

Déformations post-nappes et paléocontraintes enregistrées dans le bassin miocène de Tizi-Ouzou (Grande Kabylie)

M.O. AITE*, J.P. GELARD**, J.M. SUZZONI***, B. GERY**

* Institut Génie Civil, Université de Tizi-Ouzou, Laboratoire de Géologie, Université du Maine, 72017 LE MANS Cedex

** Laboratoire de Géologie, Université du Maine, 72017 LE MANS Cedex

*** Laboratoire de Géologie; Faculté des Science, Université d'Angers 49045 ANGERS Cedex

Résumé : En Grande Kabylie, après la phase de tectogenèse majeure qui s'achève avec la mise en place des nappes, à la fin du Miocène inférieur, l'orogène alpin, maghrébin est soumis à des déformations.

L'étude des déformations de dimensions cartographiques et de la microfracturation indiquent que la région a été soumise à une tectonique polyphasée comme le montre les déformations du Miocène post-nappes du bassin de Tizi Ouzou.

Les champs de paléocontraintes correspondant à différents épisodes cassants ont été identifiés par l'analyse de la microfracturation, et traités à l'aide d'une méthode permettant de calculer des tenseurs de contraintes, assistée par l'outil informatique.

Le premier des épisodes, sans doute le plus intense (1) correspond à la déformation cartographique. C'est un épisode compressif majeur NNW-SSE, postérieur au Miocène moyen (Langhien-Serravallien) *pro parte*, post N 10 - N 13 (BLOW, 1969). Les épisodes suivants sont une distension (2) NW-SE, une compression (3) NNE-SSW et une compression NW-SE (4). L'épisode (2) pourrait être responsable de l'ouverture de petits fossés à remplissage de Pliocène inférieur dans la région de Dellys. L'épisode (4) est sans doute celui qui se prolonge actuellement.

Après avoir rappelé les principales déformations cartographiques de Grande Kabylie, nous donnons les résultats de l'analyse microtectonique de cinq sites, tous situés dans le bassin miocène de Tizi Ouzou.

Abstract : In Great Kabylia, after the phase of major tectogenesis which finishes with the overthrust nappes, the alpine orogen of Maghreb is subject to deformations in the top of Lower Miocene sequence. The deformation and microtectonic survey show that this region has been structured by polyphased tectonics.

The paleostress fields corresponding to different episodes of faulting have been identified by microtectonic analysis and processed with program computer for paleostress analysis using fault striation data. The first one (1) was a NNW-SSE compressive phase post Middle Miocene (Langhian-Serravallian).

The other stages were : (2) SE-NW distensive phase probably Lower Pliocene in age ; (3) a NNE-SSW compressive phase and (4) a NW-SE compressive phase that could still be active at the present time.

I - INTRODUCTION ET CADRE GEOLOGIQUE (Fig. 1).

La Grande Kabylie appartient aux zones internes de l'orogène alpin d'Afrique du Nord. Elle est constituée par un important noyau de socle cristallin et cristallophyllien bordé au Sud par la chaîne calcaire du Djurdjura dont la limite sud marque la séparation entre zones internes au Nord et zones externes au Sud.

Au Nord, le socle kabyle est recouvert en transgression par l'Oligo-miocène kabyle: forma-

tion marine conglomératique à la base qui s'affine vers le haut en devenant argileuse et qui admet un repère siliceux lithochronologique, les silexites. Des nappes de charriage de flyschs crétaqués à néogènes, précédés par des olistostromes, viennent se mettre en place dans le bassin oligo-miocène. Les nappes sont à leur tour recouvertes en discordance stratigraphique majeure par des formations d'âge miocène plus élevé que l'on qualifie de formations post-nappes.

Ces formations post-nappes forment le vaste bassin de Tizi Ouzou qui s'allonge d'Ouest en Est sur 70 km sur une largeur d'environ 15 km.

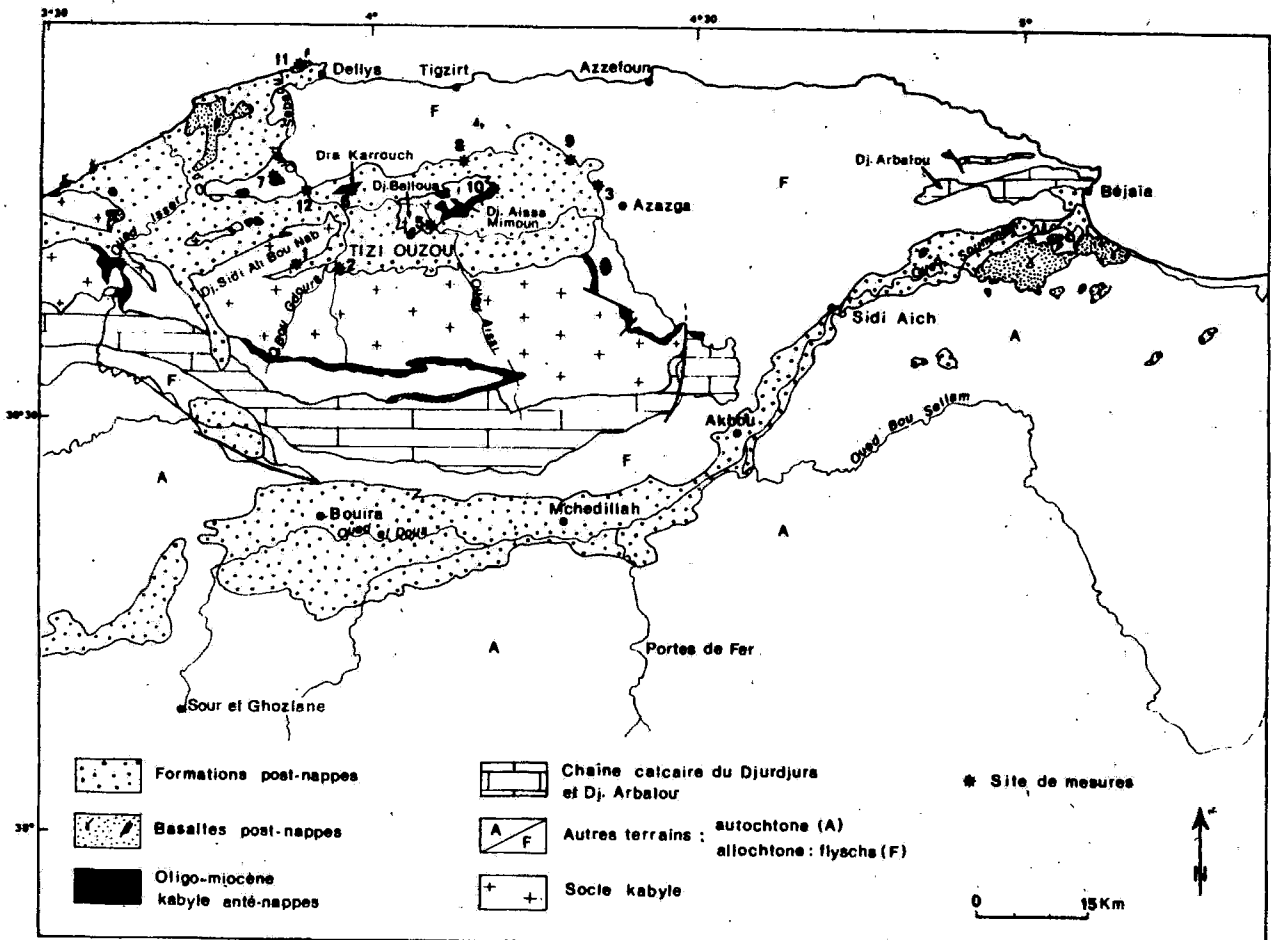


Fig. 1 - Carte schématique de localisation du Néogène post-nappes de Grande Kabylie

Au Sud de la Grande Kabylie, le long de la Soummam on retrouve des formations miocènes post-nappes, mais continentales, superposées à l'édifice formé par les nappes sud-kabyles.

