

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



UMMTO

MEMOIRE

Présentée pour l'obtention du grade de Master

En Sciences de la Terre

Spécialité : Ressources minérale géométriques et environnement

Par

HICHEM MERABET ET FAYÇAL DRIDI

Thème

**ETUDE PÉTRO-STRUCTURALE DU CONTEXTE DE BENTONITISATION DANS LA RÉGION
DE M'ZILA (MOSTAGANEM) : PÉTROGRAPHIE, CARTOGRAPHIE ET BILAN DES
DONNÉES SUR LE PHÉNOMÈNE DE BENTONITISATION**

Soutenue publiquement devant le jury composé de :

M. LOUNIS R Maitre-assistant A à l'UMMTO.....Président

M. BOUKHEDIMI M^{ed}. A Maitre de conférences B à l'UMMTO.....Encadreur

M^{me}. Dendane M Maitre-assistant A à l'UMMTOExamineur

M^{me}. GACI N Maitre-assistant A à l'UMMTO.....Examineur

Année universitaire : 2021/2022

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 M. LOUNIS R pour m'avoir fait le grand honneur de présider le jury de ce mémoire.

Mes reconnaissances et mes remerciements vont aussi à Mme GACI N et M. Dendane M pour avoir accepté d'examiner mon travail.

Je remercie aussi tous mes enseignants qui, par leur effort et leur enseignement, m'ont fait partager leur passion pour cette discipline, qu'est la Géologie. Je cite : MrBoukhedimi, MrAchoui , , Mr Aigoun, Mr Makhlouf, , Mme Izri , Mme GACI N Mr Zeghouane, Mr Lounis, Mr Hamis. M. Dendane M.

Je remercie aussi l'ingénieure de laboratoire de UMMTO M Abdeerahmen te l'ingénieure de la société de l'ENOF M Karrouz Mohamed Alies et M^{me} Hanetite Hania,

Je remercie aussi mes camarades, qui m'ont aidé durant mon travail : Tatou Ali, Khoumri Farid,Bekri Adel.

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

Résumé

Les gisements de bentonite de l'oranie orientale, se localisent plus précisément, au sein du domaine tellien dans le bassin du bas Chélif, à la périphérie dans les plateaux de Mostaganem. Notre étude essentiellement concerne les couches d'argiles bentonitiques exploitées par ENOF bental affleurent en périphérie du synclinal de M'Zila, à environ 10 km à l'Est du village d'Achastas et 35km à l'ENE de la ville de Mostaganem. A cet effet, la présente étude nous a permis de faire le point sur le phénomène de bentonitisation dans cette région en observante sure le terrain et ou laboratoire les dépôts concerné pare le phénomène de benonitisation.

Notre étude et basé sure la stratigraphie, et les analyse pétrographiques les différentes fasciées bentonitisé, et la morpho tectoniques du secteur étudié.

Mots clés : Gisement, Bentonite, plateaux de Mostaganem, fasciées bentonitisés.

Abstract

The bentonite deposits of the eastern oranie, locate more precisely, within the Tellian domain in the basin of the lower Chélif, and develop in the plateaus of Mostaganem.

Our study mainly concerns the layers of bentonite clays exploited by ENOF bental outcrop on the outskirts of the M'Zila syncline, about 10 km east of the village of Achastas and 35 km ENE of the town of Mostaganem. To this end, the present study has enabled us to identify fourteen bentonite layers within a sequence of sedimentary rocks of Upper Miocene age, in interstratification with marl, silstone and marly limestone.

Our study is based on the stratigraphy, and the petrographic analysis of the different bentonitized fascias, and the morpho-tectonics of the sector studied.

Key words: Deposit, Bentonite, Mostaganem plateaus, bentonitized fascias.

ملخص

توجد رواسب البنتونايت في الجهة الشرقية لوهران ، بشكل أكثر دقة ، داخل نطاق التل في حوض الشلف السفلي، وتتطور في هضاب مستغانم.

تتعلق دراستنا بشكل أساسي بطبقات طين البنتونايت المستغلة بواسطة نتوء ENOF ، النتوء على مشارف M'Zila syncline ، على بعد حوالي 10 كم شرق قرية Achastas و 35 كم شرق شمال شرق مدينة مستغانم.

تحقيقاً لهذه الغاية ، مكنتنا الدراسة الحالية من تحديد أربعة عشر طبقة من البنتونايت ضمن سلسلة من الصخور الرسوبية من عصر الميوسين الأعلى ، بالتداخل مع المارل والحجر السليكوني والحجر الجيري المارلي.

تعتمد دراستنا على التحليل الطبقي والتحليل الصخري لمختلف اللقافات البنتونية والتكتونية المورفولوجية للقطاع المدروس.

الكلمات المفتاحية: الترسيب ، البنتونايت ، هضاب مستغانم ، اللقافة البنتونية.

SOMMAIRE

Remerciements.....	1
Résumé.....	2
Liste des figures.....	5
Liste des tableaux.....	7
CHAPITRE I : INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	8
Introduction.....	2
I. Généralités sur les Bentonites.....	3
1.1- Définition.....	3
1.2- Origine.....	3
1.3- Caractéristiques.....	3
1.4- Classification schématique des minéraux argileux.....	4
1.4.1- Critères de classification.....	4
1.4.2- Description des grandes catégories.....	4
1.5- Utilisations de la bentonite.....	6
II. Historique des travaux.....	7
III. But, méthodologie du travail.....	9
III.1. Le But du travail.....	9
III.2. Méthodologie du travail.....	10
III.2.1. Un travail du terrain.....	10
III.2.2. travaille sure laboratoire.....	10
CHAPITRE II : Géologie régionale et locale.....	11
I. La géologie régionale.....	12
I.1. Introduction.....	12
I.1.1. Définition de Tell.....	12
I.2. Description de domaine tellien.....	12
II. La géologie locale.....	15
II.1. Cadre géographique.....	15
II.1.1. Situation géographique de l'Oranie.....	15
II.1.2. Situation géographiques du bassin de Bas Chélif.....	16
II.1.3. Situation géographique de gisement étudié.....	18
II.2. Cadre géologique du bassin du bas Chélif.....	20
II.2.1 Au point de vue tectonique.....	21
II.2.2. Au point de vue stratigraphique.....	21
III. Informations générales sur le gisement de M'zila (Mostaganem).....	23
III.1. Informations sur l'usine.....	24
III.2. Produit : 4 types de bentonite.....	24
CHAPITRE III : Analyse sédiment logique et pétrographique, du secteur d'étude.....	26
I. Introduction.....	27
II. La lithologie du gisement.....	28
II.1. Les grès de base.....	28
II.2. Les marnes bleues.....	29
II.3. Les argiles bentonitiques.....	29

II.4. Les grès.....	30
III. Description des couches et des coupes.....	31
III.1. La couche 14.....	34
III.2. la couche 12	37
III.3. la couche 11.....	37
III.4. la couche 10.....	38
III.5. la couche 7.....	40
III.6 la couche 4.....	40
III.7. Analyse des microfossiles.....	43
IV. Étude pétrographie.....	44
IV.1 Introduction.....	44
IV.1.1 Grés micacés.....	44
IV.1.2. Les fragments des rhyolites.....	46
IV.1.3. Les argiles silteuses bentonitisé.....	47
IV.1.4. Les calcaire mudstone.....	47
IV.2. Étude microscopiques des fasciées touché par la bentonitisation.....	47
IV.2.1. Les grés micacés.....	48
IV.2.1.1. La phase clastique.....	48
IV.2.1.2. La phase de liaison.....	50
IV.3. Les argiles silteuses bentonitisie.....	52
IV.4. Les fragments des rhyolites.....	55
IV.4.1. La mésostase.....	55
IV.4.2. Les phénocristaux.....	57
IV.4.2.1. Le Quartz.....	57
IV.4.2.2. Les feldspaths.....	58
IV.4.2.3. Les plagioclases.....	59
IV.4.2.4. Les micas.....	60
V. conclusion.....	63
CHAPITRE IV : ÉTUDE MORPHO TECTONIQUE.....	65
I. INTRODUCTION	66
II. ANALYSE MORPHO TECTONIQUE.....	66
III. Données initiales.....	66
III.1. deux photos satellite.....	67
III.2. Définition du travail.....	68
III.3. Le rusultas cart lin suiv.....	68
III.4 INTERPRÉTATION DU MODÈLE NUMÉRIQUE DE TERRAIN (MNT).....	71
III.4.1. Interprétation :	71
III.4.2. Conclusion de l'étude morpho tectonique.....	72
IV. Interprétations sismo-tectonique	73
VI.1. La granulométrie.....	76
CHAPITRE V : CONCLUSION GÉNÉRALE.....	80
BIBLIOGRAPHIE.....	82

Liste des figures

CHAPITRE II : GÉOLOGIE RÉGIONALE ET LOCALE

Fig.1 : 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).....	14
Fig.2 : Image Google Earth montrant la subdivision de l'Oranie (Monts et Bassins).....	16
Fig.3 : Situation géographique générale du bassin du Bas Chélif (D'après PERRODON, 1957).....	17
Fig.4 : Vue générale du Gisement de M'Zila.....	18
Fig.5 : Localisation de la région de M'zila dans le bassin du bas Chélif.....	19
Fig.6 : Bassins néogènes et quaternaires de l'Algérie du Nord (Aït Benamar. D, 2002).....	20
Fig.7: Carte géologique du bassin du Bas Chélif.....	22
Fig.8: Situation du gisement par rapport à l'unité de Mostaganem.....	23
Fig.9: Unites Bental – Mostaganem (Google Earth).....	25

CHAPITRE III : Analyse pétrographique, granulométrique et sédiment logique du secteur d'étude

Fig.1 Les grès de base ferrugineux d'épaisseur métrique.....	28
Fig.2. Les marnes bleues discordantes sur les grès de base.	29
Fig.3 : Le dôme bréchique.....	30
Fig.4 : Carte de périmètre minier du Gisement d'argiles bentonitiques de M'zila (ENOF, document bental de Mostaganem.2003).....	33
Fig.5 : Couche d'argile bentonitique friable 14.F de couleur gris sombre.....	34
Fig.6 : Couche d'argile bentonitique 14 montrant des intercalations rythmiques de grès.....	34
Fig.7: Colonne lithologique représentant les différentes couches XIV.....	36
Fig.8: : Couche d'argile bentonitique 12 de teinte blanchâtre à gris clair.....	37
Fig.9: Sommet de la couche 11 recoupée par des veinules de gypse.....	38
Fig.10: Couche 10 de couleur gris clair montrant des intercalations de grès micacé.....	38
Fig.11: Coupe géologique DD' de la couche 10 de pendage 20°S.....	39
Fig.12. Coupe géologique CC' de la couche 10 de pendage 40°S.....	39
Fig.13. : Couche 4 de couleur gris clair.....	40

Fig.14. Colonne stratigraphique de la couche 4 (ENOF, 2002).....	41
Fig.15. : Colonne stratigraphique synthétique EE’	42
Fig.16 : Il s’agit de Globorotaliamargaritae typique du miocène supérieur –pliocène inférieur à moyen.....	43
Fig.17: vue macroscopique de fragments des rhyolites au niveau des grés micacés.....	45
Fig.18: fragment des rhyolites.....	45
Fig.19: Argiles bentonitiques de couleur grés.....	46
Fig.20 : Argiles bentonitiques de couleur grés claire à blanchâtre à grain fin.....	46
Fig.21: stratification dune roche sédimentaire (Calcaire Mudstone).....	47
Fig.22 : vue microscopiques d’un grés micacé.....	48
Fig.23 : Grés micacé à ciment argileux.....	49
Fig.24 : Grés micacé à ciment argileux carbonaté.....	49
Fig.25 : Grés micacé à ciment argileux carbonaté.....	50
Fig.26 : vue microscopique d’un phénomène d’argilitisation.....	51
Fig.27 : Vue microscopique d’une argile silteuse.....	52
Fig.28 : Vue microscopique d’une argile silteuse à l’êta finale	53
Fig.29 : vue microscopique dune phénomène d’argilitisation.....	54
Fig.30 : Vue microscopique d’argilitisation (altération partielle).....	54
Fig.31 : vue microscopique d’argilitisation (altération partielle).....	55
Fig. 32. Rhyolite à mésostaseperlitiqueporphyrique à phénocristaux de quartz, feldspaths et biotites.....	56.
Fig.33. Rhyolite à mésostaseperlitiqueporphyrique à phénocristaux de quartz, feldspaths et biotites.....	56
Fig.34 : Grés micacé à ciment argileux carbonaté.....	57
Fig.35 : vue microscopique d’une Grés micacé à ciment argileux carbonaté.....	58
Fig.36 : Grés micacé à ciment argileux	59
Fig.37 : Grés micacé à ciment argileux.....	60
Fig.38:.vue microscopique d’un mica (biotite).....	61
Fig.39 : vue emicroscopique d’un micas noire (biotite).....	62

CHAPITRE IV : ÉTUDE MORPHO TECTONIQUE

Photo 01 : deux photos satellite de la région de Mostagan.....	67
Photo 02 : photos sou forme MNT Mosta.....	68
Photo 03 : carte ligneiamentaire de secteur étudié (Mostaganem).....	69
Photo 04 : Rosace de direction des linéaments de la région de M'zila.....	70
Photo 05 carte sis mo tectonique de la région de Mostaganem.....	73
Photo 06 : Extrait de l'étude de sis mo-tectonique thés de Boukhdimi 2017.....	74
Photo 07 : extrait de l'étude de sismo-tectonique thés de Boukhdimi 2017.....	75
Photo 08 : Coins thixotropique (Structures en coins) développés dans les dépôts des dunes récentes Holocènes (a et c) et du Tyrrhénien (b). Notezle développement des coins dans les sédiments de taille variable (intercalations de sable fin et grossier....	79

Liste des tableaux

CHAPITRE II.

Tab.1 : Caractéristiques physico-chimiques de la bentonite (ENOF, 1997).....	4
Tab.2 : Caractéristiques minéralogiques de la bentonite (ENOF, 1997).....	4
Tab.3 : Schéma simplifié montrant la classification des principaux minéraux argileux et leurs espèces (Jasmund et Laghaly 1992).....	6

CHAPITRE IV. ÉTUDE MORPHO TECTONIQUE

Tab.01. Tab.01. (A B C D E F) ensemble des tableaux représentatif granulométriques.....	77
Tab.02. Les dépôts analysés par granulométrie sont essentiellement des sables fin à grossier milieu idéal au développement des déformations thixotropiques notamment des seismites.....	78

CHAPITRE I : **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

Introduction générale

Dans le cadre du projet de mémoire de fin d'étude Master en Ressources minières et géo-environnement, nous avons entrepris un travail qui consiste à l'étude du phénomène de bentonitisation dans la région de M'mzila (Mostaganem).

En effet, le gisement de la bentonite de Mostaganem est considéré comme l'un des plus grands gisements bentonite en algérie, la carrière de bentonite exploité « Achasta » situé à 30km l'ENE de la ville de Mostaganem. Cette carrière découverte en 1945 et mise en production en 1947.

Notre travail consiste à l'étude petro-structurale du secteur de bentonitisation dans la région de M'zila (Mostaganem). Nous avons ainsi entrepris :

- Une étude des caractéristiques pétrographiques, granulométrique et sédimentologique du secteur ;
- Une étude cartographique structurale ;
- Une analyse du bilan des données sur le phénomène de bentonitisation de la région.

Ce travail est présenté en Cinq (5) chapitres:

- Le premier chapitre concerne l'introduction générale ;
- Le deuxième chapitre est consacré à la géologie régionale et locale du secteur d'étude ;
- Le troisième chapitre est consacré à l'analyse pétrographique, et sédimentologique du secteur d'étude ;
- Le quatrième chapitre est consacré à l'analyse structurologique et tectonique;
- Le cinquième chapitre est consacré à l'analyse du bilan des données sur le phénomène de bentonitisation dans la région ; et à la conclusion générale.

I. Généralité sur les argiles bentonitiques

Les minéraux argileux comprennent tous les phyllosilicates ainsi que des espèces d'une structure assez semblable aux phyllosilicates mais de caractéristiques physicochimiques différentes par le terme argile on désigne un mélange naturel de minéraux argileux avec d'autres minéraux non argileux (quartz, calcaire), les différents types des minéraux argileux résultent des différentes combinaisons des éléments structuraux (tétraèdre octaèdre), on distingue trois types : les kaolins, les micas et les montmorillonites. On s'intéresse à cette dernière, la montmorillonite, car elle renferme la bentonite, minéral de base $Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot (Ca, Mg, Na, K) \cdot O \cdot H_2O + nH_2O$, ils sont de structure fine et de haute plasticité. Elles se sont gonflantes, ce qui permet de donner un gel avec de l'eau.

Cette argile a un pouvoir d'échange d'ions très élevé. La plus connue, c'est la bentonite, se trouve en abondance en Algérie (Mostaganem) [Wikipédia].

I.1. Définition de la bentonite

La bentonite est une roche monominérale composée respectivement de smectites (montmorillonite) $(Na, Ca)_{0.3}(Al, Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$ et la kaolinite $[Al_4(OH)_8][Si_4O_{10}]$.

Elle est connue par le nom « minéral du mille usage » car elle présente des caractéristiques spécifiques tels que l'absorption d'eau, le gonflement et la viscosité, ce qui permettent de l'utiliser dans large gammes et de secteurs. Leur couleur généralement jaune gris clair, une teinte bleuâtre à l'état sec et verdâtre à l'état humide. [pdf.okba ben gana].

I.2. Origine de la bentonite

Les bentonites sont des roches d'origine volcanique. Leur formation des bentonites est liée à la sédimentation des cendres volcaniques dans les lacs, les marais, les lagons, ou les zones marines peu profonde.

Ce sont des bancs réguliers dont l'épaisseur varie du centimètre au mètre et dont l'extension géographique dépend de l'énergie de l'éruption et de la puissance des courants aériens [pdf.okba ben gana].

I.3. Caractéristiques de la bentonite brute

Nous avons travaillé sur la bentonite de Mostaganem du gisement de M'Zila, En nous basant sur les caractéristiques déterminées par le laboratoire des analyses de la bentonite de l'unité (ENOF) de Mostaganem.

Les caractéristiques physico-chimiques (tableau N° 02) et minéralogiques (tableau N° 03), font apparaître que la montmorillonite est la principale composante de la bentonite.

Le cation majoritaire dans cette argile est le calcium, elle est donc calcique.

Tableau n°1. Caractéristiques physico-chimiques de la bentonite (ENOF, 1997).

Surface spécifiques	pH	Cation échangeable (meq/100g)			Na/Ca
65	9.0	Ca	Mg	Na	0.58
		43.6	4.8	25.2	

Tableau n° 2. Caractéristiques minéralogiques de la bentonite (ENOF, 1997).

Identification des minéraux			
Montmorillonite	Quartz	Feldspaths	Biotite
45 à 60%	15 à 20%	3 à 5 %	8 à 10 %

I.4 Classification schématiques des minéraux argileux

I.4.1. Critères de classification

Nombre de feuille :

- **On distingue trois types d'accolement :**

- couche d'octaèdres (O) et 1 couche de tétraèdres(T) : phyllites 1/1 ou T.O.
- couche d'octaèdres, insérée entre deux couches de tétraèdres : phyllites 2/1 ou T.O.T.
- un feuillet de type 2/1 avec une couche d'octaèdres supplémentaires, isolée dans l'espace interfoliaire : phyllites2/1/1 ou T.O.T.O.

- **Substitutions atomiques :**

- On subdivise les trois catégories précédentes selon le taux de substitution des atomes et leur lieu (Si <-->Al ou Al <--> Mg, Fe : substitution dioctaédrique ou trioctaédrique), et la nature des cations compensateurs.

- **Espacement des feuillets :**

Selon les minéraux, et les constituants qui se logent dans les espaces interfoliaires, ceux-ci présentent des largeurs différentes.

I.4.2. Description des grandes catégories

- **Kaolinite** : C'est une phyllite 1/1 sans substitution. Le feuillet est neutre. La distance de la surface d'un feuillet à celle du feuillet suivant est de 0,7 nm (7 angströms (Å)), sa formule est : Si₂ Al₂ O₅ (OH)₄ ou Si₄ Al₄ O₁₀ (OH)₈.

- **Illites** : phyllites 2/1, avec des substitutions foliaires, compensées électriquement par des ions K en position interfoliaire. L'équidistance moléculaire est de 1 nm. Formule générale : $(\text{Si}_{4-x} \text{Al}_x)(\text{Al}, \text{M1}, \text{M2})_2 \text{O}_{10} (\text{OH})_2 \text{K}$. La glauconite est le pôle ferrique de l'illite.
- **Smectites** : (anciennement montmorillonites) : le modèle est le même que celui des illites, mais avec une moindre organisation dans l'empilement des feuillets : chaque feuillet est tourné dans son plan par rapport au précédent. Ce désordre et la faible charge des feuillets facilitent leur écartement. Dans cet espace peuvent se loger divers cations, de l'eau et des molécules organiques d'encombrement divers, d'où une équidistance réticulaire variant de 1 à 1,8 nm, et la grande variété des minéraux de cette famille.

Notons qu'en géologie économique, on nomme bentonites les smectites exploitables commercialement. Pour le sédimentologue, par contre, ce terme désigne un lit argileux issu de l'altération de cendres volcaniques, et pouvant contenir des smectites, mais aussi de la kaolinite, des minéraux interstratifiés et des zéolites.

- **Chlorites** : leur structure est, là encore, semblable à celle des illites et des smectites, mais l'espace interfoliaire est occupé par une couche d'hydroxydes de natures variées. Cette couche octaédrique supplémentaire est stable, et l'équidistance réticulaire est fixe, et de 1,4 nm.
- **Minéraux argileux interstratifiés** : dans ces minéraux alternent des feuillets avec des espaces interfoliaires de largeurs différentes, déterminables seulement si cette alternance est régulière. Ces minéraux sont les étapes de transformation d'un minéral argileux à l'autre.
- **Minéraux en lattes, sépiolite et attapulgite** : ils sont composés, non de feuillets, mais de rubans à trois couches accolées en quinconce. La couche octaédrique comprend 8 cations (Mg) pour la sépiolite, 5 pour l'attapulgite (Mg, Al, Fe). [Mémoire/MCH11.pdf].

Tableau n° 3. Schéma simplifié montrant la classification des principaux minéraux argileux et leurs espèces (Jasmund et Laghaly 1992).

Groupe de Minéraux Argileux	Espèce Minérale	Structure T=Couche de tétraèdres O= Couche d'octaèdres
Kaolinites	Kaolinite Halloysite Dickite	Minéraux à 2 couches T-O T-O
Smectites	Montmorillonite Saponite Beidellite Nontronite	Minéraux à 3 couches T-O-T T-O-T
Illites Vermiculites Micas	Illite Vermiculite Muscovite Biotite	H ₂ O, Cations ↑
Chlorites	Chlorite	Minéraux à 4 couches T-O-T-O T-O-T-O
Sépiolites Palygorskites	Sépiolite (écume de mer) Attapulgate	Minéraux en lattes T-O-T T-O-T T-O-T

I.5. Utilisation de la bentonite

On utilise le plus souvent la bentonite gonflante dans les boues de forage; elle sert également au bouletage des concentrés de minerai de fer.

L'emploi de la bentonite gonflante comme liant dans les moules de fonderie est encore considéré comme l'une des principales applications ou il est préférable de se servir de la bentonite gonflante ; toutefois, la bentonite non gonflante convient aussi à quelques usages de fonderie. Parmi les applications secondaires de la bentonite, citons la transformation en granules de produits

alimentaires pour animaux, dans lesquels on préfère la variété non gonflante en raison de sa résistance à vert élevée.

On utilise de faibles quantités de bentonite gonflante pour assurer un degré d'adhérence dans les Garnitures de freins, et on l'emploie aussi comme plastifiant dans les mélanges pour fabrication de produits réfractaires, de produits abrasifs et de céramiques.

La bentonite est un important ingrédient des sols stabilisés avec de la plus chaux. [ENOF.pdf].

- **Différent types de bentonites**

On distingue trois types de la bentonite :

- **Bentonite sodique** : elle s'adapte avec les boues de forage, elle est caractérisée par un grand pouvoir du gonflement et possède une bonne adhérence à sec .
- **Bentonite calcique** : elle est considérée comme un type non gonflant, car le pouvoir du gonflement est bien plus faible que celle des bentonites sodique, elle présente généralement des caractéristiques d'adsorption plus forte.
- **Bentonite activée au sodium** : les bentonites activée au sodium sont faite par la substitution des ions de calcium par les ions de sodium dont le but est bonifier les propriétés d'absorptions des bentonites calciques où les propriétés sont semblables a celle des bentonites sodiques.

II. Historique des travaux

- L'Oranie a fait l'objet de plusieurs études géologiques (stratigraphiques - paléontologiques - pétrographiques).
- Ainsi M. RENOU (1846) étudie les formations nummulitiques des Tessala. Ces travaux furent suivis par ceux de L. VILLE et M. BAYLE (1854), qui apportent des précisions stratigraphiques, puis en (1856)
- L. VILLE édite la carte minéralogique et géologique de la province d'Oran. Cette période de reconnaissance s'achève avec la publication du mémoire de A. POMEL (1871). 11
- Les premières études concernant les gisements éruptifs sont attribuées à
- G. VELAIN (1874) donnant une description pétrographique succincte des roches éruptives des îles Habibas.
- POUYANNE (1877) signale la présence de basalte dans la moyenne Tafna, ce qui est confirmé par les travaux de CURIE et FLAMAND (1890-1899). Ces derniers donnèrent aussi un aperçu pétrographique sur la région de Tifaraouine et des îles Habibas.
- L.GENTIL (1903) dans ses travaux sur le bassin de la Tafna a publié une étude plus détaillée sur les massifs volcaniques de la moyenne et la basse Tafna, reconnu le Tifaraouine, les îles Habibas et la région de Ain Timouchent, cette étude est complétée par la publication d'une dizaine de cartes géologiques sur la province d'Oran » levées à 1/50 000 et 1/20 000.
- A. LACROIX (1893 - 1927) dans ses ouvrages "la minéralogie de la France et de ses colonies", et "les enclaves des roches volcaniques" a apporté de nouvelles connaissances minéralogiques et chimiques des roches volcaniques de l'Oranie.

- J. DELAPARENT (1945) et G. MILLOT (1953) reprennent et complètent l'étude géologique et minéralogique de la région.
- G. SADRAN (1958) a étudié le volcanisme récent de la région et publié diverses analyses chimiques des roches éruptives.
- En 1971, puis 1978 l'ORGM et SONAREM ont effectué une estimation économique des gisements Bentonitiques de Hammam Boughrara.
- B. FENET (1975) et P. GUARDIA (1975) actualisent les données structurales et géodynamiques de l'Oranie.
- H. BELLON et R. BROUSSE (1977), et BELLON et GUARDIA (1980) publient des résultats de datations radiométriques (K/Ar) et attribuent au volcanisme Oranais un âge moi-plio-quaternaire (9- 4,5 - 1 Ma).
- En 1979 SIDAM (Société industrielle Canadienne) réévalua les réserves d'argiles Bentonitiques de la région de Maghnia et publia des rapports sur leurs qualités.
- M.BENEST (1982) a étudié la tectonique et la microtectonique des monts de Tlemcen.
- Les travaux de G. THOMAS (1984) ont été consacrés à l'analyse géodynamique du bassin intramontagnard du bas Chélif et l'extrémité orientale de la Moyenne Tafna.
- M.MEGARTSI (1985) précise les données volcanologiques et pétrologiques du volcanisme de l'Oranie Nord Occidentale. Il étudie notamment le volcanisme calco-alcalin miocène situé dans la zone Tifaraouine
- Bouzedjar, et le volcanisme alcalin mioplio-quaternaire de la basse Tafna, les Souhaita, et de Ain Timouchent.
- LEMOU et KOUDIL (1993) ont montré l'appartenance des laves miocène des secteurs de Ain Roumana et Hadjrat El Kahla (moyenne Tafna) à la série calco-alcaline à tendance alcaline.
- ABAD (1993) dans son étude des laves quaternaires de la région de Ghazaouet établit une carte géologique à 1/25000, et confirme le caractère alcalin des laves émises dans ce secteur.
- Les travaux de M. GUENDOUIZ (1994) sont consacrés à l'étude de l'évolution géomorphologique et géodynamique des monts des Traras.
- A-LOUNI-HACINI et Al (1995) complètent les datations (K/Ar), actualisent et mesurent le passage du volcanisme calco-alcalin au volcanisme alcalin en Oranie.
- A ces travaux s'ajoutent les travaux accomplis par plusieurs sociétés industrielles, sur les gisements d'argile bentonitique apparus dans les milieux volcanogènes de la région.
- En 1992 l'ORGM division de Sidi-Bel-Abbès a rédigé un rapport sur les travaux de révisions des argiles Bentonitiques de Hammam Boughrara (site Dar Embarek).
- En 1994 SIDAM a réalisé des cartes de distributions des paramètres chimiques et physiques des Bentonites de la région de Maghnia.
- Khadîdja GRAINE (2000) met en évidence les différents facteurs conduisant à la bentonitisation dans les milieux volcanogènes de la région de Hammam Boughrara.
- ENOF groupe de BENTAL (2002) publie : 'le projet de développement des gisements d'argiles Bentonitiques de Maghnia et Mostaganem'.
- A. LOUNI (2002) a mis en évidence le passage du volcanisme calco-alcalin au volcanisme alcalin par des analyses géochimiques.
- En 2003 Boukhedimi étudie en détail les facies rhyolitiques de la région et met en évidence une coulée ignimbritique à Hammam Boughrara.

