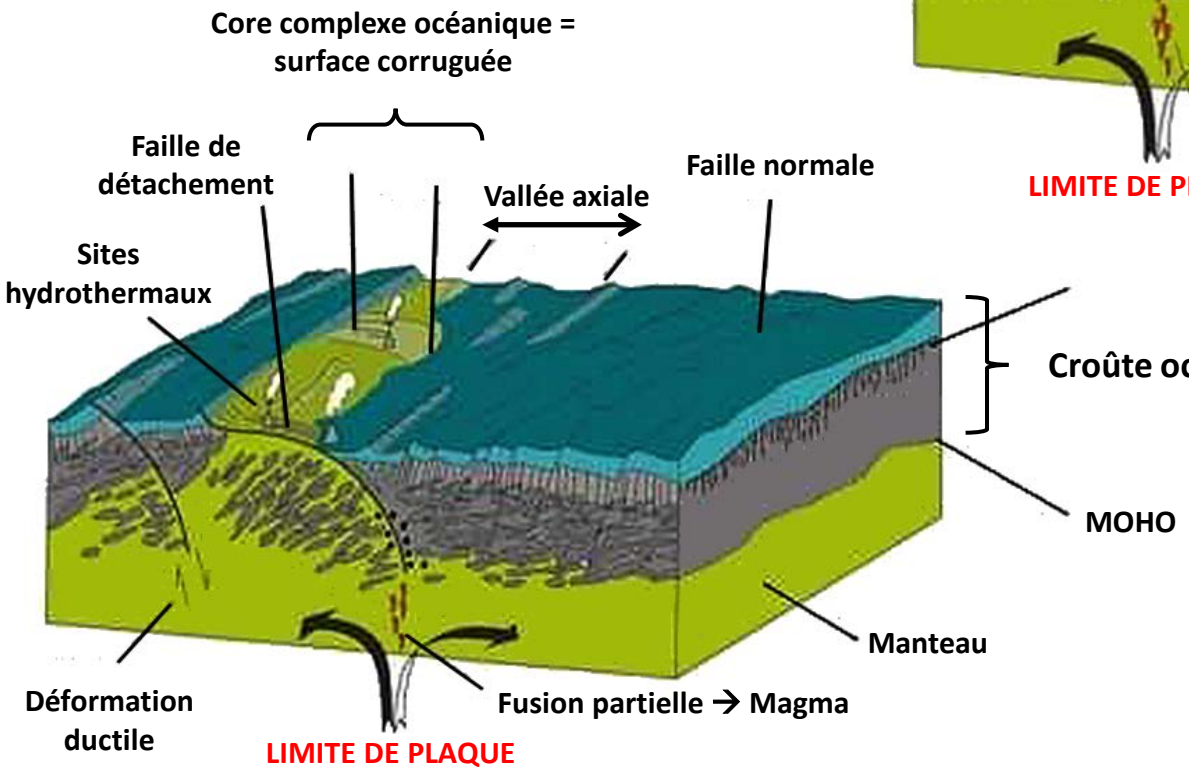
→ Une vitesse d'expansion **rapide** associée à un **magmatisme intense** produisant de la **croûte océanique**

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Bassins
III-Ouverture et fermeture d'océans

Dorsales océaniques

- **Dorsale lente et ultra-lente**

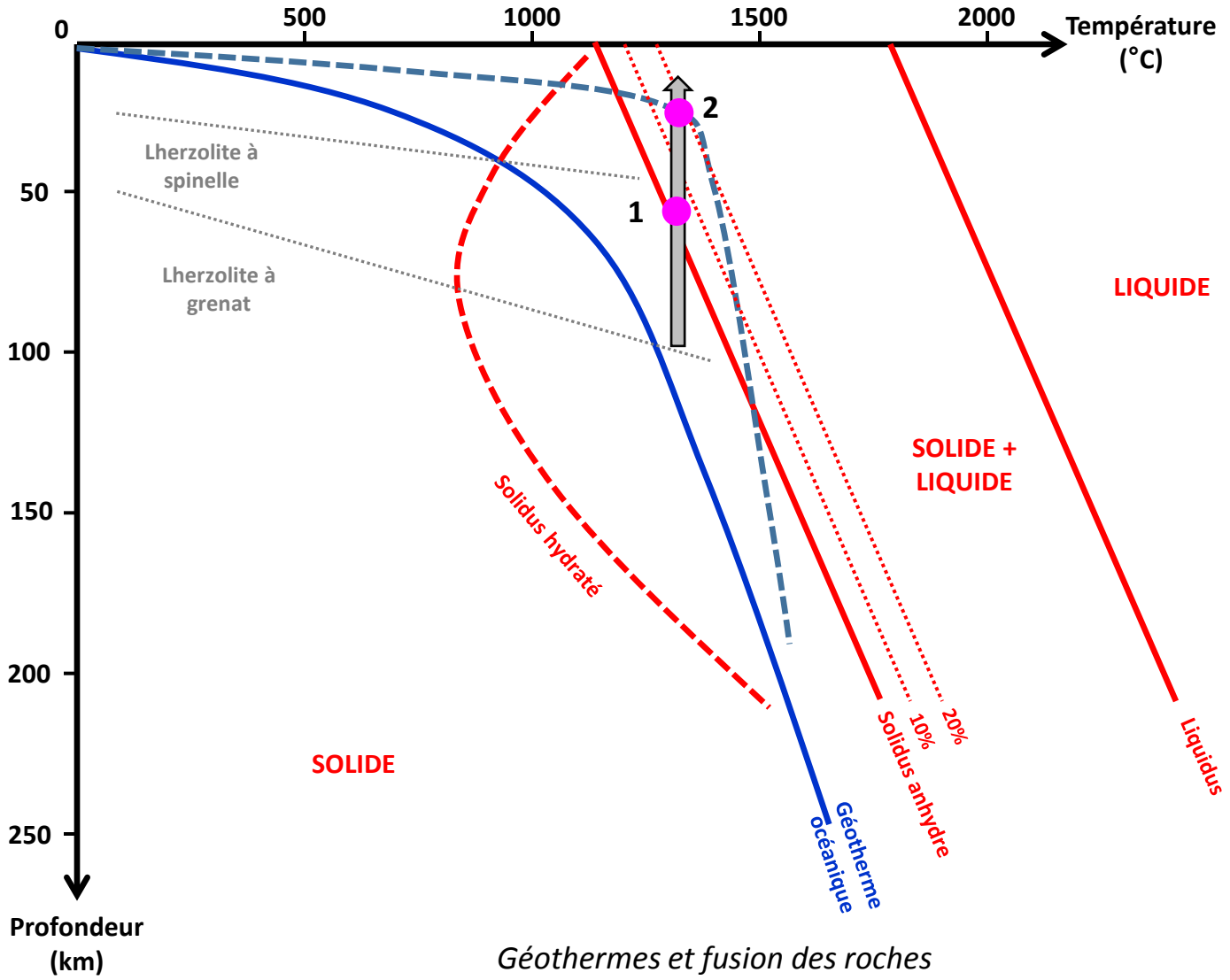




→ Une vitesse d'expansion **lente** associée à un **magmatisme épisodique** produisant **peu ou pas** de **croûte océanique** (**discontinue**)

