

Géologie : comment est enregistré un épisode de déformation tectonique?

back to basics : le Golfe d'Aden et l'avant pays Pyrénéen

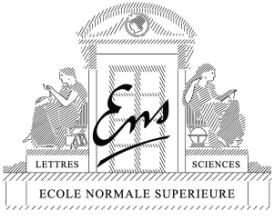


M. Rodriguez

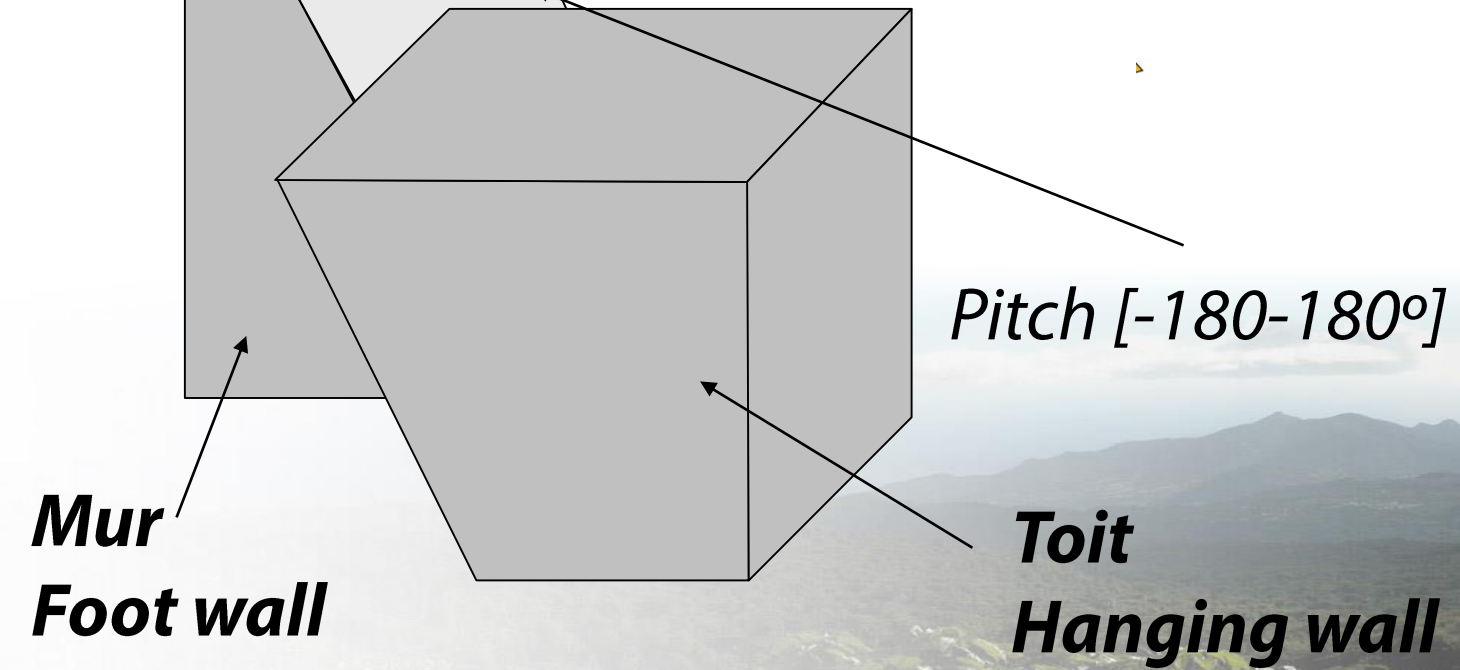
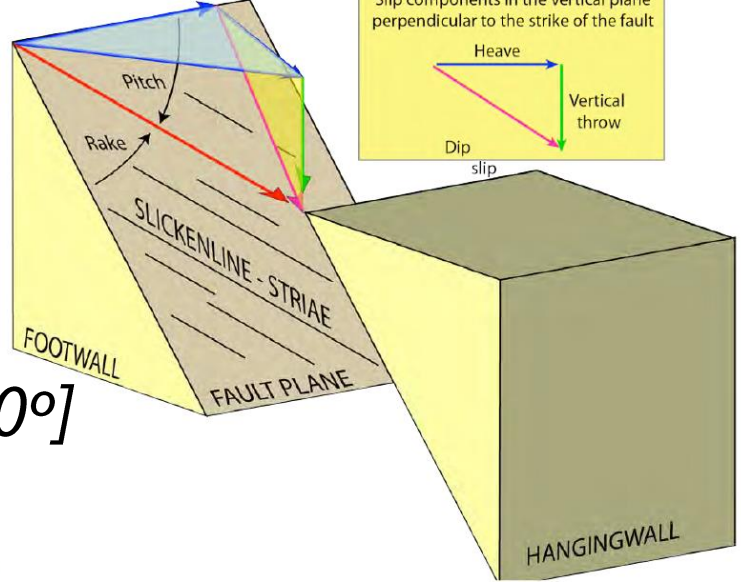
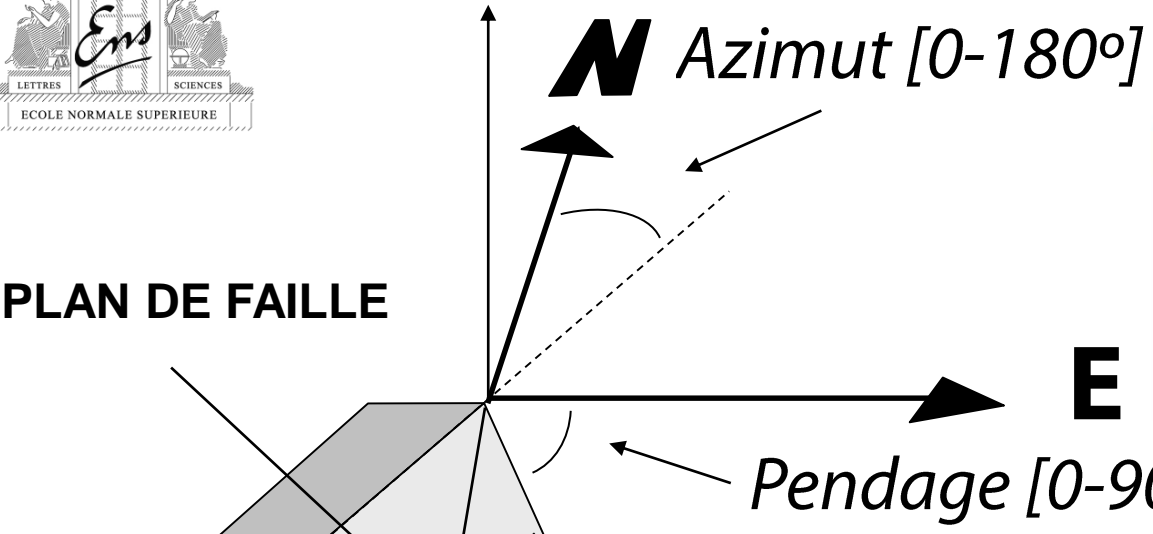
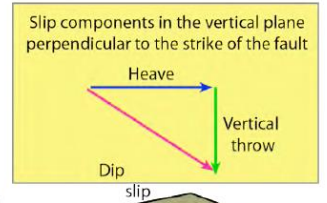
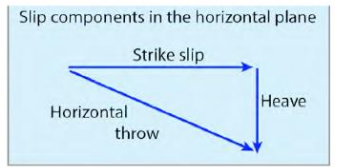
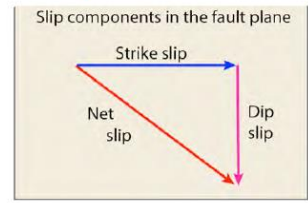
rodriguez@geologie.ens.fr

L3-ENS 2016

LES FAILLES : VOCABULAIRE USUEL



Gallery 2.5 Slip vector and striae



Pitch [-180-180°]

Mur
Foot wall

Toit
Hanging wall

Pendage [0-90°]

N *Azimut [0-180°]*

E

PLAN DE FAILLE

FOOTWALL

SLICKENLINE - STRIAE
FAULT PLANE

HANGINGWALL

Pitch

Rake

Strike slip

Net slip

Dip slip

Strike slip

Horizontal throw

Heave

Slip components in the vertical plane perpendicular to the strike of the fault

Heave

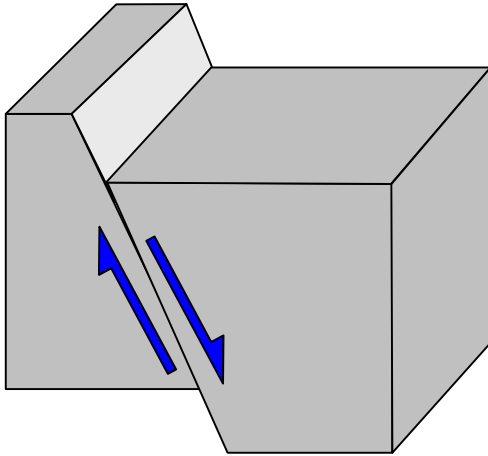
Dip

Vertical throw

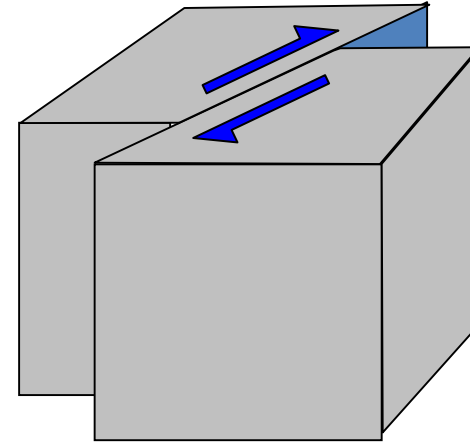
slip

LES DIFFERENTS TYPES DE FAILLES

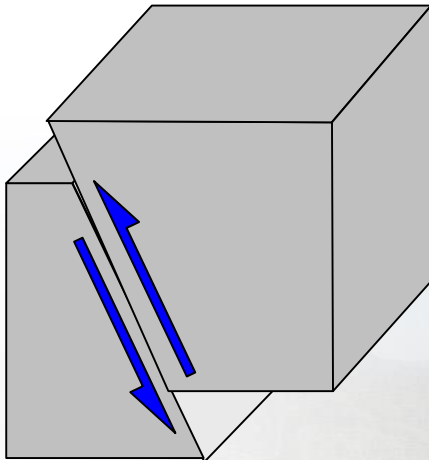
Normale



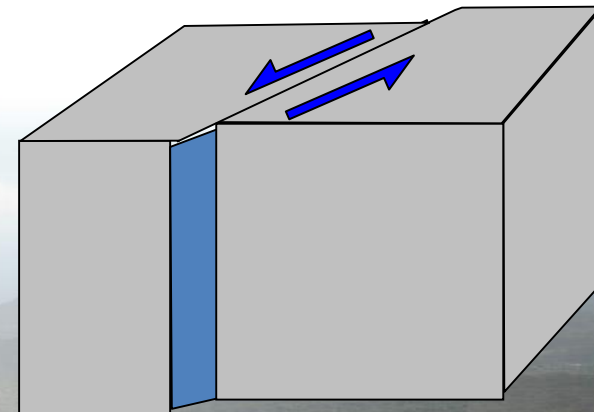
Dextre



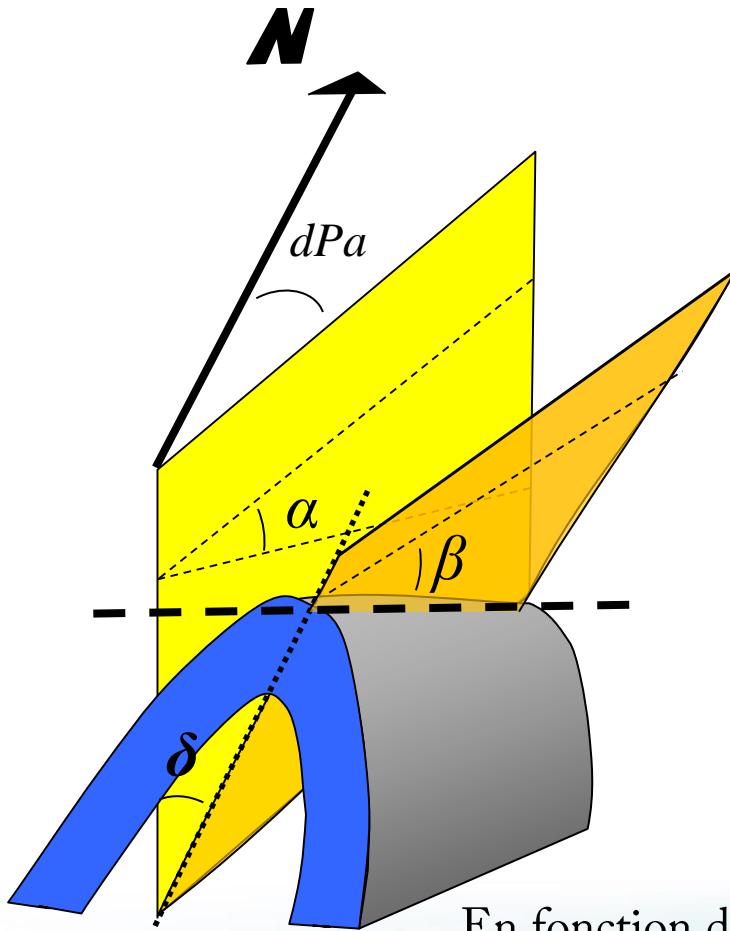
Inverse



Senestre



Les plis : classification & nomenclature

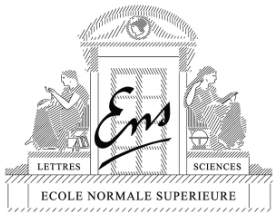


- dPa **Direction du plan axial (azimut)**
- α **Plongement axial (pendage)**
- β **Pitch axial**
- δ **Déversement**

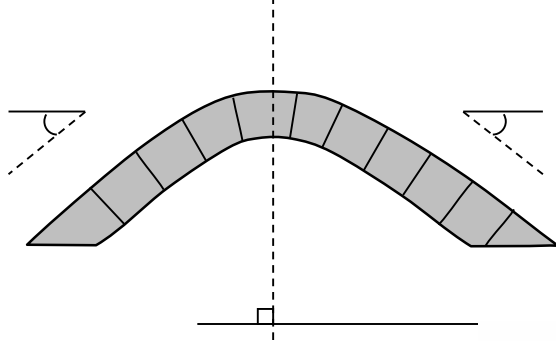
En fonction des valeurs de ces différents paramètres géométriques, nous pouvons établir une classification regroupant l'ensemble des plis rencontrés dans la nature...

Les plis : classification

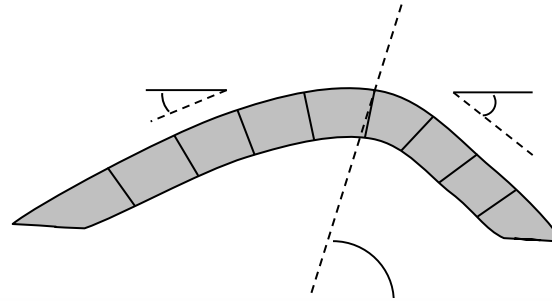
& nomenclature



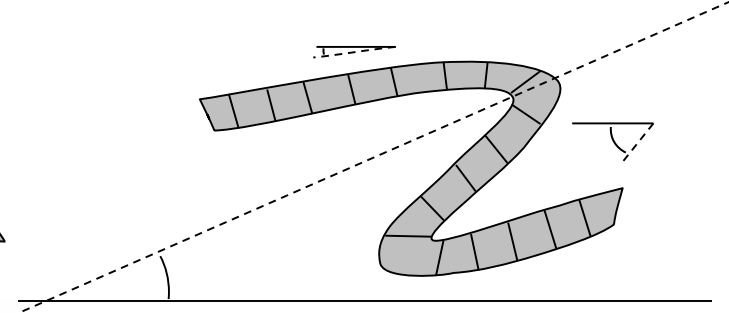
Pli droit



Pli déjeté

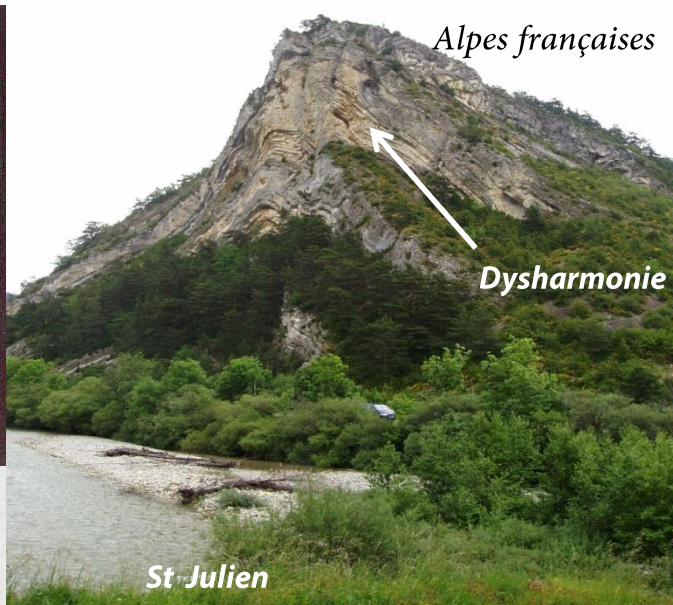


Pli déversé



Hastière-Lavoux

(Ardennes-près de Namur)



Alpes françaises

Dysharmonie

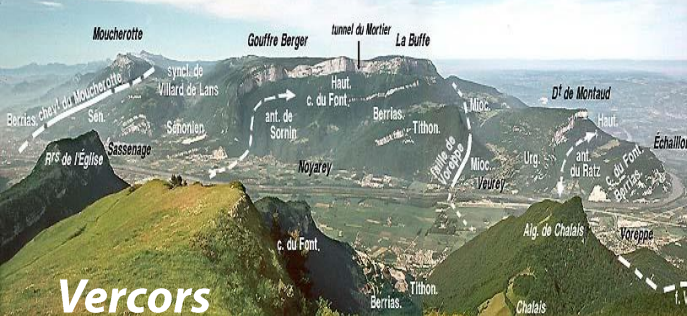
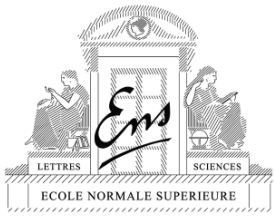
St-Julien



