

DÉCRYPTAGE DE LA NÉOTECTONIQUE DANS LE MASSIF CÔTIER DE SIDI MEDJENI (DELLYS, ALGÉRIE) : BASCULEMENT ET SOULÈVEMENT DE BLOCS

Souhila BAGDI* et Ahmed NEDJARI*

RÉSUMÉ

La côte algérienne est le siège d'un régime tectonique compressif, issu du rapprochement des plaques africaine et eurasiennne. Cette dynamique est responsable de la sismicité de toute la marge nord. En mai 2003, un séisme majeur affecte la région comprise entre Boudouaou et Dellys, les effets sont multiples (Bouhadad et *al.*, 2004). La géographie se trouve spectaculairement modifiée avec un recul du trait de côte sur une centaine de mètres, dû à un soulèvement côtier avoisinant 0,8 m (Meghraoui et *al.*, 2004, Maouche et *al.*, 2011).

Une analyse géomorphologique et structurale minutieuse du massif volcanique de Sidi Medjeni (Dellys) montre qu'au cours du Quaternaire récent, la côte a subi des soulèvements répétitifs analogues à ceux mesurés lors du séisme du 21 mai 2003 ($M_w = 6,9$).

Une analyse plurielle et fine (Réseau hydrographique, photos aériennes au 1/10 000 et 1/5000, images satellites (Google Earth, 2010), section sismique (acquise lors de la campagne Maradja, 2003), coupes et mesures d'éléments structuraux sur le terrain) a permis de discriminer les différents éléments structuraux et la compréhension de l'agencement des différents blocs déterminés par des failles et des décrochements. Cet exercice a montré que ce soulèvement côtier est complexe, régit non seulement par des failles inverses sous-marines mais peut s'accompagner (comme à Dellys) de jeux de failles normales et de décrochements (visibles sur le continent). Ces derniers sont responsables d'affaissements et basculements de blocs et microblocs, engendrant ainsi des mouvements verticaux et horizontaux (déplacements) considérables.

Certains de ces accidents ont joué et rejoué depuis la fin du Néogène, durant des phases tantôt compressives, tantôt distensives (Aite, 1994 et 1995). La dernière phase compressive (régime actuel) dure depuis la fin du Pliocène. Il ressort ainsi de cette approche plurielle une micro-zonation contrôlée par la répartition des contraintes.

Mots-clés - Algérie - Tell - Dellys - Massif de Sidi Medjeni - Néotectonique - Soulèvement et basculement de blocs.

*Laboratoire de Géodynamique des Bassins Sédimentaires et des Orogènes, FSTGAT/USTHB, BP. 32, El Alia, 16111 Bab Ezzouar, Alger, Algérie

- *Manuscrit déposé le 27 Mai 2015, accepté après révision le 21 Février 2016.*

DECIPHERING NEOTECTONICS IN THE SIDI MEDJENI COASTAL MASSIF (DELLYS, ALGERIA) : BLOCKS TILTING AND UPLIFT.

ABSTRACT

The Algerian coast is under compressive tectonics regime related to the African-Eurasian convergence movement that causes active seismicity along the northern margin. In May, 2003, a major earthquake occurred in the region between Boudouaou and Dellys, the effects are multiple (Bouhadad and *al.*, 2004). The geography is spectacularly modified with a backward movement of the shoreline along hundred meters due to a coastal uplift (about 80cm) (Meghraoui and *al.*, 2004, Maouche and *al.*, 2011)

Geomorphological and structural careful analyse of the volcanic Massif of the Sidi Medjeni volcanic Block (Dellys) show that during the Recent Quaternary, the coast underwent repetitive uplifts similar to those of May 2003 earthquake ($M_w = 6.9$).

A plural and fine analysis (river drainage, aerial photos on 1/10 000 and 1/5000 scales, satellite images (Google Earth, 2010), seismic section (acquired during "Maradja 2003"), field cross section and structural elements measurement) allowed to recognize the main structural elements and understanding the organization of the various blocks determined by faults and strike-slip. This exercise showed that this coastal uplift is complex, governed not only by submarine inverse faults but can be accompanied (as it's the case in Dellys) by movement related to normal faulting and strike-slips (visible onshore) which are responsible for collapse and tilting blocks and microblocks, thus generating considerable vertical and horizontal movements.

Some of these tectonic structures were active since the Late Neogene, during the compressive, and distensive phases (Aite, 1994 and 1995). The current compressive phase lasts from the end of the Pliocene. So in that plural approach appear a micro- zonation controlled by the stress distribution.

Keywords - Algeria - Tell - Dellys - Sidi Medjeni Block - Neotectonics - Uplifted and tilted blocks.

I. SIDI MEDJENI : UN MASSIF CÔTIER CLEF

Le séisme de 2003 ayant affecté la région de Zemmouri eut pour conséquence, entre autres, le soulèvement de la côte sur une moyenne de 0,8 m dans toute la région de Dellys (Meghraoui et *al.*, 2004, Maouche et *al.*, 2011) et fut particulièrement spectaculaire sur le petit Massif de Sidi Medjeni. Nous l'avons observé dans le détail en faisant appel à des approches multiples et complémentaires :

- analyse de la géomorphologie;
- cartes topographiques, images satellites, MNT, et photos aériennes;
- observations et mesures de terrain, coupes structurales.

Le Massif de Sidi Medjni montre une tectonique récente complexe (soulèvements répétitifs et basculements de blocs) que nous avons décryptés.

DÉCRYPTAGE DE LA NÉOTECTONIQUE DANS LE MASSIF CÔTIER DE SIDI MEDJENI (DELLYS, ALGÉRIE) :
BASCULEMENT ET SOULÈVEMENT DE BLOCS

Ces enseignements sur la mobilité de la marge nord et de sa sismicité sont des plus instructifs. Après une présentation du contexte géodynamique et du cadre géologique nécessaires à la compréhension d'ensemble, nous ferons le point sur les études antérieures réalisées sur le Massif de Sidi Medjeni et nous présentons dans ce qui suit les résultats de ce travail.

Ce massif est un massif volcanique côtier situé dans la région de Dellys qui constitue la bordure nord de la Grande Kabylie (fig.1)

II. CONTEXTE GÉODYNAMIQUE, GÉOLOGIE ET GÉOMORPHOLOGIE

II.1. Contexte géodynamique

Le Tell algérien et sa marge nord (Chaîne des Maghrébides) constituent la façade méridionale de l'orogène alpin péri-méditerranéen (Durand-Delga, 1955). Son histoire est liée à l'évolution de la Téthys puis celle de la Méditerranée. Elle se caractérise par une mobilité active permanente à l'origine

d'une géologie complexe en liaison avec le rapprochement des plaques africaine et eurasienne. Cette partie représente le domaine actif responsable de la sismicité dans le nord de l'Algérie.

II.2. Cadre géologique

Dans la région de Dellys, il est classiquement distingué différentes unités géologiques,

- Au sud, affleurent (fig.2):

- * un socle ancien;
- * une partie de la Dorsale Kabyle;
- * un Oligo-Miocène kabyle (OMK , intervalle P17-N5 de Blow (19,1 Ma)) détritique, sous forme de petites fenêtres.

- Plus au nord, affleurent les nappes nord-kabyles, des nappes de glissement dont la mise en place s'est effectuée au Burdigalien (20,5-16,4 Ma), zone N6-N7 de Blow. Celles-ci sont réparties en: unité à faciès flysch d' Afir, unité tellienne de Dellys et la formation numidienne.

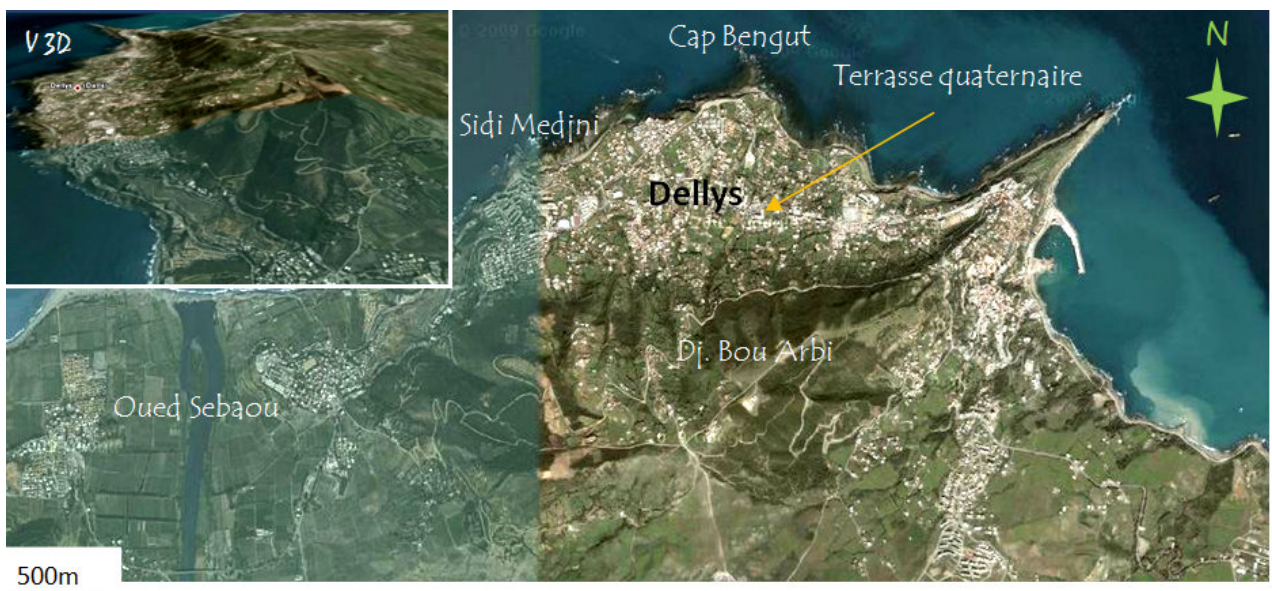


Fig. 1 - Localisation du Massif de Sidi Medjeni (Google Earth, 2010).

