

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, Agronomiques et Géologiques

Département des Sciences Géologiques



MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de Master

En GEOLOGIE

Spécialité : Bassins Sédimentaires

Thème

**PROSPECTION NEOTECTONIQUE DES BASSINS NEOGENES DE
L'ORANIE OCCIDENTALE**

Présenté Par

M.CHOUGAR MASSYL

Soutenue publiquement, le 02/07/2018, devant le jury composé de :

Président : M. MAKHLOUF AMCB.....UMMTO

Encadreur : M. BOUKHEDIMI M^{ed}A.MCB.....UMMTO

Examineur : M. ACHOUI MMAA.....UMMTO

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

Année universitaire 2017/2018

Sommaire

Chapitre 01 : introduction

- Introduction05

Chapitre 02 : Cadre géodynamique, géologique, structural et sismologique régional

- Introduction10
- Cadre géographique et géologique de la zone11
- Cadre géodynamique régional.....13
- Cadre structural et sismologique.....18

Chapitre 03 : Analyse des déformations syn-sédimentaire des dépôts Quaternaire : les Séismites

- Introduction21
- Déformation néotectoniques caractéristiques des sédiments meubles de l'Oranie24
 - ✓ Examen des dépôts.....24
 - ✓ Analyse et interprétation des déformations observées.....28

Chapitre 04 : Etude des terrasses Quaternaires

- Introduction43
- Terrasses alluviales44
- Terrasses marines Quaternaires.....46
- Stratigraphie du Quaternaire.....47

Chapitre 05 : volcanisme, Hydrothermalisme et néotectonique dans la moyenne Tafna

- Indices Volcanique et néotectonique de la moyenne Tafna.....56
- Analyse de la répartition spatiale du volcanisme de la moyenne Tafna.....60
- Examen du secteur de la moyenne Tafna-Traras.....71

Chapitre 06 : Conclusion générale.....77

Remerciements

Mes remerciements les plus sincères vont tout d'abord, à M. BOUKHEDIMI qui m'a proposé ce sujet, assez particulier, et qui m'a orienté, soutenu, motivé et encouragé comme nul autre. Ses précieux conseils, critiques constructives et sa disponibilité m'ont énormément aidé non seulement à confectionner ce mémoire mais aussi durant mon parcours universitaire.

Je remercie aussi Mr. Makhlouf pour m'avoir fait le grand honneur de présider le jury de ce mémoire.

Mes reconnaissances et mes remerciements vont aussi à Mr. Lounis et Mr. Achoui pour avoir accepté d'examiner mon travail.

Je remercie aussi tout mes enseignants qui, par leur effort et leur enseignement, m'ont fait partager leur passion pour cette discipline, qu'est la Géologie. Je cite : MrAmrouchefarid, Mrboukhedimi , Mrachoui , Mr Ahmed Zaid , MrAigoune, MrMakhlouf, MlleLarara , MmeIzri , MrZeghouane, MlleOuiken, Mrbrahmi, MrLounis, MrHamis, MmeMoufredj ...

Je remercie aussi mes camarades, qui m'ont aidé durant mon travail : Berkane Lysa et Mohcene Sonia

Et enfin merci à ma famille et mes amis pour leur éternel soutiens. Tout particulièrement aux efforts et à l'implication de mon père.

Chapitre 1
Introduction

Introduction

L'essentiel des activités sismiques et magmatiques sont observées au niveau des frontières des plaques, où on y trouve de forts taux de déformations générés par ces activités tectonique (Figure 1.1).

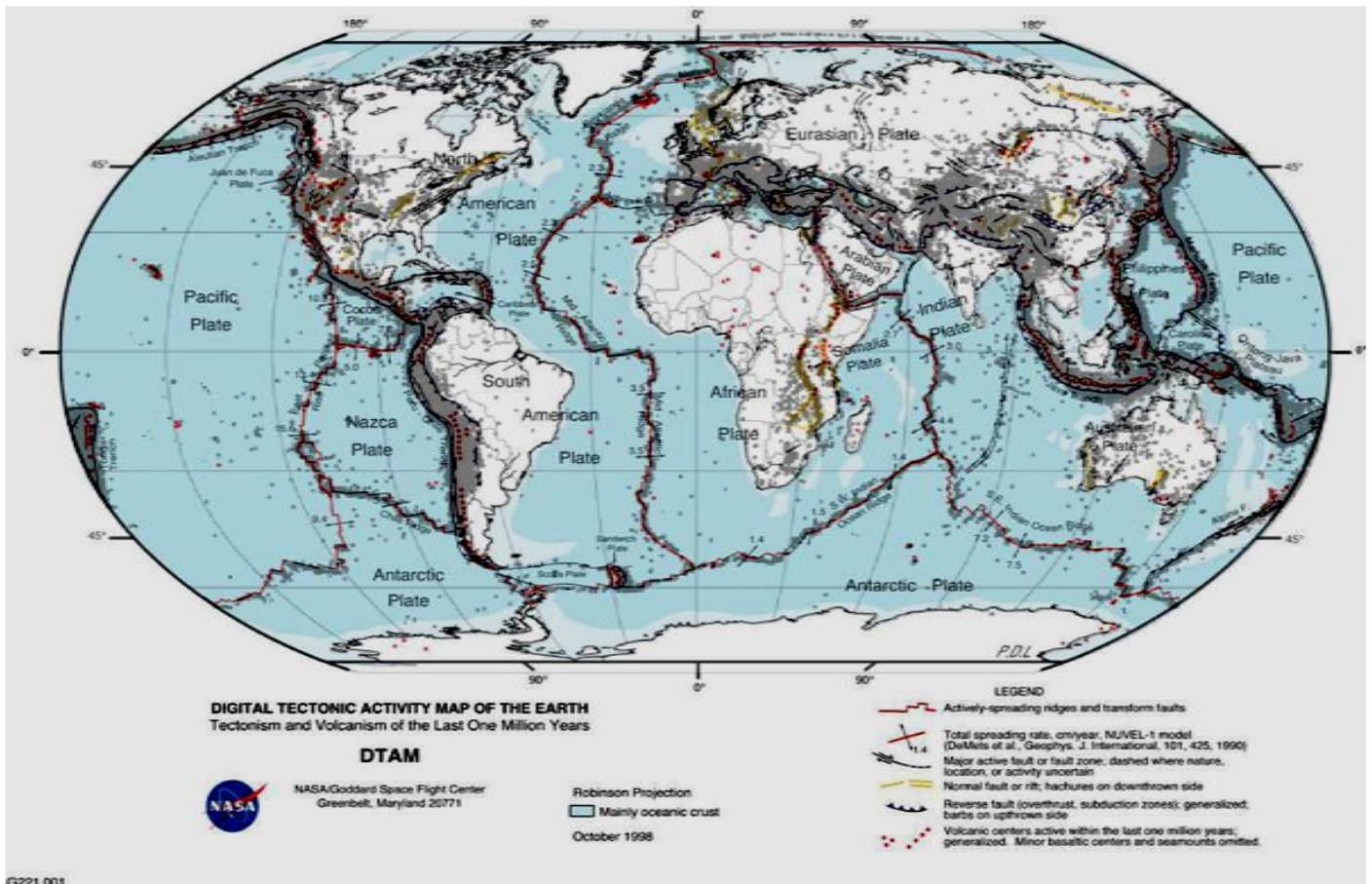


Figure 1.1 : Carte de l'activité sismique mondiale USGS (2000) superposée sur la carte de l'activité tectonique et du volcanisme du dernier million d'année (NASA 1998). Notez bien que l'essentiel de la déformation tectonique, des séismes et du volcanisme récent est observé au niveau des limites de plaques.

Le nord-ouest algérien (l'Oranie) n'échappe pas à cette règle de par sa situation géographique sur la côte maghrébine qui correspond à une zone de frontière entre les deux plaques tectoniques Afrique et Eurasie (Figure 1.2).

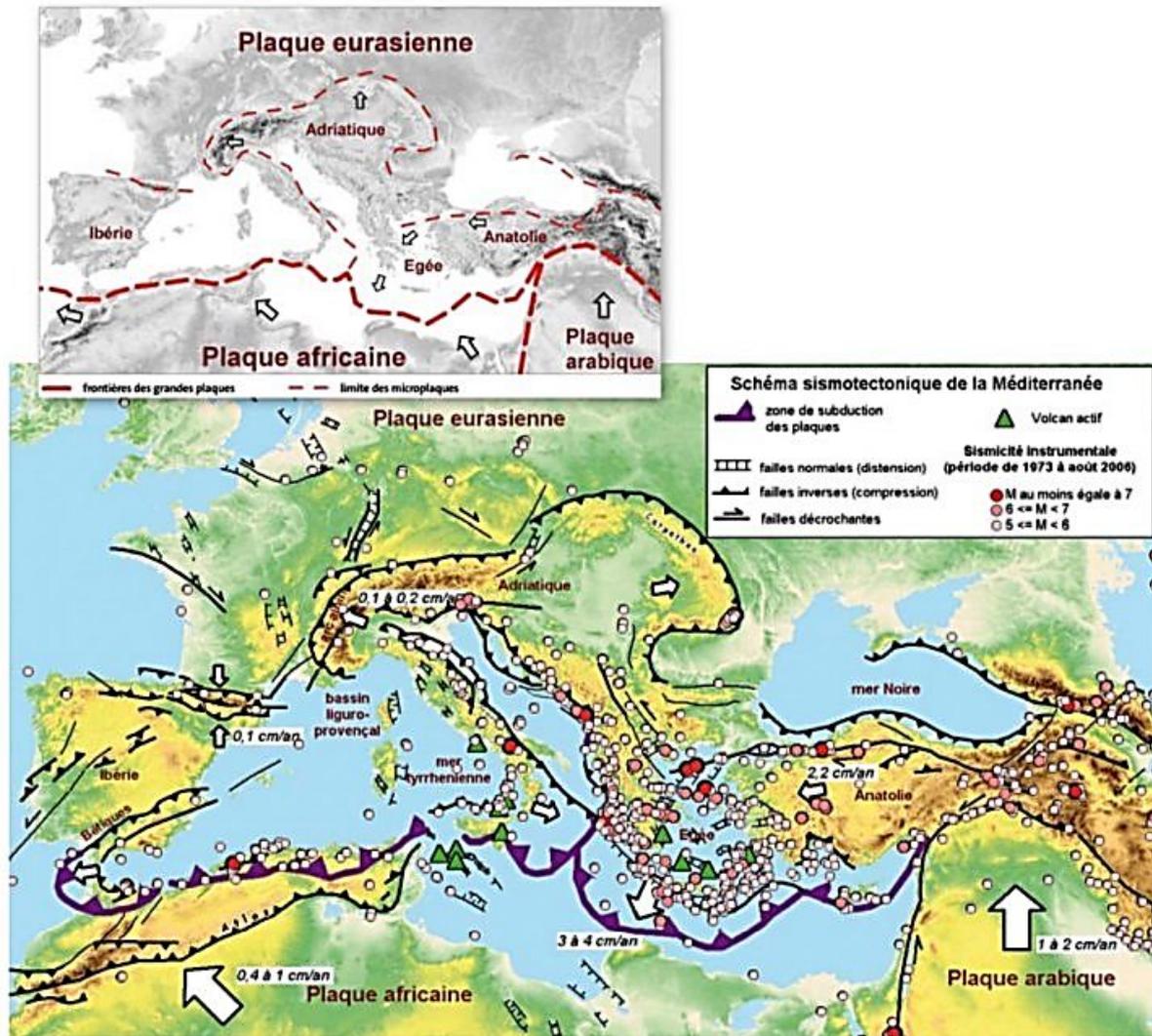


Figure 1.2 : schéma sismotectonique de la méditerranée (BRGM2003)

Les côtes de l'Oranie constituent, la partie occidentale de la marge algérienne reconnue comme une marge sismiquement active (Figure I.2). Cependant, l'Oranie reste mal connue d'un point de vue morpho-structural, ainsi que du point de vue de son fonctionnement géodynamique. On sait pourtant depuis longtemps que l'Oranie est régulièrement secouée par des séismes destructeurs.

Voici quelques exemples :

- le séisme du 09 octobre 1790 d'intensité $I_0 = X$, ($I_0 =$ échelle MSK- Medvedev-Sponheuer-Karnik) (Mokrane et al ., 1994) fut l'un des plus violents séismes du pourtour méditerranéen du 18ème siècle.
- Les séismes de Mascara du 18 aout 1994 ($M_S = 5.9$)
- Ain Temouchent du 22 décembre 1999 ($M_S = 5.8$)

Ces événements rappellent que l'Oranie reste une région de tectonique active. Cependant, la plupart des séismes de l'Oranie n'ont pas pu être rattachés à des structures géologiques actives. Le problème est dû au fait que les données de sismicité instrumentale et historique sont, à elles seules, insuffisantes pour rendre compte des déformations que subit actuellement l'écorce terrestre. La néotectonique, par la période de temps qu'elle intéresse, le Plio-quadernaire, voir le Mio-Plio-Quadernaire, rend mieux compte de ces déformations et permet de cerner au mieux les structures tectoniques actives de l'Oranie.

L'objectif de ce mémoire est d'apporter des éléments de réponse sur la question de la néotectonique de l'Oranie notamment à travers l'étude des indices néotectoniques (les conséquences). Ces indices peuvent être classés en :

- Indices Sismologiques et Paléosismologiques : les séismes sont les meilleurs indicateurs de l'activité néotectonique. Cependant, la sismicité instrumentale et historique ne couvre souvent que le dernier siècle, au mieux les deux à trois derniers siècles, alors que la période de retour sismique peut être de l'ordre de centaines voire de milliers d'années. C'est pourquoi, la Paléosismologie à travers l'étude des déformations co-sismiques communément appelées séismites, image et atteste mieux l'activité néotectonique.
- Indices Géomorphologiques et Structurologiques : les escarpements morphologiques, la défluviation, l'étagement des terrasses marines et alluviales sont des indices certains de l'activité néotectonique.
- Des indices liés aux Anomalies d'alignements volcaniques et hydrothermales : la présence de volcanisme et/ou hydrothermalisme récent (néogène à quadernaire), est un bon indicateur d'une activité néotectonique.

L'intérêt de ce travail en 3 points :

- Ce travail est d'un intérêt certain dans les études d'Aléas géologiques notamment l'aléa sismique et les aléas liés aux morphologies de pente.
- Certains dépôts hydrothermaux revêtent un intérêt économique. La bentonitisation à Hammam Boughrara est à l'origine des plus grands gisements d'argile bentonitique en Algérie.
- Un intérêt Purement "Recherche" : aide à la compréhension du fonctionnement des marges actives à travers la géodynamique récente à actuelle de l'Oranie.

Méthodologie du travail :

Ainsi, après avoir donné un aperçu sur le cadre géodynamique, géologique, structurale et sismologique régional dans le chapitre 2. Nous avons, dans le chapitre 3, examiné le registre syn-sédimentaire Mio-Plio-Quaternaire de l'Oranie à la recherche des séismites et nous avons abordé la Problématique de la corrélation entre les données sismologiques et paléosismologiques de l'Oranie. Dans le chapitre 4 nous avons fait une étude détaillée sur les terrasses quaternaires (marines et fluviatiles) de l'Oranie occidentale. Dans le chapitre 5 nous avons observé , décrit et analysé le volcanisme Mio-Plio-Quaternaire et néotectonique de la région, en relevant les aspects caractérisant la région de Boughrara ainsi que ses gisement de bentonite ainsi qu'une prospection détaillée des structures tectoniques actives en Oranie et nous avons proposé un modèle tectonique pour expliquer nos observations. Enfin nous avons terminé avec une conclusion générale dans laquelle nous avons exposé les principaux résultats.

Chapitre 2

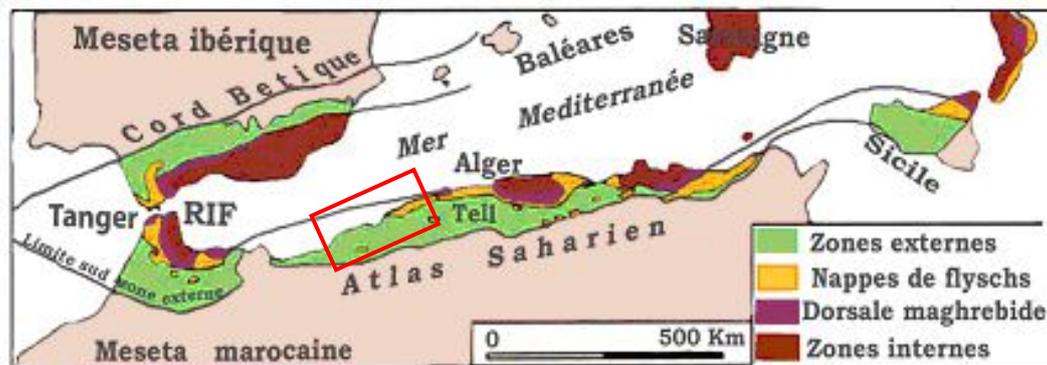
Cadre géodynamique, géologique, structural et sismologique régional

2.1 Introduction

- Le mouvement de convergence entre les plaques africaine et eurasienne a pour conséquence une activité néotectonique au niveau des bordures méditerranée.
- Dans notre région d'étude (en méditerranée occidentale), cette convergence est dominée par une collision généralisée, alors qu'en méditerranée orientale on assiste déjà à une subduction
- Le Tell algérien, à cause de cette collision a connu plusieurs déformations néotectonique continue, qui s'exprime dans le Nord-Ouest par la surrection des massifs (Traras Tessala , Murdjajou et Dahra) et en parallèle par la subsidence des bassins (Tafna et Chélif) et enfin les séismes ont laissé des traces visible qu'on qualifie de déformation instantanées
- Ces derniers siècles plusieurs séismes ont montré un mécanisme foyer en compression en relation avec le champ de contrainte compressif (orienté NNW- SSE).les séismes d'El Asnam du 10 octobre 1980 ($M_s=7.3$), Mascara du 18 août 1994 ($M_s = 5.9$) et Ain-Temouchent du 22 décembre 1999 ($M_s = 5.8$)

2.2. Cadre géographique et géologique de la zone

- Le Tell appartient à l'orogénèse Alpin périméditerranéen, allongé sous forme de chaîne littorale sur plus de 2000 km, depuis les Cordillères Bétiques à l'Ouest jusqu'aux Apennins formant l'arc calabro-sicilien à l'Est (Figure 2.1 et 2.6), c'est la zone mobile active de l'Algérie qui fait partie du domaine ibéro-maghrébin



(Durand-Delga et al., 1969&1980) .

Figure 2.1: 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.

En fait, l'Algérie exhibe un certain nombre de domaines morphostructuraux qui sont : Au Nord, les montagnes de l'Atlas ou domaine atlasique, comportant l'Atlas saharien qui se prolonge en Tunisie par l'Atlas tunisien et au Maroc par le Haut et le Moyen Atlas ; et le Tell ou Atlas tellien, domaine varié et très complexe, ayant aussi des équivalents au Maroc (le Rif et le Pré- Rif) et en Tunisie (Kroumirie et Nefza). Entre les deux Atlas, affleurent les Hautes plaines.

- La région étudiée fait partie du domaine externe de la chaîne Alpine on y distingue deux zones :
 - Zone tellienne, avec des terrains sublittoraux, s'allongeant parallèlement à la côte depuis la frontière marocaine jusqu'au méridien d'Alger, d'âge Néogène et Quaternaire. (Guardia, 1975).

- Zone atlasique avec présences de terrain autochtone montrant une couverture secondaire plissé. Le Néogène est caractérisé par des dépôts Miocène post nappe et du Pliocène, quant au Quaternaire par des terrasses marines et alluviale. (Guardia, 1975).
- La région d'étude se localise au niveau de l'Oranie occidentale, elle 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.
 - Les massifs du Littoral :
 - M'sirda et Souhalia en Oranie occidentale
 - Bouzdjar en Oranie central
 - Le Tell regroupe :
 - Les massifs montagneux des Traras-fillaoussenes et le scolines de Sebaa Chioukh
 - Plaines littorales et intra-montagneuses :
 - Le bassin de la Tafna et d'Ain Temouchent



Figure 2.2
 Domaines
 géomorphologi-
 ques de la zone
 d'étude.

2.3. Cadre géodynamique régional

L'évolution géodynamique de la Méditerranée a provoqués des mouvements néotectonique au niveau des terrains telliens. Plusieurs travaux ont été entrepris depuis 1977 par différent groupes et chercheurs nous ont permis d'élaborer un modèle tectonique et géodynamique de la marge Algérienne.

- A la fin de l'Oligocène :

Un prisme d'accrétion se forme entre les Kabylies et la marge africaine (e.g. Roca et al. 2004). Vers l'arrière de la subduction de la Téthys s'ouvre le bassin Algérien, qui provoque la dérive du domaine AlKaPeCa vers le Sud-Est.

Cette ouverture se termine vers le tortonien. Ces événements sont représentés par un volcanisme calco-alcalin au niveau de la moyenne tafna (e.g. Megartsi 1985, Louni-Hacini 2002).

- Au pliocène :

Marqué par une tectonique à raccourcissement horizontal NNE-SSW à N-S, ainsi que par un volcanisme alcalin. (e.g. Megartsi 1985, Louni-Hacini 2002),

- Au Quaternaire :

On assiste à un changement du régime tectonique, compression NE-SW dans la partie Occidentale. Depuis le Quaternaire moyen jusqu'à l'Actuel, la tectonique en compression NNW-SSE persiste dans l'ensemble de la région Maghrébine et est illustrée par la vitesse de convergence entre l'Afrique et l'Eurasie (Figure 2.4).

La création et l'évolution géodynamique de la marge maghrébine, a été mise en évidence par les travaux de Pitman et al., (1971); Dewey (1973); Tapponnier (1977); Philip (1987) et Meghraoui (1988); Thomas (1985); White (1997); Piquet (1998). Le contact entre les plaques, africaine et eurasiennne, s'avère beaucoup plus complexe qu'il n'y paraissait par le passé et correspond à une juxtaposition de blocs continentaux et océaniques plus ou moins mobiles et déformables. Cette situation est marquée par la confrontation des deux domaines stables et rigides formés par les plates-formes, européenne et africaine qui se rapprochent selon une direction Nord-Sud (Figure 2.5).

Entre ces deux plaques rigides et stables, existe le domaine océanique de la Méditerranée et l'ensemble des zones externes du domaine continental de la chaîne Alpine.

C'est un mouvement qui a commencé avant la naissance de la méditerranée (depuis au moins 70 Ma), il est non uniforme et les variations rapides dans les directions des champs des champs de contraintes ont provoqué un début de subduction suivi d'une collision.

Le taux de rapprochement de la plate forme africaine a été évalué à environ 4.4mm/an (Calais et al 2003, McClusky et al 2003), elle se déplace donc en général vers le Nord, on assiste à une compression subméridienne du domaine nord-africain.

Le raccourcissement crustal est accommodé par des plis et des failles souvent inverses (Meghraoui, 1988 ; Meghraoui et al., 1996).C'est une limite de collision sert de limite de plaque (et non une zone de Benioff), les séismes se produisent, d'ailleurs, sur des failles actives qui peuvent être identifiées en surface.

