

Structure en fleur liée au jeu coulissant d'accidents transverses dans les Rehamna orientaux : nouveau modèle d'évolution hercynienne

فؤاد الكامل وأحمد الحسني

Fouad EL KAMEL & Ahmed EL HASSANI

Mots-clés : Meseta, Rehamna, Hercynien, décrochement, cinématique.

ملخص

البنية الموهبة المنبثقة عن انكسارات منزلقة في الرحامنة الشرقية : نموذج جديد للتطور الهيرسيني، تخضع التكتونية الهيرسينية بمنطقة الرحامنة الشرقية إلى رتبة أحداث انكسارات منزلقة مستعرضة ش 70 درجة وأدى ذلك إلى بناء جيومحذب مقوس (وحدة كدية العظم) محاط بممرين انكساريين : ممر ذو اتجاه ش 20 درجة عرف ضغطا كبيرا وميلانا نحو الغرب وممر آخر ذو اتجاه ش 70 درجة ضغطه أقل لكن بتطابق غير عادي يعكس نشاطا مزدوجا حسب ضغوط جانبية ميامنة وحسب ضغوط تراكمية نحو الشمال ونحو الجنوب، ومن هذه البنية يتضح نموذج مزهري بمقاييس متنوعة. بحيث يمكن هذا النموذج من إظهار دور الانكسارات المستعرضة ش 70 درجة في التكتونية الهيرسينية بالهضبة الساحلية.

RESUME

La tectonique hercynienne des Rehamna orientaux est contrôlée par le jeu coulissant des failles transverses N 70°. Il en résulte la structuration en un anticlinorium arqué (Unité de Koudiat El Adam) coincée dans deux couloirs de failles: un couloir N 20° où le serrage est important avec un déversement vers l'Ouest et un couloir N 70° à serrage relativement modéré mais où les contacts anormaux présentent une double activité; suivant une composante coulissante dextre et suivant une composante chevauchante vers le Nord et vers le Sud. Un modèle en fleur ressort de cette structuration. Vérifié à différentes échelles, ce modèle met en relief le rôle des failles transverses N 70° dans la tectonique hercynienne en Meseta occidentale.

ABSTRACT

Flower structure results from strain-slip transverse faults in the eastern Rehamna : new Hercynian evolution model. The Hercynian deformation in the eastern Rehamna is controlled by N70° dextral strike-slip transverse faults, and causing a curved anticlinorium structure (Koudiat el Adam unit). This structure is between two fault zones: a N20° trending western zone with an important shortening, and a western dumping, and a N70° zone with moderate shortening, but the faults shows a double activity: one along a dextral strike-slip component; the other along a thrust component to the North and to the South. A flower geometry results from this structure. This model was verified at different scales and show the importance of the N70° transverse faults during the Hercynian deformation in the western Meseta.

INTRODUCTION

En Meseta marocaine méridionale, le massif paléozoïque des Rehamna se divise en trois blocs de direction méridienne (Fig. 1) : un bloc occidental (môle côtier) et un bloc oriental, à déformation plus au moins modérée encadrant un domaine central, sédimentaire au Nord (Rehamna septentrionaux) et métamorphique avec intrusions granitiques au Sud (Rehamna méridionaux). Les limites entre ces blocs sont tracées par deux grands accidents : l'accident cisailant de la Meseta occidentale (ou Faille médiane) à l'Ouest et l'accident de Fom el Mejez - Ouled Zednes à l'Est (MICHARD, 1969).

Dans le bloc oriental se distinguent deux ensembles constitués chacun de plusieurs unités structurales (EL KAMEL & al., 1985) : au Nord,

l'ensemble de l'Oued Kibane à structures subméridiennes interceptées au Sud par l'ensemble du Barrage El Massira à structures obliques sur celles de l'Oued Kibane.

Dans cette contribution, nous nous intéressons à l'ensemble du barrage el Massira, particulièrement à une structure anticlinoriale tordue et oblique par rapport aux autres structures du massif: l'anticlinal (ou unité) de Koudiat el Adam.

Le synclinal de Merija situé dans le bloc central septentrional du massif (ensemble de Mechra ben Abbou, selon EL KAMEL & al., 1985) est une structure similaire à celle de Koudiat el Adam, mais de moindre étendue. Nous proposons de l'étudier dans un dernier paragraphe afin de comparer leur géométrie et leur cinématique de déformation et en déduire le mécanisme à l'origine de leur édification.

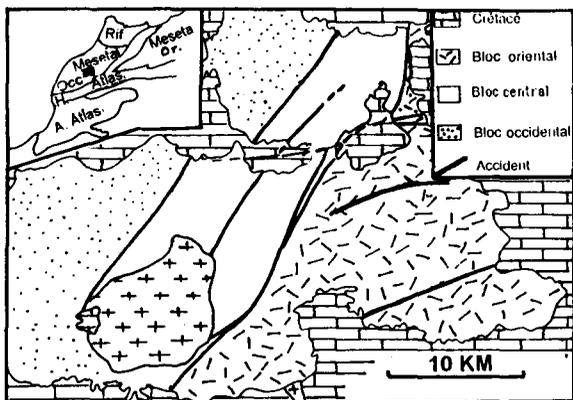


Figure 1a. : Le massif paléozoïque des Rehamna divisé en trois blocs NNE-SSW

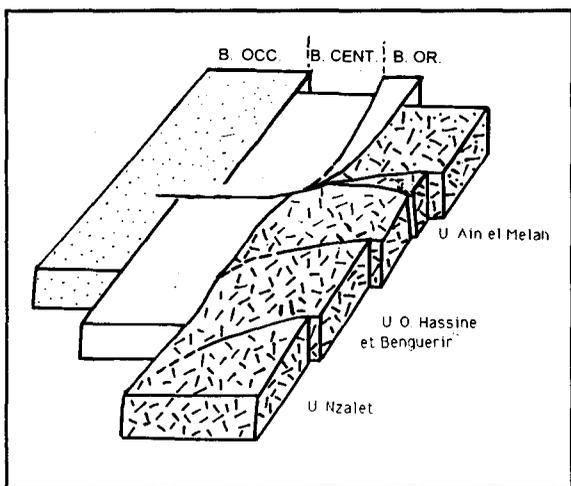


Figure 1b. : Tectonogramme illustrant les trois blocs des Rehamna et les unités du bloc oriental

Nous allons démontrer dans cette note que la structuration de l'ensemble du barrage el Massira est contrôlée par des failles $N30^\circ$ et $N70^\circ$ enracinées dans la croûte, avec une importance des structures transverses $N70^\circ$ guidant des virgations précoces et évoluant en transpression durant la compression hercynienne pour donner des structures en fleur.

STRUCTURE DE L'ENSEMBLE DU BARRAGE EL MASSIRA

L'ensemble du barrage el Massira, limité au Nord par l'accident d'Ain el Melah et à l'Ouest par l'accident des Ouled Zednes, est constitué de cinq unités (Fig. 1B et 2), généralement séparées par des contacts anormaux (MICHARD, 1969; HOEPFFNER, 1974; JENNY, 1974; CORNEE, 1982; EL KAMEL, 1987). Chacune d'elles présente une déformation et une géométrie qui lui est propre. Du Nord au Sud

nous distinguons :

- L'unité d'Ain el Melah à géométrie synclinoriale (MICHARD & al., 1982), est constituée de terrains silicoclastiques et carbonatés d'âge silurien, dévonien et viséen, découpés en trois écailles tectoniques empilées les unes sur les autres suivant une vergence nord (EL KAMEL, 1987). Cette unité chevauche vers le Nord les terrains de l'ensemble de l'Oued Kibane et est chevauchée vers le Sud par l'unité de Koudiat el Adam.

- L'unité de Koudiat el Adam est une structure anticlinoriale "est-ouest", tordue, de demi-longueur d'onde décakilométrique à matériel essentiellement grésopélitique cambrien probable et ordovicien. Elle se divise en deux arcs (Fig. 2) : un arc occidental à concavité sud (Koudiat el Adam) et un arc oriental à concavité nord (jbel Kharrou - el Mesrane).