Location of the Sidi Medjeni Block (Google Earth, 2010)

Sur ces unités citées (sud et nord), viennent en discordance, les formations post-nappes, Delysien des anciens auteurs. Leur âge fait l'objet de nombreuses controverses : Oligocène pour Flandrin (1938) et pour Muraour (1956) et Miocène inférieur (Dame et Magné, 1955 et 1956; Magné et Raymond, 1969). Les faciès les plus récents de

cet ensemble sont datés du passage Langhien-Serravallien. Le Pliocène affleure dans la région sous forme de marnes à foraminifères et de lumachelles. Il est discordant sur le Miocène moyen et se serait accumulé dans de simples dépressions morphologiques (Muraour, 1956 et Raymond, 1976). (figs. 2 et 3)

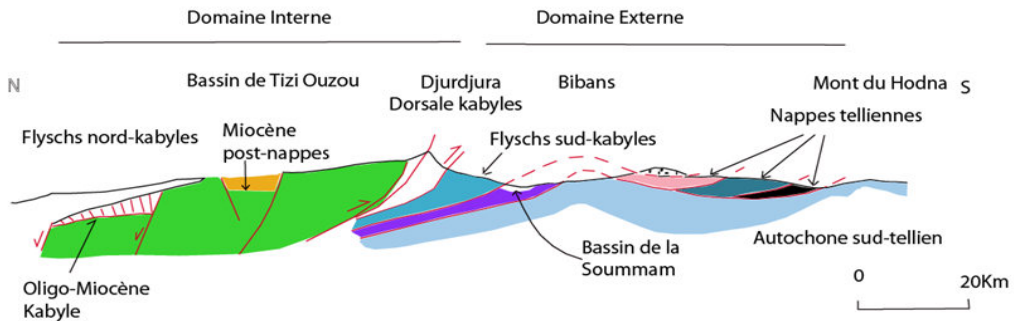


Fig. 2 - Coupe géologique Nord-Sud à travers le Tell algérien (Durand Delga, 1969, modifiée par Aite, 1994).

North-south geological cross section through the Algerian Tell (Durand Delga, 1969, modified by Aite, 1994).

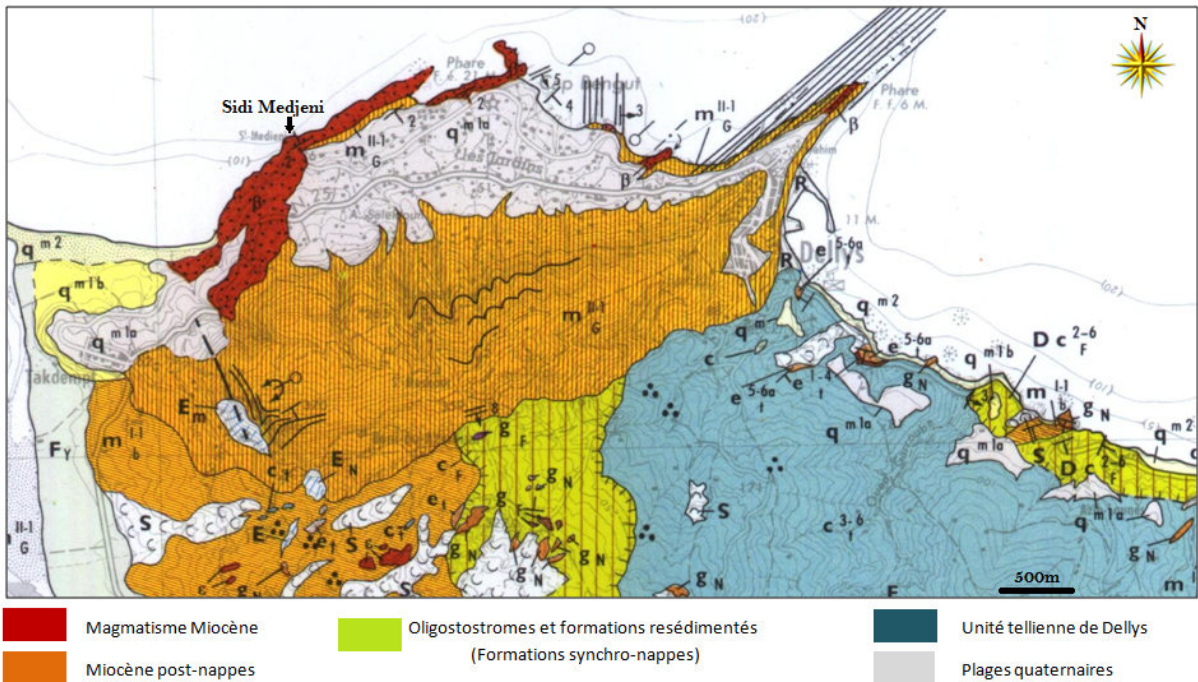


Fig. 3 - Extrait de la carte géologique de la région de Delys (feuille de Tizi Ouzou) e = 1/50 000 (Raymond, 1976).

Extract from the geological map of Delys region (sheet of Tizi Ouzou) s = 1/50 000 (Raymond, 1976)

Les roches magmatiques forment, le long de la côte, des falaises abruptes. Elles sont particulièrement bien visibles à Sidi Medjeni et au cap Bengut où elles sont représentées par des coulées volcaniques et des intervalles volcano-sédimentaires.

Ces roches ont fait l'objet de nombreuses études; la plus récente est celle de Belanteur (2001). Elle décrit des tufs, des basaltes et des andésites intercalées dans la molasse gréso-marneuse (le Dellyssien). Leur âge (datations absolues du ^{40}K - ^{40}Ar) serait compris entre 16 et 19 Ma (Belanteur et *al.*, 1995) (fig. 3).

II.3. Aspects géomorphologiques

Dans la région de Dellys, le paysage s'organise en unités géomorphologiques distinctes liées aux conditions de la géologie locale, l'hydrodynamisme littoral et le climat. Deux reliefs forment le cap Bengut et le petit cap de Sidi Medjeni à l'est qui constitue une côte rocheuse avec des falaises abruptes et escarpées. Les niveaux les plus élevés sont situés à une trentaine de mètres d'altitude. Le littoral rocheux montre plusieurs niveaux d'érosion littorale (paliers d'abrasion et excavations) liés aux différents paléorivages qui se sont établis successivement suite aux soulèvements de ce massif et probablement d'une partie de la côte. Une petite plage étale son sable à l'est de ce petit massif.

Le trait de côte, suite au séisme de 2003, a été considérablement modifié dans le positionnement et la forme. La ligne de rivage actuelle est irrégulière.

Au sud de la ville de Dellys, le Djebel Bou Arbi, un massif E-O, culmine à environ 300 m d'altitude. Il est le départ de nombreux cours d'eau qui finissent leur course en mer.

Le replat entre la mer et le Djebel Bou Arbi est occupé par une terrasse marine tyrrhénienne sur laquelle est construite la ville actuelle de Dellys.

Ce secteur est entaillé par des oueds et confluents orientés N-S, SO-NE, SE-NO. Ils prennent naissance sur les hauteurs de l'Atlas tellien et se déversent en mer. Le plus important à l'est est l'oued Sebaou. Ses crues à répétitions ont élargi sa plaine d'inondation sur des centaines de mètres.

La marge au large de Dellys est caractérisée par plusieurs ruptures de pente qui délimitent des «bassins» perchés progressivement, soulevés par des failles inverses. Les dépôts récents présentent un caractère syntectonique, en éventail, le tout étant plus ou moins perturbé par le diapirisme et le fluage salifère, (Domzig, 2006). La déformation des séries sédimentaires jugée très récente (Quaternaire), témoigne ainsi, de la forte activité sismique (Dan, 2007).

Ces unités en mer sont: la pente continentale, l'escarpement S1, le bassin profond D2 et l'escarpement S2 (fig. 4).

La localisation de la faille responsable du séisme de Zemmouri 2003 a été précisée au pied de la pente continentale (Deverchère et *al.*, 2005). Sa cartographie précise a été établie par Ayadi et *al.* (2008) (fig. 5).

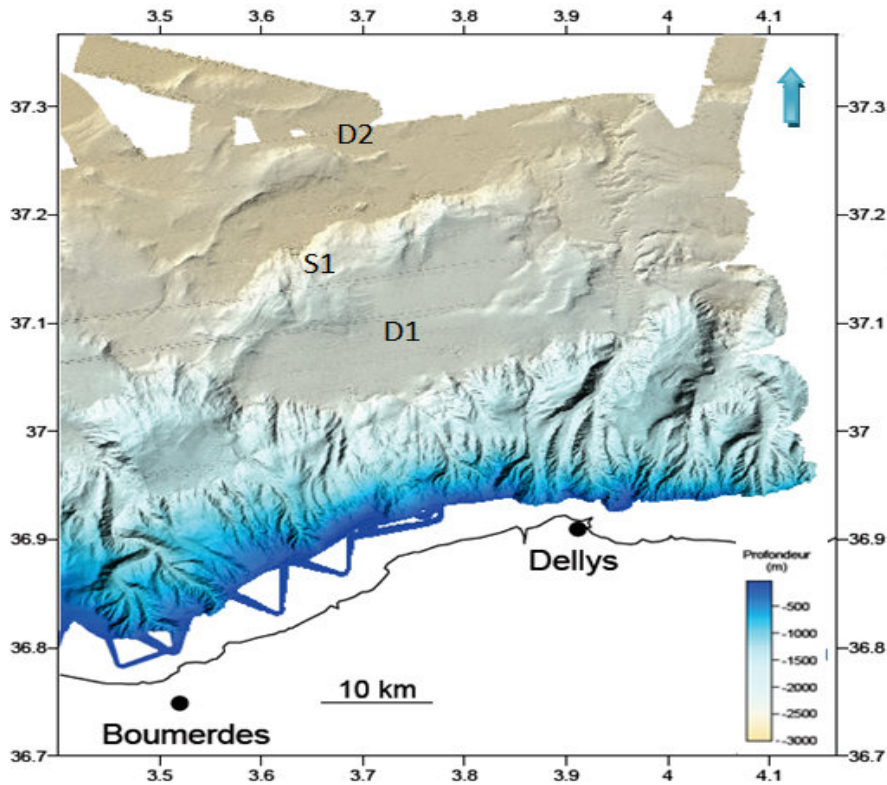
III. DECRYPTAGE DE LA NÉOTECTONIQUE DU MASSIF DE SIDI MEDJENI

III.1. La néotectonique de Sidi Medjeni dans les travaux antérieurs

Les principaux travaux d'ordre structural sur la région sont ceux de Raymond (1976) et de Aite (1994 et 1995).

