

# GÉOLOGIE DU MAROC

Thierry GRAND

Centre de Géologie de l'Oisans

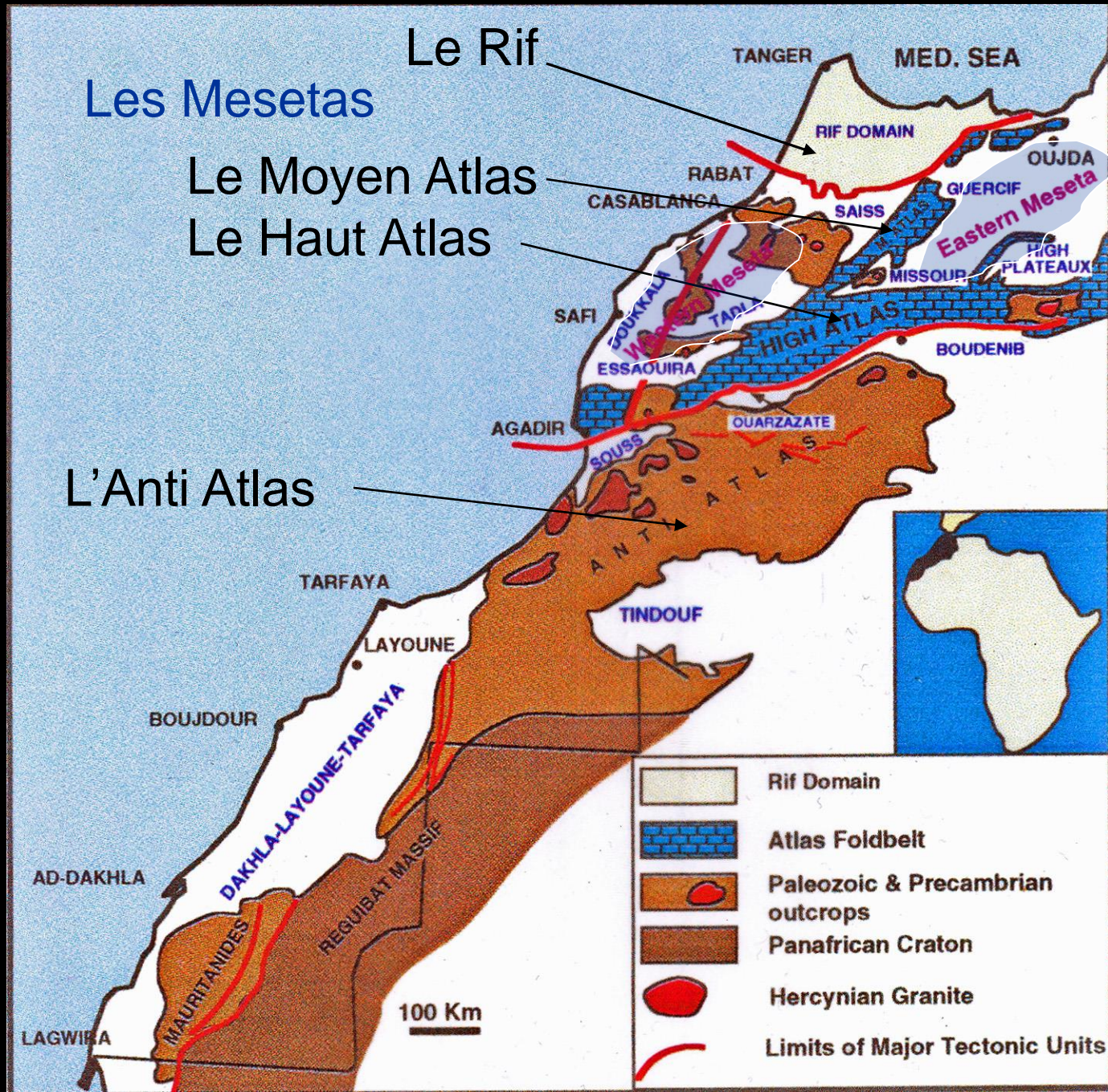
Un village à l'entrée des gorges du Dades



# Plan

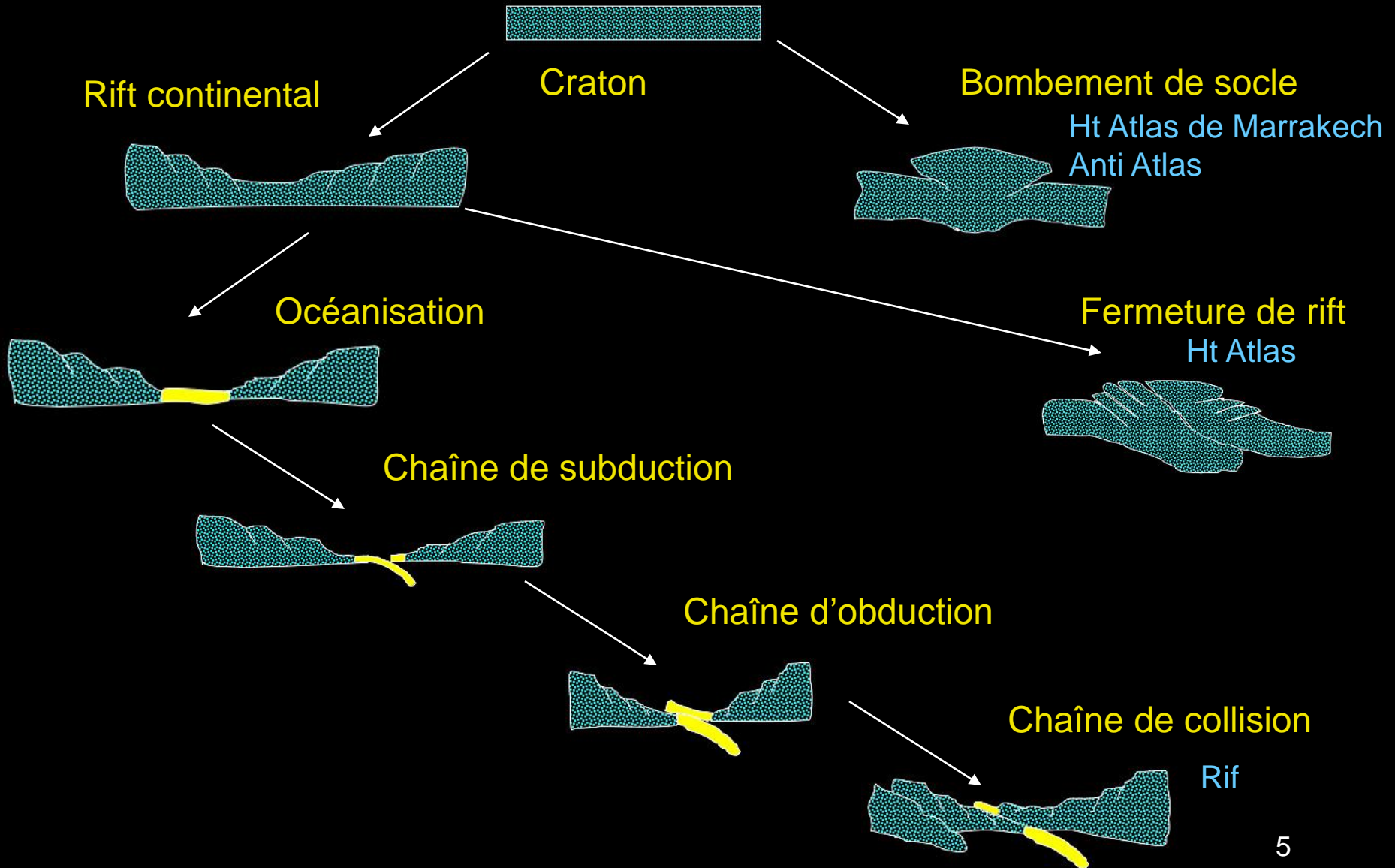
- 1) Les domaines structuraux
- 2) Le Rif
- 3) L'Anti Atlas
- 4) Le Haut Atlas
- 5) Sites fossilifères et mines
- 6) Un peu de tourisme

# 1) Les grands domaines structuraux marocains





# Classification des chaînes de montagne

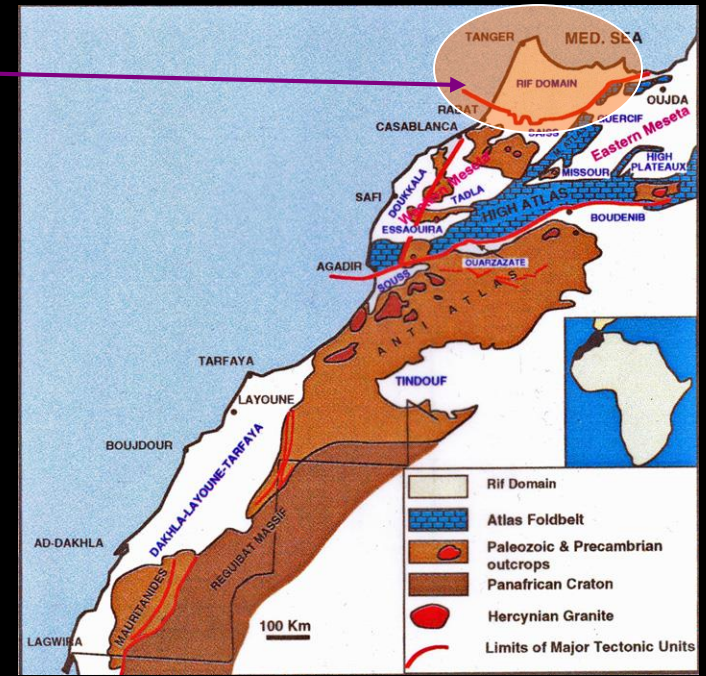




## 2) Le Rif

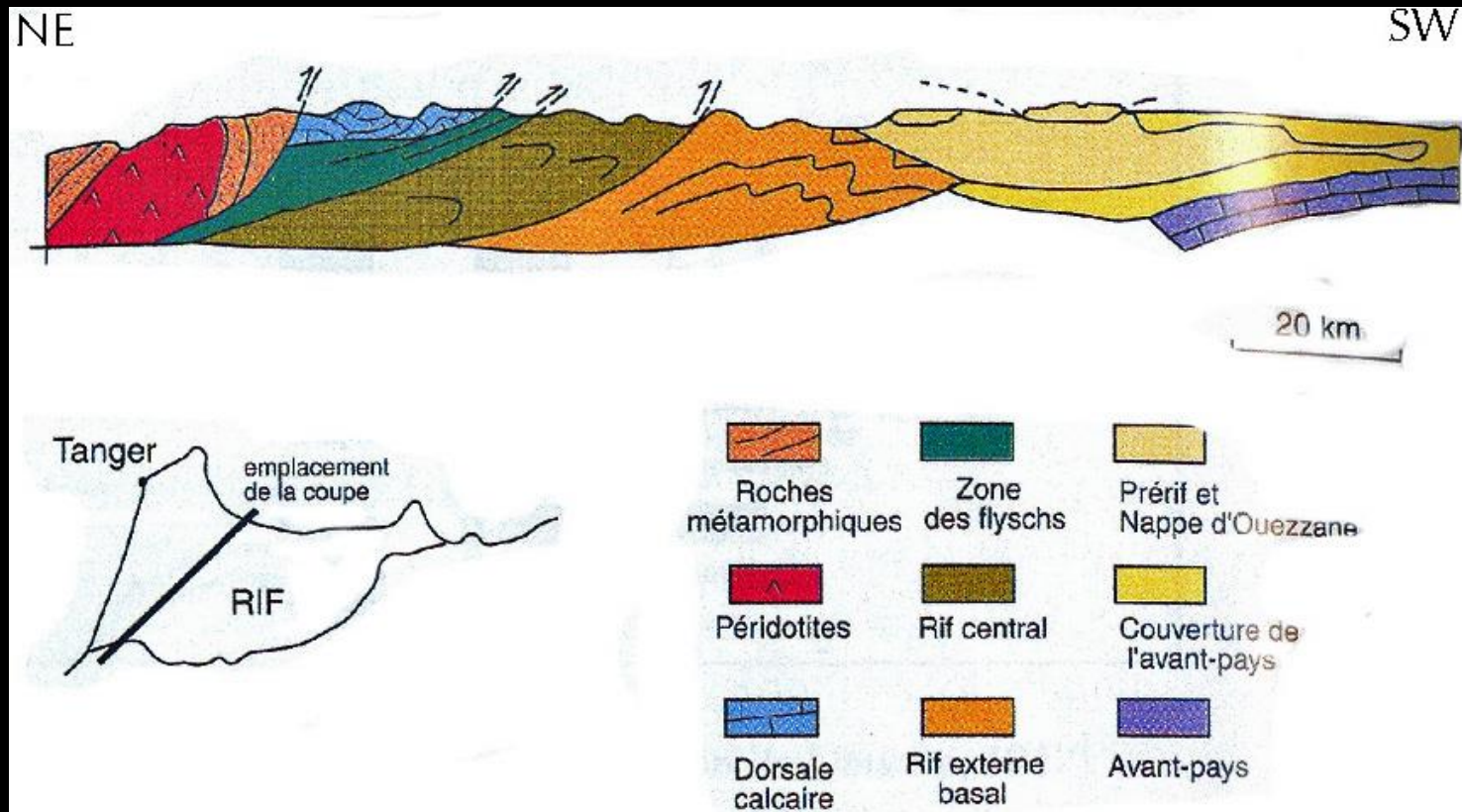
C'est une chaîne alpine par son âge, et par son style.

- son âge : c'est une série sédimentaire secondaire et tertiaire affectée par des plissements paroxysmaux du tertiaire.
- son style : cette chaîne a subi :
  - des plissements multiples et intenses
  - du métamorphisme
  - des charriages d'ampleur variable à vergence sud et ouest



*Le Rif n'est qu'un segment d'un ensemble bien plus vaste des chaînes alpines méditerranéennes : sous ensemble « betico-rifotellien » qui se raccorde par la Sicile à l'Apennin.*

# Coupe sur le Rif

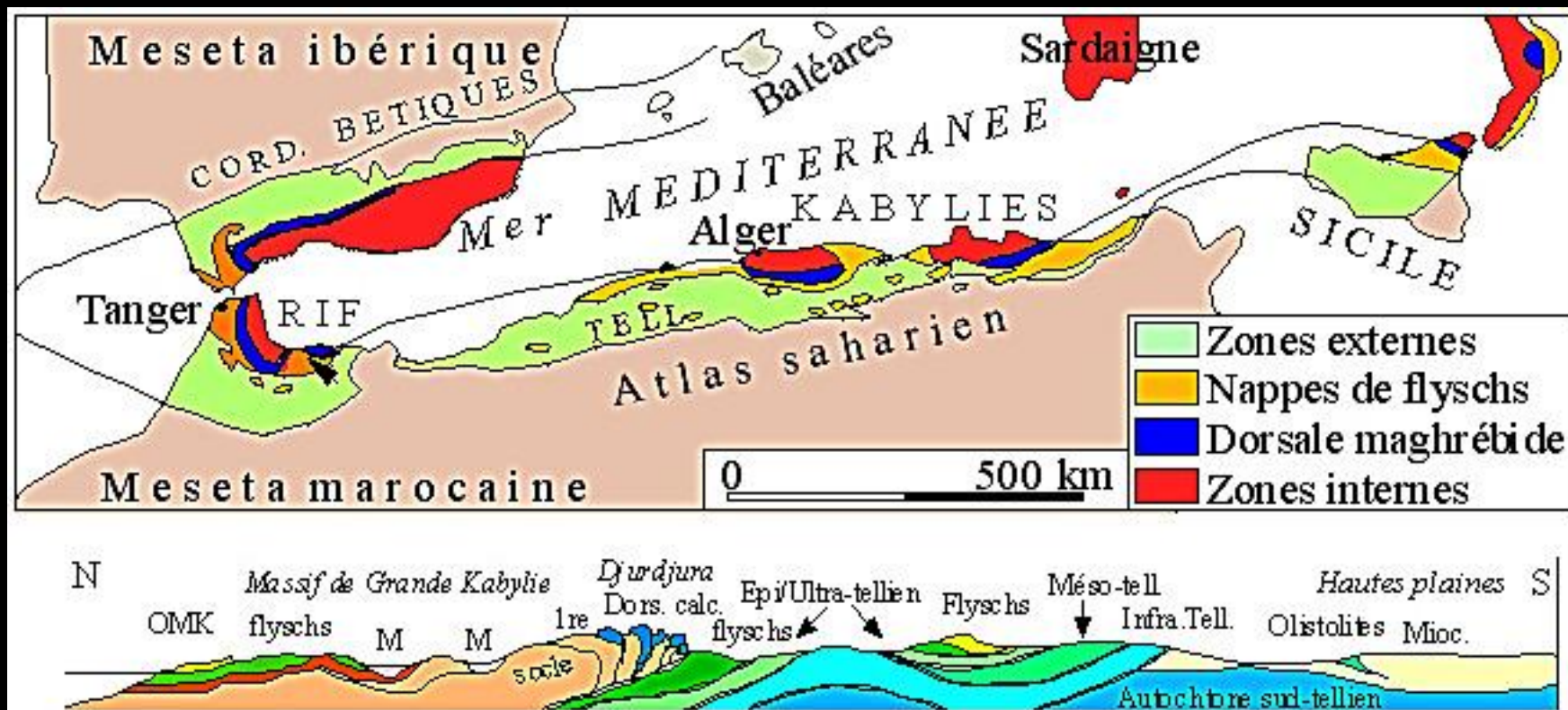


*Coupe schématique à travers le Rif (d'après Frizon de Lamotte)*



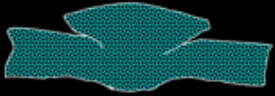
Le sous ensemble « Betico-rifo-tellien »

