

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques, et sciences Agronomique

Département des Sciences Géologiques



UMMTO



MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de Master En GEOLOGIE

Spécialité : Géologie des Bassins Sédimentaires

Thème

**Typologies des déformations synsédimentaires de la région
de M'Sirda – Bidder .Wilaya de Tlemcen,Oranie occidentale**

Présenté Par

1/ Chebel Fares

2/ Akermoun Thinhinane

Soutenue publiquement, le 25/03/2021, devant le jury composé de :

Président : M. Kardache RMCA.....UMMTO

Encadreur : M. BOUKHEDIMI MedA. MCB.....UMMTO

Examineur : M. Achoui M MAA.....UMMTO

Examineur : M. LOUNIS RMAA.....UMMTO

Année universitaire 2019/2020

Remerciement

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont aidées lors de la rédaction de ce mémoire.

Nous voudrions dans un premier temps remercier, notre encadreur Mr Boukhedimi M.A, enseignant à l'université Mouloud Mammeri, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Nous remercions également toute l'équipe pédagogique de l'université Mouloud Mammeri et les intervenants professionnels responsables de notre formation, pour avoir assuré la partie théorique de celle-ci.

Nous tenons à témoigner toute notre reconnaissance aux personnes qui ont accepté d'examiner et de juger ce travail : Mr Kardech. R, Mr Achoui M et Mr Lounis R

Enfin nous dédions ce travail à nos familles surtout nos parents pour leur soutien et leurs encouragements.

Résumé

Les caractéristiques de liquéfaction peuvent être utilisées dans de nombreux contextes de terrain pour estimer l'intervalle de récurrence et la magnitude des séismes violents dans une grande partie de l'holocène. Ces caractéristiques comprennent des cuvettes, des coins, des volcans sédimentaires, et de glissement de terrain s'étendant latéralement. Le niveau de secousse sismique relativement élevé requis pour leur formation les rend particulièrement précieux comme enregistrement de fort paléo-tremblement de terre. Ce résumé explique l'utilisation des caractéristiques induites par la liquéfaction pour l'interprétation et l'analyse paléo-sismique.

Le mémoire présente des études sur cet élément liquéfié dans un contexte géologique important : le nord algérien précisément dans la région de l'Oranie occidentale. Ces études englobant la plupart de la gamme de paramètres et les types de caractéristiques induites par la liquéfaction susceptibles d'être rencontrées n'importe où, l'étude de cas décrivaient les caractéristiques observées et la logique pour leur attribuer une origine de liquéfaction sismique. On discute également de certains types de déformation des sédiments qui peuvent être mal interprétés comme ayant une origine sismique.

Abstract

Liquefaction characteristics can be used in many field settings to estimate the recurrence interval and magnitude of violent earthquakes over much of the Holocene. These features include corner pits, sedimentary volcanoes, and laterally extending landslides. The relatively high level of seismic shaking required for their formation makes them particularly valuable as a record of strong paleo-earthquake this summary explains the use of characteristics induced by liquefaction for interpretation and paleoseismic analysis

The thesis presents studies on this liquefied element in an important geological context: the Algerian north precisely in the region of western Oranie. These studies encompassing most of the range of parameters and the types of liquefaction-induced characteristics likely to be encountered anywhere or the case study described the observed characteristics and the rationale for attributing an origin of seismic liquefaction to them. Also discusses some types of sediment deformation that may be misinterpreted as having a seismic origin

SOMMAIRE

Chapitre I Généralité

1) Introduction générale :	2
2) But de travail :	2
3) Le cadre géographique :	3
4) Historique des travaux	5

Chapitre II Géologie local et régionale

1) Introduction :	7
2) L'évolution géodynamique :	8
3) Représentation locale de la région	9
4) Contexte géologique :	10
5) Le volcanisme :	10

Chapitre III Appercu stratigraphique de la région M'SIRDA BIDDER

1) La stratigraphie néogène-Quaternaire	10
---	----

Chapitre IV Les déformation classique et non classique

1) Les déformations synsédimentaires.....	18
2) Les déformations non classiques :	19
a) La déformation thixotropique.....	19
b) Notion de thixotropie :.....	19
c) L'origine des vibrations :	20
3) Nomenclature des déformations thixotropique :	21
a) Phénomènes gravitaires :.....	21
b) Fracturation des roches dures :	21
c) Déformations thixotropique au senso-stricto :	22
1.1.1.Des déformations cassantes :	22
1.1.2.Des déformations souples :.....	22

4)	Effet des vibrations sur les sédiments :	23
a)	les phénomènes gravitaires :	23
b)	La fracturation des roches dures :	23
c)	Fracturation des stalactites et stalagmites :	23
d)	Les blocks éclatés :	23
e)	les déformations thixotropiques proprement dites :	23
f)	Composantes cassantes :	23
	1.1.3.Les dykes sédimentaires :	23
	1.1.4.Faille de triage :	27
	Composantes souples :	29
	1.1.5.Les cuvettes thixotropiques :	29
	1.1.6.Les coins thixotropiques :	31
	1.1.7.Les intrusions plastiques :	31
	1.1.8.Les structures en diapir :	31
	1.1.9.Les sismoslumps :	31

Chapitre V néo-tectonique et sismicité de la région d'étude

1.	Introduction :	34
2.	ANALYSE MORPHOTECTONIQUE :	35
	2.1. Définition du travail	36
	2.2. INTERPRETATION DU MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN (MNT)	36
3.	Historique :	39
4.	Les seismites :	40

Chapitre VI L'origine et l'interprétation des déformation observe

1)	Les déformations classiques :	42
2)	Les déformations thixotropiques de la région :	46
3)	Conclusion	51

Chapitre VII Conclusion générale

1) Discussion et conclusion générale.....	54
---	----

Références bibliographique

Liste des figures

Figure	Pages
Chapitres I : Généralité	
Figure I.1 : vitesses de convergence a la limite des plaques Afrique et Eurasie en méditerrané occidentale et atlantique central d’après le mode Nuvel -1(Argus et Gordon 1991).sismicité d’après les catalogues Benouer (1995), et ISC enregistre entre 1900 et 2004.....	02
Figure I.2 : localisation de la région d’étude (en vert : l’Oranie)	03
Chapitres II : géologie régional et locale	
Figure II.1 : Carte structurale schématique de la chaîne des Maghrébides montrant la disposition des zones internes et externes de la chaîne des Maghrébides (d’après Durand–Delga et Fontboté, 1980). Notez que l’Oranie dans le rectangle rouge correspond aux zones externes.....	05
Figure II .2 : Convergent mouvements betweenAfrican and Eurasiantectonic plates (redrawnfrom Calais et al. 2003 and McClusky et al. 2003).	06
Figure II.3: situation géographique de la région d’étude au 1/200 000 éme	10
Figure II.4 : carte géologique de M’Sirda (In Guardia ,1975).....	12
Figure II.5 : Repartitions et âge du volcanique Néogène d Oriane Nord –Occidentale (in Coulon, 2002).....	13
Figure II.6 : Appareils volcanique des M’Sirda : Boukanoun (volcanisme ryholitique a basaltique).....	13
Figure II.7 : log litho stratigraphique de la région des M’Sirda	14

Chapitre III : aperçu stratigraphique de la région M'Sirda - Bidder

Figure III.1 : représentation schématique des terrasses marine du Quaternaire.....	16
---	-----------

Chapitre IV : Les déformations classiques et non classiques

Photo IV .1 : déformation en compression (failles inverses)	18
--	-----------

Photo IV.2 : Dyke d'injection développé en forme de "Z" dans les dépôts Tyrrhénien	23
--	-----------

Photo IV.3 :Dyke d'injection traversant verticalement les lits sédimentaires	23
--	-----------

Photo IV.4 :Dyke sédimentaire probablement d'injection associé à une faille normale	24
---	-----------

Photo IV.5 :Evidences de fracturations hydrauliques avec injections de matériel liquéfié (dykes d'injections) observées dans les dépôts d'une terrasse Tyrrhénienne.....	24
--	-----------

Photo IV.6 : Evidences de liquéfactions sous forme de Dykes d'injections développés dans des dépôts Holocènes.....	25
--	-----------

Photo IV.7 : Failles de triage (classement) observés dans les dépôts d'une terrasse du Sicilien	26
---	-----------

Photo IV.8 : Failles de triage (classement) développée dans les dépôts du Tyrrhénien	26
--	-----------

Photo IV.9 : Exemple de faille de triage (classement) développée dans les dépôts d'une terrasse Tyrrhénienne.	27
--	-----------

Photo IV.10 : Traces de liquéfactions observées dans des dépôts d'une terrasse Tyrrhénienne.	28
---	-----------

Photo IV.11 :Cuvettes thixotropiques développés dans des dépôts de terrasses Tyrrhéniennes.....	29
---	-----------

Photo IV.12: Coins thixotropique (Structures en coins) développés dans les dépôts des dunes récentes Holocènes (a et c) et du Tyrrhénien (b).	30
--	-----------

Photo IV.13: Sismoslumps développés dans les dépôts de terrasse calabrienne	31
--	-----------

Chapitre V : Néotectonique et sismicité de la région

Figure V.1 : contexte sismotectonique de la collision Afrique – Eurasie	32
--	-----------

Figure V.2 : la sismicité associée (catalogue USGS jusqu’au 31 décembre 2016)(marge Algérienne en rectangle Blue – Oranie en rectangle noir).....	33
--	-----------

Figure V.3 : résulta du drapage du MNT (1) sur la faille des travaux antérieurs (2) et la sismicité	36
--	-----------

Figure V.4 : carte sismotectonique de la région d’étude (Boukhedimi 2016).....	36
---	-----------

Chapitre VI : Origine et l’interprétation des déformations observe

Photo VI. 1: montrant une faille normale et des sémites.....	37
---	-----------

Photo VI. 2: montrant une faille normale.....	38
--	-----------

Figure VI .3 : représentation schématique des terrasses marine du Quaternaire.....	38
---	-----------

Photo VI. 4: Une terrasse marine du Quaternaire	39
--	-----------

Photo VI. 5: une terrasse marine de Quaternaire supérieure (tyrrhénien) dans la région de Bidder	39
--	-----------

Figure VI. 6: image satellitaire montrant la répartition du volcanisme suivant l’alignement des failles atlasiques.....	40
--	-----------

Photo VI. 7 : faille en extradors (N 60, 70 SE).....	41
---	-----------

Photo VI. 8: des pyroclastes diaclases.....	42
--	-----------

Photo VI. 9: des plis disharmoniques en slumps dans les pyroclastites du Pliocène inférieur.....	42
Photo VI. 10 : dyke volcanique : intrusion des pegmatites dans des granites de	43
Photo VI. 11 : un matériel liquéfié (exemple de cuvette thixotropique).....	43
Photo VI. 12 : des sismoslumps.....	45
Photo VI. 13 : basculement du niveau en relation avec un évènement sismique en formant des cuvettes thixotropiques.....	45
Photo VI. 14 : liquéfaction et remonté d'un matériel : exemple d'un dyke d'injection.....	46
Photo VI. 15 : des niveaux répétitifs On remarque un niveau perturbé (des sismites) et un niveau stable puis répétition d'un niveau perturbé (conséquence d'un évènement répétitif ; on parle de récurrence sismique).....	46
Photo VI. 16 : dyke nourricier (cheminé) + volcan de sable.....	47

Chapitres I : Généralités

1) Introduction générale :

Ce travail consiste à étudier les déformations synsédimentaires dans le Nord-Ouest Algérien (l'Oranie occidentale). Le travail consiste à déterminer la nature et l'origine de ces déformations. Des observations sur le terrain indiquent que ces déformations existent dans plusieurs niveaux tout au long de la côte ouest de l'Oranie, notamment dans le bassin de M'Sirda-Bidder.

En effet le bassin de M'Sirda est caractérisé de plusieurs déformations synsédimentaires qui existent dans plusieurs niveaux (horizontaux et verticaux). Ces déformations peuvent être des déformations classiques (des failles normales, plis failles, des plis,...), ou des déformations non classiques ; notamment des déformations thixotropiques (des dykes sédimentaires, des cuvettes et coins thixotropiques,...).

2) But de travail :

L'objectif de ce mémoire est :

- Retrouver et localiser les déformations synsédimentaires de la région.
- Définir ces déformations
- d'analyser le contexte tectonique de la région
- Déterminer l'origine des déformations synsédimentaires de cette région.

Notre mémoire est organisé en six chapitres : généralités, géologie régionale, géologie locale, la stratigraphie du secteur d'étude suivi d'un chapitre sur la néotectonique et la sismicité de la région, puis l'origine de ces déformations enfin une conclusion où on va discuter le résultat final.

L'Ouest de l'Oranie est aussi une zone d'activité sismique et volcanique intense durant le Néogène et le Quaternaire en conséquence de la convergence des deux plaques Afrique-Eurasie.

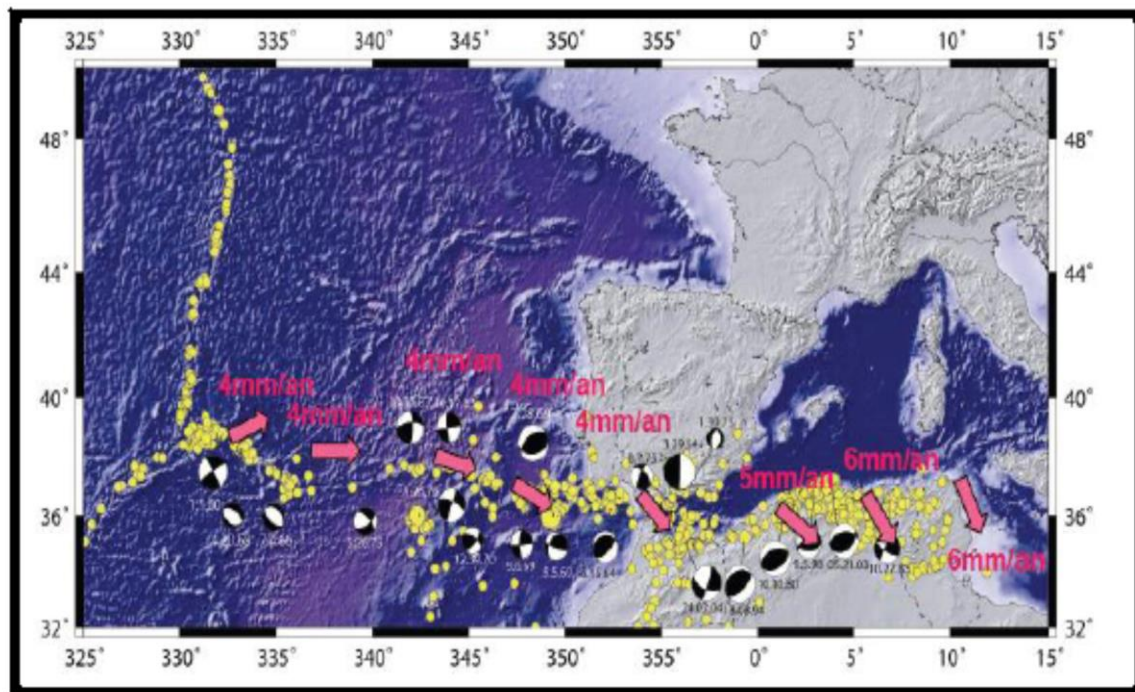


Figure I.1 : vitesses de convergence a la limite des plaques Afrique et Eurasie en méditerrané occidentale et atlantique central d'après le mode Nuvel -1(Argus et Gordon 1991).sismicité d'après les catalogues Benouet (1995), et ISC enregistre entre 1900 et 2004

3) Le cadre géographique :

L'Oranie appartient à la partie septentrionale (zones externes) de l'Algérie, elle comprend le tell et le pré atlas. Elle se situe dans le Nord-Ouest algérien, elle est bordée par oued Chélif à l'Est, de la méditerrané au nord, la frontière marocaine à l'ouest et par djebel beni Chougran, les Monts de Tlemcen au sud. L'Oranie est subdivisée en 3 parties : l'Oranie orientale, l'Oranie centrale et l'Oranie occidentale.

Présentation de la région d'étude :

L'Oranie occidentale s'étend sur 80 km d'Est en ouest et sur presque 30 km du nord au sud. Délimitée par les Monts de Tlemcen au sud, la méditerrané au nord et par la frontière marocaine à l'Ouest et la région d'Oran à l'Est. Elle comprend plusieurs bassins et Monts tellien.