Les travaux des dernières décennies sur la Grande Kabylie se sont surtout attachés à décrire le socle (G. Bossière, 1980) et à interpréter l'édifice des nappes (A. Caire, 1857 ; M. Durand-Delga, 1969 ; D. Raymond, 1976 ; J.P. Gélard, 1979 ; A. Coutelle, 1979). L'évolution post-nappes n'y a pas fait l'objet d'une étude détaillée qui a, en revanche, été réalisée autour de l'Arc de Gibraltar, au Maroc et en Oranie : Groupe de Recherche néotectonique de l'Arc de Gibraltar (1977), L. Aït Brahim (1983), L. Aït Brahim et P. Chotin (1984), L. Aït Brahim *et al.* (1990). H. Philip et G. Thomas (1977), M. Méghraoui *et al.* (1986), A. Mauffret *et al.* (1987), J.L. Morrel, (1988).

Il nous a donc paru utile d'essayer de com-

bler cette lacune d'informations sur la Grande Kabylie, et d'abord à partir du bassin de Tizi Ouzou qui est un secteur particulièrement propice, puisque :

- 1 - Le post-nappes y est très développé, offrant ainsi un large champ d'observations.
- 2 - Il est bien daté grâce à l'abondance des microfaunes et l'existence de datations absolues.
- 3 - Enfin de vigoureuses déformations (plis et fractures) y sont cartographiables.

Nous avons choisi pour cela d'ajouter à l'étude cartographique classique, dont l'essentiel est déjà connu, l'analyse microtectonique.

Après avoir rappelé les déformations post-nappes identifiées, nous décrirons sommairement la méthode microtectonique utilisée, avant d'en donner les principaux résultats.

II - RAPPEL DES DONNEES EXISTANTES SUR LES DEFORMATIONS POST-NAPPES

I - LES DEFORMATIONS CARTOGRAPHIABLES DU MIOCENE POST -NAPPES

a - Le Miocène marin du Nord de la Grande Kabylie

Il est affecté par des plis et des failles. Les structures les plus spectaculaires intéressent la région de Tizi Ouzou et de Dellys. Elles ont été décrites en détail par D. Raymond (1976). Un certain nombre d'entre elles étaient connues antérieurement, en particulier par les travaux de P. Muraour (1955). Au coeur du bassin néogène de Tizi Ouzou, le Miocène se trouve engagé dans les plis affectant le socle sous-jacent. L'axe des plis s'oriente régulièrement suivant une direction N 70. Les plis d'ampleur plurikilométrique, sont du Sud au Nord :

- le synclinal de Tizi Ouzou - Oued Aguergour
- l'anticlinal des Aïssa Mimoun -Djebel Belloua que prolonge à l'Ouest celui de Sidi Ali Bou Nab
- le synclinal de l'Oued Stita-Tadmait
- l'anticlinal du Drâ Karrouch, prolongé à l'Ouest par celui de Naciria.

Dans la région littorale, à l'Ouest de Dellys, toujours suivant une direction N 70, le Miocène post-nappes est vigoureusement redressé à la verticale et plissé (D. Raymond y a reconnu quatre plis, sur un segment d'environ 3 km). Au centre du bassin miocène, ce sont des plis droits, aigus, présentant une tendance au déversement vers le Sud (anticlinal du Drâ Karrouch). Par contre, dans la région de Dellys, il s'agit de plis systématiquement déversés vers le Nord.

A l'Est, près d'Azazga, la tectonique affectant le Miocène est plus discrète. Cependant, le Miocène y est localement verticalisé, déversé ou même renversé comme dans le secteur de Taguercif et des Aghribs. Au Sud de ce village, la bordure septentrionale du bassin miocène, renversée vers le Sud, plonge de 30 à 70° N (talus de la route Azazga - col des Aghribs). Le Miocène, à l'envers, supporte les grès numidiens du

massif des Aghribs. Le contact stratigraphique post-nappes, Miocène - grès numidiens, se trouve ainsi ployé et renversé (J.P. Gélard, 1979).

Au Nord de la Grande Kabylie, une importante phase de compression SSE-NNW, se manifeste donc cartographiquement par la genèse de plis plurikilométriques.

b - Le Miocène continental de la vallée de la Soummam

La puissante accumulation détritico continentale, d'âge miocène moyen probable, qui remplit la dépression de la Soummam est discordante sur les nappes en situation sud-kabyle. Elle n'est pas plissée, mais affectée par une fracturation plus ou moins intense.

Dans la région d'Akbou, le Miocène continental est systématiquement en contact par faille avec les flyschs ou le Tellien. Ce fait n'était pas ignoré par L. Duplan (1952) qui indiquait qu'entre « Bouïra et Sidi Aïch une faille, d'un rejet moyen de l'ordre de 800 m, affecte ce sillon (de la Soummam) dans le sens de sa longueur. Elle effondre l'Aquitainien (on sait aujourd'hui qu'il s'agit de Miocène plus élevé) par rapport au Crétacé ». Le caractère chevauchant de cet accident, a été reconnu plus tard au niveau d'Akbou (J.P. Gélard, 1969, fig. 3) où les flyschs et par endroits le Tellien recouvrent le Miocène continental. Cet accident s'observe avec netteté sur la rive gauche de l'Erzer Illoula, où la faille est inclinée à 30 ou 40° vers le NNW, ainsi que dans l'I. Tifrit au pied du village de même nom. En ce point, le Miocène plonge à 15° vers le NNW. A. Coutelle (1971, 1976) a reconnu la même structure vers l'Ouest, sur toute la bordure du sillon de la Soummam, au pied du Djurdjura. Bref, le secteur sud-kabyle a également enregistré une phase tardive de serrage non négligeable.

Les mêmes phénomènes d'inversion s'observent dans la région de Sidi Aïch (F. Laval, 1988, Pl. 86).