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Bassins
III-Ouverture et fermeture d'océans

Magmatisme aux dorsales



Géothermes et fusion des roches

Mécanisme :
décompression adiabatique

1. **Fusion commençante**
2. **Extraction de magmas (20% de liquide)**

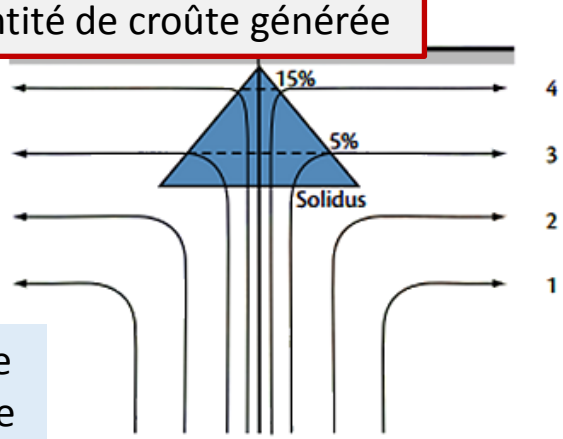
Fusion :
50-100 km

Protolithe :
Péridotite mantellique

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Bassins
III-Ouverture et fermeture d'océans

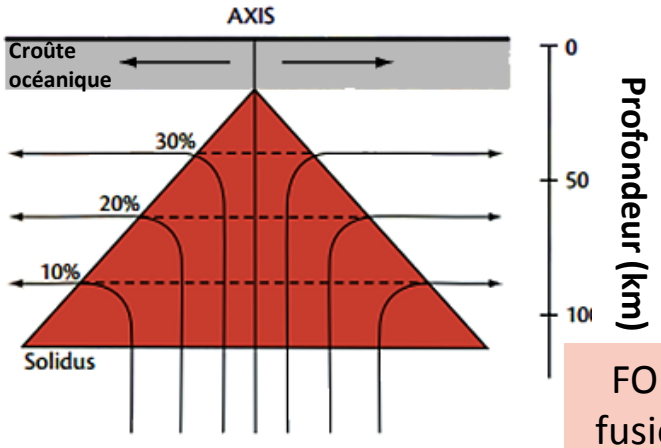
Fusion, magma et décompression adiabatique

