

Les failles normales à faible pendage du Rif interne (Maroc) et leur effet sur l'amincissement crustal du domaine D'Alboran.

Low angle normal faults in internal rif (Morocco) and their bearing implication on crustal thinning of the Alboran Domain.

A. Chalouan (*), A. Ouazani-Touhami (*), L. Mouhir (*), R. Saji (*) et M. Benmakhlouf (**)

(*) Département de Géologie. Faculté des Sciences; Av. Ibn Batouta. B.P. 1014. Rabat..

(**) Département de Géologie. Faculté des Sciences; B.P. 2121. Tétouan.

ABSTRACT

Several low angle, shallow dipping normal faults are described from the internal domain of the Rif chain. They dip gently towards the Alboran sea and cause important omissions in the stratigraphic-tectonic pile. These extensional faults cut through the Ghomaride and Sebides units and allow explaining the occurrence of flysch klippe overlying the Ghomarides nappes. The age of this extensional event corresponds to that of the Serravalian rifting stage of the Alboran sea.

Key words: extensional faults, Internal Rif, Alboran Sea, crustal thinning, Middle Miocene.

RÉSUMÉ

Plusieurs failles normales à faible pendage inclinées vers la mer d'Alboran sont mises en évidence dans le Rif interne. L'extension associée à ces failles a produit des omissions importantes de terrains et a impliqué dans le déplacement des terrains appartenant au Domaine interne rifain ainsi que des terrains plus externes. Les lambeaux de nappes des flyschs superposés au Domaine interne rifain sont interprétés comme le résultat de ces déplacements extensifs. L'âge de cette extension coïncide avec le stade de rifting du Miocène moyen observé dans la mer d'Alboran.

Mots clés: failles extensives, Rif interne, Mer d'Alboran, amincissement crustal, Miocène moyen.

*Geogaceta, 17 (1995), 107-109
ISSN:0213683X*

Introduction

Plusieurs failles extensives à faible pendage affectant les unités tectoniques du Rif interne ont été interprétées et cartographiées comme des contacts anormaux de nappes. Ces failles sont observées soit entre les unités Sebides (Alpujarrides) et Ghomarides (Malaguides) du Rif interne, soit à l'intérieur des nappes ghomarides, soit encore entre ces dernières et les nappes des flyschs (Chalouan, 1986; Chalouan et al., 1989; Benmakhlouf, 1990; Saji, 1993). Des failles du même type ont été décrites dans la Chaîne bétique interne par Garcia Dueñas et Balanya (1991); Garcia Dueñas et al., (1992); Jabaloy et al., (1992).

Le lambeau de Jbel Zem Zem qui a été utilisé comme argument pour proposer une origine très interne ("ultra") des nappes de flyschs (Durand Delga et Mattauer, 1960), avant d'être interprété comme un rétrocharriage lié au serrage tardif de la chaîne (Durand Delga et al., 1960-1962), peut être interprété, à notre avis, comme une conséquence directe de ces failles normales à

faible pendage.

Différentes étapes de structuration compressive ont pu être établies dans le Rif interne (Kornprobst, 1974; Nold et al, 1981; Chalouan, 1986; Benyaïch et al.; 1986; Michard et Chalouan, 1990; Bouybaouene, 1993; Zaghloul, 1993): subduction avec métamorphisme de HP/BT et découpage en nappes des Sebides et des Ghomarides; chevauchement des Sebides et des Ghomarides sur la Dorsale calcaire. Ces étapes s'échelonnent entre le Crétacé supérieur (?) - Paléogène et le Miocène.

Exemples de failles extensives du Rif interne

Les failles normales de faible pendage qui seront décrites ici interviennent après la mise en place des nappes du Domaine interne et des flyschs, après le Burdigalien inférieur-moyen, et avant les dépôts pliocènes. La lacune de sédimentation du Miocène moyen et supérieur dans le Rif interne ne permet pas de les dater exactement.

Du nord au sud nous allons décrire

quelques exemples, sachant que plusieurs autres failles extensives existent (Ben Makhlouf, 1990; Ouazani-Touhami, 1994):

1- La klippe de Riffiyine

Il s'agit d'une série grésopélimitique aquitano-burdigalienne antérieurement attribuée à la couverture oligo-miocène ghomaride comme celle du synclinal de Fni-dek (Kornprobst, 1974; Belhadad, 1983; Maati, 1984; Chalouan, 1986) située à 1 km au nord. Récemment, Feinberg et al., (1990), sur des arguments lithostratigraphiques (similitude de faciès et d'âge) ont attribué cette formation à l'unité pré-dorsalienne, qui se trouve habituellement au front externe de la Dorsale calcaire (Olivier, 1984).