- En 2004, Belmouhoub, dans sa thèse de Magister, a étudié la minéralisation sulfurée associée aux roches volcaniques du massif de Tifaraouine.
- En 2005, Remaci a apporté sa contribution dans sa thèse, à travers une étude de pétrologie et de géochimie des associations tardi hercyniennes de l'Oranie.
- En 2007, Benali s'est focalisé sur le magmatisme tertiaire de tous le nord algérien, et lui a consacré une thèse où il a abordé le cadre géodynamique et les implications metallogéniques
- En 2008, Bendoukha, a réalisé dans sa thèse, une étude dynamique, pétrographique et géochimique du volcanisme de la Basse Tafna. Il met en évidence trois épisodes volcaniques majeurs (strombolien à la base puis phréatomagmatique et enfin strombolien au sommet)
- En 2009, Bendoukha et al ont contribué dans un article en apportant de nouvelles données sur les caractères dynamiques et géochimiques du volcanisme alcalin Mio-Plio-Quaternaire de l'Oranie nord occidentale.
- En 2010 Boukhedimi met en évidence des failles en relation avec la bentonitisation et détermine l'origine hydrothermale de la bentonite de Hammam Boughrara en utilisant les isotopes d'hydrogène. Il établit le lien entre la pétrographie et le développement de la bentonitisation à Hammam Boughrara. - En 2011, Saad et Zerka ont utilisé la télédétection pour l'étude de la fracturation dans les monts de Traras
- 2012, Dehima réalisé une étude sur la minéralisation ferrière de Béni Saf où elle a précisé la nature hydrothermale de la minéralisation.
- En 2014, Renac, Louni et al ont étudié la pétrogenèse et l'altération hydrothermale météorique des rhyolites du massif volcanique de Maghnia (Tlemcen).
- En 2016 Boukhedimi met en évidence des déformations synsédimentaires et co-sismique dans la région.
- En 2017 Boukhedimi établit la relation entre l'activité des failles et le développement de la bentonitisation à Hammam Boughrara et à Mostaganem.

III. But, méthodologie du travail

III.1. Le But du travail

Le gisement d'argile bentonitique de M'zila (Mostaganem) est l'un des plus importants gisements exploité en Algérie.

Le but de ce travail est de faire une étude pétro-structurale détaillée et complète sur les argiles bentonitiques de la région de M'zila afin d'essayer de retrouver les guides de prospections pour les gisements de bentonites de la région. A cet effet nous avons réalisé une étude géologique, pétrographique et granulométrique des faciès sédimentaires et volcano-sédimentaires constituant le gisement. Ainsi qu'une étude tectonique du secteur d'étude.

Enfin nous essayons d'expliquer le mode de formation des argiles bentonitiques de la région de M'zila.

III.2. Méthodologie du travail

Dans la réalisation de ce travail nous avons suivi plusieurs étapes :

III.2.1. Un travail du terrain

Le travail du terrain consiste à décrire les différentes couches d'argiles bentonitiques du secteur. Il est localisé sur le flanc nord du gisement à cause de l'accès favorable et à la concentration des travaux d'exploitation dans cette partie du gisement.

- Dans cette étude nous avons décrit les argiles bentonitiques et les faciès sédimentaires associés aux couches exploitables, nous avons pris des mesures de direction et de pendage et nous avons réalisé des coupes géologiques au niveau de quelques couches d'argiles bentonitiques.
- De faire l'analyse des déformations à l'échelle macroscopique dans le secteur d'étude.
- L'échantillonnage a été effectué dans les différents fasciés en relation avec la bentonitisation.
- Enfin nous avons effectué un échantillonnage en fonction du changement de faciès.

III.2.2. Le travail de laboratoire

Dans le travail de laboratoire nous avons effectué :

- La réalisation et l'analyse des lames minces (Description microscopique des différents faciès rencontrés sur le terrain). ont été réalisées au niveau des laboratoires de l'UMMTO.
- L'analyse granulométrique a pour but de déterminer le pourcentage de la fraction argileuse dans les échantillons d'argiles bentonitiques de M'zila
- Analyse de microfossile du milieu de dépôt de bentonite
- Analyse morphotectonique à partir des MNT et PhotoSat de la région
- Analyse sismotectonique à partir des données de sismicité de la région
- Analyse des données et bilan des travaux déjà effectuée sur la région.

Chapitre II :

Géologie Régionale Et Locale

I. La géologie régionale

I.1. Introduction

Notre secteur d'étude fait partie de l'Oranie orientale qui fait partie du domaine tellien de nord Algérie.

Le tell et une partie de nord Algérie caractérisée par sa position sur la limite des plaques convergentes (Afrique et Eurasie), avec une zone de sismicité active à cause de la convergence des deux plaques.

I.1.1. Définition de Tell

Le « Tell » est un mot arabe qui signifie « colline ». Il désigne toute la bordure méridionale montagneuse de l'Algérie, large d'une centaine de kilomètres, et ne fait pas de distinction entre les unités géologiques. Il est parfois employé abusivement pour désigner l'Atlas Tellien, qui, lui, désigne un ensemble géologique composé de terrains plissés appartenant à la plaque africaine, contrairement au Tell qui inclut également les Kabylides, des terrains d'origine et de nature différente.[cours boukhdimi].

I.2. Description de domaine tellien

Bref :

- **Les Kabylides**

Les Kabylides, comprenant, d'ouest en est, les massifs du Chenoua et d'Alger, la Grande Kabylie et la Petite Kabylie sont composées de socle métamorphique cristallophyllien paléozoïque (principalement des gneiss âgés de 480 Ma à 300 Ma selon des datations Rb-Sr par J. Sonet, dans Durand-Delga, 1969).

Le socle est par endroits recouvert en discordance par une série sédimentaire détritique (principalement des molasses composées de conglomérats) d'âge Oligocène supérieur à miBurdigalien (Géry et al., 1981) nommée Oligo-Miocène kabyle.

Le socle Kabyle chevauche la "Dorsale (ou Chaîne) Calcaire (ou Dorsale Kabyle)"[fig.1].qui correspond à sa couverture sédimentaire Mésozoïque, composée de calcaires du Lias et de l'Eocène, de dolomies du Trias au Lias inférieur, de schistes primaires, de grès permien, et de détritique du nummulitique supérieur (Durand-Delga, 1969).

- **Les nappes de flyschs**

Les nappes de Flyschs, composées de conglomérats et autres matériaux détritiques, sont également retrouvées du Maroc à la Sicile, en passant par la péninsule ibérique, associées aux zones internes. En Algérie, ces nappes sont soit en position interne, c'est-à-dire rétrocharriées sur les zones internes (flyschs nord-kabyles), soit en position relativement externe à la bordure sud de la Dorsale Kabyle (flyschs sud-kabyles), soit totalement externes, charriées jusqu'à une centaine de kilomètres au sud, « flottant » sur le Tell externe (Figures). On distingue un certain nombre de nappes de flyschs. Durand-Delga (1969) en distingue 3 catégories :

- Les flyschs de type Guerrouch
- flyschs numidiens.
- Les flyschs Massiliens

- **Les nappes telliennes**

L'Atlas Tellien (parfois aussi appelé Tell externe), est composé de nappes allochtones imbriquées les unes dans les autres principalement des marnes d'âge triasique à néogène, provenant de la paléomarge africaine et charriées parfois sur une centaine de kilomètres vers le sud. Il existe aussi des massifs autochtones (Durand-Delga, 1969) comme, entre autres, les massifs du Bou Maad et de Blida et les massifs de la région du Cheliff (Figure ...) qui seraient des zones anticlinales où les nappes allochtones sont inexistantes ou ont été mises à nu par la tectonique post-nappes (Blès, 1971). Les nappes telliennes s'étendent de l'Oranie jusqu'à la Tunisie et chevauchent l'Atlas saharien avec des pendages nord (Bracène, 2001 ; Bracène et Frizon de Lamotte, 2002).

- **L'Atlas intracontinental**

Au sud du Tell, l'Atlas, qui est séparé de la plate-forme saharienne au sud par le front sud-atlasique, est composé d'unités autochtones. Il est divisé en plusieurs parties : l'Atlas saharien au centre, l'Aurès dans l'est algérien, et l'Atlas Tunisien en Tunisie. Les Hauts Plateaux situés dans l'ouest algérien, entre le Tell et les montagnes de l'Atlas, sont constitués d'un socle paléozoïque, peu recouvert par les sédiments méso-cénozoïques, très résistant, et peu déformé, alors que les plis et chevauchements de l'Atlas se sont développés dans les anciens bassins mésozoïques. Les chevauchements existants semblent enracinés sur des décollements à la base des évaporites du Trias (Bracène, 2001). Au sud de l'Atlas on rencontre la plate-forme saharienne, constituée de socle précambrien recouvert de sédiments paléozoïques et mésozoïques quasiment pas déformés (Frizon de Lamotte et al., 2000).

- **La couverture récente du Tell**

Recouvrant en discordance les différentes unités, les dépôts sédimentaires du Miocène « postnappes » fixent les derniers grands mouvements tectoniques à l'origine de la formation des nappes telliennes. De grands bassins littoraux tels que la Mitidja et le bassin du Cheliff, orientés OSO-ENE, sont comblés par les sédiments des transgressions marines miocènes à quaternaires. Les sédiments miocènes « post-nappes » sont constitués de conglomérats et de molasses alors que les

sédiments pliocènes sont typiquement composés de marnes. Les sédiments quaternaires sont généralement composés des fleuves dans les bassins néogènes ou d'anciennes plages quaternaires le long de la côte. L'ensemble de ces sédiments est actuellement légèrement déformé à terre, là où la tectonique récente (plio-quaternaire) s'exprime. En effet, on a retrouvé de nombreuses terrasses marines plio-quaternaires surélevées (Glangeaud, 1927, 1932, Saoudi, 1989) le long du littoral, et en particulier à l'ouest d'Alger. Au sein de l'ensemble de ces sédiments « post-nappes », on identifie également des extrusions de roches volcaniques d'âge miocène (9 à 16 Ma) et quaternaire (1 Ma) (Bellon, 1981).

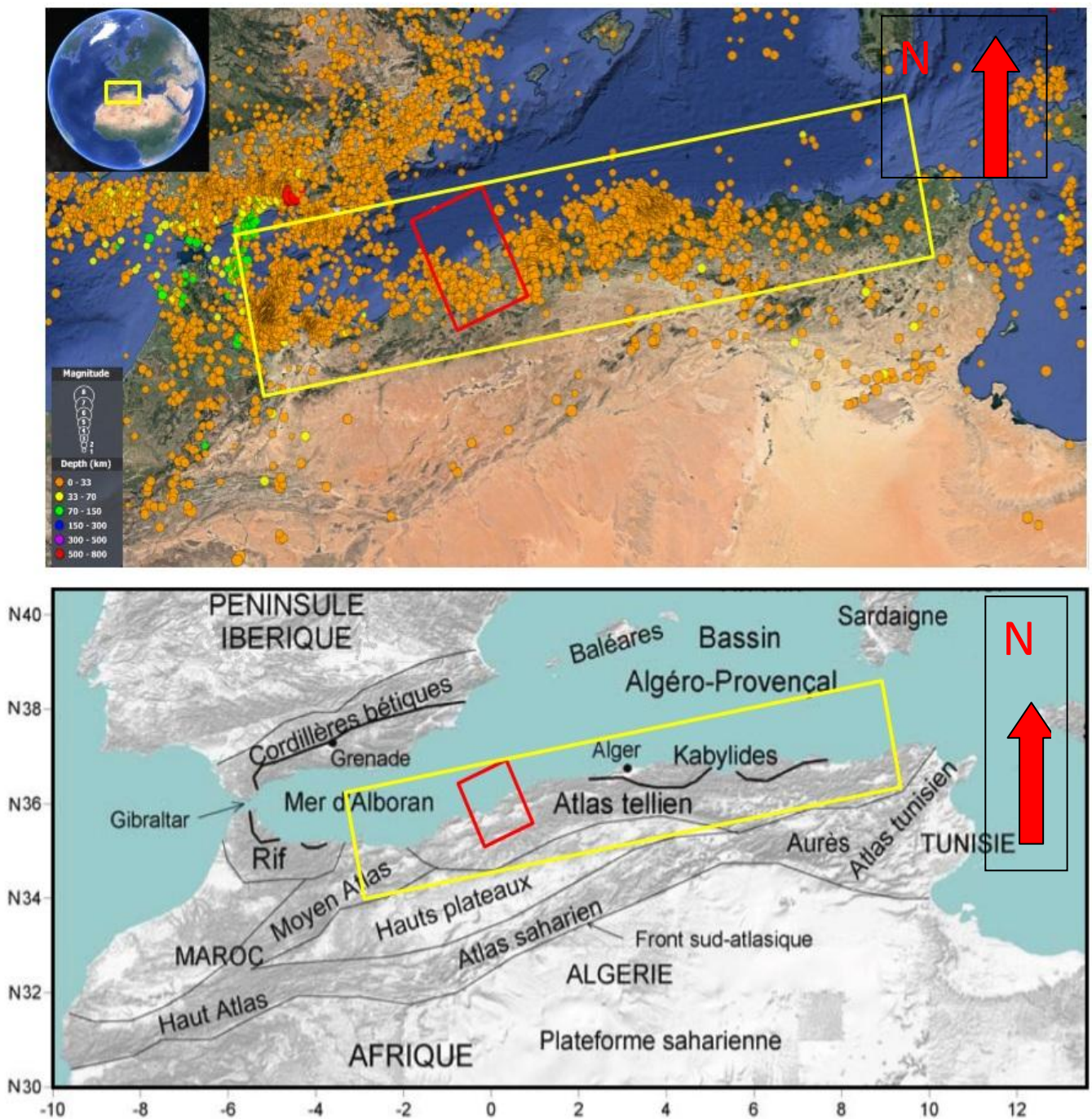


Fig. 1. Domaines structuraux de l'Algérie du Nord (Durand Delga et Fontboté, 1980) et sismicité associée (catalogue USGS jusqu'au 31 décembre 2016) (marge algérienne en rectangle jaune - Oranie en rectangle rouge).

II. La géologie locale

II.1. Cadre géographique

II.1.1. Situation géographique de l'Oranie

En français, le terme Oranie vient de la ville d'Oran qui est une déformation de Wahrân. L'Oranie est une région de l'Ouest algérien comprenant tout le nord-ouest de l'Algérie et correspond approximativement aux wilayas suivantes : Oran, Ain-Temouchent, Mascara, Mostaganem, Ghelizane, Saida, Sidi Bel Abbès, Tlemcen, Tiaret. La capitale de la région est la ville d'Oran.

Cette région d'Algérie est limitée à l'est par la moyenne vallée du chlef, à l'ouest par la région de l'oriental (Maroc), au nord par la mer méditerranée et au sud par les hauts plateaux occidentaux, elle se caractérise aussi par la proximité des côtes espagnole, la distance entre la wilaya de Ain-Timouchent et Almeria est de 94KM à 180km. L'Oranie correspond au tell occidental, cependant certains lui ajoutent les wilayas du sud jusqu'à la wilaya de Béchar comme le journal le quotidien d'Oran mais cette région est aussi appelée 'le sud oranais'. La superficie de cette région est de 63 277 km².

L'Oranie fait partie du nord-ouest algérien, et représentée par des terrains telliens de deux types :

- Bassins telliens
- Monts telliens

• Les Bassins

- de Mostaganem (Ghelizane)
- de Hābra
- de la moyenne et basse Tafna
- du sahel d'Oran
- du M'sirda Souahlia

• Les Monts

- Beni Chougrane
- Tessala
- Traras
- Tlemcen
- Murdjadjo

Arzew Ces bassins sont encadrés par ces monts telliens Bassin de Tafna encadré : Au sud par les monts de Tlemcen Au nord par les monts de Fellaoucene Bassin de Mostaganem encadré : Au sud par Beni Chougrane L'Oranie est décomposée en trois parties (voir fig.1) :

- la partie orientale : s'étend de l'est de Oued Chlef jusqu'à Arzew
- la partie centrale : s'étend de la plaine de Hābra (Arzew) jusqu'à Sahel d'Oran (les Andalouses)
- la partie occidentale : Sahel d'Oran (les Andalouses) jusqu'aux frontières algéro-marocaine.



Fig.2. Image Google Earth montrant la subdivision de l'Oranie (Monts et Bassins)

II.1.2. Situation géographiques du bassin de Bas Chélif

Le bassin de Bas Chélif fait partie intégrante des bassins néogènes sublittoraux d'Algérie.

Il se présente sous forme d'une gouttière jalonnée par une succession de plaines et de plateaux, d'une longueur qui peut atteindre 300 Km et d'une largeur de 100 Km [PERRODON, 1957, THOMAS, 1985] et s'allonge selon une direction ENE-WSW.

Sa marge nord est délimitée d'Ouest en Est par : les massifs littoraux (Djebel Murdjajo, les Monts d'Arzew et la chaîne du Dahra et enfin les Beni Menacer).

Sa marge sud est constituée des Monts des Tessala, des Ouled Ali, des Beni Chougrane et de l'Ouarsenis (Fig.3).

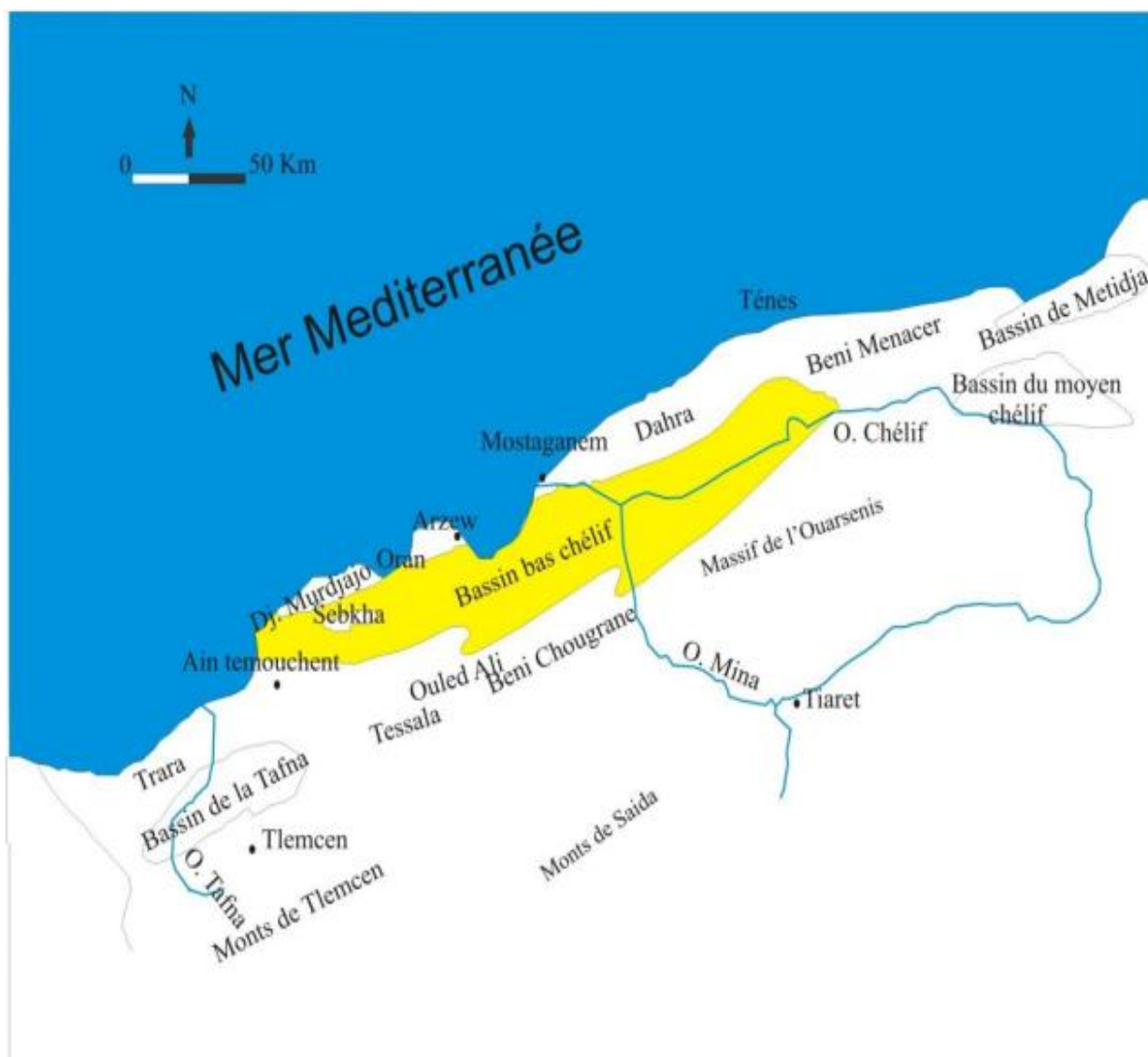


Fig.3. Situation géographique générale du bassin du Bas Chélif (D'après PERRODON, 1957)

II.1.3. Situation géographique de gisement étudié

La région de M'zila se localise dans la bordure nord de la partie amont du bassin du bas Chélif. Le gisement de M'zila se situe à 35 Km à l'ENE de Mostaganem et à 10 Km du village Achasta.

Les coordonnées géographiques du centre du gisement sont :

$X = 0^{\circ} 26' 28.86''$, $Y = 36^{\circ} 1' 25.76''$.

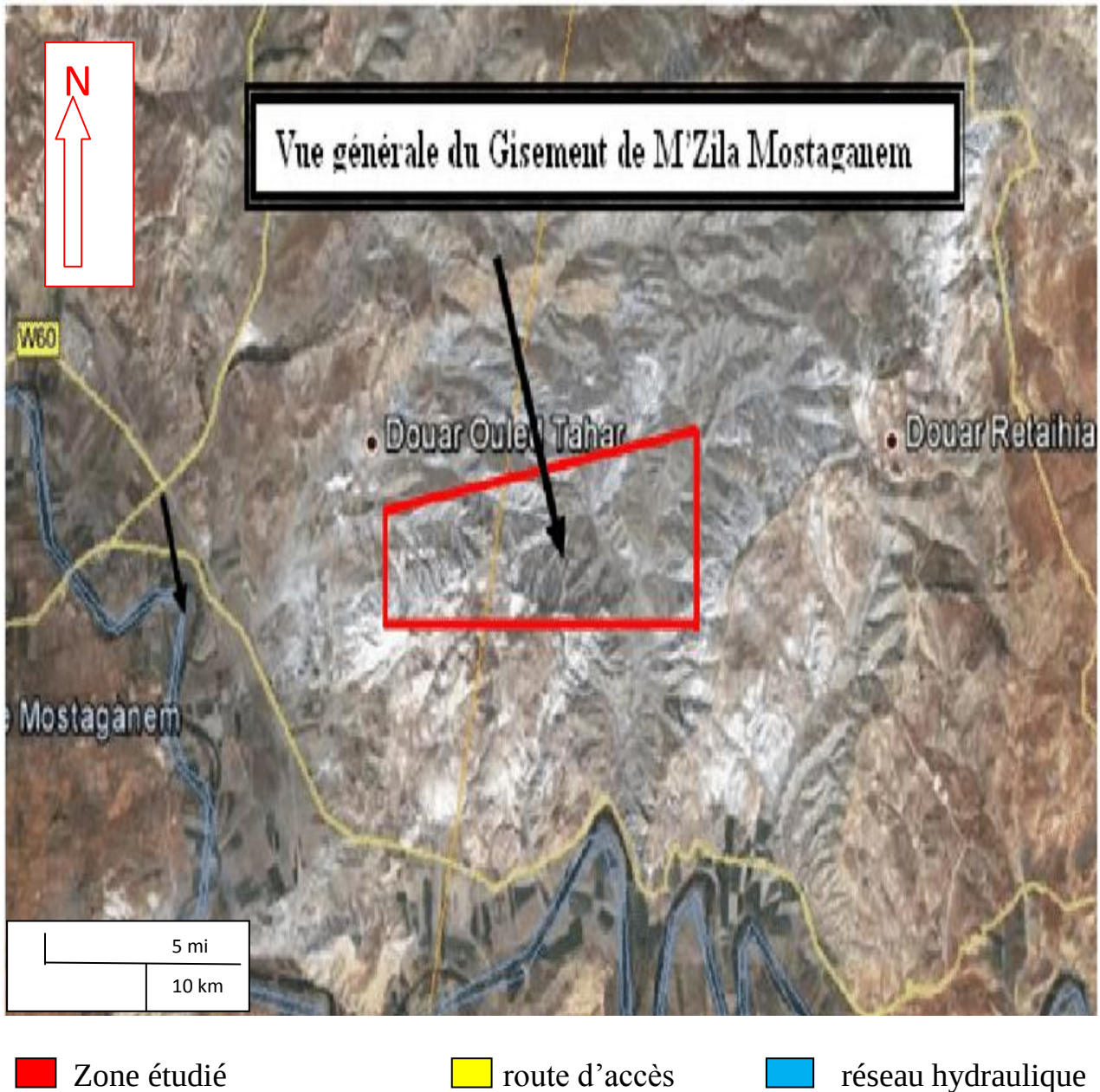


Fig.4. Vue générale du Gisement de M'Zila

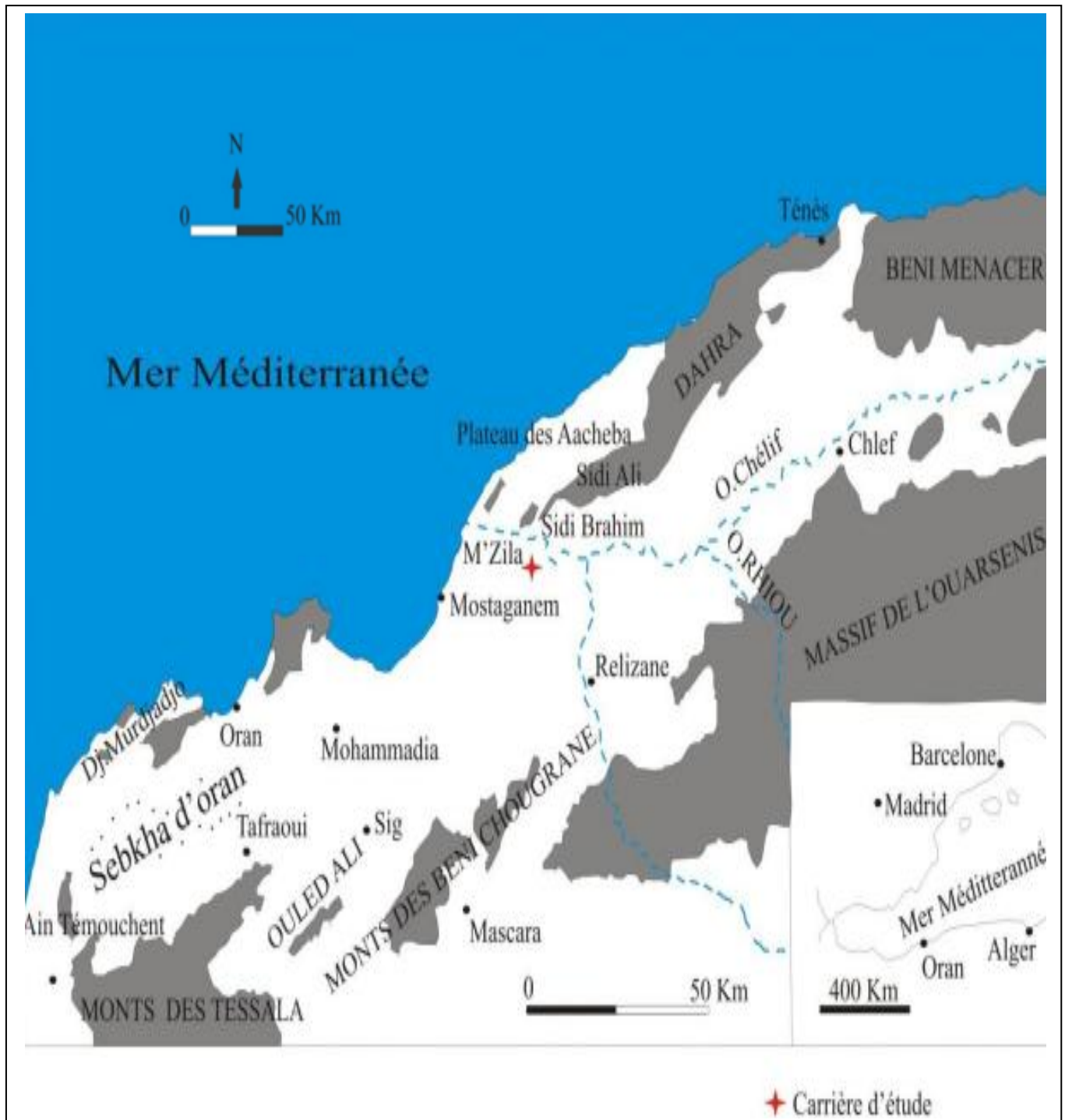


Fig.5. Localisation de la région de M'zila dans le bassin du bas Chélif.

II.2. Cadre géologique du bassin du bas Chélif

A travers le secteur de bassin du bas de Chélif, le bassin se localisé à proximité d'une lité de ouede Chelif.

Le bassin néogène du Bas Chélif fait partie d'un ensemble des bassins néogènes et quaternaires de la chaîne tello- rifaine de direction Est- Ouest.

C'est un bassin intramontagneux, post nappes de forme losangique qui s'allonge sur plus de 300 Km de long et 100 Km de large, à sédimentation allant du Miocène au Quaternaire (Perrodon, 1957).

Il est limité au Sud par les monts des Tessala, des Ouled Ali, des Béni Chougrane et de l'Ouarsenis.

Au Nord ce bassin est séparé de la Méditerranée, d'Ouest en Est, par les massifs littoraux oranais (Djebel Murdjadjo, Djebel Orousse) et le massif du Dahra qui est orienté Est- Ouest, s'étend sur une longueur de 70 Km à partir de l'embouchure du Chélif à l'Ouest et jusqu'aux massifs de Miliana à l'Est (Fig. 5).