2 - PLIS AFFECTANT L'EDIFICE DE NAPPES

Dans le NE de la Grande Kabylie, plusieurs plis d'extension longitudinale décakilométrique ploient l'ensemble nappé, constitué par les grès numidiens, les argiles sous-numidiennes

le flysch massylien sous-jacent. Ces plis présentent la particularité d'être déversés ou renversés vers le Sud. Il s'agit principalement des trois anticlinaux suivants, du Nord au Sud (J. P. Gélard, 1979b):

- pli de Tazerout à Kebouch (au Sud du col de Tagdintt);
- pli du col de Tagma, dont le coeur est longé par la route nationale Azazga - Bejaïa;
- pli d'Iguersafen.

Ce dernier, long de 7 km, forme un pli anticlinal renversé vers le Sud, interprétable comme le résultat de l'emboutissement des nappes par le socle de l'extrémité orientale du massif de Grande Kabylie. En effet, l'axe du pli double parallèlement, 10 km au Nord, le contour du socle (J.P. Gélard, 1979, p. 242).

Des déformations de l'édifice de nappes ont été également décrites par F. Laval dans les Babors de Bejaïa (1988, p. 157 et sv.).

3 - LE RESEAU TECTONO - LINEAMENTAIRE (Fig. 2)

Ce réseau recoupe nettement les contacts de nappes ainsi que le Miocène post-nappes.

En Grande Kabylie ce réseau linéamentaire a été décrit par l'un de nous, notamment à

l'aide des images-satellites Landsat (J. P. Gélard, 1979, p. 245 et sv.) et par F. Laval (1988). Il comprend trois directions principales : N 70, N 110, N 140 et quelques directions secondaires dont la direction N 20.

La signification tectonique de ces linéaments peut être mise en évidence presque partout. La direction N 70 est celle des plis affectant le Miocène post-nappes, celle de l'accident du Djebel Arbalou près de Bejaïa (F. Laval, 1974), c'est aussi la direction des écailles du Djurdjura, etc... La direction N 140 correspond aux cassures qui découpent la bordure septentrionale du socle kabyle. Quant à la direction N 110, d'apparence plus discrète elle est représentée par des structures plissées et faillées comme celle du Bou Hatem et par des failles plus ou moins discontinues mais qui délimitent de longs couloirs comme celui long de 50 km qui va du Djebel Toukra à Abizar à travers le Nord de la Grande Kabylie.

Les deux sources thermominérales situées au Nord-Ouest de Sidi Aïch sont situées à l'intersection des failles N 110 et N 140 (Kiria) ou N 70 et N 140 (Tifra)... Le caractère sismotectonique de la direction N 110 a été prouvé par J. Roussel et R. Truillet (1976) pour le couloir Cherschell-M'Sila, où l'on connaît également des sources chaudes.

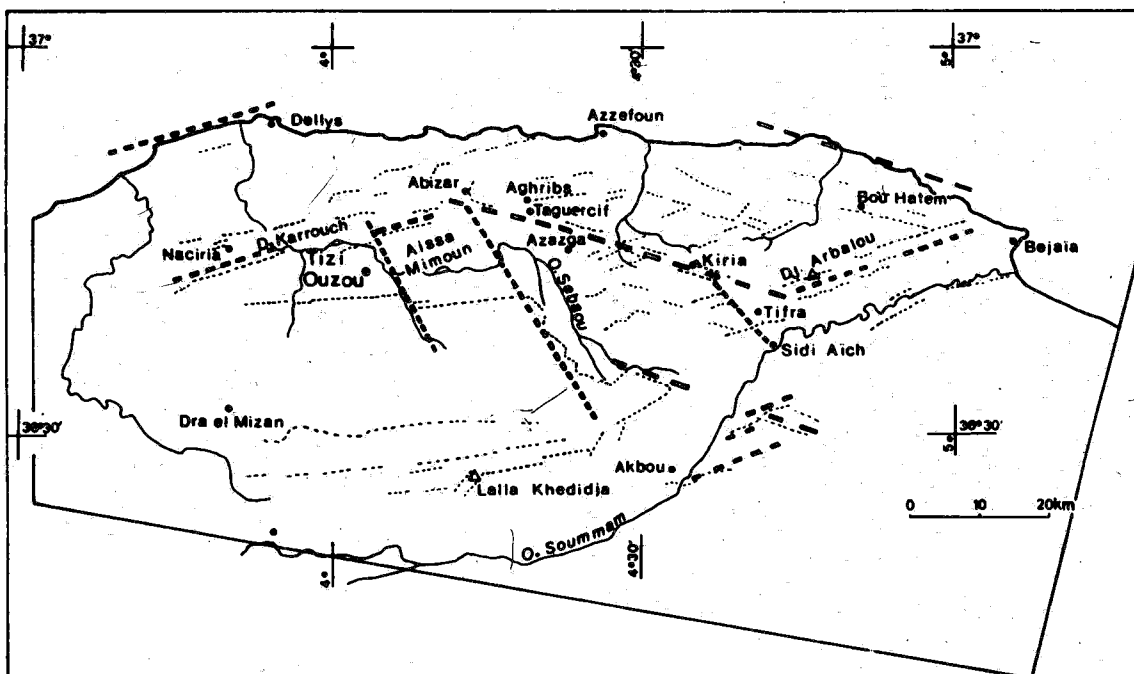


Fig. 2 - Interprétation schématique des principaux linéaments affectant la Grande Kabylie, (d'après l'image satellite Landsat 1, n° 09532-6-01).

4 - RESUME: LES PHASES IDENTIFIABLES D'APRES LES DEFORMATIONS CARTOGRAPHIABLES

A partir des données cartographiques, on met en évidence une structuration post-nappes regroupable en deux phases :

1 - Une phase de distension responsable :

- au Sud, de la formation du fossé de la Soummam;
- au Nord, de l'installation du bassin molassique de Tizi Ouzou;
- au NW (dans la région de Dellys et Cap Djinet) de la mise en place de coulées basaltiques, pendant le remplissage miocène.

2 - Une phase de compression postérieure au dépôt du Miocène post-nappes qu'elle déforme, avec :

- des plis affectant solidairement socle et Miocène dans le bassin de Tizi Ouzou;
- le plissement de l'édifice de nappes dans le Massif de l'Akfadou;
- le chevauchement tardif des nappes sur le Miocène continental de la Soummam;
- le serrage et le redressement de la chaîne calcaire.

Nous allons voir maintenant que la micro-tectonique permet d'enrichir notablement ces données.

III - REPERES CHRONOLOGIQUES

(Fig. 3).

Nous rappelons les principaux repères chronologiques qui, dans la région de Tizi Ouzou, permettent de caler les épisodes de déformation enregistrés. Nous utilisons ici comme référence la chronologie proposée par W. A. Berggren *et al.* 1985. On notera l'incertitude concernant la limite Langhien-Serravallien, que G. S. Odin et C. Odin (1990) placent eux à 14,5 MA, soit au milieu de la zone N 10 de Blow (1969). On a rapporté les âges de l'Oligo-miocène kabyle (OMK), du post-nappes et du Pliocène en référence aux biozones de Blow.

L'âge de l'OMK se réfère aux associations de microfaunes récoltées en assez grand nombre

(J.P. Gélard *et al.* (1973) ; G. Bizon et J.P. Gélard (1975) ; B. Géry (1983) et à la datation absolue des silexites du sommet de la série (M. Rivière *et al.* (1977).

