

LE SÉISME DU 14 MAI 2010 DE BÉNI ILMÈNE (M'SILA, ALGÉRIE), (Ms : 5,2) : ANALYSE DES TRACES DE SURFACE.

Réda Samy ZAZOUN*, Mohand Arab KADRI**, Amar CHERIGUI**
et Moussa BRIEDJ**

RÉSUMÉ

Un séisme modéré de magnitude 5,2; mais destructeur s'est produit le 14 Mai 2010 à 12 : 29 GMT dans la wilaya de M'Sila. L'épicentre se situe sur le Djebel Kharrat dans la localité de Béni Ilmène (35.84N et 4.09E). L'observation des traces de surface de longueur métrique à décamétrique et l'analyse de la déformation ont montré l'existence de fractures en échelon, reliées parfois par des structures de pression de type "push-up". Des fractures bordières de falaises ou parallèles aux oueds, apparaissent souvent sous forme d'affaissements. Le dispositif structural est caractérisé par l'existence d'un système de fractures conjuguées qui se traduit par un mouvement décrochant dextre sur les fractures NNE-SSO et senestre sur les fractures ENE-OSO, dont l'ampleur du déplacement est estimé en surface à quelques centimètres. La déformation cosismique observée en surface est due aux effets combinés de la gravité, des vibrations lors de la rupture sur la faille principale et également le champ de contrainte de la région. Ainsi, les traces relevées sont interprétées comme des effets induits et ne peuvent être utilisées comme des marqueurs de directions de contrainte.

Mots clés - Algérie - M'Sila - Séisme - Déformation - Fractures en échelon - Affaissement - Structure de pression - Fractures conjuguées.

THE BENI ILMENE (M'SILA, ALGERIA) EARTHQUAKE OF MAY 14th, 2010, (Ms: 5.2): THE SURFACE TRACES ANALYSIS.

ABSTRACT

A moderate but damaging earthquake of magnitude Ms 5.2 occurred on May 14th 2010 at 12: 29 (GMT). The epicenter is located in Djebel Kharrat (35.84N and 4.09E), close to Béni Ilmene region, in the Wilaya of M'Sila. The surface traces and strain analysis revealed the existence of collapse structures and "echelon" fractures and push-up structures and show a conjugate strike-slip pattern with a NNE-SSW trending right-lateral fault and an ENE-WSW trending left-lateral fault. The length of surface breaks reaches 5 km accompanied with an apparent centimetric surface slip. At a regional scale, the strain observed is probably the results of the interaction between gravitational effects and tectonic stresses.

Keywords - Algeria - M'Sila - Earthquake - Strain - Echelon fractures - Collapse structure - Push-up - Conjugate strike - Slip pattern.

* Sonatrach, Division Laboratoires, Direction Géologie, Avenue du 1^{er} Novembre, Boumerdès 35000, Algérie. redasamy.zazoun@ep.sonatrach.dz

** Direction du Service géologique National (DSGN) - Agence Nationale de la Géologie et du Contrôle Minier (ANGCM), Val d'Hydra, Tour B, Alger, Algérie

- *Manuscrit déposé le 20 Septembre 2010, accepté après révision le 28 Avril 2011.*

I - INTRODUCTION

Après une période d'environ un demi-siècle de relative tranquillité sismique, un séisme modéré s'est produit le 14 mai 2010 dans la région de M'Sila. Du point de vue historique (Benouar, 1994; Mokrane *et al.*, 1994; Harbi et Maouche, 2009), la région a été frappée par un séisme le 12 février 1946 (M : 5,6). Ce dernier avait fait 264 morts et 1000 maisons furent détruites et bien plus tard, le 1^{er} janvier 1965, sa magnitude à l'époque fût estimée à 5,5 et il aurait provoqué la mort de 5 personnes et la destruction de 1300 maisons (Grandjean *et al.*, 1966). Cette sismicité serait générée par les failles bordant des anticlinaux de direction E-O à NE-SO. Parmi ceux-ci, le pli-faille de Bou Taleb, qui montre sur le terrain des traces de déformations récentes (Meghraoui, 1988). Les études structurales, néotectoniques et sismotectoniques montrent que le bassin néogène de M'Sila et des régions avoisnantes ont été le siège d'une activité tectonique récente (Grandjean *et al.*, 1966; Guiraud, 1973 et 1977). Meghraoui *et al.* (1986) mentionne, dans le bassin de M'Sila (Hodna) l'existence d'une structure néotectonique dite de "Chott El Hammam" (Kheidri *et al.*, 2007) correspondant à un pli-faille orienté ENE-OSO, affectant des dépôts du Quaternaire récent. Selon Wildi (1983), d'anciens systèmes de failles orientés NNE-SSO et E-O, sont toujours tectoniquement actifs.

Le séisme du 14 mai 2010 s'est produit à 12:29 : 22 GMT. (Heure Locale : GMT+1). Son épicentre de magnitude Ms : 5,2 se situe aux coor-

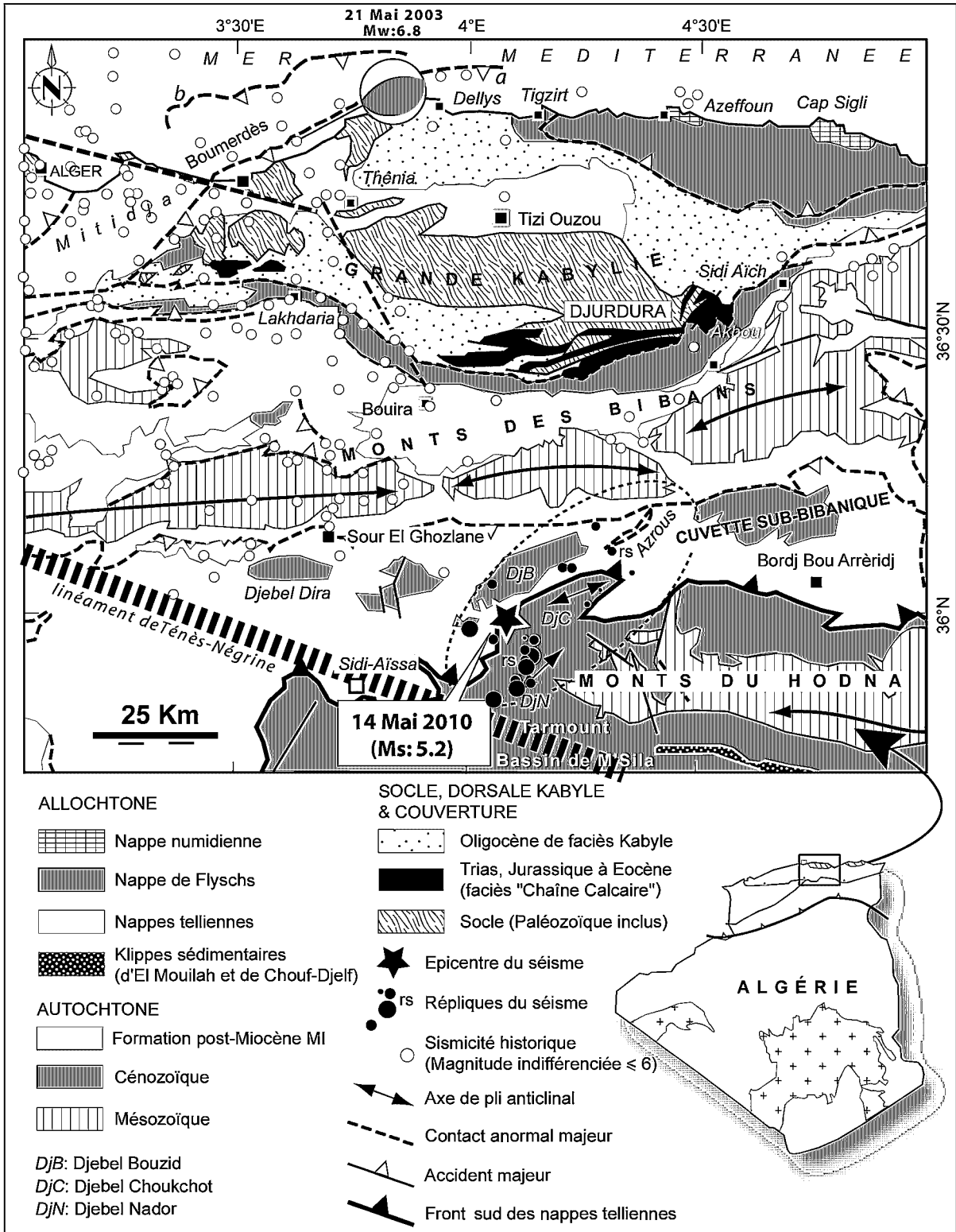
données 35.84N et 4.09E et il est situé à 07 km, au nord-ouest de la ville de Béni Ilmène dans la wilaya de M'Sila (Source : CRAAG) et à la limite avec la wilaya de Bordj Bou Arréridj. Plus précisément dans la région de Djebel Kharrat ou Kef el Khert (fig. 1). Selon le NEIC, sa profondeur serait de 10 km (6.2 miles) et sa magnitude (Mw) de 5,1. Le CRAAG et le Centre Sismologique Euro-Méditerranéen (CSEM) donnent une magnitude de 5,2. Ce dernier organisme estime quant à lui la profondeur à 2 km.