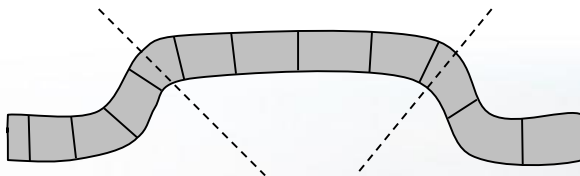
Rive d'Arve

Les plis : classification

& nomenclature

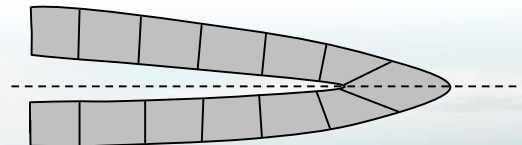


Pli coffré

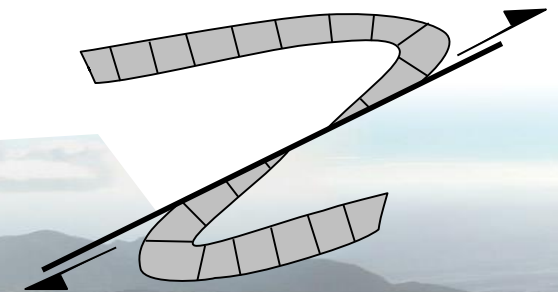


+ de nombreux exemples dans le Jura (carte de Morteau 1: 50 000)

Pli couché



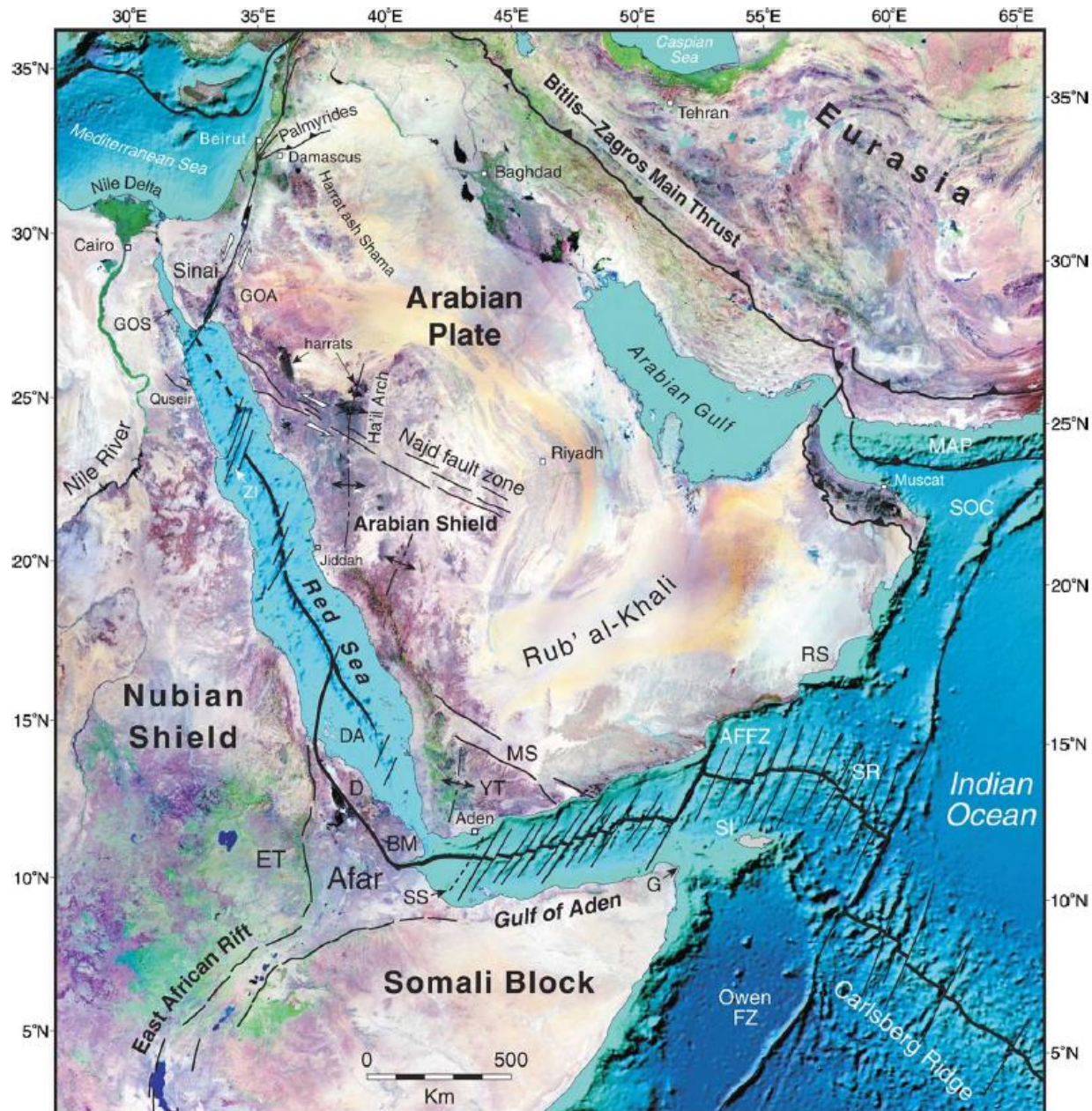
Pli-faille



Les marqueurs d'un épisode de déformation

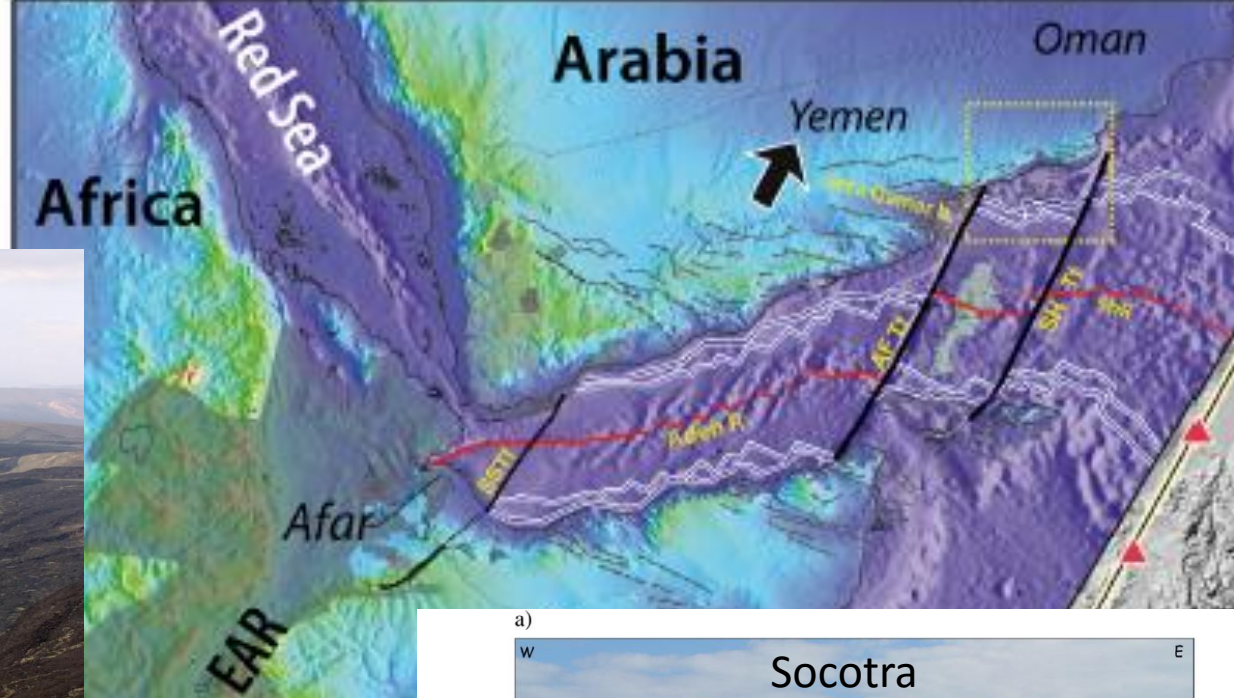
- La déformation elle-même
 - Identifier la déformation sur le terrain, sur une carte, sur un profil sismique
- Les marqueurs sédimentaires
 - Identifier les marqueurs sédimentaires sur le terrain, sur une carte, sur un profil sismique

Partie 1: les marqueurs de l'ouverture du Golfe d'Aden



(D'après les travaux de M. Fournier; Sylvie Leroy)

De la carte à l'affleurement...



Asal

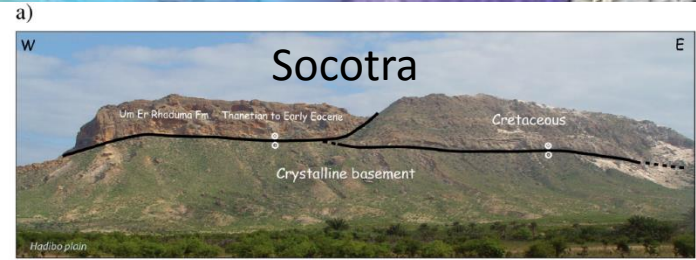
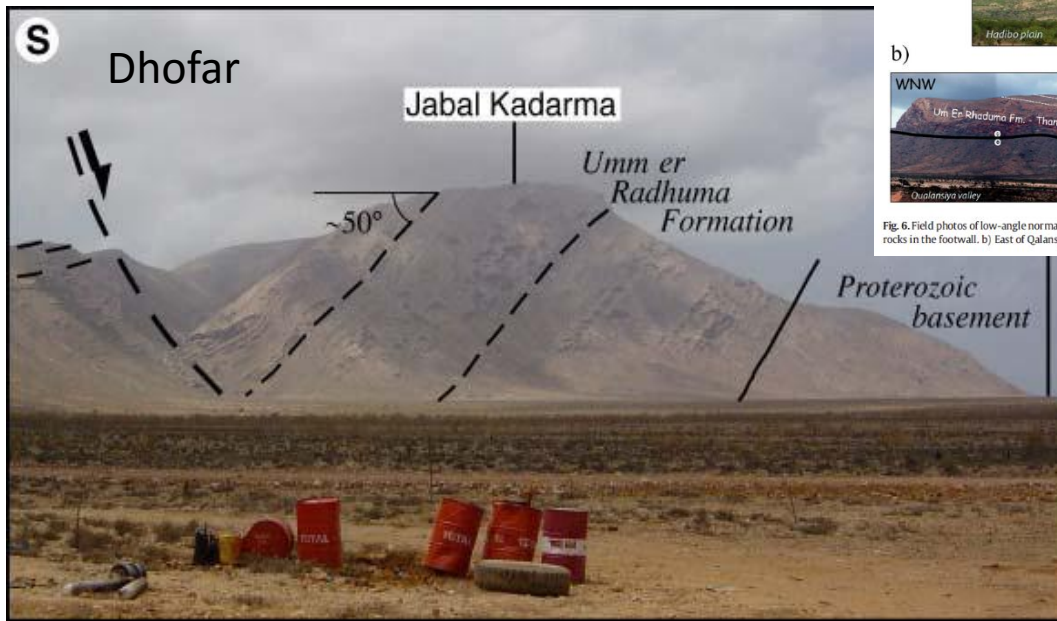


Fig. 6. Field photos of low-angle normal fault segments. a) East of Hadibo (Figs. 3 and 9), Eocene Umm Er Radhuma and Cretaceous limestone over low-angle normal faults, with basement rocks in the footwall. b) East of Qalansya (Figs. 3 and 5), Tertiary sedimentary rocks above low-angle normal fault with basement rocks in the footwall. The cliff is about 500 m high.



S

Dhofar

Jabal Kadarma

Umm er Radhuma Formation

Proterozoic basement

~50°

De la carte à
l'affleurement...

DHOFAR

SOCOTRA



De l'affleurement aux microstructures...

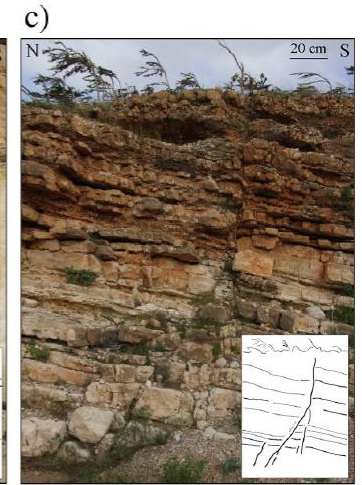
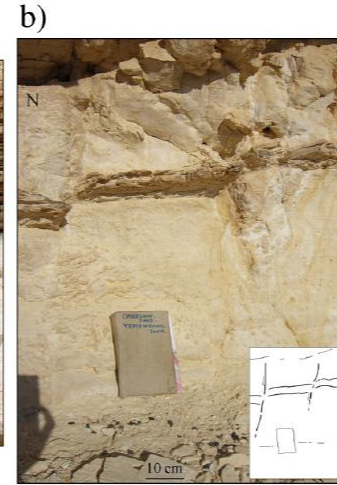
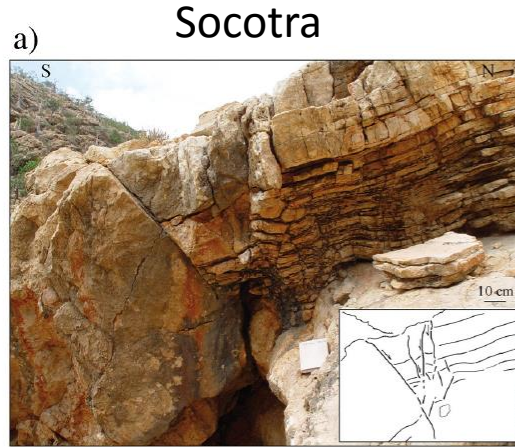
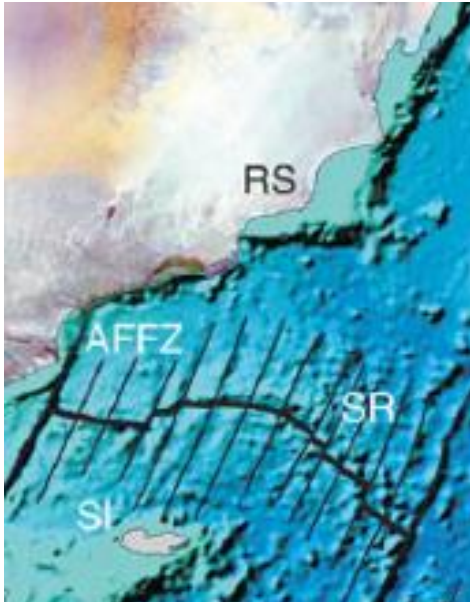


Fig. 7. Field photos of small normal faults. a) ESE-WNW normal fault at site 141 in Eocene Umm Er Radhuma Fm. (Fig. 5). b) ENE-WSW normal faults in Jebel Allan in Oligo-Miocene Mughsayl Fm. (Fig. 5). c) ESE-WNW normal fault at site 275 in Oligocene Ashawq Fm. (Fig. 5).



Les stries sur les plans de failles permettent de reconstituer les paléochamps de contrainte