Aite (1994 puis 1995) a défini les structures récentes caractéristiques de la région de Dellys, et met en évidence cinq (05) périodes de déformation post-néogène.

Il analyse la fracturation dans le Massif de Sidi Medjeni à l'emplacement du Marabout. Il décrit :



**Fig. 4 - Bathymétrie et topographie de la zone de Boumerdès-Dellys (Maradja, 2003; In: Domzig, 2006 et Dan, 2007).
Boumerdes - Dellys area Bathymetry and topography (Maradja, 2003 In: Domzig, 2006 and Dan, 2007).**

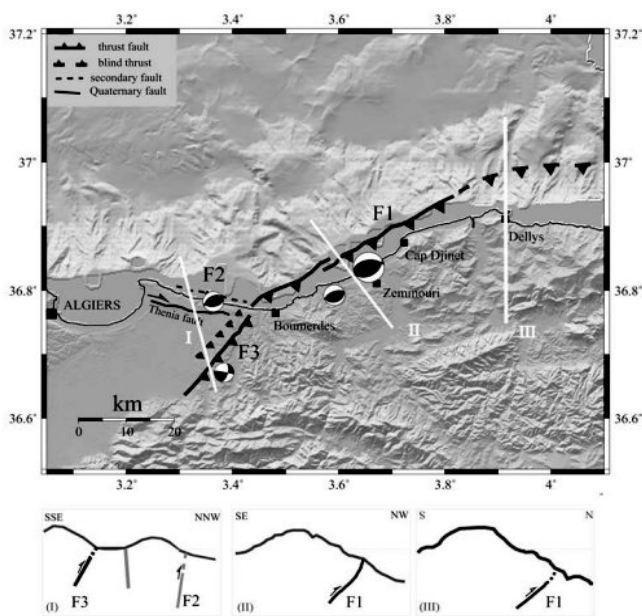


Fig. 5 - Modèle tectonique proposé pour la rupture du séisme du 21 mai 2003 et la séquence de répliques associée. F1, F2, F3 sont représentés sur les coupes schématiques avec leurs caractéristiques géométriques et cinématiques respectives. (Ayadi et al., 2008)

Tectonic model proposed for the May 21st 2003 earthquake rupture and related aftershocks sequence. F1, F2, F3 are represented on the schematic cross sections with their respective geometric and kinematic characteristics. (Ayadi and al., 2008).

- des structures de tension matérialisées par de nombreuses fissures ouvertes minéralisées de direction N080°E à N120°E;

- une série de failles normales, N090°E à N120°E de pendage SSO, contemporaines d'une phase d'émission de pyroclastites; elles semblent cacher les failles qui sont elles-mêmes postérieures aux fentes de tension traduisant une extension N-S.

Des coupes à moyennes échelles levées ou synthétisées par Raymond (1976) montrent un plissement des séries miocènes, y compris les roches magmatiques interstratifiées dans la molasse (fig. 6). Les plis serrés, d'axe N70°E sont déversés vers le nord (Aite, 1994).

En mer, des structures néotectoniques ont été décrites par Domzig (2006), elles sont globalement orientées E-O à NE-SO, perpendiculairement au champ de contraintes actuel.

L'interprétation des profils sismiques par le même auteur a permis leur identification précise. Il s'agit d'une série de failles inverses E-O et NE-

SO, de plis asymétriques, de failles normales, de bassins en Piggy-back et de rollovers et d'anticlinaux de grande longueur d'onde. La figure 7 (Bellabès et al., 2008) montre la géométrie des différentes structures tectoniques projetées sur un profil nord-sud et notamment, la position de la faille ayant généré le séisme du 21 mai 2003 Mw = 6,9.

III.2. L'apport des cartes topographiques, images satellites, MNT, et photos aériennes

III.2.1. Analyse du réseau hydrographique

Dans une région donnée, la distribution du réseau hydrographique est en liaison étroite avec les zones de faiblesse : lithologie (faciès tendres) ou accidents tectoniques (fracturation). Le relevé des principaux cours d'eau à partir de la carte topographique de Dellys (e = 1/25 000) et de l'image MNT (30 de résolution) a permis d'obtenir des cartes hydrographiques de différentes échelles. La carte à grande échelle montre une direction dominante N-S associée à d'autres orientations secondaires N060°E, E-O et N 140°E (fig. 8).

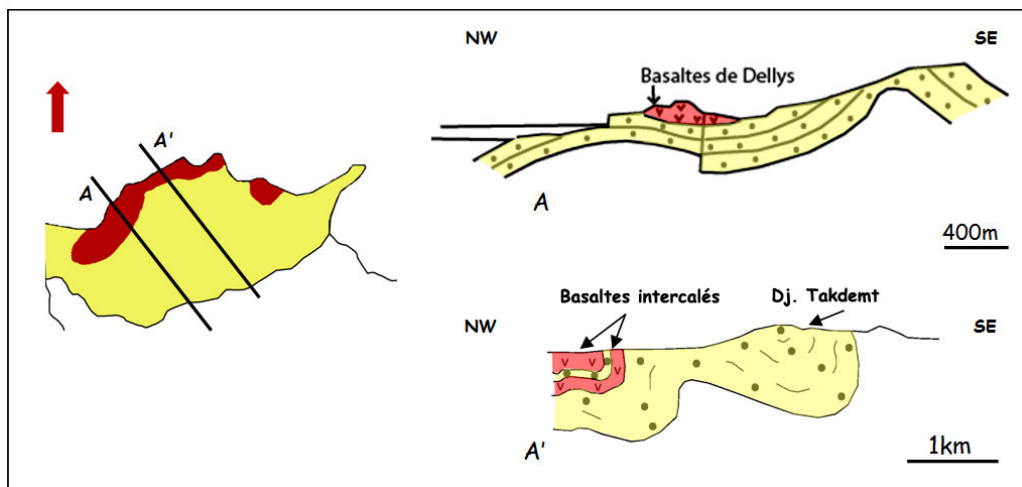


Fig. 6 - Coupes synthétiques montrant les formations volcano-sédimentaires intercalées dans la molasse dellysiennne (Raymond, 1976, modifié).

Synthetic cross sections showing the volcano- sedimentary formations intercalated in the Dellysian molasse (Raymond, 1976 modified).

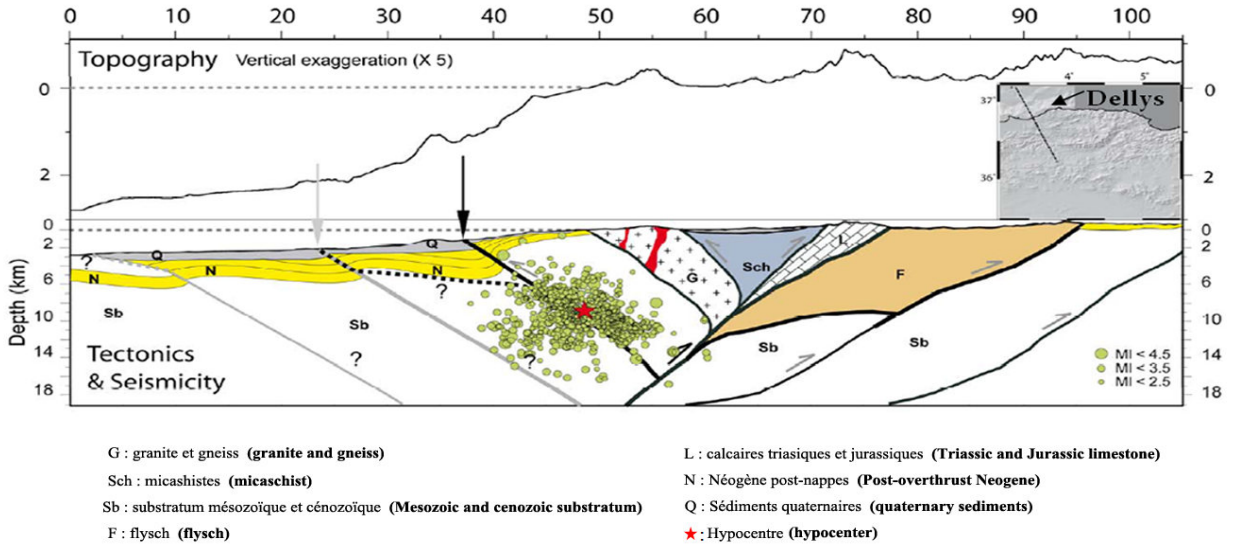


Fig. 7 - Esquisse géologique et topographique aux alentours de Boumerdès (Belabbès et al., 2008).
Geological and topographical outline around Boumerdes (Belabbès et al , 2008).