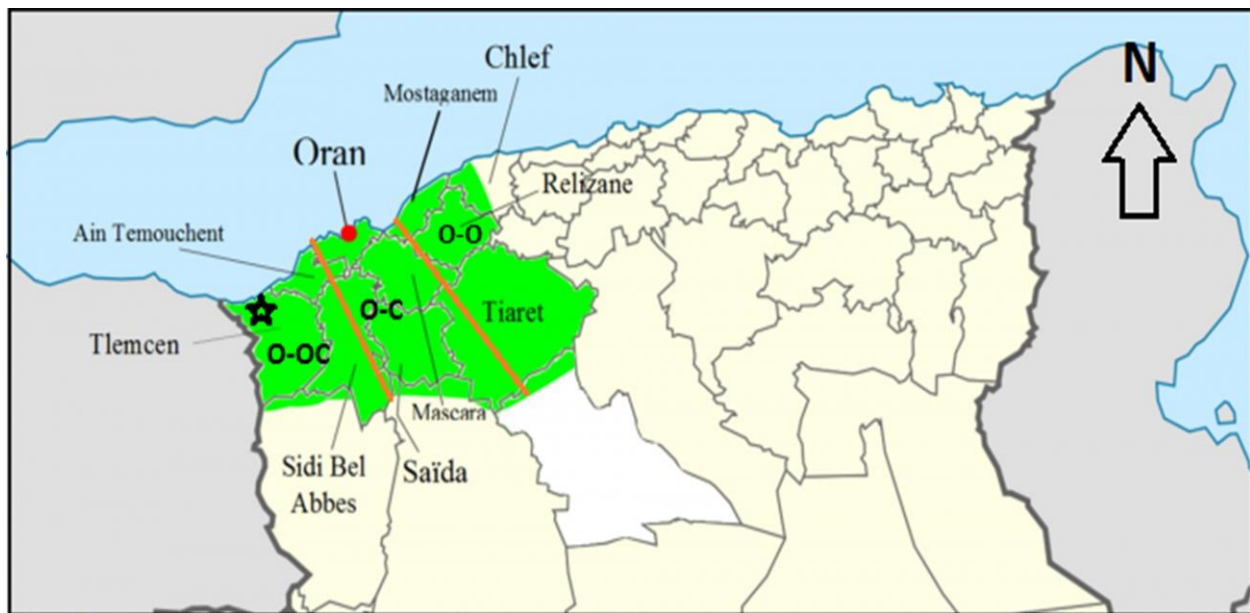


Figure I .2 : localisation de la région d'étude (en vert : l'Orani)

O-O : Oranie orientale, **O-C** : Oranie centrale, **O-OC** : Oranie occidental

★ : représente la région des M'Sirda

4) Historique des travaux

D'importants travaux ont été réalisés sur la géodynamique du bassin, citons en particulier les travaux du Groupe de Recherche Néotectonique de l'Arc de Gibraltar (1977), ceux de Philip (1987), de Meghraoui (1988) et de Frizon de Lamotte et al (1991) ainsi que de Roca et al (2004) (Fenet 1975). (Bellon et al 1984) (Boulaine 1955 ; Guardia 1975 ; Thomas 1985). Pour l'élaboration de modèles tectoniques de l'histoire de la Méditerranée.

Les travaux réalisés par Pitman et al. (1971); Dewey (1973); Tapponnier (1977) ont permis de mieux comprendre et de mieux cerner la création et l'évolution géodynamique de la marge maghrébine

Les travaux récents :

Boukhedimi MA, Louni-Hacini A, Bouhadad Y, Ritz JF, Machane D, Benhamouche A, Bourenane H (2016) « Evidence of seismites in coastal Quaternary deposits of western Oranie (northwestern Algeria) » J Seismol DOI 10.1007/s10950-016-9616-2

Boukhedimi, M A., 2017. La néotectonique du nord-ouest algérien et ses conséquences sur la répartition spatiale de la sismicité et du volcanisme et l'hydrothermalisme récents de l'Oranie. Thèse de Doctorat en Sciences de la Terre. Theses.usthb.dz/document/TH10/2017-D/S.T.161p.

Chapitre II : Géologie régionale et locale

1) Introduction :

Le Tell (partie nord de l'atlas tellien) large d'une centaine de kilomètres. Il comprend les Kabyliques, les flysch, les nappes telliennes, et l'Atlas intra-continental. Le tell est composé des zones internes et des zones externes. La région d'étude (le Nord-Ouest Algérien) appartient aux zones externes. Ce qui concerne la partie occidentale elle compose deux morpho structuraux : le tell et le pré atlas.

L'Oranie occidentale, regroupe 3 domaines géomorphologique : qui sont du Nord au Sud : les massifs littoraux, les bassins littoraux et intra-montagneux et les massifs du Tell occidental. La région d'étude (M'Sirda-Bidder) appartient à l'un des bassins littoraux et les massifs montagneux (les monts de Trara et Fellaoucène).

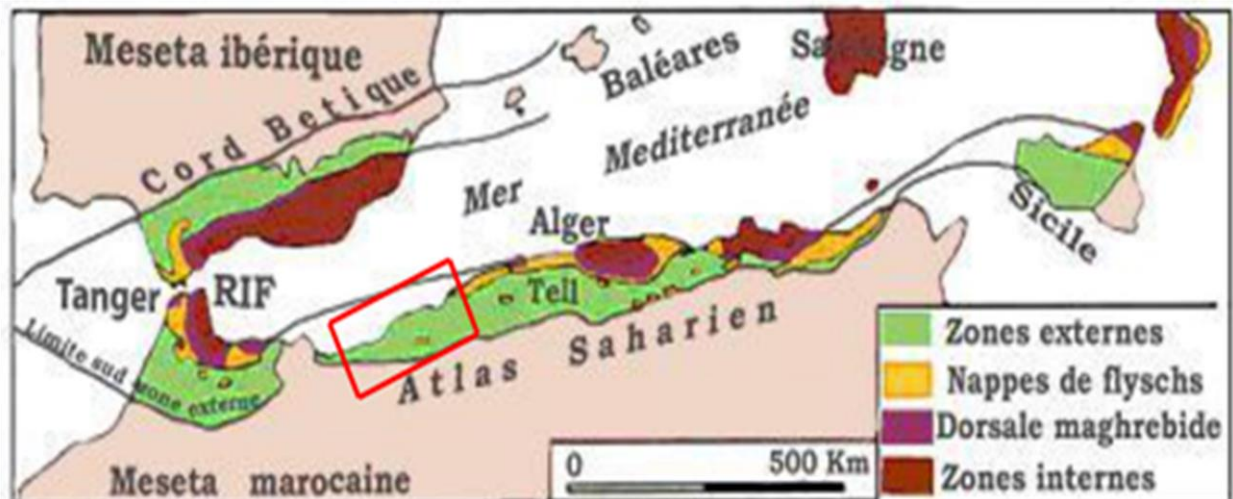


Figure II. 1: Carte structurale schématique de la chaîne des Maghrébides montrant la disposition des zones internes et externes de la chaîne des Maghrébides (d'après Durand-Delga et Fontboté, 1980). Notez que l'Oranie dans le rectangle rouge correspond aux zones externes.

2) L'évolution géodynamique :

Géologiquement, la région étudiée (l'Oranie occidentale) appartient au domaine externe de la chaîne alpine de l'Algérie du Nord (Guardia, 1975). Deux grandes zones peuvent être distinguées: une zone tellienne constituée de terrains sublittoraux d'âge néogène et quaternaire qui s'allongent parallèlement à la côte méditerranéenne depuis la frontière Algéro-marocaine à l'ouest jusqu'au méridien d'Alger et une zone atlasique constituée d'unités de terrains autochtones montrant une couverture secondaire plissée.

Le Néogène est représenté par les dépôts du Miocène post-nappes et du Pliocène, alors que le Quaternaire est représenté essentiellement par des terrasses marines et alluviales (Guardia, 1975). Le domaine tellien dans l'Oranie nord occidentale est caractérisé par sa structure chaotique à cause de la tectonique, l'érosion et le charriage. L'activité néotectonique dans le contexte méditerranéen est la conséquence des mouvements de convergence entre les plaques tectoniques africaine et eurasiennne. Le bassin occidental subi les conséquences de la collision par des déformations néotectoniques continues qui sont perceptibles dans le Nord algérien, par la surrection des massifs Telliens ainsi que la subsidence de ses bassins Telliens ; et par des déformations instantanées associées aux séismes.

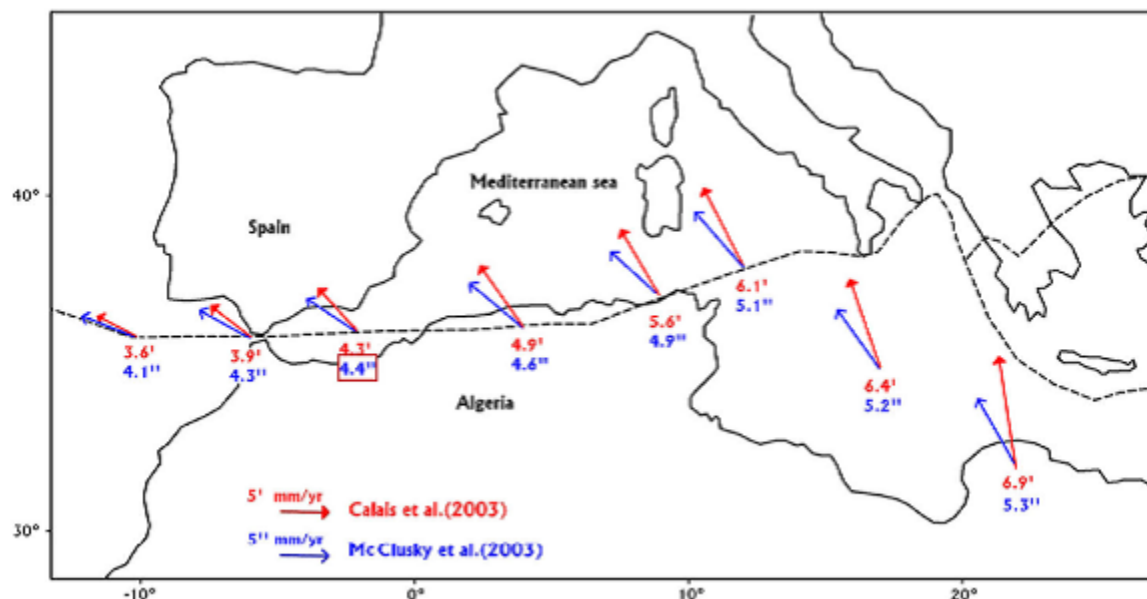


Figure II. 2: Mouvements convergents entre les plaques tectoniques africaine et eurasiennne (d'après Calais et al. 2003 et McClusky et al. 2003). Le déplacement est indiqué par rapport à la plaque eurasiennne en mm/an. Le carré rouge représente la zone étudiée

3) Représentation locale de la région

M'Sirda est situé à 95 km au Nord-Ouest de la wilaya de Tlemcen. Dans cette zone de l'Oranie s'individualisent des chaînes de montagnes constituées de terrains autochtones montrant une couverture secondaire plissée ; c'est la chaîne de Fellaoucène et le massif des Traras. Cette région est affecté par un volcanisme mio Plio-Quaternaire dans environ 14 à 0.8Ma (Louni2002).

La zone étudiée fait partie des Traras septentrionaux. Elle est limitée à l'Ouest par la plaine du Trifas (Maroc) et la vallée de l'Oued kiss, à l'Est par Djebel Zendel, au Nord par la méditerranée, et au Sud –Est par la dépression de Bab Al Assa

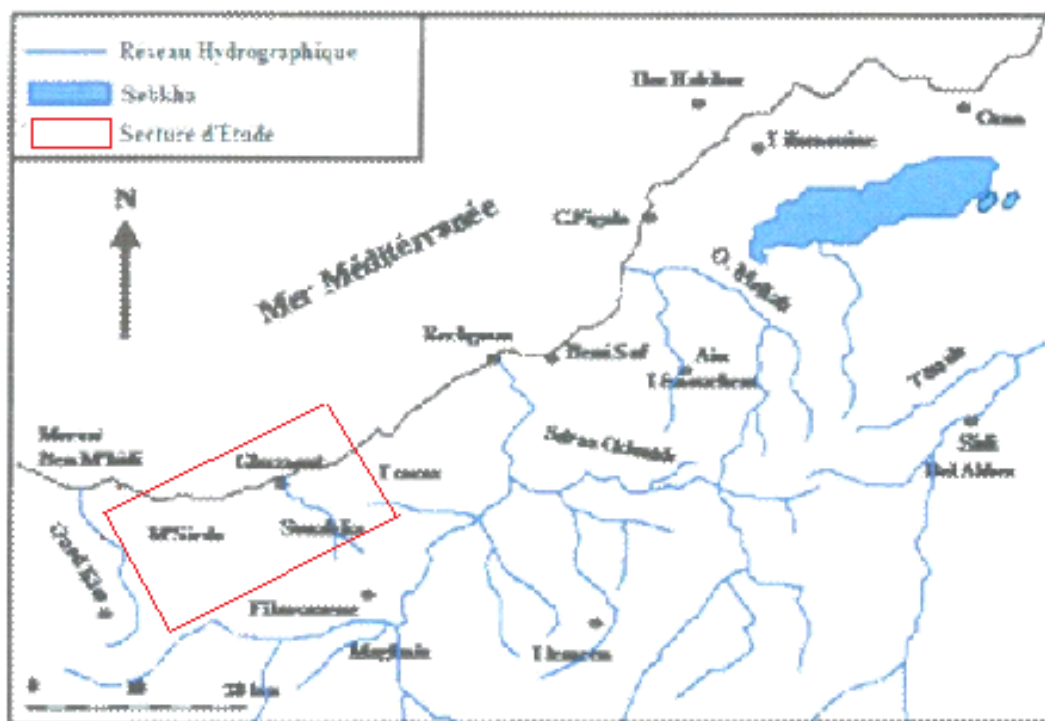


Figure II. 3: situation géographique de la région d'étude au 1/200 000 ème

4) Contexte géologique :

Dans cette région, les principaux affleurements sont d'âge Miocène et Pliocène. la région est caractérisée par les grès du Jurassique supérieur (Lusitanien) considérés comme un substratum déposé en discordance sur le Trias Argilo-gréseux, suivi par une séquence marneuse avec intercalation de bancs de grès du Miocène inférieur reposant en discordance sur les formations du jurassique supérieur, puis des roches volcano-détritiques constituées par des Rhyolites, des pyroclastes et des niveaux conglomératiques, et des niveaux argileux du miocène inférieur.

La pliocène repose en discordance sur le volcano sédimentaire du Miocène supérieur. Il est marqué par des formations argilo-sableuses avec des lentilles de calcaires. Enfin les formations alluviales du quaternaire qui se caractérisent par des grès sableux (les terrasses du quaternaire).

5) Le volcanisme :

La région des M'Sirda est affectée par plusieurs volcanismes d'Age Miocène-quaternaire. Les formations volcaniques de la région sont représentées par des Rhyolites et des Basaltes. On distingue dans cette région des niveaux rhyolitiques indépendants qui coupent les sédiments du Miocène synchrone-nappe. Ils sont souvent associés à des argiles smectiques (dépôts pyroclastiques) et à des matériaux rhyolitiques remaniés puis une coulée basaltique de faible épaisseur (1 à 1.5 m) d'âge plio-quaternaire vient clôturer ce cycle volcanique.

Le miocène est caractérisé par le début des manifestations volcaniques qui vont se poursuivre jusqu'au quaternaire et affecter toute la région Oranaise. Les émissions du miocène supérieur se répartissent en trois centres importants qui sont d'Est en Ouest (selon Megartsi 1985) : Le centre du Sahel d'Oran, de la moyenne Tafna, et celui de M'sirda. Le volcanisme débute dans la moyenne Tafna (environ 15MA) par l'émission de rhyolite, il se poursuit dans le Sahel d'Oran entre 11,7 et 9 MA par l'émission d'andésites, de dacites et de rhyolites, et il se termine dans le M'sirda (7,5 à 5 Ma) (Megartsi 1985 ; Coulon et al .2002 ; Louni –Hacini 2002) par des émissions basaltiques et andésitiques. Ces émissions du miocène supérieur correspondent à une série calco-alcaline potassique.

Au Plio-Quaternaire c'est un volcanisme basaltique et alcalin. Les laves à caractères alcalins, s'installent dans les massifs de Ghazaout, et dans la basse et moyenne Tafna, à M'Sirda et autour d'Ain Temouchent. Les émissions basaltiques à caractère transitionnel sont mises en évidence dans la moyenne Tafna. Cette transition du volcanisme calco-alcalin au volcanisme l'alcalin s'est faite au tortonien (Louni-Hacini 2002). Cette transition est la réponse à un début de régime tectonique collisionnel continental en Oranie occidentale.