## Le sous ensemble « Betico-rifo-tellien »

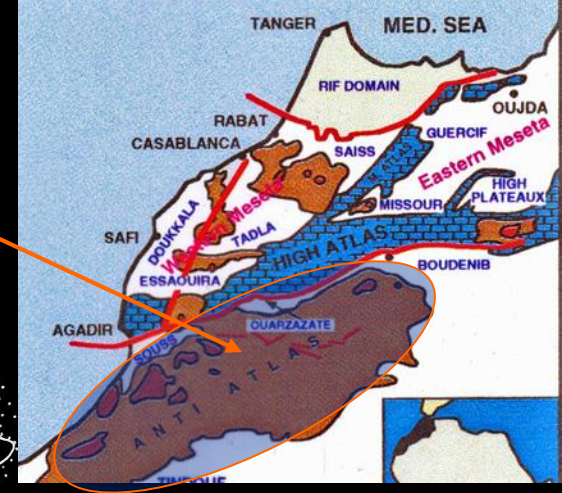
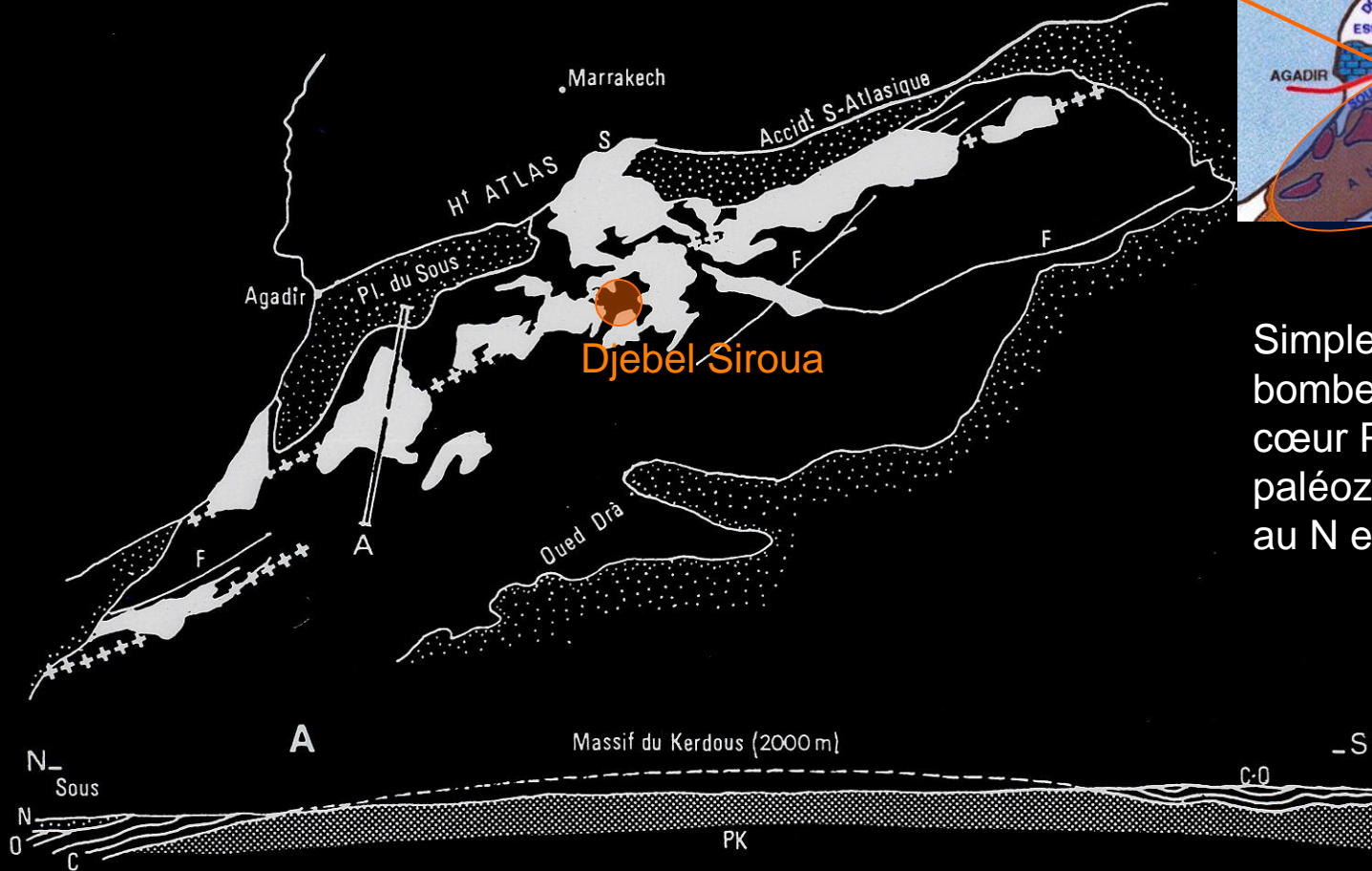


**Figure 3.**

Carte structurale schématique de la chaîne Magrébide montrant la disposition des zones Internes et externes, et coupe simplifiée sur la transversale de la grande Kabylie, d'après Durand-Delga et Fontboté (1980).



# 3) L'Anti-Atlas



Simple et large bombement de socle à cœur PK, et couverture paléozoïque préservée au N et au S.

N : néogène - O : ordovicien - C : cambrien - PK : précambrien

## L'Anti-Atlas

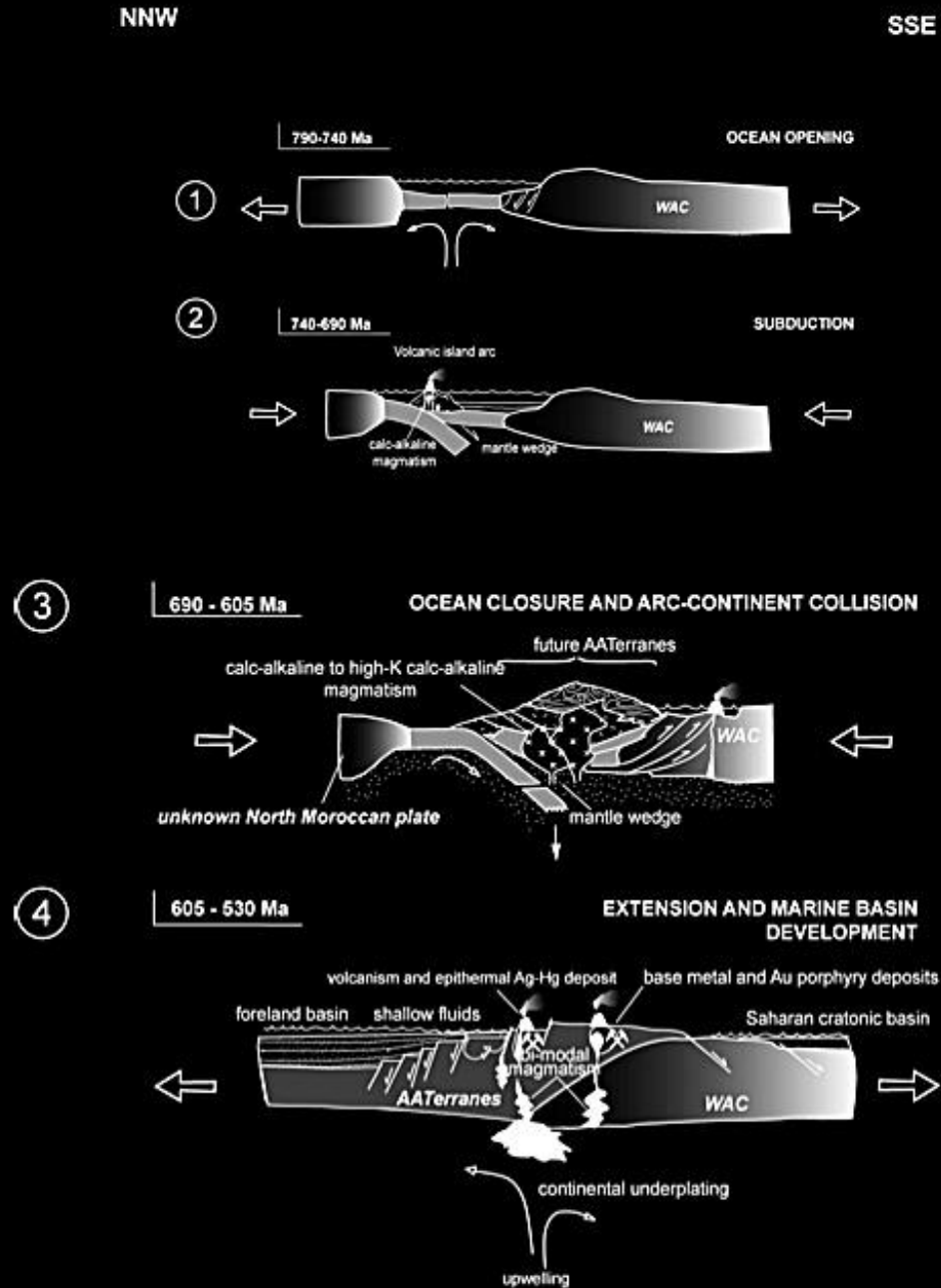
Son premier soulèvement date de l'orogénèse hercynienne

Puis à nouveau au tertiaire et quaternaire (jusqu'à 2500 m)  
(les mouvements sont enregistrés et datés par les déformations affectant le néogène des bassins voisins)

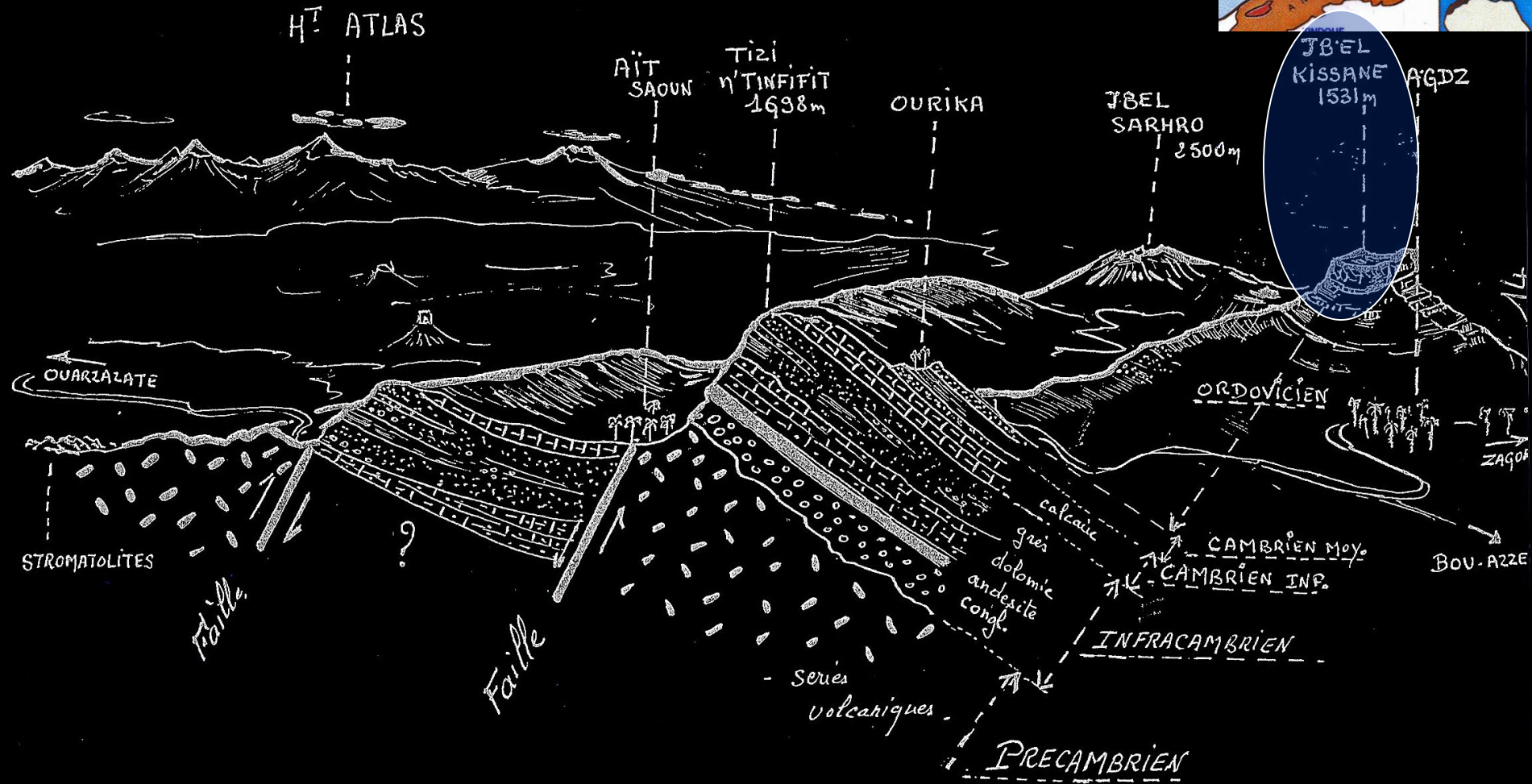
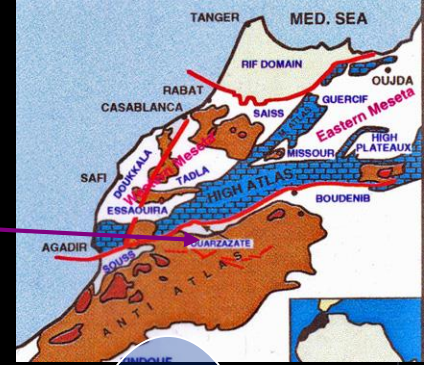
Le second soulèvement donne naissance à des fractures et à un volcanisme alcalin plio-quaternaire

ex : djebel Siroua, à l'ouest de Ouarzazate (trachyandésites de 10 à 6 Ma, puis basaltes et phonolites).

# Evolution géodynamique de l'Anti-Atlas

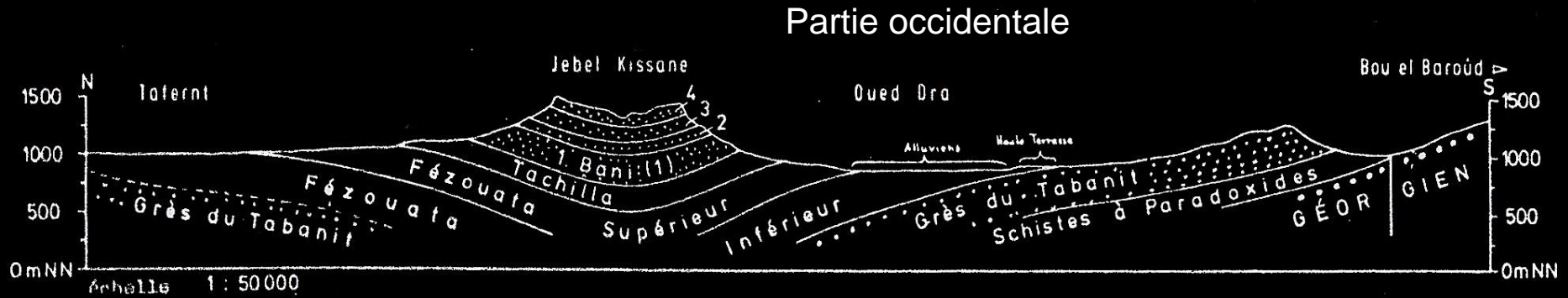
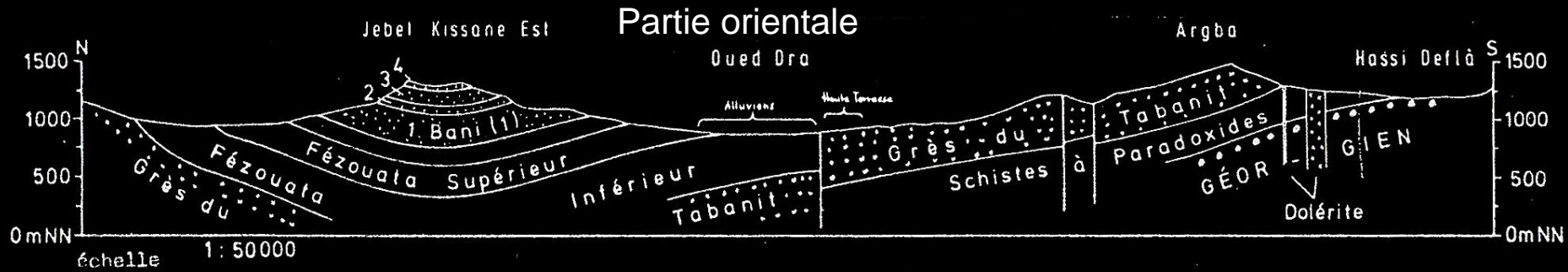


# Esquisse géologique des environs d'Agdz (sud de Ouarzazate)



D. FOURNIER

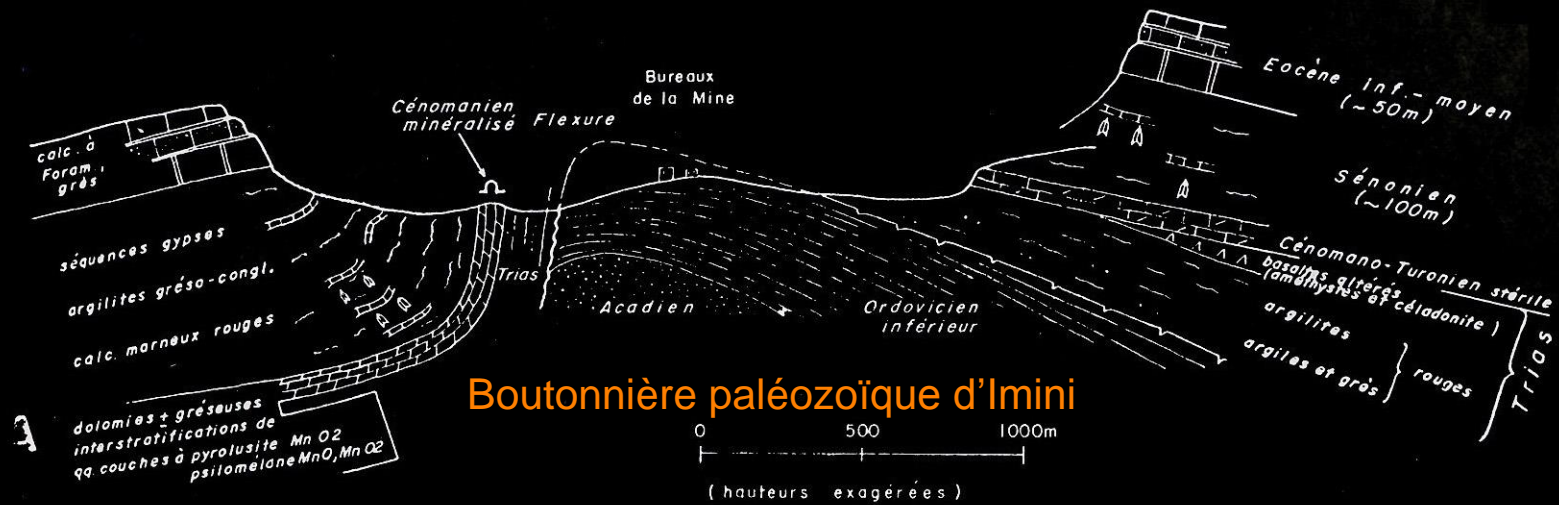
# Coupes N/S à travers le Djebel Kissane