Au niveau du premier arc, les structures sont orientées $N90^\circ$ passant progressivement à $N40^\circ$ plus à l'Ouest où on note une réduction de la demi-longueur d'onde par serrage et cisaillement au niveau de l'accident des Ouled Zednes avec déversement général vers le Nord-Ouest. L'arc oriental est caractérisé par des structures orientées $N120^\circ$, déversées et écaillées vers le Sud et Sud-Ouest ; écaillage à l'origine du passage discontinu vers le Sud à l'unité des Ouled Hassine. Notons que ce passage est continu plus à l'Ouest (CORNEE, 1982).

- L'unité des Ouled Hassine est représentée par un matériel pélitique et grésopélitique avec intercalation, suivant les formations, de conglomérats, de calcaires, de grès et d'olistolites quartzitiques dont l'âge et attribué au Dévonien. Ces terrains sont affectés d'une déformation polyphasée et d'un métamorphisme anchizonal à épizonal (HOEPFFNER, 1974; CORNEE, 1982).

- L'unité de Benguerir surmonte l'unité précédente par un contact chevauchant à vergence nord-ouest (CORNEE, 1982). Elle est formée d'un matériel phylladique et amphibolitique attribué au Viséen. Sa structuration est également polyphasée et son métamorphisme est épizonal à mésozonal.

- Au Sud de l'unité de Benguerir, les terrains pélitiques et grésopélitiques ordoviciens surmontés d'une klippe grésocalcaires viséen (CORNEE, 1982) constituent une unité que nous appelons unité de Nzalet. Cartographiquement et sur le terrain, cette unité chevauche les terrains métamorphiques de l'unité de Benguerir suivant une vergence septentrionale. Les formations molassiques et volcaniques post-orogéniques affleurent largement dans ce secteur. Leur contact par faille d'effondrement (accident des ouled Ouggad) avec les terrains de l'unité de Benguerir est une réactivation tardive du contact

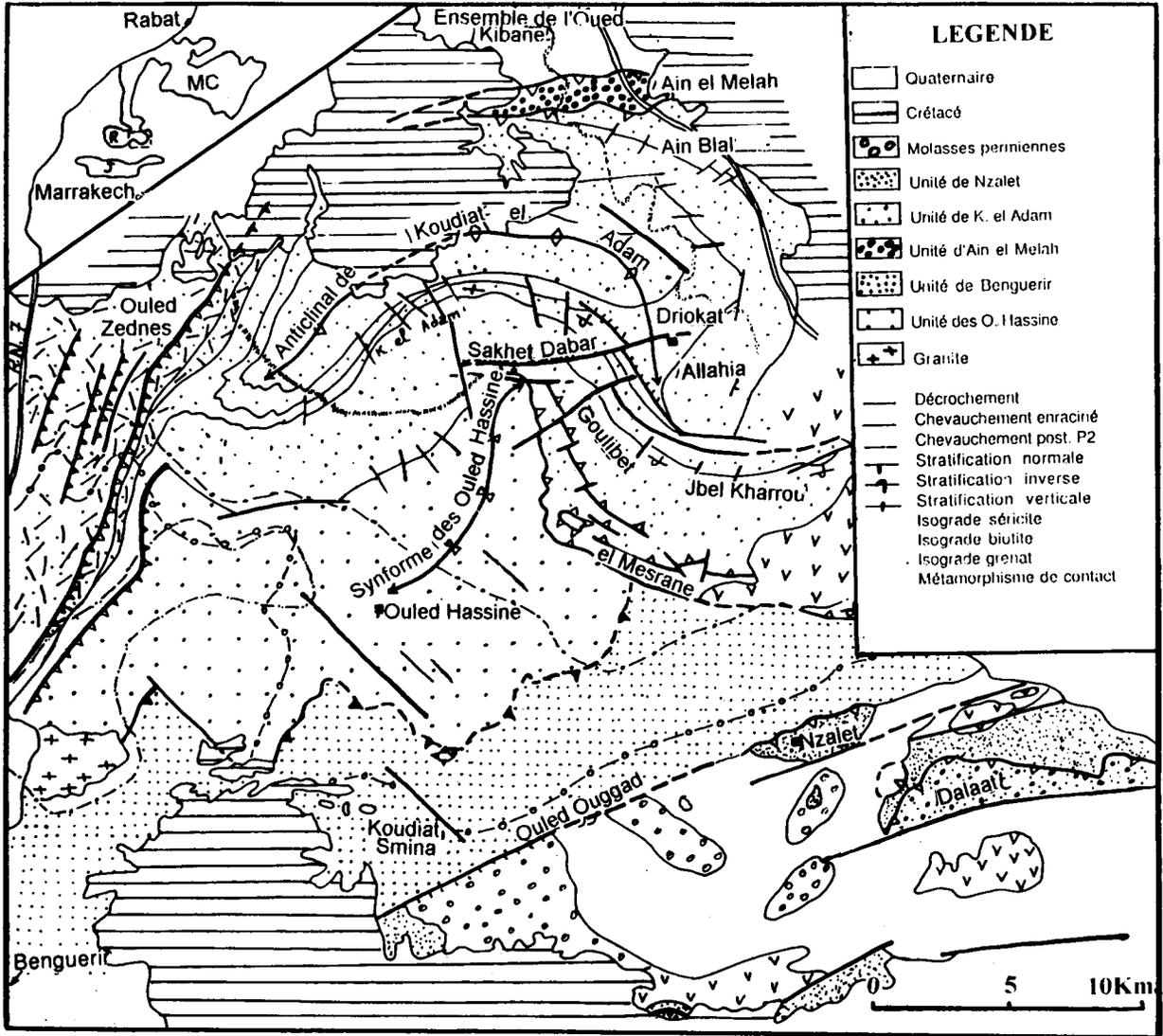


Figure 2 : Schéma structural des Rehamna sud-orientaux

chevauchant de l'unité de Nzalet sur celle de Benguerir (Fig. 2).

DEFORMATIONS HERCYNiennes DANS LA PARTIE NORD DE L'ENSEMBLE DU BARRAGE EL MASSIRA

Dans l'unité d'Ain el Melah sont empilées trois écailles tectoniques d'âge silurien, dévonien et viséen, chevauchées au Sud par le flanc nord tronqué de l'anticlinal de Koudiat el Adam et surmontant tectoniquement vers le Nord l'ensemble de l'Oued Kibane. Les écailles de cette unité sont affectées par un plissement d'intensité importante engendrant des plis de demi-longueur d'onde déci-

métrique à métrique, isopaques à semblables, droits à déversés vers le Nord. Ils sont synchrones d'une schistosité S1 planaire et pénétrative, subverticale à pentée vers le Sud et de plus en plus serrée vers l'écaille inférieur. L'orientation des axes de plis et de la schistosité est en moyenne N35° à N55° (Fig. 3). Ces directions sont nettement obliques sur les contacts anormaux tardifs qui délimitent les écailles.

Au niveau du flanc nord de l'unité de Koudiat el Adam, les couches à caractère normal sont tronquées à leur base par un contact penté au Sud et chevauchent vers le Nord l'unité d'Ain el Melah. Des plis très ouverts, décimétriques à hectométriques et à axes horizontaux y sont enregistrés. A ces plis est

associée une schistosité S1 fruste et pénétrative, en éventail, imprimée généralement dans les faciès

incompétents. La direction de cette déformation majeure varie de N70° à l'Ouest à N120° à l'Est (Ain