L'âge des formations miocènes post-nappes est apprécié également par les microfaunes abondantes, principalement grâce aux travaux de J. Magné et D. Raymond (1974). Les associations les plus élevées indiquent l'intervalle N 10 - N 13 sans qu'il soit possible de préciser, d'où les pointillés portés sur la figure 3. Les basaltes intercalés dans le Miocène post-nappes ont été datés en valeur absolue (H. Bellon *et al.* (1977); l'âge absolu concorde avec les datations micropaléontologiques.

L'âge du Pliocène marin est déterminé par les microfaunes (D. Raymond, 1976, p. 92).

En Grande Kabylie le Tortonien et le Messinien manquent et sans doute aussi une partie du Serravallien.

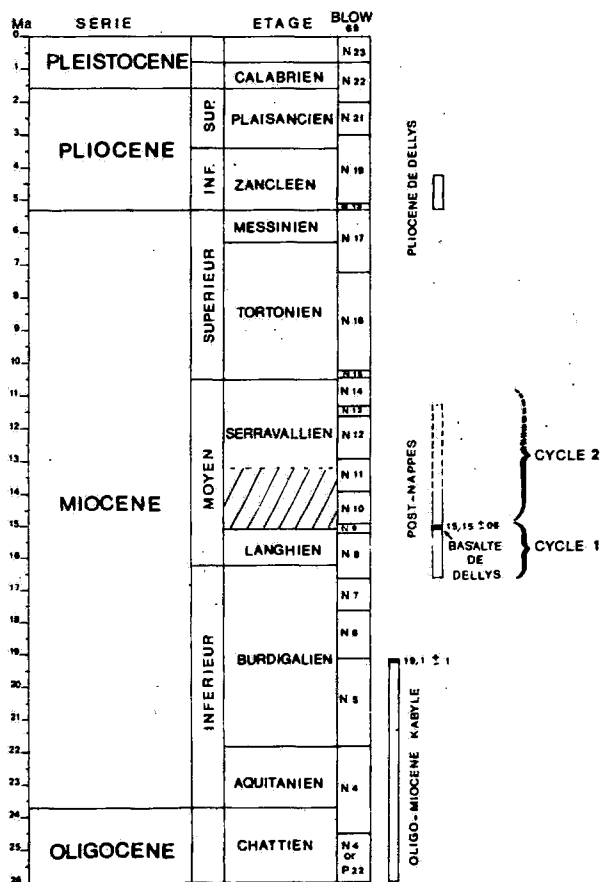


Fig. 3 - Echelle chronologique du Néogène.

IV - ANALYSE MICROTTECTONIQUE DE LA FRACTURATION

(Fig. 4).

1 - METHODE

L'analyse microtectonique a porté sur le relevé et l'interprétation des microfractures, principalement des plans porteurs de stries qui eux seuls permettent le calcul des tenseurs de contraintes. Les observations ont été faites sur diverses formations : grès, marnes et calcaires du Miocène post-nappes; basaltes miocènes; niveaux gréseux et silexites de l'Oligo-miocène kabyle. (OMK); micaschistes du socle kabyle.

La plupart des sites de mesures témoignent d'une tectonique polyphasée : décalage de fractures par d'autres, présence de plusieurs générations de stries sur un même miroir, existence de fractures incompatibles entre elles.

Le travail le plus délicat est d'analyser correctement sur le terrain l'aspect des surfaces de failles. Aux plans striés nous avons ajouté l'étude des fentes de tension qui sont souvent associées à ces plans.

L'analyse des mesures commence sur le terrain par un premier classement chronologique des déformations, ceci pour chaque site. Ce premier tri est basé sur l'observation des recouvrements de stries entre elles, ou des stries avec les fentes de tension et, bien sûr, des recouvrements des plans striés entre eux.

Nous utilisons aussi la compatibilité de différents objets tectoniques entre eux par reconstruction approximative des directions de déformations (direction d'allongement, X, correspondant à σ_3 = contrainte principale minimale et direction de raccourcissement, Z, correspondant à σ_1 = contrainte principale maximale).

Ces données triées sont ensuite traitées à l'aide de la méthode Angelier (1977, 1979, 1983, 1984) qui peut se résumer de la façon suivante : à la suite de l'idée émise par Carey et Brunier (1974) proposant de calculer le système de contraintes en fonction des jeux d'une population de failles, J. Angelier a mis au point plusieurs méthodes permettant de calculer un tenseur moyen des contraintes. Dans toutes ces méthodes, l'orientation d'une faille est considérée indépendamment de l'orientation des contraintes principales. Aussi la faille peut être un plan de

discontinuité existant avant le fonctionnement du système de contrainte : ancienne faille, joint antérieur, plan de stratification. Cette particularité de la méthode est précieuse, car le plus souvent les plans de failles que nous avons étudié sont d'anciens plans de discontinuité mécanique réutilisés. La méthode que nous utilisons ici est donc applicable, que les plans soient conjugués ou non. Par contre, elle impose d'identifier le jeu relatif des compartiments le long du plan. C'est la raison pour laquelle nous avons retenu principalement les plans striés sur lesquels il était possible de déterminer le sens de déplacement. Cependant, les autres plans dépourvus de stries ou à stries dont le jeu est indéterminable, sont quelquefois retenus car ils fournissent néanmoins une information sur les directions des populations de failles.

Le sens du déplacement est affecté d'un degré de confiance (certain, probable, supposé) qui est pris en compte dans le calcul.

2 - EXEMPLE D'ETUDE D'UN SITE MICROTTECTONIQUE COMPLEXE: LE DJEBEL SIDI ALI BOU NAB

Les sites microtectoniques témoignent le plus souvent d'une tectonique polyphasée. Le site du Djebel Sidi Ali Bou Nab en est un bon exemple (fig. 4, 1^{re} colonne).

a - Géométrie de la fracturation

Dans le flanc sud-est du Djebel Sidi Ali Bou Nab, au contact du socle avec le Miocène, la déformation cassante s'exprime essentiellement par des failles et fentes de tension qui sont les manifestations, dans les séries tertiaires du bassin de Tizi Ouzou, d'épisodes successifs faisant souvent rejouer les mêmes accidents durant le Mio-pliocène et peut-être le Quaternaire. Le relevé des observations donne :

- des failles inverses N 40 à N 70 dont quelques unes sont pures;
- des failles normales sénestres N 12 à N 70 avec quelques microdécrochements purs;
- des décrochements dextres subméridiens;
- des décrochements conjugués dextres N 115 à N 126 et sénestres N 141 à N 164 ainsi que des fentes de tension N 110 à N 140.

b - Recherche des épisodes de fracturation

A partir d'une population d'environ 70 mesures, quatre épisodes de fracturation peuvent être distingués à partir des recoupements des fractures entre elles; de la présence sur un même miroir de stries se recoupant; de pitches d'angles différents; etc...

c - Identification des champs de contraintes correspondants

Les états de contraintes reconstitués montrent dans l'ensemble une bonne homogénéité dans leur organisation spatiale permettant de définir quatre états de contraintes successifs :

- un état compressif : NW - SE (N 138) avec σ_1 horizontal et σ_3 subvertical. Il génère un système de failles inverses.