# Le djebel Kissane

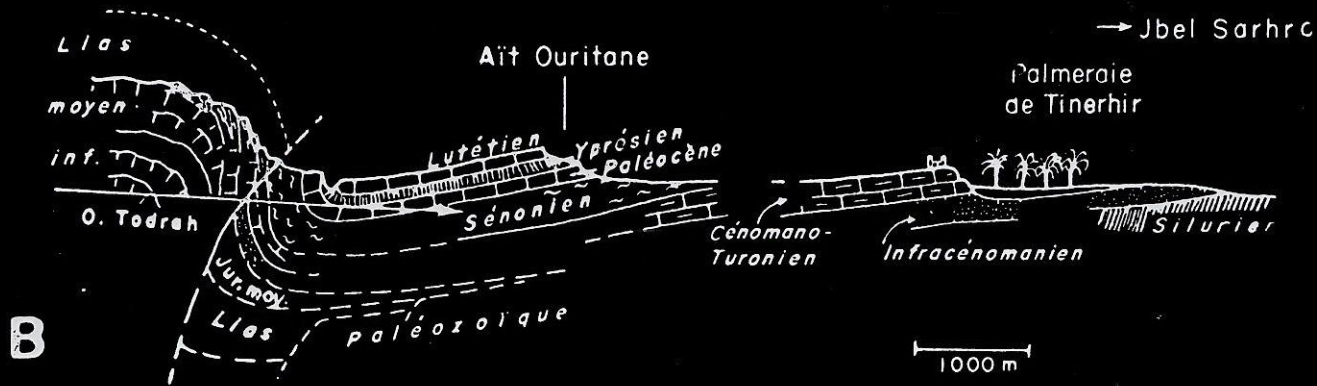


# La marge nord de l'Anti-Atlas vers Ouarzazate



Nord

Sud



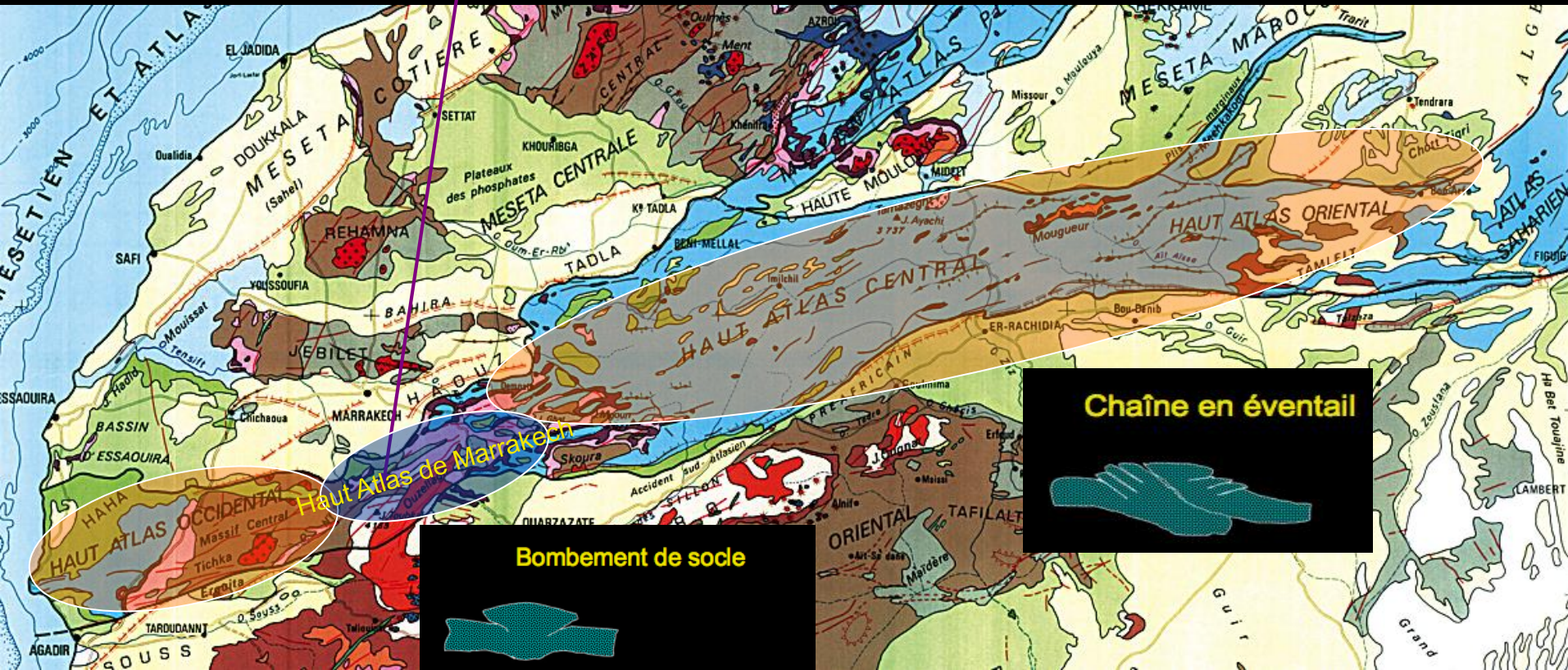
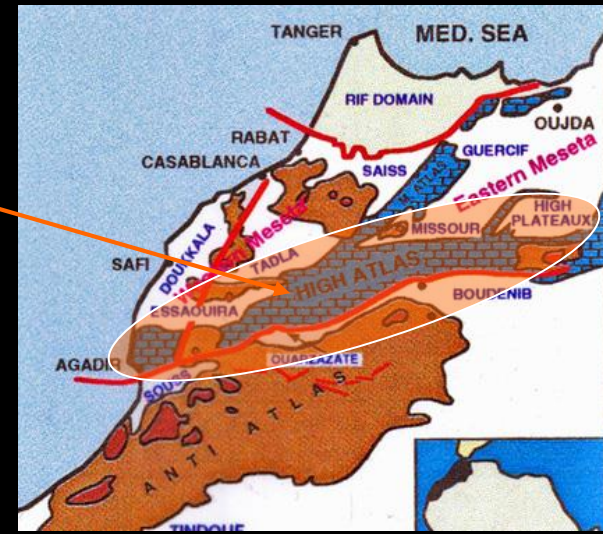
## Discordance de la boutonnière de l'Anti Atlas vers Bou Azer





# 4) Le Haut Atlas

Long de 600 km, large de 50 à 150 km  
Culmine au djebel Toubkal (4165 m)



Chaîne en éventail

Bombement de socle

## Ces trois domaines ont évolué de façon différente

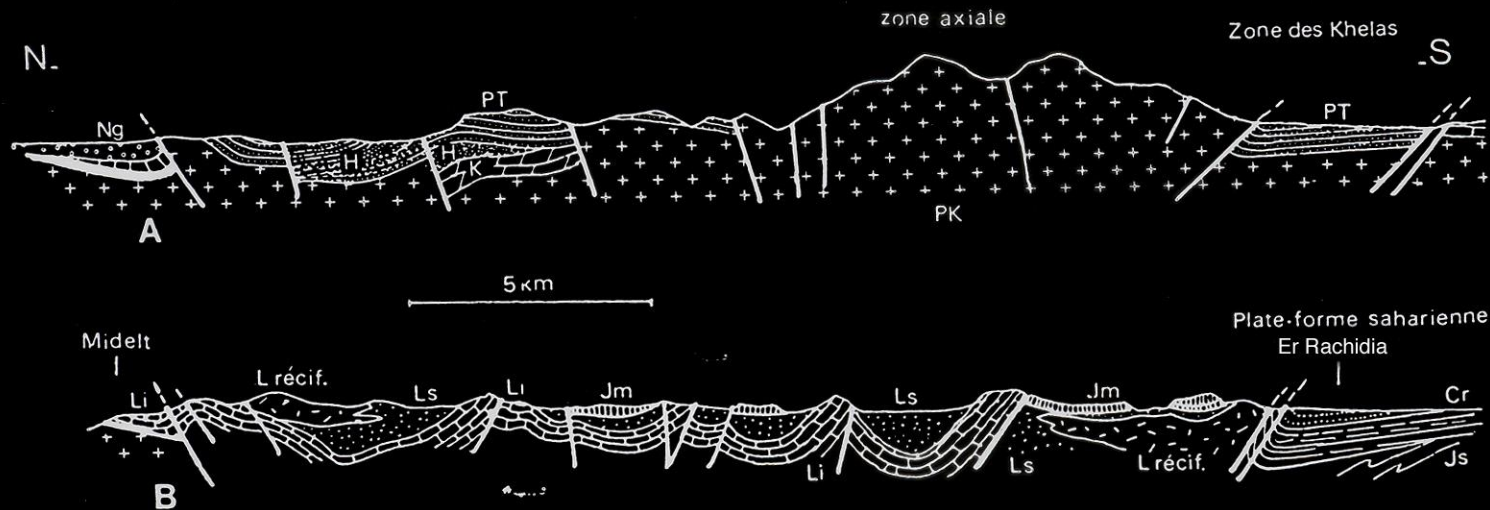
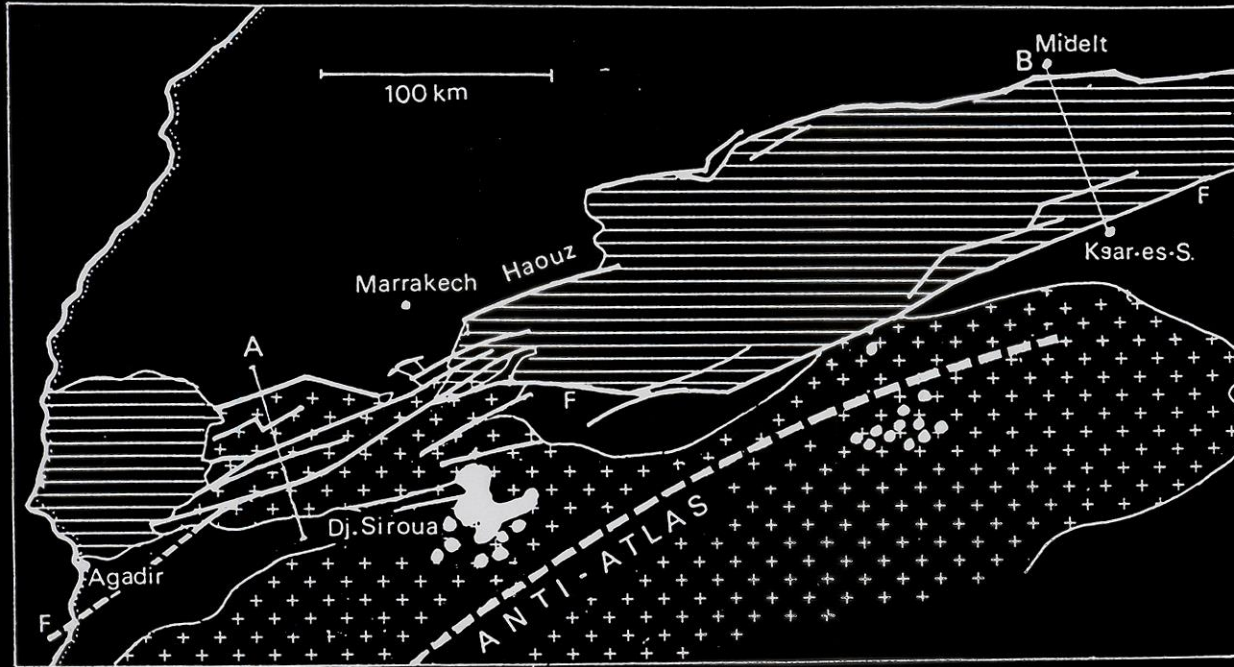


Ht Atlas maritime  
Lié à l'ouverture  
de  
l'Atlantique nord

Ht Atlas de  
Marrakech,  
zone charnière  
stable  
C'est une zone  
« haute » séparant  
deux domaines  
soumis à une forte  
subsidence

Ht Atlas  
central et  
oriental  
Plus tourné  
vers la  
Méditerranée

# Schéma et coupe du Haut Atlas



## L'Atlas de Marrakech et la tectonique de socle

La tectonique de ce segment du Haut Atlas est assez simple : c'est une chaîne continentale due à un bombement de socle. On observe des plis concentriques et des failles (diapirisme local), mais pas de schistosité (pas d'aplatissement synmétamorphique)

### Rôle important du socle

#### Dans cette zone

- la couverture est mince, et la surrection verticale importante
- le socle est rigide (PK, K) donnant une surface de pénéplaine non déformée
- les mouvements sont localisés à des couloirs de faille (accidents sud et nord atlasique)

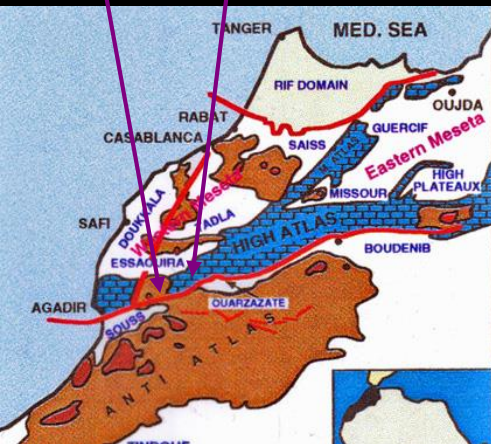
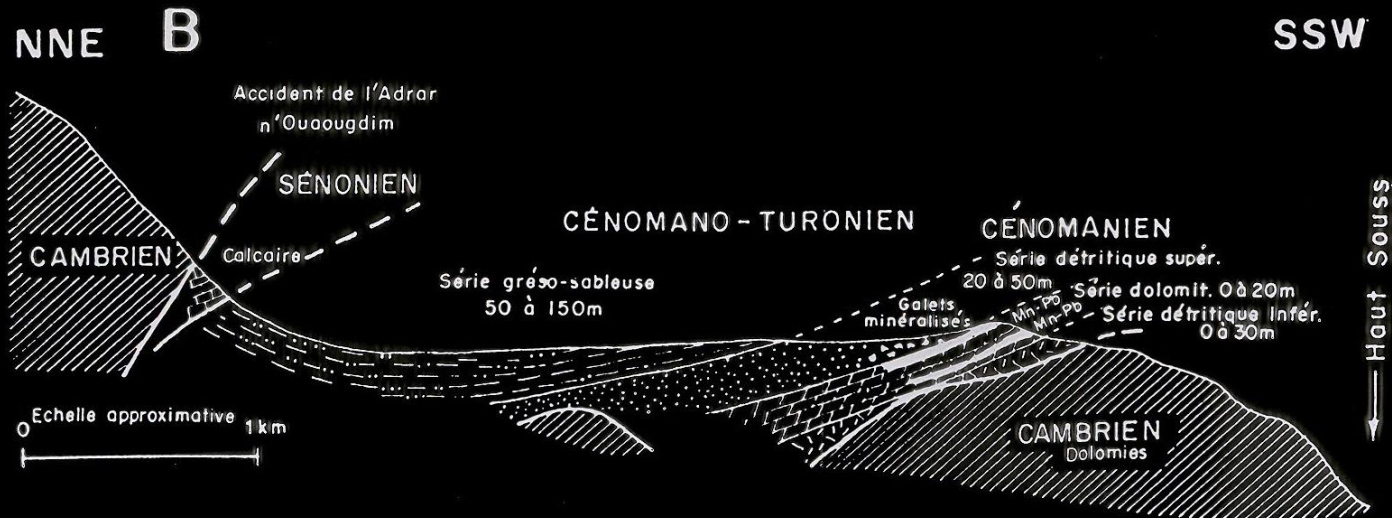
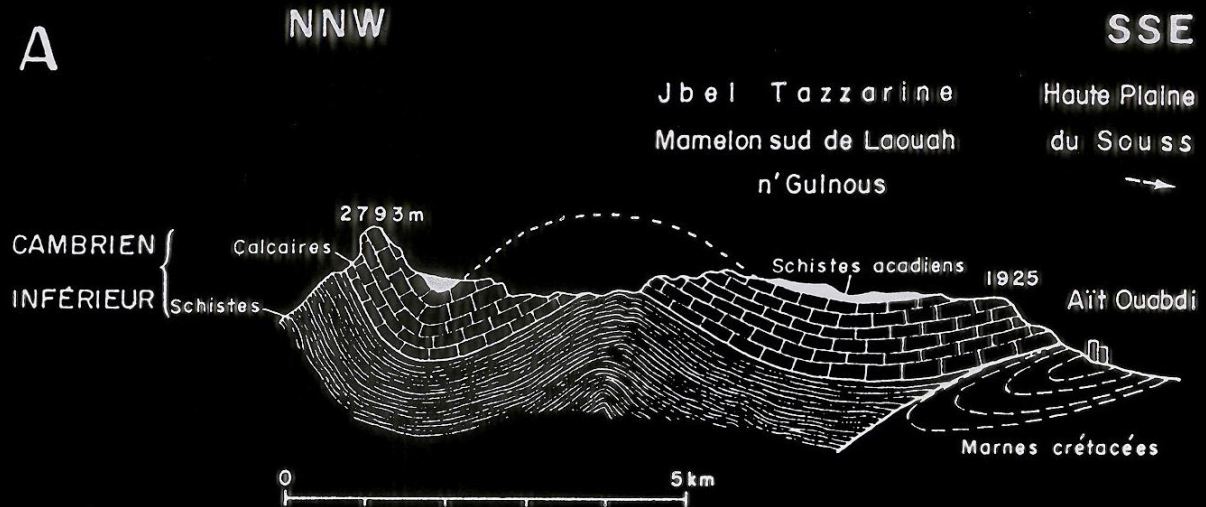
## Le Haut Atlas de Marrakech