En profondeur, le mouvement n'est pas continu, les failles peuvent rester bloquées durant de longues périodes et les plaques se déplacent généralement et régulièrement de quelques millimètres à centimètres par ans. Ce mouvement lent et parfois discontinu provoque donc une accumulation des contraintes

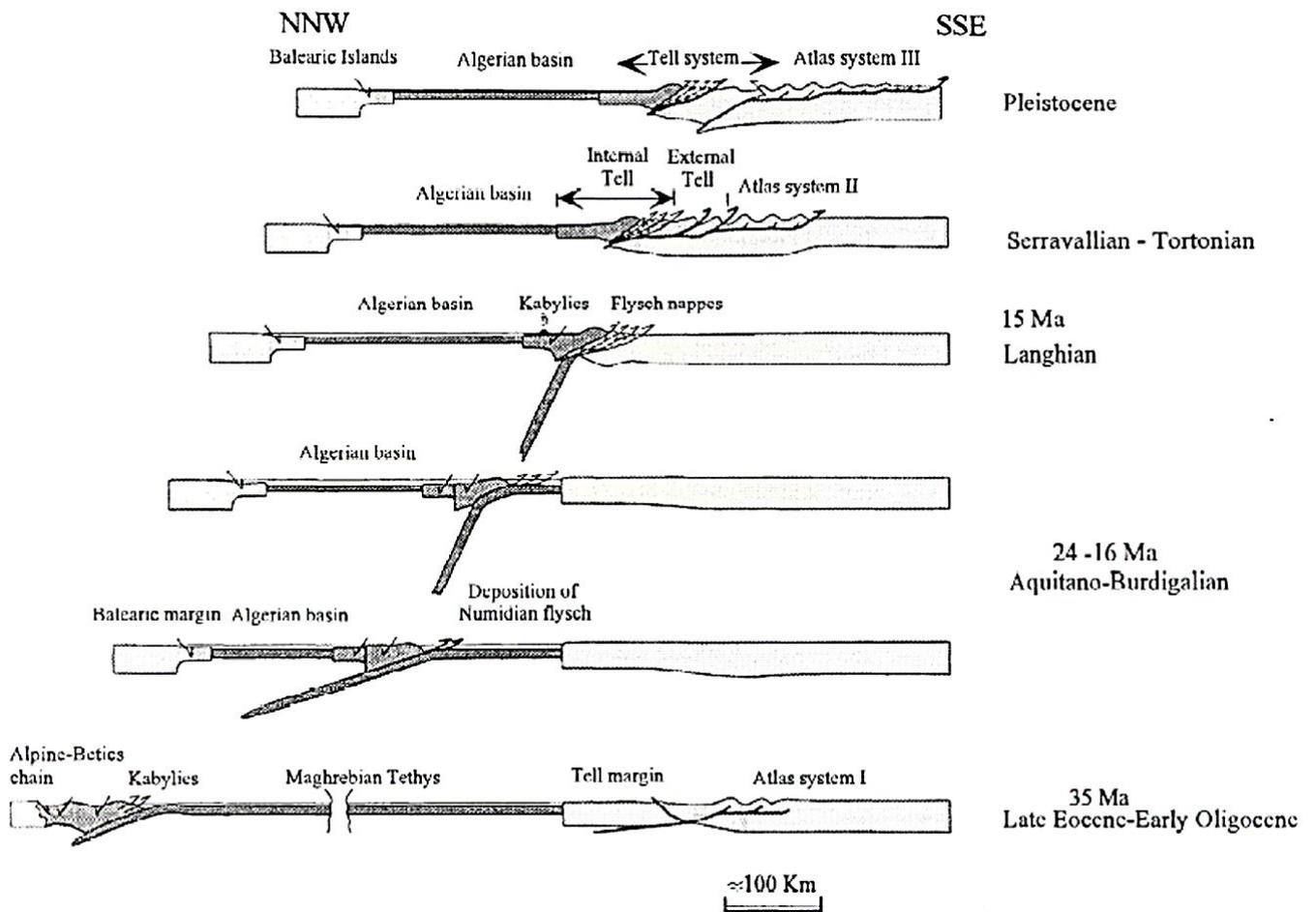


Figure 2.3 : Scénario d'évolution de la Méditerranée Occidentale sur un transect NNO/SSE allant des Baléares à la plate-forme saharienne (Frizon de Lamotte et al., 2000).

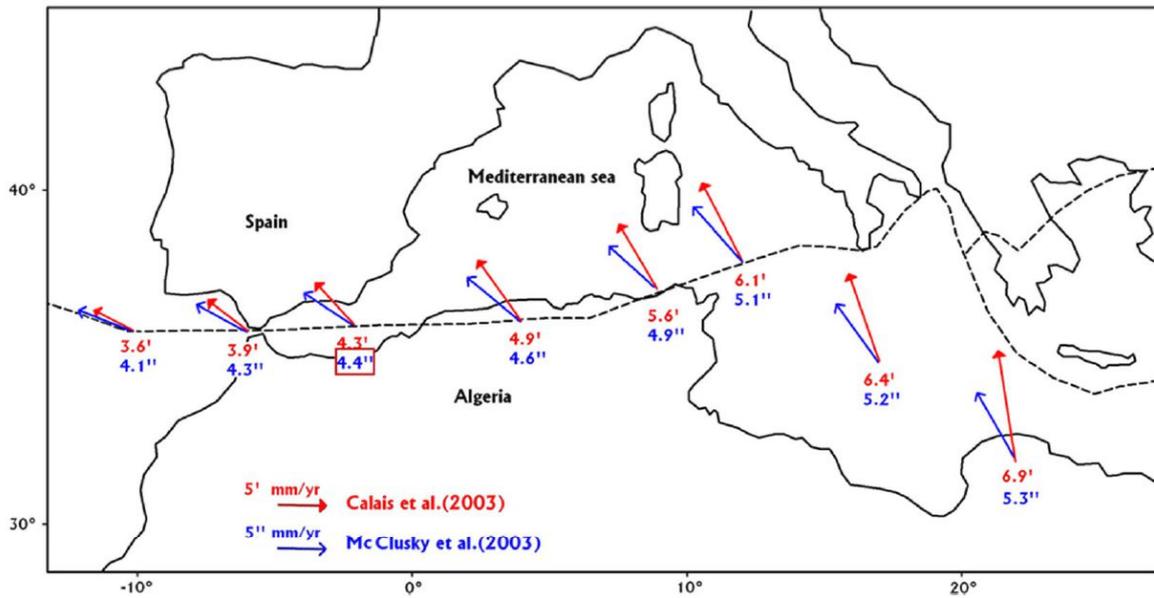


Figure 2.4 Convergent movements between African and Eurasian tectonic plates (redrawn from Calais et al. 2003 and McClusky et al. 2003). Displacement is shown with respect to the Eurasian plate in mm/yr. The red square represents the studied area

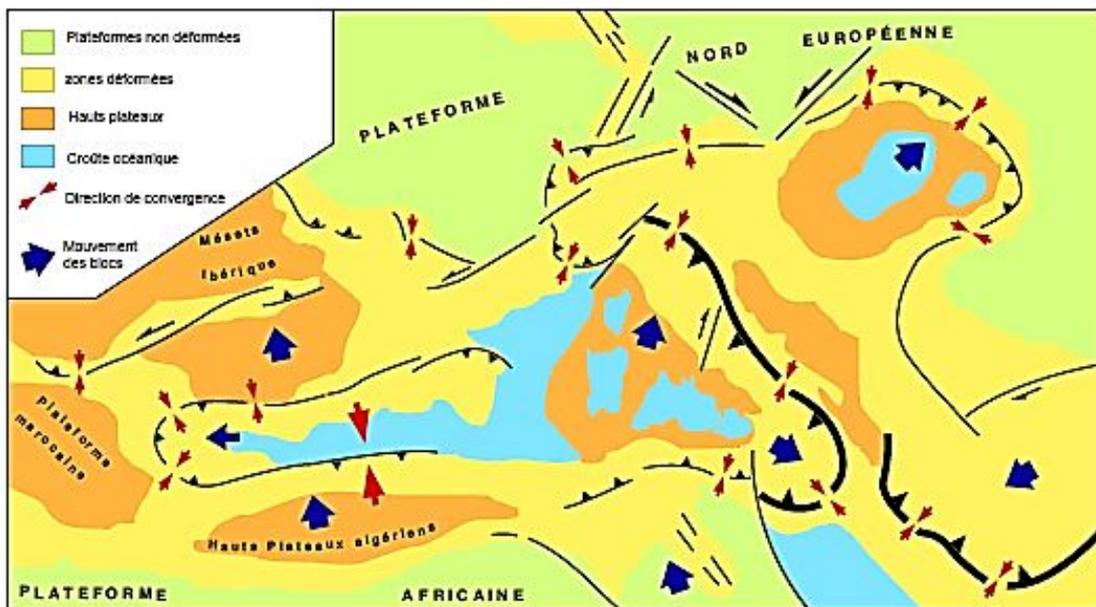


Figure 2.5 : Tectonique plio-quadernaire de la région ibéro-maghrébine (Philip, 1987 ; Boudiaf, 1996)

2.4. Cadre structurale et sismologique

- La déformation tectonique de l'Atlas tellien est la plus active d'Afrique du nord et sa sismicité ce contre tout le long de l'atlas telliens (nord de l'Algérie-Figure 2.6) , elle est associée à la convergence actuelle des plaques Afrique-Eurasie et se traduit par la fermeture progressive des bassins néogènes et par la poursuite de l'édification de la chaîne tellienne (Meghraoui, 1988 ; Boudiaf, 1996).
- Ces bassins se déforment en donnant des structures plissées (synclinaux, anticlinaux) et parfois cassantes (pli-failles, failles inverses, chevauchements) orientées généralement NE-SW. Des failles actives situées à terre (Meghraoui, 1988) et en mer (Deverchère et al., 2005; Domzig et al.,2006) sont associé à une sismicité assez importante. Caractérisé principalement par des mécanismes en faille inverse dans la direction NE-SW en accord avec une compression NW-SE ($\sim N140^\circ E$; Stich et al., 2003).
- Le caractère superficiel des séismes en Algérie (ce produisant essentiellement à 20 km de profondeur) est en accord avec le contexte tectonique régional, liés aux zones de collision. (Boukhedimi, 2017)
- Le Nord de l'Algérie est caractérisé par des séismes modérés à forts. On citera pour exemple les séismes d'Alger du 03/02/1716, $I_o=X$, d'Oran du 09/10/1790, $I_o=X$, de Blida du 02/03/1825, $I_o=X-XI$, de Djidjelli du 22/08/1856, $I_o=X$, et d'Orléansville du 09/09/1954, $M_s=6.7$. Plus récemment, et à partir des années 1980, une activité ayant fait l'objet d'études détaillées a été recensée (El Asnam ex. Orléansville actuellement Chlef) 10/10/1980 ($M_s=7.3$), Constantine du 27/10/1985 ($M_s=5.9$), Tipasa-Chénoua 29/10/1989 ($M_s=6.0$), Mascara 18/08/1994 ($M_s=5.9$), Alger 04/09/1996 ($M_s=5.8$) et Ain Temouchent 22/12/1999 ($M_s=5.8$), Boumerdès (21/5/2003, $M_w: 6.9$).(Boukhedimi,2017)
- De nombreux travaux se rapportant à la sismicité historique de l'Algérie ont été réalisés donnant lieu à une série de catalogues dont ceux de : Rothé, (1955), Roussel (1973), Benhallou (1985), Bennouar (1994), CRAAG (1994),

Boughacha(2003), Harbi (2001). Ces derniers montrent que cette activité sismique se concentre principalement dans les régions de l'Oranie, Echellif, L'Algerois et à moindre degré à l'Est du pays. Les autres régions du nord du pays sont caractérisées par une sismicité diffuse (Figure 2.6).

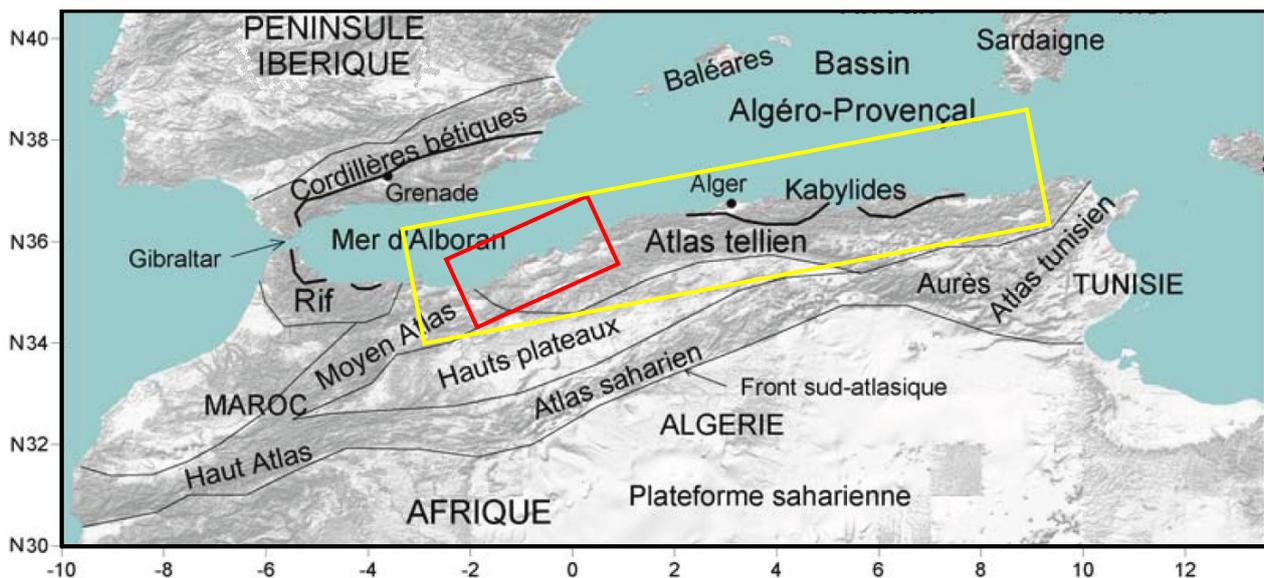
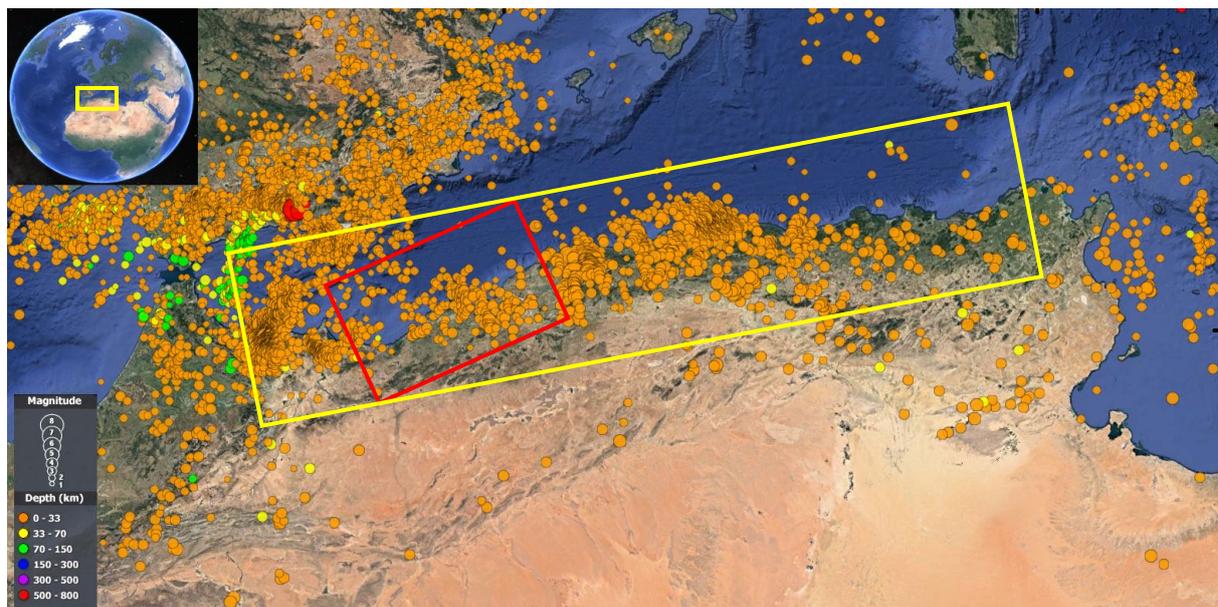


Figure 2.6 Domaines structuraux de l'Algérie du Nord (Durand Delga et Fontboté, 1980) et sismicité associée (catalogue USGS jusqu'au 31 décembre 2016)(marge algérienne en rectangle jaune - Oranie en rectangle rouge)

Chapitre 3

Analyse des déformations syn-sédimentaires des dépôts quaternaires : les Séismites

3.1 Introduction

L'Oranie nord occidentale, est une zone à activité sismique, comme on l'a déjà précisé dans les chapitres précédents, au vue de sa situation géographique (frontière entre les deux plaques tectoniques convergentes, Afrique et Eurasie)

Cette région à connu plusieurs séisme de diverse intensité, dont les plus important sont :

- Oran le 9 octobre 1790
- Mascara en mars 1819 et le 29 novembre 1887

Leur intensité est estimé à $I_0 = X$ d'après certains auteur (e.g Mokrane et al1994 ; Ayadi et al 2002 ; Beghoul et al 2010)

La sismicité instrumentale (moderne) a confirmé que ces deux régions sont hautement sismique (séisme de Mascara du 18 aout 1994 (Ms5.9) et celui d'Oran le 6 juin 2008 (Mw5.5)). On a également pu révéler un autre foyer sismique important à travers le séisme d'Ain Témouchent du 22 décembre 1999 (Ms5.8).

La découverte de nouveau foyer par l'intermédiaire de séisme actuel, ainsi que la forte présence de sismites sur les cotes permet de supposer qu'il y'a d'autre foyers de sismicité modérée à forte cachés en Oranie . Une hypothèse a donc été émise expliquant ceci par le faible taux de convergence dans la tectonique collisionnelle du nord algérien, qui impose une période de retour très longue aux séismes nord-algérien.(Boukhedimi, 2014 ; Boukhedimi, 2017)

Donc ce chapitre nous examinerons le Mio-Plio-Quaternaire de l'Oranie à la recherche de trace de paléoséismes. On a deux types de traces :

- Ruptures en surfaces le long des failles sismogènes.
- Et indirectes, effet induit par les séismes.

Généralement les effets induits tels que les tsunamis, les glissements de terrains et les liquéfactions sont souvent associés aux moyens et forts séismes ($M \geq 5$). Ils laissent des traces dans les terrains sédimentaires et constitueraient alors des témoins de l'occurrence de paléoséismes.

Les séismites :

Les Séismites, qui sont des effet induits, sont des liquéfaction d'origines sismiques que l'on retrouve dans les sédiments meubles (Seilacher, 1969;Plaziat et Ahmamou., 1998; Montenat et al., 2007). Ce sont des déformations dues au comportement thixotropique des sédiments non consolidés et saturés en eau (Boukhedimi et al , 2016 ; Boukhedimi 2017). Ces déformations sont le résultat de phénomènes vibratoire dont l'origine peut être diverse (dans le cas des séismites, l'origine est sismique). Les seismites sont des déformations syn-sédimentaires co-sismiques, qui ce forment lors du dépôt ou juste après (avant la lithification, elles ce produisent toujours en surface), par une phase fluidisée qui peut être expulsé et/ou injectée.

La particularité principale des séismites est de ne pas obéir au schéma classique de la déformation (élastique, plastique, rupture), on ne peut pas placer de contrainte maximum (σ_1) sur ces déformations. Ils ont une déformation dite « Hydroplastique », à la manière d'un liquide, caractérisé par sa viscosité, qui défini les différentes formes de ces déformations sur le terrain.

Les seismites constituent des structures assez complexes, combinant des déformations souples et cassantes avec des ruptures de roches dures et/ou des injections de sédiments meubles, de formes plissées , ridées et fluides qui sont généralement superposées à des structures sédimentaires non perturbées. A 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).

Les séismites sont localement et souvent périodiquement distribuées (Montenat et al., 2007).

Les séismites quaternaires sont très intéressantes en raison de leur utilisation dans les études d'évaluation de l'aléa sismiques (Sims1975; Marco et al ., 1996;. Obermeier, 1996).

Les recherches et les travaux sur les déformations d'origines séismique visent à rassembler des donnés de terrain pour la recherche de paléo-séisme en Oranie, voir en Algérie du nord. Le but est de décrire des évidences géologiques de déformation de sédiments meubles et discuter leur origine sismique (Boukhedimi, 2017)

Montenat et al 2007 ont classées les effets des séismes sur les sédiments en trois catégories (figure ci-après) : (1) les phénomènes gravitaires induits par les tremblements de terre, (2) la fracturation de la roche dure, et (3) les séismites.

Nous nous baserons sur cette classification pour l'étude des séismites de l'Oranie.

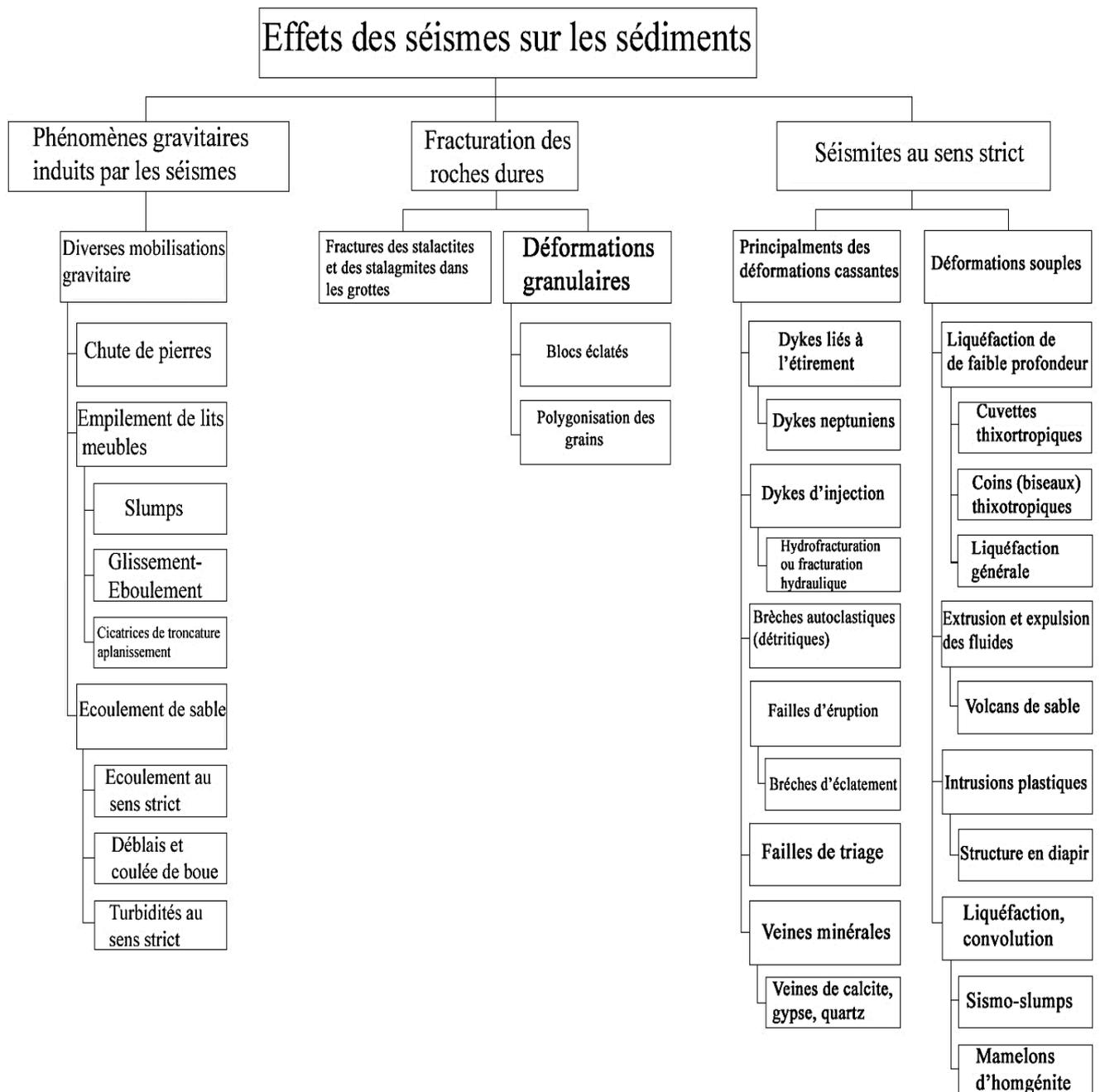


Figure 3.1 : Classification des effets des séismes sur les sédiments selon Montenat et al 2007.