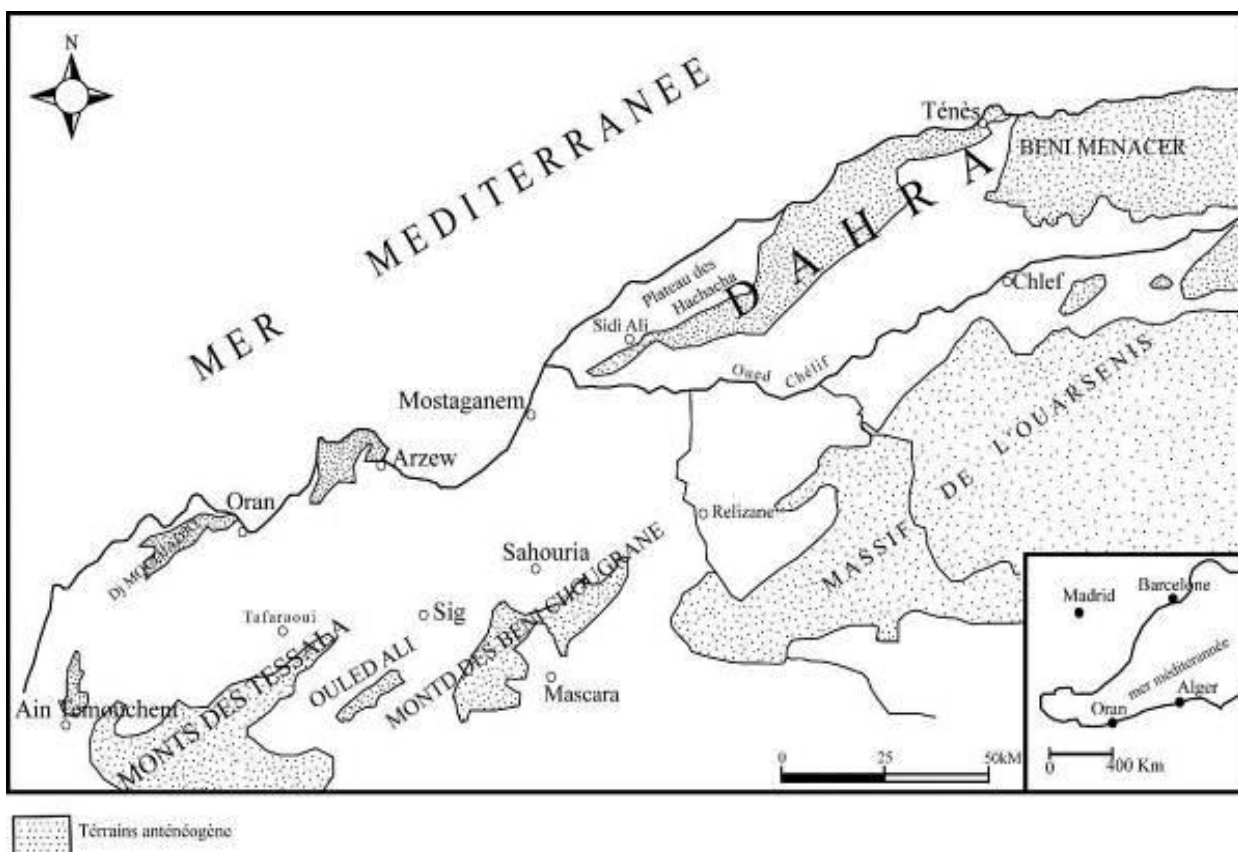


Fig.6. Bassins néogènes et quaternaires de l'Algérie du Nord (Aït Benamar. D, 2002).

II.2.1. Au point de vue tectonique

Le bassin du Bas Chélif fait partie des bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie nord occidentale (fig. 3). Il s'agit d'un bassin synorogénique lié aux phases paroxysmales de l'orogénèse alpine (PERRODON, 1957 ; DELFAUT et al, 1973 ; DELTEIL, 1974 ; GUARDIA, 1975).

La sédimentation d'âge Mio-Pliocène reposant en discordance sur le substratum mésozoïque (schistes du Crétacé) témoigne en faveur d'un bassin subsident. Un bassin qui se distingue par des variations spatio-temporelles des faciès (BELKEBIR et al. 2002). Son histoire néotectonique est marquée par plusieurs étapes (MEGHRAOUI, 1982). Au Serravallien supérieur et au Tortonien inférieur, une phase distensive est à l'origine de l'ouverture du bassin et de la mise en place de structures en horst et graben. Ces structures sont par la suite comblées au Tortonien supérieur et au Messinien par une épaisse série de marnes ou de marnes à diatomites issue de la transgression du Tortonien supérieur. Au Pliocène inférieur, une phase compressive importante provoque la formation des plis de direction 110°N.

Elle devient paroxysmale après les dépôts du Pliocène inférieur ce qui a pour effet d'accentuer les structures plissées du Tortonien supérieur et du Messinien. L'épisode compressif devient N-S au Pliocène supérieur déformant ainsi les niveaux continentaux contemporains suivant des plis de direction E-W.

II.2.2. Au point de vue stratigraphique

Stratigraphiquement, le bassin du Chélif est composé de formations d'âges Miocène inférieur, Miocène supérieur, Pliocène et Quaternaire (PERRODON, 1957) :

• Miocène inférieur

Le Miocène inférieur (Burdigalien) transgressif est discontinu sur le substratum Crétacé, matérialisé par des conglomérats, des grès et des marnes bleues. Il correspond à la Mégaséquence I de DELFAUD et al. (1973).

1.2.2. Miocène supérieur

Cet intervalle chronologique est marqué par une nouvelle transgression, correspondant au deuxième cycle post nappes (DELTEIL, 1974 ; FENET, 1975 ; BESSEDIK et BELKEBIR 1991). Ce cycle est représenté par le Mégaséquence II de DELFAUD et al. (1973). Il occupe presque tout le bassin du Bas Chélif. Les dépôts y sont transgressifs et discordants sur les terrains antérieurs (BELKEBIR et al. 1996). Il est cadré par deux importantes discontinuités, bien observées sur les marges nord et sud du bassin. La première correspond à une transgression progressive d'âge Tortonien, la seconde coïncide avec la base de la transgression du cycle Pliocène (BELKEBIR et al. 2002). Au, se manifeste une sédimentation diatomitique prenant place au centre du bassin (milieu profond) ; sur les larges et haut-fond, s'installent des plates-formes carbonatées (PERRODON, 1957 ; GOURINARD, 1958 ; ROUCHY, 1982 ; SAINT-MARTIN, 1987, 1990 ; SAINT-MARTIN et al., 1992 ; CORNEE et al., 1994) où les formations coralliennes connaissent leur maximum de développement et tendent à isoler le bassin de la mer ouverte en le conduisant à des conditions de plus en plus difficiles et l'installations d'une sédimentation évaporitique et gypsifère (ROUCHY, 1982 ; ROUCHY et al., 2007).

- **Pliocène**

Le Pliocène représente dans le bassin du Bas Chélif, un cycle sédimentaire complet, débutant par une transgression sur les séries gypseuses de la fin du Miocène et se terminer par la régression « astienne ». Cette dernière est formée par la succession des dépôts suivants (PERRODON, 1957 ; BELKEBIR, 1986) : -niveaux détritiques de base ; -marnes bleues et calcaires construits (Plaisancien) ; -grès marins (Astien) ; -grès continentaux.

- **Quaternaire**

Occupe principalement la plaine d'Oued Chelf, il est formé principalement par des conglomérats et des argiles sableuses

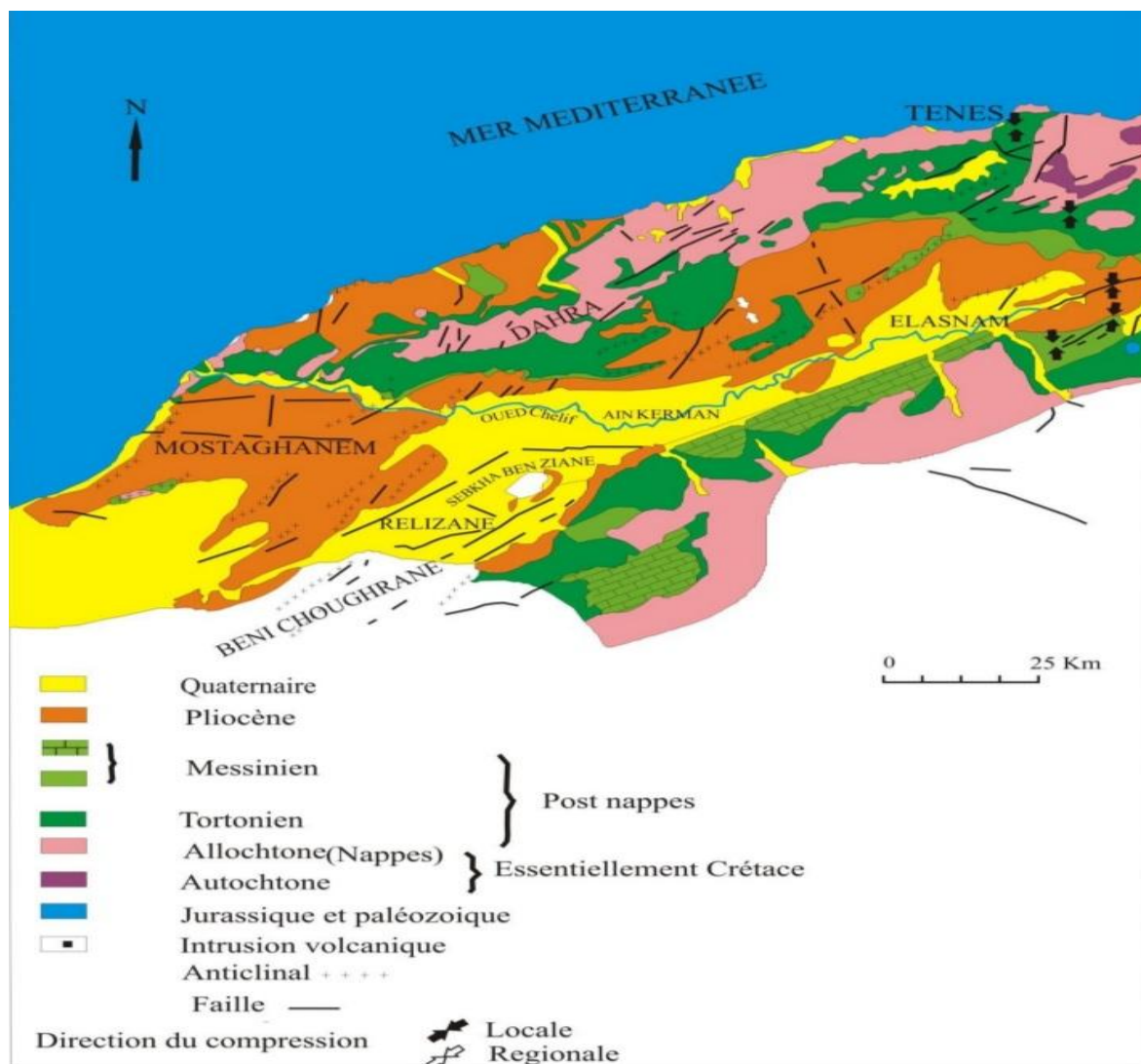


Fig.7. Carte géologique du bassin du Bas Chélif [PERRODON, 1957 ; BELKEBIR, 1986].

III. Informations générales sur le gisement de M'zila (Mostaganem)

L'unité de Mostaganem est formée de 02 sites distincts, avec une usine de traitement située en zone urbaine, à l'intérieur du port, et un gisement d'argiles bentonitiques brutes (portant le nom de M'zila) distant d'environ 40 Km de cette dernière situé au Nord –Est de Mostaganem à environ 10 Km à l'est du chemin goudronné reliant la commune de Sour à la Daïra de sidi Ali à l'est du village Achasta Amour, il y a à peu près 10 Km de piste pour atteindre les chantiers en exploitation.

L'infrastructure routière actuelle s'avère adéquate pour la plupart des travaux et les besoins éventuels, seulement les pistes qui mènent aux chantiers en exploitation deviennent impraticables pendant la période des intempéries. La carrière de M'ZILA peut être atteinte par véhicule motorisé.



Fig.8. Situation du gisement par rapport à l'unité de Mostaganem

- Autorisation d'exploitation N° 246 du 06 JUIN 2004.

Superficie du périmètre minier : 369 Ha.

- Localisation :

Lieu-dit : M'zila Commune de : Sidi Ali Daïra de

Wilaya de : Mostaganem

III.1. Informations sur l'usine

- **Date d'entrée en production** : 1947 Ex SECA – ALGERIE.
- **Date de création de l'ENOF** : 16 Juillet 1983.
- **Raison sociale** : Société des bentonites d'Algérie.
- **Activité** : Développement, production et commercialisation de la bentonite.
- **Statut juridique** : Société par actions.
- **Tutelle** : Ministère de l'énergie et des mines.
- **Siège social** : 31 Rue Mohamed Hattab – Belfort – ALGER
- **Adresse de l'unité** : Terre-plein du port – Mostaganem
- **Superficie** : 6200m² environ (terrain Propriété de l'entreprise portuaire de Mostaganem).
- **Patrimoine immobiliers** : 01 atelier de maintenance et 01 magasin pour les approvisionnements (tous deux à l'extérieur du port).

III.2. Produit : 4 types de bentonite

- bentonite du forage pétrolier (boue viscosifiante des trous de forage).
- bentonite du forage hydraulique (boue viscosifiante des trous de forage).
- bentonite du fonderie.
- bentonite du charge industrielle pour diverses industries.
- bentonite pour alimentation de bétail.
- **Capacité de production** : 14000T à 17000T vu la vétusté des équipements.



Fig.9. Unités Bental – Mostaganem (Google Earth)

CHAPITRE III :
Analyse sédimentologique et
pétrographique, du secteur d'étude

I. Introduction

Notre secteur d'étude présente des dépôts sédimentaires et volcano sédimentaire qui peuvent être défini selon notre étude et analyse sur le terrain avec des logs litho stratigraphique qui représente les couches d'argile bentonitique du secteur d'étude.

Le gisement d'argiles bentonitiques de M'zila est encaissé dans des formations sédimentaires d'âge Miocène supérieur. Il est constitué par quatorze couches numérotées de 1 (la plus récente) à 14 (la plus ancienne).

Les couches d'argiles bentonitiques forment les flancs nord et sud d'un synclinal de direction E- W, dont l'axe a une orientation sub latitudinale et plonge progressivement vers l'ouest. Elles affleurent en direction d'une façon discontinue entaillée par les ravins.

Les couches du flanc nord ont un pendage de 20° à 40° vers le sud, tandis que les couches du flanc sud possèdent un pendage de 10° à 35° vers le nord.

La limite orientale qui coïncide avec la terminaison du synclinal est soulignée par une zone faillée. Dans cette partie les couches changent de direction et s'incurvent pour continuer vers l'ouest et le sud ouest.

II. La lithologie du gisement

Le gisement d'argiles bentonitiques de M'zila appartient à la formation de marnes bleues médianes du Miocène supérieur (Miocène post nappe) du bassin du bas Chélif. Cette formation repose en discordance sur les grès de base.

A l'échelle du gisement et sur le flanc nord, nous allons essayer de décrire les différents faciès qui affleurent dans la région d'étude.

II.1. Les grès de base

Les grès de base affleurent sur une dizaine de mètres, de direction N160° et pendage 20° vers l'ouest. Ce sont des grès ferrugineux d'épaisseurs métrique (Photo. 1).

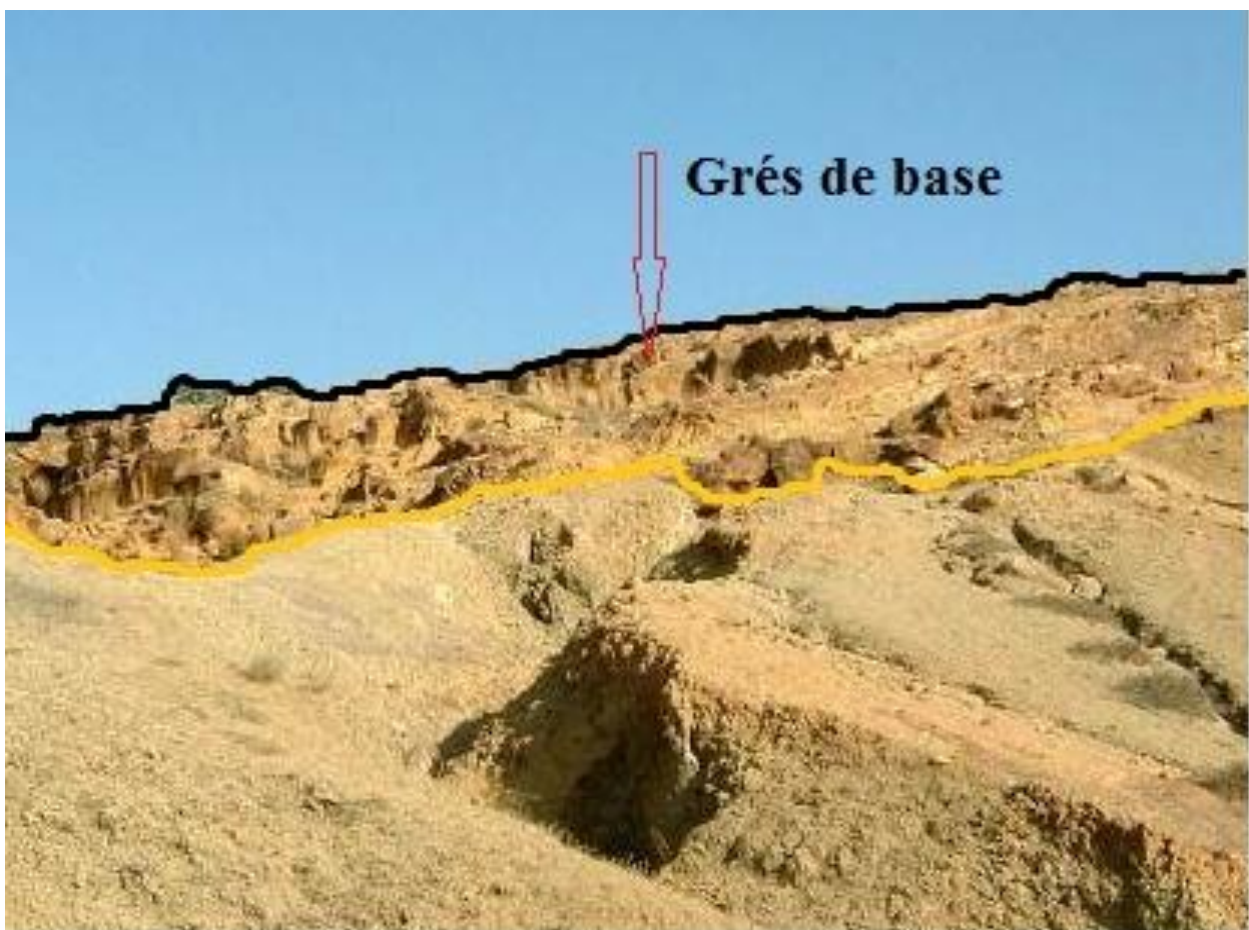


Fig.1. Les grès de base ferrugineux d'épaisseur métrique.

II.2. Les marnes bleues

Elles reposent en discordance sur les grès de base. Elles forment une épaisse série de 500m d'épaisseur, de couleur grise légèrement bleuâtre (Photo. 2).

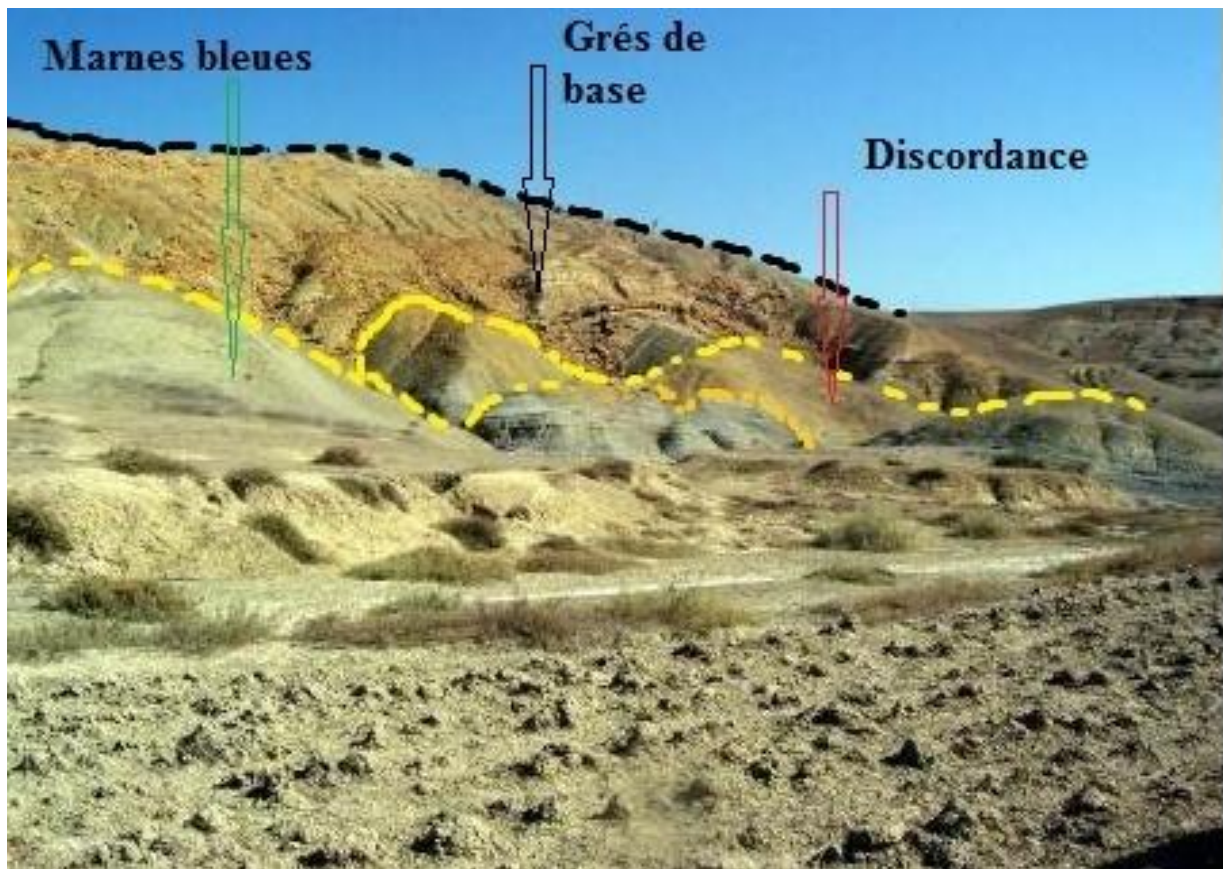


Fig. 2. Les marnes bleues discordantes sur les grès de base.

II.3. Les argiles bentonitiques

Sur les marnes bleues se déposent les différentes couches d'argiles bentonitiques en bancs isolés d'épaisseur allant de 2 à 6m et qui sont intercalées par des bancs centimétriques de grès friables et micacés.

A l'oeil nu les couches sont craquelées à l'état sec, de couleur gris clair à gris sombre parfois gris verdâtre (état humide) et blanche. Les couches sont généralement sableuses et riche en mica noir.

II.4. Les grès

Ils forment de petits bancs d'épaisseur centimétrique, ils sont intercalés avec les couches d'argiles bentonitiques tantôt à la base tantôt au sommet, de couleur gris clair à gris sombre. Ces grès sont friables et riche en mica noir.

Vers la partie perisynclinale orientale du gisement on observe un dôme bréchique qui correspond à une formation dure silteuse affectée par une intense tectonique (Photo. 3).



Fig. 3 : Le dôme bréchique.

III. Description des couches et des coupes

Dans ce travail nous avons étudié sept couches d'argiles bentonitiques parmi les quatorze couches qui forment le gisement, ce sont respectivement de la plus ancienne vers la plus récente : C. 14 C. 12, C. 11, C. 10, C. 7A, C. 4 et C. 3.

D'après les coupes qui ont été réalisées par ENOF (2002) et que nous avons effectuées au niveau des différentes couches d'argiles bentonitiques étudiées, on constate que les couches montrent pratiquement la même évolution lithologique, où on observe bien l'interstratification des couches d'argiles bentonitiques avec des bancs centimétriques de grès micacé. D'Ouest en Est ce sont les coupes DD', EE' et CC' (carte qualité du gisement).

Les couches sont séparées par d'épaisses séries d'argile d'une dizaine de mètres (Fig.4).

III.1. La couche 14

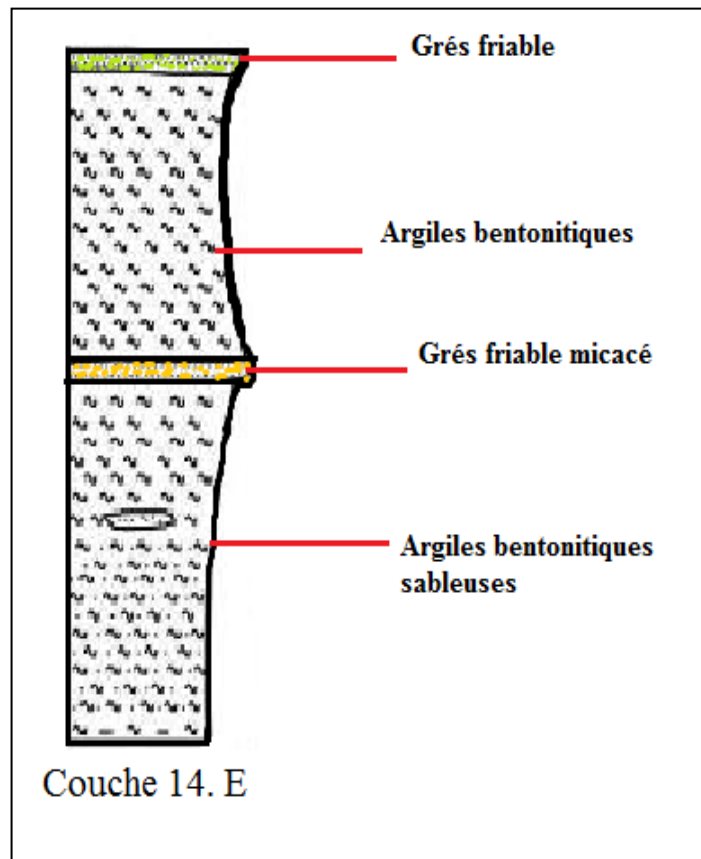
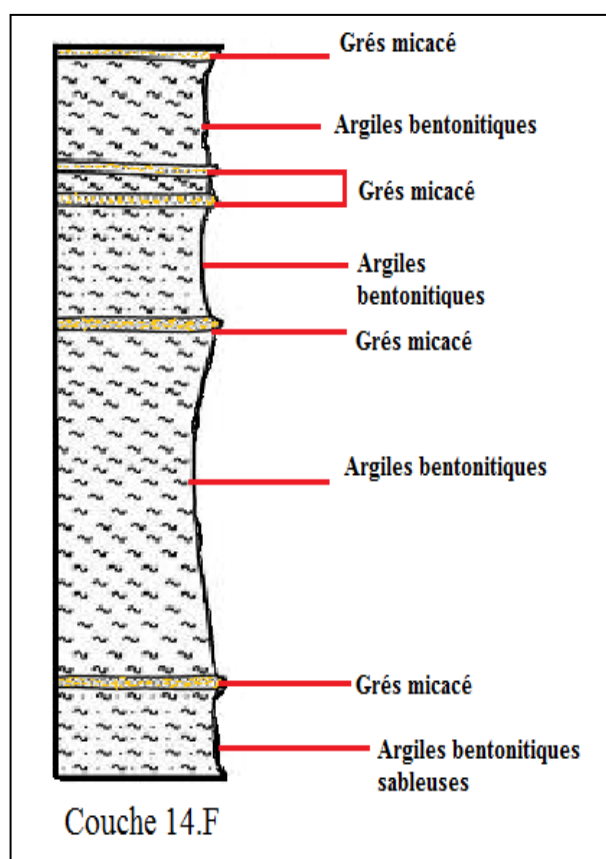
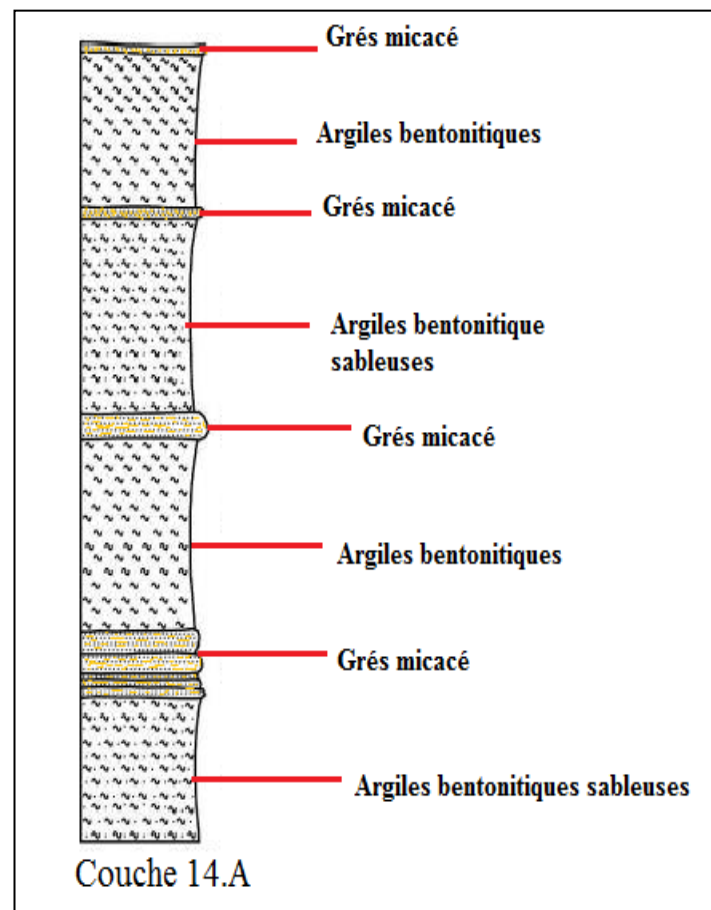
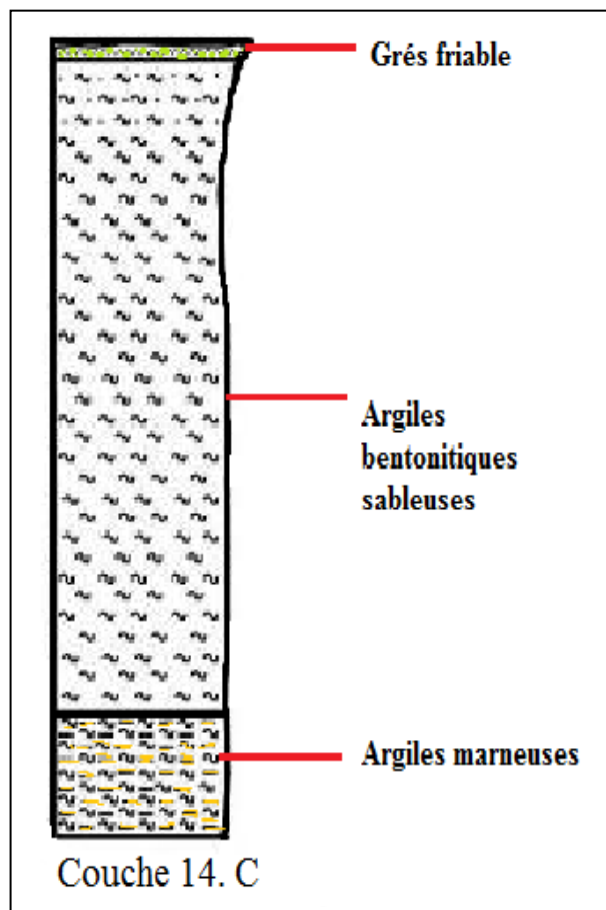
La couche 14.f. Elle est située sur le flanc nord du synclinal et forme la limite nord de l'exploitation du gisement 1, l'épaisseur varie entre 2 à 9m (C.14.F) (dont l'épaisseur moyenne est égale à 6m, de direction N80°, pendage 40° vers le sud, de couleur gris clair à gris sombre, sableuse et riche en mica noir.