# L'accident sud-atlasique au droit du Haut Atlas de Marrakech

A : accident principal à l'ouest de Tizi-n'Test

B : faille inverse satellite à l'est du col entre le socle du Siroua et celui de l'Anti-Atlas occidental

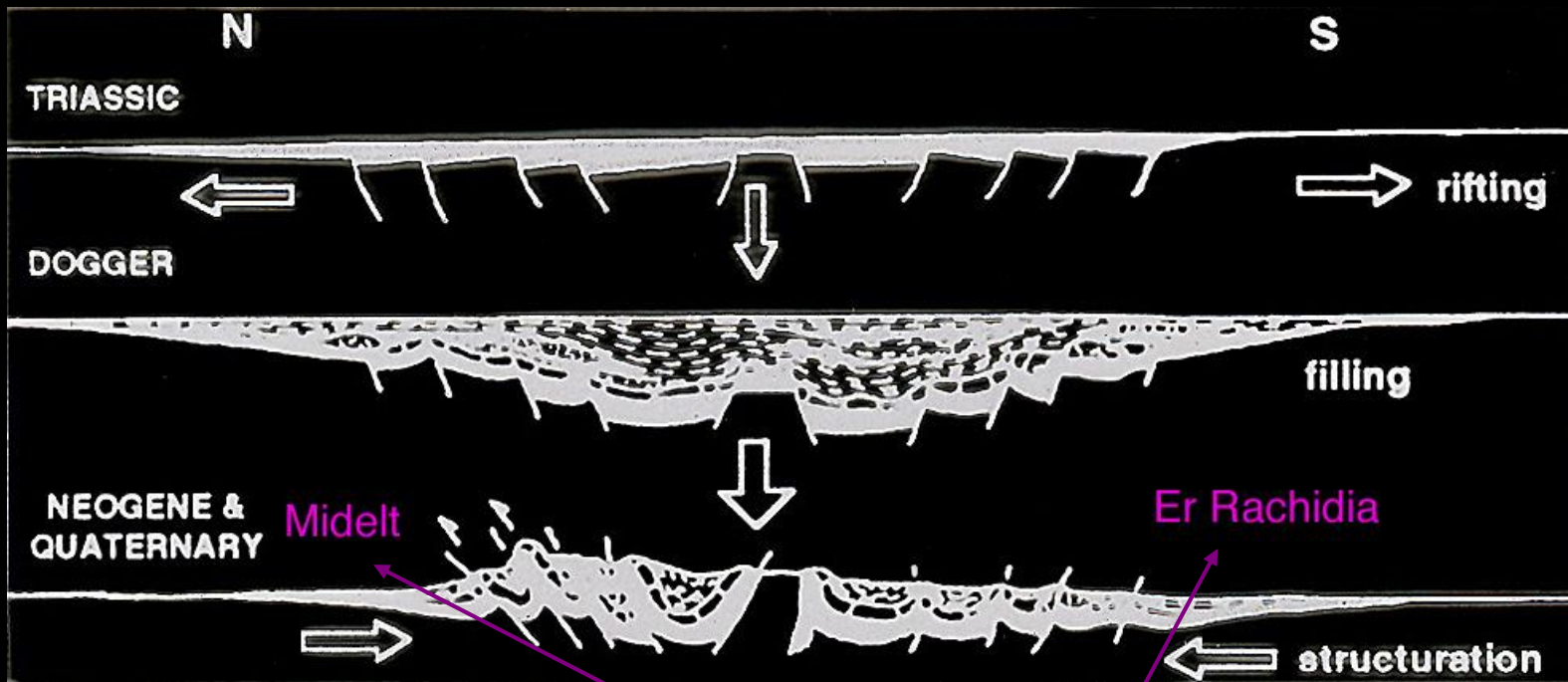


# Les contreforts du djebel Toubkal (4165 m)

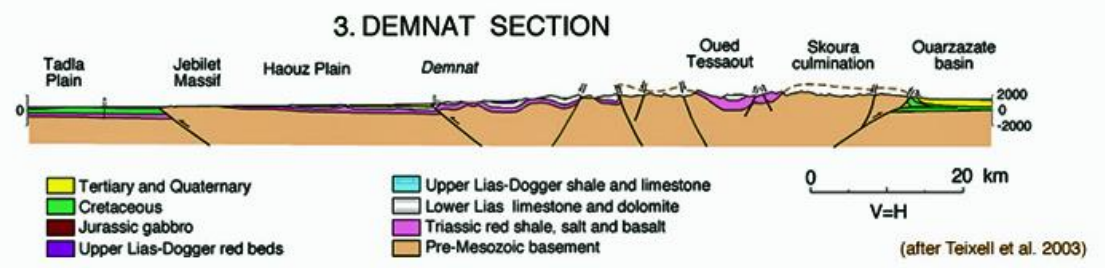
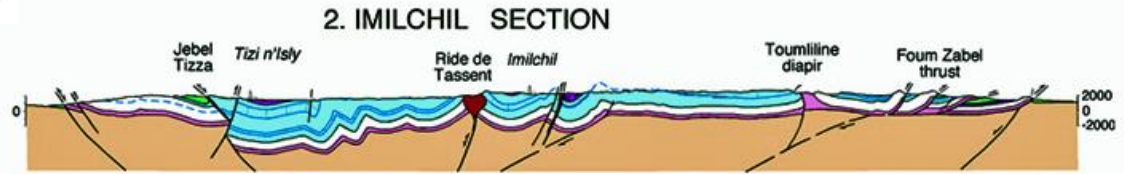
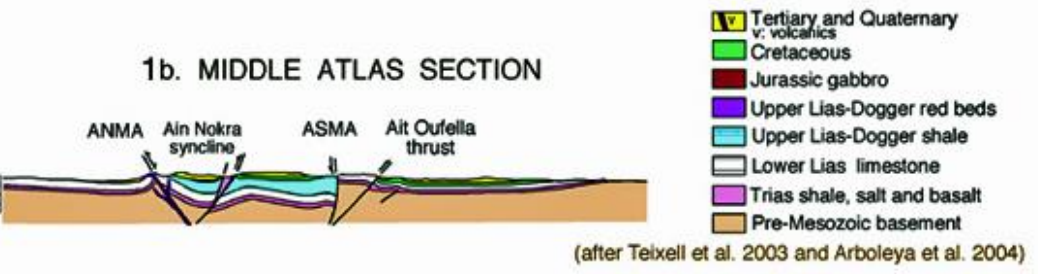
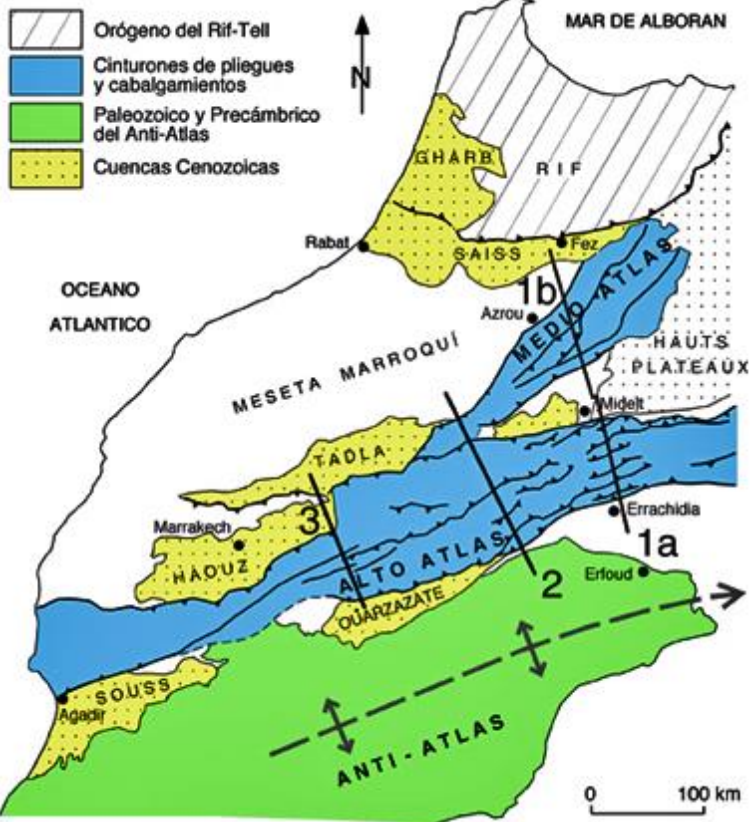


Andésite du Toubkal

# Évolution du Haut Atlas Central



# Coupes dans le Haut Atlas Central



# Le Haut Atlas Central

Cœur liasique, puis crétacé/tertiaire



## Les plissements de la couverture : rôle du socle

Le décollement de la couverture est rendu possible par la présence du complexe argilo-salifère du trias.

La base permienne consolide le socle.

Le permien a jusqu'à 1000 m d'épaisseur, alors que les couches secondaires et tertiaires ne font que 500 à 600 m.

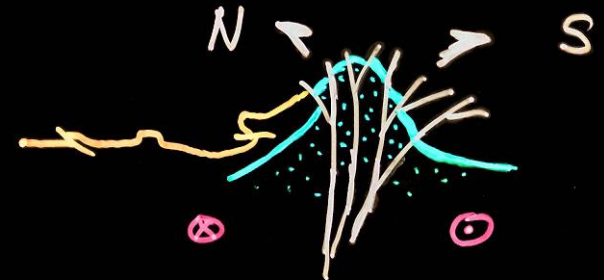
Cela donne un style particulier aux plis sub-atlasiques :

- synclinaux en cuvette
- anticlinaux coffrés

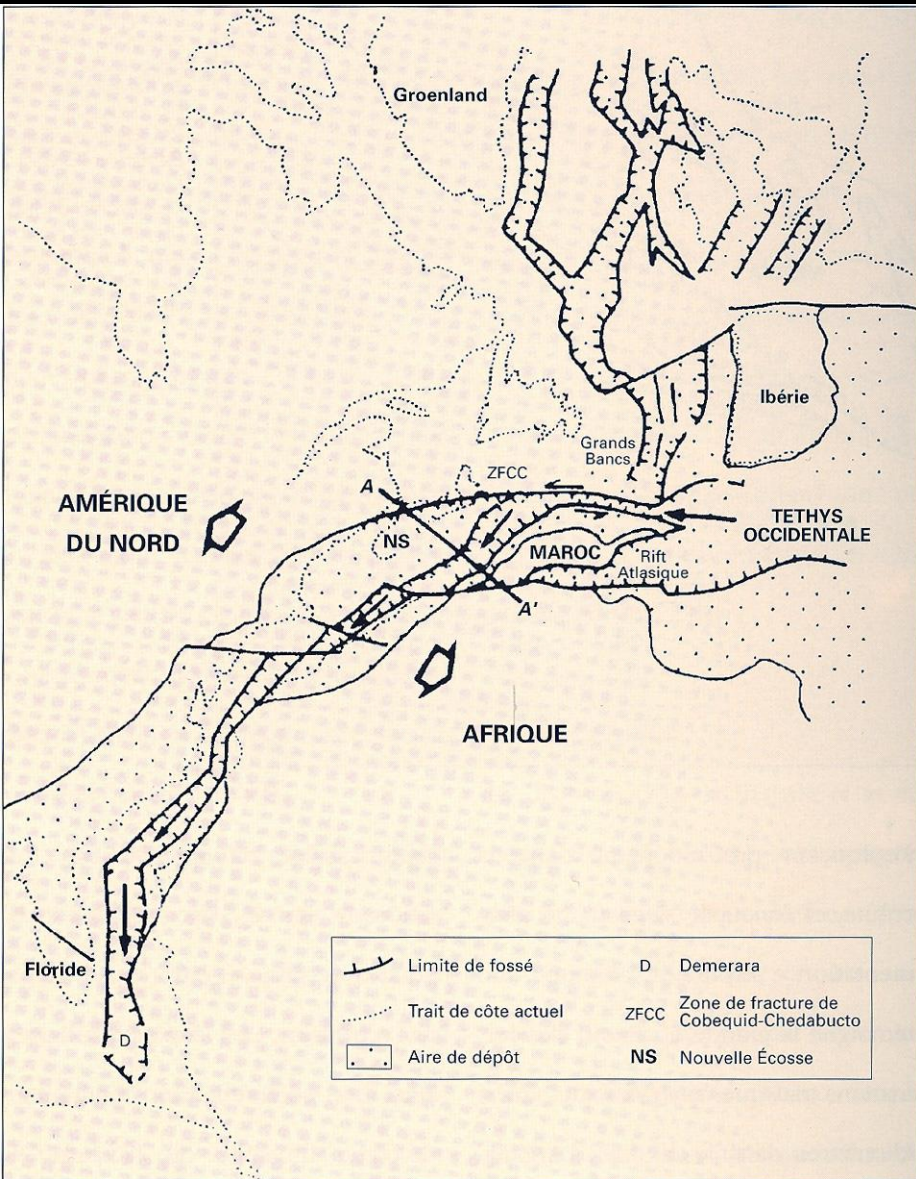


Le décollement est la conséquence du serrage crustal

Les failles hercyniennes permettent un rejeu en décrochement transpressif (dextre)

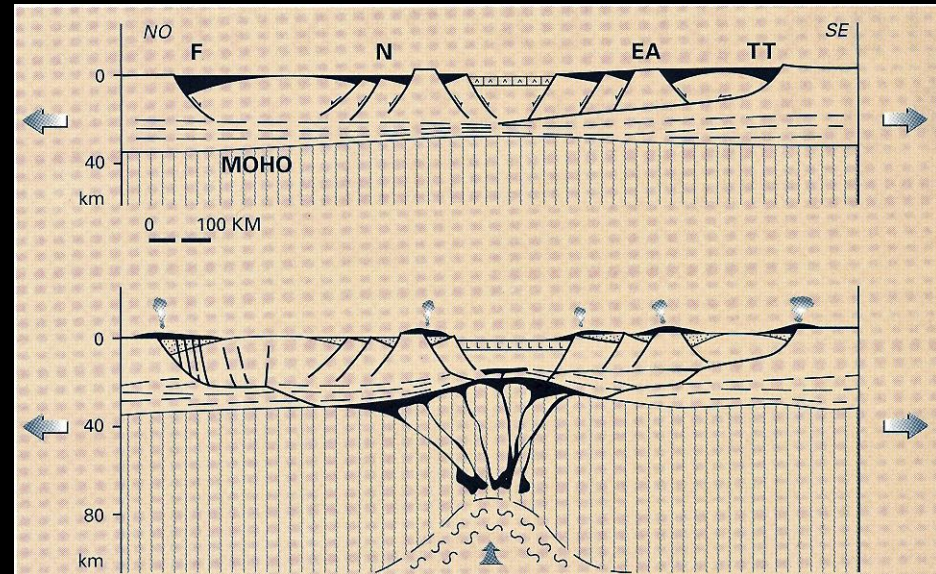


# Évolution tectonique du Haut Atlas marocain



Au permo-trias :

- distension du craton africain
- grabens / hémigrabens orientés WSW-ENE
- tholéïtes du trias sup

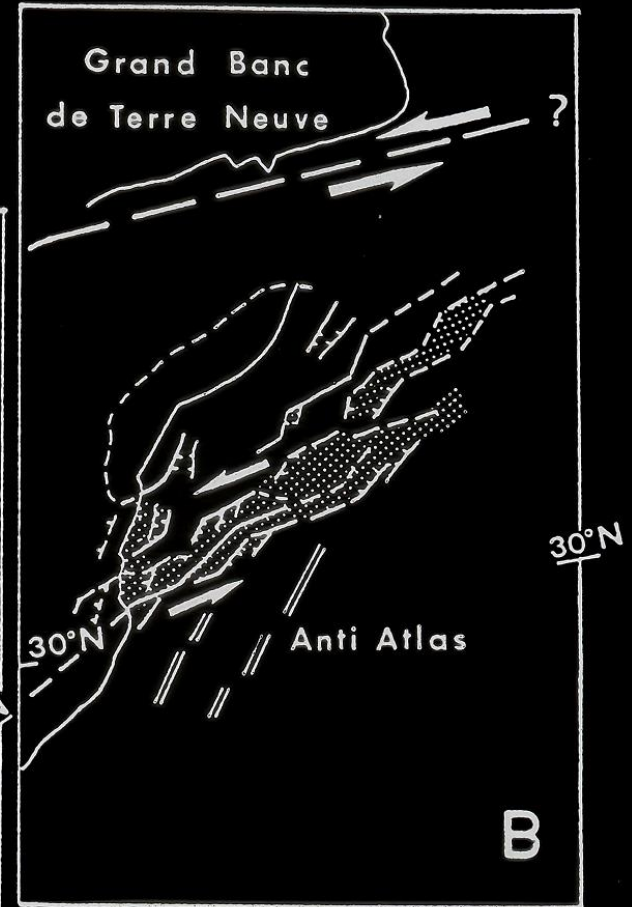
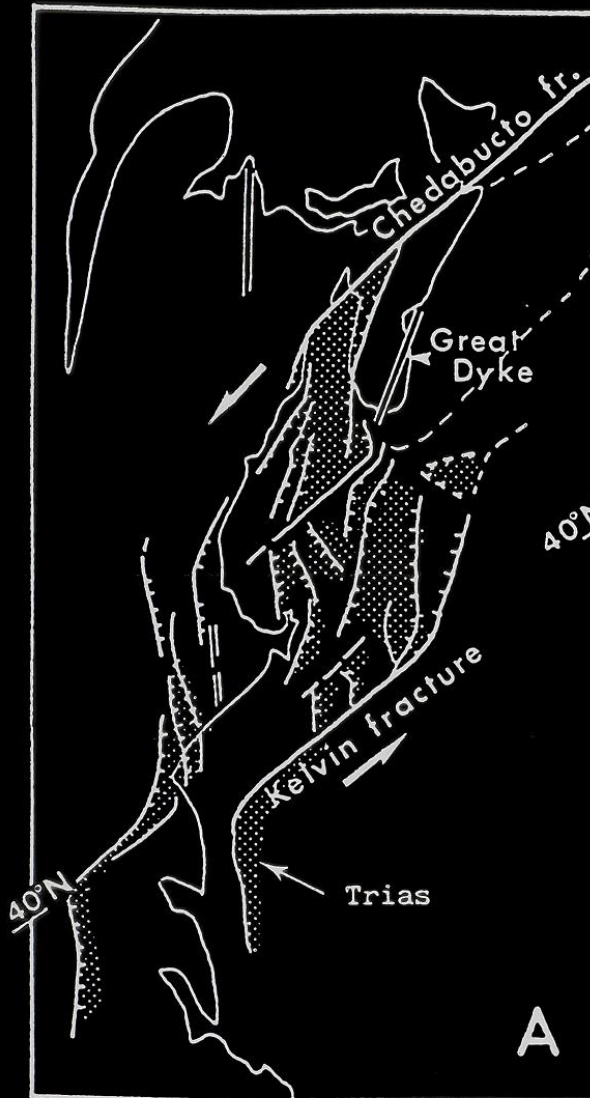