3.2 Les déformations néotectoniques des sédiments meubles de l'Oranie

3.2.1 Examen des dépôts

3.2.1.1 Stratigraphie de l'anté-Quaternaire

La stratigraphie de l'Oranie est représentée par d'importantes séries mésozoïques et cénozoïques, à dominante marno-calcaire ou gréseuse. Sa structure tectonique en nappes décollées au-dessus du Trias gypso-argileux, montre une progression vers le Sud où les unités allochtones chevauchent l'autochtone présaharien des Hautes Plaines.

Le Miocène synchro-nappes constitue une formation importante marno-gréseuse à marno-carbonatée. Les études micro paléontologiques les plus fines (Guardia 1975 ; Bellon et al 1984), conduisent à attribuer un âge Serravalien à ces formations du Miocène synchronappes. Dans la région d'Oran et d'Arzew, les niveaux stratigraphiques les plus bas du Miocène synchro-nappes ont fourni un âge plus ancien, Langhien (selon Fenet 1975).

- Un premier cycle miocène post-nappes est mis en évidence dans les Sebaa Chioukh, la vallée de la Tafna et la région de Béni Saf, 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. Vers l'Est (Oranie central et oriental), le premier cycle post-nappes regroupe selon Fenet (1975) les argilites rubéfiées, les conglomérats et les marnes marines, qu'il considère, appartenant au Tortonien. Ces formations du premier cycle miocène post-nappes, auraient pu se déposer, par endroit, au même moment que le Miocène synchro-nappes (Megartsi 1985).
- Un cycle miocène terminal, comportant essentiellement des marnes à la base, surmontées par des niveaux calcaires à algues. En Oranie occidentale la base de cet ensemble est caractérisée par - la formation "rouge" continentale à saumâtre dans laquelle sont intercalés, notamment dans la plaine de Maghnia, 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 et le tout est couronné par une dalle calcaire.
- 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 Margaritae bolli* (Bellon et al 1984).

- l'ensemble supérieur formé de calcaire à Clypeasters ou à Pectinides (Bellon et al 1984), de grès 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-sableux et des conglomérats avec des niveaux de calcaires lacustres et d'argiles à lignites.

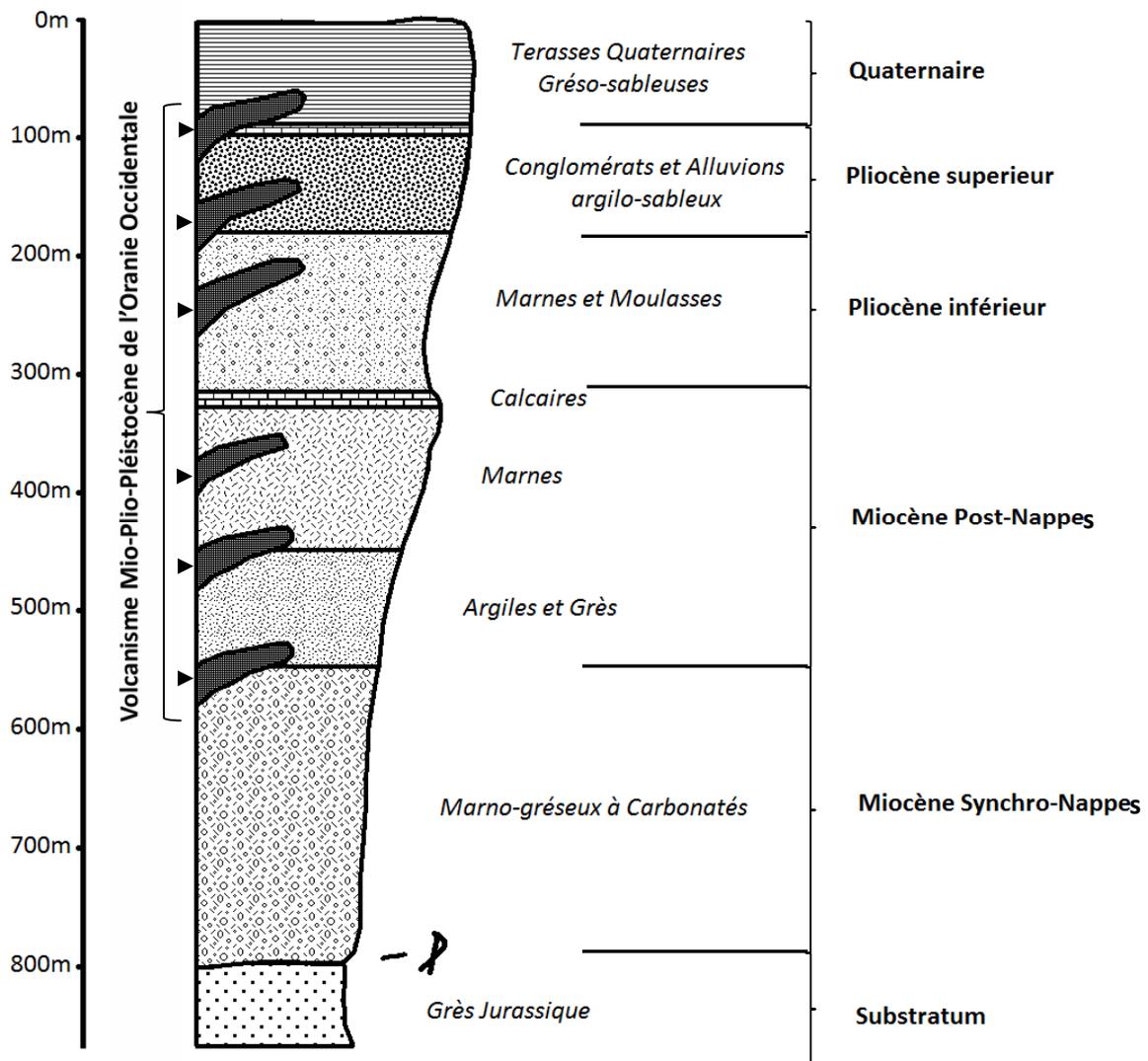


Figure 3.2 :Colonne lithostratigraphique synthétique des dépôts Mio-Plio-Quaternaires de l'Oranie. Established from the notices of geological maps of Northwestern Algeria at (1/50000) & (1/100000) scale and field observations (in Boukhedimi 2017).

3.2.1.2 Place du volcanisme Mio-Plio-Pléistocène de l'Oranie occidentale dans la stratigraphie du secteur d'étude

- Le Miocène est caractérisé par le début des manifestations volcaniques qui vont se poursuivre jusqu'au quaternaire et affecter toute la région Oranaise. La nature de ce volcanisme va dépendre de l'endroit et du moment (du temps) de sa manifestation. 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 14MA) par l'émission de rhyolites, 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 (7,5MA) par des émissions basaltiques et andésitiques. Ces émissions du Miocène supérieur correspondent à une série calco-alkaline potassique (Louni-Hacini 2002).

- Au Plio-Quaternaire c'est un volcanisme basaltique, qui s'est manifesté et qui se distingue des phases éruptives miocènes par son caractère essentiellement basique et alcalin, et par la grande étendue des surfaces couvertes. Les laves à caractères alcalins, s'installent dans les M'sirda et Souahlia (Ghazaouet), dans la basse Tafna (BeniSaf) et à Ain Temouchent (Figure 3.3). Les émissions basaltiques à caractère transitionnel sont mises en évidence dans la moyenne Tafna entre ces deux périodes. Cette transition du volcanisme calco-alkalin au volcanisme 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.

3.2.2 Analyse et interprétation des déformations observées

Nos investigations de terrains nous ont montrées que les déformations à caractère thixotropiques peuvent se trouver dans toutes les séries sédimentaires de l'Oranie, que ce soit le substratum anté-Néogène (Photo.4.02), la couverture Néogène (Photo.4.01 et photo.4.03) ou Quaternaire.

Nous nous intéresserons dans ce mémoire essentiellement aux déformations thixotropiques affectant les dépôts des terrasses Quaternaires et notamment du Pléistocène Post-Calabrien(entre 781 000 à 11 700 ans avant le présent) et de l'Holocène (11 700 ans avant l'Anthropocène (l'âge industriel)) et cela pour trois raisons :

- Ces types de déformations sont principalement retrouvés dans des milieux liquéfiables, dans les terrasses marines et alluviales, enrichis en eau, et formées essentiellement par des sédiments de nature détritiques, meubles (grès, sables et argiles).
- On s'intéresse aux séismites quaternaires car ce sont les meilleurs témoins de l'activité récente à actuelle des structures tectoniques liées au régime néotectonique. Si ce régime tectonique est toujours en cours on devrait retrouver des séismites tout le long de la série Mio-Plio-Quaternaire dont le Post-Calabrien. Alors qu'une séismite anté-Quaternaire (Miocène et Pliocène oranais) voire même anté-Néogène (Jurassique et Crétacé oranais) ne peut constituer, à elle seule, une preuve de l'activité néotectonique observée aujourd'hui.
- 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 (Photo.01). Autrement dit, les déformations concernées par cette tranche d'âge, ont une origine tectonique incertaine et ne peuvent pas être des témoins fiables d'une activité de structuration tectonique

3.2.2.1 Typologie :

De nombreux types de déformations caractéristiques des sédiments meubles ont été observés dans les dépôts lithifiés Quaternaires de l'Oranie:

- Les sismoslumps, qui se développent dans les formations sédimentaires à stratifications horizontales sont des structures correspondent à des plis dysharmoniques de taille décamétrique (**Photo.05**). Ils résultent de la liquéfaction des sédiments superficiels, ils peuvent être utilisés pour l'enregistrement de la succession des séismes (Marco et al, 1996. Ken-Tor et al., 2001).
- Les cuvettes thixotropiques. Ces déformations ressemblent à des creux ou à des «cuvettes» dont les parois montrent des pendages asymétriques. Elles sont observées à plusieurs niveaux des terrasses côtières oranaises (**Photo.06**). Plusieurs auteurs (e.g. Montenat et al 2007) pensent que le pendage asymétrique des parois est lié au basculement (tectonique) des sédiments contemporains à la formation de la «cuvette»,
- Les structures en coins thixotropiques, correspondent à des déformations en forme de V intercalées dans des lits de sable (**Photo .04 et 05**). Elles sont observées dans les dépôts des terrasses calabrienne et post-calabriennes notamment les dépôts de plage et d'avant plage (sables et grès). Plusieurs auteurs (e.g. Black 1983 ; Thorson et al. 1986 ; Montenat et al 2007) pensent que souvent ces structures se forment à proximité des failles qui ont été actives pendant la sédimentation. Les coins thixotropiques observés dans les dunes récentes (Holocène) de l'Oranie se localisent essentiellement au niveau du plateau de la Terga à proximité des failles actives de la région d'AinTemouchent et au nord du Murdjajou. Ces déformations seraient révélatrices de l'existence de failles actives dans ces régions.
- Des intrusions plastiques représentées par des volcans de sable et des structures en diapir, existent aussi, dans les terrasses quaternaires de l'Oranie. On trouve des restes de volcans de sable représentés par des structures de croute dure de formes coniques aplaties rattachées à des dykes nourriciers de même nature sont observées à plusieurs niveaux des terrasses Tyrrhéniennes (**Photo.8**). Les volcans de sable sont des structures sédimentaires très communes observées à la surface lorsque de forts séismes se produisent (Montenat et al, 2007). Au niveau de la région de Guazaouet les structures en diapir sont très répandues dans les formations de sables fins à grésifiés des terrasses Tyrrhéniennes. Ce sont des diapirs à matériels fins (sables fins et silts). (**Photo.07**).

- les dykes sédimentaires (**Photo.8, 9**) sont très fréquents dans les terrasses tyrrhéniennes oranaises, ils sont formés par l'introduction d'un matériel, soit sous pression ou par simple remplissage des fissures préexistantes ou des fissures au-dessus (Montenat et al., 1991). Plusieurs auteurs (e.g. Lowe 1976 ; Beaudoin et Fries 1982; Montenat et al 2007) les considèrent comme des indices caractéristiques de la paléo-liquéfaction. En Oranie les dykes observés sont représentés essentiellement par des dykes d'injection. Ces derniers résultent de l'injection du matériel liquéfié à travers des fissures résultant d'une fracturation hydraulique ("jacking") (Lowe 1976). Dans les terrasses oranaises ces dykes apparaissent sous forme de matériel durci fin traversant verticalement les lits sédimentaires
- Les veines minérales sont des dykes remplis, non pas par des sédiments, mais par des minéraux : calcite, gypse, dolomite, quartz et ainsi que la barytine ou des sulfures. Le tracé des veines peut correspondre à un réseau de fracturation hydraulique généré par un séisme (Sibson, 1977; Cosgrove, 1995; Brothers et al 1996; De Jossineau et al., 2005). Les veines minérales sont généralement développées à des niveaux relativement profonds, souvent à proximité d'une faille active (Montenat et al, 2007).(**Photo.14**). On peut considérer ces veines comme des séismites profondément formées.
- Des failles de classement (ou de triage) sont aussi observées, elles correspondent à de petites failles normales affectant un ou plusieurs lits sédimentaires sans que les sédiments sous-jacents ne soient affectés par ces failles. Ces failles post-dépôt montrent, du sommet à la base : la zone liquéfiée, zone de blocailles (décombres) désorganisée et une zone faillée en gradin, avec un contact progressif entre ces zones et le fond et une limite nette au sommet (Seilacher, 1969). (**photo 11**)



Photo .01. Divers niveaux de liquéfactions dans les dépôts volcano-sédimentaires andésitiques de Bouzedjar.



Photo 2 : Dyke volcanique de Bouzedjar



Photo .03. Cuvettes thixotropiques des dépôts de terrasses Tyrrhéniennes.

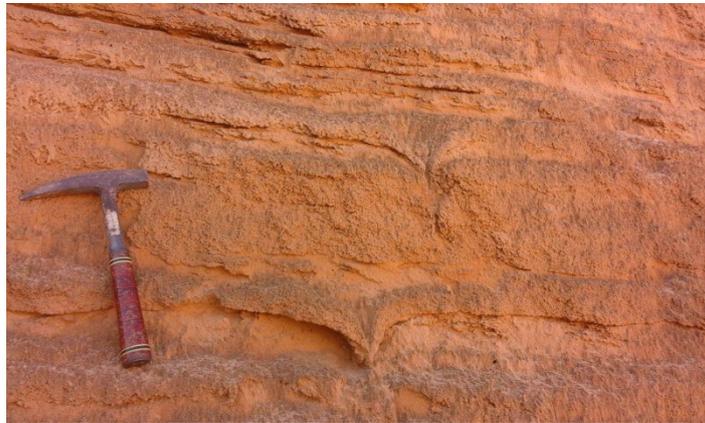


Photo .04. Coins thixotropique (Structures en coins) développés dans les dépôts du Tyrrhénien.

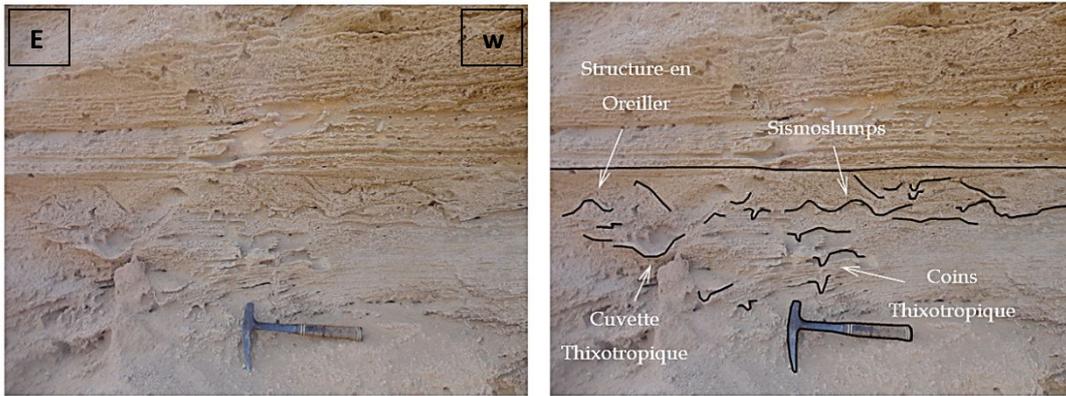


Photo .05. Divers déformations induites par un séisme (évidence de la liquéfaction, Coins thixotropique Sismoslumps, Cuvettes thixotropique et Structures en oreiller) observées dans les dépôts des dunes récentes (Holocène)



Photo .06. Déformation plastique des sables fins, observée dans les dépôts de terrasse calabrienne

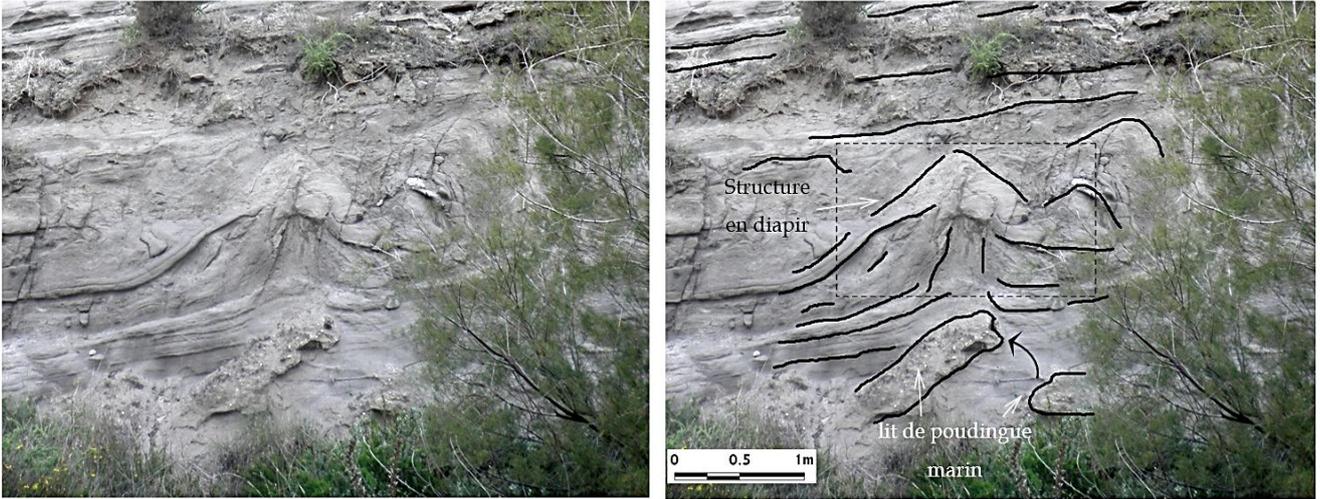


Photo .07. Intrusions plastique (structure en diapir). Observée à la base des dépôts du Tyrrhénien

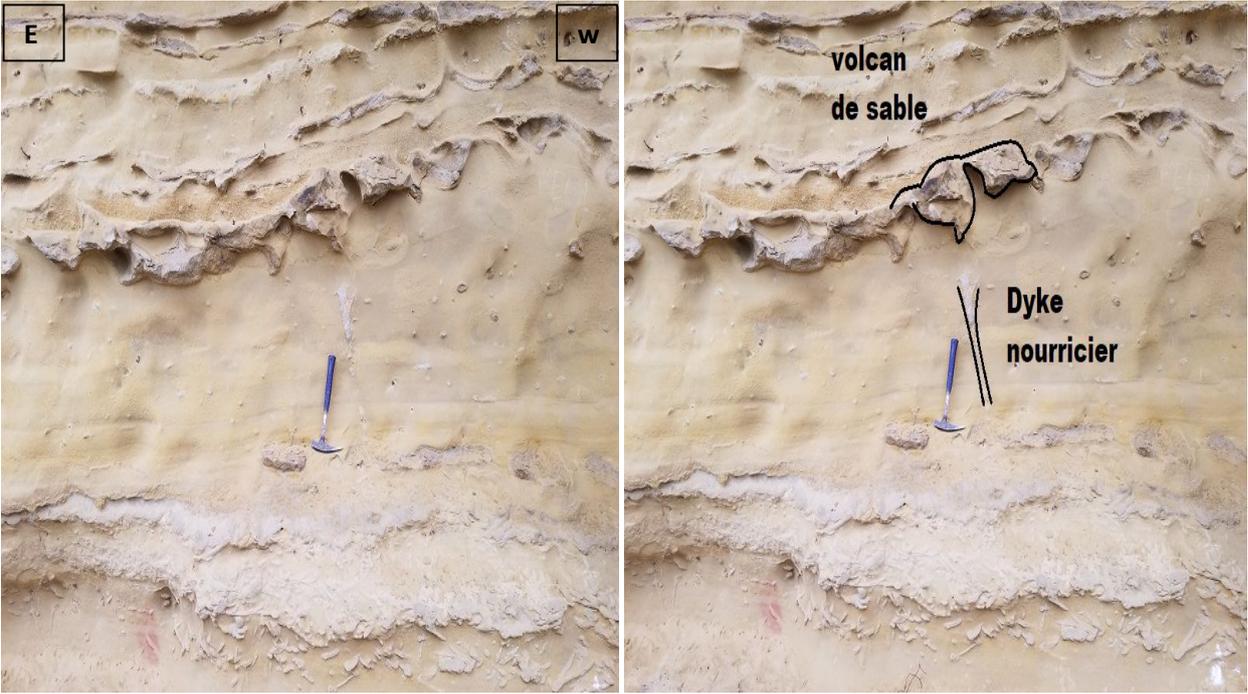


Photo .8. Cône de volcans de sable formé rattaché à un dyke (cheminée) nourricier de même nature, observé dans une terrasse Tyrrhénienne



Photo .09. Dyke sédimentaire d'injection associé à une faille normale. Observé dans les dépôts du Tyrrhénien



Photo .10. Evidences de fracturations hydrauliques avec injections de matériel liquéfié (dykes d'injections) observées dans les dépôts d'une terrasse Tyrrhénienne

