

Géologie Structurale

Séance VI : Système distensifs



Julien Charreau

Maître de Conférences

Ecole Nationale Supérieure de Géologie

julien.charreau@univ-lorraine.fr

Novembre 2020

Cours VI: Systèmes distensifs

I- Rappels

II-Autres éléments de classification

III-Relations contraintes vs familles de failles

IV- Les grands types de failles normales

V- Quantification de l'extension

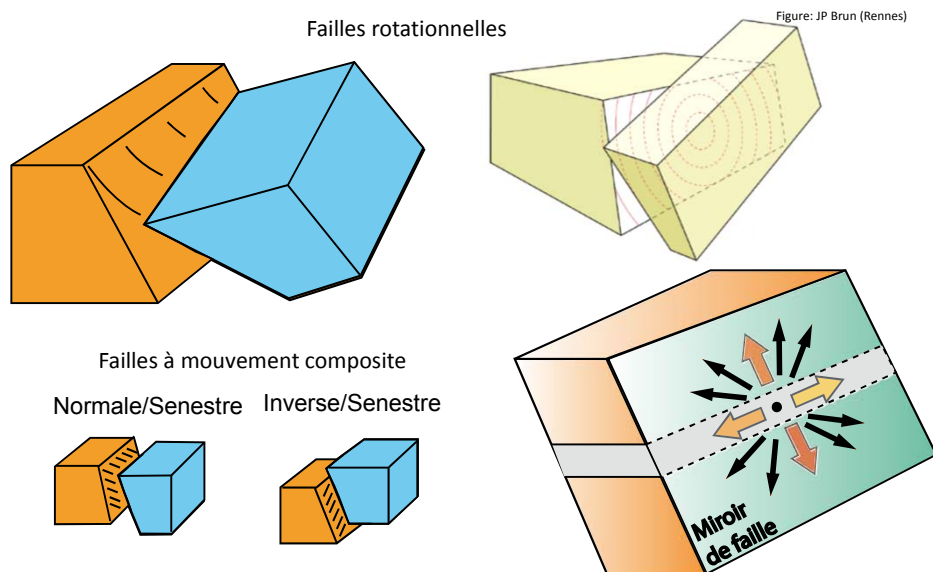
VI- La sédimentation associée

VII-Origine et distribution des failles normales

1

II-Autres éléments de classification

Les mouvements sont souvent plus complexes



2

II-Autres éléments de classification

La notion de failles conjuguées

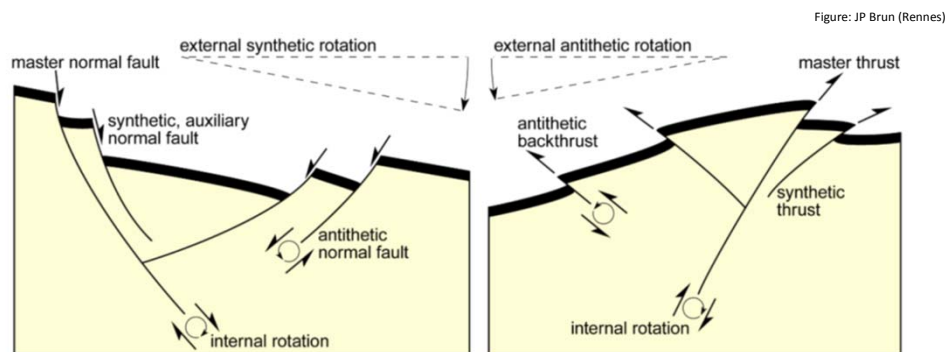
Les **failles conjuguées** sont des failles de **même type** formées pendant le **même épisode de déformation** ayant la **même direction** mais **un pendage opposé et symétrique**. Elles ont un mouvement opposé et réciproque. L'angle entre deux failles conjuguées dépend de l'éliptoïde des contraintes.



3

II-Autres éléments de classification

La notion de failles synthétiques et antithétiques



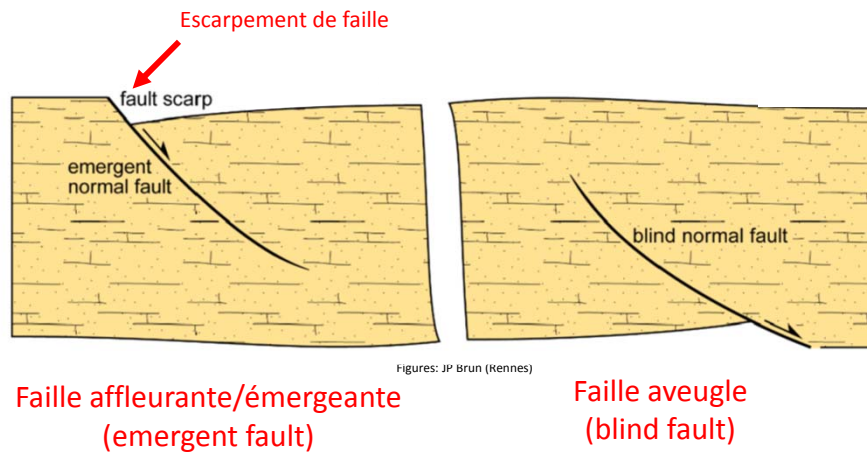
Failles synthétiques: failles dont le mouvement est le même qu'une autre faille plus importante prise comme référence.

Failles antithétiques: failles dont le mouvement est opposé à une autre faille plus importante prise comme référence.

4

II-Autres éléments de classification

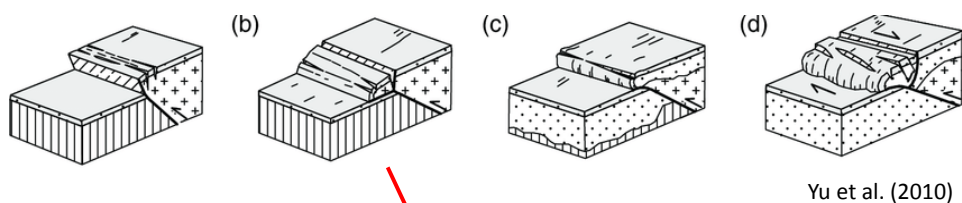
La notion de failles aveugles vs affleurantes



5

II-Autres éléments de classification

La notion d'escarpement de faille: faille inverse



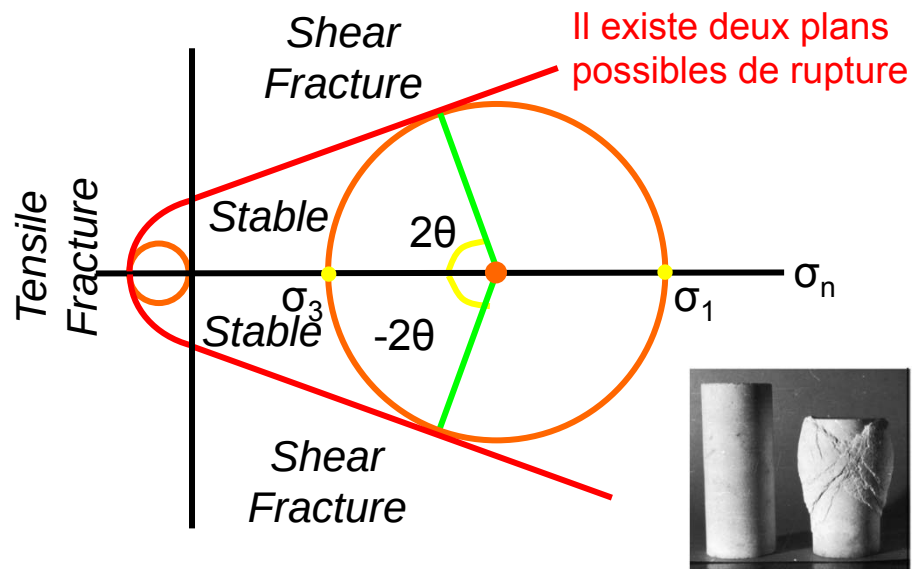
NB: le miroir n'est en général pas visible



6

III-Relations contraintes vs failles

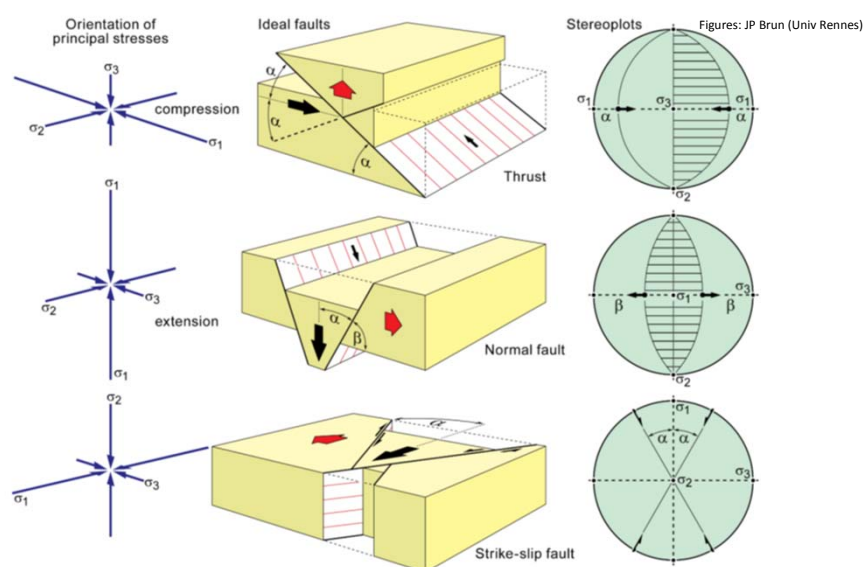
Contraintes vs. failles conjuguées



7

III-Relations contraintes vs failles

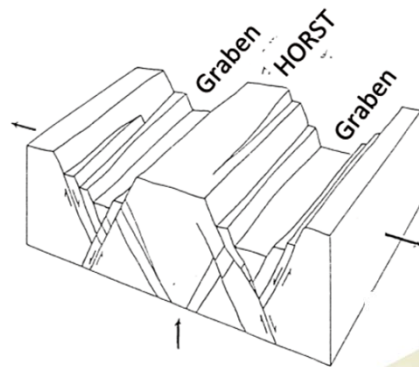
Contraintes vs. failles conjuguées



8

IV-Les grands types de failles normales

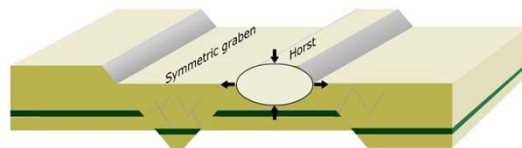
Les failles normales plates (planar normal fault)



