

Chapitre 3 : Dynamiques et structures de distension

I Les dorsales océaniques

1. Vitesse et morphologie
2. Age et densité

II Les étapes de la formation d'un océan intérieur

1. Les fossés d'effondrement

- 1.1 Les rifts classiques
- 1.2 Les rifts en pull-apart

2. L'apparition d'une croûte océanique

- 2.1 Les fissures crustales associées à de la distension simple
- 2.2 Les fissures crustales associées à des mouvements de coulissement

3. Les marges passives

III Les bassins sédimentaires

1. Cadre théorique

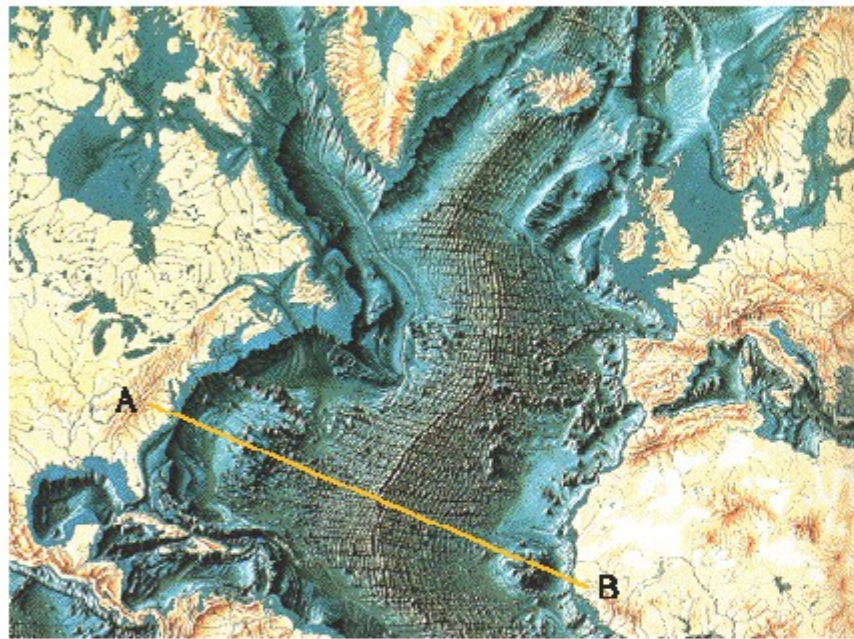
- 1.1 Apports de matériaux
- 1.2 La subsidence
- 1.3 Méthodes de classification

2. Différents types de bassins sédimentaires

- 1.1 Les bassins intracratoniques
- 1.2 Les bassins de type « rift »
- 1.3 Les aulacogènes
- 1.4 Les bassins molassiques

Les dorsales océaniques : morphologie

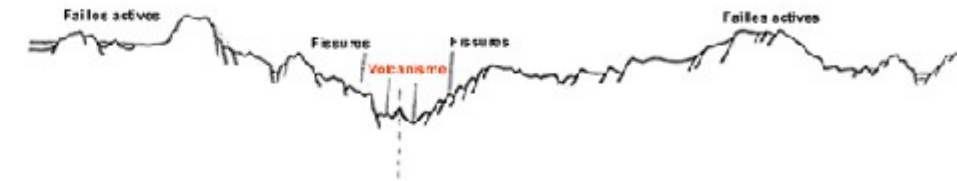
A petite échelle : la dorsale de l'Atlantique Nord



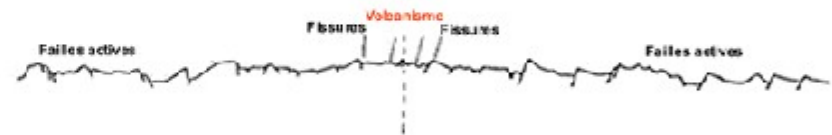
Ce profil à travers l'Atlantique-Nord va du Cap Hatteras (USA) au Cap Vert (Afrique); il montre les principaux éléments du relief des fonds océaniques. Il n'y manque que les fosses profondes (jusqu'à 11 000 m) qu'on retrouve au pourtour du Pacifique.

dorsales lentes et dorsales rapides (grande échelle)

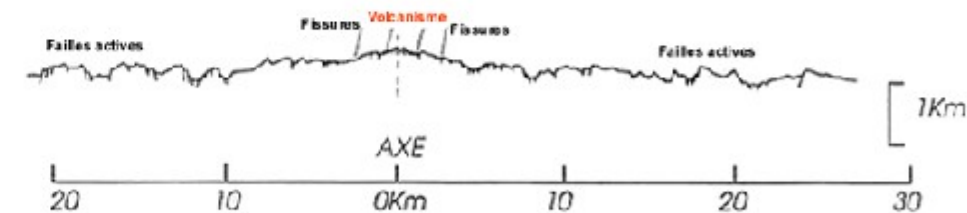
Dorsale de l'Atlantique (1-2 cm/an)



Dorsale Est-Pacifique à 21°N (5-9 cm/an)

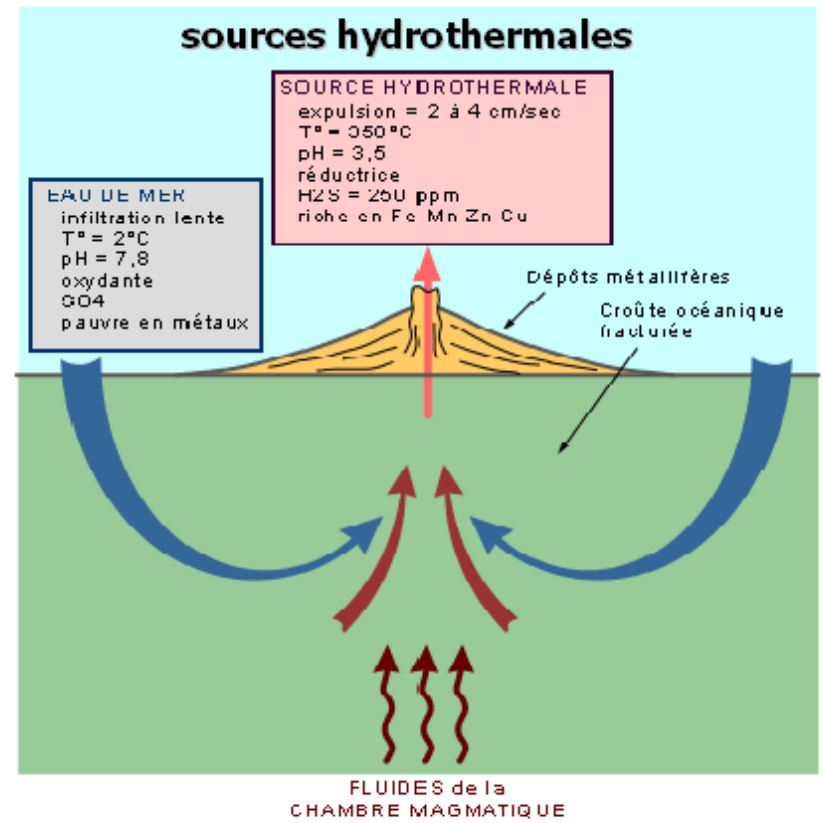
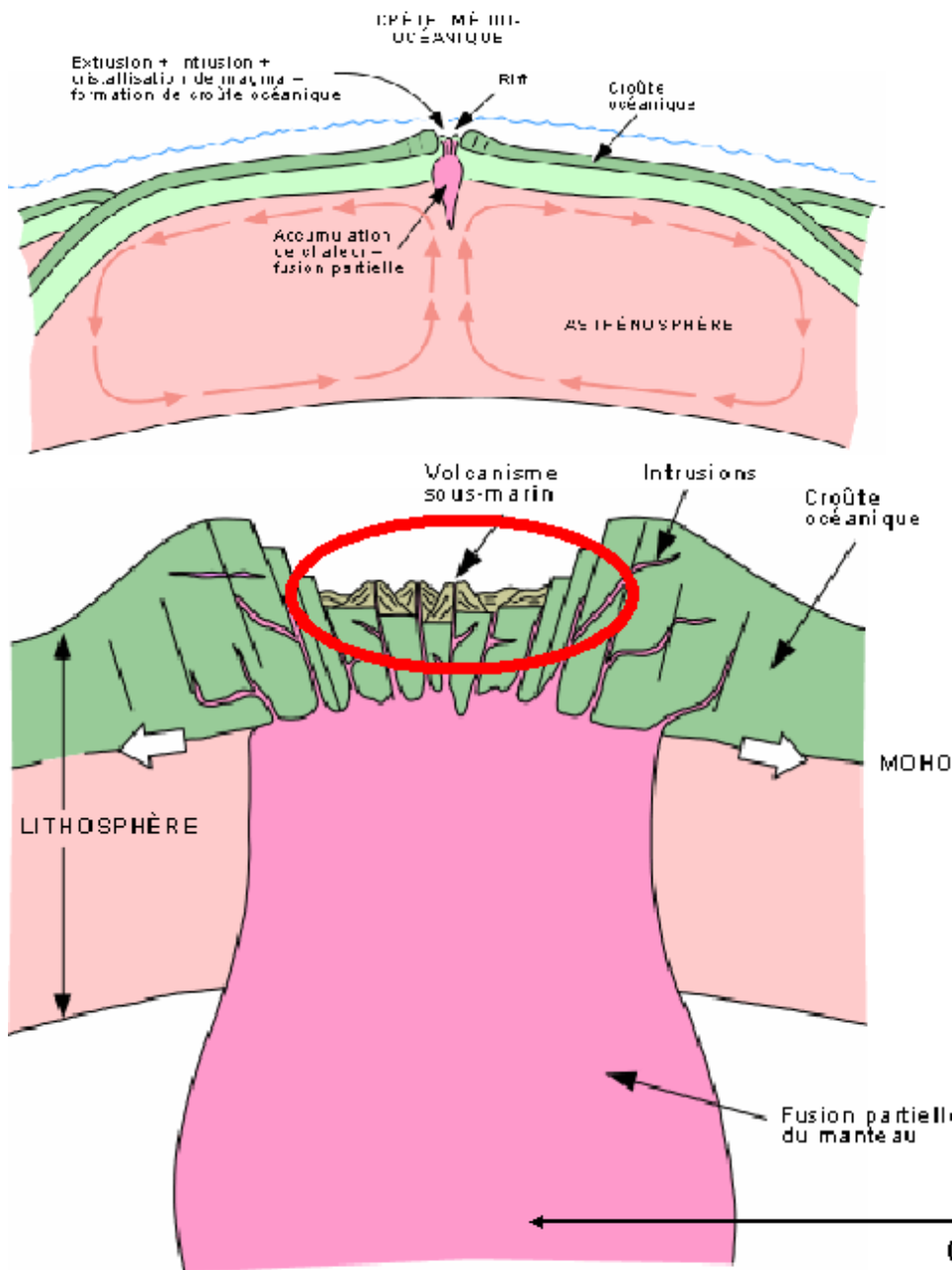


Dorsale Est-Pacifique en zone équatoriale (9 cm/an)

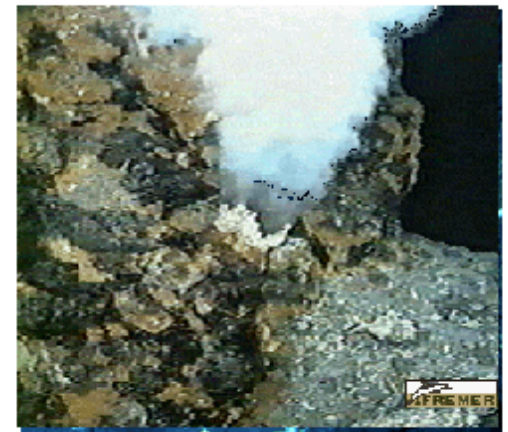


La présence d'un rift n'est marquée que dans le cas des dorsales lentes (1 - 5 cm/an)

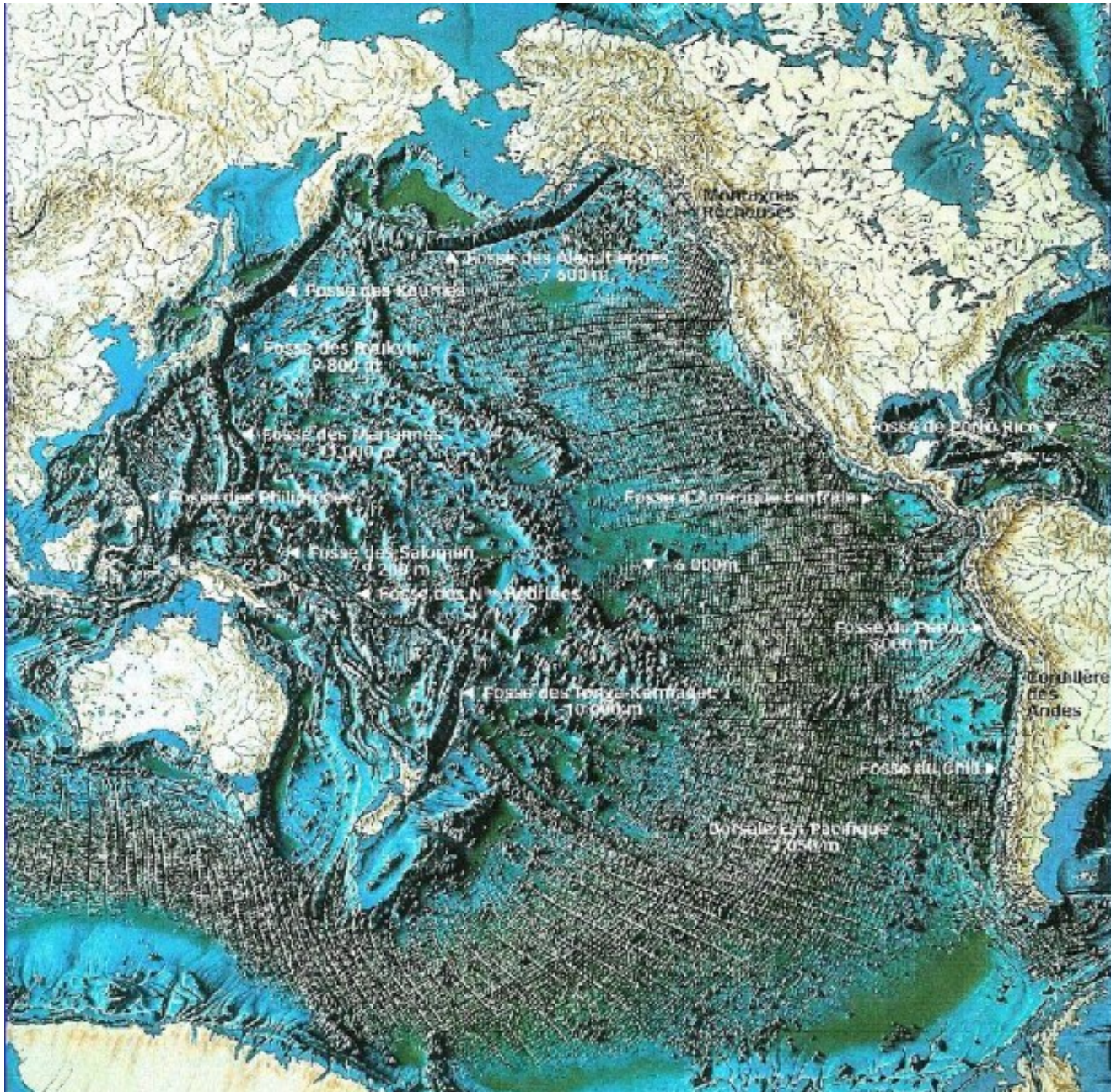
Les dorsales océaniques : mécanismes



Un fumeur blanc



La dorsale du Pacifique

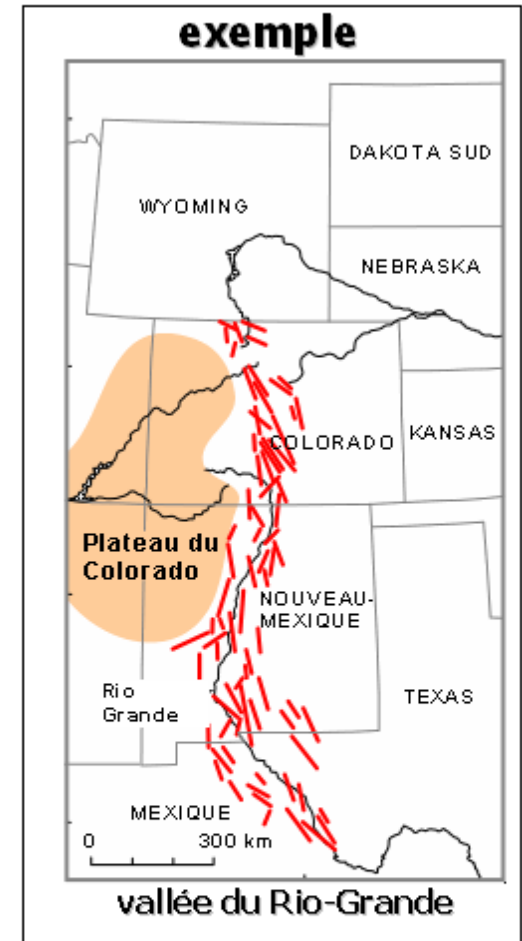
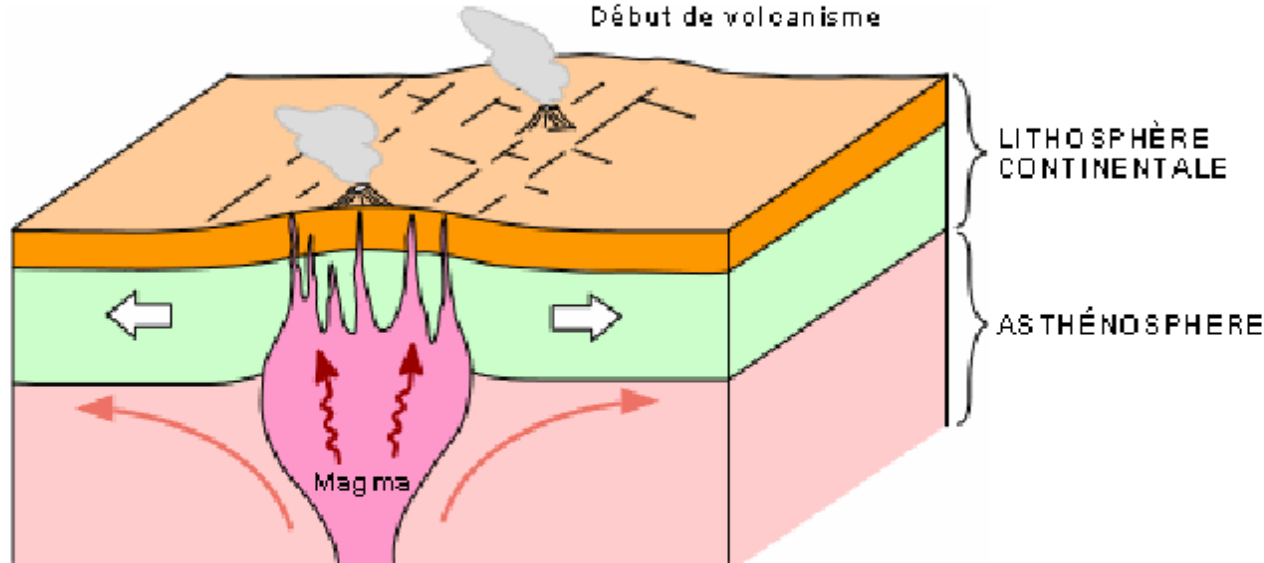


➤ Les étapes de la formation d'un océan intérieur

Distension et bombement de la lithosphère continentale

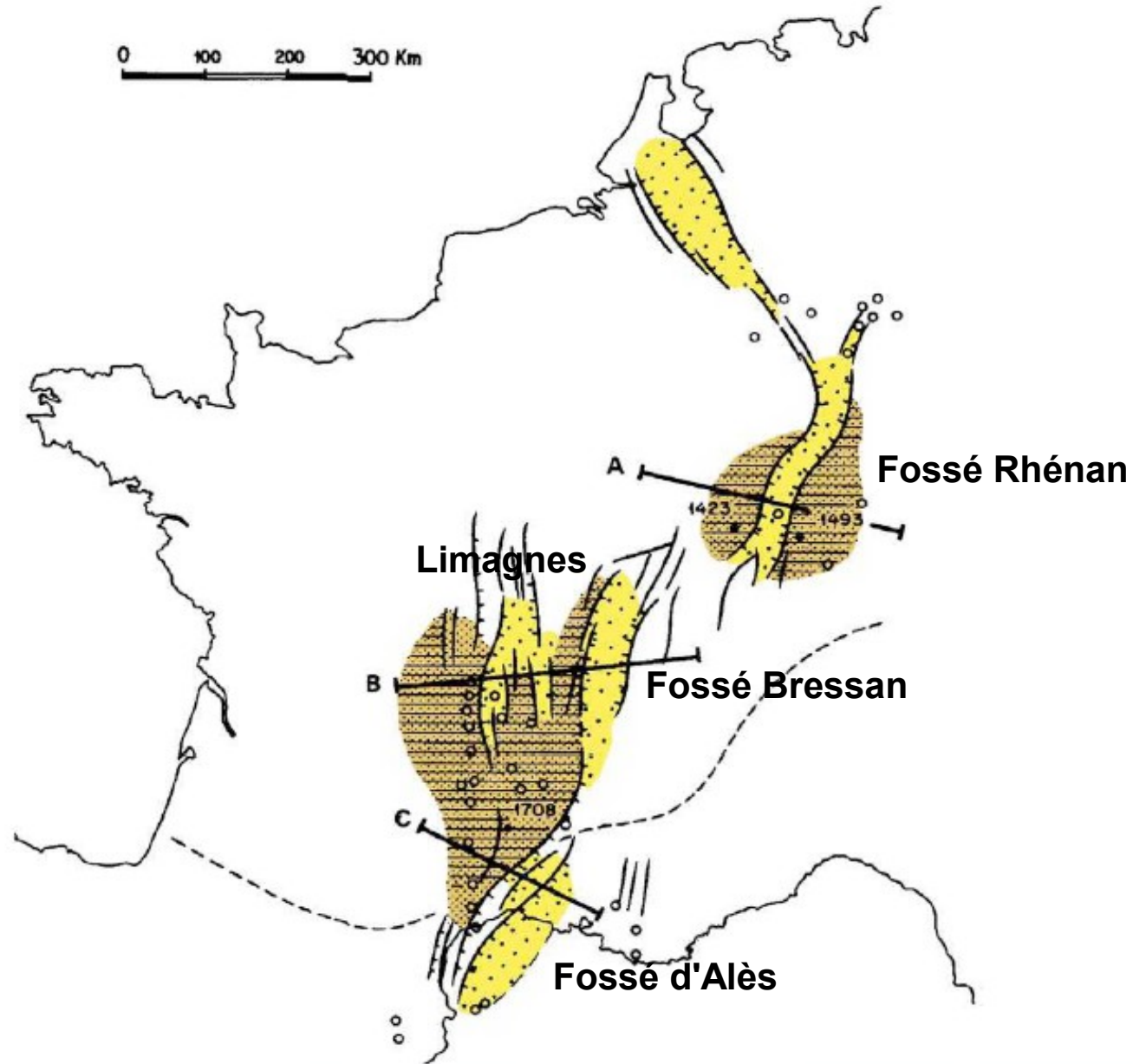
Amorce d'un rift continental.