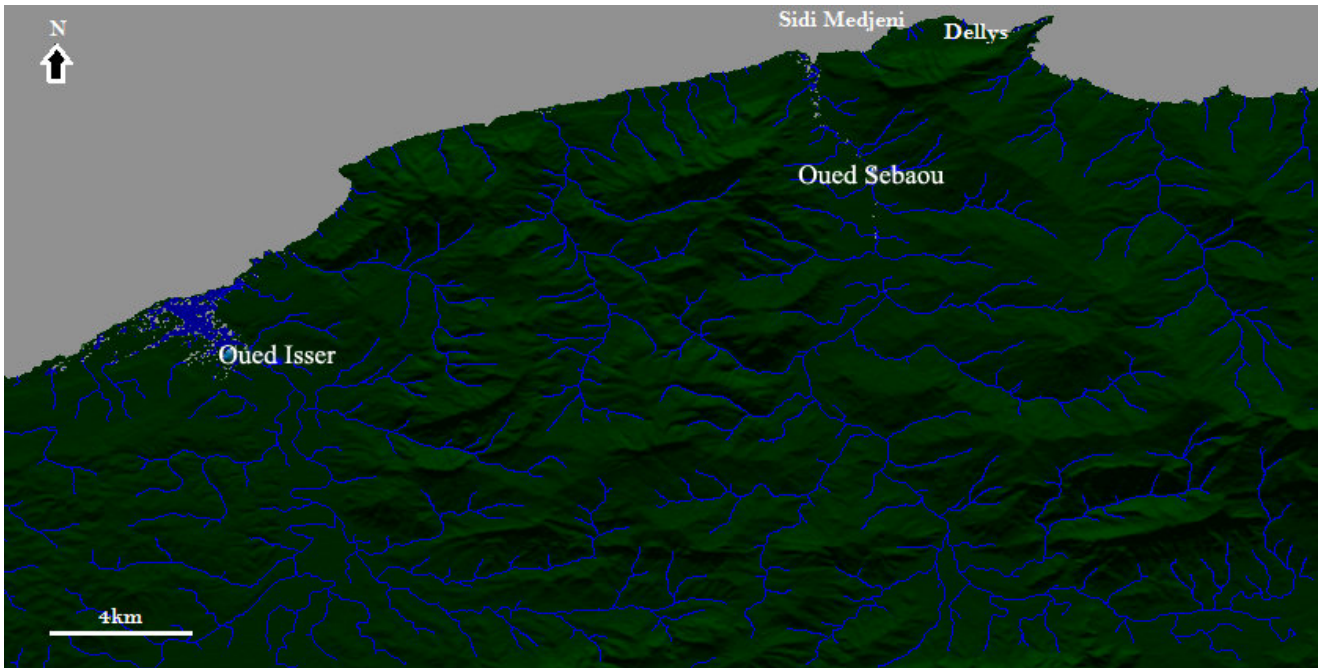


Fig. 8 - Réseau hydrographique de la région de Dellys
River pattern in the Dellys region.

DÉCRYPTAGE DE LA NÉOTECTONIQUE DANS LE MASSIF CÔTIER DE SIDI MEDJENI (DELLYS, ALGÉRIE) :
BASCULEMENT ET SOULÈVEMENT DE BLOCS

En examinant de plus près la région de Dellys, l'orientation majeure des écoulements se fait du sud vers le nord. La recherche entreprise dans ce travail est à petite échelle (Massif de Sidi Medjeni). Une analyse plus fine s'impose, c'est pourquoi nous avons opté pour l'image MNT, dont le résultat confirme à petite échelle les directions observées à grande échelle : N000°E, N40-60°E, N085° E et N140° E.

III.2.2. Vues aériennes (images satellites et photos aériennes) et fracturation

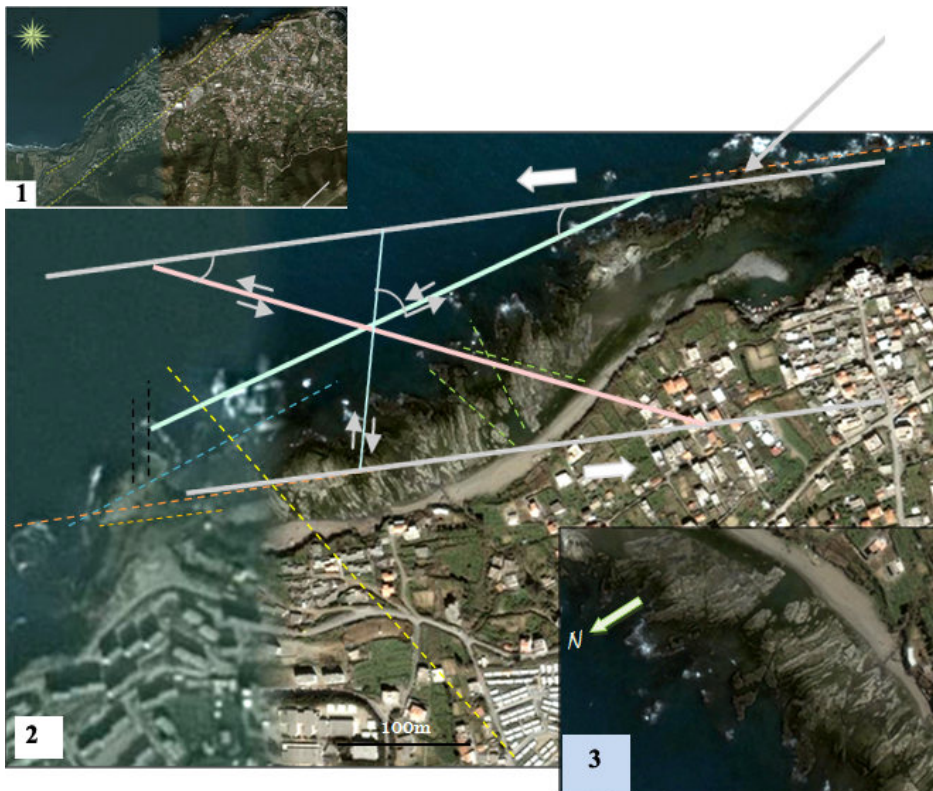
Des images satellites (2D et 3D) à différentes échelles ont été analysées (fig. 9).

L'essentiel de la fracturation ayant affecté le Massif de Sidi Medjeni apparaît sur les images satellites. Il s'agit de directions quasi superposées

à celles obtenues à partir de l'analyse du réseau hydrographique avec :

- N060°E : elle constitue une direction principale, parallèle à l'allongement du massif et donc des séries volcano-sédimentaires étudiées. Cette disposition traduit le rôle guide qu'ont joué ces accidents dans la mise en place de ces séries. Les failles de direction N060°E seraient des failles profondes. Leur jeu serait pluriel fonction du régime tectonique (tantôt compressif, tantôt distensif).

- N080°E-N085°E : elles sont bien visibles et délimiteraient un couloir de cisaillement tectonique (fig. 9). Les fractures asso-ciées (de Riedel) et le déplacement des blocs sont vérifiés sur un schéma linéaire obtenu à partir de la photo aérienne au 1/10 000.



**Fig. 9 - Images satellites du Massif de Sidi Medjeni (Google Earth, 2010).
Satellite Images of the Sidi Medjeni Block (Google Earth , 2010).**

- N 0140°E: elles apparaissent sous forme de cassures affectant les séries volcaniques ainsi que la molasse.

NB : les orgues volcaniques dessinent des formes géométriques. Vues du ciel, elles peuvent être confondues avec les fractures.

* Le schéma linéaire (fig. 10) obtenu à partir de l'analyse de la photo aérienne prise (quarante) 40 heures après le séisme de mai 2003, ($e= 1/10\ 000$) permet une analyse plus fine. Il montre une zone très accidentée avec des failles et des décrochements. Plusieurs directions apparaissent (les valeurs sont également mesurées sur le terrain). Ces accidents tectoniques découpent la côte en blocs et microblocs et conditionnent les mouvements verticaux et horizontaux.

Un couloir tectonique est limité par des accidents décrochants sénestres orientés N080°E (figs. 9 et 10), les structures tectoniques associées sont orientées:

- N100-N110°E : ce sont les plus représentatives (sur photos aériennes et sur terrain). Elles seraient synchrones de l'émission des pyroclastites de Dellys et auraient joué en failles normales. Celles-ci ont probablement joué en décrochement sénestre et représentent ainsi les plans P de Riedel.

- N065°E : elle correspond à une direction préexistante citée précédemment (responsable de la mise en place des séries basaltiques). Celle-ci aurait joué au minimum à quatre reprises :

- . en faille normale lors de la phase de distension responsable de l'ouverture du bassin de Tizi Ouzou;

- . en décrochement sénestre ayant le même mouvement que le cisaillement principal (C : N080°E). Elles correspondent aux R de Riedel;

- . en faille inverse: probablement au début du régime compressif de direction NW-SE;

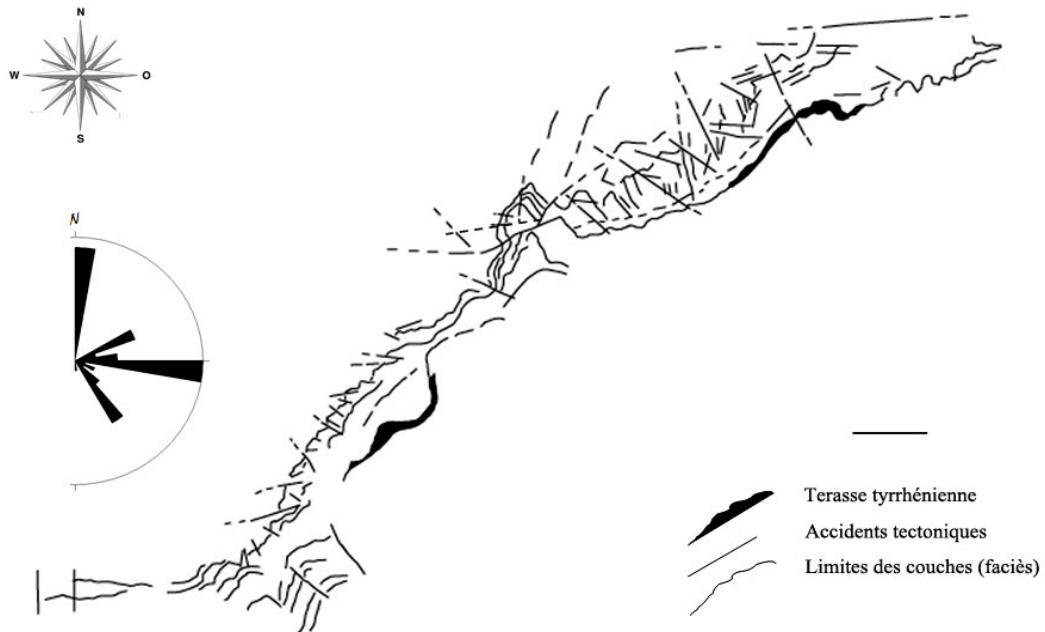


Fig. 10 - Schéma linéaire du Massif de Sidi Medjeni (à partir d'une photo aérienne $e=1/10\ 000$).