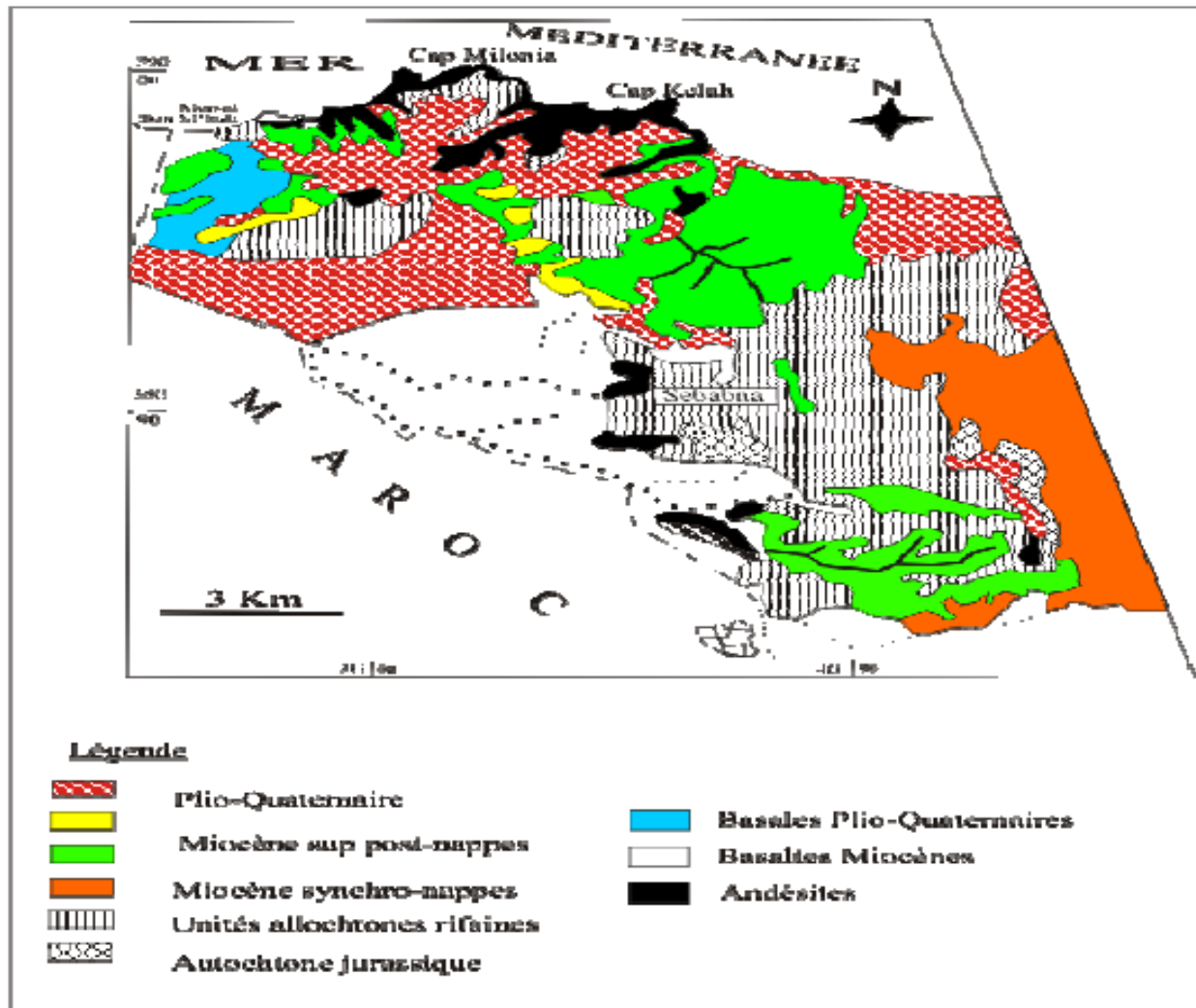


Figure II. 4 : carte géologique de M'Sirda (In Guardia ,1975)

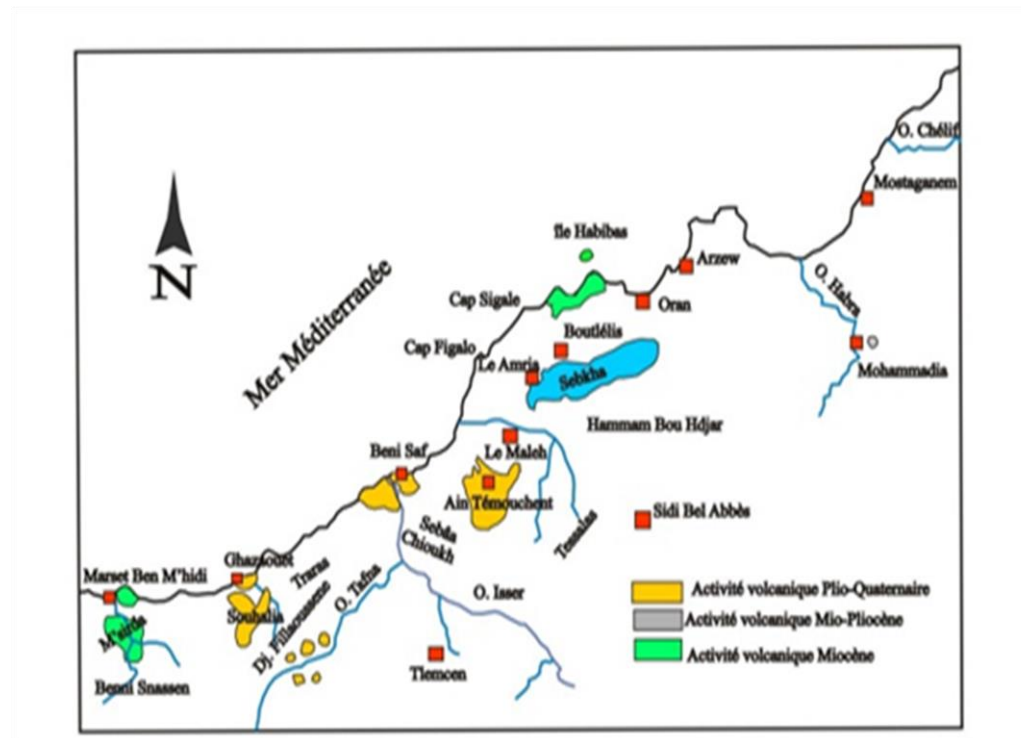


Figure II.5 : Repartitions et âge du volcanique Néogène d Oranie Nord –Occidentale (in Coulon, 2002)



Figure II.6 : appareils volcaniques des M'Sirda : Boukanoun (volcanisme rhyolitique a basaltique)

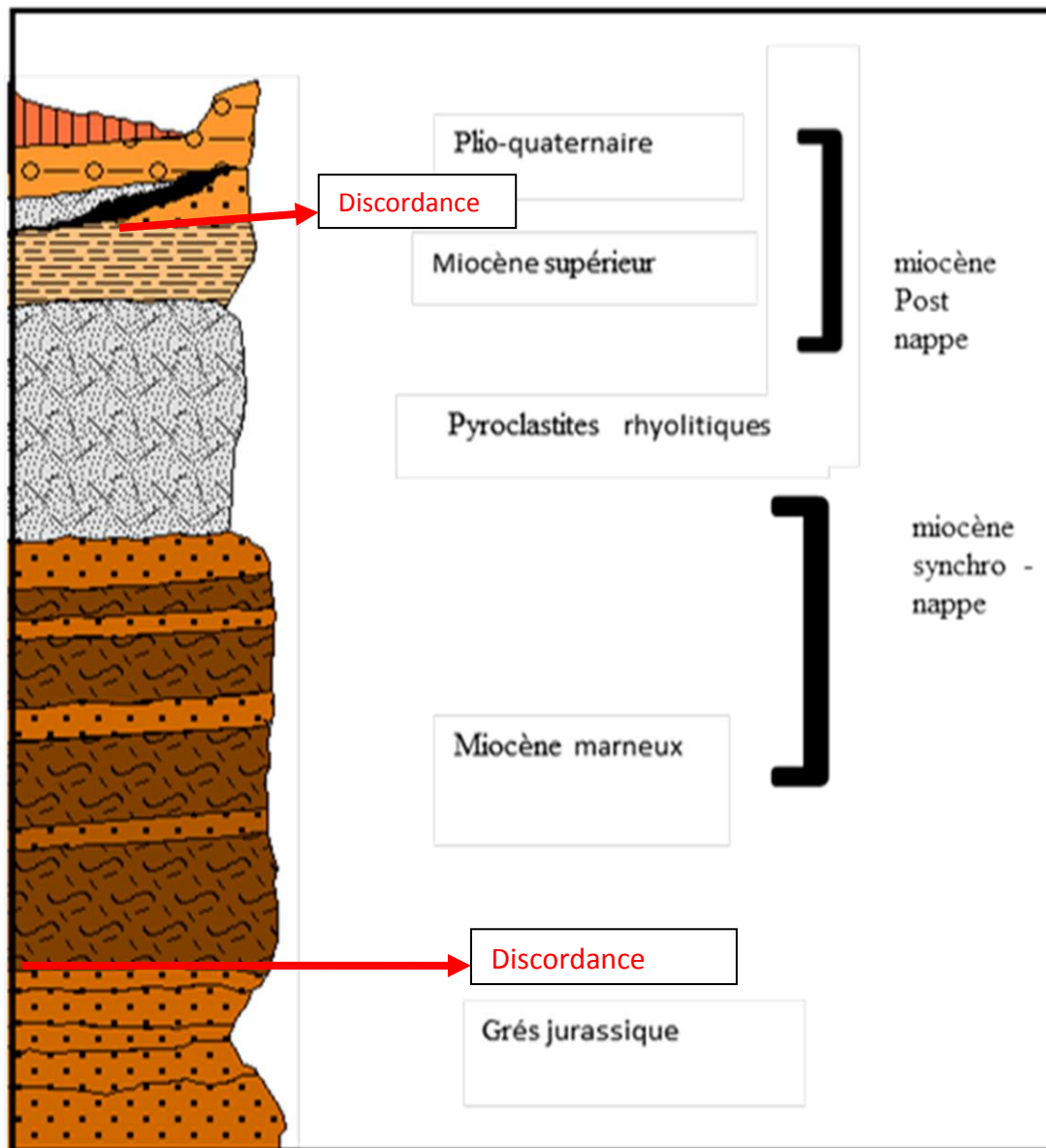


Figure II.7 : log litho stratigraphique de la région des M'Sirda (in Boukhedimi.2009)

Chapitre III : aperçu stratigraphique de la région de M'sirda -Bidder

La stratigraphie Néogène-Quaternaire :

La stratigraphie de la région est représentée par d'importantes séries mésozoïques et cénozoïques, à dominante marno-calcaire ou gréseuse posées sur le Trias argilo-gréseux.

Le Miocène synchro-nappes du secteur en discordance sur le mésozoïque constitue une formation importante marno-gréseuse à marno-carbonatée. Dans la région de M'Sirda, les niveaux stratigraphiques les plus bas du Miocène synchro-nappes ont fourni un âge plus ancien, Langhien (selon Fenet 1975). Le miocène post-nappes est mis en évidence dans la région de M'Sirda, les Sebaa Chioukh, la vallée de la Tafna et la région de Béni Saff, avec des formations continentales argileuses vertes, puis lie-de-vin, associées à des grès et poudingues de même couleur. Ces formations sont comprises entre le matériel des nappes et les séries du Miocène terminal marin. La base de cet ensemble est caractérisée par la formation rouge continentale à saumâtre dans laquelle sont intercalés, des niveaux de lits blanchâtres de tufs rhyolitiques remaniés, bien visibles dans le paysage qui marque le début du volcanisme Mio-Plio-Quaternaire de l'Oranie. La formation marine des marnes bleues fait suite à cet ensemble enfin cette formation se termine par une dalle calcaire. (In Boukhedimi, 2009).

Le Pliocène inférieur marin à dépôts de conglomérats, marnes et molasse. Il comprend deux ensembles : l'ensemble inférieur auquel sont associées les marnes à Globorotalia Margaritaebolli (Bellon et al 1984) et l'ensemble supérieur formé de calcaire à Clypeasters ou à Pectinides (Bellon et al 1984), de grés dunaires ocre et de sable rubéfié à Hélix.

Le pliocène supérieur est représenté par des formations continentales où la sédimentation est marquée par des alluvions argilo-gréseux et des niveaux de calcaires lacustres et d'argiles à lignites.

Le Quaternaire est représenté essentiellement par les terrasses marines et alluviales d'âge : Calabrien, Sicilien et Tyrrhénien. Il s'agit de terrasses horizontales à subhorizontales qui montrent souvent dans les régions côtières un pendage $\leq 5^\circ$ vers le Nord. Ces terrasses sont formées par des dépôts marins et alluviaux reposant en discordance sur un substratum essentiellement Néogène dans les régions de M'Sirda, ces dépôts reposent sur les basaltes quaternaires de Souahlia. Ces terrasses ont été attribuées au Calabrien (Pléistocène inférieur) et au post Calabrien (Pléistocène moyen et supérieur) (Boulaine 1955 ; Guardia 1975 ; Thomas 1985).

Ces dépôts présentent une grande variété de déformations synsédimentaires caractéristiques des sédiments meubles sur plusieurs niveaux. L'épaisseur des couches déformées peut varier de quelques centimètres à une échelle métrique. Dans les dépôts Mio-Plio-Quaternaires de l'Oranie, les déformations affectant les sédiments meubles sont observés sur

Chapitre III aperçu stratigraphique de la région de M'sirda -Bidder

plusieurs niveaux des séquences sédimentaires et sont très spectaculaires en termes de nombre, de variété et d'intensité.

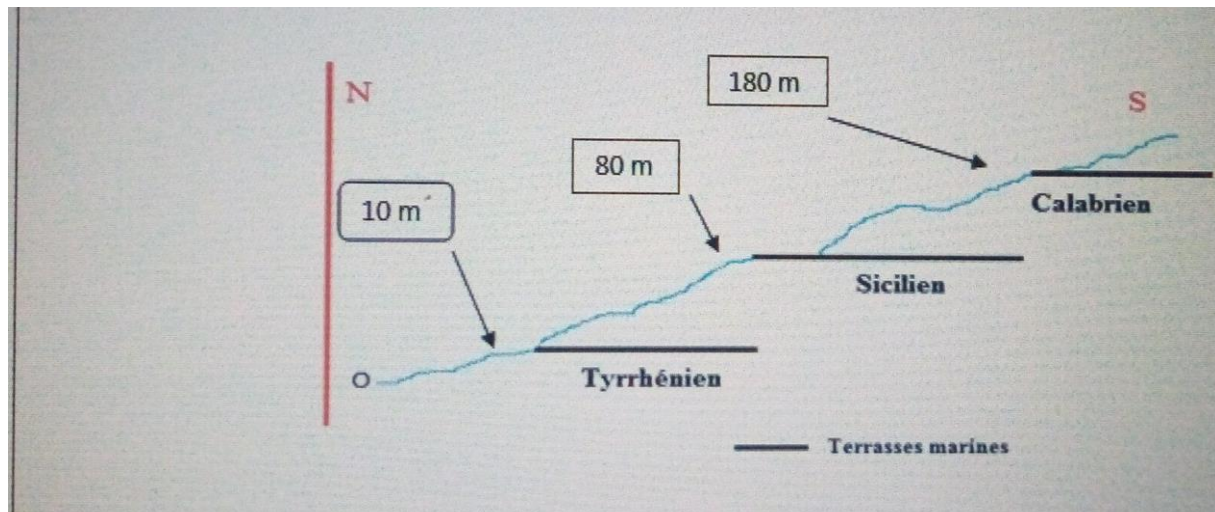


Figure III. 1: représentation schématique des terrasses marine du Quaternaire

Chapitre IV : Les déformations classique et non classique

1) Les déformations synsédimentaires

La déformation classique des roches sédimentaires

Est une déformation qui suit le schéma général élastique-plastique-point de rupture, donc c'est une déformation sur laquelle on peut retrouver le σ_1 c'est-à-dire une déformation qui montre un axe de raccourcissement. Il s'agit essentiellement de : macro plis et failles, diaclases, fentes de tension, joints stylolithiques, schistosités (et foliations dans le stade du métamorphisme).



Photo IV.1 : déformations en compression (failles inverses)

2) Les déformations non classiques :

a) La déformation thixotropique

La déformation thixotropique est l'ensemble de déformations de l'écorce terrestre intervenues au quaternaire.

Dans les déformations classiques, les roches sont toujours soumises à des contraintes, notamment une contrainte principale σ_1 . Bien que dans les déformations thixotropiques qu'on peut aussi appeler les déformations hydrauliques ; les roches ne sont pas soumises aux contraintes, mais elles se liquéfient sous l'effet de vibrations. Ce qu'on peut déduire c'est que ces déformations affectent que les roches meubles (d'âge quaternaire).

b) Notion de thixotropie :

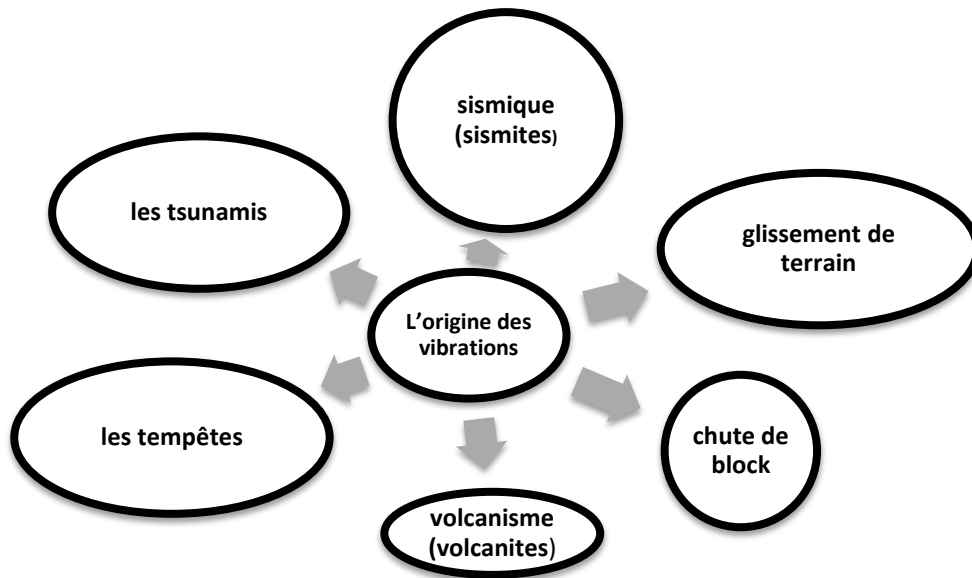
La thixotropie est une propriété physique de certains matériaux de se liquéfier sous l'effet de vibration.