Les marqueurs sédimentaires de l'ouverture du Golfe d'Aden

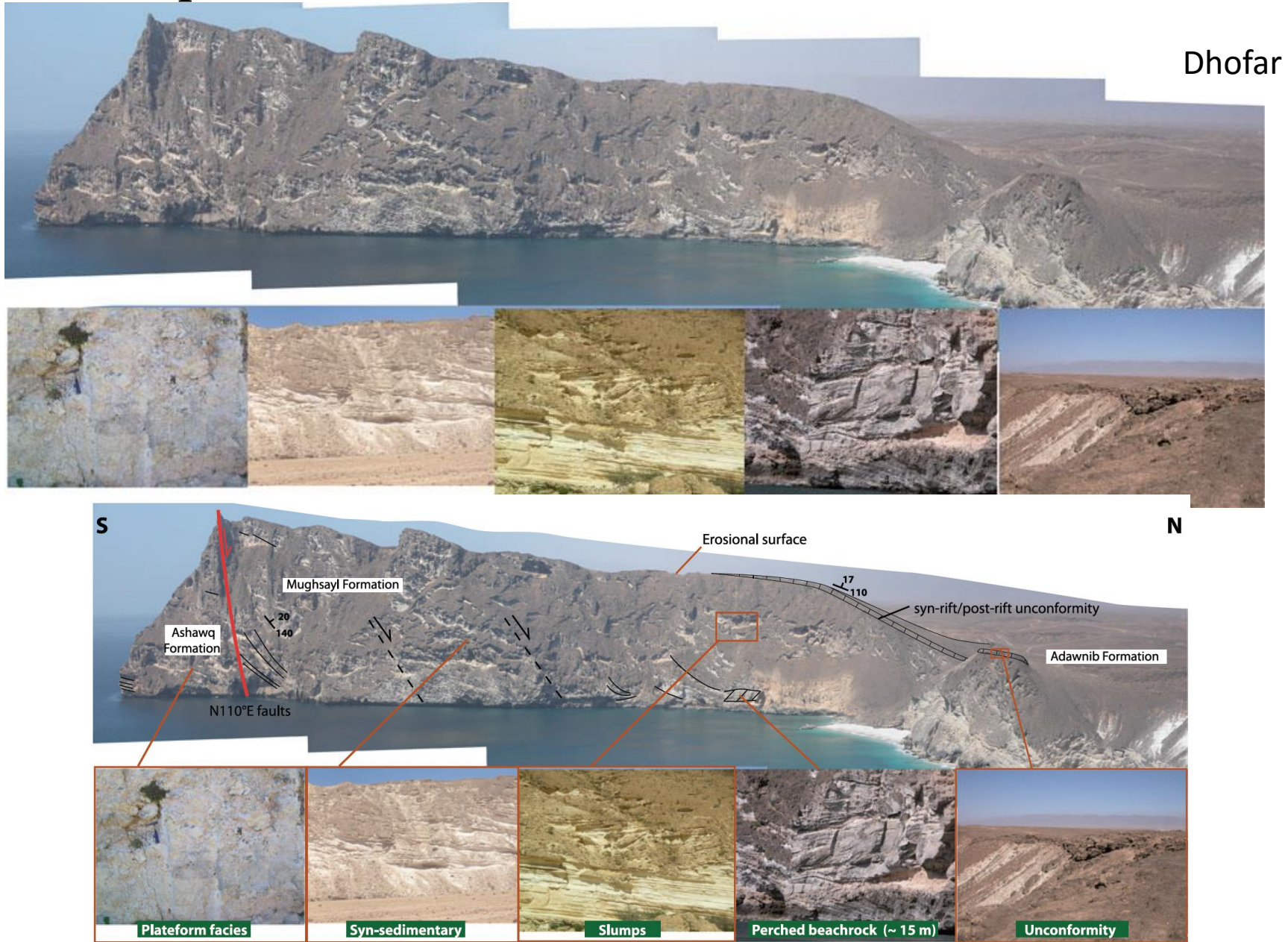
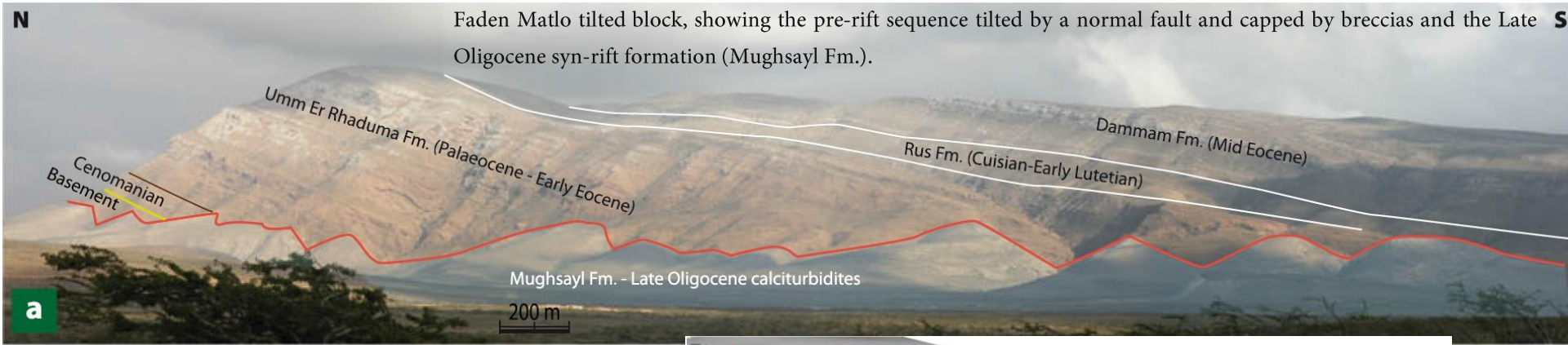


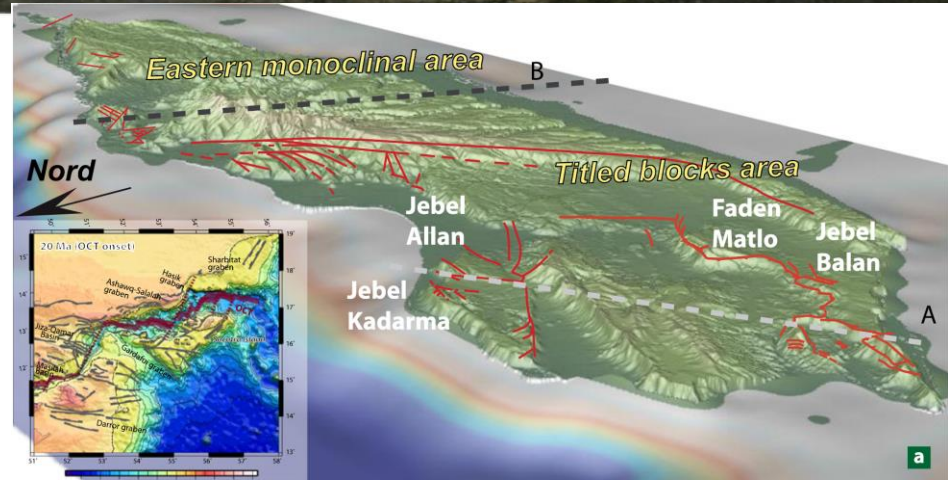
Fig. 12 Exposure of the syn-rift successions and syn-rift/post-rift unconformities in the south of the Salah plain. Close-up view of the various outcrops and sedimentary systems observed (Ras Hamar). See Fig. 13a for location

Les marqueurs sédimentaires de l'ouverture du Golfe d'Aden

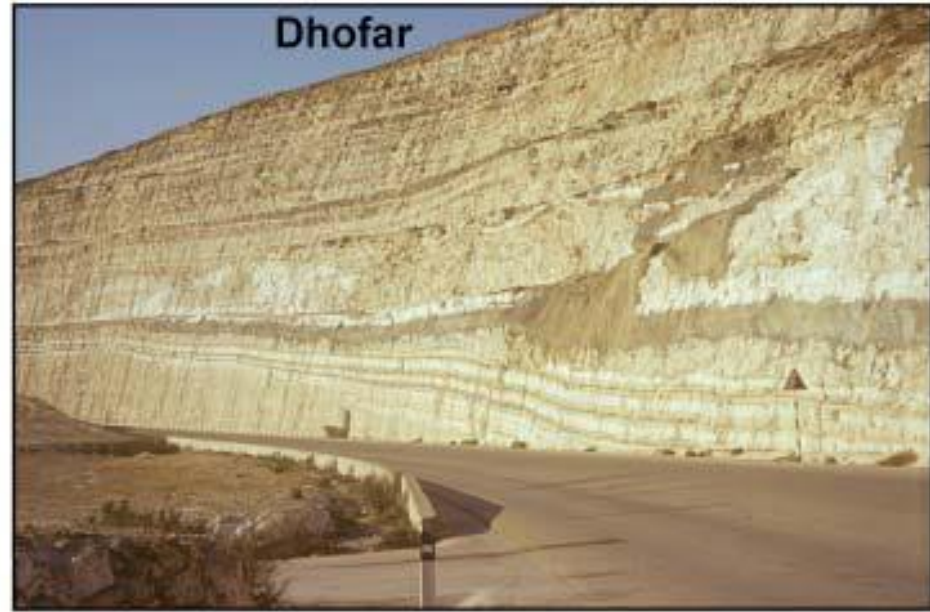
Socotra



Basculement des séries pré-rift + discordance angulaire

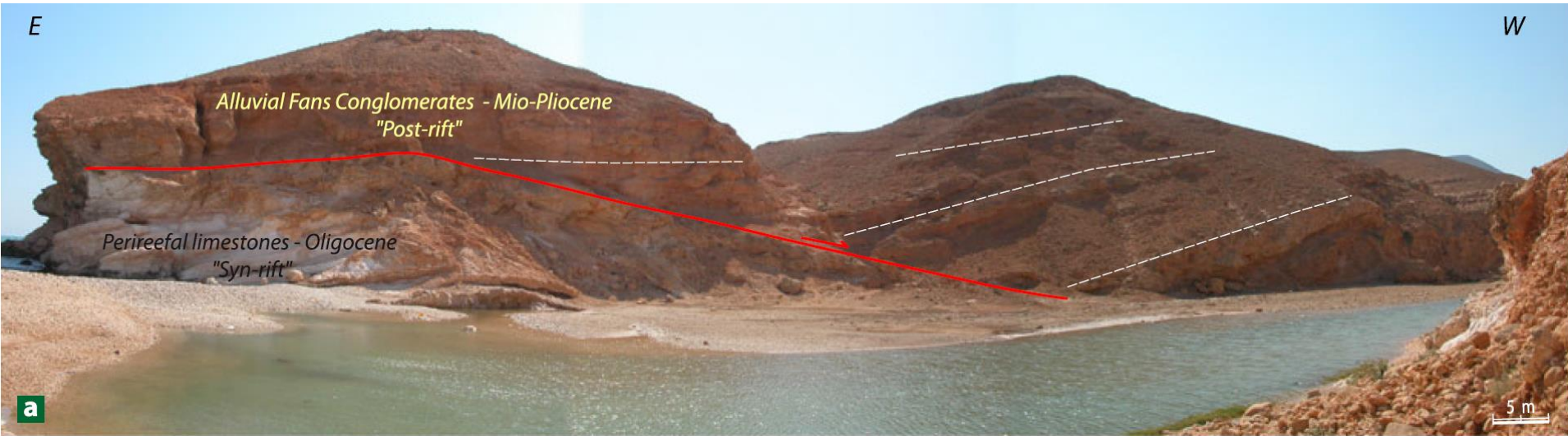


Les marqueurs sédimentaires de l'ouverture du Golfe d'Aden

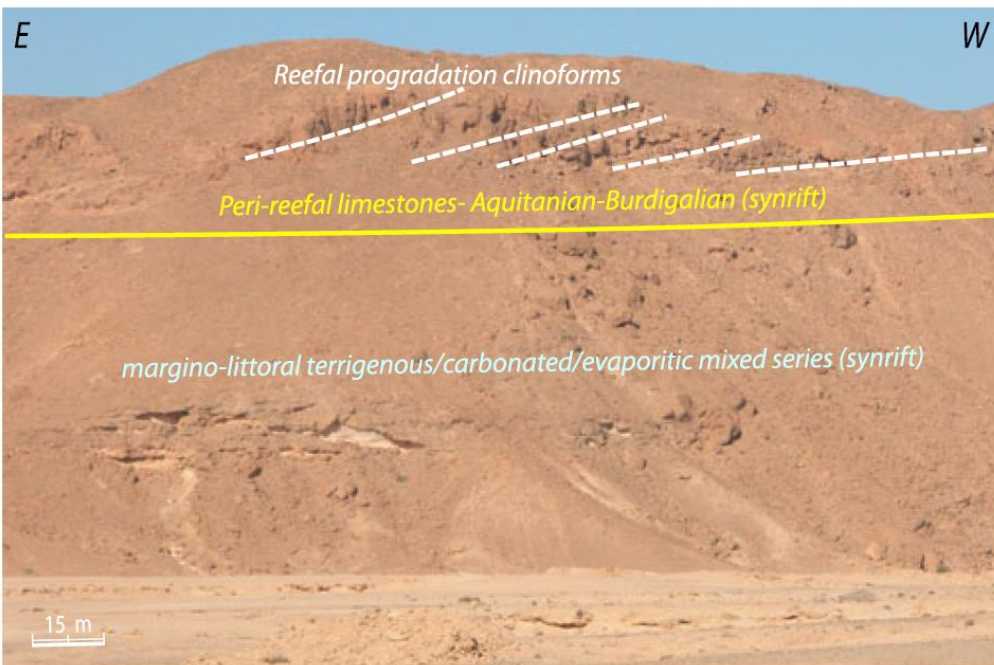


Instabilités gravitaires dans le syn-rift de la Mugsayl fm + discordance angulaire à Socotra

Marqueurs sédimentaires : attention à l'interprétation du basculement des couches et des structures en éventail



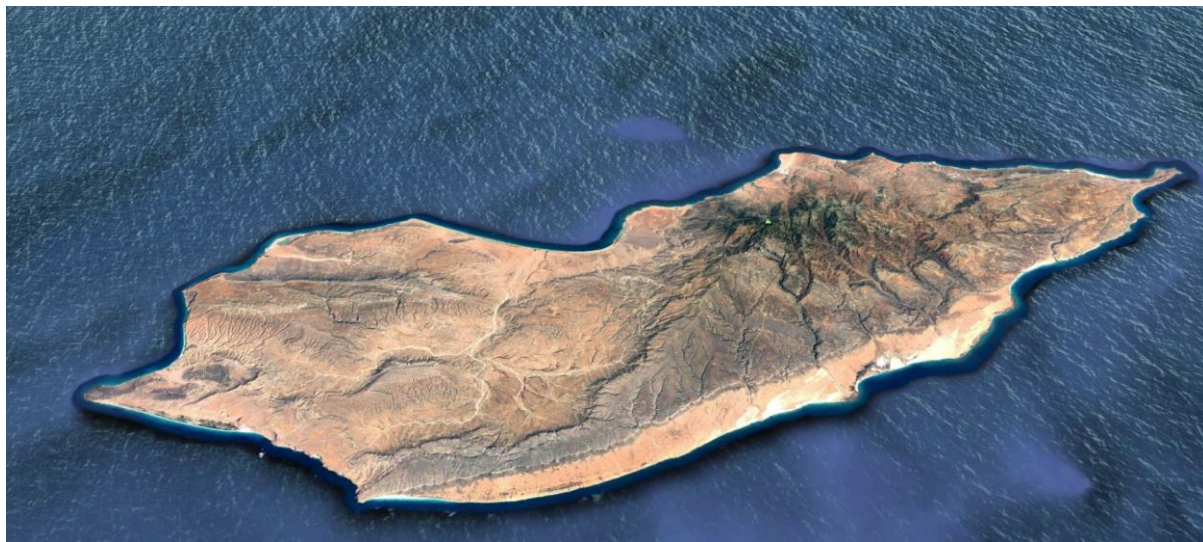
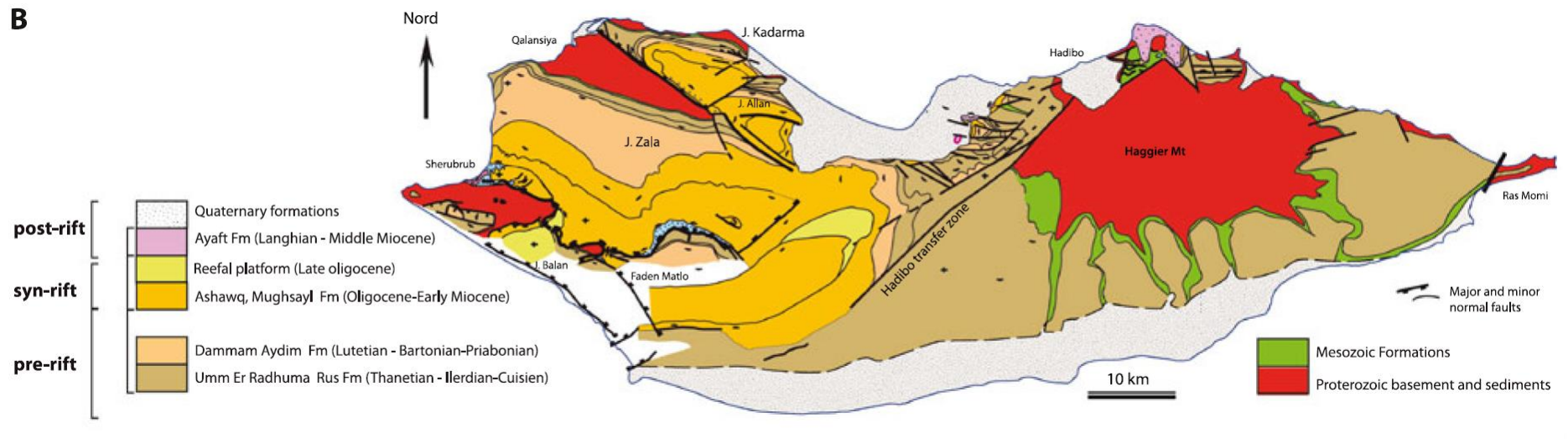
Stratigraphic and tectonic relationships between the Oligocene syn-rift peri-reefal carbonate deposits and the post-rift continental conglomerates on the southern border of the Qamar basin



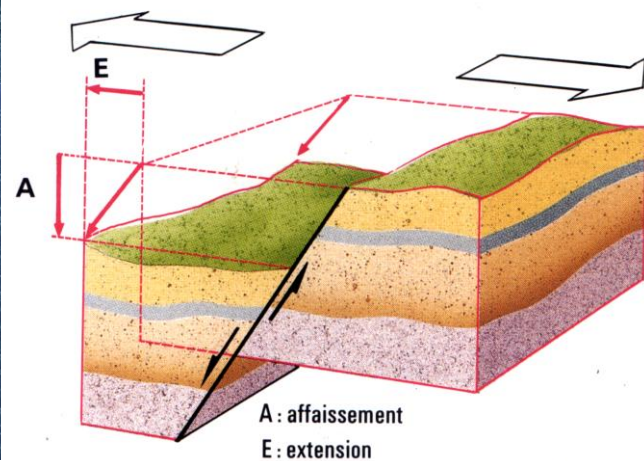
Le niveau marin relatif conditionne aussi la géométrie des dépôts sédimentaires