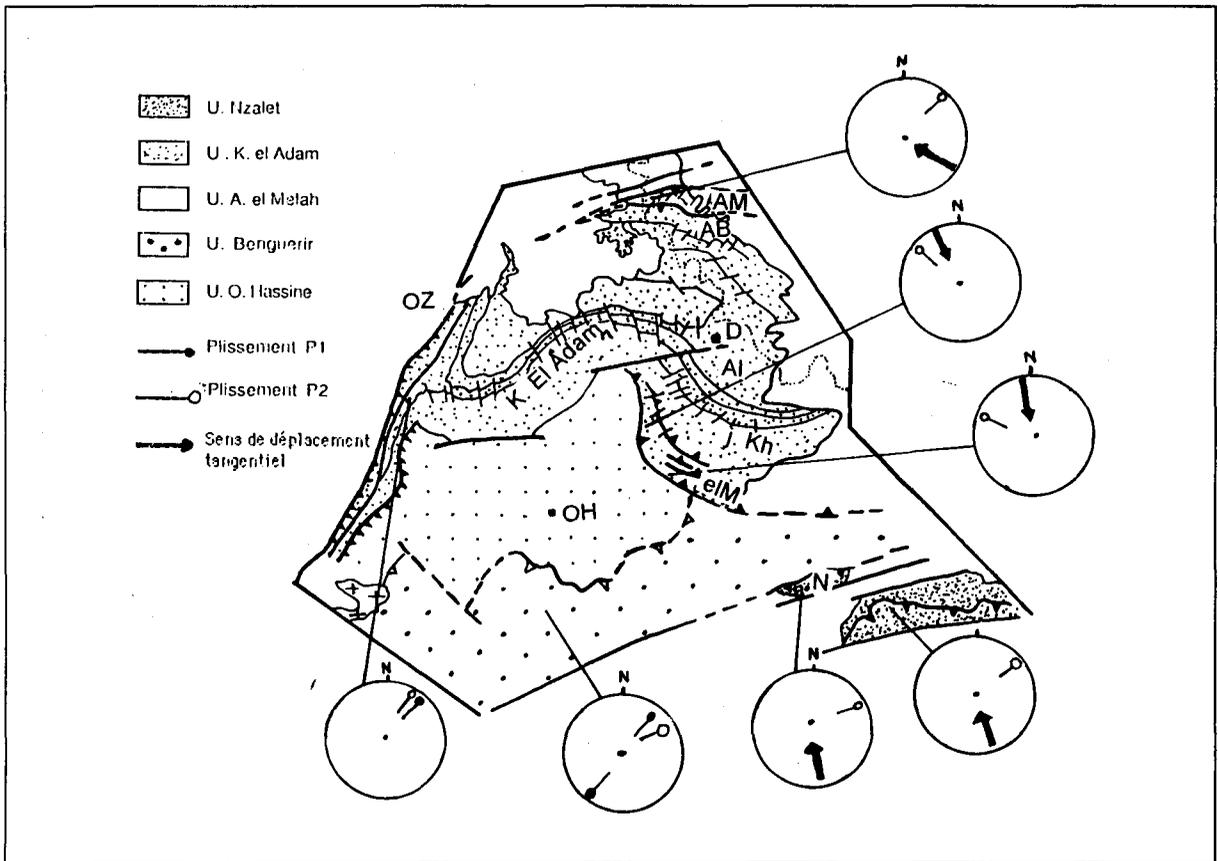


Figure 3 : Orientation des phases de plissement et sens de déplacements tangentiels dans les Rehamna sud-orientaux.

AM. Ain el Melah, AB. Ain Blal, D. Drioukat, AI. Allahia, J.Kh. Jbel Kharrou, elM. el Mesrane, OH. Ouled Hassine, N. Nzalet, OZ. Ouled Zednes.

Blal); il s'agit là d'une disposition imputable à la virgation tardive de l'anticlinal de Koudiat el Adam.

La cartographie détaillée et l'analyse structurale des affleurements laissent voir, dans la région d'Ain Blal, que le contact entre l'unité d'Ain el Melah et l'unité de Koudiat el Adam paraît à la fois chevauchant vers le Nord et décrochant dextre suivant une direction de déplacement moyenne N120°. Les autres contacts séparant les écaillés sous-jacentes ainsi que le contact frontal limitant l'ensemble du barrage el Massira et l'ensemble de l'Oued Kibane sont chevauchants vers le Nord suivant une direction variant entre N100° et N130° ; remarquons ici que ces directions de déplacement sont obliques par rapport aux contacts cartographiques qui sont en moyenne N70° à N90°. Cette obliquité ainsi que l'association de chevauchements et décrochements de même direction dans le contact supérieur évoquent

une structure en fleur résultant d'un cisaillement horizontal dans un plan vertical selon le modèle (RAMSAY & HUBERT, 1987 ; SYLVESTER, 1988) : les contacts chevauchants de cette partie nord de l'ensemble du barrage el Massira seraient une expression ultime en surface d'un cisaillement dextre N70°, profond, indiquant un enracinement des contacts (Fig.4). L'obliquité, déjà signalée, de la schistosité S1 sur les contacts anormaux cartographiés montre une activité précoce de ceux-ci. Notons enfin, qu'aucune linéation d'étirement horizontale n'a été mise en évidence pour traduire un éventuel effet transcurent synschisteux.

DEFORMATIONS HERCINIENNES DANS L'UNITE DE KOUDIAT EL ADAM

A l'Est de l'unité de Koudiat el Adam, la plaine gréso-pélique de Drioukat et le massif quartzitique

d'Allahia forment le coeur de l'anticlinal qui s'ennoie vers l'Est. La schistosité y est fruste, de type pénétrative et non planaire.

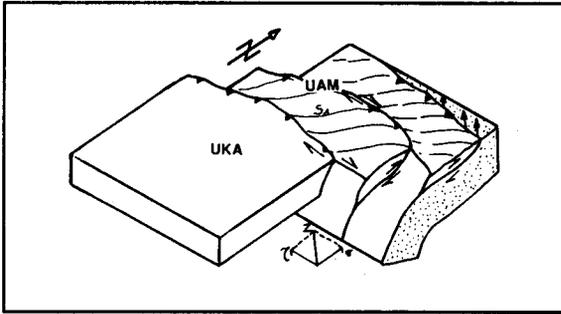


Figure 4 : Tectonogramme illustrant le style en fleurs des contacts anormaux d'Ain El Melah.
UAM. Unité d'Ain el Melah, UKA. Unité de Koudiat el Adam, S1. schistosité.

Dans la plaine de Drioukat le pendage des couches est vers le Sud-Ouest, celui de la schistosité est de 60° vers le Nord-Est. Plus au Sud-Ouest, à douar Drioukat, la stratification varie progressivement pour apparaître verticale, voir même inverse, le pendage de la schistosité devient faible (30° NE). Ceci est interprété par HOEPFFNER (1974) comme un passage continu d'un pli droit à un pli déversé à couché lors de la même phase.

Plus au Sud, le jbel Kharrou à barres quartzitiques et le jbel el Mesrane grésopélimitique sont caractérisés par des plis à flanc long et flanc court, déversés vers le Sud-Ouest. Les directions axiales sont d'environ N130° avec un plongement axial de 30° à 40° SE pouvant atteindre parfois 60° dans la zone d'ennoyage périclinale. Le déversement des plis est plus accentué plus au Sud, dans les séries d'el Mesrane où les plis tendent à devenir couchés. La schistosité qui y apparaît intermédiaire entre flux et fracture tend également à s'horizontaliser, notamment dans le matériel tendre.

Les redoublements et triplements des séries à séquences inverses sont remarquables dans cette série d'el Mesrane : c'est le résultat d'un écaillage postérieur au plissement. En effet, dans les flancs inverses des plis, les couches sont tronquées à leur base par des plans de cisaillement orientés N135°, parfois parallèles aux plans de schistosité. La conséquence de cet écaillage est le chevauchement vers le Sud-Ouest de l'arc oriental de l'unité de Koudiat el Adam sur l'unité des Ouled Hassine (HOEPFFNER, 1974; CORNEE, 1982) : il s'agit là d'un rapprochement entre les terrains septentrionaux à matériel sédimentaire et les formations méridionales à matériel affecté par un métamorphisme épizonal et

mésoszonal, rapprochement résultant d'un phénomène tectonique tardif.

Une tectonique cassante en décrochements dans trois directions est remarquable dans cette zone : décrochements N30° à N40° sénestres, N70° dextres et N140° dextres. Ces derniers, caractérisant l'arc de Koudiat el Adam, seraient selon HOEPFFNER (1974) la cause de l'arcature de l'anticlinal.

A l'extrémité occidentale de l'unité de Koudiat el Adam, dans le couloir des Ouled Zednes, les formations cambro-ordoviciennes et la demi-longueur d'onde de l'anticlinal de Koudiat el Adam se trouvent réduites par le serrage et les mouvements cisailants hercyniens. L'analyse macro- et microstructurale a permis à JENNY (1974) de mettre en évidence la succession des trois phases tectoniques suivantes (Fig. 3) :

- une phase 1 responsable d'un plissement P1, synschisteux S1, de direction moyenne N30°, plus ou moins déversé au Nord-Ouest. Elle est accompagnée d'un métamorphisme épizonal ;
- une phase 2 caractérisée par un glissement cisailant dextre dans une direction également N30° et déversé au Nord-Ouest. A la suite du cisaillement, quand il est oblique par rapport à la foliation S1, naissent des plis P2 associés à une schistosité S2 ;
- une phase 3, flexurante et fracturante, se caractérise essentiellement par des décrochements dextres N140° en moyenne.

