

Géologie Structurale

Séance VIII : Systèmes compressifs



Anticlinal faillé de La Rochette du Buis (Baronnies)

Julien Charreau

Maître de Conférences

Ecole Nationale Supérieure de Géologie

julien.charreau@univ-lorraine.fr

Novembre 2020

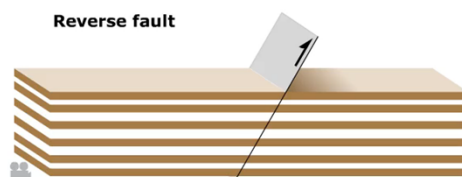
Cours VIII: Systèmes compressifs

- I- Rappels
- II- Les grands types de failles inverses
- III- Les décollements
- IV- Rampes, imbrications et duplex
- V- Socle et couverture
- VI- Les nappes
- VII- Les plis sur failles
- VIII- Quantification de la compression
- IX- La sédimentation associée
- X-Origine et distribution des failles inverses

1

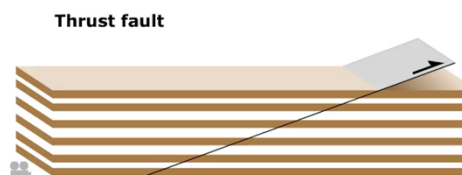
II-Les grands types de failles inverses

Faïlle inverse
(reverse fault)



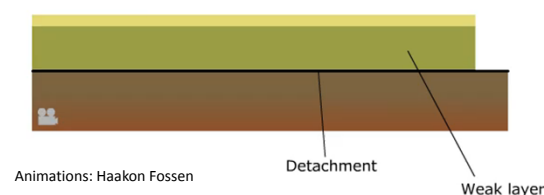
Chevauchement
(thrust fault)

$<30^\circ$



Décollement/détachement
(Decollement/detachment)

$\sim 0^\circ$

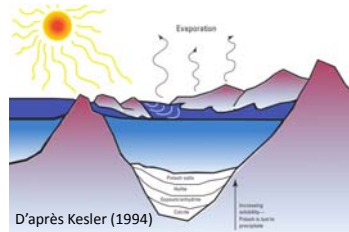


Animations: Haakon Fossen

2

III-Les décollements

Exemple de couche mécaniquement faible: le Trias en France



Le Trias est marqué par d'épais dépôts d'évaporites



3

III-Les décollements

Exemple de couche mécaniquement faible: le Trias en France

Le Trias est riche en gypse

Gypse: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Minéral blanchâtre, souvent fibreux qui se **raye à l'ongle**

RICHE EN EAU !
 ⇒ **Couche dit savon**
mécaniquement faible



<https://planet-terre.ens-lyon.fr/>

4

III-Les décollements

Exemple de couche mécaniquement faible: le Trias en France

Exemple du Trias du massif des Corbières
près de Durban (11)
(visité en stage carto 1A en juin)



5

III-Les décollements

Exemple de couche mécaniquement faible: le Trias en France

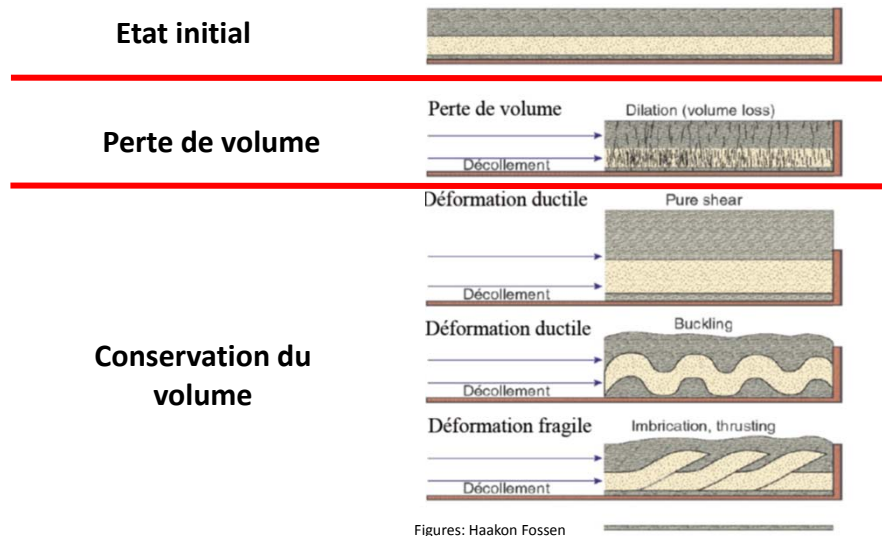
NB: utilisation potentielle du gypse:



6

III-Les décollements

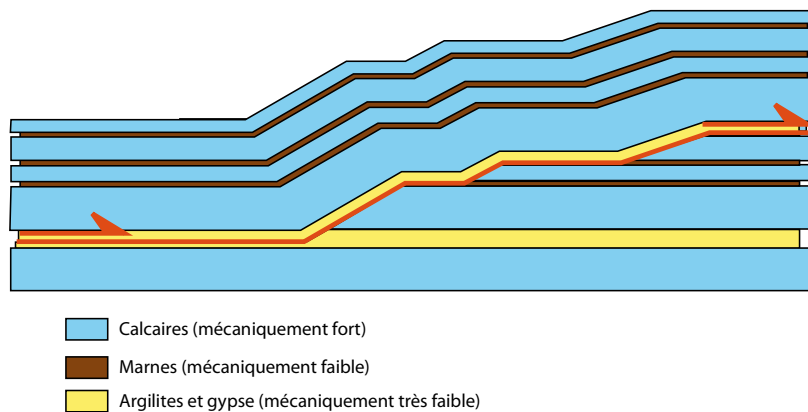
Style de la déformation associé aux décollements?



7

IV-Les rampes, imbrications et duplex

S'il existe plusieurs couches mécaniquement faibles on peut développer des séries de plats (flat/décollement) et **des rampes**



8

IV-Les rampes, imbrications et duplex

Rampe frontale, oblique ou latérale

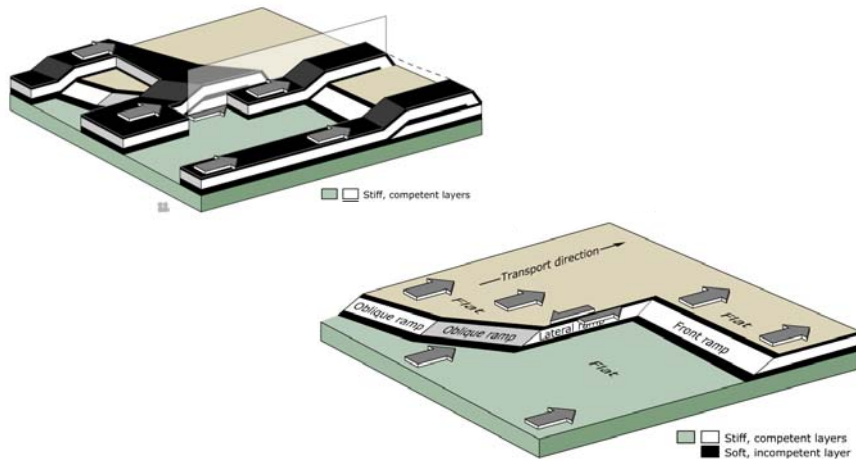
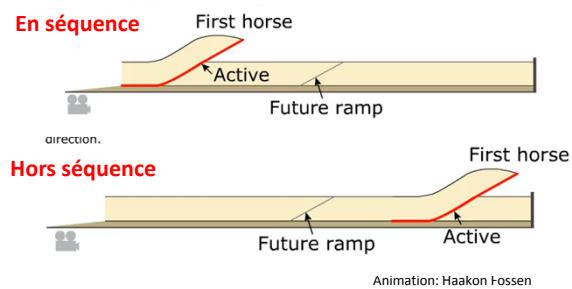


Figure: Haakon Fossen

9

IV-Les rampes, imbrications et duplex

Les systèmes de chevauchements imbriqués



Animation: Haakon Fossen

NB: vidéo imbrication « en séquence »



Bonnet et al. (2006)

10

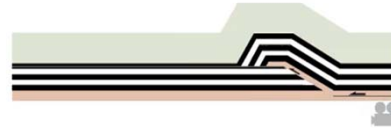
IV-Les rampes, imbrications et duplex

Les duplex

Ensemble d'écaïles tectonique imbriquées, compris entre deux contacts anormaux majeurs de décollement.

Source: Dictionnaire de Géologie (Foucault et Raoult)

Animation: Haakon Fossen



Modèle de boîte à sable: source The Geomodel

11

IV-Les rampes, imbrications et duplex

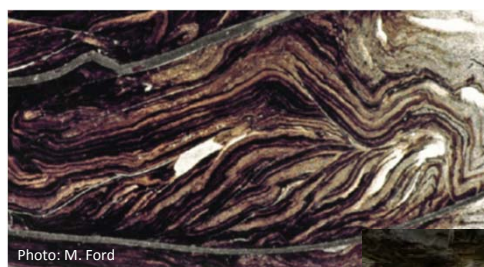


Photo: M. Ford

Exemples de duplex

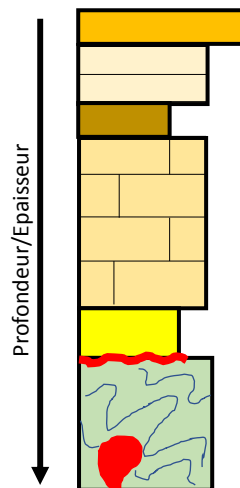


Duplex de la Caglière
Lagrasse Corbières
Stage cartographie
Photo personnelle

12

V-Socle et couverture

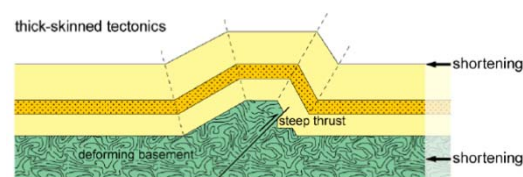
Socle vs. couverture



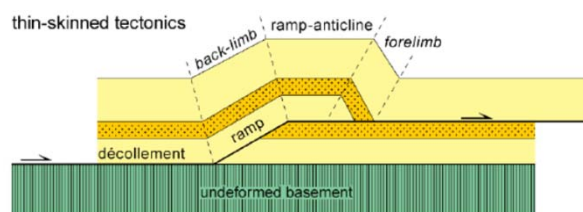
13

V-Socle et couverture

Tectonique de socle vs. couverture



... NB: en anglais *thick-skin tectonic*
(tectonique de peau épaisse)