- un état distensif : NW - SE (N 139) avec σ_1 subvertical et σ_3 subhorizontal. Il génère un système de failles normales.

- un état compressif : NNE -SSW (N 21) qui met en place des décrochements dextres subméridiens.

- un état compressif : NW - SE (proche de N 136) provoque la formation de décrochements associés, dextres N 118 à N 135 et sénestres N 141 à N 164 ainsi que des fentes de tension N 110 à N 140.

3 - RESULTATS OBTENUS SUR L'ENSEMBLE DU BASSIN DE TIZI OUZOU

On retrouve sur l'ensemble du bassin la succession décrite dans le site de Sidi Ali Bou Nab. Les mesures relevées dans le bassin de Tizi Ouzou ont été traitées par l'un de nous (A. M.) au laboratoire de Géologie de l'université du Maine. Les projections stéréographiques sont dessinées directement sur table traçante. Les résultats sont résumés sur le tableau de la figure n° 4.

a - Compression NNW - SSE (épisode 1), (cf. tableau 1)

Cet épisode est le plus ancien de ceux reconnus dans le bassin de Tizi Ouzou. Il a été observé sur les sites de Drâ-Karrouch (6) de Hiddouda (8) et du Sidi Ali Bou Nab (1).

Au SE du Drâ-Karrouch, on observe que la schistosité (N 80, 90°) est congénère de la formation du pli d'axe moyen N 80. Elle s'accompagne d'un diaclasage serré de direction subméridienne auquel nous donnons valeur de fentes de tension et que nous estimons également contemporain de la schistosité (J. M. Suzzoni, M. O. Aïte, J.P. Gélard, B. Géry, 1989). En effet, les plans de schistosité et fentes de tension sont orthogonaux et ne se décalent pas mutuellement.

Tableau 1 - Tenseurs de contraintes obtenus pour l'épisode n° 1.

Nom du site n°	Drâ-Karrouch 6	Hiddouda 8	Sidi Ali Bou Nab 1
σ_1	N161 P=17°	N158 P=10°	N318 P=2°
σ_2	N070 P=3°	N250 P=8°	N048 P=10°
σ_3	N330 P=73°	N017 P=77°	N219 P=80°
Phi = (S2-S3)/ (S1-S3)	0,001	1	0,825 ≈1
système	failles inverses	failles inverses	failles inverses
compression	NNW-SSE	NW-SSE	NW-SSE

P = plongement des axes de contraintes

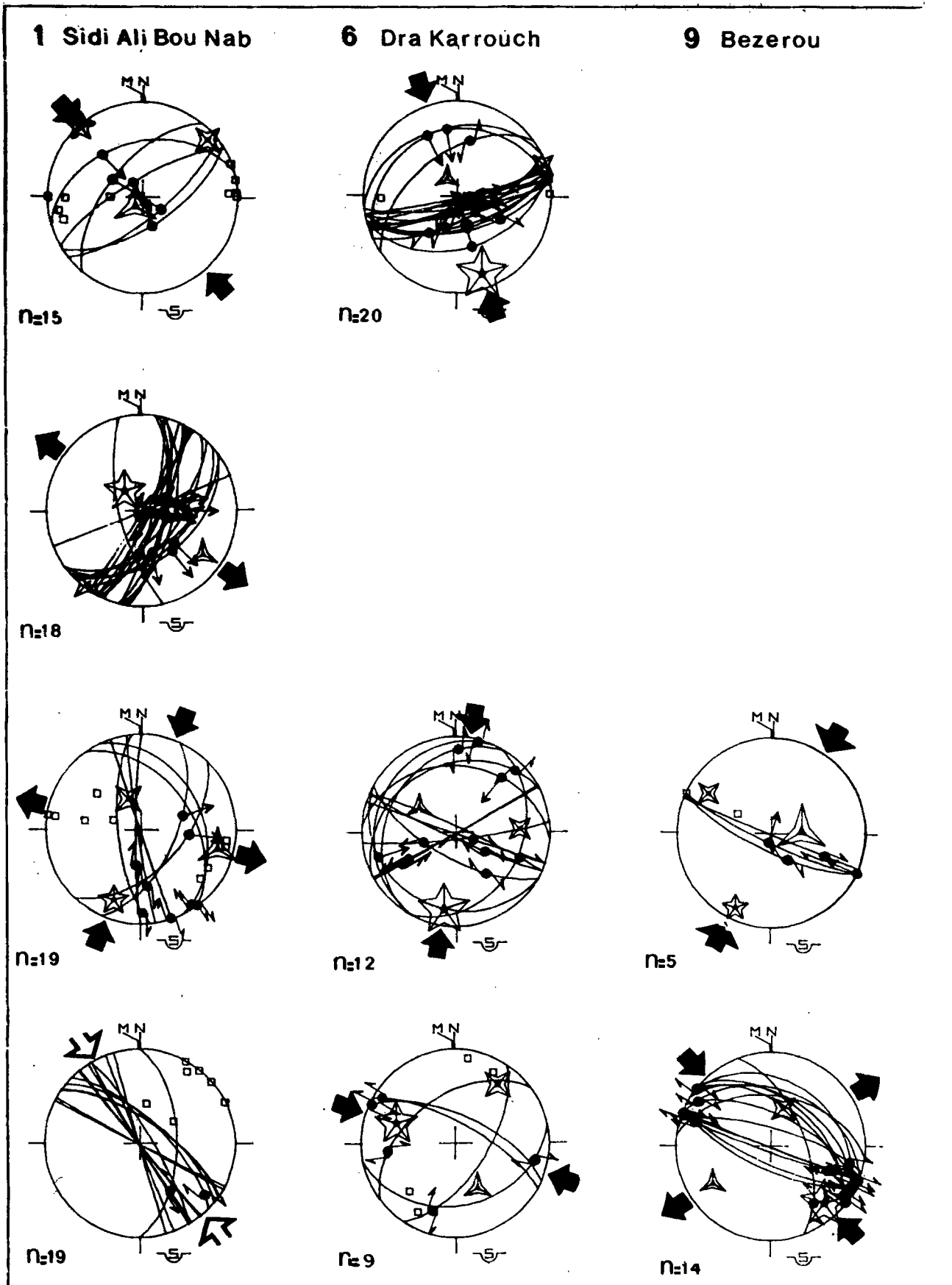


Fig. 4 - Paléogeographiques enregistrées dans le bassin post-nappes de Tizi-Ouzou.