Du taux de fusion dépend la quantité de croûte générée



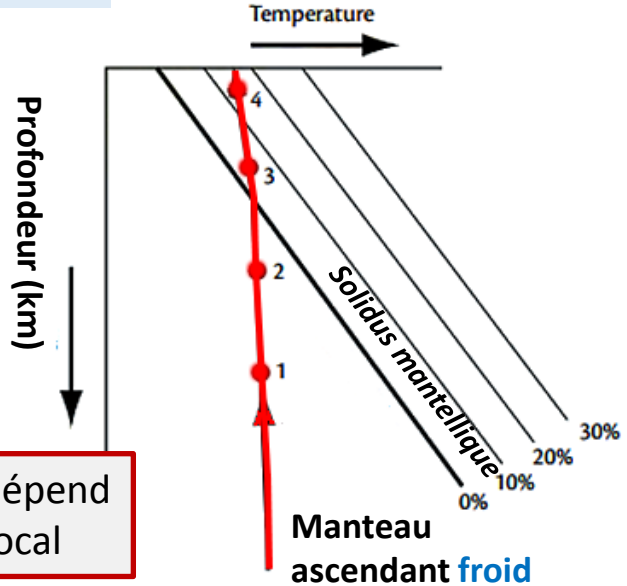
Manteau ascendant **froid**

FAIBLE taux de fusion partielle et quantité de magma

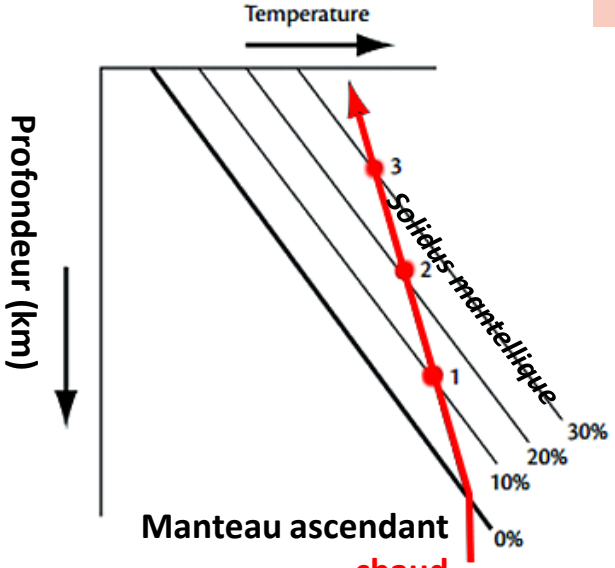


Manteau ascendant **chaud**

FORT taux de fusion partielle et quantité de magma



Manteau ascendant **froid**



Manteau ascendant **chaud**

Le taux de fusion dépend du géotherme local

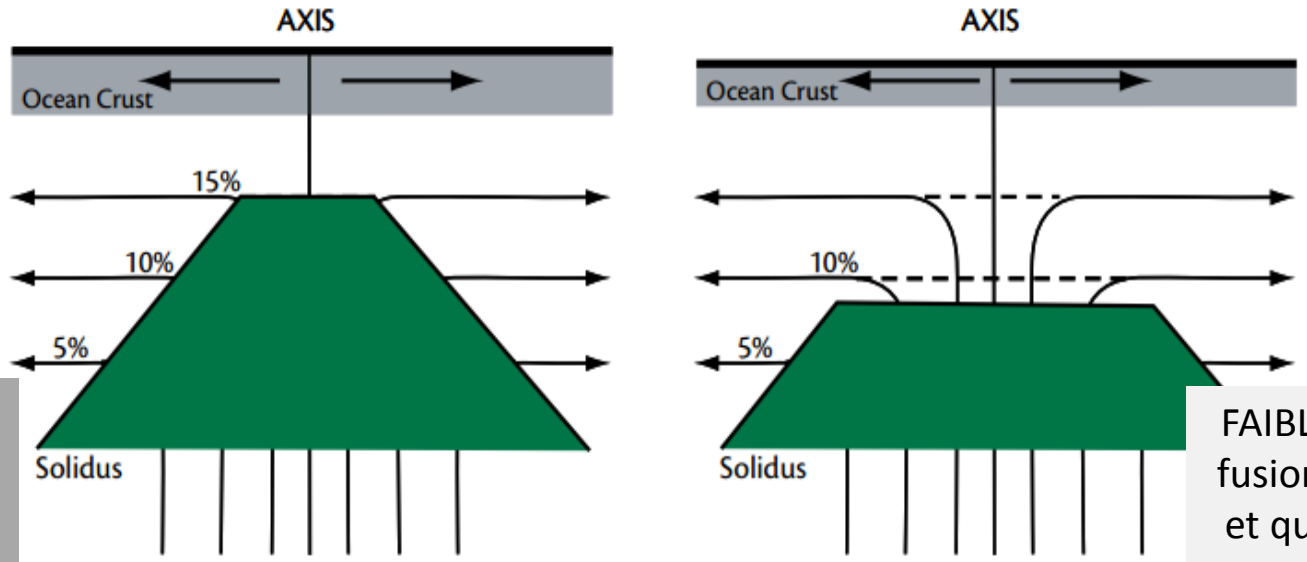
Introduction
I-Rift à l'océan
II-Bassins
III-Ouverture et fermeture d'océans

Fusion, magma et décompression adiabatique

Du taux de fusion dépend la quantité de croûte générée

Vitesse d'expansion ELEVEE

Vitesse d'expansion LENTE



FORT taux de fusion partielle et quantité de magma

FAIBLE taux de fusion partielle et quantité de magma

Taux d'expansion élevé à gauche et faible à droite.

Le taux de fusion dépend du taux d'expansion

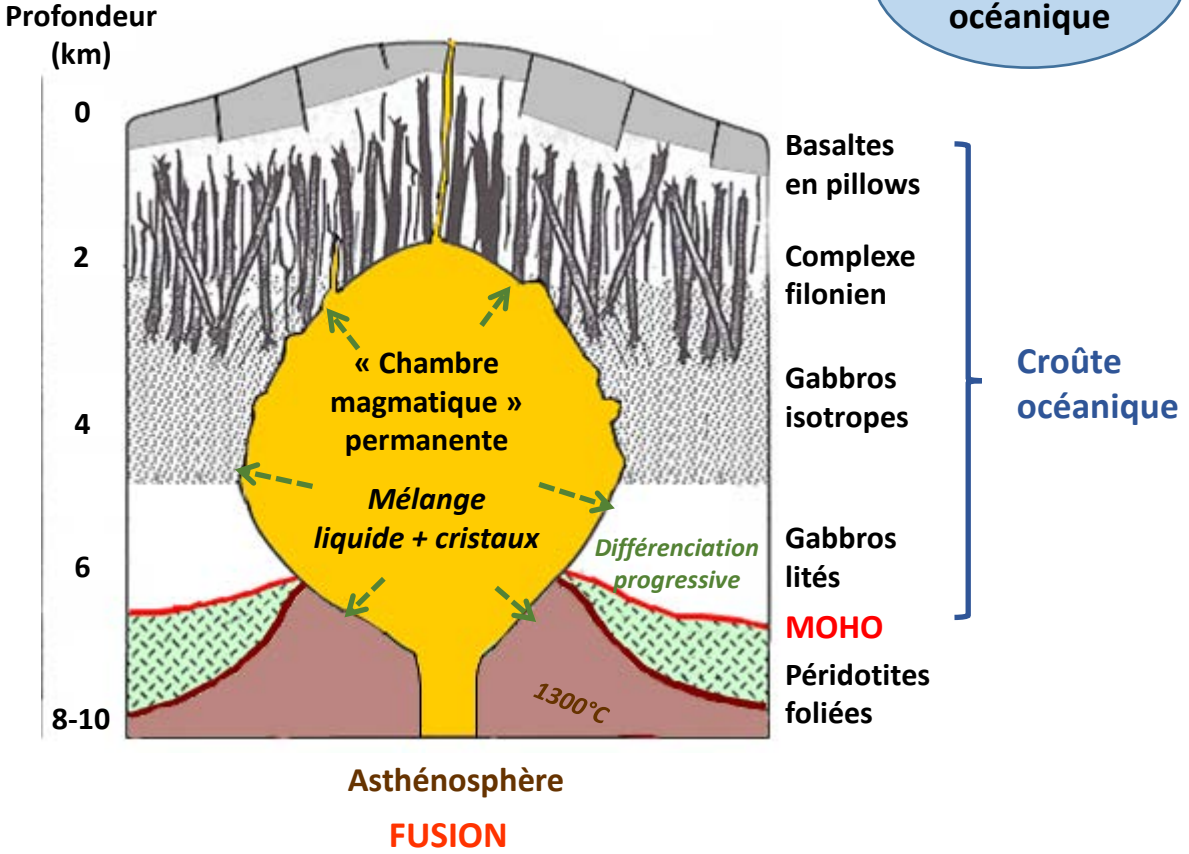
Introduction
I-Rift à l'océan
II-Bassins
III-Ouverture et fermeture d'océans

Les dorsales médio-océaniques (3)