Une coupe E-W effectuée à travers cette klippe au niveau du village de Riffiyine (fig. 1A), révèle qu'il s'agit d'une unité superposée aux nappes ghomarides par une tectonique de faille normale à faible pendage. Elle est constituée d'une partie frontale (partie II de la coupe A), orientale formée de turbidites plissées et écaillées, gé-

néralement à stratification à l'endroit; et d'une partie arrière, occidentale, formée également de turbidites, à stratification à l'envers (partie I de la coupe A).

A la base de cette unité, un ensemble de structures indiquent un déplacement du SW vers le NE (stries de friction orientées N35 à N45) le long d'un contact subhorizontal (N155 à N15, penté de 5 à 10° E). A l'arrière de cette unité, des failles normales métriques à décamétriques de fort pendage à regard E ont été observées. Le pendage W de certaines failles subhorizontales, peut être dû à un basculement par les failles normales de fort pendage (failles 4 de la coupe A)

2- Le lambeau du Jbel Zem Zem

C'est un fragment de grès numidiens (Oligocène supérieur-Burdigalien inférieur-moyen) reposant en contact plat sur les formations oligo-miocènes ghomarides par l'intermédiaire d'une semelle crétacée appartenant à la nappe de flysch de Beni Ider (Durand Delga, 1964;).

