



**Licence Sciences et Techniques : Géosciences et Environnement**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

**ETUDE GEOLOGIQUE D'UNE MINE DE SEL  
AU PRERIF : Masseta-Socepros**

**Présenté par:**

**Sarah LAHMID et Souad EL ALAMI**

**Encadré par:**

**Pr. JABRANE Raouf, FST-Fès**

**Mr. MAIJI Abdelmalek, DREM-Fès**

**Soutenu Le 10 Juin 2016, devant le jury composé de:**

**Pr. BEN ABDELHADI Mohammed (FST-Fès)**

**Pr. EL GAROUANI Abdelkader (FST-Fès)**

**Pr. RAIS Naoual (FST-Fès)**

**Dr. MESRAR Laila**

**Mr. MAIJI Abdelmalek (DREM-Fès)**

**Pr. JABRANE Raouf (FST-Fès)**

**Stage effectué à : DREM-Fès**

ROYAUME DU MAROC



Ministère de l'Énergie, des Mines,  
de l'Eau et de l'Environnement

# Résumé

Les mines de sel dites Masseta et Socepros sont situées aux alentours de la ville de Fès, dans la nappe pré-rifaine méridionale à la limite des rides pré-rifaines orientales Zalagh et Trhat.

Les deux mines se focalisent dans les affleurements triasiques riches en sel.

L'objectif principal de ce travail est d'étudier la géologie générale et régionale de ces mines tant qu'aucune étude n'est déjà réalisée au part avant.

Cette étude a rassemblé, le traitement de la géologie rifaine, sachant que les deux mines sont situées au pré-rif, ainsi que la géologie régionale qui englobe l'étude des rides pré-rifaines orientales Zalagh et Trhat, le massif de Bou-Rdim, la nappe pré-rifaine, et la post-nappe régressive du miocène supérieur. Afin d'y comprendre les conditions derrière la formation et l'apparition du sel dans la région.

Sans oublier de mentionner les méthodes d'exploitation de ce minerai, si important dans notre vie quotidienne. Ses étapes de traitement et ses utilisations.

Une analyse chimique est portée à des échantillons de sel, afin de déterminer leur composition chimique et certifier la présence de certains éléments chimiques qu'on cherche comme le lithium Li.

**Mots clés :** Mine, sel, géologie, pré-rif, nappe pré-rifaine, rides pré-rifaines, post-nappe régressive du miocène, exploitation

# SOMMAIRE

<b>RESUME .....</b>	<b>2</b>
<b>LISTES DES FIGURES.....</b>	<b>5</b>
<b>LISTES DE TABLEAUX.....</b>	<b>6</b>
<b>LISTES DE PHOTOS .....</b>	<b>6</b>
<b>DEDICACE.....</b>	<b>7</b>
<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>9</b>

## **CHAPITRE I: LA GEOLOGIE RIFAINE**

<b>I.1. INTRODUCTION.....</b>	<b>11</b>
<b>I.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE DU RIF ET SA PLACE DANS LE CONTEXTE GEOGRAPHIQUE MAROCAIN .....</b>	<b>11</b>
<b>I.3. EVOLUTION PALEOGEOGRAPHIQUE DU RIF DU TRIAS A L'ACTUEL .....</b>	<b>12</b>
<b>I.4. LE CADRE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL DU RIF : .....</b>	<b>14</b>
I.4.1. DOMAINE INTERNE .....	15
I.4.2. DOMAINE DE FLYSCHS .....	17
I.4.3. DOMAINE EXTERNE .....	17

## **CHAPITRE II:LA GEOLOGIE REGIONALE**

<b>II.1. INTRODUCTION .....</b>	<b>23</b>
<b>II.2. LES RIDES PRERIFAINES : ZALAGH ET TRHAT.....</b>	<b>24</b>
II.2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	24
II.2.2. CADRE GEOLOGIQUE .....	25
II.2.3. LA RIDE DE TRHAT.....	26
II.2.3. LA RIDE DE ZALAGH .....	28
<b>II.3. ETUDE GEOLOGIQUE ZONALE.....</b>	<b>33</b>
<b>II.3.1. INTRODUCTION.....</b>	<b>33</b>
II.3.2. JBEL BOU-RDIM : LES SERIES REGRESSIVES DU MIOCENE .....	34
II.3.3. LA POST NAPPE DU MIOCENE .....	37
II.3.4. ETUDE GEOLOGIQUE DES MINES DE SEL : ‘MASSETA’ ET ‘SOCEPROS’ .....	43

## **CHAPITRE III: LES METHODES D'EXPLOITATION**

<b>III.1.INTRODUCTION .....</b>	<b>49</b>
<b>III.2. EXTRACTION DU SEL .....</b>	<b>49</b>
<b>III.3. LE SEL GEMME-HALITE .....</b>	<b>52</b>
III.3.1.DEFINITION.....	52
III.3.2. CARACTERISTIQUES D'HALITE .....	52
III-3.3. LA FORMATION DU SEL GEMME .....	53
III.3.4. ANALYSE CHIMIQUE DES ECHANTILLONS DE SEL .....	55
III.3.5.LES UTILISATIONS INDUSTRIELLES.....	
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>57</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>58</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>59</b>

## LISTES DES FIGURES

<b>Figure I.1</b> : carte géographique du Rif (Wikipédia).....	11
<b>Figure I.2</b> : carte structurale de la chaîne rifaine du Rif (Modifiée, d'après Negro et al, 2008)....	15
<b>Figure I.3</b> : Principales unités structurales du rif septentrional (D'après Suter, 1980 : carte géologique du Rif 1/500000).....	16
<b>Figure I.4</b> : Modèle de mise en place de la nappe pré-rifaine dans le domaine externe du rif (Flinch, 1993).....	20
<b>Figure I.5</b> : Bloc diagramme représentant le prisme d'accrétion.....	20
<b>Figure II.1</b> : Carte géologique, réalisée depuis la carte géologique rifaine 1/500000.....	23
<b>Figure II.2</b> : Situation géographique des Rides Pré-rifaine.....	24
<b>Figure II.3</b> : Coupe schématique des Rides pré-rifaines, inspirée du Taltasse (1953).....	25
<b>Figure II.4</b> : Carte géologique de Jbel Trhat, extraite de la carte géologique Fès-Ouest Echelle : 1/100000. Levée et éditée par la société chérifienne des pétroles 1950.....	27
<b>Figure II.5</b> : Coupe géologique AA', depuis la carte géologique du Jbel Trhat.....	28
<b>Figure II.6</b> : Carte géologique de Jbel zalagh, d'après al, modifiée.....	31
<b>Figure II.7</b> : la coupe longitudinale II', depuis la carte géologique de Jbel Zalagh.....	32
<b>Figure II.8</b> : Modèle de formation des Rides Pré-rifaines Zalagh et Trhat, d'après Bargach et al, 2004.....	32
<b>Figure II.9</b> : Carte itinéraire de la zone d'étude.....	33
<b>Figure II.10</b> : Coupe stratigraphique de Jbel Bou-Rdim.....	34
<b>Figure II.11</b> : Croquis du phénomène de diapirisme.....	44
<b>Figure II.12</b> : Coupe géologique de la zone d'étude.....	46
<b>Figure III.1</b> : Croquis à main levée présentant les étapes d'exploitation de sel dans la mine de sel'' Socepros''.....	51
<b>Figure III.2</b> : le système cristallin du NaCl, cristallisé en maille cubique à face centrée.....	53
<b>Figure III.3</b> : les étapes de formation du sel gemme.....	54