Bombement et fracturation.
Début de volcanisme



- Accumulation de chaleur sous la plaque continentale, bombement de la lithosphère
- Forces de distension : amorce du mouvement de divergence
- Amincissement de la lithosphère continentale, remontée des matériaux mantéliques et formation d'un magma : infiltration = volcanisme continental

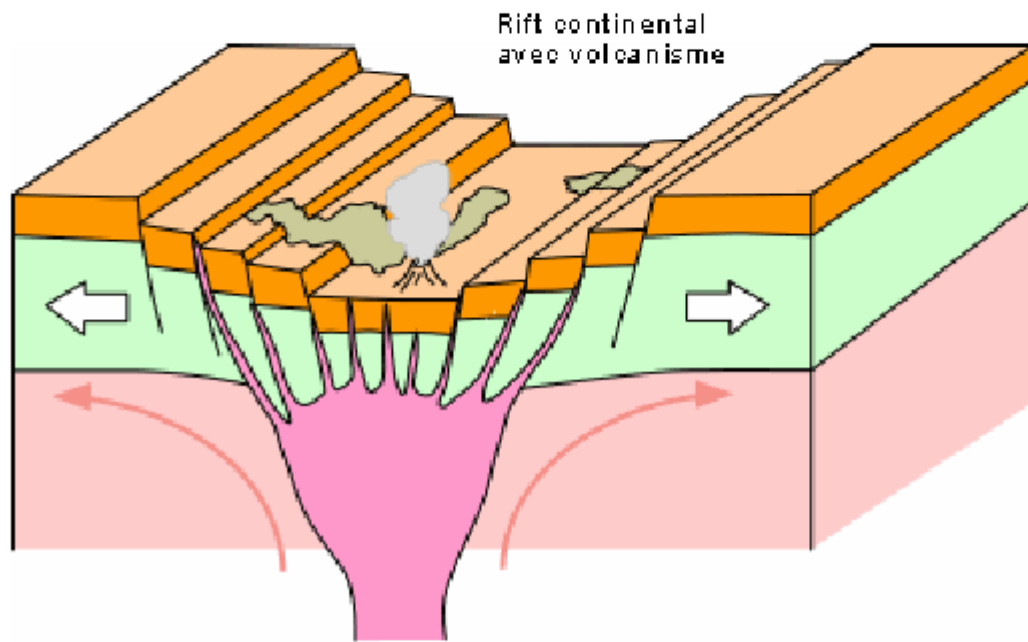
Le rift ouest européen et ses principaux fossés



Le « rifting continental »

Exemple : le grand rift est-africain («vallée du rift »)

Rift continental.

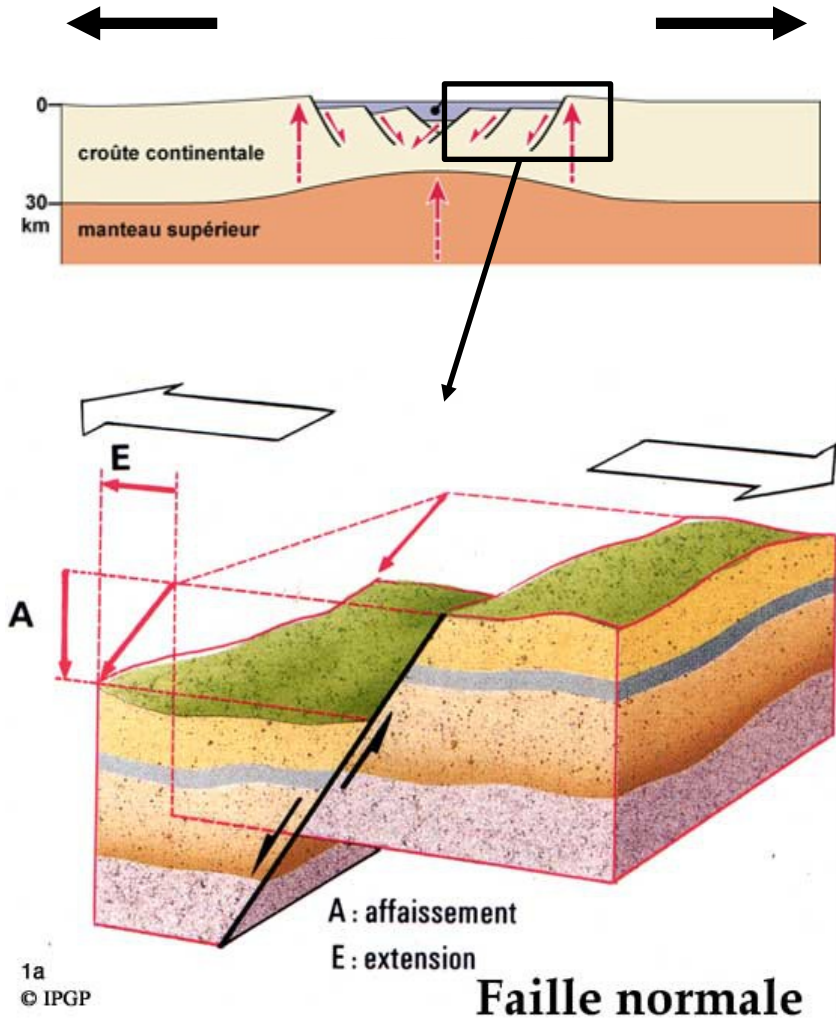


• effondrement « en escalier » de la lithosphère : rift continental (failles normales)

• Volcanisme et épanchement de laves le long des fractures

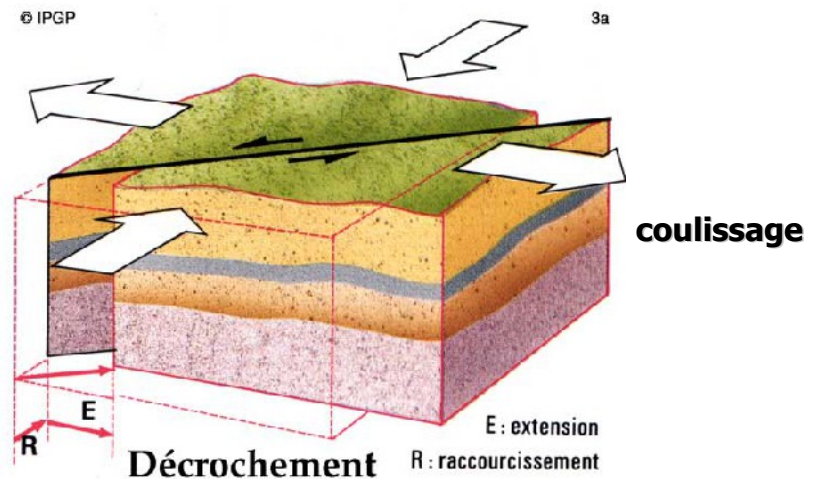
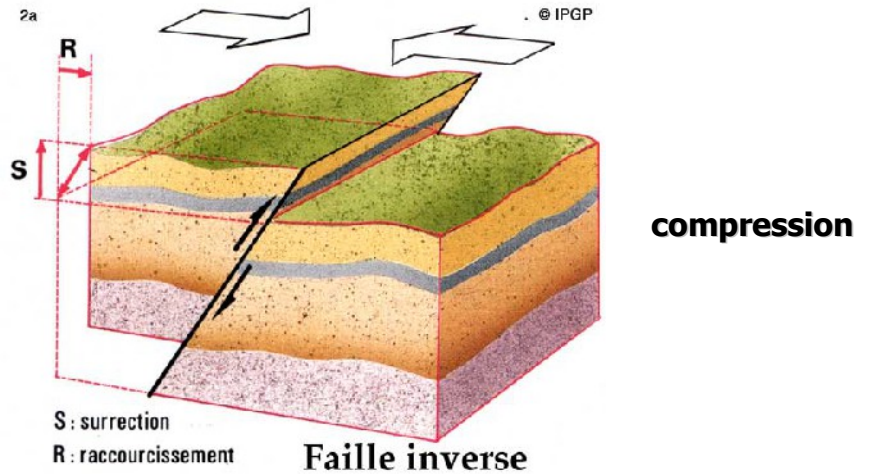
Le Grand Rift africain entaille l'est du continent au sud de la Mer Rouge. Il s'étend, du canal du Mozambique au sud, jusqu'aux bouches de la Mer Rouge au nord; il se divise en deux branches au nord du lac Malawi. On y est à un stade un peu plus avancé que le long du Rio Grande. Déjà des vallées profondes et larges se sont creusées, avec de grands lacs, tel le lac Tanganyika, et de grands volcans (points verts), comme le Kilimanjaro. Progressivement, ces vallées s'élargiront, s'enfonceront et seront envahies par la mer pour former une mer linéaire; d'ailleurs, les eaux marines commencent déjà à envahir la partie nord. Quant à elle, la Mer Rouge constitue l'exemple classique de mer linéaire; une dorsale médiane y fabrique de la croûte océanique. Les flèches indiquent les tensions qui affectent la lithosphère continentale dans l'est de l'Afrique.

Différents types de failles ...



Faïlles **normales** principalement dans un contexte de rifting continental (dynamique de distension)

Les autres types de failles :

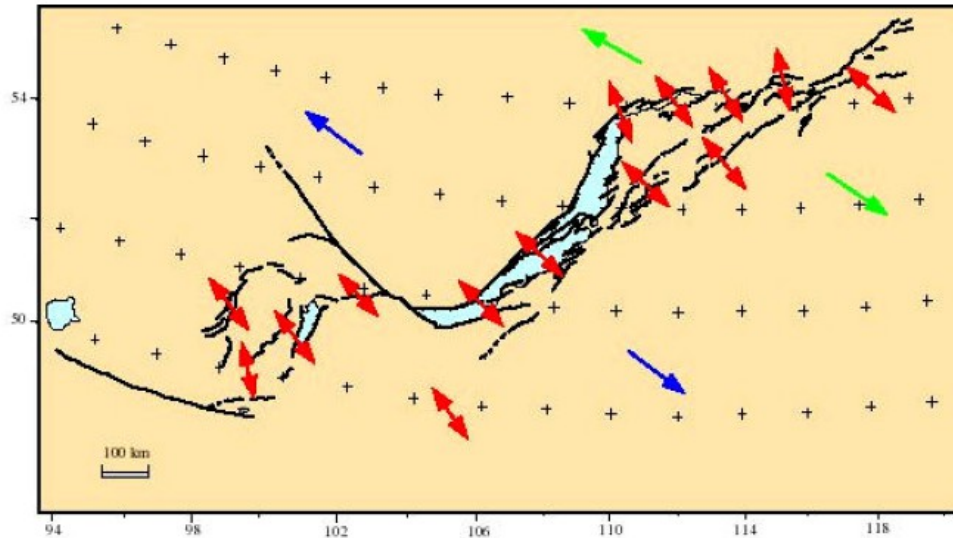
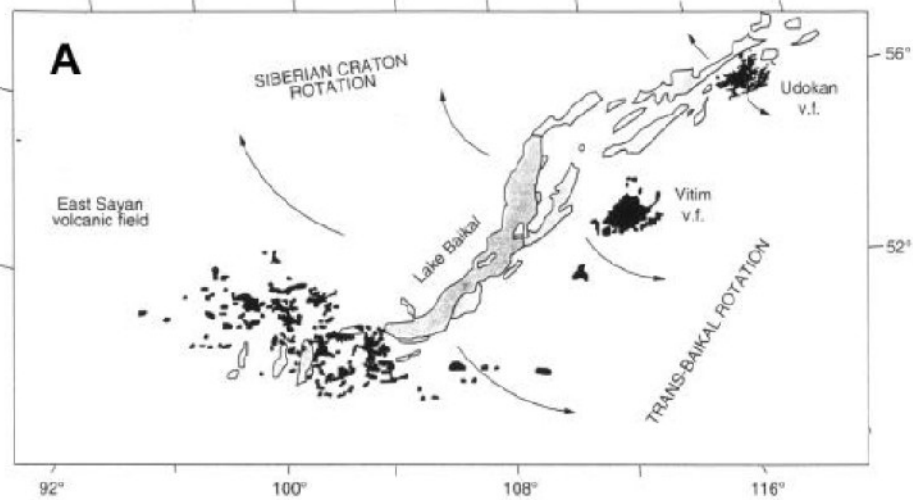


Exemple de faille normale (dextre)

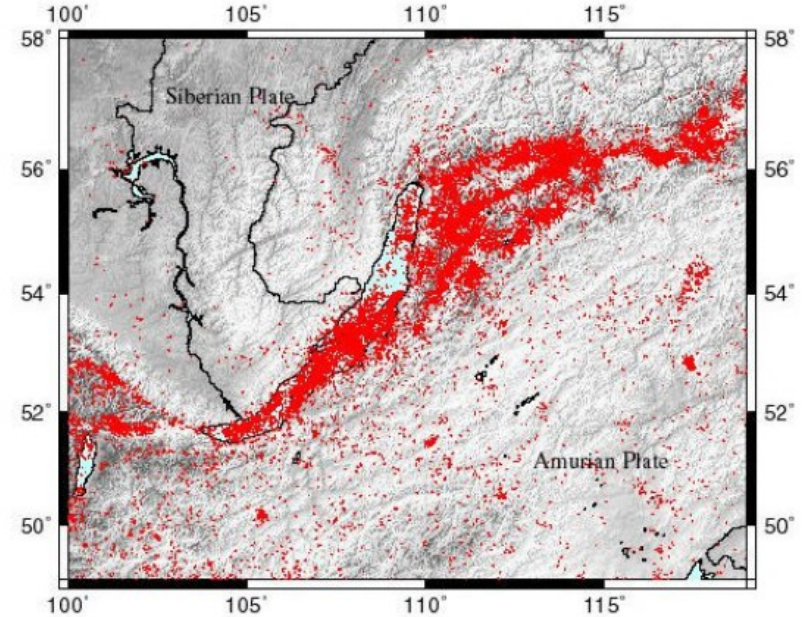


Le rift du Baïkal

Volcanisme dans le rift Baïkal, d'après Rasskazov (1994).
Vue générale des 'champs' Cénozoïques.



Sismicité enregistrée entre 1960 et 1997
(environ 110 000 séismes de magnitude supérieure à 2).
La précision des localisations est de l'ordre de 10 km.



**Directions des axes de contraintes minimales
(flèches rouges)**

En utilisant une base de plus de 300 mécanismes au foyer
(Petit et al., 1996).

Rifts en pull-apart

Idealized model of a pull-apart basin as a result of a transform fault. Arrows indicate motion along each fault segment.

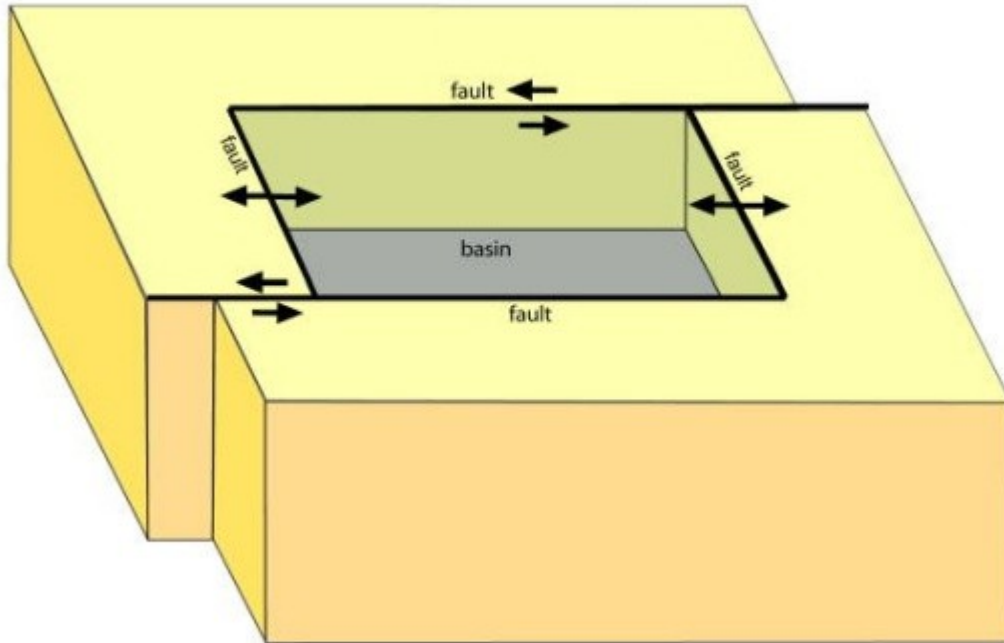


Image: U. S. Geological Survey

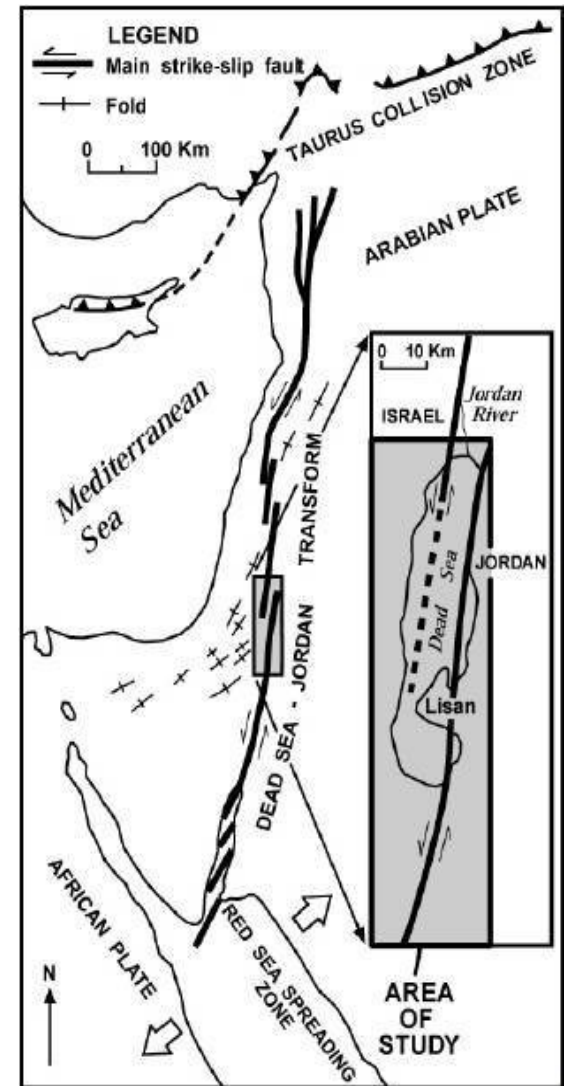
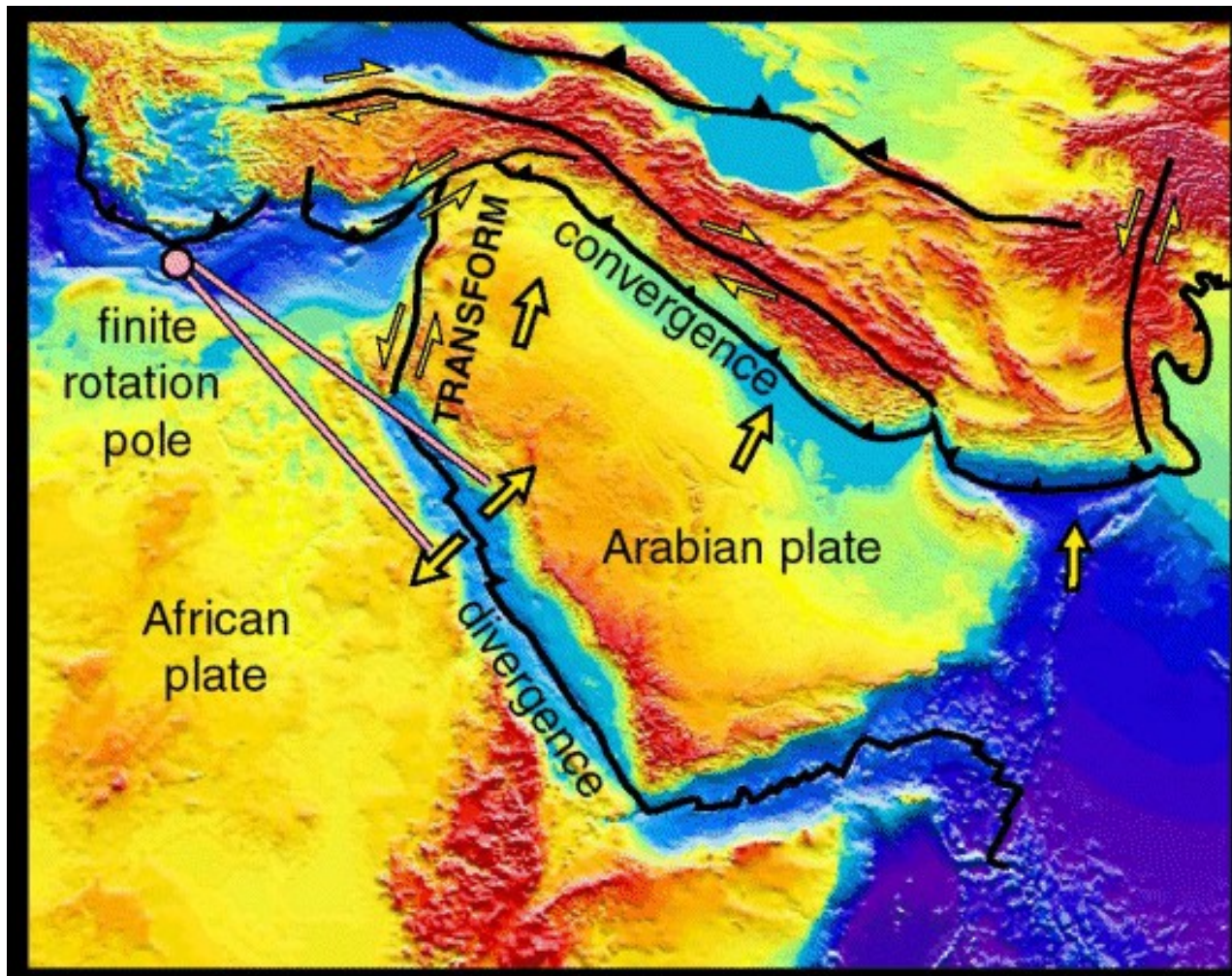


Image: U.S. Geological Survey

Les failles extensives parallèles ont conduit à des séries de bassins dits en « pull-apart », La mer Morte est située dans l'un d'eux.

