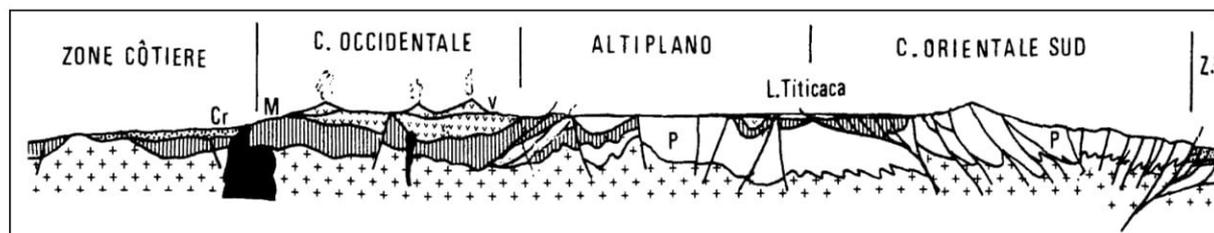


A l'Est de la *Cordillère occidentale* vient l'*Altiplano* (vaste plateau de 4000 m d'altitude, portant le lac Titicaca). Cet élément morpho structural montre une structure plissée et écaillée assez compliquée, découpée au Néogène en une mosaïque de horsts et grabens. **Ce régime distensif a été interrompu par plusieurs phases de compression brèves.**



Coupe dans les Andes du Pérou sud (Mégard, 1987)

V. volcanisme plio-quadernaire ; Cr. Couches rouges du Crétacé supérieur-Paléocène ; M. Mésozoïque ; P. Paléozoïque ; en noir. Batholites granodioritique de 100 à 32 Ma.

V: volcan actif de l'Ubinas

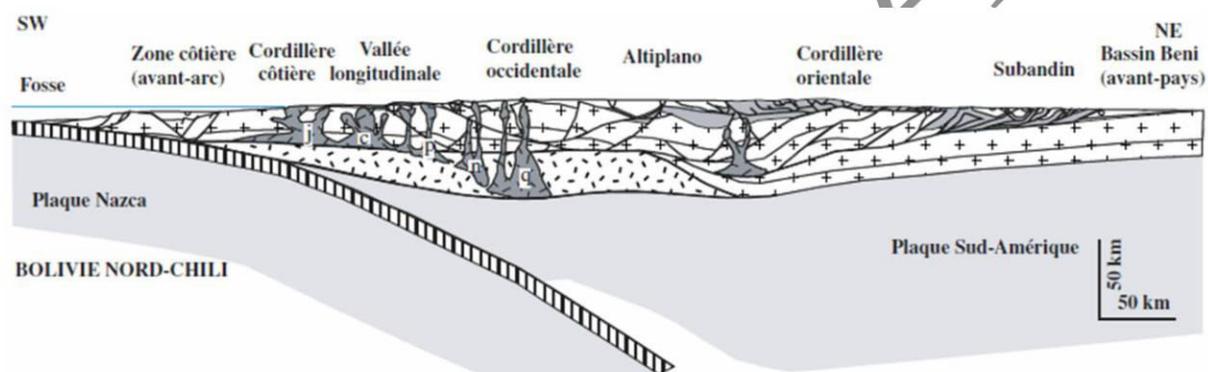


Fig. 11.2 : Coupe dans les Andes

2. Bolivie N-Chili (P. Rochat et al., 1999, Rochat, 2000)

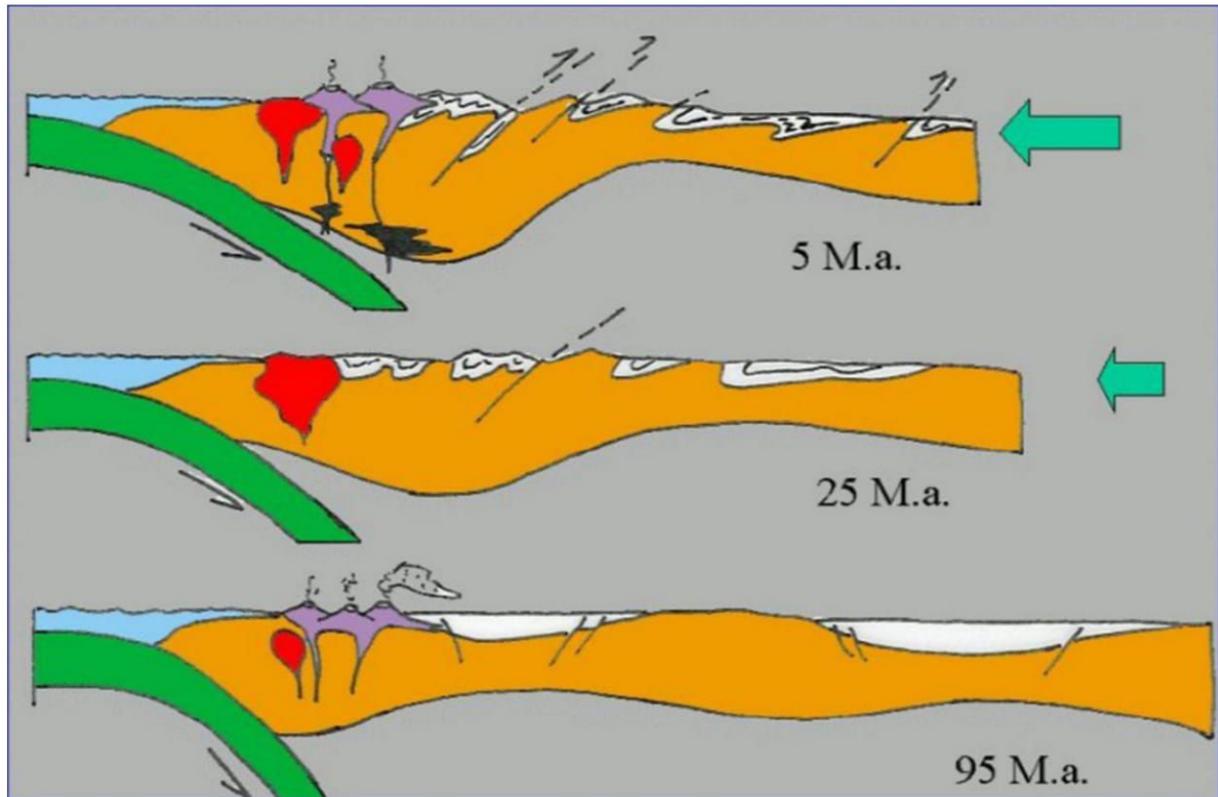
Les lettres j, c, p, n, q représentent les âges du magmatisme (respectivement jurassique, crétaé, paléogène, néogène, quadernaire).