## LISTES DE TABLEAUX

<b>Tableau II.1</b> : présentant la terminologie des roches sédimentaires du pôle calcaire au pôle argile.(Wikipédia).....	40
<b>Tableau.II.2</b> : la composition chimique des marnes du Tortonien et du Messénien (MESRAR, 2014).....	41
<b>Tableau III.1</b> . Les caractères identificatoires du Halite.....	52
<b>Tableau III.2</b> : la composition chimique du sel, exporté de deux mines.....	55

## LISTES DE PHOTOS

<b>Photo.II.1</b> : Vues panoramiques du versant Sud et Nord de Jbel Trhat.....	26
<b>Photo.II.2</b> : La vieille ville de Fès vue depuis le Bordj sud.....	26
<b>Photo.II.3</b> : Panorama de Jbel Zalagh depuis le Bordj nord.....	29
<b>Photo.II.4</b> : Profil des falaises SW de Jbel Bou-Rdim, montrant les trois séquences inférieures (S1-S3).....	35
<b>Photo II.5</b> : photo de Jbel Bou-Rdim, depuis la route nationale 8.....	36
<b>Photo II.6</b> : photo du versant sud-Est, présentant la séquence 4 de la coupe de Jbel Bou-Rdim....	37
<b>Photo.II.7</b> : photo présentant la post-nappe du miocène, prise depuis la route régionale vers AWTRAGH.....	37
<b>Photo II.8</b> : photo présentant un affleurement de Trias.....	38
<b>Photo II.9</b> : Brèche compacte formée de calcaire silex et un mélange de roches exotiques.....	38
<b>Photo II.10</b> : calcaire de jurassique.....	39
<b>Photo II.11</b> : photo de Mugunghwa.....	39
<b>Photo.II.12</b> : Les marnes grises du Tortonien.....	40
<b>Photo II.13</b> : Les marnes jaune-blanchâtres du Messinien.....	41
<b>Photo.II.14</b> : Argile rouge imprégnée de gypse et de sel.....	42
<b>Photo II.15</b> : stratigraphie standard de la région.....	42
<b>Photo.II.16</b> : Panorama de la mine de sel Masseta.....	43
<b>Photo.II.17</b> .emplacement du micropli pris comme exemple.....	44
<b>Photo. II.18</b> : Affleurement salifère à la mine de sel Socepros.....	45
<b>Photo.III.1</b> : Abattement du massif argilo-salifère par l'eau potable.....	50
<b>Photo III.2</b> : les bassins de décantation des deux mines de sel.....	50
<b>Photo III.3</b> : Sel compact en format chou-fleur.....	51

# Dédicace

## *Nous dédions ce Modeste Travail :*



### *A nos parents*

*Aucun mot si sacré soit-il, ne suffira à apprécier à juste valeur, le soutien matériel et spirituel, les sacrifices que vous ne nous avez cessés de déployer.*

*Nous vous offrons en guise de reconnaissance, ce modeste travail, en vous souhaitant santé, bonheur, et longue vie qu'on puisse combler à nos tours.*



### *A nos chers frères et sœurs*

*Nous vous dédions ce travail en témoignage des liens solides et intimes qui nous unissent, pour vos soutiens, et encouragements en vous souhaitant un avenir plein de réussite et de bonheur.*



### *A nos chers amis et collègues d'étude :*

*A tous nos amis en témoignage de l'amitié que nous partageons.*



### *A nos chers Professeurs :*

*A nos respectueux Professeurs pour les encouragements qu'ils n'ont cessé de nous prodiguer, nous les remercierons vivement de leur aide précieuse et leurs conseils avisés.*



*A tous ceux qui nous ont soutenus, et qui nous soutiennent toujours.*

# Remerciements

Au terme de ce projet de fin d'étude, nous tenons à manifester l'expression de nos profondes gratitude, et notre reconnaissance à toute personne ayant contribué de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail, en particulier :

Monsieur **Abdelmalek MAIJI**, notre encadrant extérieur qui n'a épargné aucun effort, pour nous aider et nous orienter, en nous laissant la grande liberté, tout en restant à l'écoute.

Bien entendu nous adressons nos sincères remerciements au personnel de la Direction Régionale d'Energie et Mines de Fès-Meknès, qui n'ont ménagé ni leur temps ni leur effort pour nous aider à élaborer ce travail, en personne de Monsieur **Mohammed LAHRACHE**, Mme **Jamila RAJI** et Mme **Naima MOUAAID**.

Nous adressons aussi toutes nos gratitude à Monsieur **Raouf JABRANE**, pour son encadrement, ses conseils, et directives pertinents et sa disponibilité durant toute la période de notre stage.

Nous aimerions que tous nos formateurs trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance et de notre respect.

Merci aussi aux **membres de jury** : Mme **Naoual RAIS**, Monsieur **Mohammed BEN ABDELHADI**, Monsieur **Abdelkader EL GAROUANI**, Mme **Laila MESRAR**, et Monsieur **Raouf JABRANE**, pour l'attention dont ils ont fait preuve vis-à-vis de notre travail.

*Enfin Merci à Tous*

# Introduction

Considéré comme l'un des plus grands producteurs de sel gemme dans la région méditerranéenne, le Maroc connaît l'exploitation du sel gemme depuis bien longtemps, son histoire remonte au 8ème siècle, il servi de monnaie d'échange.