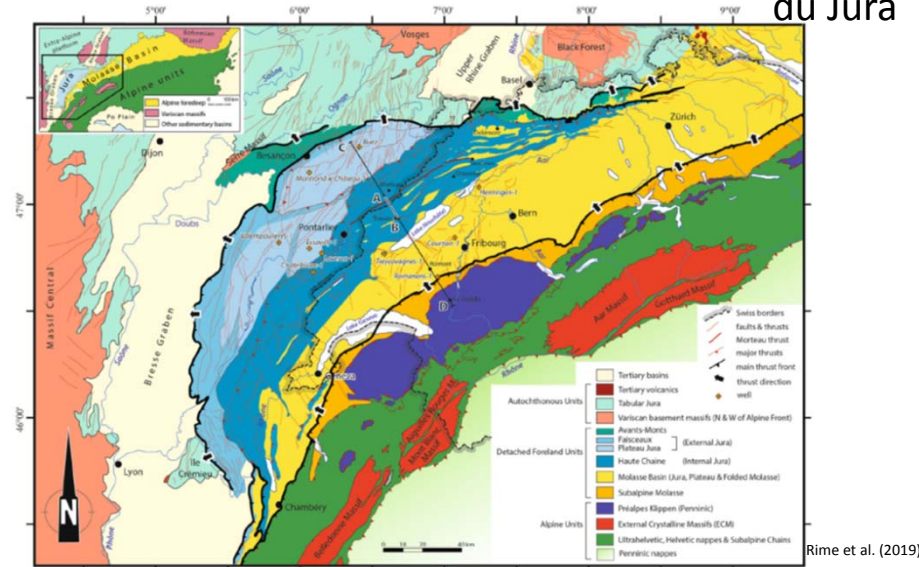
NB: en anglais *thin-skin tectonic*
(tectonique de peau fine)

Figures: JP Brun
(Univ Rennes)