Diagram of the lineament observed at the Sidi Medjeni Block (from an aerial photo $s = 1 / 10\ 000$).

DÉCRYPTAGE DE LA NÉOTECTONIQUE DANS LE MASSIF CÔTIER DE SIDI MEDJENI (DELLYS, ALGÉRIE) :
BASCULEMENT ET SOULÈVEMENT DE BLOCS

. en faille normale: sur le terrain, cette faille sépare deux blocs **a** et **b**. Le bloc a s'affaisse par rapport au bloc b, ce mouvement est accompagné d'un basculement du bloc **a** (fig. 11). Ce mouvement persiste depuis au moins le Tyrrhénien (terrasse tyrrhénienne basculée).

- N-S : les accidents de direction N000°E à N010°E découpent le Massif de Sidi Medjeni en microblocs. Des mouvements verticaux (fig. 11)

sont enregistrés le long de ces plans. Ces derniers ont probablement joué en décrochement dextre, compte tenu de leur direction lors du cisaillement N080°E. Les plans N-S représentent les structures antithétiques «**R**» de Riedel.

Des directions E-O (N090°E) apparaissent également et très probablement dès les premières phases distensives N-S.

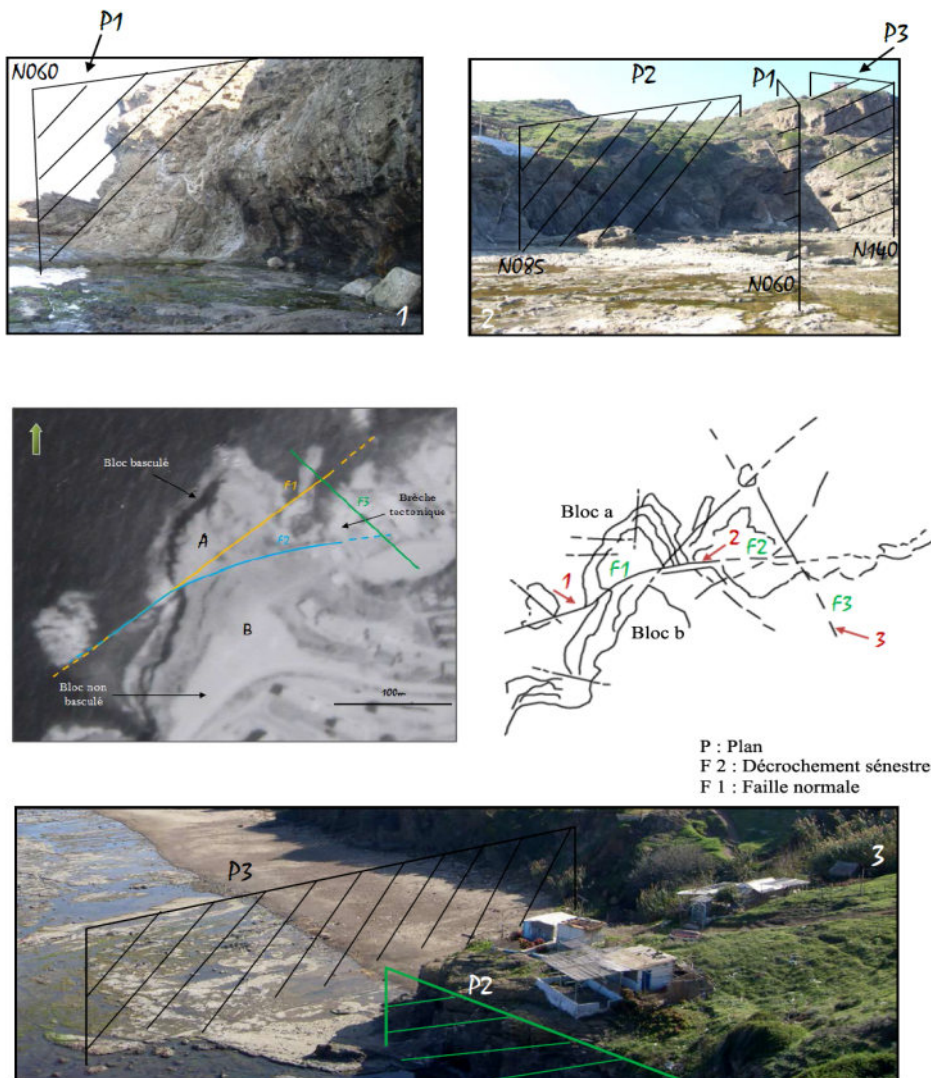


Fig. 11 - Les principales familles de failles dans le Massif de Sidi Medjeni, agencement des blocs a, b et c.
The main faults families in the Sidi Medjeni Block, arrangement of blocks a, b and c.

Ainsi, des blocs et des microblocs limités par les nombreuses familles d'accidents se dessinent.

Certains sont basculés et c'est le cas dans le «petit» cap de Sidi Medjeni où le bloc **a** subit une rotation par rapport au bloc **b** (cités plus haut) le long de la faille normale N060°E.

Le bloc **c** que délimitent les trois (03) plans de failles N080°E, N065°E et N140°E, est intensément bréchifié.

II.3. Les enseignements tirés des coupes de terrain

Deux profils géologiques ont été levés sur le terrain.

Profil 01 : Il est orienté NO-SE (fig. 12) et illustre la situation du bloc **a**, un bloc basculé vers le sud (fig. 12). Il montre parfaitement le basculement du bloc **a** par rapport au bloc **b** le long de la faille normale N060°E. Les coulées volcaniques ainsi que les dépôts volcano-sédimentaires sont également basculés vers le sud avec un fort pendage atteignant 50°.

- la disposition des couches plissées et affectées par une faille normale de direction N060°E et un décrochement sénestre N080°E.

- le basculement (fig. 13) des séries volcaniques et volcano-clastiques qui forment le bloc **a**. Le bloc **b** révèle des séries volcaniques et volcano-clastiques horizontales non affectées par le basculement. La première coulée (de base), mieux préservée, non recouverte par un sol montre un plissement en synclinal. L'axe du pli n'est cependant pas distingué à cet endroit. Les deux blocs précités sont séparés par la faille normale N060° (fig.13).

Sur le profil 2 apparaît le bloc **c**; un bloc bréchifié déterminé par les trois (03) accidents essentiels : la faille normale N060°E, le décrochement sénestre N080°E et la fracture majeure 140°E. Cette dernière sépare le petit cap de Sidi Medjeni à l'ouest du reste du massif à l'est.

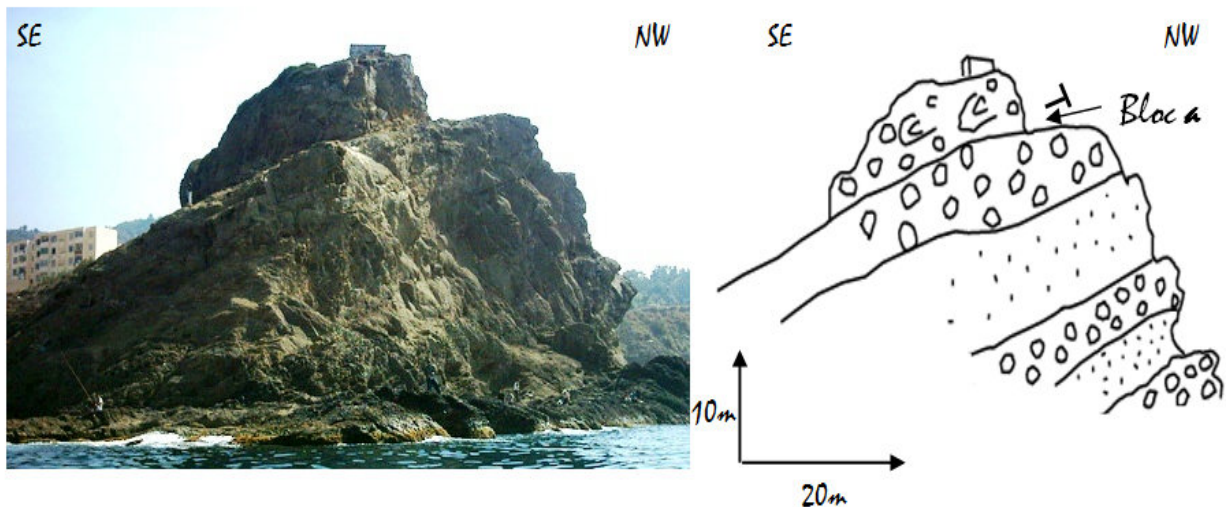


Fig. 12 - Vue et coupe SE-NO montrant le bloc **a** dans le Massif de Sidi Medjeni