Le sel a mis son grain dans chaque période de l'histoire marocaine, Il provient de quatre types d'exploitation: les gisements de sel gemme qui sont des vestiges de mers asséchées il y a des millions d'années, les marais salants qui ont été construits durant le protectorat français sur la côte atlantique, les sebkhas qui sont des bassins naturels inondables et les eaux salées souterraines. Mais ça reste, le sel gemme le plus exploité, citant les mines de Mohammedia, Tissa, Souk larbae, etc...

Socepros et Masseta, est un exemple de mine de sel marocaine, les deux se trouvent aux alentours de la ville de Fès, dans la post-nappe prériefaine du miocène, caractérisée par ses affleurements triasique gypso-salines.

L'objectif principal de ce travail est d'étudier la géologie générale et régionale de ces mines tant qu'aucune étude n'est déjà réalisée au part avant, pour cela, il sera développé suivant trois chapitres :

- Le premier chapitre présentera, une étude bibliographique sur la géologie rifaine.
- Le second chapitre traitera la géologie régionale qui englobe l'étude géologique des rides prériefaines orientales Zalagh et Trhat, résultant de la mise en place de la nappe prériefaine, jbel Bou-Rdim, exemple d'une série régressive du miocène, ainsi que la géologie des deux mines de sel Socepros et Masseta, dans le but de déterminer les conditions de formation et d'affleurement du minerai exploité, et dresser l'histoire géologique de la région.
- Le troisième chapitre est axé sur les méthodes d'exploitation du sel gemme, ses utilisations industrielles, et l'interprétation des résultats de l'analyse de deux échantillons de sel apportés des mines, réalisé au Curi (cité d'innovation), selon la méthode ICP-AES afin de déterminer leur composition et certifier la présence de certains éléments chimiques qu'on cherche, comme le lithium Li.

A decorative border composed of various blue-toned floral and circular motifs, including stylized flowers, swirls, and concentric circles, framing the central text.

# Chapitre I: La géologie Rifaine

## **I.1. INTRODUCTION**

Au nord de la meseta occidentale et du moyen atlas, commence un autre monde celui de la chaîne rifaine, tardivement plaquée contre le domaine atlasique.

L'originalité du Rif se manifeste par sa lithologie variée, où prédominent cependant Les formations marneuses et schisteuses, ainsi que par sa tectonique, puisque les écaillés ou les nappes de charriage multiples voisinent avec les unités parautochtones, engendrant une architecture de détail d'une grande complexité. Les principales unités ou nappes se disposent en arc de cercle, à convexité tournée vers le Sud, se différenciant chacune par leur stratigraphie et leur propre style tectonique.

## **I.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE DU RIF ET SA PLACE DANS LE CONTEXTE GEOGRAPHIQUE MAROCAIN**

Du point de vue géographique, le Rif est une montagne arquée, tournant sa convexité vers le Sud-ouest; cet arc montagneux, assez étroit puisqu'il ne dépasse pas 100 Km dans sa partie centrale, est aligné parallèlement à la côte méditerranéenne.

Cette montagne a deux versants, l'un atlantique, s'abaissant progressivement vers les plaines de Gharb et le couloir Sud rifain, l'autre méditerranéen abrupt. Ce domaine rifain correspond à cette partie nord du territoire marocain qui porte l'empreinte géographique et géologique de sa situation méditerranéenne créée à la fin de l'Oligocène, et qui succède à la Mésogée d'H. Douvillé, dernier stade de la Téthys d'Ed. Suess (WILDI, 1983).

Cette chaîne englobe toutes les montagnes qui s'étendent en arc de cercle du détroit de Gibraltar jusqu'à la basse Moulouya. (Figure I.1)



Figure I.1 : carte géographique du Rif (Wikipédia)

### I.3. EVOLUTION PALEOGEOGRAPHIQUE DU RIF DU TRIAS A L'ACTUEL

La chaîne rifaine dont on ne voit actuellement que la Structure finale, a subi en réalité une évolution Paléogéographique et structurale complexe depuis le Trias jusqu'à l'actuel(Quaternaire). Elle repose sur un substratum à croute continentale ayant subi une orogénèse hercynienne plus ou moins accentuée.

Les nappes qui constituent le Rif sont issues de trois domaines paléogéographiques (WILDI, 1983):

- **le domaine interne**, formé par un socle cristallophyllien continental aminci et une couverture sédimentaire du Paléozoïque au Tertiaire (Trias sebtides métamorphiques, ghomarides et dorsale).
- **le domaine des nappes des flyschs** qui correspond à un secteur marin profond et mobile du Jurassique moyen au Burdigalien.
- **le domaine externe** représente la marge téthysienne du Continent africain.

La différenciation de ces domaines a commencé au Trias avec une sédimentation importante de pélites et évaporites dans le domaine externe (SALVAN, 1974, WILD1, 1983), des dolomies et des alternances de dolomies, de calcaires et marnes dans le domaine interne et probablement des formations carbonatées dans le domaine des nappes des flyschs (BOURGOIS, 1978, WILD1, 1983). Cette sédimentation continue au Trias avec une ouverture est-ouest du bassin du Rif externe (FAUGERE et MOUTERDE, 1980, WILD1, 1983) et installation de la Téthys qui envahit les domaines de la dorsale rifaine et des Ghomarides.

La sédimentation océanique se confirme et son caractère s'accroît avec la sédimentation au Dogger et Malm (SCLATER et al. 1977, WILD1, 1983).

Au Crétacé inférieur des dépôts de marnes et marno-calcaires à intercalations pélitiques, puis pélitiques et gréseuses dans les bassins du domaine externe; des marnes et des calciturbidites à Calpionelles dans le bassin des flyschs.

A L'Albien commence la phase compressive majeure (OBERT, 1981, WILD1, 1983) qui a impliqué fortement les formations du Crétacé inférieur.

Du Draconien jusqu'au Turonien, on a une sédimentation hémipélagique et pélagique et arrêt de la sédimentation détritique dans le bassin téthysien, puis une transgression marine généralisée suivie d'une sédimentation marneuse à éléments détritiques et marneuse à phase pélagique et des faciès détritiques et marneux au Sénonien lui fait suite une sédimentation marneuse, pélitique et marno-calcaire à la fin du Crétacé supérieur et jusqu'à l'Eocène moyen.

A l'Eocène supérieur une deuxième phase compressive n'a qu'un effet faible dans le mésorif et le pré-rif pendant le Lutétien (LEBLANC, 1975, 1979 et SUTER, 1965, WILD1, 1983).