14

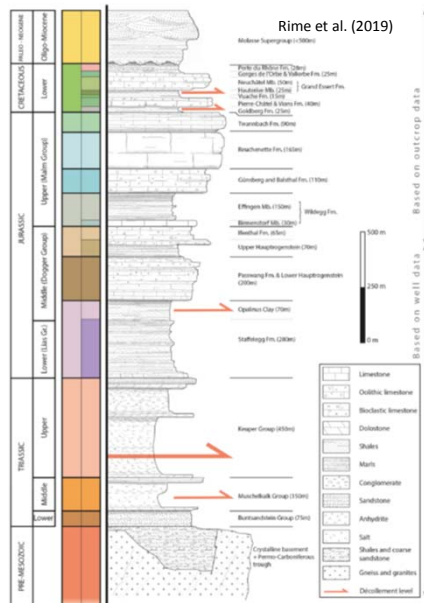
V-Socle et couverture

Exemple
du Jura



15

V-Socle et couverture

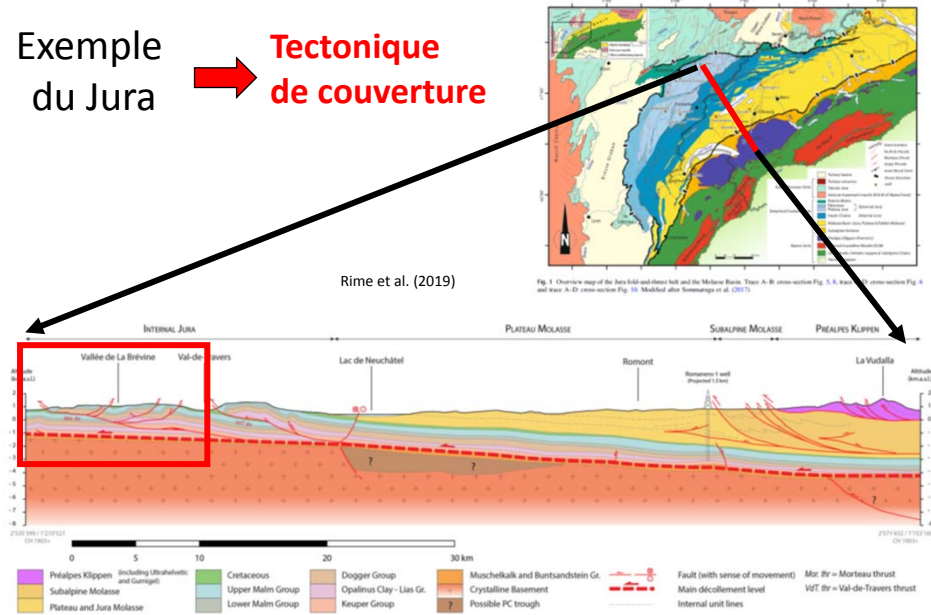


16

V-Socle et couverture

Exemple
du Jura

➔ **Tectonique
de couverture**

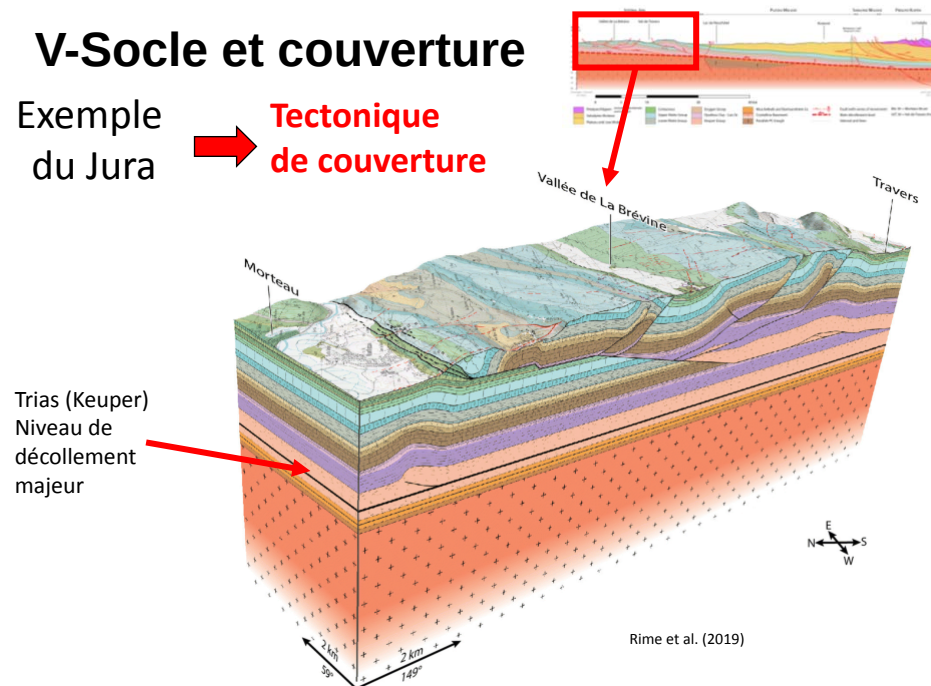


17

V-Socle et couverture

Exemple
du Jura

➔ **Tectonique
de couverture**

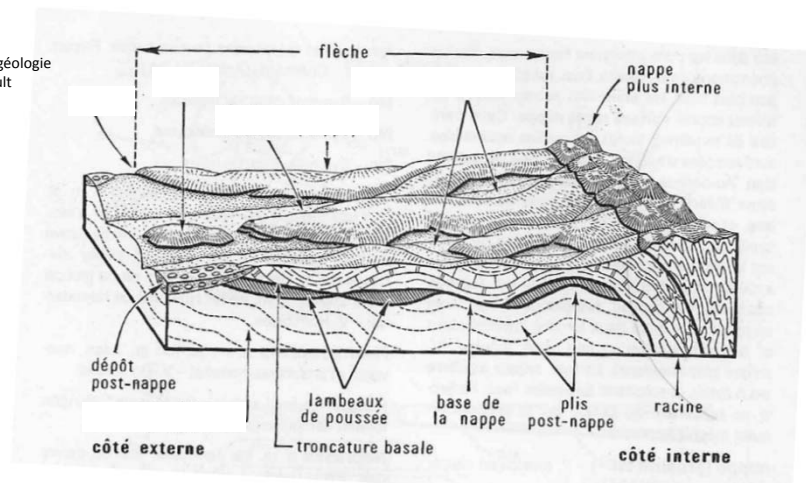


18

VI- Les nappes

Nappe (de charriage) =

Source:
Dictionnaire de géologie
Foucault et Raoult

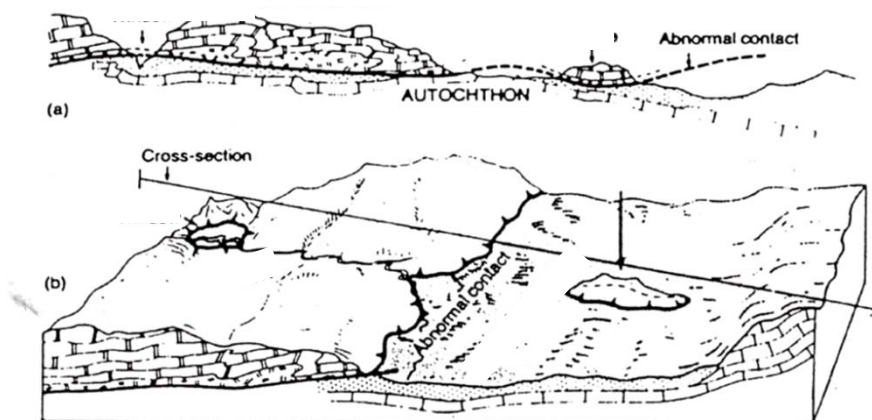


19

VI- Les nappes

Les fenêtres=

Les klippes =



20

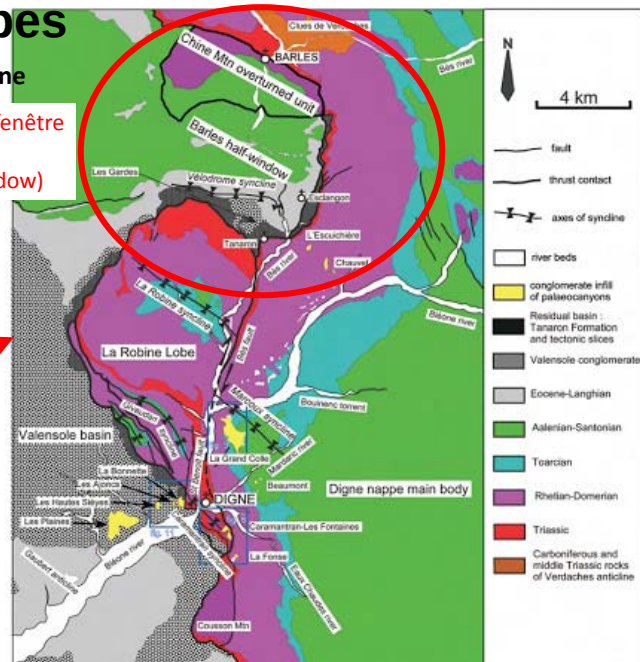
VI- Les nappes

Exemple: la Nappe de Digne

La demi-fenêtre
de Barles
(half window)



Hippolyte et al., 2011

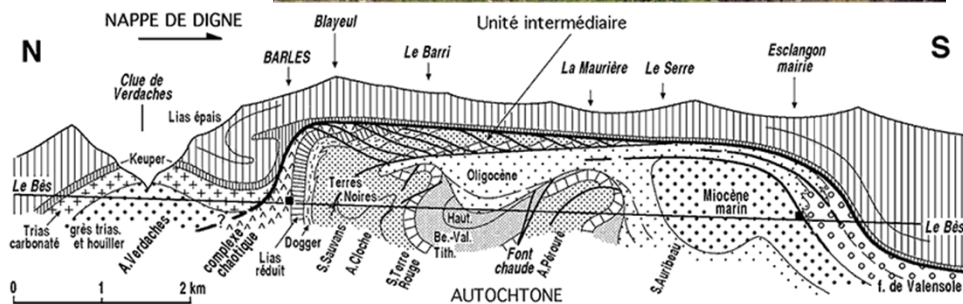


21

VI- Les nappes

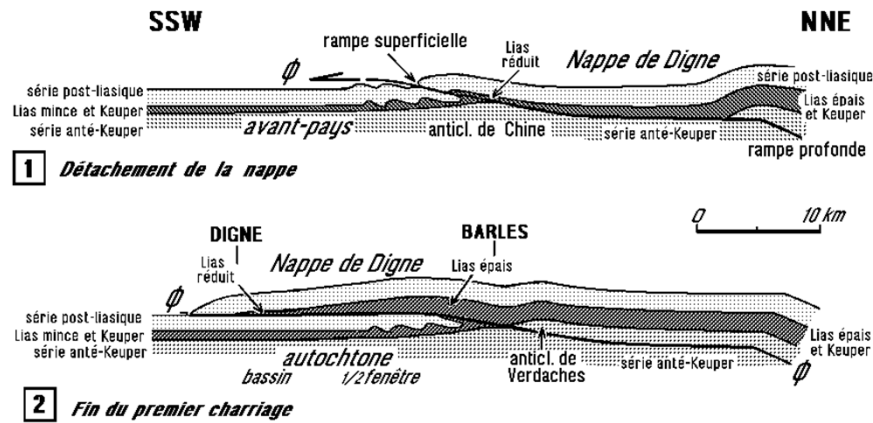
Exemple:
la Nappe de Digne

www.geol-alp.com



22

VI- Les nappes



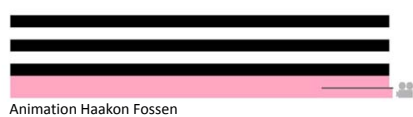
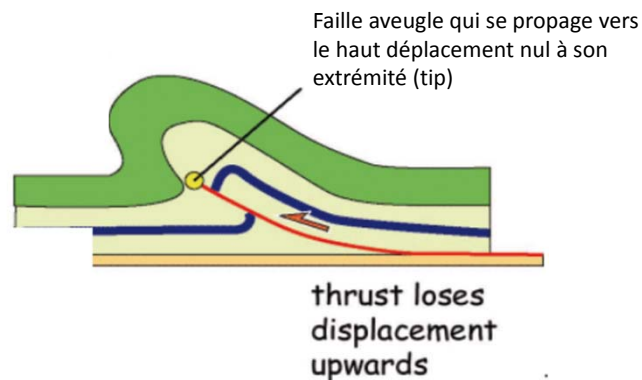
www.geol-alp.com

23

VII- Les plis sur faille

1- Plis de propagation de faille (Fault-propagation folds or tip-line fold)

(nb: tip = pointe en anglais)

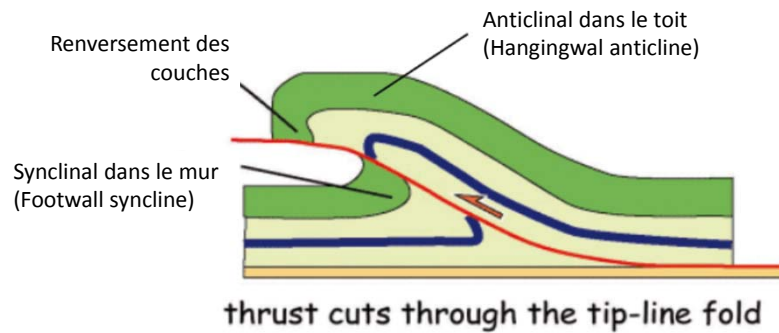


24

VII- Les plis sur faille

1- Plis de propagation de faille (Fault-propagation folds or tip-line fold)

(nb: tip = pointe en anglais)

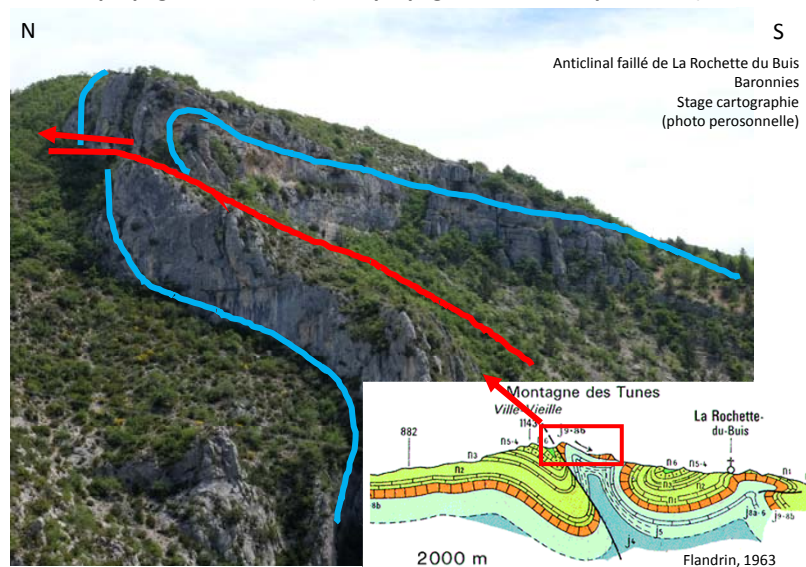


Animation Haakon Fossen

25

VII- Les plis sur faille

1- Plis de propagation de faille (Fault-propagation folds or tip-line fold)

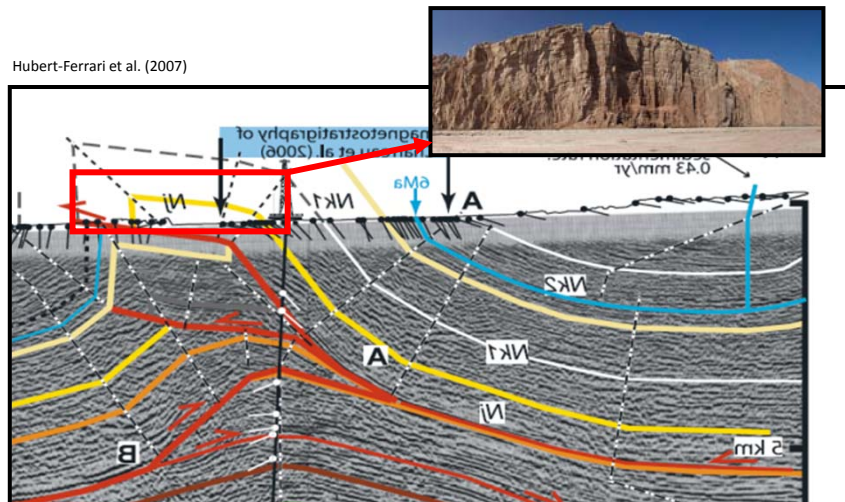


26

VII- Les plis sur faille

1- Plis de propagation de faille (Fault-propagation folds or tip-line fold)

Exemple du pli de Quilitag au Tianshan en Asie Centrale (photo personnelle)

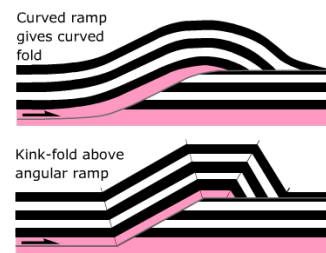


27

VII- Les plis sur faille

2- Plis « sur faille coudée » (Fault-bend fold)

**Dans le cas d'une
rampe entre
deux plats**



Layers in the hanging wall rotate as they move up the ramp, but largely recover their original dip once they pass the ramp.