La Cordillère orientale du Pérou sud et de la Bolivie nord diffère de celle du Pérou nord par sa structure à double déversement (fig. 10 et 11. 2) et par l'importance que prend le Paléozoïque qui forme les points culminants (Ancohuma 7114 m, Illimani 6889 m).

En résumé,

L'abondance du volcanisme traduit, dans cette partie des Andes (Pérou sud et Bolivie nord), l'existence de périodes distensives, ce qui est sans doute lié aux variations de pendage de la surface de subduction ; les mécanismes au foyer des séismes superficiels locaux traduisent actuellement un régime distensif.

La séparation entre les deux tronçons coïncide avec l'entrée dans la fosse de la ride de Nazca qui jouerait le rôle de «flotteur» au sein de la plaque de même nom.



Evolution schématique de la subduction dans les Andes du Pérou

2.2. Les chaînes d'obduction

Dans le phénomène de subduction, la lithosphère océanique, dense, s'enfonce sous la lithosphère continentale plus légère. Or, dans certains archipels du Pacifique SW (**Nouvelle-Guinée, Nouvelle-Calédonie**) ou en **Oman** (péninsule Arabique), on observe des dispositions inverses, c'est à dire d'énormes lames d'ophiolites posées sur un substratum gneissique et sa couverture sédimentaire. Autrement dit, une portion de lithosphère océanique chevauche une bordure continentale, ce qui est anormal d'après les densités respectives de ces deux milieux.

Pour décrire ces dispositions inverses de la subduction, le terme d'**obduction** a été créé. Pour son créateur, le géologue américain Coleman en 1971, cette superposition serait liée à une *tectonique de compression brutale* rendant **secondaire** les différences de densité. Il y aurait collision de deux plaques lithosphériques, le bord de l'une passant par-dessus l'autre, quelle que soit sa densité (**fig. 12 A**).

Dès que la compression cesserait, l'isostasie reprendrait ses droits par apparition d'un plan de subduction classique qui isolerait la lame obductée. On voit donc que Coleman sépare complètement l'obduction de la subduction. Or beaucoup d'auteurs pensent au contraire que les deux sont liées ou, plus exactement, que l'obduction ne serait qu'un phénomène annexe de la subduction dans certains cas de convergence. C'est la « *théorie de la subduction bloquée* »

On peut la résumer par la figure 12 B : Le mécanisme débute par une subduction intra-océanique à proximité d'une marge continentale A. Celle-ci suit le mouvement et s'enfonce sous B, si bien que l'obduction se produit. Mais l'isostasie stoppe bientôt le système en raison de la légèreté relative de A. L'équilibre se rétablit un nouveau plan de subduction peut

apparaître mais la disposition du système implique qu'il se crée en sens inverse du précédent. La lame obductée est désormais fossile.

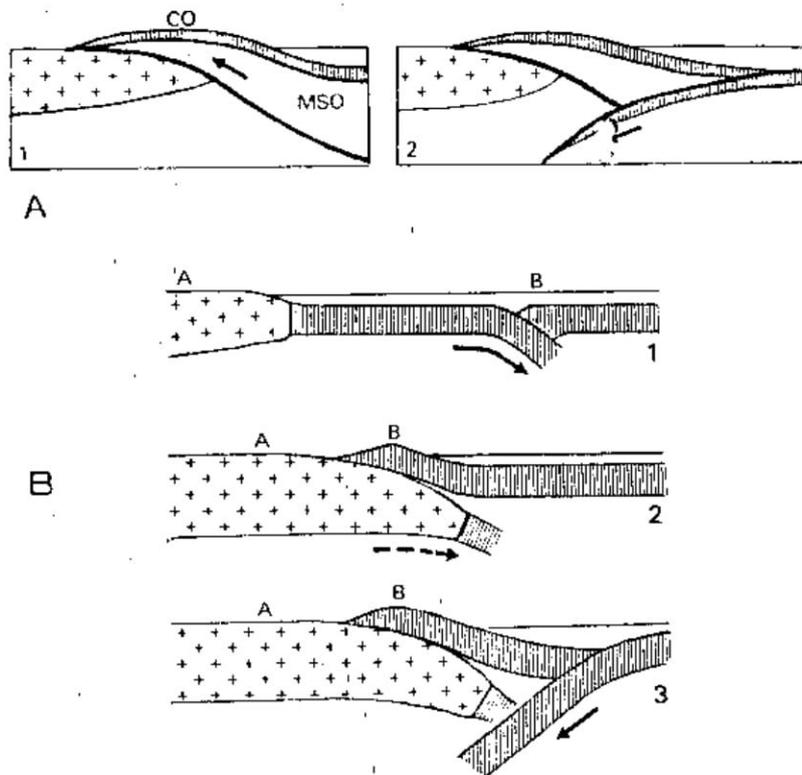
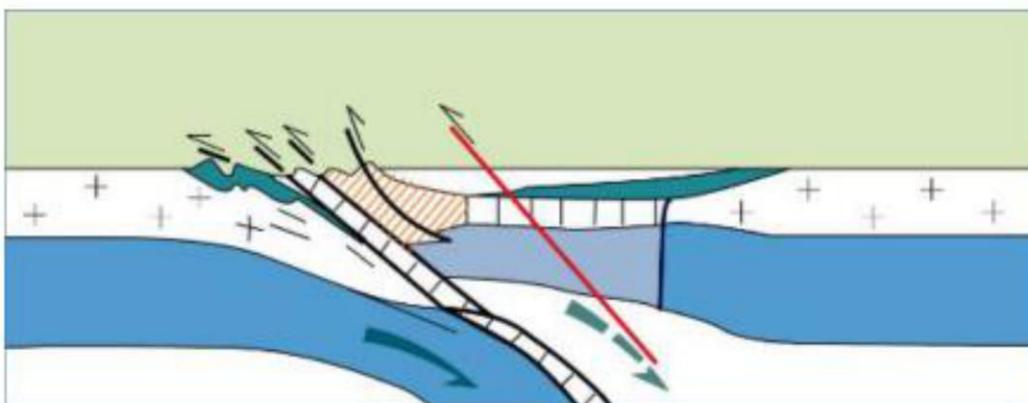