Le contexte tectonique de la Mer Rouge / golfe d'Aden

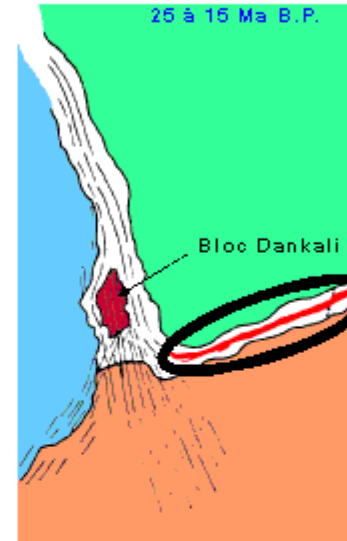
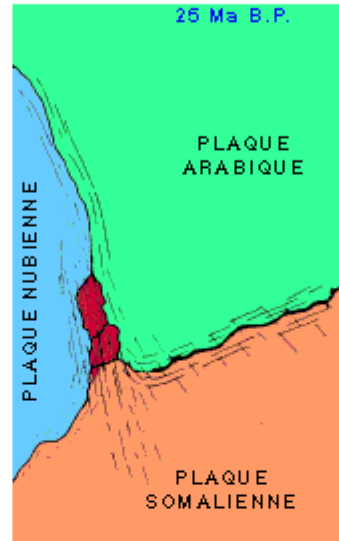


- divergence au niveau de la mer rouge
- rotation anti-horaire de la plaque arabe
- convergence au nord

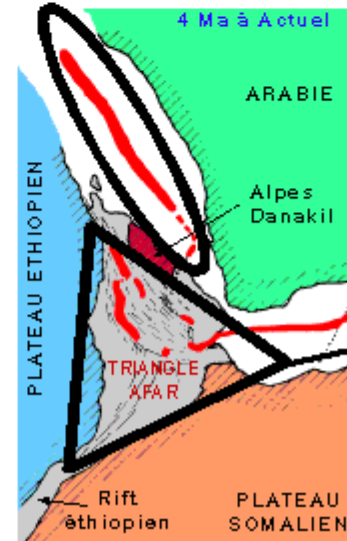
Début de la formation de la mer rouge il y a 25 Ma (séparation de la plaque africaine et asiatique)



Le Grand Rift africain entaille l'est du continent au sud de la Mer Rouge. Il s'étend, du canal du Mozambique au sud, jusqu'aux bouches de la Mer Rouge au nord; il se divise en deux branches au nord du lac Malawi. On y est à un stade un peu plus avancé que le long du Rio Grande. Déjà des vallées profondes et larges se sont creusées, avec de grands lacs, tel le lac Tanganyika, et de grands volcans (points verts), comme le Kilimanjaro. Progressivement, ces vallées s'élargiront, s'enfonceront et seront envahies par la mer pour former une mer linéaire; d'ailleurs, les eaux marines commencent déjà à envahir la partie nord. Quant à elle, la Mer Rouge constitue l'exemple classique de mer linéaire; une dorsale médiane y fabrique de la croûte océanique. Les flèches indiquent les tensions qui affectent la lithosphère continentale dans l'est de l'Afrique.



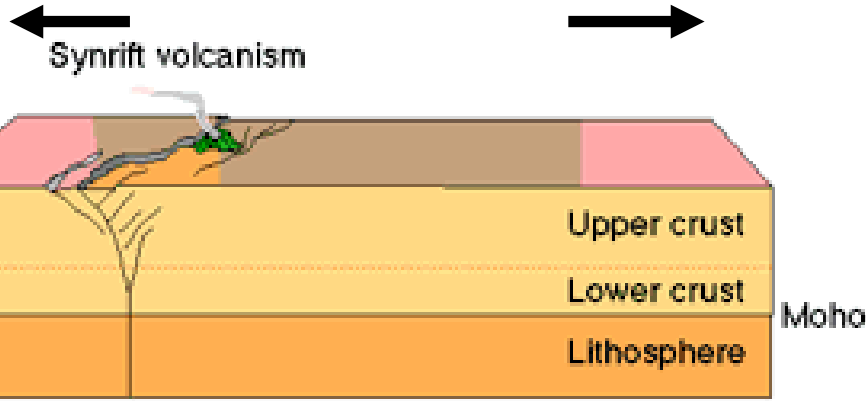
Ride d'Aden



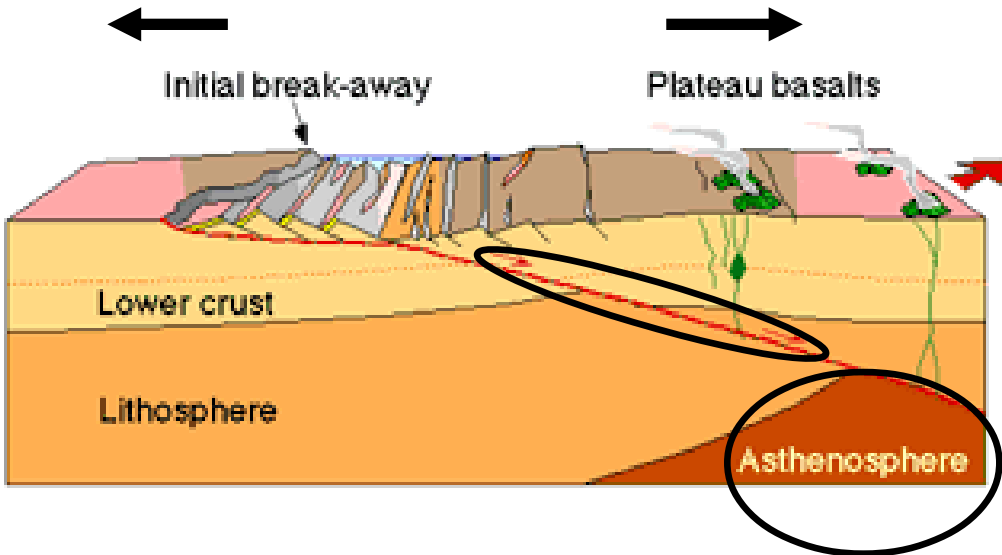
Croûte océanique dans le sud de la mer rouge

Écoulements de laves (trapps) : Produits de transition entre croûte continentale et océanique

Asymétrie dans la fracture de la lithosphère



T_0 = Transtensive phase



$T_0 + 10 \text{ Ma}$ = Lithospheric break-up dominated by simple shear

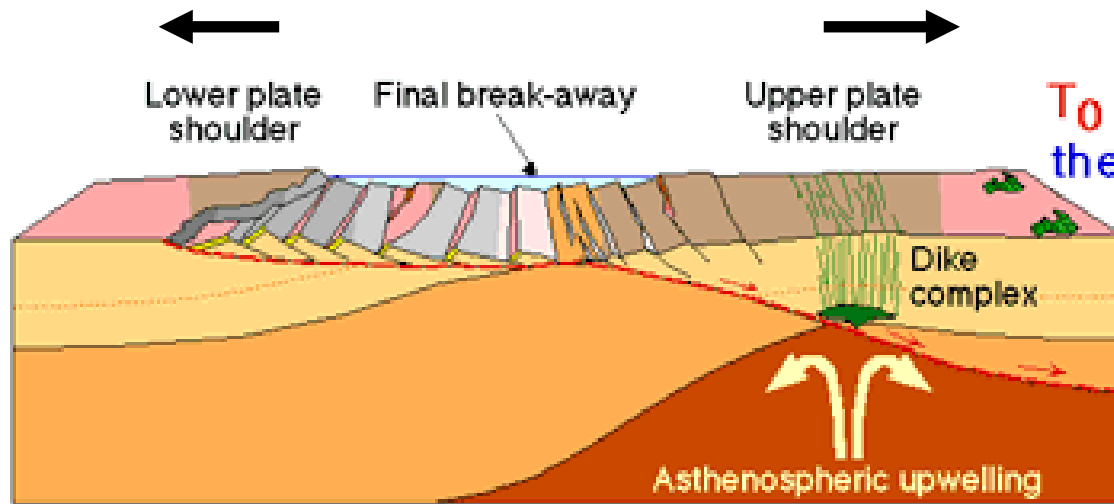
- 1) Un plan de fracture privilégié
- 2) La remontée de l'asténosphère ne se fait pas précisément à l'axe



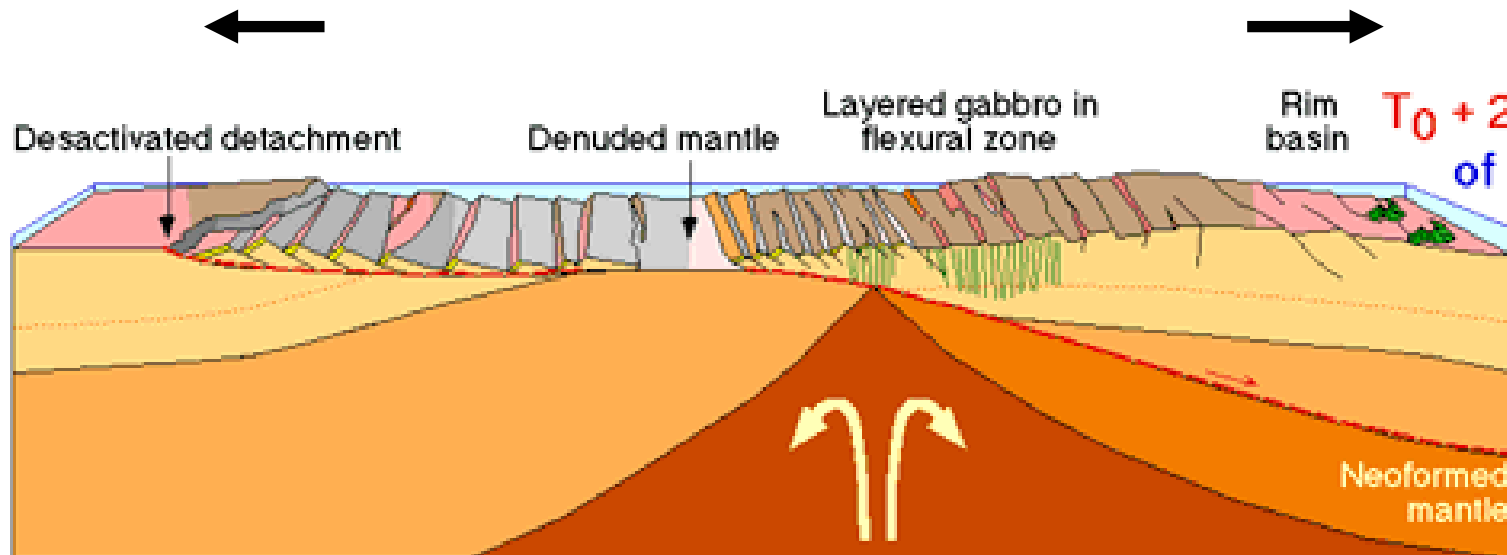
Bombement de la lithosphère plus important et volcanisme sur la bordure est

Modèle de la « faille de détachement »

Dénudation de la croûte continentale



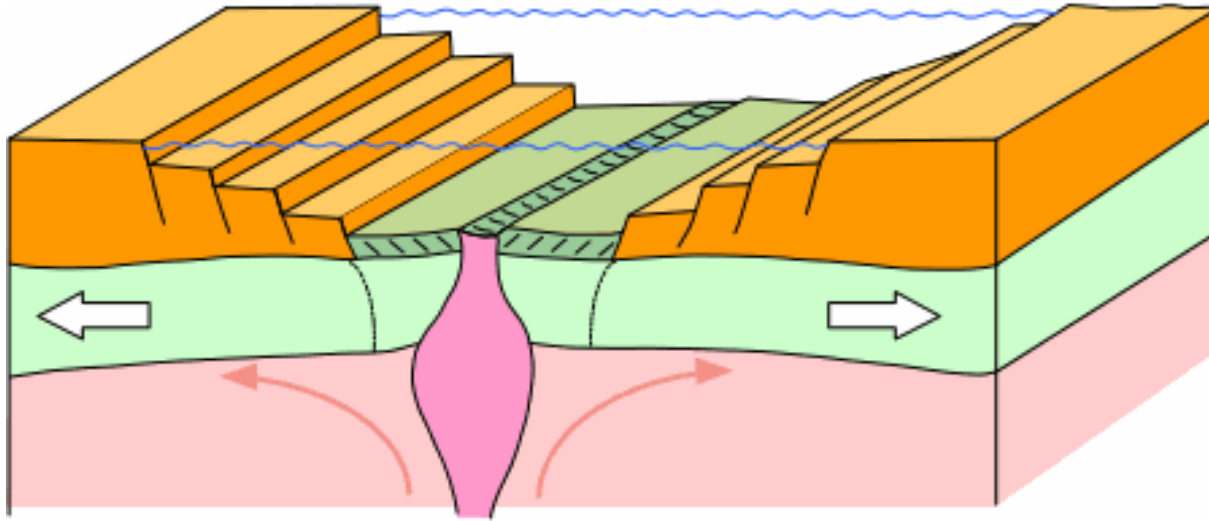
$T_0 + 15 \text{ Ma}$ = Asthenospheric diapir and thermal uplift, dominated by pure shear



$T_0 + 20 \text{ Ma}$ = denudation of continental mantle

Apparition du plancher océanique

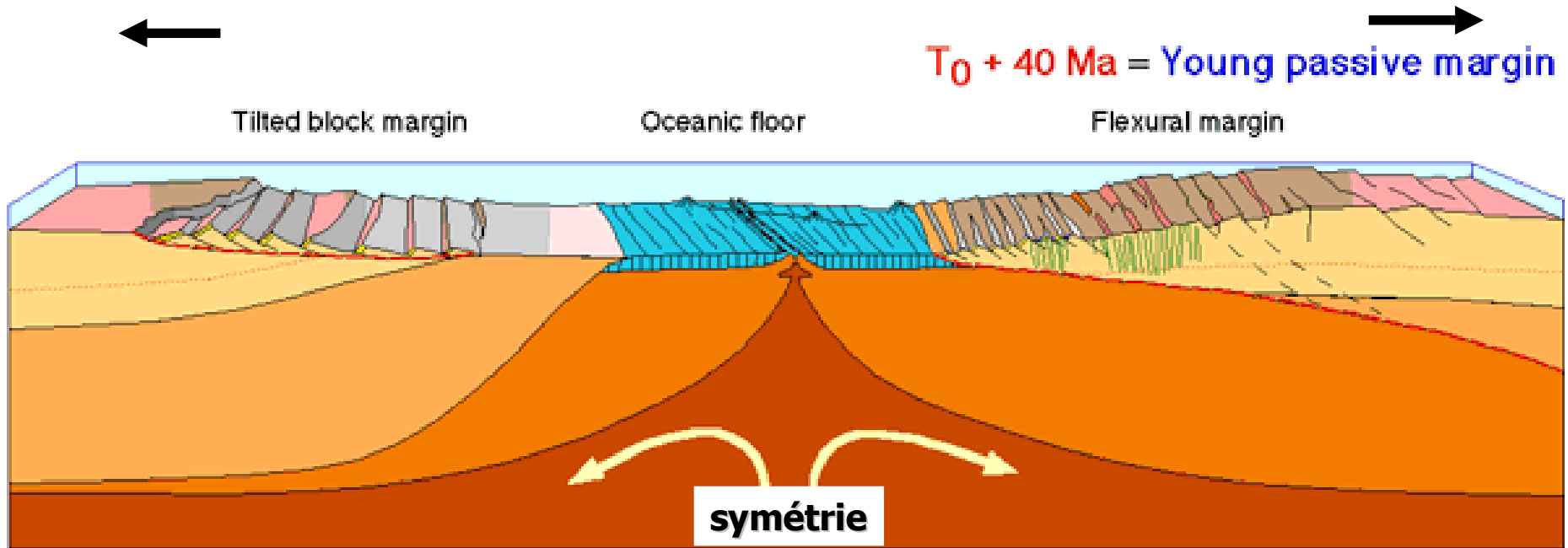
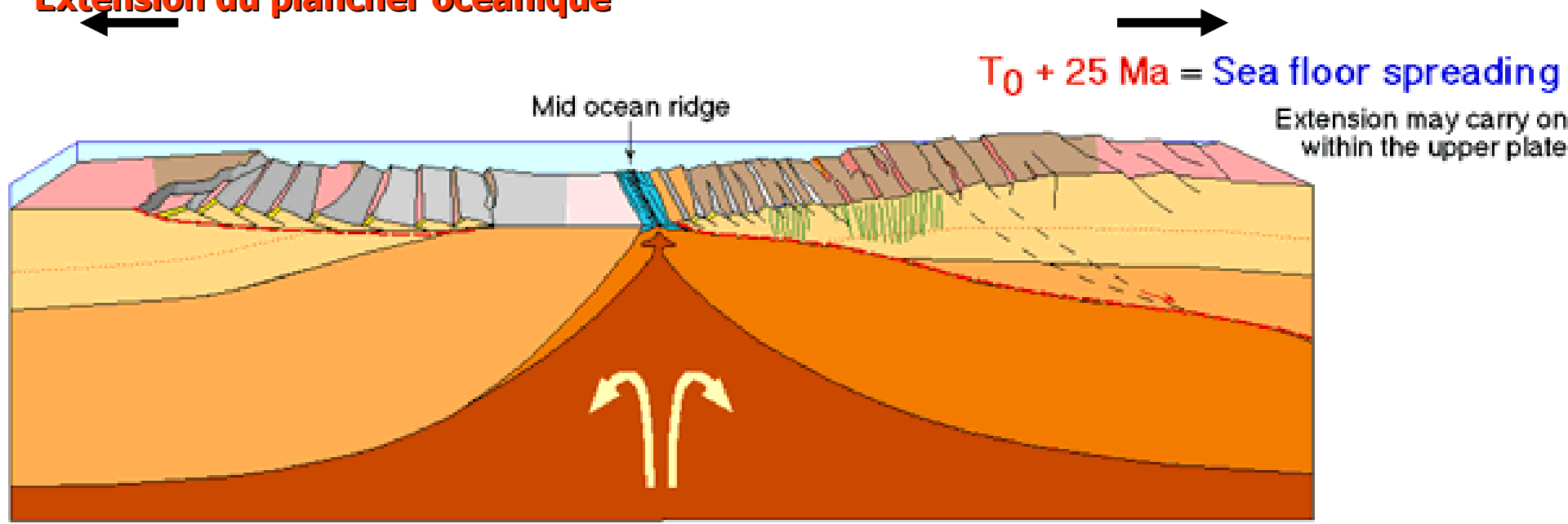
Premier plancher océanique - Mer linéaire.