Carte géologique simplifiée de Socotra

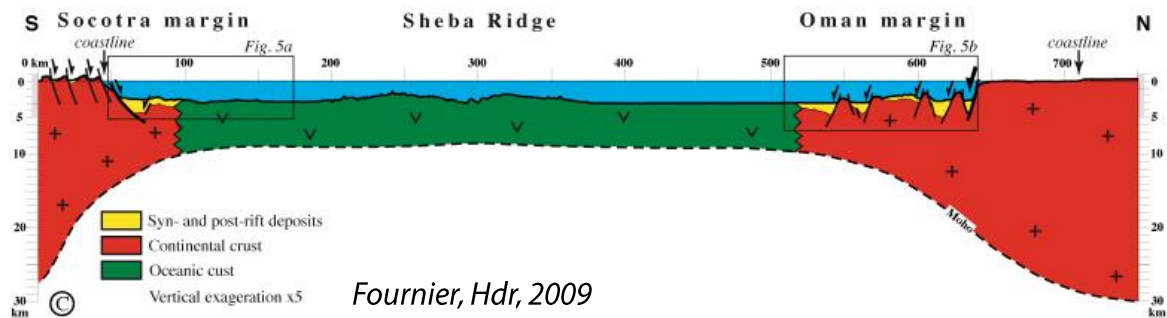
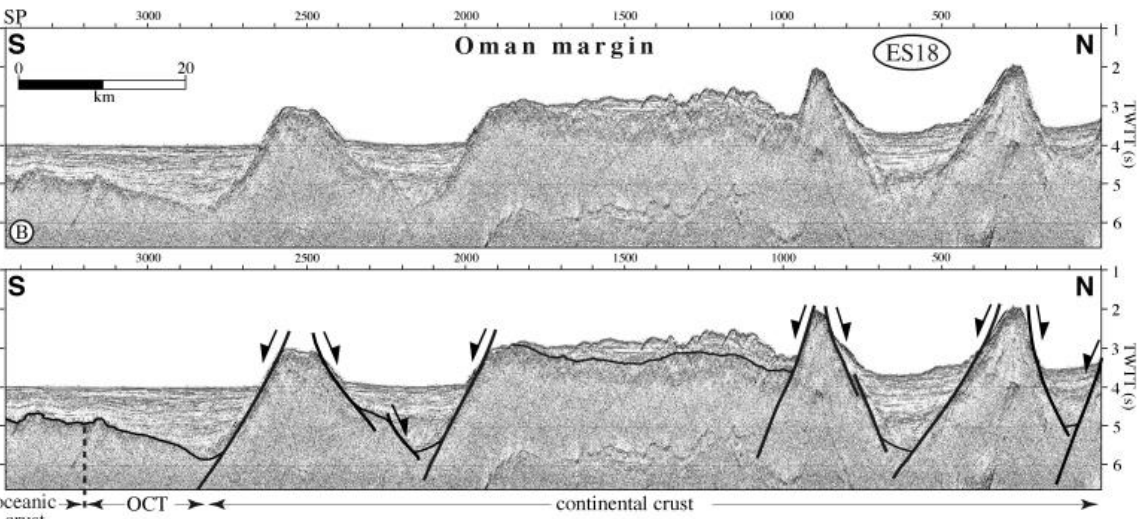
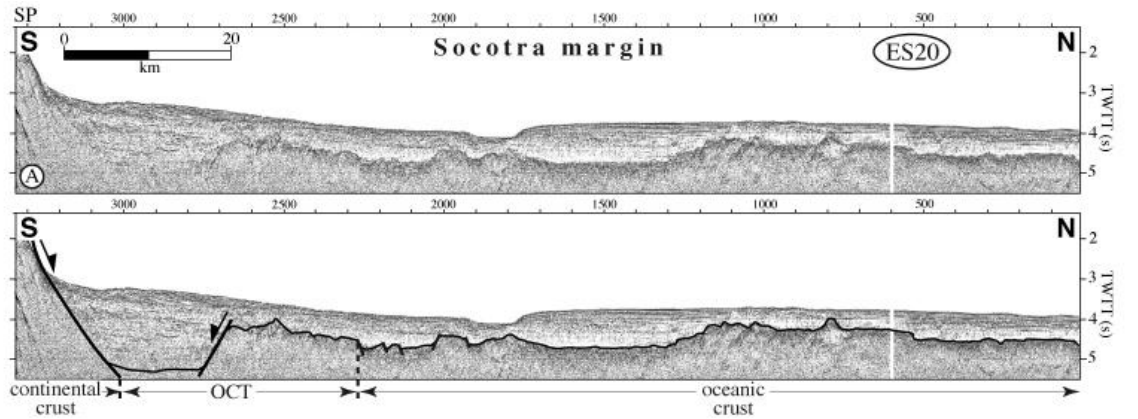
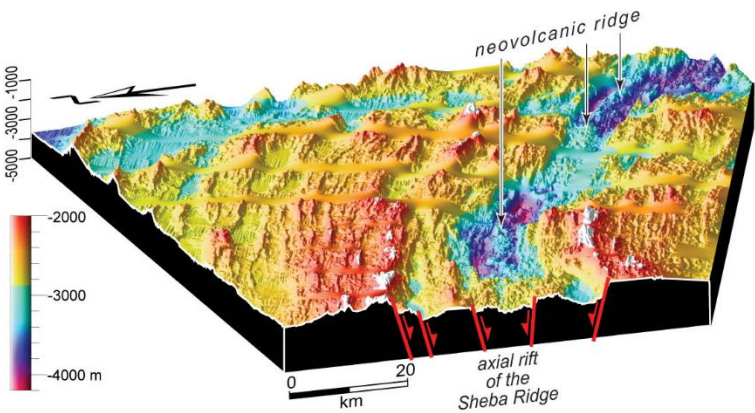
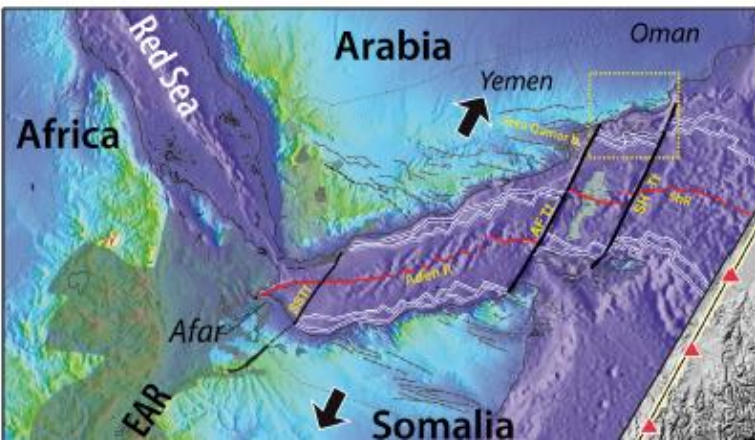
B



faille normale

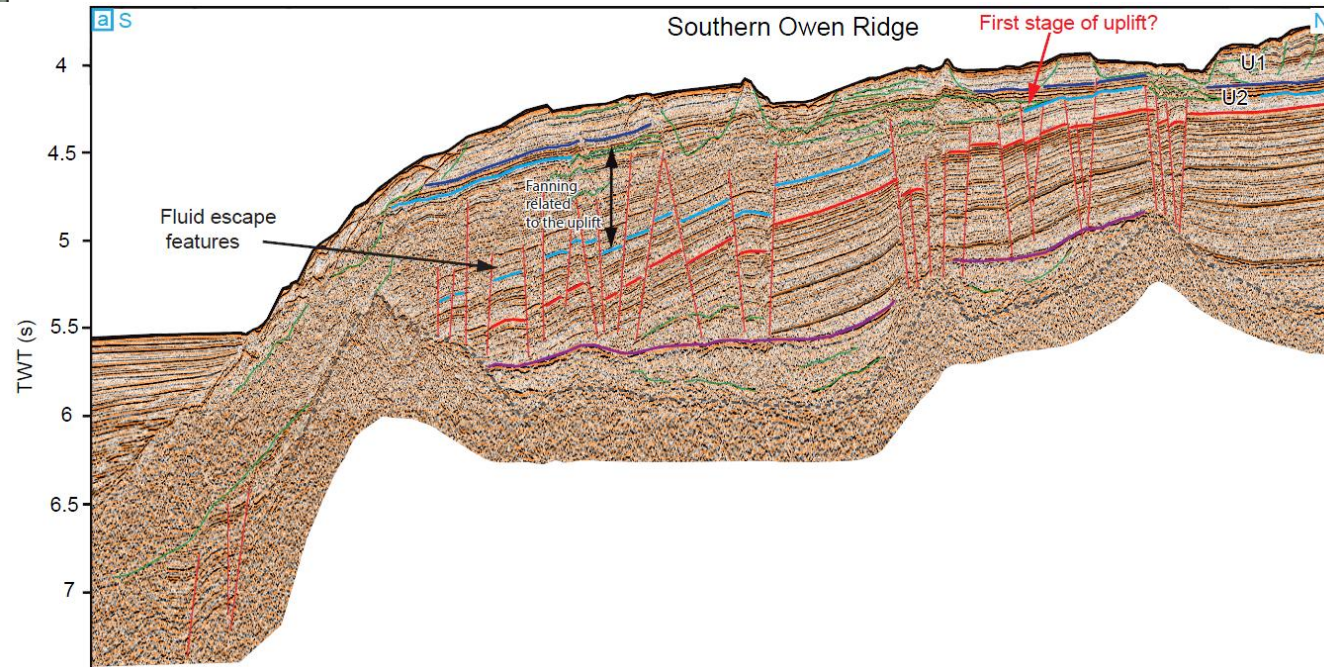
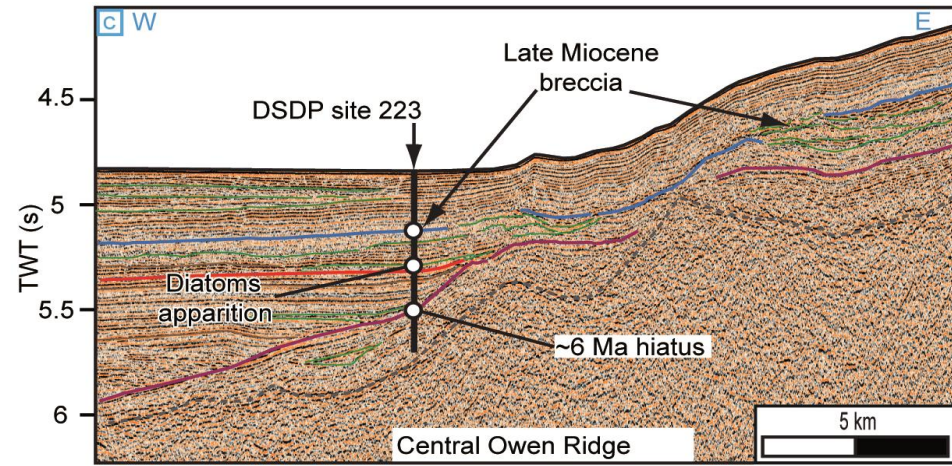
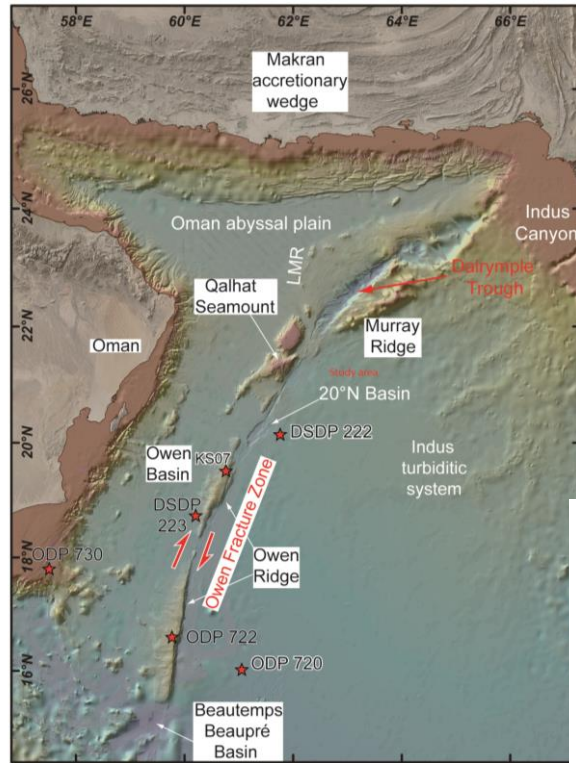


Enregistrement de la déformation en mer

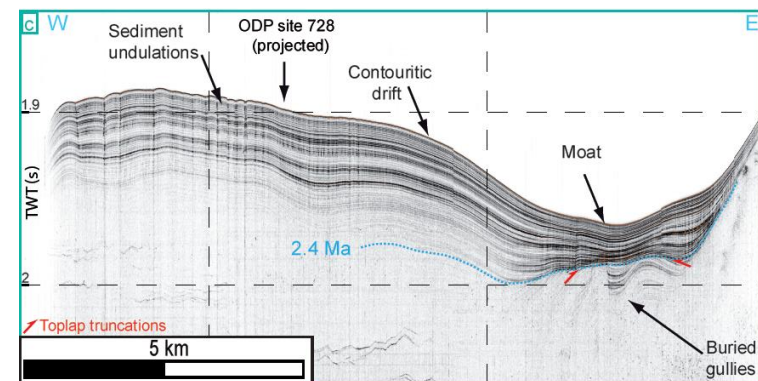
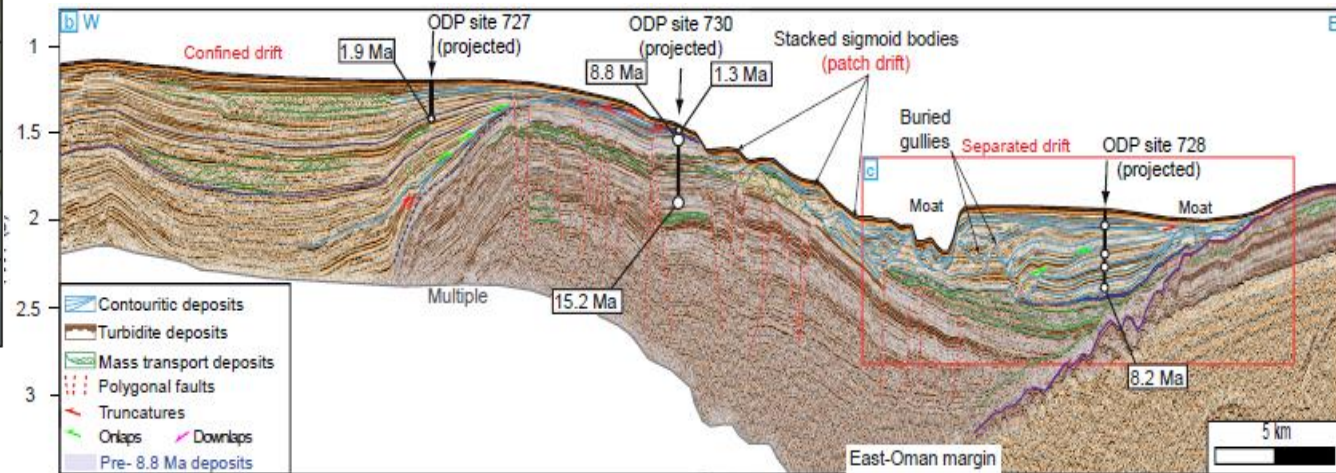
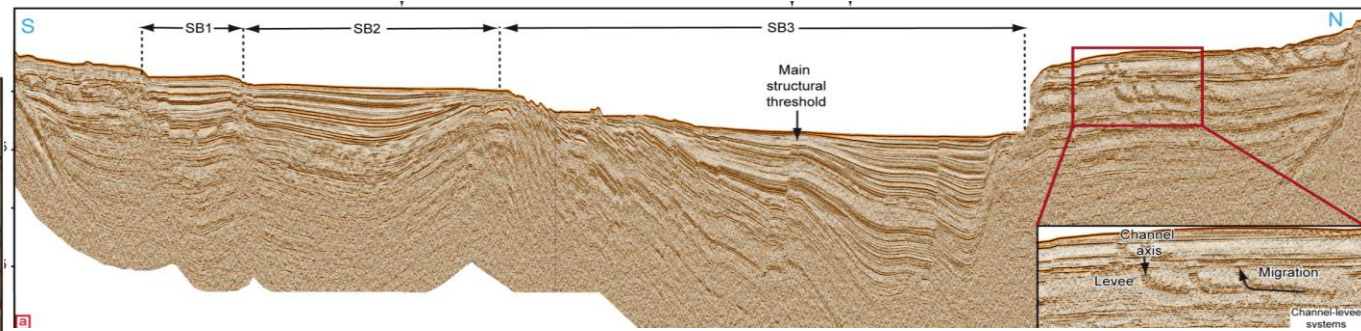
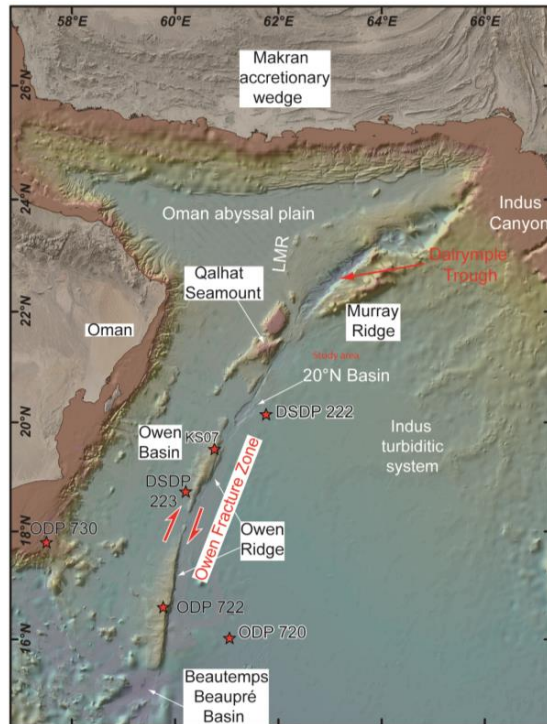