Graben: mot d'origine allemande dignifiant « fossé ». Structure tectonique d'effondrement situé entre deux failles normales de même direction mais de pendage opposé

Horst: compartiment surélevé entre deux failles normales de même direction

Animation Haakon Fossen



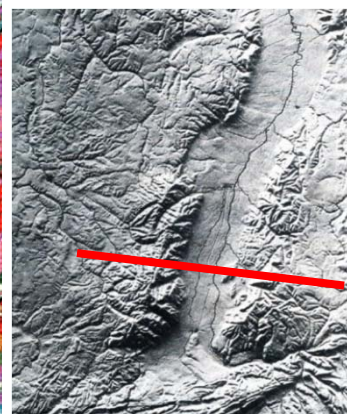
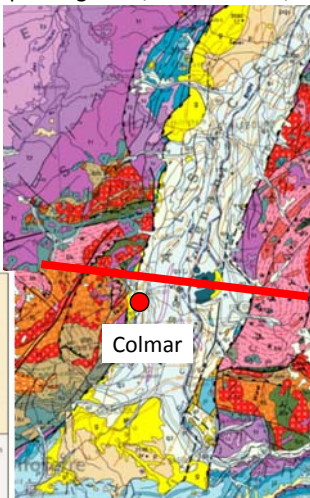
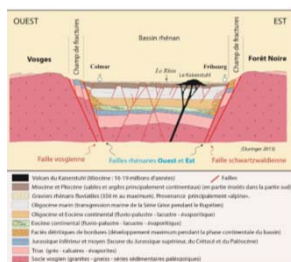
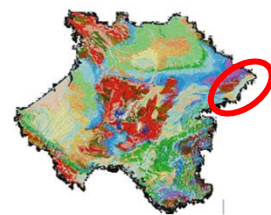
(1) Les failles normales plates non-rotationnelles

9

IV-Les grands types de failles normales

Les failles normales plates (planar normal fault)

Exemple du graben/basin du Rhin/fossé Rhénan

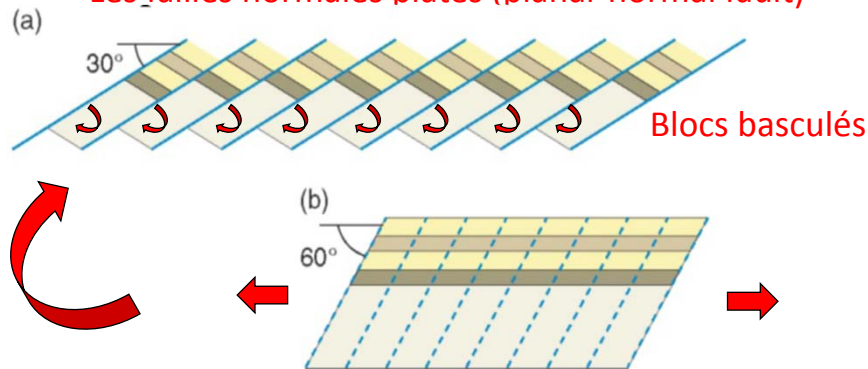


Extrait de la carte géologique au 1/1000000 (InfoTerre.fr)

10

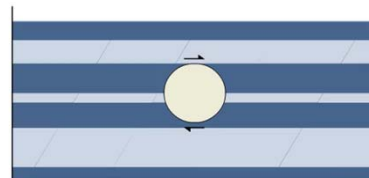
IV-Les grands types de failles normales

Les failles normales plates (planar normal fault)



(2) Les failles normales plates rotationnelles

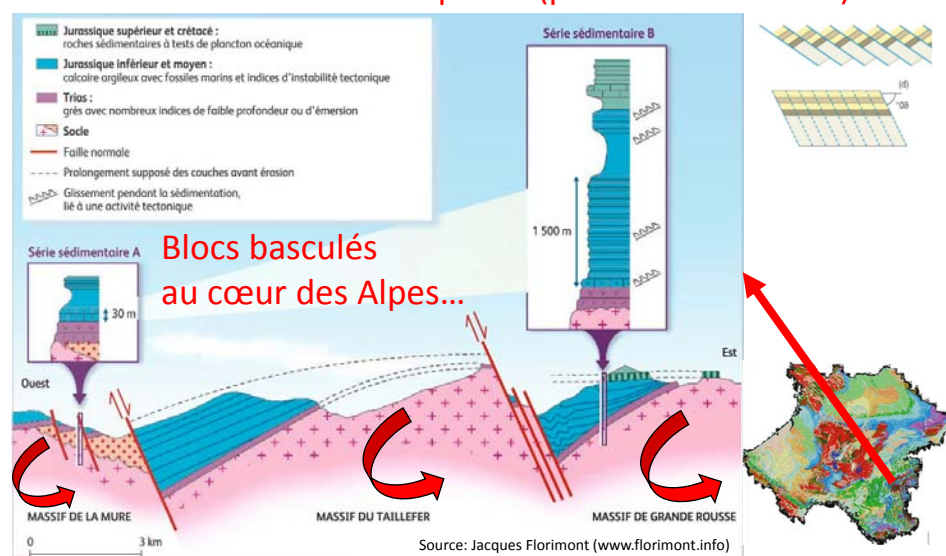
Animation Haakon Fossen



11

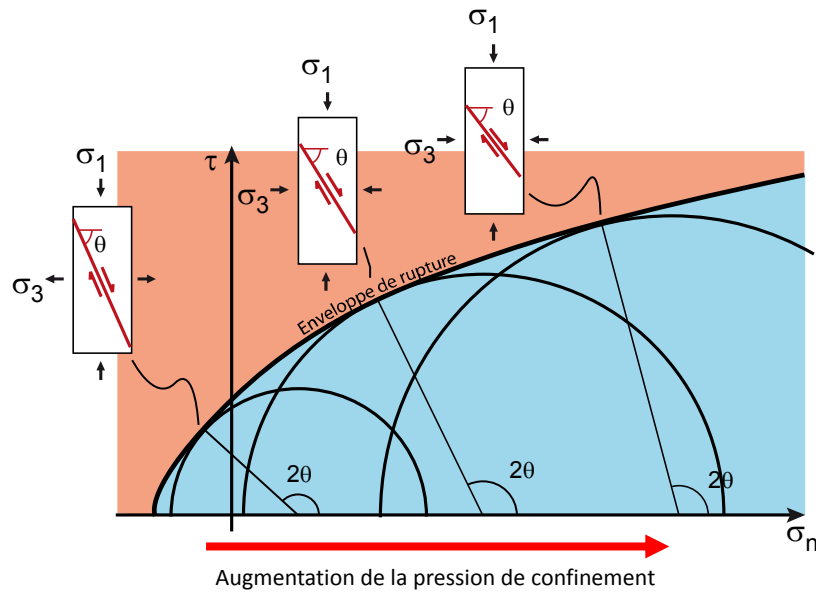
IV-Les grands types de failles normales

Les failles normales plates (planar normal fault)



12

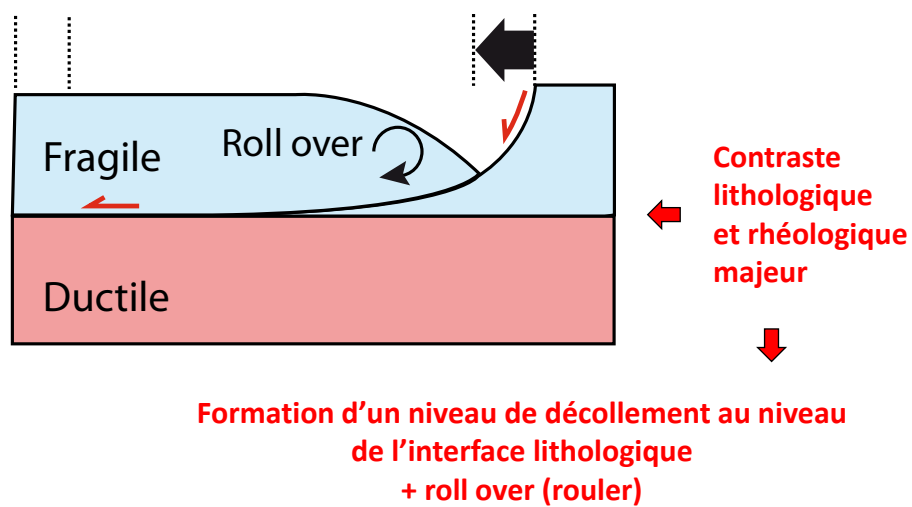
IV-Les grands types de failles normales



13

IV-Les grands types de failles normales

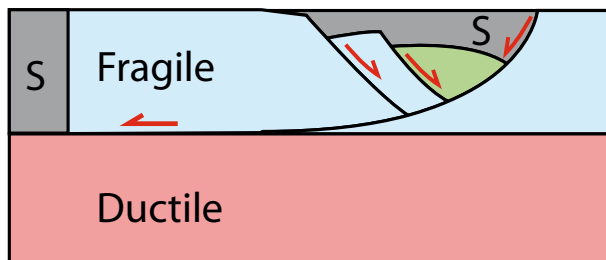
Les failles listriques (listric faults)



14

IV-Les grands types de failles normales

Les failles listriques (listric faults)



Contraste
lithologique
et rhéologique
majeur

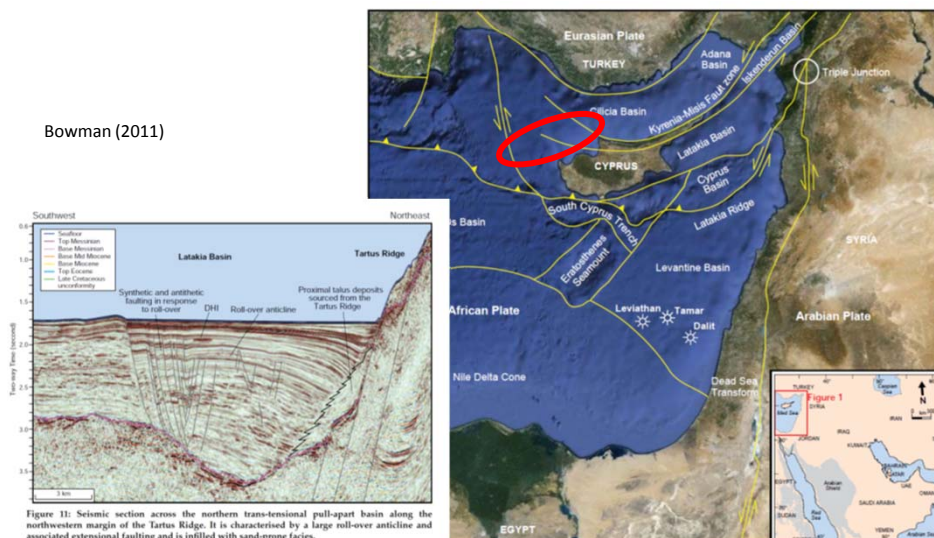
Développement de failles antithétiques pour accommoder
le roll over
Surface S conservée

15

IV-Les grands types de failles normales

Les failles listriques (listric faults)

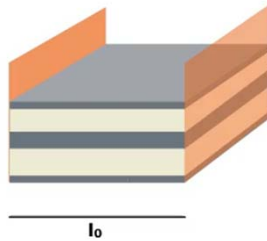
Bowman (2011)



16

IV-Les grands types de failles normales

Les failles normales faiblement inclinées voir horizontales



Origine ?