Formation de la croûte océanique par cristallisation du magma

Genèse de la croûte océanique

Dorsale rapide



3.1 L'expansion océanique et les dorsales

Introduction

I-Rift à l'océan

II-Bassins

III-Ouverture et fermeture d'océans

Dorsales océaniques

FORT taux de fusion et quantité de magma

Dorsale rapide intermédiaire

Faible taux de fusion et quantité de magma

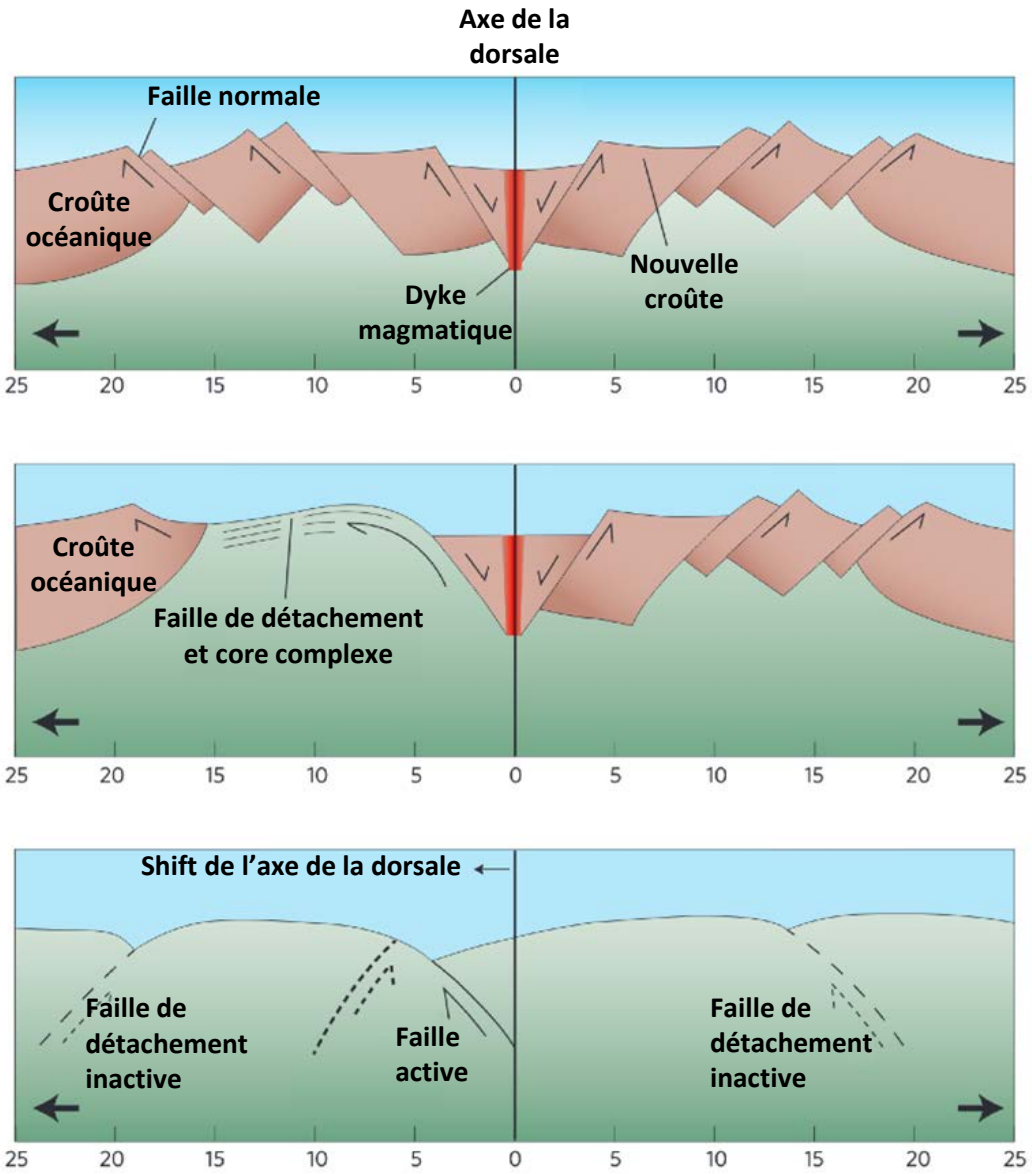
Dorsale lente

→ Croûte océanique non continue

Pas ? de fusion et pas ? de magma

Dorsale ultra-lente

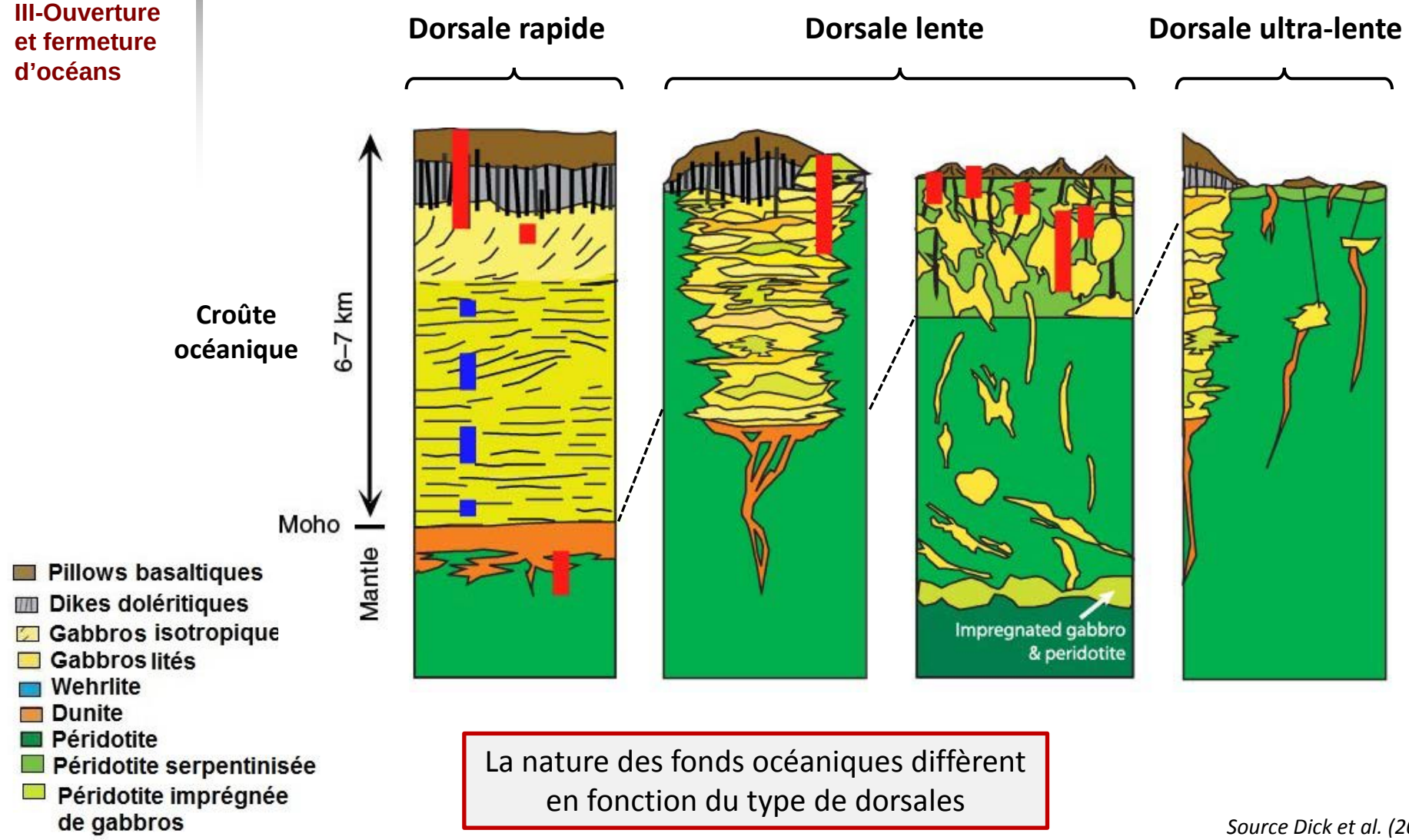
→ Pas de croûte océanique



Source Smith (2013)