Les déformations thixotropiques se développent essentiellement dans les terrains sédimentaires détritiques riches en eau et/ou la source de vibration existe. Ces déformations sont des déformations synsédimentaires, elles se développent en surface ou en subsurface (à faible profondeur) là où la lithification(la diagenèse) n'a pas eu lieu.

c) L'origine des vibrations :

En générale ces déformations sont liées aux tremblements de terre.

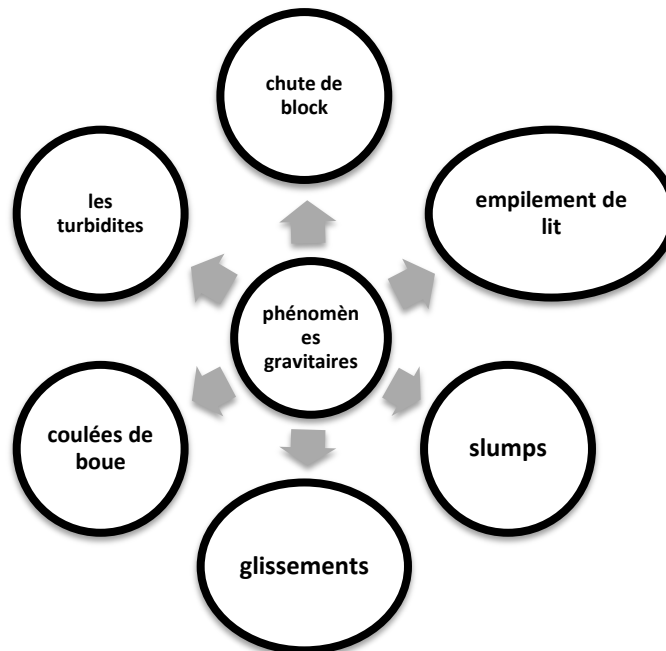
Alors ces vibrations peuvent être d'origine :



Ou d'origine humaine (bombes)

3) Nomenclature des déformations thixotropique (Selon Montenat 2007. Boukhedimi 2016) :

a) Phénomènes gravitaires :



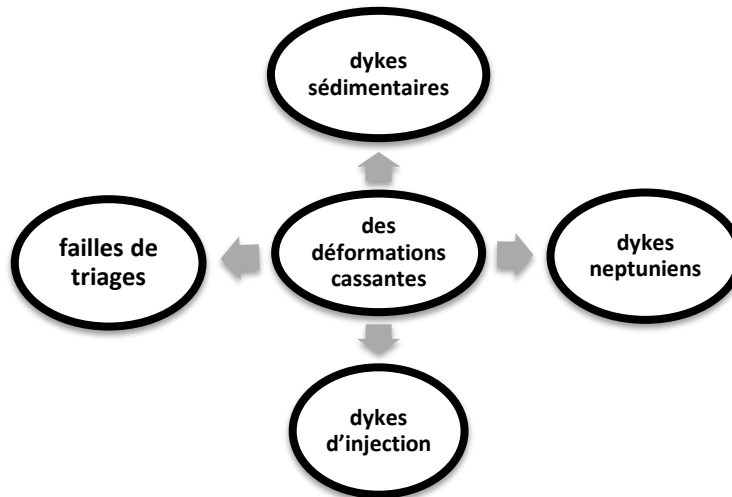
b) Fracturation des roches dures :

Fracturation des stalactites et stalagmites

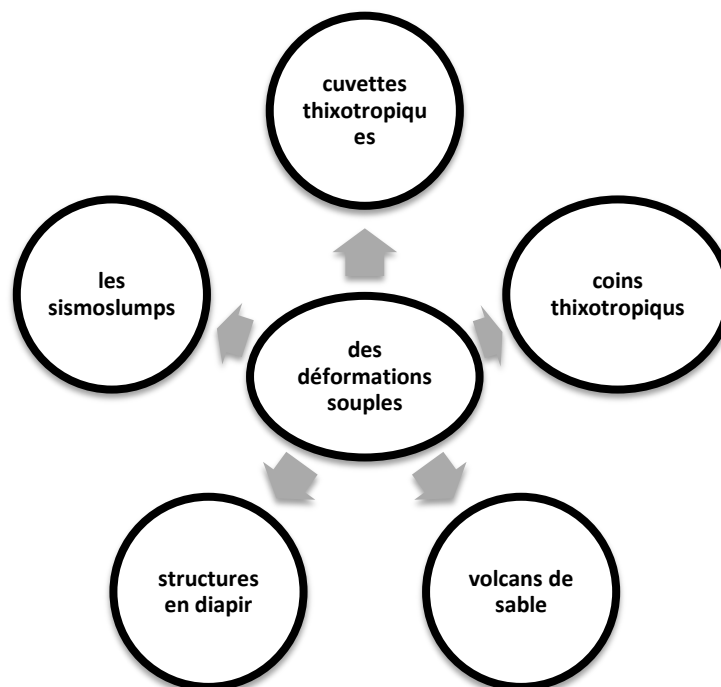
Les blocs éclatés

c) Déformations thixotropique au senso-stricto :

Des déformations cassantes :



Des déformations souples :



4) Effet des vibrations sur les sédiments :

Les sédiments soumis à des vibrations montrent trois types de déformations :

a) les phénomènes gravitaires :

L'effet gravitaire en surface est en relation avec la topographie donne souvent des mobilisations gravitaires telles que : les chute de pierres, les empilements de lits, les slumps, le glissement de terrains, les coulées de boue et les turbidités.

b) La fracturation des roches dures :

L'effet vibratoire peut conduire souvent à des phénomènes de fracturation des roches, on constate des fracturations simples (stalactites et stalagmites) ou les fracturations hydrauliques (block éclatés).

c) Fracturation des stalactites et stalagmites :

Le mouvement vibratoire important ($m > 5$) peut conduire à la fracture dans les stalactites et stalagmites. Ces derniers peuvent soit se décaler un peu de leur axe vertical ou tomber, souvent après le phénomène une autre stalactite ou stalagmite peut se développer.

Parfois une colonne de stalactite et stalagmite peut se briser et observer un décalage centimétrique souvent.

- d) **Les blocks éclatés** : dans les bassins ou la nappe phréatique arrive en surface la pression de l'eau due aux ondes de dilatation et compression donnent une pression de l'eau importante qui peut conduire à l'éclatement de blocs rocheux et à la fracturation des roches ; à l'intérieur de ces fractures hydrauliques se sont développer des minéralisations (veines minérales, dolomites, calcites, etc.).

e) les déformations thixotropiques proprement dites :

Peuvent être départagées aux :

f) Composantes cassantes :

Les dykes sédimentaires : ils se sont formés par l'introduction d'un matériel soit sous pression (dyke d'injection), ou par simple remplissage des fissurées préexistantes (dyke neptunien).



Photo IV.2 : Dyke d'injection développé en forme de "Z" dans les dépôts Tyrrhénien . Cette forme en "Z" peut être expliquée par l'injection d'un matériel liquéfié due à une surpression hydraulique.

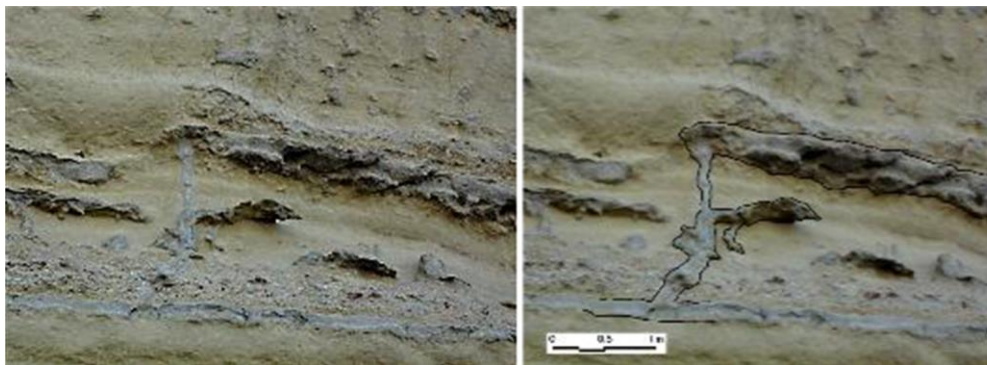


Photo IV.3 : Dyke d'injection traversant verticalement les lits sédimentaires et montrant, vers le haut, une diffusion horizontale formée par du matériel de même nature. Observé dans les dépôts Tyrrhénien.

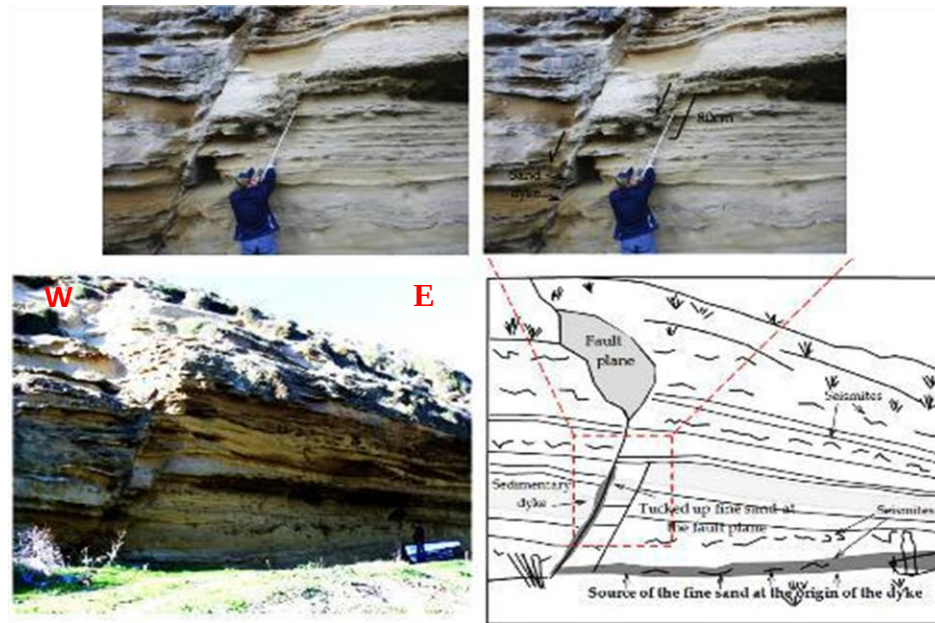


Photo IV.4 : Dyke sédimentaire probablement d'injection associé à une faille normale (le dyke est sur l'image du carré en pointillés rouges). Observé dans les dépôts du Tyrrhénien . Le remplissage du plan de la faille normale s'est fait par introduction d'un matériel liquéfié à partir de la source qui apparaît à la base de l'affleurement de terrasse. Noter la présence de plusieurs niveaux de séismites en relation avec les différents jeux de la faille syn-sédimentaire.



Photo IV.5 : Evidences de fracturations hydrauliques avec injections de matériel liquéfié (dykes d'injections) observées dans les dépôts d'une terrasse Tyrrhénienne



Photo IV. 6 : Evidences de liquéfactions sous forme de Dykes d'injections développés dans des dépôts Holocènes

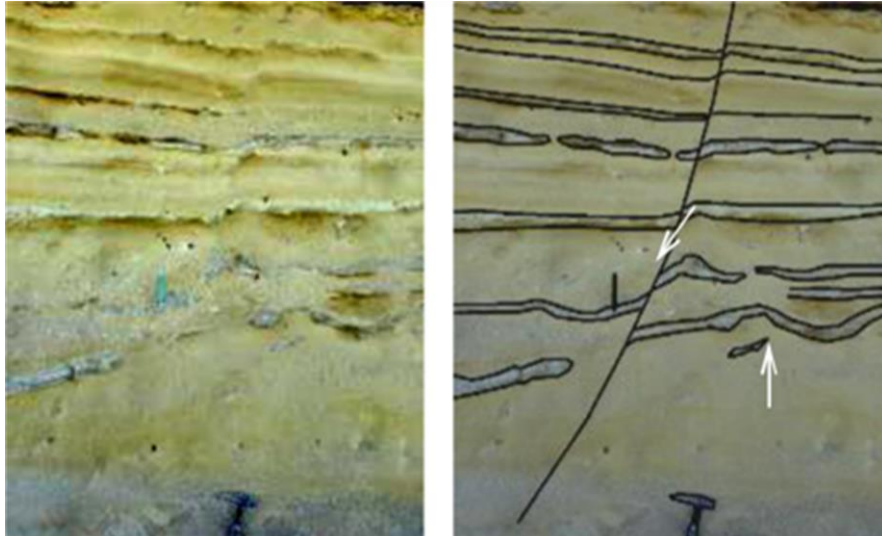
Faille de triage : (ou faille de classement) ; elle correspond à de petite faille normale (quelques centimètre à quelques mètres d'épaisseurs), affectée un ou plusieurs lits sédimentaires sans les sédiments su jaccents



Photo IV.7 : Failles de triage (classement) observés dans les dépôts d'une terrasse du Sicilien. Les stratifications au sein de l'empilement (le milieu de l'image) sont densément faillées. Les fractures disparaissent vers le bas et ne touchent pas la couverture stratifiée.



Photo IV.8 : Failles de triage (classement) développée dans les dépôts du Tyrrhénien . Le sommet de l'image montre la zone liquéfiée (disparition des structures de stratifications) ainsi que des évidences de tassement des lits sus-jacents. Ces fractures disparaissent vers le bas et ne touchent pas la couverture stratifiée.



PhotoIV.9 : Exemple de faille de triage (classement) développée dans les dépôts d'une terrasse Tyrrhénienne. Les

Stratifications touchées par la faille à rejet centimétrique développent des figures de liquéfaction.

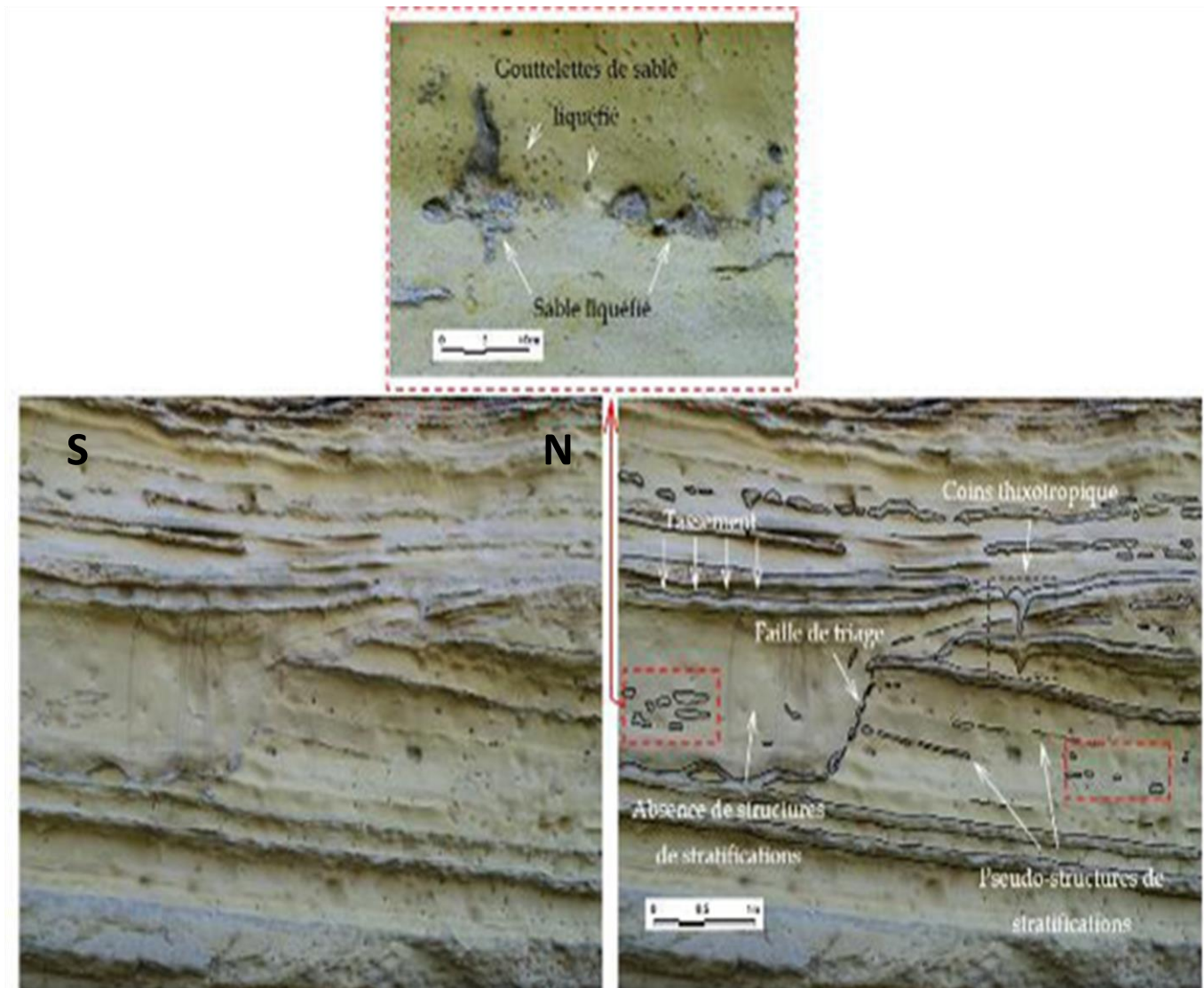


Photo IV 10 : Traces de liquéfactions observées dans des dépôts d'une terrasse Tyrrhénienne. La disparition de la stratification à gauche de la faille de triage est marquée par la présence de traces de sables liquéfiés notamment sous forme de gouttelettes (image sur carré en pointillés rouges). Ce niveau montre également un tassement des lits sus-jacents caractérisés par la présence des structures en coins thixotropiques

Composantes souples :

Les cuvettes thixotropiques : ces déformations ressemblent à des creux dont

Les parois montrent des pendages asymétriques.