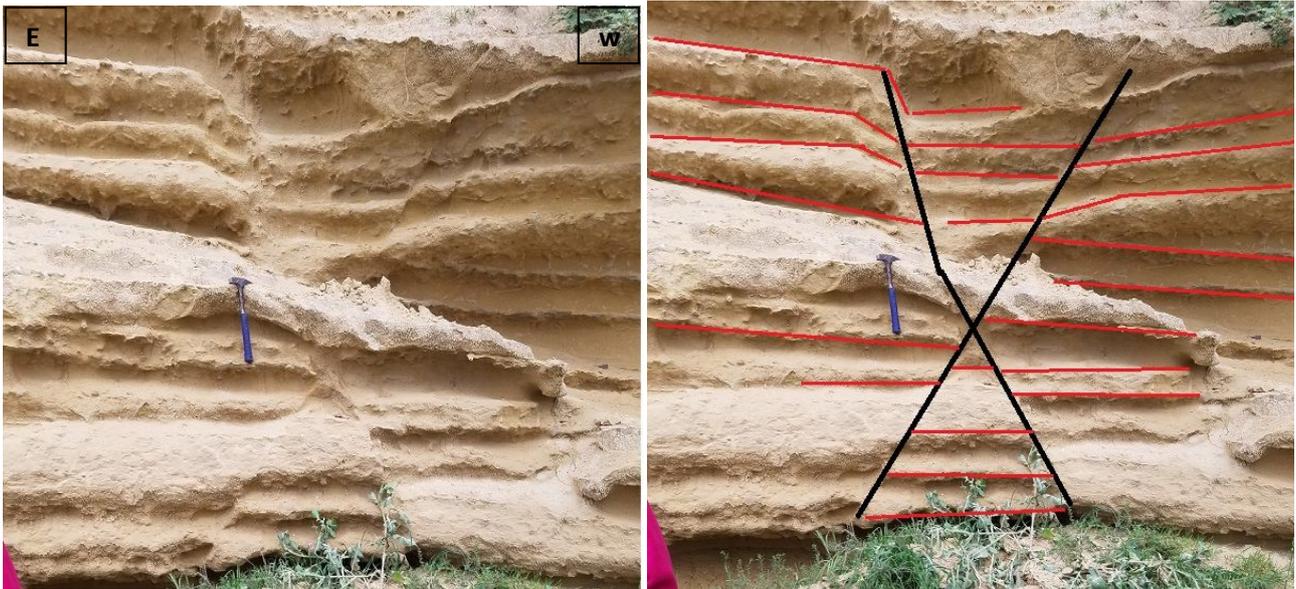


Photo .11. Failles de triage (classement) développée dans les dépôts du Tyrrhénien

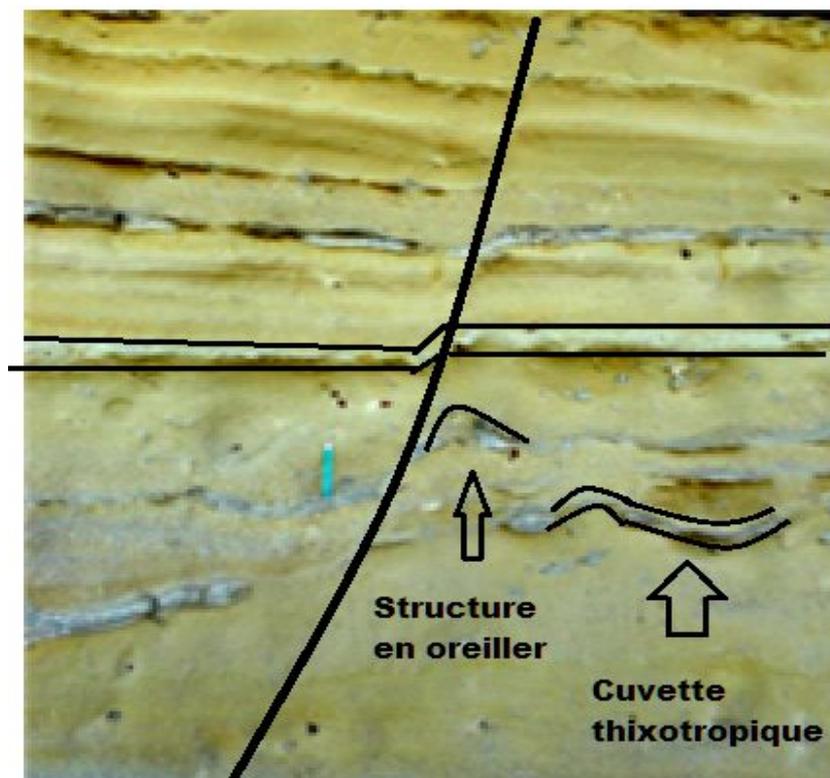


Photo .12. Faille de triage (classement) développée dans les dépôts d'une terrasse Tyrrhénienne

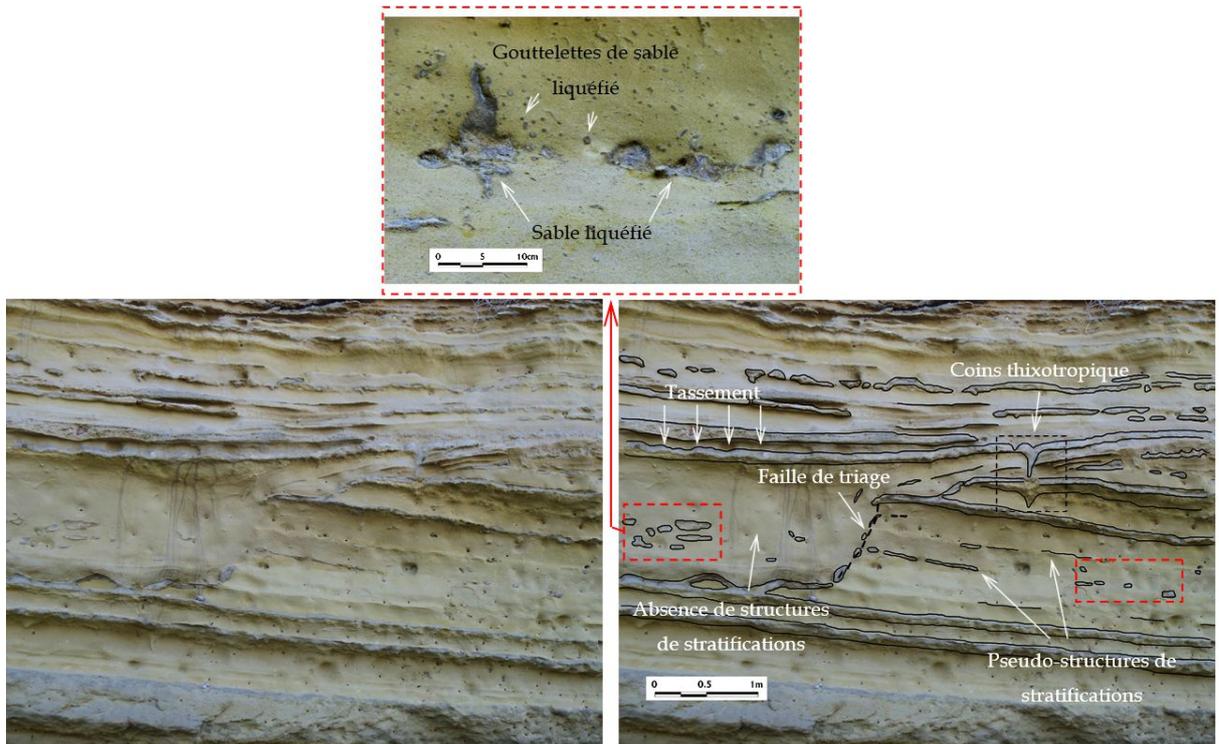


Photo .13. Traces de liquéfactions observées dans des dépôts d'une terrasse Tyrrhénienne

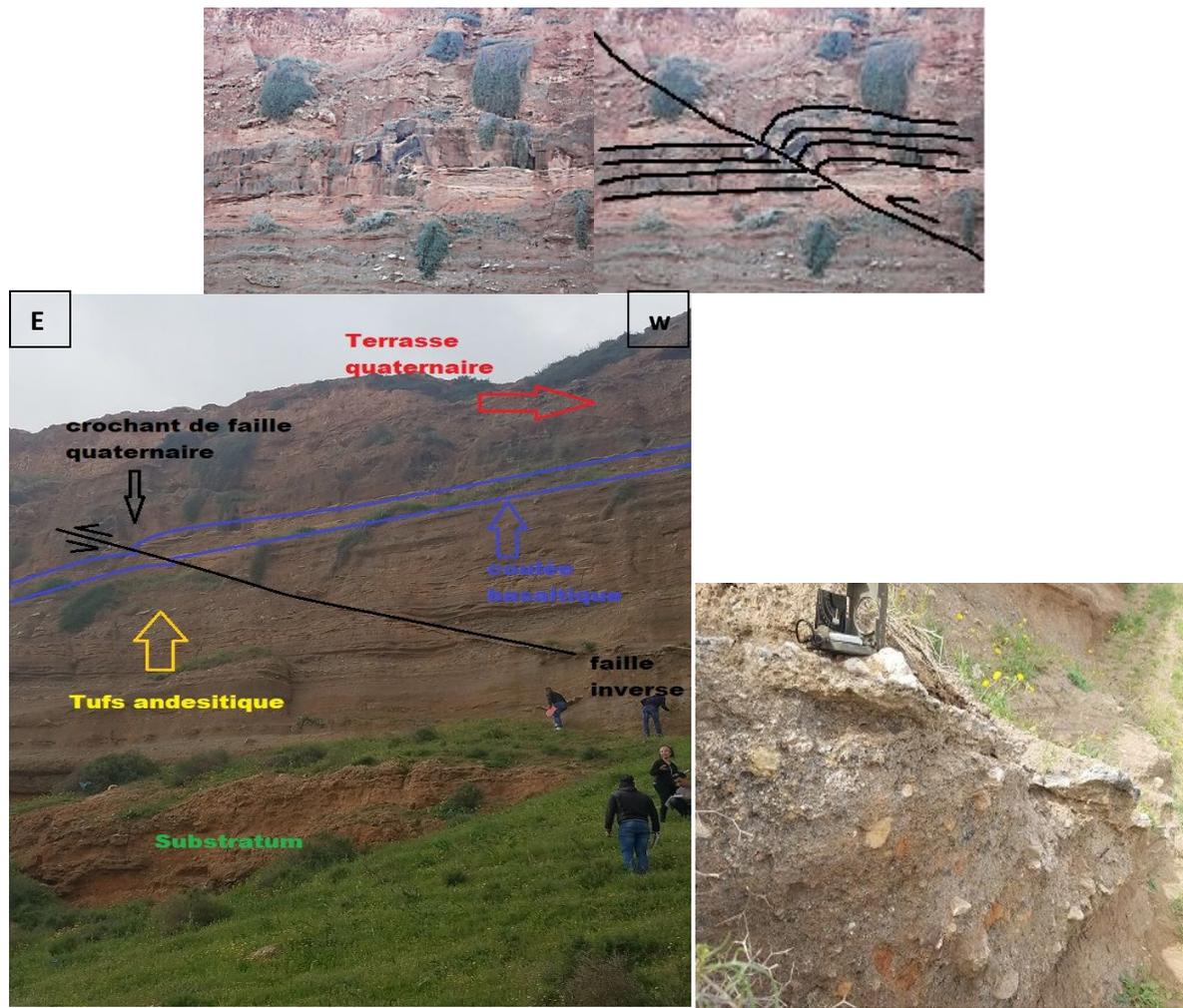


Photo .14.décollement affectant les dépôts Quaternaire et notamment les basaltes Quaternaires de la région de Guazaouet. Au niveau du plan de glissement des minéralisations et notamment des veines minérales se sont développées tout le long du miroir de faille

3.2.2.2 Discussion

Nous avons réunis dans ce mémoire plusieurs observations relatives aux déformations thixotropiques dans les dépôts Quaternaires de l'Oranie. Les mécanismes déclencheurs de ce type de déformations restent les perturbations vibratoires qui peuvent avoir différentes origines. Les vibrations peuvent, en effet, être causées par un séisme, mais des ondes de chocs dues à des turbulences ou éboulements dans une morphologie de pente (e.g., glissements de terrains, chutes de blocs) peuvent être aussi des mécanismes déclencheurs possibles pour ce type de déformations (Plaziat and Ahmamou 1998; Montenat et al. 2007). Les ondes de chocs issus d'explosions volcaniques, anthropiques ou d'impacts météoriques peuvent, eux aussi,

être à l'origine de déformations thixotropiques. Néanmoins, les arguments suivants prennent en charge l'origine sismique de nos observations :

- (1) on peut exclure l'origine volcanique et anthropique. En effet, nous nous sommes intéressés aux dépôts du Quaternaire post-volcanique (Calabrien terminal, Pléistocène Post-Calabrien et Holocène) et anté-Anthropocène c'est-à-dire avant l'époque industrielle.
- (2) une origine par impact météorique peut, elle aussi, être exclue à cause de la répétitivité verticale des déformations observées dans les séries sédimentaires de l'Oranie. En plus, on ne connaît pas de cas concret d'impact météorique important en Oranie.
- (3) il est difficile de considérer que nos observations sont liées à des phénomènes de pentes vu "l'absence de pentes importantes" dans la morphologie de terrasses des dépôts étudiés. En effet, nous nous sommes intéressés essentiellement aux terrasses marines et fluviales caractérisées par des stratifications horizontales à subhorizontales ($\leq 5^\circ$). Bien entendu, les faibles pentes peuvent être à l'origine de structures en Slumps (Alsop and Marco 2013), mais ne peuvent pas expliquer la grande diversité des déformations thixotropiques observées dans les terrasses oranaises et notamment la présence de dykes sédimentaires (**Photo. 9**), de volcans de sables (**Photo.8**) et les cuvettes et structures en coins thixotropiques (**Photo.3, 4 et 5**)
- (4) la grande diversité des déformations caractéristiques des sédiments meubles observées, aux mêmes niveaux de terrasse, suggère l'action, en même temps, de différents mécanismes à l'origine de ces déformations. Deux principaux mécanismes peuvent être à l'origine des séismes selon Montenat et al 2007:
 - (i) la liquéfaction des sédiments générés par les ondes superficielles de cisaillement
 - (ii) l'expulsion violente de l'eau et des sédiments liquéfiés, générées par des ondes de compression.

Ces mécanismes observés dans les terrasses oranaises caractérisent les chocs sismiques.

- (5) l'occurrence et la répétitivité verticale (dans le temps) de ces déformations dans ces terrasses Quaternaires suggère un mécanisme cyclique/répétitif comme le tremblement de terre (récurrence sismique).

- (6) le contexte de limite de plaque et de tectonique active régionale suggère la présence de failles actives dans la région qui pourrait être la source des séismes à l'origine des déformations observées. On a pu voir la relation entre les différents jeux des failles syn-sédimentaire et le développement de différents niveaux de séismites.
- (7) la distribution spatiale très large de ces déformations sur toutes les terrasses Quaternaires oranaises (plus de 250 km de côtes) suggère une grande source d'énergie comme l'énergie libérée lors d'un phénomène sismique.

3.2.2.3 Conclusion

Pour conclure, les déformations thixotropiques observées dans les dépôts Quaternaires post-Calabrien sont d'origine sismique. En effet, ces dépôts sont représentés essentiellement par les terrasses marines et alluviales composées principalement par des matériaux détritiques potentiellement liquéfiables (Sables, Silts, Argiles..). Plusieurs types de déformations caractéristiques de paléo-liquéfaction ont été observés tout le long de ces terrasses, Essentiellement : des dykes sédimentaires, des sismoslumps, des cuvettes thixotropes, des coins thixotropes, des volcans de sable, des intrusions plastiques (structures en diapir), des failles de triage et des veines minérales.

La grande diffusion spatiale de ces déformations syn-sédimentaires et leur répétition verticale dans la série Quaternaire de l'Oranie témoigne d'une répétitivité claires des événements dans le temps. Cette répétitivité est expliquée par la période de retour des séismes produits par les failles actives de la région. C'est pourquoi ces déformations sont interprétées dans ce mémoire comme des déformations co-sismiques et classées comme étant des séismites provoquées par des paléo-séismes. On a montré que l'origine sismique est, en effet, la seule à pouvoir expliquer la répétitivité verticale, de ces déformations dans les séries sédimentaires de l'Oranie, leurs grandes variétés et leur large diffusion spatiale.

Ces séismites peuvent être utilisées pour enrichir le catalogue de sismicité algérien et peuvent, également, être utilisées comme guides de prospection pour la cartographie de nouvelles failles actives.

Chapitre 4

Etude des terrasses quaternaires

4.1 Introduction

Les terrasses se forment sous l'effet de phases successives de remblaiement et de creusement.

Trois facteurs principaux commandent la formation des terrasses : les oscillations climatiques, qui entraînent des modifications dans le système d'érosion et dans le rapport existant entre la charge et le débit des cours d'eau ; les variations du niveau de base dues à l'eustatisme, qui, en cas d'abaissement du niveau marin, déclenchent des vagues d'érosion régressive, entaillant les anciennes plaines alluviales ; enfin, les déformations tectoniques.

L'agencement des terrasses est très particulier par rapport à ce qu'on a pu observer habituellement en tant que sédimentologue, les terrasses les plus hautes sont les plus anciennes et celles à la base sont les plus récentes. Donc les terrasses tyrrhéniennes à la base, suivies par les siciliennes et enfin les calabriennes (plus anciennes)

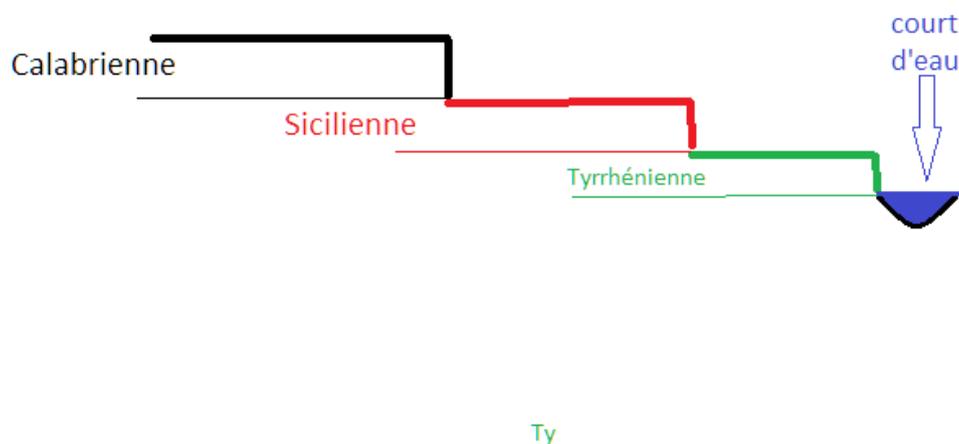


Figure 1 : agencement des terrasses quaternaire

On va s'intéresser aux deux principaux types de terrasses qu'on a pu voir et étudier sur le terrain : Les terrasses alluviales et les terrasses marines

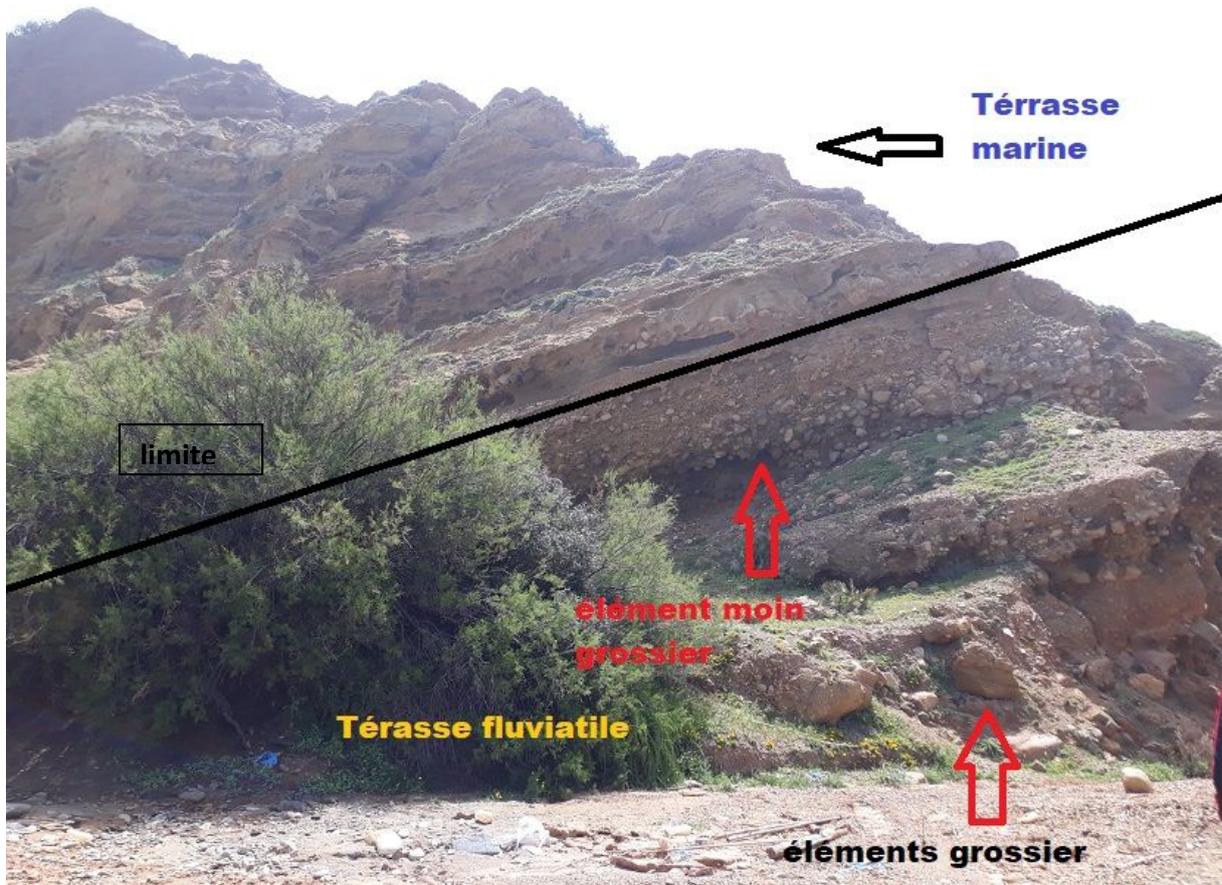


Figure 2 : Superposition d'une terrasse marine sur une terrasse alluviale, plage de Tounane

4.2. Les terrasses alluviales :

Une terrasse alluviale, ou fluviale, sont le plus souvent alluvionnaires ; elles résultent de changements des processus de sédimentation du cours d'eau et supposent une période de dépôt au cours de laquelle une plaine alluviale s'est constituée, suivie d'une période d'érosion, pendant laquelle la rivière s'est enfoncée dans ses propres alluvions.