A l'oligocène jusqu'à la base du Miocène inférieur (Aquitainien), des dépôts de grès des séries marines et Oligo-miocène (LEBLANC, 1975, 1979, SUTER, 1965, SUTER et FIECHTER, 1966, WILD1, 1983).

Une troisième phase compressive majeure se produit pendant le Miocène inférieur avec des charriages, des plissements et des schistosités; elle est responsable de la structuration de l'édifice des unités intrarifaines et en partie mésorifaine (DURAND DELGA, 1980). Cette phase compressive est suivie d'une transgression et d'une sédimentation marneuse jusqu'à la fin du Miocène moyen dans le Rif externe (LEBLANC, 1975, 1979, WILD1, 1983).

Au Tortonien une phase tectonique est responsable de la mise en place des différentes nappes et elle suivie de la mise en place des bassins intramontagneux qui ont subi, du Tortonien à l'actuel, l'effet de deux phases tectoniques compressives et successives associant des failles (Décrochantes, inverses, normales) et des plis qui sont à l'origine de leur individualisation et qui ont donné au subrif sa structure actuelle (AIT BRAHIM et CHOTIN, 1989).

Au "Pontien" une topographie molle est réalisée par l'érosion des plis modérés du Tortonien terminal.

Au Pliocène: un soulèvement de la future chaîne intervient et c'est par cette surrection que la montagne rifaine prend l'altitude que nous lui connaissons actuellement (MICHARD, 1976).

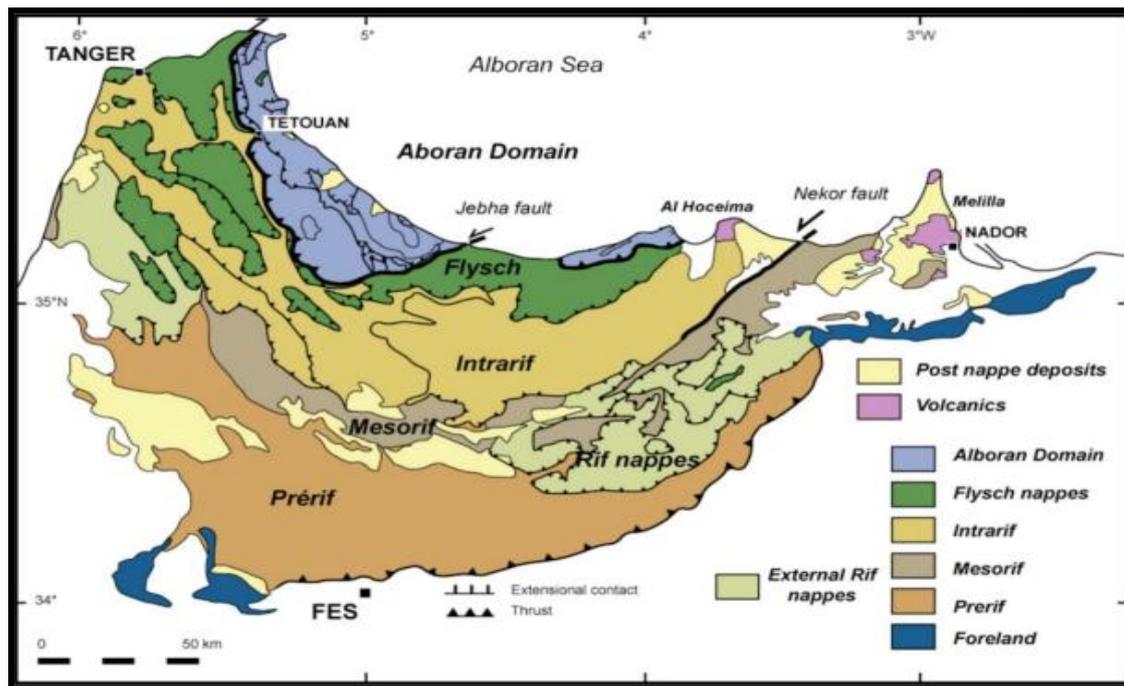
Au Quaternaire, le creusement des vallées alterne avec des phases de glaciplanation et de construction de terrasses alluviales, déterminant un étagement de replats depuis les hauts niveaux du Moulouyen et du Régréguen jusqu'à la très basse terrasse rharbienne (MAURER, 1968).

#### **I.4. LE CADRE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL DU RIF :**

Le domaine rifain se distingue par une tectogenèse violente avec métamorphisme et charriage. Il comporte trois grandes parties subdivisées en zones emboîtées les unes dans les autres poussées du Nord au Sud, le domaine Interne, le domaine des flyschs, et le domaine Externe (l'Intrarif, le Mésorif et le pré-rif) :

- **Le domaine interne** : constitué des nappes paléozoïque, Dorsale calcaire et les unités métamorphiques sebtides. il frange la côte méditerranéenne entre Sebta et Jbha.

- **Les nappes des flyschs**, localement chevauchées par le domaine interne. Elles sont les témoins de l'existence d'un sillon nord-africain.
- **Domaine externe**, recouvert par les nappes des flyschs. La partie septentrionale du domaine externe est caractérisée par des unités plissées. Sa partie méridionale est considérée comme un bassin d'avant pays tertiaire de géométrie complexe et une série détritique syn- orogénique. (Figure I.2)