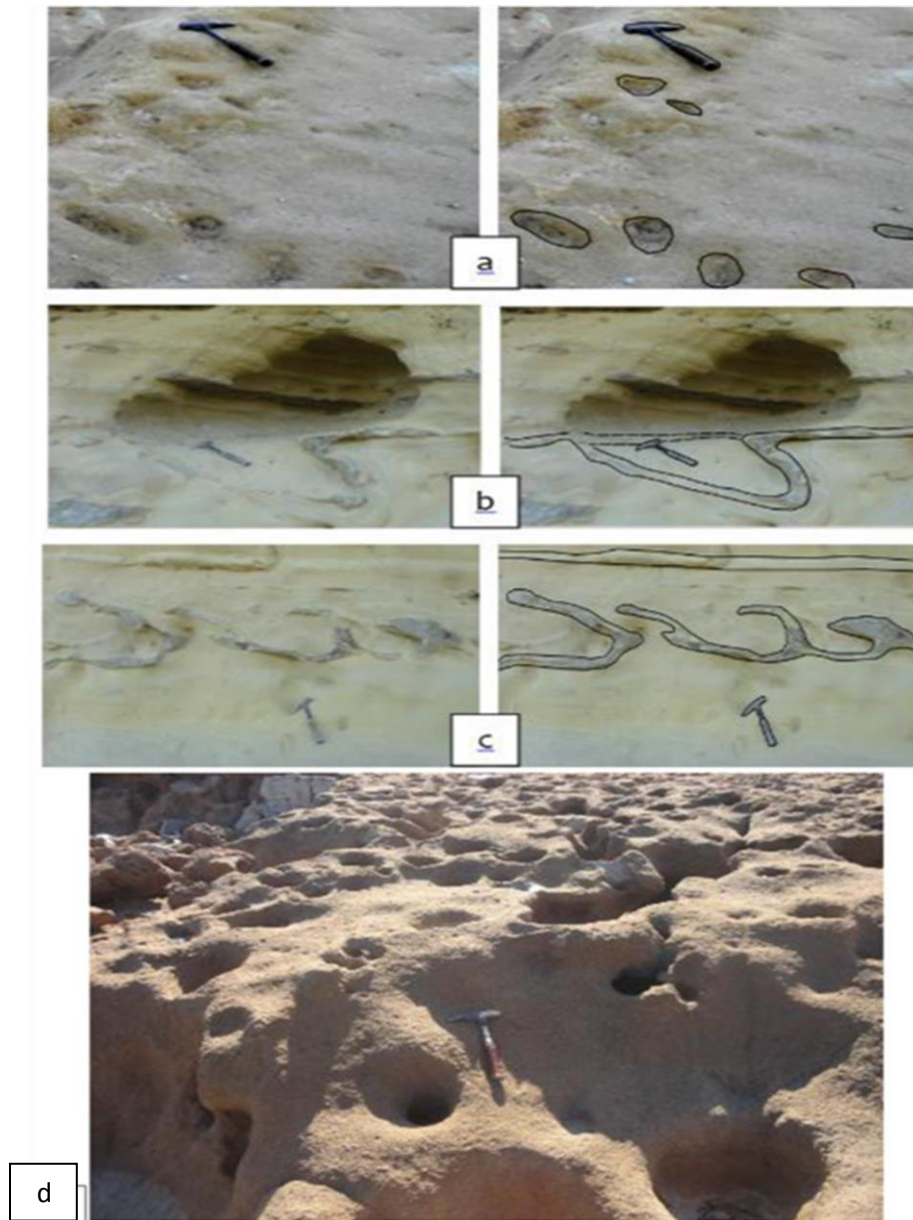


Photo IV.11 : Cuvettes thixotropiques développés dans des dépôts de terrasses Tyrrhéniennes. a et d - La surface de la terrasse montre souvent des creux (cuvettes) constitués de croûte de sables fins durcie. En (b et c) - Les parois des cuvettes thixotropiques montrent des pendages asymétriques en coupe. (a , b et c)

Les coins thixotropiques : (structures en coins thixotropiques) : elles correspondent à des déformations en forme de 'V' intercalé dans des lits sédimentaires. Ces structures sont des indicateurs de failles actives.



Photo IV.12 : Coins thixotropique (Structures en coins) développés dans les dépôts des dunes récentes Holocènes.

Les intrusions plastiques : sont représentés par les volcans de sable qui sont de structures de forme conique rattachées à un dyke nourri de même nature.

Les structures en diapir : il s'agit d'intrusion de lit sédimentaire montrant une terminaison pénétrante des lits sous-jacents.

Les sismoslumps : correspond à des plis disharmoniques de taille décamétrique qui se développent dans des formations sédimentaires à stratifications horizontales, ces sismoslumps résultent de la liquéfaction des sédiments situés aux seins de l'empilement sédimentaire, c'est pourquoi ils sont souvent associés à des figures de liquéfaction souple (souvent associés aux dykes sédimentaires et aux coins thixotropiques).



Photo IV.13 : Sismoslumps développés dans les dépôts de terrasse calabrienne .Notez la présence de plis dysharmoniques situés au sein de l’empilement sédimentaire.

Chapitre V : Néotectonique et sismicité de la région d'étude

1) Introduction :

L'Algérie se situe sur une frontière active de plaques au niveau de la convergence de l'Afrique et de l'Eurasie. Ces plaques se rapprochent à une vitesse de l'ordre de 5 millimètres par an, ce qui génère une accumulation importante de contraintes. Lorsque ces contraintes deviennent trop fortes, certaines failles peuvent être mises en mouvement. Le déplacement rapide des bords de la faille génère alors des ondes sismiques qui se propagent jusqu'à la surface. Les principales failles actives sont localisées au niveau de la chaîne de montagne nord-africaine (Atlas).

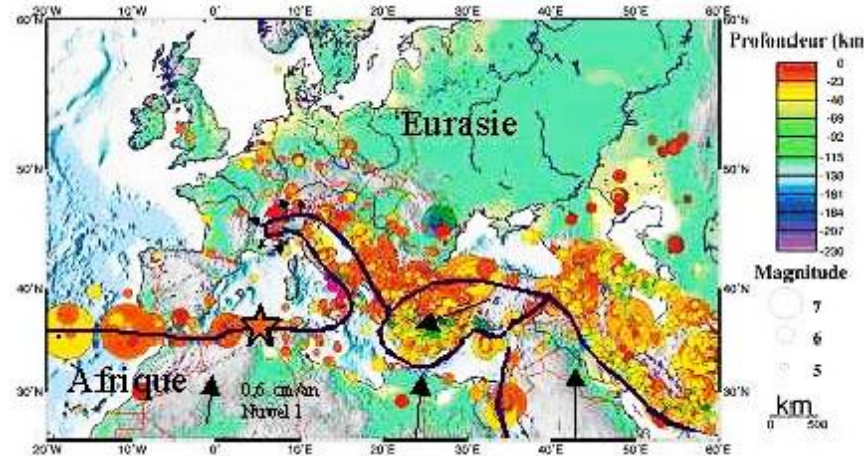


Figure V.1 : contexte sismotectonique de la collision Afrique – Eurasie le séisme du 21 mai 2003 est Représente par un Etoile (source IRSN)

L'Oranie occidentale est une zone sismiquement active, elle est affectée par des séismes de grande intensité, l'un des plus grands séismes de cette région est celui de 1790 d'intensité 10. L'étude de la pale sismicité de la région nous a permis d'obtenir de précieuses informations concernant la sismotectonique de ce secteur.

On constate que la majorité des séismes se produisent au niveau de la limite de convergence des deux plaques Afrique l'Europe, à l'ouest la répartition de la sismicité montre que cette région est une zone d'activité sismique.

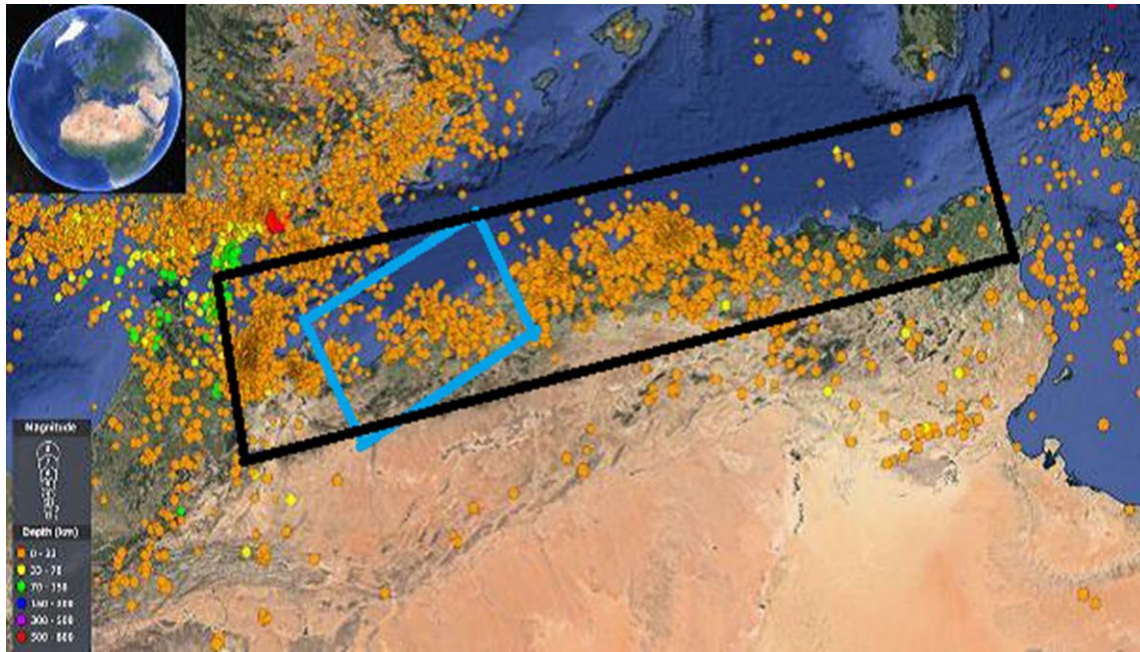


Figure V.2 : la sismicité associée (catalogue USGS jusqu'au 31 décembre 2016) (marge Algérienne en rectangle Noir – Oranie en rectangle Blue)

2) ANALYSE MORPHOTECTONIQUE :

Les très récents développements de l'imagerie spatiale et de la modélisation numérique de la topographie (MNT) ont permis d'intégrer ces routines dans l'aide à la définition morphotectonique d'une région. En effet ; les observations faites à partir de ces outils permettent une meilleure maîtrise du terrain. Grâce à ces outils, dits d'observation indirecte, nous avons pu

Chapitre V : Néotectonique et sismicité de la région d'étude

mettre en évidence des accidents en relation avec notre secteur d'étude. Pour la région de M'Sirda nous avons adopté la démarche suivante :

- réalisation d'un modèle numérique de terrain à partir d'un couple stéréographique de photographie aérienne et satellitaire.
- Superposition des images aériennes et satellitaires sur le MNT.
- Analyse et interprétation des paysages ainsi réalisé. Cette technique a permis de montrer des fractures bien marquées dans le paysage tectonique de la région.

a) Définition du travail

- Géo référencement des cartes topographiques et géologique
- Superposition des images aériennes et satellitaires sur le MNT.

Traitement numérique du MNT à partir des données variables contrôlées par l'opérateur suivantes :

- Echelle des élévations (variation du Z)
- Choix de la direction d'éclairage de la source lumineuse virtuelle
- Choix de l'angle d'observation virtuelle de l'opérateur
- Digitalisation des failles de la région superposées à la sismicité

b) INTERPRETATION DU MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN (MNT)

Contexte général de l'interprétation :

Le but de l'étude étant d'identifier les failles du secteur. Notre interprétation va passer par :

- L'étude et l'analyse des travaux réalisés antérieurement,
- La réalisation d'une carte structurale basée sur l'étude et l'analyse des scènes satellitaires
- L'analyse et l'étude du MNT combinée aux travaux réalisés antérieurement.
- Des travaux de terrain et analyse des photos. Cette étape permet d'utiliser l'ensemble des données et résultats obtenus par l'observation indirecte.

Cette approche a pour but de déterminer la localisation et la géométrie (longueur, profondeur, direction, pendage) de l'ensemble des failles de la région étudiée.

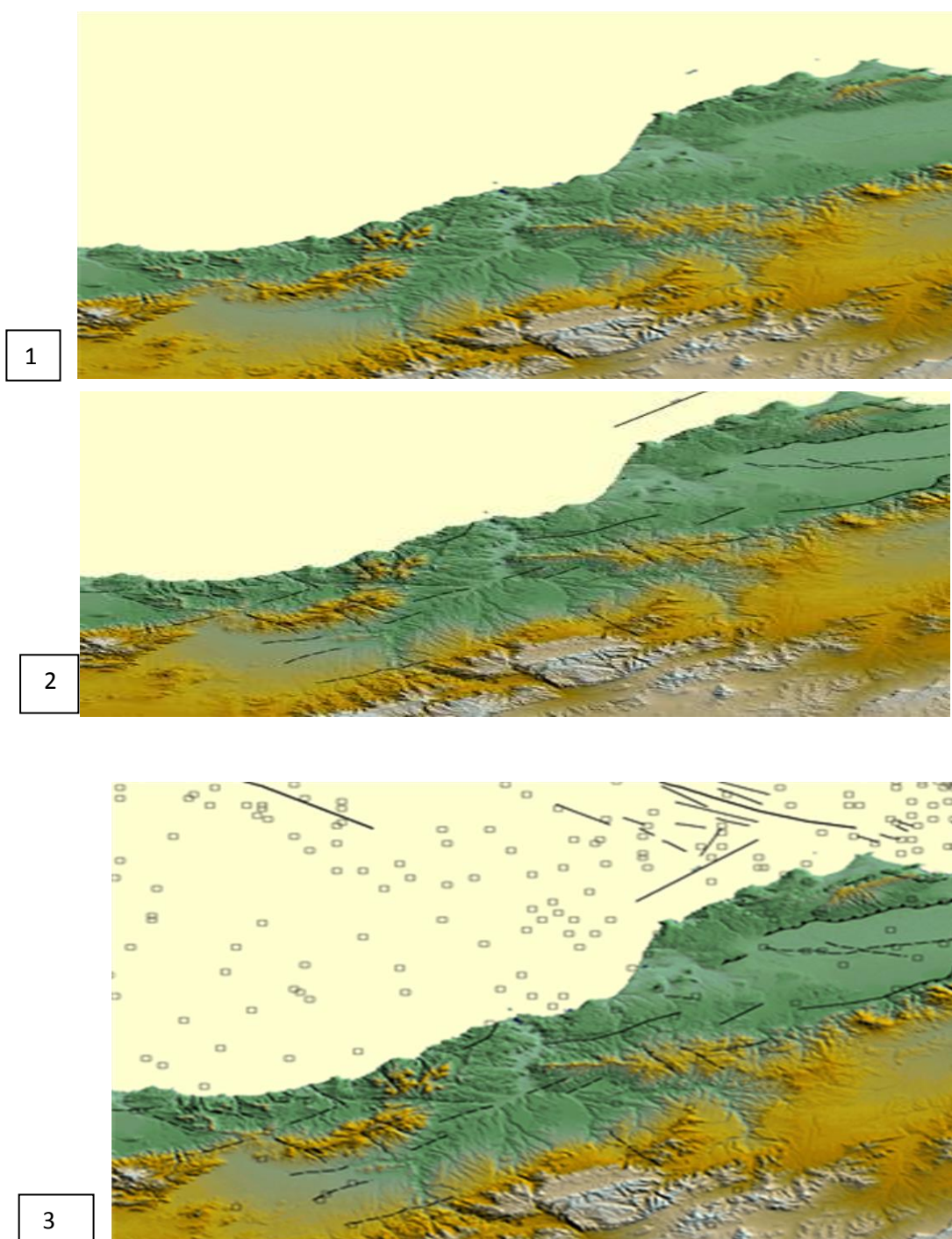


Figure V.3 : résultat du drapage du MNT (1) sur les failles des travaux antérieurs (2) et la sismicité (3)