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Bassins
III-Ouverture et fermeture d'océans

Une diversité de dorsales et de structures lithosphériques océaniques



La nature des fonds océaniques diffèrent en fonction du type de dorsales

Source Dick et al. (2006)

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Bassins
III-Ouverture et fermeture d'océans

Plan

I – Du rift à l'océan

1.1 L'extension et le rifting

1.2 Mécanismes de rifting

1.3 L'océanisation et la formation de marges

II – L'extension et la formation de bassin

2.1 Notion de bassin sédimentaire

2.2 La subsidence

2.3 Quand l'extension n'aboutit pas à l'océanisation & diversité des bassins français

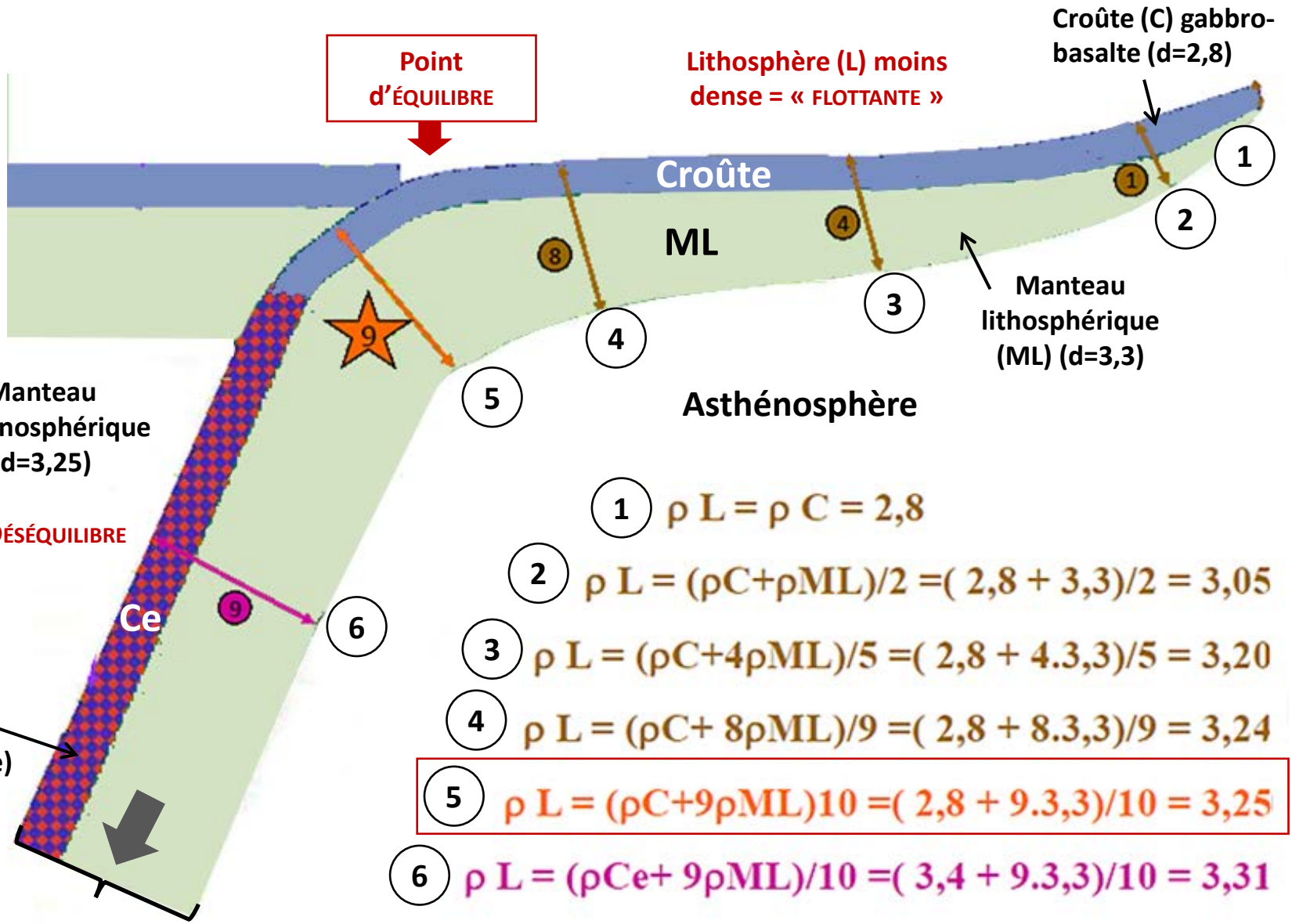
III – De l'ouverture à la fermeture d'un océan

3.1 L'expansion océanique et les dorsales

3.2 Initiation de la subduction

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Bassins
III-Ouverture et fermeture d'océans

Epaississement lithosphérique et équilibre isostatique



1 $\rho L = \rho C = 2,8$

2 $\rho L = (\rho C+\rho ML)/2 =(2,8 + 3,3)/2 = 3,05$

3 $\rho L = (\rho C+4\rho ML)/5 =(2,8 + 4.3,3)/5 = 3,20$

4 $\rho L = (\rho C+ 8\rho ML)/9 =(2,8 + 8.3,3)/9 = 3,24$

5 $\rho L = (\rho C+9\rho ML)10 =(2,8 + 9.3,3)/10 = 3,25$

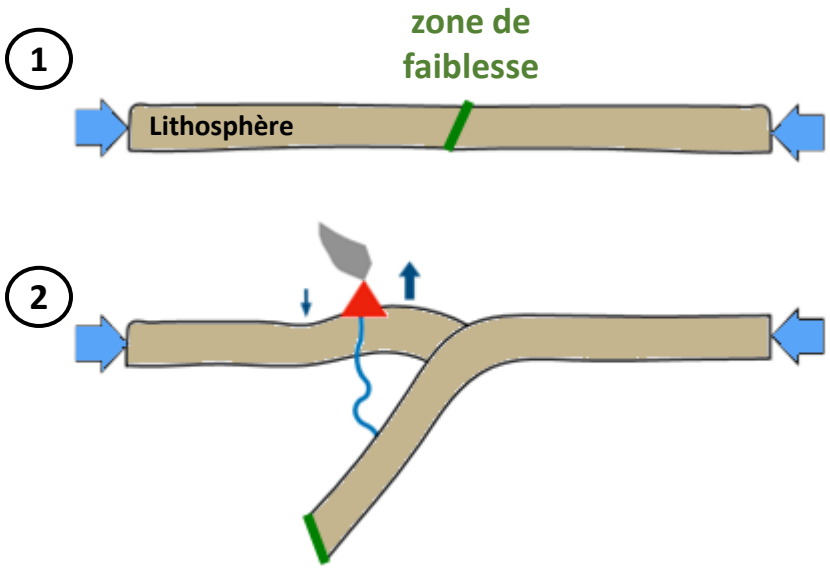
6 $\rho L = (\rho Ce+ 9\rho ML)/10 =(3,4 + 9.3,3)/10 = 3,31$

