

GÉOLOGIE DU MAROC

26/01/2009

Chaîne de collision (le Rif), bombement de socle (Anti-Atlas, Haut Atlas de Marrakech) ou fermeture de rift (Moyen Atlas, Haut Atlas Central et Oriental), les montagnes marocaines offrent plusieurs exemples de formation de chaînes. Distension, transtension, bassins losangiques (pull apart), fractures et chevauchements ont produit un relief riche en variété géologique, en fossiles et en minéraux.

A venir :



Un village à l'entrée des gorges du Dades

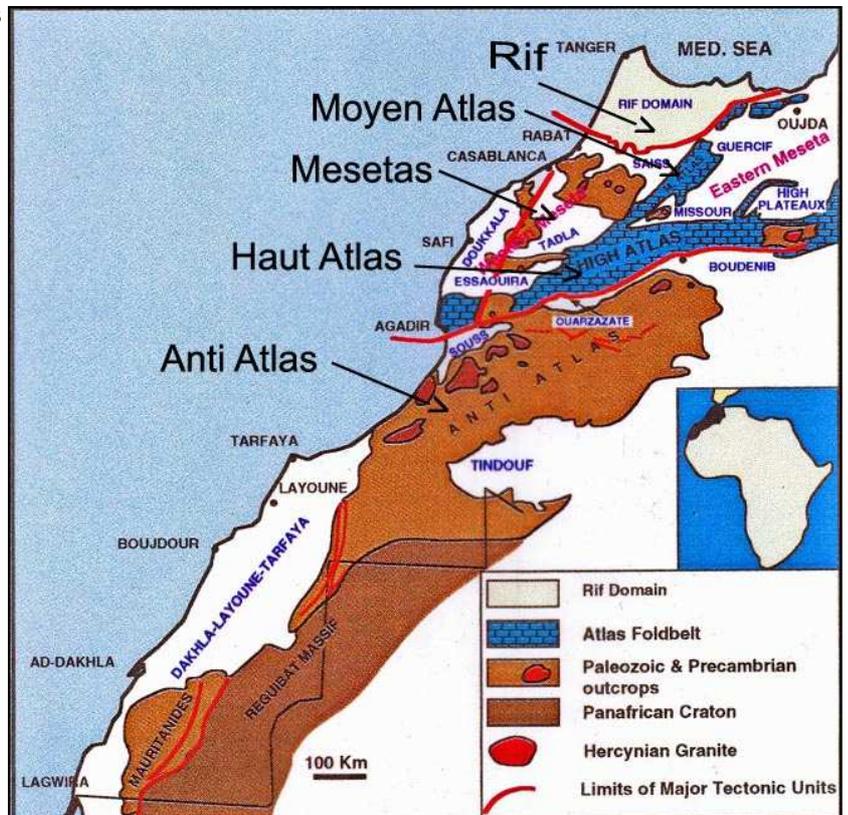
Les domaines structuraux - Le Rif L'Anti Atlas - Le Haut Atlas - Sites fossilifères et mines.

1) Les grands domaines structuraux marocains

- Anti Atlas au sud, jusqu'en Mauritanie. Un vieux socle au sud de la dorsale archéenne des Reguibat. Un substratum précambrien de 2,5 – 3 milliards d'années avec une couverture sédimentaire du début du primaire. Une dernière phase tectonique a donné du volcanisme à la fin du tertiaire et début du quaternaire.

Il correspond à une chaîne de fermeture d'un rift continental.

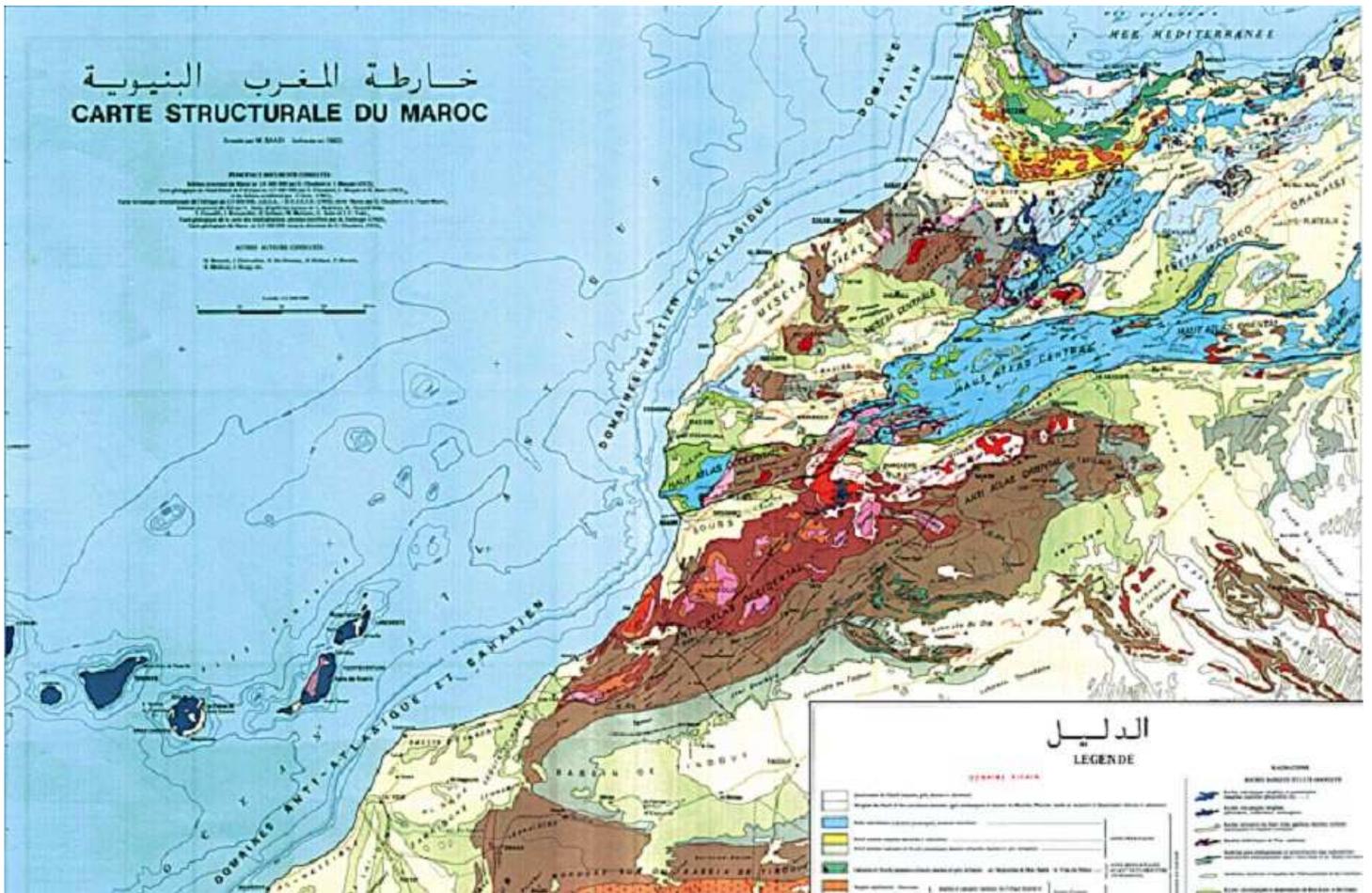
- La grande faille sud atlasique d'Agadir limite une zone plus instable avec 4 massifs :
 - Haut Atlas maritime
 - Haut Atlas de Marrakech
 - Haut Atlas Central et oriental
 - Moyen Atlas, ramification du Central
- tout au Nord, le Riff, chaîne téthysienne due à la fermeture de Mésogée, fille de Thétys.



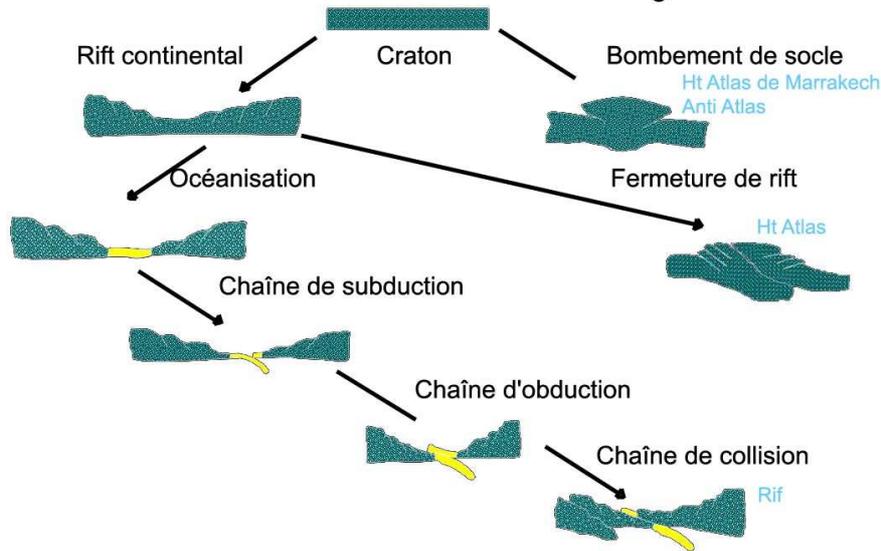
Sur la carte géologique qui suit, peu lisible, les

couleurs rouge et marron correspondent au vieux socle. Le Haut Atlas maritime et le Moyen Atlas sont en bleu, c'est donc du jurassique. Le jaune et le vert du Rif correspondent au crétacé, c'est donc une chaîne récente.

Le Rif est une chaîne de collision, le Haut Atlas de Marrakech et l'Anti Atlas sont des chaînes de bombement de socle alors que le Haut Atlas est une chaîne de fermeture de rift.



Classification des chaînes de montagne



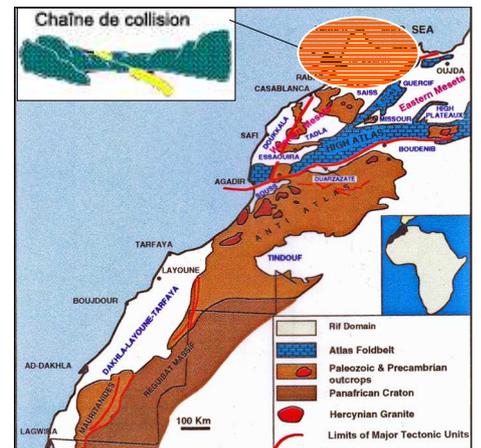
2) Le Rif

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. C'est une chaîne de collision avec une structure ophiolitique et un chevauchement présentant une vergence principale.

Le Rif n'est qu'un segment d'un ensemble bien plus vaste des chaînes alpines méditerranéennes : sous ensemble "bético-rifo-tellien" qui se raccorde par la Sicile à l'Apennin.

Deux légendes pour les cartes géologiques

- sédimentaire : une couleur par âge
- le reste : rouge = granite, marron = micaschiste, vert foncé = amphibole, donc une couleur par roche.

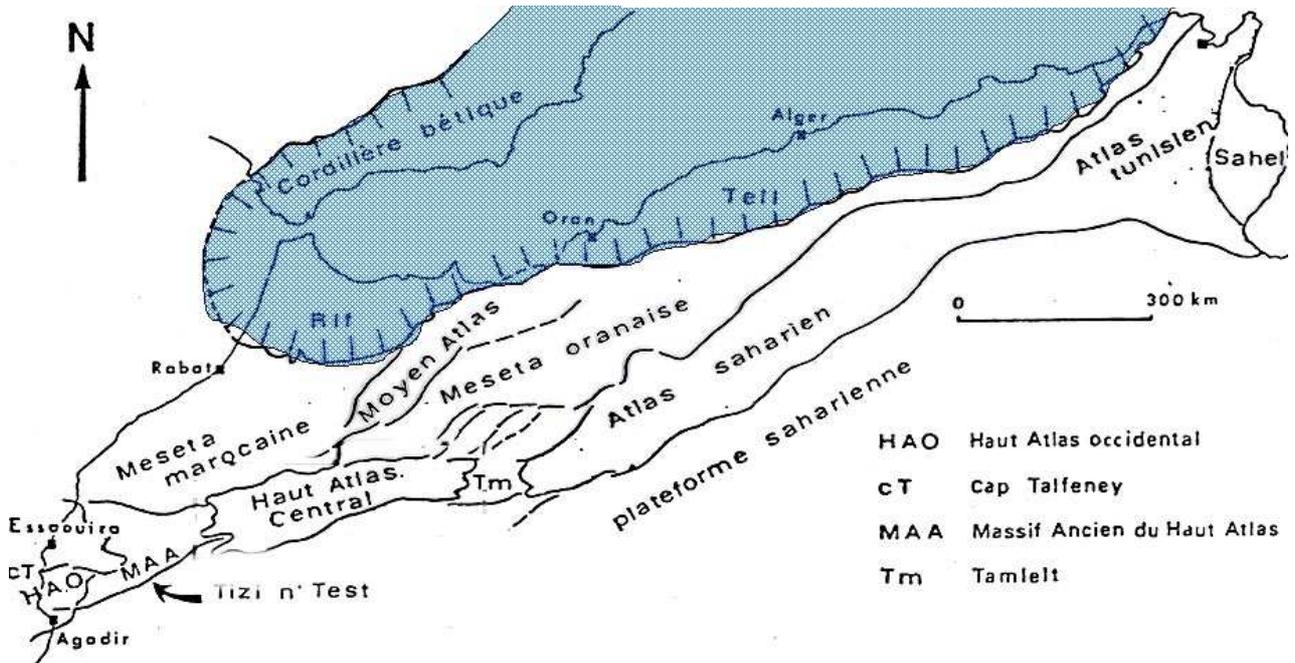
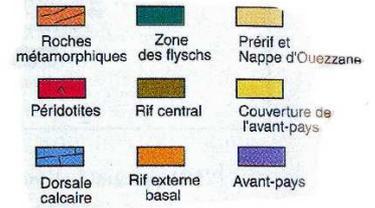
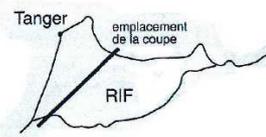
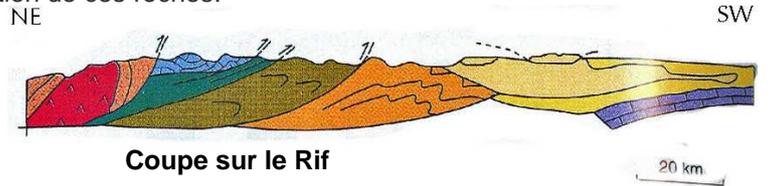


Quand on a commencé ces cartes, il n'y avait pas de datation de ces roches.