Fig. 5 : Couche d'argile bentonitique friable 14.F de couleur gris sombre.



Fig. 6 : Couche d'argile bentonitique 14 montrant des intercalations rythmiques de grès.



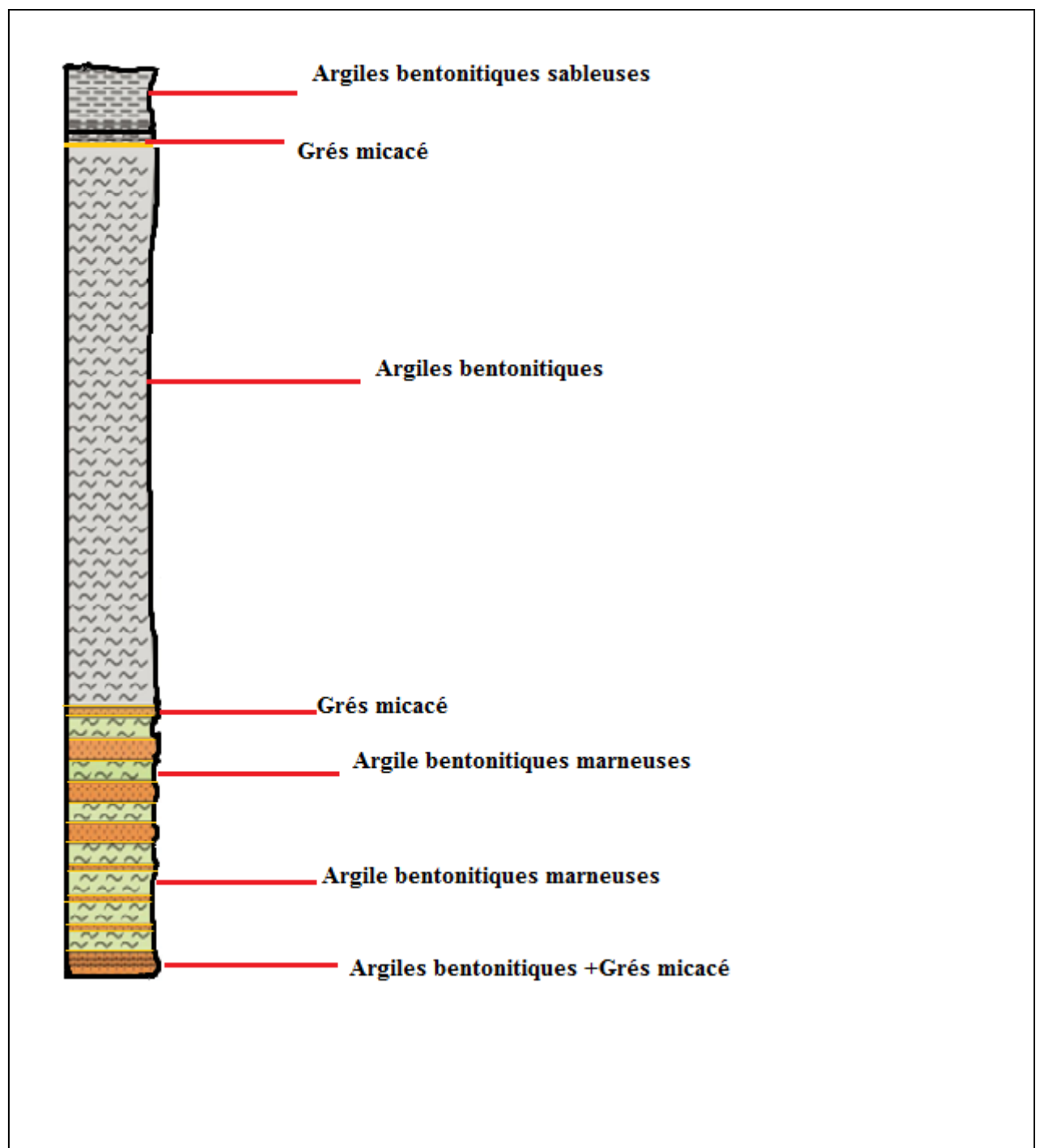


Fig.7. Colonne lithologique représentant les différentes couches XIV

III.2.La couche 12

L'épaisseur de la couche 12 est environ de deux (2m) elle est très totalement fissurée, de teinte blanchâtre à gris clair (à l'état sec), de pendage 30° vers le sud.

Cette couche est intercalée par des niveaux de grès friable un peu à la base et peu abondant au sommet d'épaisseur de 20 et 50 m.

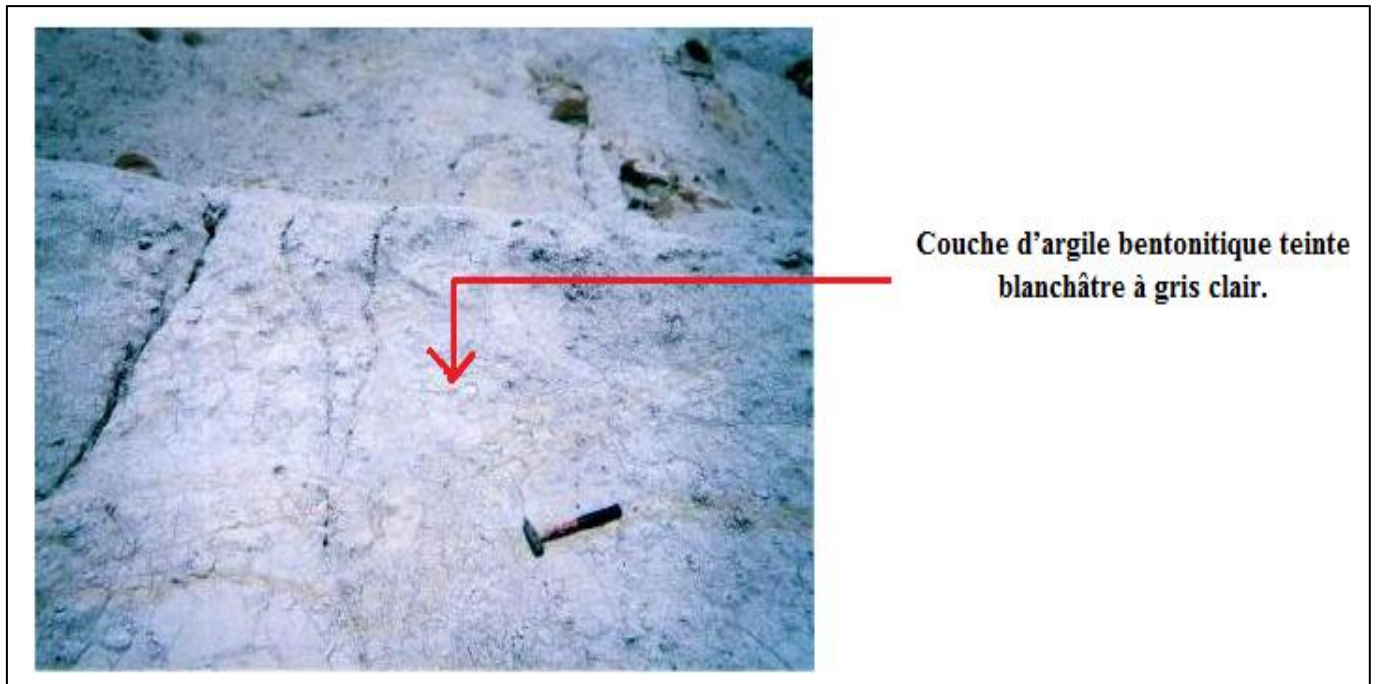


Fig. 8 : Couche d'argile bentonitique 12 de teinte blanchâtre à gris clair.

III.3. La couche 11

La couche 11 caractérise par une épaisseur arrivant jusqu'à 6m généralement la couche elle est très humide, de couleur gris sombre à gris verdâtre, de direction N 90° et pendage 25° vers le Sud.

Lenticulaire de grès micacé, de taille centimétrique et elle se termine par un niveau centimétrique de grès friable.

Vers la partie sommitale la couche est recoupée par des veinules remplies de gypse.

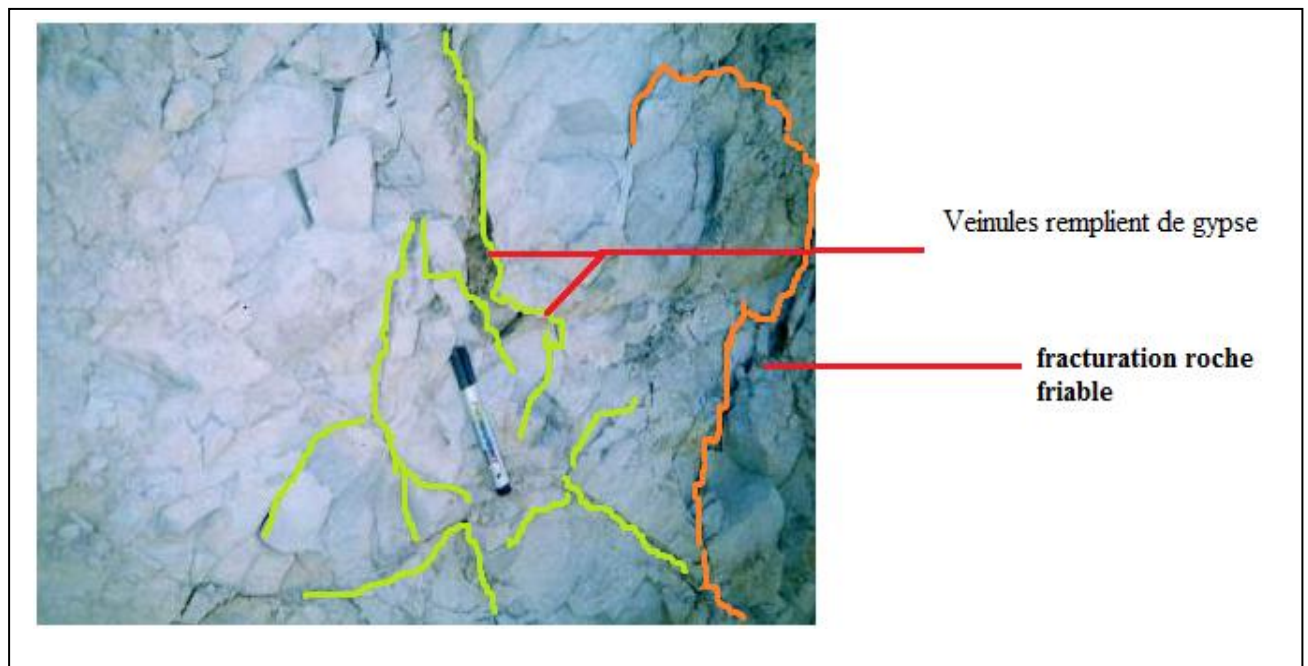


fig. 9 : Sommet de la couche 11 recoupée par des veinules de gypse.

III.4. La couche 10

A travers de cette image nous avons deux couches d'épaisseur environ de 5m, les grès friables et les grès micacés elles sont d'une couleur gris clair, du pendage varie entre 40° à 20° vers le sud en allant d'Ouest à l'Est du flanc nord et de direction N120°.

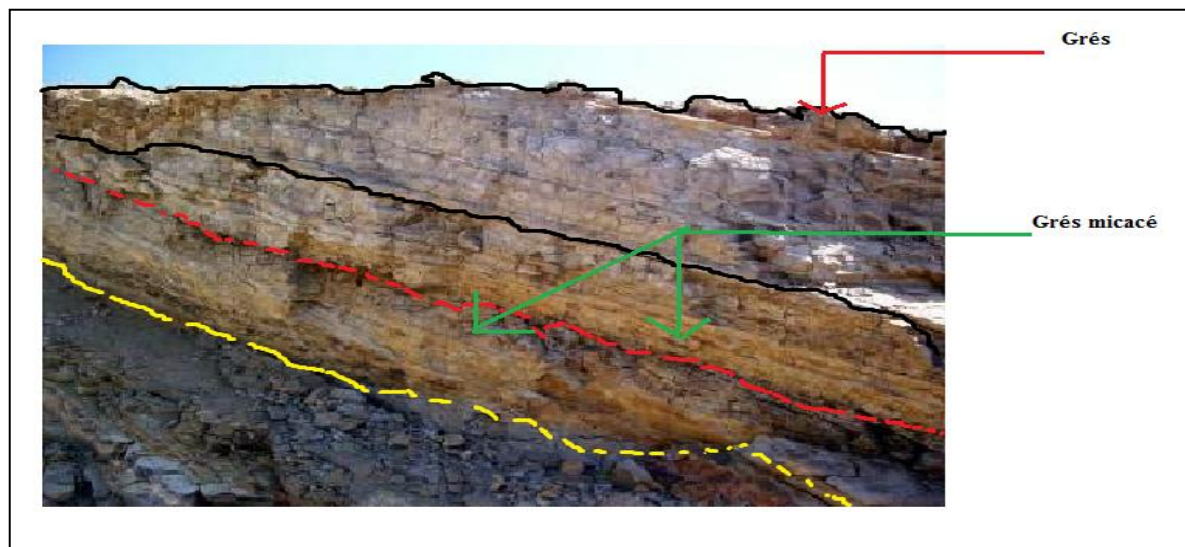


Fig.10 : Couche 10 de couleur gris clair montrant des intercalations de grès micacé.

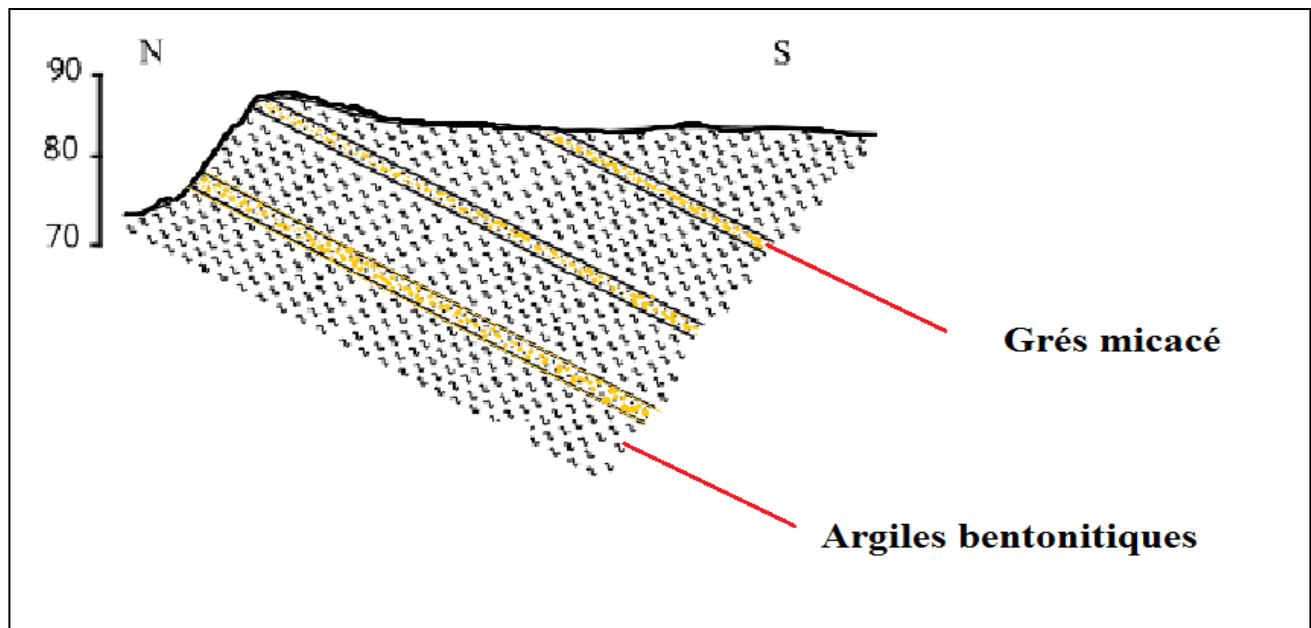


Fig. 11 : Coupe géologique DD' de la couche 10 de pendage 20°S.

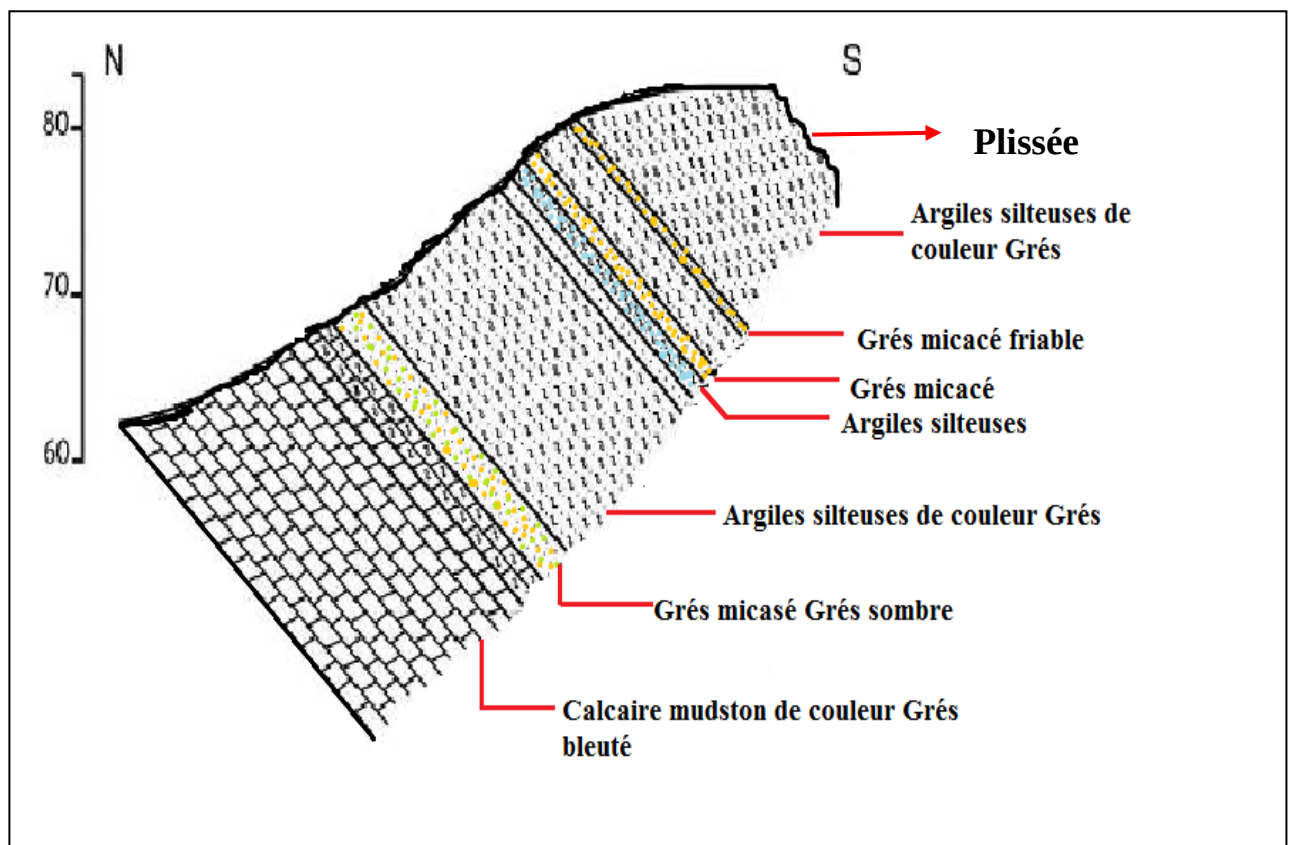


Fig. 12 : Coupe géologique CC' de la couche 10 de pendage 40°S.

III.5. La couche 7.A

La couche 7.a caractérisé par deux phases (à l'état sec et à état humide), elle est de 6m d'épaisseur, de pendage 35° vers le Sud.

Elle est très blanche à l'état sec.

Elle est gris clair (état humide).

III.6. La couche 4

Elle est de 6m d'épaisseur, de pendage 30° vers le sud, de couleur gris clair, très craquelée et sableuse). Cette couche est inter stratifiée par des petits bancs d'épaisseur centimétrique (de 15 à 30 cm) de grès friable, sableux et riche en mica noir.

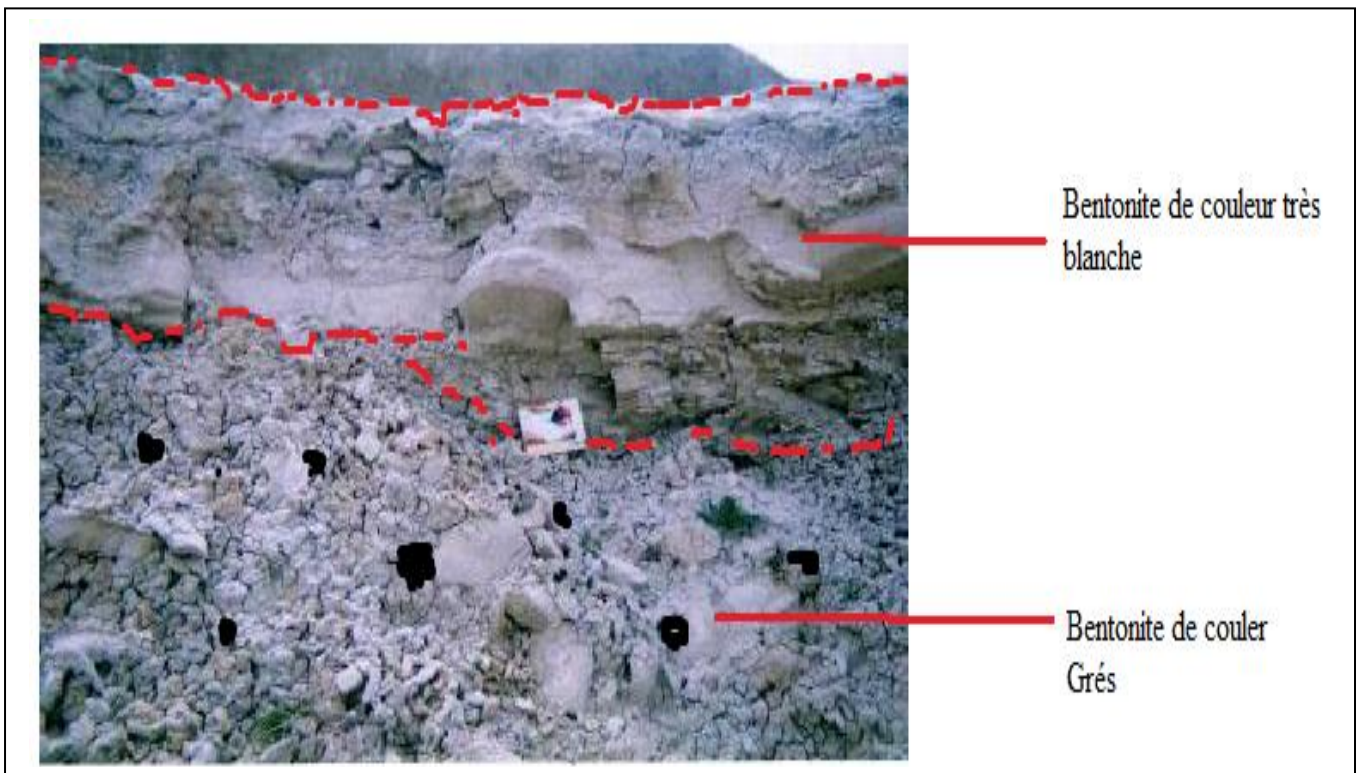


Fig. 13 : Couche 4 de couleur gris clair.

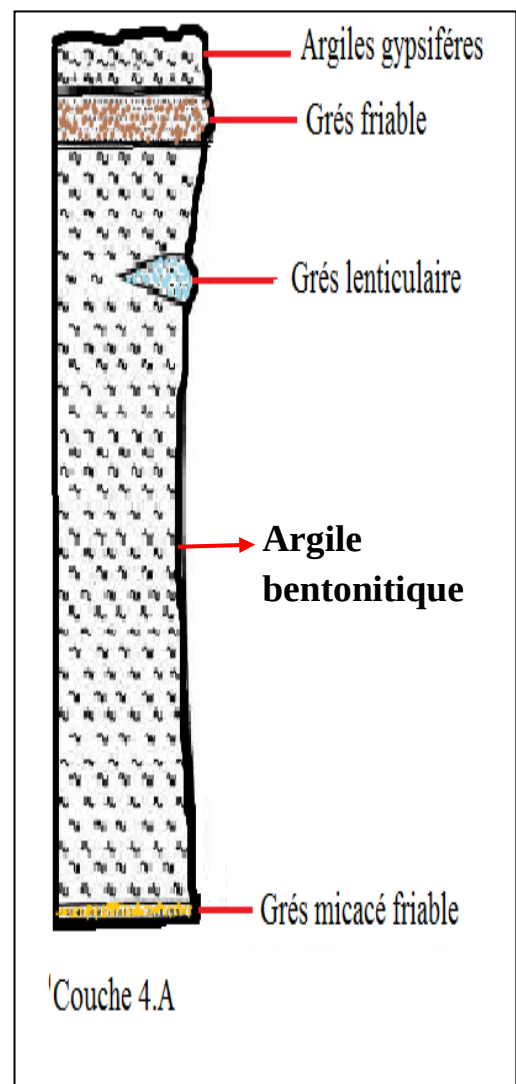
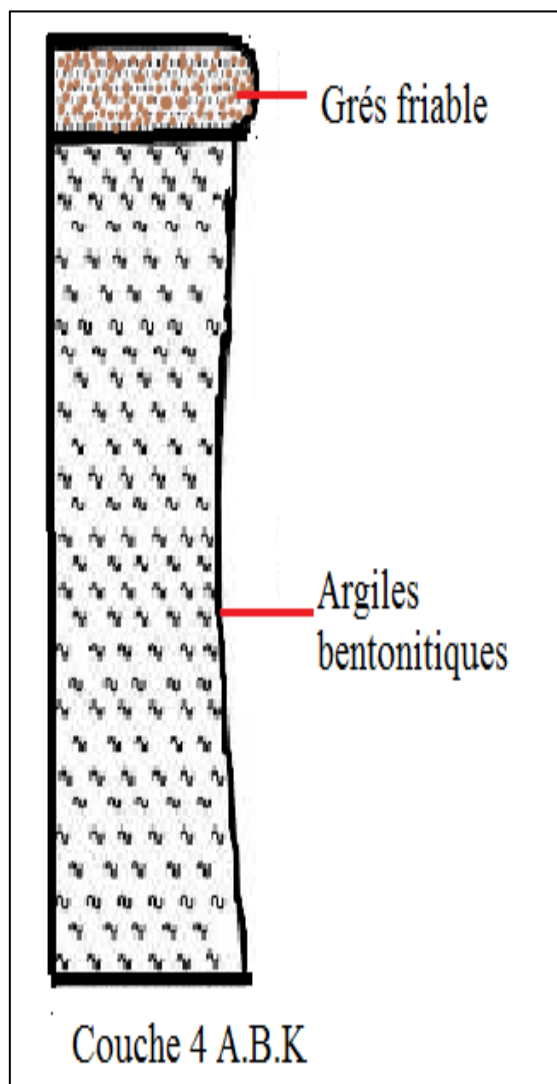


Fig. 14 : Colonne stratigraphique de la couche 4 (ENOF, 2002).

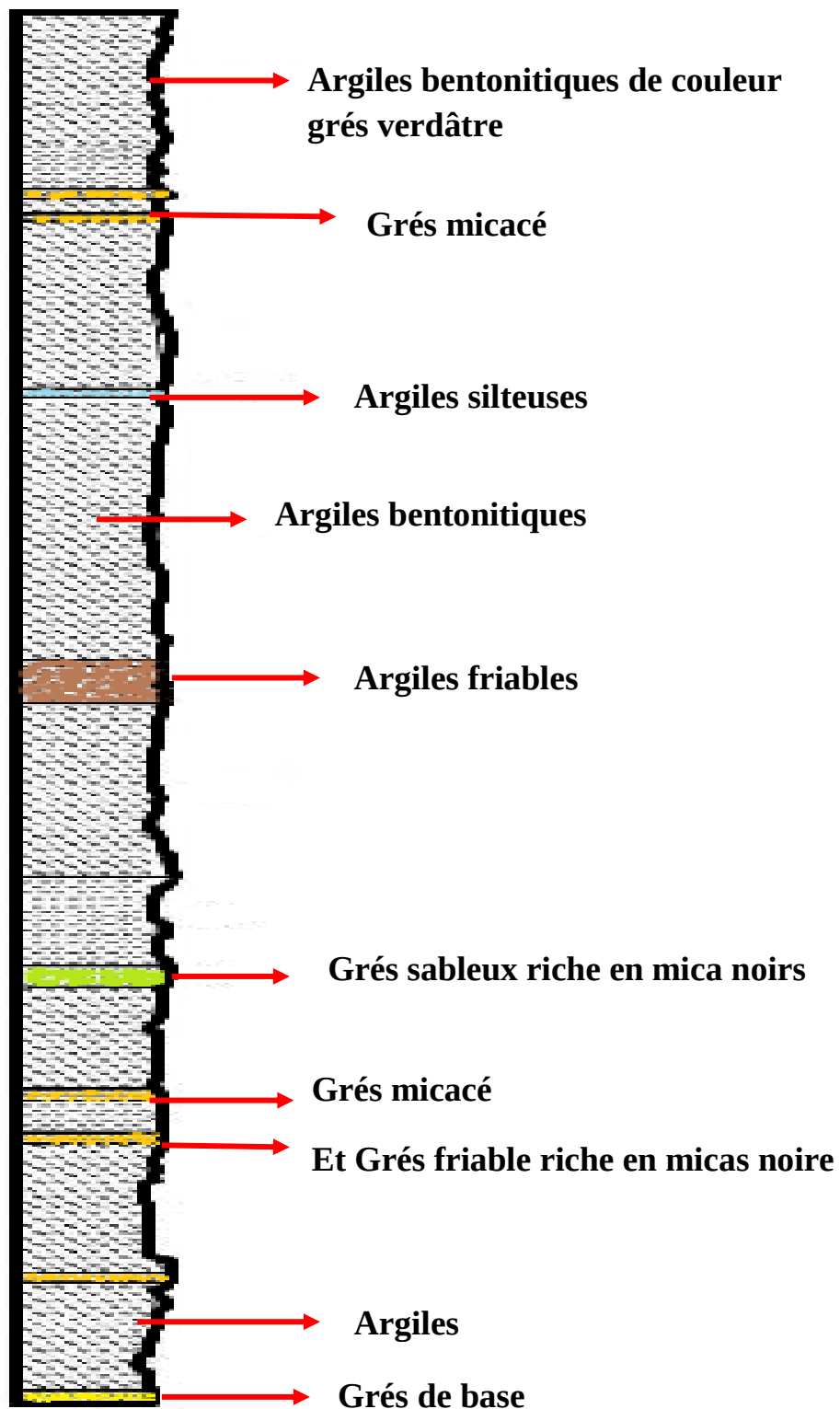


Fig. 15 : Colonne stratigraphique synthétique EE'.