Fig. 12 : schémas interprétatifs de l'obduction.
A : selon Colman ; B : selon la théorie de la subduction bloquée

Obduction: donc phénomène géodynamique lors duquel des portions de croûte océanique (ophiolites) chevauchent la marge continentale sous l'effet de forces de convergence.



Chaînes d'obduction: caractérisées par la présence de roches du complexe ophiolitique (Basalte, gabbros, péridotite) et des sédiments du fond océanique (radiolarites) au-dessus d'un socle continental.

Ce phénomène est le résultat d'un rapprochement entre deux plaques.

Dans un premier temps : une subduction entre deux croûtes océaniques. Les forces compressives issues de cette convergence entraînent une disparition complète de la croûte océanique subduite

puis, un chevauchement de la lithosphère océanique (non subduite) sur la lithosphère continentale autochtone, provoquant la déformation des couches et **le soulèvement de reliefs représentant les « chaînes d'obduction ».**

DONC:

- le phénomène d'obduction est le phénomène qui est à l'origine de la formation des chaînes d'obduction.
- l'obduction est la conséquence d'un blocage de la subduction qui entraîne la croûte océanique et une partie du manteau à glisser et chevaucher sur la lithosphère continentale poussant devant elle les sédiments du fond marin (radiolarites).
- **les chaînes d'obduction** présentent **des caractéristiques structurales** (plis, plis-failles, failles inverses, nappes de charriages) et **des caractéristiques pétrographiques** : complexe ophiolitique composée de basaltes en coussin, des filons basaltiques, des gabbros et la péridotite et dans certaines régions on observe la discontinuité de Moho.

2.2.1. L'exemple de la chaîne d'Oman

La chaîne montagneuse d'obduction d'Oman est située au Nord-Est de la péninsule arabique (**fig. 13**). Elle forme un arc orienté N-S au Nord pour être quasiment orienté E-W au sud de Muscat. Cette ceinture borde le Golfe d'Oman (indiquée par la flèche sur la carte).

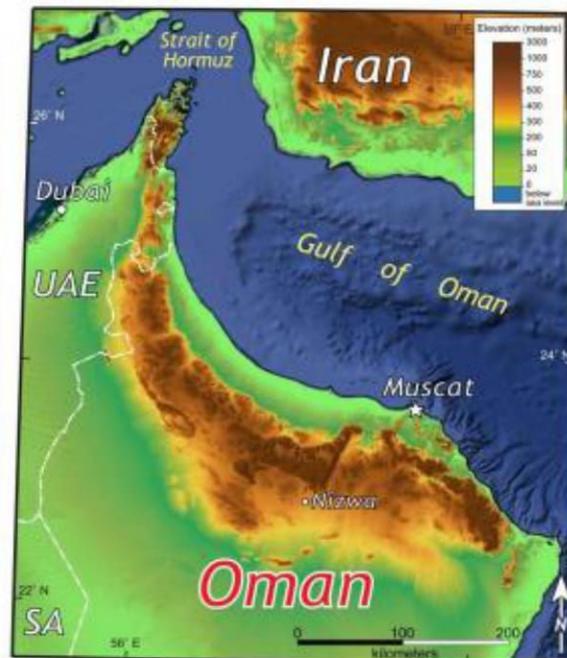


Fig. 13 : Présentation de la péninsule arabe et de la Chaîne d'obduction d'Oman

A la pointe orientale de la péninsule Arabique, s'élève la chaîne de l'Oman ; elle culmine à plus de 3000 m et faite d'une énorme nappe ophiolitique (**Semail**) reposant à plat sur la plateforme arabe.

Chaîne présentant la plus grande nappe ophiolitique du monde (500 km de long)