Au niveau du barrage de Boughrara, on a pu remarquer leur agencement en partant de l'oued (plus récente) et on remontant on retrouve les plus anciennes. (Figure 3)

On peut aussi noter un granoclassement propre aux dépôts alluviaux, avec des conglomérats à la base des bancs et des éléments plus fins au sommet. L'élévation des terrasses permet de quantifier l'élévation verticale. (Figure 2)

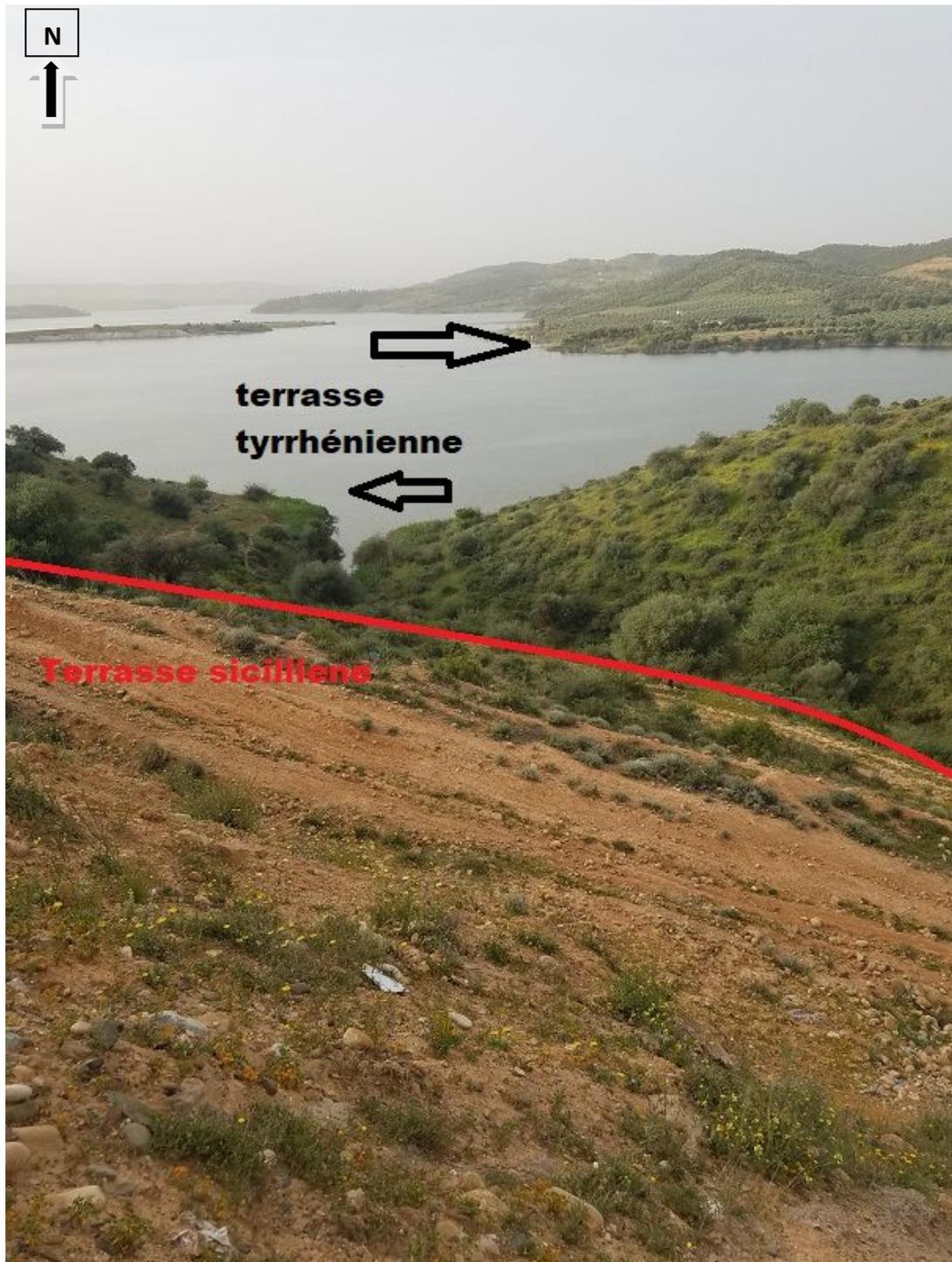


Figure 3 : âges et agencements des terrasses alluviales de l'oued Tafna

4.3. Les Terrasses marines quaternaires :

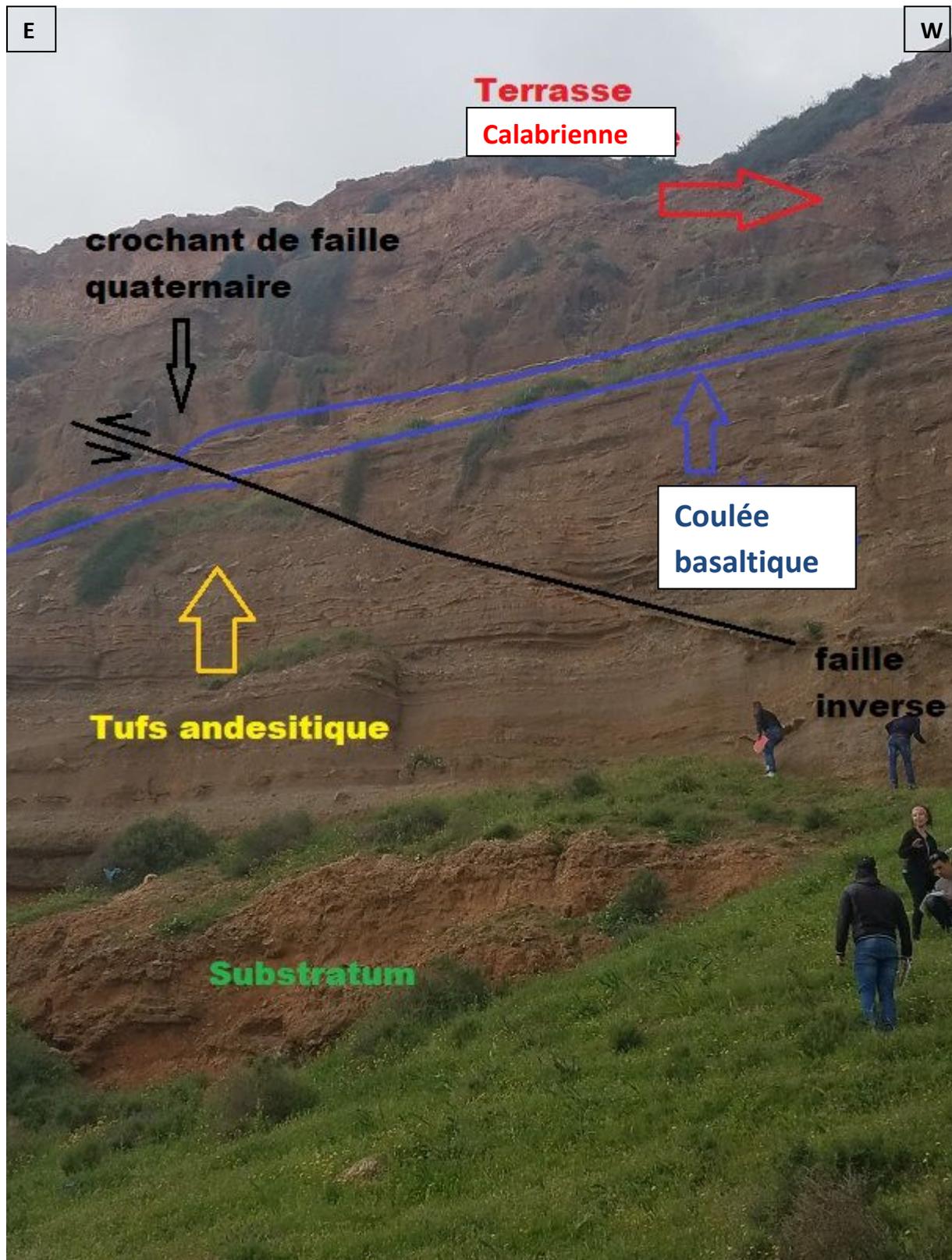


Figure 4 : terrasse marine Calabrienne, plage ouled ben aid

(Pendage de la faille : N160, 28 °SW)

4.3.1. Définition et mécanisme de formation :

Une bordure marine correspond à une plage fossile affleurant en bordure des continents.

Les bordures nord de l'Oranie (et même en général du nord Algérien) sont marquées par les différentes oscillations marines de l'époque, jusqu'à nos jours, à chaque transgression, la mer avance en sapant la base des structures et en sculptant sur leur flanc Nord une plate forme d'abrasion : calcaire coquillers plus galet suivis de grés de plage (Betrouni, 1983). Ce cycle sédimentaire, régression – transgression, a dû se renouveler plusieurs fois avec une amplitude décroissante, ce qui conduit à la formation d'une série de gradins sur le versant Nord

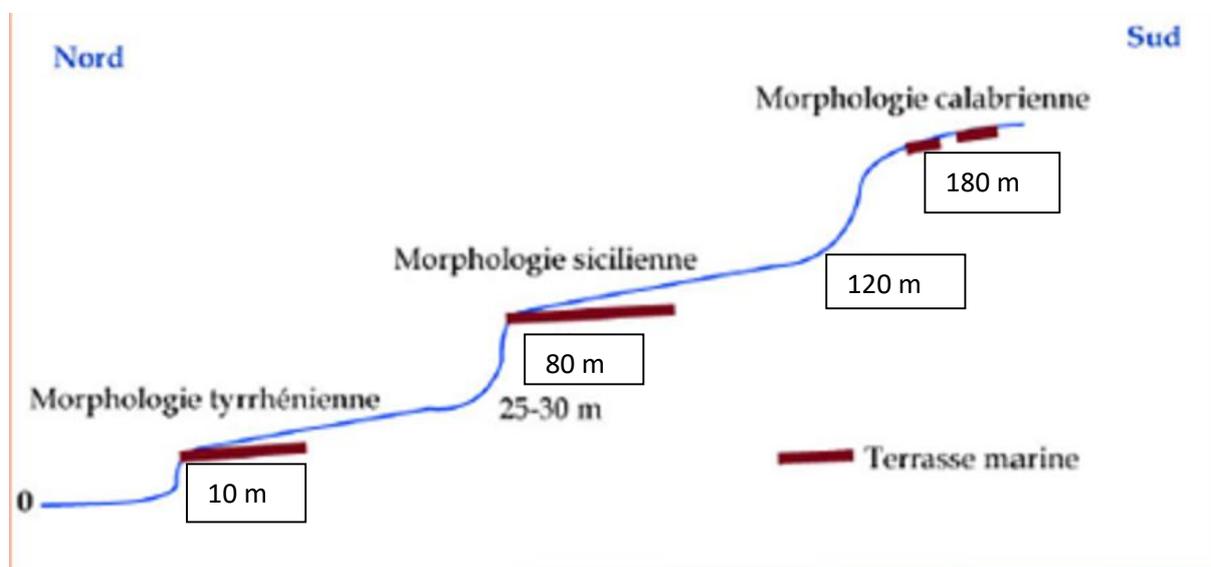


Figure 5 : Morphologie du flanc Nord des terrasses marines de L'Oranie ,Boukhedimi 2017 modifié

4.3.2. Description lithostratigraphique :

a) La terrasse tyrrhénienne (10-30 m) :

La mince bande côtière qui constitue la plaine littorale située entre plus de 30 m et le niveau actuel de la mer est formée essentiellement par les dépôts de la mer tyrrhénienne disposés en gradins ou paliers topographique étagées en formant la terrasse tyrrhénienne.

Sur la base des travaux de Betroumi (1983) et des observations sur le terrain, on a pu faire une stratigraphie synthétique de cette terrasse.

Le tyrrhénien de l'Oranie est formé par deux cycles :

Le premier (inférieur) débute par une transgression nette de la mer sur un substratum pliocène : on y trouve des dépôts de poudingues à galets roulés et coquilles marines, au sommet : grés coquilliers qui annoncent les premières étapes d'une régression (diminution de coquilles marines), elle est totale lors des dépôts des grés inférieurs.

Le deuxième cycle (supérieur) suit immédiatement le précédent, et débute par le retour positif de la mer qui ravine les grés inférieurs, le retrait de la mer laisse apparaître d'importantes surfaces où vont s'accumuler les grés et les limons rouges.

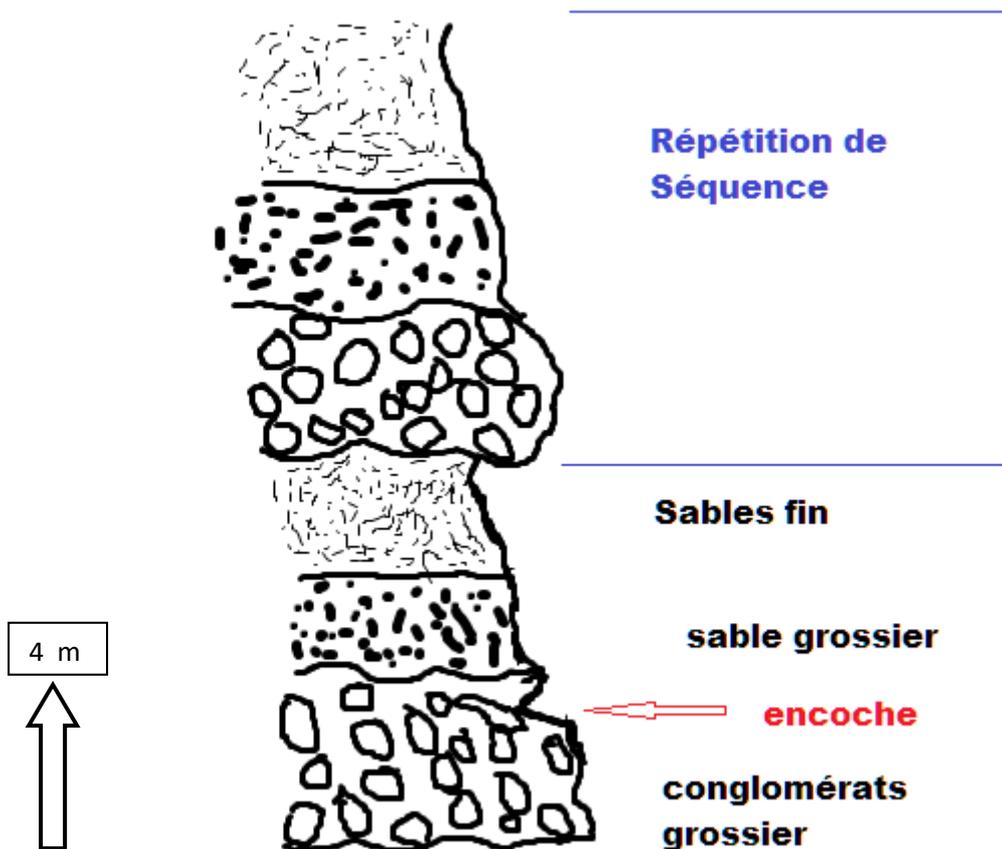


Figure 6 : coupe schématique d'une terrasse alluviale du tyrrhénienne.

b. La terrasse sicilienne (60 à 160 m) :

Cette terrasse forme généralement les falaises de la mer actuel, elle formait également une falaise au rivage tyrrhénien, avec une altitude qui oscille entre 60 et 160 m. Le faciès est littoral, il a été décrit en trois niveaux distinct à 60, 120 et 160 m, qui correspondent aux différents interstades de cette phase de dépôts.

Saoudi (1989) a mis en évidence (dans l'algerois) plusieurs stationnements de la mer sicilienne et fait ressortir le caractère eustatique des différents niveaux de cette terrasse :

- Niveau inférieur à tendance à l'immersion (faciès à grosses coquilles marines),
- Niveau moyen à tendance à la stabilisation,
- Niveau supérieur à tendance à l'émersion (faciès à formations gréseuses fossilifères à pétoncles et à coquilles marines réduites).

c. La terrasse calabrienne (plus de 200m):

il est pratiquement difficile de distinguer un Calabrien dans la série pliocène sur le plan de la stratigraphie.

Les terrasses qui se présentent à nous sont souvent composées :

- Des marnes glauconieuses.
 - Des marnes sableuses de faciès astien
 - Des marno-calcaires avec des intercalations de lumachelle à ciment calcaire, et vers le Sommet, des lits de plus en plus sableux,
 - Des sables de 30 m, grès et conglomérats (faciès de plage)
- 40 m d'une formation laguno-fluviale (marnes et cailloutis de Maison-Carrée) d'âge probablement Sicilien (faune post villafranchienne).



Figure 7 : Terrasse alluviale calabrienne de l'oued tafna

4.4 Stratigraphie du Quaternaire :

Le Quaternaire est représenté essentiellement par les terrasses marines et alluviales qui sont bien visibles dans toute l'Oranie. Ces dépôts sont souvent bien développés montrant des épaisseurs de plusieurs dizaines de mètres localement. Il s'agit de terrasses horizontales à subhorizontales qui montre souvent dans les régions côtières un pendage $\leq 5^\circ$ vers le nord c'est-à-dire vers la Méditerranée.

Ces terrasses sont formées par des dépôts marins et alluviaux reposant en discordance sur un substratum essentiellement néogène : souvent pliocène en Oranie orientale et centrale, et

souvent Miocène post-nappe en Oranie occidentale. Dans les régions de Ghazaouet et Beni Saf (Oranie occidentale) ces dépôts reposent sur les basaltes quaternaires de Souahlia.

Ces terrasses ont été attribuées au Calabrien (i.e., Pléistocène inférieur) et au post-Calabrien (i.e., Pléistocène moyen et supérieur) (Boulaine 1955 ; Guardia 1975 ; Thomas 1985).

- Les terrasses Calabriennes sont en générale les plus hautes en altitude (120m en moyenne par rapport au niveau de la mer). On peut toute fois noter une anomalie importante à Murdjadjou, en effet les terrasses qui généralement atteignent une altitude moyenne de 120 m, ce retrouve à 410 m (Boukhedimi 2017).
- Les terrasses post-Calabriennes sont représentées essentiellement par des terrasses Tyrrhéniennes (i.e., Pléistocène supérieur).
- Les terrasses Siciliennes (i.e., Pléistocène moyen) sont peu développées et montrent en général des altitudes de 80 à 60m.
- Les terrasses Tyrrhéniennes sont en général sur une altitude allant de 5 à 55m et se présentent sous forme d'une bande littorale bien étendue notamment au niveau des plaines littorales de Messeta, Habra et Rélizane.

D'un point de vu lithologique ces terrasses Pléistocènes sont formées principalement par des sédiments de nature détritiques (gréso-sableux). Il s'agit essentiellement de dépôts de grès et sables marins ou dunaires, ainsi que de dépôts de cônes de déjections alluviaux. L'Holocène, quant-à-lui, est représenté surtout par des formations dunaires.

Ces dépôts précités présentent une grande variété de déformations syn-sédimentaires caractéristiques des sédiments meubles et ce sur plusieurs niveaux. L'épaisseur des couches déformées peut varier de quelques centimètres à une échelle métrique. Les couches perturbées sont souvent séparées par des couches non perturbées. Plusieurs types de ces déformations coexistent et interfèrent entre eux. Dans les dépôts Mio-Plio-Quaternaires de l'Oranie, les déformations affectant les sédiments meubles sont observés sur plusieurs niveaux des séquences sédimentaires et sont très spectaculaires en termes de nombre, de variété et d'intensité.

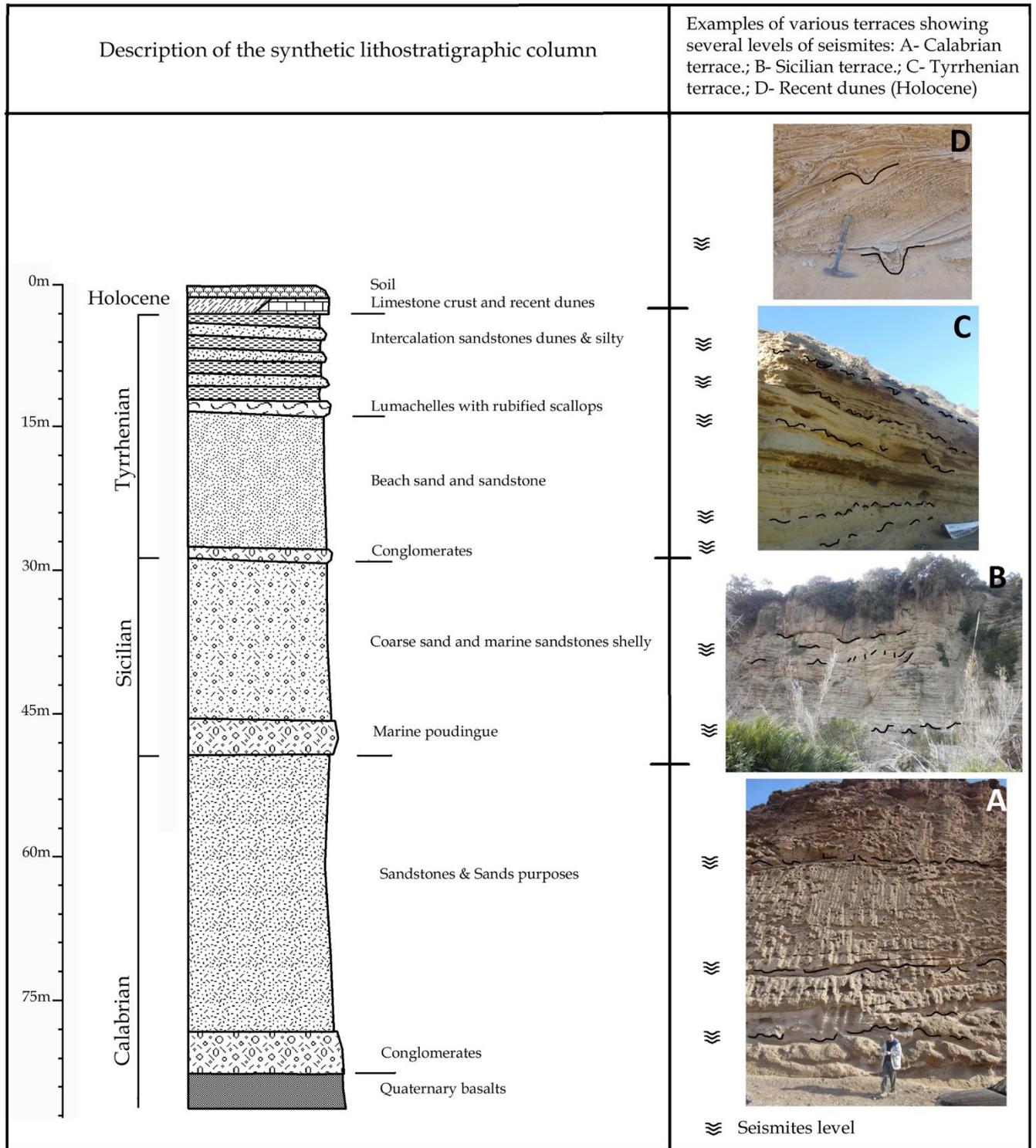


Figure 8 : Colonne lithostratigraphique synthétique des dépôts Quaternaires de l'Oranie
 Established from the notices of geological maps of Northwestern Algeria at (1/50000) & (1/100000)
 scale and field observations. (in Boukhedimi et al , 2016)

Noter la répétitivité verticale des séismites observée dans la série Quaternaire

Conclusion

La côte de l'Oranie constitue une bordure marine, c'est pourquoi elle est très marquée par les différentes oscillations marines jusqu'à l'époque actuelle. Le cycle sédimentaire régression-transgression qui s'est renouvelé plusieurs fois avec une amplitude décroissante au quaternaire a conduit à la formation d'une série de gradins représentés par des terrasses marines (Figure 7). Les transgressions marines sont marquées, donc, par des terrasses plus ou moins élevées au-dessus du niveau actuel de la mer.

On distingue trois niveaux de terrasses témoins des différentes transgressions quaternaires : le Calabrien, le Sicilien et le Tyrrhénien.

La limite de ces étages qui représentent des transgressions marines, n'est pas bien cernée. Entre ces différents étages, il existe aussi des terrasses intermédiaires qui peuvent être des marqueurs des régressions. Notons que ces terrasses sont représentées souvent par des plateaux à différentes altitudes. Les plages du sicilien se situent à une altitude moyenne de 80 m environ au dessus de la mer, celles du tyrrhénien oscillent entre 0 et 30 m avec une moyenne de 8-10 m. Cette terrasse est reconnue même à 2 m sous l'eau.