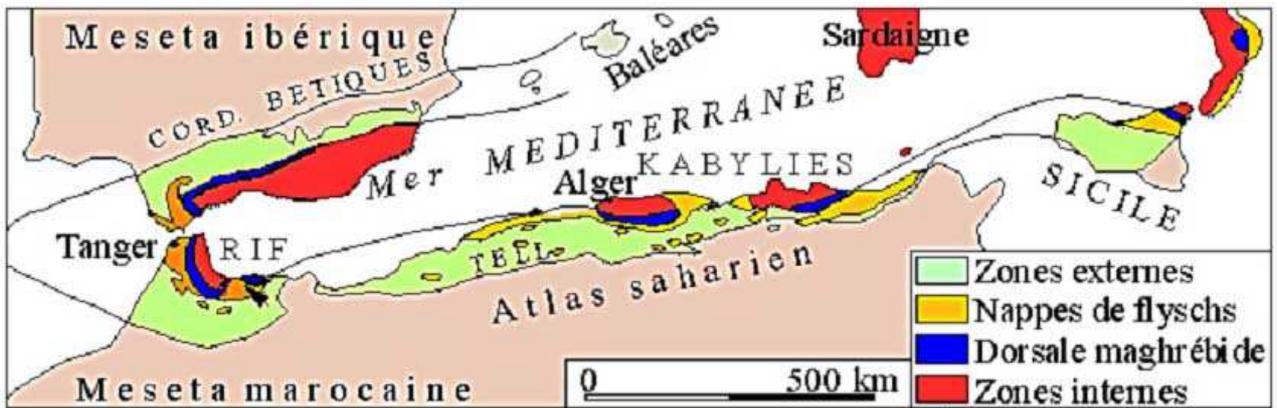
Sur la coupe on voit bien que les sédiments ont été charriés pour avoir refusé la subduction, avec une vergence sud-ouest. A gauche de la carte, le reste du manteau.

Comme dit, le Rif fait partie du sous ensemble "bético-rifo-tellien". Le Tell est la partie se trouvant en Algérie et Tunisie. La chaîne Bétique est en Espagne.

Cette chaîne a été interrompue par l'ouverture de la Méditerranée.



- HAO Haut Atlas occidental
- CT Cap Talfeney
- MAA Massif Ancien du Haut Atlas
- Tm Tamlelt



Carte structurale schématique de la chaîne Maghrébi 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)

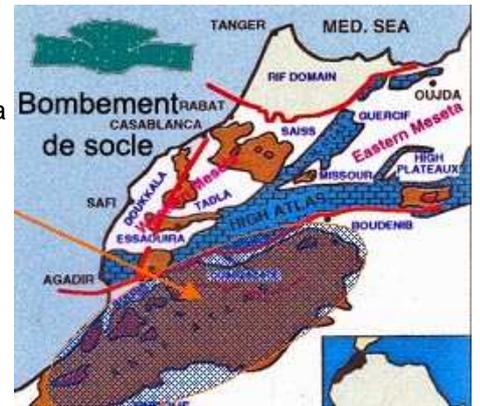
3) L'Anti-Atlas

Simple et large bombement de socle à cœur PK, et couverture paléozoïque (primaire) préservée au N et au S. La partie blanche est du quaternaire. Son premier soulèvement date de l'orogénèse hercynienne. Puis l'érosion transforme la montagne en pénéplaine. Depuis il y a eu cette boursoufflure et cette montée en altitude au tertiaire et quaternaire (les mouvements sont enregistrés et datés par les déformations affectant le néogène des bassins voisins) L'échelle des ères se trouve plus loin).

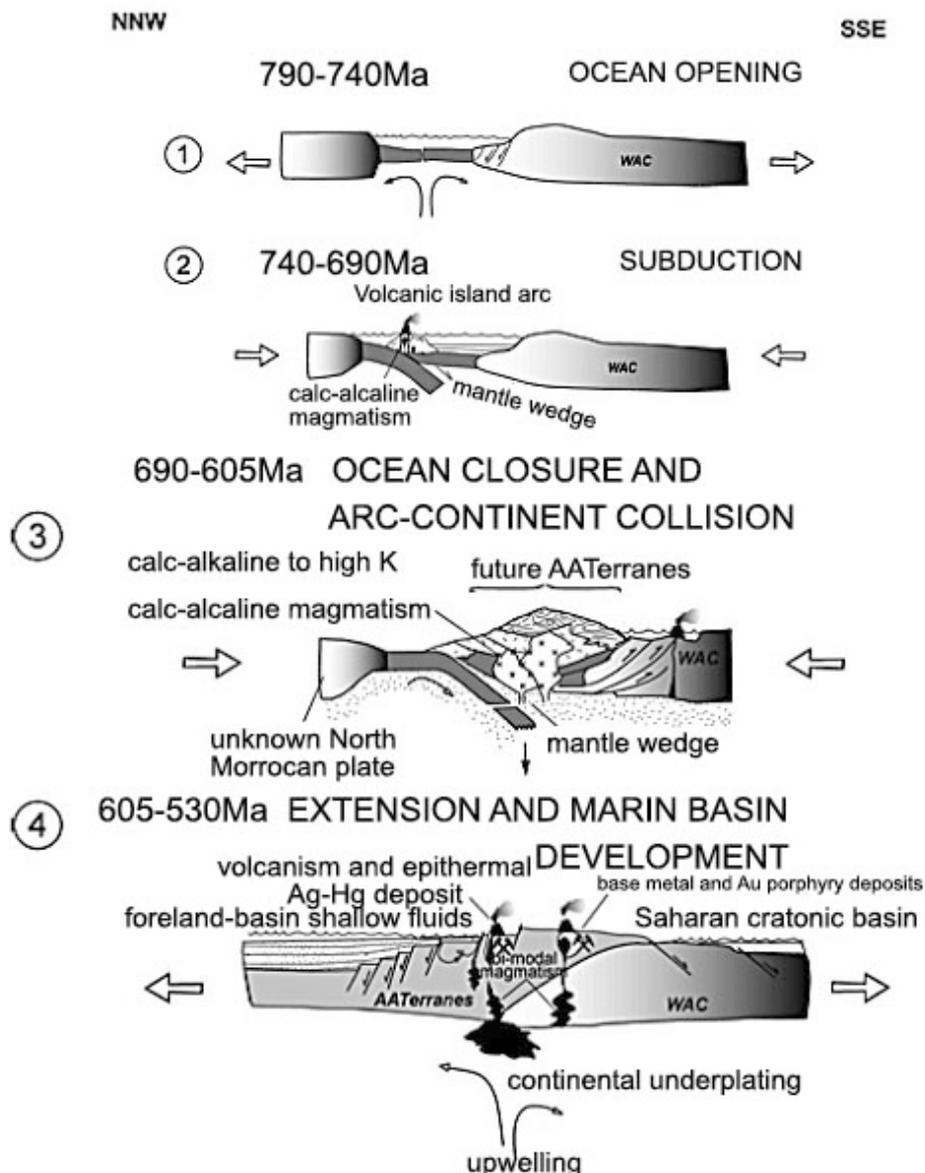
Le Massif Central, lié à un soulèvement thermique, présente son maximum d'altitude au dessus de Vienne, vers 1300m si on ne compte pas les reliefs "postiches" que sont les volcans.

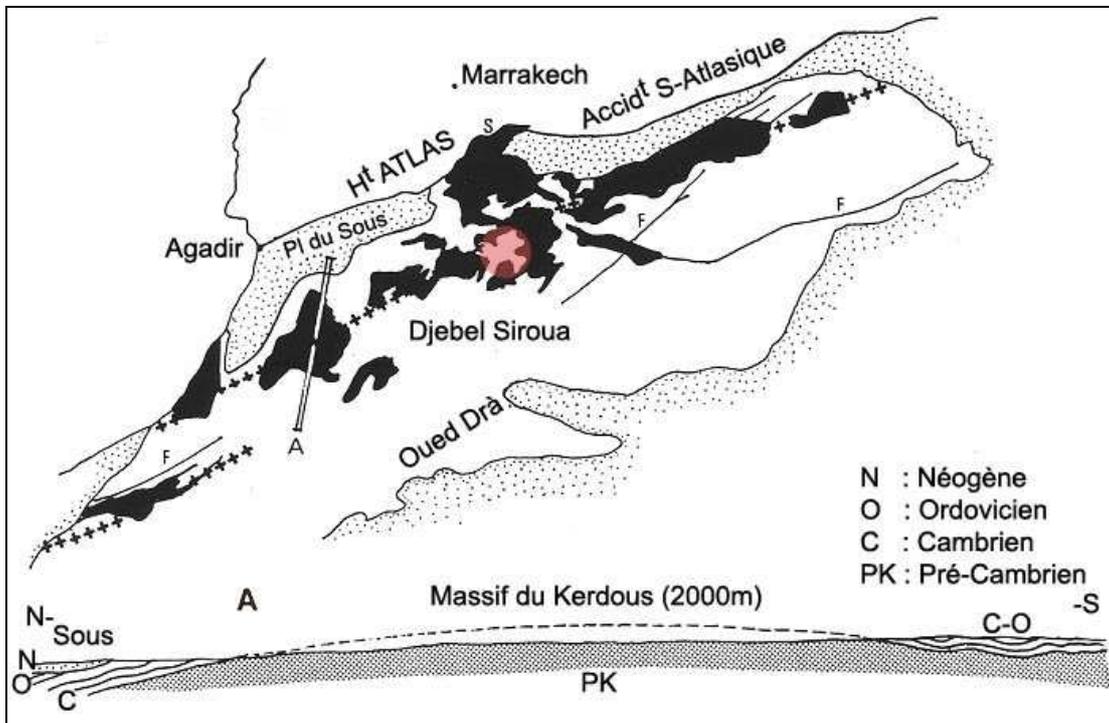
L'Anti Atlas monte à 2000m car c'est un bombement très large

Le second soulèvement donne naissance à des fractures (failles normales sur les bords) 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). Ce volcanisme est très contaminé par la croûte continentale. On se retrouve avec une série alcaline. Les alcalins "mangent" beaucoup de silice, on obtient une roche riche en silice mais sous saturée en silice, la silice étant piégée par d'autres éléments que le quartz.



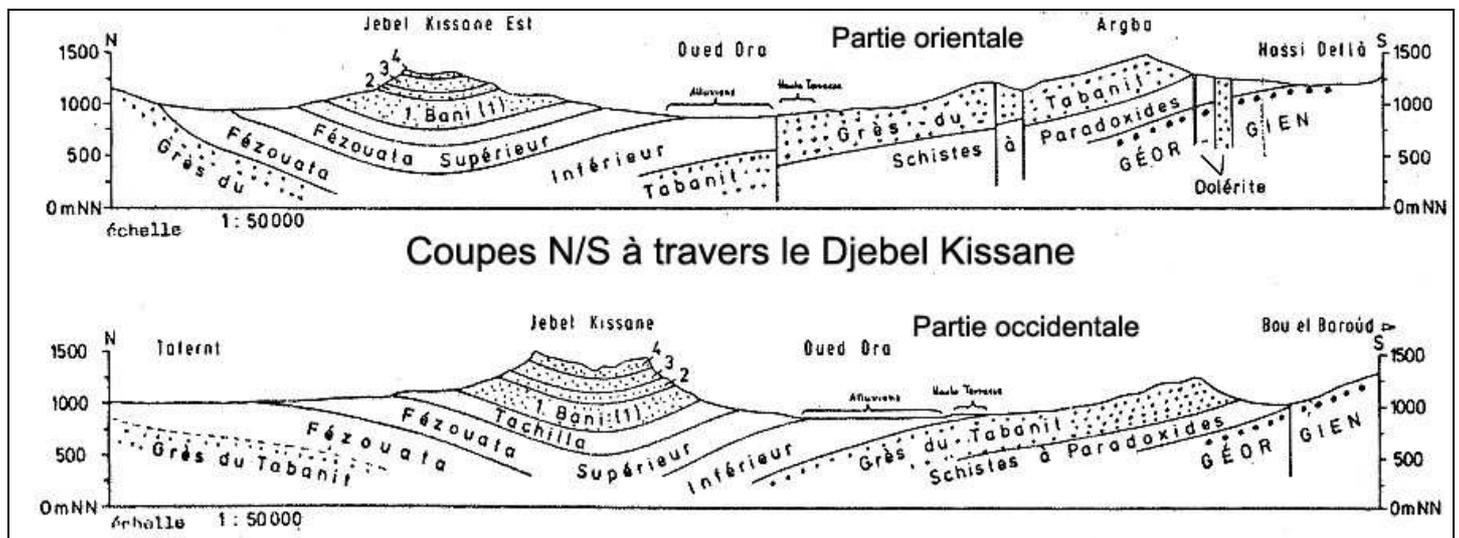
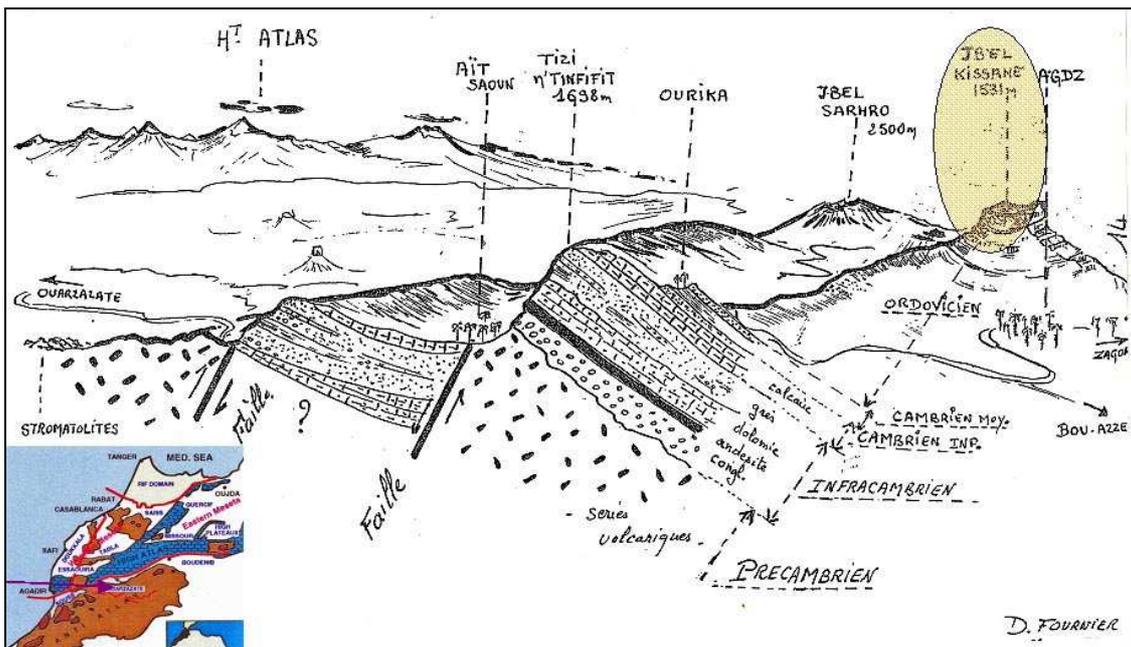
EVOLUTION GEODYNAMIQUE DE L'ANTI-ATLAS