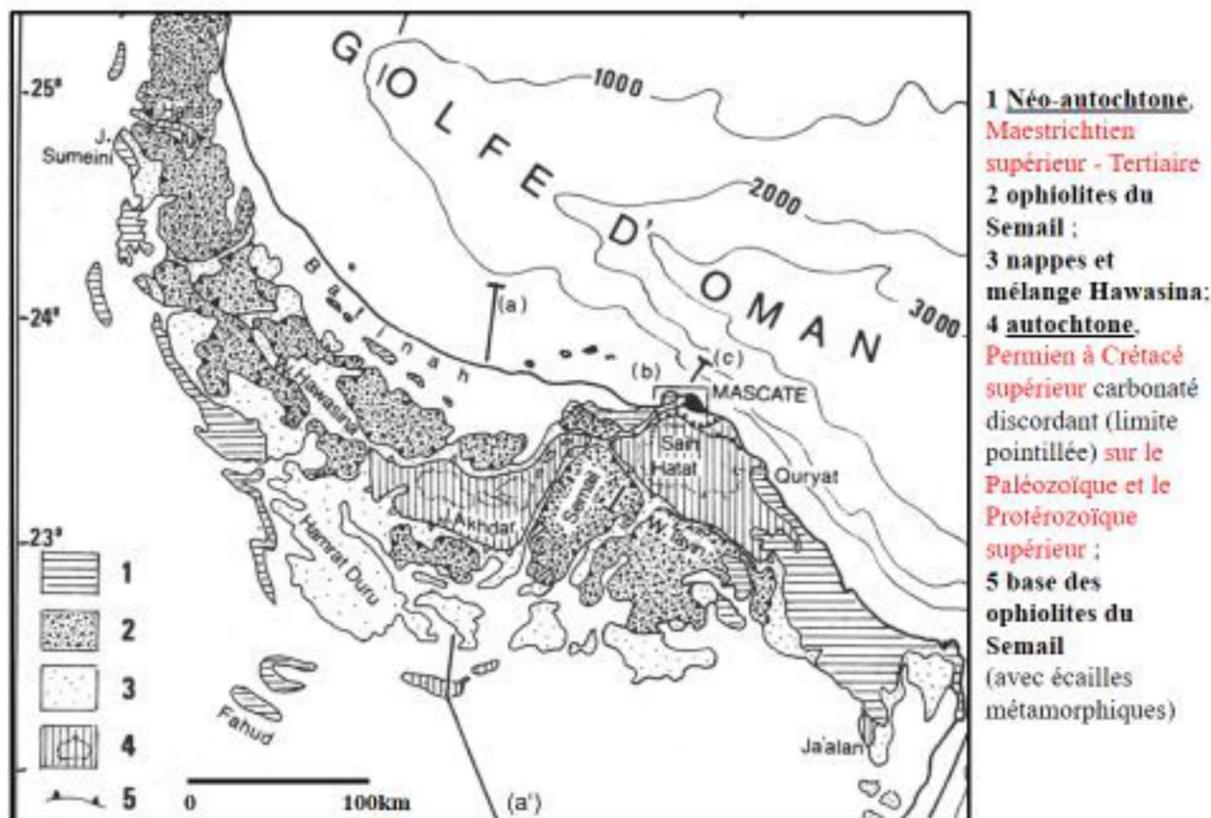
Située au Nord-Est de la péninsule arabe. Elle forme un arc orienté N-S au Nord pour être quasiment orienté E-W au sud de Muscat. Cette ceinture borde le Golfe d'Oman.



Chaîne d'obduction (l'ophiolite) d'Oman 117

La nappe ophiolitique de Semail est la plus belle nappe de lithosphère océanique et la mieux préservée à l'échelle mondiale. Elle est liée à la fermeture de l'océan Téthys à partir de 105 Ma sous les contraintes liées à l'ouverture de nouveaux océans.

➤ **Structure actuelle de la chaîne et quelques particularités géologiques et structurales**



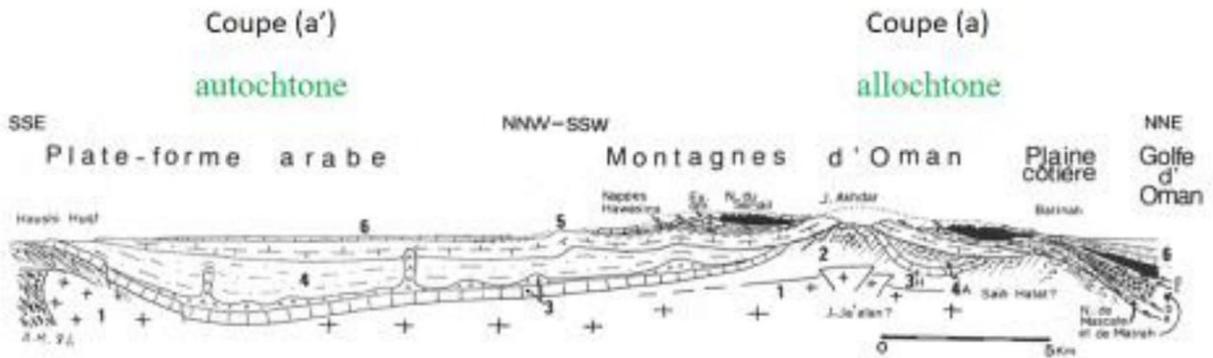
Carte structurale schématique Glennie, 1974 et Coleman, 1981

125

Carte structurale schématique de la chaîne de l'Oman

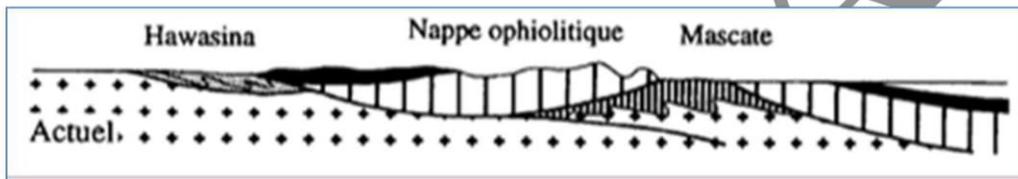
L'**autochtone** est recouvert par un premier ensemble de matériaux allochtones d'origine diverse. Les unités les plus basses sont constituées d'écailles provenant de la marge arabe ; elles sont surmontées par des unités d'origine océanique, **les nappes Hawasina**, constituée de basaltes sous-marins associés à des sédiments profonds (radiolarites) et à des calcaires de plate-forme. Ensuite vient la nappe océanique proprement dite, faite de péridotites et de matériaux basaltiques.

La nappe ophiolitique de Semail, constituée de péridotites mantelliques et de leur couverture crustale, surmonte cet ensemble par l'intermédiaire d'une mince semelle métamorphique sous faciès amphibolite. Les basaltes du sommet de la séquence ophiolitique montrent des caractéristiques géochimiques de laves d'arc.