En moyenne les terrasses Calabrienne ont des altitudes allant jusqu'à 120-160 m. On peut noter des anomalies, au niveau des hauteurs des terrasses Calabriennes de Murdjadjou, avec une hauteur de 410 m. Une telle différence de hauteur ce traduit par l'influence d'événement néotectonique ayant affecté les formations, en effet Murdjadjou se situe sur une importante faille inverse. (figure 9)

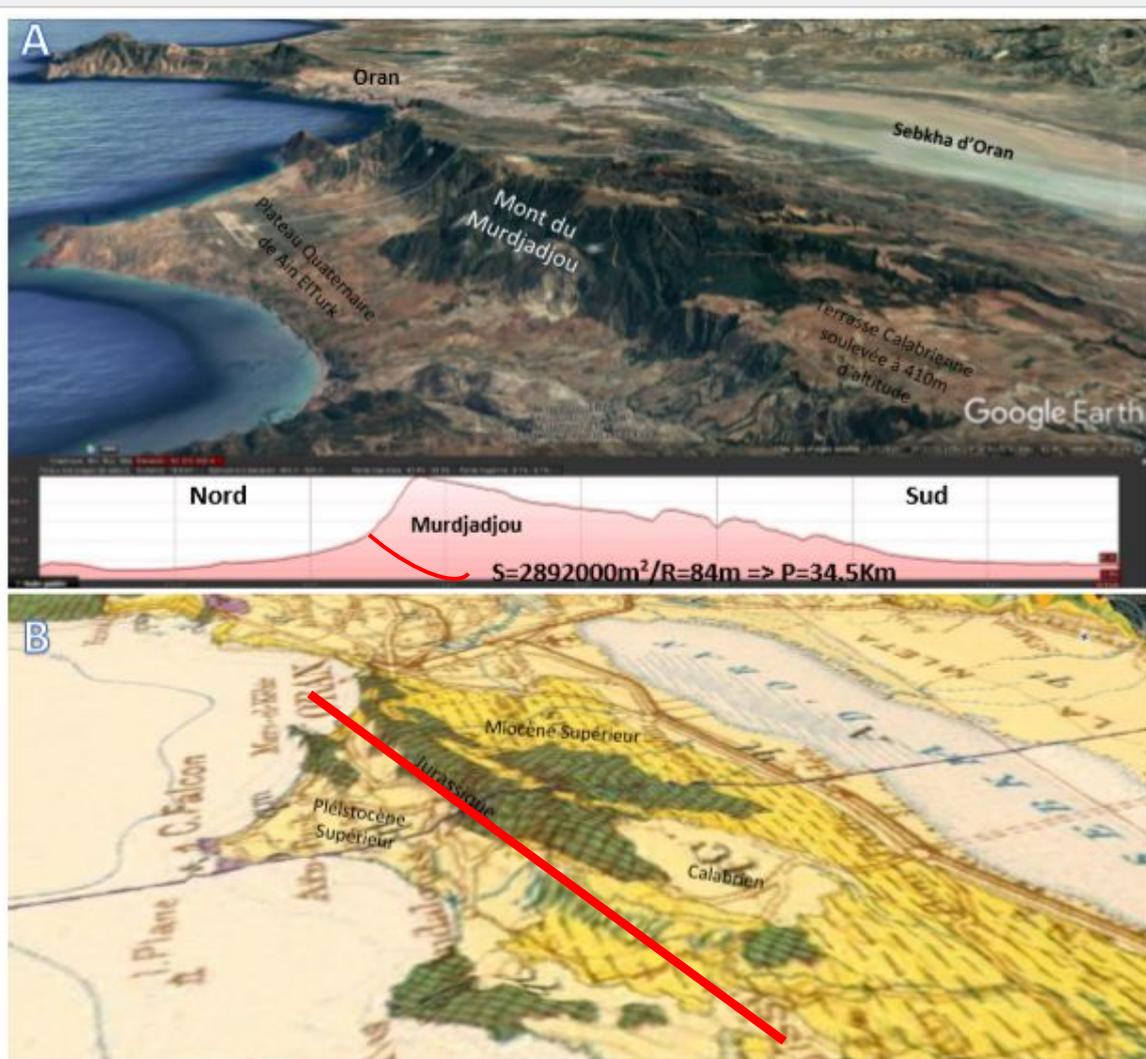


Figure 09 : A-Morphologie du Mont Murdjadjou. B- superposition de la carte géologique de l'Algérie du Nord au 1/200 000 sur le MNT de la région Murdjadjou. (in Boukhedimi, 2017).

Chapitre 5

Volcanisme, Hydrothermalisme et néotectonique dans la moyenne Tafna

5.1.Indices Volcanique et néotectonique de la moyenne Tafna :

Le bassin de la moyenne Tafna a été formé et fortement influencé par la compression ayant aussi été à l'origine de l'insurrection des monts des Trara, qui encadre ce bassin au niveau de sa partie nord. Les évidences de compressions néotectoniques peuvent être observé dans les dépôts néo-quaternaire, ainsi, souvent on peut observer sur le terrain des plis Plio-Quaternaire montrant des coins de poussé (**figure 1**) et /ou des failles en extradors (**figure 2**), témoignant ainsi de la présence de l'activité tectonique récente assez importante.

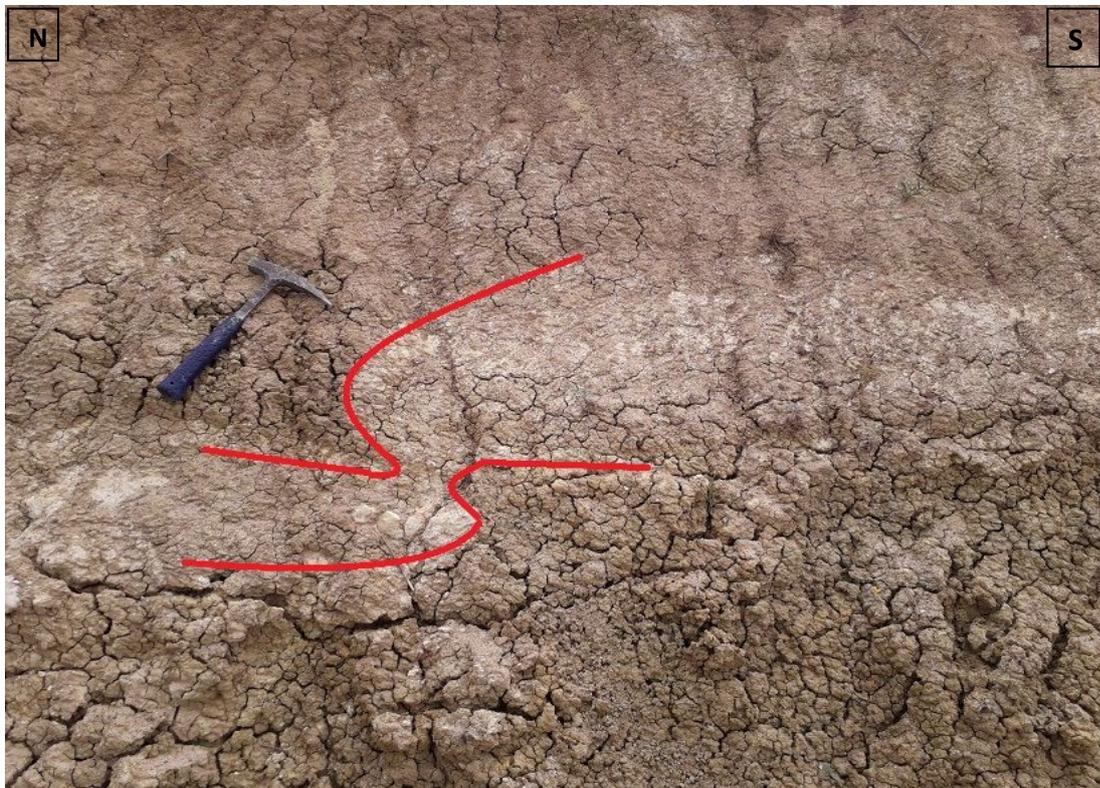


Figure 1 : Coin de poussé

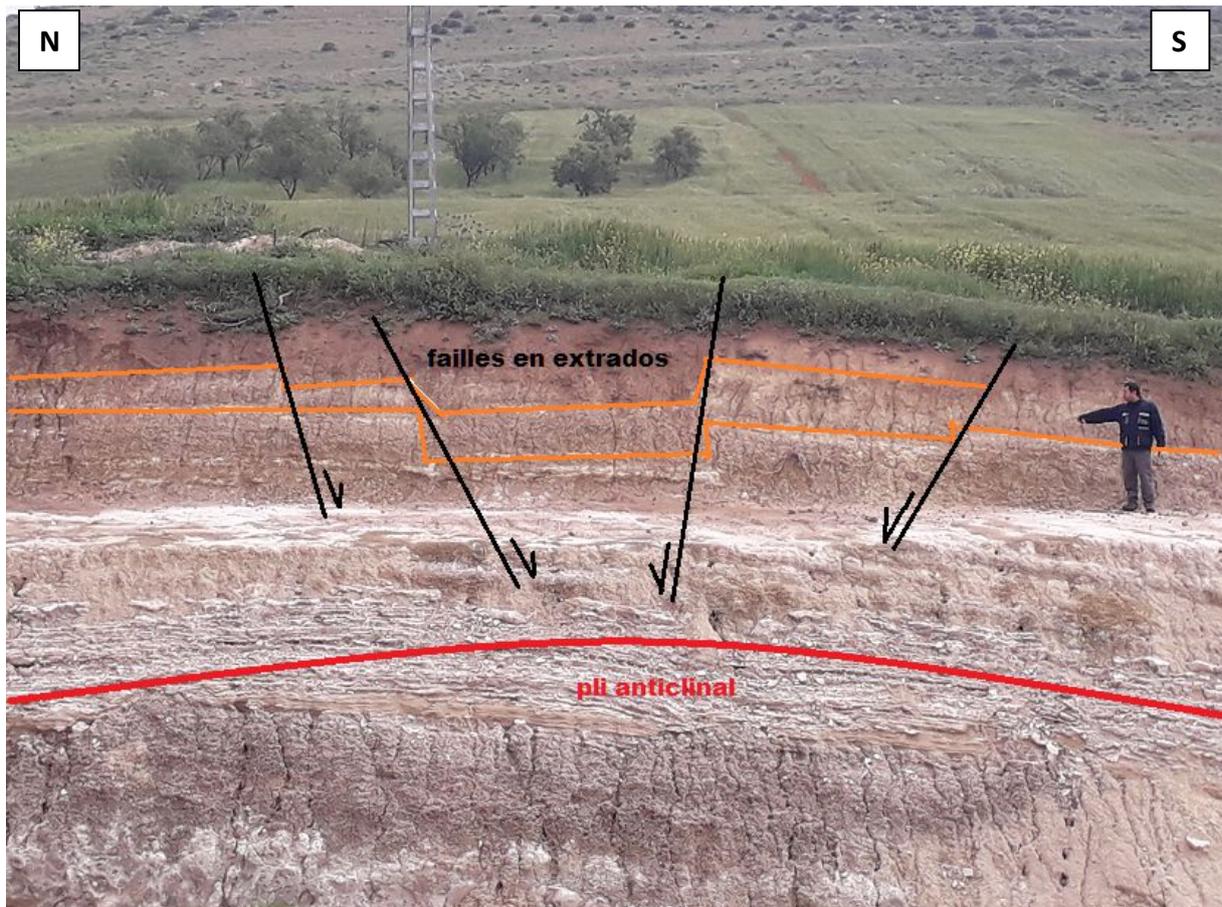


Figure 2 : Failles en extrados (N 60, 70 SE)

Cette activité néotectonique a été accompagnée par un volcanisme Mio-Plio-quaternaire intense dans cette région (**figure 3, 4 et 5**). Qui a commencé par la mise en place de rhyolites et basaltes calco-alcalin durant le Miocène (entre 14 et 11 Ma), d'andésites à caractère transitionnel au Pliocène inférieur (vers 8 Ma) et de basalte alcalin Plio-Quaternaire (de 5 à 0,8 Ma). (**Figure 6**).



Figure 3 : Boutrak , cône volcanique basaltique avec prisme



Figure 4 : Boukanoun, stratovolcan



Figure 5 : boughrara , dôme de coulée rhyolitique

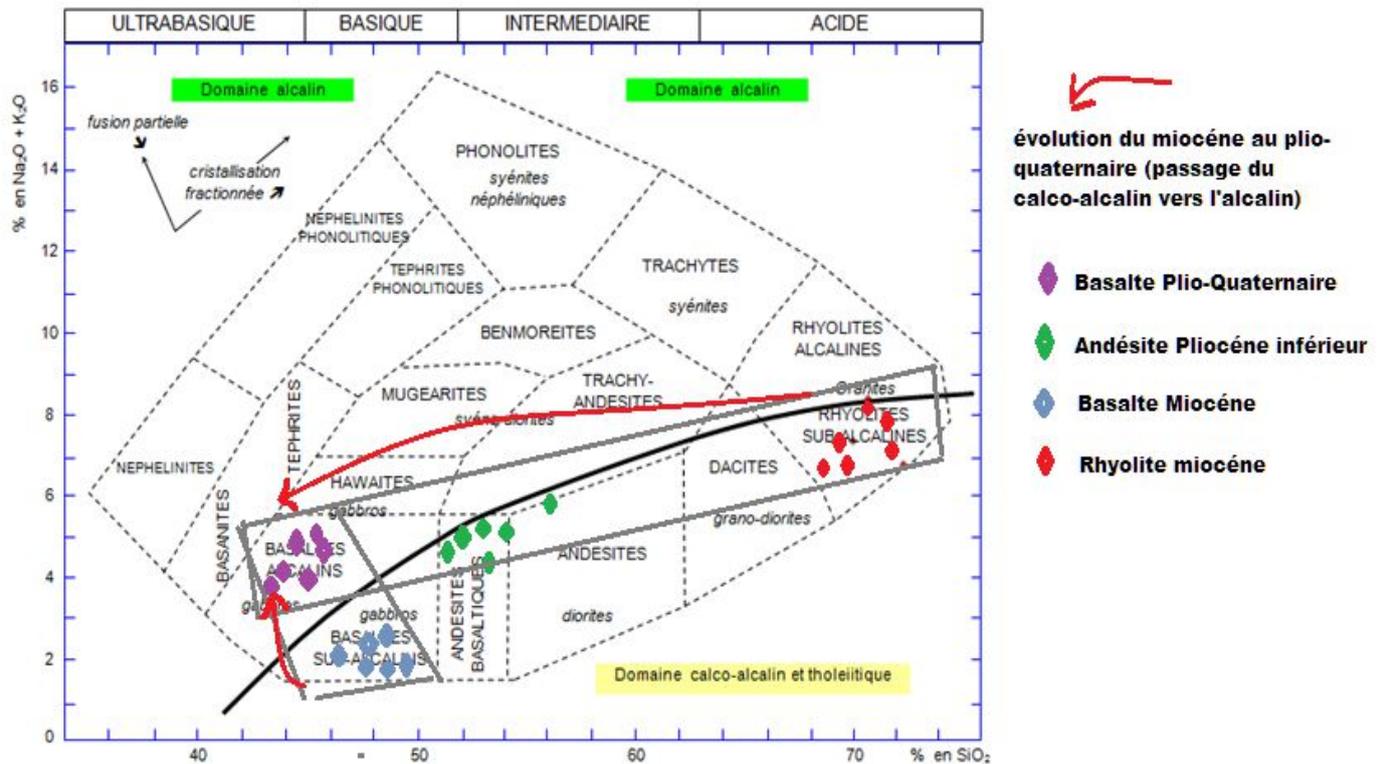


Figure 6 : positionnement du volcanisme Mio-Plio-Quaternaire du bassin de la moyenne Tafna sur le diagramme Cox et Harker

Le changement dans la nature de ce volcanisme du calco-alcalin vers l'alcalin traduit nécessairement un changement dans le régime tectonique régional.

5.2. Analyse de la répartition spatiale du volcanisme de la moyenne Tafna :

5.2.1 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 mettre en évidence des accidents en relation avec le volcanisme de la moyenne Tafna (dont le volcanisme rhyolitique).

Pour la région de Hammam Boughrara 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.

Données initiales :

- 1 Image Landsat 7 -- (12 septembre 2001)
- 2 Cartes topographiques et 2 cartes géologiques (Hammam Boughrara--1/25 000 et Nedroma--1/50 000)
- +des photographies aériennes (1/40 000--1953 et 1/20 000--1994)

Définition du travail :

- Géoréférencement des cartes topographiques et géologiques
- Décodage et Géoréférencement des images satellitaire (Landsat) à partir des cartes topographiques (Le décodage de l'image s'est fait selon les canaux 7-5-4-3-2 -1 (MS) et 8 (Panchro) s'est effectué à partir du format HDF dans lequel les images ne sont pas en projection mais les corrections radiométriques ont été faites par le producteur)
- Traitement numérique des images satellitaire (Landsat) (utilisation des filtres – Sharpen18 et Directionnel – N40 – N130).

- Mosaïcage et géoréférencement des photographies aériennes à partir des cartes topographiques.
- Digitalisation de la topographie et Création des MNT. (1- à partir de courbes de niveaux vectorisées, 2- à partir de couples stéréoscopiques d'images aériennes ou satellitaires,)
- Création de l'ortho-image Landsat en utilisant le MNT
- 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

INTERPRETATION DU MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN (MNT) :

Contexte général de l'interprétation :

Le but de l'étude étant d'identifier les failles du secteur et notamment celles en relation avec le volcanisme rhyolitique. 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 Type Landsat et des photographies aériennes couvrant l'ensemble de la région
- L'analyse et l'étude du MNT combinée à l'imagerie satellitaire et aérienne.
- Des travaux de terrain et analyse des photos aériennes au 1/20 000. Cette étape permet d'utiliser l'ensemble des données et résultats obtenus par l'observation indirecte.

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



PLANCHE 1 : MNT de la région d'étude effectué à partir de l'image Landsat7.
L'observation se fait vers le NW. Au premier plan la ville et le barrage de Hammam Bou Boughrara et
au fond le Fellaoussene.



PLANCHE 2 : Ortho-image de la région d'étude effectué à partir le l'image Landsat7. Sur cette image on a rajouté les accidents atlasiques du Fallaoussene (en gras) et les principaux linéaments et failles supposées. (HB : hammam Bouhrara)

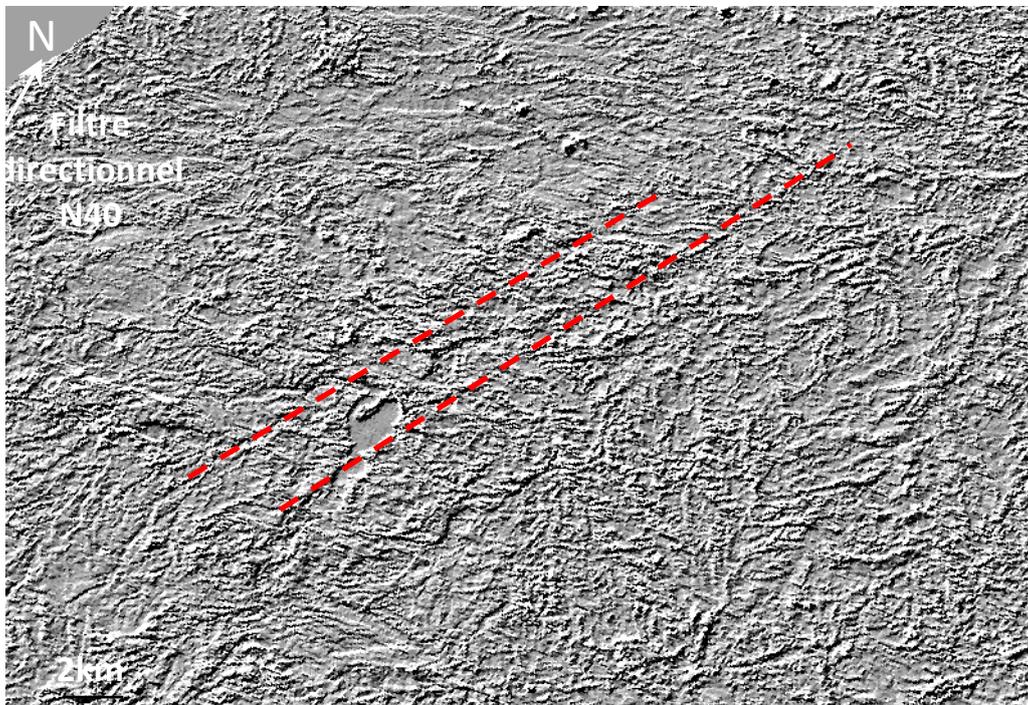


PLANCHE 3 : application du filtre directionnel N40 sur l'image Landsat7. Ce filtre directionnel permet de mettre en évidence l'importance de l'orientation NE-SW dans la topographie de la région.

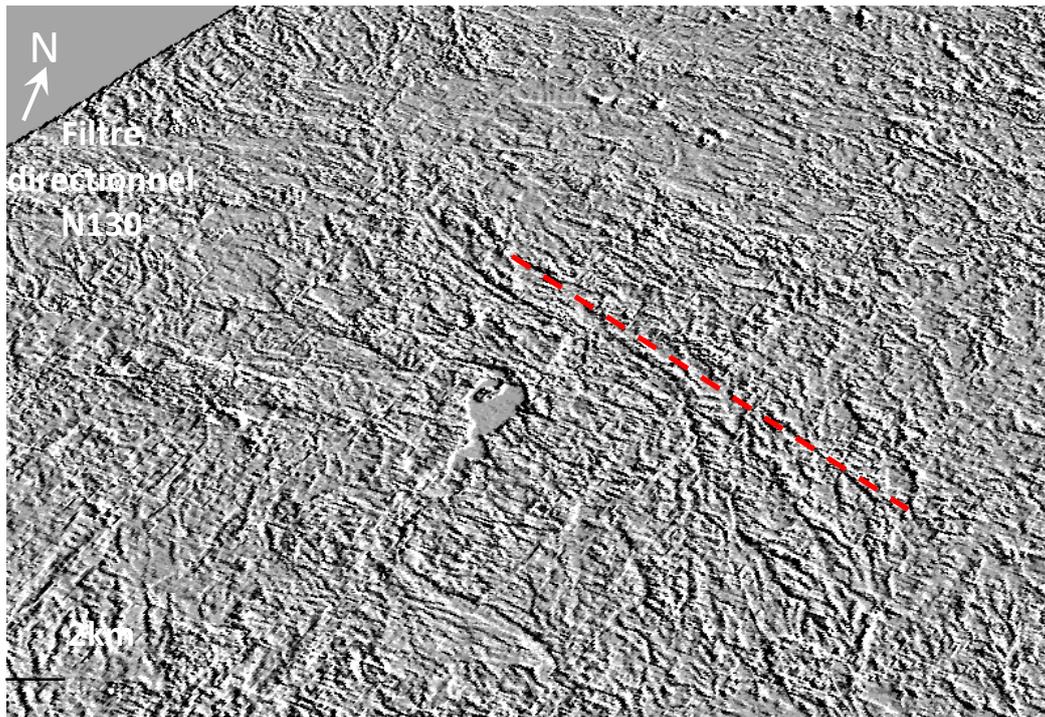


PLANCHE 4 : application du filtre directionnel N130 sur l'image Landsat7.