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Bassins
III-Ouverture et fermeture d'océans

Mécanismes d'initiation de la subduction

→ **Comment s'initie la subduction ?**

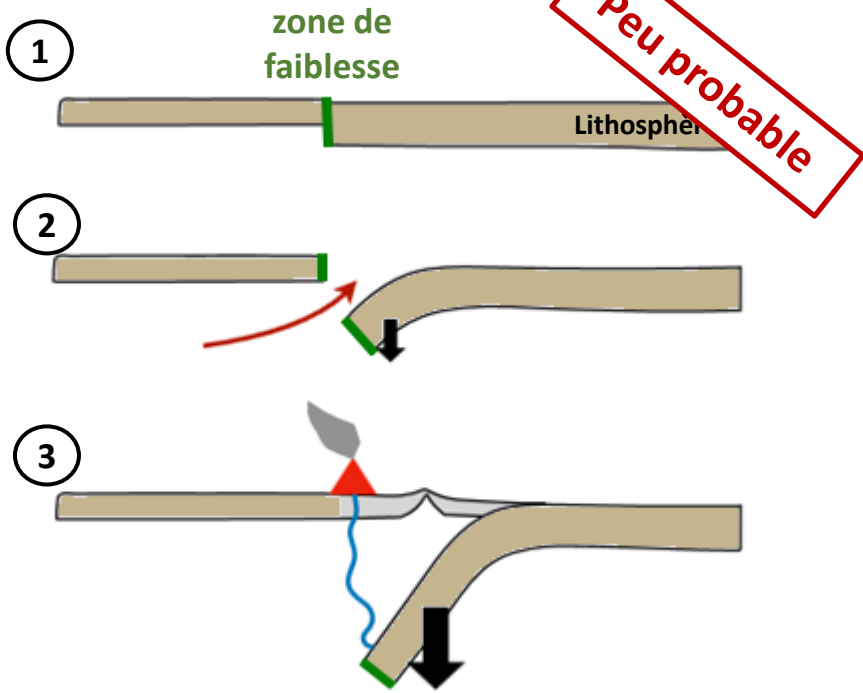
Initiation de la subduction par des forces aux limites



La subduction s'initie au niveau d'une zone de faiblesse sous contraintes compressives

Initiation de la subduction sans forces aux limites – par déséquilibre isostatique

Peu probable



La subduction s'initie au niveau d'une zone de faiblesse par une instabilité gravitaire lithosphérique

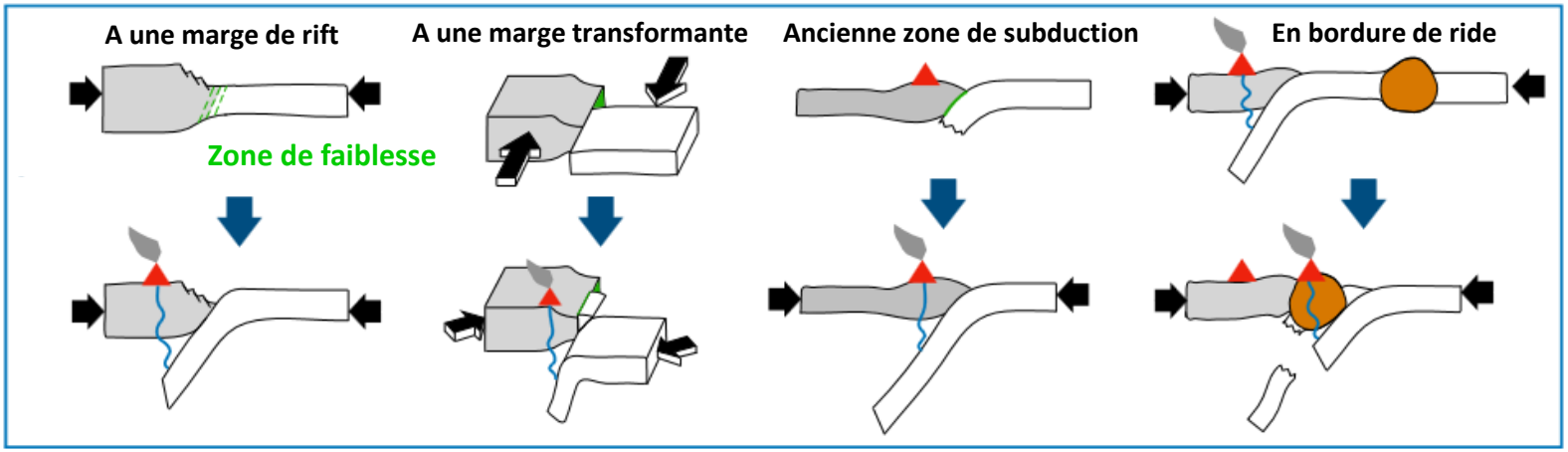
Lallemand et Arcay 2021

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Bassins
III-Ouverture et fermeture d'océans