Reconstitution au trias sup

# Paleogéographie au trias

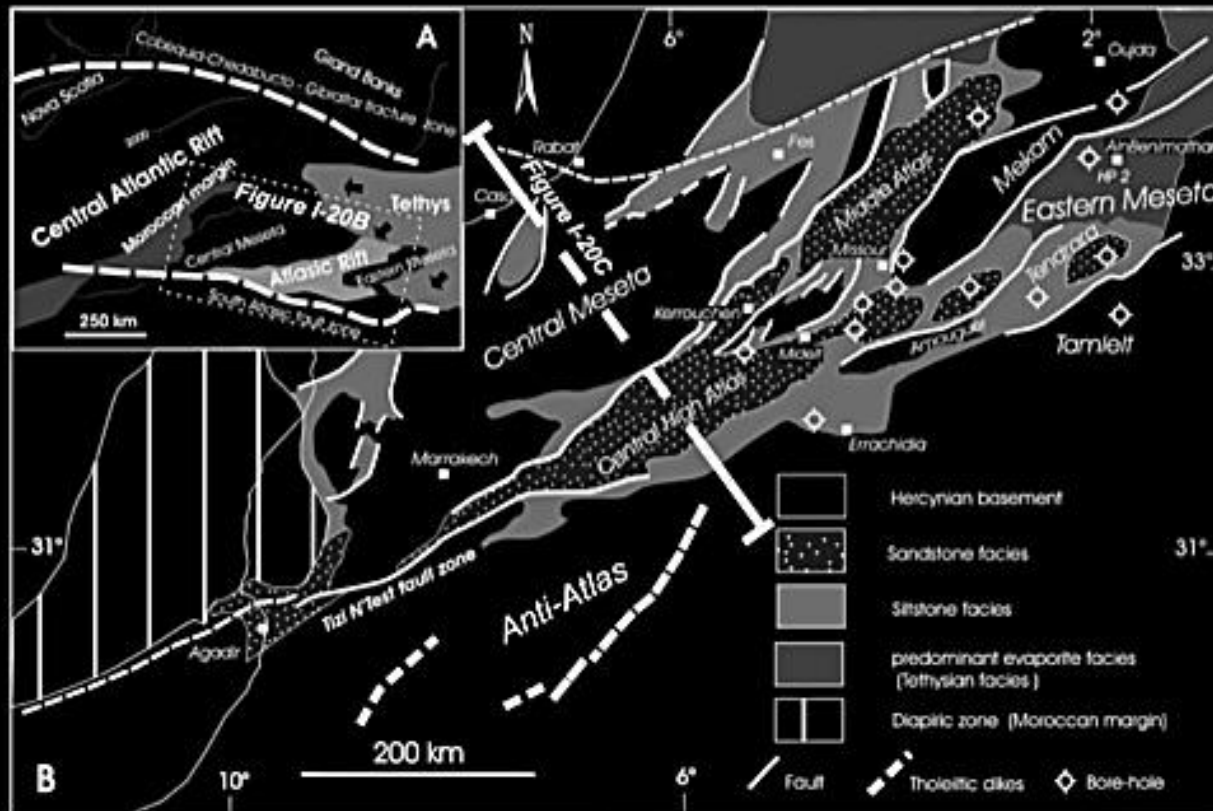
Carte montrant

- côté nord américain  
(A) les bassins  
triasiques du golfe du  
Maine



- côté marocain (B) les  
bassins triasiques du  
domaine Atlasique

# Le Maroc au trias

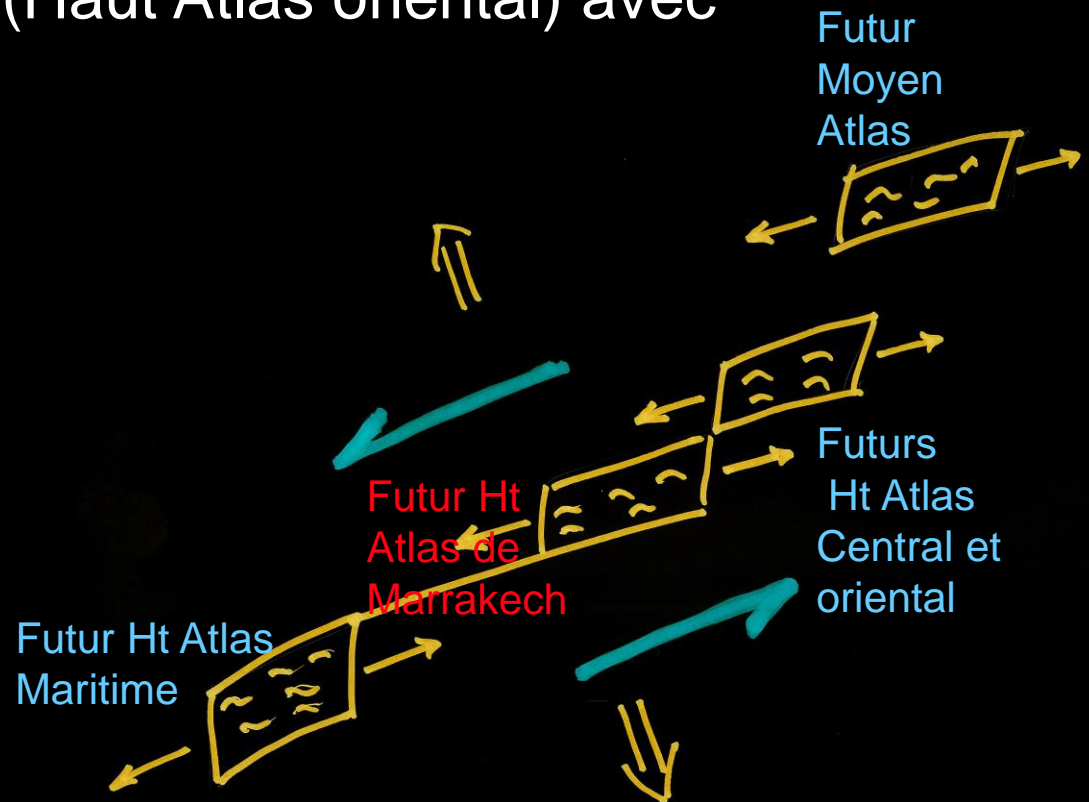


*Figure I-20* : A. Situation du Maroc durant le Trias. B. Carte simplifiée du Nord du Maroc montrant la distribution des bassins triasiques. C. Coupe au travers du rift atlasique au Lias. A et B. d'après Laville et al. (2004). C. d'après Piqué et al. (2002).

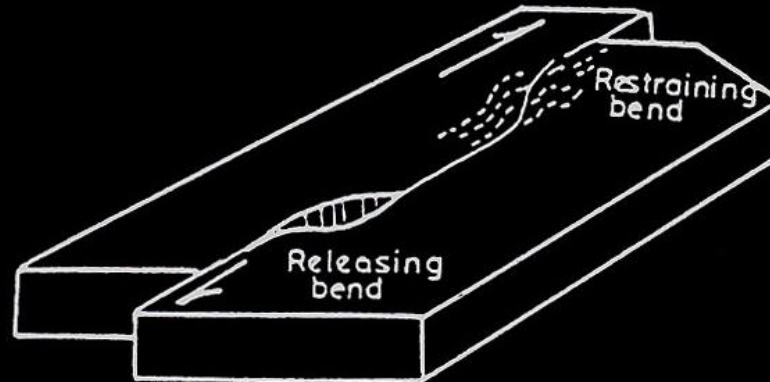
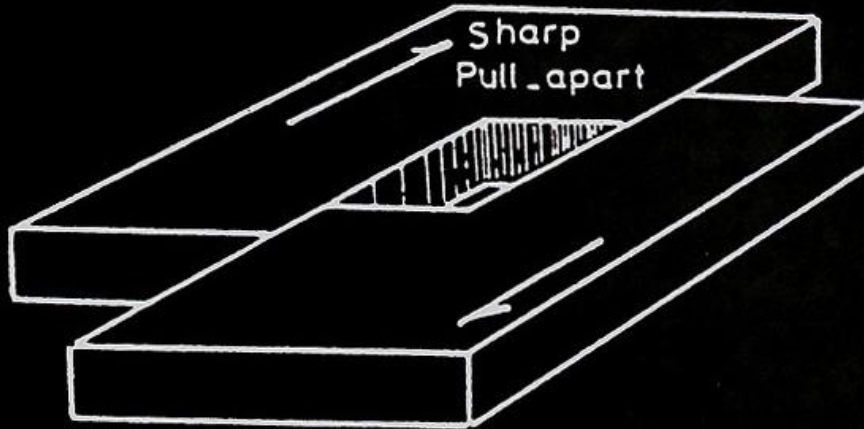
# Évolution tectonique du Haut Atlas marocain

Au jurassique : évolution de rifts en transtension le long d'un accident senestre

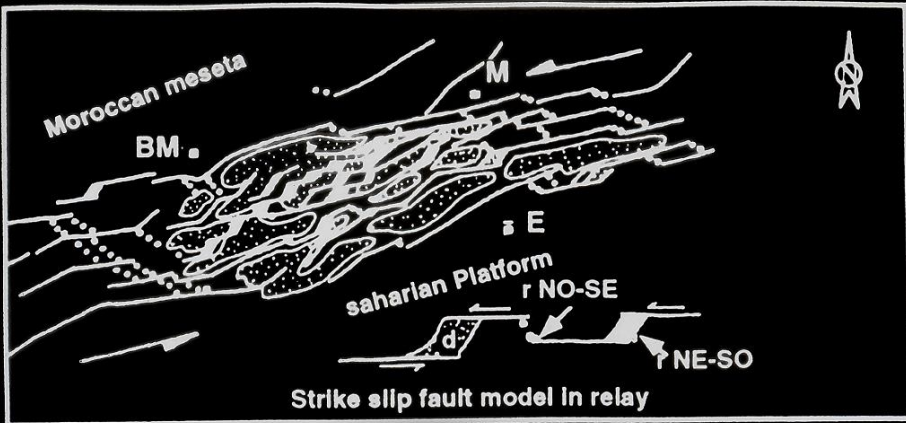
- ouverture de l'Atlantique entre le Maroc et l'Amérique du Nord
- ouverture d'un « sillon » (Haut Atlas oriental) avec sédimentation importante
- horst (Haut Atlas de Marrakech)
- zone subsidente (Haut Atlas Maritime)
- magmatisme alcalin (fractures)




# Le pull apart

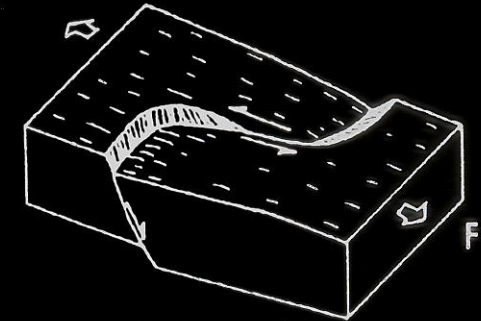


# Le Haut Atlas au jurassique



Carte structurale du Haut Atlas central au Jurassique

 r. with intrusion )



Transfert Fault model

Ouverture oblique de l'Atlas

# Évolution tectonique du Haut Atlas marocain

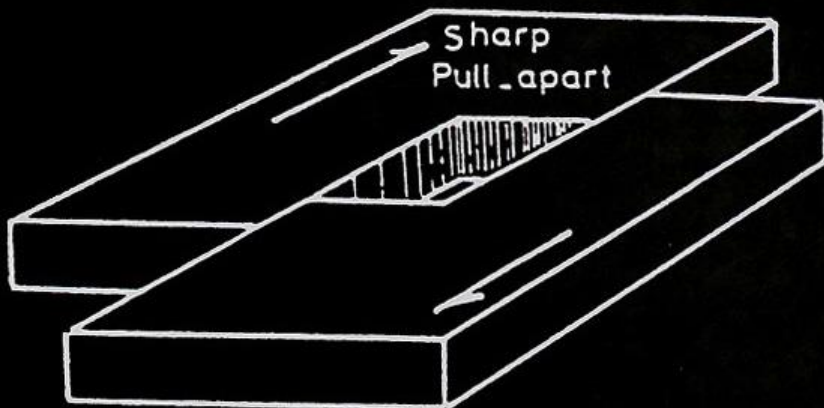
Au Crétacé :

- émergence du futur Haut Atlas oriental et maritime
- basaltes alcalins

# Évolution tectonique du Haut Atlas marocain

Au tertiaire :

- l'Afrique amorce son mouvement vers le nord
- le Haut Atlas se plisse, c'est un couloir de décrochement en transpression
- Il y a rejeu des fractures antérieures, accompagné d'un faible volcanisme alcalin (de 8 Ma à 0,5 Ma)



# Le front sud-atlasique à l'aplomb du Haut Atlas Central



# Le front sud-atlasique à l'aplomb du Haut Atlas Central



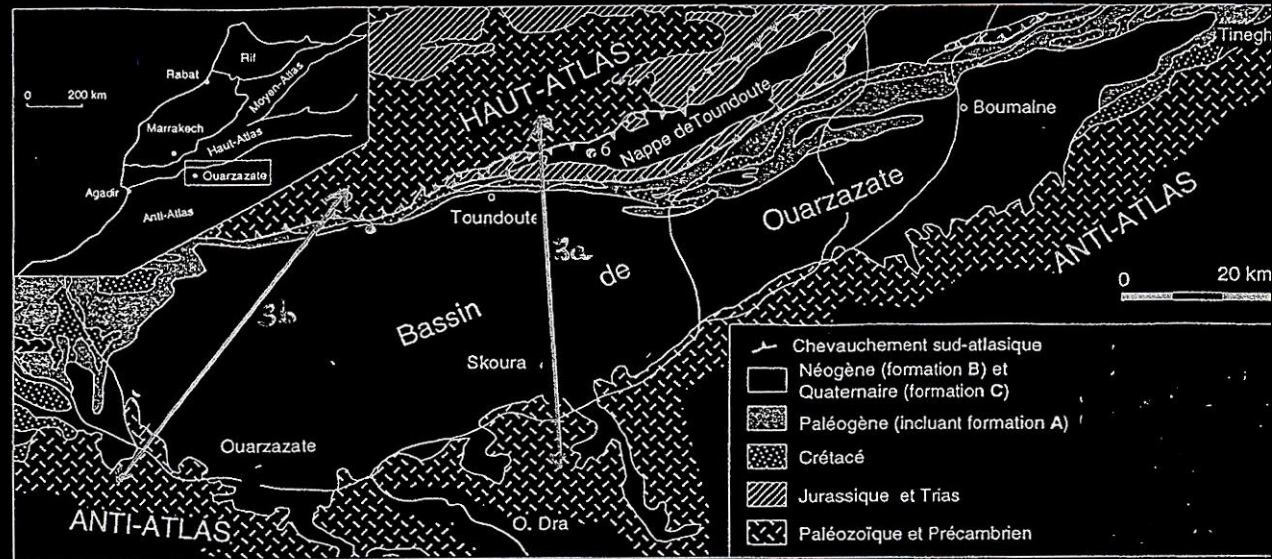
## Le front sud-atlasique



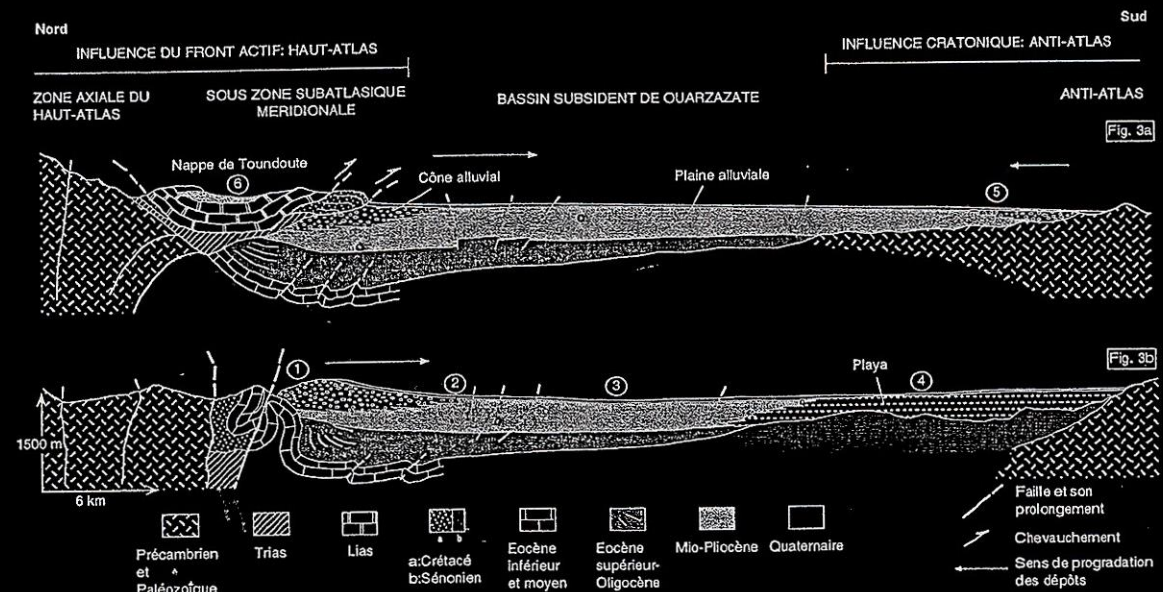
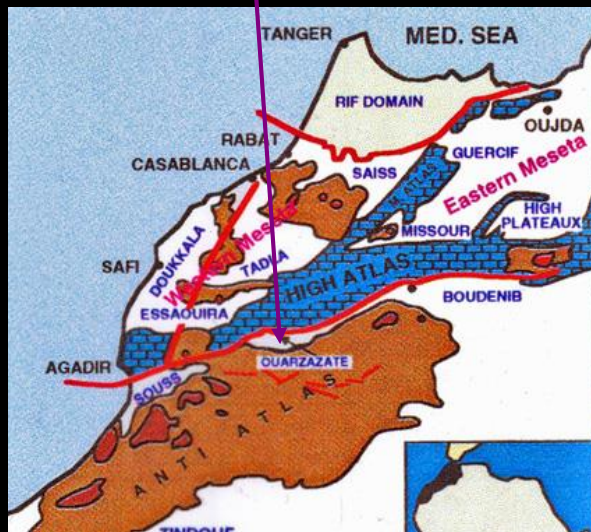
Le front nord-  
atlasique  
vers Midelt