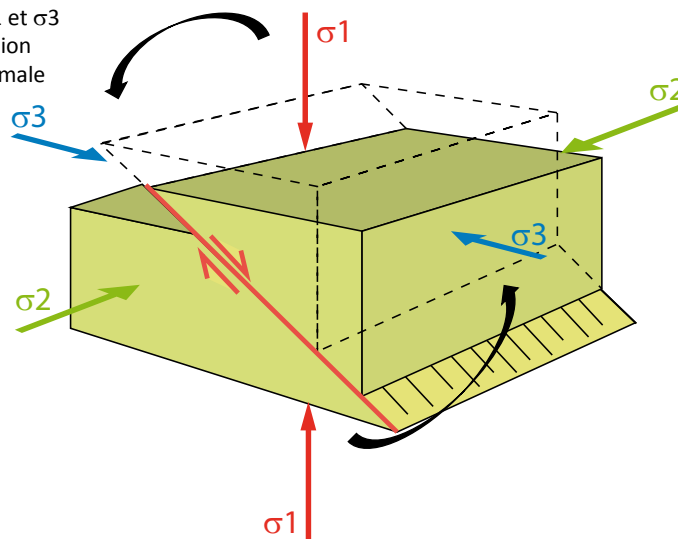
- Rotation des failles
- Réactivation d'une faille inverse
- Contraste lithologique et couche peu compétente (évacorite, argile)

17

IV-Les grands types de failles normales

Les failles normales faiblement inclinées voir horizontales

Inversion σ_1 et σ_3
 $\Rightarrow$ Réactivation
 en faille normale



18

V- Quantification de l'extension

Failles planaires (non rotationnelles)

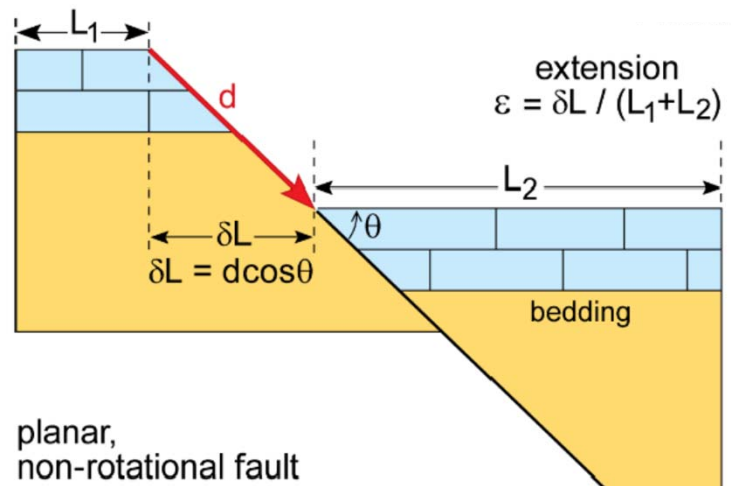


Figure: JP Brun (Rennes)

19

V- Quantification de l'extension

Failles planaires (rotationnelles)

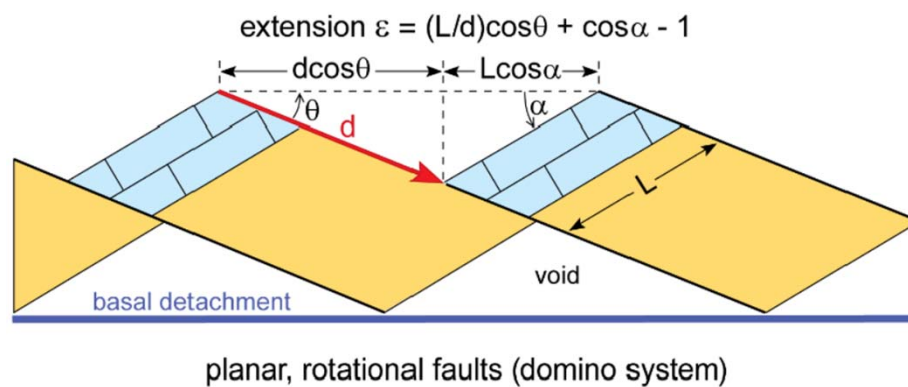
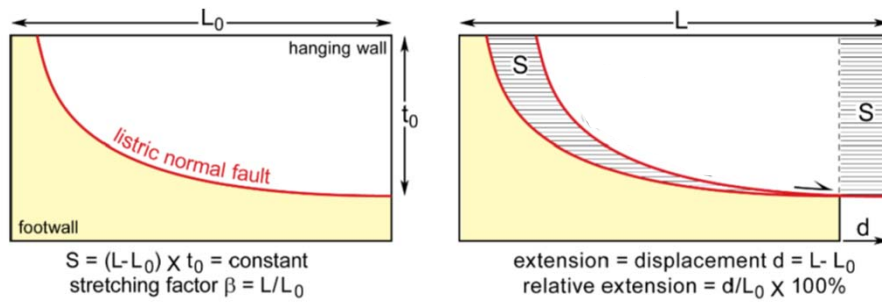


Figure: JP Brun (Rennes)

20

V- Quantification de l'extension

Failles listriques

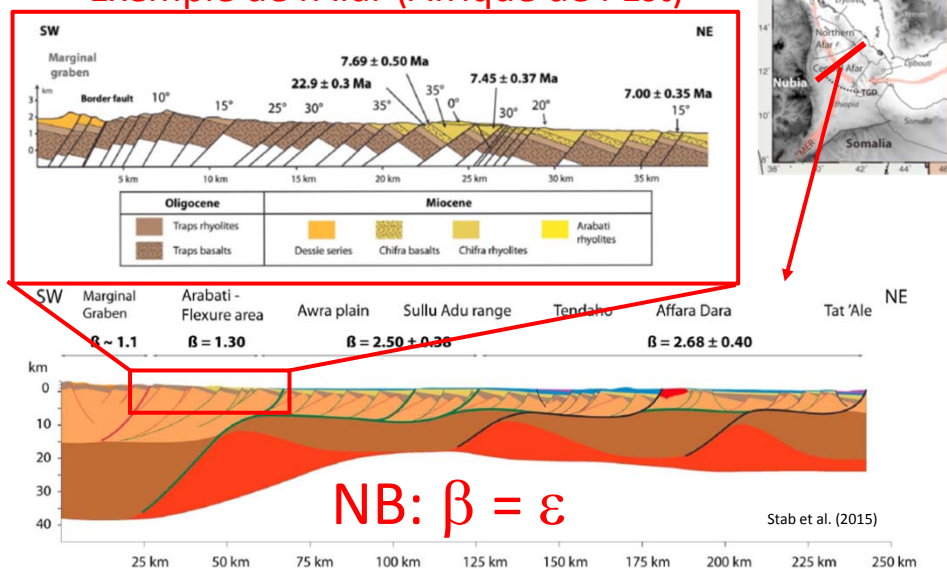


Figures: JP Brun (Rennes)

21

V- Quantification de l'extension

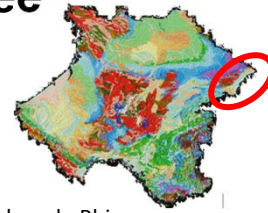
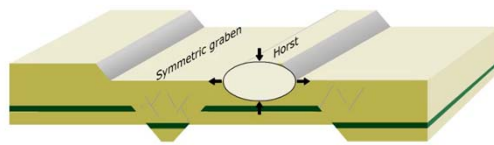
Exemple de l'Afar (Afrique de l'Est)



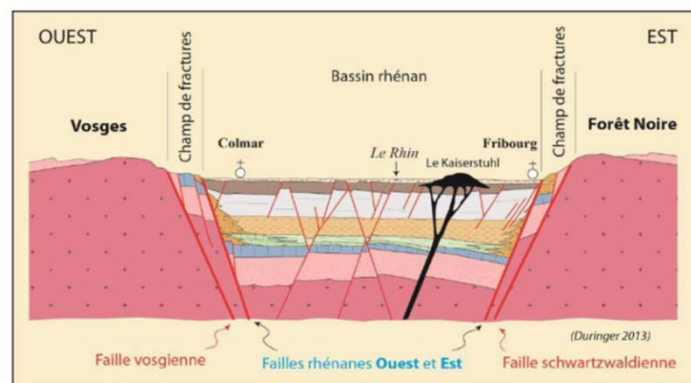
22

VI- La sédimentation associée

Bassin symétriques (graben)



Exemple du graben du Rhin

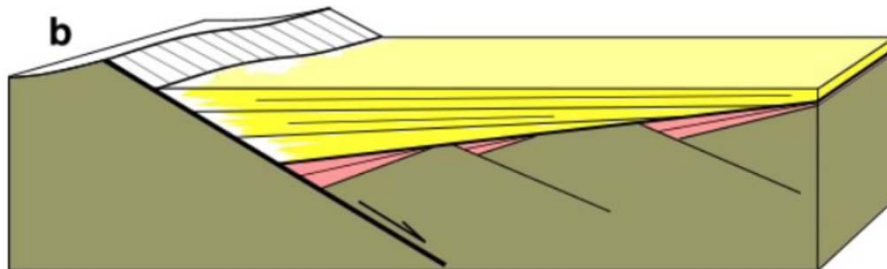
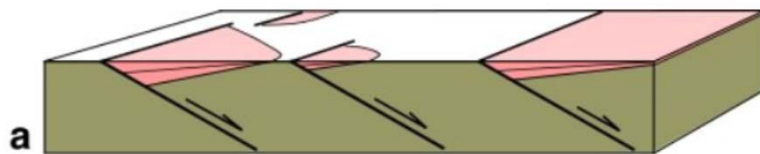