En se basant sur les cartes géologiques établies par Kieken (1974 et 1975) au 1/1.000.000 et Courrier (1968) à 1/200 000 et celles à 1/50 000, de Oued Okris-113 (Savornin, 1929), de Mansourah-114 (Savornin, 1909), de Sidi Aïssa-139 (Kieken, 1960) et de Tarmount-140 (Baldini, 1966), le séisme se situe au niveau du front sud des nappes telliennes et du Miocène autochtone et à l'ouest de la terminaison périclinale des Monts du Hodna, dans la région de Tarmount (figs. 1 et 2). Selon le constat effectué par les autorités locales, ce séisme a provoqué la mort de 3 personnes, plus de 170 blessés et des milliers de personnes en état de choc ainsi que l'effondrement total ou partiel de plus de 481 habitations (classées rouge 5). 1256 maisons ont été classées orange (3-4), c'est-à-dire ayant subi de sérieux dégâts, synonyme de la nécessité de les récupérer via des travaux de réhabilitation. 2862 autres ont été néanmoins jugées habitables. Le séisme a été ressenti jusqu'à plus de 100 km. L'ensemble des hameaux de Béni Ilmène et de Ouanougha anciennement nommés Melouza dans la wilaya de

Fig.1 - Contexte géologique du séisme du 14 Mai 2010 dans le cadre régional (carte simplifiée extraite de l'esquisse tectonique de l'Algérie au 1/1.000.000, d'après Kieken, 1974 et 1975; carte sismotectonique extraite de Boudiaf, 1999, Déverchère *et al.*, 2005, Yelles-Chaouche *et al.*, 2006 et Guemache *et al.*, 2010; trace de la faille de Boumerdès-Zemmouri d'après Meghraoui *et al.*, 2004; Déverchère *et al.*, 2005 et 2010 et Ayadi *et al.*, 2008; linéament Ténès-Négrine (LNT) d'après Guemache, 2010.

Geographical and geological setting showing the studied area and the earthquake location (Geological map 1/1.000.000, after Kieken, 1974 and 1975; sismotectonic map in Boudiaf *et al.*, 1999; Déverchère *et al.*, 2005; Yelles-Chaouche *et al.*, 2006 et Guemache, 2010; Boumerdès-Zemmouri fault trace after Meghraoui *et al.*, 2004; Déverchère *et al.*, 2005 and 2010 and Ayadi *et al.*, 2008; Ténès-Négrine fabric (LNT) after Guemache, 2010.

LE SÉISME DU 14 MAI 2010 DE BÉNI ILMÈNE (M'SILA, ALGÉRIE), (Ms : 5,2) :
ANALYSE DES TRACES DE SURFACE



M'Sila et Samma (Es-Sama) dans la wilaya de Bordj Bou Arréridj ont été touchés. A noter que, près de 160 répliques, d'inégales intensités, dont les magnitudes oscillent entre 1,9 et 5,2 ont été enregistrées. La dernière forte réplique du 23 mai 2010 (tab. I, source: CRAAG), qui se serait déroulée à 13:28:17 (GMT). Sa magnitude serait de 5,0 selon le CRAAG et de 4,8 selon l'USGS (NEIC) et sa profondeur est estimée à 15 km. Une évaluation des dégâts subis a été revue à la hausse, à la faveur de la forte réplique du 23 Mai 2010. Des informations sur ce séisme peuvent être trouvées sur les sites Internet du National Earthquake Information Center de l'United States Geological Survey (<http://neic.usgs.gov/neis/qed/>) et du Centre Sismologique Euro-Méditerranéen (<http://www.emsc-csem.org>).

Le propos de cette note est une description morphologique en surface, des effets induits par le séisme du 14 Mai 2010 et un relevé de mesures de la déformation cosismique.

Tableau I - Répliques du séisme du 14 Mai 2010 de Béni Ilmén (Source : Centre de Recherche en Astronomie Astrophysique et Géophysique)

Aftershocks of Beni Ilmene earthquake of May 14th, 2010 (Source : Centre de Recherche en Astronomie Astrophysique et Géophysique)

Date	Heure GMT	Latitude	Longitude (km)	Profondeur	Magnitude
14/05/2010	12:29:22	35.90 N	4.12 E	2	mb : 5,2
14/05/2010	15:13:15	35.93 N	4.12 E	2	ML 3,5:
14/05/2010	23:43:26	35.97 N	4.00 E	15	mb : 4,5
15/05/2010	00:00:42	35.95 N	4.05 E	2	ML : 3,9
15/05/2010	09:12:40	35.99 N	4.09 E	2	ML : 3,9
16/05/2010	03:51:30	35.87 N	4.13 E	5	mb : 4,4
16/05/2010	06:52:41	35.84 N	4.05 E	2	Mw : v 5
16/05/2010	09:46:04	36.05 N	4.05 E	2	ML : 3,3
16/05/2010	12:32:27	36.07 N	4.35 E	1	ML : 2,8
17/05/2010	14:23:22	36.08 N	4.22 E	1	ML : 2,7
17/05/2010	13:05:00	36.08 N	4.20 E	1	ML : 2,9
17/05/2010	15 :52 :29	35.91 N	4.12 E	1	ML : 3
18/05/2010	09:28:18	36.04 N	4.28 E	1	ML : 2,7
23/05/2010	13:28:18	35.86 N	4.10 E	10	Mw : 5
23/05/2010	16:52:01	36.52 N	4.95 E	40	ML : 3,3
23/05/2010	23:39:51	35.84 N	4.09 E	2	ML : 3,4