Ce lambeau montre plusieurs types de structures distinctes, post-Burdigalien in-

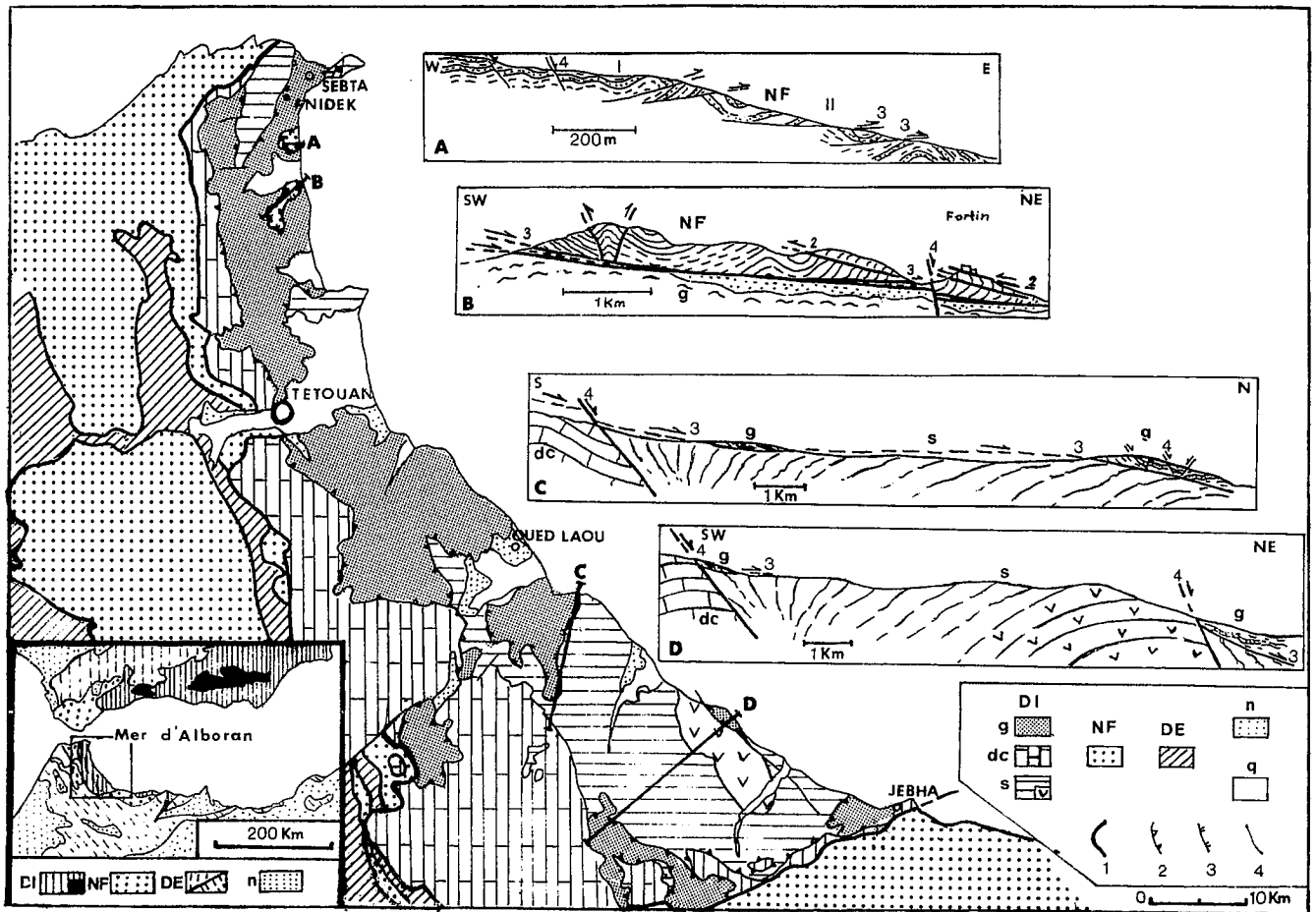


Fig 1- Carte et coupes illustrant les failles extensives du Rif interne.

DI: Domaine interne bético-rifain avec en noir les Nevado-Filabrides et en "v" les péridotites de Beni Bousera; g: les nappes ghomarides; dc: la Dorsale calcaire; s: les Sebtides.
 NF: les nappes des flysch y compris la nappe prédorsalienne;
 DE: Domaine externe (marges ibérique et africaine) n: bassins néogènes; q: Quaternaire;
 1: contacts anormaux principaux; 2: contacts de nappes; 3: failles extensives; 4: failles normales de fort pendage;
 I et II (Coupe A): respectivement, série à l'envers et série à l'endroit.

Fig. 1 - Map and sections showing some extensional faults of internal Rif.

DI: Internal betico-rifian domain, in black the Nevado-Filabrides units and in "v" ultramafic Beni Bousera massif; g: Ghomaride nappes; dc: Dorsale calcaire; s: Sebtide units.
 NF: flysch nappes including the predorsalian nappe
 DE: External domain (Iberian and African margins. n: Neogene basins; q: Quaternary
 1: main thrusts; 2: secondary thrusts; 3: extensional faults; 4: high-angle normal faults
 I and II (section A): reverse and normal series, respectively.

férieur-moyen:

- des plis et failles inverses redressées N150 ou plates (2 de la coupe B);
- des failles normales à faible pendage vers l'E (3 de la coupe B), de longueur visible variant entre le mètre et plusieurs km, responsables des troncatures basales du lambeau, avec indices de déplacement de l'W vers l'E (stries orientées N60 et N100). Ces failles extensives sont postérieures aux structures compressives décrites précédemment.

3- La faille extensive de Zaoutia

Elle est observée à 8 km au SE de Oued Laou (Coupe C). Elle était interprétée

comme un contact de nappe entre les terrains ghomarides charriés d'Aakaïli et les micaschistes sebtides (Kornprobst et al., 1975).

L'analyse de la zone de contact montre une association de plans de failles normales principales orientés entre N30 à N60, faiblement pentés vers le NW (25 à 40°) et de plans secondaires (riedels) montrant un pendage plus fort, de l'ordre de 40 à 70°. Les stries sont généralement orientées NNW-SSE. C'est une faille extensive, post-nappes qui a mis en contact la nappe d'Aakaïli sur les micaschistes, en supprimant les nappes Federico (Sebtides supérieures). Son rejet vertical est important,

pisqu'elle supprime dans l'absolu l'équivalent de 1500m de terrains. Le déplacement horizontal est cependant difficile à estimer. L'âge de cette faille est imprécis. Néanmoins, il peut être calé entre le métamorphisme alpin BP/HT (de -22Ma; Michard et al., 1983) qui affecte les sebtides et les dépôts pliocènes de l'Oued Laou qui la cachètent.

4- Faille de Beni Bousera

Plus au sud, au niveau du massif ultrabasique de Beni Bousera, un lambeau de nappe ghomaride d'Aakaïli formé de terrains essentiellement dévono-carbonifères s'appuie sur les péridotites et les micas-

chistes sebtides (coupe D). Le contact entre eux se fait par l'intermédiaire de deux accidents principaux, une faille normale de fort pendage NW-SE à regard E à rejet vertical pouvant atteindre 4 à 5km (Saji, 1993); et une faille normale listrique de pendage moyen (40 à 60°) portant des stries orientées N20 à N40 indiquant un déplacement extensif vers le NNE.