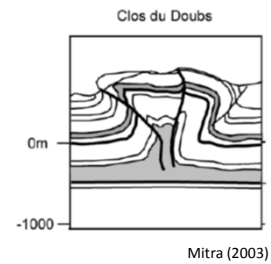
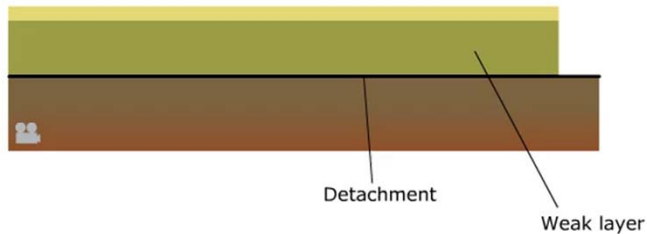
Animation Haakon Fossen

28

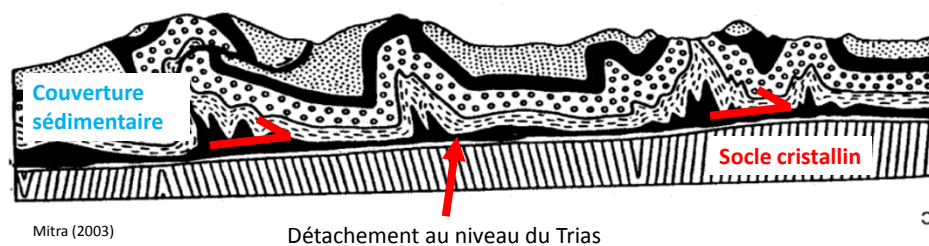
VII- Les plis sur faille

Animation Haakon Fossen

3- Plis de détachement



Exemple
du Jura

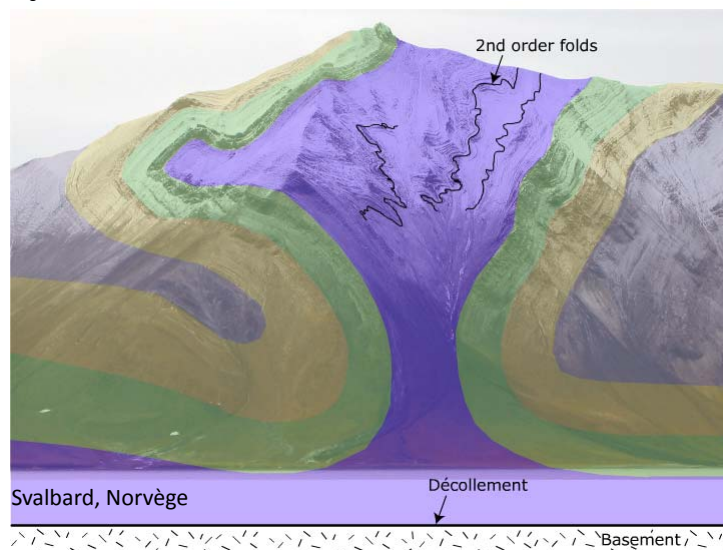


29

VII- Les plis sur faille

3- Plis de détachement

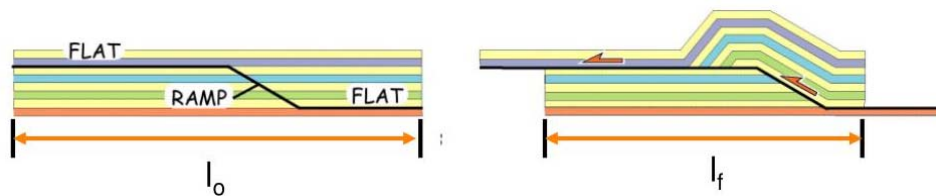
Figures Haakon Fossen



30

VIII- Quantification de la compression

La notion de raccourcissement (= diminution de la longueur/largeur d'un ensemble géologique par plissement et mouvement sur des failles)



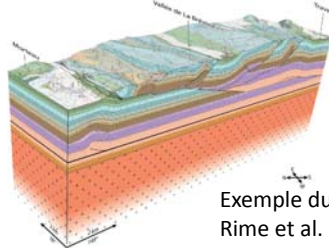
$$R = ((I_f - I_0) / I_0) * 100 \quad (\text{se donne en \%})$$

31

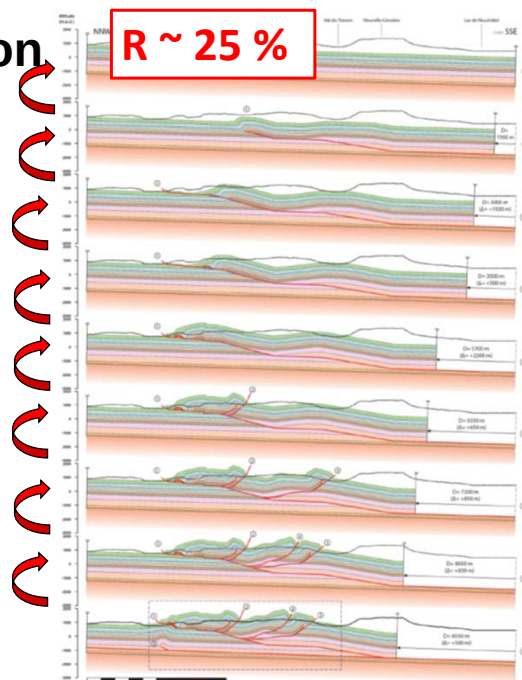
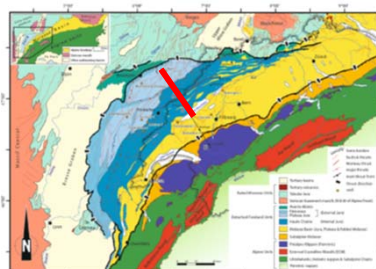
VIII- Quantification

Comment quantifier
ce raccourcissement ?

En rétro-déformant étape par étape



Exemple du Jura
Rime et al. (2019)

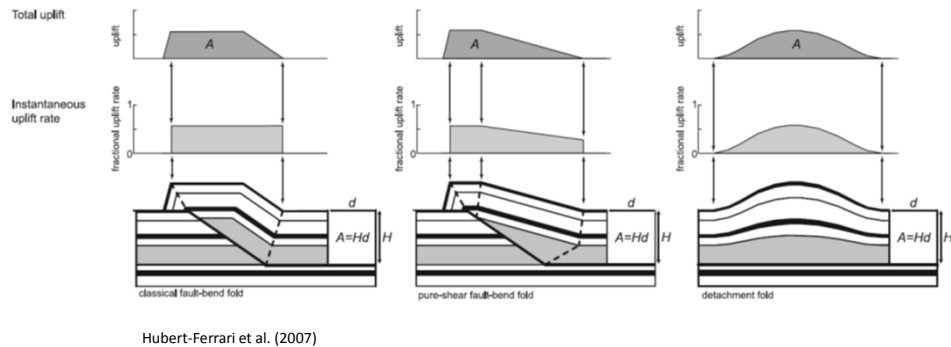


32

VIII- Quantification de la compression

Comment quantifier ce raccourcissement ?

Dans le cas d'une tectonique de couverture avec la formation d'un niveau d'un niveau de détachement, on peut utiliser la conservation des aires

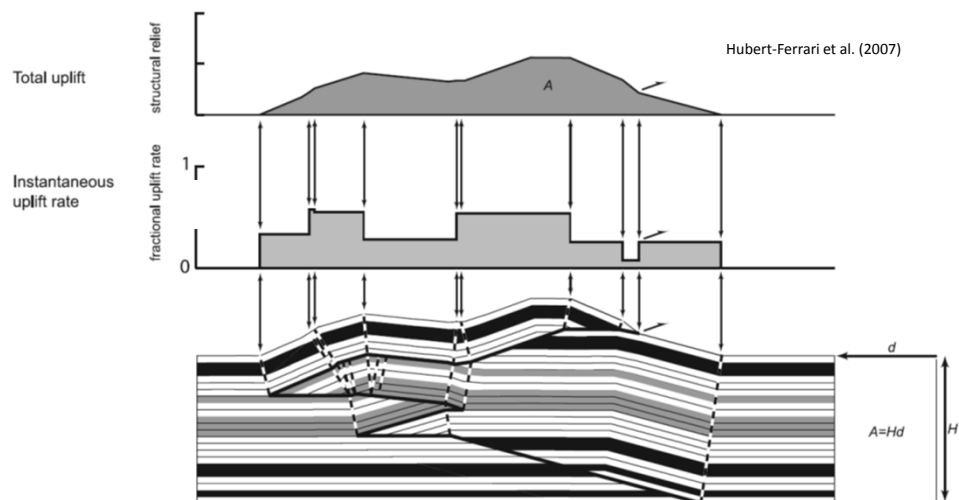


33

VIII- Quantification de la compression

Comment quantifier ce raccourcissement ?

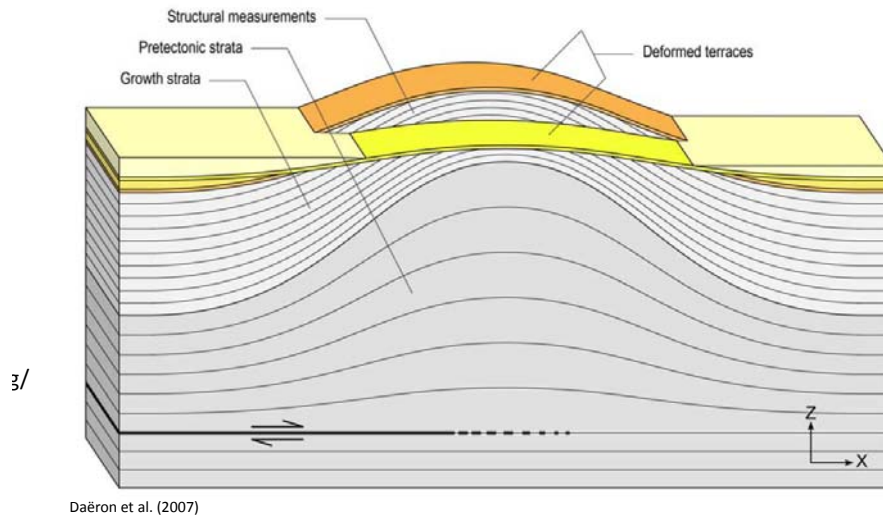
Dans le cas d'une tectonique de couverture avec la formation d'un niveau d'un niveau de détachement, on peut utiliser la conservation des aires.