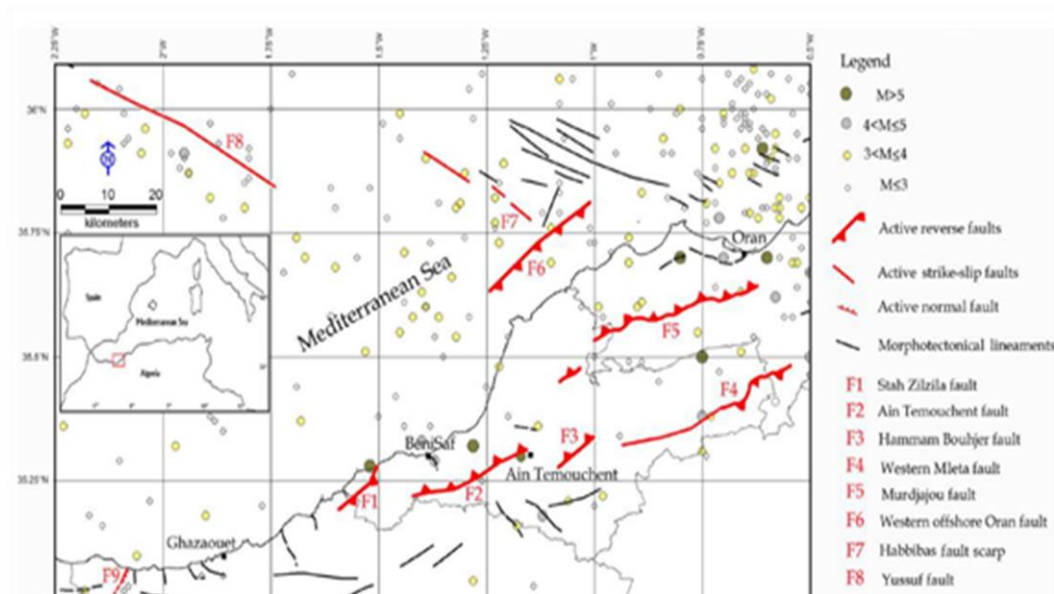


Figure V.4 : carte sismotectonique de la région d'étude (Boukhedimi 2016)

Cette carte montre que notre région d'étude comporte des failles sismogènes.

L'Oranie a connu plusieurs séismes destructeurs dont le plus célèbre est celui du 09 octobre 1790 d'intensité 10 qui fut l'un des plus violents séismes du pourtour méditerranéen du 18ème siècle, en causant la destruction quasi-totale de la ville et de ses murailles et en faisant plus de 3.000 victimes, soit près du tiers de la population (Alfred Salinas., 2004). Ce séisme a été ressenti jusqu'à Malte et a généré un tsunami qui a touché tout le bassin algérien (notamment les côtes espagnols à Almeria et Carthagène). En plus de ce séisme, deux autres séismes historiques ont marqué l'Oranie : il s'agit du séisme de Mascara de mars 1819 (d'intensité 10) qui a causé des dégâts importants à la ville de Mascara en faisant plusieurs victimes et le séisme d'El Boudj (El Kalaà) du 29 novembre 1887 (d'intensité de 9-10) qui a fait plus de 20 victimes en détruisant complètement plus de 80 maisons. Ces deux séismes ont été bien ressentis dans toute l'Oranie centrale et orientale.

l'époque instrumentale montre les séismes les plus importants de par leurs intensités ≥ 8 et/ou magnitude $M \geq 5.5$ sont : le séisme de Mascara du 18 aout 1994 ($M_S = 5.9$) dans les Beni Chougrane qui a fait 172 morts et plus de 300 blessés ainsi qu'environ 1000 édifices détruits ou endommagés et le séisme de Ain Temouchent du 22 décembre 1999 ($M_S = 5.8$) qui a fait plus de

Chapitre V : Néotectonique et sismicité de la région d'étude

28 morts et 150 blessés. Ce dernier a provoqué de sérieux dommages dans la ville d'Ain Temouchent et ses villages limitrophes.

Plus récemment, le 6 juin 2008 un autre séisme ($M_w = 5.5$) a fait trembler les villes côtières de l'Oranie centrale (notamment Oran et Arzew) en causant plusieurs fissuration et effondrements partiels ainsi que plusieurs chutes de blocs et glissements de terrains sur la côte oranaise. Ce séisme a fait 1 victime et 11 blessés.

3) Historique :

Compte tenu de sa localisation dans une zone de convergence de plaques, l'Algérie est une région à forte sismicité. Au cours de son histoire, elle a subi plusieurs séismes destructeurs.

Parmi les plus notables, on peut citer : 1715, séisme d'Alger, 20000 morts ;

Historique des principaux séismes qui ont frappé l'Algérie, tel qu'établi par le Centre de recherche en astronomie, astrophysique et géophysique algérien:

Année	Région	Dégâts observe
9 septembre 1954	Chlef (alors appelée Orléansville)	Vingt mille logements sont détruits par ce tremblement de terre.
10 octobre 1980	Chlef	Plus de 8.000 habitants sont blessés, et dans certaines zones, 70% des bâtiments ont été détruits.
22 décembre 1999	Aïn Temouchent	fait plusieurs dizaines de victimes en Algérie

Le séisme de 1790 et d'Ain Timouchen 1999 sont la preuve de l'activité sismique intense de la région.

On s'intéresse aussi aux séismes quaternaires car ce sont les meilleurs témoins de l'activité récente à actuelle des structures tectoniques liées au régime néotectonique.

D'autre preuve ou indice de la sismicité de la région

4) Les séismes :

Les séismes sont aussi de preuve de la sismicité de la région elle apparaissent comme des structures sédimentaires perturbées par des déformations souples de formes plissées, ridées et fluides qui sont souvent superposées à des structures sédimentaires non perturbées. Elles peuvent parfois constituées des structures assez complexes, combinant des déformations souples et cassantes avec des ruptures des roches dures et/ou des injections de sédiments meubles. Tel est l'exemple des Dykes de sable qui comprennent des dykes intrusifs qui sont formés par l'intrusion de matière à partir d'une source sous-jacente et les dykes neptuniens formés par introduction d'un matériau, soit sous pression ou par simple remplissage des fissures préexistantes (Montenat et al., 2007).

Chapitre VI : l'origine et l'interprétation des déformations observées

Chapitre VI l'origine et l'interprétation des déformations observées

La région d'étude (l'Oranie occidentale) comprend de la déformation classique et de la déformation non classique.

1) Les déformations classiques :

L' rapprochement de l'Afrique et l'Europe (5mm/an) c'est-à-dire présence d'une contrainte σ_1 de direction NO-SE qui génère plusieurs déformations :

- Des failles normales dans la région qui a généré des séismes ; selon la relation entropique de (Cooper Smith) 80cm de déplacement donne une magnitude ($M=6$), et les séismes se développent à une magnitude ($M=4$). (in boukhedimi 2009)

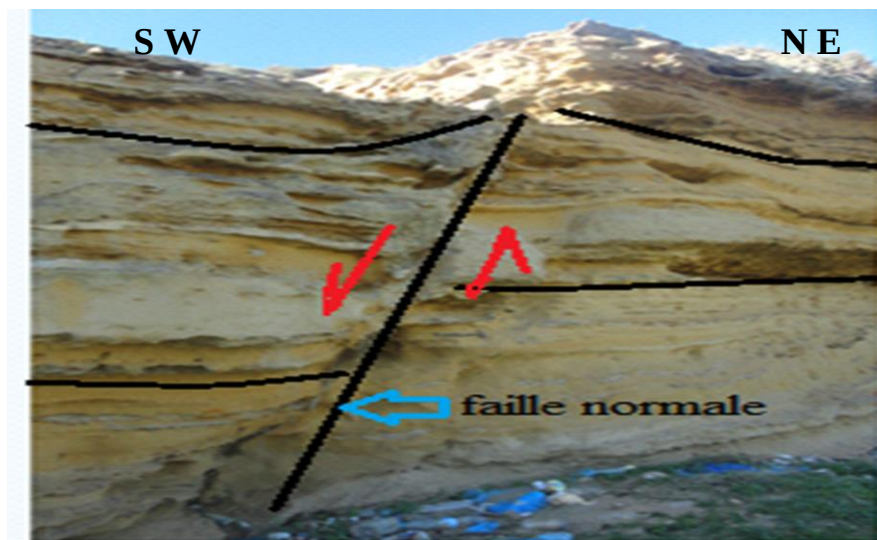


Photo VI .1: montrant une faille normale et des sémites

Chapitre VI l'origine et l'interprétation des déformations observées



Figure VI.2 : montrant une faille normale

- Le soulèvement de la cote et l'édification des terrasses marines. On distingue trois niveaux de terrasses : le Calabrien, le Sicilien et le Tyrrhénien.

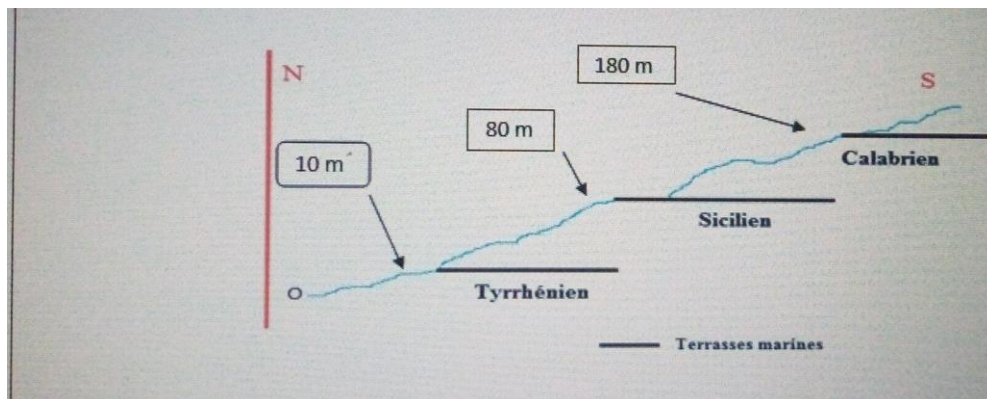


Figure VI. 3 : représentation schématique des terrasses marine du Quaternaire

Chapitre VI l'origine et l'interprétation des déformations observées



Photo IV.4 : Une terrasse marine du Quaternaire



Photo IV. 5: une des terrasses marines du quaternaire supérieur (tyrrhénien) dans la région de Bidder

Chapitre VI l'origine et l'interprétation des déformations observées

Les appareils volcaniques (volcanisme Moi-Plio- Quaternaire) de la moyenne Tafna sont alignés dans la même direction atlasique (NE-SW). Cet alignement des appareils volcaniques se développe au niveau de failles de chevauchement (des failles atlasique).

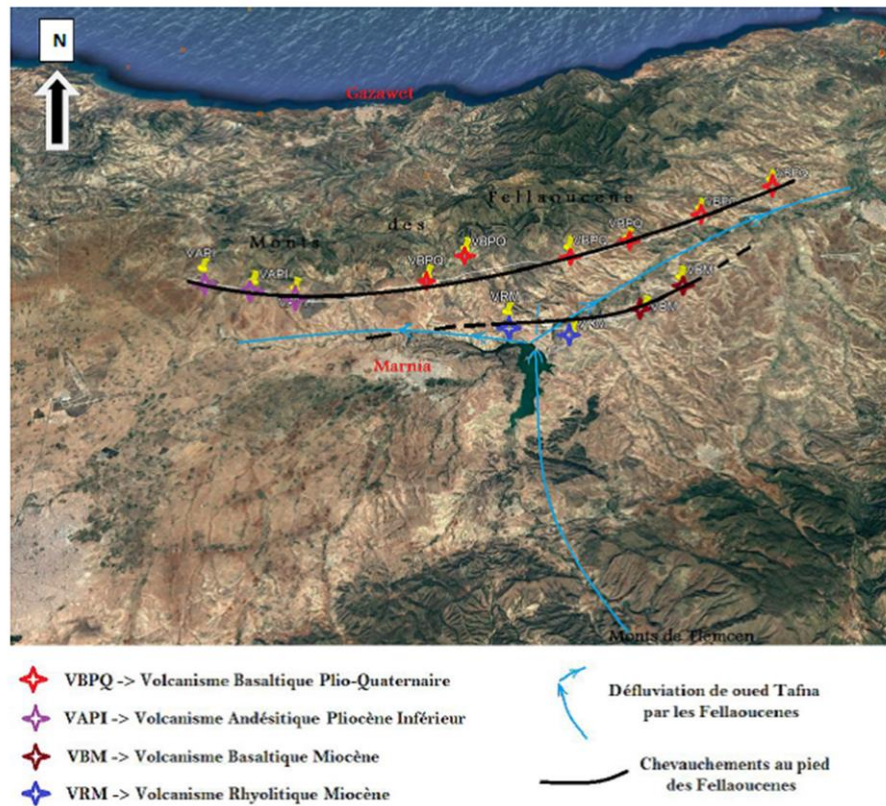


Figure 33 : image satellite montrant la répartition du volcanisme suivant l'alignement des failles atlasiques

Des plis-failles et des failles en extrados qui forme des bassins. Ces bassins en extrados sont remplis de sédiment syntectonique.

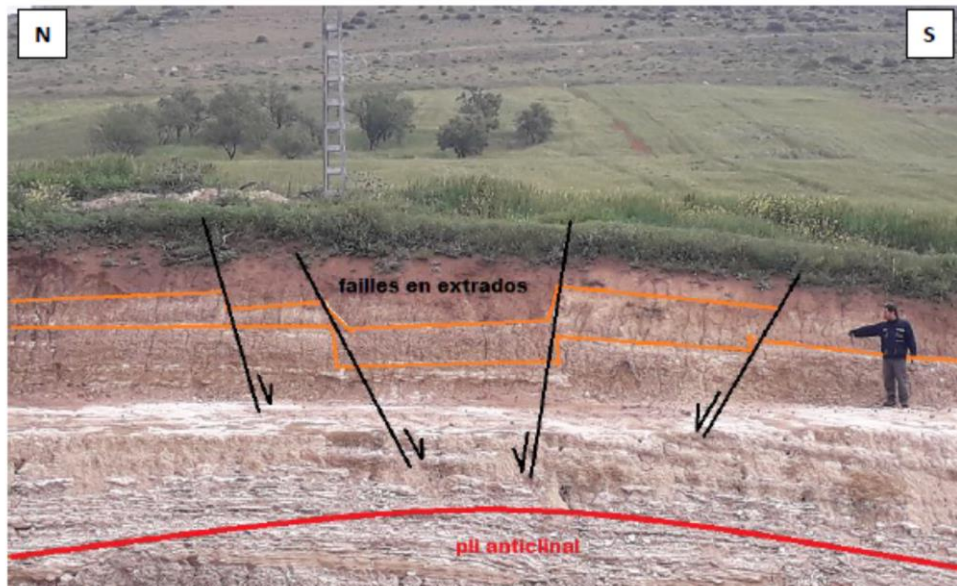


Photo VI .7 : faille en extrados (N 60, 70 SE) (In boukhedimi 2017)

2) Les déformations thixotropiques de la région :

Concerne essentiellement les sédiments meubles (déformations caractéristiques des sédiments mous). Ces déformations ne montrent pas de sens de raccourcissement défini donc pas de σ_1 elles correspondent à des liquéfactions déclenchées par des vibrations dans les sédiments meubles. Il s'agit de déformations dues au comportement thixotropique des sédiments non encore consolidés et saturés en eau. Le mécanisme déclencheur de ces déformations thixotropiques est le phénomène vibratoire dont l'origine peut-être très distincte " choc sismique, effondrements gravitaires, explosions volcaniques, impacts météoriques, explosion... ". Les figures qui suivent montrent plusieurs déformations qui sont liées aux séismes.

Chapitre VI l'origine et l'interprétation des déformations observées



Photo VI.8 : des pyroclastes diaclasées

Cette figure montre des pyroclastes diaclases avec un remplissage secondaire en fracturation hydraulique (dyke d'injection).



Photo VI.9 : des plis disharmoniques en slumps dans les pyroclastites du Pliocène inférieur.