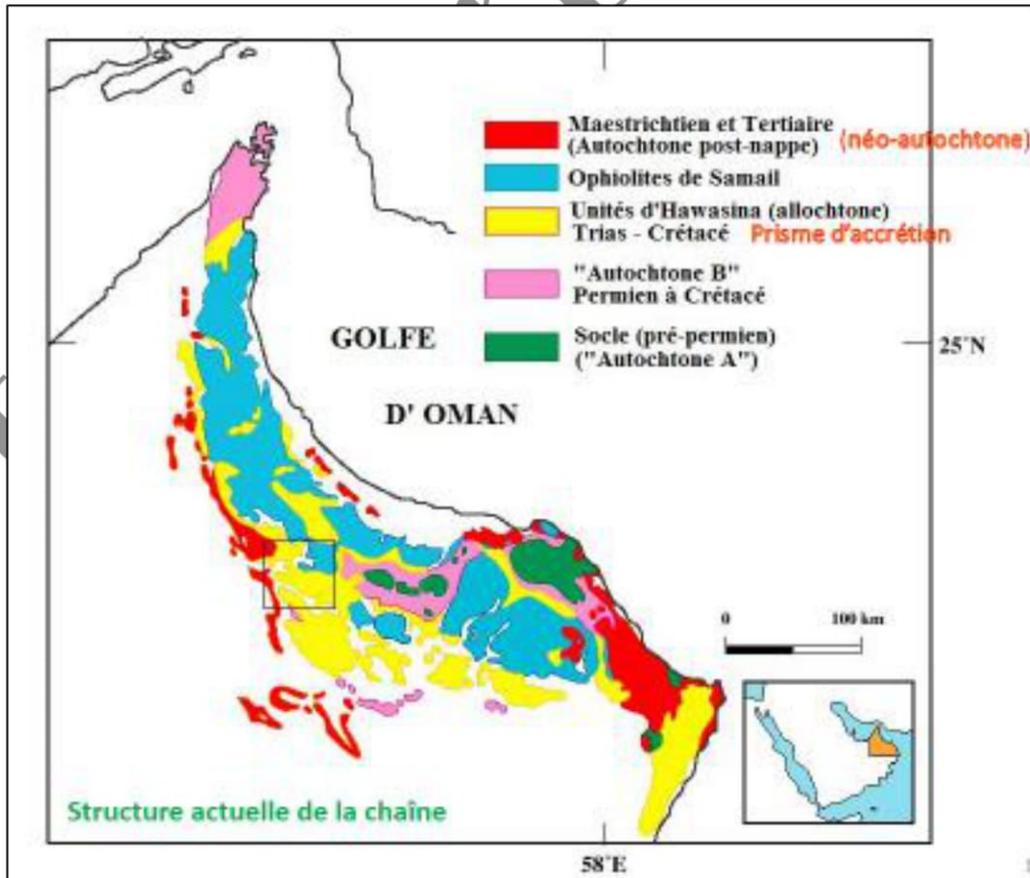
Coupes (a) et (a'), montrant l'autochtone et l'allochtone

Résumé de la coupe (c)

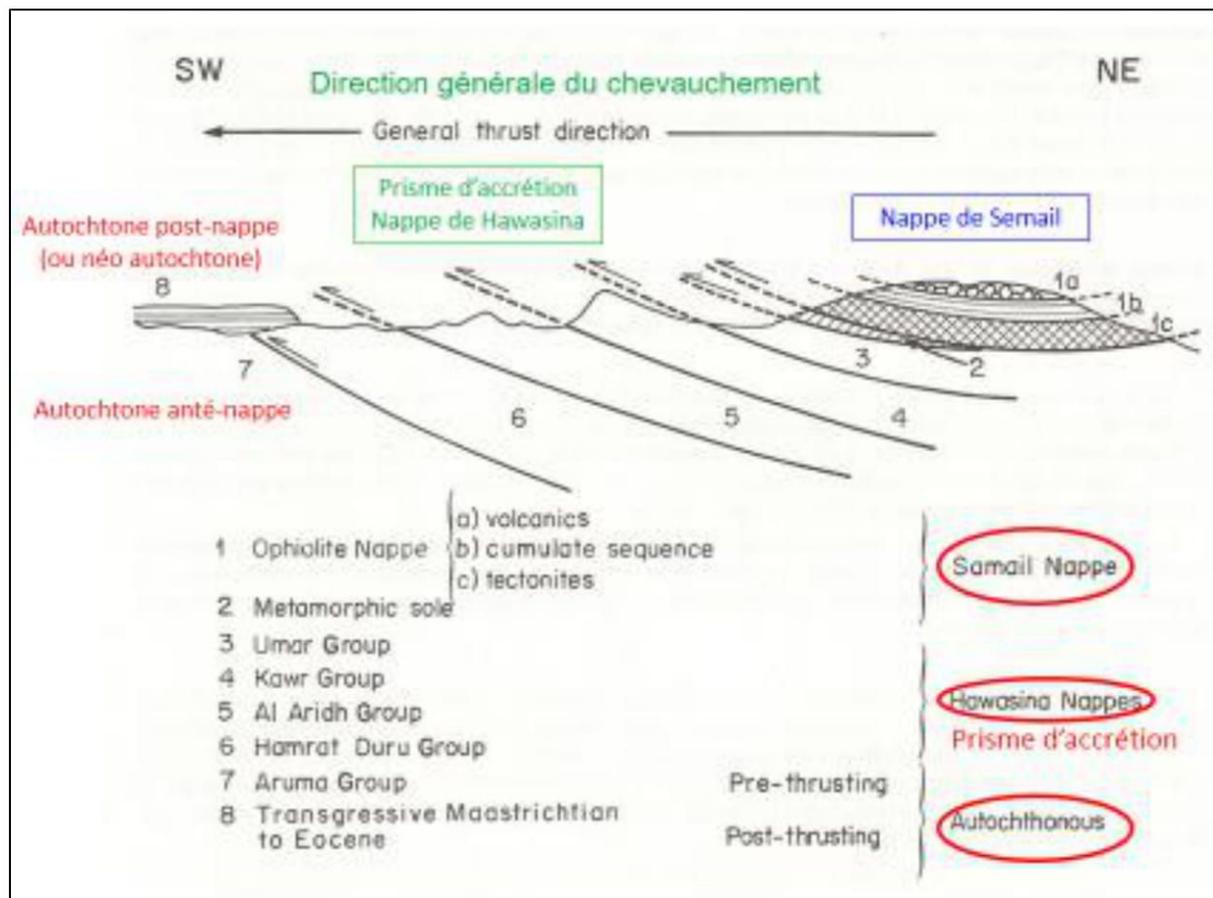


Coupe (c)