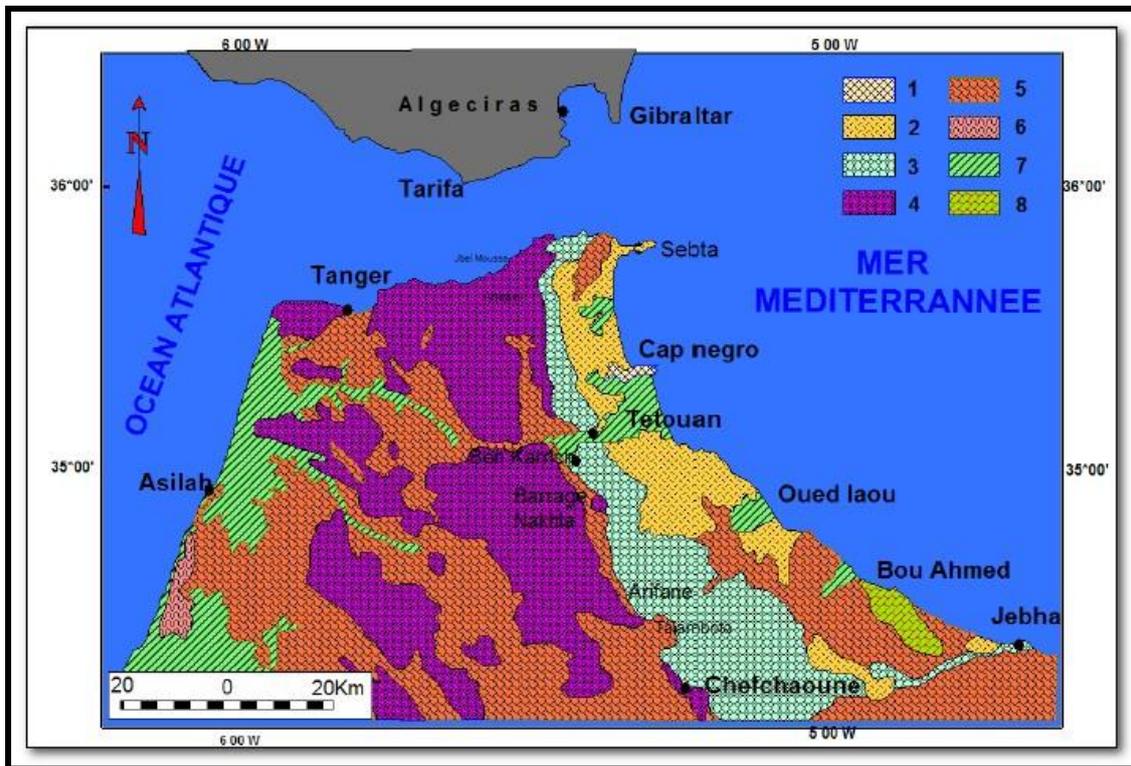
**Figure I.2** : carte structurale de la chaîne rifaine du Rif (Modifiée, d'après Negro et Al, 2008)

### I.4.1. Domaine interne

Il s'étend le long de la Méditerranée de Sebta à Jebha. Les terrains y sont métamorphiques et constitués par des gneiss, schistes, calcaires et dolomites, d'âges primaires et permo-triasique: les Sebtides et les Ghomarides.

Plus à l'extérieur, en s'éloignant de la Méditerranée, la dorsale calcaire, épine dorsale à forte altitude, s'étend du détroit de Gibraltar jusqu'à l'accident de Jebha. Cette dorsale est caractérisée par un matériel où prédominent les faciès calcaires et dolomitiques (Trias, Lias). Plus à l'est, le domaine interne est représenté par le chaînon des Bokkoya. (Figure I.3)

Dans ce domaine, on distingue trois ensembles structuraux superposés du bas vers le haut :



**Figure I.3 :** Principales unités structurales du rif septentrional  
(D'après Suter, 1980 : carte géologique du Rif 1/500000).

1-Sebtides, 2-Ghomarides, 3- Dorsale calcaire, 4-Nappe de flyschs, 5- unité intra-rifaine, 6-Pré-rif, 7- Néogène et Quaternaire, 8-Péridotites de Béni Bosra

#### - Les Sebtides :

Ils sont constitués de terrain polymétamorphiques et ultrabasique (les péridotites de Beni Bousera issue du manteau supérieur) et d'une couverture paléozoïque et triasique (unité de Federico) (PROBST, 1974 ; MICHARD, et al, 1983, SADIQQI, 1988). On y distingue de bas en haut les Sebtides inférieurs formés de : l'unité de Beni Bousera et l'unité Filali et les Sebtides supérieurs ou les unités de Federico.

#### - Les Ghomarides :

Ils sont formés de nappes paléozoïques peu métamorphiques d'âge silurien à carbonifère (DELGA, 1960-1962 ; DIDON et al, 1973 ; CHALOUAN, 1986) avec une mince couverture méso-cénozoïque non métamorphique (PROBST 1974 ; CHALOUAN, 1986, 1987 ; MAATE, 1993).

Les Ghomarides sont constituées de trois écailles (MILLIARD, DELGA et al, 1960-1962) à matériel siluro-dévonien très déformé (CHALOUAN, 1983), d'un Carbonifère à faciès discordant, d'un Permo-Trias à grès rouge et dolomies et d'une couverture secondaire et tertiaire condensée.

#### - **La Dorsale calcaire :**

Elle borde les flancs Ouest et Sud des Ghomarides du Rif septentrional. La dorsale calcaire correspond à un ensemble d'écaillés à ossature carbonatée triasico-liasique massive de plate-forme (DIDON et al. 1973 ; EL HATIMI et al. 1991). Cette série surmonte d'autres séries condensées jurassico-crétacées, coiffées par un matériel tertiaire détritique.

#### **I.4.2. Domaine de flyschs**

C'est un domaine entièrement allochtone. Il chevauche le domaine externe entre le détroit de Gibraltar et le Rif central à l'Est (Figure I.2).

Ce domaine est débité en nappes constituées de matériel crétacé et tertiaire (BOUILLIN et al, 1970 ; DIDON et AL, 1973 ; SUTER, 1980). Ces nappes occupent trois positions structurales : elles sont soit en superposition sur les unités du domaine interne, soit entre le domaine interne et le domaine externe, ou bien en position plus externe sous forme de masses isolées sur les unités du domaine externe.

On y distingue trois types de nappes :

- **Les flyschs mauritaniens** : rassemblent la nappe de jbel Tisirène et celle de Béni Ider.
- **Les flyschs massyliens** : comprennent les flyschs de Melloussa dans le Rif septentrional et ceux de jbel Chouamat sur la transversale de Kétama (ANDRIEUX, 1971).
- **Les flyschs numidiens** : sont caractérisés à leur base par des argiles verdâtres à Tubotomaculum, dites « sous numidiennes » et au-dessus des quelles il existe des alternances de grosses barres gréseuses et de minces lits pélitiques.

#### **I.4.3. Domaine externe**

Le Rif externe est un domaine très variable, il contient des unités enracinées ou allochtones, et des unités décollées ou glissées, issues de l'une des unités enracinées. Le Rif externe enraciné est subdivisé en trois ensembles de l'intérieur vers l'extérieur (du nord au sud ou du NE au SW) :

- **L'Intrarif :**

Il est constitué de :

- **L'unité de Ketama** : qui affleure dans le Rif central (ANDRIEUX, 1971), affectée par deux phases de schistosité et deux métamorphismes (la première phase est d'âge oligocène supérieur- miocène inférieur et la seconde d'âge miocène supérieur (ANDRIEUX, 1971; FRIZON DE LAMOTTE, 1985).
- **L'unité de Tanger** : est peu déformée. Elle est considérée comme la couverture de l'unité de Kétama, avec une série stratigraphique allant du Cénomanién au Miocène inférieur. Cependant, elle est symbolisée par des marnes argileuses du Crétacé supérieur.
- **L'unité de Loukkos** : est une zone d'écaillés tectoniques qui affleure au front occidental de l'unité de Tanger. Ces faciès sont d'âge allant de l'Albo-Aptien à l'Eocène (LESPINASSE, 1975 ; BEN YAICH, 1991).