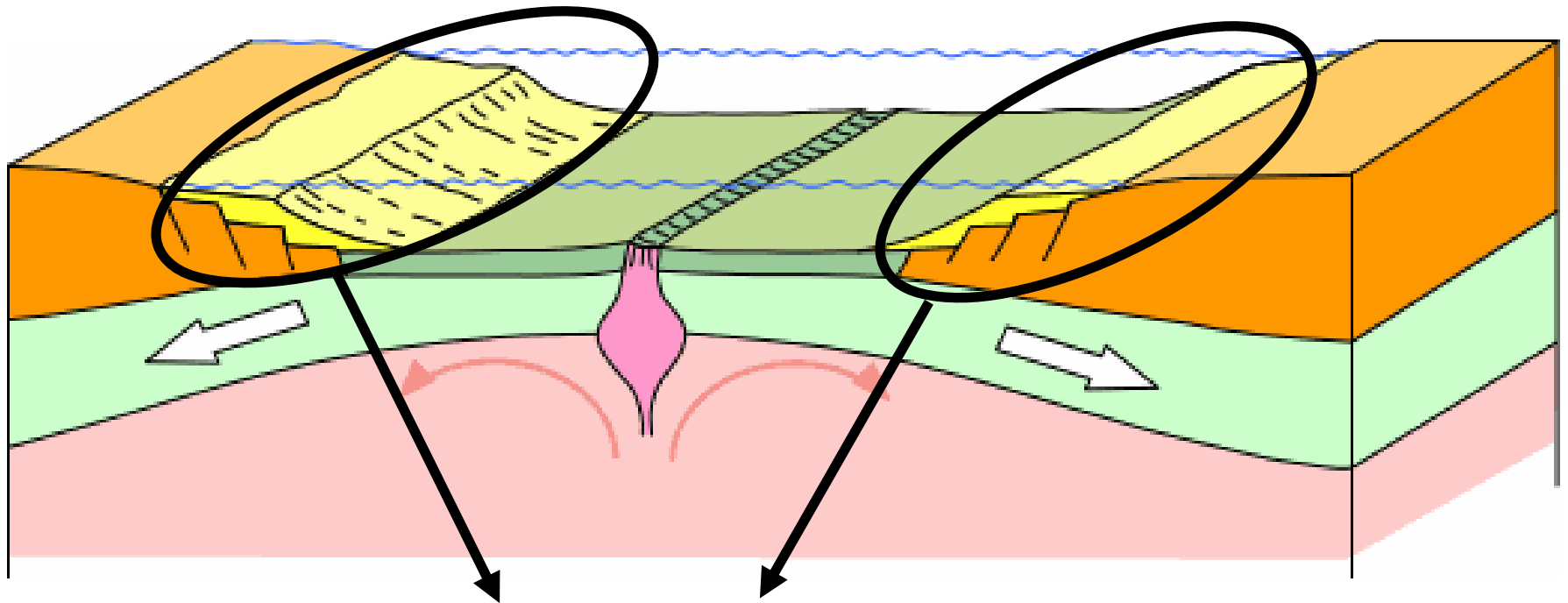
- Le rift s'enfonce sous le niveau de la mer
- les deux morceaux de lithosphère continentale s'éloignent l'un de l'autre
- Formation du plancher océanique basaltique (« croute océanique ») et d'une dorsale

➔ Exemple : Mer Rouge

Extension du plancher océanique



Marges continentales passives : de part et d'autre d'un océan de type Atlantique



Marges continentales passives recouvertes de sédiments (jaune clair)

Les sédiments se déposent sur le plateau continental (partie de la marge continentale comprise entre la côte et le sommet du talus continental situé à une profondeur moyenne de 200 m).

Les marges continentales passives témoignent de la déchirure continentale

La limite entre la lithosphère océanique et la lithosphère continentale d'une même plaque est appelée marge passive. Contrairement aux marges actives, les marges passives ne présentent pas d'activité volcanique ni sismique (ex. côte atlantique française).

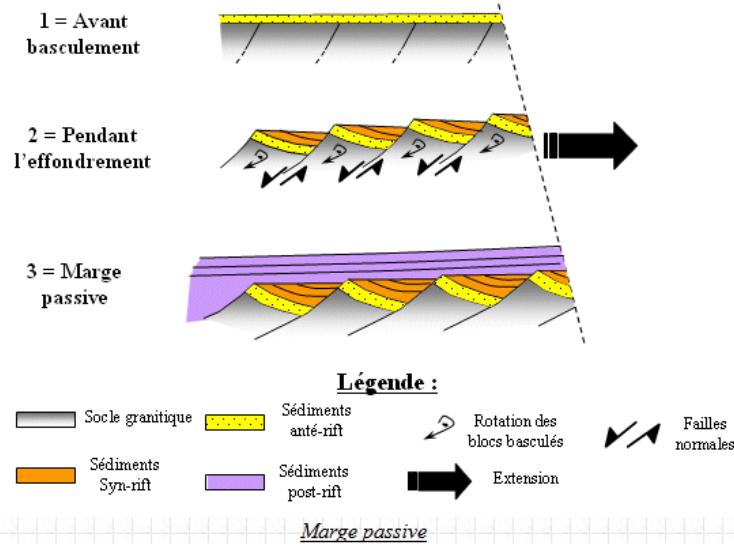
Remarque : la lithosphère continentale et la lithosphère océanique ne sont pas de même nature. La transition entre les 2 types de lithosphère est observée au début de la plaine abyssale. La limite entre les 2 types de lithosphère n'est pas nettement repérée.

Au niveau morphologique, les marges passives sont caractérisées par :

- la présence de nombreuses **failles normales listriques** (failles normales courbes) délimitant des **blocs basculés** (voir schéma ci-dessous),
- la présence de **dépôts sédimentaires sur ces blocs basculés** (voir schéma ci-dessous).

L'étude des dépôts sédimentaires montre qu'il existe trois types de dépôts :

- des **dépôts anté-rift** (déposés avant le processus d'extension),
- des **dépôts syn-rift** (déposés pendant le processus d'extension),
- des **dépôts post-rift** (déposés après le processus d'extension).



On observe également un amincissement de la croûte continentale qui passe d'environ 35 km à 10 km d'épaisseur lorsqu'on se dirige vers l'océan.

Les marges passives témoignent de la fracture continentale par extension. En effet, la présence de blocs basculés permet de déduire que la croûte s'est étirée (voir schéma ci-dessus) et les dépôts sédimentaires permettent de retracer les différentes phases de cette opération (dépôts anté-rift, syn-rift et post-rift).

Les bassins sédimentaires

→ **Affaissement superficiel de la croûte continentale = subsidence**

def. : bassin sédimentaire = secteur de la croûte continentale déprimé sur lequel se sont déposés des sédiments

Sédiment ← origine = érosion

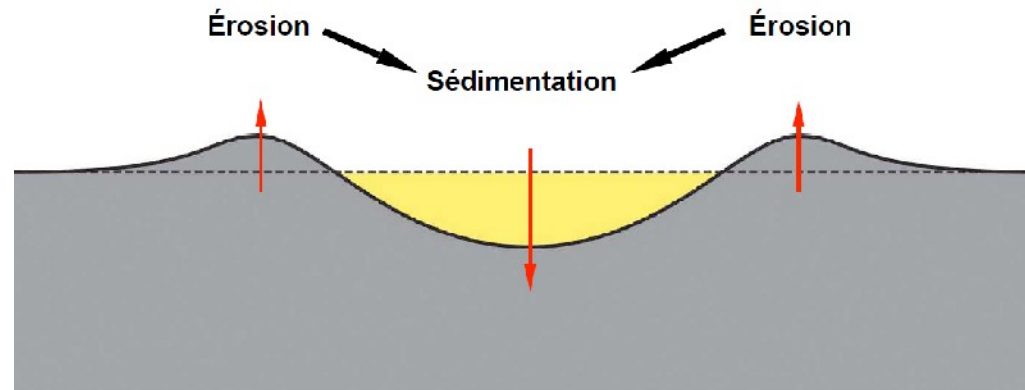
Un bassin sédimentaire jouxte nécessairement un secteur montagneux, depuis lequel les produits de l'érosion sont transportés

Sédiments → se déposent immergés, faibles profondeurs, conditions optimales = mers fermées sur des plateaux continentaux (Baltique, mer du Nord, Manche) ou à des lacs

La **combinaison** apport sédimentaire / subsidence définit l'avenir des bassins sédimentaires

Les **Facteurs** de la subsidence :

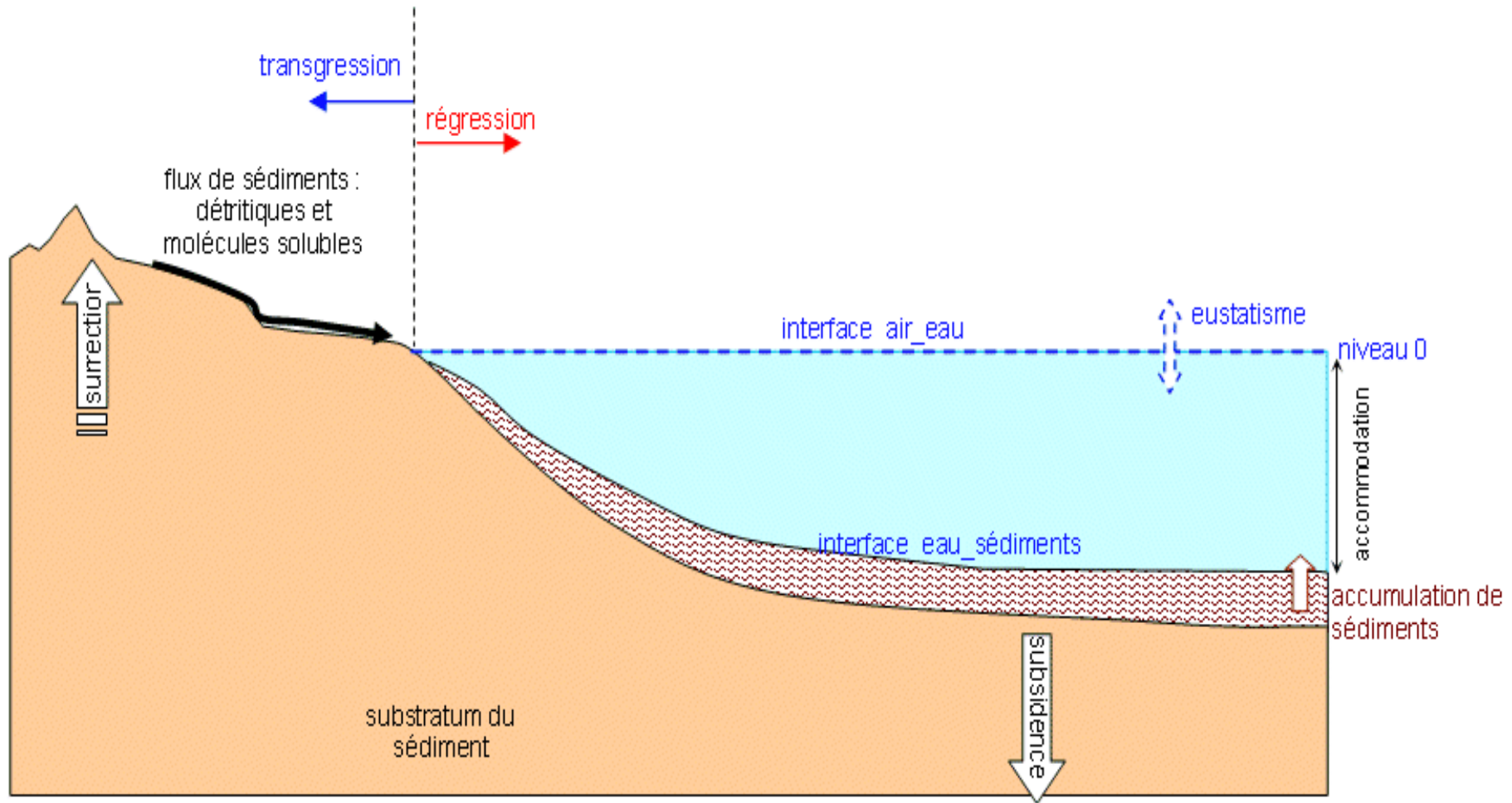
- surcharge
- refroidissement de la lithosphère
- distension / compression



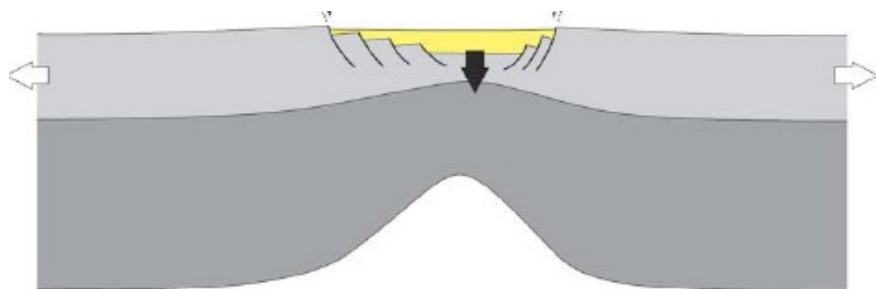
Bassin sédimentaire

Bassins sédimentaires : apports et subsidence

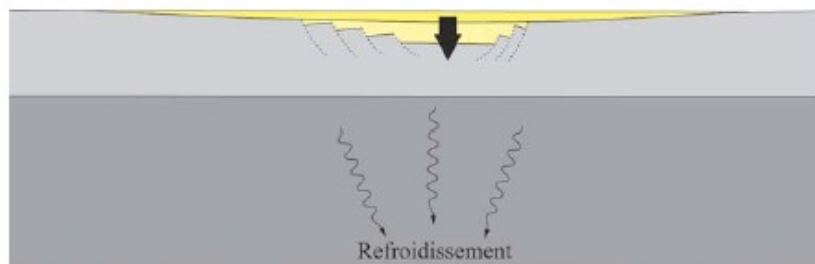
bassin sédimentaire : principaux facteurs agissant sur les apports sédimentaires et sur le taux d'accommodation
(inspiré de J.Y.Daniel –SVTU, Vuibert)



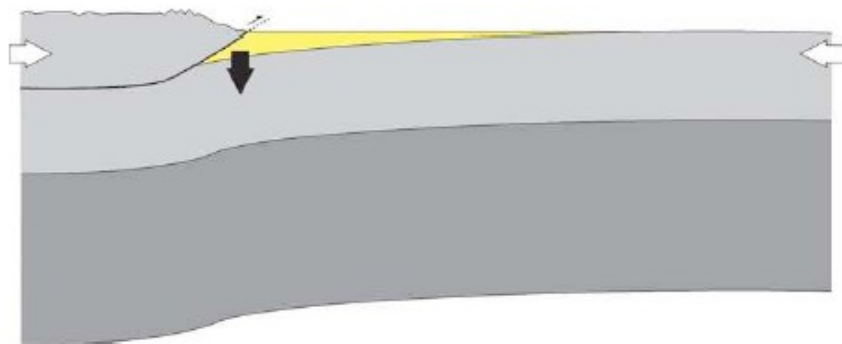
Mécanismes de formation des bassins sédimentaires



Subsidence tectonique



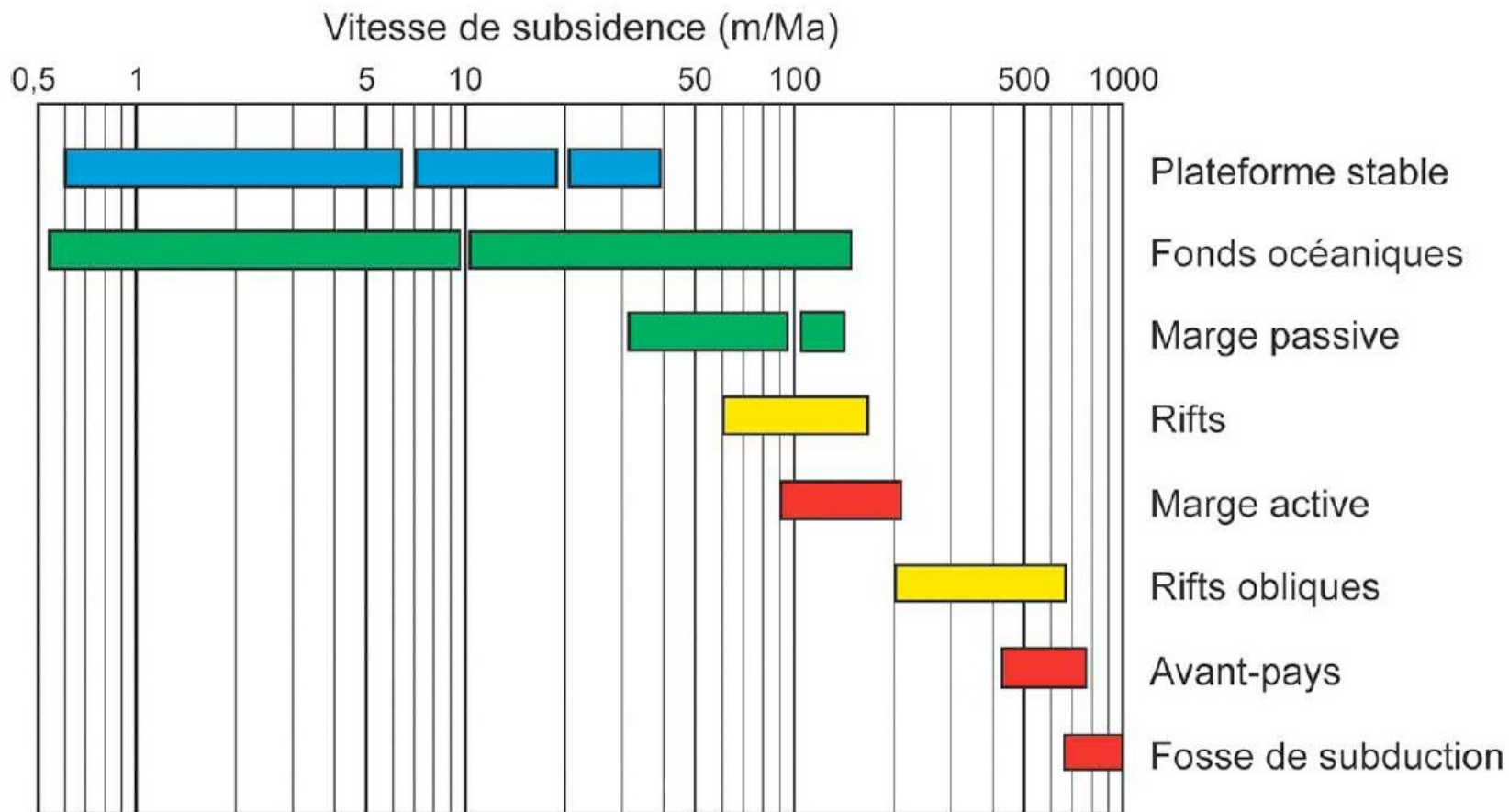
Subsidence thermique



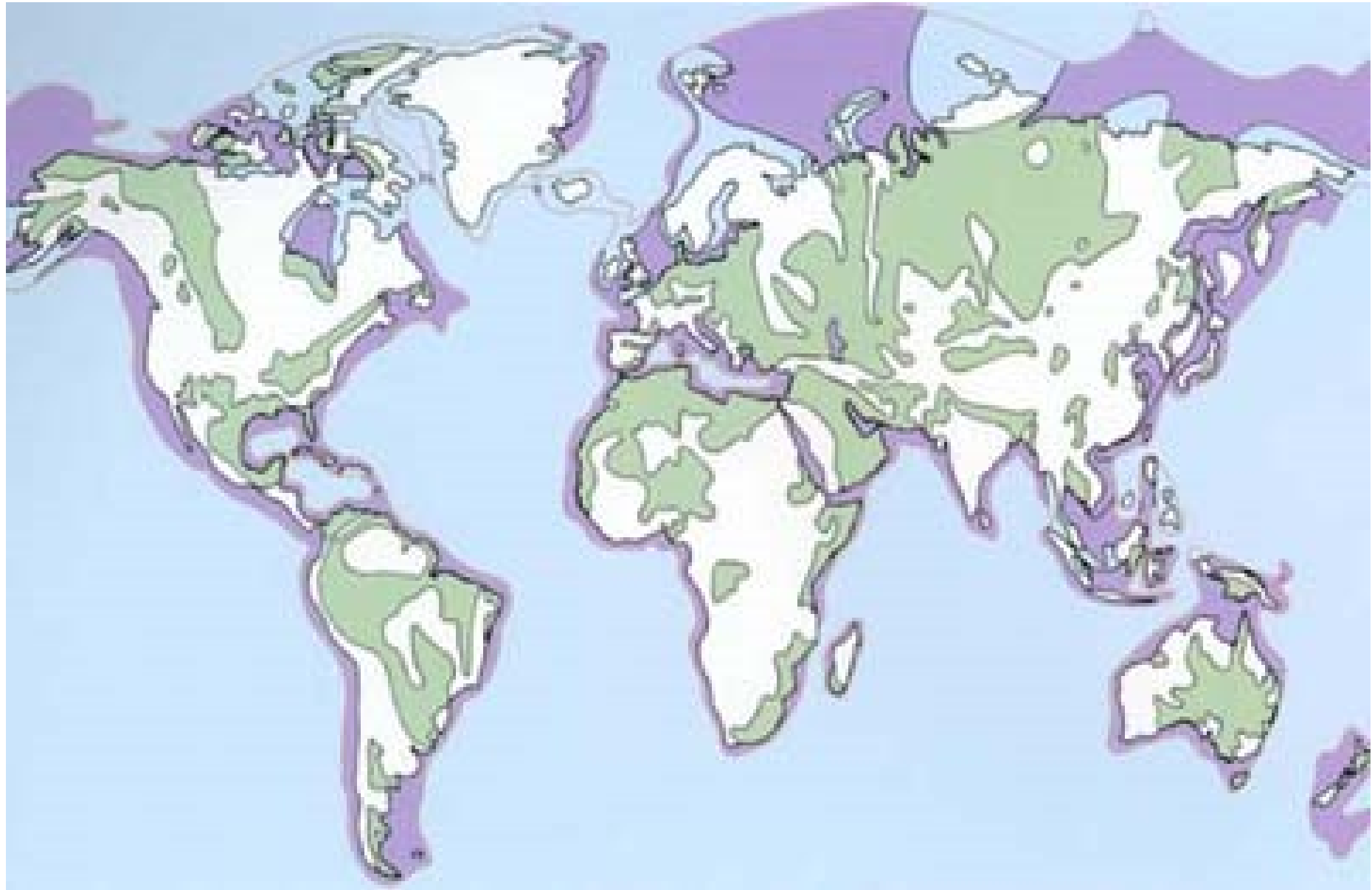
Subsidence par surcharge

(d'après Nalpas, 2002)