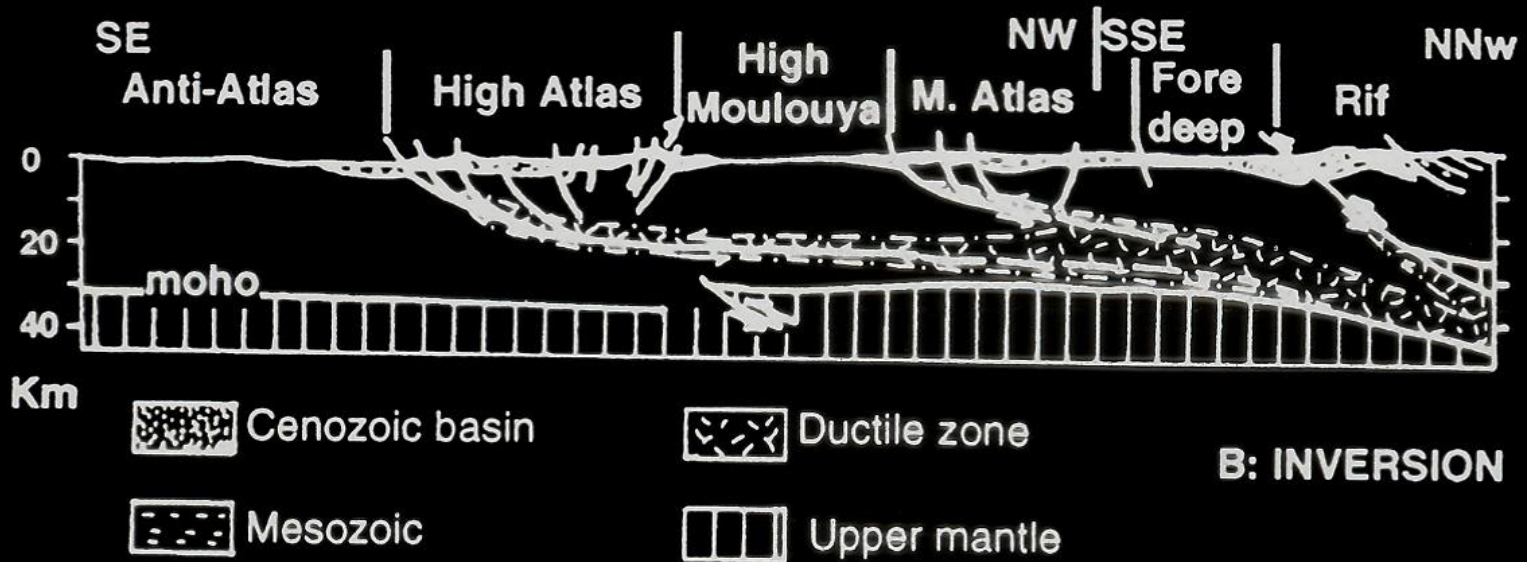
# Evolution tectonique du bassin de Ouarzazate



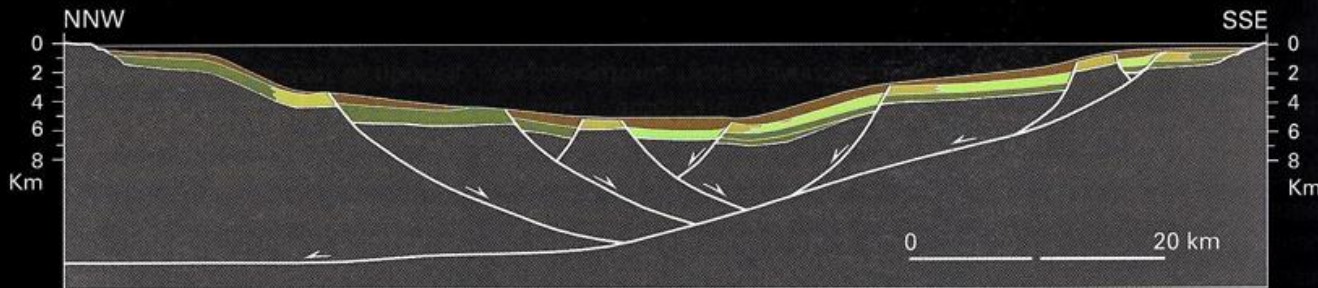
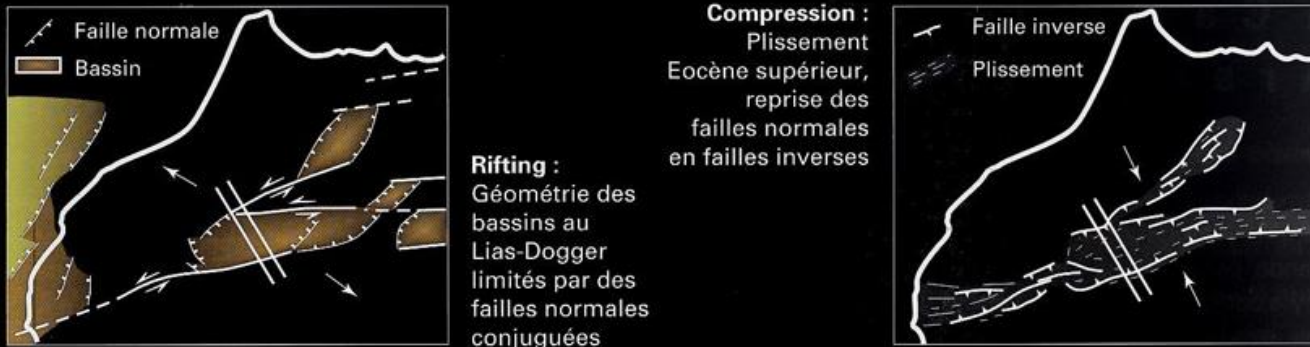
Le remplissage continental cénozoïque du bassin d'avant pays de Ouarzazate



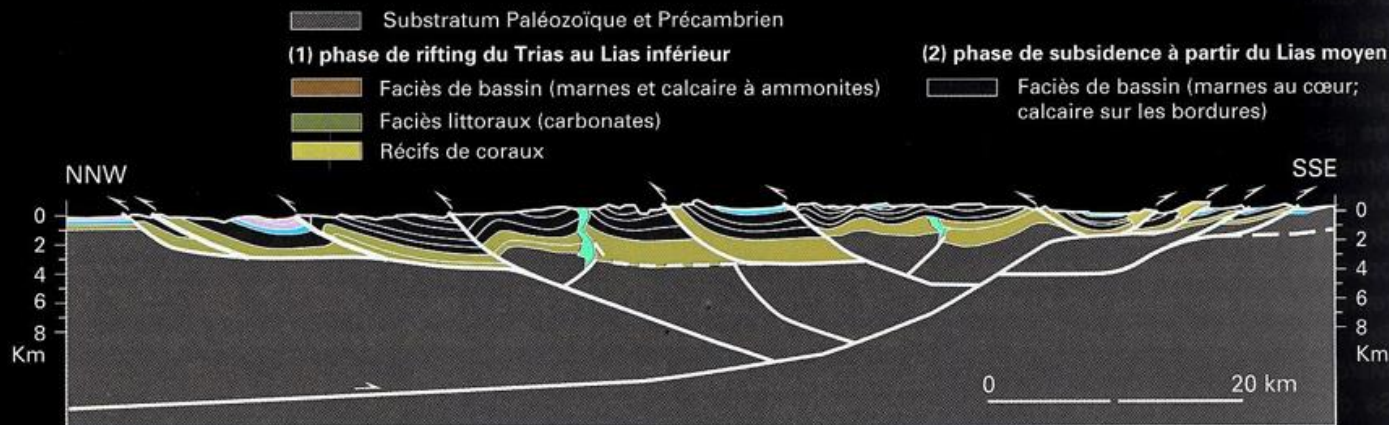
# Modèle de rifting (trias/lias) et d'inversion de l'Atlas à l'oligocène/neogène



# Schéma récapitulatif de structuration du Haut Atlas



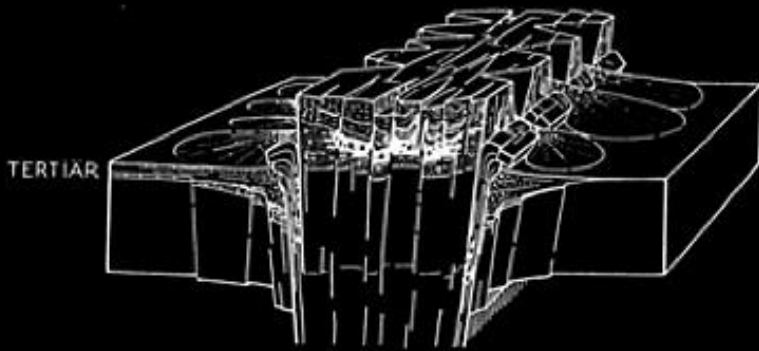
Section transversale du bassin du Haut-Atlas au Crétacé illustrant la phase de rifting (1) puis la phase de subsidence (2)



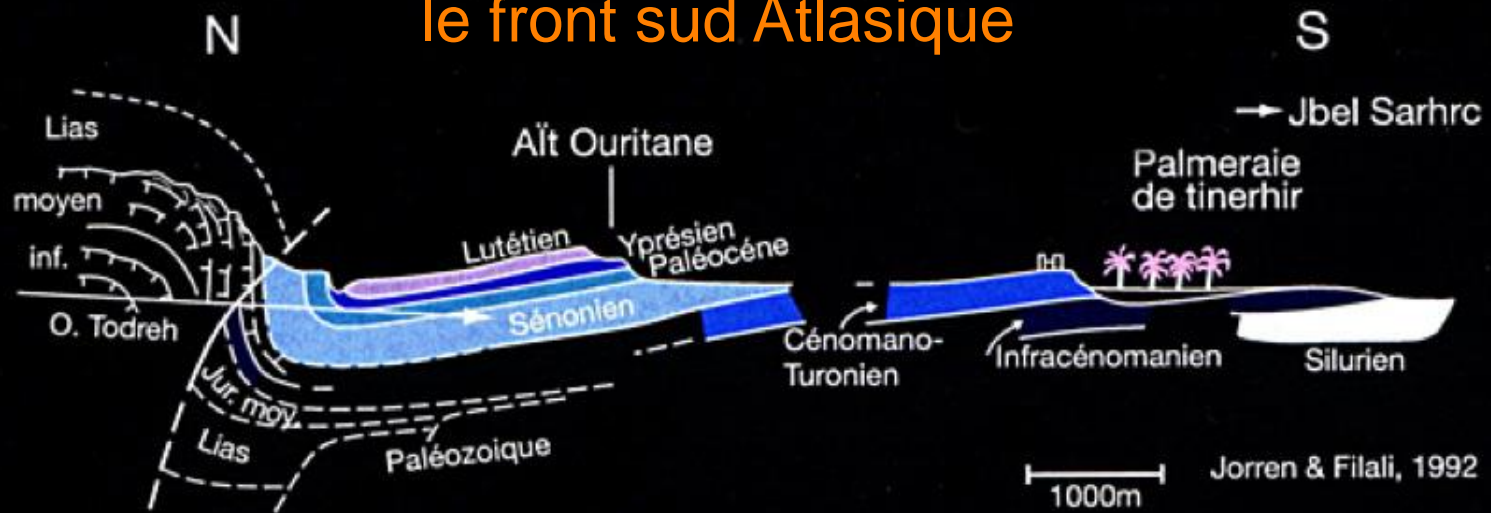
Même section schématisant la phase d'inversion tectonique (Eocène supérieur) et l'édification de la chaîne du Haut-Atlas.