10 Tikobaine

8 Hiddouda

Episode



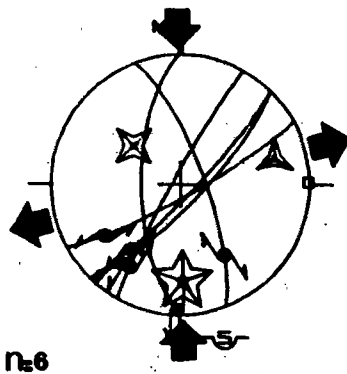
n=16

1
Compression
NNW-SSE

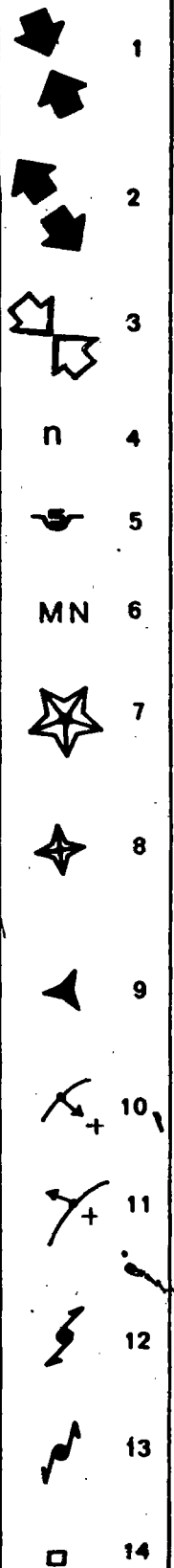
2
Distension
NW-SE

3
Compression
NNE-SSW

4
Compression
NW-SE



n=6



1 = compression et 2 = extension, déterminées par la méthode des plans striés (avec calcul des tenseurs de contraintes); 3 = compression: déterminée seulement par plans conjugués; 4 = n: nombre de mesures; 5 = projection de Schmidt hémisphère inférieur; 6 = M: Nord magnétique, N: Nord géographique; 7 = σ 1 axe de contrainte maximum; 8 = σ 2 axe de contrainte intermédiaire; 9 = σ 3 axe de contrainte minimum; 10 = strie de faille inverse; 11 = strie de faille normale; 12 = strie de microdécrochement dextre; 13 = strie de microdécrochement sénestre; 14 = pôle de fente de tension.

Le système est composé de plans qui sont essentiellement des failles inverses pures et des failles inverses à composante décrochante. Quelques fentes de tension leur sont associées.

Le tableau n° 1 fait ressortir un état de contraintes caractérisé par un σ_3 subvertical et un σ_1 subhorizontal orthogonal aux axes des plis chevauchants.

Dans le site d'Hiddouda, les failles inverses correspondent en fait à des jeux bancs sur bancs. Ces jeux sont mécaniquement conformes avec le ployage et le renversement des couches miocènes observées sur le flanc nord du bassin.

Cet épisode génère les plis N 50 à N 80 et les chevauchements associés. Il se place après le Langhien-Serravallien *pro-parte* (postérieurement à une association de microfaunes de l'intervalle N 10 - N 13) et avant le Pliocène inférieur.

b - Distension EW à NW-SE (épisode 2), (cf. tableau 2)

C'est sur le flanc SE du Dj. Sidi Ali Bou Nab que cet épisode s'observe le mieux. Il s'exprime par des failles normales N 027 à N 070.

On y a observé également une faille normale N 165 de rejet pluridécamétrique qui sectionne le contact entre le socle kabyle et le Miocène.

Les failles normales de cet épisode de distension recoupent le contact chevauchant du socle du Dj. Sidi Ali Bou Nab sur le Miocène post-nappes. Il est donc postérieur à l'épisode de compression précédent.

Nous rapprochons cet épisode en distension de la formation des gouttières NS, remplies de sédiments marins du Pliocène inférieur de la région de Oulad bou Saada à l'Ouest du bas Sebaou.

Tableau 2 - Tenseurs de contraintes obtenus pour l'épisode n° 2.

Nom du site/n°	Sidi Ali Bou Nab (1)
σ_1	N 319 P=68°
σ_2	N 218 P=5°
σ_3	N 126 P=22°
Phi =(S2-S3)/(S1-S3)	0,325
système	failles normales
distension	NW-SE

c - Compression NNE-SSW (épisode 3), (cf. tableau 3)

Il est observable sur plusieurs sites : Djebel Sidi Ali Bou Nab, Drâ Karrouch, Bezerou et Tikobaine.

L'identification de cet épisode se fait de façon diverse : famille de microdécrochements dextres associés à des microfailles normales et des fentes de tension (Sidi Ali Bou Nab et Drâ Karrouch); plans décrochants dextres et sénestres associés (Tikobaine). Il est clair que ces plans n'ont pas été tous générés au cours de l'épisode mais qu'une partie d'entre eux étaient préexistants et ont été seulement réactivés.

L'analyse des recoupements de microfractures montrent que cet épisode est plus récent que la distension NW-SE.

Tableau 3 - Tenseurs des contraintes obtenus pour l'épisode n° 3.

nom du site/n°	S.Ali B.Nab 1	Dra Karrouch 6	Bezerou 9	Tikobaine 10
σ_1	N201 P=21°	N189 P=18°	N205 P=14°	N179 P=27°
σ_2	N337 P=61°	N087 P=33°	N301 P=22°	N309 P=51°
σ_3	N104 P=18°	N304 P=51°	N086 P=64°	N075 P=25°
Phi	0,741	0,026	0,999	0,225
système	décrochant	décrochant	décrochant	décrochant
compression	N21	N10	N25	NS

Tableau 4 - Tenseurs des contraintes obtenus pour l'épisode n° 4.

Nom du site n°	Dra Karrouch 6	Bezerou 9	Sidi Ali Bou Nab 1
σ_1	N289 P=61°	N137 P=18°	N136 P=20°
σ_2	N037 P=24°	N017 P=55°	N308 P=70°
σ_3	N154 P=46°	N237 P=29°	N045 P=2°
Phi	0,275	0,159	0,078
système	décrochant	décrochant	décrochant
compression	N109	N135	N136

d - Compression NW-SE (épisode 4), (cf. tableau 4)

On observe cet épisode au Dj. Sidi Ali Bou Nab, au Drâ Karrouch et à Bezerou. L'épisode est assez bien caractérisé par des microdécrochements dextres et sénestres associés. Au Sidi Ali Bou Nab les décrochements ont été caractérisés sur les jeux potentiels grâce à des joints de Riedel associés, des fentes pennées, etc... Mais ces plans n'ayant pas montré de stries, le calcul des tenseurs n'est pas possible. On a toutefois pu estimé graphiquement les directions d'allongement et de raccourcissement les plus probables. La direction de contrainte maximale approximative est identifiable.

Les épisodes 3 et 4 sont probablement postérieurs au Pliocène inférieur. Il est probable que l'épisode 4 se prolonge actuellement. On notera l'importance des jeux le long des fractures N 110 - N 140 (Sidi Ali Bou Nab et Bezerou) dont l'importance sismotectonique a été rappelée plus haut.

V - CONCLUSION

Les études structurales, tant cartographiques que microtectoniques, menées dans le bassin de Tizi Ouzou permettent de constater qu'après la mise en place des nappes la région a été soumise à une tectonique polyphasée. Une des caractéristiques principales de celle-ci est de générer dans la superstructure des accidents cas-

sants à toutes les échelles et dont les directions sont celles du réseau tectono-linéaire de l'Afrique du Nord: N 20, N 70, N 110 et N 140, préexistantes à la paléogéographie tertiaire (Der-court *et al.*, 1985; Cattaneo, 1989;...).