Prisme d'accrétion de Hawasina, Nappe ophiolitique de Semail et l'écaïlle de Mascate



Structure actuelle de la chaîne et différentes nappes de charriage



Détail sur les nappes de charriage de la chaîne

La lame ophiolitique est particulièrement épaisse, de l'ordre de **15 km, dont 8 km de péridotites, issues du manteau supérieur**. Compte tenu de la largeur de la plateforme arabe (300 km) et de la portée du chevauchement (100 km), le déplacement atteint au moins 400 km.

L'**autochtone** de la plate-forme arabe est recouvert par un premier ensemble de matériaux **allochtones** de plusieurs origines. Les unités les plus basses sont constituées d'écaillés provenant de la marge arabe ; elles sont surmontées par des unités d'origine océanique, **les nappes Hawasina**, constituées de sédiments océaniques (**radiolarites**) et de laves sous-marines à **caractère d'OIB** (OIB pour Oceanic Island Basalts) (basaltes des îles océaniques). **La nappe ophiolitique**, constituée de **péridotites mantelliques** et de leur couverture crustale, surmonte cet ensemble par l'intermédiaire d'une mince semelle métamorphique sous faciès amphibolite. Les basaltes du sommet de la séquence ophiolitique montrent des caractéristiques géochimiques de laves d'arc.

Le déplacement a entraîné le feuilletage des péridotites qui montrent **une linéation d'étirement** ; on la retrouve également dans la **semelle métamorphique** ; elle est orientée **SW-NE, indiquant le sens de déplacement de la nappe**.

Le **substratum de la plate-forme arabe apparaît au front de la nappe**, mais aussi dans **deux fenêtres sous la nappe (Djebel Akhdar et Saih Hatat)**. On y observe plusieurs unités structurales empilées caractérisant des faciès de bas de marge. Les plus basses montrent des faciès métamorphiques de haut degré : **éclogite et schistes bleus**.

➤ **Evolution structurale de la chaîne**

Le scénario de mise en place de cet ensemble (fig. 14a et b) comporte un premier épisode de subduction. Les âges mesurés sur les roches ophiolitiques et leur semelle métamorphique ainsi que sur les sédiments, sont de l'ordre de 100 à 95 Ma (base du Crétacé supérieur), et donc presque contemporains de ceux des sédiments qui se sont déposés sur les ophiolites. Ceci signifie que le cisaillement des ophiolites s'est produit très peu de temps après qu'elles ont été mises en place au fond de l'océan. La subduction a donc concerné une lithosphère très jeune, âgée de moins de 5 Ma, donc mince et chaude.

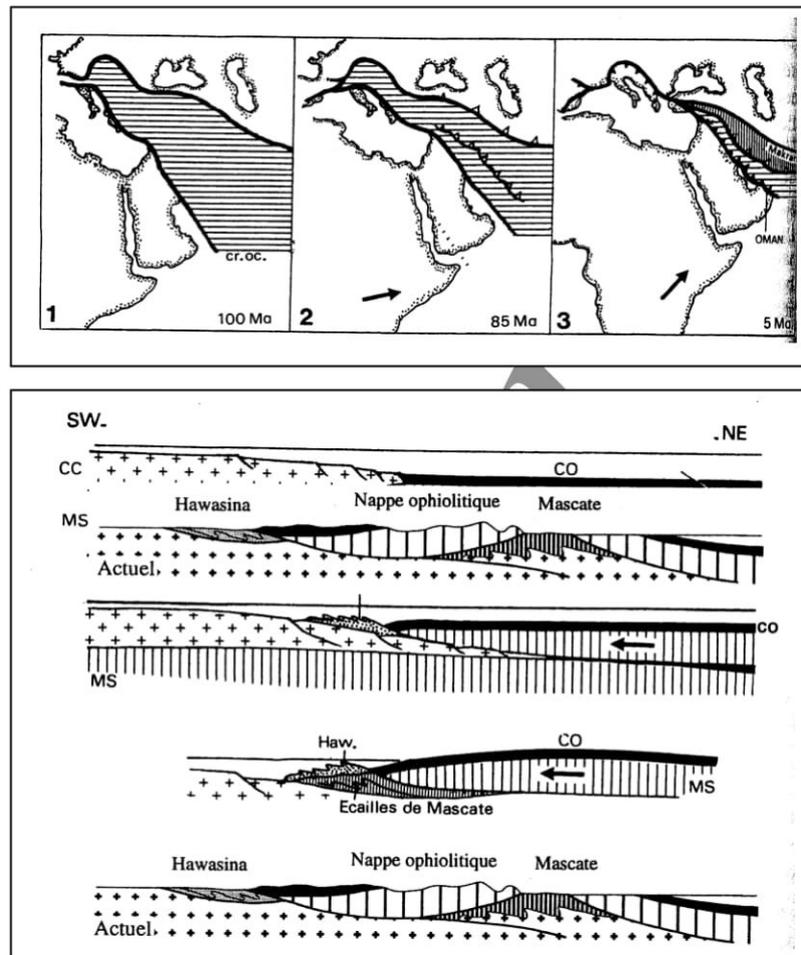


Fig. 14 a : Obduction de l'Oman (A. Michard, 1987)

La base du Crétacé supérieur correspond à un changement du régime tectonique global. Dans cette partie du domaine téthysien, un régime de convergence (rapprochement Afrique/Eurasie) succède à un régime de divergence (ouverture océanique). Le rapprochement s'est effectué à une vitesse de l'ordre de 2 cm/an.