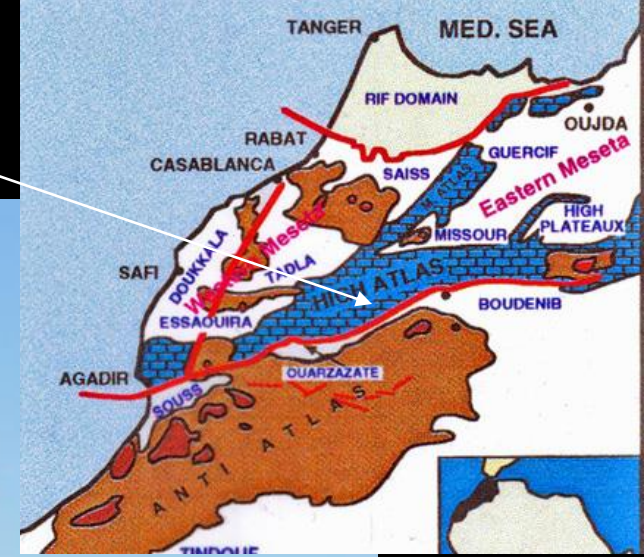
# Évolution géodynamique du Haut Atlas

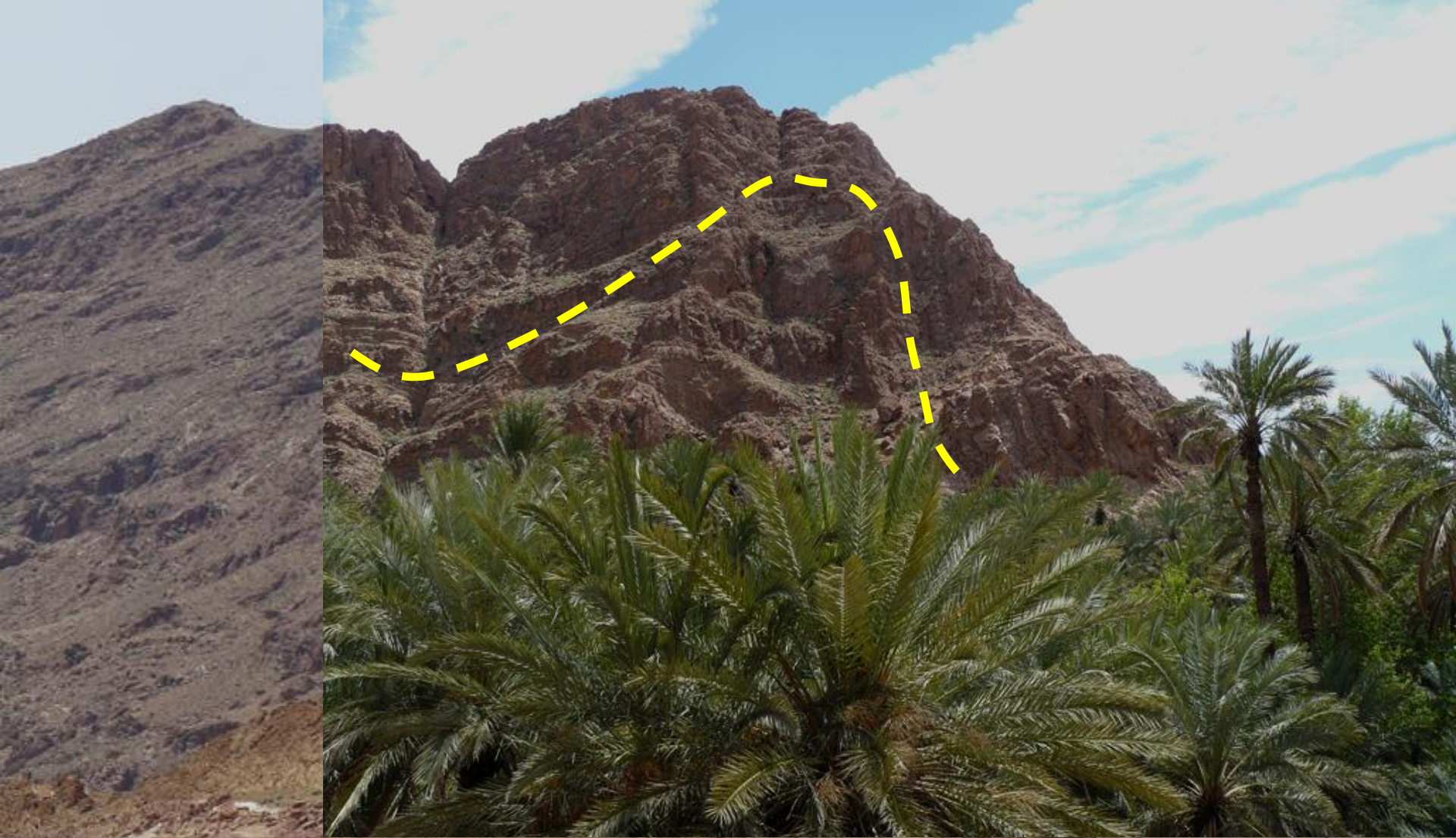


# La palmeraie de Tinerhir, à l'entrée des gorges du Todra : le front sud Atlasique



# L'entrée des gorges du Todra



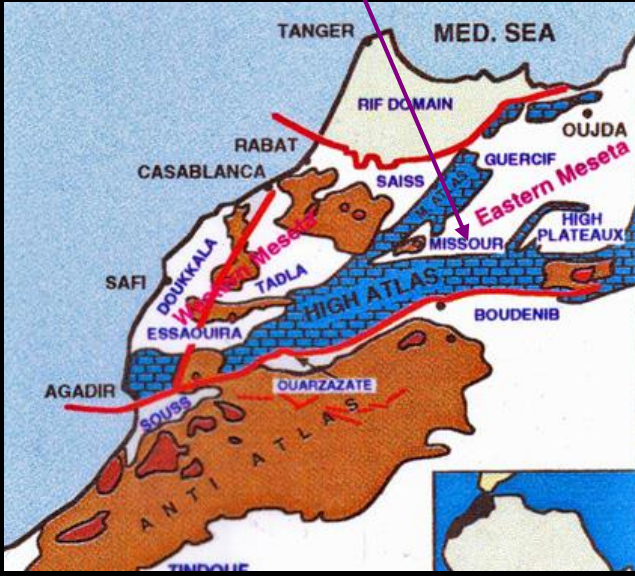
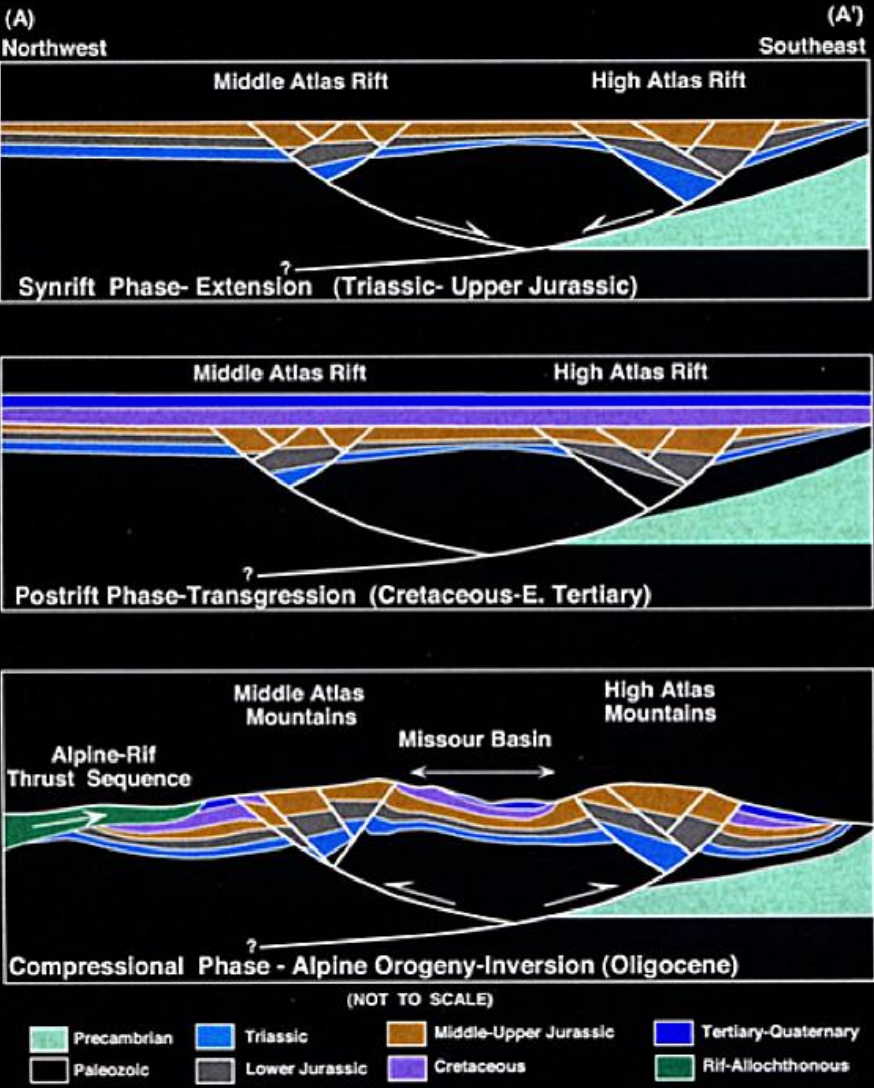


Entrée des gorges du Todra :  
crochon dans le front sud-atlasique

## Dans le lias épais des gorges

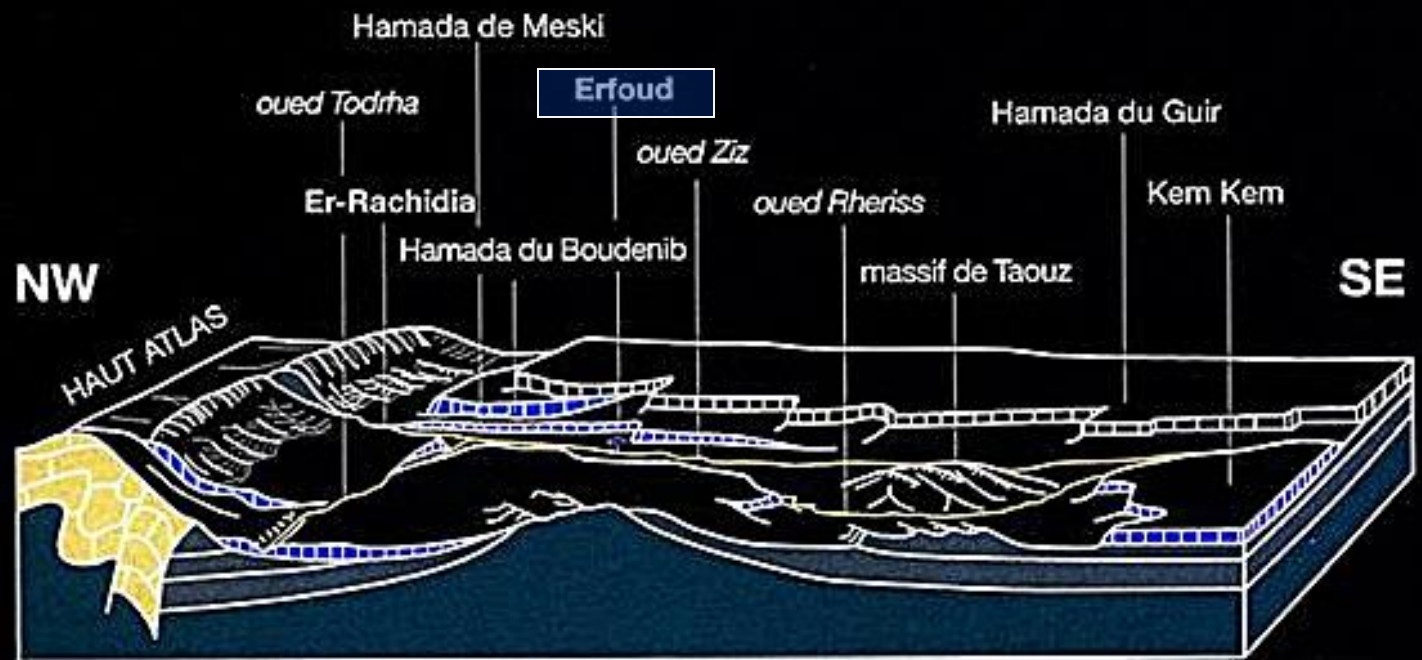


# Modèle d'évolution du bassin de Missour

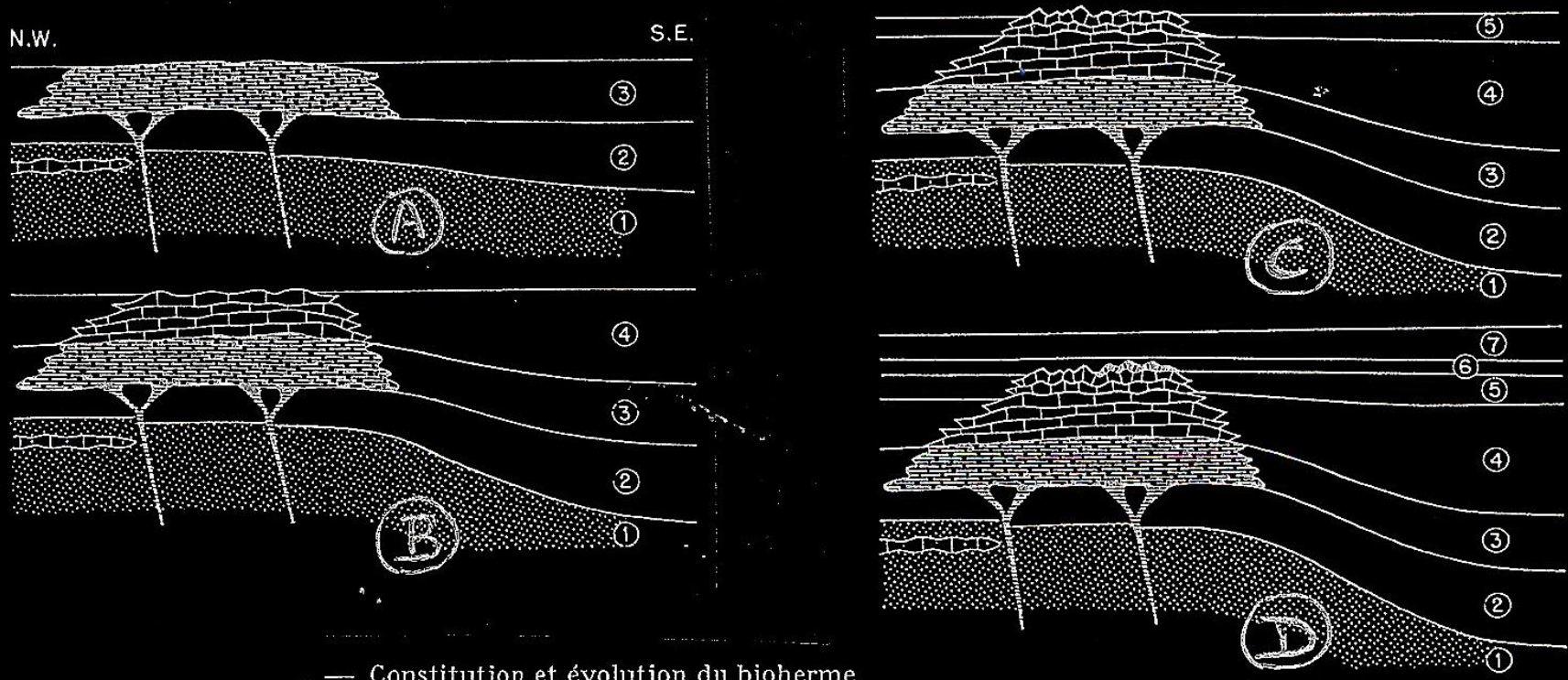


# 5) Les sites fossilifères et les mines - Erfoud

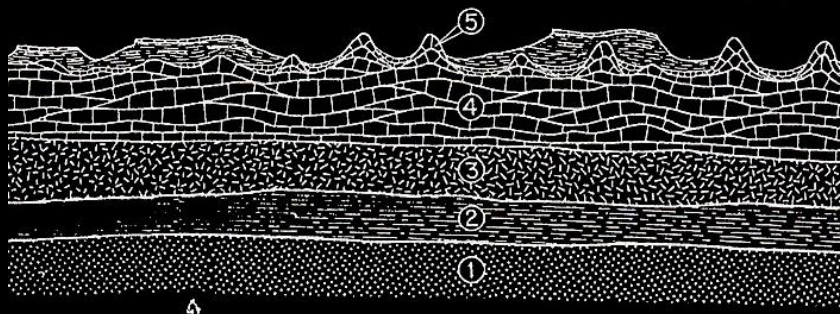
Erfoud est un site fossilifère mondialement connu



# Le bioherme d'Erfoud : constructions récifales



1 Ordovicien - 2 et 3 Silurien - 4 et 5 Dévonien



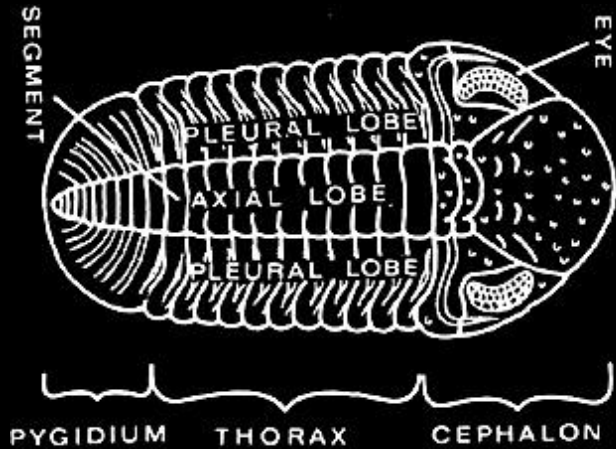
# Le bioherme d'Erfoud



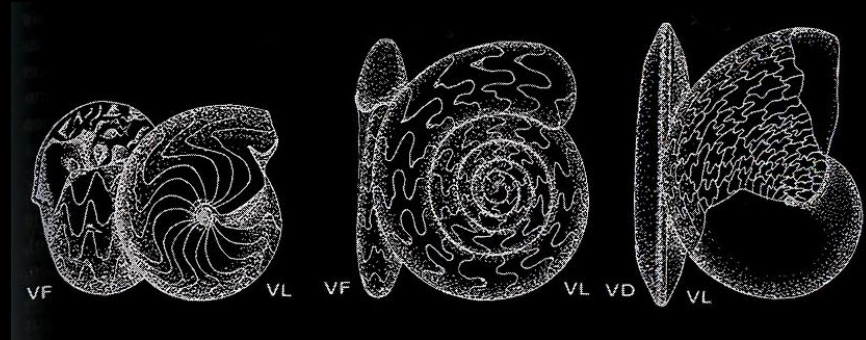
# Les fossiles d'Erfoud

Il est possible de trouver principalement 4 types de fossiles :

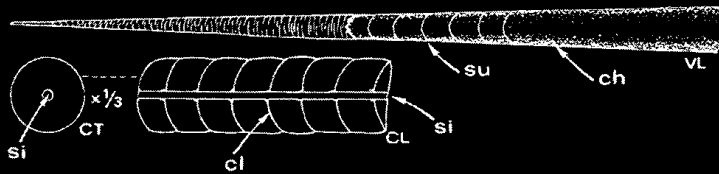
## Des trilobites



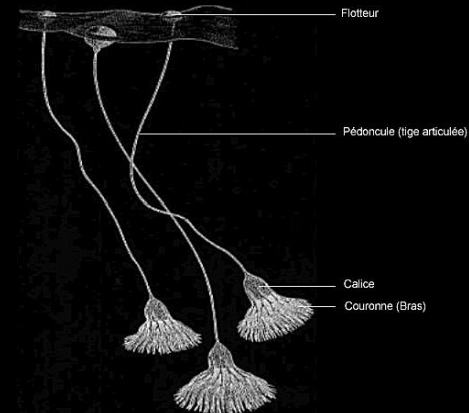
## Des goniatites



## Des orthoceras



## Des crinoïdes



Et il est facile de les trouver !



# Quelques exemples

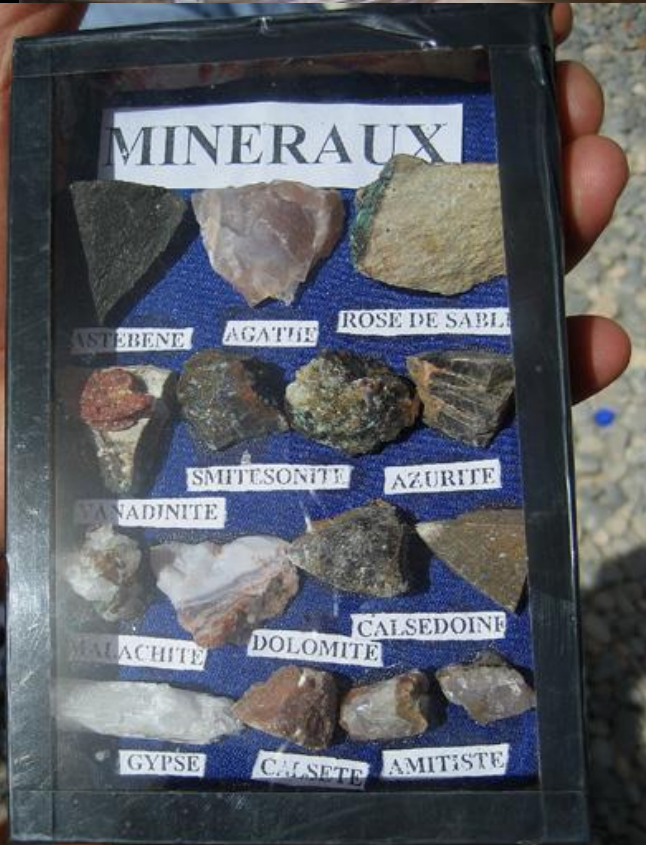


Après décapage et ponçage...



... la vente

Du « presque » vrai

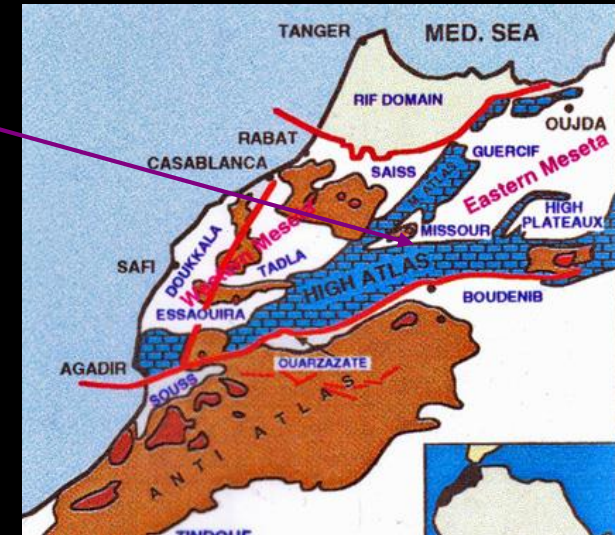


Ou du « vrai faux »



Et même du « faux vrai ! »

# Le site de Midelt est également mondialement réputé pour sa vanadinite



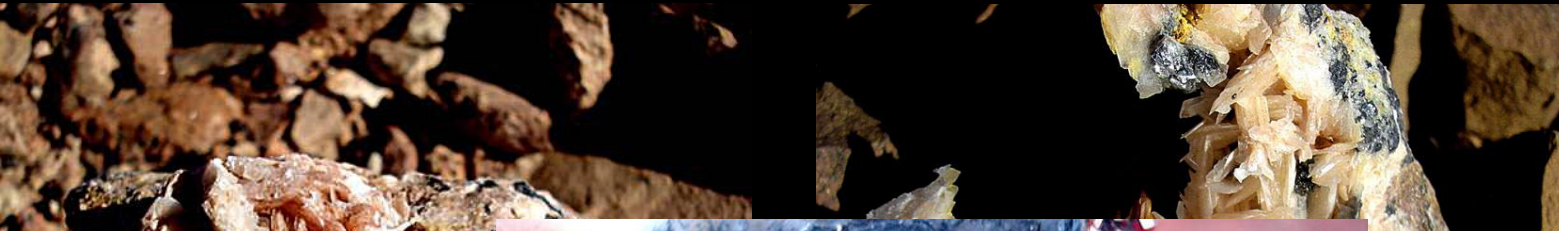
L'entrée des mines de Mibladen

C'est dans ces calcaires dolomitiques, que des galeries ont été creusées pour extraire (de façon risquée) les minerais de plomb, de cuivre, de vanadium, de baryum.