View and NW - SE cross section showing the block **a in the Sidi Medjeni Block**

DÉCRYPTAGE DE LA NÉOTECTONIQUE DANS LE MASSIF CÔTIER DE SIDI MEDJENI (DELLYS, ALGÉRIE) :
BASCULEMENT ET SOULÈVEMENT DE BLOCS

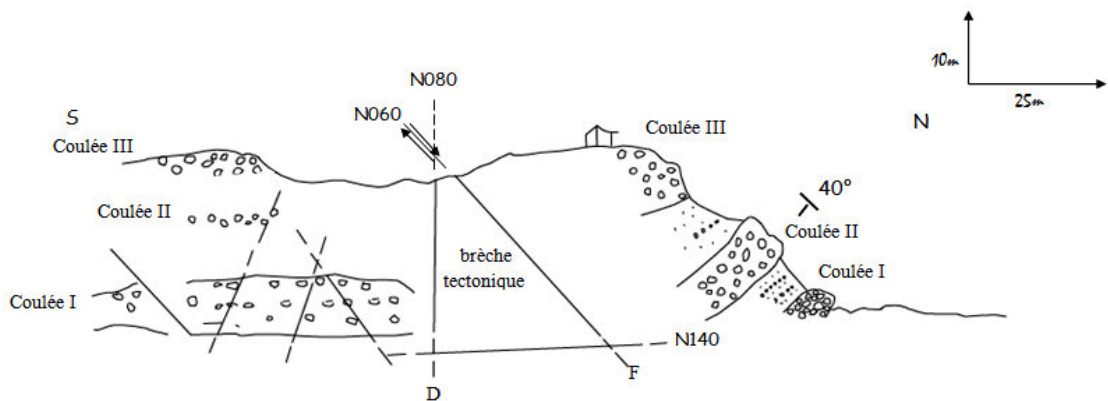
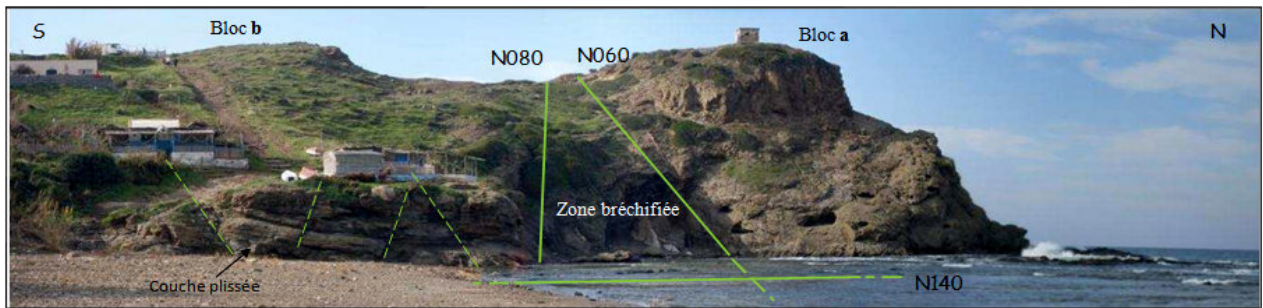


Fig. 13 - Vue et coupe N-S dans le Massif de Sidi Medjeni, Dellys.

View and N-S cross section in the Sidi Medjeni Block.

III. 4. Observations de terrain

Les plans de fracturation ont été observés et mesurés sur le site du marabout de Sidi Medjeni, sur le bloc basculé **a**. Cette analyse montre un réseau dense de fractures et de diaclases.

Les fractures : le bloc **a** est délimité par deux principaux accidents tel que nous l'avons décrit (F : N060°E-45°N et D : N080°E) et dont les plans sont observés sur le terrain : sur les miroirs de la principale faille N060°E, deux mouvements qui attestent du jeu en faille inverse (fig. 14 (2)) et en faille normale (fig. 14 (1)) ont été enregistrés.

D'autres fractures sont visibles sur le terrain ; N-S, N140°E, N040°E. Certaines sont ouvertes et d'autres colmatées par de la calcite. Ces dernières se décalent les unes par rapport aux autres. Ceci témoigne de l'instabilité des microblocs et de la

succession de différents régimes tectoniques dans la région. Établir une chronologie relative est délicat en raison du réseau dense de la fracturation.

Les diaclases : un large réseau de diaclases affecte le Massif de Sidi Medjeni. La majorité de ces structures est colmatée par un ciment calcitique. Les directions mesurées sur le terrain indiquent qu'elles sont parallèle à la fracturation majeure et accompagnées de directions secondaires; N020°E, N030°E, N160°E, N120°E.

IV. UNE SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS

L'étude structurale montre que le secteur du Massif de Sidi Medjeni est affecté par une néotectonique complexe, cette dernière est représentée par:



Fig. 14 - Vue de miroir de faille (N060°E)

View of the fault mirror (N060 ° E)

2: gradins ascendants (**ascending steps**).

-mouvements horizontaux : le massif analysé est charrié vers l'ouest le long d'un accident N080°E. D'autres mouvements horizontaux conformes au modèle de Riedel l'accompagnent: des décrochements sénestres de direction N110°E et N065°E et des décrochements dextres N-S. Ces mouvements seraient le résultat d'une contrainte compressive (NE-SO à NNE SSO), phase décrite par Meghraoui et *al.* (1986) et Aite (1994). Ce dernier auteur la dénomme P4 ou 4^{ème} phase de compression qu'il a située autour de 4 Ma.

- mouvements verticaux : différents types peuvent être distingués :

a) des mouvements liés à une série de failles et microfailles normales verticales principalement de direction N-S et E-O à rejets centimétriques à décimétrique (fig. 15) Celles-ci constituent les plans de mouvements des microblocs les uns par rapport aux autres;

b) des mouvements liés à l'activité des failles inverses régionales NE-SO positionnées en offshore;

c) des mouvements liés au basculement des blocs.

1: gradins descendants (**descendant steps**),

Basculement : suite au plissement de la molasse marno-gréseuse dellysienne au Tortonien ainsi que les basaltes intercalés, le Massif de Sidi Medjeni a subi une série de contraintes.

Le dernier régime compressif post-pliocène a été à l'origine de l'apparition de failles inverses ou la réactivation de certains plans (en failles inverses, parois même en failles normales). À l'emplacement du Marabout de Sidi Medjeni, le bloc **a** est basculé par rapport au bloc **b** le long de la faille normale (N060°E) avec un angle pouvant atteindre 50° (fig.16).

Ce basculement engendre la rotation de ce bloc **a** mais aussi l'exhumation des séries volcaniques et volcano-sédimentaires, autrefois immergées (fig. 17). Cette surrection est régie par ce basculement associé au rôle majeur de failles inverses NE-SO sous marines, qui soulève la côte dans cette zone.

Des blocs basculés, identiques à ceux observés à terre, sont observés en mer (Domzig, 2006). Ces derniers sont guidés par le jeu combiné des failles normales et de failles inverses (fig.18) en contexte compressif (Actuel). Ils appartiennent à un système de bassin dit Rollovers. Ce phénomène est

DÉCRYPTAGE DE LA NÉOTECTONIQUE DANS LE MASSIF CÔTIER DE SIDI MEDJENI (DELLYS, ALGÉRIE) :
 BASCULEMENT ET SOULÈVEMENT DE BLOCS

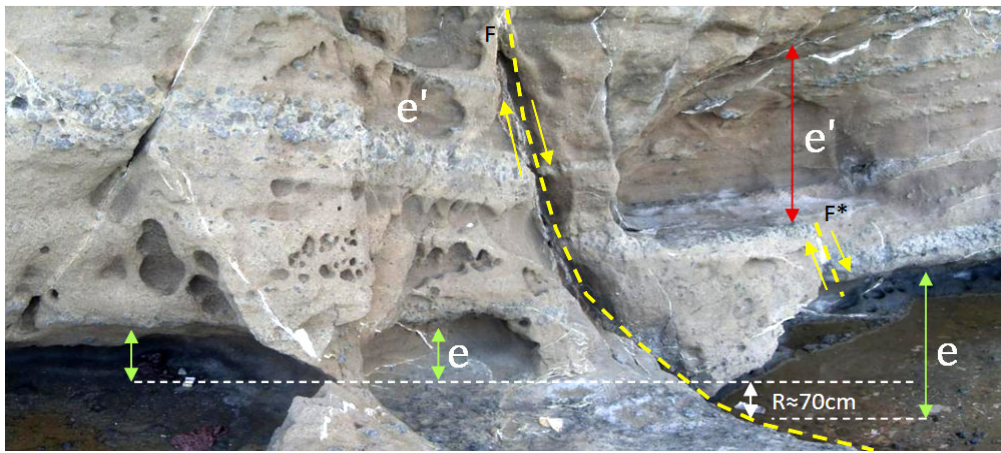


Fig. 15 - Exemple de faille normale (N-S) affectant le Massif de Sidi Medjeni.
Example of normal fault (N-S) affecting the Sidi Medjeni Block

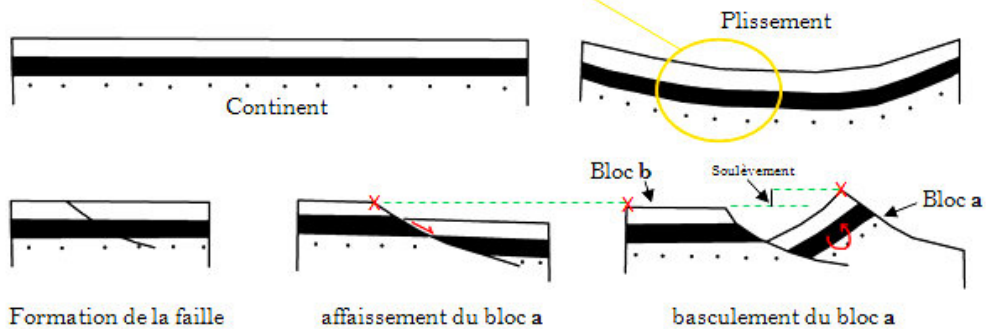


Fig. 16 - Étapes et mécanismes du soulèvement ayant affecté le Massif de Sidi Medjeni.
Different steps and uplift mechanisms that affected the Sidi Medjeni Block.