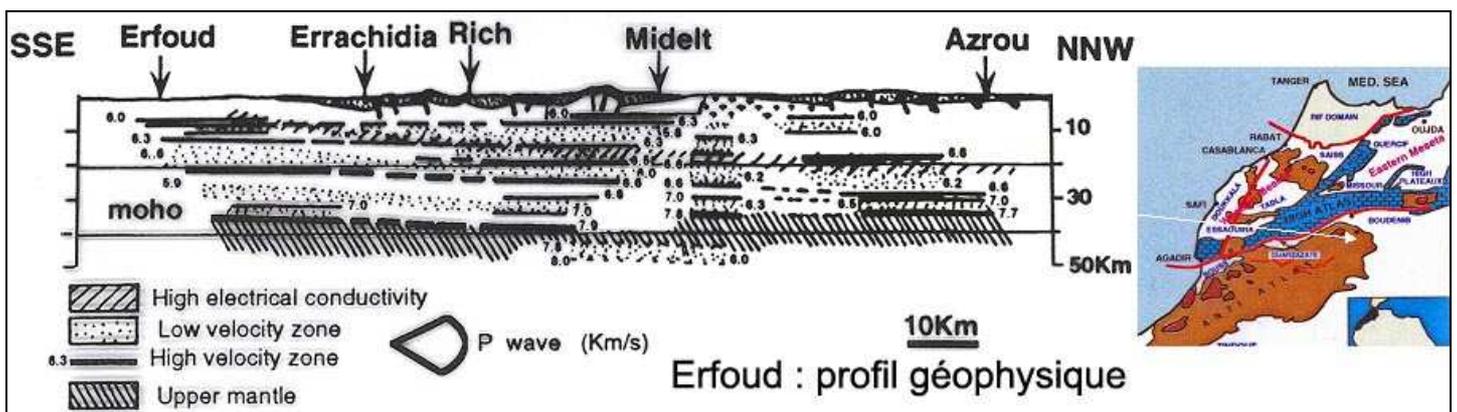
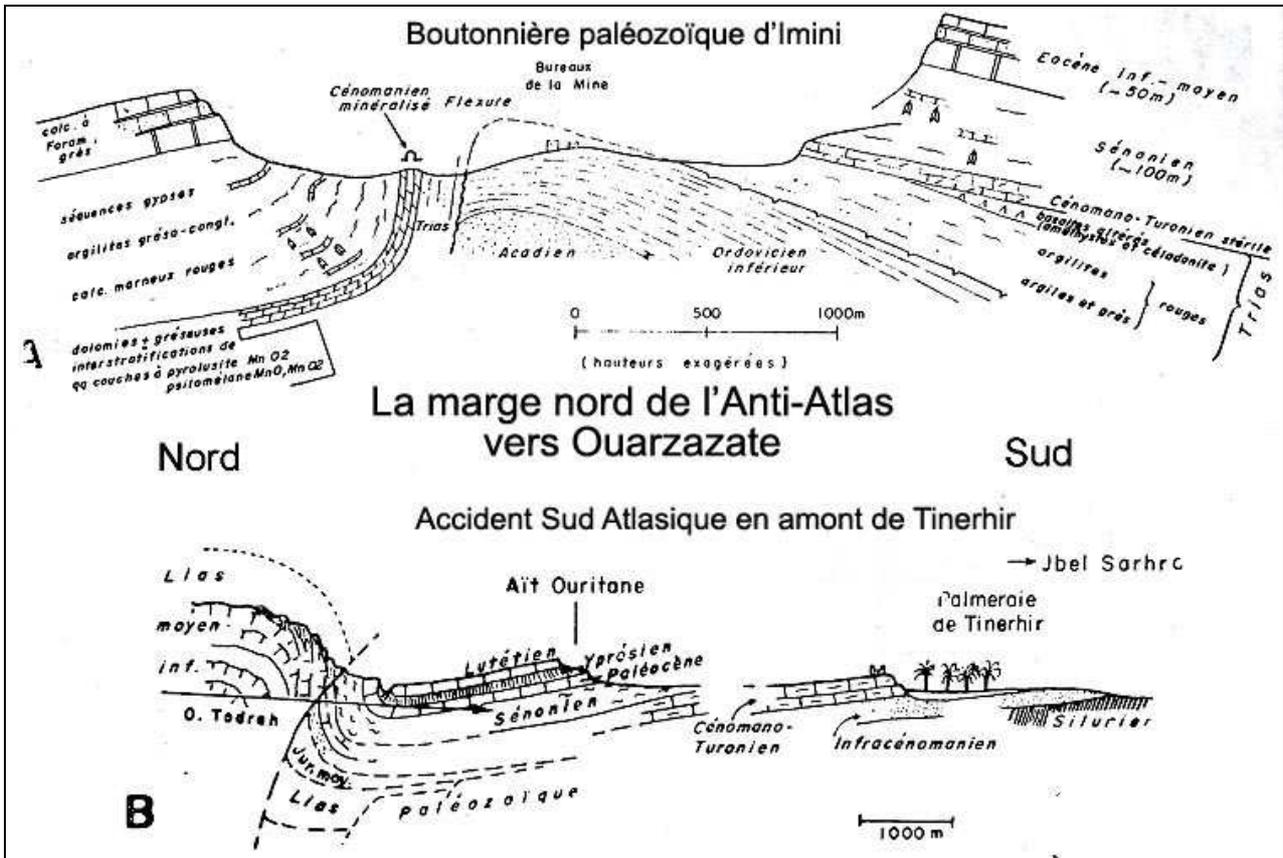
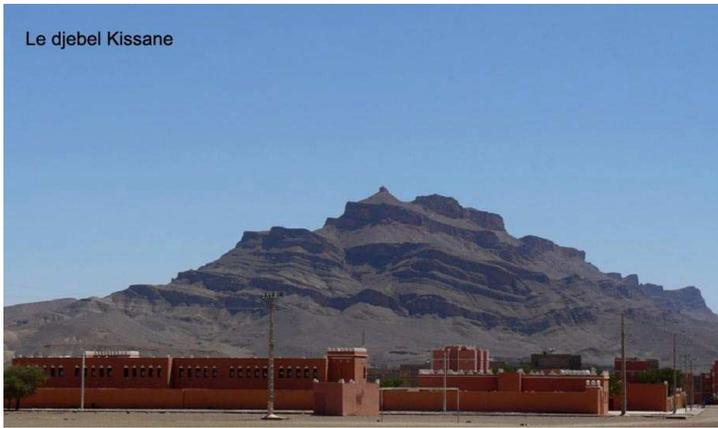




Dans la dernière phase de l'évolution, la montagne flue sur elle-même. Une orogénèse précambrienne a mené à la présence de mines de cobalt.

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



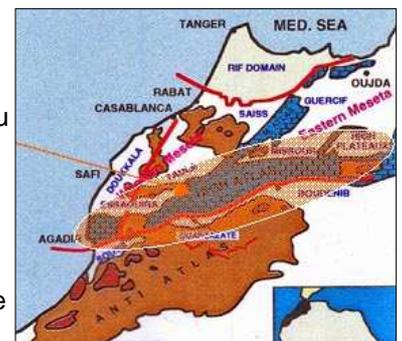


4) Le Haut Atlas

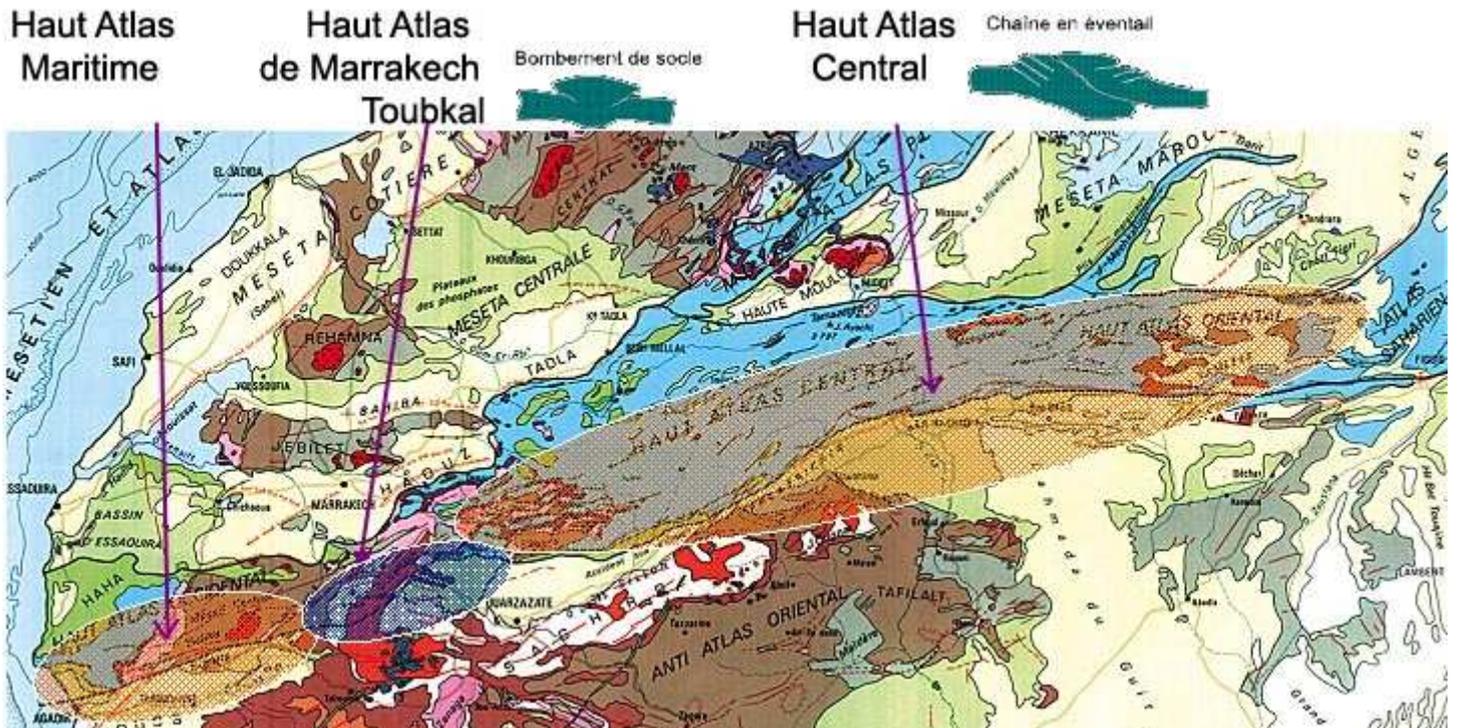
Long de 600 km, large de 50 à 150 km, il culmine au djebel Toubkal (4165 m)

Le Haut-Atlas maritime est à gauche (vert et bleu sur la carte suivante). Puis on trouve du socle. La grande tache bleue des Haut Atlas Central et Oriental correspond à du jurassique.