Fournier, Hdr, 2009

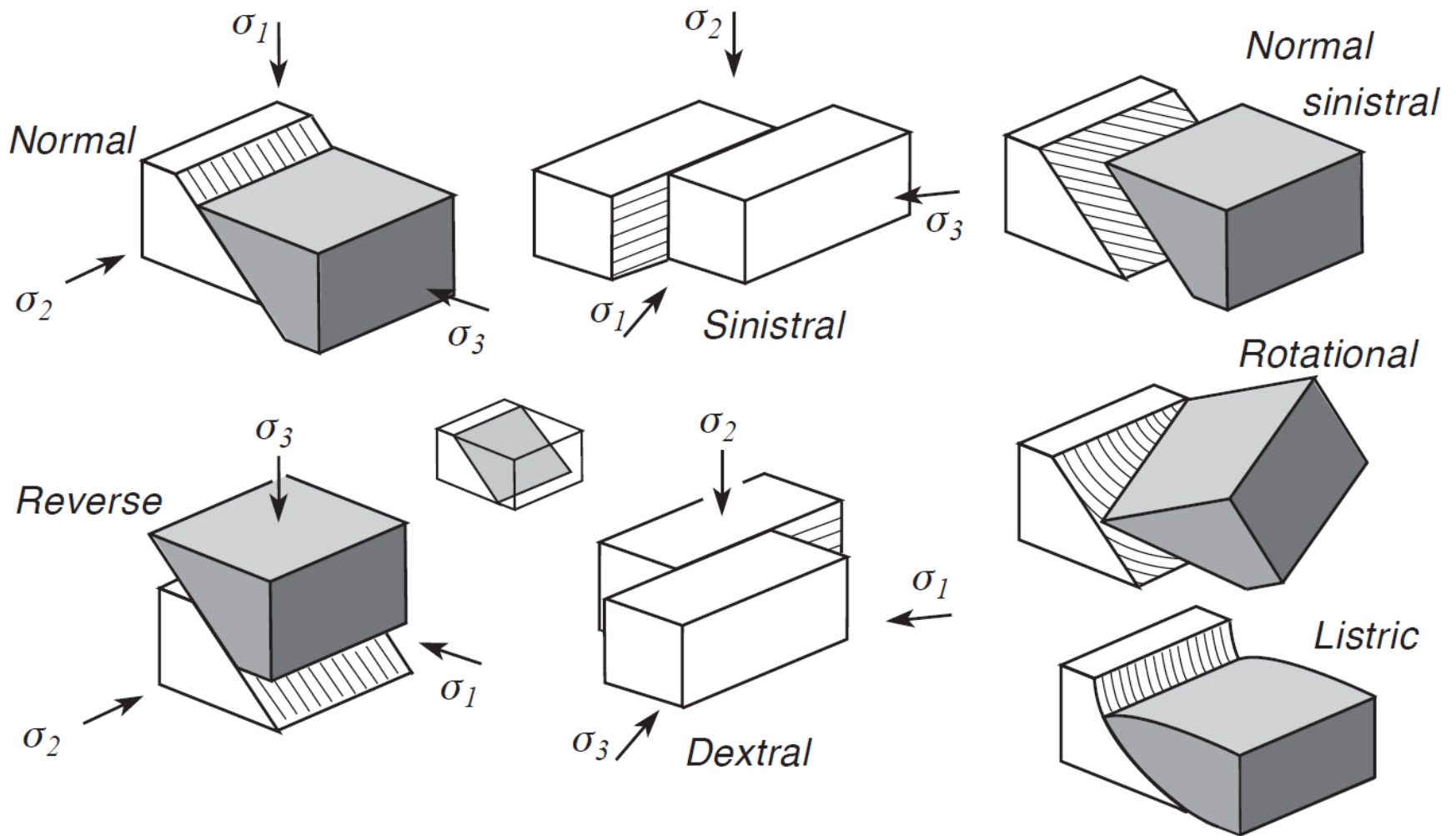
Discordance angulaire : signification



Configuration en éventail : signification



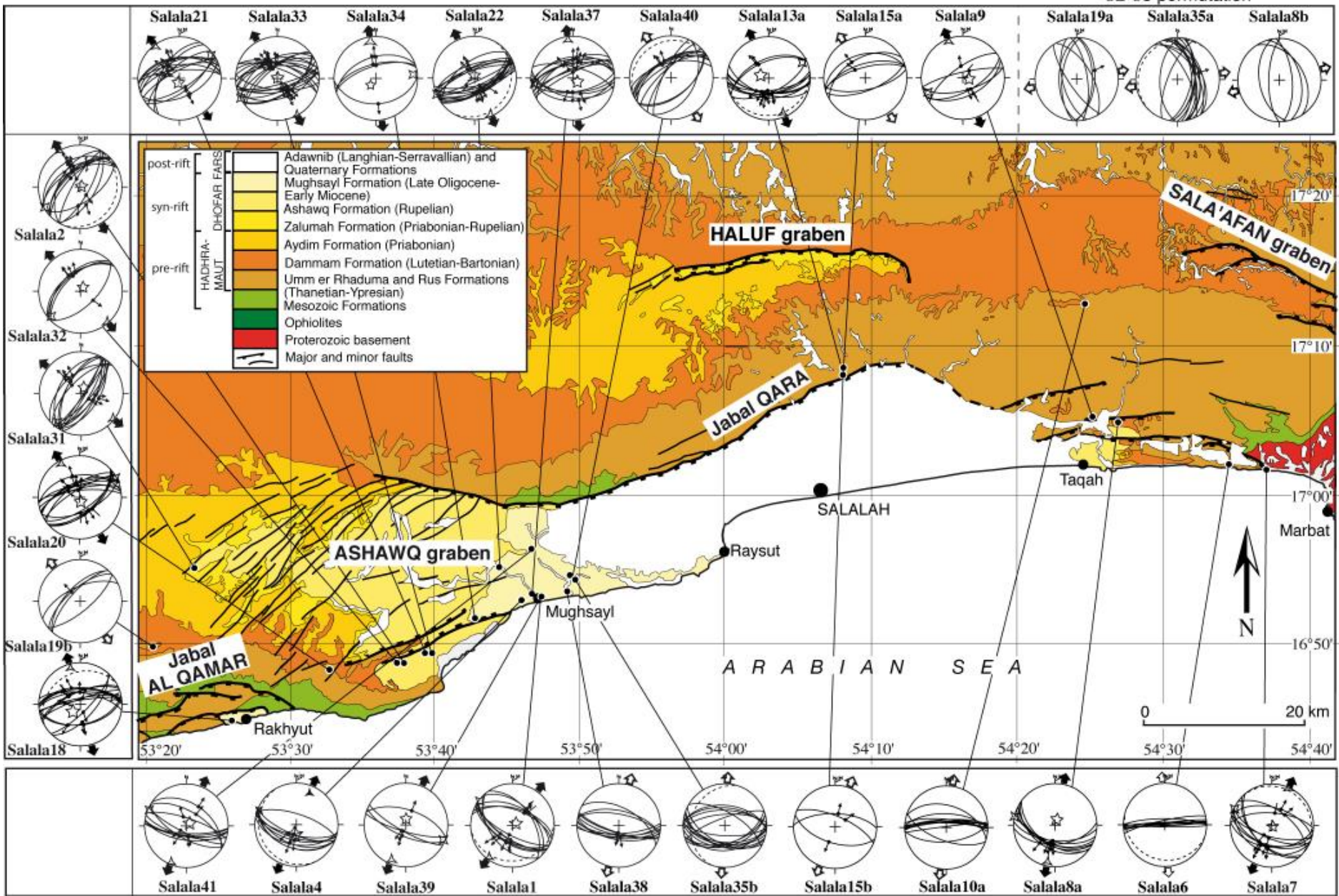
Reconstituer les champs de contraintes ...à partir de l'analyse microtectonique



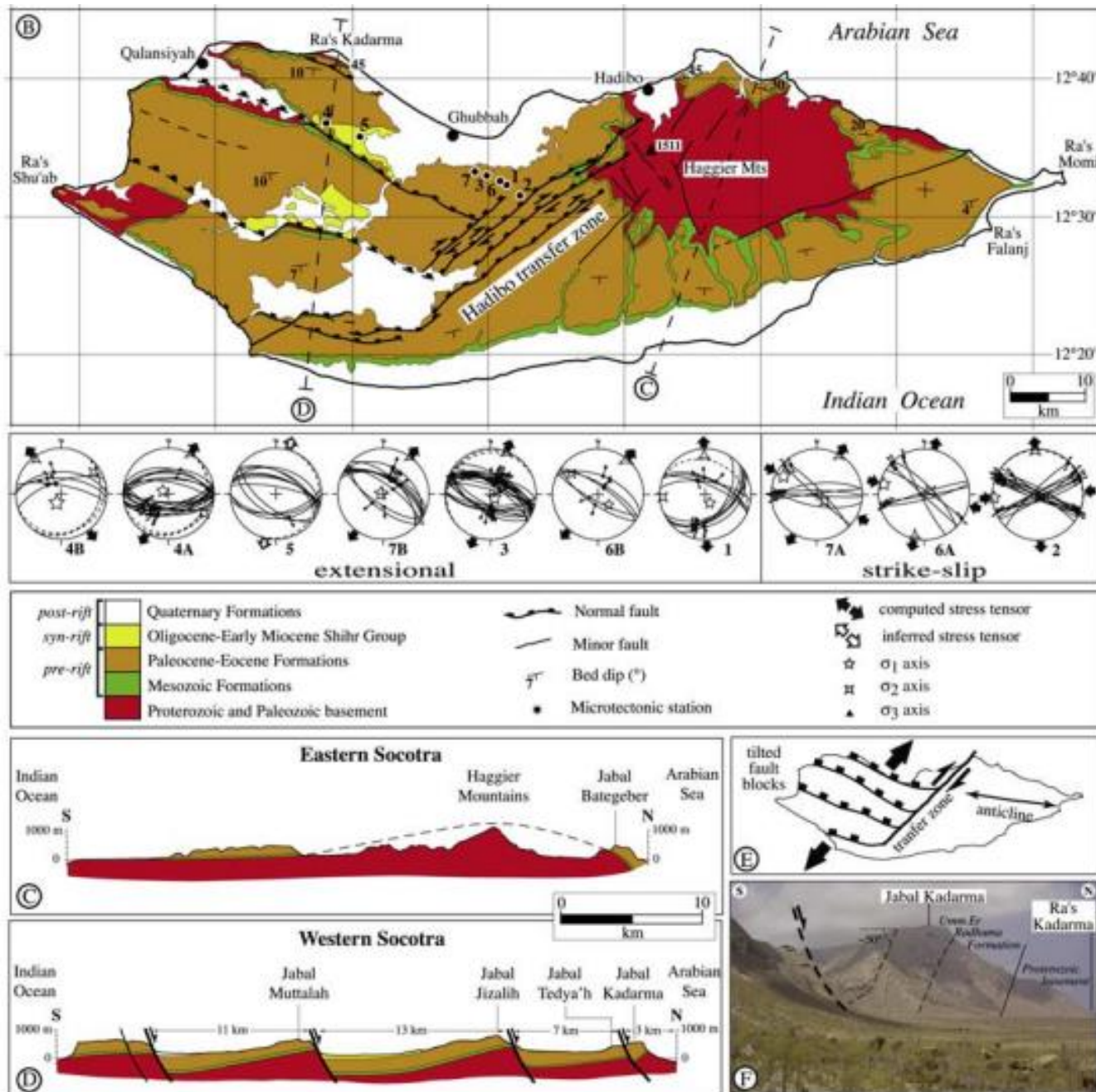
Avec quelques degrés d'incertitude toutefois...

Reconstituer les champs de contraintes ...à partir de l'analyse microtectonique

σ_2 - σ_3 permutation

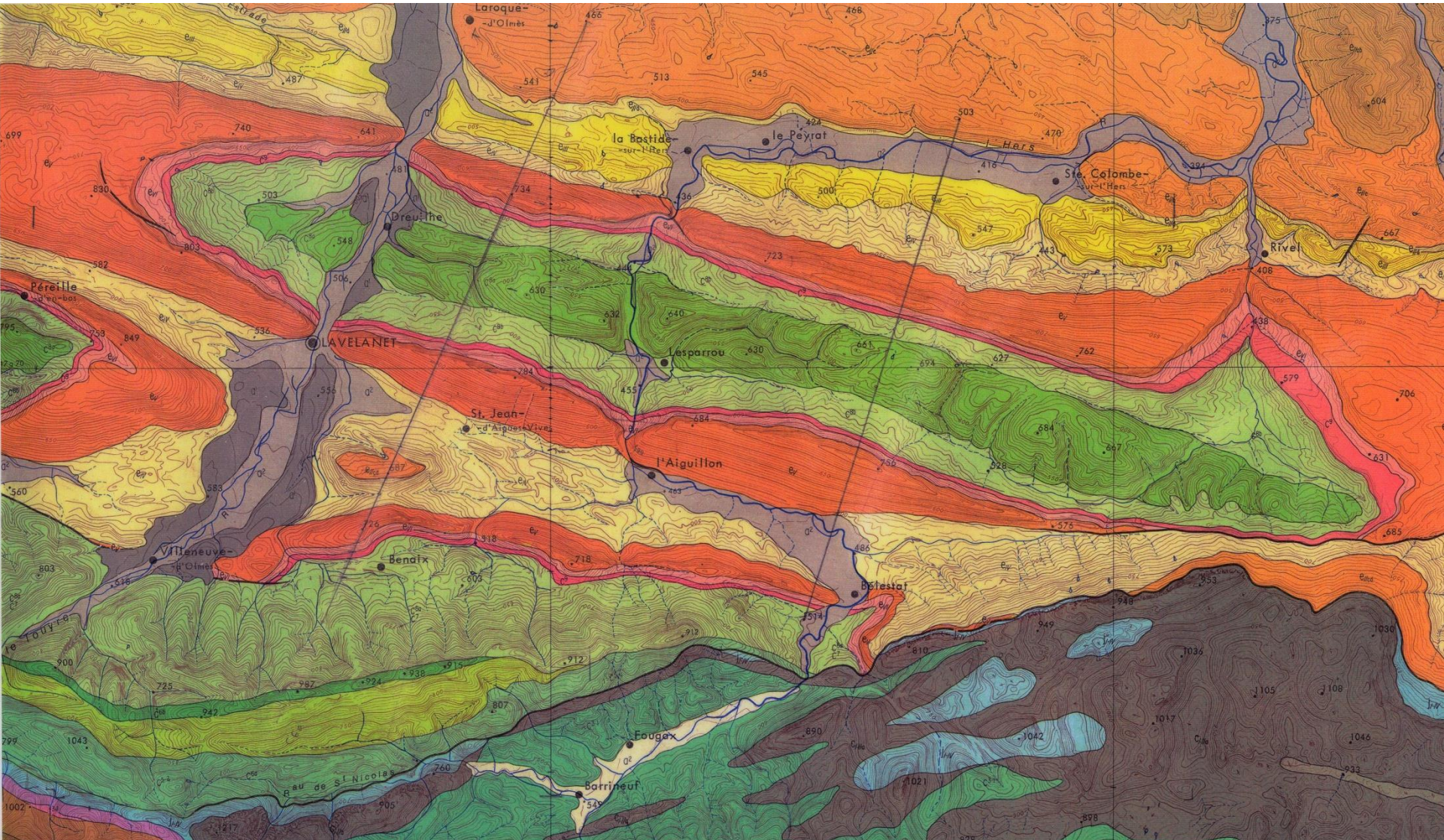


Reconstituer les champs de contraintes ... à partir de l'analyse microtectonique

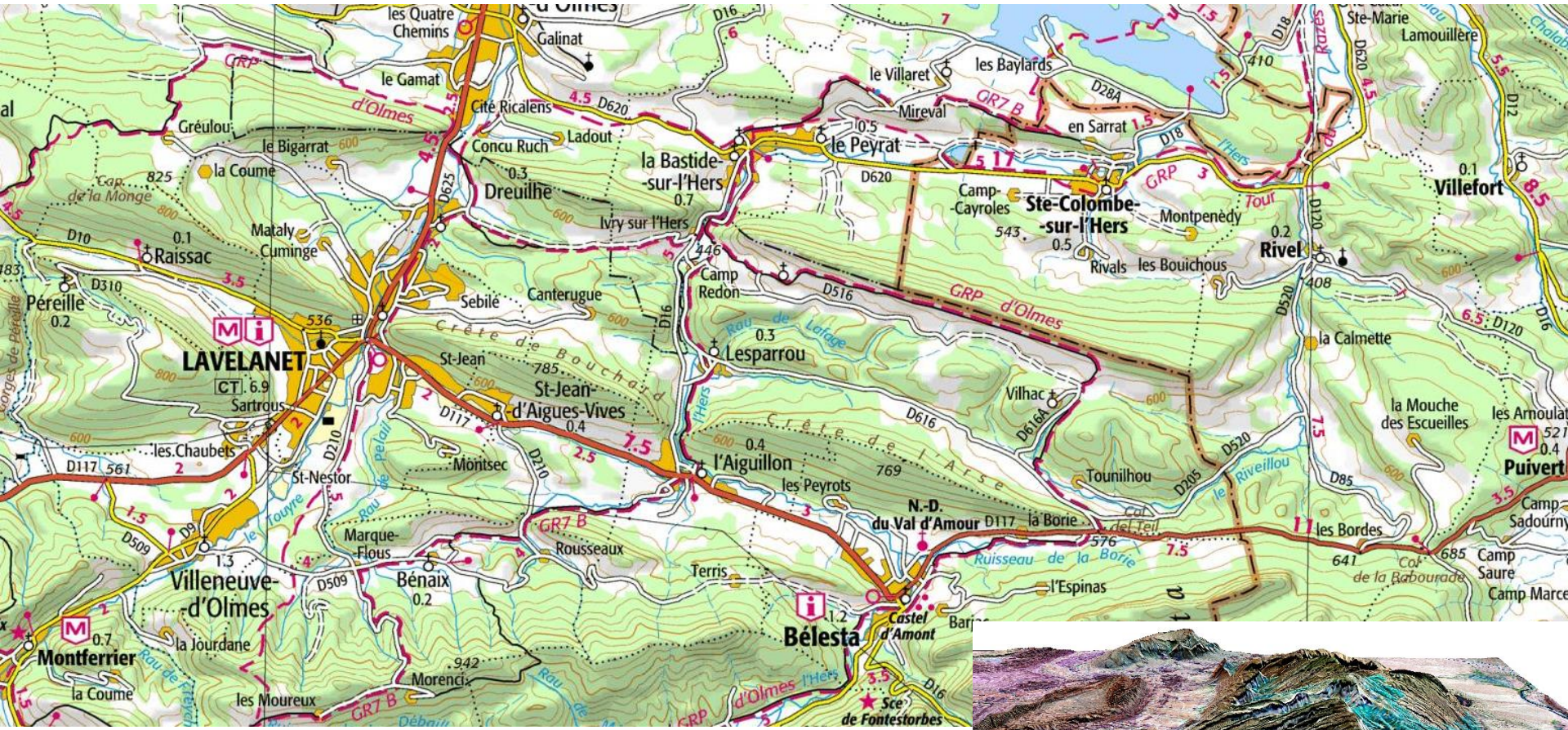


PARTIE II :

Les clefs de la lecture d'une carte géologique à partir de l'exemple de la carte de Lavelanet