La phase 1 serait donc responsable du plissement de la large structure anticlinoriale. Le cisaillement décrochant dextre de cette dernière, son déversement à l'Ouest et la réduction de sa demi-longueur d'onde est une conséquence de la phase 2. Enfin la phase 3, à caractère cassant, serait, selon JENNY (1974) responsable de sa torsion.

DEFORMATIONS HERCYNIENNES DANS LES UNITES DES OULED HASSINE ET DE BENGUERIR

Ces deux unités, formant dans leur ensemble un synforme, présentent la même chronologie des événements tectoniques ; elles sont caractérisées par une intensité de déformation et de métamorphisme croissant du Nord-Est au Sud-Ouest (HOEPFFNER, 1974; CORNEE, 1982). Celle-ci est en relation avec la montée d'un flux thermique marqué par l'abondance de filons de microdiorite dans ces deux unités et par la mise en place de granites dans leur extrémité sud-ouest (granite de Ras el Baéd et de Sebt Brikiine). Les déformations enregistrées sont (Fig. 3) :

- Un premier épisode de plissement P1 synschis-

teux S1 et symmétamorphe. Il est à l'origine des plis à axes courbes en moyenne N50°, associés à une schistosité de flux régionale N40°, pentée en moyenne au Sud-Est. Un déversement des structures vers le Nord-Ouest est notable.

- Un second épisode déforme localement les plis P1 en plis P2, de direction N30° à N50°, associés à un clivage S2 de crénulation qui a tendance à se paralléliser avec S1. Ce deuxième épisode est mineur par rapport au premier et pourrait en représenter le prolongement dans le temps.

- Un troisième épisode tangentiel à l'origine des chevauchements de l'unité de Benguerir sur l'unité des Ouled Hassine suivant une vergence nord-ouest.

- Un quatrième épisode engendre des kink-bands en relation avec des ondulations kilométriques. Ils sont orientés N75° et N150° avec des axes raides, constituant un système conjugué. Leur plans axiaux sont généralement N140° avec de très forts pendages vers le Nord-Est.

La mise en place de filons de microdiorites marquée dans l'unité de Benguerir précède un dernier épisode tangentiel de direction nord-sud puis une fracturation ultime N70°.

DEFORMATIONS HERCYNiennes DANS L'UNITE DE NZALET

Les déformations hercyniennes dans cette unité varient des terrains ordoviciens aux terrains viséens de la klippe de Dalaat définie par CORNEE (1982). Dans les premiers, elle se marque par une désorganisation qui est une conséquence probable de tectonique tangentielle tardive. La déformation souple qui y est décelable correspond à des plis P1 décimétriques à métriques de direction moyenne N70°. Les terrains viséens de la klippe de Dalaat sont affectés par des plis P1 métriques à décimétriques de direction moyenne N35° à l'Ouest et N110° à l'Est, impliquant une virgation imputable à une arcature qui, selon CORNEE (1982), correspond à une phase de plissement P2. A propos de cette arcature, on note une analogie avec celle caractérisant l'unité de Koudiat el Adam

Une phase tectonique tangentielle tronque les structures souples et fait chevaucher la klippe viséenne de Dalaat sur des terrains ordoviciens, eux même surmontant les terrains métamorphiques des Ouled Hassine situés plus au Nord.

Les phases ultimes sont cassantes suivant une direction N70° d'abord en décrochement dextre puis en failles normales synchrones et postérieures aux dépôts molassiques rouges, produits de démantèlement de la chaîne édifiée.

INTERPRETATION ET REFLEXION SUR LA GEOMETRIE ET LA CINEMATIQUE DE LA STRUCTURATION REGIONALE

GEOMETRIE ET CHRONOLOGIE

Un tectonogramme synthétique donne une idée générale sur la géométrie de l'ensemble du barrage (Fig. 5). Ainsi, apparaît l'anticlinal de Koudiat el Adam tronqué au niveau de ses deux flancs par des failles chevauchantes en éventail et s'enracinant au coeur de la structure. Un caractère tangentiel franc est remarquable au niveau des chevauchements à vergence sud et sud-ouest. Une géométrie analogue caractérise l'anticlinal méridional de Nzalet dont la majeure partie sud est recouverte par des terrains récents. Entre les deux structures anticlinoriales est coïncé un synforme affecté par deux chevauchements à vergences opposées.

Les déformations souples

L'examen de l'orientation des axes principaux de l'ellipsoïde de déformation finie montre que la déformation régionale présente une certaine hétérogénéité :

- Au Nord, dans l'unité d'Ain el Melah, le plan d'aplatissement principal (X,Y) est subvertical à fortement penté au Sud. Son obliquité sur les plans de cisaillement N70° (contacts entre les différentes écaillés de l'unité) est contrôlée par le jeu dextre de ces derniers.

- A l'Est de l'unité de Koudiat el Adam, au coeur de l'anticlinal, le plan d'aplatissement principal (X,Y) est penté vers le Sud au niveau du flanc nord (Ain Blal) et vers le Nord au niveau du flanc sud (Allahia), indiquant un caractère en éventail de la schistosité de fracture qui affecte cette région. La même configuration en éventail est enregistrée à l'Ouest de l'anticlinal dans le secteur de Koudiat el Adam.

- Au Sud-Est de l'unité de Koudiat el Adam (jbel Kharrou - el Mesrane), à la suite de renversement des séries, le plan d'aplatissement principal (X,Y) passe à un faible pendage nord pour devenir horizontal plus au Sud. L'origine de ce renversement sera discutée par la suite.

- A l'Ouest, dans le secteur des Ouled Zednes, la déformation aussi bien ductile que cassante est guidée par la tectonique cisailante. L'intensité élevée de la déformation qui caractérise ce secteur est à l'origine du parallélisme entre les schistosités S1 et S2, d'une part, et les plans de cisaillement à orientation moyenne N30° à N40°, d'autre part.

Dans les unités des Ouled Hassine et de Benguerir, l'orientation du plan d'aplatissement principal (X,Y) est globalement N30° à N40°. Les plis P1 et P2 montrent une tendance générale d'un transport de la matière vers le Nord-Ouest au cours d'un plissement contrôlé par un phénomène de cisaillement ductile

synmétamorphe. La zone de faiblesse dont le coulisement est à l'origine de cette déformation correspond à l'accident des Ouled Ouggad pour les raisons suivantes : une intensité de déformation élevée (schistosité S1 et S2 de flux), un métamorphisme élevé (mésozone) et enfin l'obliquité du plan d'apla-