Chapitre VI l'origine et l'interprétation des déformations observées

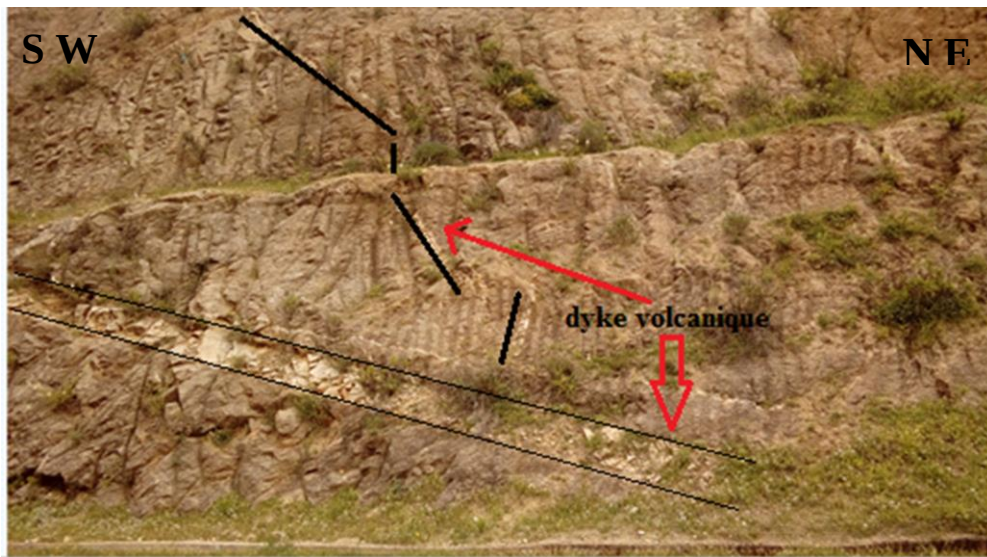


Photo VI .10 : dyke volcanique ; intrusion des pegmatites dans des granites.

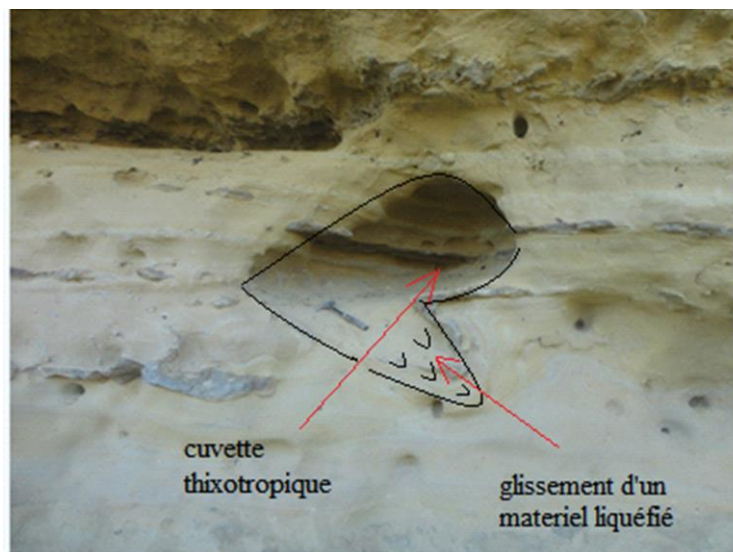


Photo VI .11 : un matériel liquéfié (exemple de cuvette thixotropique)

Chapitre VI l'origine et l'interprétation des déformations observées

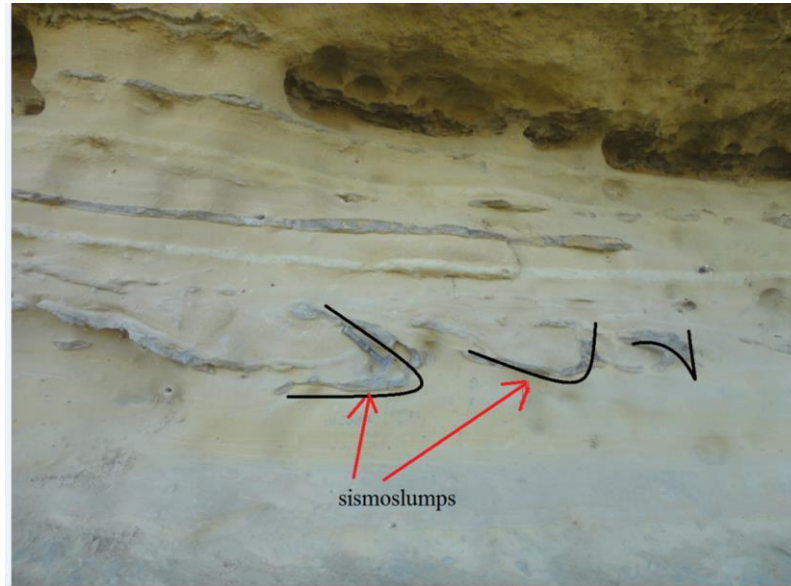


Photo VI.12 : des sismoslumps .

On remarque dans cette image un niveau perturbé par un évènement sismique suivi de couches horizontales.

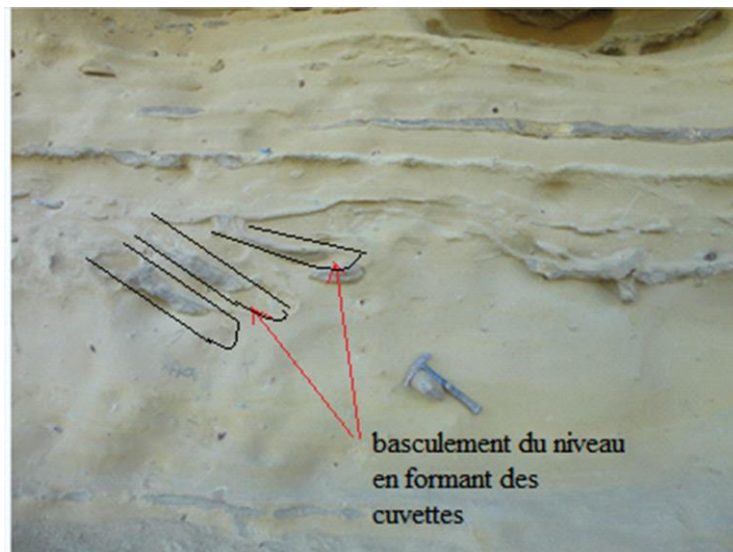


Photo VI.13 : basculement du niveau en relation avec un évènement sismique en formant des cuvettes thixotropiques

Chapitre VI l'origine et l'interprétation des déformations observées

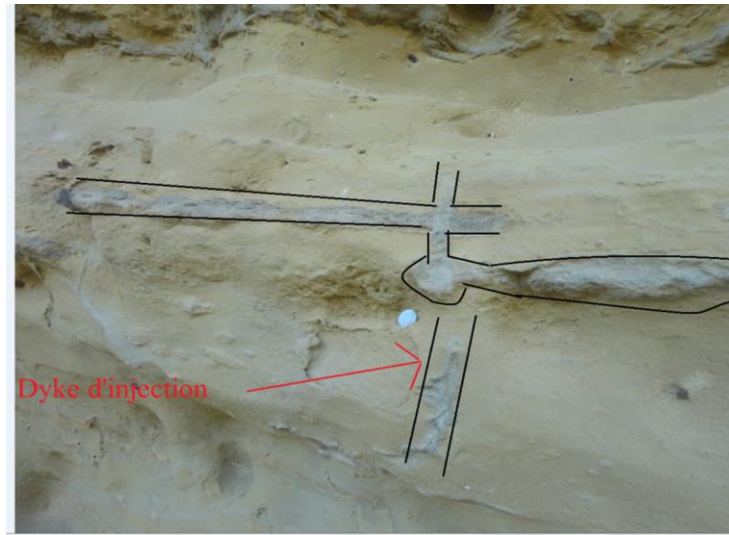


Photo VI.14 : liquéfaction et remonté d'un matériel : exemple d'un dyke d'injection

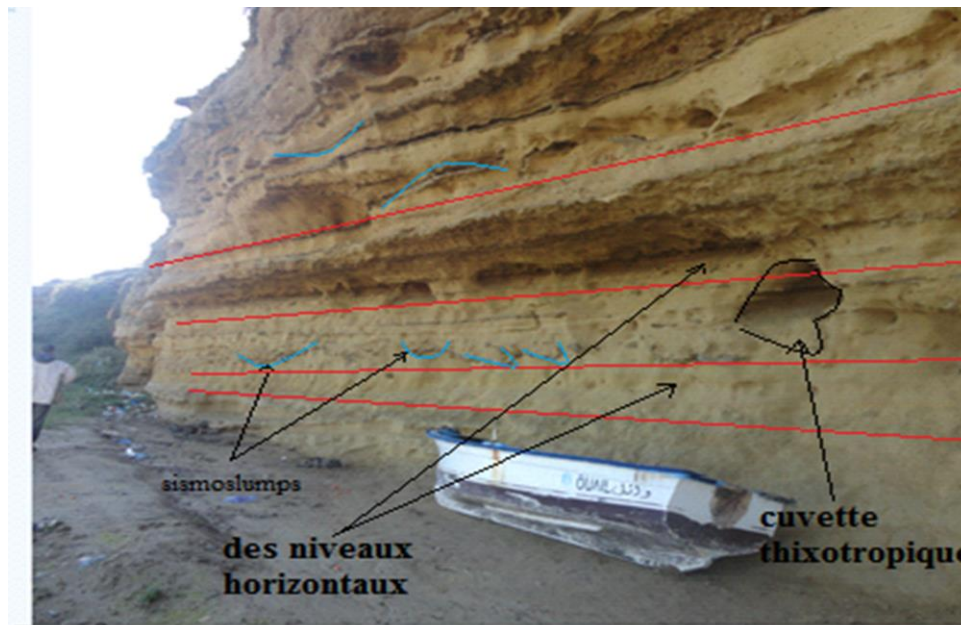


Photo VI.15 : des niveaux répétitifs On remarque un niveau perturbé (des sismites) et un niveau stable puis répétition d'un niveau perturbé (conséquence d'un évènement répétitif ; on parle de récurrence sismique).

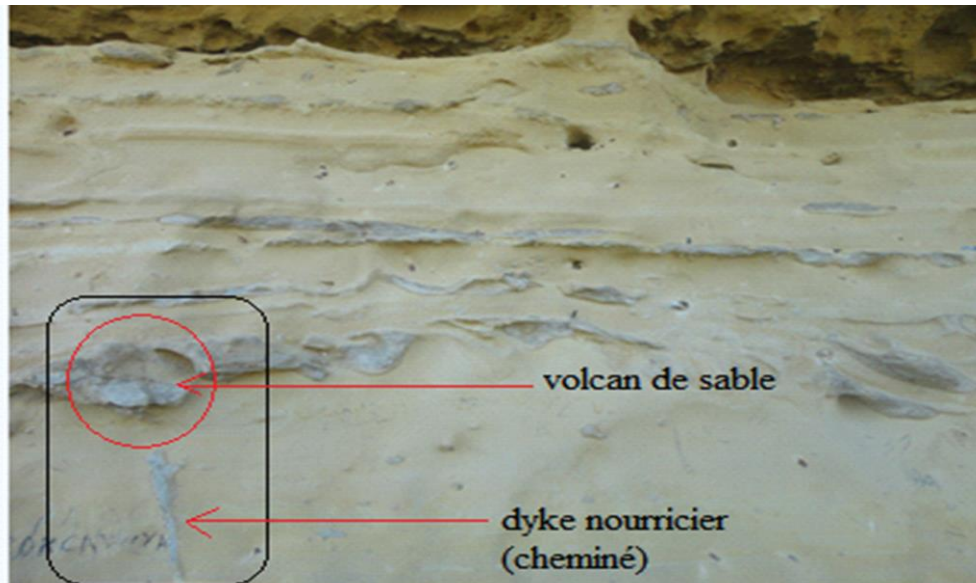


Photo IV.16 : dyke nourricier (cheminé) + volcan de sable

3) Conclusion

On constate que ces déformations ont deux origines différentes :

- a) Une origine Volcanique (Miocène-pliocène supérieur) Les dépôts du Miocène, du Pliocène et du Pléistocène inférieur (Calabrien) sont contemporains de la mise en place du volcanisme en Oranie occidentale. Ce volcanisme de par son activité peut être à l'origine de ces déformations, alors ces déformations sont probablement d'origine volcaniques (volcanites), des dykes sédimentaires, des volcans de sable, des sismoslumps, ainsi que d'autres déformations thixotropiques en générale.
- b) Une origine Sismiques (pliocène supérieur-quaternaire moyen) après plusieurs analyses ces déformations sont reliées aux séismes (vibrations). Plusieurs arguments démontrent cette origine sismique :

Chapitre VI l'origine et l'interprétation des déformations observées

L'environnement de dépôt riche en eau qui se situait dans une région tectonique active. La nature thixotropique des déformations et leur large diffusion verticale et horizontale dans la série quaternaire compatible avec une récursive sismique. Cela permet de caractériser ces déformations quaternaires des sédiments meubles comme des séismes déclenchés par des tremblements de terre et la paléosismicité de la région.

On peut dire que ces déformations ont une origine mixte volcanique et sismique (Miocène), et une origine sismique (Plio-Quaternaire)

Chapitre VII : conclusion générale

Discussion et Conclusion générale :

En Algérie, la tectonique active est localisée dans la région nord du pays, essentiellement dans le Tell. Dans cette région, frontière entre les plaques Africaine et Eurasiatique, la déformation tectonique est l'expression de la convergence actuelle de ces deux plaques et se traduit par la fermeture progressive des bassins néogènes et par la poursuite de l'édification de la chaîne. Le long de la marge, la déformation s'exprime dans la partie de la plaine abyssale proche du continent, par le plissement de la couverture Plio-quadernaire. Au niveau de la pente et sur le plateau continental, la sismicité est générée par des accidents qui se prolongent parfois à terre. Cette tectonique littorale active est à l'origine de la surrection de la côte, où le soulèvement sismique a été estimé en moyenne à 0,50 m. À terre, la sismicité s'exprime surtout le long des bordures des bassins néogènes qui longent la côte. Ces bassins se déforment en donnant des structures plissées (synclinaux, anticlinaux) et parfois cassantes (pli failles, failles inverses, chevauchements) orientées NE–SW à NNE–SSW. Ces dernières sont le plus souvent à l'origine des violents tremblements de terre que connaît l'Algérie. Plus au sud, la sismicité s'exprime, tout le long du Tell, le long des faisceaux de plis de direction NE–SW. Actuellement, dans les régions des Hauts Plateaux et la région de l'Atlas saharien, l'activité sismique est faible.

L'Oranie est caractérisée par plusieurs déformations synsédimentaires. Les déformations classiques sont essentiellement dues à un bassin syntectonique, il s'agit d'empilement de plis et plis-faille.

Les déformations synsédimentaires à caractère thixotropique sont très diversifiées : dyke d'injection, volcans de sable, coins et cuvettes thixotropiques, des sismoslumps,...etc. ces déformations peuvent avoir deux origines : les déformations Miocène inférieur- Miocène supérieur contemporaine d'un volcan explosif proche d'émission des centres volcaniques de la région ont probablement une origine volcanique. Les déformations synsédimentaires d'âge Pliocène supérieur- quadernaire sont postérieures au volcanisme explosif, alors ces déformations sont d'origine sismique.

Références

- Alfaro P, Delgado J, Estevez A, Lopez-Casado C (2001) Paleoliquefaction in the Bajo Segura basin (Eastern Betic Cordillera). *Acta Geologica Hispanica* 36(3–4):233–244
- Allen, J.R.L., 1986. Earthquake magnitude-frequency, epicentral distance, and soft-sediment deformation in sedimentary basins. *Sediment. Geol.* 46, 67–75.
- Alsop GI, Marco S (2013) Seismogenic slump folds formed by gravity-driven tectonics down a negligible subaqueous slope. *Tectonophysics* 605-2013-48-69
- Alsop GI, Marco S (2011) Soft-sediment deformation within seismogenic slumps of the Dead Sea Basin. *Journal of Structural Geology* 33, 433–457.
- Aochi H, Durand V, Douglas J (2011) “Influence of super-shear earthquake rupture models on simulated near-source ground motion from the 1999 Izmit (Turkey) earthquake”, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 101:726-741
- Atwater B F (1992) Geological evidence for earthquakes during the past 2000 years along the Copalis River, southern coastal Washington. *J. Geophys. Res.*, 97(B2), 1901–1919, doi:10.1029/91JB02346
- Ayadi A, Bezzeghoud M (2015) Seismicity of Algeria from 1365 to 2013: Maximum Observed Intensity Map (MOI2014). *Seismological Research Letters* doi: 10.1785/0220140075
- Ayadi, A., Ousadou, A.F., Bourouis, S. et Benhallou, H., 2002, Seismotectonics and seismic quietness of the Oran region (western Algeria); the Mascara earthquake of August 18th 1994, $M_w = 5.7$, $M_s = 6.0$. *Journal of Seismology*, 6, 13-23.
- Ayadi, A., Maouche, S., Harbi, A., Meghraoui, M., Beldjoudi, H., Ousadou, F., Mahsas, A., Benouar, D., Heddar, A., Rouchiche, Y., Kherroubi, A., Frogneux, M., Lammali, K., Benhamouda, F., Sebai, A., Bourouis, S., Alasset, P.J., Aoudia, A., Cakir, Z., Merahi, M., Nouar, O., Yelles, A., Bellik, A., Briole, P., Charade, O., Thouvenot, F., Semane, F., Ferkoul, A., Deramchi, A. et Haned, S.A., (2003) Strong Algerian earthquake strikes near capital city. *Eos, Transactions, American Geophysical Union*, 84, 561, 568.
- Beaudet G, Maurer G, Ruellan A (1967) Le quaternaire marocain : Observations et hypothèses nouvelles. *Revue de géographie physique et de géologie dynamique* (2), VOL, IX, FASC, 4, pp. 269-310. Paris, 1967.
- Beaudoin B, Friès G (1982) Filons gréseux sédimentaires, perdescensum dans un système de fractures ouvertes. Le cas de l'Albien de Bevens (Alpes de Haute-Provence). *C R AcadSci* 295:285–387.