- **Le Mésorif :**

Il est formé de terrains allant du Lias au Miocène moyen, caractérisés par des dépôts argilo-gréseux du Callovo-Oxfordien (WILDI, 1981; 1983), et par les calcarénites du Miocène moyen (SUTER, 1965).

- **Le Prérif :**

A l'extérieur de l'ensemble montagneux rifain vient un domaine de collines à dominante argilo-marneuse. C'est ce qu'on appelle aussi le Prérif. Il constitue la partie la plus méridionale de la chaîne rifaine. Il est limité au Sud par la plaine du Saïs, sur laquelle sont bâties les villes de Fès et Meknès, à l'Ouest par la plaine du Rharb et le pays des Zemmour, et vers l'est, il ne dépasse pas la vallée du Sebou.

Subdivisé à son tour en Prérif interne et Prérif externe (WILDI, 1983, MARCAIS et SUTER, DELGA et AL, 1962).

- **Le Prérif Interne :**

Constitué d'écaillés apparemment enracinées sous le Mésorif. La série stratigraphique comprend les calcaires du Lias et du Dogger qui forme les « sofs », (alignement dans le paysage des écaillés calcaires), appelé également « Grés de Mrayt » (TEJRA DE LEON, 1993) et les carbonates de plate-forme du Kimméridgien et du Tithonique.

- **Le Prérif externe :**

Il constitue l'une des unités frontales de la chaîne du Rif. Son front sud, qui s'arrête au contact des premiers contreforts de la marge méridionale du bassin du Rharb, passe par la limite nord des Rides pré-rifaines (FAUGERE, 1978).

Son allochtonie, mise en évidence par le plan de décollement présent à la base, lui vaut le nom de « Nappe Prérifaine » (BRUDERE et LEYY, 1954). Le terme de « complexe pré-rifain » (LEBLANC, 1977) ou « Complexe tectono-sédimentaire » (FEINBERG, 1986), a été également suggéré pour cette unité géologique à cause de sa lithologie hétérogène.

- **Nappe pré-rifaine :**

Est un exemple de nappe du Prérif Externe, à matrice marno-sableuse du Miocène supérieur où sont emballés des éléments de toutes tailles (BEN YAICH, 1991).

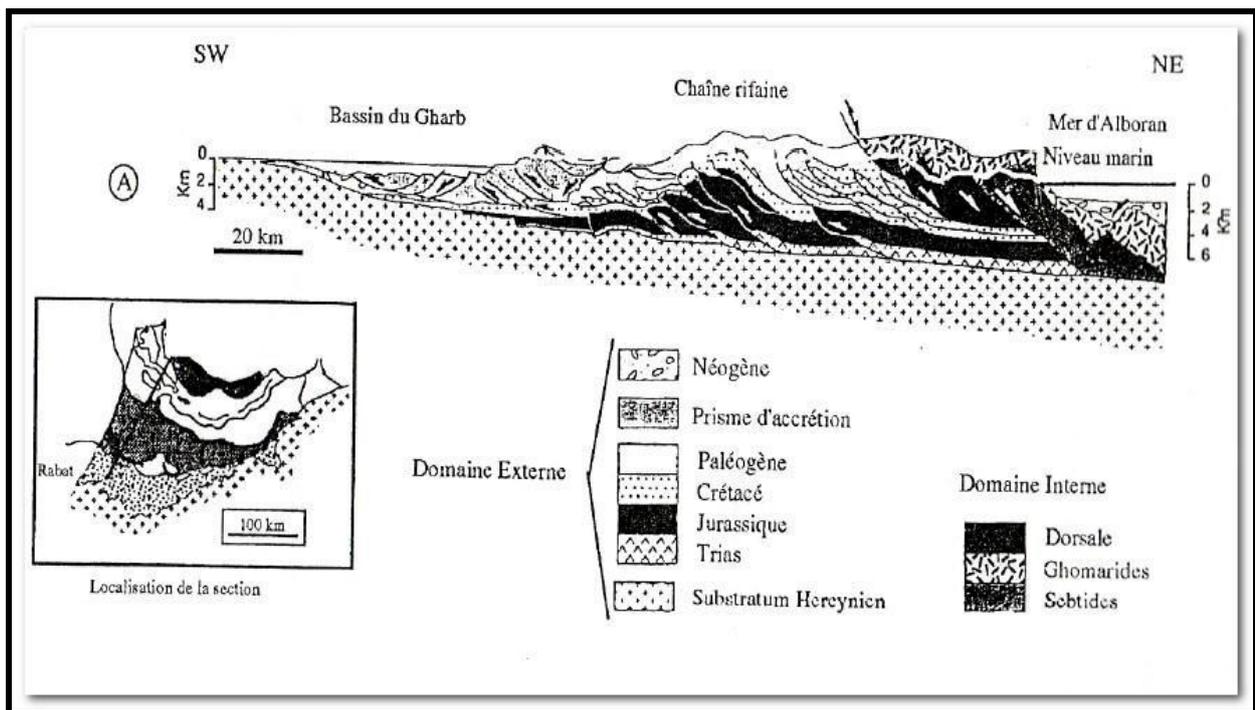
- **Modèle de structure et de mise en place de la nappe pré-rifaine :**

Plusieurs modèles ont été proposés pour la structure et la mise en place de la Nappe pré-rifaine. Son allochtonie a initialement été proposée par Brudere et Levy (1954). Plus tard, Lajat et Al, (1975) ont suggéré sa mise en place par glissement gravitaire, en avant du front des nappes de Rif, dans un bassin marin d'âge Miocène.

Vidal (1977) a proposé une origine autochtone pour la Nappe, impliquant un « mélange d'olistolithes autochtones » qu'il a appelé « Mélange pré-rifain ». En parallèle, Le Blanc (1977) a proposé une mise en place par chevauchement gravitaire.