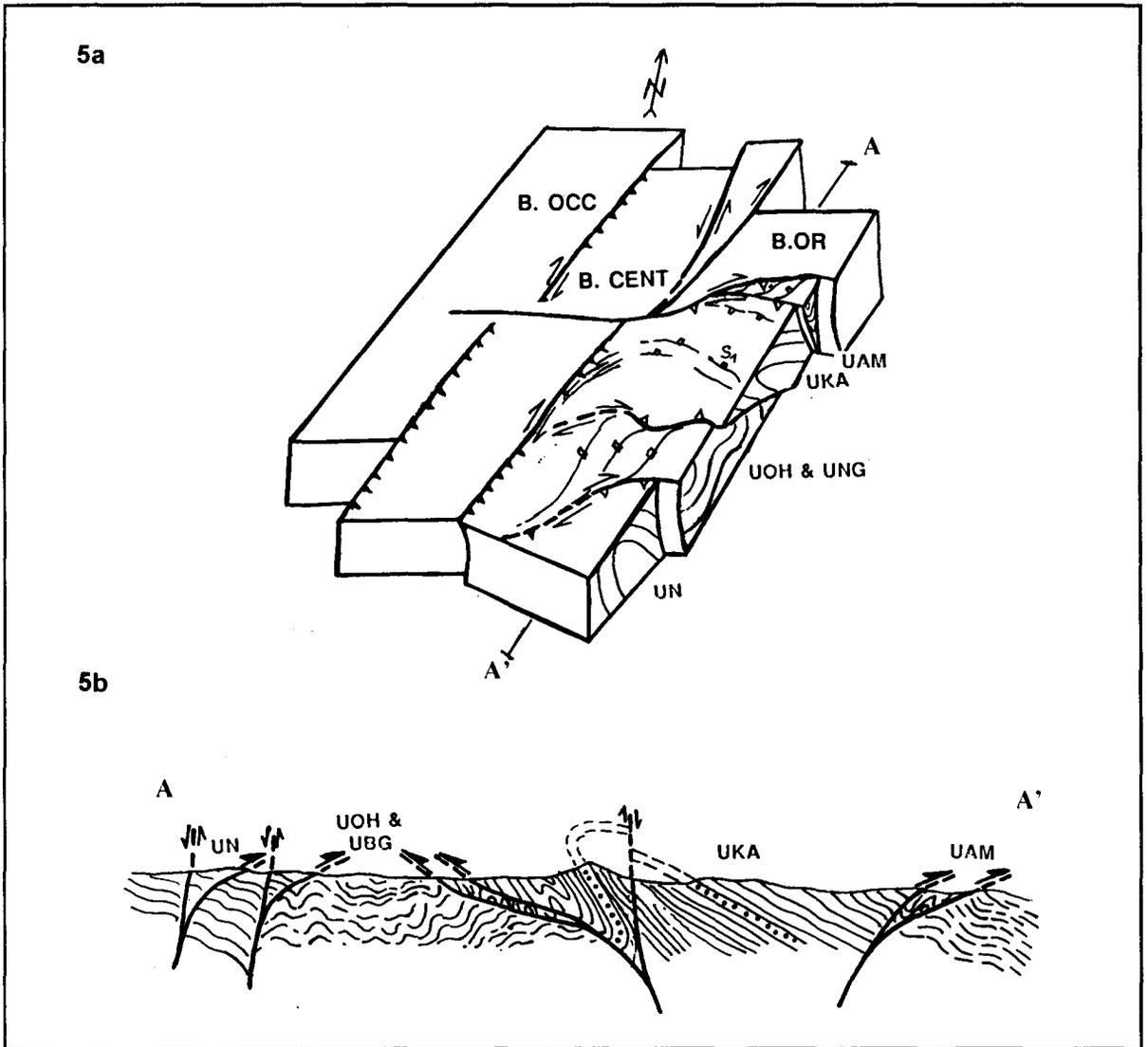


Figure 5 : Géométrie des contacts anormaux dans les Rehamna sud-orientaux vue en tectonogramme (5a) et en coupe (5b).

tissement principal (X,Y) sur cet accident.

Les déformations cassantes

Aux déformations souples succède une tectonique cassante qui se manifeste par deux épisodes tangentiels et un épisode de décrochements.

Les deux épisodes tangentiels sont distincts dans le temps :

- Le premier est celui qui apparaît après la phase

de plissement P2. Il est à vergence nord-ouest, responsable du chevauchement de l'unité de Benguerir sur celle des Ouled Hassine.

- Le second est à vergences opposées. D'une part, vers le Sud à SSW; il correspond au chevauchement des formations de jbel Kharrou - el Mesrane sur les unités métamorphiques des Ouled Hassine et de Benguerir. D'autre part, vers le Nord-Ouest faisant

chevaucher l'ensemble du barrage el Massira sur l'ensemble de L'Oued Kibane.

Comme nous le discutons ci-dessous, le chevauchement de l'unité de Nzalet sur l'unité de Benguéir selon une vergence Nord est associée au deuxième épisode tangentiel.

Les décrochements N140°, N70° et N30°-40° seraient l'expression ultime du serrage. Les deux sens de déplacement qui les caractérisent sont liés à une réorientation de la contrainte principale.

CINEMATIQUE

Après ce récapitulatif de la chronologie des épisodes tectoniques, il serait intéressant d'étudier la cinématique des déformations. Celle-ci apparaît simple, mais le mécanisme de la torsion de l'anticlinal de Koudiat el Adam le rend complexe.

Cette torsion a été interprétée comme une conséquence des décrochements dextres N140° (HOEPFFNER, 1974; JENNY, 1974 ; CORNEE, 1982). Or, la courbure de Jbel Kharrou (Fig.2) est une déformation à caractère ductile dominant. Par conséquent, le rôle de la tectonique cassante en décrochements dextres N140° ne paraît que secondaire dans l'édification de telle structure.

Pour comprendre le mécanisme de cette torsion, il est, tout d'abord, important de connaître la (ou les) direction(s) originelle(s) de la structure de Koudiat el Adam. Pour ceci, il faut remonter aux époques de sédimentation paléozoïque dans le massif des Rehamna. En effet, cette sédimentation est contrôlée par deux systèmes de failles NNE et ENE, souvent réactivés lors du serrage hercynien (EL KAMEL & al., 1985 ; EL KAMEL, 1987 ; MULLER & al., 1991 ; CORSINI, 1992 ; EL KAMEL & al., 1992). Comme le révèlent les cartes géologiques des Rehamna (GIGOUT, 1955 ; HOEPFFNER, 1974 ; JENNY, 1974; MICHARD & al., 1982 ; CORNEE, 1982, EL KAMEL, 1987), ces deux systèmes de failles constituent les principaux linéaments de l'ensemble du barrage el Massira: Ain el Melah, Ouled Zednes, Skoura et Ouled Ouggad (Fig. 1A) et de la totalité du Paléozoïque des Rehamna. C'est la mobilité de ces systèmes de failles lors du serrage hercynien qui a guidé la déformation régionale.

Ainsi, au début du serrage hercynien, se forme, dans un **premier stade**, une structure anticlinoriale coincée dans deux couloirs lui conférant une configuration originellement arquée (Fig. 5a) : à l'Ouest, le couloir des Ouled Zednes orientée N30° ; à l'Est, le couloir d'Ain el Melah - Jbel Kharrou orienté N70°. Par la suite, le plissement évolue de telle façon

que les terrains du couloir ouest se trouvent fortement serrés alors que ceux du couloir est ne le sont que modérément, sauf dans certaines zones de faiblesse héritées (secteur d'Ain el Melah et Skoura). Plus au Sud, dans la branche occidentale du synforme des Ouled Hassine-Benguéir, la déformation est intense. Elle se manifeste par un développement d'une schistosité de flux orientée en moyenne N40°, fortement pentée au Sud-Est. La branche orientale, quant à elle, est recouverte en contact tangentiel par les formations de jbel Kharrou - el Mesrane.

Ce plissement (**stade 1** : Fig.6a) paraît synchrone d'un cisaillement à composante dextre marqué dans les deux couloirs. Il s'agit là d'une configuration qui est compatible avec une orientation est-ouest de la contrainte régionale principale. selon cette même orientation de la contrainte principale, l'exagération du mouvement cisailant engendre, dans un **second stade** de déformation, une reprise de la schistosité S1 dans des couloirs de faiblesse, conjugués à ceux orientés N70°.

Dans un **troisième stade** de déformation (Fig. 6b) et après une réorientation de la contrainte principale NW-SE, intervient une tectonique tangentielle à vergence nord-ouest. Celle-ci est à l'origine du chevauchement de l'unité de Benguéir sur celle des Ouled Hassine. Selon cette même contrainte, un coulisement sur les couloirs N70° d'Ain el Melah et de Skoura engendre un déversement des structures selon un modèle en fleurs (RAMSAY & HUBER, 1987; SYLVESTER, 1988). Ce déversement est modéré au Nord (Ain el Melah), il est important au Sud (jbel Kharrou) où les failles, les plis et la schistosité associée s'inversent puis s'horizontalisent. Le chevauchement des Ouled Ouggad qui met en contact l'Ordovicien de Nzalet sur les terrains métamorphiques de l'unité de Benguéir, selon une vergence nord, est également une réponse en surface d'un cisaillement décrochant profond suivant un modèle en éventail. Il serait une branche nord en bordure d'un anticlinal méridional dont le flanc sud, est masqué par les dépôts récents.

Le déversement méridional du flanc sud-est de l'anticlinal de Koudiat el Adam est accentué par l'arcature du Jbel Kharrou qui constitue un **quatrième stade** de la déformation (Fig. 6c). Cette arcature est considéré comme une réponse ultime au mouvement coulisant dextre sur le couloir N70° d'Ain el Melah - Jbel Kharrou.