II - SISMICITE, GÉOLOGIE ET CONTEXTE GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION ÉPICENTRALE

La première étude relative à la sismicité en Algérie (Perrey, 1847) est rapportée par Benhalou (1985), Meghraoui (1988), Benouar (1994) et Boudiaf (1996). Depuis, le sujet a fait l'objet d'études ininterrompues. Les trois dernières décades ont vu des progrès considérables dans les connaissances relatives à la néotectonique et à la sismo-tectonique de l'Algérie. Ainsi, une littérature exhaustive existe et le lecteur pourrait se référer aux travaux entrepris dans ce domaine à travers les travaux les plus récents (Bouhadad, 2007; Ayadi *et al.*, 2008; Belabbès, 2008; Machane *et al.*, 2008; Mahsas *et al.*, 2008; Maouche *et al.*, 2008; Belabbès *et al.*, 2009; Bouhadad *et al.*, 2009; Dan *et al.*, 2009; Guemache *et al.*, 2009; Harbi et Maouche, 2009; Kherroubi *et al.*, 2009; Machane, 2009; Maouche *et al.*, 2009; Machane *et al.*, 2009; Yelles-Chaouche *et al.*, 2009a; Yelles-Chaouche *et al.*, 2009b; Déverchère *et al.*, 2010; Guemache, 2010; Guemache *et al.*, 2010; Maouche, 2010). Pour l'essentiel, la sismicité de l'Algérie du Nord est liée aux mouvements de convergence NNO-SSE entre les plaques africaine et eurasiennne (McKenzie, 1972; Letouzey, 1990; Boughacha *et al.*, 2003), estimée à ~5 mm/an à la longitude d'Alger (Aoudia et Meghraoui, 1995; Meghraoui et Doumaz, 1996; Nocquet et Calais, 2004). L'Atlas tellien est soumis, surtout depuis le Pliocène, à une compression N-S à NNO-SSE générant de violents séismes (Meghraoui *et al.*, 1996; Morel and Meghraoui, 1996; Bouhadad, 2007), s'exprimant surtout à travers des failles le plus souvent inverses (Philip et Meghraoui, 1983; Aoudia *et al.*, 2000; GGES, 2004). Selon Kheidri *et al.* (2007), l'histoire tectonique de la région d'étude est marquée par un événement compressif N-S d'âge oligocène-aquitanienn-burdigalien, suivi d'une période transtensive NO-SE durant le Langhien-Serravallien-Tortonien, contemporaine de la mise en place des nappes telliennes puis d'un événement compressif N-S qui aurait commencé au début du

LE SÉISME DU 14 MAI 2010 DE BÉNI ILMÈNE (M'SILA, ALGÉRIE), (Ms : 5,2) :
ANALYSE DES TRACES DE SURFACE

Messinien et qui continue pendant le Pliocène et jusqu'à l'Actuel (Guiraud, 1977; Meghraoui, 1988). Pour de plus amples informations concernant la géologie du secteur d'étude, le lecteur peut se reporter aux travaux de Guiraud (1973 et 1977), Kieken (1974 et 1975), Mékireche et *al.* (1998) et Kheidri et *al.* (2007).

III - INVESTIGATIONS DE TERRAIN

Les observations et les mesures tectoniques ont été effectuées 06 jours après le séisme, à travers 26 stations de mesures (tabl. II et figs. 2 et 3). Les traces de surface (fractures, affaissements, chutes de pierres...) étaient identifiables et bien visibles. Les fractures étaient encore fraîches et les escarpements non encore aplanis. La localisation de ces traces en surface s'est faite à l'aide d'un système GPS (Garmin eTrex® H). Ces relevés ont été complétés par des mesures de direc-

tion, d'ouvertures et de rejets des fractures et des structures de pression "push-up" à la boussole et au mètre-ruban.

IV- OBSERVATIONS ET DESCRIPTION DES EFFETS DE SURFACE INDUITS PAR LE SÉISME

À Béni Ilmène, (pl.1, ph. a) dans la localité de Mendrous, en contrebas du village (pl. 1, ph b et c; station: 3; tab. II; figs. 2 et 3), les traces de surface liées au séisme montrent dans les terrains cénozoïques, une série de fractures verticales, décimétriques parallèles et ouvertes de direction N274° et espacées l'une de l'autre de 50cm, ainsi qu'une série d'éboulements de blocs de pierre. Dans la vieille casbah de Béni Ilmène, (pl. 1, ph. d et e; station: 5, tabl. II), des fractures sub-verticales ouvertes de direction N165°, représentant la stratification verticale, sous forme de

Tableau II - Coordonnées géographiques (C.G.) et UTM des stations d'observations des mesures des effets de surface induits par le séisme du 14 Mai 2010.

List of data measurements and the names of localities of the surface traces analysis, (Geographic and UTM coordinates).

Stations N°	C.G.		C. UTM		Z(m)	Localités	Observations de terrain
	X	Y	X	Y			
1	N 35°48'40,6"	E 04°01'10,5"	ND	ND	568	Oued Tergua	Néant
2	ND	ND	592108	3963509	ND	Beni Ilmene	Néant
3	N 35°58'0,25"	E 04°06'52,6"	ND	ND	996	Mendrous (Beni Ilmene)	Chute de pierres et fractures (E-O)
4	N 35°58'33,3"	E 04°06'2,7"	589338	3981997	1123	Casbah Ouled Beni Ilmene	Affaissements (N-S)
5	N 35°58'48,1"	E 04°05'51,8"	ND	ND	1123	Casbah Ouled Beni Ilmene	Relais dextres transtensifs (N-S)
6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Relais dextres transtensifs (N-S)
7	ND	ND	598895	3980525	1271	Djebel Kharrat-Kef El Khert	Relais dextres transtensifs (N-S)
8	N 35°57'5,3"	E 04°05'46,3"	598843	3990534	1265	Djebel Kharrat-Kef El Khert	"Push-up" dextres
9	N 35°57'57"	E 04°05'44,6"	598805	3980712	1315	Djebel Kharrat-Kef El Khert	Affaissements (N-S)
10	N 35°57'51,5"	E 04°05'42,5"	598755	3980546	1279	Djebel Kharrat-Kef El Khert	Fractures (N-S)
11	N 35°57'59,3"	E 04°05'53,7"	599021	3980778	1186	Djebel Kharrat-Kef El Khert	Chute de pierres et fractures (NO-SE)
12	N 35°58'7,3"	E 04°06'6,9"	599352	3991037	1151	Djebel Kharrat-Kef El Khert	Fractures (NE-SO)
13	ND	ND	ND	ND	ND	Ouanougha	Néant
14	N 35°57'50,5"	E 04°09'44,6"	604809	3980588	845	Ahi El Oued (Ouanougha)	Néant
15	N 36°01'0,9"	E 04°06'52"	600423	3986399	1140	Teniet El Haddada (Samma)	Chute de pierres
16	N 36°00'45,8"	E 04°06'53,2"	ND	ND	1180	Teniet El Haddada (Samma)	Chute de pierres et affaissements (NE-SO)
17	N 36°00'29,7"	E 04°06'26,5"	599795	3985428	1045	Koudiat El Haouès (Samma)	Fractures (NE-SO)
18	N 36°00'33,6"	E 04°06'26,5"	ND	ND	1038	Koudiat El Haouès (Samma)	Chutes de pierres et fractures (NE-SO)
19	N 36°00'45,8"	E 04°05'49,1"	598860	3985920	1032	Ouled Mehenni (Samma)	Chute de pierres et fractures (N-S)
20	N 36°00'42,5"	E 04°05'48,1"	ND	ND	1051	Ouled Mehenni (Samma)	Affaissements (N-S)
21	N 36°00'51,8"	E 04°05'51,5"	ND	ND	1046	Ras El Kef (Samma)	Affaissements (N-S)
22	N 36°00'42,3"	E 04°05'50,2"	598975	3985809	968	Samma	Néant
23	N 36°00'19,1"	E 04°06'21,5"	ND	ND	1066	Samma	Fractures "en échelon" senestres
24	N 36°00'11,6"	E 04°06'29,3"	599888	3984870	1075	Samma	Résurgence de source d'eau
25	N 35°48'40,7"	E 04°01'08,1"	592112	3963499	561	Oued Tergua	Néant
26	N 35°49'41,0"	E 04°00'52,5"	ND	ND	578	Oued Khrachba	Néant