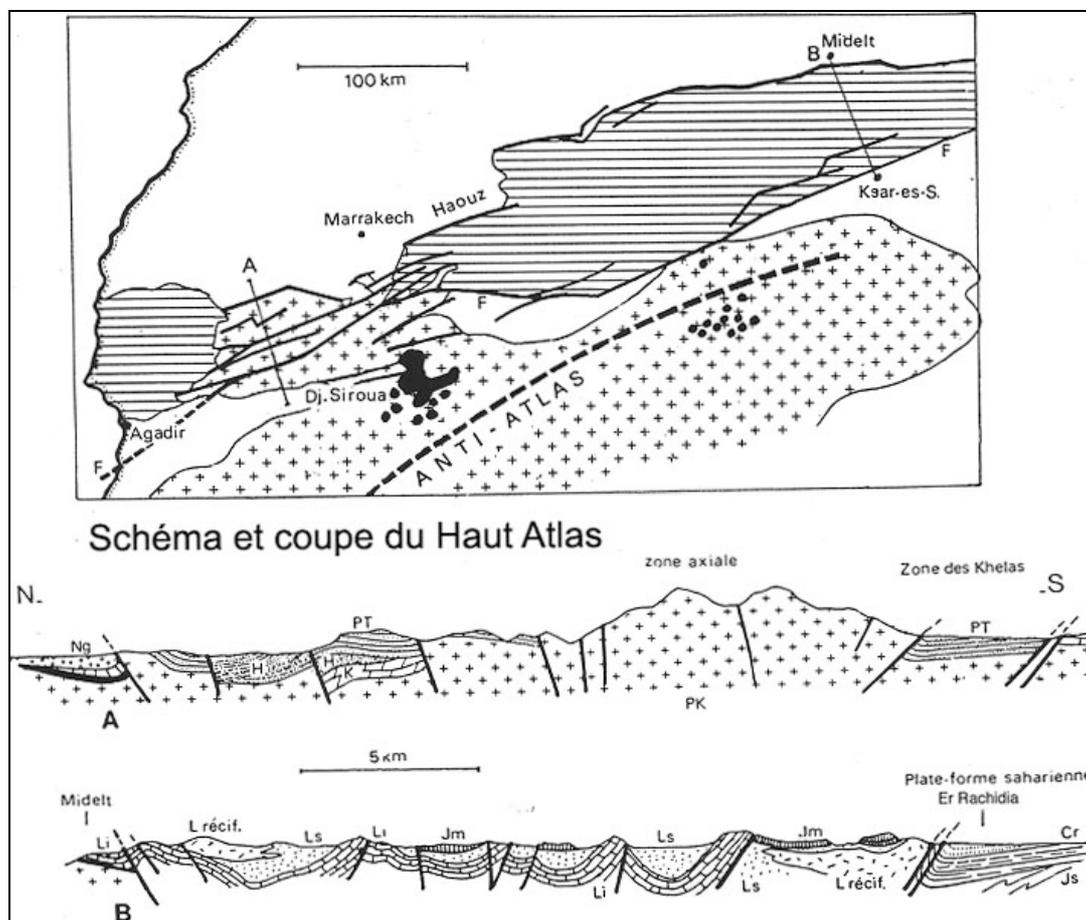
Sauf pour le Haut Atlas de Marrakech, c'est une montagne de couverture sédimentaire jurassique. Il n'y a pas de plancher océanique dans le Haut Atlas. On observe une double



vergence. Le Haut Atlas de Marrakech n'a pas connu de rifting, n'a jamais eu de couverture sédimentaire : chaîne de bombement de socle. Les deux autres sont en éventail : chaînes de fermetures de rift. Le Central culmine au N'Goun (4068m).



Ces trois domaines ont évolué de façon différente : Le Ht Atlas de Marrakech est une zone charnière stable, zone "haute" séparant deux domaines soumis à une forte subsidence. Il est resté émergé au Jurassique. Le Ht Atlas maritime est lié à l'ouverture de l'Atlantique nord. Le Ht Atlas central et oriental est plus tourné vers la Méditerranée. Ces deux derniers se sont effondrés au Jurassique (rifting) et ont été refermés ensuite.

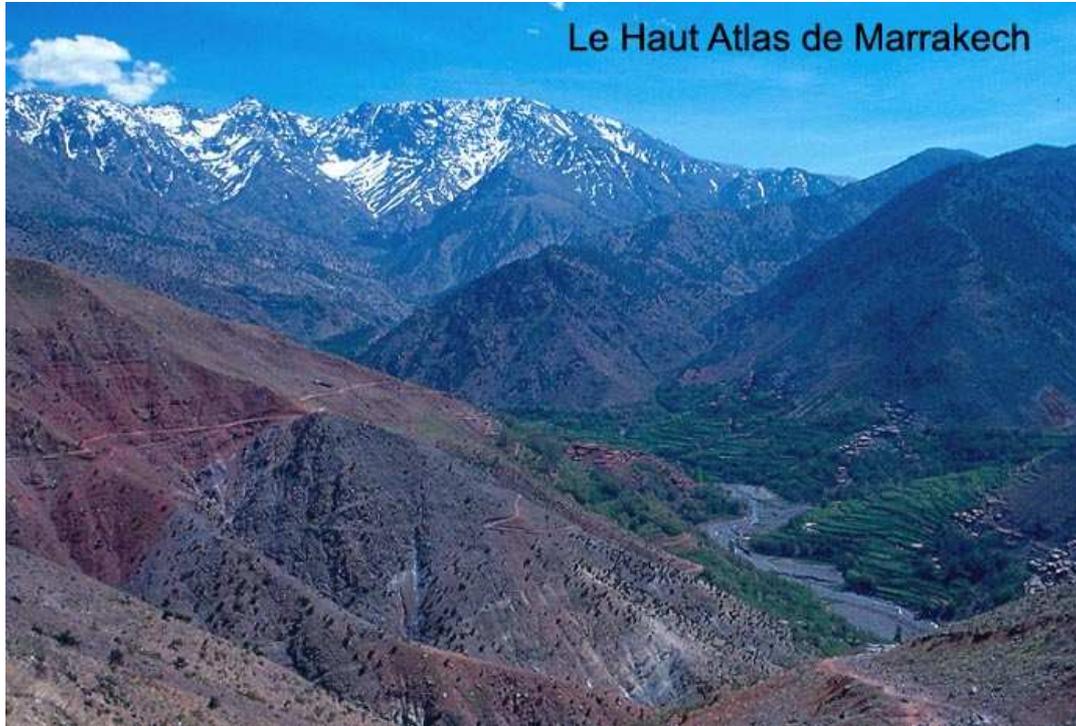


La coupe du haut montre le vieux socle dans le Ht Atlas de Marrakech, celle du bas la série sédimentaire plissée dans Ht Atlas Central.

L'Atlas de Marrakech et la tectonique de socle.

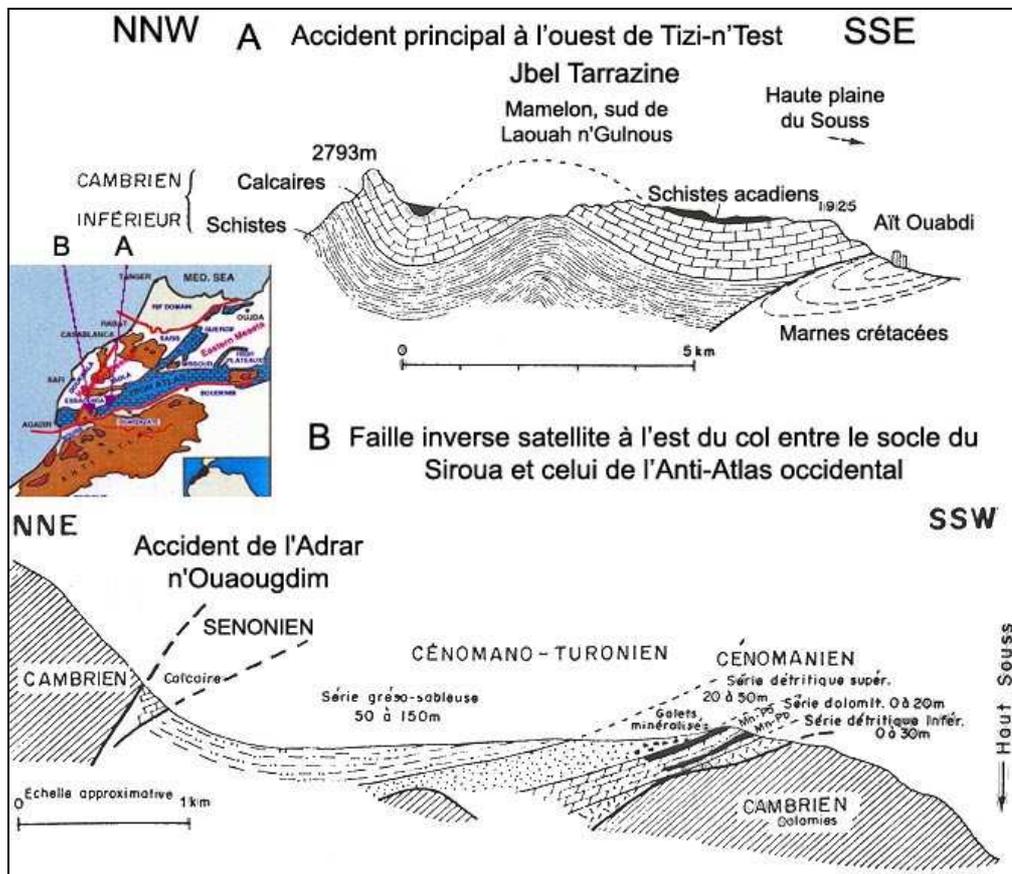
La tectonique de ce segment du Haut Atlas est assez simple : c'est une chaîne continentale due à un bombement de socle. On observe des plis concentriques (sur les bordures) et des failles (diapirisme local), mais pas de schistosité (pas d'aplatissement symmétamorphique). Le rôle du socle est important.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



Haut Atlas de Marrakech au fond avec chevauchement de grès sur les bords.

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



Sur la coupe B, sur la gauche, on voit des vieux terrains chevauchant des terrains plus jeunes.

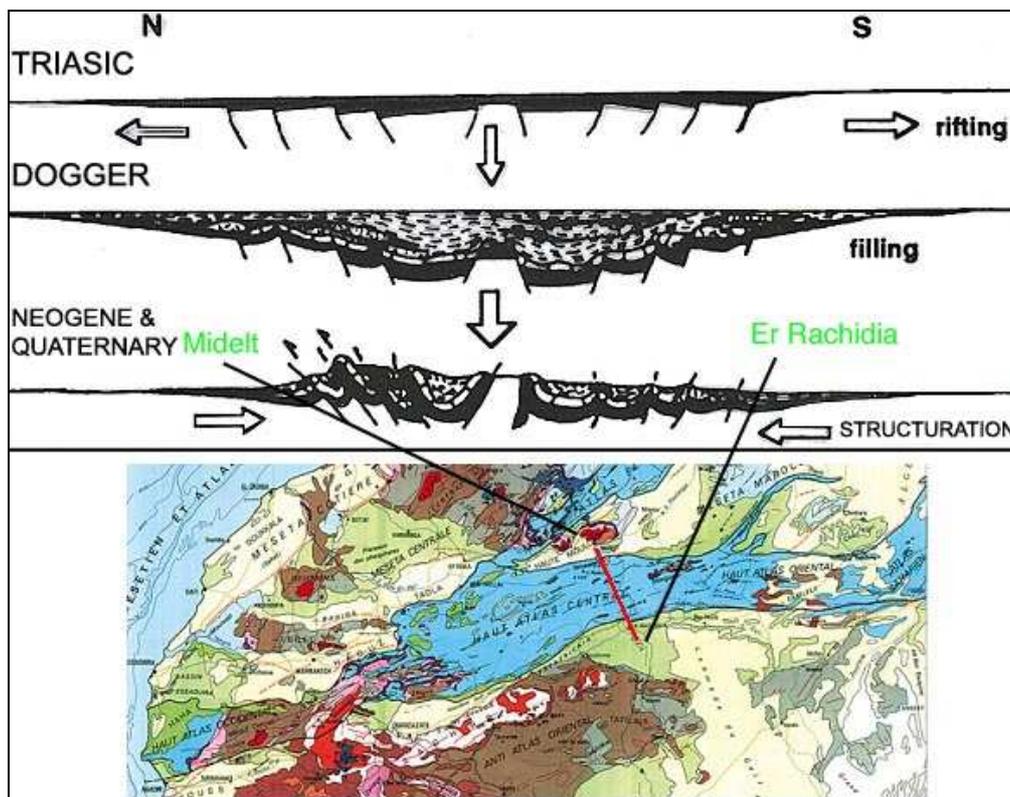
A : accident principal à l'ouest de Tizi-n'Test

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

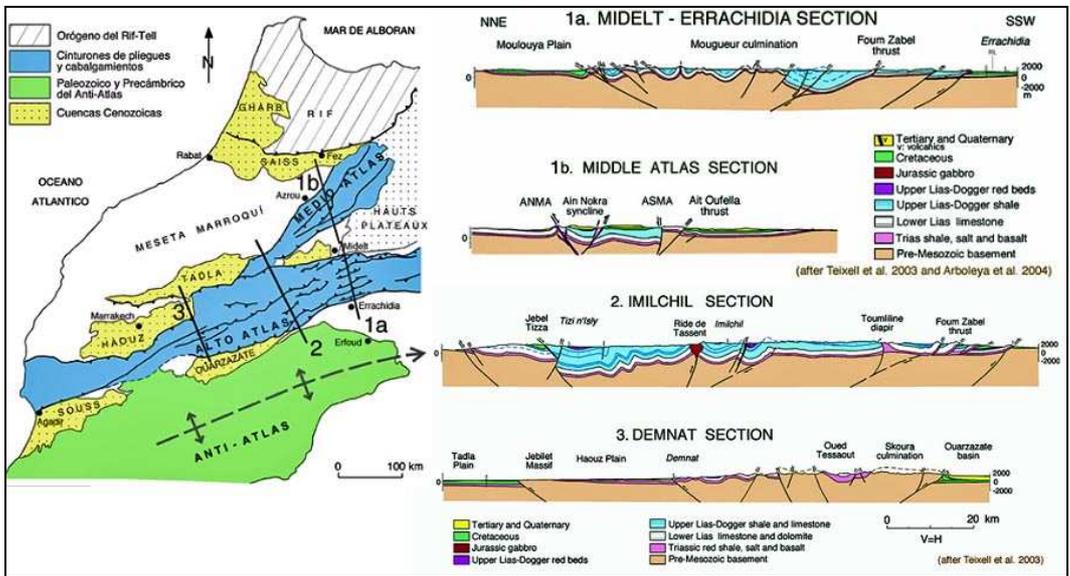
Pour le Toubkal, c'est de la roche volcanique du primaire (voire d'avant) avec cristallisation partielle de feldspath.