Mécanismes d'initiation de la subduction

→ **Dans quel contexte peu débuter une subduction ?**

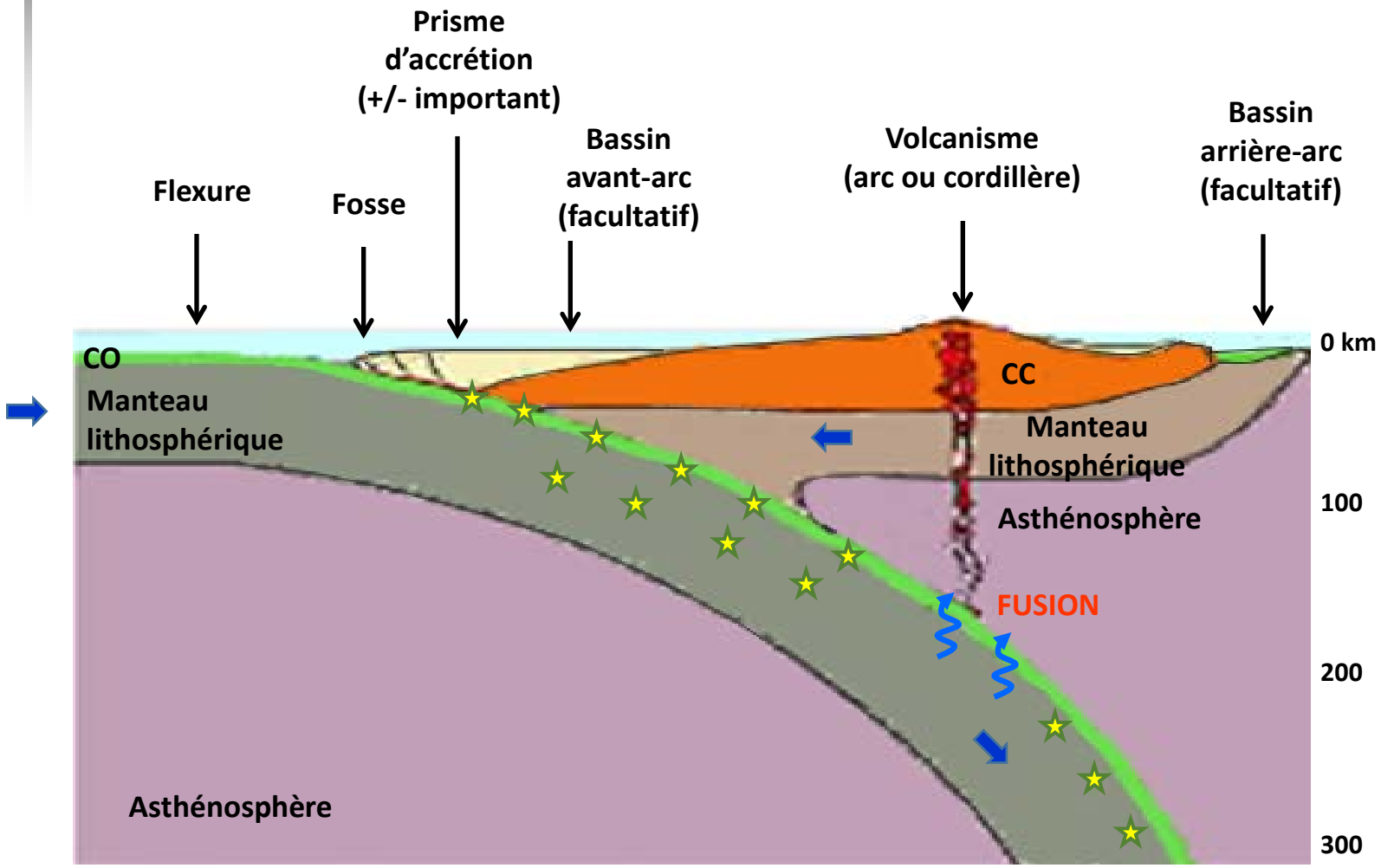
Nécessité d'une zone de faiblesse



Lallemand et Arcay 2021

Introduction
I-Rift à l'océan
II-Bassins
III-Ouverture et fermeture d'océans

Phénomène de subduction



D'après Robert, 2013

Coupe théorique d'une marge active

Phases volatiles

Séismes

CO : croûte océanique

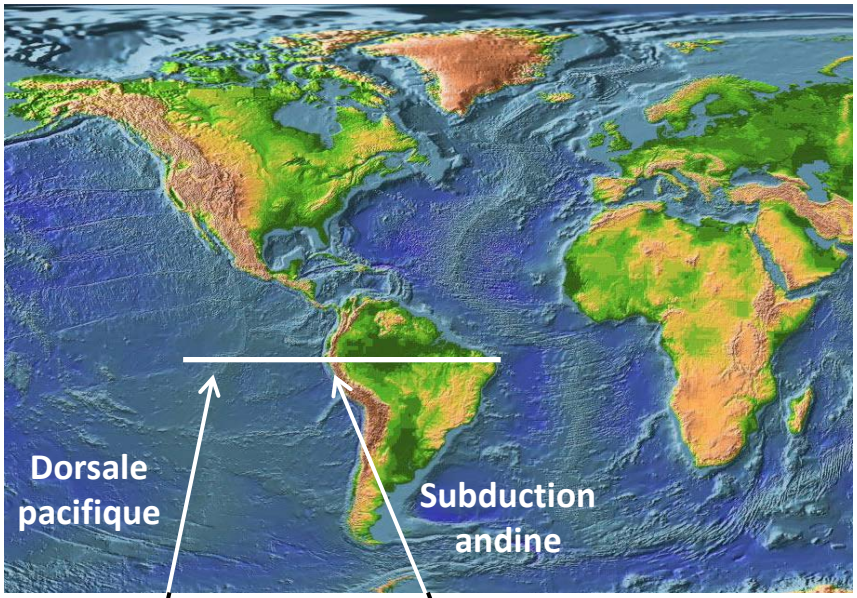
CC : croûte continentale

Introduction

I- Du fixisme au mobilisme

II- Tectonique des plaques

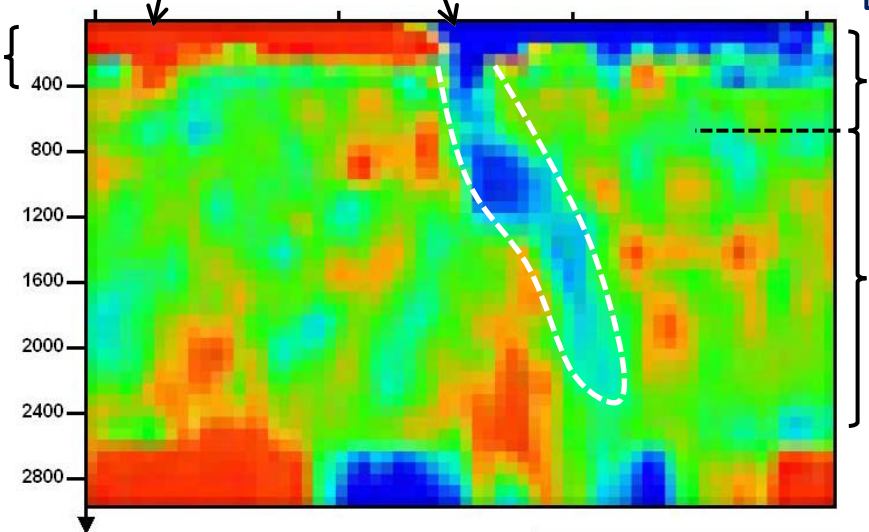
L'apport de la tomographie sismique