On suppose que, mise en compression, la lithosphère océanique omanaise, s'est rompue dans sa partie la moins épaisse (fig. 14a et b), donc la plus jeune. Une subduction intra océanique s'est mise en place. **Un prisme d'accrétion** tectonique s'est constitué au front, à partir des sédiments océaniques (**nappes Hawasina**). La subduction a ensuite intéressé la partie

la plus amincie de la marge arabe qui s'est enfoncée profondément. La plate-forme arabe fléchit sous l'effet de la charge des nappes, en formant un bassin d'avant-chaîne. En effet, les sédiments crétacés montrent une évolution depuis des faciès de plate-forme, à la base du Crétacé supérieur, vers des faciès turbiditiques à matériel continental au Sénonien-Maastrichtien.

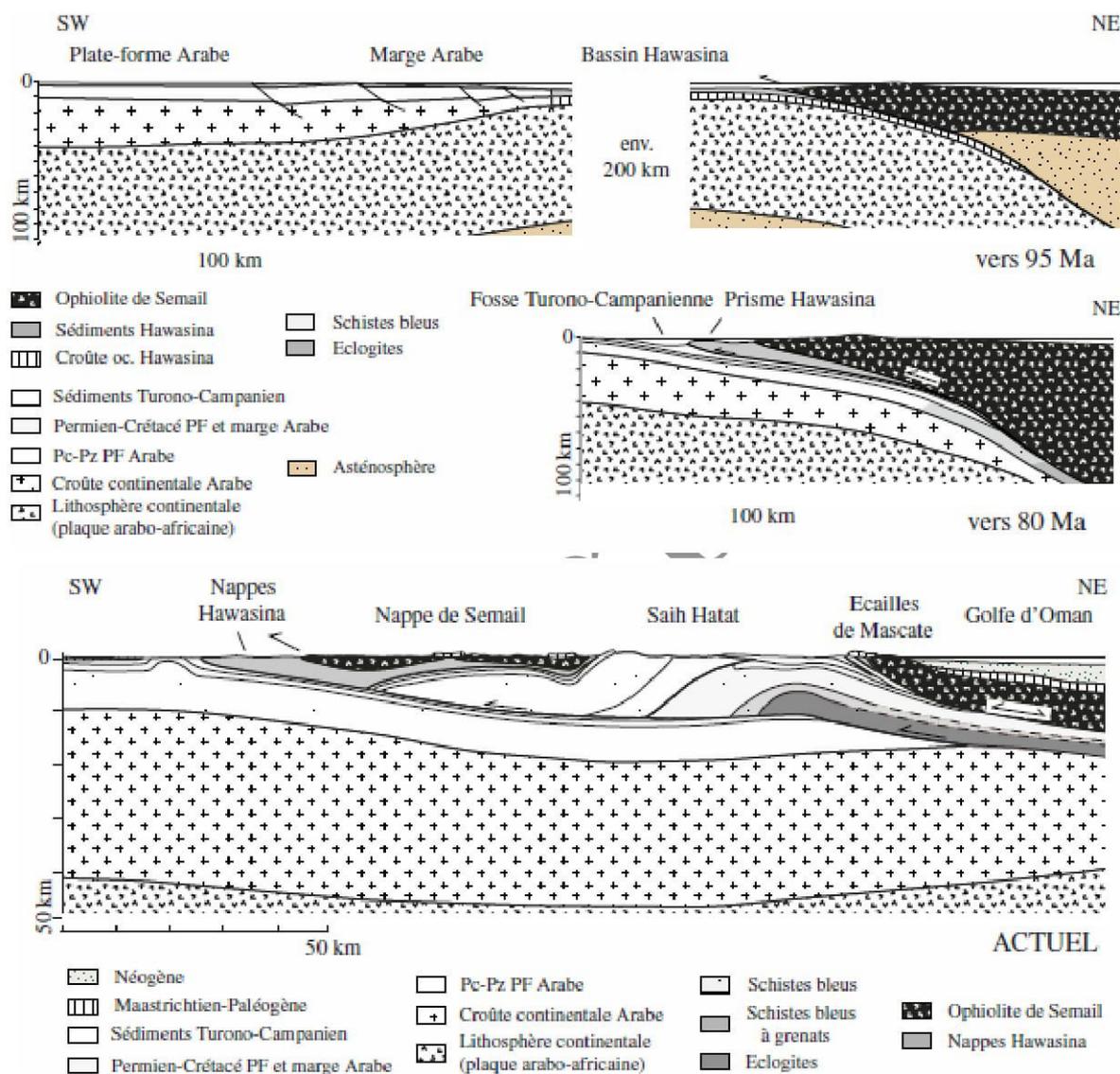


Fig. 14b : Obduction de l'Oman. Simplifié d'après A. Michard, 1987 ; Saddiqi 2006.

Nappes de Hawasina : **Prisme d'accrétion**, Saih Hatat : **Fenêtre sous la nappe**, Nappe de Semail : **Ophiolite de Semail**.

➤ **Synthèse géodynamique de la formation de la chaîne d'Oman**

- **L'ophiolite (fig. 15)**

L'étude de cette ophiolite (lambeau de lithosphère océanique) a montré que l'obduction s'est produite initialement au niveau de la ride chaude et ductile (fig. 15). Sous l'effet de la convergence, la ride s'est retrouvée en position de reptation (rampement ou glissement) sur le plancher océanique avant de monter sur le continent arabe puis de se retrouver dans sa situation actuelle. La tectonisation de la bordure de la péninsule Arabique est contemporaine du mouvement d'obduction.