23

VI- La sédimentation associée

Bassins asymétriques (demi-graben)

Le cas des failles plates



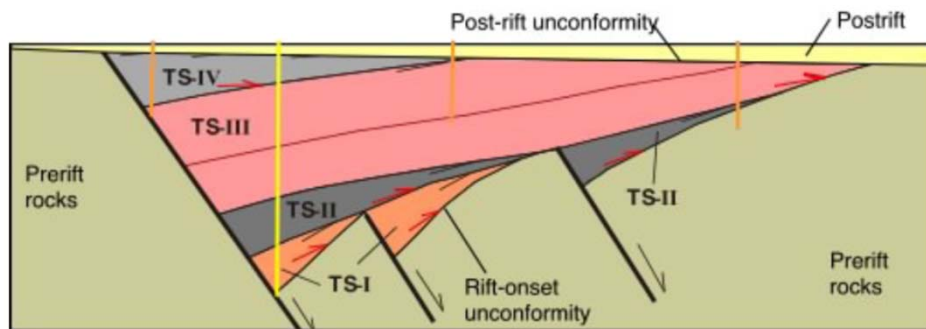
<https://www.ideo.columbia.edu/~polsen/nbcp/breakupintro.html>

24

VI- La sédimentation associée

Bassins asymétriques (demi-grabben)

Le cas des failles plates



<https://www.ldeo.columbia.edu/~polsen/nbcp/breakupintro.html>

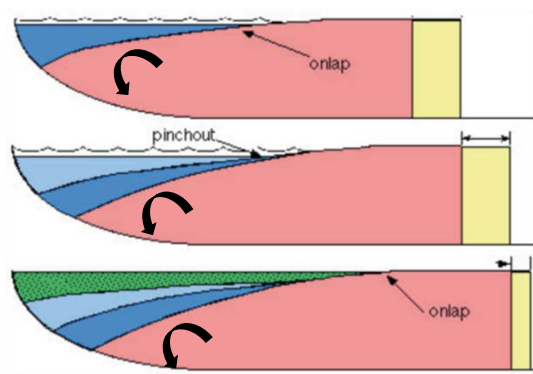
➡ Développement d'onlap et d'éventail

25

VI- La sédimentation associée

Bassins asymétriques (demi-grabben)

Le cas des failles plates



<http://www.geosci.usyd.edu.au/>

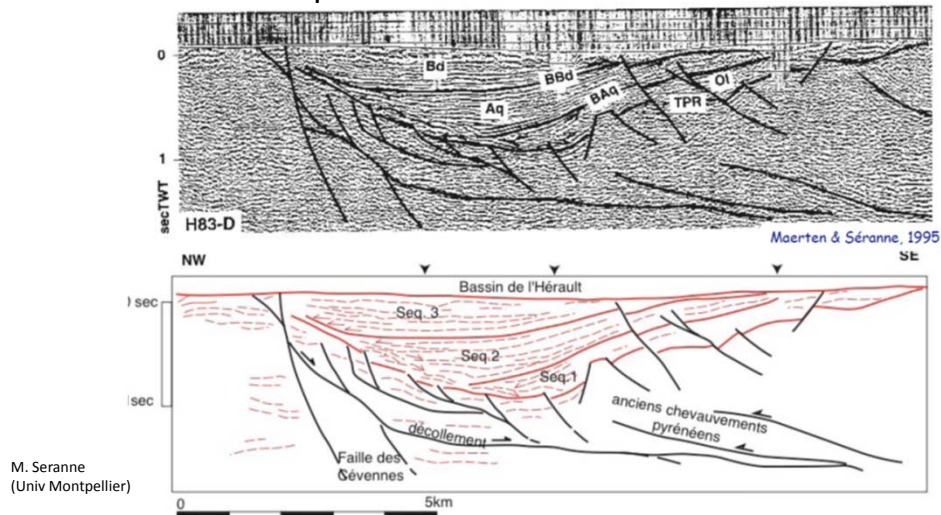
➡ Développement d'onlap et d'éventail
+ plis lié à la rotation

26

VI- La sédimentation associée

Bassins asymétriques (demi-grabben)

Coupe du bassin de l'Hérault



27

VII-Origine et distribution

Où trouve-t-on les failles normales et pourquoi ?

- Les zones de rifts
 - Rifts actifs vs. passifs
 - Marge volcanique vs. non volcanique
- Extension d'arrière-arc
- Les détachements et les core-complex
- Extension syn-orogénique
- Extension post-orogénique
- La tectonique gravitaire
- Les zones de relai entre deux failles

28

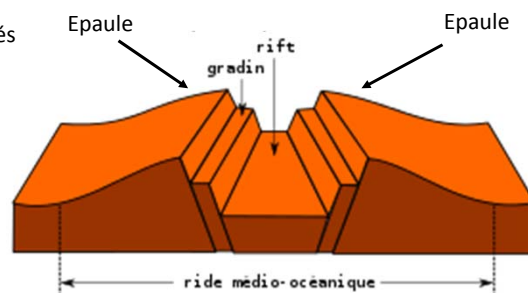
VII-Origine et distribution

Qu'est-ce qu'un rift ?

En anglais **rift** signifie « fissure, crevasse, rupture, déchirure ». Il s'agit d'une zone d'effondrement relativement linéaire d'échelle crustale (>100km) affectant la croûte terrestre.

Anatomie d'un rift

NB: les gradins sont souvent des blocs basculés



Source: wikipedia

29

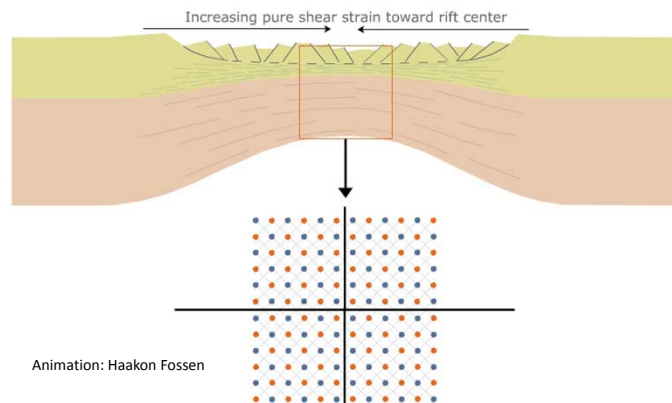
VII-Origine et distribution

Qu'est-ce qu'un rift ?

En anglais **rift** signifie « fissure, crevasse, rupture, déchirure ». Il s'agit d'une zone d'effondrement relativement linéaire d'échelle crustale (>100km) affectant la croûte terrestre.

Anatomie d'un rift

Rift symétrique
(cisaillement pure)
Voir cours S. Bourlange



Animation: Haakon Fossen

30

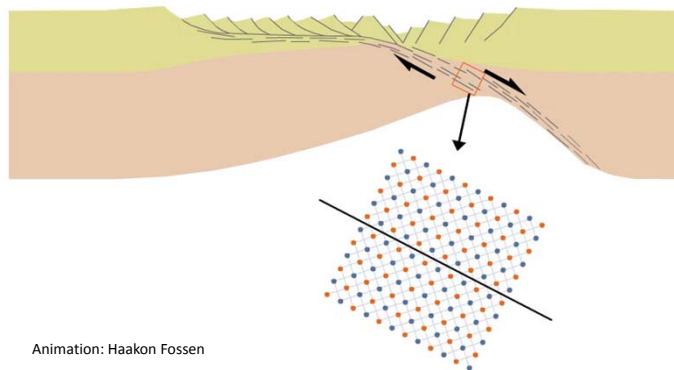
VII-Origine et distribution

Qu'est-ce qu'un rift ?

En anglais **rift** signifie « fissure, crevasse, rupture, déchirure ». Il s'agit d'une zone d'effondrement relativement linéaire d'échelle crustale (>100km) affectant la croûte terrestre.