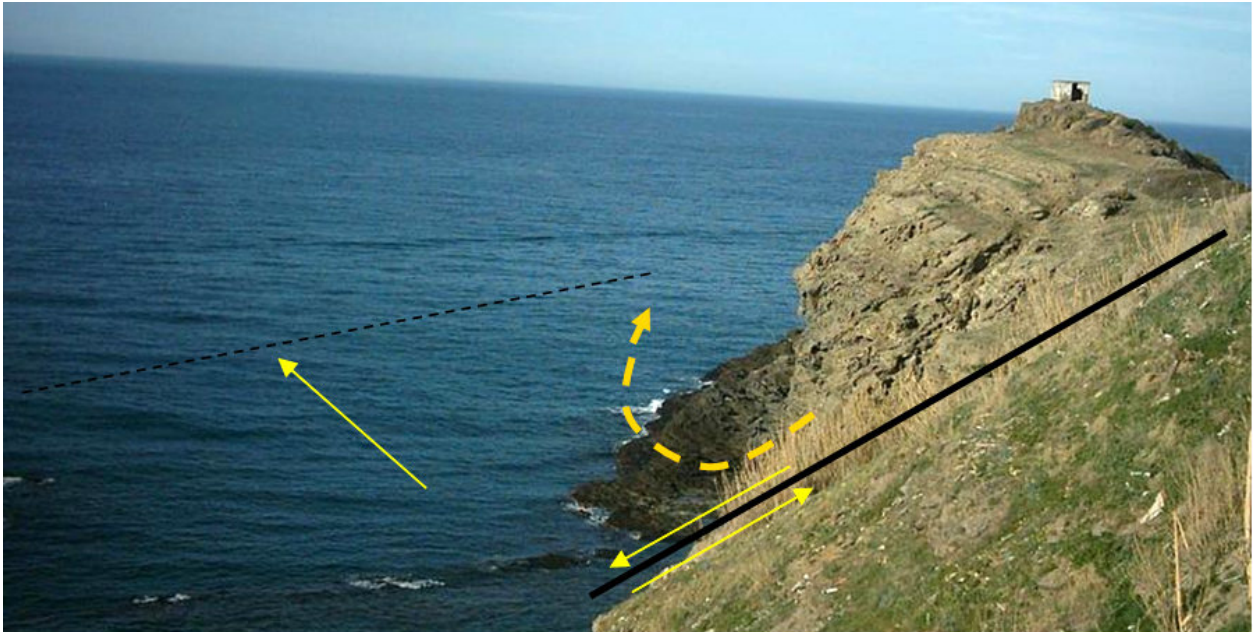


Fig. 17 - Basculement de bloc à terre (Massif de Sidi Medjeni, Dellys)
Tilting block in onshore (Sidi Medjeni Block, Dellys)

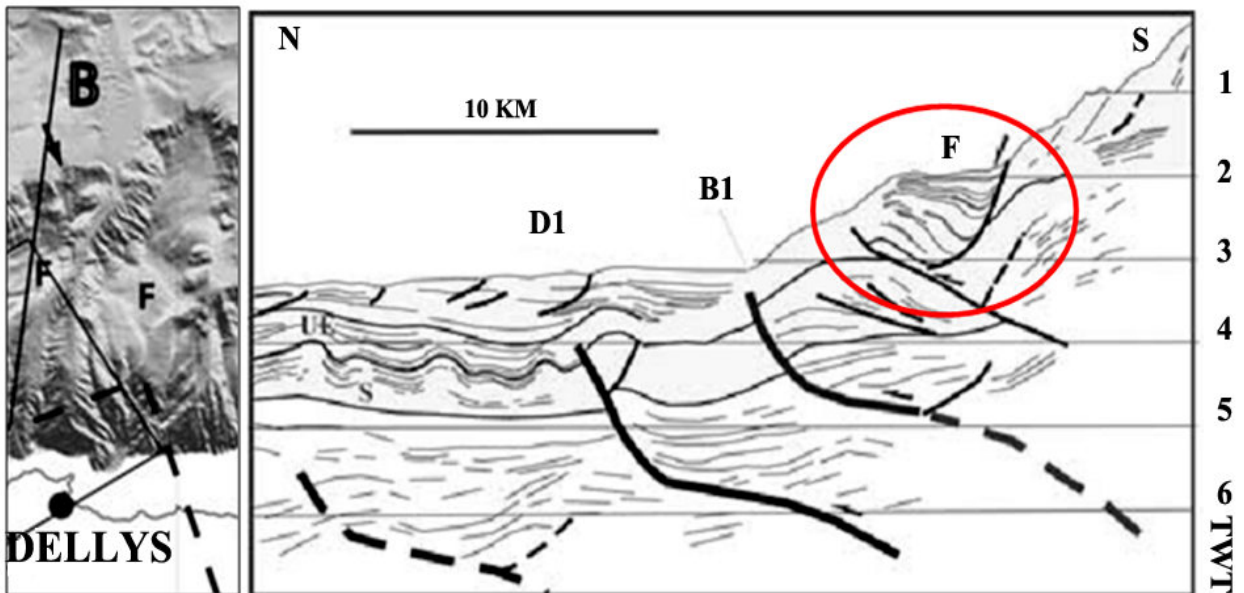


Fig. 18 - Interprétation d'une ligne sismique au large de Dellys montrant les blocs basculés en mer
 (Deverchère et al., 2005).

Interpretation of a seismic line in Dellys showing the tilted blocks offshore (Deverchère and al., 2005).

DÉCRYPTAGE DE LA NÉOTECTONIQUE DANS LE MASSIF CÔTIER DE SIDI MEDJENI (DELLYS, ALGÉRIE) :
BASCULEMENT ET SOULÈVEMENT DE BLOCS

continu dans le temps en raison du rapprochement des plaques africaine et européenne. Il s'exprime le long de la marge continentale qui se soulève essentiellement de manière brusque lors des séismes. En observant les falaises émergées de Sidi Medjeni, des indices géomorphologiques (paliers et encoches d'abrasion) semblent indiquer plusieurs soulèvements saccadés liés aux tremblements de terre.

Le soulèvement : le soulèvement du bloc **a** et l'exhumation progressive des séries volcaniques littorales du Massif de Sidi Medjeni sont dus à la combinaison des rôles que jouent la faille normale N060°E-45°N et la faille inverse sous marine NE-SW (fig. 19).

Ce mécanisme a permis d'enregistrer les phénomènes d'érosion littorale sur le flanc nord du bloc **a** au fil du temps. Le dernier soulèvement

(21 mai 2003) suggère la proximité de la faille inverse sous-marine des côtes. Ces considérations laissent penser qu'au niveau de Sidi Medjeni, la faille inverse serait presque parallèle à la faille normale décrite plus haut.

V. CONCLUSION

Le long de la côte de Dellys, dans le Massif de Sidi Medjeni, la déformation s'exprime dans la zone côtière par :

- le plissement des formations dellysiennes ainsi que du volcano-sédimentaire intercalé;
- la perturbation des dépôts meubles récents;
- le réseau de fracturation intense et l'agencement des blocs et microblocs délimités par des failles et microfailles actives;
- le basculement de blocs;
- le soulèvement de la côte.

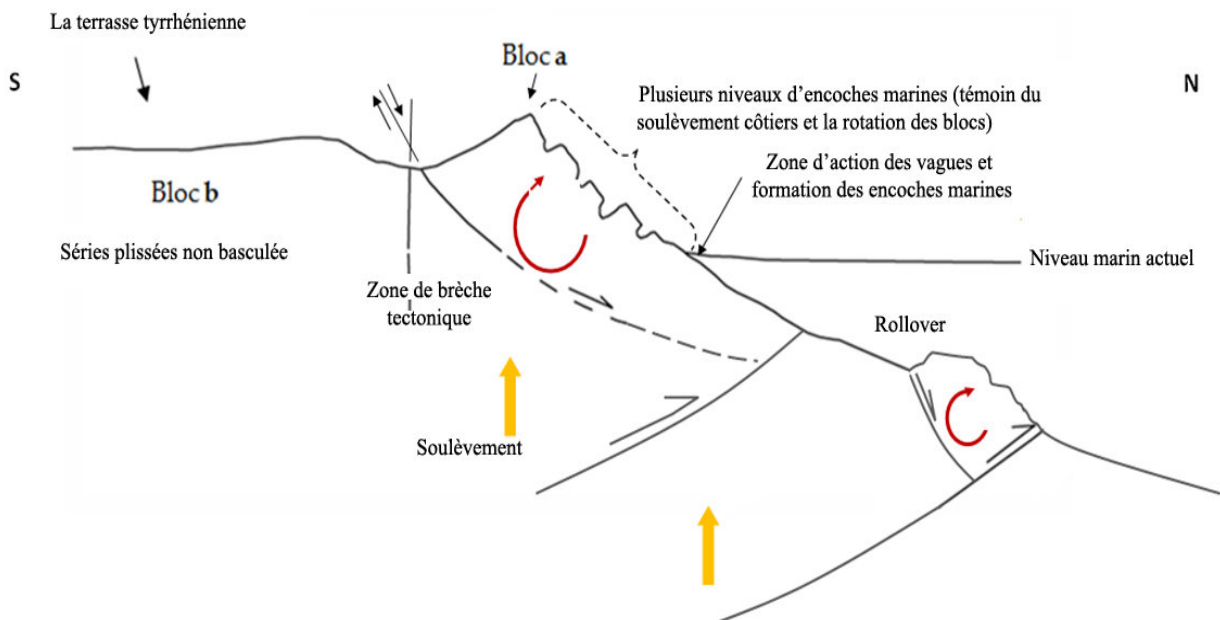


Fig. 19 - Soulèvement côtier au niveau du Massif de Sidi Medjeni

Coastal uplift in the Sidi Medjeni Block.