Topographie



Carte topographique de Lavelanet

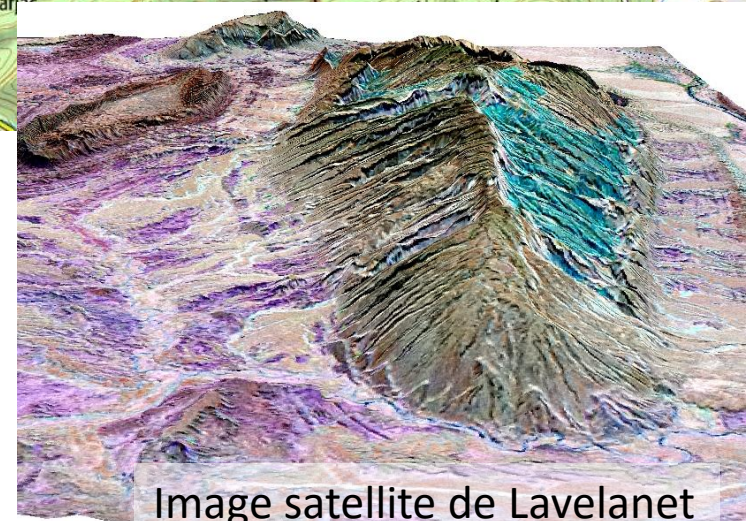


Image satellite de Lavelanet

Topographie

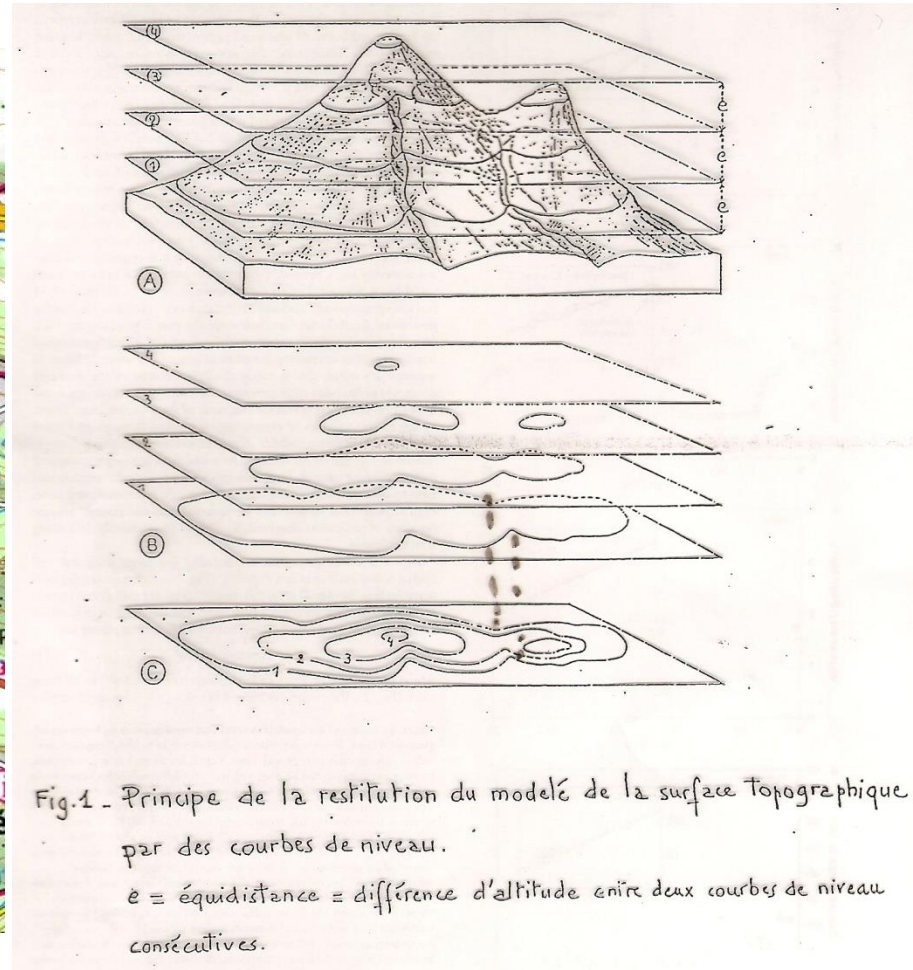
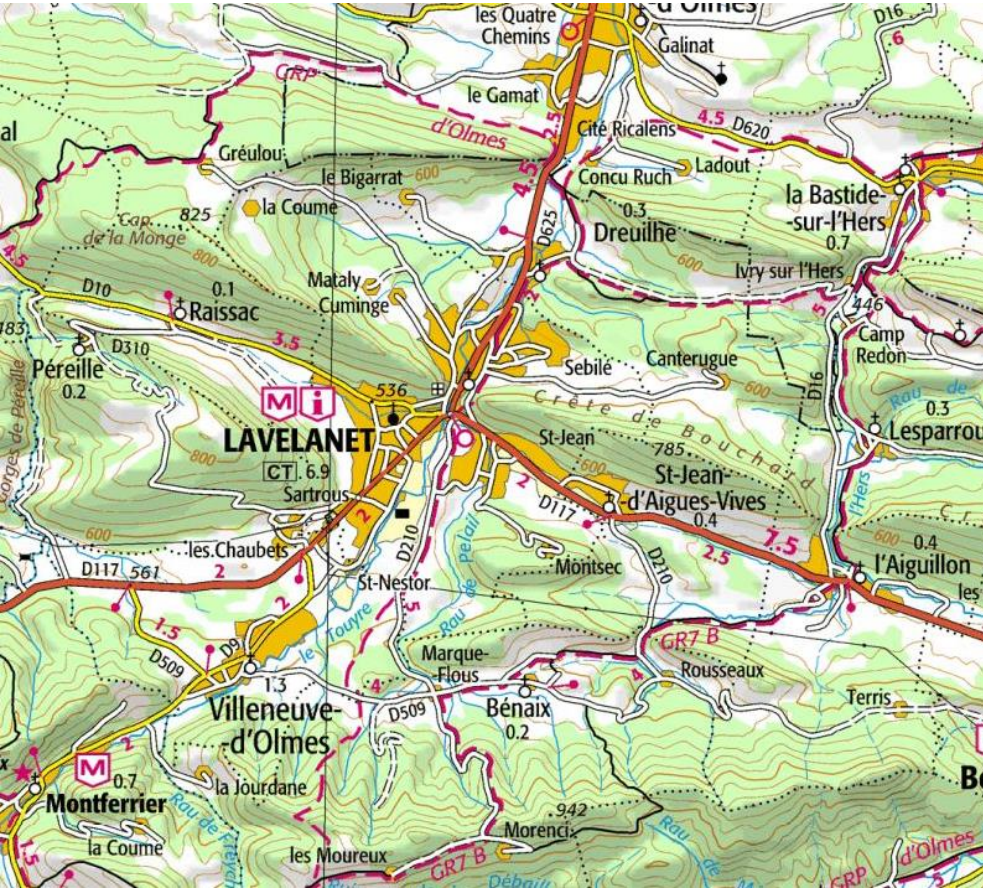


Fig.1 - Principe de la restitution du modèle de la surface topographique par des courbes de niveau.

e = équidistance = différence d'altitude entre deux courbes de niveau consécutives.

Caractéristiques géométriques d'un plan

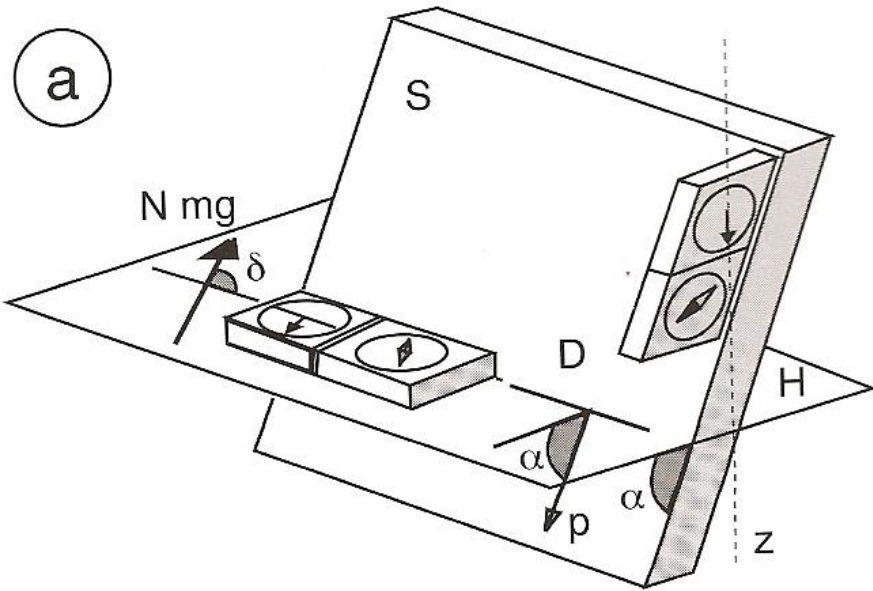
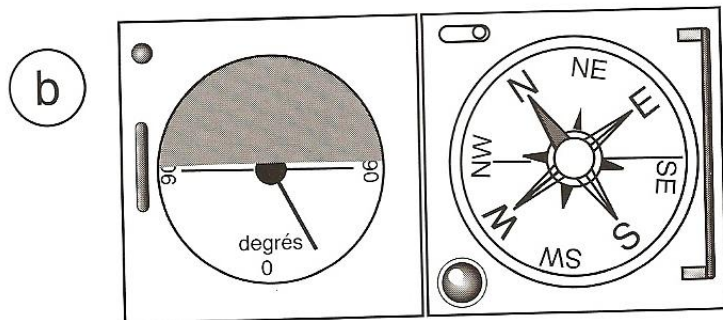


Figure 3.1.
a) Mesure de l'orientation (direction et pendage) d'une surface plane S
b) Clinomètre et boussole.



Clinomètre

Boussole

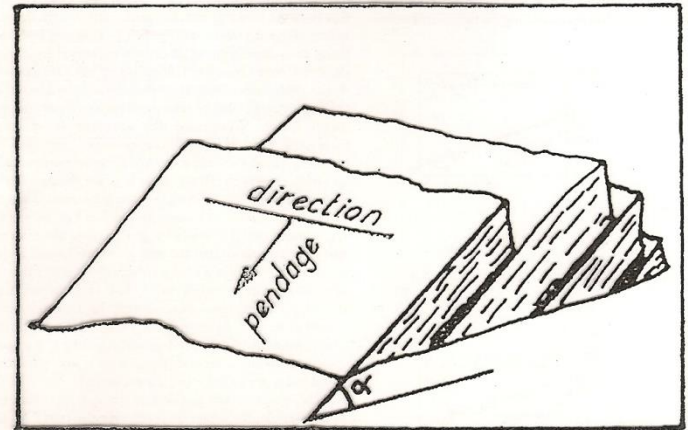
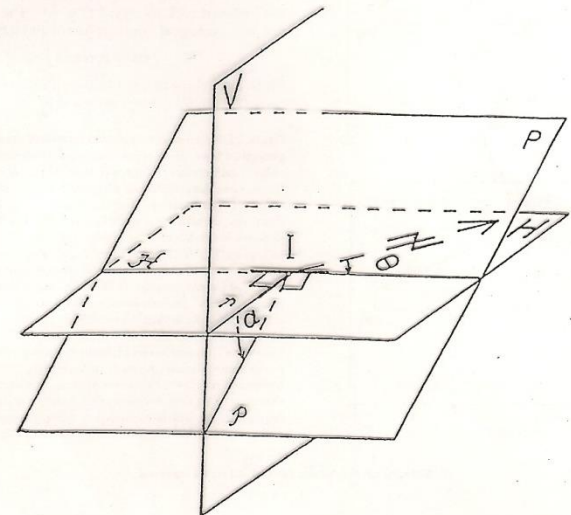
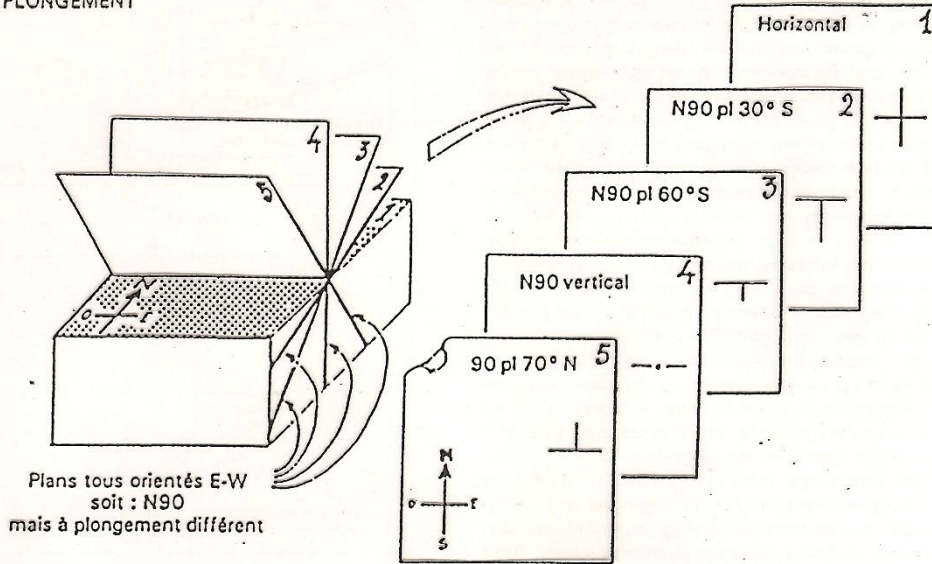


FIGURE 7.30 – Direction et pendage des couches.



Représentation d'un plan en carte

b) LE PLONGEMENT



a) LA DIRECTION

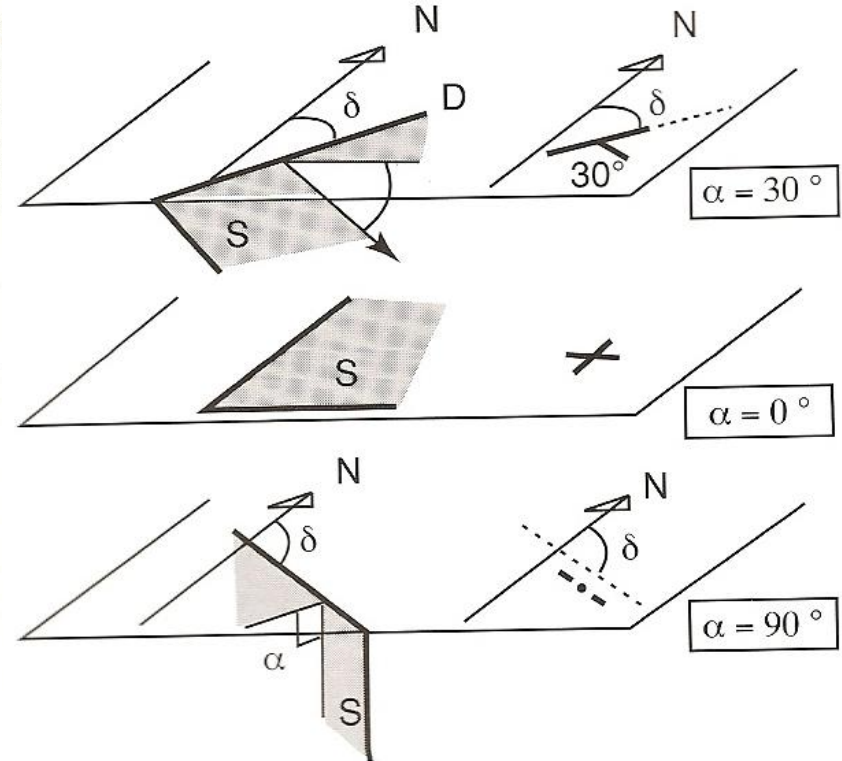
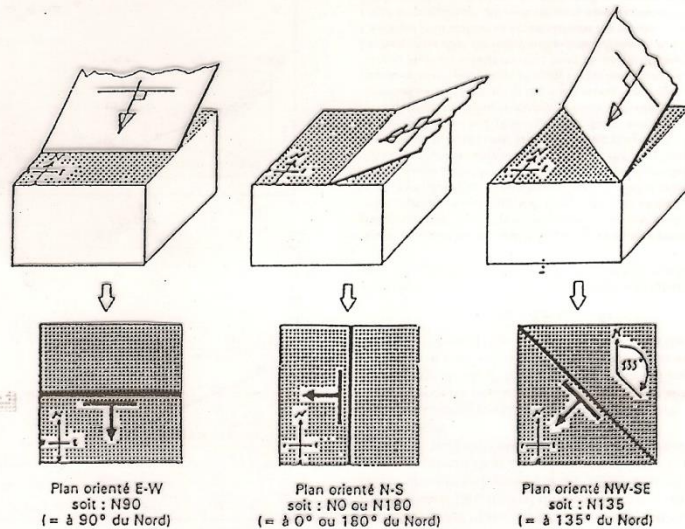
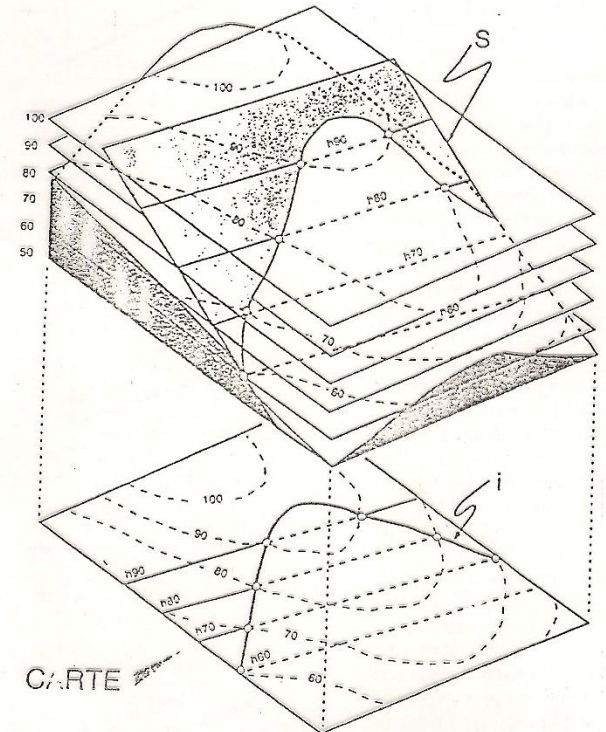
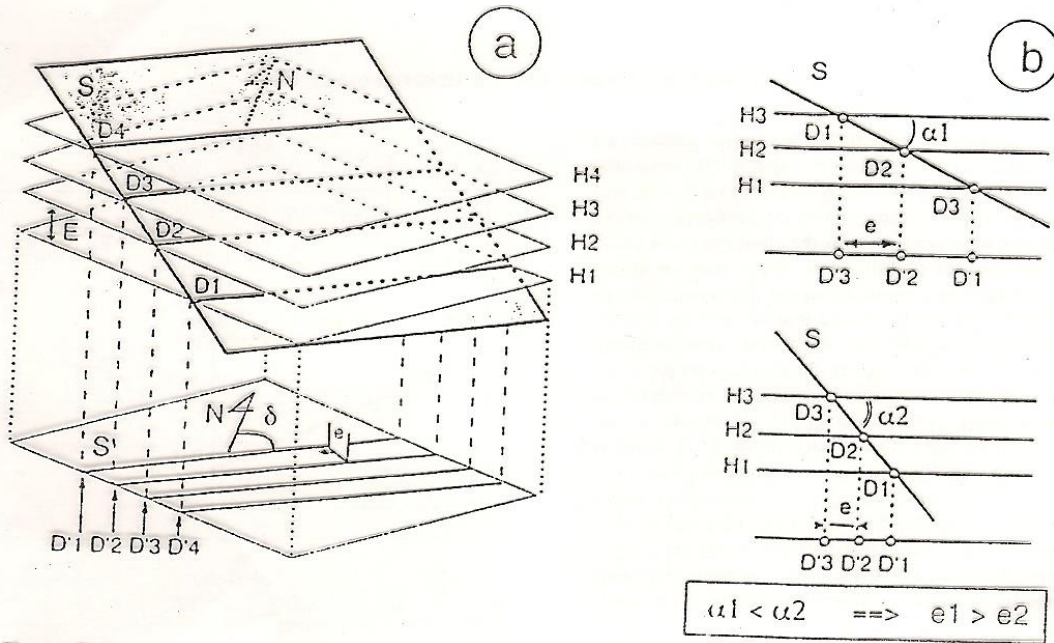


Figure 3.2.