Anatomie d'un rift

Rift asymétrique
(cisaillement simple)
Voir cours S. Bourlange

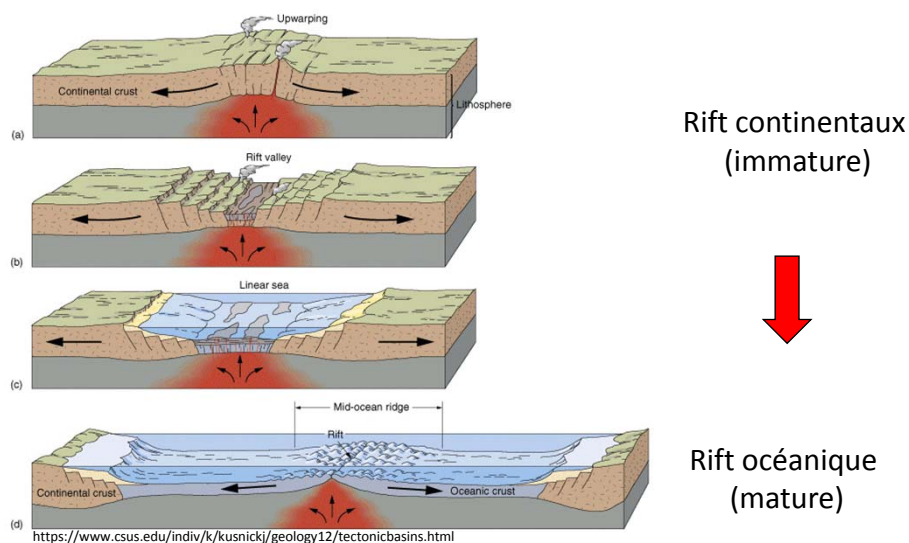


Animation: Haakon Fossen

31

VII-Origine et distribution

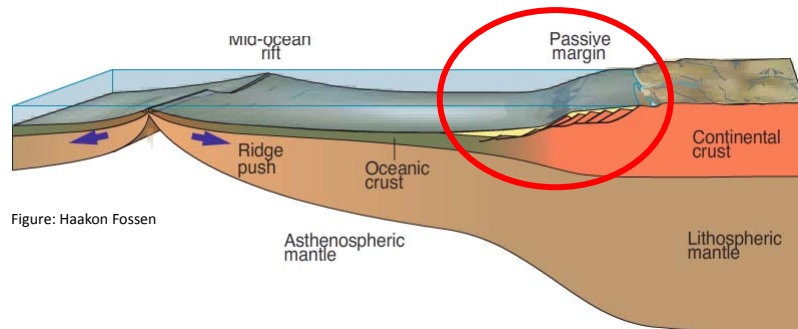
Evolution d'un rift



32

VII-Origine et distribution

La notion de marge passive



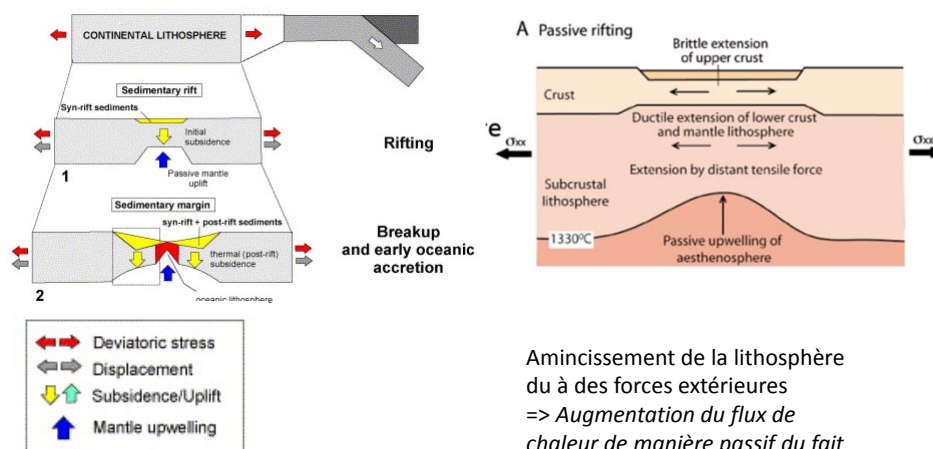
Marge passive = zone de transition entre la croute océanique et la croute continentale aux extrémités d'une zone de rift et qui ne correspond pas à une limite de plaque active.

33

VII-Origine et distribution

Rift actifs

Deux types de rifts: 1. rift passif



Geoffroy (2005)

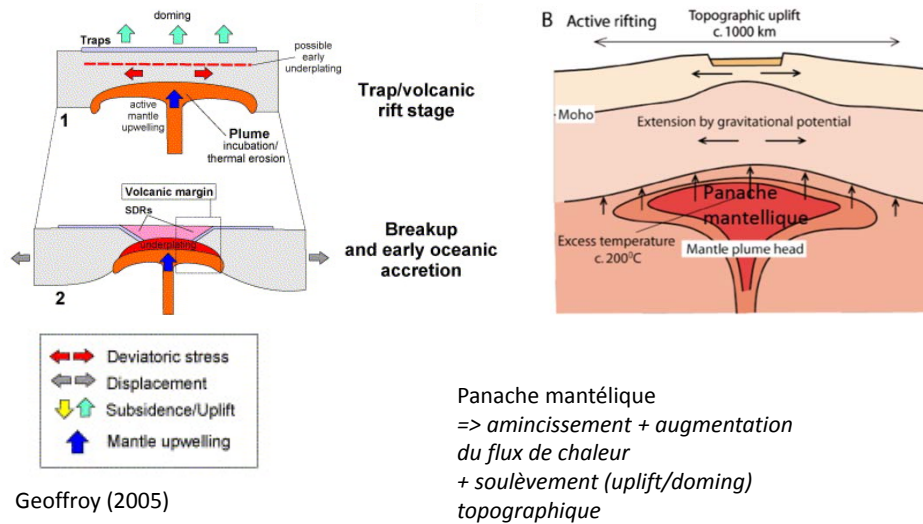
Amincissement de la lithosphère
du à des forces extérieures
=> Augmentation du flux de
chaleur de manière passif du fait
de cet amincissement

34

VII-Origine et distribution

Rift actifs

Deux types de rifts: 2. rift actif



35

VII-Origine et distribution

Deux types de marges passives

1. Marge non-volcanique (rift passif)

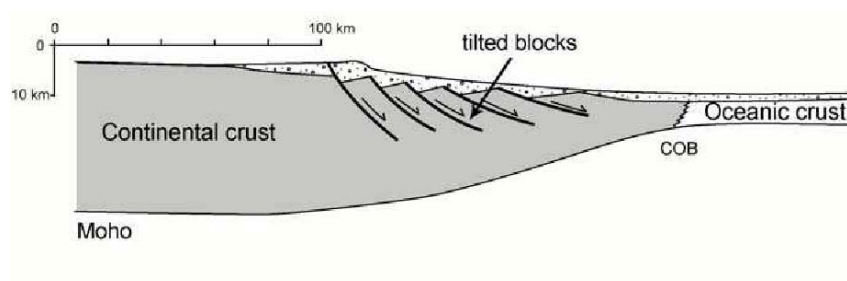


Figure d'après Geoffroy (2005)

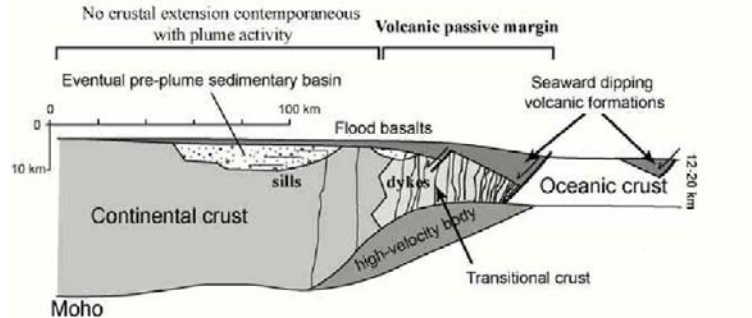
36

VII-Origine et distribution

Deux types de marges passives

2. Marge volcanique (rift actif)

Figure d'après Geoffroy (2005)



SDR=Seaward Dipping Reflectors
Réflecteurs sismiques pentés vers la mer
Succession de coulées de laves s'écoulant vers la mer

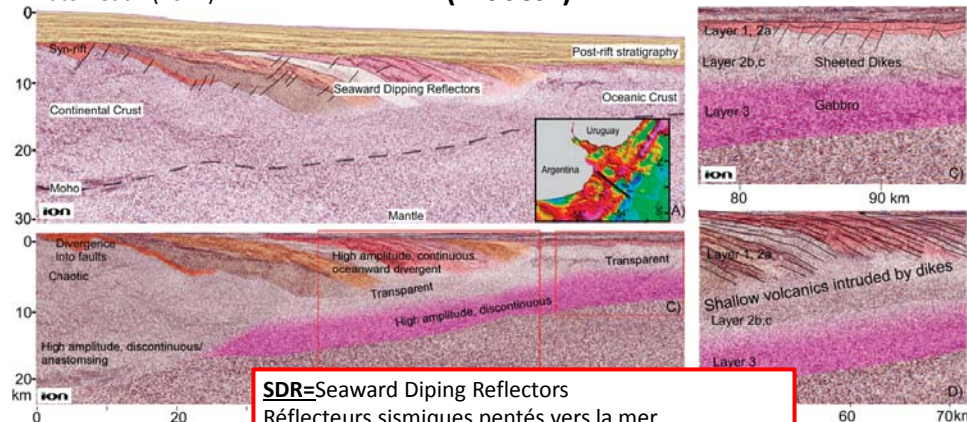
37

VII-Origine et distribution

Deux types de marges passives

2. Marge volcanique (rift actif)

Paton et al. (2017)



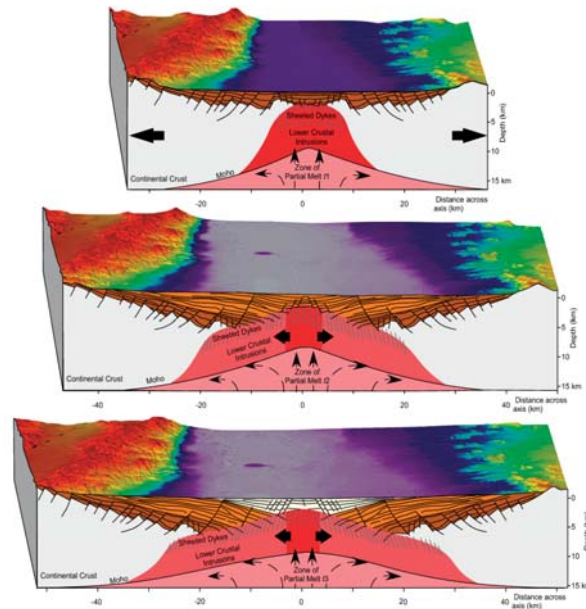
SDR=Seaward Dipping Reflectors
Réflecteurs sismiques pentés vers la mer
Succession de coulées de laves s'écoulant vers la mer

38

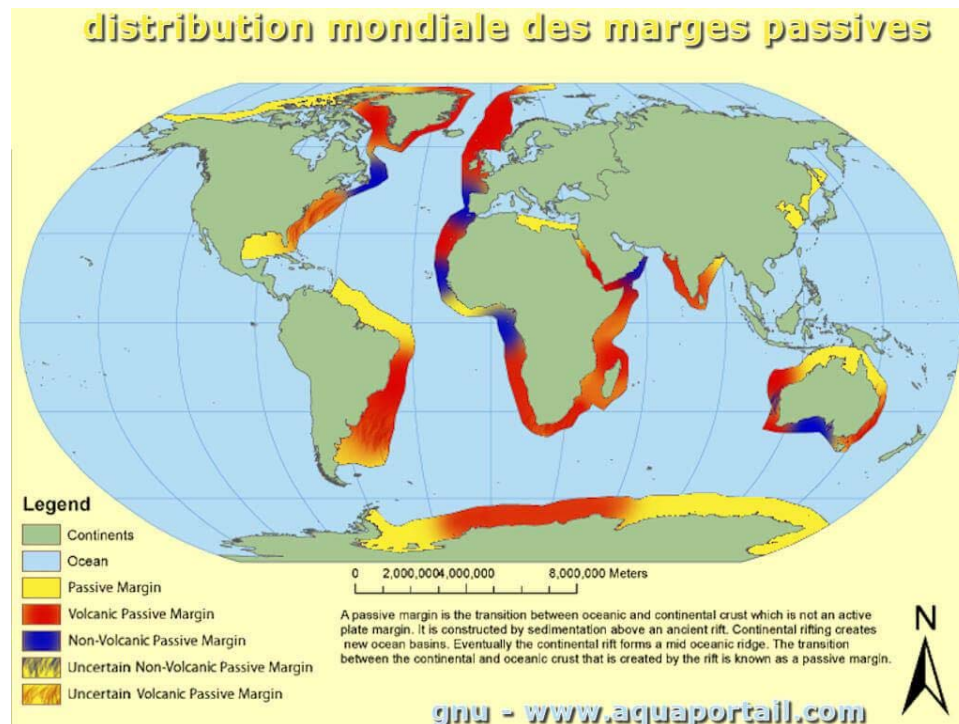
VII-Origine et distribution

Exemple de modèle
de mise en place des SDR

Paton et al. (2017)