Le Rollover est représenté en se basant sur les interprétations de Deverchère et al. (2005) et Domzig (2006) (*Rollover representation based on Deverchère and al. (2005) and Domzig (2006) interpretations*).

Le réseau de fracturation est dense. Quatre (04) principales familles y sont distinguées : N060°E, N140°E, N-S et E-O associées à d'autres directions secondaires: N110°E et N040°E. Celles-ci ont joué en relais ou simultanément en failles normale et inverse ainsi qu'en décrochement depuis le début de l'installation de l'édifice volcanique miocène jusqu'à l'Actuel.

La nature du jeu est déterminée par les différents régimes auxquels a été soumise la région.

Les accidents N060°E constituent des failles profondes qui ont guidé la mise en place des séries volcaniques littorales de la région de Delllys au Miocène moyen lors d'une phase distensive. Celle-ci aurait joué par la suite en faille inverse, au début du régime compressif récent NO-SE.

Les séries volcaniques et volcano-sédimentaires ont subi un plissement lors du régime compressif tortonien (NO-SE).

Certains compartiments (tel que le bloc **a**) ont subi un charriage vers l'ouest (décrochement sénestre) le long d'accidents N080°E. Ces derniers déterminent une zone tectonique où des décrochements associés sont distingués : sénestres de direction N110°E et N065°E et dextres N-S qui auraient fonctionné autour de 4 Ma. Ceci est le résultat d'une contrainte NE-SO.

Le massif est également affecté par des fractures majeures de direction N140°E.

Dans le cadre du régime tectonique actuel, le Massif de Sidi Medjeni, à l'instar de toute la côte algérienne est soumis à une compression qui s'exprime essentiellement par l'activité des failles sous marines inverses NE-SO responsable du soulèvement côtier.

Des failles normales décrites dans l'offshore (Deverchère et *al.*, 2005 et Domzig, 2006) affectent également ce massif à terre (F1 : N060°E-45°N).

De ce rôle combiné résultent des blocs basculés (tel le bloc **a**). Le soulèvement récent de la côte et le basculement de blocs occasionnent un changement de la géomorphologie qui s'exprime principalement par le déplacement de la ligne de rivage et l'émergence de formes d'érosion littorale.

BIBLIOGRAPHIE

- AITE, M.-O. 1994.** Analyse de la microfracturation et paléocontraintes dans le Néogène post-nappes de Grande Kabylie (Algérie). *Thèse de Doctorat. Univ. Du Maine, France*, 165p.
- AITE, M.-O. 1995.** Paléocontraintes post-collision identifiées dans le Néogène de la Grande Kabylie (Algérie). *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 320, série II a, pp. 433-438.
- AYADI, A., DORBATH, C., OUSADOU, F., MAOUCHE, S., CHIKH, M., BOUNIF, M.-A., AND MEGHRAOUI, M. 2008.** Zemmouri earthquake rupture zone (Mw 6.8, Algeria): Aftershocks sequence relocation and 3D velocity model. *Journal of Geophysical Research*, vol. 113, B09301, doi:10.1029/2007JB005257, 2008, 15p.
- BELABBÈS, S., WICKS, C., ÇAKIR, Z. AND MEGHRAOUI, M. 2008.** Rupture parameters of the 2003, Zemmouri (Mw 6.8, Algeria) earthquake from joint inversion of InSAR, coastal uplift and GPS. *Journal of Geophysical Research-Solid Earth*, vol. 114, 16p.
- BELANTEUR, O. 2001.** Le magmatisme miocène de l'Algérois : chronologie de mise en place, pétrologie et implications géodynamiques. *Thèse de Doctorat, USTHB, Alger*, 231p..
- BELANTEUR O., BELLON, H., MAURY, R.C., OUABADI, A., COUTELLES, A., SEMROUD, B., MEGARTSI, M. ET FOURCADE, S. 1995.** Le magmatisme miocène de l'Est Algérois, géologie, géochimie et géochronologie 40K- 40 Ar. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 321, série II a, pp. 489-496.

DÉCRYPTAGE DE LA NÉOTECTONIQUE DANS LE MASSIF CÔTIER DE SIDI MEDJENI (DELLYS, ALGÉRIE) :
BASCULEMENT ET SOULÈVEMENT DE BLOCS

- BOUHADAD, Y., LAOUAMI, N., KHEIDRI, H.-L., BOUNIF, M.-A., BELHAI, D., NOUR, A., SLIMANI, A., LARBES, S., ZIOU, S., MACHANE, D. ET OUBAICHE, E.-H. 2004.** Sismotectonique de la région d'Alger-Boumerdes (Algérie): le séisme du 21 mai 2003 (Mw=6.8). *Mém. Serv. Géol. Alg.* n°12, 11 fig., 2 tabl., pp. 67 -80.
- DAME, R. ET MAGNÉ, J. 1955.** De la position stratigraphique du "Dellysien" et sur l'existence de Miocène supérieur dans la région du Bas-Sebaou (Grande Kabylie, Algérie). *Travaux des collaborateurs* 1955. (1956) - 2 vol., 35 fig., 28 pl., 4 tabl., Atlas: 3 cartes à 1/50 000 et 1/200.000, planches et coupes géologiques, 394 p.
- DAME, R. ET MAGNÉ, J. 1956.** Sur la présence d'Éocène inférieur et moyen aux environs de Dellys et de Tizirt (zone littorale de la Grande Kabylie, Algérie). *Travaux des collaborateurs* 1955. (1956) - 2 vol., 35 fig., 28 pl., 4 tabl., Atlas: 3 cartes à 1/50 000 et 1/200.000, pl. et coupes géologiques, 394 p.
- DAN, G. 2007.** Processus gravitaires et évaluation de la stabilité des pentes : Approche géologique et géotechnique – Application à la marge algérienne et à l'effondrement de l'aéroport de Nice en 1979 - *Thèse de Doctorat, Université de Brest, IFREMER-IUEM*, 457p.
- DÉVERCHÈRE, J., YELLES, A., DOMZIG, A., MERCIER DE LÉPINAY, B., BOUILLIN, J.-P., GAULLIER, V., BRACÈNE, R., CALAIS, E., SAVOYE, B., KHERROUBI, A., LE ROY, P., PAUC, H. AND DAN, G. 2005.** Active thrust faulting offshore Boumerdes, Algeria, and its relations to the 2003 Mw = 6.9 earthquake. *Geophysical Research Letters*, vol. 32, L04311, doi:10.1029/2004GL021646, 2005.
- DOMZIG, A. 2006.** Déformation active et récente, et structuration tectono-sédimentaire de la marge sous-marine algérienne. *Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale*, 343p.
- DURAND DELGA, M. 1955.** Étude géologique de l'Ouest de la chaîne numidique. *Bulletin du Service de la carte géologique de l'Algérie.*, 2. série., Stratigraphie, descriptions régionales, n° 24. illustrations, plates, maps (some folded, some color) diagrams, tables 27 cm + portfolio (folded color maps, profiles (some color)). N° OCLC: 12789693, 533 p.
- DURAND DELGA, M. 1969.** Mise au point sur la structure du Nord est de la Berbérie. *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, vol. 39, pp. 89-131.
- FLANDRIN, J. 1938.** Contribution à l'étude paléontologique du Nummulitique algérien. *Matériaux pour la carte géologique de l'Algérie*, 1^{ère} série: Paléontologie. 2 vol., 25 figs., 158 p.
- MAGNÉ, J. ET RAYMOND, D. 1969.** Découverte et signification chronologique d'un Oligocène et d'un Miocène marneux (anté-nappes) de la région de Dellys (Grande Kabylie) Algérie. *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*,
- MAOUCHE, S., MEGHRAOUI, M., MORHANGE, C., BELABAS, S., BOUHADAD, Y. AND HADDOUM, H. 2011.** Active coastal thrusting and folding, and uplift rate of the Sahel Anticline and Zemmouri earthquake area (Tell Atlas, Algeria), *Tectonophysics*, vol. 509, issues 1-2, pp. 69-80.
- MEGHRAOUI, M., CISTERNAS, A. AND PHILIP, H. 1986.** Seismotectonics of the Lower Cheliff Bassin : structural background of the El Asnam (Algeria), earthquake. *Tectonics*, 6, n°7, pp. 1-77.
- MEGHRAOUI, M., MAOUCHE, S., CHEMAA, B., CAKIR, Z., AOUDIA, A., HARBI, A., ALASSET, P.-J., AYADI, A., BOUHADAD, Y. AND BENHAMOUDA, F. 2004.** Coastal uplift and thrust faulting associated with the Mw=6.8 Zemmouri (Algeria) earthquake of 21 May 2003. *G.R.L.*, vol 31, L19605, doi:10.1029/2004GL020466
- MURAOUR, P. 1956.** Contribution à l'étude stratigraphique et sédimentologique de la Basse-Kabylie (région de Dellys-Tizi-Ouzou) suivie de notes paléontologiques. *Publications du Service de la carte géologique de l'Algérie*, nouvelle série, bull. n°7. -X f. de pl. : ill., cartes, tabl.; 26 cm. et Atlas photographique de 14 p. N° OCLC : 490444538, 383p.
- RAYMOND, D. 1976.** Évolution sédimentaire et tectonique du Nord-ouest de la Grande Kabylie, Algérie, au cours du cycle alpin. *Thèse d'État en Sciences Naturelles, Paris VI.* n° OCLC :490586848. 1 vol., 152p.