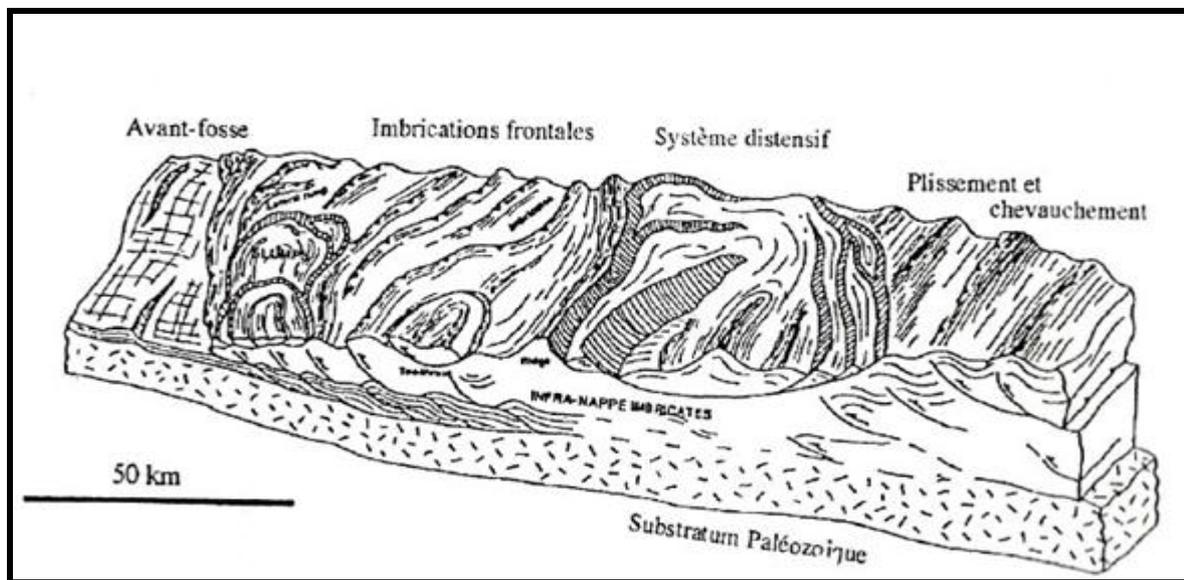
Fein berg (1986) lui a superposé un modèle basé sur les chevauchements suivis par une mise en place gravitaire. D'après ce dernier la mise en place de la Nappe aurait commencé au Serravalien moyen à supérieur, et se serait arrêtée au Tortonien supérieur.

Flinch (1993) soutient que la Nappe pré-rifaine aurait été mise en place dans le bassin sous forme de prisme d'accrétion, qui progresse vers les parties externes du Rif (Figure I.4), entraînant dans son mouvement des sédiments de mer profonde (argiles détritiques, et argiles à évaporites). Et dont la progression serait liée aux mouvements de la plaque d'Alboran contre la marge passive africaine. (Figure I.4).



**Figure I.4 :** Modèle de mise en place de la nappe pré-rifaine dans le domaine externe du rif (Flinch, 1993)

A : Coupe transversale reliant le domaine Interne du Rif au domaine Externe



**Figure I.5 :** Bloc diagramme représentant le prisme d'accrétion

▪ **Stratigraphie:**

Du point de vue stratigraphique, la Nappe Pré-rifaine correspond à un ensemble chaotique à matrice marneuse. Des éléments de toutes tailles, depuis le microfossile jusqu'aux blocs les plus divers, couvrent parfois des surfaces de plusieurs centaines de mètres, interstratifiés dans des

marnes bleutées d'âge Miocène. Ces éléments, dont les plus fréquents sont constitués de Trias marno-gypsifère, ont pour origine les différentes nappes des zones externes du Rif (LAJAT et al, 1975).

Selon Flinch (1993), la Nappe Prérifaine est constituée principalement par des argiles détritiques et turbiditiques et par des évaporites du Trias. Ces séries triasiques, crétacées, paléogènes et néogènes très déformées, auraient été détachées de leur base originelle et charriées sur le Mésozoïque et le Miocène moyen de l'avant-pays.

En fait, l'âge exact de la Nappe Prérifaine est difficile à déterminer, en raison de l'extrême abondance des éléments remaniés. Le remaniement du matériel du Crétacé supérieur au Miocène inférieur, qui représente le matériel initial de la Nappe, se fait de façon anarchique durant un intervalle de temps très court, donnant à la datation un âge qui n'est, en définitive, que celui de la formation la plus jeune de l'ensemble prérifain charrié (rapport De l'ONHYM, 1994).

#### - **Rides prérifaines :**

Les Rides Prérifaines occupent le front sud rifain. Ce sont des reliefs constitués par des formations d'âge jurassique séparés par des dépressions de terrains néogènes. Dans le paysage, ces rides sont soit isolés tel que Jbel Balaâs à l'Ouest, Jbels Trhat et Zalarh à l'Est ; soit alignées en guirlande courbe comme l'ensemble de Kefs- Outita ; soit accolées les unes aux autres dans un désordre apparent tel que Jbel Dhar N'Sour, Jbel Zerhoune, Jbel Kannoufa-Nesrani.

Les Rides prérifaines sont généralement interprétées comme une zone comprimée et expulsée vers le SW entre deux failles orientées NE- SW.

A decorative border with a light blue background, featuring various floral and circular patterns in shades of blue, green, and white. The border frames a central white rectangular area.

# **Chapitre II:** **La géologie régionale**

## II.1. INTRODUCTION

Notre travail est axé sur l'étude géologique de deux mines de sel situées dans le front rifain (prérif), à la limite des Rides prérfaines orientales, celles de zalagh et Trhat, et le massif de Bou-Rdim (Figure II.1), ce qui exprime la diversité géologique de cette région, citant la lithostratigraphie, l'aspect tectoniques, le contexte géodynamique, et la pétrographie etc....