Dans un **dernier stade** de la déformation progressive (Fig.6d) intervient une tectonique cassante où sont distingués deux mouvements : le premier est une continuité progressive de la contrainte NW-SE

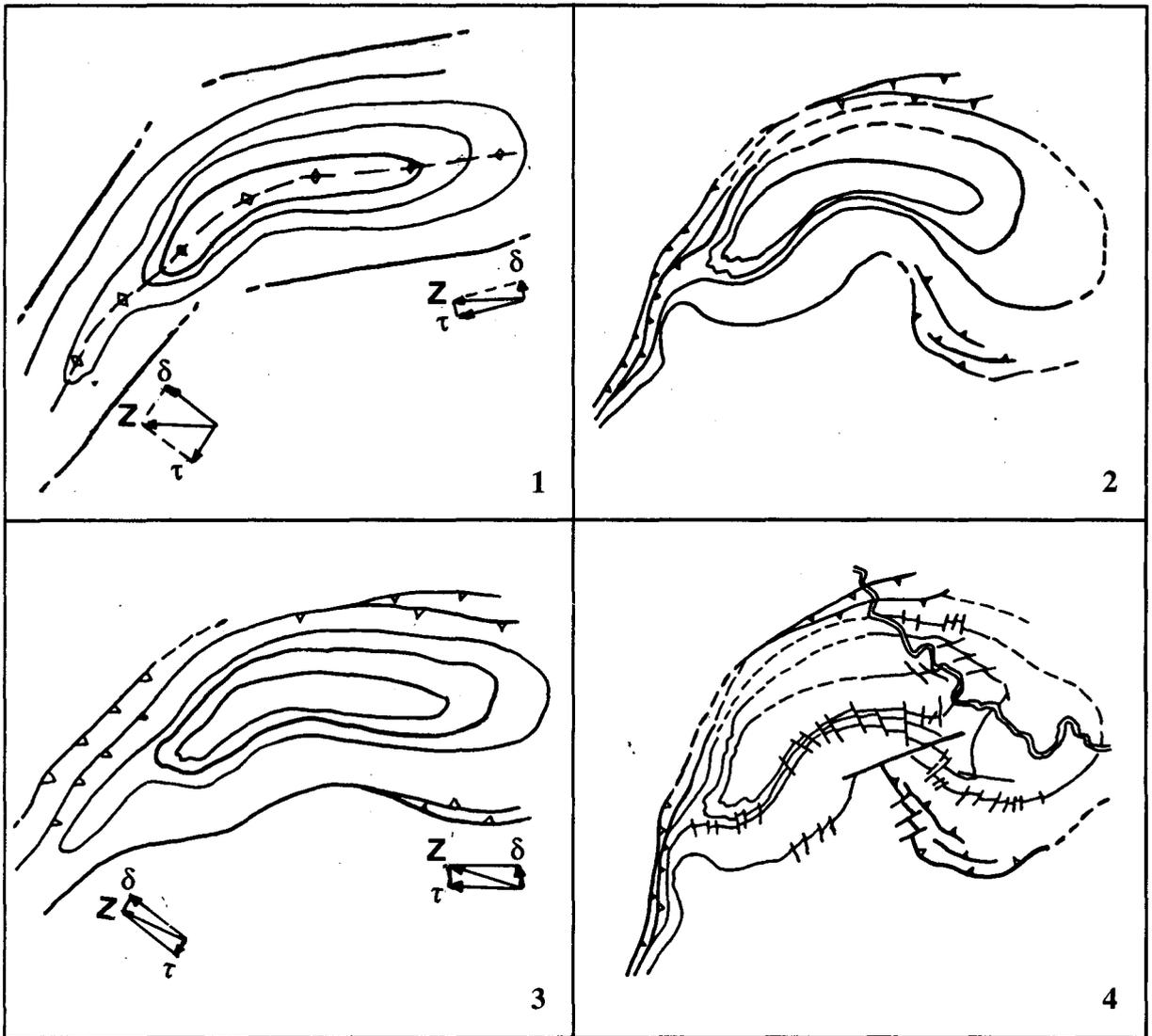


Figure 6 : Stades d'évolution de l'anticlinal de Koudiat el Adam.
1a : la composante cisailante t l'emporte sur la composante normale s ($t > s$). Le cisaillement est à l'origine des plis en échelon à Ain el Melah.
1b, bien qu'il y a cisaillement décrochant dextre, la composante normale s l'emporte sur la composante cisailante t ce qui explique l'importance du serrage et la réduction de la demi-longueur d'onde de l'anticlinal. **2a**, la composante normale est sensiblement égale à la composante cisailante ($s < t$), d'où serrage et déversement en fleurs avec cisaillement permanent. **2b**, la composante normale est nettement supérieure à la composante cisailante ($s >> t$) d'où accentuation du serrage et déversement vers l'Ouest. **3a**, l'activité permanente de la composante cisailante t déforme l'anticlinal en deux arcs dont l'oriental est déversé au Sud des structures du jbel Kharrou-el Mesrane. **3b**, serrage et déversement vers l'Ouest. **4**, la déformation cassante est responsable des décrochements N140° dextres et des décrochements N30°.

engendrant essentiellement des déplacements dextres dans les directions N70°. Le second intervient après une réorientation de la contrainte principale à NNE-SSW en moyenne ; il en résulte des décrochements N140° dextres associés à des conjugués N40° sénestres, participant partiellement à la torsion de l'anticlinal de KASC.

L'analyse de ces événements tectoniques montre que la contrainte principale régionale, responsable de la structuration régionale, est décomposée, selon le stade de déformation et selon le champ d'application, en deux composantes (Fig. 6) : une composante

parallèle aux zones de faiblesse, responsable des mouvements cisailants dextres et une composante normale, responsable des plissements en grandes structures lors de la première phase puis des déversements des structures et de leurs déplacements tangentiels vers le Nord et vers le Sud lors des phases ultérieures. Cette composante normale qui est à l'origine des structures tangentielles d'Ain el Melah, de jbel Kharrou - el Mesrane et des Ouled Ouggad se traduit par deux vergences opposées, avec dominance de la flèche sud (jbel Kharrou - el Mesrane). le résultat est ainsi : au Nord, une structure en fleur dis-

symétrique et au Sud une demi-structure caractérisant le flanc nord d'un anticlinal méridional où n'affleure que la partie nord.

COMPARAISON AVEC LA STRUCTURE SYNCLINORIALE DE MERIJA

Dans l'ensemble de Mechra ben Abbou, appartenant au bloc central septentrional du massif des Rehamna, affleure une structure synclinoriale sub-méridienne : le synclinal viséen de la Gada Jennabia.

Simple dans sa géométrie générale, cette structure se complique dans son flanc oriental par l'apparition d'un autre synclinal qui lui est presque orthogonal : le synclinal de Merija.

Comme pour l'anticlinal de Koudiat el Adam, le synclinal de Merija présente deux branches (Fig. 7) : une occidentale N30° et une orientale grossièrement est-ouest. la première représente le flanc oriental non dérangé du synclinal de la Gada Jennabia. Elle est tronquée au Sud par faille N70°. La seconde, quant à elle, est morcelée en raison du découpage par failles