III.7. Analyse des microfossiles

A partir de l'analyse des couches et des faciès nous avons trouvé des microfossiles.

Ce sont des foraminifères (*Globorotalia-margaritae*), qui indiquent un milieu du dépôt marin aquatique.



Fig.16. Il s'agit de *Globorotalia-margaritae* typique du miocène supérieur –pliocène inférieur à moyen

Réalisé par : [D. Fayçal et M. Hichem] Le : 17 juin 2022

IV. Étude pétrographique

IV.1 Introduction

L'étude pétrographique des échantillons prélevés au niveau des différentes couches d'argiles bentonitiques étudiées et au niveau du dôme bréchique (partie perisynclinale orientale du gisement), nous a permis de mettre en évidence les faciès suivants.

Macroscopiquement sur le terrain nous avons :

- Les grès micacés
- Les fragments des rhyolites
- Calcaire mudstone
- Les argiles silteuses

Description macroscopiques :

Macroscopiquement les échantillons G14.a, G14.b, G14.c, G14.d, et G14.e, sont de couleur gris claire, compactes et à grains fins. Les échantillons G7a, et G7b; G7d, et G7f, montrent un passage graduel depuis une argile silteuse à la base vers un grès micacé. L'échantillon G7c, prélevé dans la partie sommitale de la brèche est un carbonate gréseux de couleur plus sombre et riche en mica noir.

IV.1.1 Grés micacés

Il apparait sous forme d'un banc formé par des grés et des sables souvent hétérométriques, avec une forte teneur en minéraux colorié notamment du mica (la biotite)

Il renferme souvent des fragments des roches volcaniques rhyolitiques.

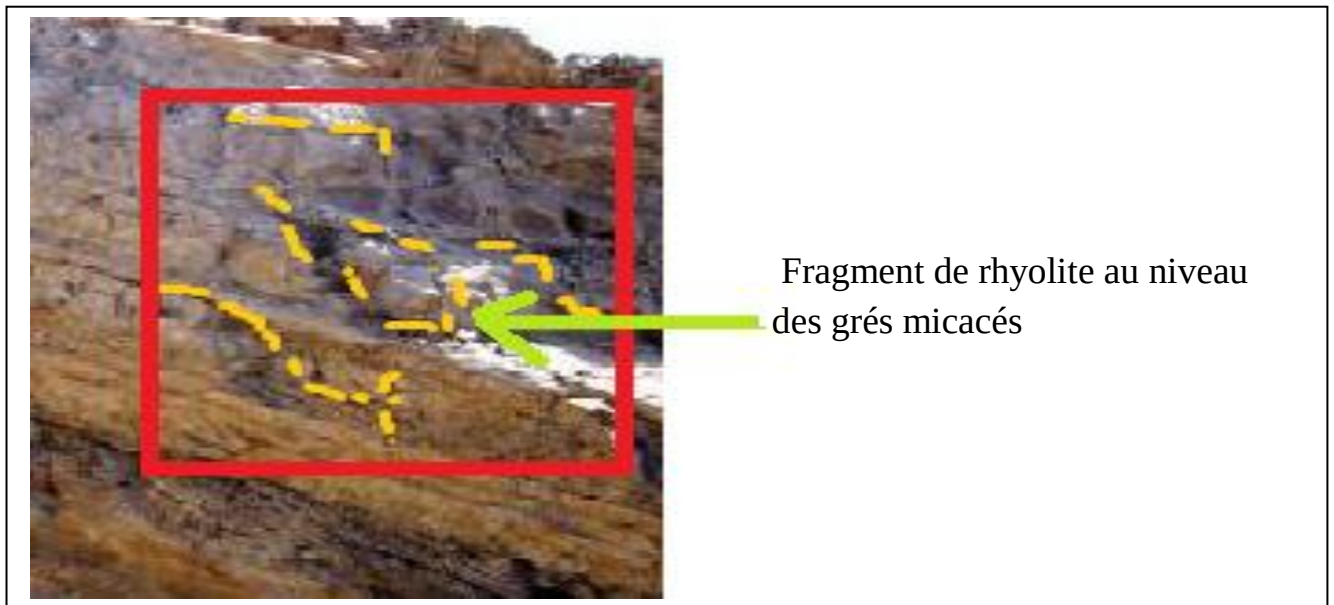


Fig.17 : vue macroscopique de fragments des rhyolites au niveau des grés micacés.

IV.1.2. Les fragmentes des rhyolites

Apparence sous forme et tailles différentes souvent centimétrique par fois décimétriques de couleur grés et souvent incluse dans des niveaux des grés micacés.



Fig.18 : fragment de rhyolites

IV.1.3. Les argiles silteuses bentonitisées

Souvent de couleur grés claire à blanchâtre à grain fin.



Fig.19 : Argiles bentonitiques de couleur grés



Fig. 20: Argile bentonitiques de couleur grés claire à blanchâtre à grain fin

IV .1.4. Les calcaires mudstone

Et une roche sédimentaire à grain fin grés apparue sous forme compacté souvent à couleur grisâtre à grés foncé et clouter la série sédimentaire.

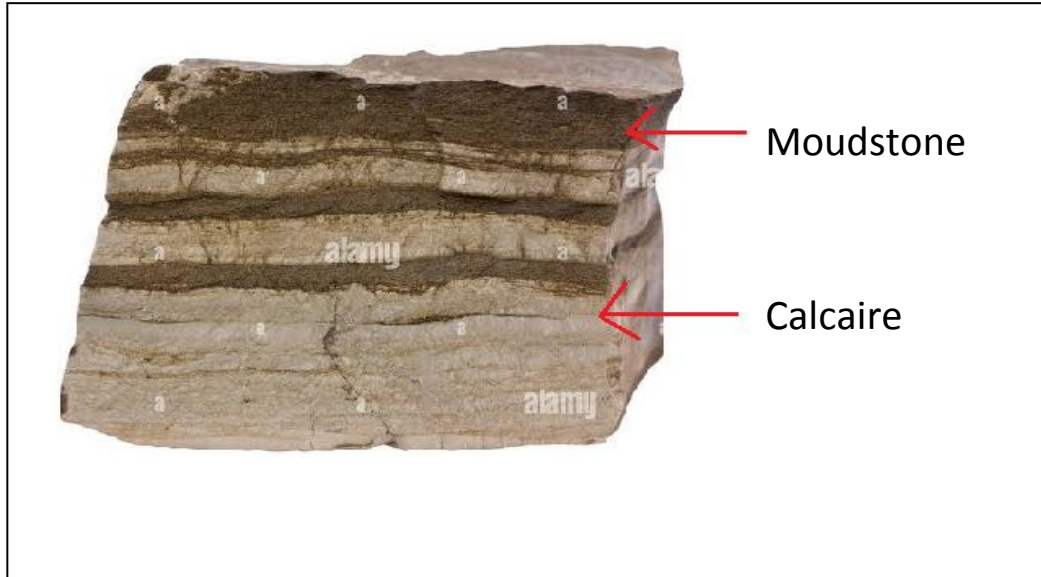


Fig.21 : stratification d'une roche sédimentaire (Calcaire Mudstone)

Remarque

La bentonitisation c'est la transformation des formations volcaniques rhyolitiques formant des dômes et présentant une certaine viscosité en argile bentonitique.

IV.2. Étude microscopique des faciés touchés par la bentonitisation

Microscopique le phénomène de la bentonitisation se développe essentiellement dans les argiles bentonitiques silteuses et les grés micacé avec la transformation des feldspaths et les biotites.

Le pourcentage de quartz altérable joue un rôle important pour déterminer l'exploitabilité.

IV.2.1. Les grés micacés

Et un grès quartzeux, (le quartzite et un gré très siliceux), et composé essentiellement par des quartzs et des micas caractérisé par deux phases.

- Une phase clastique
- Une phase de liaison

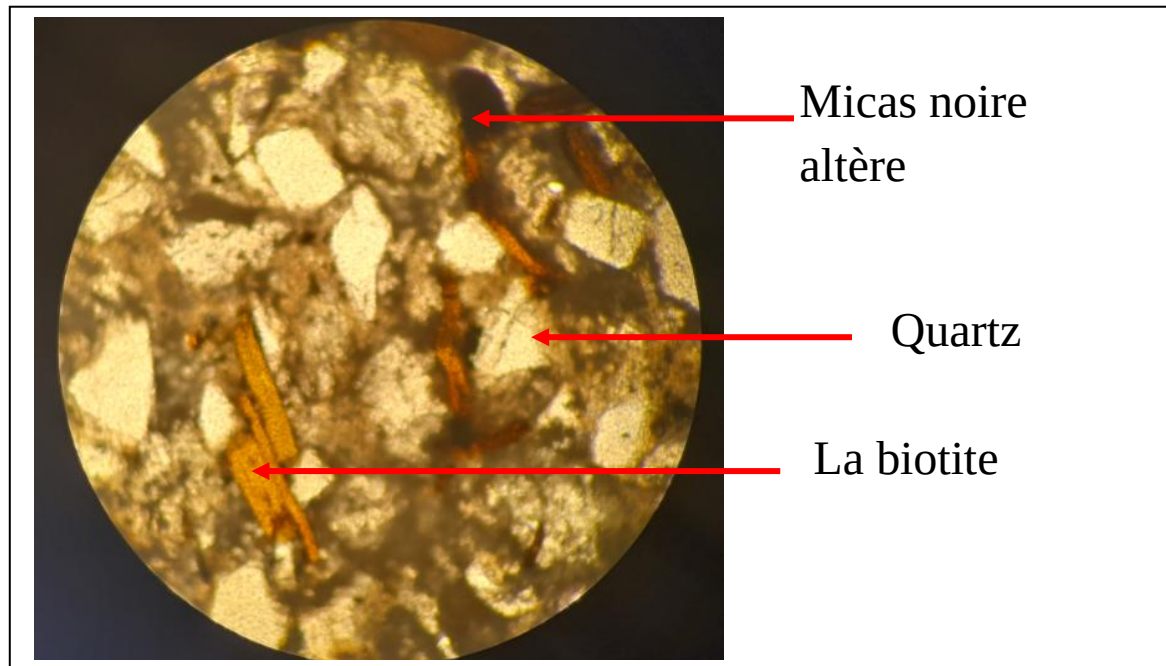


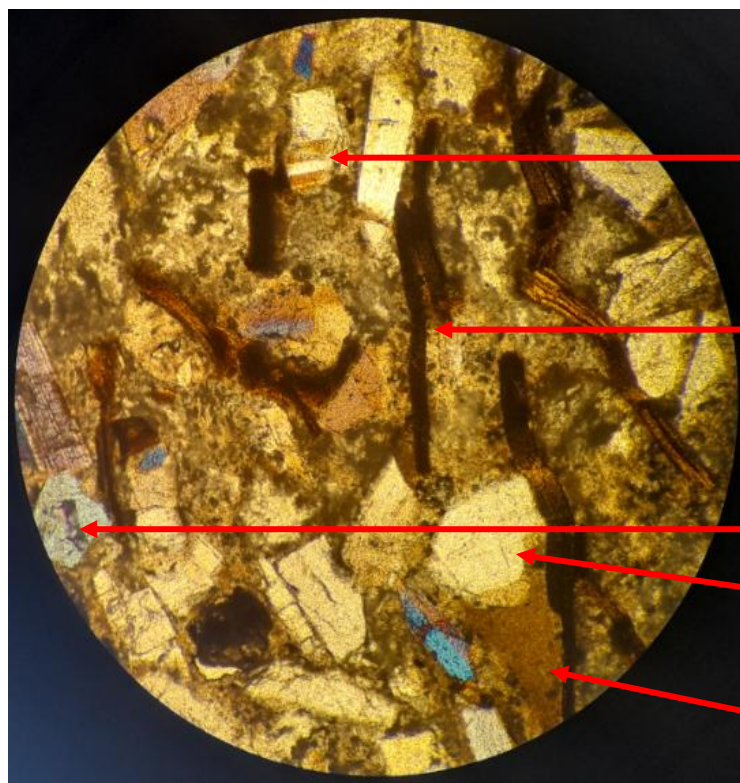
Fig.22 : vue microscopique d'un grès micacé (LPA.G10.40)

IV.2.1.1. La phase clastique

Elle est composée essentiellement de minéraux et fragments de minéraux ou des débris (surtout des quartzs et des feldspaths les micas), anguleux (brèches)

La phase clastique montre des éléments anguleux mal classés microscopiquement témoignant ainsi d'un transport court. Ces éléments ne montrent ni fluidalité ni orientation préférentielle.

Dans la région de Mostaganem on y trouve une matrice fine causé par le transport avec des éléments fins, Bentonitisé, filialité apparente ou les pyroclastites se développent.



Plagioclase

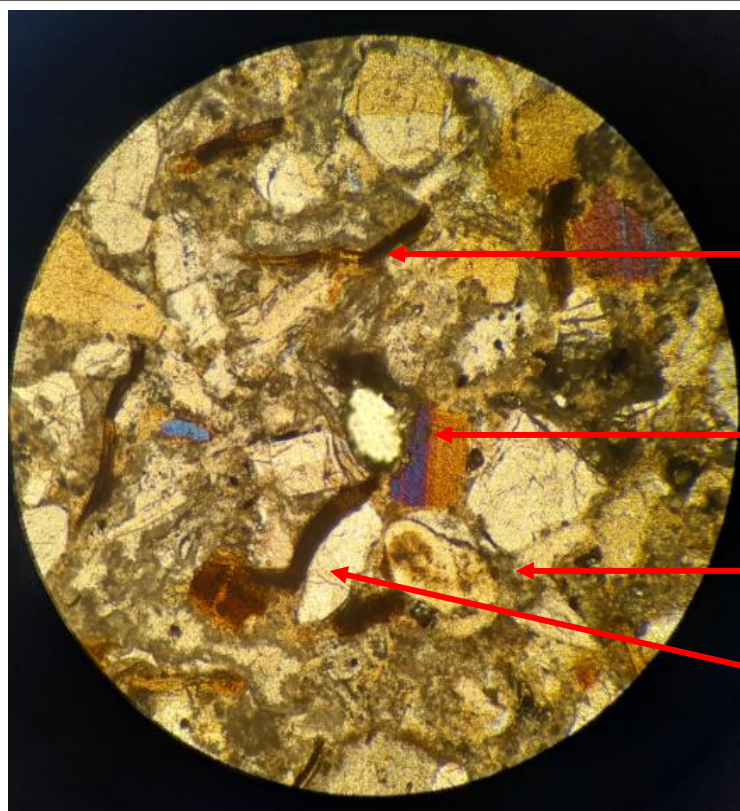
Biotite

Plagioclase

Quartz

Argile
bentonitiques

Fig.23. Grès micacé à ciment argileux (LPA.G10.40)



Biotite

Sanidine

Feldspath

Quartz
Exinomorphe

Fig.24. Grès micacé à ciment argileux carbonaté (LPA.G10.40)

IV.2.1.2. La phase de liaison :

La phase de liaison principale des éléments figurés est l'argile qui se présente sous forme d'une matrice micritique. C'est un matériel détritique qui se dépose en même temps que la phase clastique, car les minéraux constitutifs ne sont pas jointifs.

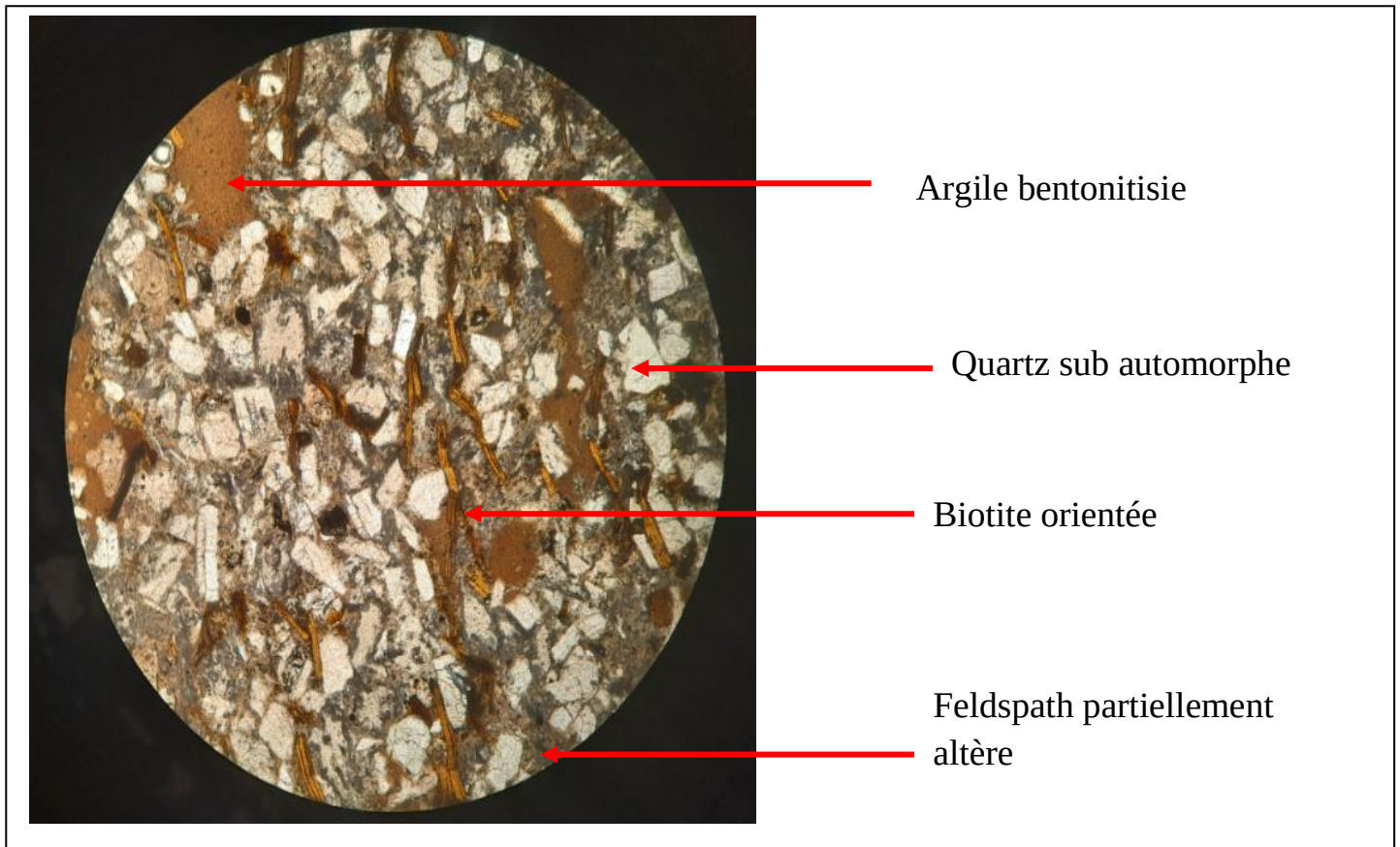


Fig.25. Grès micacé à ciment argileux carbonaté. (LPA.G10.40)

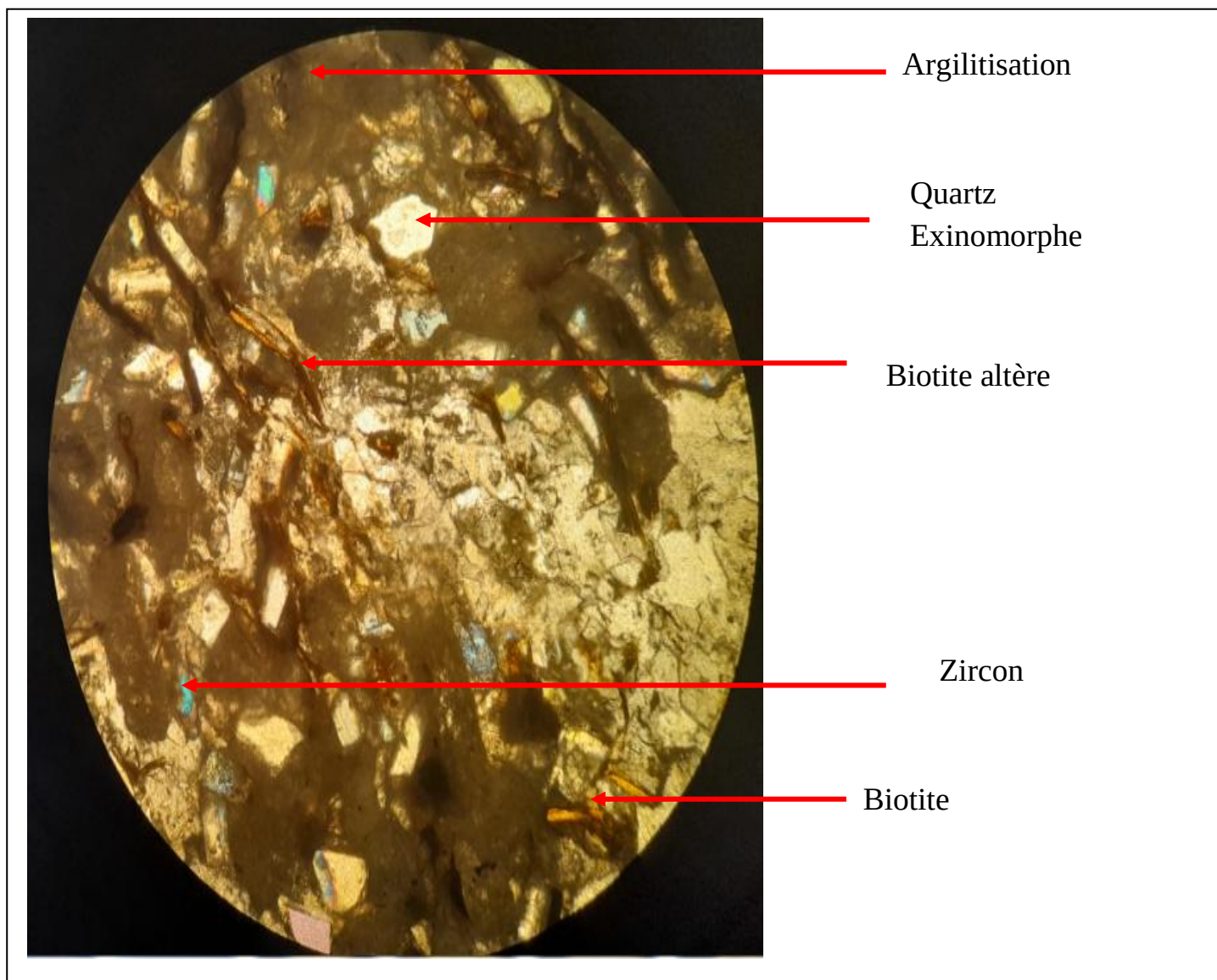


Fig.26. vue microscopique d'un phénomène d'argilitisation (LPA.G10.40)

IV.3. Les argiles silteuses bentonitisées

L'argile forme généralement une matrice reliant les minéraux détritiques. Parmi les minéraux argileux on trouve, la montmorillonite. La kaolinite occupe le cœur des cristaux de feldspaths ou elle remplit les vides

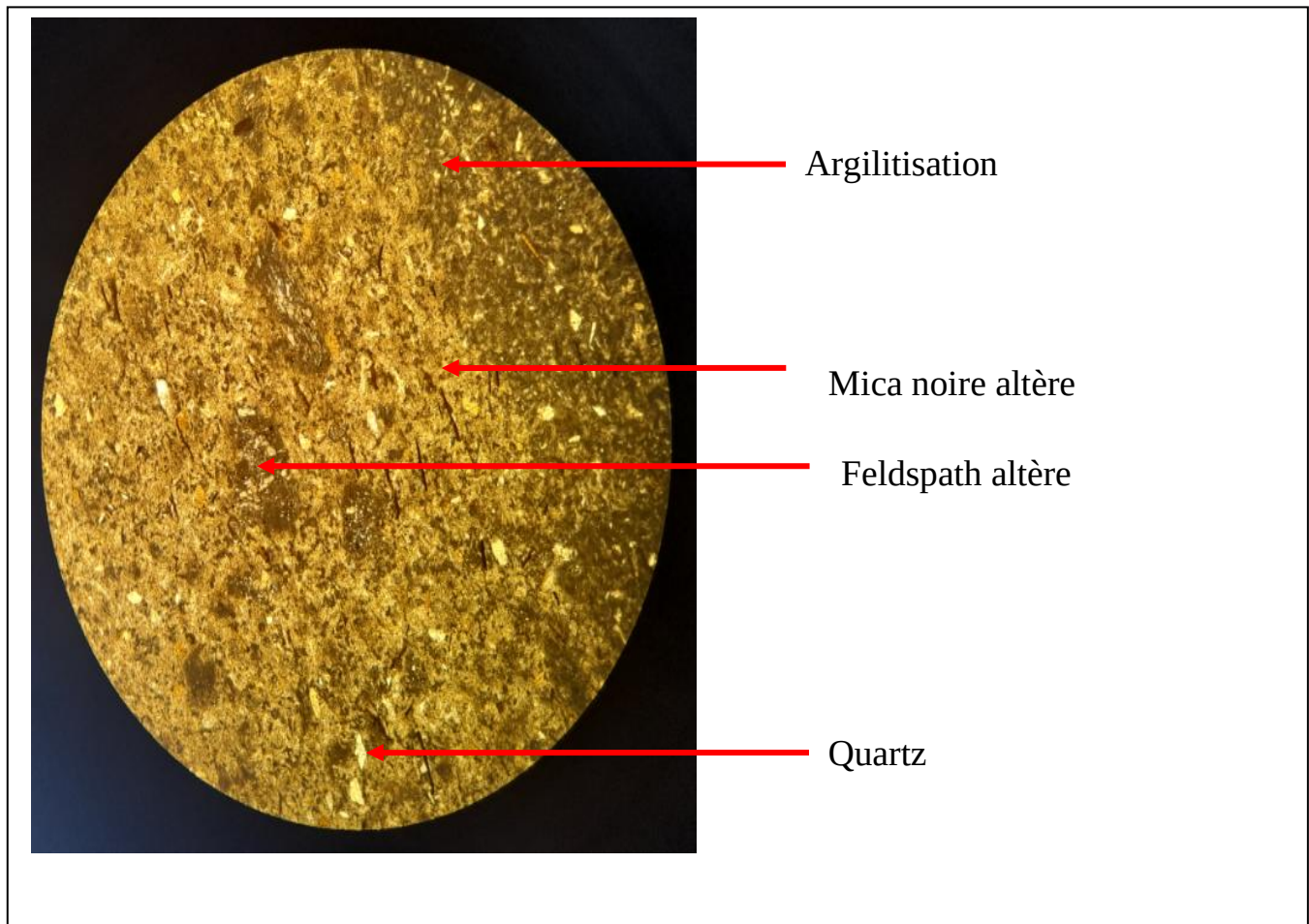


Fig.27. Vue microscopique d'une argile silteuse (LPA.G10.40)

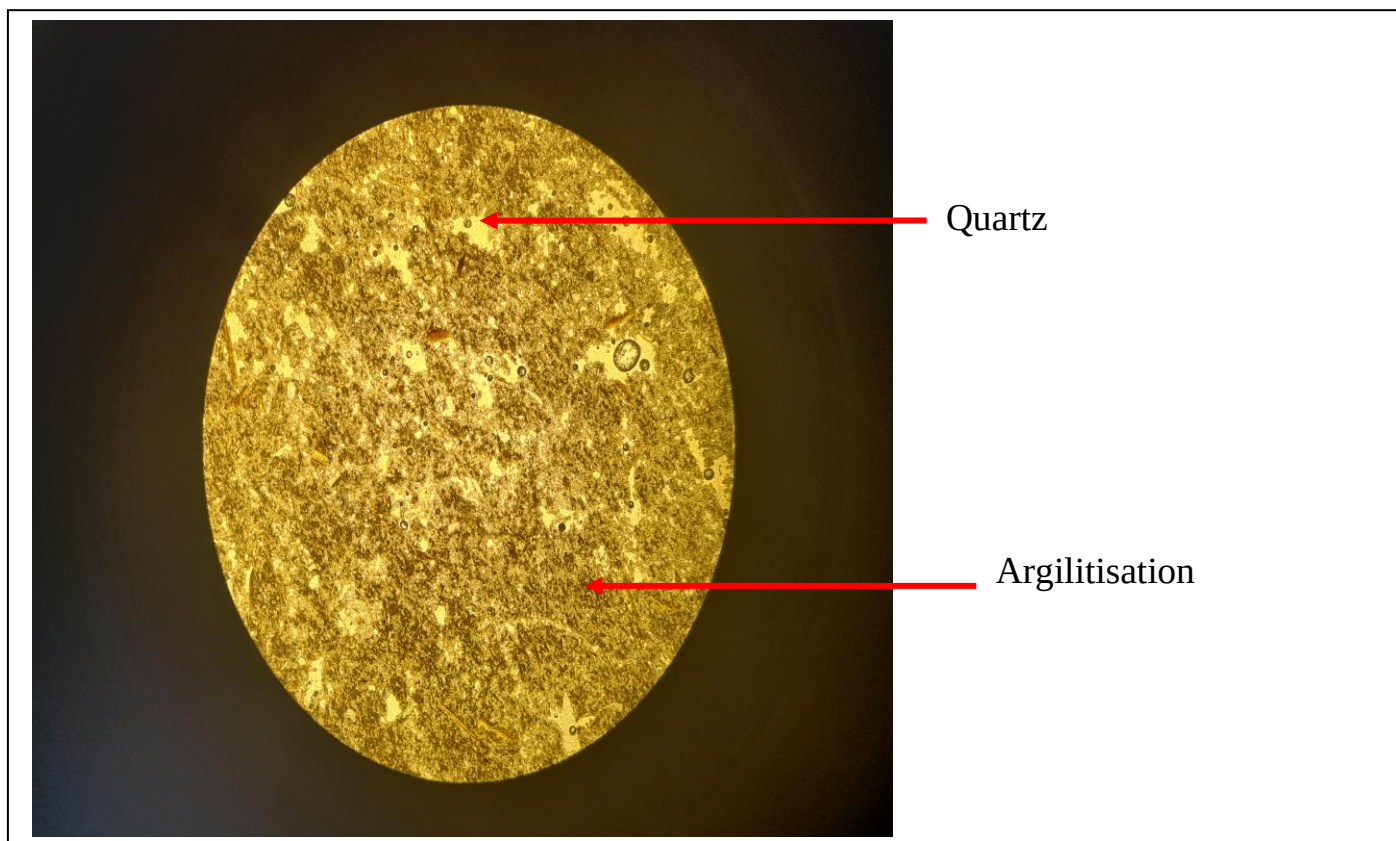


Fig.28. Vue microscopique d'une argile silteuse à l'êta finale (LPA.G10.40)