Évolution du Haut Atlas Central



On observe un remplissage sédimentaire, un rift au trias et une tectonique compressive expulsant les sédiments au IV^e. Sur les coupes suivantes on voit toujours les couvertures sédimentaires : double vergence bien visible sur la coupe 1a.



Coupes dans le Haut Atlas Central

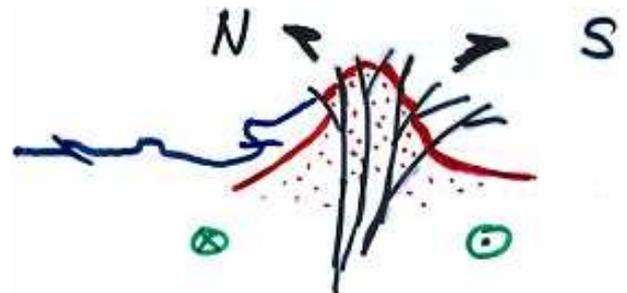


Les plissements de la couverture : rôle du socle. Le décollement de la couverture est rendu possible par la présence du complexe argilo-salifère du trias. La base permienne consolide le socle. Le permien a jusqu'à 1000 m d'épaisseur, alors que les couches secondaires et tertiaires ne font que 500 à 600 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

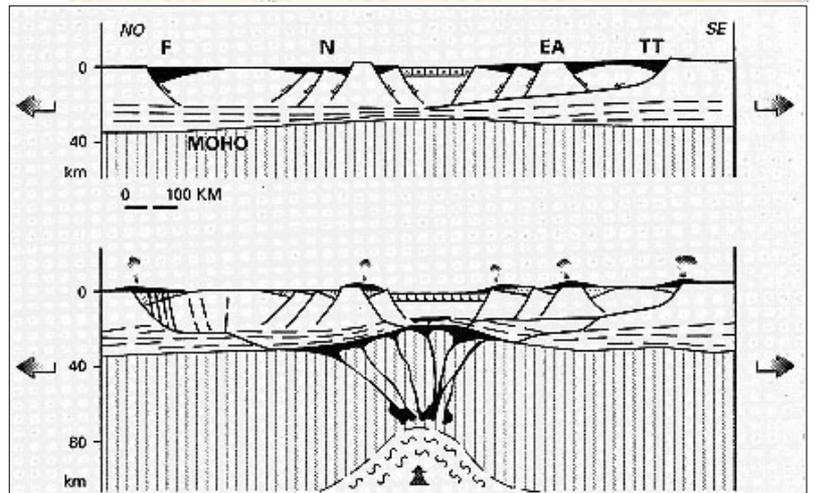
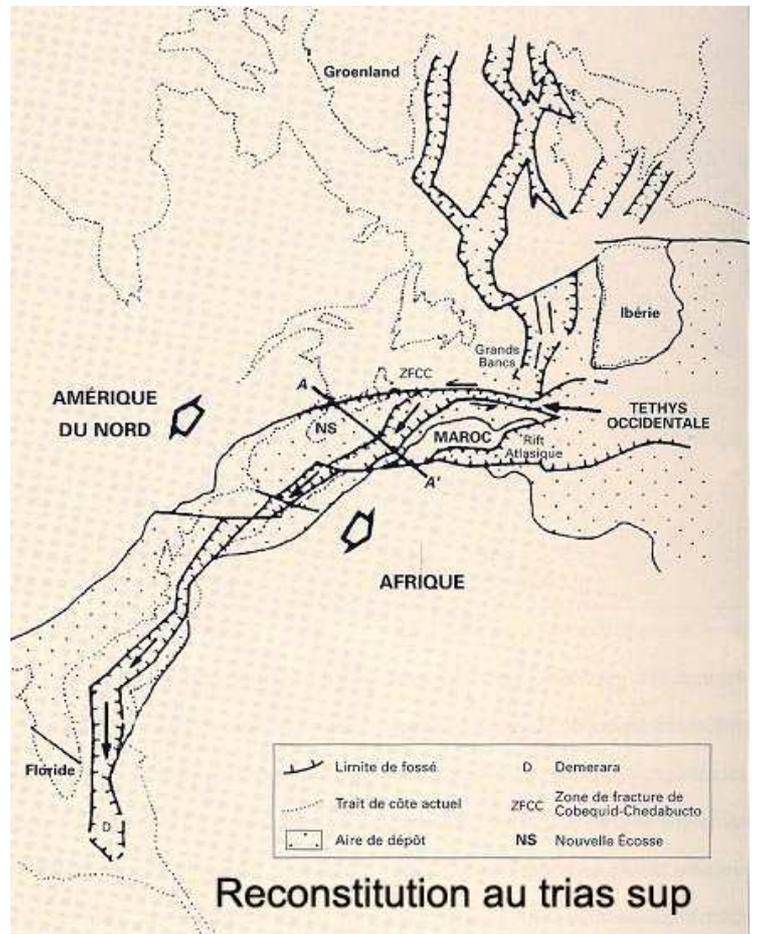
Au permo-trias (permien : dernier étage du primaire et trias, premier étage du secondaire) :

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

(La série tholéïtique : le rapport Na-K/SiO₂ est faible et le magma est saturé (pas de feldspathoïdes). Le magma de départ est un basalte tholéïtique (très pauvre en silice) que l'on rencontre généralement au niveau des dorsales océaniques, des arcs insulaires et dans le volcanisme continental (trapps). Le basalte tholéïtique se forme à faible pression (donc en faible profondeur) à partir du manteau. Ensuite par enrichissement progressif (contamination, cristallisation fractionnée) du magma, il y a formation d'andésites (islandites) puis de rhyolites. Le stade basalte est le plus courant.

Il y a une distension N-S au Trias que l'on retrouve un peu partout en Afrique et en Europe : rifting avorté du trias dans les Alpes. Des gypses, des grès, de la dolomie se déposent au milieu des dépôts récifaux : la mer du Trias est très peu profonde avec peu de subsidence.

Au Jurassique, distension plus importante (ainsi que la subsidence) qui avortera souvent, sauf dans les Alpes ce qui fait qu'il n'y aura pas d'océanisation.



Paleogéographie au trias.

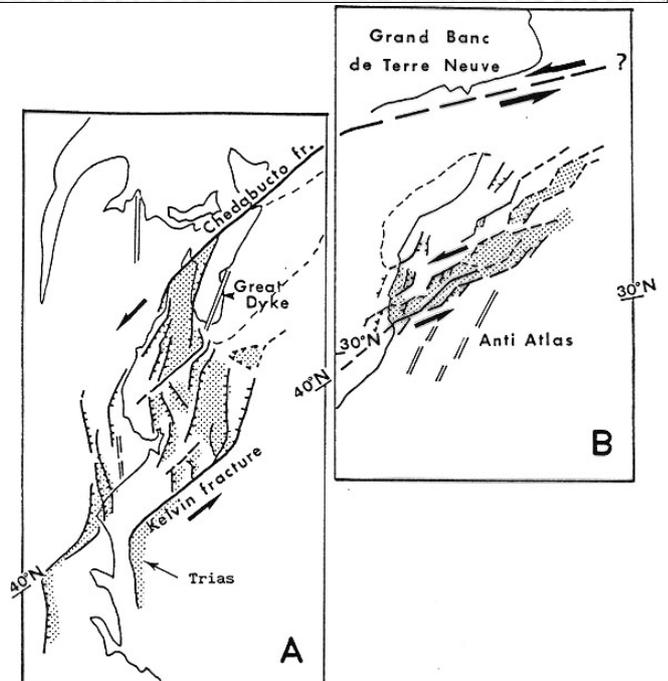
Carte montrant

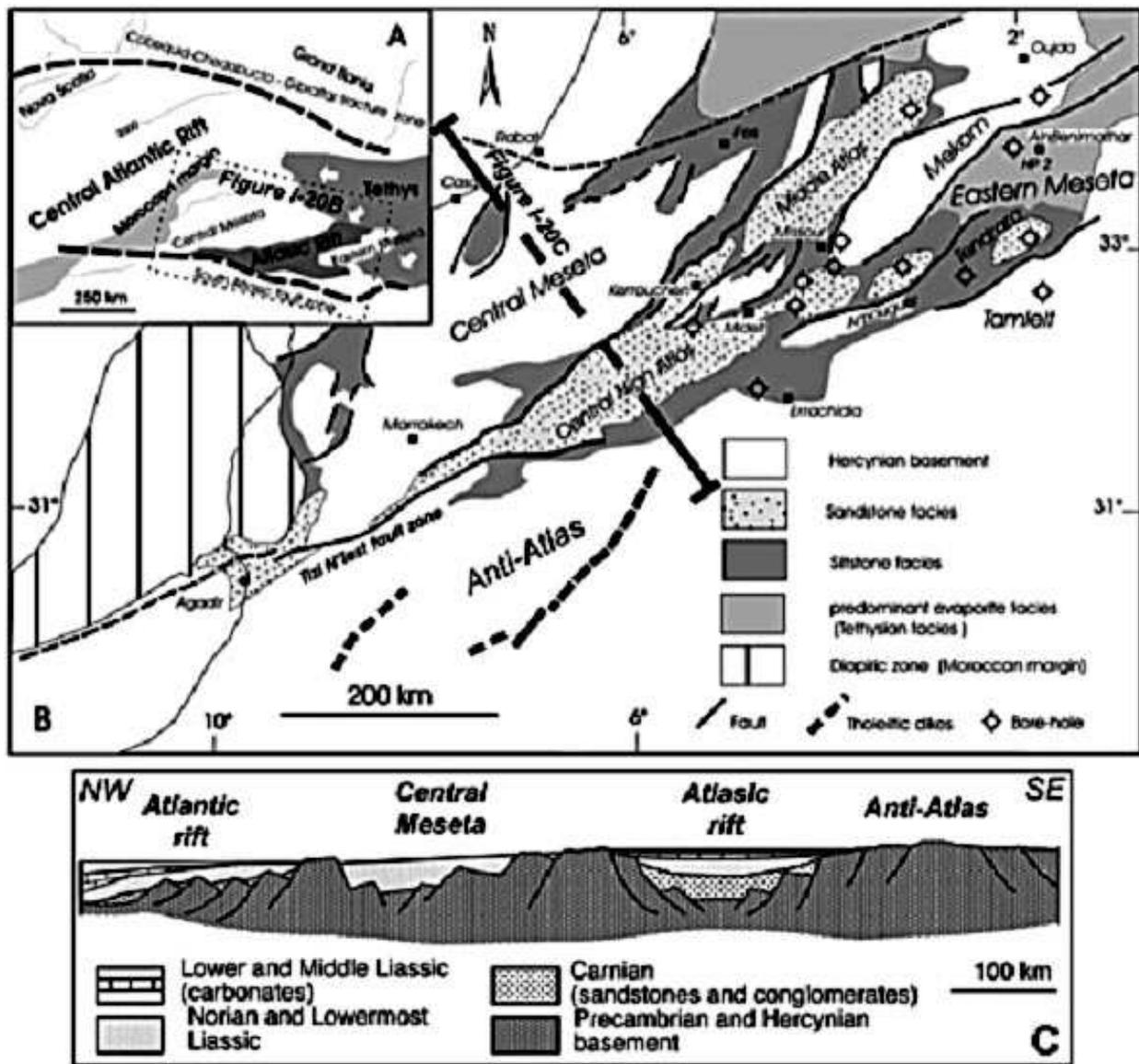
- côté nord américain (A) les bassins triasiques du golfe du Maine
- côté marocain (B) les bassins triasiques du domaine Atlasique

L'Atlantique central n'existait pas. L'Amérique et le Maroc se "tenaient".

On trouve un jeu de fractures à faille senestre.

La carte de la page suivante donne une carte et des coupes au Trias.





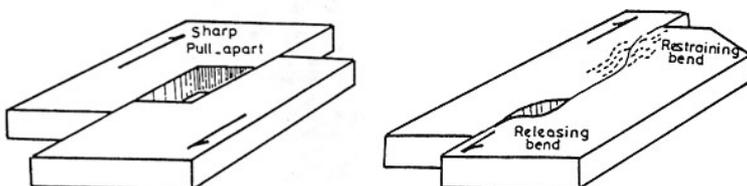
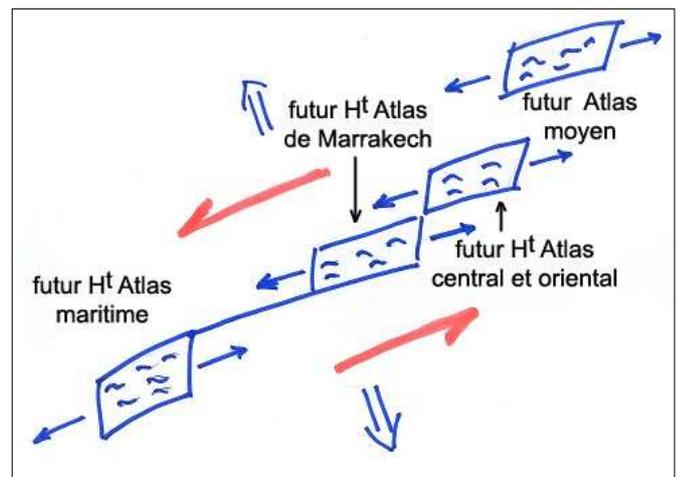
A : Situation du Maroc durant le Trias. B : carte simplifiée du Nord du Maroc montrant la distribution des bassins triasiques. C : Coupe au travers du rift atlasique au Lias.