Vitesses de subsidence de différents types de bassins



Carte des bassins sédimentaires dans le monde

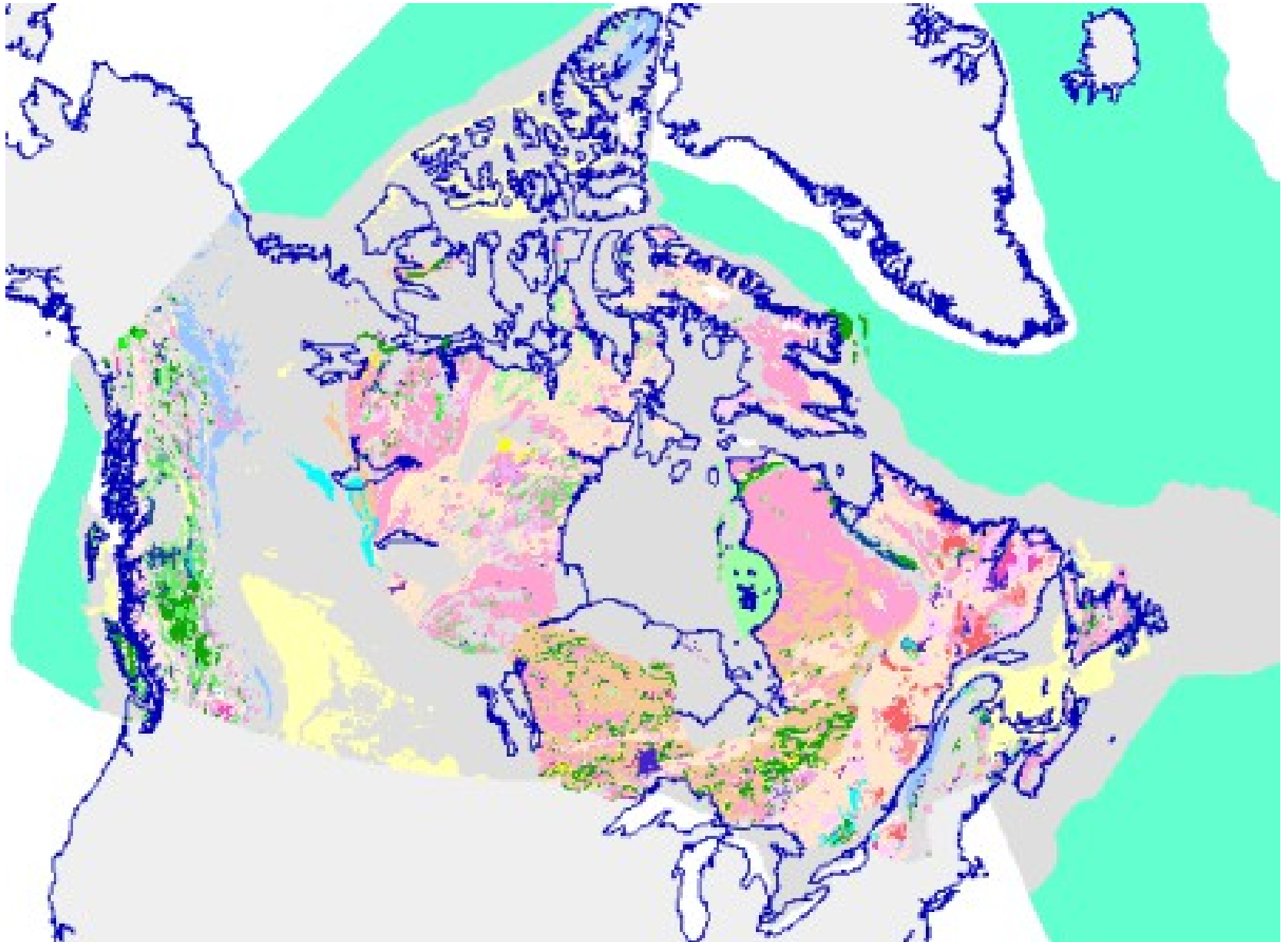


Vert : bassin émergé, Lavande : bassin immergé

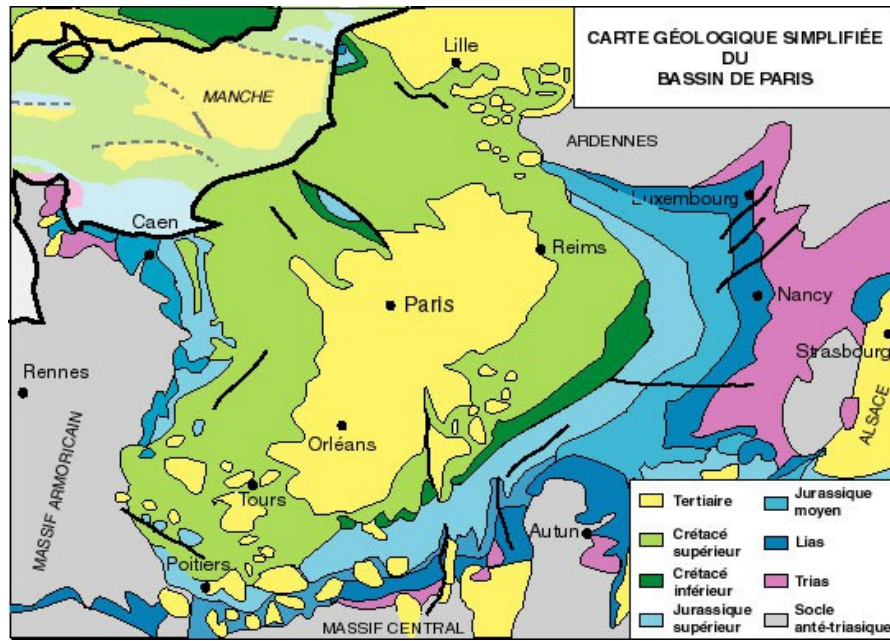
<http://www.glossary.oilfield.slb.com/files/OGL98020.jpg>

Le bassin intracratonique de la baie d'Hudson

Craton : du grec kratos – force, partie ancienne et stable de la lithosphère continentale possédant une identité géologique

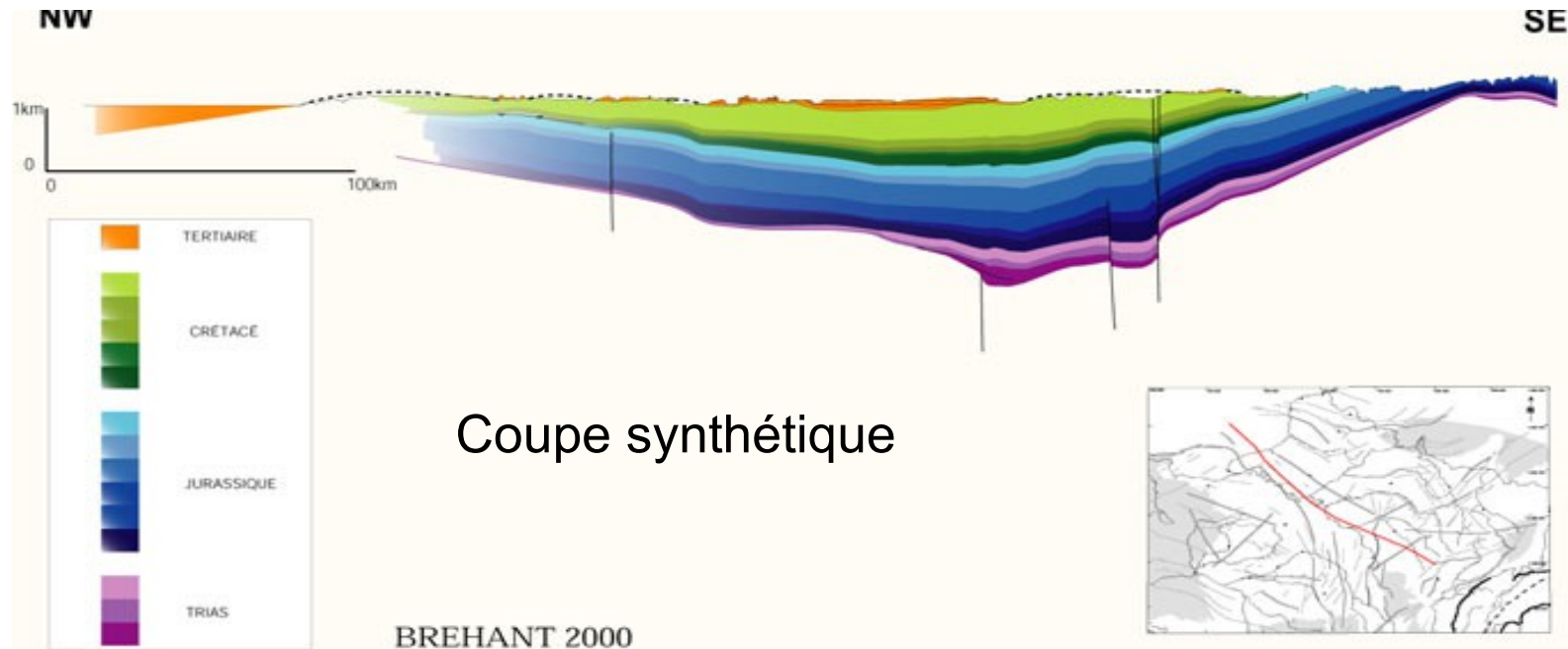


Le Bassin Parisien

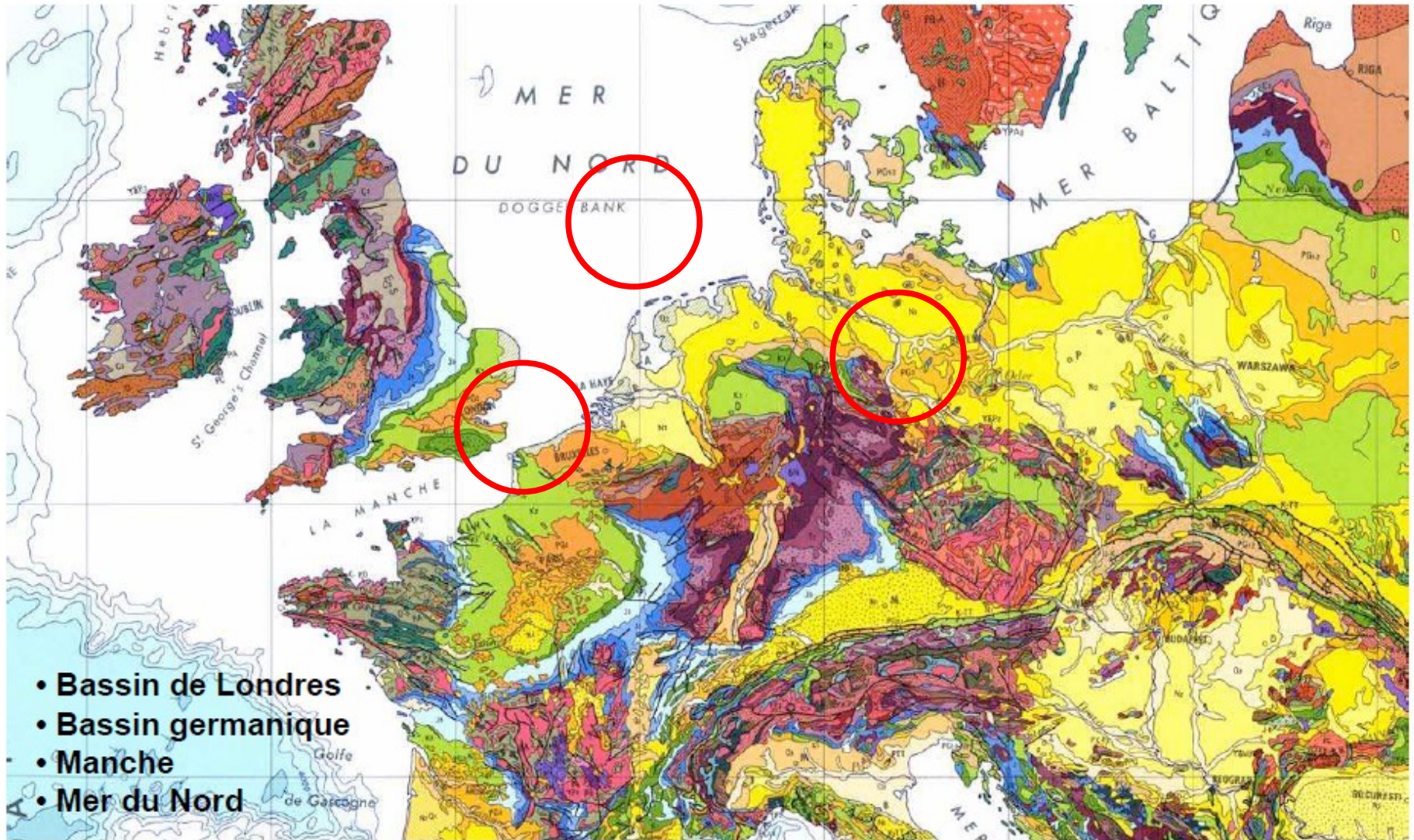


Carte géologique

D'après la synthèse géologique du Bassin de Paris (1980) et la carte géologique de la France au 1/1 000 000ème (6ème ed., 1996).



Bassins de type intracratonique : autres exemples européens



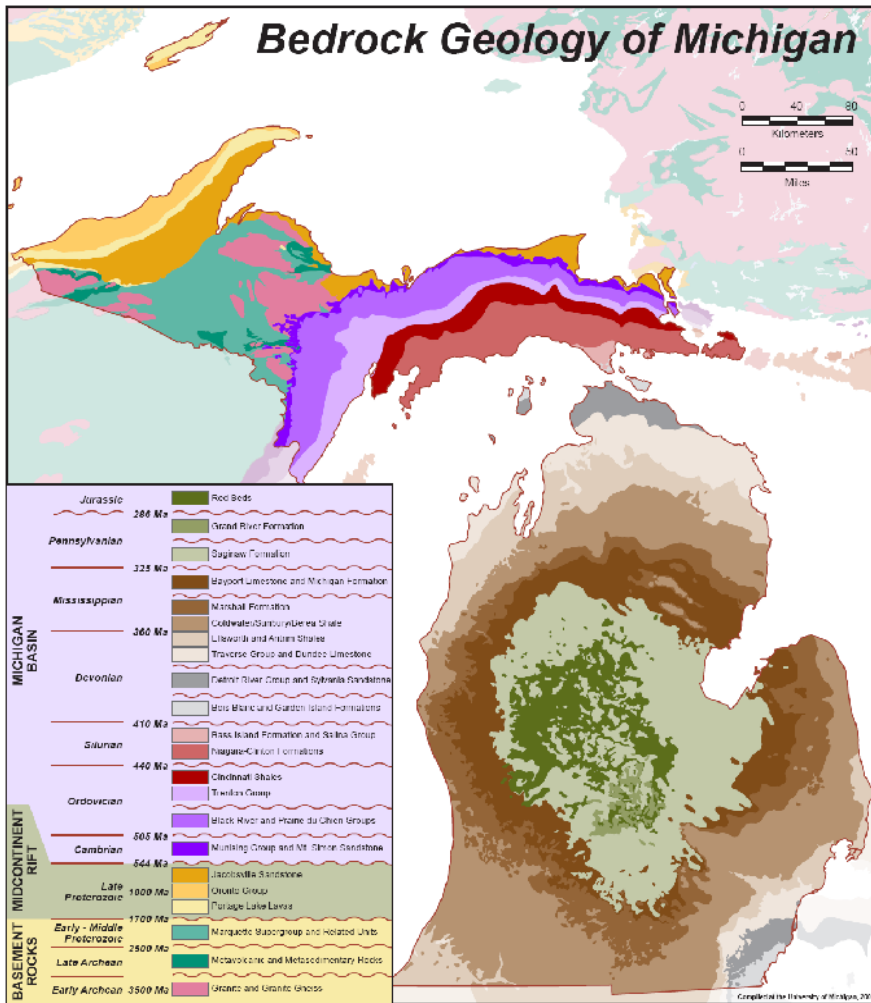
- Bassin de Londres
- Bassin germanique
- Manche
- Mer du Nord

A faire figurer sur tous extraits

(C) UNESCO / CGMW Atlas géologique Mondial Ech. 1/10M

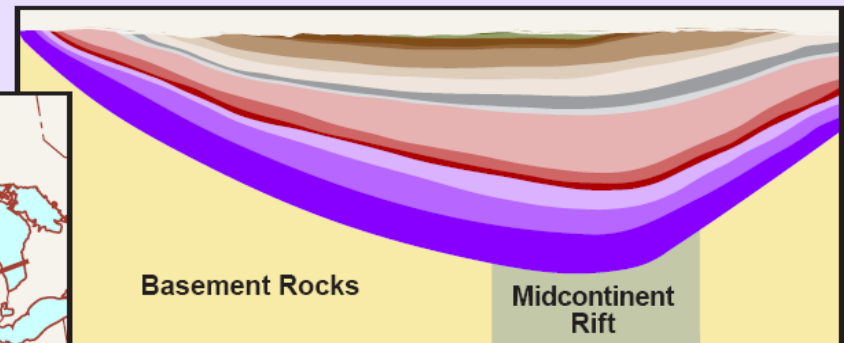
0 500 km

Le bassin du Michigan



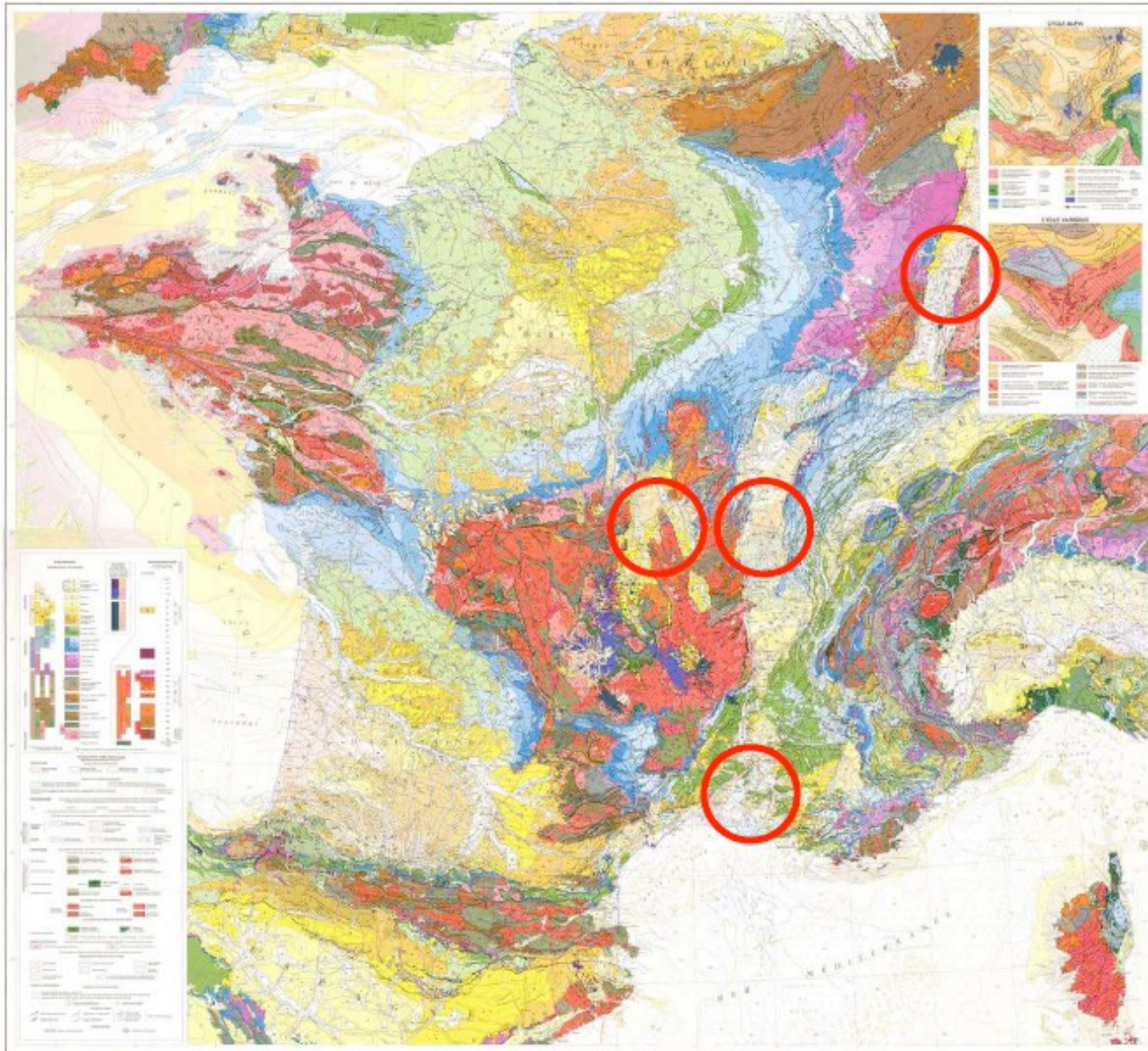
Le bassin du Michigan contient des roches sédimentaires qui se sont déposées dans une dépression circulaire de la croûte terrestre.