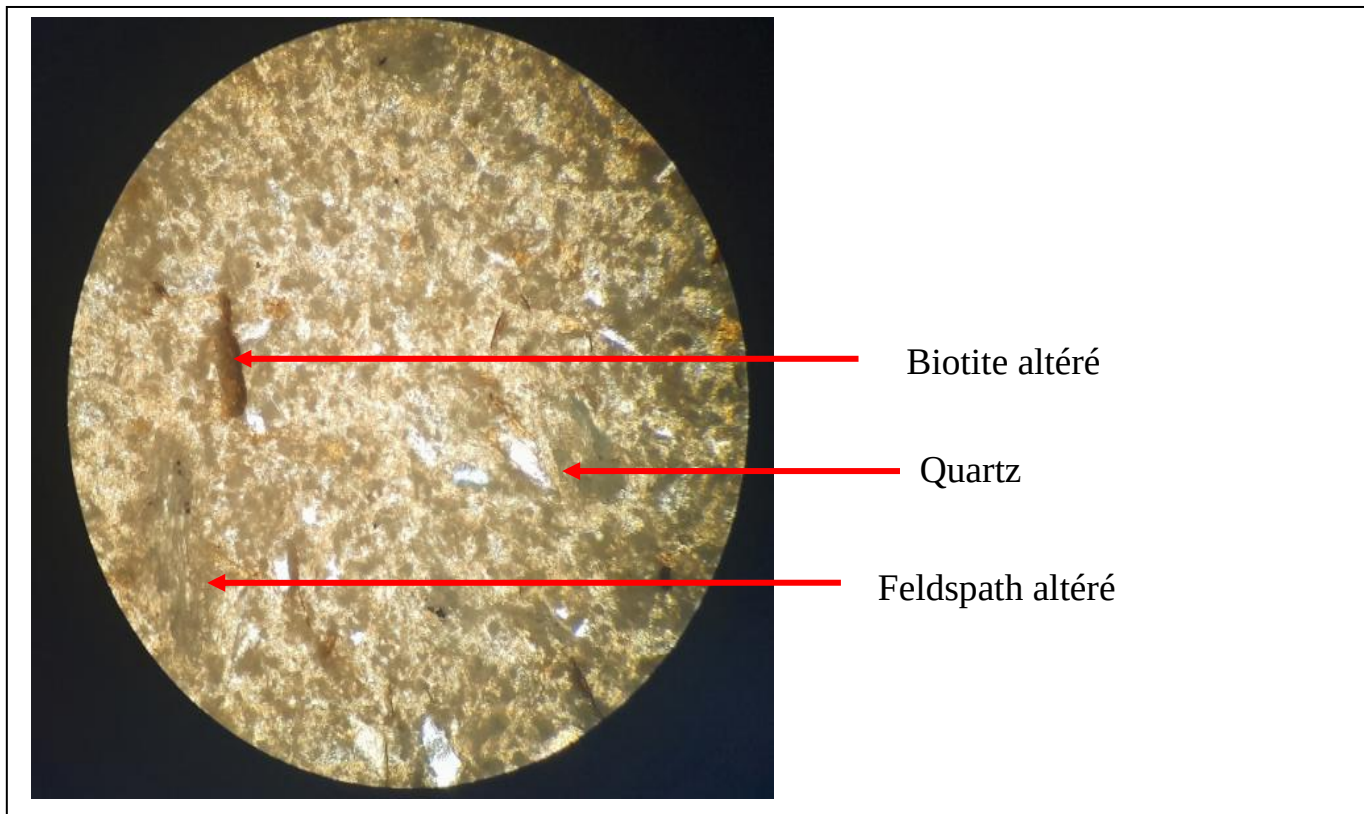


Fig.29. vue microscopique du phénomène d'argilitisation

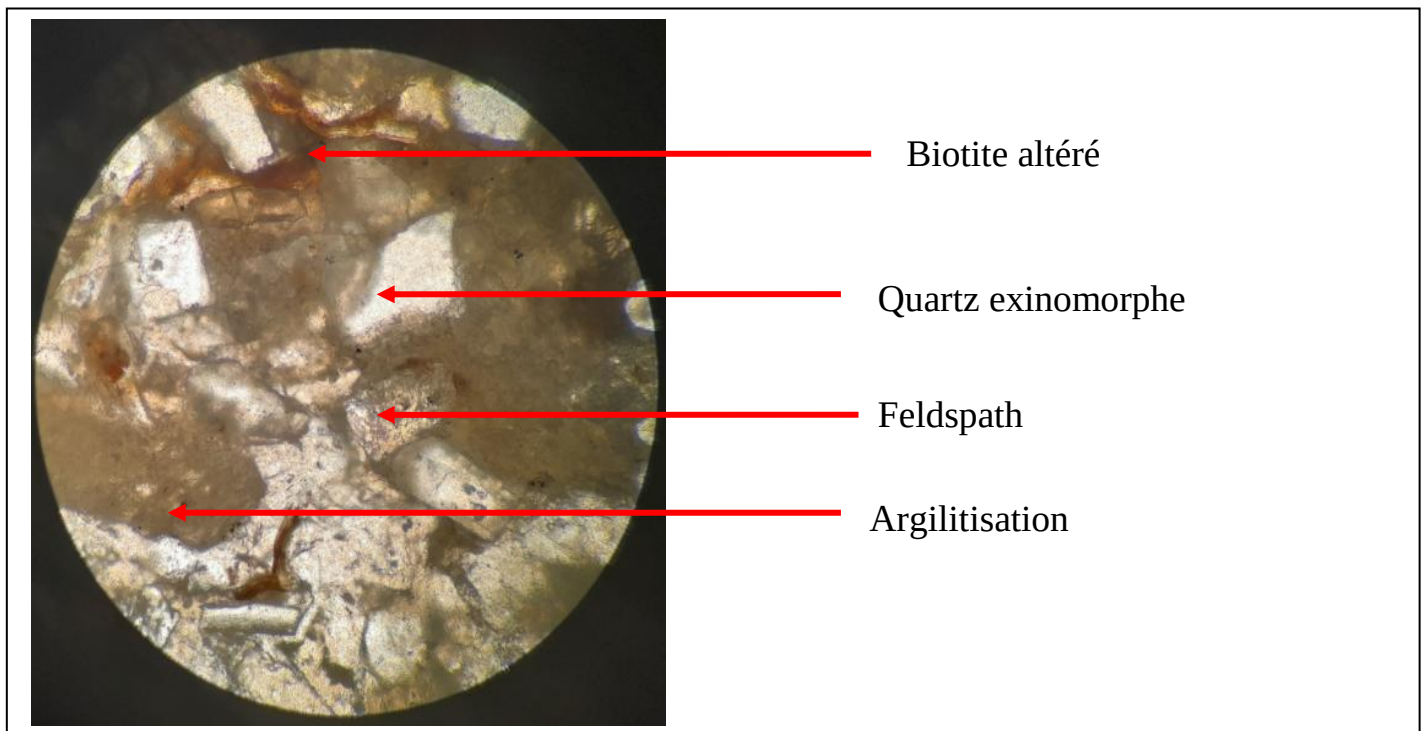


Fig.30. vue microscopique d'argilitisation (altération partielle) (LPA.G10.40)

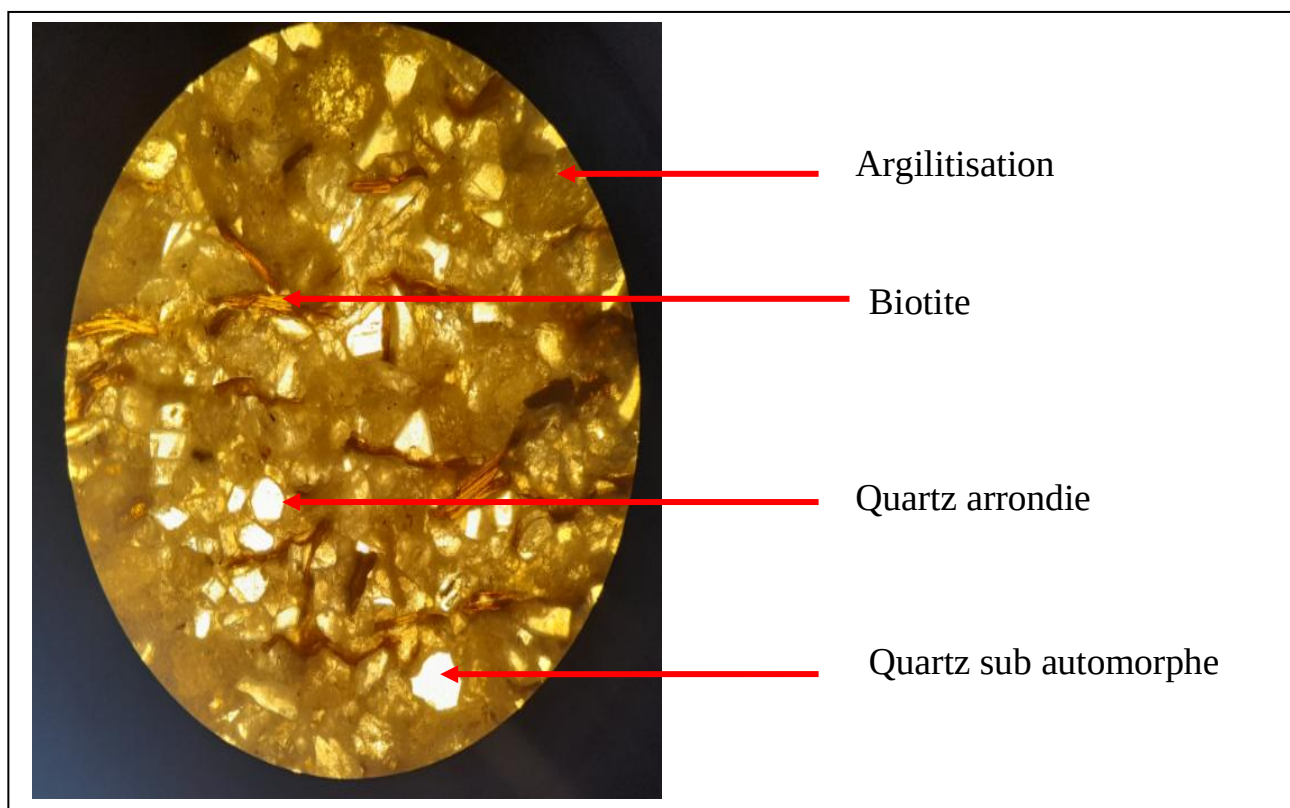


Fig.31. vue microscopique d'argilitisation (altération partielle) (LPA.G10.40)

IV.4. Les fragments des rhyolites

IV.4.1. La mésostase

Les phénocristaux de différentes tailles sont imprégnés dans une mésostase d'aspect variable de vitreux, à tendance microlitiques ou microcristallins.

Il y a une variété de couleurs, généralement brun foncé à incolore, parfois colorées par des particules opaques ou brun rougeâtre (Hydroxyde de fer).

Cette mésostase représente la quasi-totalité de la roche et fréquente dans les rhyolites de Mostaganem.

La mésostase de la rhyolite qui forme le périmètre du dôme est une structure sphérique de perlite avec un contour brun foncé sous la lumière naturelle.

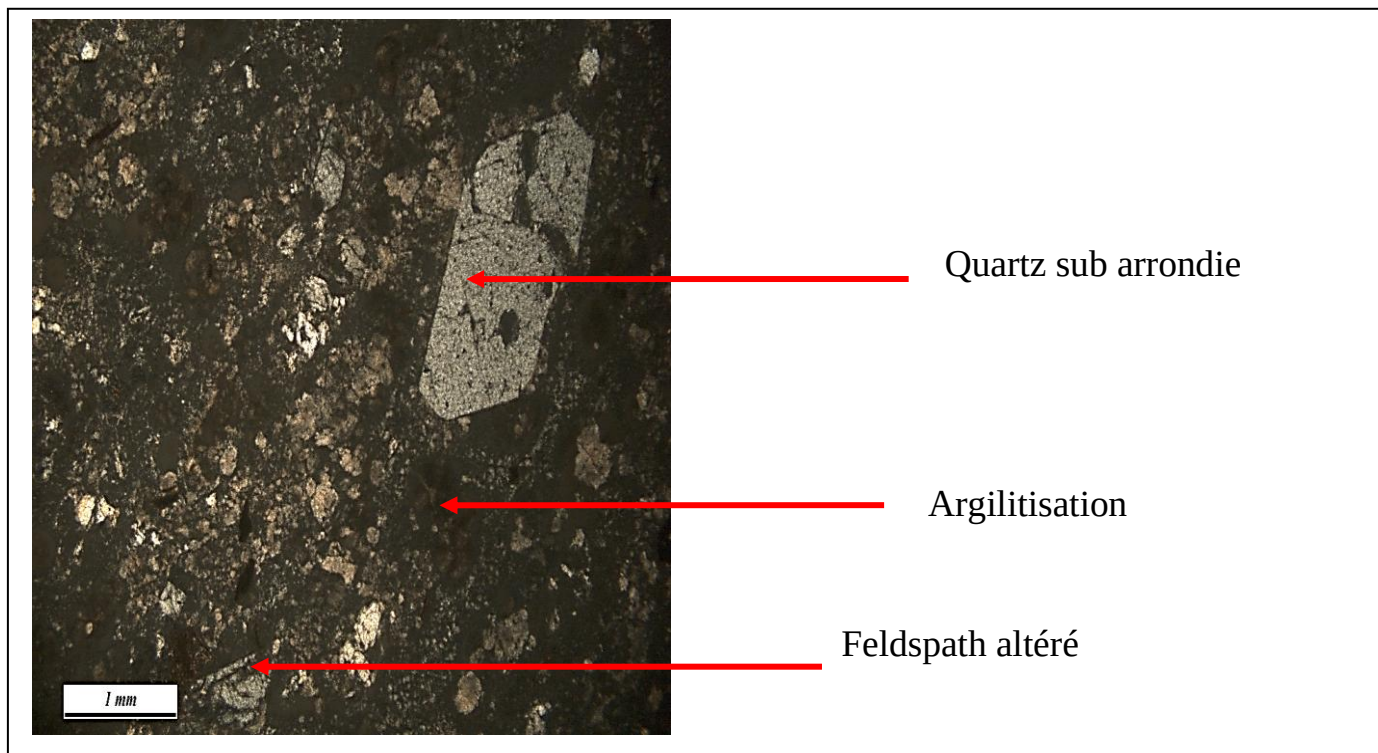


Fig.32. Rhyolite à mésostaseperlitiqueporphyrique à phénocristaux de quartz, feldspaths et biotites
(LPA.G10.40)

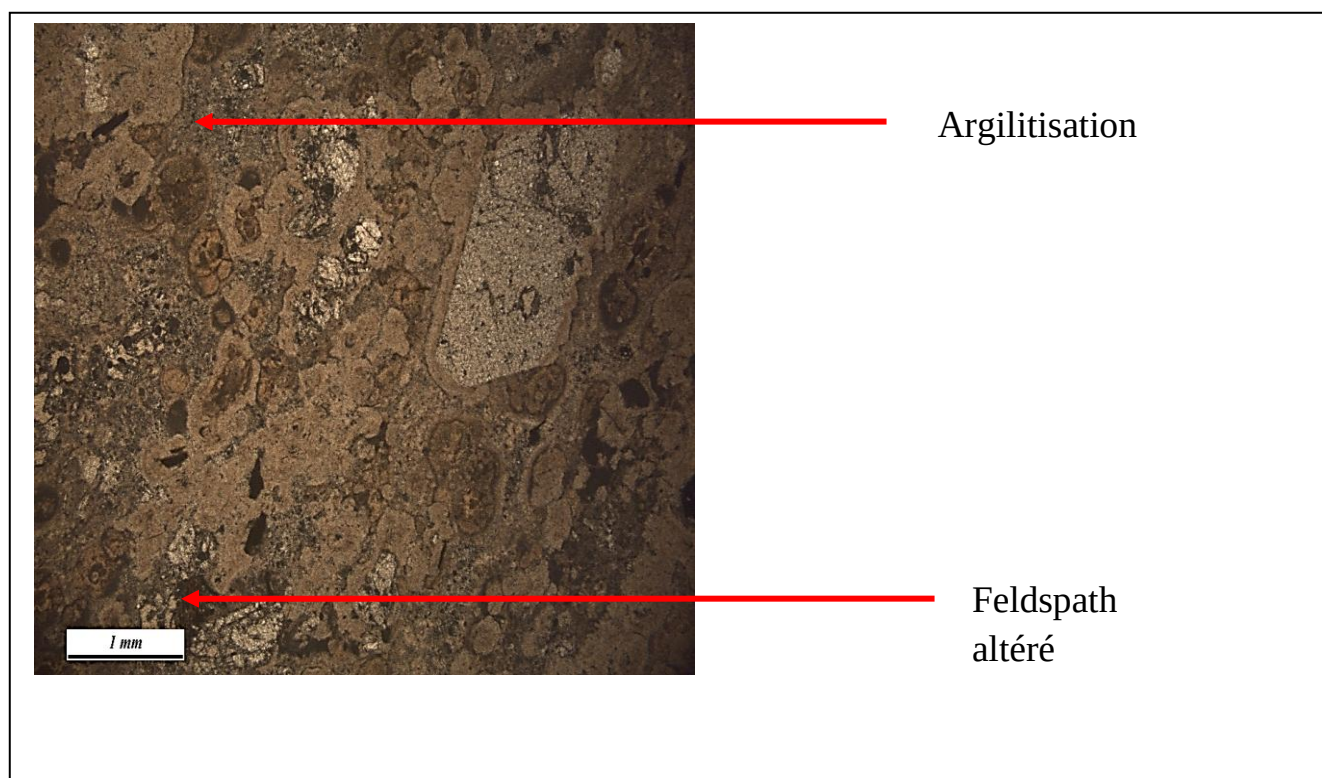


Fig.33. Rhyolite à mésostaseperlitiqueporphyrique à phénocristaux de quartz, feldspaths et biotites(LPA.G10.40)

IV.4.2. Les phénocristaux

IV.4.2.1. Le Quartz

C'est en raison de sa résistance à l'altération que le quartz est le minéral le plus dominant, de forme anguleuse à sub anguleuse, rarement arrondie ou sub automorphe à golfe de corrosion qui évoque une origine rhyolithique

Les grains de quartz sont le plus souvent craquelés, de taille variable. Il est observé en grains monocristallins à extinction uniforme, certains grains sont à extinction ondulante.

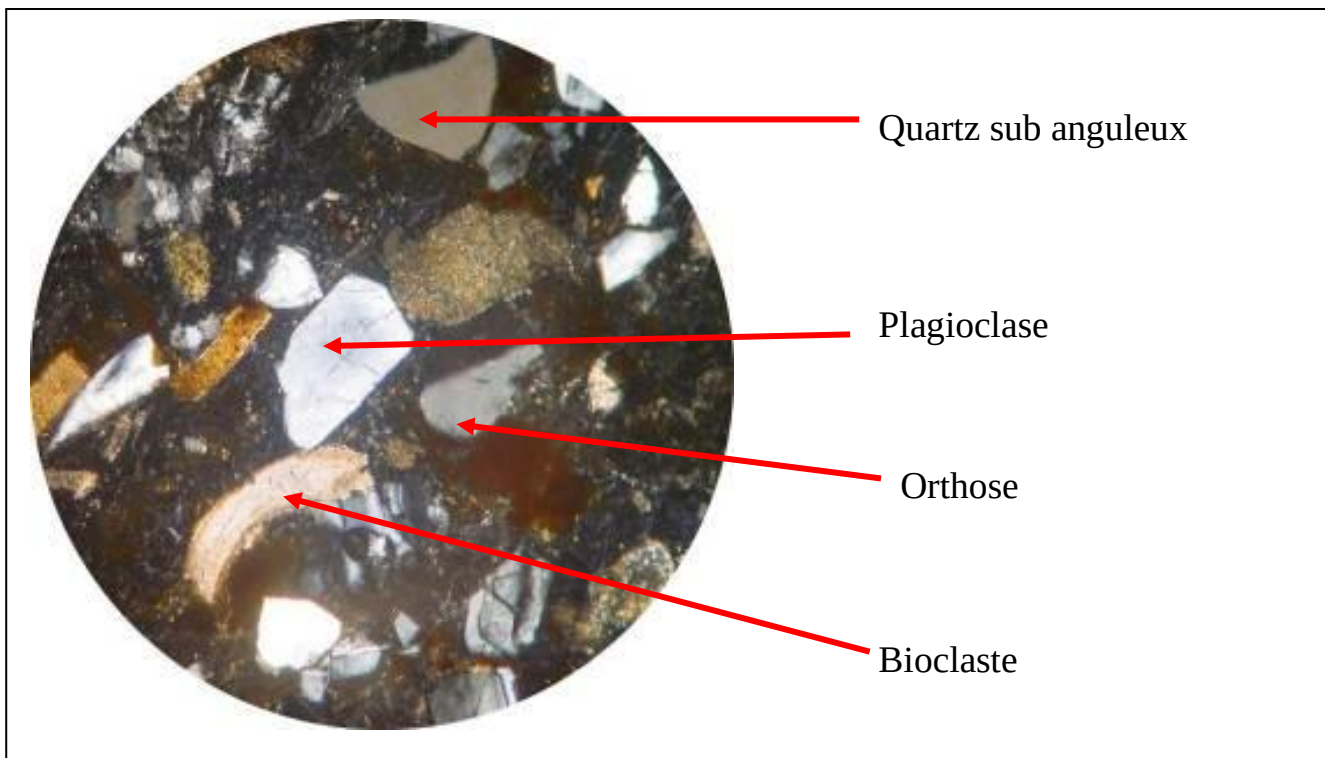


Fig.34. Grès micacé à ciment argileux carbonaté(LPA.G10.40)

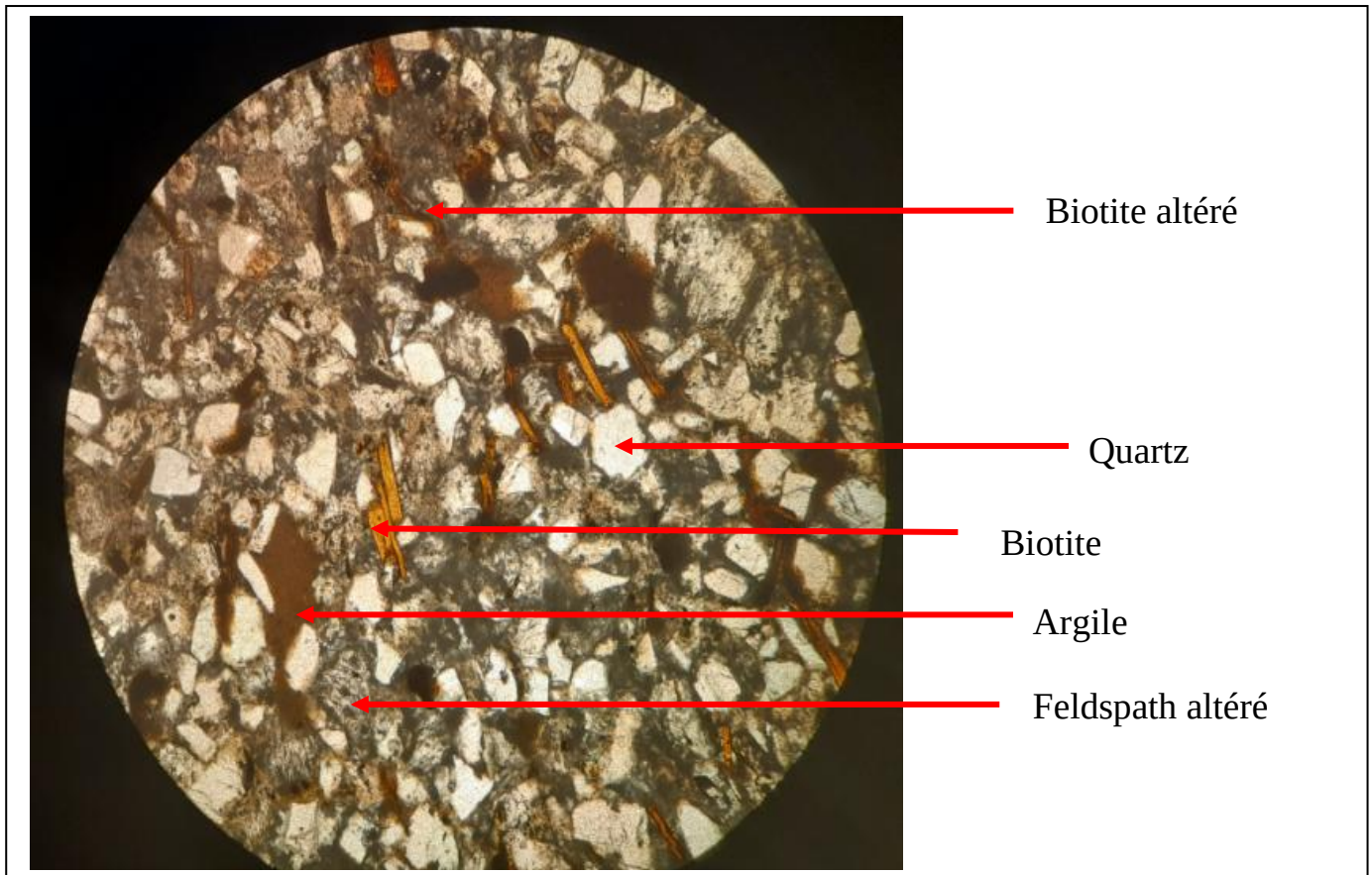


Fig.35. vue microscopique d'un Grès micacé à ciment argileux carbonaté(LPA.G10.40)

IV.4.2.2. Les feldspaths

Les feldspaths constituent la phase granulaire la plus importante après le quartz et parfois ils apparaissent plus abondants que le quartz. Ils sont représentés surtout par les plagioclases qui sont bien reconnaissables grâce à leur macles polysynthétiques plus dominantes, ou à la présence de double macles " Albite + Carlsbad ".

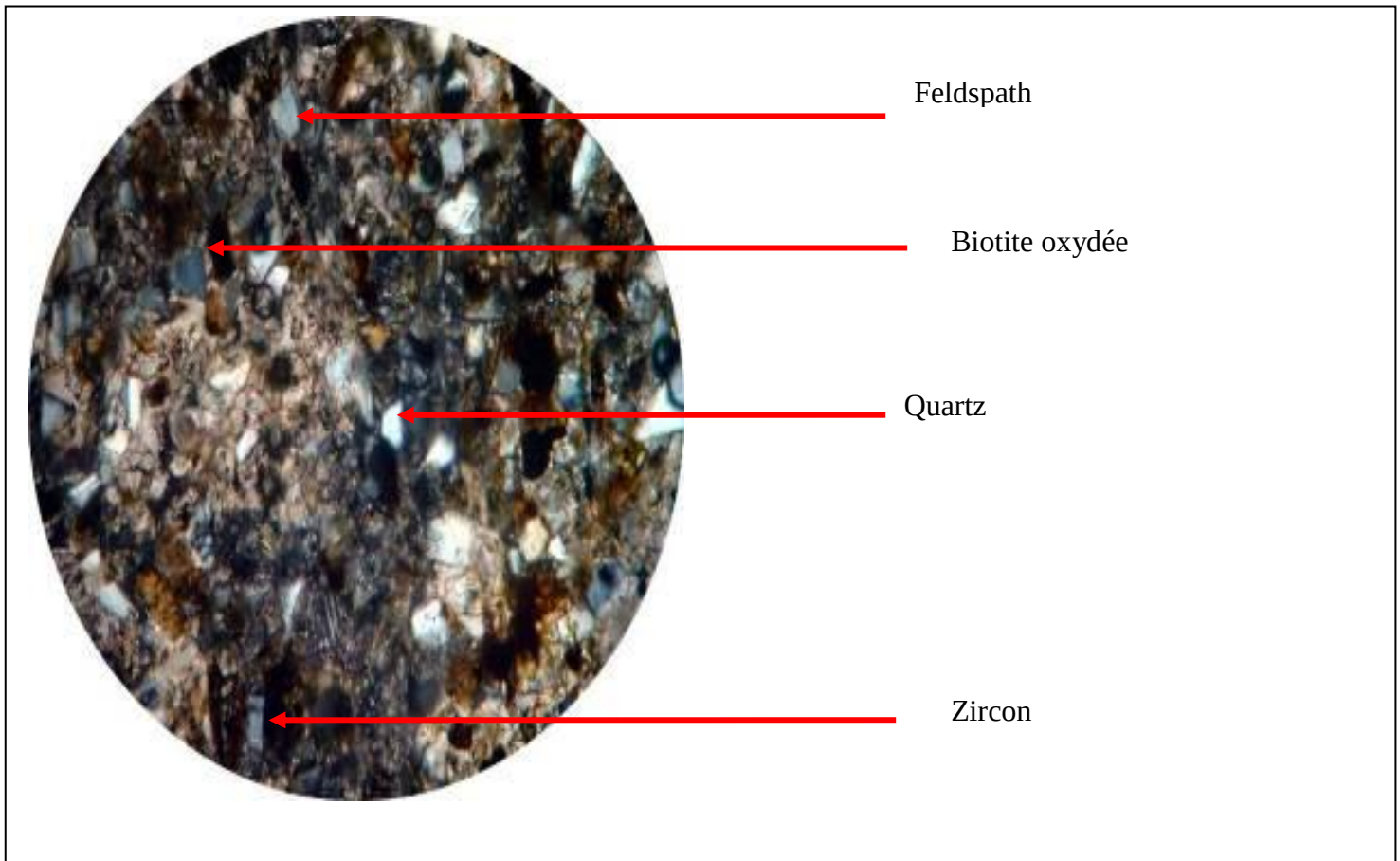


Fig.36. Grès micacé à ciment argileux (LPA.G10.40)

IV.4.2.3. Les plagioclases

Ils apparaissent sous forme de cristaux isolés dans la mésostase ou associés à d'autres individus de plagioclase, de quartz, ou de biotite. Le zonage n'est pas fréquent. Comme inclusions, le plagioclase est parfois intégré dans le quartz ou englobe des minéraux comme les minéraux opaques.