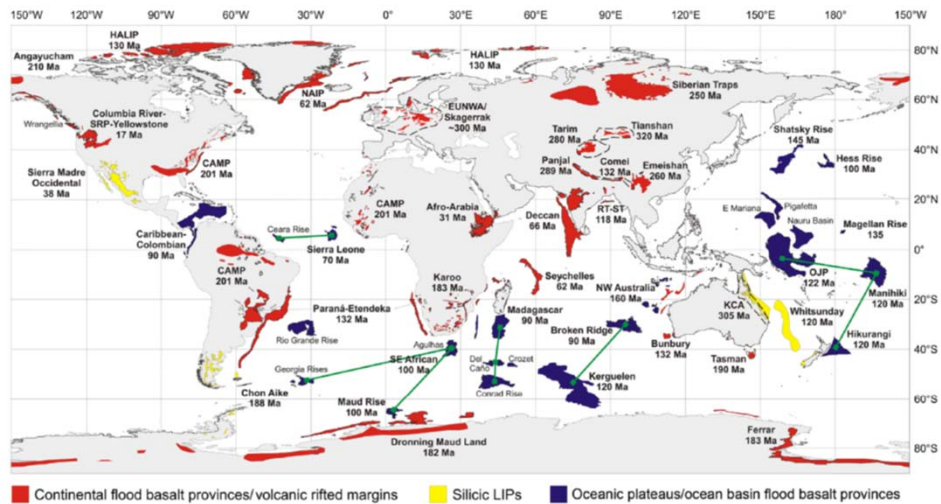
39



40

VII-Origine et distribution

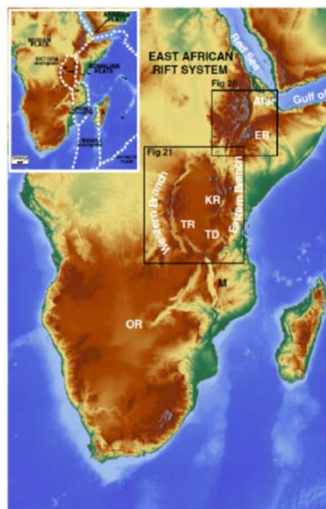
Marges volcaniques vs. LIP (Large Igneous Provinces)



41

VII-Origine et distribution

Quelques exemples de rift



Le rift Est Africain
Rift actif + volcanisme

42

VII-Origine et distribution

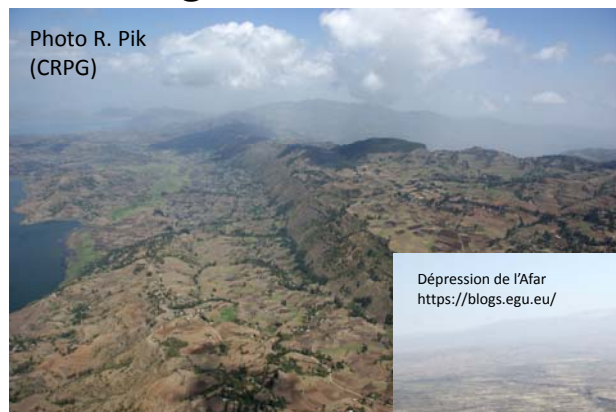


NB: volcan



43

VII-Origine et distribution



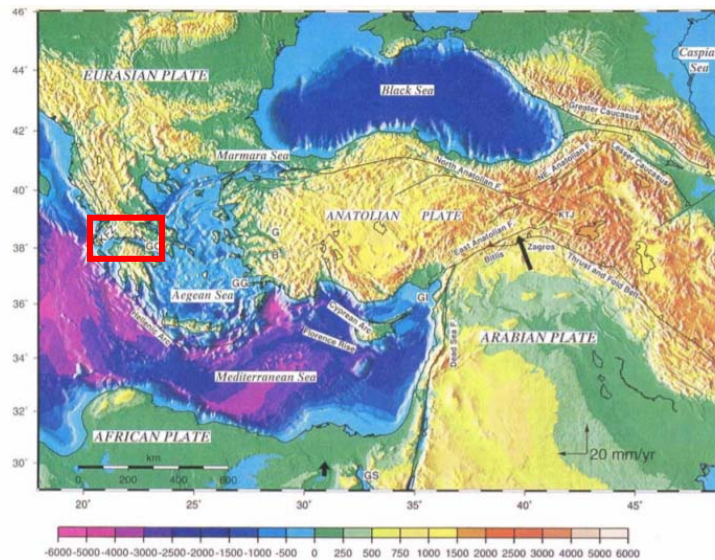
**Faïlle normale,
ex: Rift des Afars
(Ethiopie)**

44

VII-Origine et distribution

Quelques exemples de rift

Le Rift
de Corinthe
(Grèce)



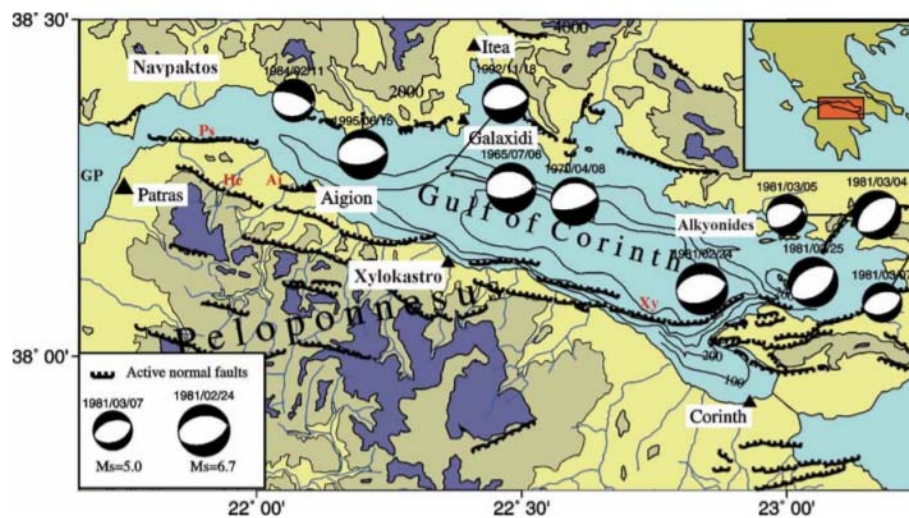
45

VII-Origine et distribution

Quelques exemples de rift

Bernard et al. (1997)

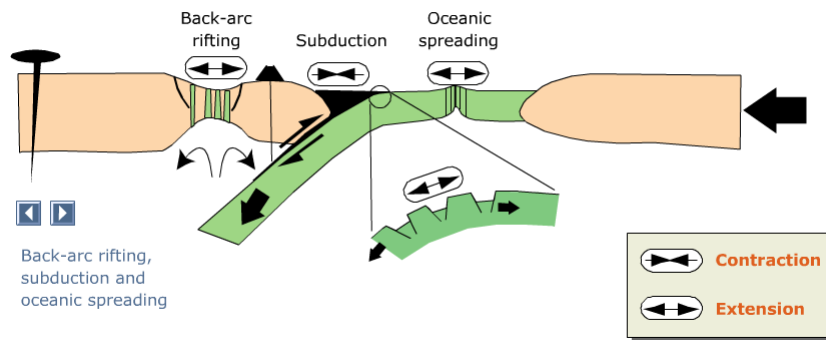
Le Rift de Corinthe (Grèce)



46

VII-Origine et distribution

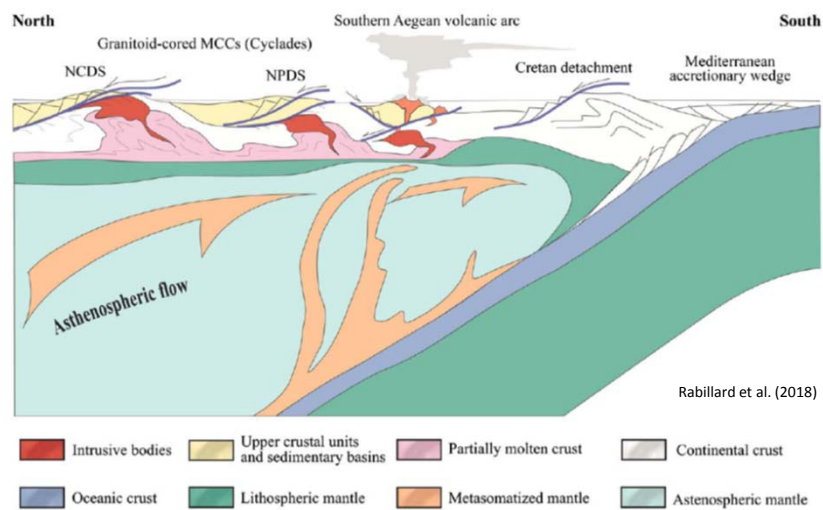
Extension d'arrière arc



47

VII-Origine et distribution

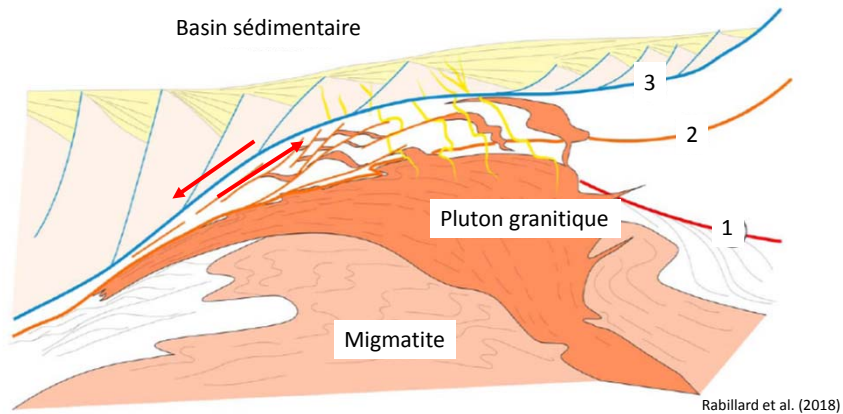
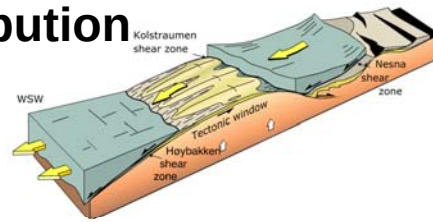
Extension d'arrière arc