Après une période de tectonique distensive initiale que l'on peut supposer complexe puisqu'elle se traduit par le dépôt de deux cycles sédimentaire anté-pliocènes, discordants entre eux, l'analyse microtectonique montre l'existence d'au moins quatre épisodes successifs de fracturation de styles différents.

Le premier épisode de fracturation accompagne une importante phase de plissement et de chevauchement, résultant ici (en Grande Kabylie) d'un état de contraintes en compression d'axe NW-SE. On peut assimiler cet épisode à la phase fini-serravallienne ou à la phase tortonienne définie en Oranie par G. Thomas (1985) et dans le Rif par H. Philip (1983), L. Aït Brahim et P. Chotin (1989), etc... Cet épisode est plus ou moins contemporain de la mise en place des nappes au Maroc qui date de la fin du Miocène moyen.

Le deuxième épisode, caractérisé par une fracturation distensive avec un allongement NW-SE, est également connu dans la partie ouest de la chaîne, où il est daté du Tortonien terminal dans le Subrif pour L. Aït Brahim *et al.* (1989) et du Messinien en Oranie pour G. Thomas (1985). En Grande Kabylie cet épisode est peut-être un peu plus récent, puisque nous pensons

le lier à la mise en place des gouthières à remplissage pliocène à l'Ouest de Dellys.

La compression NNE-SSW, caractérisée par des décrochements conjugués (épisode 3), a déjà été observée dans le bassin du bas Cheliff (M. Meghraoui *et al.*, 1986) et attribuée au Pliocène. Elle a été reconnue aussi, plus à l'Ouest, dans le Subrif (L. Aït Brahim *et al.*, 1989) et serait de la fin du Miocène.

On remarque que la structuration de la chaîne des Maghrébides se manifeste aussi microtectoniquement de façon asynchrone d'Ouest en Est.

Le dernier épisode de fracturation, une compression de direction NW-SE, se reconnaît par contre dans toute l'Afrique du Nord ainsi que dans l'Arc de Gibraltar. Il correspond au champ de contraintes actuelles (Mauffret *et al.*, 1987, etc...).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aït Brahim, L. 1983.** Etude de la déformation du Néogène à l'Actuel sur la bordure sud rifaine dans le contexte du rapprochement des plaques Afrique - Europe. Thèse Doct. 3^e cycle, Univ. Mohamed V, Rabat, 179 p.
- Aït Brahim, L. et Chotin, P. 1984.** Mise en évidence d'un changement de direction, de compression dans l'Avant-Pays rifain (Maroc) au cours du Tertiaire et du Quaternaire. *Bull. Soc. géol. France*, (1984), (7), t., XXVI, n° 4, pp. 681-691.
- Aït Brahim, L. et Chotin, P. 1989.** Genèse et déformation des bassins néogènes du Rif central (Maroc) au cours du rapprochement Europe-Afrique. *Geodynamica Acta* (Paris), 3, 4, pp. 295-304.
- Aït Brahim, L., Chotin, P. Tadili, B. et Ramdani, M. 1990.** Failles actives dans le Rif Central et Oriental (Maroc). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 310, série. II, pp. 1123-1129.
- Angelier, J. et Mechler, P. 1977.** Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisables en tectonique et en séismologie : la méthode des dièdres droits. *Bull. Soc. géol. France*, (7), t. XIX, n° 6, pp. 1309-1318.
- Angelier, J. 1979.** Determination of the mean principal stresses for a given fault population. *Tectonophysics*, 56, t. 17- t. 26.
- Angelier, J. 1983.** Analyse qualitative et quantitative des populations de jeux de failles. *Bull. Soc. géol. France*, t. XXV, n° 5, pp. 661-672.
- Angelier, J. 1984.** Tectonic analysis of fault slip data sets. *Journal of Geophysical Research*, vol. 89, n° B7, pp. 5835 à 5848.
- Bayer, R. Le Mouel, J.L. et Le Pichon. 1973.** Magnetic anomaly pattern in the western mediterranean. *Earth and planet Sci. Let.*, XIX, pp. 168-276, 5 fig.
- Bellon, H. Lepvrier, C. Magné, J. et Raymond, D. 1977.** L'activité éruptive dans l'Algérois : nouvelles données géochronologiques. *Géologie méditerranéenne*, t. IV, n° 4, pp. 291-298.
- Berggren, W.A., Kent, D., Flynn, J.J. et Van Couvering, J. A. 1985.** Cenozoic geochronology. *Geol. Soc. of America Bulletin*, v. 96, pp. 1407-1418, 6 fig., 3 tables, November 1985.
- Bizon, G. et Gélard, J.P. 1975.** Précisions sur l'âge de l'Oligo-Miocène kabyle en Grande Kabylie (Algérie) : conséquences structurales concernant le Numidien. *C.R. Somm. Soc. géol. France*, pp. 173-176, 2 fig., 1 p. ph. Paris.
- Blow, W.H. 1969.** Late Middle Eocene to recent planktonic foraminifera biostratigraphy. Proc. First Intern. Conf. planktonic microfossils, Geneva (1967). *Bull. Leiden* 1, 199-422.
- Bossiere, G. 1980.** Un complexe métamorphique polycyclique et sa blastomylonitisation. Etude pétrologique de la partie occidentale du Massif de Grande Kabylie (Algérie). Thèse Doct. Etat. Inst. Sc. Nat. Univ. de Nantes.
- Caire, A. 1957.** Etude de la région des Bibans (Algérie). Thèse. Paris. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, nouvelle série, n° 16, 1957, 818 p.
- Caire, A. 1975.** Essai de coordination des accidents transversaux en Algérie et en Tunisie. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 280, série. D., pp. 403-406.
- Cattaneo, G. 1991.** Evolution sédimentaire et paléogéographique du Jurassique supérieur et du Crétacé basal de l'avant pays rifain oriental (Maroc). *Bull. Soc. géol. France*, t. 162, n° 1, pp. 69-78.
- Coutelle, A. 1971.** Existence d'une nappe à matériel tellien dans les flyschs du versant sud du Djurdjura : un nouvel argument en faveur de l'allochtonie complète du massif de Grande Kabylie. *Bull. Soc. Hist. nat. Afrique Nord*, t. 62, fasc. 3-4, pp. 133-147, 4 fig. Alger.
- Coutelle, A. 1976.** Flyschs externes et unités telliennes du flanc sud du Djurdjura. Présentation d'un modèle d'évolution tectogénique de la Grande Kabylie. *Bull. Soc. géol. France*, (7), t. XVIII, n° 5, pp. 1387-1395, 5 fig., Paris.
- Coutelle, A. 1979.** Géologie du Sud-Est de la Grande Kabylie et des Babors d'Akbou, Thèse Doct, Université de Paris-VI, 567 p.
- Dercourt, J. et al., 1985.** Présentation de 9 cartes paléogéographiques au 1/20 000 000 s'étendant de l'Atlantique au Pamir pour la période du Lias à l'Actuel. *Bull. Soc. géol. France*, (8), t. I, n° 5, pp. 637-652, 10 cartes en couleurs hors-texte.