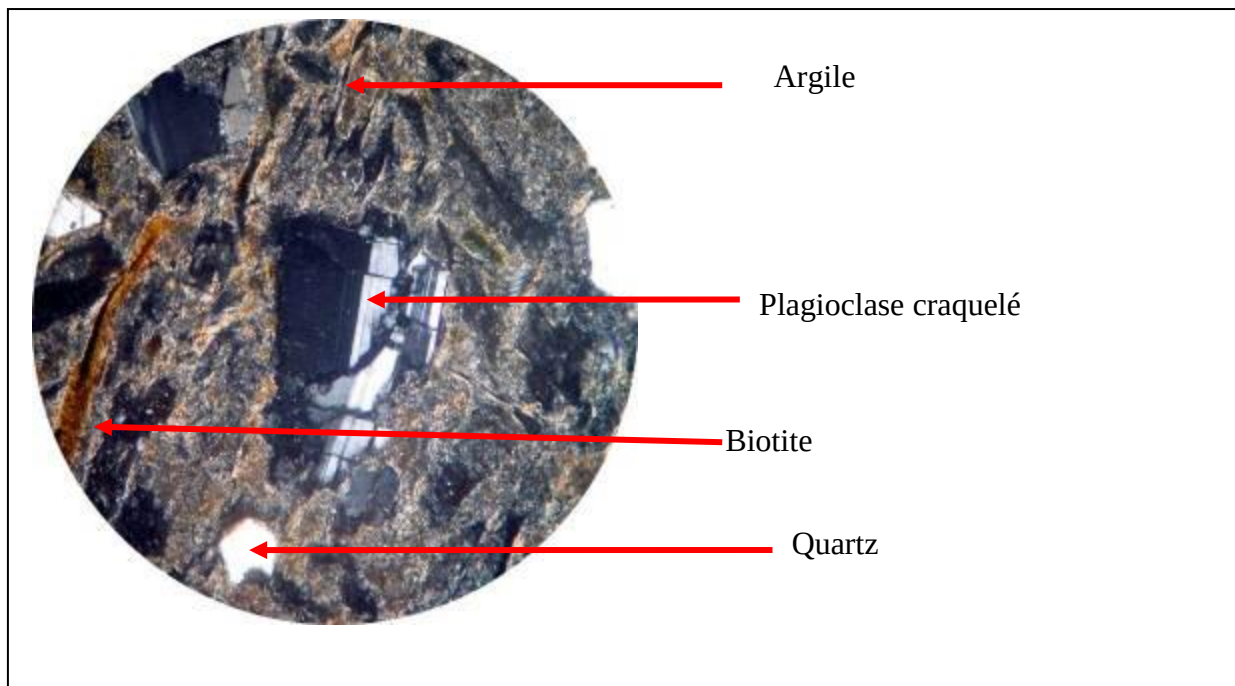


Fig.37. Grès micacé à ciment argileux (LPA.G10.40)

IV.4.2.4. Les micas

Ils sont représentés par la biotite, et comme les plagioclases la biotite sont presque toujours fraîche.

Elle est très répandue, de taille variable, elle se développe en baguettes ou en fines paillettes, de couleur brun clair à brun foncé, certaines baguettes sont en voie de chloritisation ou d'oxydation. Parfois la biotite est totalement oxydée ou ces contours sont soulignés par des oxy-hydroxydes de fer.

La biotite est souvent isolée dans la matrice, ou elle occupe les vides interstitiels, elle est presque toujours orientée suivant une direction et parfois les baguettes de biotites sont tordues sous l'effet de la compaction.

La muscovite est très rare, on la voit sous forme de fines paillettes.

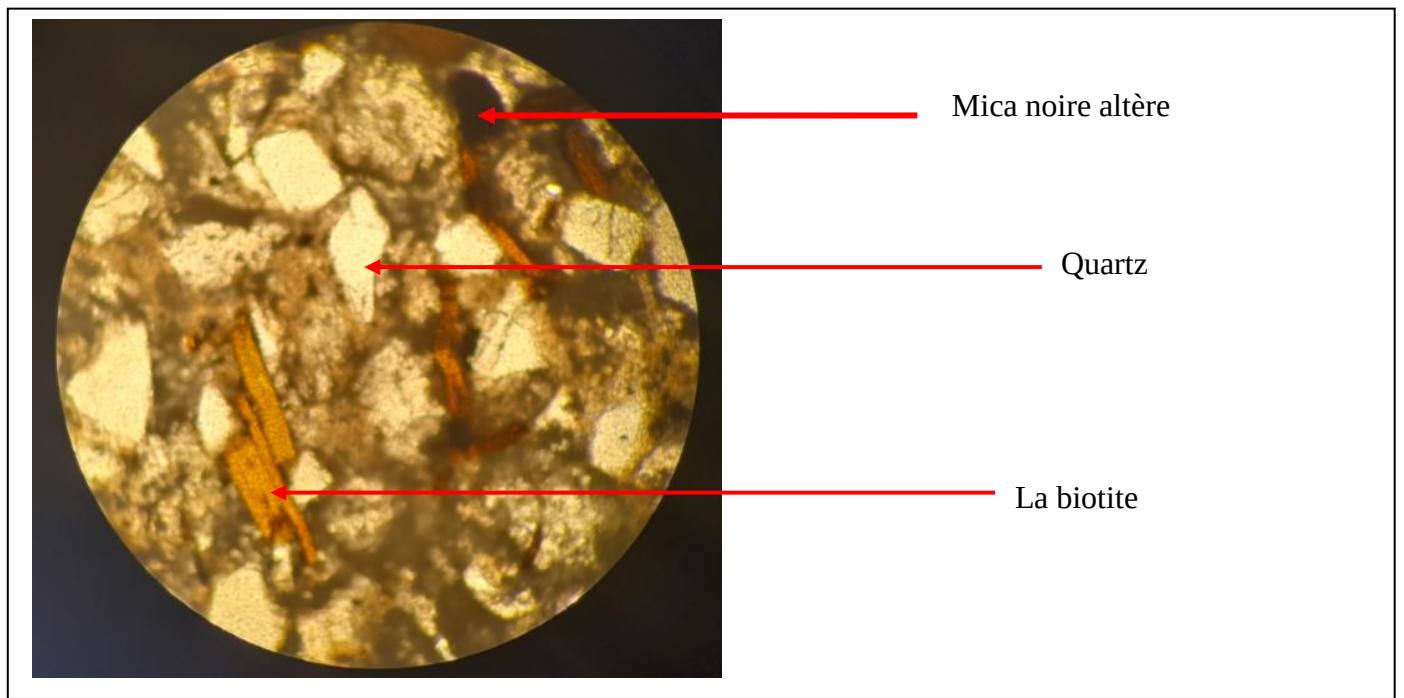


Fig.38. vue microscopique d'un grés micacé (biotite) (LPA.G10.40)

Les biotites sont les seules représentantes des minéraux ferromagnésiens. Il s'agit généralement des biotites qui se développent sous forme de cristaux prismatiques, à pléochroïsme intense (brun à brun foncé) masquant souvent leur couleur originelle, automorphes à sub-automorphes, allongées, fortement colorées (brun sombre) et sont souvent déstabilisées en oxydes opaques parfois à bords dentelés et corrodés, dans certains cas, leur formes allongées marquent très bien la fluidalité de la roche.

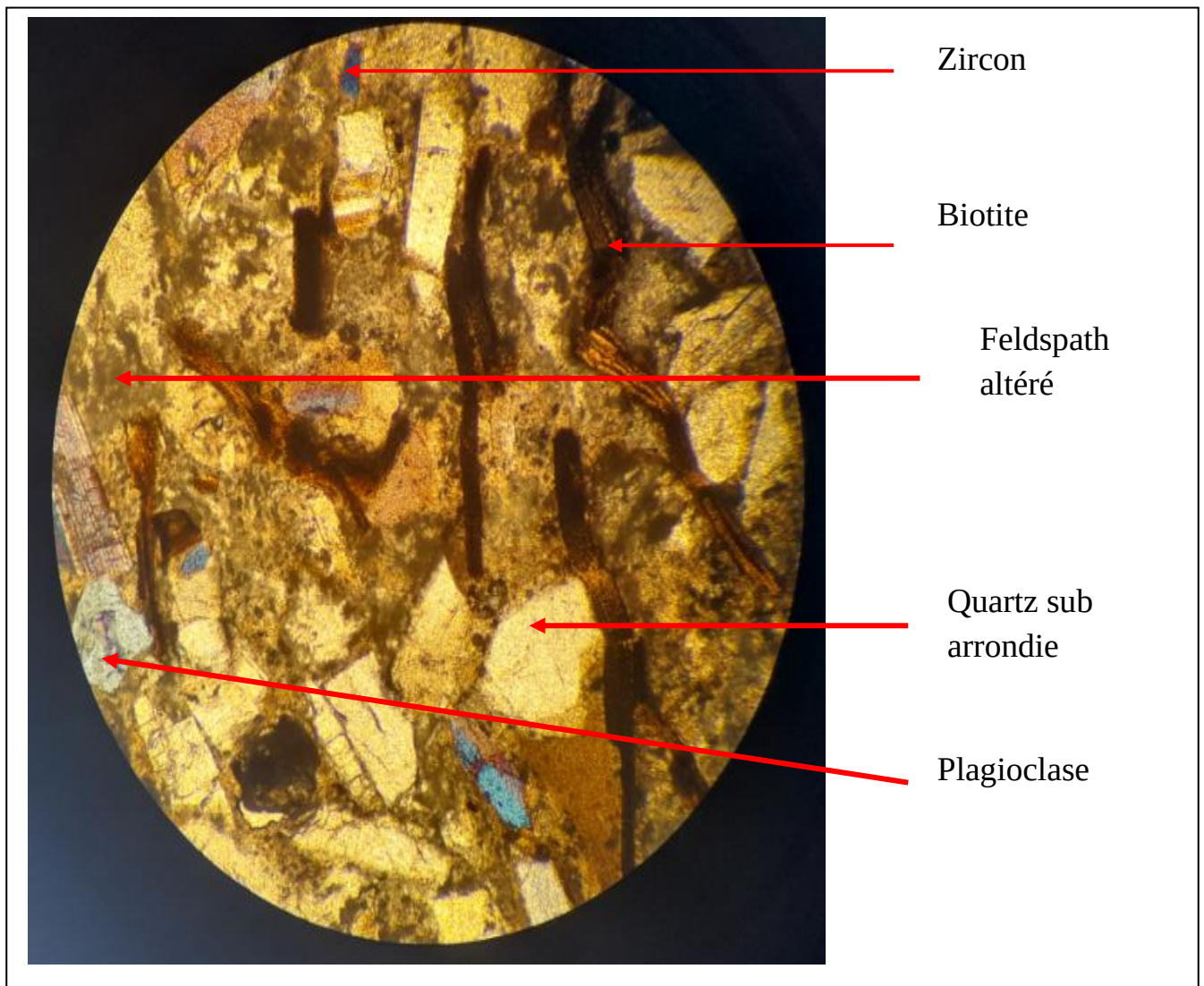


Fig.39. vue microscopique d'un grés micacé (biotite) (LPA.G10.40)

V.8. Conclusion

Notre étude montre que le secteur d'étude contient essentiellement les grés de base et les marnes Bleu et les argiles à compose volcanique (rhyolitique) et les grés bréchiques.

La bentonitisation se développe essentiellement au niveau des argiles d'une composante volcanique.

Le milieu du dépôt est milieu benthique marin contient de la présence des microfossiles notamment des foraminifères (*Globorotalia-margaritae*).

L'étude pétrographique à montré le développement de la bentonitisation, bentonite argilitisation au niveau des dépôts d'origine volcanique (rhyolitique) et ou niveau des grés micacé.

CHAPITRE VI :

ETUDE MORPHOTECTONIQUE

ETUDE MORPHOTECTONIQUE

I. INTRODUCTION

A Mostaganem la bentonitisation des terrains n'est pas générale mais très localisée. Parmi les hypothèses données à cette bentonitisation localisée.

Celle qui l'explique par la présence de failles actives qui contrôlèrent directement l'emplacement des gisements (Boukhedimi 2017). Une étude morphotectonique approfondie s'impose donc pour vérifier cette hypothèse.

II. 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 les carrières de bentonites de la région de Mostaganem.

Pour la région d'étude 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.
- Superposition de la sismicité sur les cartes ainsi produites.
- Analyse et interprétation des paysages ainsi réalisé. Cette technique a permis de montrer des fractures bien marquées dans le paysage tectonique de la région.

III. Données initiales

- 2 Image Landsat 7 -- (avril 2017)
- 1Cartes topographiques et 1cartes géologiques(Bosquet) Achastas M'zila Mostaganem
- + sismicité du secteur d'étude.

III.1. deux photos satellite

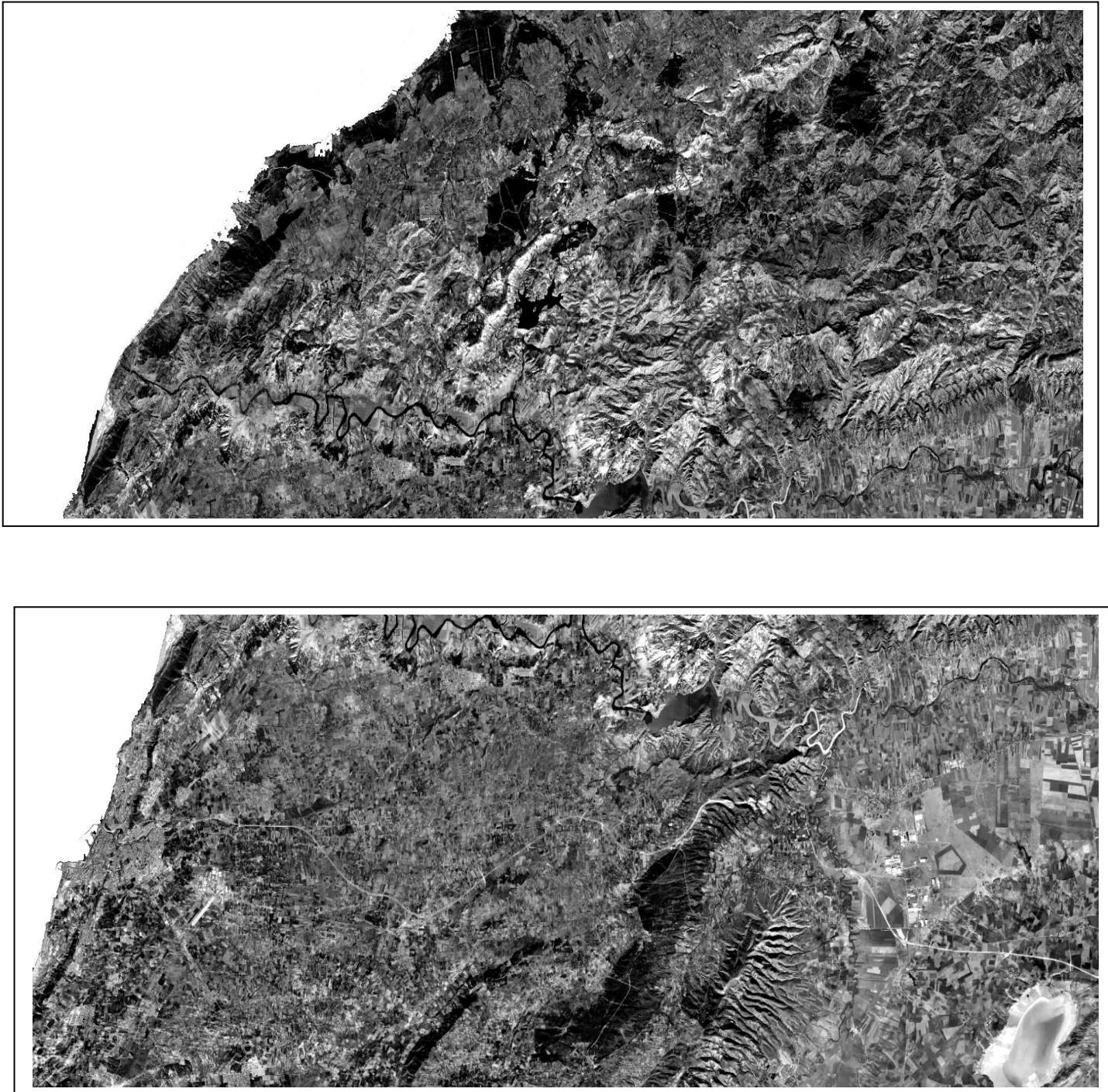


Fig.1. deux photos satellite de la région de Mostaganem (Boukhdimi)

III.2. Définition du travail

- Géoréférencement des cartes topographiques et géologiques
- Géoréférencement des images satellitaire (Landsat) et des MNT à partir des cartes topographiques
- Mosaïcage et géoréférencement des MNT, image satellitaire et carte géologique à partir des cartes topographiques.
- Digitalisation des linéaments structuraux sur MNT et image sat
- Superposition des images photos géologiques et satellitaires sur le MNT.

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

- Échelle 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
- Superposition de la sismicité sur les cartes ainsi produites.

III.3. Le résultat cartographique suivant

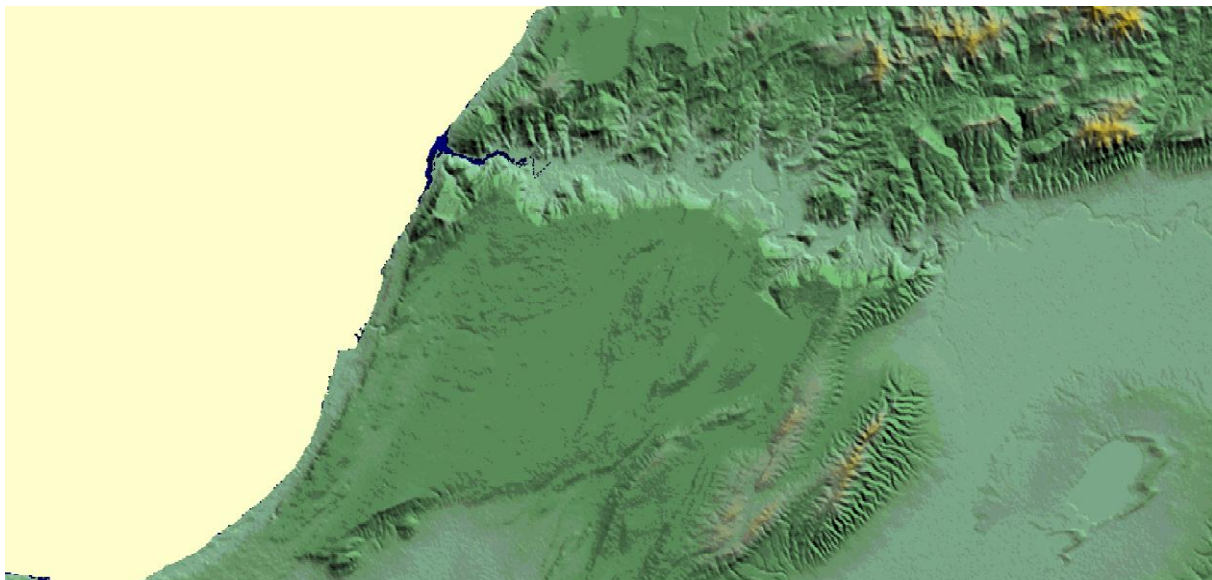


Fig.2. photos sous forme MNT Mostaganem. (Boukhdimi)

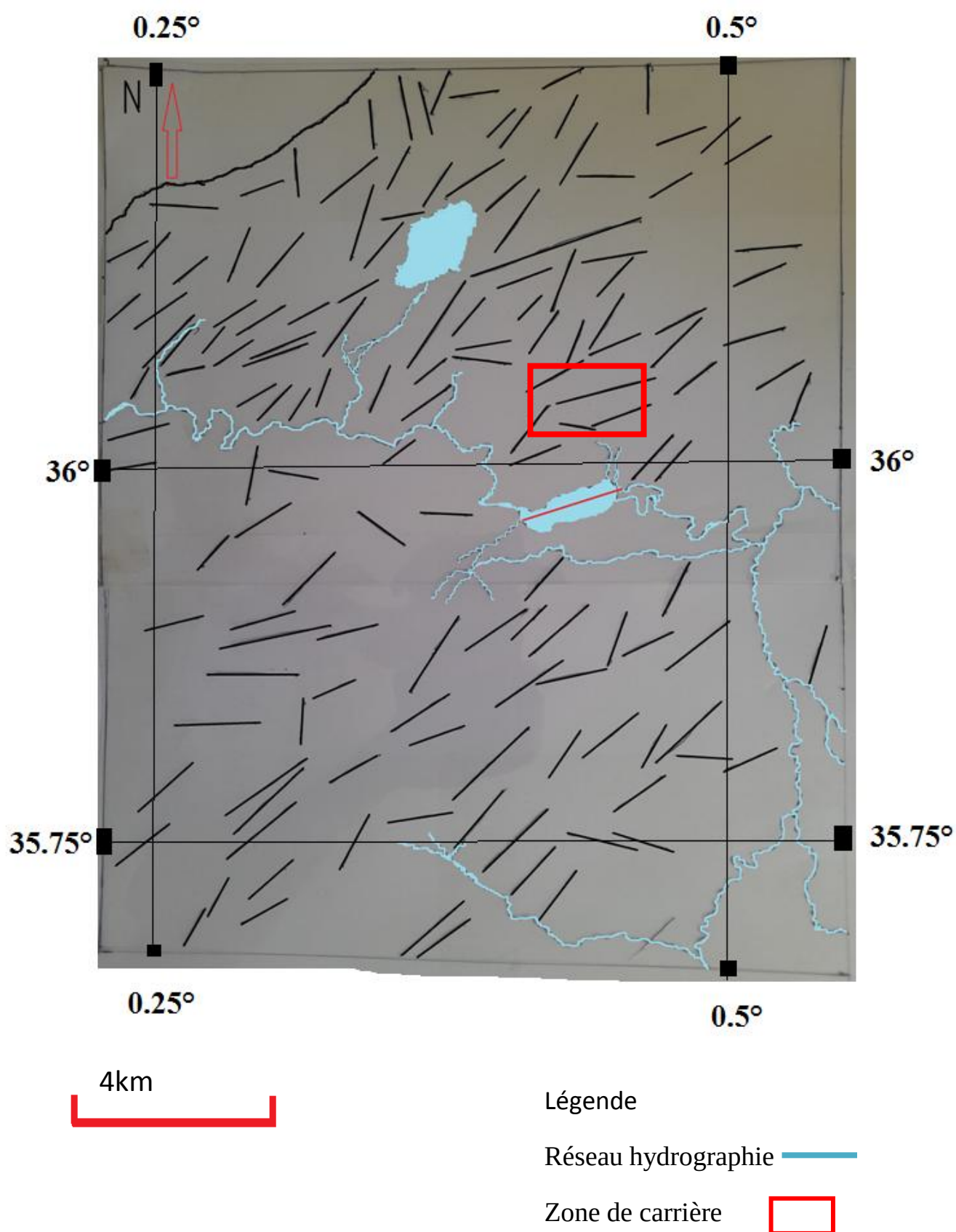


Fig.3. carte linéamentaire du secteur d'étude (Mostaganem).



La d'érection principale de la carte ligniamentaire il ressorte une direction préférentielle atlasique de d'érection (NE-SW)

Fig.4 : Rosace de direction des linéaments de la région de M'zila

III.4 INTERPRÉTATION DU MODÈLE NUMÉRIQUE 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 phénomène de bentonitisation. 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 déterminer la localisation et la géométrie (longueur, profondeur, direction, pendage) de l'ensemble des failles de la région étudiée.

III.4.1. Interprétation :

Il n'est toujours pas aisé 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 : cas du secteur de Mostaganem. Dans ce cas il est indispensable de recourir à d'autres techniques.

Pour des raisons de coûts et de temps, il est devenu indispensable de réaliser une interprétation basée sur les outils dits « d'observations indirectes » telles que l'analyse des MNT combinée à l'imagerie satellitaire ou autre. Cette technique appliquée actuellement par l'ensemble de la communauté scientifique, permet de se focaliser sur des cibles bien précises du terrain (failles, défluviations, escarpement morphologique).

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 (M'zila Mostaganem), 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 Mostaganem :

- 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 (défluviation 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).

III.4.2. Conclusion de l'étude morpho tectonique :

Mise en évidence d'accidents NE-SW en relation avec le phénomène de la bentonitisation de Mostaganem :

La bentonitisation de Mostaganem 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.

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

IV. Interprétations sismo-tectonique

Notre secteur d'étude caractérisé par une sismicité active du fait de sa position proche de la limite de la plaque nord africain ; figure (fig.6. et fig.7)

Sur le terrain nous avons observé la présence de faciès à granulométrie idéale pour le développement de déformation thixotropique

Ainsi nous avons cherché et retrouvé des déformations thixotropiques de notre secteur d'étude.

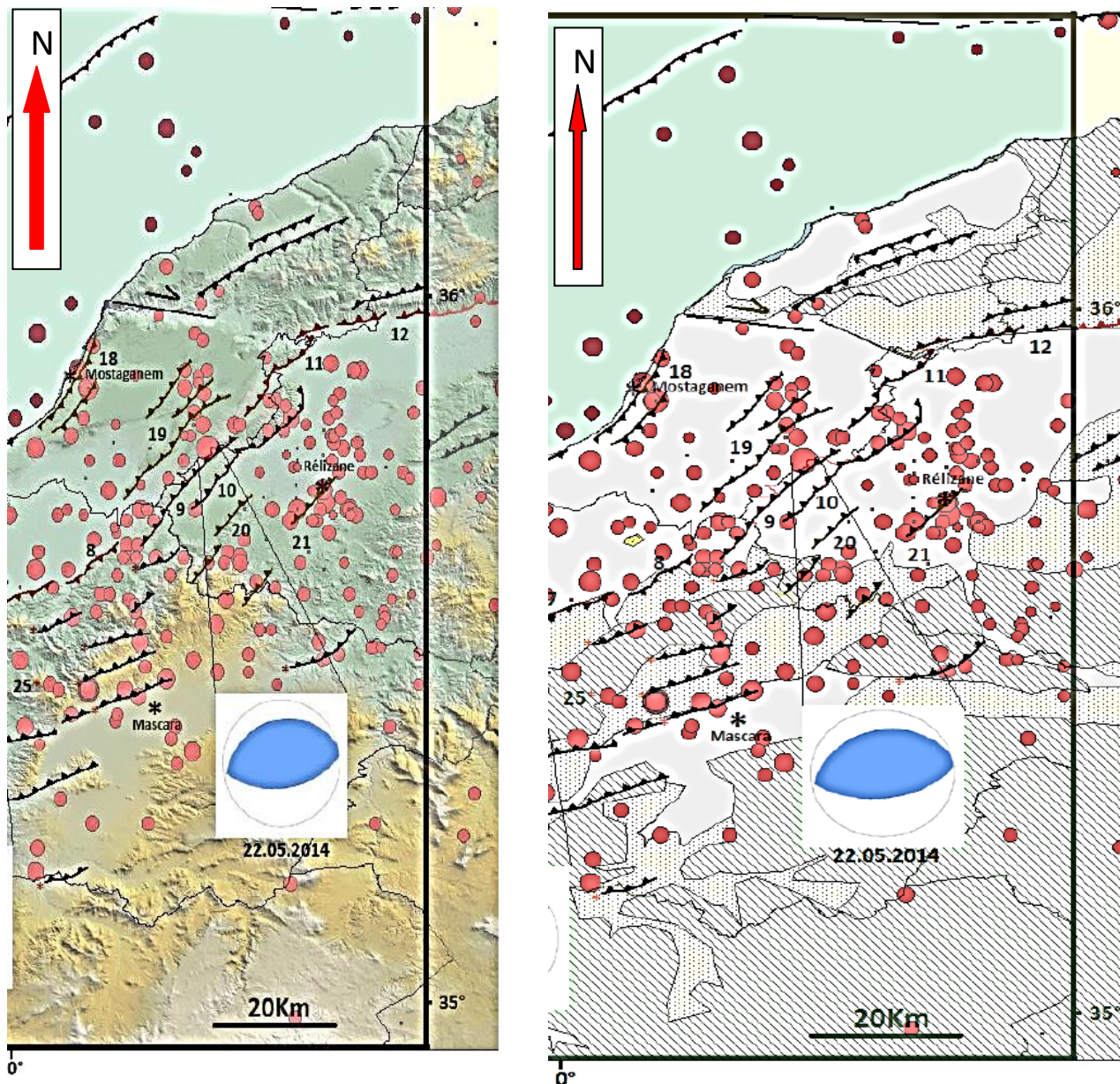


Fig.5.carte sismotectonique de la région de Mostaganem.