34

IX- La sédimentation associée

La notion de strates de croissance (« growth strata »)
(on parle aussi de sédiments syn-tectonique)



35

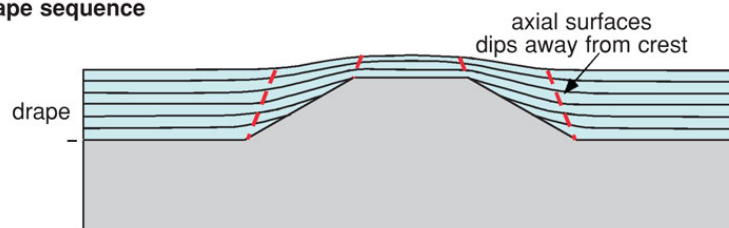
IX- La sédimentation associée

La notion de strates de croissance (« growth strata »)
(on parle aussi de sédiments syn-tectonique)

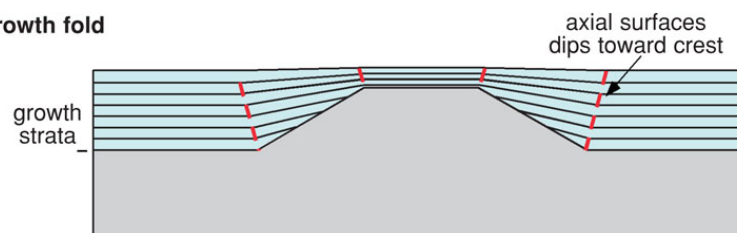
Kinematic models

<https://wiki.aapg.org/>

Drape sequence



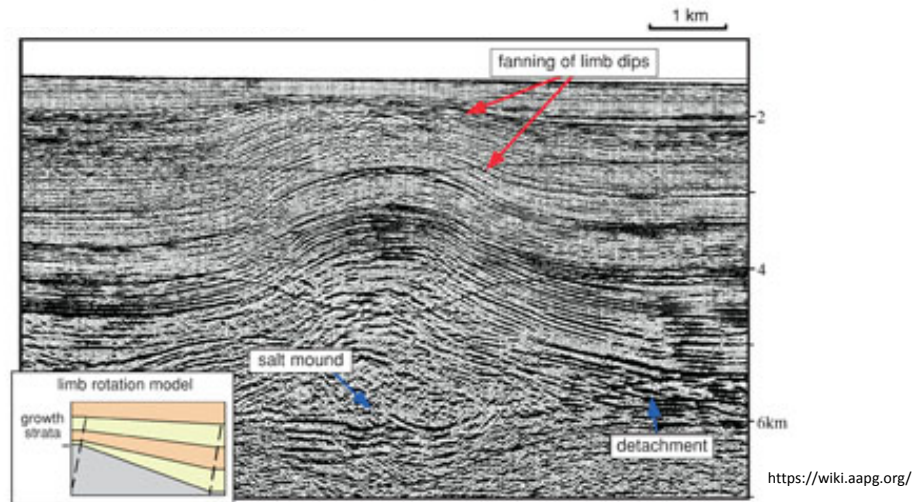
Growth fold



36

IX- La sédimentation associée

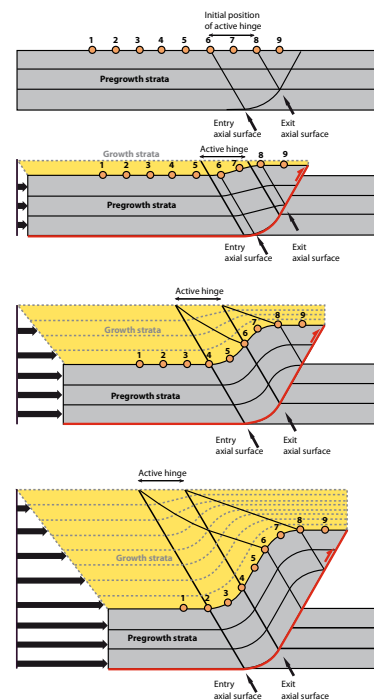
La notion de strates de croissance (« growth strata »)
(on parle aussi de sédiments syn-tectonique)



37

IX- La sédimentation associée

La notion de strates de croissance
(« growth strata »)
(on parle aussi de sédiments syn-tectonique)

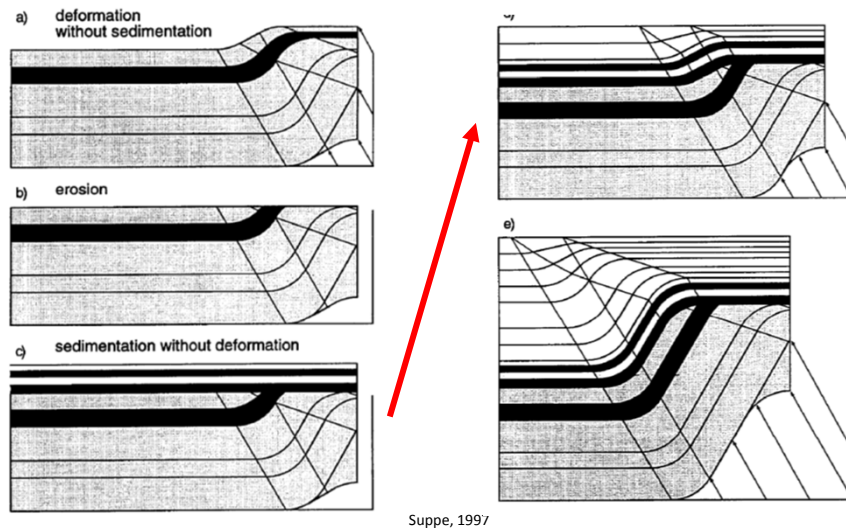


Modifié d'après Suppe, 1997

38

IX- La sédimentation associée

La notion de strates de croissance (« growth strata »)
(on parle aussi de sédiments syn-tectonique)



39

IX- La sédimentation associée

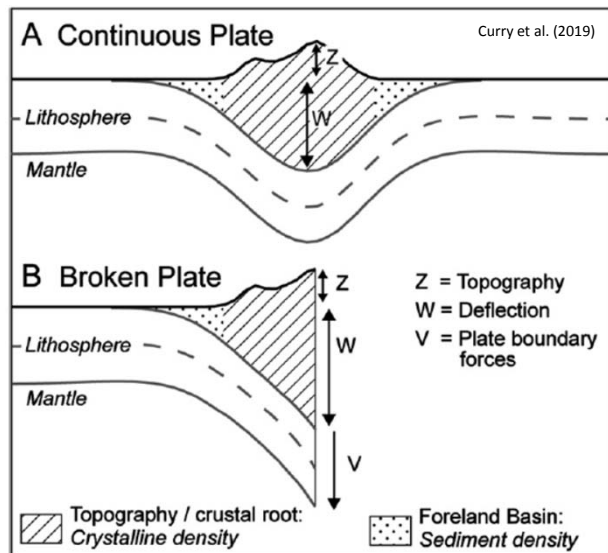
Exemple des plis de Sant Llorenc (Pyrénées, Espagne)



40

IX- La sédimentation associée

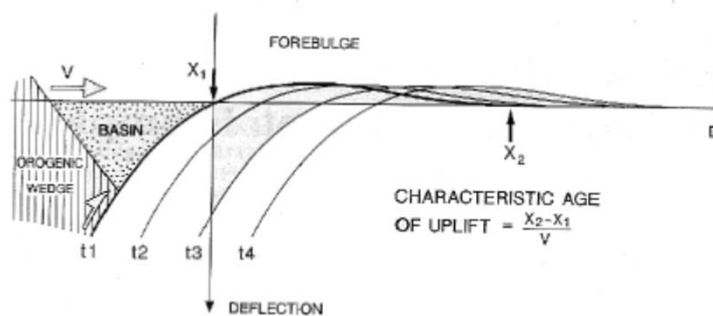
La notion de bassin d'avant pays (foreland basin)
(on parle aussi de bassin flexural)



41

IX- La sédimentation associée

La notion de bassin d'avant pays (foreland basin)