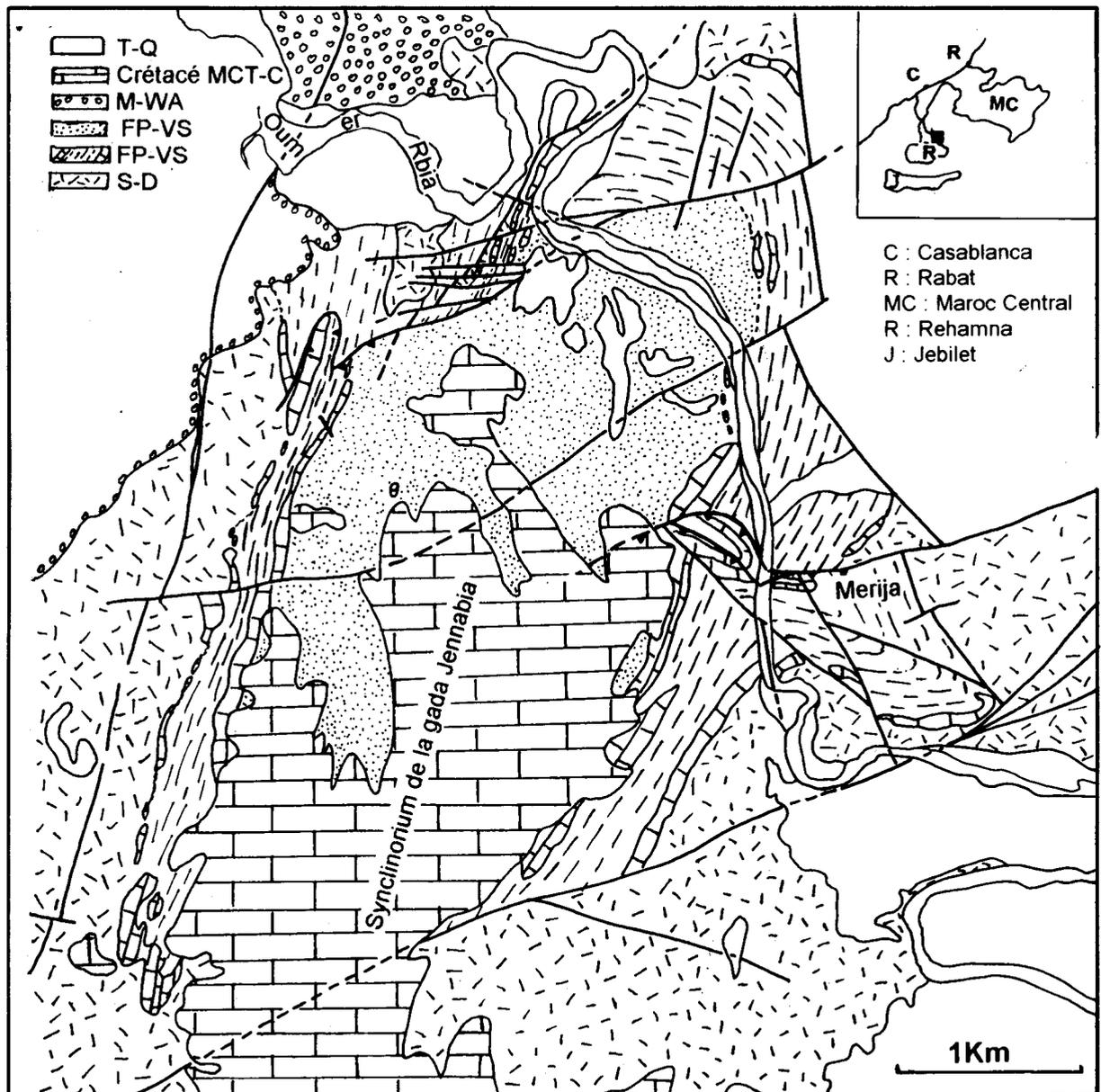


Figure 7 : Schéma structural du synclinorium de Gada Jennabia.

T-Q. terrasse quaternaire, MCT-C. marno-calcaires tabulaires du Crétacé, M-WA. molasses du Westphalo-Autunien, FP-VS. formation pélagique du Viséen supérieur, P-VS. Formation de plateforme du Viséen supérieur, S-D. substratum dévonien.

décrochantes. Elle chevauche au Nord une structure qui lui est oblique et est tronquée à l'Est par un décrochement qui la met en contact avec des formations Dévonien inférieur.

Dans la zone septentrionale de la seconde branche, les terrains sont déversés au Nord et présentent un découpage amygdalaire tangentiel. L'analyse microtectonique de cette zone révèle l'existence de plans faiblement pentés vers le Sud et le Sud-Est sur lesquels sont enregistrés des stries de friction orientées N120°. D'autres plans associés aux premiers sont N70°-80° subverticales à stries horizontales. Cette association évoque une structure en fleur asymétrique dans la quelle les plans à géométrie tangentielle en surface s'enracinent en profondeur.

Le contact chevauchant de Merija est donc une direction de faiblesse subéquatoriale analogue à celles qui lui sont parallèles : Ain el Melah, Skoura et Ouled Ouggad. Il s'agit d'une faille qui a contrôlé la géométrie du synclinal de Merija :

- au début du serrage, et selon une orientation de la contrainte principale Est-Ouest, se forme un synclinal arqué d'orientation N30° à l'Ouest et N70°-80° à l'Est. Cette dernière branche étant un moulage contre l'accident de Merija qui, lors du serrage, subit un jeu coulissant dextre.

- a la suite d'une réorientation de la contrainte régionale principale à NW-SE, les terrains septentrionaux de la branche orientale subissent un déversement puis un chevauchement vers le Nord-Ouest avec troncature basale des couches frontales.

Le découpage par des décrochements dextres NW-SE et senestres subéquatoriaux est une déformation cassante ultime, conséquence d'un changement d'orientation de la contrainte principale à NE-SW

CONCLUSION

Si la structuration hercynienne majeure en Meseta occidentale est subméridienne à NE-SW, répondant à une contrainte principale régionale est-ouest, certaines structures font exception et s'orientent suivant une direction subéquatoriale, oblique sur les premiers : le cas est celui des structures de l'axe Rabat-Tiflet et de Khatouat en Meseta nord-ouest (PIQUE & MICHARD, 1989; EL HASSANI, 1990 ; FADLI, 1990) ainsi que celui de l'anticlinal Koudiat el Adam dans les Rehamna, exposé dans ce travail. La géométrie de ces structures n'est que le résultat d'un moulage contre de grands accidents actifs en mouvement coulissant. C'est ce jeu latéral des accidents qui est d'ailleurs responsable de la structuration en Meseta marocaine : les plis qui moulent les accidents sont soit rectilignes et parallèles aux failles, soit arquées au niveau d'un coin, lieu de rencontre de deux accidents. Quand les plis sont obliques sur les zones d'accidents, ils se présentent en

échelons (PIQUE, 1979 ; EL KAMEL, 1987).

Les accidents contrôlant la structuration en Meseta occidentale se répartissent suivant deux directions principales héritées du soubassement précambrien (MULLER & al., 1991) (Fig. 8) : la subméridienne à N20° et La N70° évoluant à N45°. Le sens de coulissement de ces zones de faiblesse varie du dextre au senestre suivant l'emplacement de la contrainte principale régionale. Celle-ci est d'abord est-ouest associée à une déformation souple puis SE-NW se produisant dans un domaine structurale à déformation cassante et enfin NE-SW associée également à une déformation cassante tardive à post orogénique.

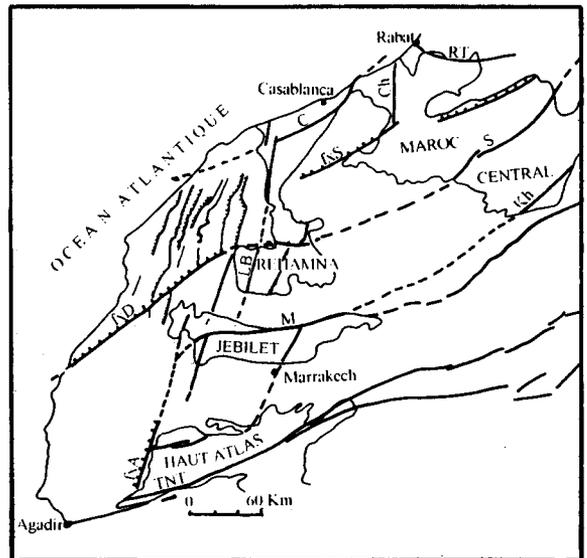


Figure 8 : Schéma structural de la Meseta marocaine occidentale. RT. faille de Rabat-Tiflet, S. faille des Smaala, Kh. faille de Khénifra, Ch. faille de l'oued Cherrat, C. faille de Casablanca, RD. faille de Ras Douaya, LB. faille de Lakhdar-Boulaouane, M. faille de Mesret, TNT. faille de Tizi n'Test, FxS. flexure de Settat, FxD. flexure de Doukkala. FxA. flexure d'Argana.