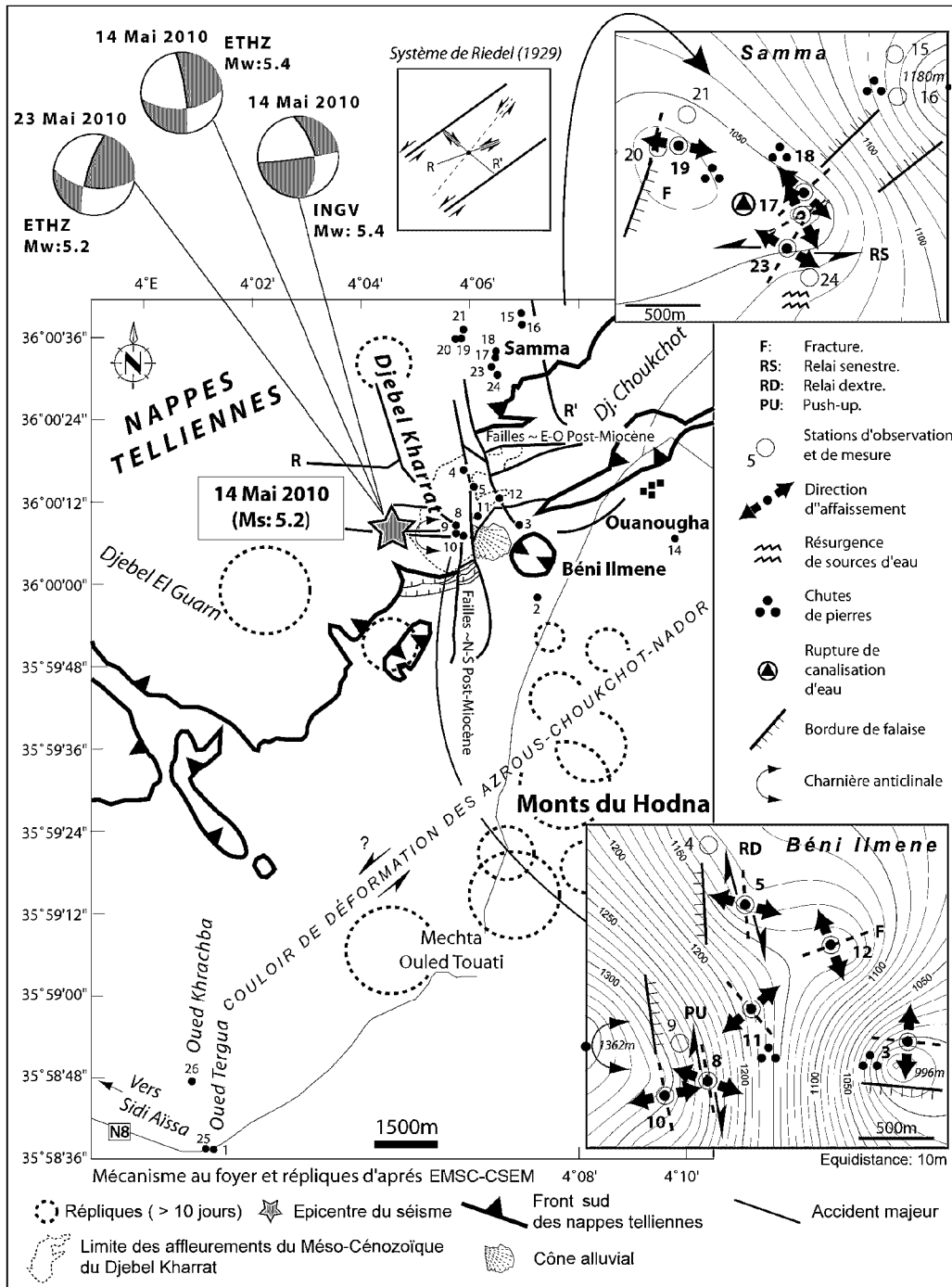


Fig.2 - Localisation géographique des sites d'observations des effets en surface induits par le séisme du 14 Mai 2010 (carte géologique au 1/200 000, d'après Courier, 1968) et mécanismes au foyer (sources: EMSC-CSEM; USGS/ NEIC).

Structural map of the studied area, illustrating the structural features (geological map 1:200 000 after Courier, 1968) and the focal mechanism (sources: EMSC-CSEM; USGS/ NEIC).

LE SÉISME DU 14 MAI 2010 DE BÉNI ILMÈNE (M'SILA, ALGÉRIE), (Ms : 5,2) :
ANALYSE DES TRACES DE SURFACE

faille-flexure (flexural slip faulting) sont observables sur une vingtaine de mètres. Des fractures orientées nord-sud, à pendage vertical, présentant un jeu en relai dextre transtensif parcourent le bord d'une falaise bordière de la vieille casbah ont été relevées.

Dans le Djebel Kharrat, lieu de l'épicentre du séisme, des structures de pression dites "push-up" selon la terminologie empruntée à McClay et Price (1981) sont à signaler (pl. 1, ph. f; station: 8, tabl. II). En échelon, de longueurs métriques, a jeu inverse et orientées N°170 à pendage subvertical (75°O), ces dernières traduisent une composante décrochante dextre. Le rejet vertical du "push-up" par endroits est estimée à 10cm. Au même lieu, à quelques mètres du sommet du djebel Kharrat, un effondrement orienté N160° est apparu sur une ancienne zone de faiblesse, matérialisée par un ancien plan de faille souligné par de la cataclase (pl. 2, ph. e a; station: 10; tabl. II; fig. 2). Au piedmont du djebel, une série de fractures sub-méridiennes et sub-équatoriales (N070°) ouvertes, de longueurs décamétriques sont apparues, dont les rejets verticaux dépassent

parfois le demi-mètre (pl. 2, ph. b; stations: 11 et 12; tabl. II; figs. 2 et 3).

Dans le village de Ouanougha, dans la localité de Ahl El Oued et plus précisément à Oued Skouk (station 14, N 35°57'50,5" – E 04°09'44.6"), des villageois nous ont signalé qu'à la date du 15 Mai 2010, vers 8 ou 9 heure du matin, une manifestation cosismique matérialisée par l'apparition d'un nuage de poussière, suite probablement à un petit effondrement de sol et dont la trace a disparu lors de notre passage du fait que l'incident est localisé dans le patio d'une habitation.

Dans la localité de Samma, dans la wilaya de Bordj Bou Arréridj, aux coordonnées N36° 00' 54.8" et E04°06'53.2" (pl. 2, ph. c; station 16; fig. 2), des chutes de pierres ont été observées sur le bord de la route goudronnée. Sur la route de Ouled Mehenni, à la sortie de la localité de Téniet El Haddada (coordonnées: N36°00'29.7"- E04° 06'26"), la trace d'une fracture de direction N044° se manifestant par une cassure du revêtement routier et ayant provoquée une rupture dans la canalisation d'eau est observable. Cette

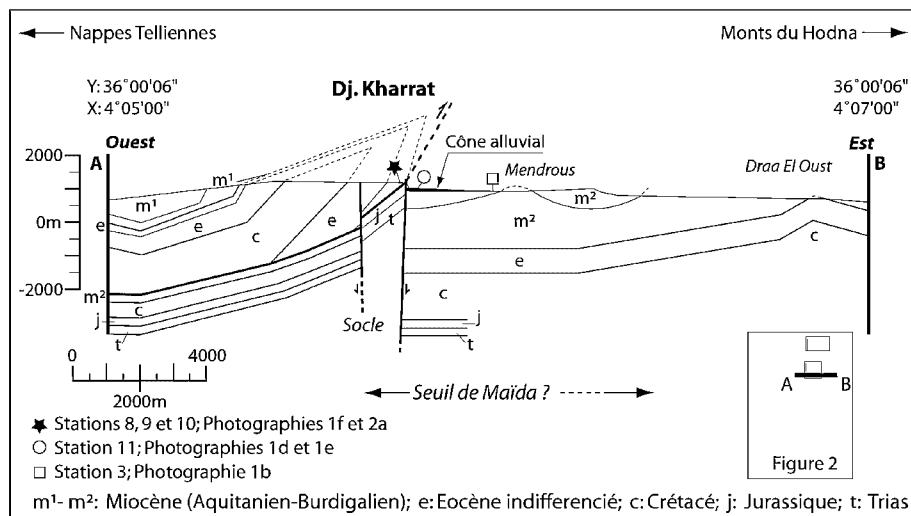


Fig.3 - Coupe géologique est-ouest dans la structure de Djebel Kharrat établie d'après les cartes géologiques de Sidi Aïssa-139 et de Tarmount-140 au 1/50000.