Représentation symbolique de l'orientation d'une surface plane S (couche géologique).

Représentation d'un plan en carte

Les horizontales

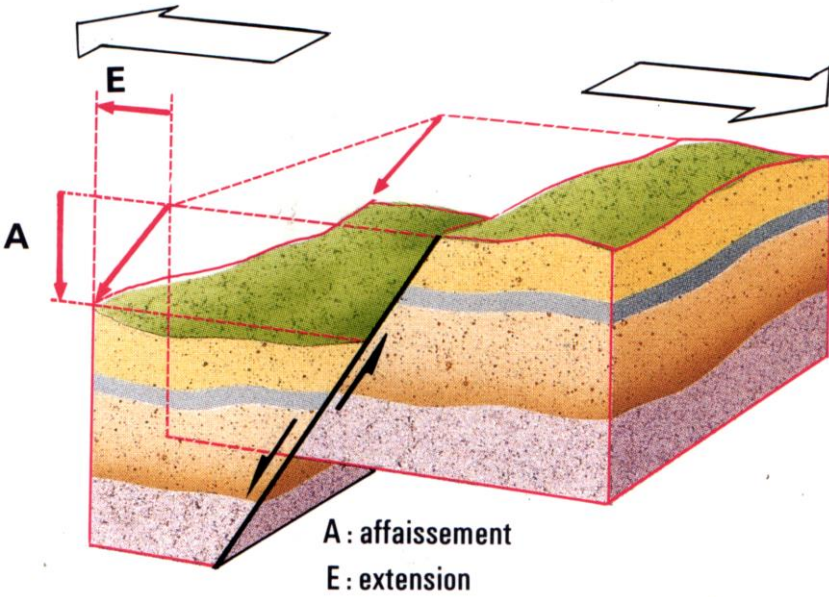


α : pendage

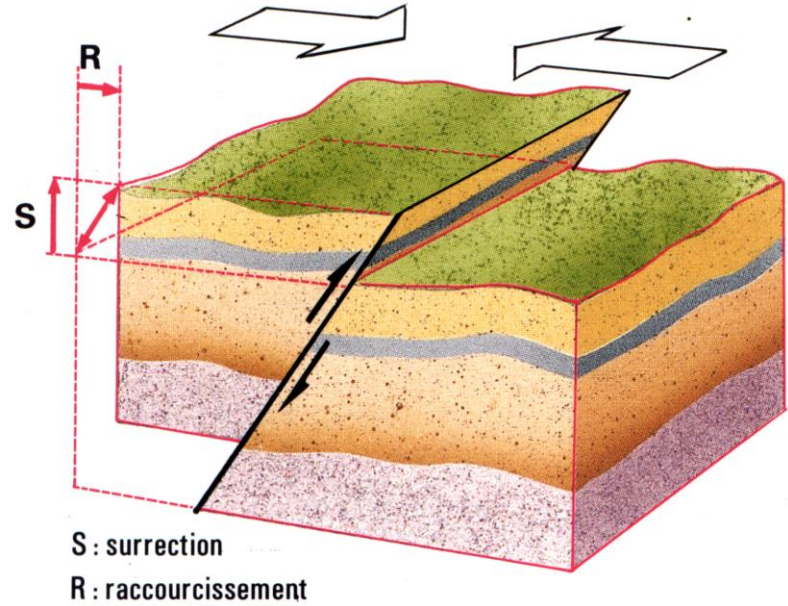
$\tan \alpha = \text{équidistance} / \text{distance entre horizontale sur la carte}$

Structures géologiques : comment les reconnaître sur une carte?

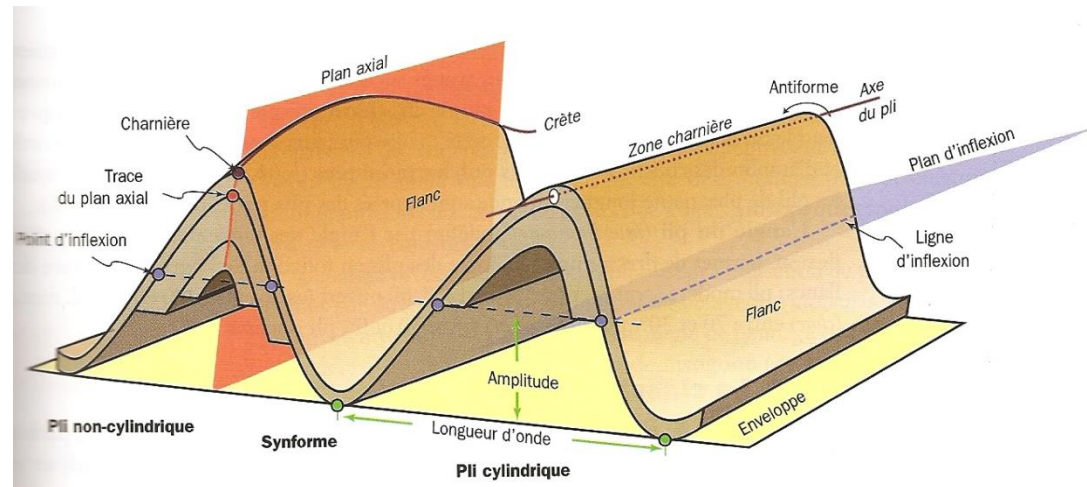
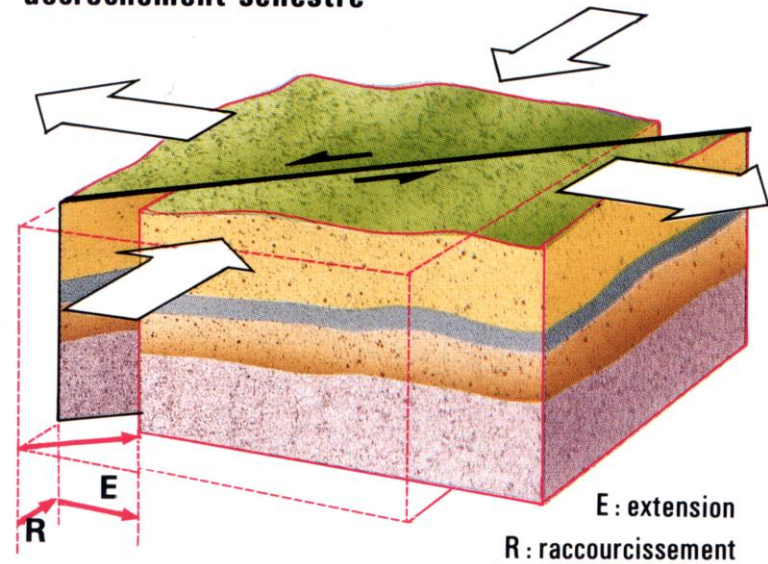
faille normale



faille inverse

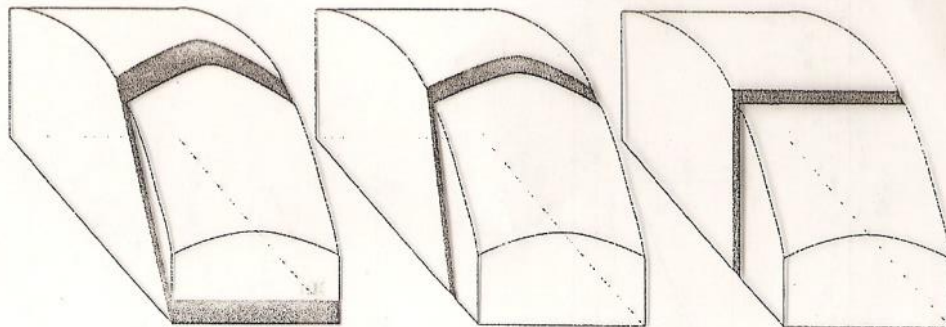


décrochement senestre



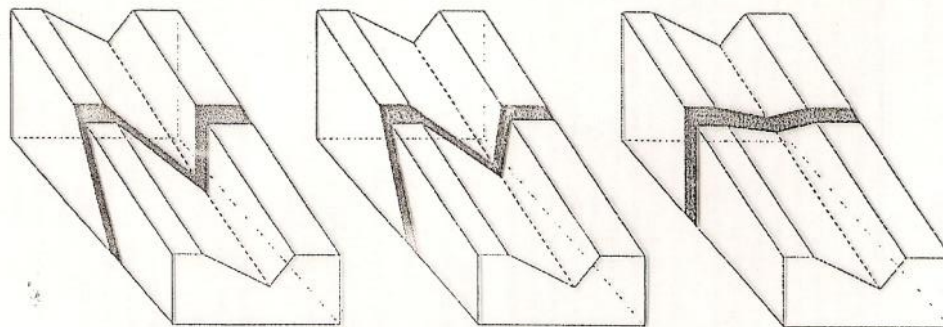
Détermination qualitative du pendage en carte

V. sur montagne



Le V est orienté dans le sens inverse du pendage

V dans la vallée



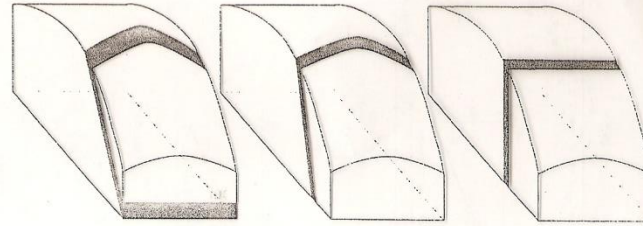
Le V est orienté dans le sens du pendage

Plus le V est marqué, plus le pendage de la couche en question est faible

La règle du V dans la Vallée Sens du plongement?

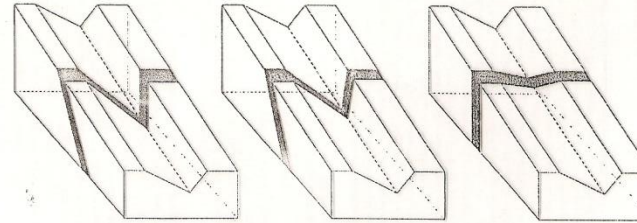
Détermination qualitative
du pendage en carte

V. sur montagne



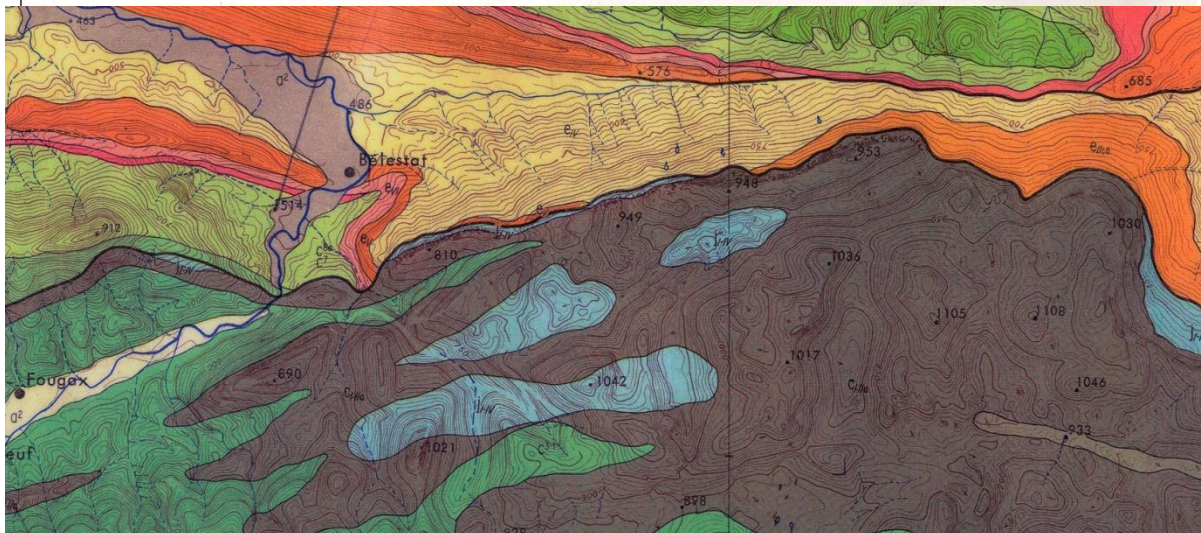
Le V est orienté dans le sens inverse du pendage

V dans la vallée



Le V est orienté dans le sens du pendage

Plus le V est marqué, plus le pendage de la couche en question est faible



Reconstituer la géométrie d'une couche à partir d'une carte géologique

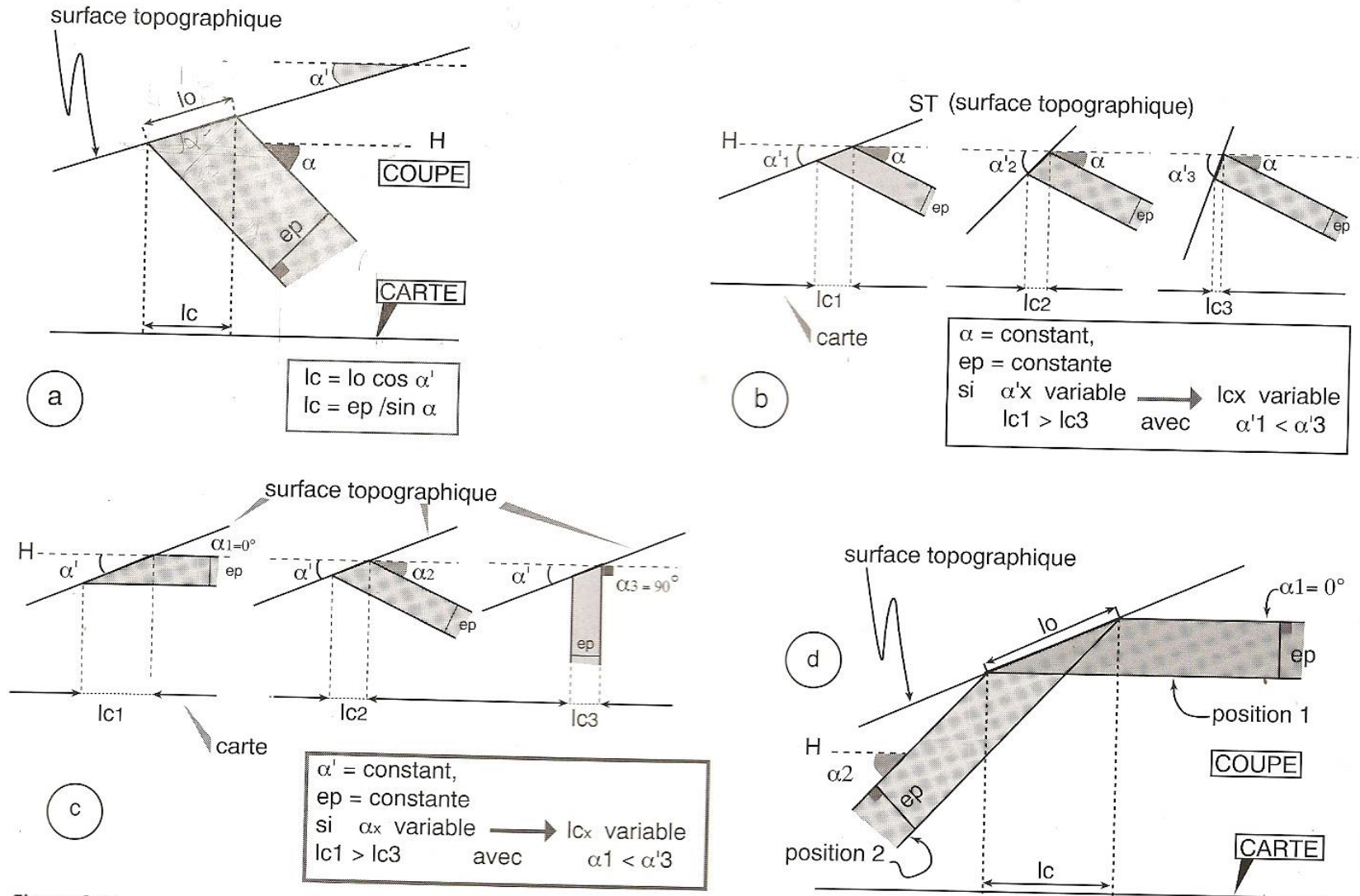


Figure 3.10.