Évolution tectonique du Haut Atlas marocain

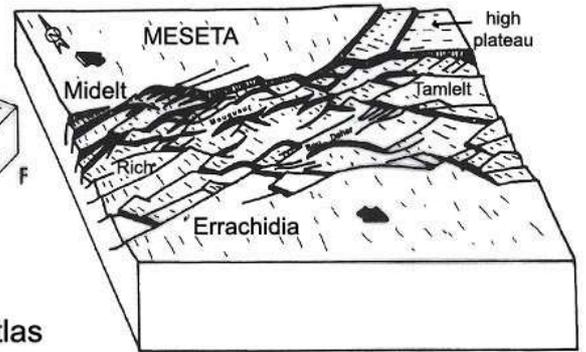
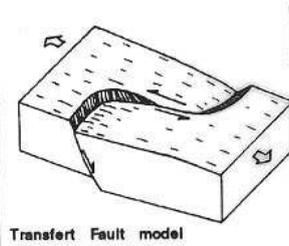
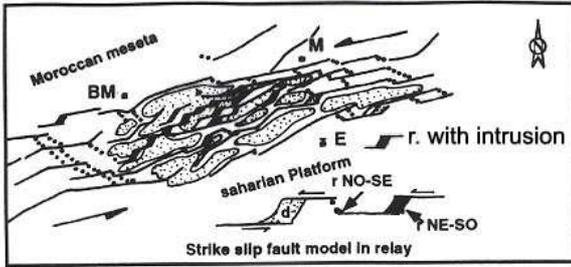
Au jurassique : évolution de rifts en transtension le long d'un accident senestre.

- 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)

La faille transformante (les flèches bleues devraient être plus obliques) pénètre en Afrique, créant des bassins en pull-apart ou bassins losangiques.



Le Haut Atlas au jurassique



Carte structurale du Haut Atlas central au Jurassique

Ouverture oblique de l'Atlas

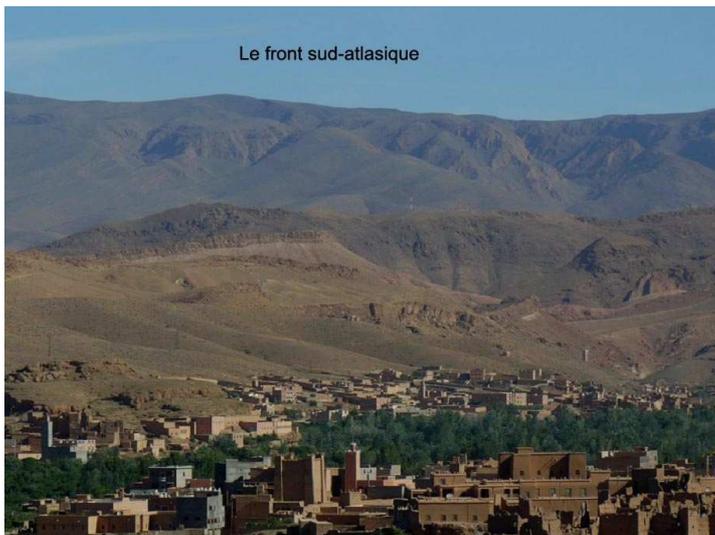
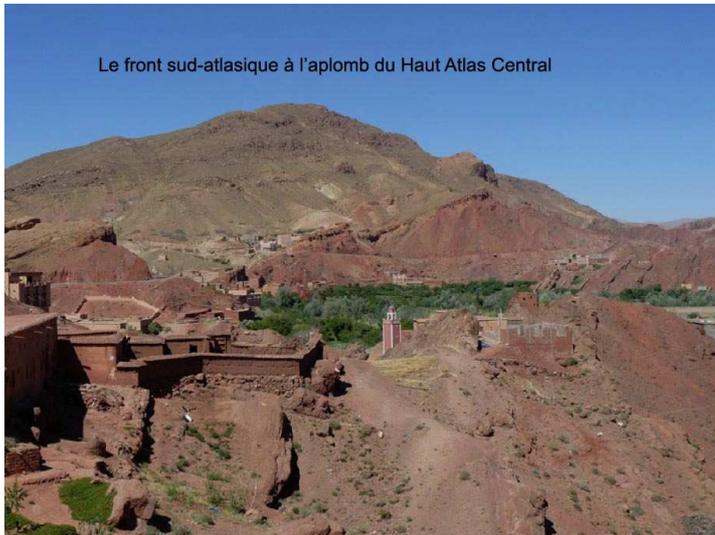
Évolution tectonique du Haut Atlas marocain

Au Crétacé :

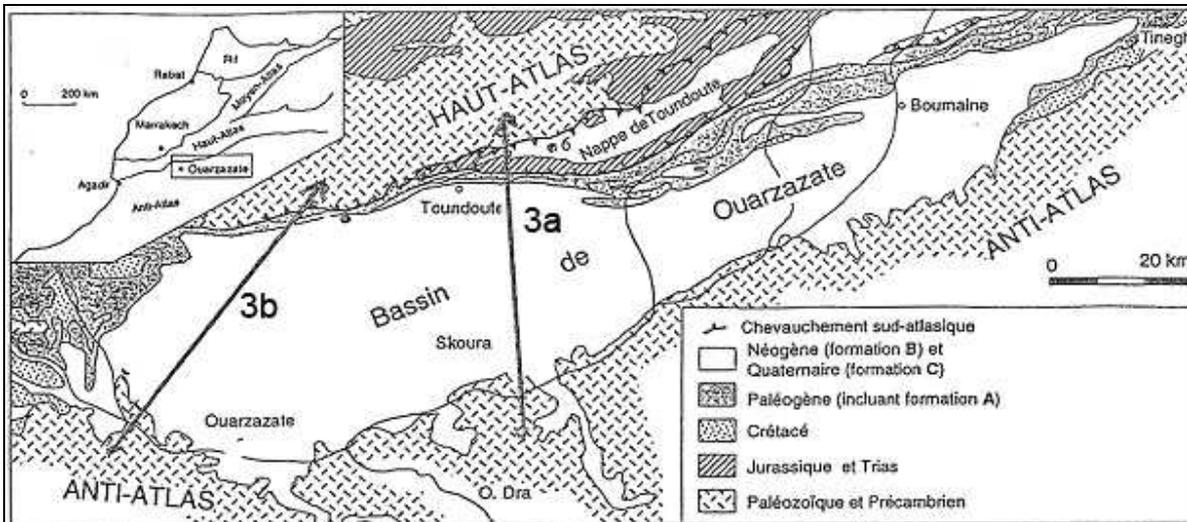
- émergence du futur Haut Atlas oriental et maritime
- basaltes alcalins

Au tertiaire :

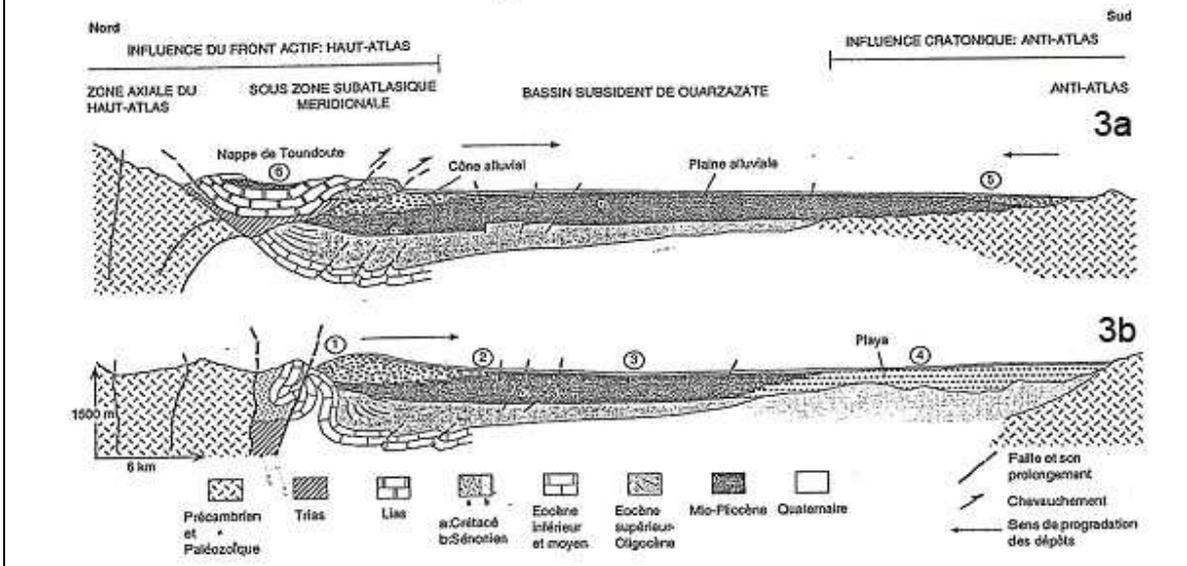
- l'Afrique amorce son mouvement vers le nord
- le Haut Atlas se plisse, c'est un couloir de décrochement en transpression
- Il y a rejeu des fractures antérieures, accompagné d'un faible volcanisme alcalin (de 8 Ma à 0,5 Ma)

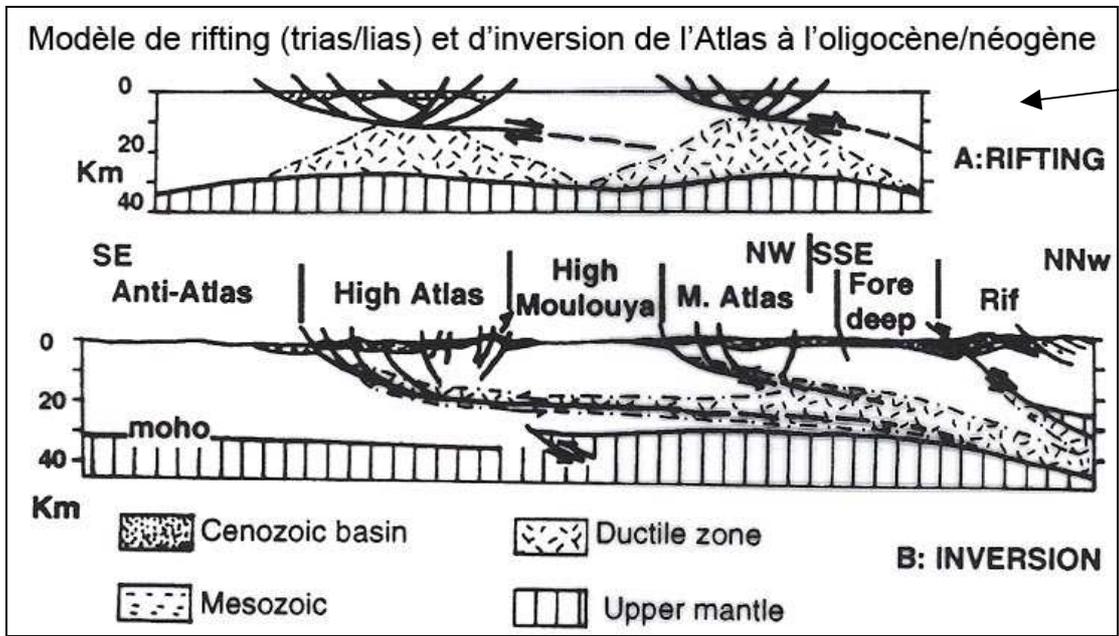


Le front nord-atlasique vers Midelt



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





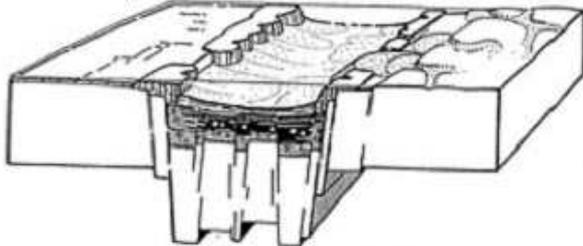
Pendant le rifting

Après compression

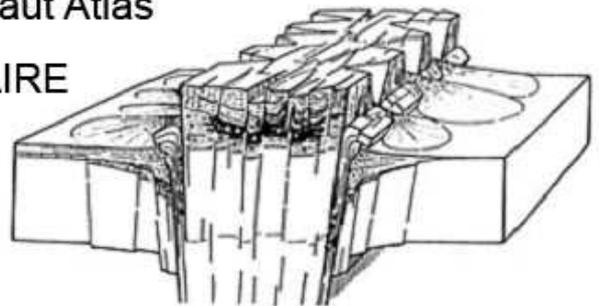
CENOZOÏQUE	âge en Ma	Néogène	Holocène	Atlantique	De 11430 à aujourd'hui
				Boréal	De 0,126 à 11430
			Pléistocène	supérieur	De 0,781 à 0,126
				moyen	De 1,806 à 0,781
				inférieur	De 2,588 à 1,806
			Miocène	Pliocène	Gélasien
		Plaisancien			De 5,332 à 3,600
		Zancléen		De 7,246 à 5,332	
		Messinien		De 11,608 à 7,246	
		Paléogène	Oligocène	Anversien/Tortonien	De 13,65 à 11,608
				Serravalien	De 15,97 à 13,65
				Langhien	De 20,43 à 15,97
				Burdigalien	De 23,03 à 20,43
			Eocène	Aquitainien	De 28,4 à 23,03
				Chattien	De 33,9 à 28,4
				Rupélien	De 37,2 à 33,9
		Paléocène	Eocène	Priabonien	De 40,4 à 37,2
				Bruxellien/Bartonien	De 48,6 à 40,4
				Lutétien/Lédien	De 55,8 à 48,6
Paléocène	Yprésien		De 58,7 à 55,8		
	Thanétien		De 61,7 à 58,7		
		Sélandien/Montien	De 65,5 à 61,7		
		Danien	De 70,6 à 65,5		