- 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-Géophysique-Université Louis Pasteur-Strasbourg I 226p.
- Bellon, H., Guardia, P., et Magné, J., (1984). Les associations volcaniques du Miocène supérieur de la région oranaise (Algérie occidentale). Conséquences géodynamiques. *Géol. Méditerranéenne*, XI, 255-264.
- Bellon, H. (1981), Chronologie radiométrique (K-Ar) des manifestations magmatiques autour de la Méditerranée occidentale entre 33 et 1 Ma, in *Sedimentary Basins of Mediterranean Margins*, edited by F.C. Wezel, Tecnoprint, Bologna.
- Benhallou, H., 1985, Les catastrophes sismiques de la région d'Echelif dans le contexte de la sismicité de l'Algérie. USTHB. Alger. Thèse d'Etat : 294 p.
- Black RF (1983) Pseudo-icewedgcasts of Connecticut, northeastern United States, *Quaternary Research*, 20, p. 74-89
- Boughacha. M. S (2005) : Analyse de la sismicité de l'Algérie application à l'établissement des cartes des I.M.O et Δcff , Thèse Doctorat En Sciences Physiques, Spécialité : Géophysique, USTHB, Alger.
- Boughacha M-S (2001) French translation of a spanish document written by Lopez Marinas, J. M., and Salord, R. (1990), La période séismique Oranaise de 1790 à la lumière des archives espagnoles (University of Sciences and Technology, Houari Boumediene, Algiers, Algeria, 2001).
- Boughacha M-S, Ouyed M., Benhallou H., Djeddi M., and Hatzfeld D. (2003), Sismicité en Algérie de 1790 à 2000 : Mécanismes aux foyers et vitesses de rapprochement inter-plaques, *Service Géologique de l'Algérie* 14, (2), 65–77.
- Boughacha, M.S., Ouyed, M., Ayadi, A., and Benhallou, H., 2004, Seismicity and seismic hazard mapping of northern Algeria: Map of Maximum Calculated Intensities (MCI), *J. Seismol.* 8, 1-10.
- Bouhadad Y, Benhamouche A, Maouche S, Belhai D (2009) Evidence for Quaternary liquefaction-induced features in the epicentral area of the 21 May 2003 Zemmour earthquake (Algeria, Mw=6.8). *J Seismol.* doi:10.1007/s10950-008-9134-y
- Bouhadad Y, Laouami N (2002) Earthquake hazard assessment in the Oran region (northwest Algeria). *J. Natural Hazard*, 26, 3, 227-243.

Boukhedimi, M A., 2017. La néotectonique du nord-ouest algérien et ses conséquences sur la répartition spatiale de la sismicité et du volcanisme et l'hydrothermalisme récents de l'Oranie. Thèse de Doctorat en Sciences de la Terre. [Theses.usthb.dz/document/TH10/2017-D/S.T.161p](https://theses.usthb.dz/document/TH10/2017-D/S.T.161p).

Boukhedimi MA, Louni-Hacini A, Bouhadad Y, Ritz JF, Machane D, Benhamouche A, Bourenane H (2016) « Evidence of seismites in coastal Quaternary deposits of western Oranie (northwestern Algeria) » J Seismol DOI 10.1007/s10950-016-9616-2

Bufo E, Bezzeghoud M, Udias A, Pro C (2004) Seismic Sources on the Iberia-African Plate Boundary and their Tectonic Implications, Pure appl. geophys., 161, doi 10.1007/s00024-003-2466-1. Calais E, DeMets C, Nocquet J-M (2003) Evidence for a post-3.16-Ma change in Nubia-Eurasia-North America plate motions? . Earth and Planetary Science Letters 216, 81-92.

Boulaine J (1955) Notice explicative de la carte de reconnaissance des sols s'Algérie au 1/200 000. Feuille de Mostaganem N21. PÉDOLOGIE — C.S, N° 6 ALGER 1955

Brothers, R.J., Kemp, A.E.S., Maltman, A.J., 1996. Mechanical development of vein structures due to the passage of earthquake waves through poorly-consolidated sediments. Tectonophysics 260, 227–244.

Comas, M.C., Platt, J.P., Soto, J.I., and Watts, A.B. (1999), The origin and tectonic history of the Alboran basin : insights from Leg 161 results, in : Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, edited by R. Zahn, M.C. Comas and A. Klaus, Vol. 161.

CRAAG (1994) : Les séismes en Algérie de 1365 à 1992. Publication du Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique, Département: Etudes et Surveillance Sismique, ESS, C.R.A.A.G, Alger-Bouzaréah.

CRAAG (2001) : Les séismes en Algérie de 1992 à 2001. Publication du Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique, Département: Etudes et Surveillance Sismique, ESS, C.R.A.A.G, Alger-Bouzaréah.

Davenport CA and Ringrose PS (1987) Deformation of Scottish Quaternary sediment sequences by strong earthquake motions. In: Jones, M.E., Preston, V.I.F. (eds.) deformation of sediments and sedimentary rocks. Geol. Soc., Spec. Publ. 29:299–314

Delfaud J et Thomas G (1972) Les grandes lignes de la stratigraphie du quaternaire oranais- C.R. Acad. Sci., Paris, D, 274, 3341-3344.

Domzig A (2006) Déformation active et récente, et structuration tectono-sédimentaire de la marge sous-marine algérienne, PhD Dissertation, Brest (UBO) University, Institut Universitaire Européen de la Mer, Brittany, France, 333 pp.

Durand Delga M (1980) Méditerranée occidentale, étape de sa genèse et problèmes structuraux liés à celle-ci. Mém. Soc. Géol. France, 10

Durand-Delga, M. et Fontboté, J.M. (1980): Le cadre structural de la Méditerranée occidentale. 26th International Geological Congress. Colloque C5: Géologie des chaînes alpines issues de la Téthys. Mémoires Bureau Recherche Géologique et Minière, 11: 65- 85.

El Azzouzi, M., Bellon, H., Coutelle, A., Réhault, J.-P., 2014. Miocene magmatism and tectonics within the Peri-Alboran orogen (western Mediterranean). Journal of Geodynamics, SI: Geodynamic evolution of the Alboran domain 77, 171–185. doi:10.1016/j.jog.2014.02.006

El Azzouzi, M., Bernard-Griffiths, J., Bellon, H., Maury, R.C., Pique, A., Fourcade, S., Cotten, J., Hernandez, J., 1999. Evolution of the sources of Moroccan volcanism during the Neogene. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Series IIA Earth and Planetary Science 329, 95–102.

El Robrini, M. (1986), Evolution morpho-structurale de la marge algérienne occidentale (Méditerranée occidentale): Influence de la néotectonique et de la sédimentation. Thèse de doctorat, 164 pp., Université Paris IV.

El Robrini, M., Genesseeux, M., and Mauffret, A. (1985), Consequences of the El Asnam earthquakes: turbidity currents and slumps on the Algerian margin (Western Mediterranean), Geo Mar. Lett., 5, 171-176.

El Mrabet T (2005) The great earthquakes in the Maghreb region and their consequences on man and environment. CNRST-LAG, Rabat, 478 pp

Estevez A, Soria JM, Alfaro P (1994) Un nouveau type de séismes dans le Miocène supérieur d'Alicante (Cordillère bétique orientale, Espagne): les coins détritiques. CR Acad Sci Paris 318 (série II):507–512

Fenet, B., (1975). Recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du bouclier africain à partir de l'étude d'un élément de l'orogénèse Nord-Maghrebines : Les monts djebel Tessala et les massifs du littoral oranais. Thèse, Sci., Univ., Nice. P 301.

Frizon de Lamotte, D., Andrieux, J., and Guézou, J.-C. (1991), Cinématique des chevauchements néogènes dans l'Arc bético-rifain : discussion sur les modèles géodynamiques, Bull. Soc. Géol. Fr., 162(4), 611-626.

Frizon de Lamotte, D., Saint Bezar, B., Bracène, R., and Mercier, E. (2000), The two main steps of the Atlas building and geodynamics of the western Mediterranean, Tectonics, 19, 740-761.

Galli P (2000) New empirical relationships between magnitude and distance for liquefaction. *Tectonophysics* 324 (2000) 169–187

Groupe de Recherche Néotectonique de l'Arc de Gibraltar (1977) Conclusions générales ; signification géodynamique des phénomènes observés. *Bull. Soc. géol. Fr.* 1977, n°3

Guardia P (1975) Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie nord-occidentale. Thèse de doctorat en géologie. Université de Nice (France). 289p.

Leclaire L (1972) La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin algéro-baléare (pré-continent algérien), Thèse d'Etat, Paris, 391 pp.

Lopez Marinas J.M. and Salord R (1990) El periodosismo oranes de 1790 a la luz de la documentacion de los archivos españoles. MOPU-IGN, Monografias 6, Madrid, 64 pp.

Louni-Hacini A (2002) La transition du magmatisme calco-alcalin au magmatisme alcalin dans l'Oranie (Algérie Nord Occidentale). Thèse de doctorat (pétrologie structurologie). IST/USTHB. 198p.

Maouche S, Meghraoui M, Morhange C, Belabbès S, Bouhadad Y, Haddoum H (2011) Active coastal thrusting and folding, and uplift rate of the Sahel Anticline and Zemmour earthquake area (Tell Atlas, Algeria). *Tectonophysics* 509:69–80. doi:10.1016/j.tecto.2011.06.003, 10.1016/j.tecto.2011.06.003 #_blank

Maouche S, Morhange C, Meghraoui M (2009) Large boulders accumulation on the Algerian coast evidence tsunami events in the western Mediterranean. *Mar Geol* 262:96–104

Marco S & Agnon A (2005) High-resolution stratigraphy reveals repeated earthquake faulting in the Masada Fault Zone, Dead Sea Transform. *Tectonophysics* 408 : 101– 112

Marco S, Stein M, Agnon A, Rond H (1996) Long-term earthquake clustering: à 50000 years paleoseismic record in the Dead Sea Graben. *J Geophys Res* 101:6179–6192

Mauffret, A. (2007), The Northwestern boundary of the Nubia (Africa) plate, *Tectonophysics*, 429(1-2), 21-44.

Mauffret, A., El-Robrini, M., and Gennessaux, M. (1987), Indice de la compression récente en mer Méditerranée: un bassin losangique sur la marge nord-algérienne, *Bull. Soc. Géol. France*, 3(6), 1195-1206.

Mauffret, A., Maldonado, A., and Campillo, A.C. (1992), Tectonic framework of the Eastern Alboran and Western Algerian basins, Western Mediterranean, *Geo Mar. Lett.*, 12, 104-110.

Megartsi M (1985) Le volcanisme mio-plio-quaternaire de l'Oranie nord occidentale (géologie, pétrologie, géodynamique). Thèse de doctorat (pétrologie structurologie). IST/USTHB.295p.

Meghraoui M (1988) Géologie des zones sismiques de l'Algérie du Nord: Paléosismologie, tectonique active et Synthèse sismotectonique. Thèse d'Etat, University Orsay-Paris XI, p. 356

Me2i GEOMATRIX Consultants (2003) Seismichazard and micro-zonation of the Wilaya of Ain Temouchent, Algeria. Report prepared for : La Direction de l'Urbanisme et de la Construction de la Wilaya d'AïnTemouchent, Algeria, 114p.

Moussa K (2006) Etude d'une Sebkha: la Sebkha d'Oran (Ouest algérien). Thèse de doctorat (sédimentologie). FSTGAT/Université d'Oran.205p.

Munson PJ, Munson CA, Pond EC (1995) Paleoliquefactionevidence for a strongHoloceneearthquake in southcentral Indiana. *Geology* 23(4):325–328. doi:10.1130/0091-7613

Peláez JA, Chourak M, Tadili BA, Aït Brahim L, Hamdache M, López Casado C, MartínezSolares JM (2007) A Catalog of Main MoroccanEarthquakesfrom 1045 to 2005. *SeismologicalResearchLetters*, 78, 6, 614-621, doi:10.1785/gssrl.78.6.614

Philip J., Masse J.P. &Bessais H. 1987 : Phénomènes sédimentaires au passage plate-forme carbonatée – bassin dans l'Albien supérieur - Cénomanien basal de Tunisie centrale. 8th I.A.S. reg. Meet. sédimentol. (Tunis).

Philip H., Andrieux J., Dlala M., Chihi L. & Ben Ayed N. 1987 : Evolution tectonique mio-plio-quaternaire du fossé de Kasserine (Tunisie centrale): implications sur l'évolution géodynamique récente de la Tunisie. *Bull. Soc. géol. France* (8), II/4,559-568.

Plaziat JC, Ahmamou M (1998) Les différents mécanismes à l'origine de la diversité des séismites, leur identification dans le Pliocène du Saïss de Fès et de Meknès (Maroc) et leur signification tectonique. *Geodinamica Acta* (Paris) 11:183–203

Roca, E. (2001), The Northwest-Mediterranean basin (Valencia trough, Gulf of Lions and Liguro-Provençal basins) : structure and geodynamicevolution, in Peri-Tethyan rift/wrench basins and passive margins, edited by P.A. Ziegler, W. Cavazza, A.F.H. Robertson and S. Crasquin- Soleau, 186, pp. 671-706, *Mem. Mus. Nat. Hist. Nat.*

Rothé, J.-P. (1955), Le tremblement de terre d'Orléansville et la sismicité de l'Algérie, *La Nature*, 3237, 1-9.

Roussel, J., 1973. Les zones actives et la fréquence des séismes en Algérie 1716-1970, Bull. Soc; Hist. Natur. Afrique du Nord., 64 (3), 2pp. 11-227.

Sadran G (1958) Les formations volcaniques tertiaires et quaternaires du tell oranais. Publications du service de la carte géologique de l'Algérie, Bulletin N°18.533p.

Seilacher A (1969) Fault-gradedbedsinterpreted as seismites. Sedimentology 13:15–159

Serpelloni E, Vannucci G, Pondrelli S, Argnani A, Casula G, Anzidei M, Baldi P, Gasperini P (2007) Kinematics of the Western Africa-Eurasia plate boundaryfrom focal mechanisms and GPS data. Geophys. J. Int. 169, 1180–1200. doi: 10.1111/j.1365-246X.2007.03367.x

Salinas A (2004) Oran la joyeuse: memoires franco-andalouses d'une ville d'Algérie. Editions Le Harmattan. ISBN : 2-7475-6585-8.320p.

Sibson, R.H., 1977. Faultrocks and faultmechanisms. J. Geol. Soc. 133, 191–213.

Stich, D., Ammon, C.J., and Morales, J. (2003), Moment tensor solutions for small and moderateearthquakes in the Ibero-Maghreb region., J. Geophys. Res., 108, 2148, doi:10.1029/2002JB002057.

Tapponnier (1977) Evolution tectonique du système alpin en Méditerranée, poinçonnement et écrasement rigide plastique. Bull. Soc. Géol. France, 19, 3, p. 437-460.

Texier JP, Raynal JP, Lefevre D (1985) Nouvelles propositions pour un carte chronologique raisonné du Quaternaire marocain. C.R. Acad. Se., Paris, 301, 2, p. 183-188

Thomas G (1985) Géodynamique d'un bassin intramontagneux. Le Bassin du Bas Chélif occidental (Algérie) durant le Mio-Plio-Quaternaire. Thèse Es-Sciences, Pau, 594 p.

Tian HS, Zhang BH, Zhang SH, Lü MY (2014) Neogeneseismites and seismicvolcanicrocks in the Linqu area, Shandong Province, E China. Geologos 20, 2 (2014): 125–137 doi: 10.2478/logos-2014-0010

WCC 1984 (Woodward - Clyde Consultants) Seismic micro-zonation of Ech-Cheliff region, Algeria. Report prepared for CTC, 1 Algiers, Algeria, 145p.

Yelles-Chaouche AK, Boudiaf A, Djellit H, Bracene R (2006) La tectonique active de la région nord-algérienne. C. R. Geoscience 338 (2006) 126–139

Yelles-Chaouche AK, Djellit H, Beldjoudi H, Bezzeghoud M, Buform E (2004) The Ain Temouchent (Algeria) Earthquake of December 22nd, 1999, Pure appl. geophys., 161, 607–621.