Il s'est formé au paléozoïque, entre 544 et 286 MA. Pendant la majeure partie de cette période, le Michigan était sous la mer.



Cross-section of Michigan Basin

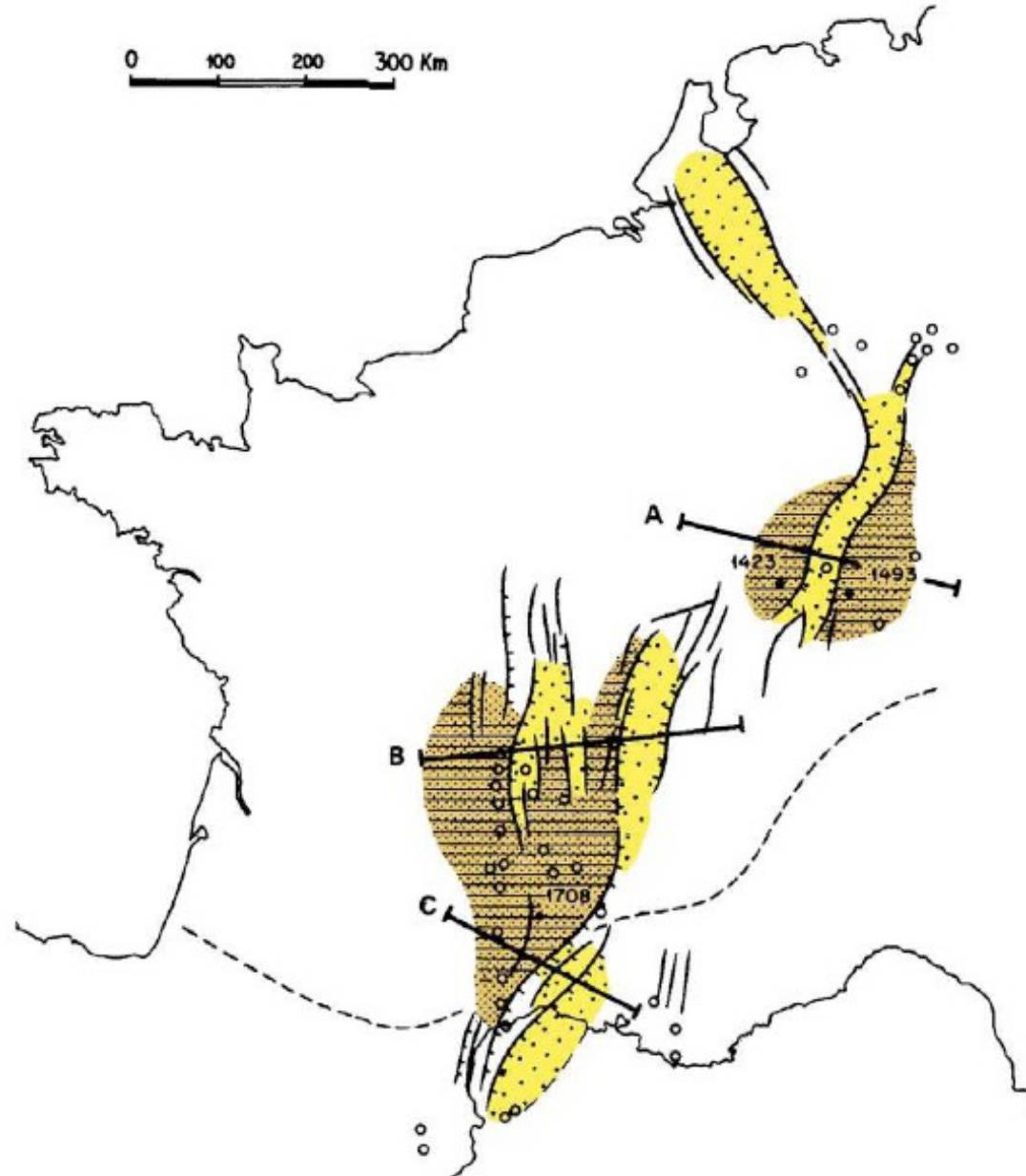
Bassins de type « Rift » : exemples français



- Fossé du Rhin
- Fossé de la Bresse
- Limagnes
- Bassin du SE par périodes

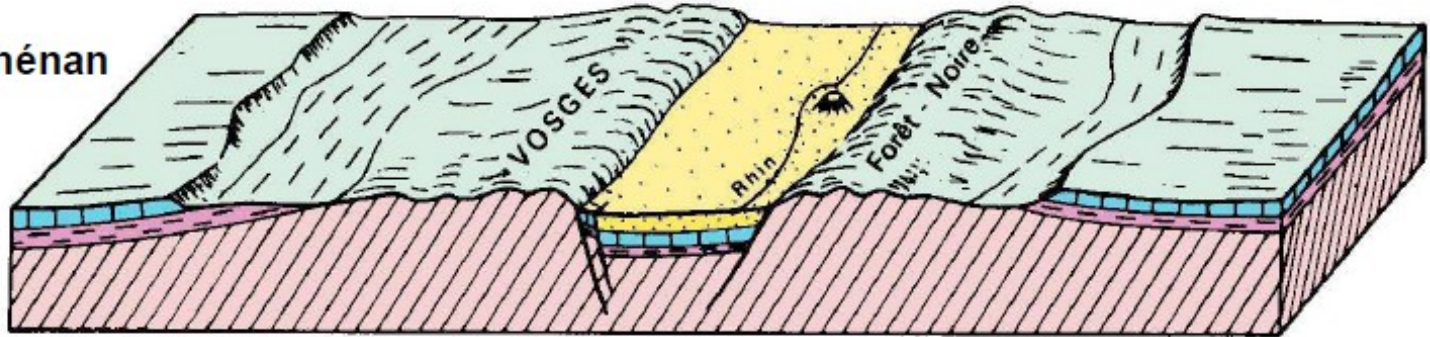
(Chantraine
et al., 1996)

Position des fossés du rift ouest européen

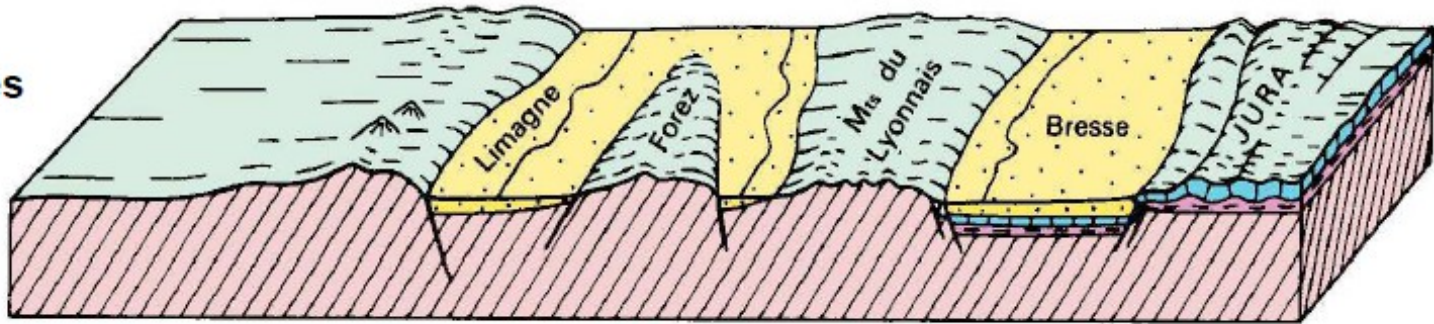


Coupes géologiques des fossés du rift ouest-européen

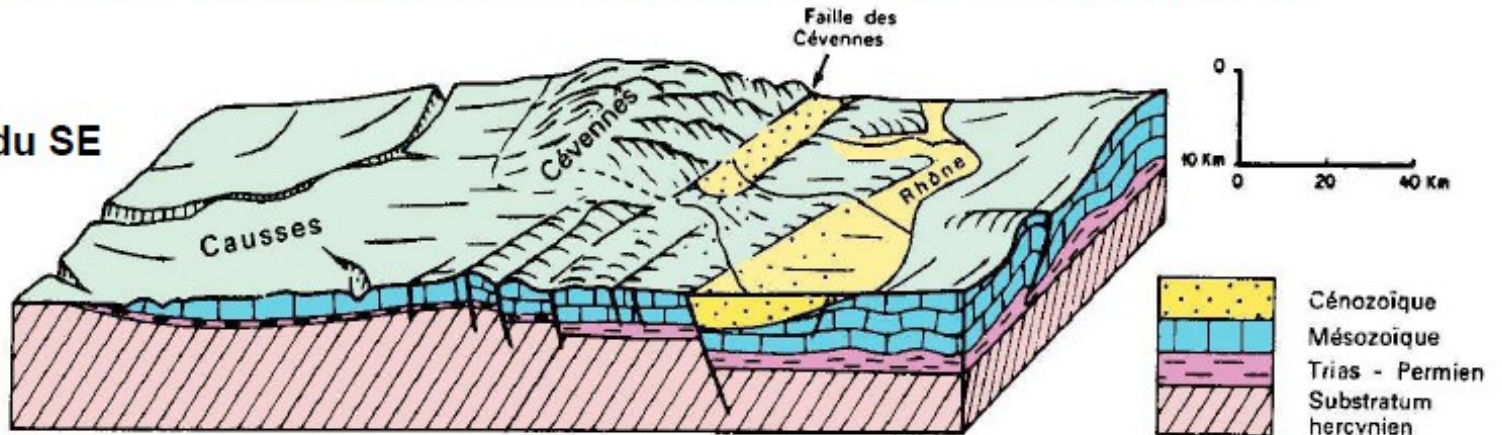
A. Fossé Rhénan



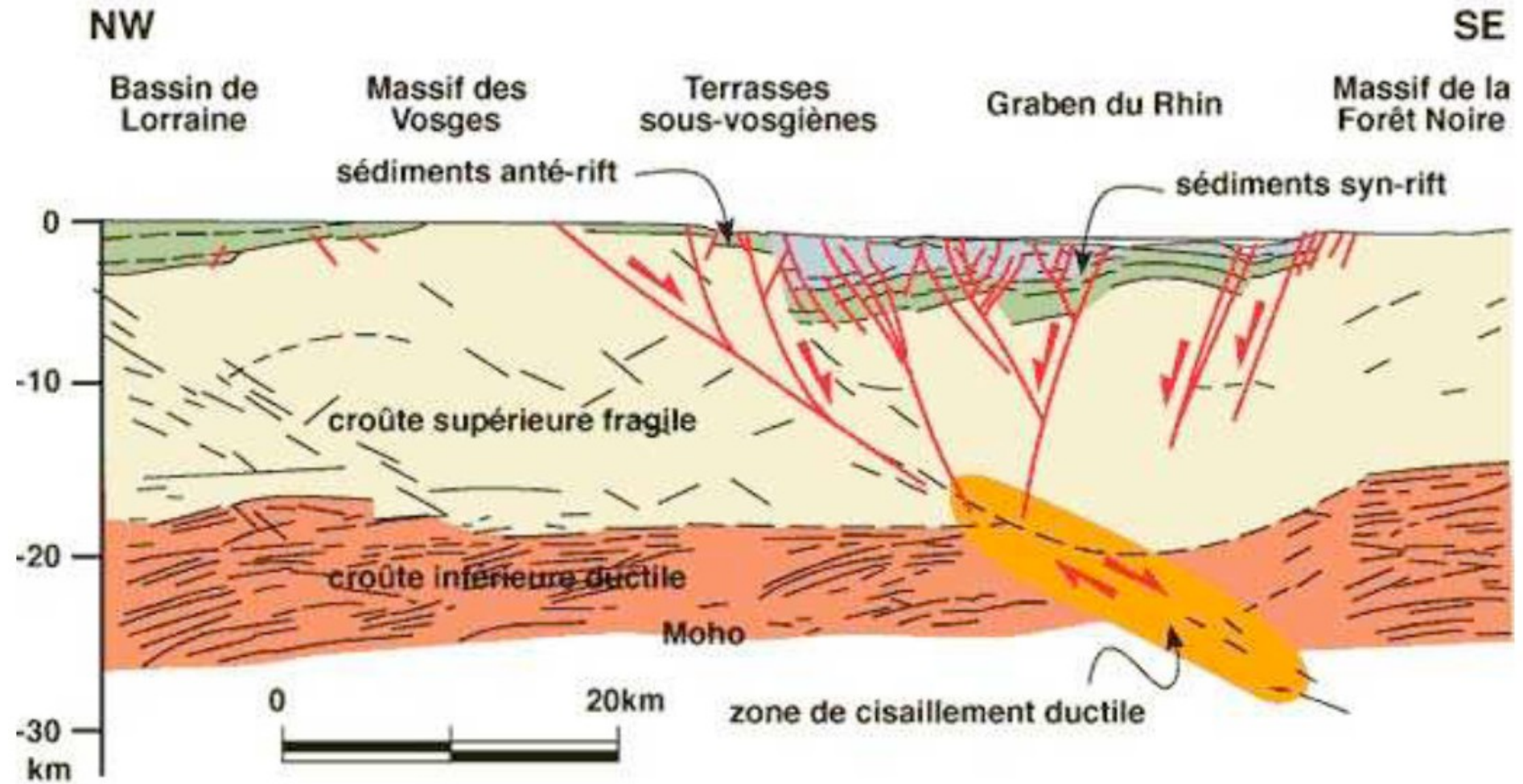
B. Limagnes



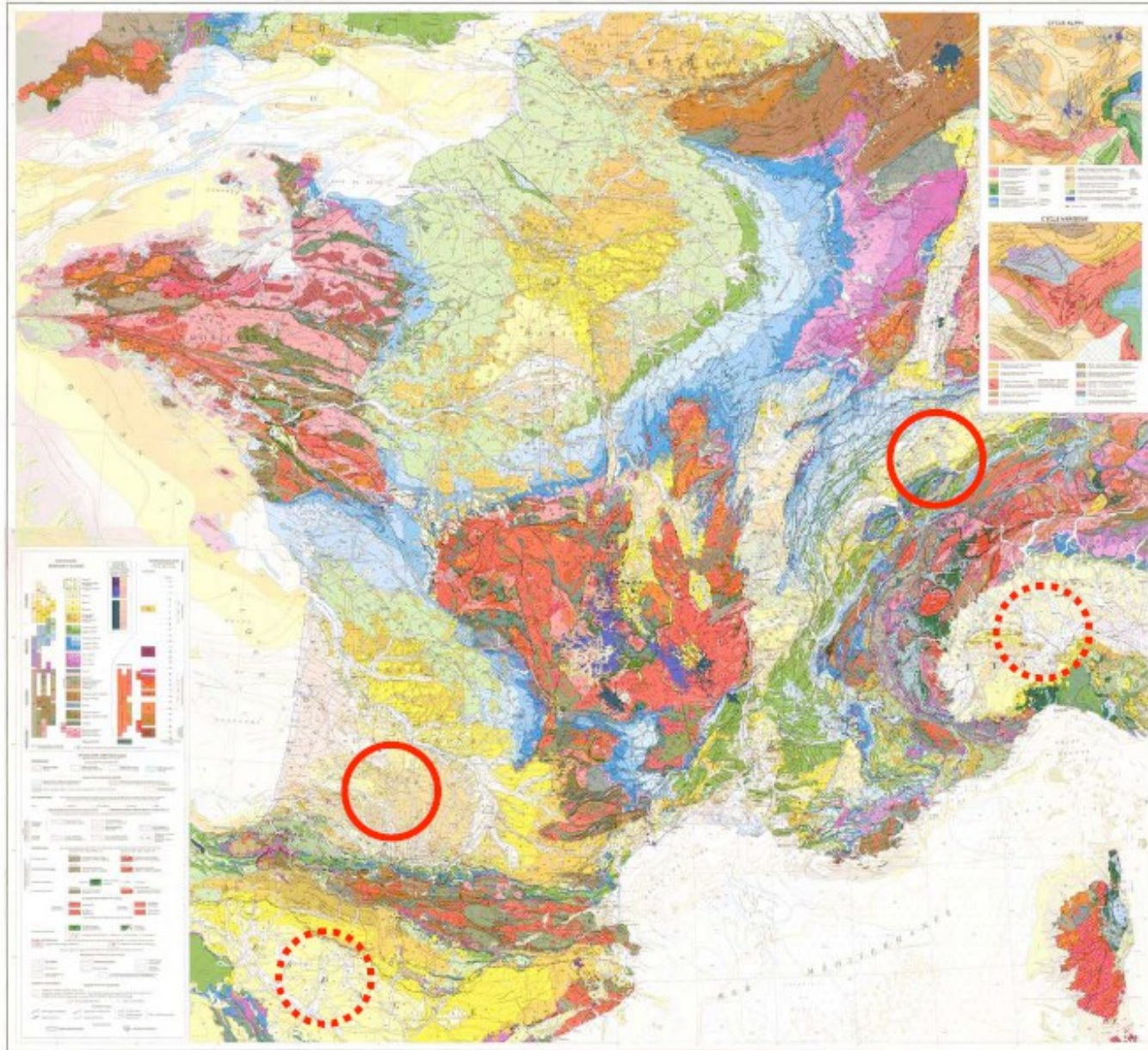
C. Bassin du SE



Coupe géologique sud du Fossé Rhénan



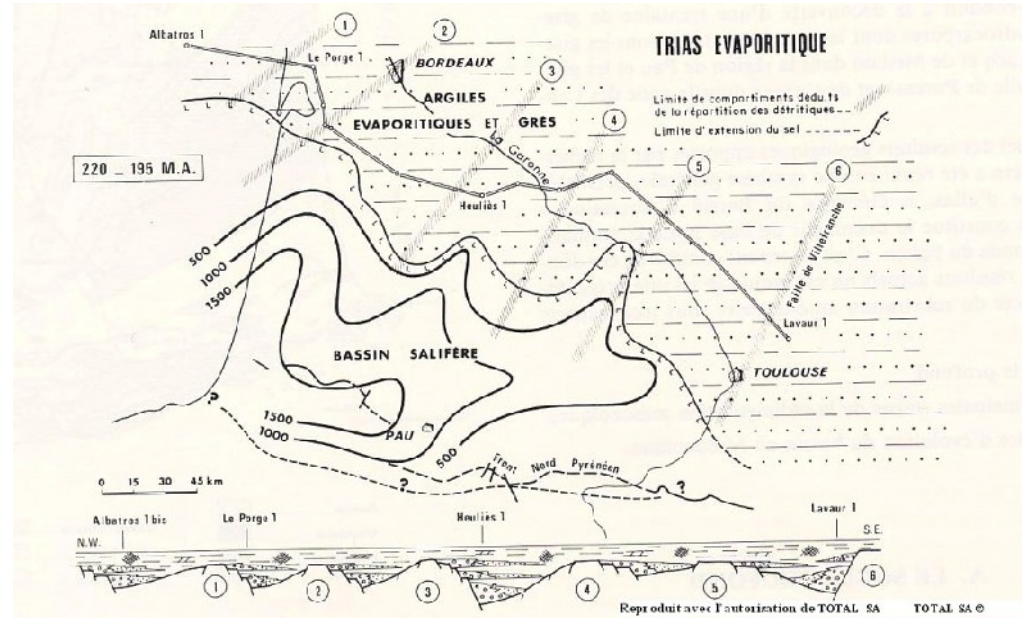
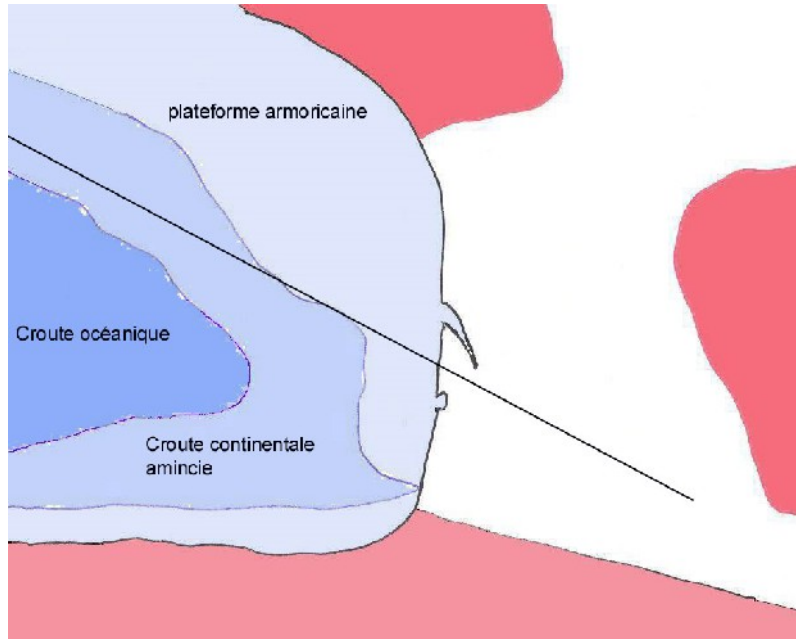
Autres bassins : aulacogènes, avant pays, molassiques, ...