East-West geological cross section illustrating the structural feature of Djebel Kharrat (Based on geological maps of Sidi Aïssa-139 and Tarmount-140, 1:50000).

fracture borde une petite falaise et elle est discontinue sur plusieurs centaines de mètres vers le nord-est où elle est largement observable dans le paysage.

Dans l'Oued Samsam, dans la localité des Ouled Mehenni (pl. 2, ph. d; station 19; fig. 2), de gros blocs de roches se sont détachés du sommet de la falaise de Ras El Kef. Certains de ces derniers se sont même retrouvés à l'intérieur des cours des maisons sans faire de blessés. Le replat au sommet de la falaise montre une fracture ouverte de direction approximative N190°. Au sud-est du hameau des Ouled Mehenni, dans la localité de Finchrouk, en bordure d'un sentier muletier menant vers une source d'eau potable (N36°00'19.1''-E04°06'21.53''), des fractures en échelon senestres, de direction N260° sont observables. Vers le sud-est, à 295 m de la station 23, aux coordonnées N36°00'11.6'' et E04°06'29.3'' (pl. 2, ph. e; station 24; fig. 2), on assiste à la résurgence d'une ancienne source d'eau douce. D'après le témoignage des villageois, sa réactivation serait postérieure au séisme. Selon certains habitants de la localité, elle serait probablement contemporaine de la secousse principale. La recherche d'une quelconque manifestation de la déformation cosismique a été entreprise dans les Oueds Tergua et Khrachba, au sud du Djebel Kharrat (stations 1, 25 et 26; tabl. II, fig. 2), elle s'est avérée infructueuse.

V - CONCLUSION ET DISCUSSION

En surface, le trait le plus caractéristique des traces du séisme du 14 Mai 2010 de Béni Ilmène est l'arrangement en échelon de fractures, reliées parfois par des structures de pression ("push-up"). Les structures cosismiques sont caractérisées, aussi, par l'existence d'un système de fractures conjuguées qui se traduit par un mouvement décrochant dextre sur les fractures NNE-SSO et senestre sur les fractures ENE-OSO. Des fractures bordières de falaises ou parallèles aux oueds apparaissent souvent sous forme d'effondrements

ou d'affaissements dont les rejets verticaux peuvent atteindre un demi-mètre. Les observations de terrain montrent que le mécanisme du séisme du 14 Mai 2010 ne semble pas correspondre uniquement, en surface à un unique décrochement NE-SO, comme le suggèrent les mécanismes au foyer et l'alignement des répliques (figs. 1 et 2), mais à des systèmes de décrochements conjugués qui serait cohérent avec un dispositif structural dont les accidents ENE-OSO senestres et NNE-SSO dextres seraient respectivement, assimilables à des accidents R et R' d'un système de Riedel (1929), selon le modèle de Tchalenko et Ambroseys (1970) (fig. 2). D'après les données du Centre Sismologique Euro-Méditerranéen (EMCS-CSEM), les répliques du séisme semblent indiquer une faille de longueur approximative de 36 km. Néanmoins, cette estimation n'est pas réaliste car cet organisme donne des localisations avec des marges d'erreurs supérieures à 10 km. Toutefois, l'orientation de ces répliques correspond probablement à un couloir de déformation NE-SO, lequel à notre avis se superpose sur d'anciennes structures géologiques (les Azrous, les Djebels Choukchot et Nador), (fig. 1), dont la genèse tectonique de ces dernières est à rechercher au moins, dans un héritage structural ancien (Guiraud, 1973; Mékireche et al., 1998; Kheidri et al., 2007). Appelé aussi, seuil de Maïda (fig. 3) (Kiecken, 1974 et 1975), ce couloir est considéré par Guiraud (1973) comme une représentation dans le Hodna occidental d'un jalon de la chaîne pré-atlasique, dont il constate un amenuisement progressif à l'est du Djebel Nador (DjN) (fig. 1) et qui se développe à nouveau dans les Monts du Hodna.

Il faut noter, qu'aucun phénomène de liquéfaction ou de remontées de sables à travers des fractures et dans des puits d'eau ou l'existence de cratères de sable n'ont été observés. Physiquement, des conditions particulières telles que la présence de couches de sable fin, lâches à des profondeurs généralement inférieures à 12 mètres, la présence d'eau et une forte secousse sismique doivent être réunies pour la genèse d'un tel phéno-

LE SÉISME DU 14 MAI 2010 DE BÉNI ILMÈNE (M'SILA, ALGÉRIE), (Ms : 5,2) :
ANALYSE DES TRACES DE SURFACE

mène (Machane et *al.*, 2004). Selon Harbi (2001), en Algérie et à ce jour, uniquement trois séismes ont engendré des phénomènes de liquéfaction, celui de Djidjelli en 1856, d'El Asnam en 1980 et de Zemmouri-Boumerdès en 2003 (Bouhadad et *al.*, 2009). Les investigations effectuées sur le site, n'ont pas permis de repérer des glissements de terrain. Selon Machane et *al.* (2004), un certain nombre de conditions telles qu'une remontée de la nappe phréatique suite à une forte pluviométrie, l'existence de forte pente, la présence d'un matériel argilo-marneux, l'existence d'une surface de rupture et une forte secousse sismique sont favorables au déclenchement d'un tel mécanisme. Il est fort probable que le site étudié n'offre pas de telles conditions. Il n'en demeure pas moins, que le phénomène de glissement de terrain suite à une secousse tellurique est connu en Algérie; à titre d'exemples, le glissement le plus important observé à la suite du séisme de Boumerdès du 21 Mai 2003, est celui de la ville de Guerrouma, située à environ 45 km de l'épicentre (Machane et *al.*, 2004). Guemache et *al.* (2009) décrivent également un glissement de terrain dans la localité de Laâlam (Kherrata) dans la chaîne des Babors, suite à un séisme de magnitude ($M_w = 5,3$) daté du 20 Mars 2006. On peut également citer les glissements de terrain liés aux séismes d'El Asnam ($M = 7,3$) du 10 Octobre 1980 (Meghraoui, 1988), de Constantine ($M = 6$) du 27 Octobre 1985 (Bounif et *al.*, 1987) et de Tipaza ($M = 6$) du 29 Octobre 1989 (Meghraoui, 1991). Contrairement aux phénomènes de liquéfaction et de glissement de terrain, les chutes de blocs ont été observées à Béni Ilmène. En Algérie, un tel phénomène est mentionné dans la littérature par divers auteurs (Gabert, 1984; Bougdal, 1990; Bennouar, 1994; GGES, 2004), et il est souvent lié à des secousses sismiques fortes à modérées comme celles de Kherrata en 1949 et du Tipaza-Chenoua en 1989.

La déformation en surface a été observée sur une bande orientée NE-SO, longue de 5 km, et semble montrer des effets combinés de la gravité, des

vibrations lors de la rupture sur la faille principale et également le champ de contrainte de la région. Ainsi, les traces relevées sont interprétées comme des effets induits et ne peuvent être utilisées comme des marqueurs de directions de contrainte. Il existe probablement une interaction entre les effets gravitaires liés à l'instabilité des rives des oueds et des bords des falaises et le champ de contraintes tectoniques. Ainsi, l'étude des effets morpho-structuraux induits par un séisme permet d'une part la détermination des intensités macrosismiques qui se traduit par l'établissement d'une carte des intensités et d'autre part, les effets sont pris en compte dans l'approche de microzonage sismique. A l'instar de la tectonique active localisée dans la région nord du pays, essentiellement dans le Tell, le séisme du 14 Mai 2010 de Béni Ilmène est l'expression de la convergence actuelle des plaques africaine et eurasiatique. Le séisme se situe au niveau du front sud des nappes telliennes et du Miocène autochtone et à l'ouest de la terminaison des Monts du Hodna. Alors, les questions de la limite géodynamique de ces monts à l'ouest et la signification du front sud des nappes telliennes à cet endroit sont posées. Limite qui au regard de la contrainte actuelle doit être, nécessairement un accident à composante senestre (figs. 1 et 2). Toutefois, cela reste une hypothèse et une connaissance approfondie de la sismicité de la région s'avère nécessaire afin de répondre à la question.