Discussion

Le rejet horizontal cumulé de ces failles normales du Domaine interne rifain est considérable par rapport à la largeur de ce Domaine. Pour les failles extensives de

Riffiyène et de Jbel Zem Zem, le déplacement horizontal est de l'ordre de 10 km si on considère que leur origine se trouve dans les nappes pré-dorsaliennes et numidiennes situées actuellement à l'extérieur de la Dorsale calcaire. Il est possible qu'elles aient constitué une même surface extensive. Ce déplacement implique qu'à l'époque la zone des nappes de flyschs était plus haute que le Domaine interne, contrairement à ce qu'il est actuellement. Pour les lambeaux sud (de Zaouia et de Beni Bousera), il est difficile de calculer ce déplacement horizontal, faute de repère. Cependant, on pourrait estimer qu'il est de même ordre de grandeur que celui du nord ou légèrement supérieur, si on considère que ces terrains étaient initialement charriés sur la Dorsale calcaire. Ici également les deux failles extensives auraient appartenu à une même surface, puisqu'elles impliquent les mêmes terrains avec des déplacements comparables.

D'après les stries de friction mesurées, le déplacement des terrains s'effectue généralement vers l'est, vers le bassin de la mer d'Alboran et les failles semblent se prolonger dans ce bassin.

L'âge de ces failles extensives se situe entre le Burdigalien inférieur-moyen (âge des terrains les plus récents affectés par ces failles) et le Pliocène (terrains les plus anciens qui les cachètent). Dans le Domaine interne bétique, des failles extensives ont été décrites comme ayant joué en plusieurs épisodes entre le Burdigalien inférieur et le Tortonien (García Dueñas et Balanya, 1991; García Dueñas *et al.*, 1992). Certaines, ayant touché les unités les plus profondes (les Nevado-Filabrides, Galindo *et al.*, 1989) en développant des minéraux de métamorphisme, ont été datées du sommet du Burdigalien (-16 à -17 Ma; Monié *et al.*, 1991). En mer d'Alboran, on signale plusieurs stades de rifting entre le Burdigalien supérieur et le Tortonien également (Comas *et al.*, 1992). Il est donc plausible de corréler la période extensive du Rif interne qu'on vient de décrire à l'une de celles décrites dans la mer d'Alboran et dans les

Cordillères bétiques et de lui attribuer un âge entre le Burdigalien (supérieur) et le Tortonien

D'autre part, les travaux récents effectués sur les terrains métamorphiques du Domaine interne bético-rifain (Domaine d'Alboran), montrent que les Sébides et leur équivalent bétiques, les Alpujarrides, ont été entraînés au Paléogène à des profondeurs de 60-70 km (Goffé *et al.*, 1989; Bouybaouène, 1993; Bouybaouène *et al.*, *ce vol.*). Ces terrains ont subi par la suite une remontée et exhumation qui leur ont permis d'atteindre la surface au Serravalien, puisque des fragments de ces roches ont été rencontrés remaniés dans la formation de Peza d'âge Serravalien inférieur-Tortonien inférieur (Jabaloy *et al.*, 1992). La remontée de ces roches les auraient déjà placés vers 10 km (350°C) de profondeur aux alentours de 20 à 19 Ma, à en juger par les âges isotopiques observés (Zeck *et al.*, 1992)

Les événements extensifs du Domaine d'Alboran (sur terre et en mer) se sont donc produits en même temps que s'effectuent ces phénomènes de remontée et d'exhumation des terrains métamorphiques.

On constate également que la croûte continentale a subi pendant cette période (et après) un amincissement considérable, spécialement au niveau de la mer d'Alboran, où la croûte est à peine épaisse de 14 km (Hatzfeld, 1978; Banda *et al.*, 1992)

References

Belhadad F. (1983) - Etude géologique des zones internes du Rif septentrional (Maroc) au cours de l'Oligocène et du Miocène inférieur. Le Jbel Zem Zem. *Thèse 3e cycle, Rabat*, 120 p.

Benmakhlouf M. (1990) - Genèse et évolution de l'accident de Tétouan et son rôle transformant au niveau du Rif septentrional (Maroc) depuis l'Oligocène jusqu'à l'Actuel. *Thèse 3e cycle, Rabat*, 162 p.