Dorsales visibles en surface mais ne s'enracinent pas dans le manteau

Subductions s'enracinent très profondément dans le manteau

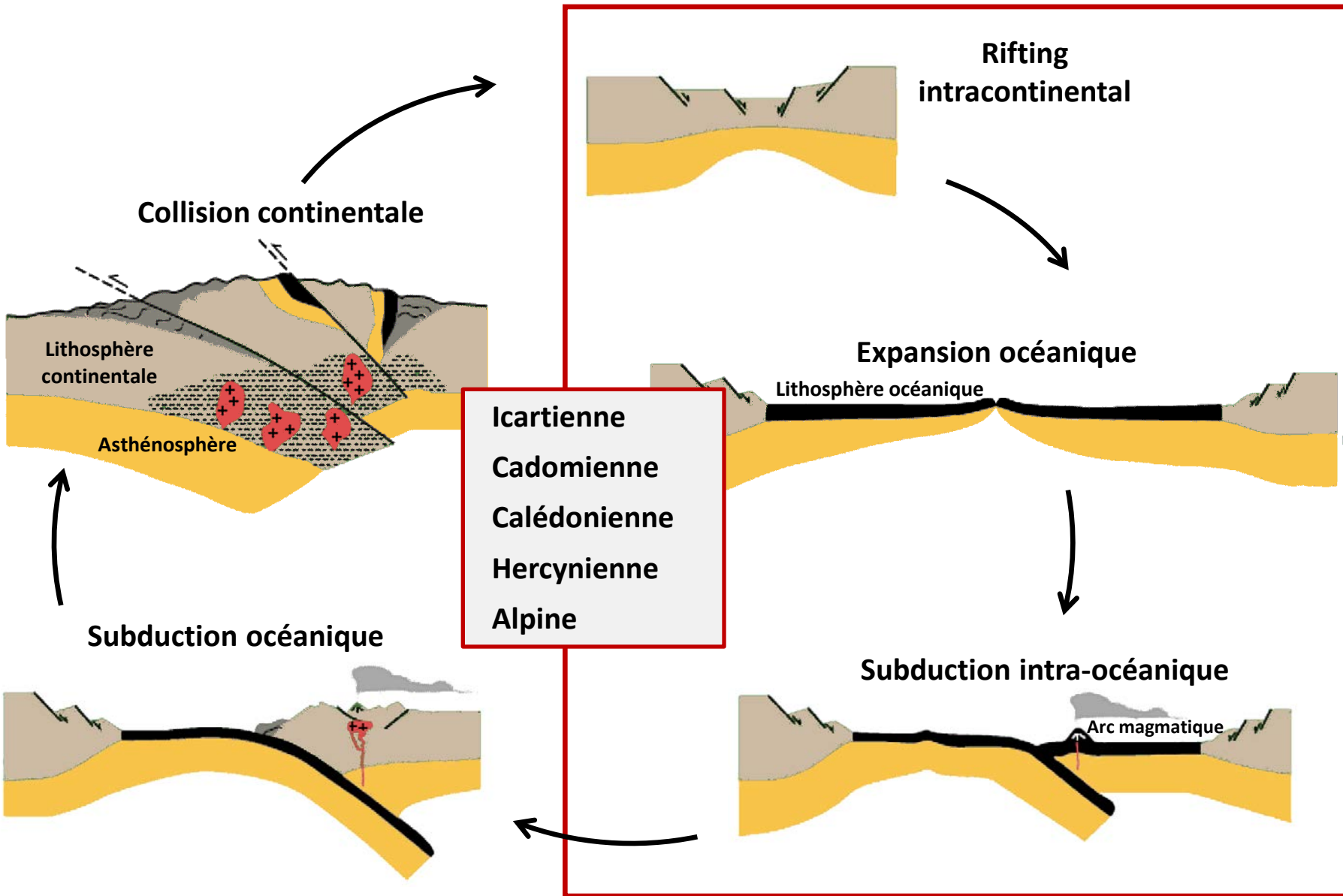
Manteau asthénosphérique



Anomalies de vitesse (%)

+ chaud -1 0 +1 + froid

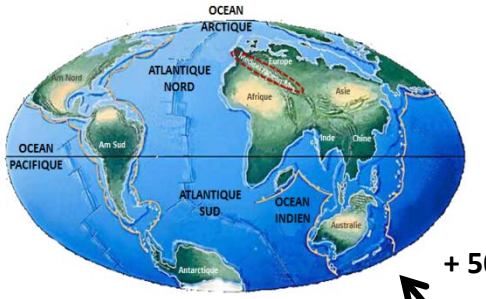
Les cycles orogéniques (cycles de Wilson)



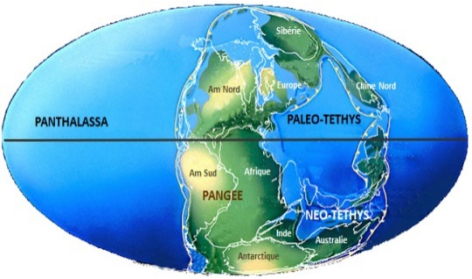
Les cycles de Wilson



Dévonien (400 Ma)



+ 50 Ma ?

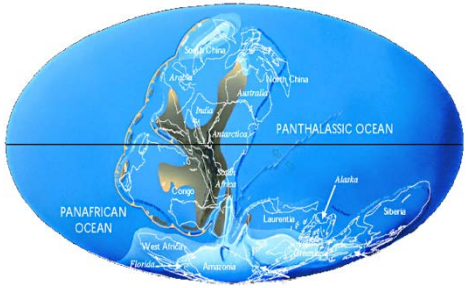


Pangée (300 Ma)

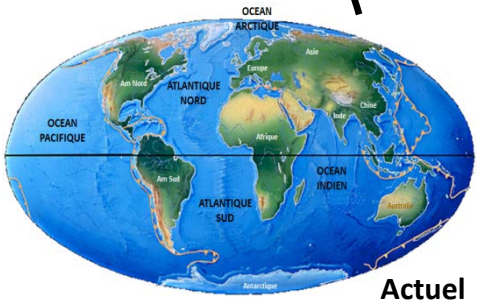
Supercontinents



Rodinia (1Ga)

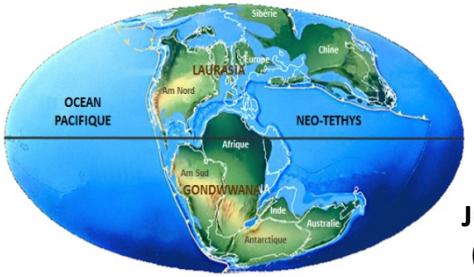


Protérozoïque (650 Ma)



Actuel

Continents éclatés



Jurassique (180 Ma)