Évolution géodynamique du Haut Atlas

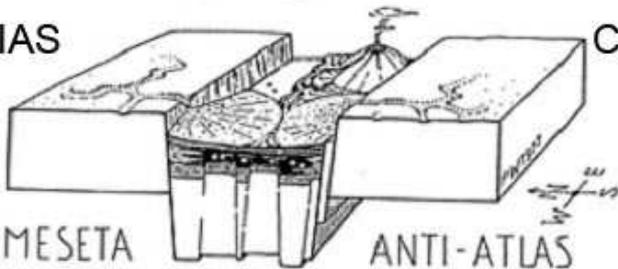
JURASSIQUE



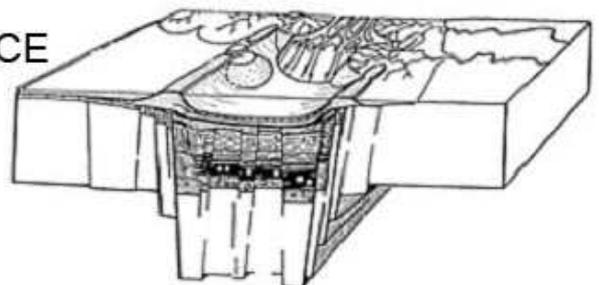
TERTIAIRE

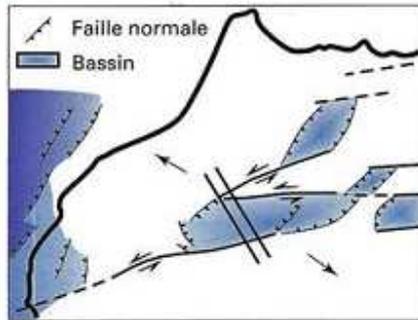


TRIAS



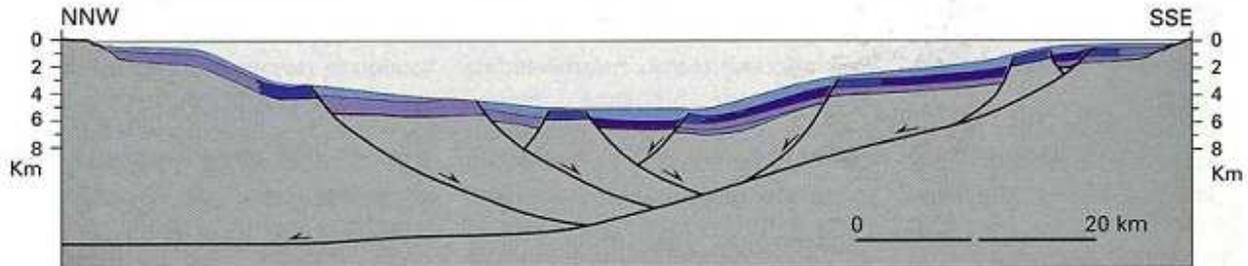
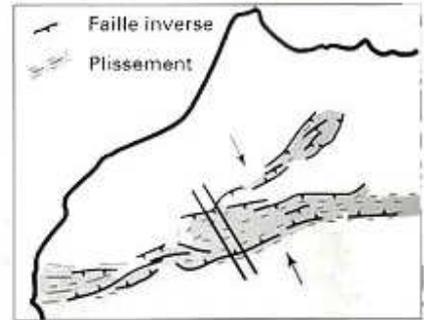
CRETACE





Rifting :
Géométrie des bassins au Lias-Dogger limités par des failles normales conjuguées

Compression :
Plissement
Eocène supérieur, reprise des failles normales en failles inverses



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

Substratum Paléozoïque et Précambrien

(1) phase de rifting du Trias au Lias inférieur

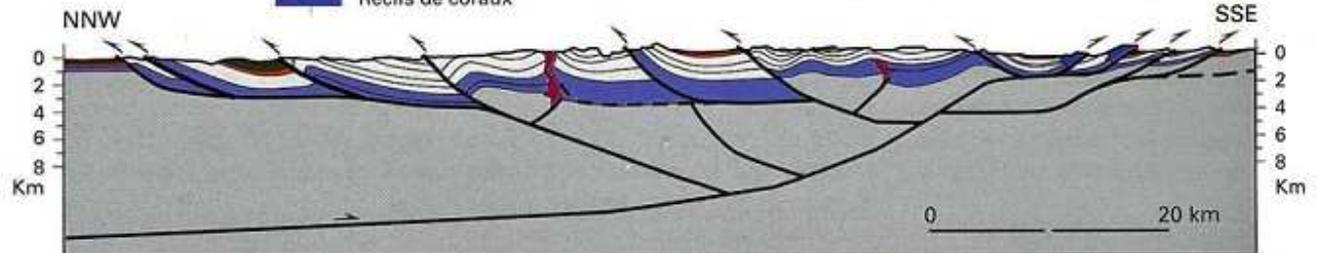
Faciès de bassin (marnes et calcaire à ammonites)

Faciès littoraux (carbonates)

Récifs de coraux

(2) phase de subsidence à partir du Lias moyen

Faciès de bassin (marnes au cœur; calcaire sur les bordures)



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

Calcaire du Crétacé moyen et supérieur

Grès du Jurassique sup.- Crétacé inf.

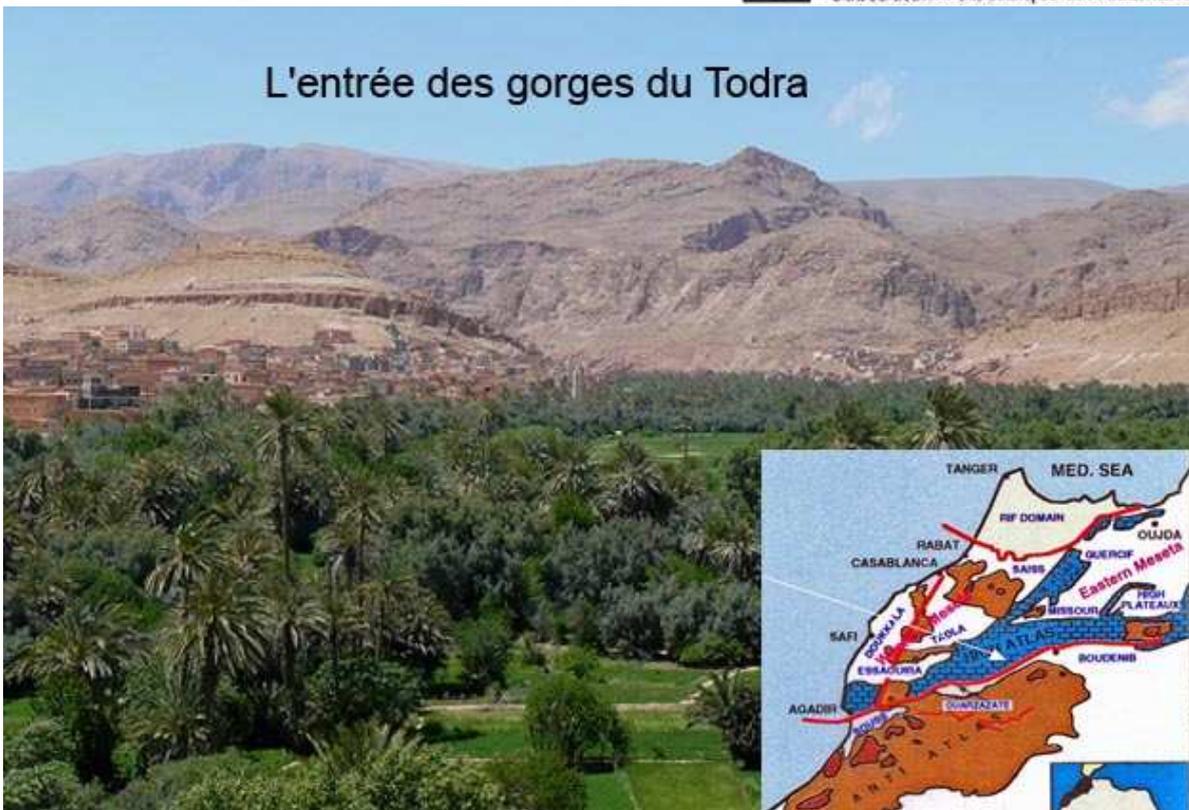
Marnes et calcaire du Jurassique moyen.

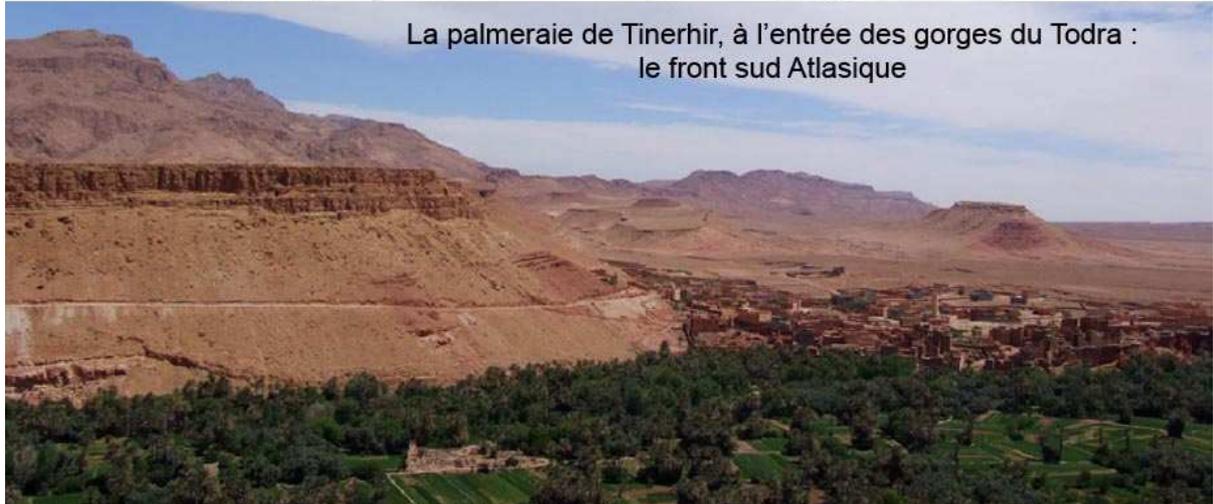
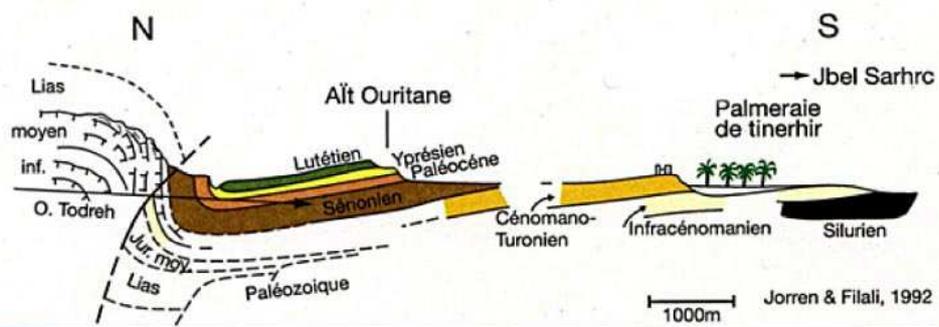
Calcaire et marnes du Jurassique inf. plus Trias (argiles, basaltes et grès).

Intrusions magmatiques

Substratum Paléozoïque et Précambrien

L'entrée des gorges du Todra





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



Entrée des gorges du Todra :

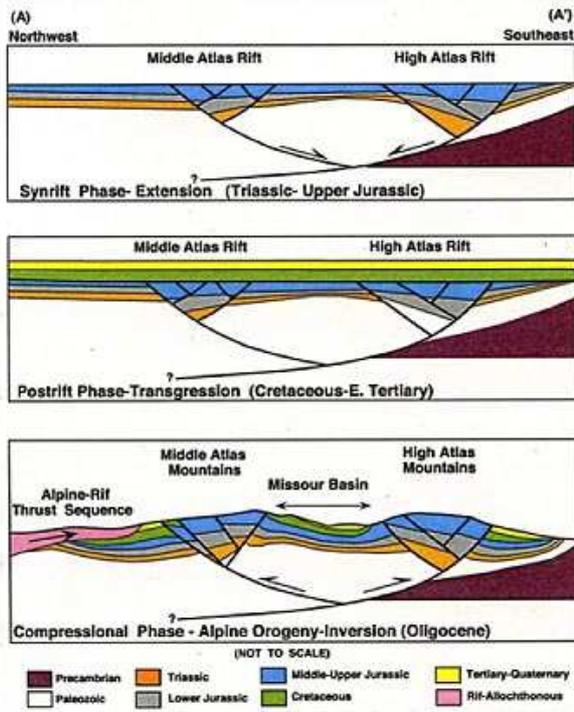


Entrée des gorges du Todra crochon dans le front sud-atlasique



Dans le lias épais des gorges

La rivière a creusé son lit pendant la tectonique. Si elle l'avait fait après, le profil serait beaucoup plus doux