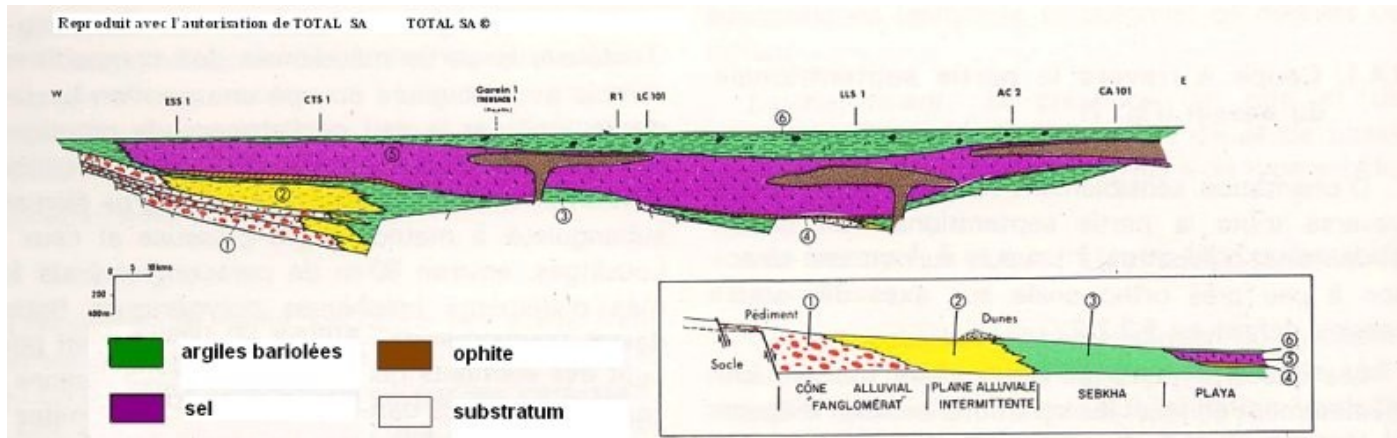
- Bassin d'Aquitaine
- Bassin molassique
- Bassin de l'Èbre
- Bassin du Pô

(Chantraine
et al., 1996)

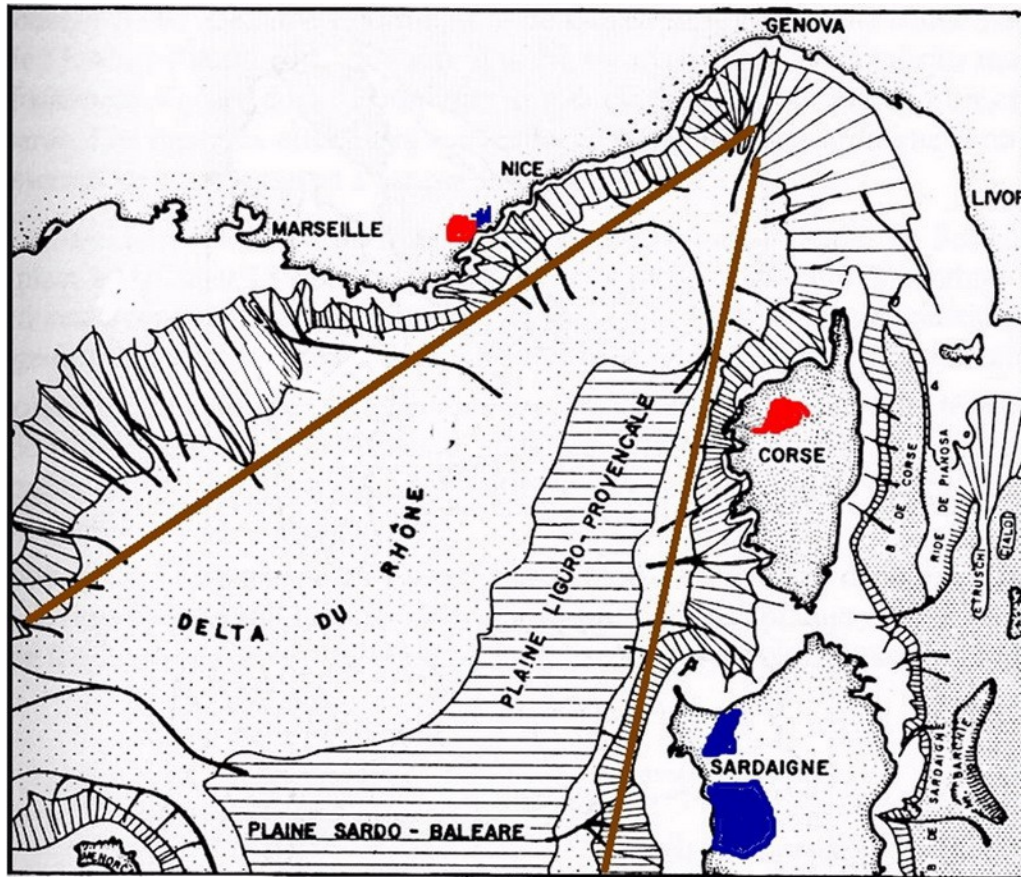
Le Bassin Aquitain



<http://www.alpesgeo2003.fr/cr%20en%20salle%20structures%20de%20distension/05%20STRUCTURES%20DE%20DISTENSION.htm>



Le Bassin Liguro-Provençal



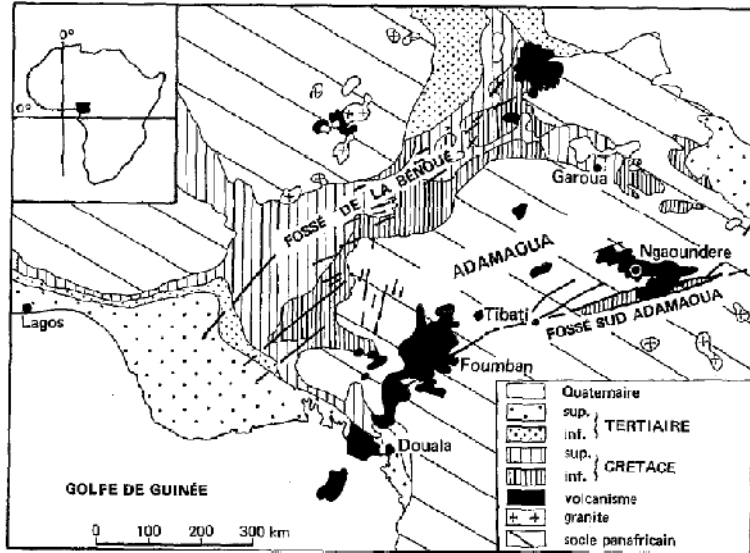
Un forage partiel et les données de sismique-réfraction montrent que les premiers sédiments y sont oligocènes à miocène inférieur. On pense donc que le bassin se serait ouvert à cette époque comme un compas dont on écarterait les deux branches. Ce qui est confirmé :

1. par des arguments stratigraphiques : même géologie sur les deux bordures,
2. par des arguments paléomagnétiques : les rhyolites permiennees du Monte Cinto et de l'Estérel montrent des déclinaisons magnétiques différentes de l'ordre de 60° alors que ces déclinaisons sont parallèles pour les laves miocènes,

3. par des arguments volcaniques : la Sardaigne ouest montre un important volcanisme oligo-miocène, témoignant donc de la distension liée à l'ouverture du compas ligure car il lui est exactement contemporain : le volcanisme débute en effet à -29 Ma (Oligocène moyen) et est maximum entre -20 et -13 (Miocène moyen). Or ce volcanisme est calco-alcalin alors qu'il aurait dû être alcalin sur la bordure d'un rift classique.

Le bassin de la Bénoué : géologie

Schéma géologique de l'Adamaoua et de ses fossés bordiers.



Étude structurale des bordures nord et sud du plateau de l'Adamaoua : influence du contexte atlantique

Jean-François DUMONT⁽¹⁾

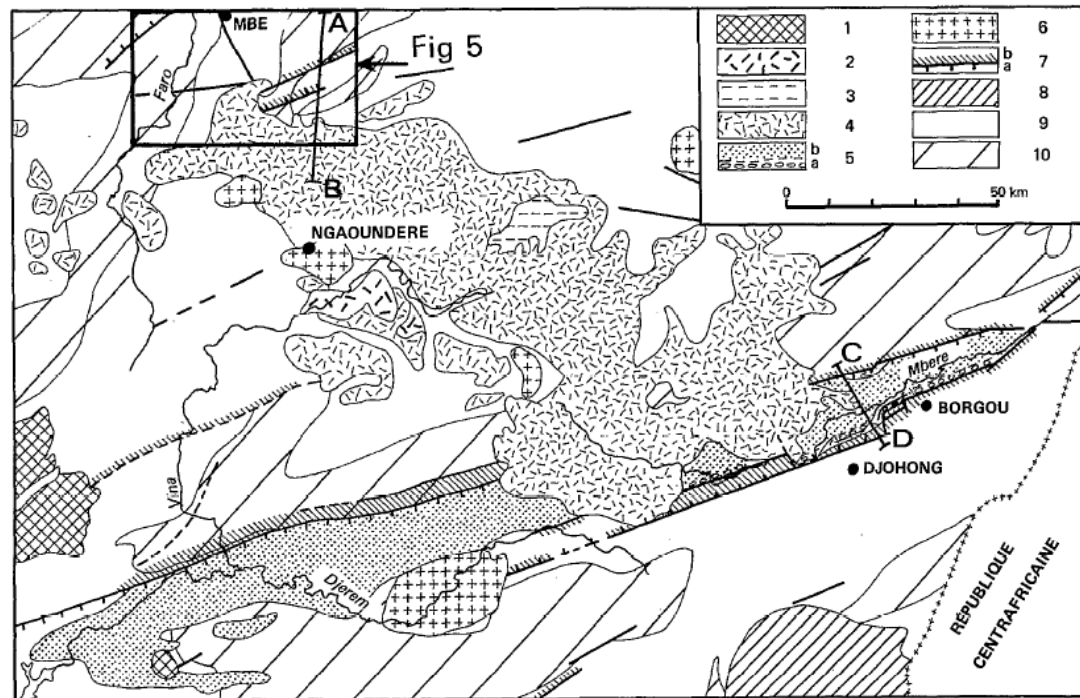
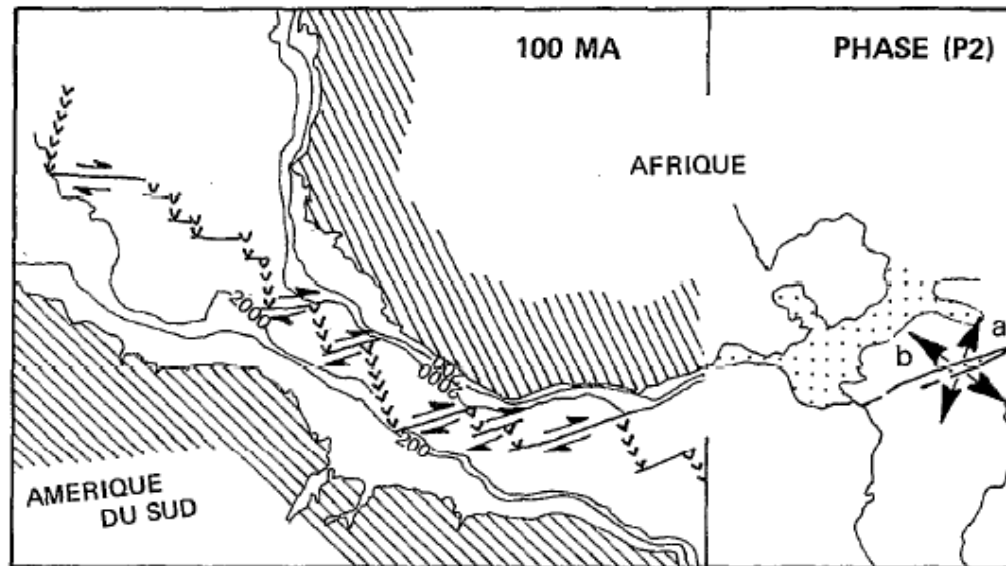
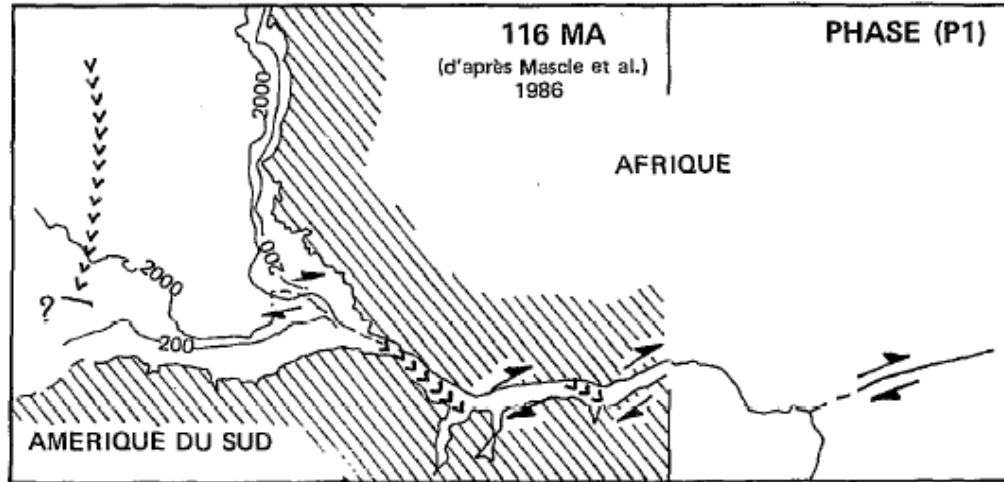


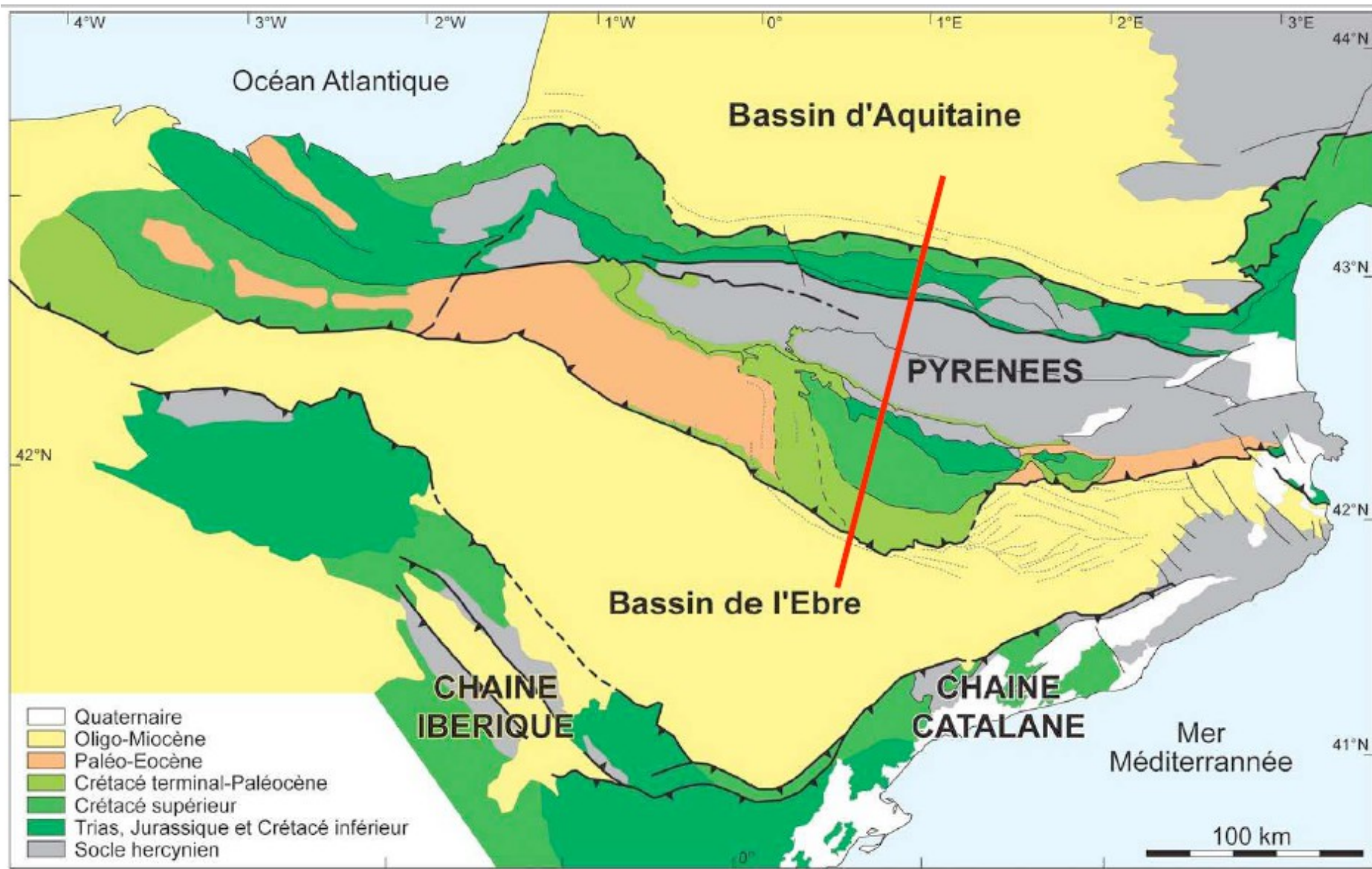
Schéma géologique du plateau de l'Adamaoua, d'après LASSERRE (1961) et LE MARÉCHAL et VINCENT (1971). 1. Cuirasses d'altération latéritique ; 2. Basaltes de la série supérieure ; 3. Trachytes, trachy-andésites et rhyolites de la série moyenne ; 4. Basaltes de la série inférieure ; 5. Sédimentaire du fossé Sud-Adamaoua, a : conglomérats métamorphiques, b : conglomérats et arkoses ; 6. Granites panafricains tardifs ; 7. Failles, a : avec épaulement morphologique important, b : avec mylonites ; 8. Schistes épimétamorphiques de la série du Lom ; 9. Granites syntectoniques (panafricains) anciens ; 10. Migmatites et gneiss.

Le bassin de la Bénoué : genèse



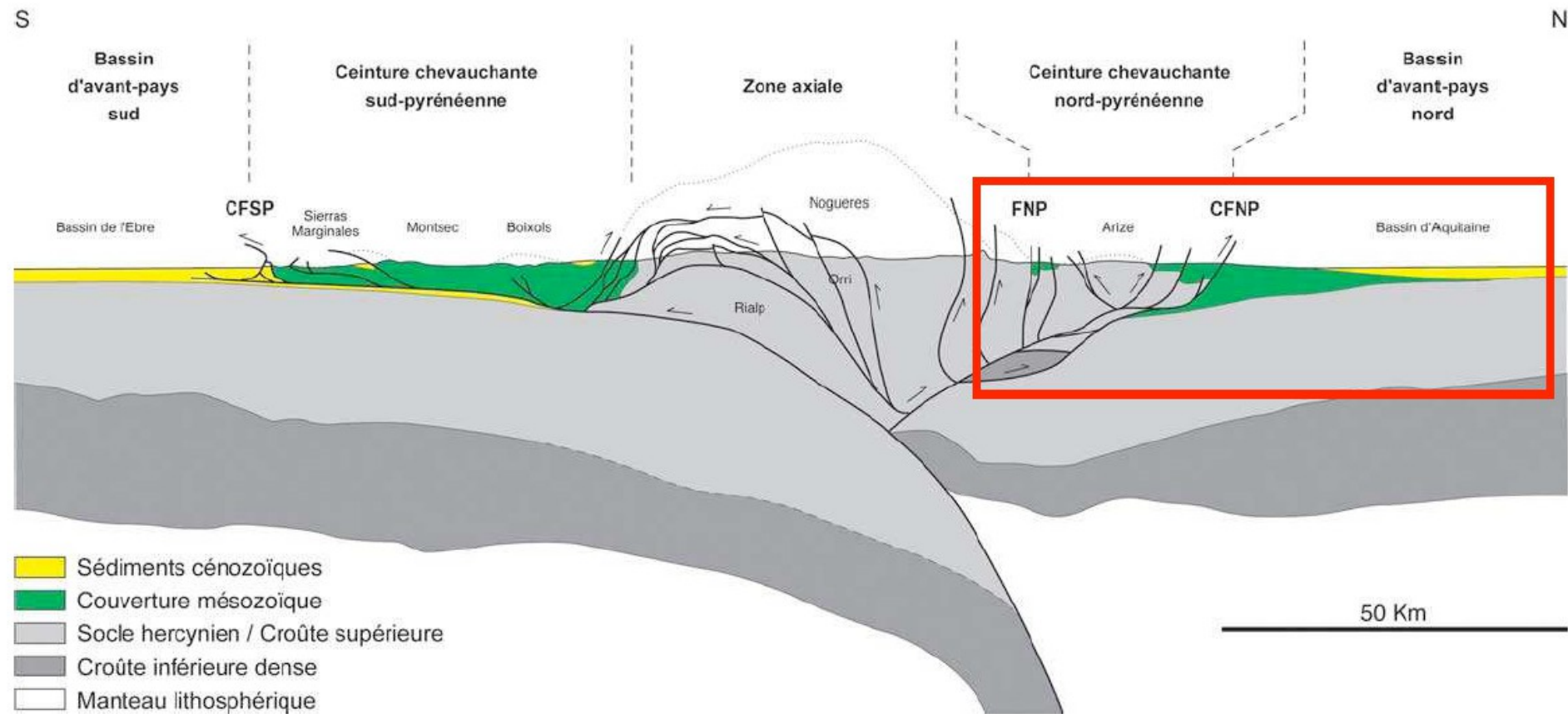
Essai de corrélation avec l'ouverture de l'Atlantique. A gauche, état de l'Atlantique équatorial suivant : MASCLE *et al.* (1986), figures prolongées vers l'est jusqu'à l'Adamaoua. En haut, on voit la bonne corrélation possible entre la phase P1 de l'Adamaoua et les cisaillements dextres qui amorcent l'ouverture de l'Atlantique Sud. En bas, ouverture de l'Atlantique Sud et distensions de la phase P2 (a, puis b) relevées dans l'Adamaoua.