48

VII-Origine et distribution

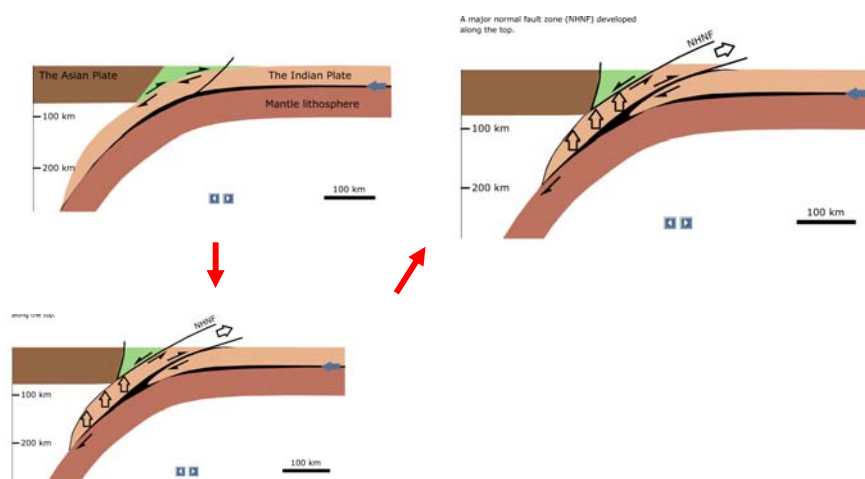
Les détachements et les core-complex



49

VII-Origine et distribution

Extension syn-orogénique

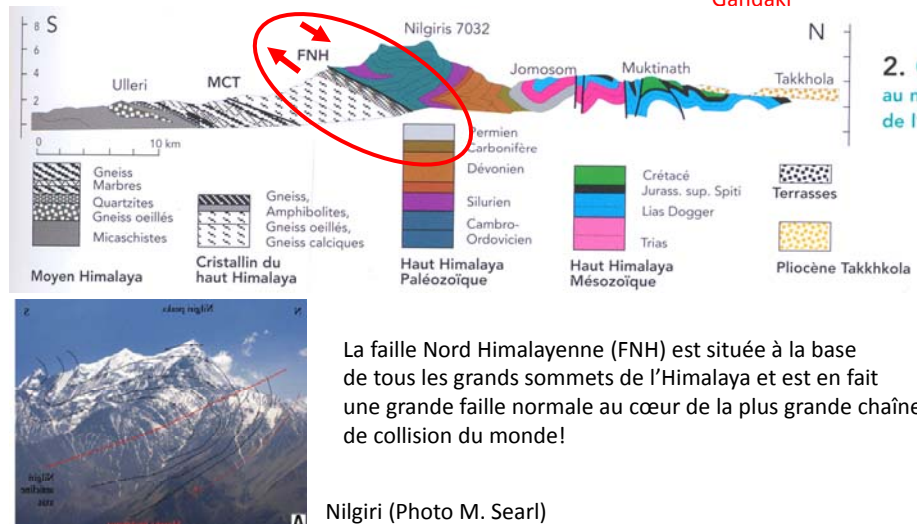


50

VII-Origine et distribution

Extension syn-orogénique

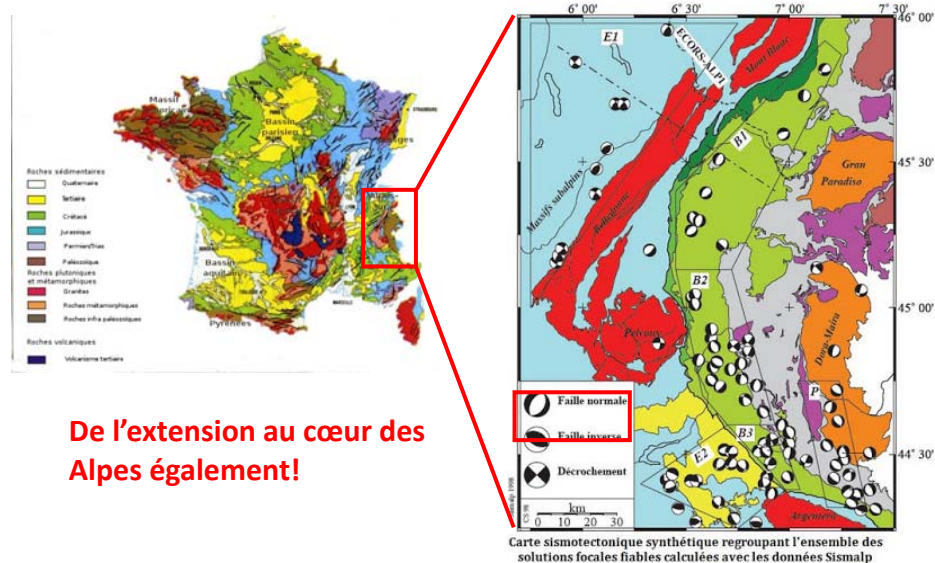
Coupe géologique de la vallée de la Kali Gandaki



51

VII-Origine et distribution

Extension syn-orogénique



52

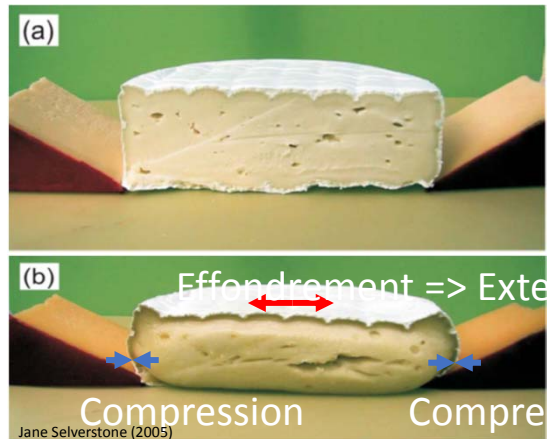
VII-Origine et distribution

Extension syn-orogénique

Origine possible= effondrement gravitaire au cœur de la chaîne



NB: l'origine de l'extension dans les Alpes reste encore débattu.
Ceci n'est qu'un modèle parmi d'autres



53

VII-Origine et distribution

Extension post-orogénique

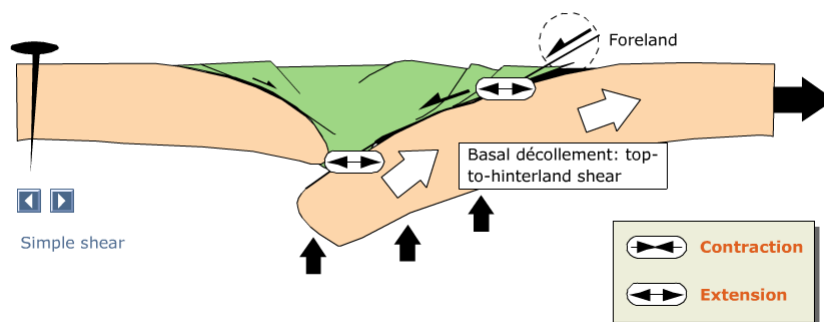
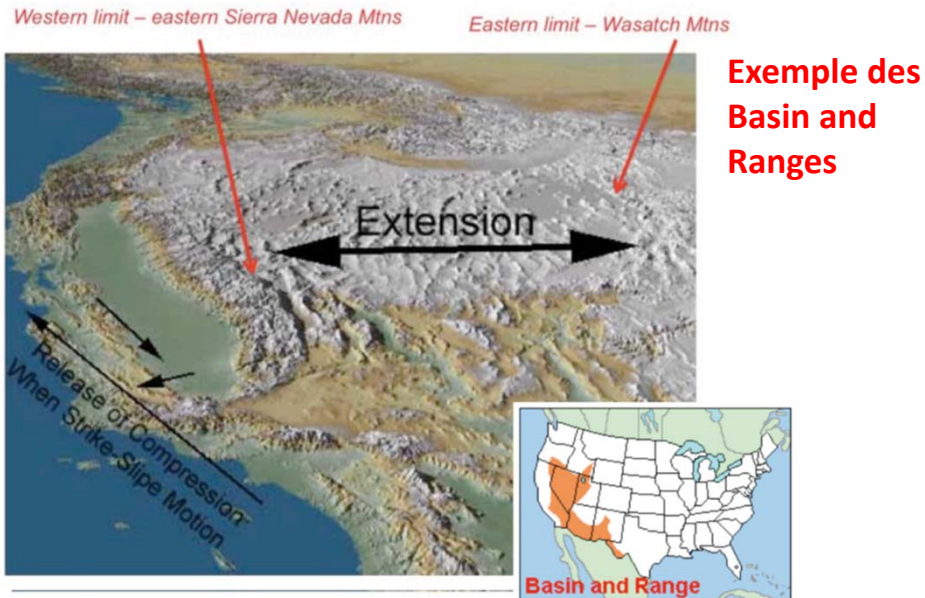