- Devaux, J. 1969. Recherche de l'organisation des contraintes dans le tréfond de l'Algérie du Nord. *Le rôle des failles de décrochement obliques sur l'Ouest. Bull. Soc. géol. Algérie*, HS. n° 39, pp. 41-69, 16 fig.
- Duplan, L. 1952. La région de Bougie. XIXe Congr. géol. intern., Monogr. rég. : 1^{re} série., n° 17, 39 p., 15 fig., 21 p., Alger.
- Durand Délga, M. 1969. Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, nouvelle série, n° 39, pp. 89-131.
- Durand Délga, M. 1980. La Méditerranée Occidentale : étapes de sa genèse et problèmes structuraux liés à celle-ci. *Mém. h-série. Soc. géol. France*, n° 10, pp. 203-224.
- Gélard, J.P., Lorenz, C. et Magné, J. 1973. L'âge de la transgression (Oligocène terminal - Aquitanien basal) sur le socle de Grande Kabylie (Algérie). *C.R. Somm. Soc. géol. France*, pp. 7-9, 2 fig. Paris.
- Gélard, J.P. 1976. Le flysch à base schisto-gréseux de la bordure méridionale et orientale du massif de Chellata : le flysch maurétanien (Grande Kabylie). *Bull. Soc. géol. France*, (7), pp. 676-686, 3 fig., 1 p. photo, Paris.
- Gélard, J.P. 1976. L'articulation structurale Djurdjura - Massif de Chellata (Dorsale de Grande Kabylie) : mise en évidence d'une rotation 4^{me}. *Réun. Ann. Sci. Terre*, Paris, Résumés, P. 193, 2 fig. - Livre en dépôt à la Soc. géol. France.
- Gélard, J.P. 1979a. Géologie du Nord-Est de la Grande Kabylie. Thèse Doct. Etat. Université de Dijon, 335 p.
- Gélard, J.P. 1979b. Carte géologique du Nord-Est de la Grande Kabylie, au 1.50 000e (double format). Thèse Sci., Mém. géol. Univ. Dijon, n° 5, Inst. Sc. Terre, Univ. Dijon, éd. - En dépôt au BRGM Orléans.
- Gélard, J.P. 1979c. Structuration post-nappes polyphasée au Nord-Est de la Grande Kabylie. 7^{me} Réun. Ann. Sci. Terre, Lyon, Résumés, p. 211, 2 fig., Livre en dépôt à la Soc. géol. France.
- Géry, B., Feinberg, H., Lorenz, C. et Magné, J. 1981. -Définition d'une série-type de l'Oligo-Miocène kabyle anté-nappes dans le Djebel Aïssa-Mimoun (Grande Kabylie, Algérie). *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 292, série. II, pp. 1529-1532.
- Géry, B. 1983. Situation et âge des formations sédimentaires allochtones du Nord de la Grande Kabylie : exemple du Djebel Aïssa Mimoun. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 297, série. II, pp. 729-734.
Groupe de recherche néotectonique de l'arc de Gibraltar. *Bull. Soc. géol. France*, (7), XIX, pp. 575-605.
- Laval, F. 1974. Schéma structural de l'E de la Grande Kabylie. *Bull. Soc. géol. France*, (7), XVI, pp. 303-310, 7 fig., Paris.
- Laval, F. 1988. Les flyschs nord-maghrébins dans les régions kabyles d'Algérie. Dynamique sédimentaire et tectonique. Thèse Doct. Etat. Univ. de Nice, 252 p., 118 p.
- Magné, J. et Raymond, D. 1974. Le Néogène post-nappes de la région de Dellys - Tizi Ouzou (Algérie); un enregistreur de l'évolution dynamique du NW de la Grande Kabylie après le Burdigalien. *Bull. Soc. géol. France*, (7), XVI, pp. 47-52, 2 fig., Paris.
- Mauffret, A., El Robrini, M. et Genesseeux, M. 1987. Indices de la compression récente en mer Méditerranée : un bassin losangique sur la marge nord algérienne. *Bull. Soc. géol. France*, (8), t. III, n° 6, pp. 1195-1206.
- Meyer, B. et al. 1990. Mesures topographiques sur le segment Sud-Ouest de la zone faillée d'El Asnam et interprétation mécanique des relations entre failles inverses et normales. *Bull. Soc. géol. France*, (8), t. VI, n° 3, pp. 446-456.
- Morel, J.L. 1988 Evolution récente de l'orogène rifain et de son avant-pays depuis la fin de la mise en place des nappes (Rif-Maroc) *Mém. Géodiffusion*, Univ. Orsay, n° 4, 584 p., 226 fig., 5 planches hors-texte. Orsay.
- Muraour, P. 1955. Contribution à l'étude stratigraphique et sédimentologique de la Basse Kabylie (région de Dellys - Tizi Ouzou) suivi de notes paléontologiques). Thèse. Paris. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, n° 7, 383 p., 128 fig., 6 p. Alger.
- Odin, G. S. et Odin, Ch. 1990. Echelle numérique des temps géologiques : mise à jour 1990. *Géochronique*, n° 35, 1990.
- Phillip, H. 1983. La tectonique actuelle et récente dans le domaine méditerranéen et ses bordures, ses relations avec la sismicité. Thèse Sciences, Univ. Montpellier, 138 p.
- Raymond, D. 1976. Evolution sédimentaire et tectonique du NW de la Grande Kabylie, Algérie, au cours du cycle alpin. Thèse Doct. Etat, Univ. Paris, 6, 152 p.
- Raymond, D. 1984. Carte géologique de l'Algérie, feuille 4-8-23, Dellys- Tizi Ouzou, 1.50 000e, Direct. Mines et de la Géol., Algérie.
- Rivière, M., Bouillin, J. P., Courtois, C., Gélard, J.P. et Raoult, J.F. 1977. -Etude minéralogique et géochimique des tuffites découvertes dans l'Oligo-Miocène Kabyle (Grande Kabylie, Algérie). Comparaisons avec les tuffites de la région de Malaga (Espagne). *Bull. Soc. géol. France*, (7), XIX, pp. 1169-1175, 6 fig., 2 tabl., Paris.
- Roussel, J. et Truillet, R. 1976. -Corrélations sismotectoniques sur la bordure Nord de l'Afrique. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord. Alger*, t. 67, fasc. 3 et 4, pp. 203-209.
- Suzzoni, J.M., Aïte, M. R., Gélard, J. P. et Géry, B. 1989. Analyse de la microfracturation affectant le Miocène post-nappes du bassin de Tizi Ouzou (Grande Kabylie) Algérie : Recherche des champs de paléocontraintes. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 309, série. 2, pp. 745-750.
- Thomas, G. 1985. -Géodynamique d'un bassin intramontagneux. Le bassin du Bas Chelif occidental (Algérie) durant le Mio-Plio Quaternaire. Thèse Doct. Etat, Univ. de Pau et des Pays de l'Adour, 394 p.