- a) Notion de largeur d'affleurement réelle (l_o) et apparente (l_c) d'une couche.
- b) Influence de la pente topographique (α') sur la largeur apparente (l_c) d'une couche.
- c) Influence de la valeur du pendage (α) d'une couche sur sa largeur d'affleurement (l_c).
- d) Ambiguïté de pendage d'une couche d'épaisseur ep et de largeur d'affleurement l_o (et l_c).

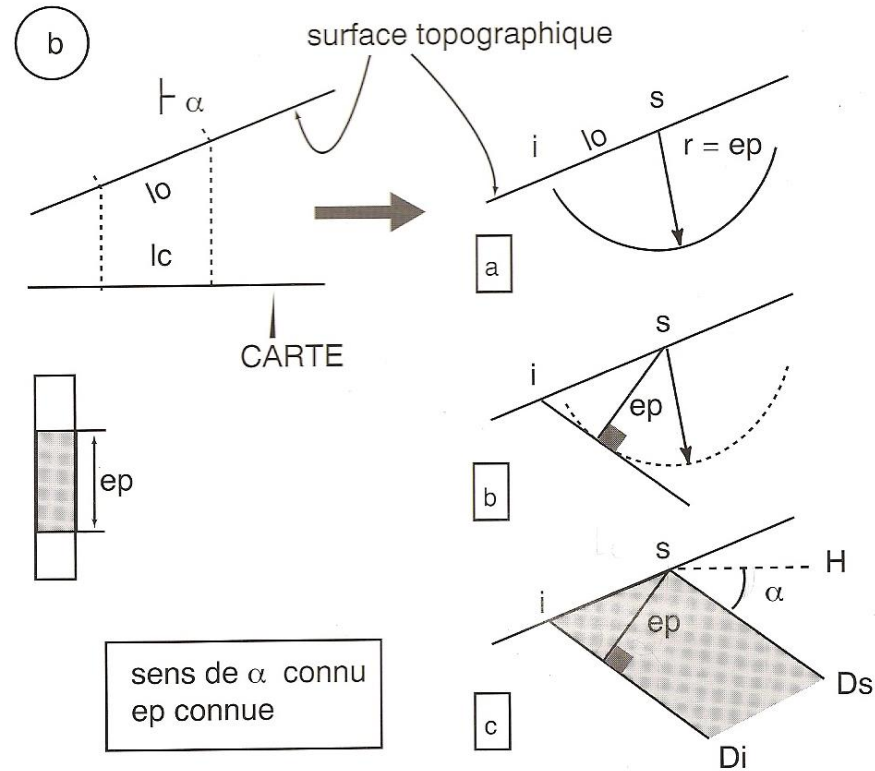
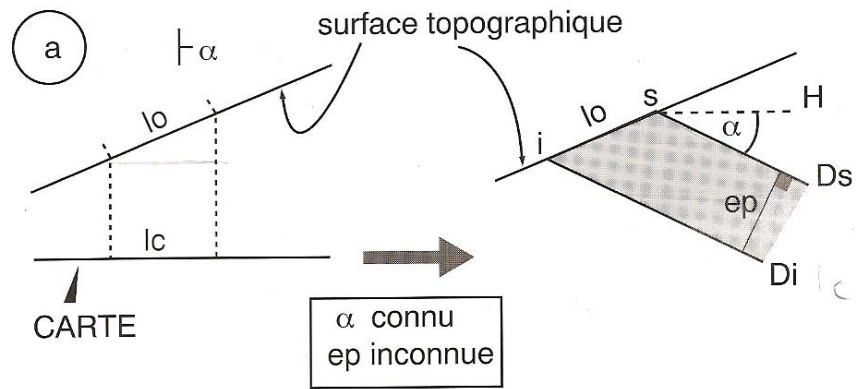
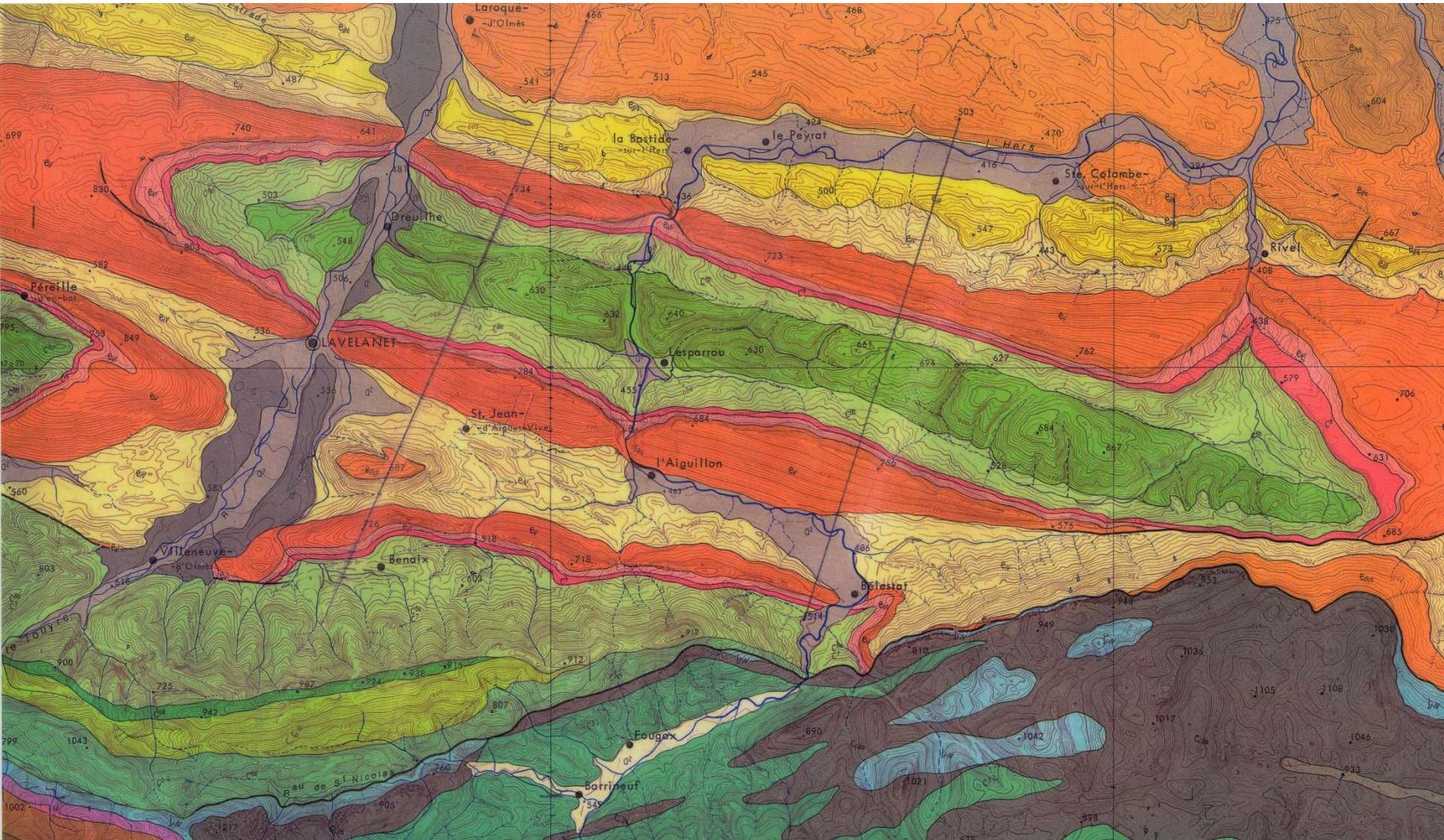


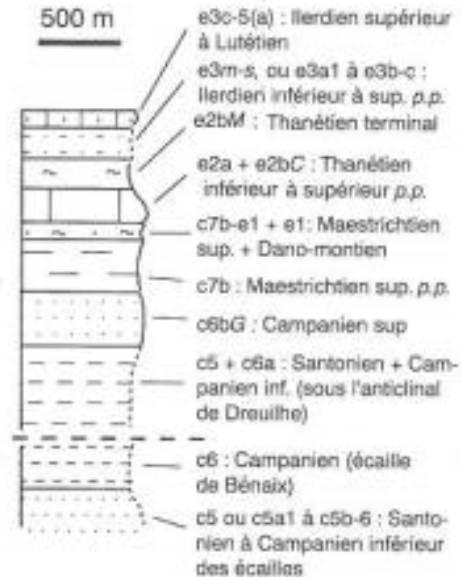
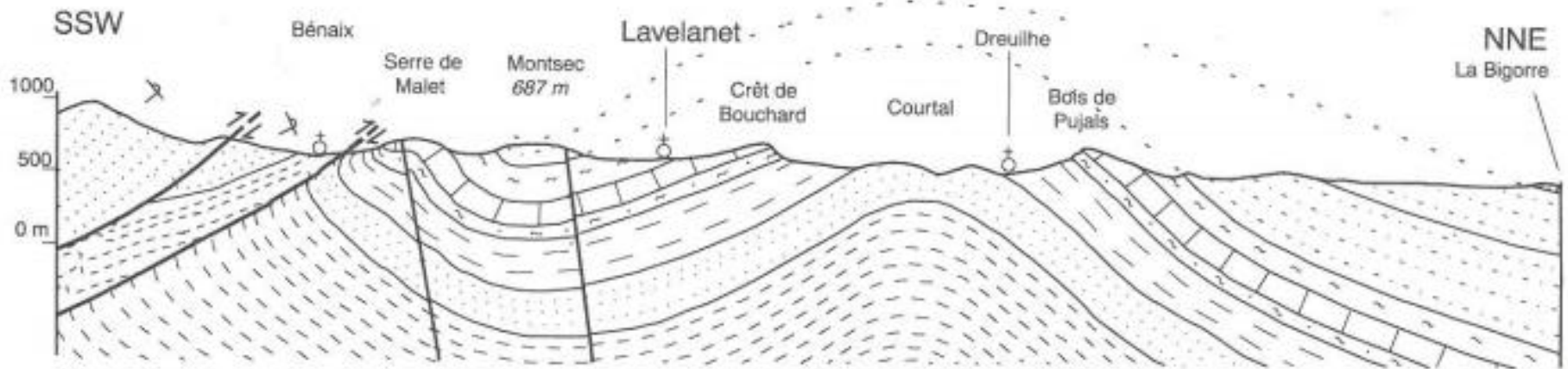
Figure 3.11.

a) Construction d'une couche de pendage (sens et valeur) connu (α) et d'épaisseur inconnue.
 b) Construction d'une couche d'épaisseur connue, de sens de pendage connu mais de valeur de pendage inconnue.

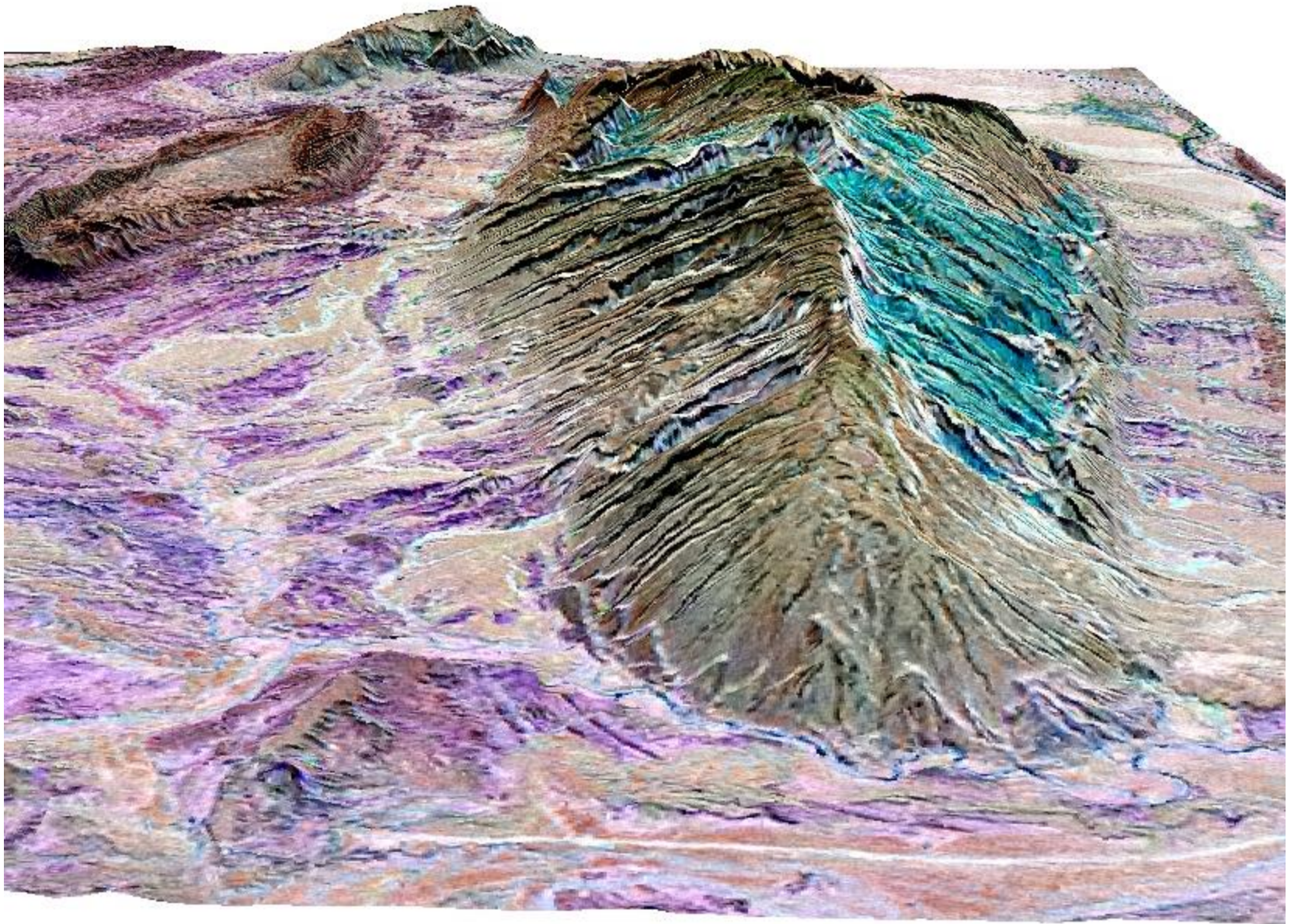
Reconnaissance des structures de base en cartographie



La coupe géologique



Exemple de coupe géologique à travers le système de plis de Lavelanet







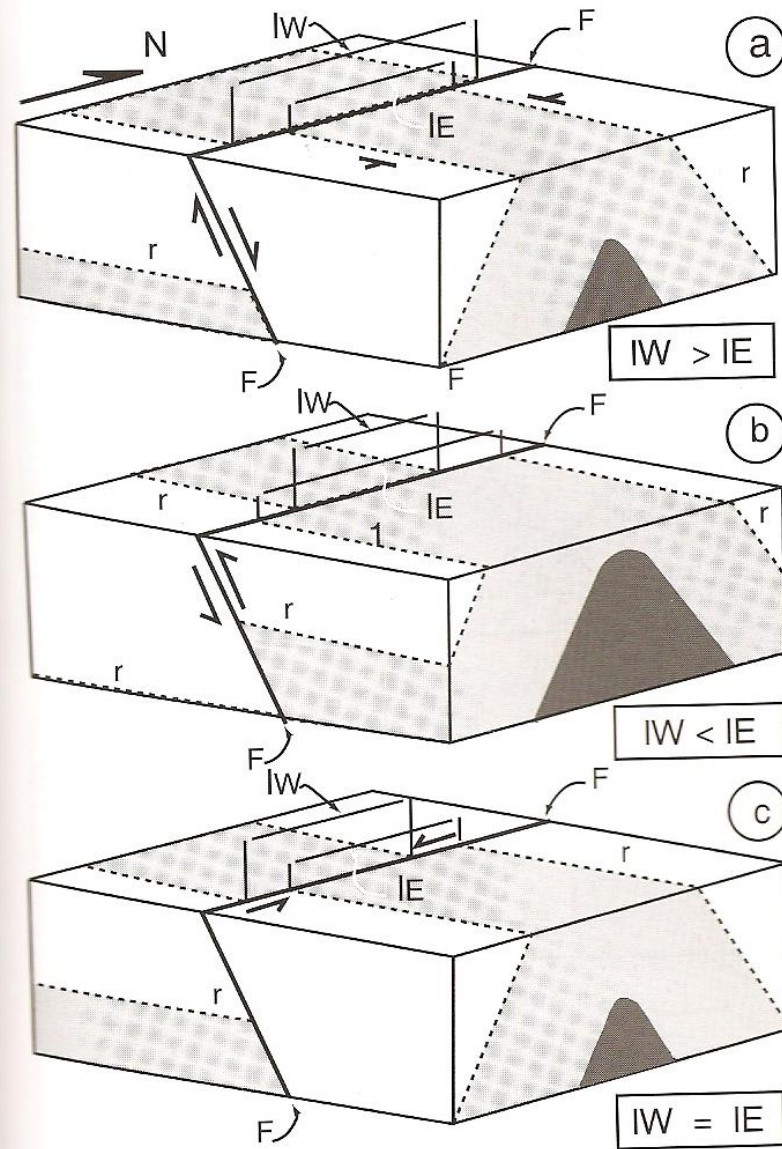


Figure 4.7.

Failles : notion de rejet cartographique vrai et apparent dans le cas d'une faille normale (a), inverse (b) et décrochante (c); IW : largeur d'affleurement repère à l'Ouest et IE, à l'Est de la faille.