42

IX- La sédimentation associée

Exemple: la plaine du Gange/bassin du Bengal

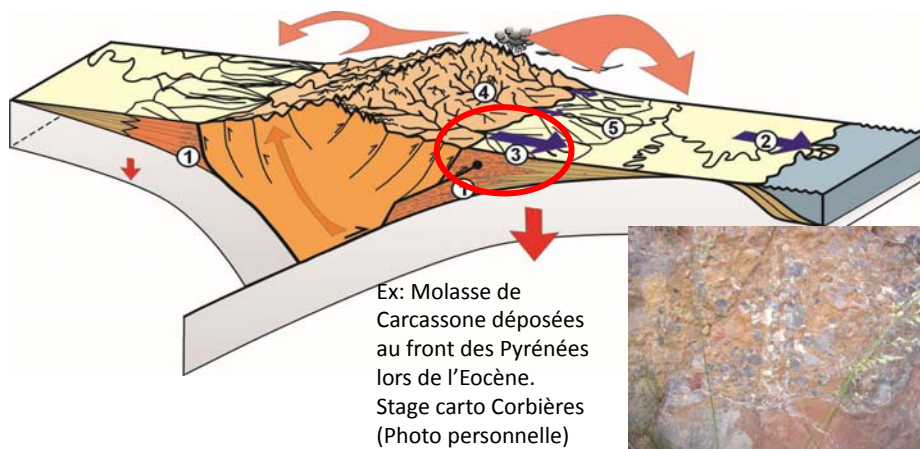


43

IX- La sédimentation associée

La notion de molasse

Molasse =



44

X - Origine et distribution

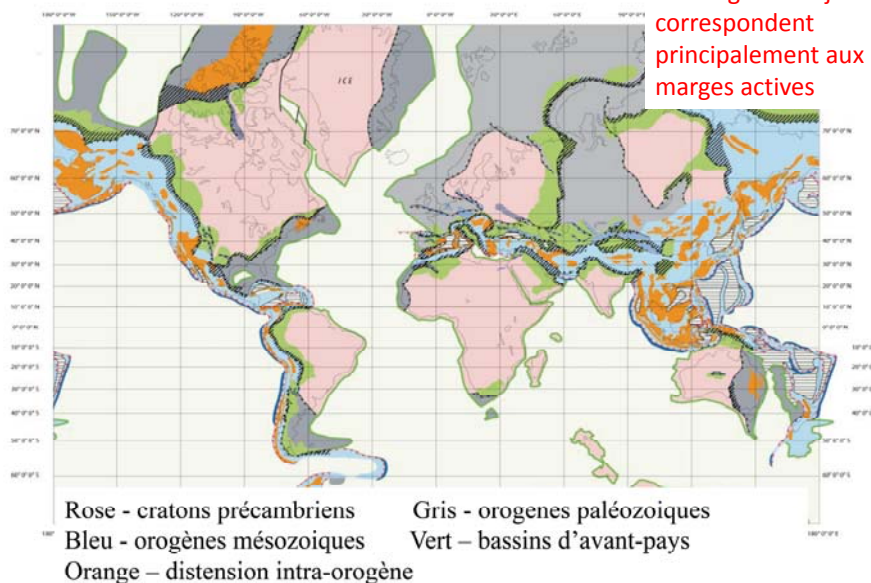
- a. Distribution des zones de convergence
- b. Les grands types de zones de convergence:
 - Orogénèse de subduction
 - Orogénèse de collision
 - Orogénèse de collision intracontinentale
 - Les zones de relai
- c. La notion de prisme d'accrétion et critique
- d. Anatomie et exemples de chaînes de collision

45

X - Origine et distribution

Distribution des zones de convergence

NB: les zones de convergence aujourd'hui correspondent principalement aux marges actives

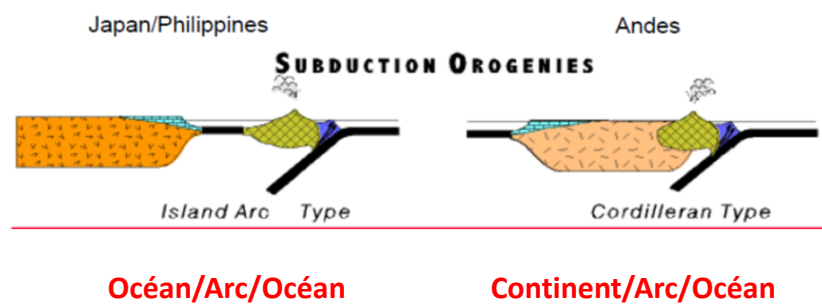


46

X - Origine et distribution

Les grands types de zones de convergence

1. Orogénèses de subduction

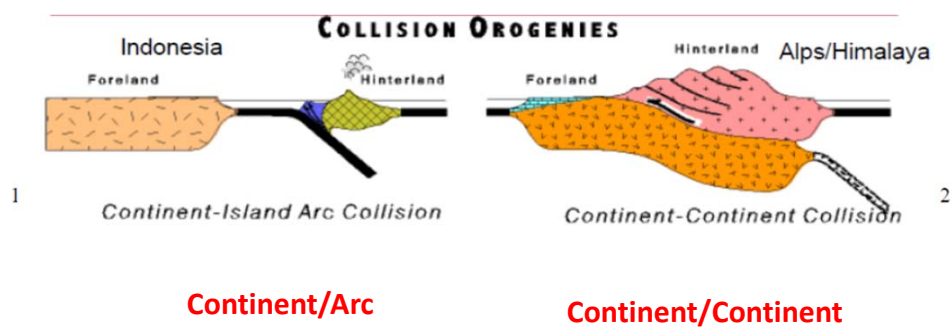


47

X - Origine et distribution

Les grands types de zones de convergence

2. Orogénèses de collision

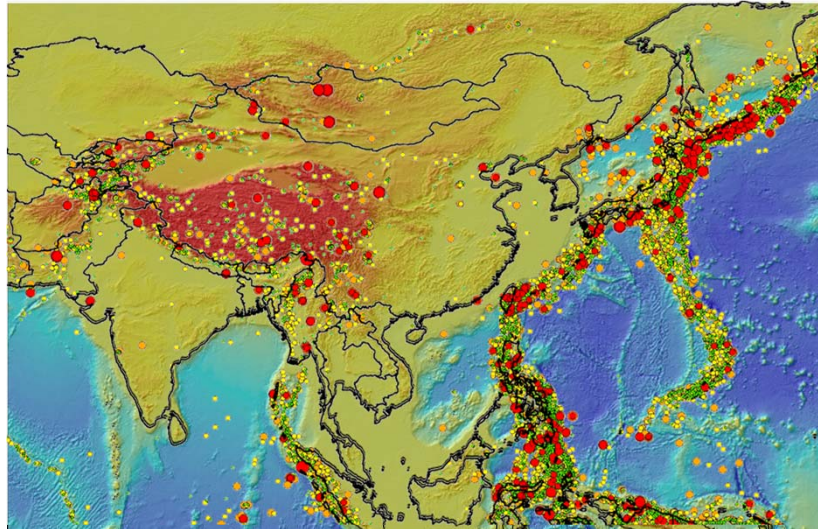


48

X - Origine et distribution

Les grands types de zones de convergence

3. Orogénèses intracontinentale

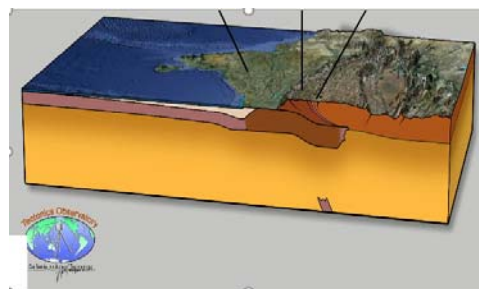
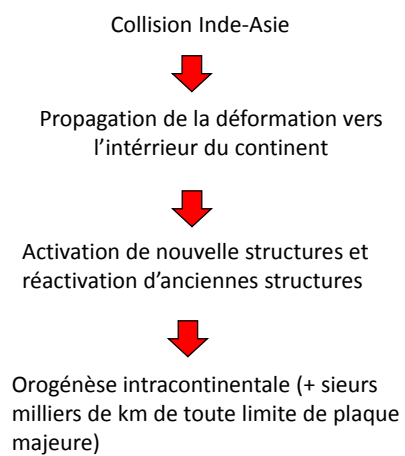


49

X - Origine et distribution

Les grands types de zones de convergence

3. Orogénèses intracontinentale



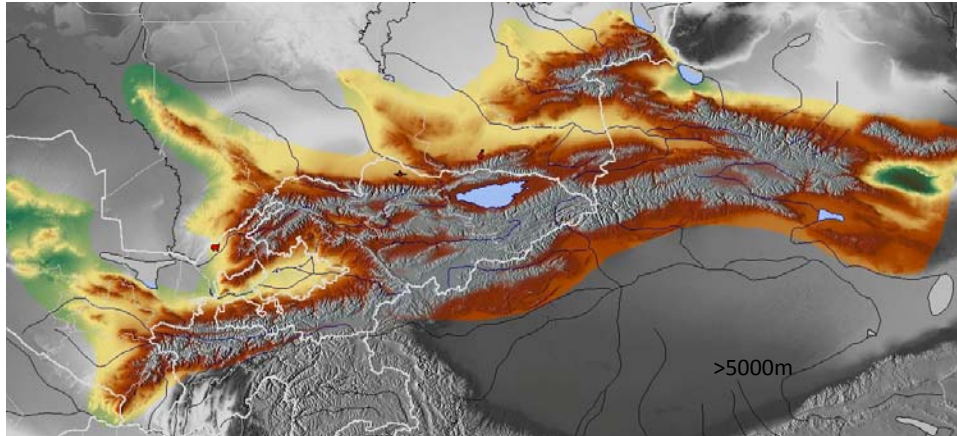
50

X - Origine et distribution

Les grands types de zones de convergence

Exemple du Tianshan
(Monts Céleste)

3. Orogénèses intracontinentale



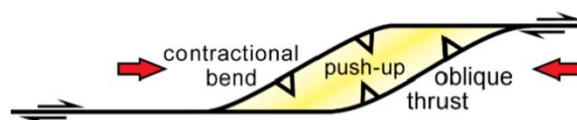
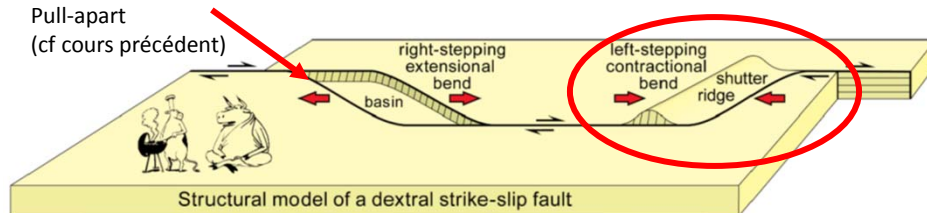
51

X - Origine et distribution

Les grands types de zones de convergence

4. Les zones de relais: push up

NB: Bassin
Faille normale
Pull-apart
(cf cours précédent)