Remerciements : Nous remercions les rapporteurs Merzouk Ouyed (USTHB) et Mustapha Meghraoui (EOST-IPG Strasbourg) pour leurs critiques pertinentes et leurs suggestions constructives. La direction du Service géologique National (DSGN) de l'Agence Nationale de la Géologie et du Contrôle Minier (ANGCM), pour les moyens logistiques mis à notre disposition. Aux habitants du village de Samma dans la Daïra de Béni Daoud pour leur agréable hospitalité.

BIBLIOGRAPHIE

- AOUDIA, A. AND MEGHRAOUI, M. 1995. Seismotectonics in the Tell Atlas of Algeria: the Cavaignac (Abou El Hassan) earthquake of 25.08.1922 ($M_s = 5.9$). *Tectonophysics*, 248, pp. 263–276.

- AOUDIA, A., VACCARI, F., SUHADOLC, P. AND MEGHRAOUI, M. 2000.** Seismogenic potential and earthquake hazard assessment in the Tell Atlas of Algeria. *Journal of Sismology*, 4, pp. 79-88.
- 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*, 113, B09301.
- BALDINI, P. 1966.** Carte géologique de Tarmount (140) au 1/50000. *Service Géologique de l'Algérie*.
- BELABBÈS, S. 2008.** Caractérisation de la déformation active par l'interférométrie Radar (InSAR) : failles sismiques aveugles et cachées de l'Atlas Tellien (Algérie) et du Rif (Maroc) le long de la limite des plaques Afrique-Eurasie. *Thèse de Doctorat : Sciences de la Terre et de l'Université, Géophysique, Université de Strasbourg 1, France*, 211p.
- BELABBÈS, S., WICKS, C., ÇAKIR, Z. AND MEGHRAOUI, M. 2009.** Rupture parameters of the 2003 Zemmouri (Mw 6.8), Algeria, earthquake from joint inversion of interferometric synthetic aperture radar, coastal uplift, and GPS. *Journal of Geophysical Research*, 114, B03406.
- BENHALLOU, H. 1985.** Les catastrophes sismiques de la région d'Ech Chellif dans le contexte de la sismicité historique de l'Algérie. *Thèse de Doctorat ès-Sciences, Institut des Sciences de la terre, USTHB, Bab Ezzouar, Alger*. 295p.
- BENNOUAR, D. 1994.** Materials for the investigation of the seismicity of Algeria and adjacent regions during the Twentieth Century. *Annali di geophysica*, vol. XXXXVII, 4, 860p.
- BOUDIAF, A. 1996.** Etude sismotectonique de la région d'Alger et de la Kabylie (Algérie) : utilisation des modèles numériques de terrain (MNT) et de la télédétection pour la reconnaissance des structures tectoniques actives : contribution à l'évaluation de l'aléa sismique. *Thèse de Doctorat, université de Montpellier II, science et techniques du Languedoc*, 274p.
- BOUNIF, A., HAESSLER, H. AND MEGHRAOUI, M. 1987.** The Constantine (North-East Algeria) earthquake of October 27, 1985: surface ruptures and aftershock study. *Earth Planet Sciences Letter*, 85, pp. 451- 460.
- BOUGDAL, R. 1990.** Les effets gravitaires induits par le séisme du Chenoua du 29/10/1989. *Actes du Séminaire post-sismique, Tipaza*, 1990.
- BOUGHACHA, M. S., OUYED, M., BENHALLOU, H., DJEDDI, M. ET HATZFELD, D. 2003.** Sismicité en Algérie de 1790 à 2000: mécanismes aux foyers et vitesse de rapprochement inter-plaques. *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*, 14, 2, pp. 65-77.
- BOUHADAD, Y. 2007.** Dynamique récente et actuelle de quelques tronçons de la chaîne tellienne : Géologie des failles actives et aléa sismique. *Thèse de Doctorat, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumédiène, Bab Ezzouar, Alger*, 242p.
- BOUHADAD, Y., BENHAMOUCHE, A., MAOUCHE, S. AND BELHAI, D. 2009.** Evidence for Quaternary liquefaction-induced features in the epicentral area of the 21 May 2003 Zemmouri earthquake (Algeria, Mw = 6.8). *Journal of Seismology*, 13, 1, pp. 161-172.
- COURRIER, P. 1968.** Carte géologique, Parcelle A1, 1/200000, SOPEFAL, SN.REPAL opérateur délégué, *Editions GEOSERVICES*.
- DAN, G., SULTAN, N., SAVOYE, B., DÉVERCHÈRE, J. AND YELLES, K. 2009.** Quantifying the role of sandy-silty sediments in generating slope failures during earthquakes: Example from the Algerian margin. *International Journal of Earth Sciences*, 98, 4, pp. 769-789.
- DÉVERCHÈRE, J., YELLES, K., DOMZIG, A., MERCIER DE LÉPINAY, B., BOULLIN, 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*, 32, 4, pp. 28-31.

LE SÉISME DU 14 MAI 2010 DE BÉNI ILMÈNE (M'SILA, ALGÉRIE), (Ms : 5,2) :
ANALYSE DES TRACES DE SURFACE

- DÉVERCHÈRE, J., MERCIER DE LÉPINAY, B., CATTANEO, A., STRZERZYNSKI, P., CALAIS, E., DOMZIG, A. AND BRACÈNE, R. 2010.** Comment on Zemmouri earthquake rupture zone (Mw = 6.8, Algeria): Aftershocks sequence relocation and 3D velocity model by A. Ayadi et al. *Journal of Geophysical Research*, 115, B04320, pp. 1-6.
- DOMZIG, A. 2006.** Déformation active et récente, et structuration tectono-sédimentaire de la marge sous-marine algérienne. *Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale*, 333p.
- GABERT, P. 1984.** Séismes, néotectoniques et effets induits sur les versants des massifs des Babors dans la région de Kherrata (Algérie). *Revue Géographique des Pays Méditerranéens*, pp. 25-32.
- GGES (GROUPE GÉOSCIENTIFIQUE D'ETUDE DU SÉISME). 2004.** Le Séisme de Zemmouri-Boumerdès (Algérie) du 21 Mai 2003 : Constats Géologiques et Enseignements Préliminaires. *Edit. du Serv. Géol. de l'Algérie*, mém. n° 12, 204p.
- GRANDJEAN, A., GUIRAUD, R. ET POLVECHE, J. 1966.** Le séisme de M'Sila. *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*, 33, pp. 33-47.
- GUEMACHE, M. A. 2010.** Evolution géodynamique des bassins sismogènes de l'Algérois (Algérie) : approche pluridisciplinaire (méthodes géologiques et géophysiques). *Thèse de Doctorat, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Bab Ez Zouar, Alger*, 294p.
- GUEMACHE, M.A., MACHANE, D., BELDJOUDI, H., GHARBI, S., DJADIA, L., BENAHMED, S. AND YMMEL, H. 2009.** On a damaging earthquake-induced landslide in the Algerian Alps: the March 20, 2006 Laâlam landslide (Babors Chain, Northeast Algeria), triggered by the Kherrata earthquake (Mw = 5.3). *Natural Hazards*, 54, 2, pp. 273-288.
- GUEMACHE, M.A., DJELLIT, H., YMMEL, H., GHARBI, S. ET DORBATH, C. 2010.** La faille post-astienne de Bouinan-Soumâa (Région de Blida, bordure sud du Bassin de la Mitidja, Algérie) : expression néotectonique et implication dans l'évaluation de l'aléa sismique. *Bull. du Serv. Géol. Nat.*, 21, 1, pp. 74-94.
- GUIRAUD, R. 1973.** Evolution post-triasique de l'Avant-Pays de la chaîne alpine en Algérie d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines. *Thèse de Doctorat en Sciences, Université de Nice-Avignon*, 259p.
- GUIRAUD, R. 1977.** Sur la néotectonique des régions ouest-constantinoises, *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7, tome XIX, pp. 645-650.
- HARBI, A. 2001.** Analyse de la sismicité et mise en évidence d'accidents actifs dans le NE algérien. *Thèse de Magister, U.S.T.H.B., Bab Ezzouar, Alger*, 189p.
- HARBI A. ET MAOUCHE S. 2009.** Les principaux séismes du Nord-Est de l'Algérie. *Mém. du Serv. Géol. Nat. de l'Algérie*, 16, 81p.
- KHEIDRI, H. L., ZAZOUN, R. S. AND SABAOU, N. 2007.** Neogene tectonic history of the Sub-Bibanic and M'Sila Basins, Northern Algeria: implications for hydrocarbon potential. *Journal of Petroleum Geology*, 30, (2), pp. 159-174.
- KHERROUBI, A., DÉVERCHÈRE, J., YELLES, A., MERCIER DE LÉPINAY, B., DOMZIG, A., CATTANEO, A., BRACÈNE, R., GAULLIER, V. AND GRAINDORGE, D. 2009.** Recent and active deformation pattern of the Easternmost Algerian margin, Western Mediterranean Sea: new evidence for contractional tectonic reactivation. *Marine Geology*, 261, 1-4, pp. 17-32.
- KIEKEN, M. 1960.** Carte géologique de Sidi-Aïssa (139) au 1/50 000. *Service Géologique de l'Algérie*.
- KIEKEN, M. 1974.** Etude géologique du Hodna, du Titteri et de la partie occidentale des Bibans (Département d'Alger, Algérie). *Service Géologique de l'Algérie*, 1, 356p.
- KIEKEN, M. 1975.** Etude géologique du Hodna, du Titteri et de la partie occidentale des Bibans (Département d'Alger, Algérie). *Service Géologique de l'Algérie*, 2, 323p.
- LETOUZAY, J. 1990.** Petroleum and Tectonics in mobile belts. IFP Exploration and Research Conferences, *Technip (Eds), Paris*, 193p.