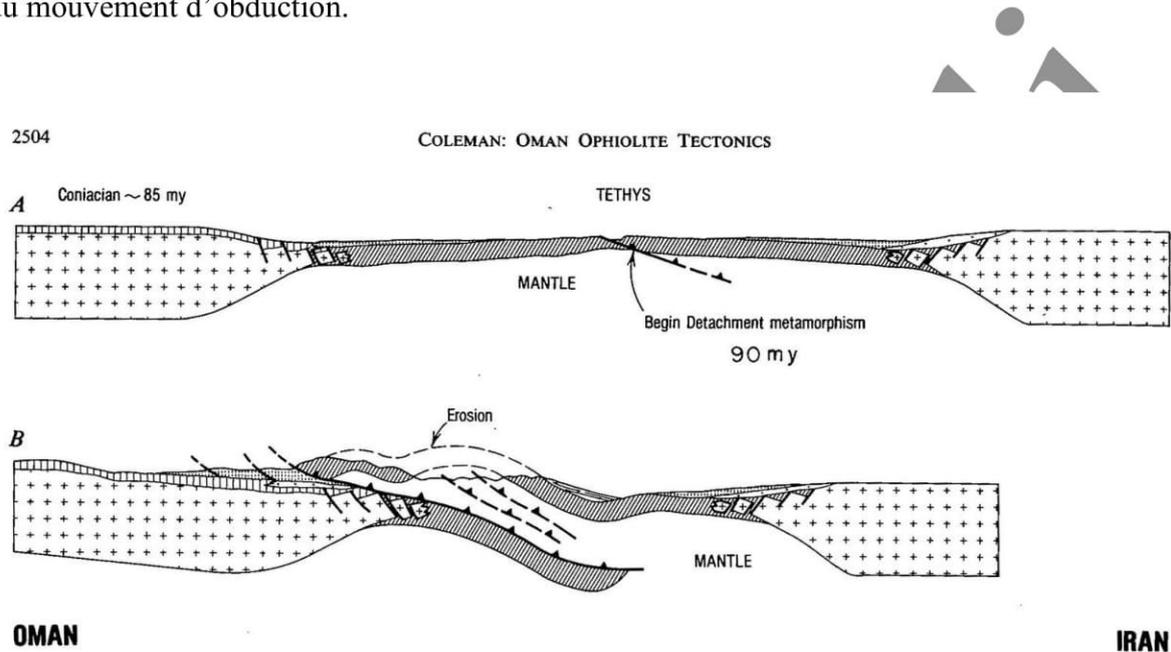


Fig. 15 : obduction d'Oman selon Coleman

- **Les étapes de formation de la chaîne d'obduction d'Oman (fig. 16)**

- **Avant – 100Ma** : dans l'océan Téthys se sont déposés des sédiments (radiolarites) sur des basaltes en coussin. Période caractérisée par un régime compressif (rapprochement de la plaque africaine à la plaque Eurasienne) ; la plaque océanique subit une grande cassure suivi d'une subduction intra-océanique.

- **-90 Ma** le phénomène de subduction se poursuit progressivement, le continent d'Oman se rapproche de la zone de subduction. Le domaine marin disparaît. Arrivant à la zone de subduction, et du fait de sa faible densité, la lithosphère continentale ne s'enfonce pas sous la lithosphère océanique ce qui entraîne le blocage de la subduction.

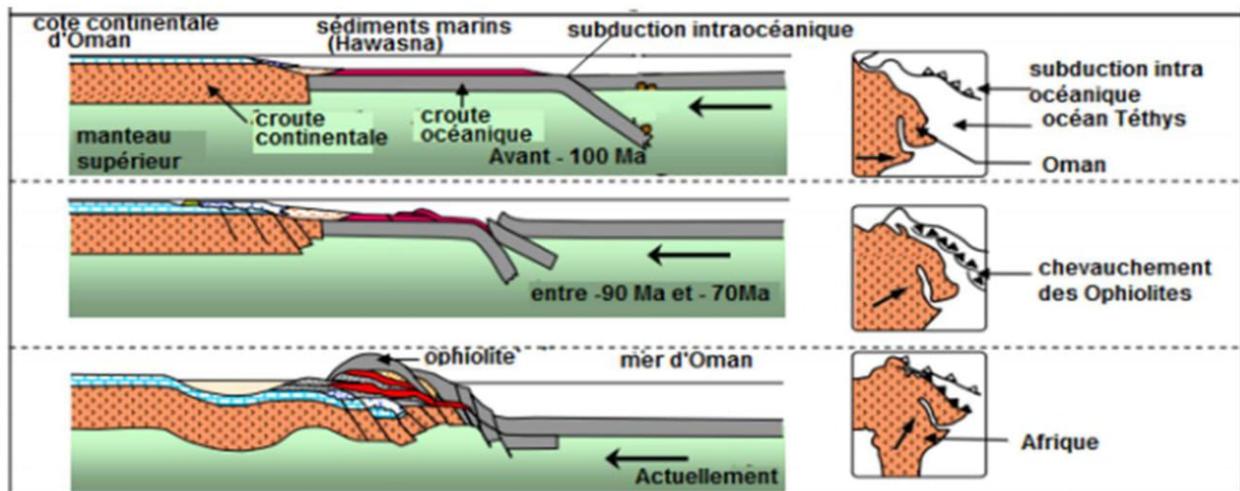


Fig. 16 : Coupes montrant la succession des différents événements qui aboutissent à la formation de la chaîne d'obduction d'Oman

- **de -70Ma à l'actuel** : le régime compressif se poursuit la croûte océanique et une partie du manteau glissent au-dessus de la lithosphère continentale : c'est le phénomène d'obduction, poussant devant elle les sédiments marins sur de grandes distances pour former des nappes de charriages.

En conclusion, il semble bien que l'obduction n'intervienne qu'avec des lithosphères jeunes et minces, encore légères, brusquement mises en compression et sous lesquelles une lithosphère continentale amincie puisse subduire.

Au contraire, la lithosphère des grands océans, généralement épaisse et dense en raison de son ancienneté, aurait plutôt tendance à s'enfoncer dans les zones de subduction

2.3. Les chaînes de collision

Dans un autre polycopié