Les minéraux abondent :

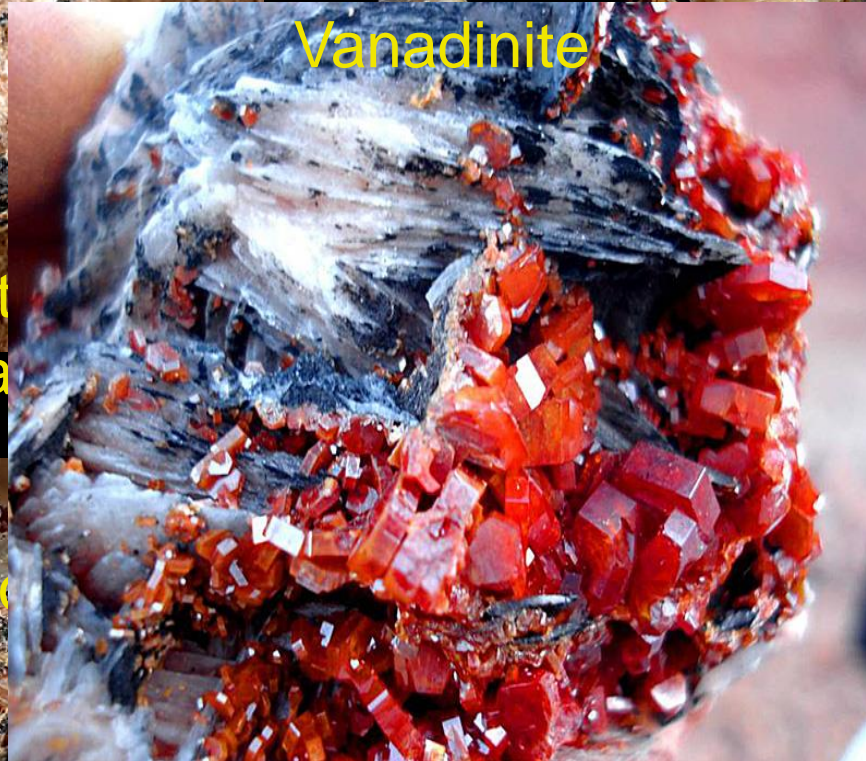
la galène ( $PbS$  : sulfure de plomb), la vanadinite  $Pb_5(VO_4)_3Cl$ , le quartz, l'aragonite, la barytine ( $BaSO_4$  : sulfate de baryum), la cérusite ( $PbCO_3$  : carbonate de plomb), azurite et malachite, la wulfénite

# Quelques exemples de minéraux



Galène et baryte  
(sulfure et sulfate)

Cérousite  
(carbonate de plomb)

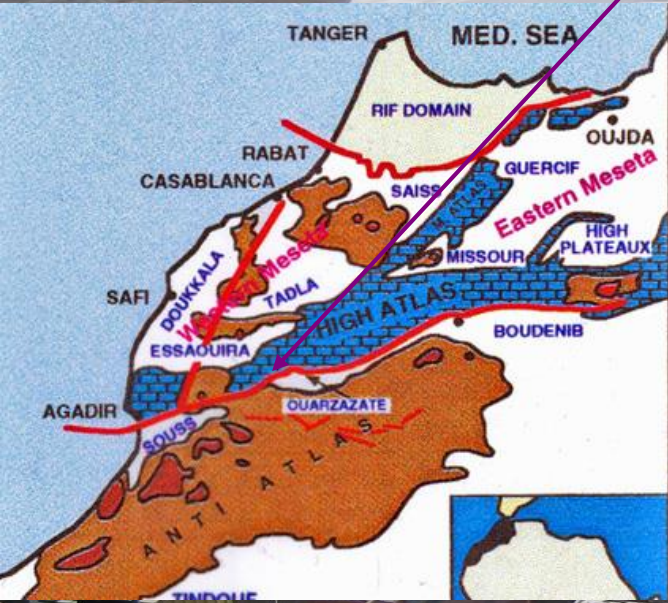


Vanadinite



Vanadinite  
 $\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$

# La mine de Bou Azer, et ses minerais de cobalt



Chaque famille voudrait nous vendre ses échantillons



## Quelques échantillons

Hématite  $\text{Fe}_2\text{O}_3$



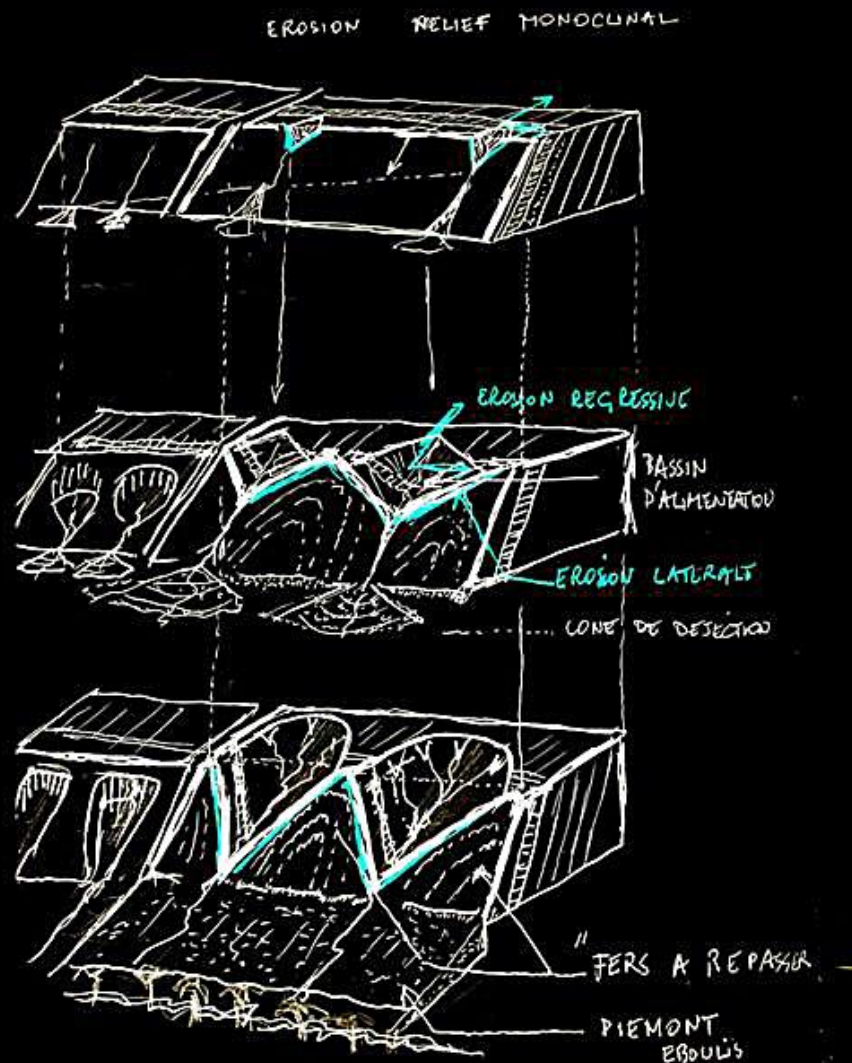
Erithryte  $\text{Co}_3 (\text{AsO}_4)_2, 8\text{H}_2\text{O}$



Roselite



# Près de Bou Azer, de beaux « V topo »



## La Carrière de « La métisse » à Sidi Rahal



Il s'agit d'une carrière d'améthyste dans des basaltes.  
Les mineurs payent 10 euros pour un droit d'une semaine d'exploitation.  
Nous arrivons pendant leur pose.

Les géodes sont  
magnifiques

Géode en place



« Fragments » récoltés sur place



Géode extraite



Crinoïde

Oursins



Rhynconelle - Terebratule



Rhynconelle



Goniatite



Orthoceras - Encrines



Goniatite



Trilobite



Ophiures



Pyrolusite



Agate



Cobaltite



Améthyste



Quartz



Pyrolusite



Pyrolusite



Aragonite



Géode de quartz

## 6) Un peu de tourisme



Marrakech, la place Jemaa-el-fna



# Marrakech

Le patio de l'hôtel



## Le ksar Aït Ben Haddou



Village fortifié adossé à une colline de grès rose, qui a été classé en 1987 au patrimoine mondial de l'UNESCO.  
C'est un exemple frappant de l'architecture du sud marocain traditionnel.

## La vallée des roses



Vallée des roses et des mille kasbah : El-Kelâa-de-M'Gouna, à 1467m d'altitude, capitale des roses (3 à 4 000 t récoltées chaque printemps).

**Il faut 5t de pétales pour produire 1litre d'essence !**

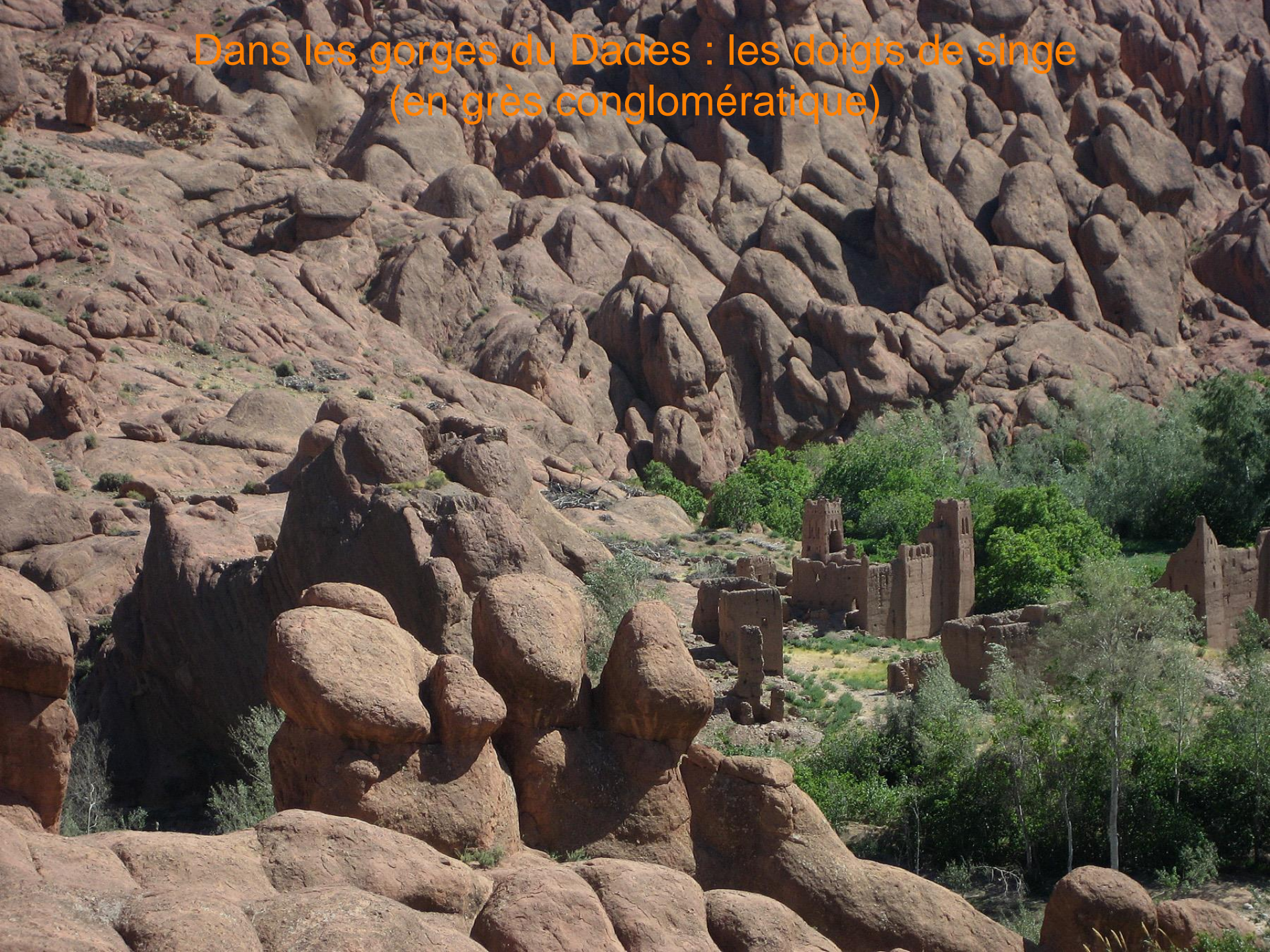
La rose de Damas au parfum poivré a été importée de La Mecque au 10<sup>e</sup> siècle.

# L'entrée des gorges du Dades



Anticlinal évidé dans lequel coule le Dades. Les bords de la falaise sont éocène.

Dans les gorges du Dades : les doigts de singe  
(en grès conglomératique)





Les « doigts de singe »

## L'erg Chebbi : lever de soleil



Le plus vaste erg du Sahara marocain (50 km<sup>2</sup>), avec des dunes de plus de 100 m.

# Erg Chebbi



La ville de Merzouga en bordure de l'erg



Le souk de Zech'Cheikh



Le souk de Zech'Cheikh

Préparation du repas : notre tajine quotidien





Les cascades d'Ouzoud...



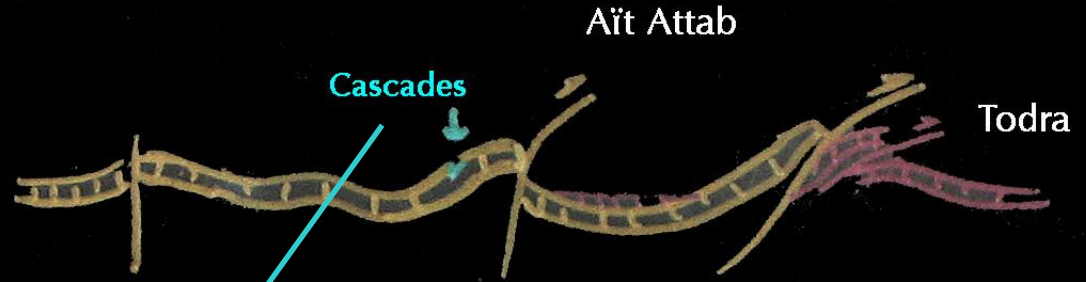
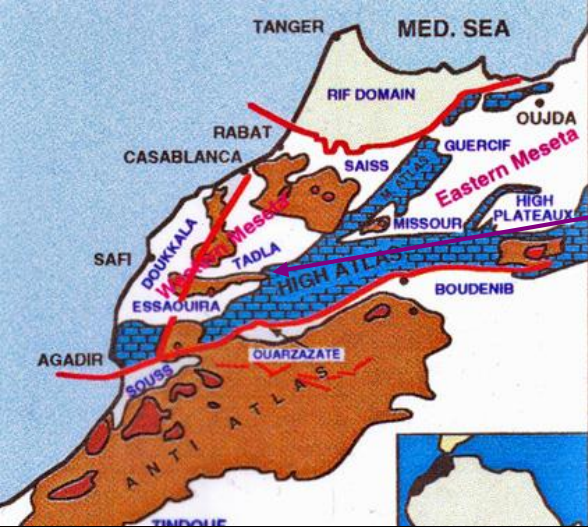
... et les magots





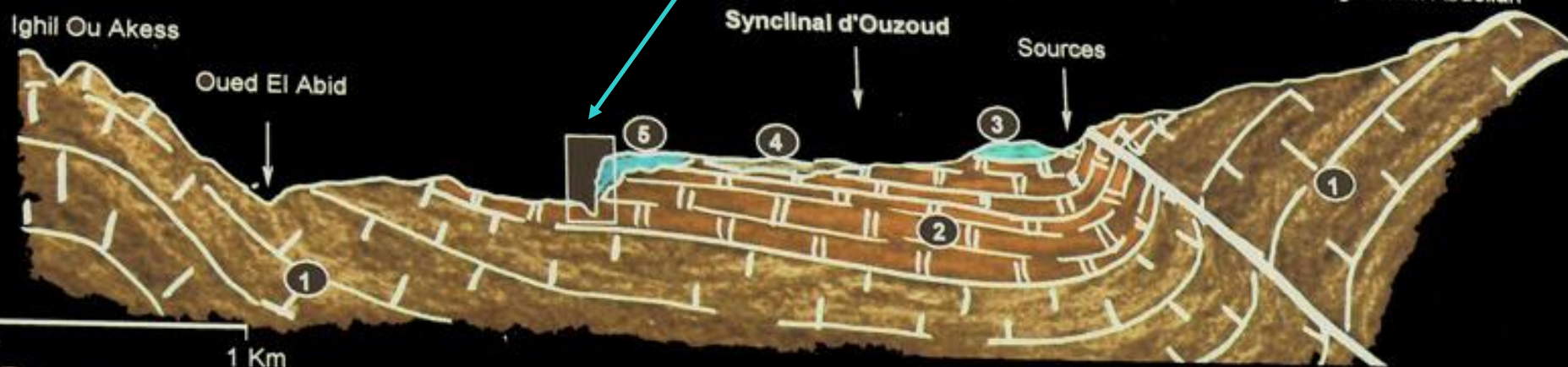
# Les cascades d'Ouzoud

## Cascades d'Ouzoud



Nord-Ouest

Sud-Est



- ③ Couches rouges du Jurassique moyen (- 170 millions d'années)
- ② Calcaires lités du Jurassique inférieur (-180 millions d'années)
- ① Calcaires massifs du Jurassique inférieur (-185 millions d'années)

- ⑤ Travertins du Quaternaire récent (-0.5 million d'années)
- ④ Conglomérats et limons du Quaternaire ancien (-1.5 million d'années)







Le porteur  
d'eau

## La cérémonie du thé chez notre guide Aoussa...



... et celle du cours avec Thierry



# Merci de votre attention



Diaporama réalisé par le Centre de  
Géologie de l'Oisans  
Musée des Minéraux  
38520 Bourg d'Oisans  
06 73 40 52 64  
04 76 80 27 54  
[cgo.asso@free.fr](mailto:cgo.asso@free.fr)  
<http://cgo.asso.free.fr/>