Figure: Haakon Fossen

54

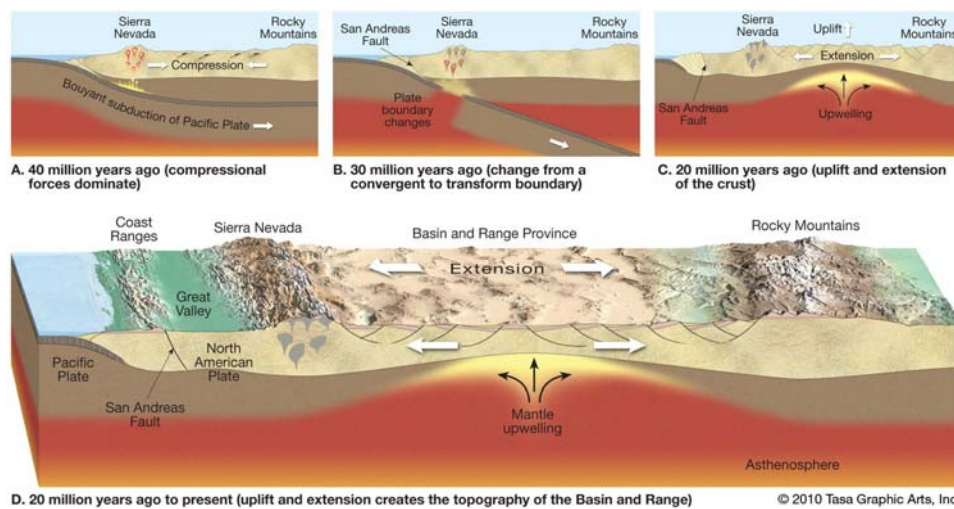
VII-Origine et distribution



55

VII-Origine et distribution

Exemple des Basin and Ranges



56

VII-Origine et distribution

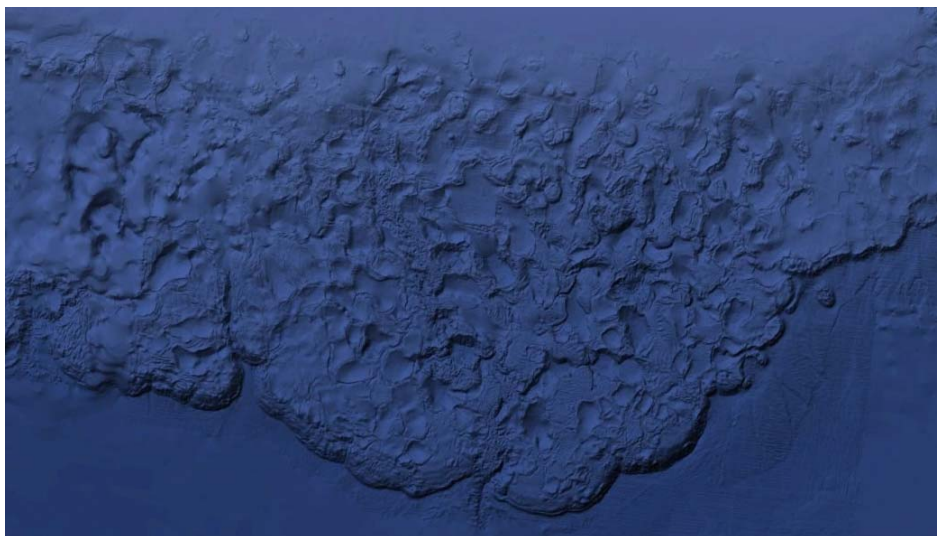
La tectonique gravitaire



Ex: Golfe
du Mexique

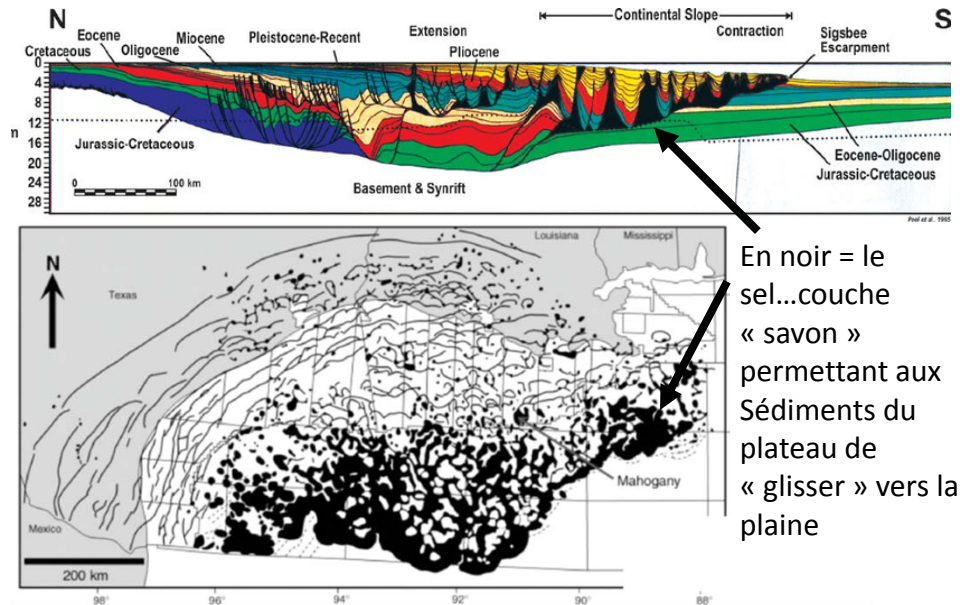
57

VII-Origine et distribution



58

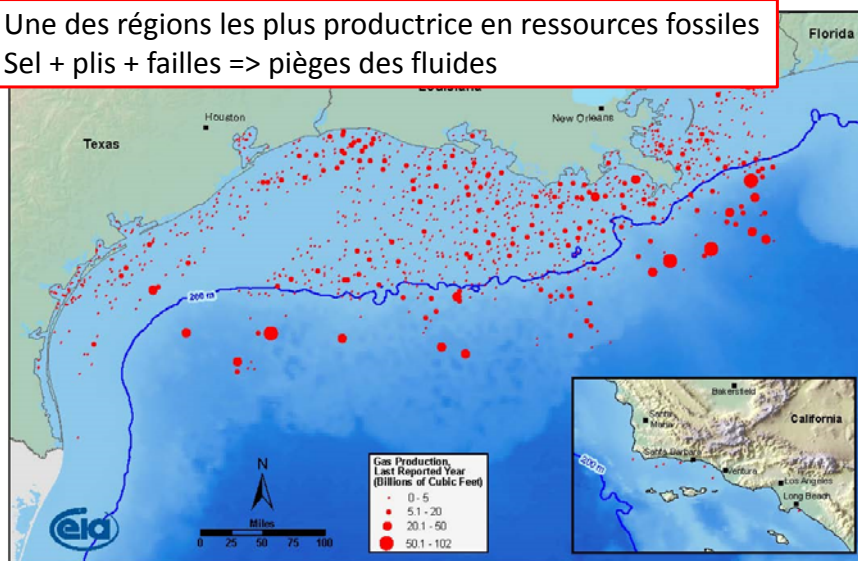
VII-Origine et distribution



59

VII-Origine et distribution

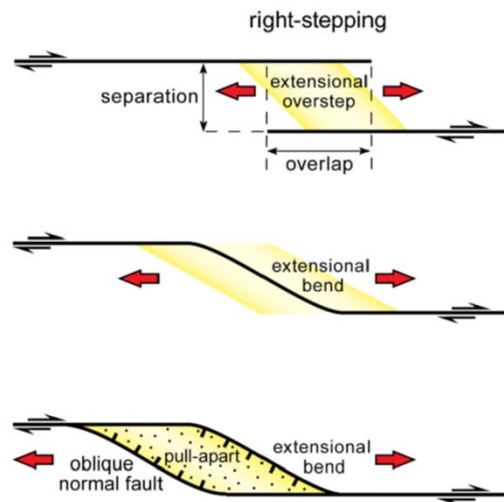
Une des régions les plus productrice en ressources fossiles
Sel + plis + failles => pièges des fluides



60

VII-Origine et distribution

Zone de relai entre deux failles décrochantes



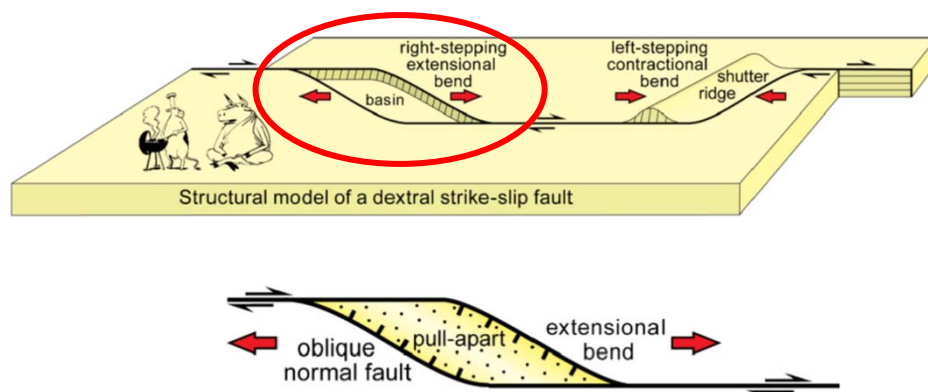
Figures: JP Brun (Univ Rennes)

61

VII-Origine et distribution

Zone de relai entre deux failles décrochantes

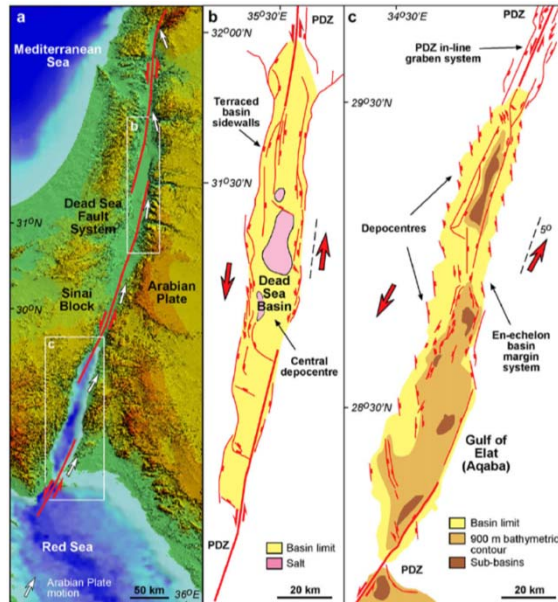
Bassin en « pull-apart »



Figures: JP Brun (Univ Rennes)

62

VII-Origine et distribution



Exemple de pull-apart
Le bassin de la Mer Morte

Wu et al. (2009)

63

Synthèse...ce que vous devez savoir:

1. Le vocabulaire et les termes de classification des failles (synthétique vs anti, aveugle vs affleurante...)
2. Les relations entre failles et état de contraintes
3. Les différentes types de failles normales et leurs origines
4. Les interactions entre sédimentation et failles normales (géométrie attendue des sédiments)
5. Les grands contextes d'extension, où l'on peut trouver des failles normales et les mécanismes/processus associées

64