Bassins de part et d'autre des Pyrénées



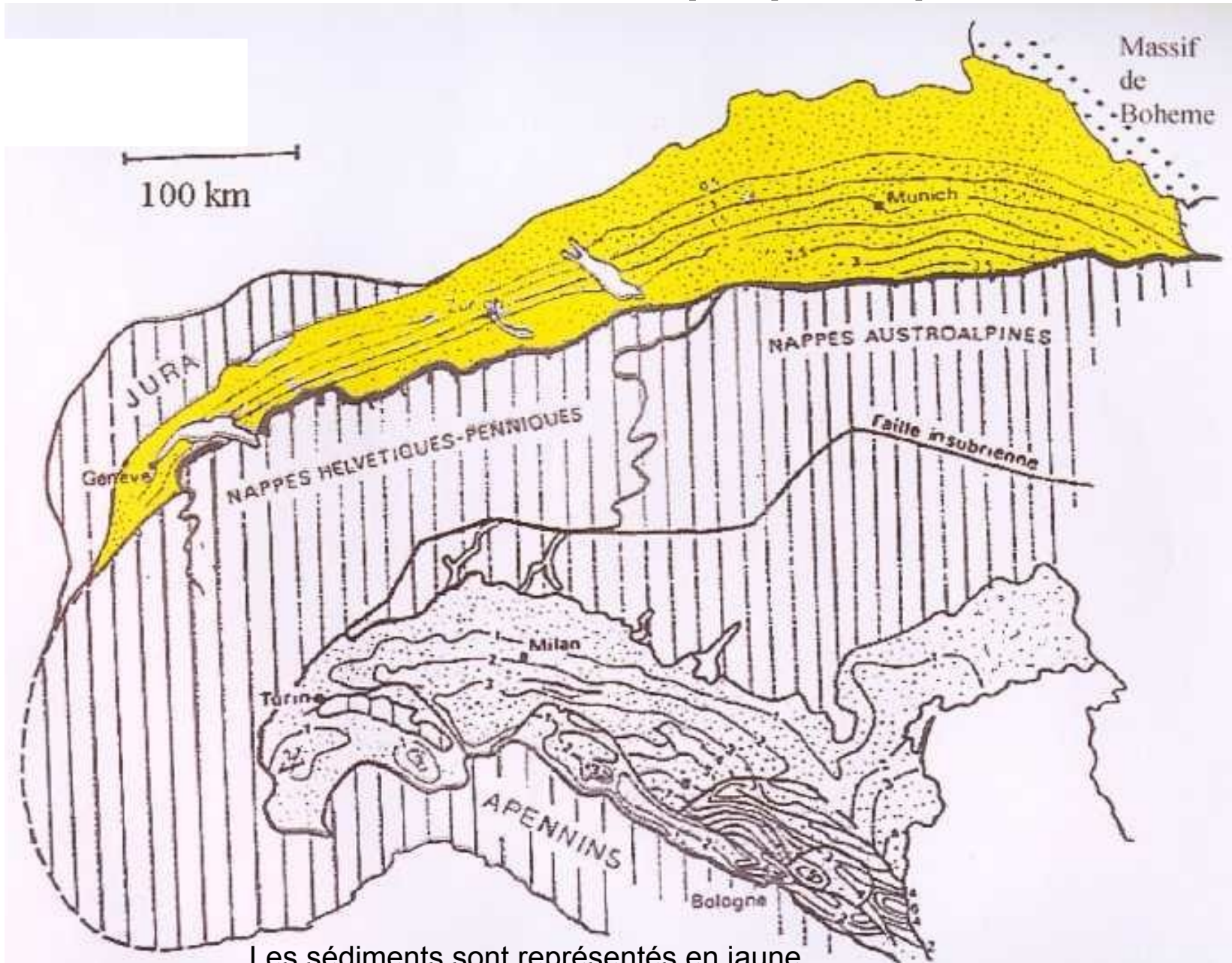
(Modifié d'après Vergès, 1999)

Entre bassins de l'Ebre et Aquitain



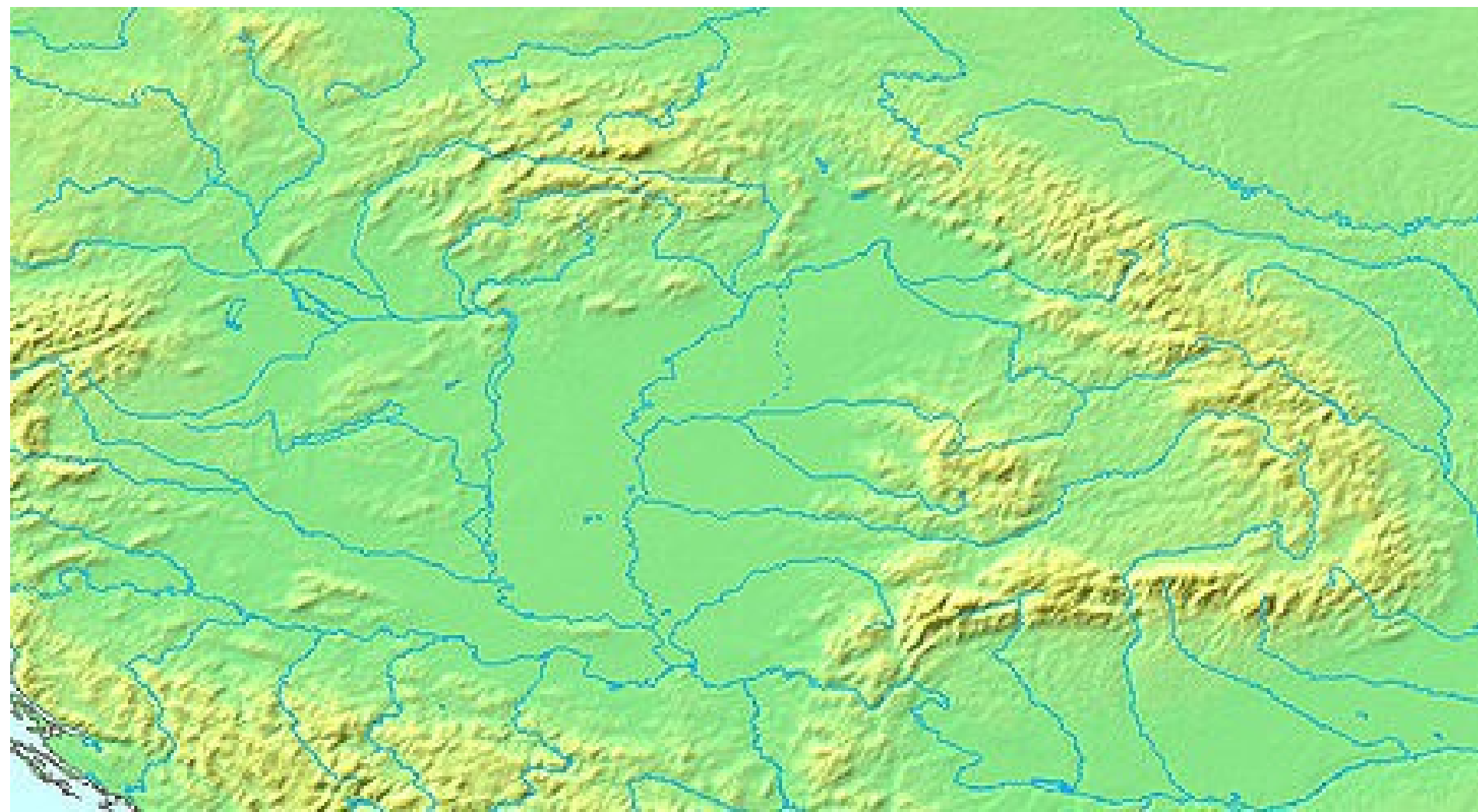
D'épaisses couches de sédiments, pouvant être plus anciennes que les bassins d'avant pays

Le bassin molassique péri-alpin



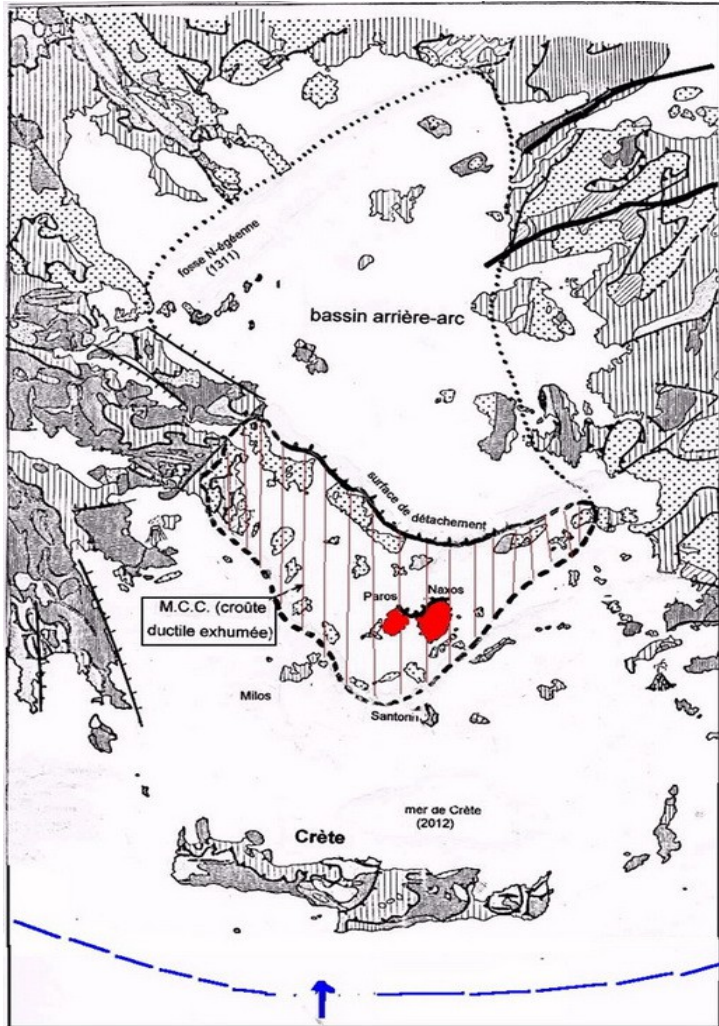
Les sédiments sont représentés en jaune.

Le Bassin Pannonien

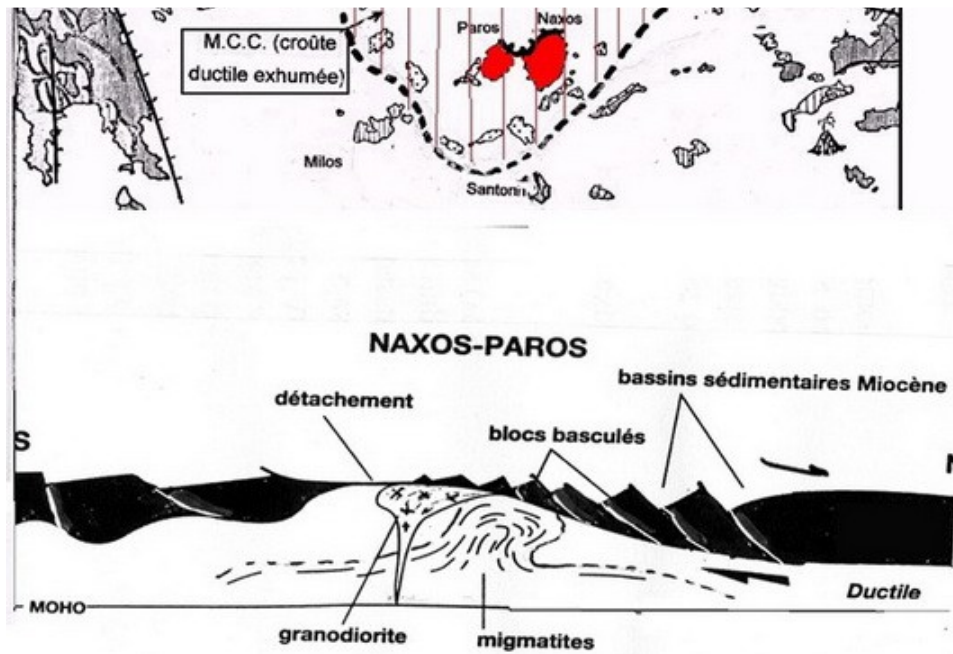


La plaine de Pannonie est un grand bassin sédimentaire du centre et du sud-est de l'Europe.
C'est le résultat de l'assèchement de la mer de Pannonie du Pliocène (bassin pannonien).
Le Danube divise grossièrement la plaine en deux.

Le Bassin Egéen

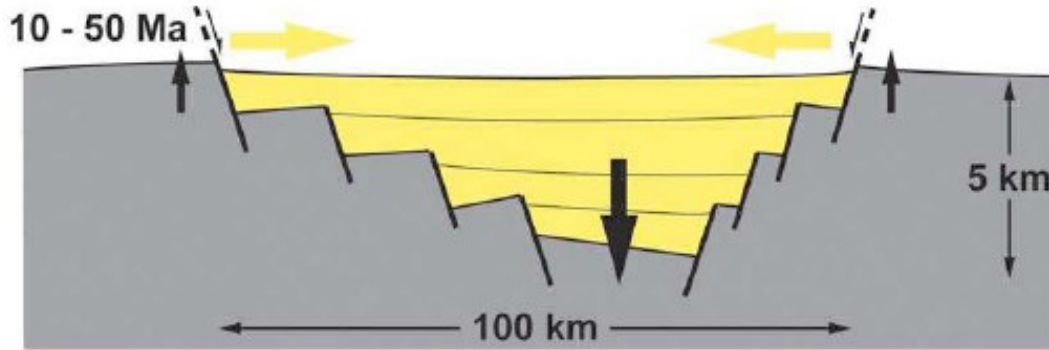


Les îles de Naxos-Paros représentent une véritable fenêtre ouverte par la dénudation distensive au travers de l'empilement des nappes et laissant voir les parties profondes de l'orogène, réactivées.

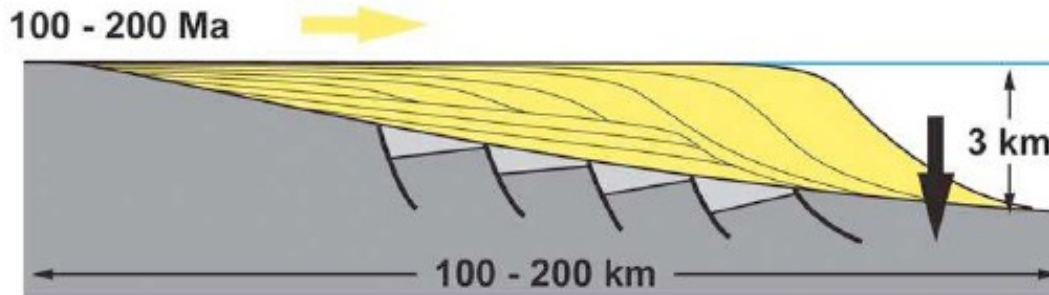


La mer Egée est une véritable mosaïque de blocs et de fossés scellés par des sédiments dont les premiers sont miocène inférieur. Sa profondeur reste modeste et nulle part n'affleure de croûte océanique. Elle représente un bassin arrière-arc lié à la subduction du domaine océanique de la Méditerranée orientale sous la Crète, subduction qui a dû commencer à fonctionner dès cette époque. Il a entraîné l'effondrement de la chaîne qui liait Grèce et Turquie après le plissement éocène.

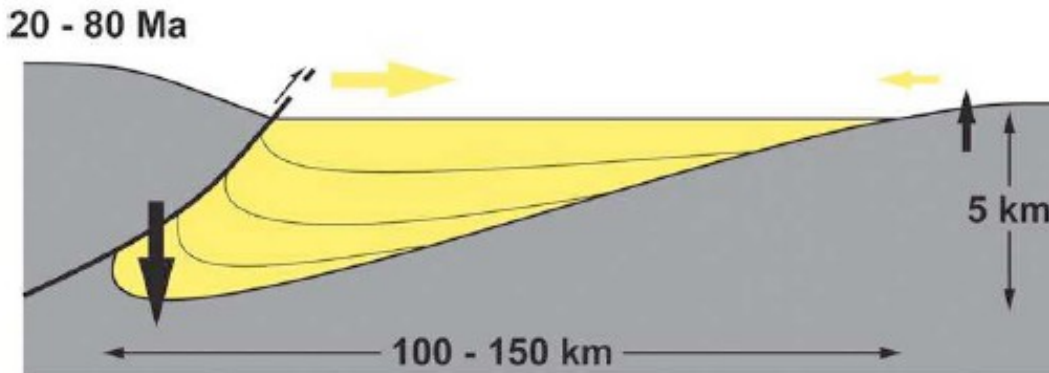
Échelles caractéristiques des différents types de bassins



**Bassins extensifs :
Rifts**



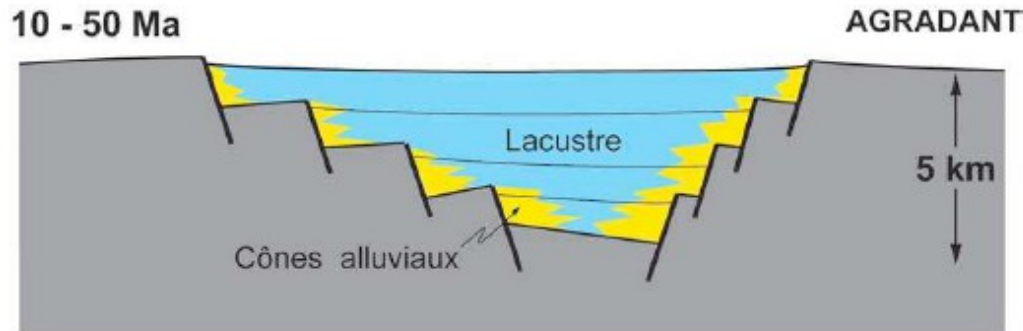
**Bassins extensifs :
Marges passives**



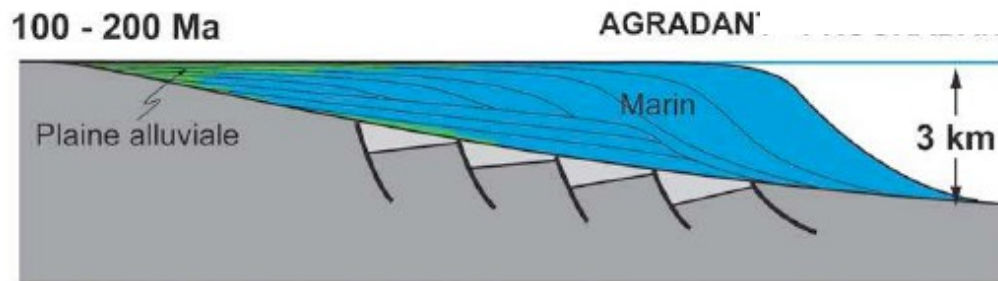
**Bassins compressifs :
Bassins flexuraux (d'
avant-pays)**

(Nalpas, 2002)

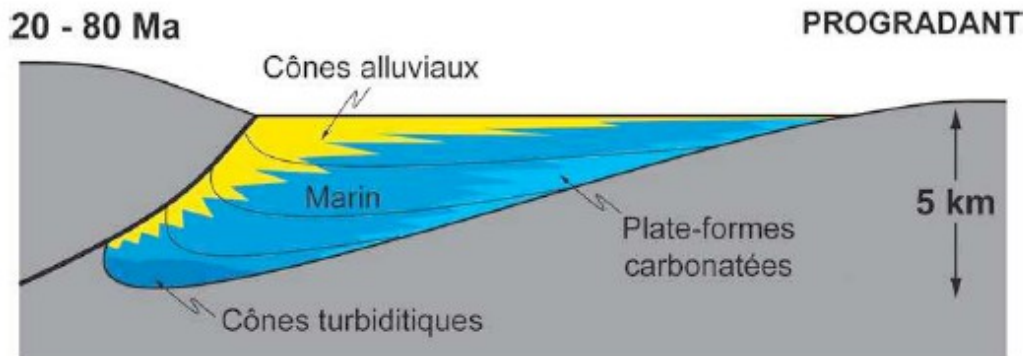
Évolution standard du rapport apports / subsidence des différents types de bassins (x 100 km)



Bassins extensifs :
Rifts



Bassins extensifs :
Marges passives



Bassins compressifs :
Bassins flexuraux (d'
avant-pays)

(Nalpas, 2002)