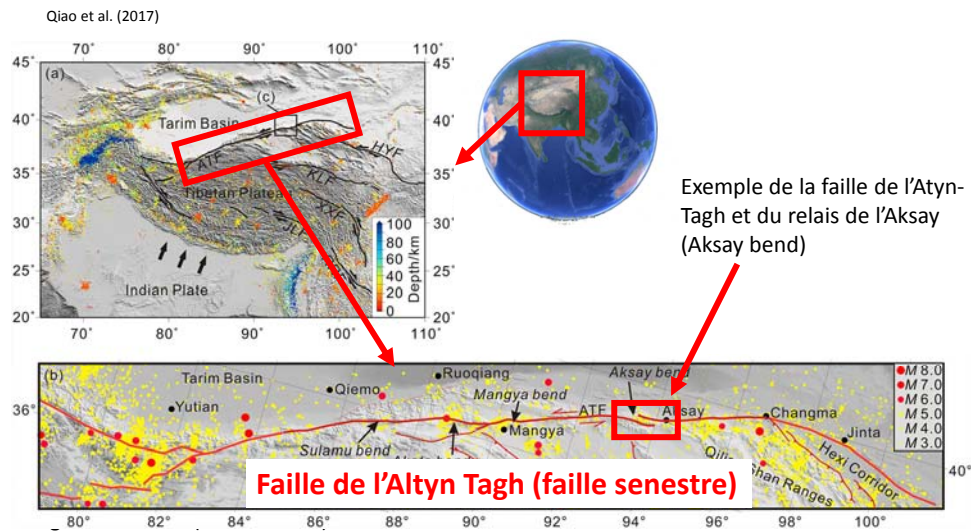
Figures: JP Brun (Univ Rennes)

52

X - Origine et distribution

Les grands types de zones de convergence

4. Les zones de relais: push up



53

X - Origine et distribution

Les grands types de zones de convergence

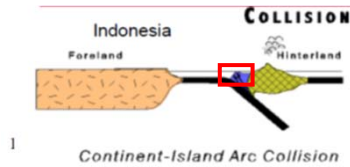
4. Les zones de relais: push up



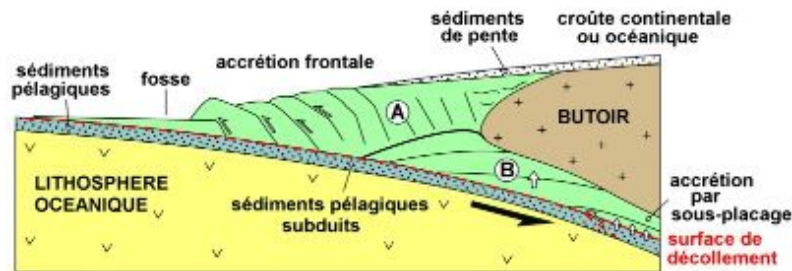
54

X - Origine et distribution

La notion de prisme d'accrétion (océanique et orogénique)



Il s'agit d'une structure tectonique générée par l'imbrication d'écaillés sédimentaires. Cet écaillage est lié à l'existence d'un butoir rigide qui racle sur les sédiments pélagiques plus meubles de la croûte océanique en cours de subduction. Ce butoir localisé au-dessus de la croûte océanique subduite correspond soit à de la marge, soit à de la croûte océanique, soit à un ancien prisme. (planet-terre.ens-lyon.fr)

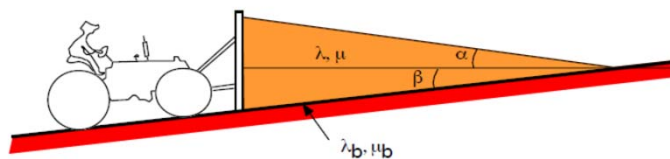


<https://planet-terre.ens-lyon.fr/article/prisme-alpes.xml>

55

X - Origine et distribution

Le prisme critique



$$\alpha + \beta = \mu_b \left(\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right)$$

Davis et al. 1983
Dahlen 1990

α = Topographic slope of wedge
 β = Dip of basal detachment
 μ_b = coefficient of friction of basal detachment
 μ = coefficient of friction of wedge ($\tan \phi = \mu$)
 ϕ = angle of internal friction of wedge
 ϕ_b = angle of internal friction of basal detachment

56

X - Origine et distribution

Le prisme critique



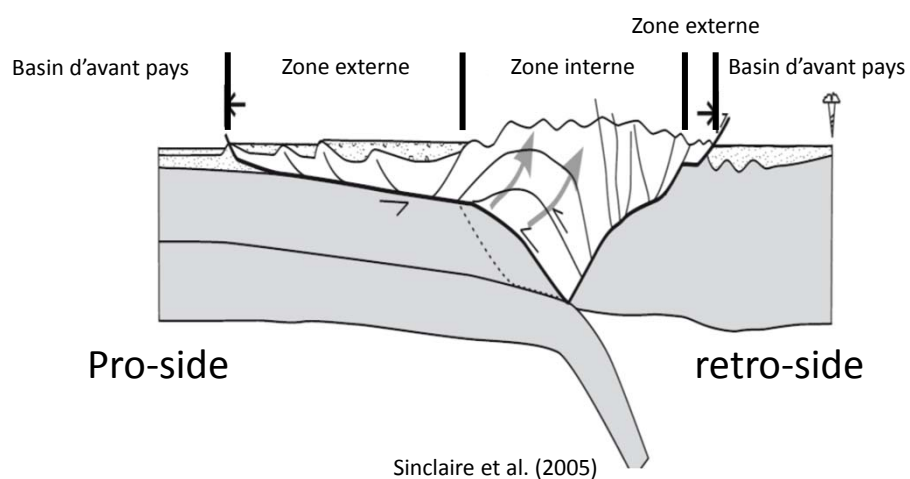
H.M. Cadell, 1888 British Geological Survey

Bonnet et al. (2006)

57

X - Origine et distribution

Anatomie d'une orogénese de collision



Sinclair et al. (2005)

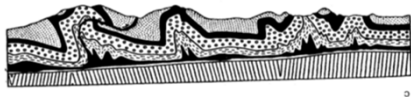
58

X - Origine et distribution

Zone externe vs. interne

Zone externe

- Déformation localisée
- Socle pas affecté
- Tectonique de couverture
- Sédimentation associée
- Présence de nappe possible



Zone interne

- Déformation intense et distribuée
- Tectonique de socle
- Peu ou pas de sédimentation associée
- Présence de grande nappe métamorphique

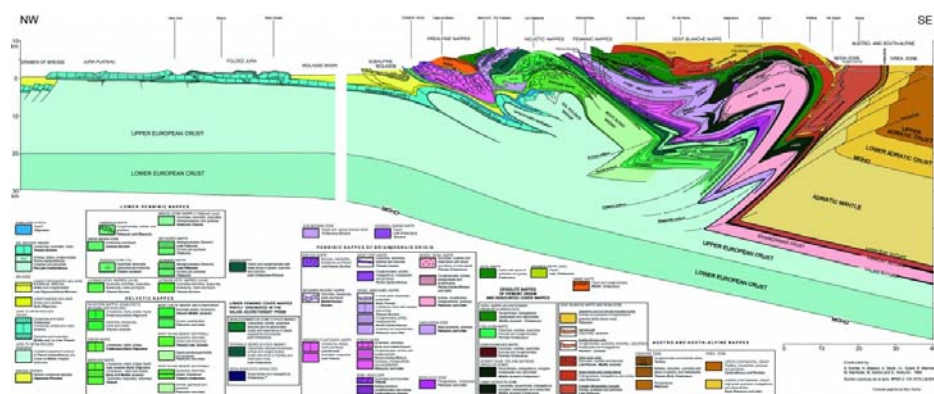


(voir cours D. Jousselin)