Dans ce système de fracturation, les failles transverses N70° présentent un rôle particulier. Parallèles aux failles mésétiennes majeures ; accident sud-atlasique et accident de Rabat-Tiflet, elles constituent le linéament actif dont le coulissage senestre est à l'origine de l'ouverture des bassins cambrien à viséen (PIQUE, 1981 ; PIQUE & al., 1985 ; BERNARDIN & al., 1988 ; BOUABDELLI, 1989 ; CORNEE, 1989 ; EL HASSANI, 1990 ; TAHIRI, 1991) et le coulissage dextre engendre leur fermeture (PIQUE, 1981 ; PIQUE & al., 1985 ; LAGARDE & MICHARD, 1986 ; BOUABDELLI, 1989 ; CORNEE, 1989 ; EL HASSANI, 1990 ; TAHIRI, 1991).

Remerciements: Les auteurs remercie MM. Alain PIQUE et Christian HOEPFFNER pour avoir bien voulu lire et critiquer ce manuscrit.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERNARDIN, C. ; CORNEE, J-J ; CORSINI, M. ; MAYOL, S. ; MULLER, J. & TAYEBI, M. (1988).- Variation d'épaisseur du Cambrien moyen en Meseta marocaine occidentale : signification géodynamique des données de surface et de subsurface. *Can. J. Earth Sci.*, 25, pp.2104 - 2117
- BOUABDELLI, M. (1989). - *Tectonique et sédimentation dans un bassin orogénique. Le sillon viseen d'Azrou - Khénifra (Est massif hercynien central du Maroc)*. Thèse ès-Sciences, Strasbourg, 259p.
- CORNEE, J.-J. (1982).- Etude lithostratigraphique et tectono-métamorphique des Rehamna sud-orientales. Plissements et nappes. Contribution à la connaissance de la chaîne hercynienne marocaine. *Trav. Lab. Sci. Terre, Saint Jérôme*, Marseille, Fr., série B, n° 20, 175p.
- CORNEE, J.-J. ; MULLER, J & SOUGY, J. (1982).- Style et âge de mise en place des nappes hercyniennes dans le massif des Rehamna orientale ; *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 293; pp: 453- 455.
- CORSINI, M. (1988).- *Relation entre la marge du bassin cambrien et la cinématique hercynienne de la Meseta occidentale du Maroc. Un exemple de l'influence de l'héritage tectono-sédimentaire dans une chaîne intracontinentale*. Thèse d'Univ. Aix-Marseille, 152p.
- EL KAMEL, F. ; MULLER, J. & SOUGY, J. (1985).- Dispositif sédimentaire et evolution tectonique hercynienne du Paléozoïque de Mechra Ben Abbou, Rehamna (Maroc) ; *C. R. Acad. Sci. Paris*, t 301, sér. II, n° 19, pp.1361-1364.
- EL KAMEL, F. (1987).- *Géologie du Paléozoïque des Rehamna nord-orientaux, Maroc. Evolution sédimentaire et structuration hercynienne d'un bassin dévono-carbonifère. Sédimentation et déformation des Molasses post-orogéniques*. Thèse d'Univ. Aix-Marseille, 298p.
- ELKAMEL, F. ; EL HASSANI, A & DAFIR J-E. (1992).- Présence d'une tectonique synsédimentaire dans le Dévonien inférieur des Rehamna septentrionaux (Meseta marocaine occidentale). *Bull. Inst. Sci., Rabat*, n°16, pp. 37 - 43.
- EL HASSANI, A. (1990).- *La bordure nord de la chaîne hercynienne du Maroc. Chaîne "calédonienne" des Sehoule et plateforme nord-mesétien*. Thèse es-Sciences, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 208 p.
- FADLI, D. (1990).- *Evolution sédimentaire et structurale des massifs des Mdakra et Khatout ; deux segments hercyniens de la Meseta marocaine nord-occidentale*. Thèse ès-Sciences, Rabat, 316p.
- GIGOUT, M. (1951).- Etude géologique sur la Mseta marocaine occidentale (Arrière pays de Casablanca, Mazagan et Safi). *Notes Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 86, 507p.
- GIGOUT, M. (1955).- Etude géologique de Mechra Ben Abbou. *Trav. Inst. Sci. Chérifienne, sér. Géol. Géogr. Phys. Rabat*, Maroc, 3, pp.1-67.
- HOEPPFFNER, Ch. (1974).- *Contribution à la géologie structurale des Rehamna (Meseta marocaine méridionale). Le matériel paléozoïque et son évolution hercynienne dans l'Est du massif*. Thèse de 3ème cycle Univ. Strasbourg, f., 92 p.
- JENNY, P. (1974).- *Contribution à la géologie structurale des Rehamna (Meseta marocaine méridionale). Le matériel paléozoïque et son évolution hercynienne dans le centre du massif*. Thèse de 3ème cycle, Univ. Strasbourg, F., 111p.
- LAGARDE, J. L. & MICHARD, A. (1986).- Stretching normal to the regional thrust displacement in a thrust-wrench shear zone. Rehamna massif, Morocco, *J. Struct. Geol.*, Vol., 8, n° 3/4, pp. 483 - 492.
- MICHARD, A. (1969).- Fracturations profondes et décrochement dans les Rehamna (Maroc hercynien) ; *C. R. somm. Séance soc. Géol. Fr.* pp. 89 - 90.
- MICHARD, A. & coll. (1982).- Le massif hercynien des Rehamna (Maroc). *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, n° 303, 180p.
- MULLER, J ; CORNEE, J.-J. & ELKAMEL, F. (1991).- Evolution tectono-sédimentaire d'un bassin molassique post-orogénique. L'exemple des séries conglomératiques stéphano-triasiques de Mechraâ Ben Abbou (Rehamna, Maroc). *Géologie Méditerranéenne T. XVIII*, n° 1-2 pp. 351-356.
- PIQUE, A. (1979).- Evolution structurale d'un segment de la chaîne hercynienne : la Meseta marocaine nord-occidentale. *Sci. Géol. Mém.* n° 56; 243 p.
- PIQUE, A. (1981).- Un segment de chaîne intracontinentale : la Meseta marocaine nord-occidentale. Influence des fractures du socle précambrien sur la sédimentation et la déformation de la couverture paléozoïque. *Bull. Soc. Géol. Fr., Sér. 7*, t. XXIII, n° 1, pp 3-10.
- PIQUE, A. ; CHALOUAN, A. & FADLI D. (1985).- Des rides paléogéographiques aux anticlinaux. Pérmanance des directions structurales dans la Meseta marocaine occidentale au cours du Paléozoïque. *Sci. Géol. Bull.*, Strasbourg, 38, 2, pp 147 - 153.
- PIQUE, A. (1989).- Variscan terranes in Morocco. *Geol. Soc. Amer. Special Paper*, 230, pp. 115-129.
- RAIS-ASSA, R. ; CORNEE, J.-J. ; MULLER, J. & SOUGY, J. (1983).- Les unités allochtones du massif des Rehamna, Maroc hercynien ; *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 296.
- RAMSAY, J. & HUBERT (1987).-The tectonic of modern structural geology ; *Academic Press*, Orlando, Florida, 700 p.
- SOUGY, J.; MULLER, J. & POUTCHKOVSKY, A.(1976).- Existence d'une importante tectonique tangentielle avec nappes repliées dans les Jebilet occidentales et centrales (Meseta marocaines) ; *Trav. Lab. Sci. Terre, St. Jérôme*, Marseille, Fr., Série B, n° 12, 41 p.
- SOUGY, J ; MULLER, J. & POUTCHKOVSKY, A. (1978).- Tectonique des nappes dans la Meseta marocaine hercynien ne (Jebilet - Rehamna). *6ème Réun. Ann. Sci. Terre, Orsay, Fr.*, pp. 371.
- SYLVESTER, G.S. (1988).- Strike - slip faults, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 100, pp. 1666-1703.
- TAHIRI, A. (1991).- *Le Maroc central septentrional : stratigraphie, sédimentologie et tectonique du paléozoïque. Un exemple de passage des zones internes aux zones externes de la chaîne hercynienne du Maroc. au Nord d'Oulmès*. Doctorat ès-Sciences, U. B. O., Brest, 225p.

Adresses des auteurs:

F. EL KAMEL

Faculté des Sciences Casablanca I,
Département de Géologie.

A. EL HASSANI

Institut Scientifique, Département de Géologie,
B.P. 703 Rabat-Agdal.