- MACHANE, D. 2009.** Fracturation néotectonique dans les Kabylies, potentiel sismique des failles actives et effets géologiques induits. *Thèse de Doctorat, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Bab Ez Zouar, Alger*, 222p.
- MACHANE, D., BOUHADAD, Y., OUBAICHE, E. H., HELLEL, M., AMROUCHE, F., ABBES, K., MESSAOUDI, M. ET CHEIKH LOUNIS, G. 2004.** Description morphologique des effets induits par le séisme de Boumerdès (Algérie) du 21 mai 2003 (Mw=6.8). *In* : Groupe Géoscientifique d'Etude du Séisme (Eds.). Le Séisme de Zemmouri-Boumerdès (Algérie) du 21 Mai 2003 : Constats Géologiques et Enseignements Préliminaires. *Mémoire du Service Géologique de l'Algérie*, n°12, pp.133-146.
- MACHANE, D., BOUHADAD, Y., CHEIKHLOUNIS, G., CHATELAIN, J.L., OUBAICHE, E.H., ABBES, K., GUILLIER, B. AND BENSELEM, R. 2008.** Examples of geomorphologic and geological hazards in Algeria. *Natural Hazards*, 45, pp. 295–308.
- MACHANE, D., GUILLIER, B., CHATELAIN, J. L., BOULLIN, J. P., HADDOUM, H., GUEMACHE, M. A., ZETOUTOU, S., AOURARI, S., DJADIA, L. ET BENELHADJ, Z. 2009.** Le séisme (Mw = 5) de Laalam (Kabylie, Algérie) du 20 mars 2006 : prospections géologiques et géophysiques (bruit vibratoire ambiant) et corrélations avec les dommages. *Bulletin du Service Géologique National*, 20, 3, pp. 357-373.
- MACKENZIE, D. P. 1972.** Active tectonic of the Mediterranean region. *Geological Journal Research of Astrophysic Society*, 30, pp. 108-185.
- MAHSAS, A., LAMMALI, K., YELLES, K., CALAIS, E., FREED, A. M. AND BRIOLE, P. 2008.** Shallow afterslip following the 2003 May 21, Mw = 6.9 Boumerdes earthquake, Algeria. *Geophysical Journal International*, 172, 1, pp. 155–166.
- MAOUCHE, S. 2010.** Tectonique active et géodynamique le long de l'Atlas Tellien : étude des soulèvements côtiers. *Thèse de Doctorat, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Bab Ez Zouar, Alger*, 315p.
- MAOUCHE, S., HARBI, A. AND MEGHRAOUI, M. 2008.** Attenuation of intensity for the Zemmouri earthquake of 21 May 2003 (Mw 6.8): insights for the seismic hazard and historical earthquake sources in Northern Algeria. *In*: Fréchet, J., Meghraoui, M. and Stuchi, M.(Editors). *Historical Seismology, Interdisciplinary Studies of Past and Recent Earthquakes. Springer-Verlag*, pp. 327-350.
- MAOUCHE, S., MORHANGE, C. AND MEGHRAOUI, M. 2009.** Large boulder accumulation on the Algerian coast evidence tsunami events in the western Mediterranean. *Marine Geology*, 262, pp. 96-104.
- MCCLAY, K. R. AND PRICE, N.-J. 1981.** Thrust and Nappes Tectonics. *Geological Society of London*, special publication, 9, *Blackwell Scientific*, S^t Louis, Mo, (Eds). 539p.
- MEGHRAOUI, M. 1988.** Géologie des zones sismiques du Nord de l'Algérie: Paléosismologie, tectonique active et synthèse sismotectonique. *Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Orsay, Paris XI*, 356p.
- MEGHRAOUI, M. 1991.** Blind reverse faulting system associated with the Mont Chenoua Tipaza earthquake of 29 October 1989 (North Central Algeria), *Terra Nova*, 3, pp. 84-93.
- MEGHRAOUI, M., CISTERNAS, A. AND PHILIP, H. 1986.** Seismotectonics of the Lower Chellif Basin: structural background of the El Asnam (Algeria) earthquake. *Tectonics*, 5, pp. 809-836.
- MEGHRAOUI, M. AND DOUMAZ, F. 1996.** Earthquake induced flooding and paleoseismicity of the El Asnam (Algeria) fault-related fold. *Journal of Geophysical Research*, 101, pp. 17617-17644.
- MEGHRAOUI, M., MOREL, J. L., ANDRIEUX, J. ET DAHMANI, M. 1996.** Tectonique plio-quadernaire de la chaîne tello-rifaine et de la Mer d'Alboran, *Bull. Soc. Geol., France*, 167, pp. 143-159.
- 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. *Geophysical Research Letter*, 31, L19605, pp. 1-4.