Ce filtre directionnel permet de mettre en évidence l'importance de l'orientation NW-SE dans la topographie de la région.

Remarque : L'application du filtre directionnel sur une direction moins importante ferait apparaître l'image sans rides topographiques et donc ne refléterait pas les orientations préférentielles.

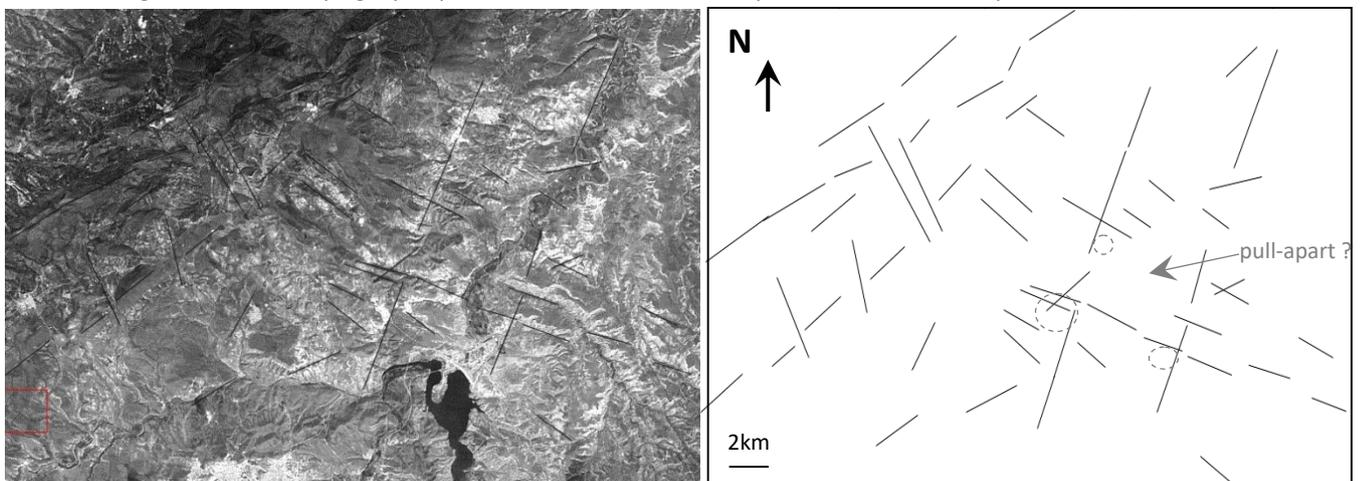


PLANCHE 5 : Ortho-image de la région d'étude effectué à partir de l'image Landsat7 sur laquelle les principaux linéaments supposés failles et failles ont été ajoutés.

Les cercles en pointillés représentent les dômes rhyolitiques de la région.

La rosace des directions ci-jointe montre l'importance des directions NE-SW (N40) (atlasiques) et NW-SE (N130).

Ainsi, on peut mettre en évidence deux familles de fractures conjuguées orientées généralement selon une direction atlasique (NE-SW) et une direction transverse à 90° (SE-NW) et un petit bassin s'apparentant à un bassin en « pull-apart » formé par l'extension crustale de 2 fractures.

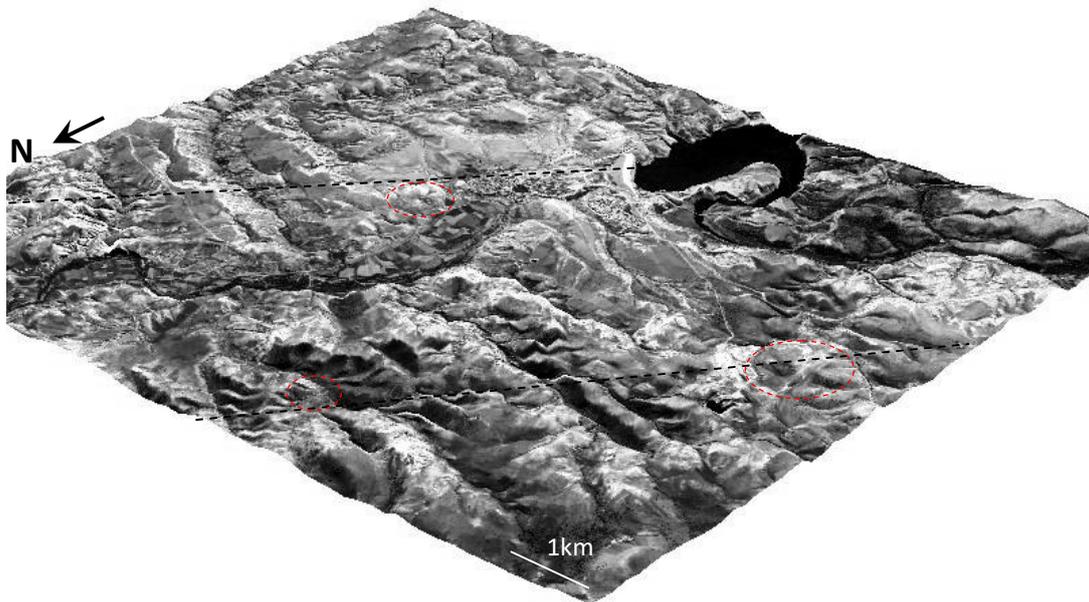
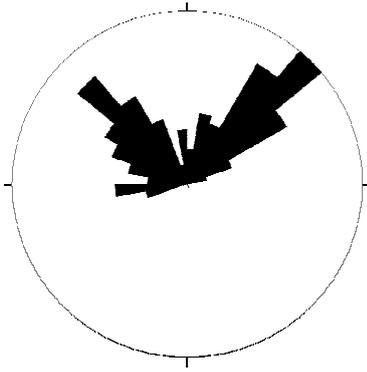


PLANCHE 6 : MNT du secteur d'étude sur lequel on peut voir l'importance des directions NE-SW et NW-SE et la relation directe avec l'emplacement des dômes rhyolitiques en pointillés de couleur rouge.

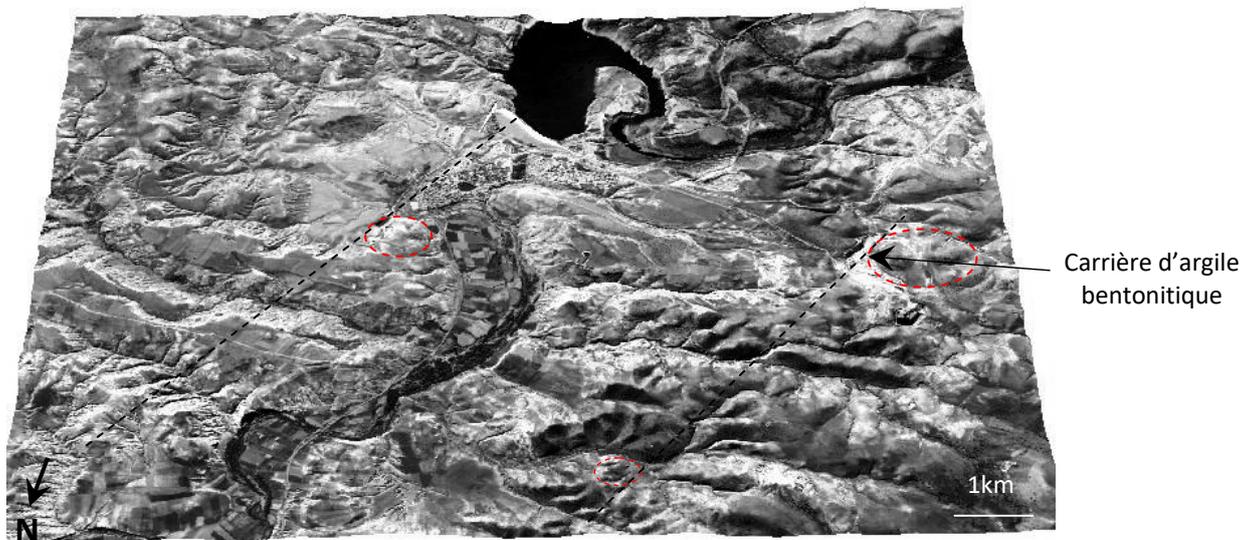


PLANCHE 7 : MNT du secteur d'étude.

Vue vers le sud montrant l'importance des directions NE-SW et NW-SE et la relation directe avec l'emplacement des dômes rhyolitiques en pointillés de couleur rouge.
 (***)la carrière d'argile bentonitique se localise dans l'immédiat de la faille relevée)

Interprétation :

Dans le cas où il est difficile d'identifier systématiquement par l'observation directe c'est-à-dire par les travaux sur le terrain les failles présentes dans une région et notamment si la couverture sédimentaire est importante, il est indispensable de recourir à d'autres techniques.

Le MNT, qui permet de reconstituer la morphologie du terrain permet également, par son analyse fine, de reprendre l'analyse des traces laissées par les failles sur le terrain.

Dans le cas des Failles non visibles, dites aussi « aveugles », cas du secteur de Hammam Boughrara, l'identification se fait en général, par des approches comparatives et par l'analyse de la morphologie indirecte que ces dernières imposent à la topographie (défluviations de rivières, déformations plicatives, étagement des terrasses alluviales etc.).

En faisant varier les positions d'un spot de lumière et en amplifiant l'altitude nous avons pu mettre en évidence chacune des morphologies en failles de la région. Cette technique nous a

permis de localiser l'ensemble des failles qui ne seraient pas visibles sur d'autres plans : on a pu, ainsi, faire les observations suivantes pour le secteur de Hammam Boughrara :

- mettre en évidence deux familles de fractures conjuguées orientées généralement selon une direction atlasique (NE-SW) et une direction transverse à 90° (SE-NW).
- mettre en évidence, un petit bassin s'apparentant à un bassin en « pull-apart » formé par l'extension crustale de 2 fractures dans le secteur d'étude.
- Une autre observation majeure faite au cours de cette analyse concerne la disposition de l'ensemble du réseau hydrographique. Comme nous le voyons sur les différentes planches, le réseau hydrographique est parfaitement imposé par les directions des failles et par la morphologie qu'elles ont générées (déviation du réseau hydrographique par les structures positives telles que les failles ou les plis et capture de ce même réseau par les structures négatives telles que les plaines et les vallées).
- Autre remarque fort intéressante : L'alignement du volcanisme cénozoïque de la moyenne Tafna sur la carte géologique (figure 8.1) donne une idée sur la direction et l'emplacement des accidents empruntés lors de sa mise en place. En effet ; cette étude basée essentiellement sur la télédétection à partir des images satellites, des photographies aériennes et des MNT de la région montrent clairement les linéaments de directions atlasique (N40) suivant l'alignement volcanique. Autant d'éléments pour pouvoir parler d'accidents en relation directe avec la mise en place du volcanisme Mio-Plio-Quaternaire de la moyenne Tafna.

Conclusion de l'étude morphotectonique :

Mise en évidence d'accidents NE-SW en relation avec le volcanisme de la moyenne Tafna :

Le volcanisme de la moyenne Tafna est remarquablement aligné dans la direction des accidents atlasiques NE-SW. L'étude morphotectonique basée sur l'interprétation des images satellites, des photographies aériennes et des modèles numériques de terrains a permis de mettre en évidence des linéaments pouvant correspondre à des accidents expliquant la répartition géographique de ce volcanisme et de la sismicité.

Cette étude a permis aussi de faire une observation intéressante en ce qui concerne la bentonitisation à Hammam Bouhrara. En effet ; **les carrières d'argile bentonitique se localisent au voisinage des linéaments (failles) relevés.**

5.2.2. Résultat et Interprétation :

Les appareils volcaniques de la moyenne Tafna sont remarquablement alignés selon la direction atlasique (NE-SW).

Ces formations se placent au pied des monts des Traras (Fillaoussene) dessinant un linéament géologique.

On remarque entre autre la défluviation de l'oued Tafna.

Ce dernier qui prend sa source au niveau des monts de Tlemcen change de direction au pied des Traras, ce qui indique l'existence d'une morphogénèse importante au niveau des Traras.

Cette défluviation est un indicateur d'une morphogénèse active

De plus on peut noter que le contact anormal entre les Traras (socle Jurassique-Crétacé) et le mi-pliocène du Bassin de la moyenne Tafna confirme la morphogénèse importante des monts de Traras.

On peut donc dire que l'alignement des appareils volcanique observé se développe au niveau de failles de chevauchement.

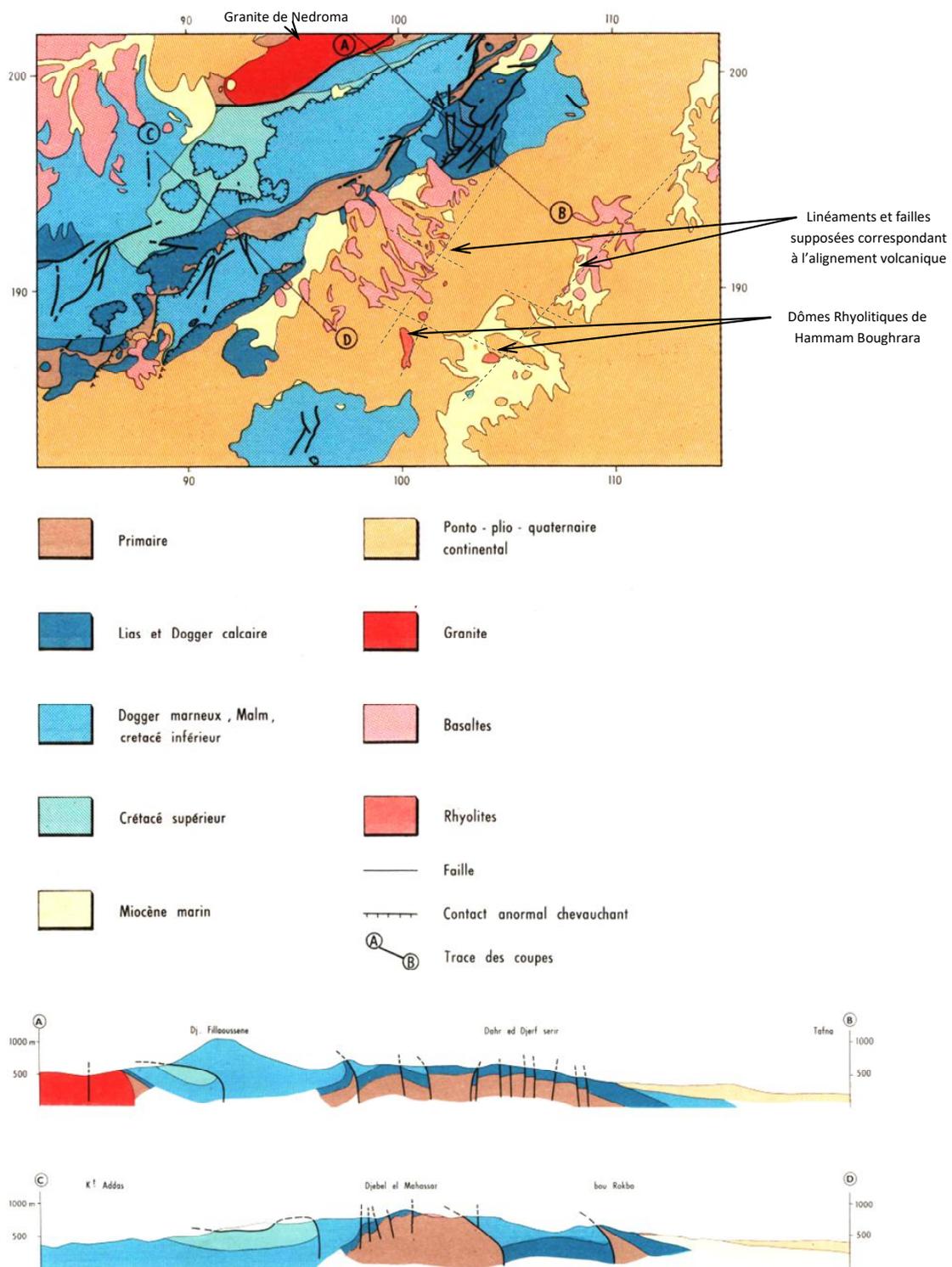


Figure 7 : schéma structural de la région d'étude sur le quel on a rajouté les failles supposées résultat de l'étude morphotectonique.



- ★ VBPO -> Volcanisme Basaltique Plio-Quaternaire
 - ★ VAPI -> Volcanisme Andésitique Pliocène Inférieur
 - ★ VBM -> Volcanisme Basaltique Miocène
 - ★ VRM -> Volcanisme Rhyolitique Miocène
- ↙ Défluviation de oued Tafna par les Fellaoucenes
 Chevauchements au pied des Fellaoucenes

Figure 8.1 : Répartition spatiale du volcanisme de la moyenne tafna
 Noté l'alignement volcanique et la défluviation de l'Oued Tafna par les Monts de Fellaouecene

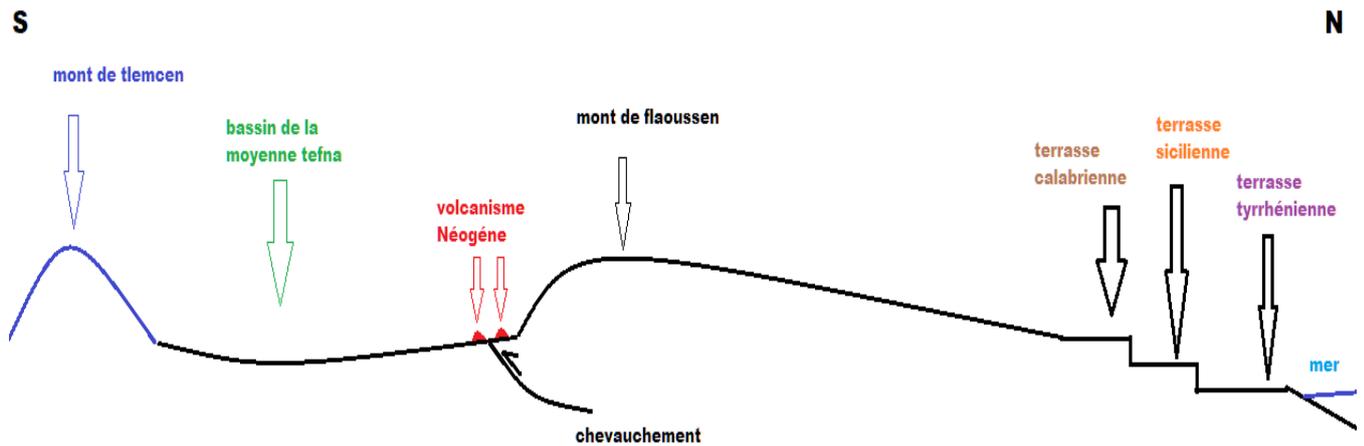


Figure 8.2 : Coupe morphotectonique de la région d'étude, de la basse à la moyenne tafna

5.3.Examen du secteur de la moyenne Tafna- Traras :

On pense que ce secteur est caractérisé par l'existence de retro-chevauchements conformément au modèle qu'on propose. Les arguments suivants prennent en charge notre vision

- Les contacts anormaux (Figure.10) observés sur le front sud des Traras avec la plaine de Marnia (la moyenne Tafna) et notamment entre le Jurassique inférieur et le Trias (qui apparaît au sud des Traras) au contact du Miocène, du Pliocène et du Quaternaire : ces retro-chevauchements sont en partie cartographié sur les cartes géologiques de l'Algérie (Figure 10).
- La défluviation de oued Tafna par les monts des Traras et le développement du réseau hydrographique dans la direction nord, ce qui implique une subsidence de cette partie de la plaine de Marnia par les monts des Traras (Figure.9 et 10).
- Les appareils volcaniques néogènes et quaternaires remarquablement alignés selon la direction des retro-chevauchements ENE-OSO (Figure. 9 et 10).
- L'évidence d'une activité hydrothermale intense dans le secteur : en effet, en plus des sources thermales de la région (notamment : Hammam Boughrara et Hammam Echiguer) c'est dans ce secteur qu'existe les plus grands gisements d'argiles bentonitiques d'Afrique du Nord (Figure.9 et 11).

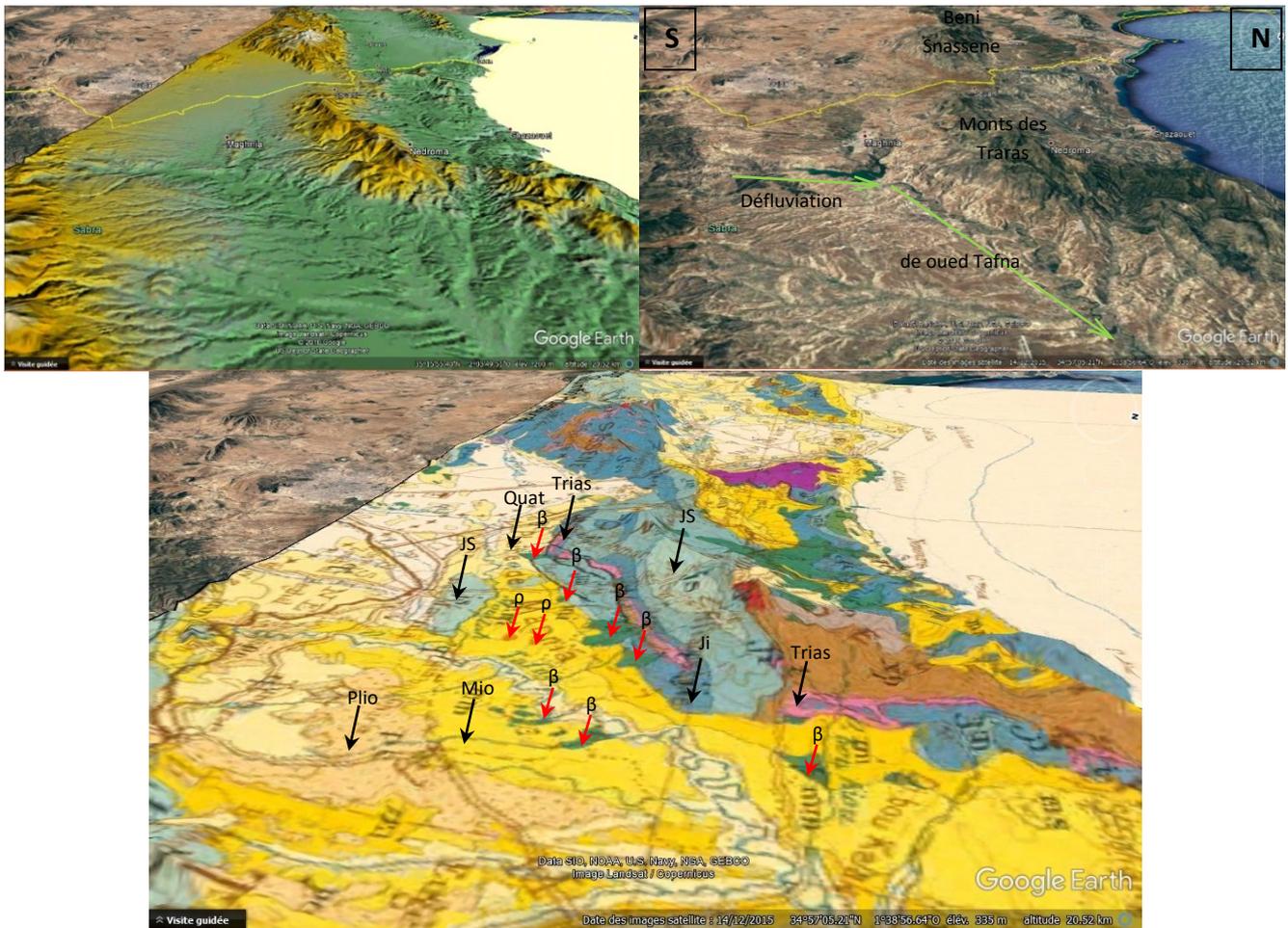
Nous nous sommes intéressés à cette bentonitisation (transformation en argile bentonitique) et nous avons obtenu les résultats suivants : (Boukhedimi 2010)

- Cette bentonitisation se développe dans des faciès rhyolitiques **de façon très localisée** (c'est-à-dire en plusieurs endroits(Figure.11)) le long des failles.