- Benmakhlouf M. et Chalouan A. (1990) - *Mémoires de Géol. (Lausanne)*, 10; 33-42.
- Ben Yaich A., Durand Delga M., Feinberg H., Maate A. et Magne J. (1986) - *C. R. Acad. Sci. Paris*, 302, II, 8, p. 587-592.
- Bouybaouene M. L. (1993) - Etude pétrologique des métépélites des Sébides supérieures, Rif interne, Maroc. Une évolution métamorphique de haute pression. *Thèse d'Etat, Univ. Rabat*, 151 p.
- Chalouan A. (1986) - Les nappes ghomarides (Rif septentrional Maroc). Un terrain varisque dans la chaîne alpine. *Thèse Doc. Sc., Univ. Strasbourg*, 317 p.
- Chalouan A., Saji R., Benmakhlouf M. (1989) - *Coll. géol. franco-marocain, Strasbourg*, p. 61.
- Comas M. C., García-Dueñas V. et JURADO M. J. (1992) - *Geo-Marine Letters*, 12, 157-164.
- Durand Delga M. et Mattauer M. (1960) - *C. R. Acad. Sci. Paris*, 248, 22-24.
- Durand Delga M., Hottinger L., Marçais J., Mattauer M., Lilliard Y. et Suter G. (1960-1962) - *M. h. sér. soc. ; Géol. Fr. (Livre à la mémoire de P. Fallot)*, t. 1, p. 399-422.
- Durand Delga M. (1964) - *C. R. som. séan. Soc. géol. Fr.*, 4, p. 165.
- Feinberg H., Maate A., Bouhdadi S., Durand Delga M., Maate M., Magne J. et Olivier P. (1990) - *C. R. Acad. Sci., Paris*, 310, II, p. 1487-1495.
- Galindo-Zaldivar J., Gonzalez-Lodeiro F. and Jab Aloy a. (1989) - *Geodinamica Acta* 3: 73-85
- García-Dueñas V y Balanya J. C. (1991) - *Geogaceta*, 9, 29-33.
- García-Dueñas V, Balanya J. C. and Martínez-Martínez J. M. (1992) *Geo-Marine Letters*, 12, 88-95.
- Goffé B. Michard A., García-Dueñas V, Gonzalez-Lodeiro F, Monié P., Campos J., Galindo-Zaldivar J. Jabaloy, Martínez-Martínez J. M. and Samancas J. F. (1989) - *European Journal of Mineralogy* 1: 139-142.
- Hatzfeld D. (1978) - Etude sismotectonique de la zone de collision ibero-maghrébine. *Thèse d'Etat, Univ. Grenoble*, 281 p.
- Jabaloy A., Galindo-Zaldivar J. and Gonzalez-Lodeiro F. (1992) - *Geo-Marine Letters*, 12: 96-103.
- Kornprobst J. (1974) - *Notes et Mém. serv. géol. Maroc*, 251, 256 p.
- Kornprobst J., M. Wildi, J. Uttinger et R. Bourouilh (1975) - Carte de Talembote. *Notes et Mém. serv. géol. Maroc*, 290.
- Maate A. (1984) - Etude géologique de la couverture mésozoïque et cénozoïque des unités ghomarides au Nord de Tétouan (Rif interne Maroc). *Thèse 3ème cycle Univ. Toulouse*, 161 p.
- Michard A., Chalouan A., Montigny et Ouazzani Touhami M. (1983) - *C. R. Acad. Sci. Paris*, 296, II, p. 1337-1340.
- Michard A. et Chalouan A. (1990) - *Bull. Soc. Greece* xxv, 1, 117-129.
- Nold M., Uttinger J. et Wildi W. (1981) - *Notes et Mém. serv. géol. Maroc, Rabat*, 300, 233 p.
- Olivier P. (1984) - Evolution de la limite entre zones internes et zones externes dans l'arc de Gibraltar (Maroc-Espagne). *Thèse Doct. d'Etat, Univ. Toulouse*, 229 p.
- Ouazzani-Touhami A. (1994) - L'évolution géodynamique alpine des nappes ghomarides (Rif interne septentrional, Maroc). *Thèse 3ème cycle, Rabat*, 126 p.
- Saji R. (1993) - Evolution tectonique post-nappes dans le Rif septentrional (Maroc). Ses effets sur l'ouverture de la mer d'Alboran. *Thèse 3ème cycle, Rabat*, 152 p.
- Torne M. and Banda E. (1992) - *Geo-Marine Letters* 12: 76-81 ;
- Zaghloul M. N. (1994) - Les unités fédérales septentrionales (Rif interne, Maroc) Inventaire des déformations et leur contexte géodynamique dans la chaîne bético-rifaine. *Thèse 3ème cycle, Rabat*, 218 p.
- Zeck P., Monié P., Villa I. M. et Hansen B.T. (1992) - *Geology*, 20, 79-82