59

X - Origine et distribution

Quelques exemples d'orogénèses de collision: les Alpes

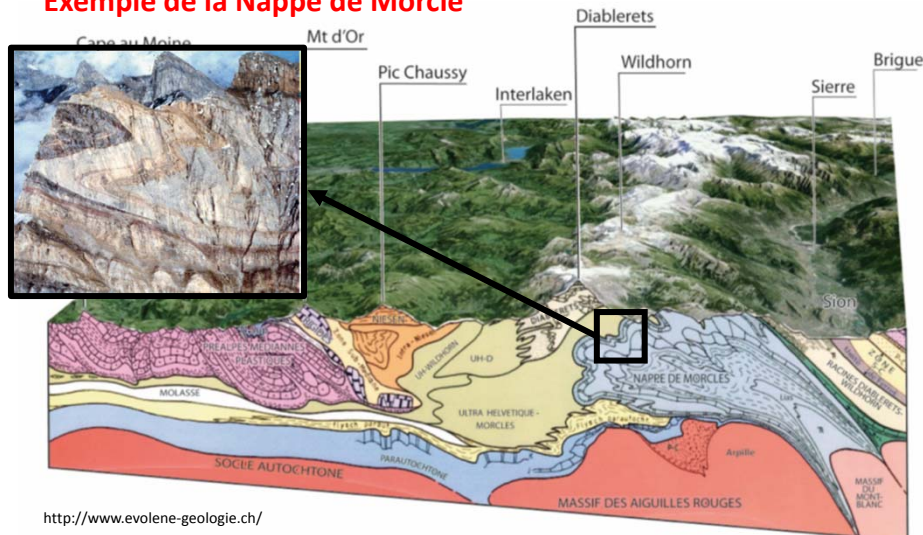


60

X - Origine et distribution

Quelques exemples d'orogénèses de collision: les Alpes

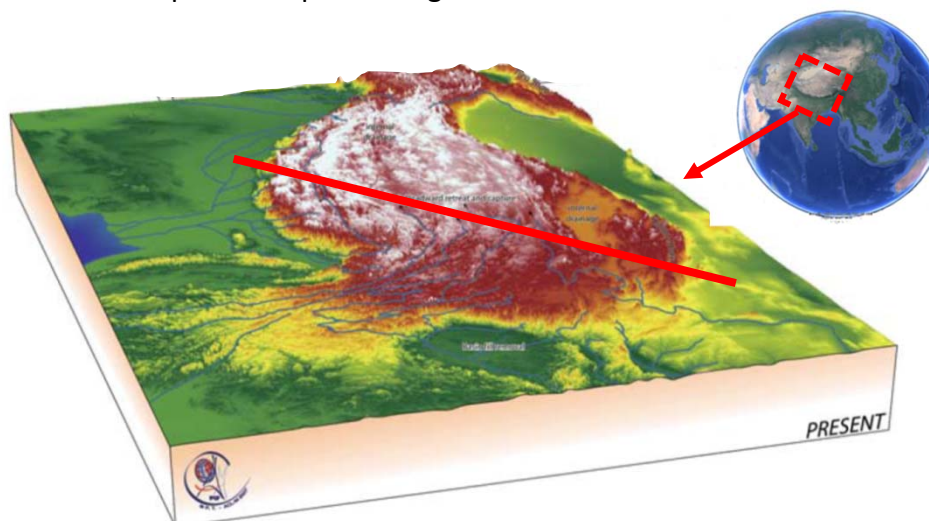
Exemple de la Nappe de Morcle



61

X - Origine et distribution

Quelques exemples d'orogénèses de collision: l'Himalaya/Tibet

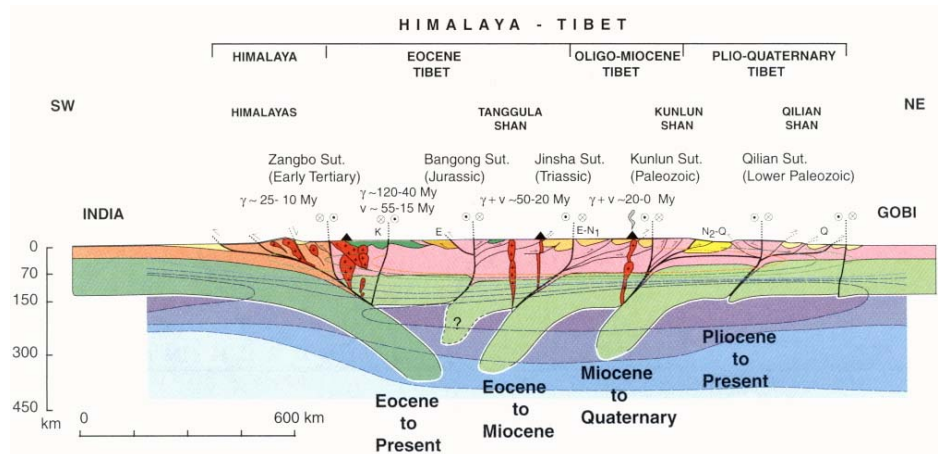


Liu-Zheng et al. (2008)

62

X - Origine et distribution

Quelques exemples d'orogénèses de collision: l'Himalaya/Tibet

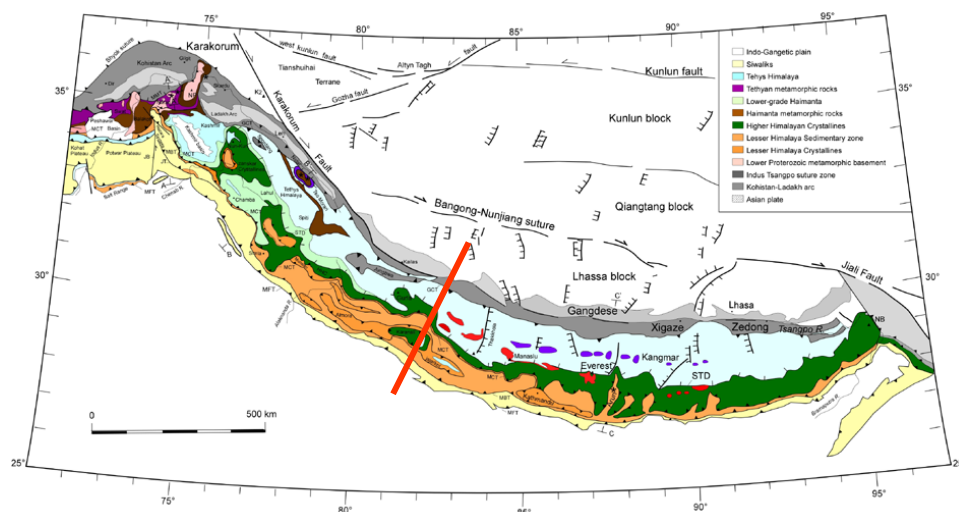


Tapponnier et al. (2001)

63

X - Origine et distribution

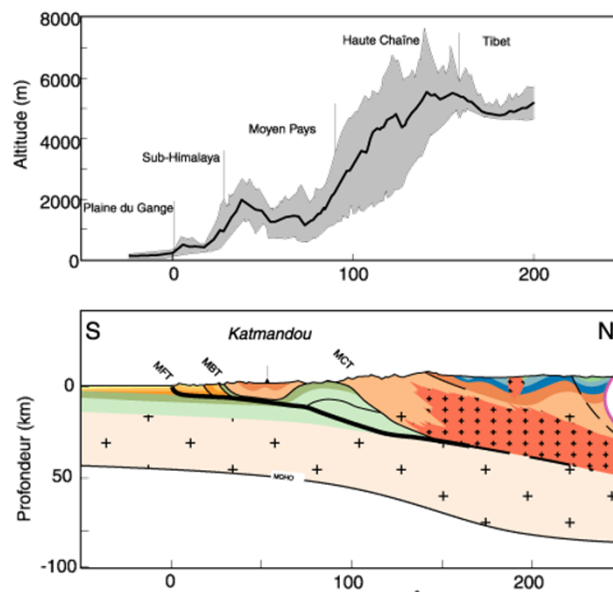
Quelques exemples d'orogénèses de collision: l'Himalaya/Tibet



64

X - Origine et distribution

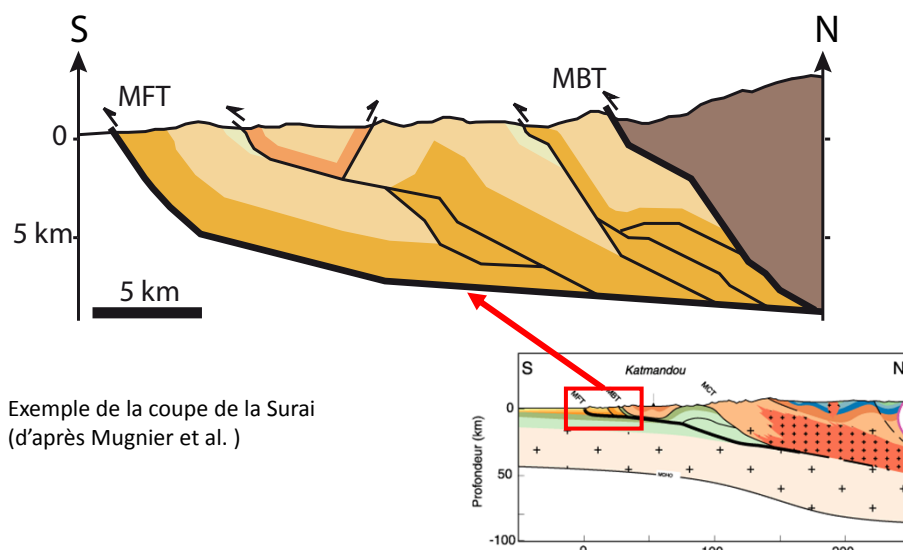
Quelques exemples d'orogénèses de collision: l'Himalaya/Tibet



65

X - Origine et distribution

Quelques exemples d'orogénèses de collision: l'Himalaya/Tibet



Exemple de la coupe de la Surai
(d'après Mugnier et al.)

66

X - Origine et distribution

Quelques exemples d'orogénèses de collision: l'Himalaya/Tibet

Les séries Siwaliks

Molasses déposées au front de l'Himalaya dans le bassin flexural de la plaine du Gange
Ces séries sont ensuite incorporés dans la chaîne via les plis/failles frontaux (cf coupe précédente)

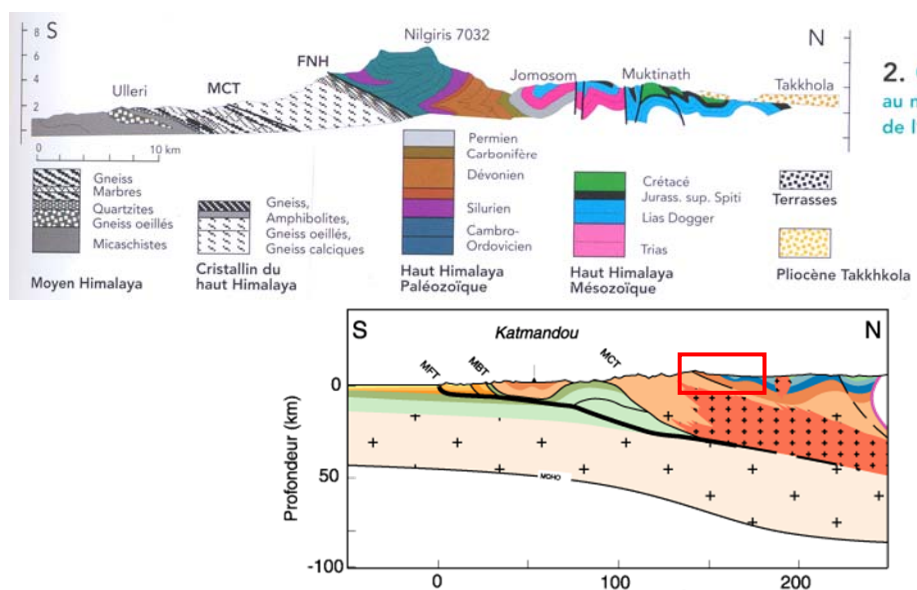


photo: L. Barrier, IPGP

67

X - Origine et distribution

Quelques exemples d'orogénèses de collision: l'Himalaya/Tibet



68

Synthèse...ce que vous devez savoir:

1. Les grands types de faille inverses (inverse, chevauchement, détachement, rampe, plat
2. Les géométries associées aux failles inverses (duplex, nappe, plis sur failles...)
3. La notion de socle vs couverture et les tectoniques associées
4. Le rôle du Trias et du gypse en France
5. Comment quantifier la compression
6. La sédimentation associée (startes de croissances, molasse et bassin d'avant pays)
7. Les grands contextes compressifs où l'on peut trouver des failles inverses et les mécanismes/processus associées