- Cette bentonitisation est à relier au **recyclage d'eaux superficielles par la source thermique de Hammam Bouhrara** : Les valeurs isotopiques en Deutérium (Figure.12) des dépôts rhyolitiques saints (non bentonitisés) sont de l'ordre de $\delta D = -85$ à -80‰ (eaux juvéniles) alors que les dépôts rhyolitiques en état de bentonitisation avancés (en cours de bentonitisation) présentent des valeurs de l'ordre de $\delta D = -60$ à -50‰ . Il s'agit de la signature isotopique de la source thermique actuelle de Hammam Bouhrara (45°) ou $\delta D = -57$.
- Réflexion : puisque cette bentonitisation provoquée par la source thermique de Hammam Bouhrara se trouve en plusieurs endroits => cela signifie que la source thermique de Hammam Bouhrara a dû changer de position plusieurs fois, et justement le tarissement et réapparition des sources hydrothermales dans les zones de chevauchements sont des effets souvent typiques d'activité sismique.
 - En plus la présence de séismites dans ce secteur notamment sous formes de fracturations hydrauliques et dykes d'injections de sables dans les terrasses alluviales Quaternaires et notamment du Pléistocène supérieur constitue une preuve de plus, de l'activité récente (au moins Pléistocène supérieur) des retro-chevauchements du secteur de la moyenne Tafna- Traras.



Figure.9 : Défluviation d’oued Tafna par les monts des Traras. Noter que le réseau hydrographique dans la plaine de Marnia se développe vers le nord, ce qui serait en faveur d’un chevauchement de la plaine (subsidence de cette partie de la plaine) par les monts des Traras. Des appareils volcaniques néogènes et quaternaires (triangles rouges) ainsi que des sources hydrothermales (triangles bleus) marquent ce secteur de chevauchement.



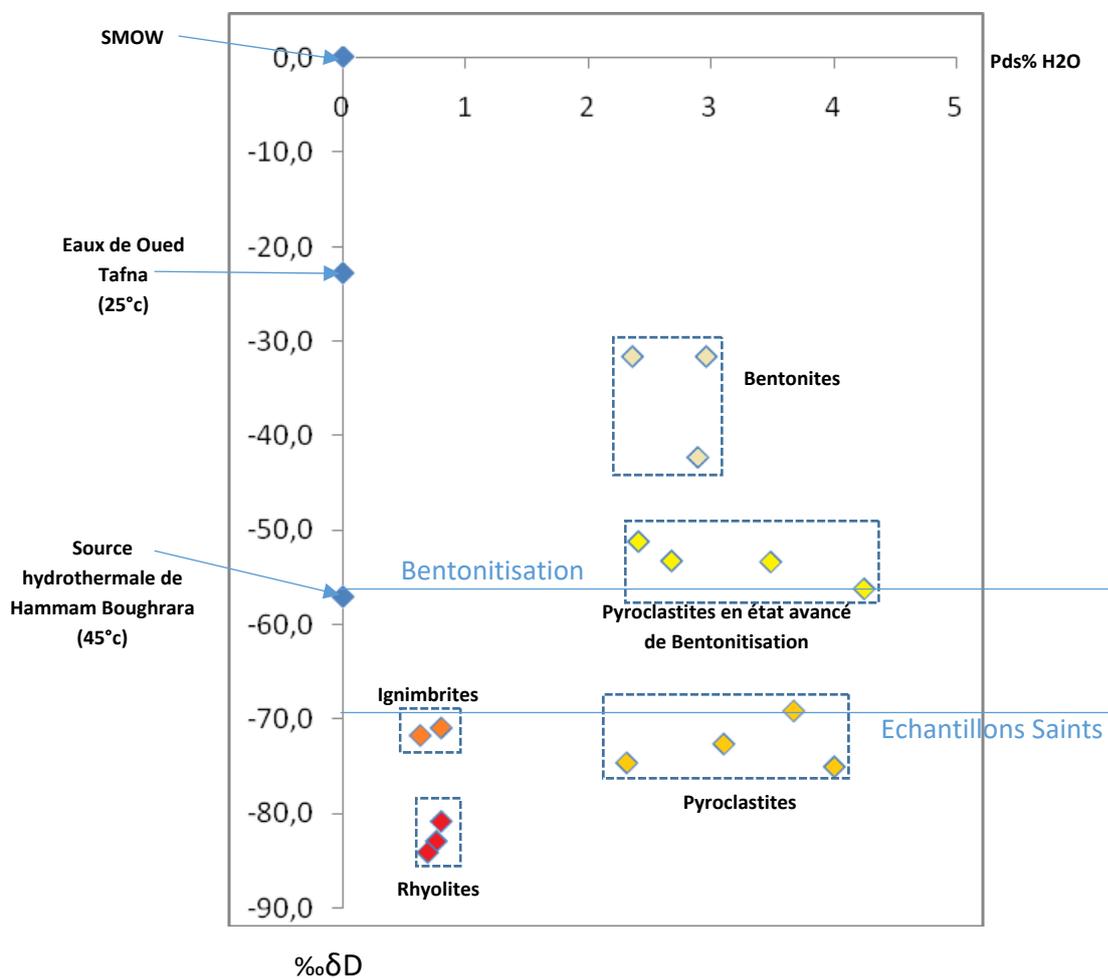
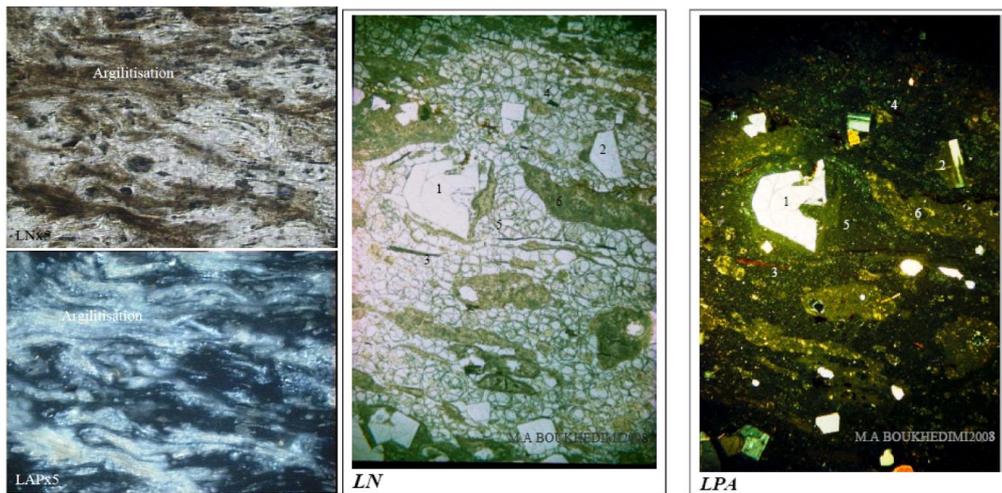
Ji :Jurassique inférieur \ JS : Jurassique supérieur \ Mio : Miocène \ Plio : Pliocène \ Quat : Quaternaire.
 Volcanisme récent : p Rhyolites \ β Basalte.

Figure.10 : Superposition de la carte géologique de L'Algérie du Nord au 1/200 000 sur le MNT de la région des Traras-Moyenne Tafna.



Volcanisme récent : ρ Rhyolites \ β Basalte.

Figure.11 : Positions des gisements d'argiles bentonitiques de Hammam Boughrara (moyenne Tafna) -> en flèches noires. La position de la station thermique de Hammam Boughrara est représentée en triangle bleu.



SMOW (Standard Mean Ocean Water)

Figure.12 : Variation en isotopes d'Hydrogène ^2H et en eau dans les faciès rhyolitiques de Hammam Boughrara. Notez que les Pyroclastites en état avancé de Bentonitisation présentent des valeurs en δD remarquablement comparable à la signature isotopique de la source thermique de Hammam Boughrara. En haut exemples de faciès rhyolitiques montrant des évidences de bentonitisation (Boukhedimi 2010).

Chapitre 6

Conclusion générale

Conclusion générale :

Les bassins néogène de l'Oranie occidentale renferment plusieurs indices de déformation néotectoniques :

- On a pu observer des niveaux de liquéfaction, ces dépôts sont représentés essentiellement par les terrasses marines et alluviales composées principalement par des matériaux détritiques potentiellement liquéfiables (Sables, Silts, Argiles..). On a pu en conclure, que les déformations thixotropiques observées dans les dépôts Quaternaires (dykes sédimentaires, des sismoslumps, des cuvettes thixotropes, des coins thixotropes, des volcans de sable, des intrusions plastiques (structures en diapir), des failles de triage et des veines minérales.) post-Calabrien sont essentiellement d'origine **sismique**
- L'Étagement important des terrasses confirme les mouvements tectoniques importants de la côte, on a pu relever que les terrasses Calabriennes sont en générale les plus hautes en altitude, 160m en moyenne par rapport au niveau de la mer, on peut noter des anomalies, au niveau des hauteurs des terrasses Calabriennes de Murdjadjou, avec une hauteur de 410 m. Une telle différence de hauteur se traduit par l'influence d'un événement néotectonique ayant affecté les formations, en effet Murdjadjou se situe sur une importante faille. Les terrasses Siciliennes sont peu développées et montrent en général des altitudes de 80 à 60m, Les terrasses Tyrrhéniennes sont en général sur une altitude allant de 5 à 55m
- On a pu observer le passage du volcanisme calco-alcalin typique des zones de convergences vers l'alcalin, qui lui est intra plaque. Ce changement dans la nature de ce volcanisme traduit un changement dans le régime tectonique régional.
- La défluviatation de l'Oued Tafna, l'alignement selon la direction atlasique (NE-SW) des appareils volcaniques de la moyenne Tafna, le contact anormal entre les Taras (socle Jurassique-Crétacé) et le Mio-Pliocène du Bassin de la moyenne Tafna, Nous permettent d'affirmer que l'alignement des appareils volcaniques de la moyenne Tafna se développent au niveau de la faille de chevauchement.

- L'analyse des isotopes d'hydrogène a montré que les gisements de bentonite ce développent au niveau des failles de chevauchement de Fillaoussene de façon intermittente indiquant la présence de tectonique actif.

Liste des figurés

Introduction :

- Figure 1.1 :** Carte de l'activité sismique mondiale USGS (2000) superposée sur la carte de l'activité tectonique et du volcanisme du dernier million d'année (NASA 1998). 5
- Figure 1.2 :** schéma sismotectonique de la méditerranée (BRGM2003)..... 6

Chapitre 2 :

- Figure 2.1:** 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)..... 11
- Figure 2.2** Domaines géomorphologiques de la zone d'étude..... 13
- Figure 2.3 :** Scénario d'évolution de la Méditerranée Occidentale sur un transect NNO/SSE allant des Baléares à la plate-forme saharienne (Frizon de Lamotte et al., 2000)..... 16
- Figure 2.4** Convergent movements between African and Eurasian tectonic plates (redrawn from Calais et al. 2003 and McClusky et al. 2003)..... 17
- Figure 2.5 :** Tectonique plio-quadernaire de la région ibéro-maghrébine (Philip, 1987 ; Boudiaf, 1996)..... 17
- Figure 2.6** Domaines structuraux de l'Algérie du Nord (Durand Delga et Fontboté, 1980) et sismicité associée (catalogue USGS jusqu'au 31 décembre 2016)..... 19

Chapitre 3 :

- Figure 3.1 :** Classification des effets des séismes sur les sédiments selon Mentanat et al 2007..... 23

Figure 3.2 : Colonne lithostratigraphique synthétique des dépôts Mio-Plio-Quaternaires de l’Oranie. Established from the notices of geological maps of Northwestern Algeria at (1/50000) & (1/100000) scale and field observations (in Boukhedimi 2017).....	25
Figure 3.3 : Répartition du volcanisme Mio-Plio-Pléistocène de l’Oranie occidentale (in Louni-Hacini 2002).....	27
Photo .01. Divers niveaux de liquéfactions dans les dépôts volcano-sédimentaires andésitiques de Bouzedjar.....	31
Photo 2 : Dyke volcanique de Bouzedjar.....	31
Photo .03. Cuvettes thixotropiques des dépôts de terrasses Tyrrhéniennes.....	32
Photo .04. Coins thixotropique (Structures en coins) développés dans les dépôts du Tyrrhénien.....	32
Photo .05. Divers déformations induites par un séisme (évidence de la liquéfaction, Coins thixotropique Sismoslumps, Cuvettes thixotropique et Structures en oreiller) observées dans les dépôts des dunes récentes (Holocène).....	33
Photo .06. Déformation plastique dessables fins, observée dans les dépôts de terrasse calabrienne.....	33
Photo .07. Intrusions plastique (structure en diapir). Observée à la base des dépôts du Tyrrhénien.....	34
Photo .8. Cône de volcans de sable formé rattaché à un dyke (cheminée) nourricier de même nature, observé dans une terrasse Tyrrhénienne.....	34
Photo .09. Dyke sédimentaired’injection associé à une faille normale. Observé dans les dépôts du Tyrrhénien.....	35
Photo .10. Evidences de fracturations hydrauliques avec injections de matériel liquéfié (dykes d’injections) observées dans les dépôts d’une terrasse Tyrrhénienne.....	35
Photo .11. Failles de triage (classement) développée dans les dépôts du Tyrrhénien.....	36
Photo .12. Faille de triage (classement) développée dans les dépôts d’une terrasse Tyrrhénienne.....	36
Photo .13. Traces de liquéfactions observéesdans des dépôts d’une terrasse Tyrrhénienne.....	37

Photo .14.décollement affectant les dépôts Quaternaire et notamment les basaltes Quaternaires de la région de Guazaouet.....38

Figure 4.4 : Localisations des gisements de séismites du Pléistocène supérieur et l'Holocène sur la carte de distribution spatiale de la sismicité del'Oranie(USGS jusqu'au 1 mai 2014) complétée par la sismicité historique.....41

Chapitre 4 :

Figure 1 : agencement des terrasses quaternaire.....43

Figure 2 : Superposition d'une terrasse marine sur une terrasse alluviale, plage de Tounane.....44

Figure 3 : âges et agencements des terrasses alluviales de l'oued Tafna..... 45

Figure 4 : terrasse marine Calabrienne, plage ouled ben aid.....46

Figure 5 : Morphologie du flan Nord des terrasses marines de L'Oranie ,Boukhedimi 2017 modifié 47

Figure 6 : coupe schématique d'une terrasse alluviale du tyrrhénienne.....48

Figure 7 : Terrasse alluviale calabrienne de l'oued tafna..... 50

Figure 8 : Colonne lithostratigraphique synthétique des dépôts Quaternaires de l'Oranie Established from the notices of geological maps of Northwestern Algeria at (1/50000) & (1/100000) scale and field observations. (in Boukhedimi et al , 2016).....52

Figure 09 : A-Morphologie du Mont Murdjadjou. B- superposition de la carte géologique de l'Algerie du Nord au 1/200 000 sur le MNT de la région Murdjadjou. (in Boukhedimi, 2017)..... 54

Chapitre 5 :

Figure 1 : Coin de poussé.....56

Figure 2 : Failles en extradors..... 57

Figure 3 : Boutrak , cône volcanique basaltique avec prisme.....	58
Figure 4 : Boukanoun, stratovolcan.....	58
Figure 5 : boughrara , dôme de coulée rhyolitique.....	59
Figure 6 : positionnement du volcanisme Mio-Plio-Quaternaire du bassin de la moyenne Tafna sur le diagramme Cox et Harker.....	59
PLANCHE 1 : MNT de la région d'étude effectué à partir le l'image Lansat7. L'observation se fait vers le NW. Au premier plan la ville et le barrage de Hammam Bou Boughrara et au fond le Fellaoussene.....	62
PLANCHE 2 : Ortho-image de la région d'étude effectué à partir le l'image Lansat7. Sur cette image on a rajouté les accidents atlasiques du Fellaoussene (en gras) et les principaux linéaments et failles supposées. (HB : hammam Boughrara).....	63
PLANCHE 3 : application du filtre directionnel N40 sur l'image Lansat7. Ce filtre directionnel permet de mettre en évidence l'importance de l'orientation NE-SW dans la topographie de la région.....	63
PLANCHE 4 : application du filtre directionnel N130 sur l'image Lansat7. Ce filtre directionnel permet de mettre en évidence l'importance de l'orientation NW-SE dans la topographie de la région.....	64
PLANCHE 5 : Ortho-image de la région d'étude effectué à partir le l'image Lansat7 sur laquelle les principaux linéaments supposées failles et failles ont été ajoutés.	64
PLANCHE 6 : MNT du secteur d'étude sur lequel on peut voir l'importance des directions NE-SW et NW-SE et la relation directe avec l'emplacement des dômes rhyolitiques en pointillés de couleur rouge.....	65
PLANCHE 7 : MNT du secteur d'étude.....	66
Figure 7 : schéma structural de la région d'étude sur le quel on a rajouté les failles supposées résultat de l'étude morphotectonique.....	69
Figure 8.1 : Répartition spaciale du volcanisme de la moyenne tafna.....	70
Figure 8.2 : Coupe morphotectonique de la région d'étude, de la basse à la moyenne tafna.....	71

Figure.9 : Défluviation d'oued Tafna par les monts des Traras.....	73
Figure.10 : Superposition de la carte géologique de L'Algérie du Nord au 1/200 000 sur le MNT de la région des Traras-Moyenne Tafna.....	74
Figure.11 : Positions des gisements d'argiles bentonitiques de Hammam Bouhrara....	75
Figure.12 : Variation en isotopes d'Hydrogène ^2H et en eau dans les faciès rhyolitiques de Hammam Bouhrara.....	76

Références

Ayadi, A., Ousadou, A.F., Bourouis, S. et Benhallou, H., 2002, Seismotectonics and seismic quietness of the Oranie region (western Algeria); the Mascara earthquake of August 18th 1994, Mw = 5.7, Ms = 6.0. Journal of Seismology, 6, 13-23.

Beghoul N, Chatelain JL, Boughacha M-S, Benhallou H, Dadou R and Mezioud-Saich (2009) Seismic Empirical Relations for the Tellian Atlas, North Africa, and their Usefulness for Seismic Risk Assessment. Pure Appl. Geophys. 167 (2010), 277–321

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.

Black RF (1983) Pseudo-ice wedge casts of Connecticut, northeastern United States, Quaternary Research, 20, p. 74-89 Black RF (1979) Clastic dikes of the Pasco Basin, southeastern Washington, Rockwell Hanford Operations Report, RHO-BWI-C-64, 65 pgs.

Boudiaf A (1996) Etude sismotectonique de la région d'Alger et de la Kabylie (Algérie) : utilisation des modèles numériques de terrains (MNT) et de la télédétection pour la reconnaissance des structures tectoniques actives : contribution à l'évaluation de l'aléa sismique. Thèse de doctorat en Géologie et paléontologie. Univ Montpellier 2.

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., 2010. Origine du processus de bentonitisation des terrains volcanogènes rhyolitiques de Hammam Boughrara (Maghnia; Algérie nord occidentale). Mémoire de Magister en Géologie. Université d'Oran 101.

Boukhedimi, M.A 2003 ; Etude pétrographique et volcanologique des dômes rhyolitiques de Hammam Boughrara (région de Marnia – Oranie). Mémoire d'ingénieur d'état en géologie (pétrologie-structurologie). IST/USTHB.120p.

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.

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

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.

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.

Cosgrove, J.W., 1995. The expression of hydraulic fracturing in rocks and sediments. In: Ameen, M.S. (Ed.), Fractography: Fracture Topography as a Tool in Fracture Mechanics and Stress Analysis. Geological Society, Spec. Publ., vol. 92, pp. 187–196.

Deverchère J, Yelles K, Domzig A, Mercier de Lépinay B, Bouillin JP, Gaullier V, Bracène R, Calais E, Savoye B, Kherroubi A, Le Roy P (2005) Active thrust faulting offshore Boumerdes, Algeria, and its relations to the 2003 Mw 6.9 earthquake. *Geophys Res, Let* 32:L04311

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. (1969). Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. *Publ. Serv. Géol. Algérie*, n°39, 89-131.

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., 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.

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.

Ken-Tor, R., A. Agnon, Y. Enzel, M. Stein, S. Marco, and J. F. W. Negendank (2001), Highresolution geological record of historic earthquakes in the Dead Sea basin, *J. Geophys. Res.*, 106(B2), 2221–2234, doi:10.1029/2000JB900313.

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.

Lowe DR (1976) Subaqueous liquefied and fluidized sediment flows and their deposits. *Sedimentology* 23:285–308

- Marco S, Stein M, Agnon A, Rond H (1996) Long-term earthquake clustering: a 50000 years paleoseismic record in the Dead Sea Graben. J Geophys Res 101:6179–6192**
- McClusky S, Reilinger R, Mahmoud S, Ben Sari D, Tealeb A (2003) GPS constraints on Africa (Nubia) and Arabia plate motions. Geophysics Journal International 155, 126-138.**
- 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**
- Mokrane A, Ait Messaoud A, Sebai A, Menia N, Ayadi A, Bezzeghoud M (1994) In: Bezzeghoud, M and Benhallou, H. (eds) Les séismes en Algérie de 1365–1992, CRAAG, Alger. p. 227**
- Montenat C, Barrier P, Ott d’Estevou P, Hibsich C (2007) Seismites: an attempt at critical analysis and classification. Sediment Geol 196:5–30**
- Obermeier SF (1996) Use of paleoliquefaction-induced features for paleoseismic analysis. An overview of how seismic liquefaction features can be distinguished from other features and how their regional distribution and properties of source sediment can be used to infer the location and strength of Holocene paleo-earthquakes. Eng Geol 44:1– 76.doi:10.1016/S0013-7952(96)00040-3**
- Philip J., Masse J.P. & Bessais H. 1987 : Phénomènes sédimentaires au passage plate-forme carbonatée – bassin dans l’Albien supérieur - Cénomaniens 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-plioquaternaire 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., Frizon de Lamotte, D., Mauffret, A., Bracène, R., Vergés, J., Benaouali, N., Fernandez, M., Muñoz, J.A., and Zeyen, H. (2004) TRANSMED Transect II, in *The TRANSMED Atlas – The Mediterranean region from crust to mantle*, edited by W. Cavazza, F. Roure, W. Spakman, G.M. Stampfli, and P.A. Ziegler, Springer, Berlin Heidelberg.

Seilacher A (1969) Fault-graded beds interpreted as seismites. *Sedimentology* 13:15–159

Sibson, R.H., 1977. Fault rocks and fault mechanisms. *J. Geol. Soc.* 133, 191–213.

Sims JD (1975) Determining earthquakes recurrence intervals from deformational structures in young lacustrine sediments. *Tectonophysics* 29:141–152

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.