LE SÉISME DU 14 MAI 2010 DE BÉNI ILMÈNE (M'SILA, ALGÉRIE), (Ms : 5,2) :
ANALYSE DES TRACES DE SURFACE

- MÉKIRECHE, K., SABAOU, N. AND ZAZOUN, R. S. 1998.** Critical factors in the exploration of Atlas intramontane basin: the Western Hodna Basin of Northern Algeria. In: MacGregor, D.S., Moody, R.T.J. and Clark-Lowes, D.D. (Editors.). *Petroleum Geology of North Africa. Geological Society of London, special Publication*, 132, pp. 423-432.
- MOKRANE, A., AÏT MESSAOUD, A., SEBAÏ, A., AYADI, A., BEZZEGHOUD, M. ET BENHALLOU, H. 1994.** Les séismes en Algérie de 1365 à 1992. *Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique, Alger (Eds)*, 227p.
- MOREL, J. L. AND MEGHRAOUI, M. 1996.** The Goringe-Alboran-Tell (Galtel) tectonic zone: A transpression system along the Africa-Eurasia plate boundary, *Geology*, 24, pp. 755-758.
- NOCQUET, J. M. AND CALAIS, E. 2004.** Geodetic measurements of crustal deformation in the Western Mediterranean and Europe. *Pure Applied Geophysics*, 161, pp. 661-681.
- PERREY, A. 1847.** Notes sur les tremblements de terre en Algérie et dans l'Afrique septentrionale. *Mémoires de l'Académie des Sciences, des Arts et Belles Lettres de Dijon, année 1847-1846*, pp. 299-323.
- PHILIP, H. AND MEGHRAOUI, M. 1983.** Structural analysis and interpretation of the surface deformation of the El Asnam earthquake of October 10, 1980. *Tectonics*, 2, pp. 17-49.
- RIEDEL, W. 1929.** Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen. *Centralblatt Mineralogie, Geologie und Palaeontologie*, 1929 B, pp. 354-368.
- SAVORNIN, M. J. 1909.** Carte Géologique d'El Mansourah (114) au 1/50 000. *Service Géologique de l'Algérie*.
- SAVORNIN, M. J. 1929.** Carte Géologique de l'Oued Okris (113) au 1/50 000. *Service Géologique de l'Algérie*.
- TCHALENKO, J. S. AND AMBRASEYS, N. N. 1970.** Structural analyses of the Dasht-e Bayaz (Iran) earthquake fractures. *Geological Society of America Bulletin*, 81, pp. 41-60.
- WILDI, W. 1983.** La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie) : structure stratigraphique et évolution du Traras au Miocène. *Revue de Géologie Dynamique et de Géographie Physique*, numéro spécial, Chaîne Tello-Rifaine, 24, pp. 201-298.
- YELLES-CHAOUCHE, A.-K., BOUDIAF, A., DJELLIT, H. AND BRACÈNE, R. 2006.** La tectonique active de la région nord-algérienne. *Comptes Rendus Géoscience*, 338, pp. 126-139.
- YELLES-CHAOUCHE, A.-K., ROGER, K., DÉVERCHÈRE, J., BRACÈNE, R., DOMZIG, A., HÉBERT, H. AND KHERROUBI, A. 2009a.** The 1856 tsunami of Djidjelli (Eastern Algeria): Seismotectonics, modelling and hazard implications for the Algerian coast. *Pure and Applied Geophysics*, 166, pp. 1-2, pp. 283-300.
- YELLES-CHAOUCHE, A.-K., DOMZIG, A., DÉVERCHÈRE, J., BRACÈNE, R., MERCIER DE LÉPINAY, B., STRZERZYNSKI, P., BERTRAND, G., BOUDIAF, A., WINTER, T., KHERROUBI, A., LE ROY, P. AND DJELLIT, H. 2009b.** Plio-Quaternary reactivation of the Neogene margin of NW Algiers, Algeria: The Khayr al Din bank. *Tectonophysics*, 475, 1, pp. 98-116.

Planche 1

Traces de surface du séisme du 14 Mai 2010
(Pour la localisation des photographies, voir les stations de mesures en figure 2).

***Surface traces of the May 14th 2010 earthquake.
(See the measurement stations of figure 2)***

a- Vue sur le village de Béni Ilmène, au pied du Djebel Kharrat,
lieu de l'épicentre du séisme du 14 Mai 2010.

***Landscape view of Beni Ilmane village showing the Djebel Kharrat Mountain,
location of the May 14th earthquake main shock.***

b- Fractures ouvertes de direction N274°. A noter, le Djebel Kharrat en arrière plan,
(Station 3 ; N 35°58'0,25"- E 04°06'52,6").

***Large open fracture striking N274°. See the Djebel Kharrat Mountain in the background,
(Station 3: N 35°58'0.25"- E 04°06'52.6").***

c- Chutes de pierres dans le Djebel Kharrat, noter la couleur blanche de certains affleurements,
traduisant des cassures fraîches.

***Rockfalls in the Djebel Kharrat. Notice the white colour of some outcrops,
reflecting fresh fractures.***

d- Structure d'effondrement de direction N170°, le rejet vertical (RV) est estimé à 22 cm en moyenne
pour une ouverture horizontale (OH) de l'ordre 63 cm. (Casbah de Béni Ilmène,
Station 5 ; N 35°58'48,1"-E 04°05'51,8").

***Collapse structure striking N170°. The vertical offset is about 22 cm for an horizontal opening of 63
cm (Casbah of Beni Ilmene, Station 5; N 35°58'48.1"- E 04°05'51.8").***

e- Fractures ouvertes de direction N165°. La fracturation reprend les zones de faiblesse matérialisées
par la stratification verticale (So : N175°-75°E) (Casbah de Béni Ilmène,
Station 5 ; N 35°58'48,1"- E 04°05'51,8").

***A N165° open fractures. The fracturation takes place on the weak areas of vertical stratification
(So: N175°- 75°E) (Casbah of Beni Ilmene, Station 5 ; N 35°58'48.1"- E 04°05'51.8").***

f- Structure en "push-up" (Djebel Kharrat, Station 8 ; N 35°57'51,3 "- E 04°05'46,3").

Detail of push-up structure (Djebel Kharrat, Station 8; N 35°57'51.3 "- E 04°05'46.3").

LE SÉISME DU 14 MAI 2010 DE BÉNI ILMÈNE (M'SILA, ALGÉRIE), (Ms : 5,2) :
ANALYSE DES TRACES DE SURFACE



Planche 2

Traces de surface du séisme du 14 Mai 2010 (suite).
(Pour la localisation des photographies, voir les stations de mesures en figure 2).

***Surface traces of the May 14th 2010 earthquake
(See the measurement stations of figure 2)***

- a- Fossé d'effondrement sub-méridien dont le rejet vertical dépasse le mètre
(Djebel Kharrat, Station 10 ; N 35°57'51,5" - E 04°05'42,5").

***Submeridian half-graben with a metric vertical offset
(Djebel Kharrat, Station 10, N 35°57'51.5" - E 04°05'42.5").***

- b- Fracture subméridienne décamétrique ouverte au piedmont du Djebel Kharrat
(Station 12 ; N 35°58'7,3" - E 04°05'6,9").

***A submeridian open fracture near the Djebel Kharrat Mountain
(Station 12; N 35°58'7.3" - E 04°05'6.9").***

- c- Chutes de blocs de pierres, Téniet El Haddada , village de Samma
(Station 16 ; N36°00'54,8" - E04°06'53,2").

***Falls of rock boulders, Teniet El Haddada , Samma village
(Station 16; N36°00'54.8" - E04°06'53.2").***

- d- Vue du sommet de la falaise de Ras El Kef. Il est à noter qu'un plan de falaise est dans un équilibre précaire et menace de se détacher. Les taches rouges sur la photographie représentent les tentes mises à la disposition de la population sinistrée par la protection civile.
(Ouled Mehenni, Station 20; N36°00'45,2" - E04°05'48,1", 1051m).

***View from the top of Ras El Kef cliff. Note that a section of cliff is in a precarious balance and risk to fall down. The red spots on the photography represent the tents given to the affected population
(Ouled Mehenni, Station 20; N36°00'45.2" - E04°05'48.1", 1051m).***

- e- Résurgence d'une source d'eau potable
(Station 24 ; N36°00'11,6" - E04°06'29,3", Finchrouk, Ouled Mehenni).

***Resurgence of drinking water source
(Station 24; N36°00'11.6" - E04°06'29.3", Finchrouk, Ouled Mehenni).***

- f- Vieille mosquée de Béni Ilmène touchée par le séisme du 14 Mai 2010.
Old mosque at Beni Ilmene village affected by the May 14th earthquake.

- g- Vieille maison effondrée dans la localité de Samma dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj.
Old house collapsed in the Samma village (Wilaya of Bordj Bou Arreridj).

LE SÉISME DU 14 MAI 2010 DE BÉNI ILMÈNE (M'SILA, ALGÉRIE), (Ms : 5,2) :
ANALYSE DES TRACES DE SURFACE