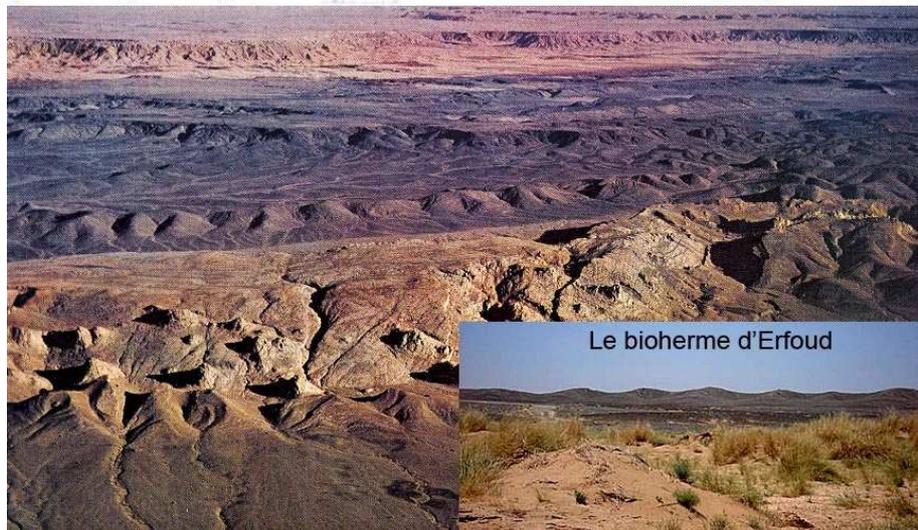
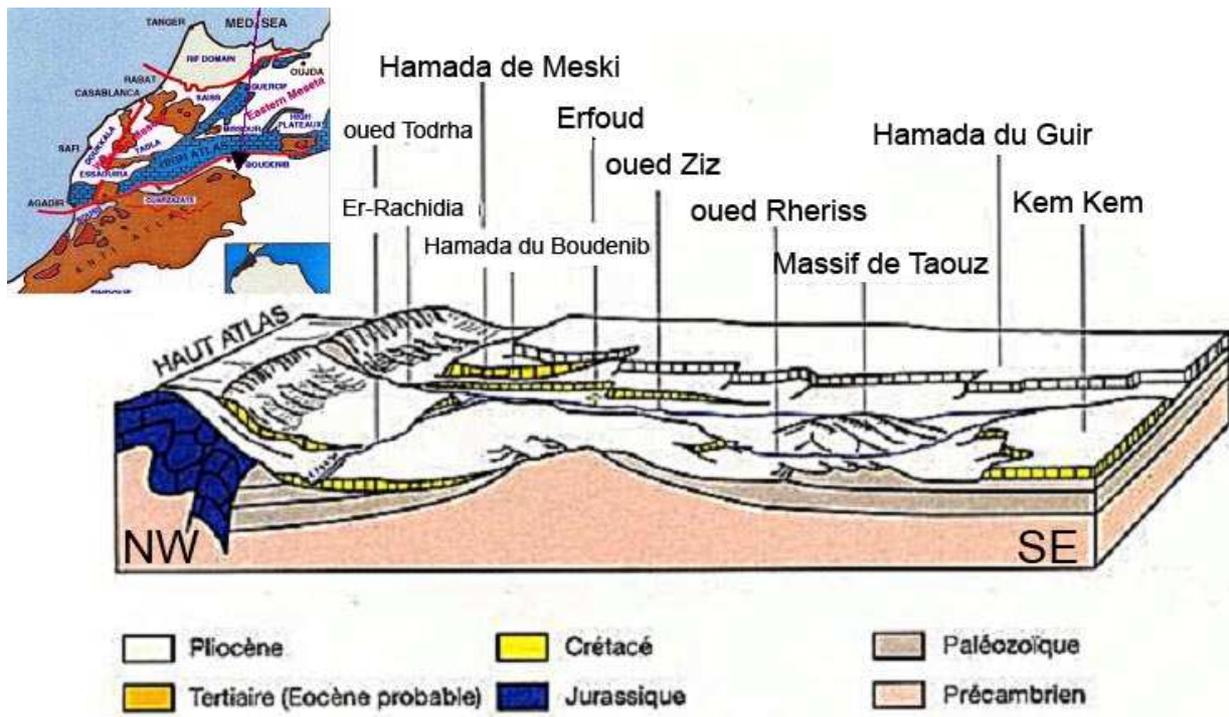


Modèle d'évolution du bassin de Missour

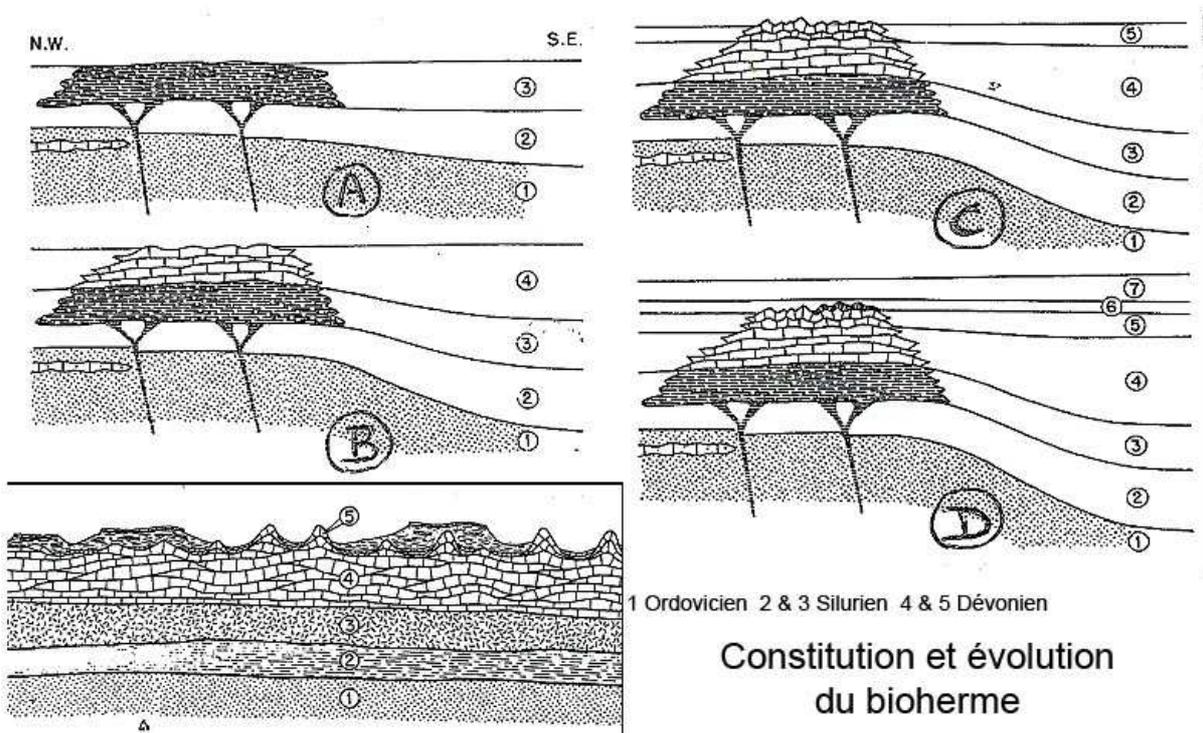


5) Les sites fossilifères et les mines : Erfoud

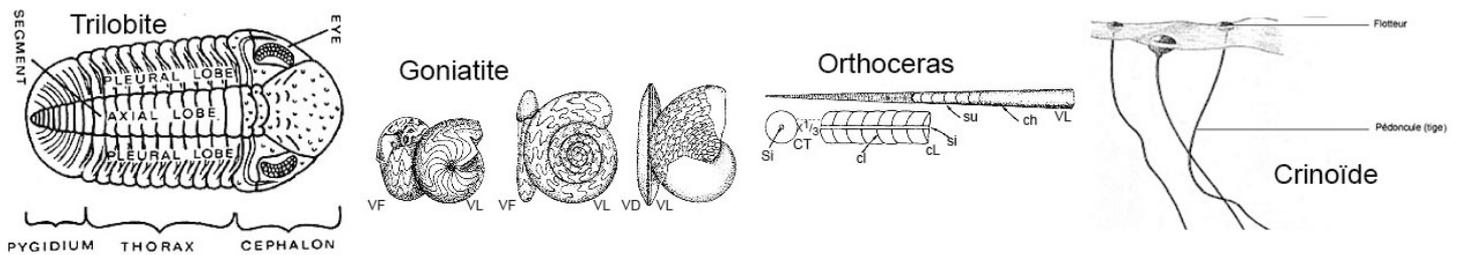
Erfoud est un site fossilifère mondialement connu. Comme le montre la page suivante ce sont des constructions récifales.



Le bioherme d'Erfoud



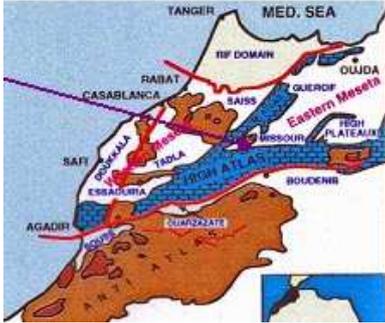
Il est possible d'y trouver principalement 4 types de fossiles décrits ci-dessous. Ce sont des fossiles du primaire car le primaire n'a pas été métamorphisé contrairement à ce que l'on voit en France :



Le site de Midelt est également mondialement réputé pour sa vanadinite. 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 ($PbMoO_4$), la

calcédoine et l'anglésite ($PbSO_4$). Les minéraux primaires peuvent en donner d'autres par altération : PbS donnant $PbCO_3$.

L'entrée des mines de Mibladen



Galène
(sulfure)
et barytine
(sulfate)



Cérusite
(carbonate
de plomb)



Barytine (sulfate)



Vanadinite $Pb_5(VO_4)_3Cl$



Vanadinite

On trouve aussi des mines de cobalt à Bou Azer (photo en page suivante).



Erithryte $Co_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$



Roselite $Ca_2(CO_{2+},Mg)(AsO_4)_2 \cdot 2H_2O$

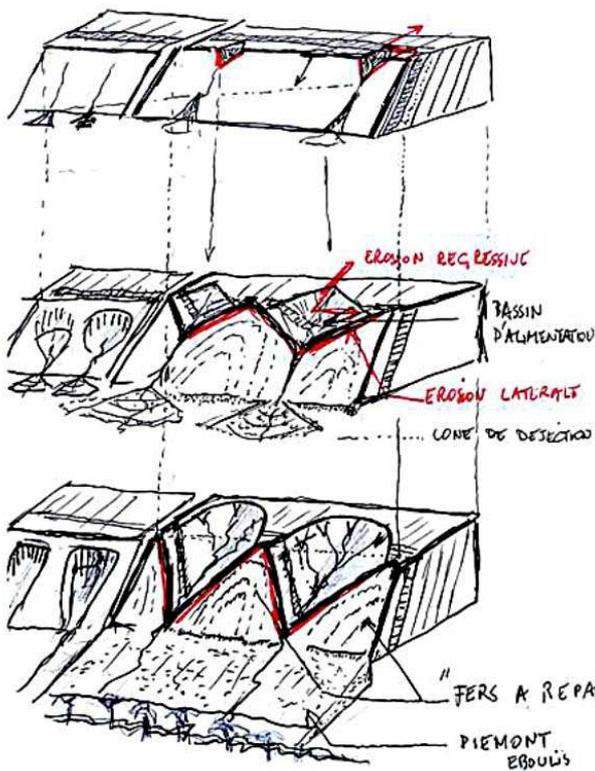


Hématite Fe_2O_3



L'ériþryte, arséniate de cobalt, provient de l'altération du sulfure de cobalt, CoS .
 Près de Bou Azer, de beaux "V topo", illusion de plissements, due à l'érosion.

EROSION RELIEF MONOCUNAL



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.



Géode en place



Géode extraite



"Fragments" récoltés sur place



Les minéraux sont de toute beauté



Pyrolusite



Agate



Cobaltite



Améthyste



Quartz



Pyrolusite



Pyrolusite

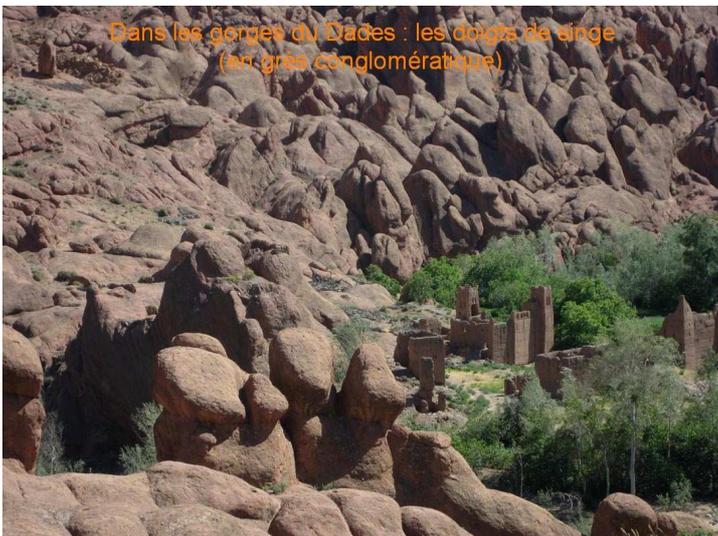
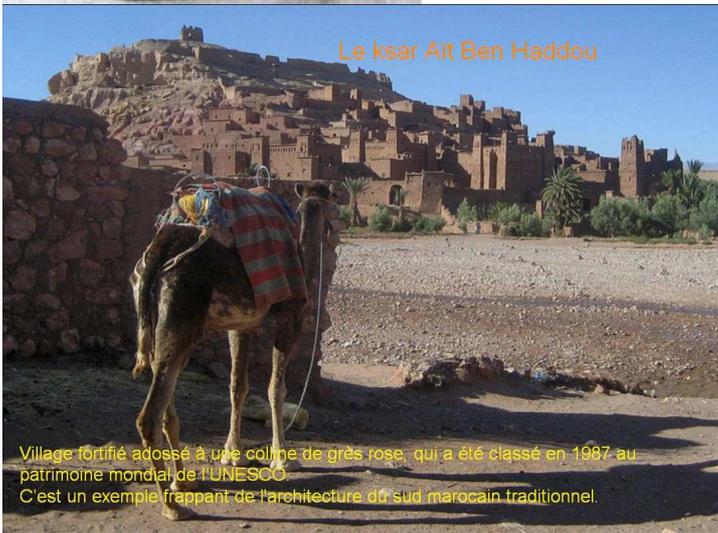


Aragonite



Géode de quartz

On trouve aussi de très beaux fossiles.

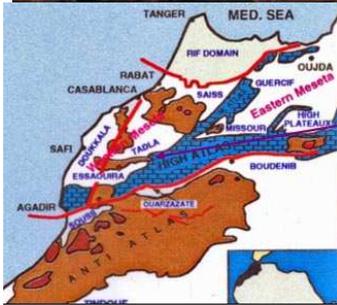




Les cascades d'Ouzoud...



... et les magots



Les cascades d'Ouzoud

Cascades d'Ouzoud