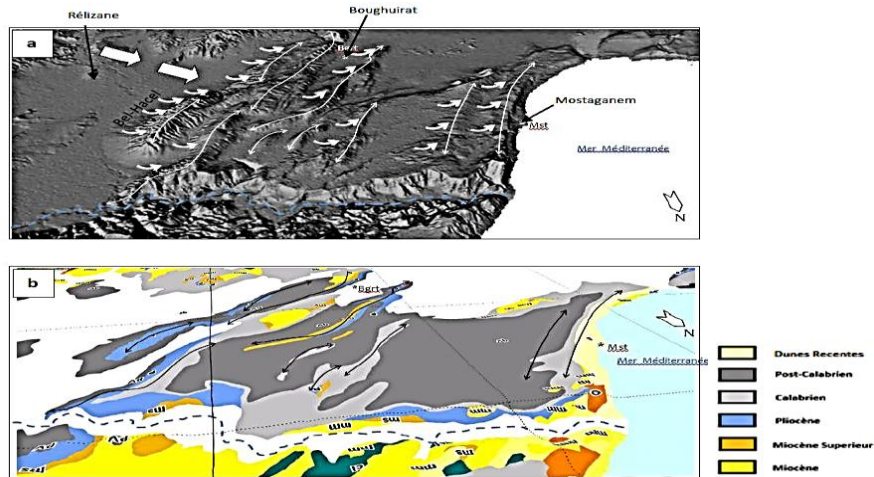


Figure 5.2 a –Modèle Numérique de Terrain (MNT) montrant les plissements plio-quaternaires du plateau de Mostaganem. **B** –Superposition de la carte géologique sur le MNT.
 Noter que ces plissements affectent le Post-Calabrien et les Dunes Récentes à Mostaganem.
 Ces plissements se concentrent au nord-ouest et au sud-est du plateau.

Le tableau 5.1 ci-joint relate tous les événements sismiques dont ($M \geq 4$) dans le plateau de Mostaganem et la plaine de Relizane (avant le séisme de Bouguirat 5/2014 - in chapitre 6).

Année	Mois	Jour	Lon	Lat	Io	Mag	Localisation	Description	Profondeur	Catalogue
1872	7	29	0,1	35,9	-	4,7	MOSTAGANEM	Léger	-	Boughacha
1890	7	30	0,5	35,7	VI-VII	4,6-5,2	RELIZANE	Léger-Modéré	-	Mokrane
1939	4	1	0,1	35,9	VI-VII	4,6-5,2	MOSTAGANEM	Léger-Modéré	-	Mokrane
1991	03	08	0,4	35,6	-	4	RELIZANE	Léger	10Km	USGS
2006	07	23	0,6	35,8	-	4,4	RELIZANE	Léger	10Km	USGS
2007	08	08	0,1	35,9	-	4,2	MOSTAGANEM	Léger	10Km	USGS

Tableau 5.2

Les événements sismiques dont $3.3 \leq M \leq 4$ du plateau de Mostaganem et la plaine de Relizane du catalogue de l'USGS (entre le 1/1/1994 et le 1/1/2014)

Date	Time	Lat.N	Lon.E	M	D(km)	Observations	Ref.
19.09.1995	02 09 32	35.77_	00.21_	3.9	10	Sirat	USGS
29.12.2004	01 05 05	35.72_	00.51_	3.8	10	Relizane	USGS
01.08.2005	02 46 29	35.66_	00.23_	3.3	14.8	Oued el Maleh	USGS
01.08.2005	03 07 56	35.71_	00.12_	3.6	5.9	El Hassiane	USGS
28.03.2007	20 34 19	35.80_	00.35_	3.5		Douar elMkhatria	USGS
09.06.2007	15 32 25	35.68_	00.34_	3.5		Sidi Saada	USGS
04.03.2008	10 27 02	35.82_	00.31_	3.3	2	Douar elMkhatria	USGS
15.09.2008	17 43 56	35.70_	00.21_	3.8		ElGoumri	USGS

The I_0 = isoseismal maximum intensity is <V

Fig.6. extrait de l'étude de sis mo-tectonique thés de Boukhdimi 2017

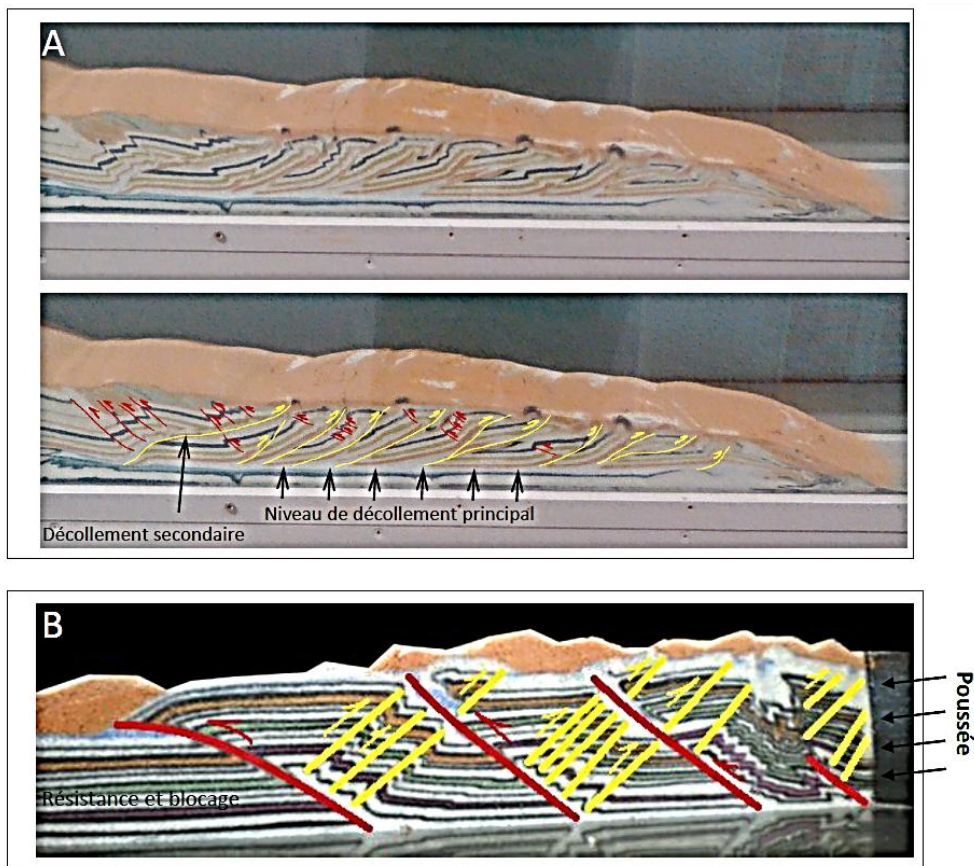
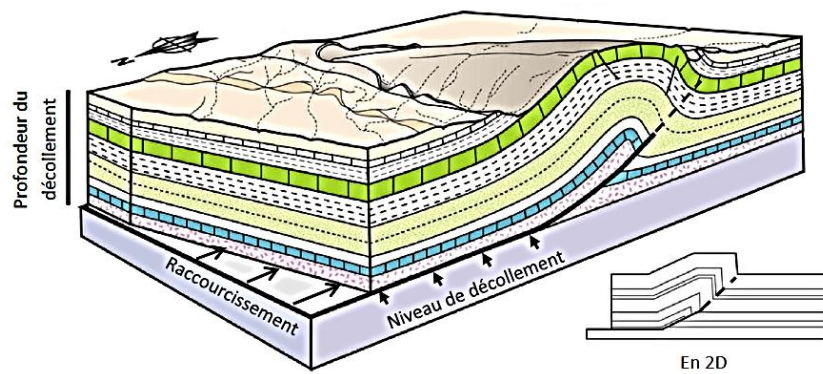
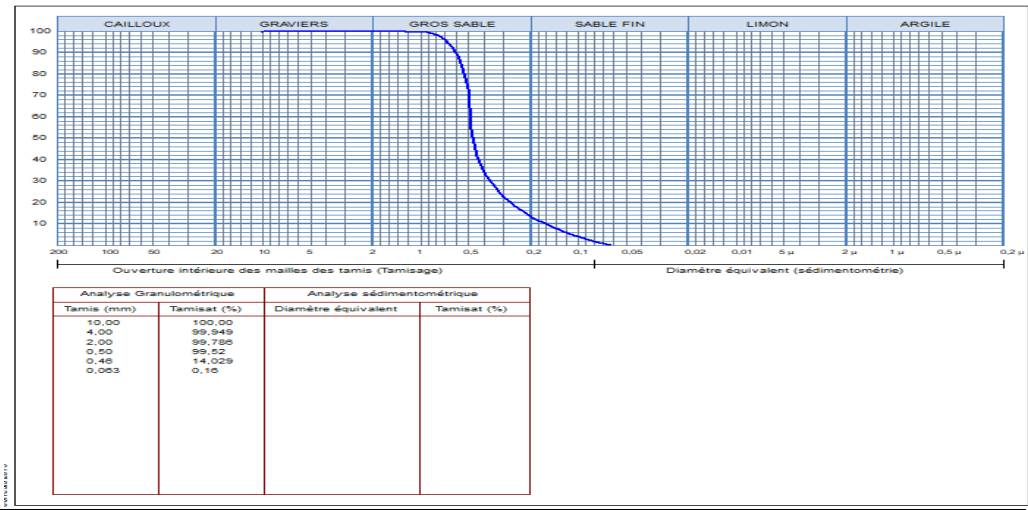


Figure.5.15 : A- Zoom sur la partie en arrière de la Figure.5.14 : même dans cette partie on peut constater qu'en avant, on a le développement de chevauchements (en rouge), alors qu'en arrière c'est les retro-chevauchements (en jaune) qui dominant. B- 2^{ème} expérience qui aboutit pratiquement au même résultat de chevauchements avant et retro-chevauchements en arrière.

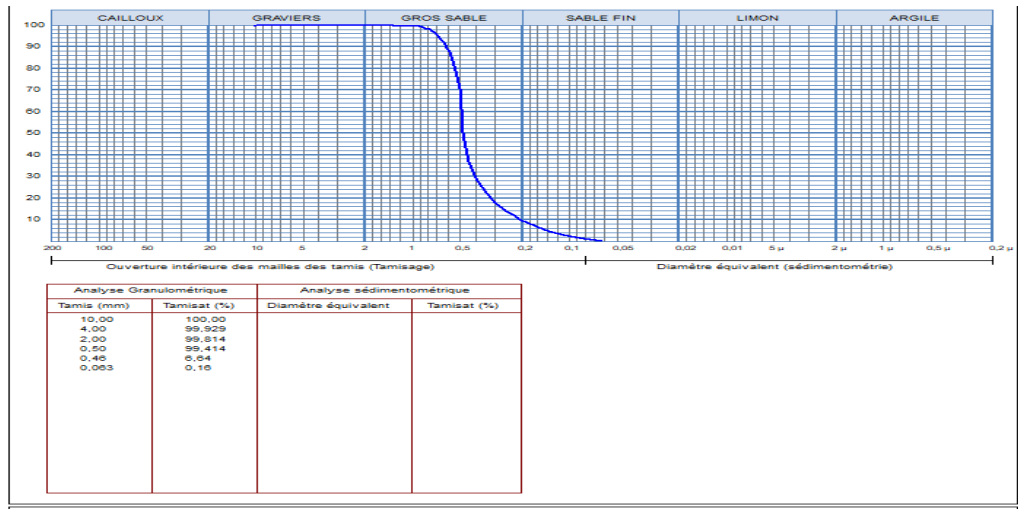
Fig.7 : extrait de l'étude de sismo-tectonique thés de Boukhdimi 2017

VI.1. La granulométrie

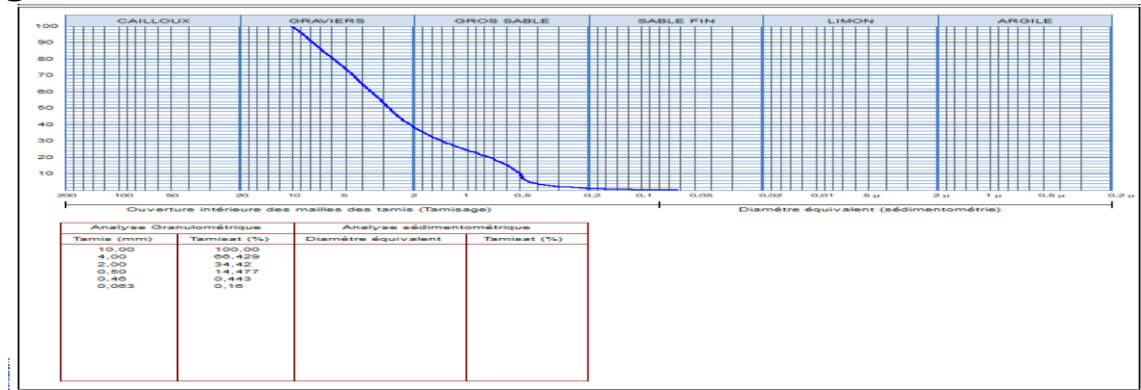
A



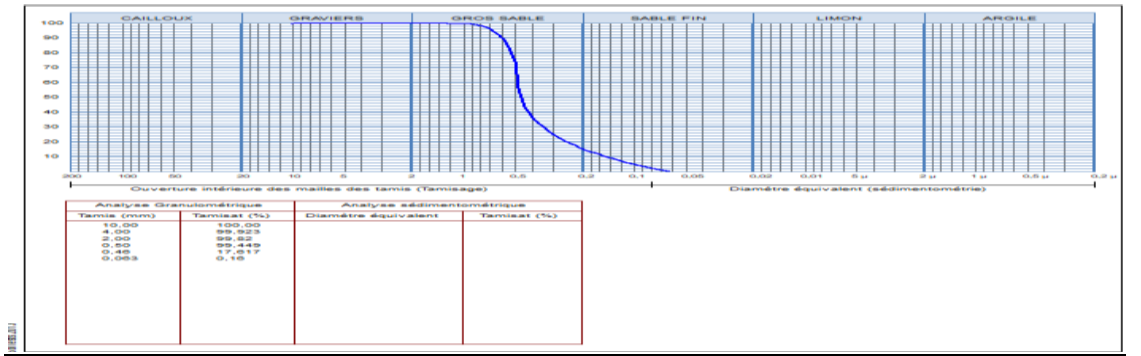
B



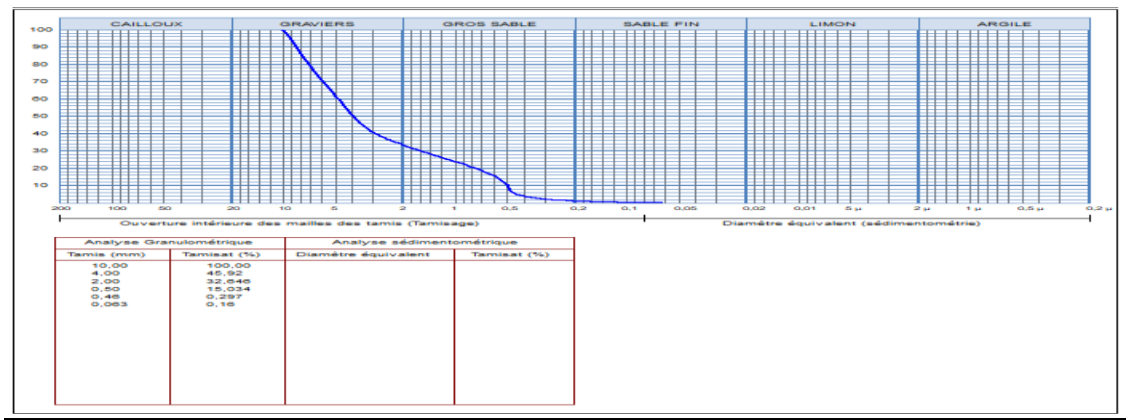
C



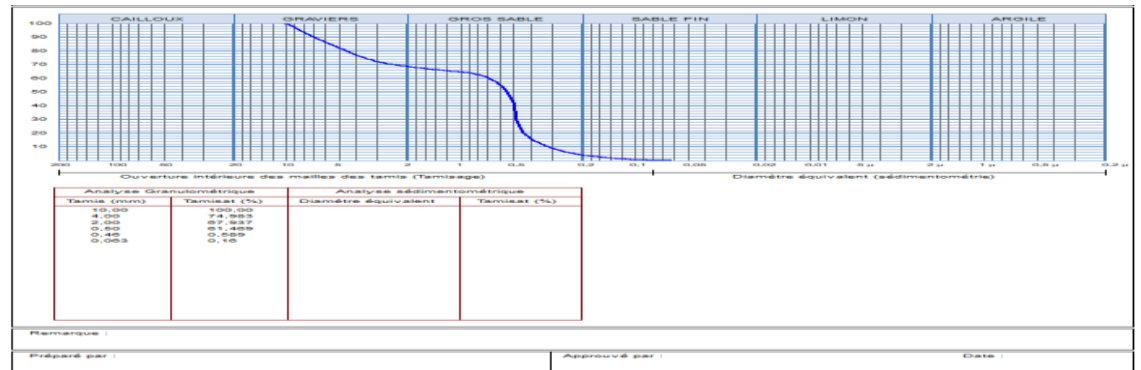
D



E



F



Tab.01. (A B C D E F) ensemble des tableaux représentatif granulométriques

Tamis	BCI N°03	PRO.HYD N°02	PROD P N°01	ECH 07 SITE01 COUCHE- 14G XIV	BCI ECH01 SITE7G COUCHE	SITE 02 G7 PRODUIT ECH03
1.0	99.6	99.5	99.6	23.8	24.4	64.9
0.5	99.5	99.41	99.45	15.03	14.48	61.47
0.250	17.3	11.60	19.9	2.0	2.10	6.0
0.125	6.6	4.00	7.60	0.18	0.19	1.8
0.008	3.2	1.80	2.5	0.17	0.17	1.7
0.063	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	1.6

Tab.2. Les dépôts analysés par granulométrie sont essentiellement des sables fin à grossier milieu idéal au développement des déformations thixotropiques notamment des seismites.



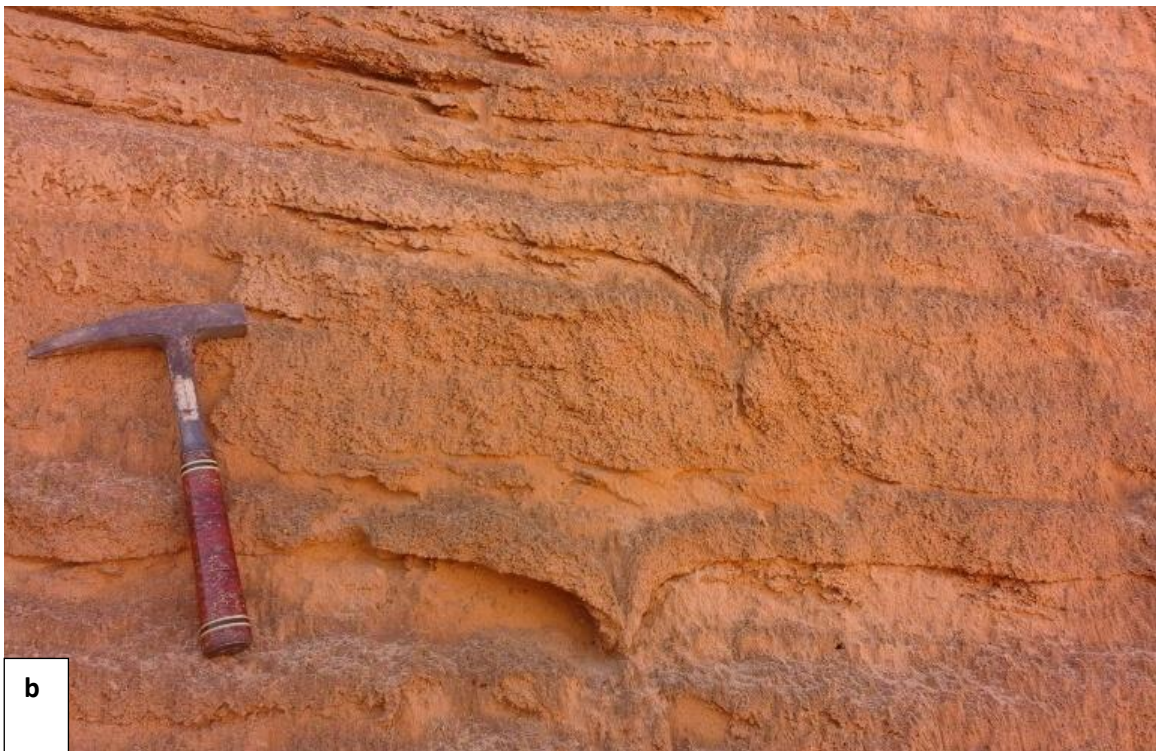


Fig.08. Coins thixotropique (Structures en coins) développés dans les dépôts des dunes récentes Holocènes (a et c) et du Tyrrhénien (b). Notez le développement des coins dans les sédiments de taille variable (intercalations de sable fin et grossier).

CHAPITRE V:

CONCLUSION GENERALE

I. Conclusion générale

En conclusion générale on peut dire que :

- Le gisement de M'zila se situe dans la bordure nord de la partie amont du bassin du bas Chélif. Il est constitué par quatorze couches qui forment les flancs nord et sud d'un synclinal de direction E - W.
- Les couches sont encaissées dans la formation de marnes bleues médianes du Miocène supérieur (Miocène post nappes) du bassin du bas Chélif qui repose en discordance sur les grès de base. Cette formation renferme des niveaux continus d'argile d'origine volcaniques (rhyolitique) d'épaisseur métrique.
- le milieu de dépôt a été marraïne benthique du a la présence des foraminifères notamment (globigérines) d'âge miocène supérieure miocène inférieure moyen.
- la bentonitisation de la région de M'zila se développe au niveau des argiles à dépôt volcanique.
- l'étude morpho tectonique confirme la bentonitisation se développe au niveau des failles (notamment active) comme déjà des dans les études antérieure (Boukhdimi ,2017).
- la présence de la sismite dans notre secteur d'étude confirme le caractère active de cette faille.
- cette faille peu être concédée comme guide de la prospection de l'extinction de gisement comme confirmée dans l'étude antérieure (Boukhdimi ,2010).

BIBLIOGRAPHIE :

- Bendoukha, R., 1987. Etude dynamique, pétrographique et géochimique d'un complexe volcanique plio-quaternaire de la basse Tafna (Oranie occidentale), Thèse Magister, USTHB (Alger).
- Belabbes S (2008) Caractérisation de la déformation active par l'Interférométrie Radar (InSAR) : Failles sismiques aveugles et cachées de l'Atlas Tellien (Algérie) et du Rif (Maroc) le long de la limite des plaques Afrique-Eurasie. Thèse de doctorat-Géophysique Université Louis Pasteur-Strasbourg I 226p.
- Bellon, H., Guardia, P., et Magné, J., (1984). Les associations volcaniques du Miocène supérieur de la région oranaise (Algérie occidentale). Conséquences géodynamiques. Géol. Méditerranéenne, XI, 255-264.
- Bellon, H. (1981), Chronologie radiométrique (K-Ar) des manifestations magmatiques autour de la Méditerranée occidentale entre 33 et 1 Ma, in Sedimentary Basins of Mediterranean Margins, edited by F.C. Wezel, Tecnoprint, Bologna.
- Benhallou, H., 1985, Les catastrophes sismiques de la région d'Echelif dans le contexte de la sismicité de l'Algérie. USTHB. Alger. Thèse d'Etat: 294 p.
- 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.
- Boudiaf A, Ritz JF and Philip H (1998) Drainage diversions as evidence of propagating active faults : example of the El Asnam and Thenia faults, Algeria, Terra Nova, 10, 236-244.
- Boughacha M-S (2001) French translation of a spanish document written by Lopez Marinas, J. M., and Salord, R. (1990), La période séismique Oranaise de 1790 à la lumière des archives espagnoles (University of Sciences and Technology, Houari Boumediene, Algiers, Algeria, 2001).
- Bouhadad Y, Laouami N (2002) Earthquake hazard assessment in the Oran region (northwest Algeria). J. Natural Hazard, 26, 3, 227-243.
- Boukhedimi, M A., 2017. La néotectonique du nord-ouest algérien et ses conséquences sur la répartition spatiale de la sismicité et du volcanisme et l'hydrothermalisme récents de l'Oranie. Thèse de Doctorat en Sciences de la Terre. [Theses.usthb.dz/document/TH10/2017-D/S.T.161p](https://theses.usthb.dz/document/TH10/2017-D/S.T.161p).

- Boukhedimi MA, Louni-Hacini A, Bouhadad Y, Ritz JF, Machane D, Benhamouche A, Bourenane H (2016) « Evidence of seismites in coastal Quaternary deposits of western Oranie (northwestern Algeria) » J Seismol DOI 10.1007/s10950-016-9616-2
- 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.
- 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.
- Durand-Delga, M. et Fontboté, J.M. (1980) : Le cadre structural de la Méditerranée occidentale. 26th International Geological Congress. Colloque C5 : Géologie des chaînes alpines issues de la Téthys. Mémoires Bureau Recherche Géologique et Minière, 11 : 65- 85.
- El Azzouzi, M., Bellon, H., Coutelle, A., Réhault, J.-P., 2014. Miocene magmatism and tectonics within the Peri-Alboran orogen (western Mediterranean). Journal of Geodynamics, SI: Geodynamic evolution of the Alboran domain 77, 171–185. doi: 10.1016/j.jog.2014.02.006
- El Azzouzi, M., Bernard-Griffiths, J., Bellon, H., Maury, R.C., Pique, A., Fourcade, S., Cotten, J., Hernandez, J., 1999. Evolution of the sources of Moroccan volcanism during the Neogene. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Series IIA Earth and Planetary Science 329, 95–102.
- El Robrini, M. (1986), Evolution morpho-structurale de la marge algérienne occidentale (Méditerranée occidentale) : Influence de la néotectonique et de la sédimentation. Thèse de doctorat, 164 pp., Université Paris IV.
- 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.
- 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.
- Laridhi-Ouazaa, N. (1994). Etude minéralogique et géologique des épisodes magmatiques mésozoïques et miocènes de la Tunisie. Thèse d'Etat, Université de Tunis II, 466 pp.

- Louni-Hacini A (2002) La transition du magmatisme calco-alcalin au magmatisme alcalin dans l'Oranie (Algérie Nord Occidentale). Thèse de doctorat (pétrologie structurologie). IST/USTHB.198p.
- Machane D, Bouhadad Y, Cheiklounis G, Chatelain JL, Oubaiche EH, Abbes K, Guillier B, Bensalem R (2008) Examples of geological and geomorphological hazards in Algeria. *Journal Natural Hazards* 45:295–308
- Maouche S, Meghraoui M, Morhange C, Belabbes S, Bouhadad Y, Haddoum H (2011) Active coastal thrusting and folding, and uplift rate of the Sahel Anticline and Zemmouri earthquake area (Tell Atlas, Algeria). *Tectonophysics* 509:69–80. doi: 10.1016/j.tecto.2011.06.003, 10.1016/ j. tecto.2011.06.003 #_blank
- Megartsi M (1985) Le volcanisme mio-plio-quaternaire de l'Oranie nord occidentale (géologie, pétrologie, géodynamique). Thèse de doctorat (pétrologie structurologie). IST/USTHB.295p.
- Moretti M (1999) Soft-sediment deformation structures interpreted as seismites in middle-late Pleistocene aeolian deposits (Apulian foreland, southern Italy). *Sedimentary Geology* 135 - 167–179
- Moussa K (2006) Etude d'une Sebkhia : la Sebkhia d'Oran (Ouest algérien). Thèse de doctorat (sédimentologie). FSTGAT/Université d'Oran.205p.
- 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
- Okba Abd Mounib BELAID & Mohamed Habib BENGANA
CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE D'UN GISEMENT DE
BENTONITE _NORD MOSTAGANEM. 27 septembre 2021.
- Perrodon A. 1957 : Étude géologique des bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie occidentale
- Plaziat JC, Ahmamou M (1998) Les différents mécanismes à l'origine de la diversité des séismes, leur identification dans le Pliocène du Saïss de Fès et de Meknès (Maroc) et leur signification tectonique. *Geodinamica Acta* (Paris) 11 :183–203
- Plaziat JC, Poisson AM (1992) Mise en évidence de plusieurs séismes majeurs dans le Stampien supérieur continental au Sud de Paris : enregistrement sédimentaire de la tectonique oligocène. *Bull Soc Geol Fr* 8:541–551
- Ramdani M, Tadili B, El Mrabet T (1989) The present state of knowledge on historical seismicity of Morocco. *Proceedings of the symposium on Calibration of historical earthquakes in Europe and recent developments in intensity interpretation*, European

- Seismological Commission, Sofia 23-28 August 1988, Cursos y Seminarios 3, Instituto Geografico Nacional, Madrid, 258-279
- Roussel, J., 1973. Les zones actives et la fréquence des séismes en Algérie 1716-1970, Bull. Soc ; Hist. Natur. Afrique du Nord., 64 (3), 2pp. 11-227.
- Sadran G (1958) Les formations volcaniques tertiaires et quaternaires du tell oranais. Publications du service de la carte géologique de l'Algérie, Bulletin N°18.533p.
- Seilacher A (1969) Fault-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
- Stich, D., Ammon, C.J., and Morales, J. (2003), Moment tensor solutions for small and moderate earthquakes in the Ibero-Maghreb region., *J. Geophys. Res.*, 108, 2148, doi:10.1029/2002JB002057.
- Stich, D., Serpelloni, E., Mancilla, F. de L., and Morales, J. (2006), Kinematics of the Iberia-Maghreb plate contact from seismic moment tensors and GPS observations, *Tectonophysics*, doi: 10.1016/j.tecto.2006.08.004.
- Suzuki, W.; Aoi, S.; Sekiguchi, H.; Kunugi, T. (2012). Source rupture process of the 2011 Tohoku-Oki earthquake derived from strong-motion records. *Proceedings of the fifteenth world conference on earthquake engineering*. Lisbon, Portugal.
- Tapponnier (1977) Evolution tectonique du système alpin en Méditerranée, poinçonnement et écrasement rigide plastique. *Bull. Soc. Géol. France*, 19, 3, p. 437-460.
- Texier JP, Raynal JP, Lefevre D (1985) Nouvelles propositions pour un carte chronologique raisonné du Quaternaire marocain. *C.R. Acad. Se., Paris*, 301, 2, p. 183-188
- Thomas G (1985) Géodynamique d'un bassin intramontagneux. Le Bassin du Bas Chélif occidental (Algérie) durant le Mio-Plio-Quaternaire. Thèse Es-Sciences, Pau, 594 p.
- WCC 1984 (Woodward - Clyde Consultants) Seismic micro-zonation of Ech-Cheliff region, Algeria. Report prepared for CTC, 1 Algiers, Algeria, 145p.
- Yelles-Chaouche AK, Boudiaf A, Djellit H, Bracene R (2006) La tectonique active de la région nord-algérienne. *C. R. Geoscience* 338 (2006) 126–139
- Yelles-Chaouche AK, Djellit H, Beldjoudi H, Bezzeghoud M, Buform E (2004) The Ain Temouchent (Algeria) Earthquake of December 22nd, 1999, *Pure appl. geophys.*, 161, 607–621.