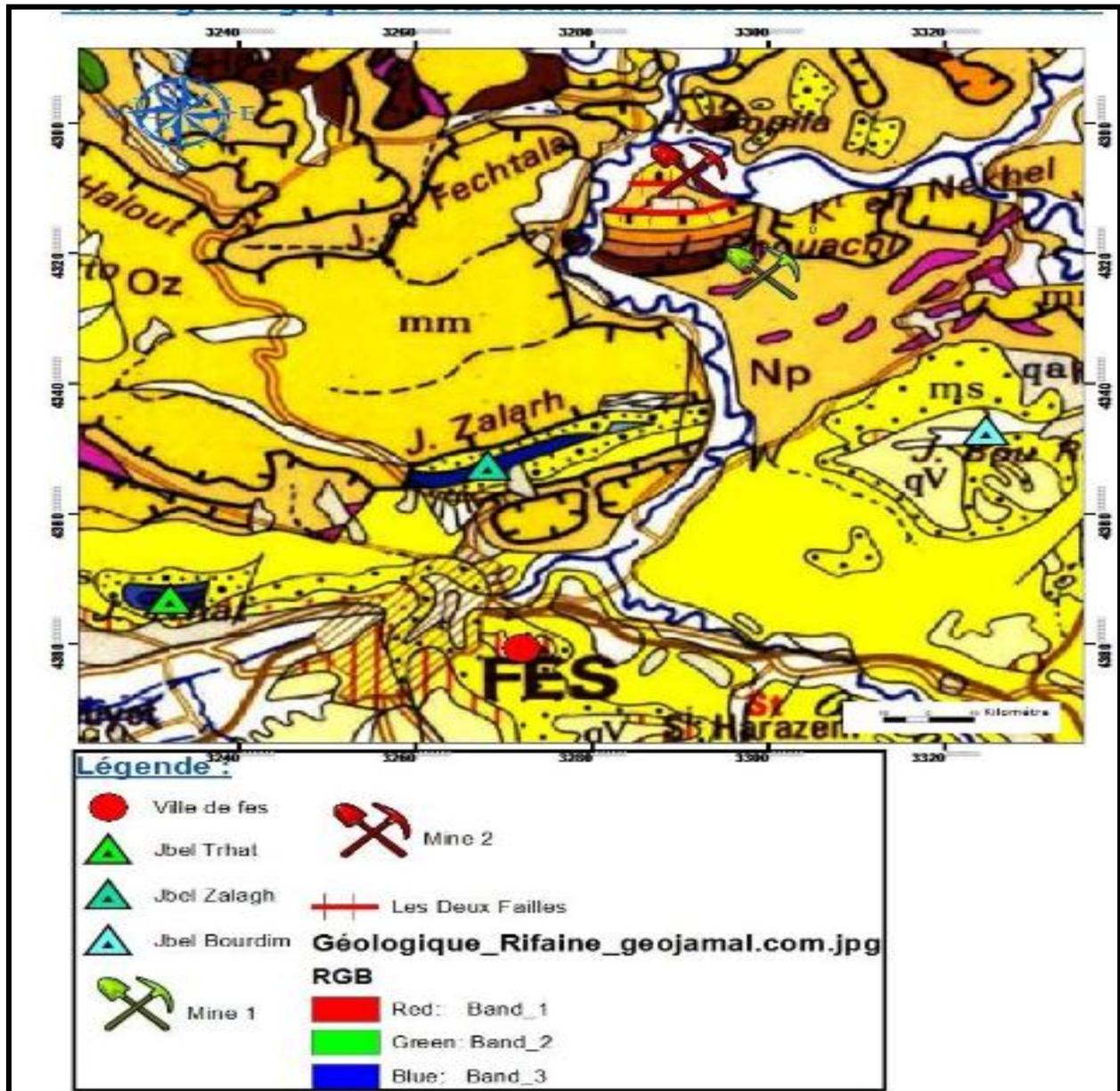
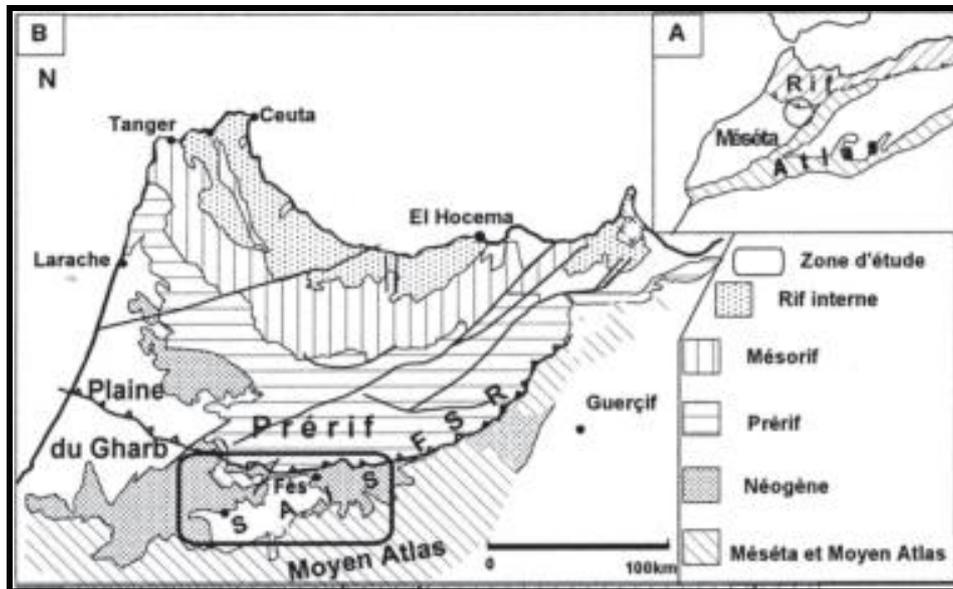


Figure II.1 : Carte géologique, digitalisée depuis la carte géologique rifaine 1/500000

## II.2. LES RIDES PRERIFAINES : ZALAGH ET TRHAT

### II.2.1. Situation géographique



**Figure II.2 :** Situation géographique des Rides Pré-rifaines

A : les domaines structuraux du Maroc

B : Esquisse structurale de la partie des Rides Pré-rifaines orientales : Zalagh et Trhat

Les Rides pré-rifaines orientales se situent au front méridional de la chaîne du Rif, à la limite entre cette dernière et le bassin lacustre-palustre du Saïs au Sud. Cette zone qui appartient à la fois au front de la chaîne rifaine (Pré-rif), à l'avant pays déformé et écaillé (Rides pré-rifaines occidentales) et au bassin d'avant chaîne (Bassin de Saïs), montre une structuration relativement faible et tardive par rapport à l'ensemble de la chaîne du Rif. (Figure II.2)

Les rides, zalagh et Trhat, sont des petites rides isolées, dans le prolongement d'un ensemble plus accentué arqué en forme de fer à cheval (J. Kannoufa ; J. Zerhoun ; J. Dhar N'Sour), situées plus à l'ouest.

En face d'eux se trouve la ville de Fès, bien proche.

## II.2.2. Cadre géologique

Sur le plan géologique, les Rides prérfaines : Zalagh et Trhat ont été longtemps interprétées comme des écaillés à matériel mésozoïque de l'avant-pays rifain, déversées vers le sud et l'ouest, écaillés résultant d'une phase de compression contemporaine à la mise en place de la nappe prérfaine (DAGUIN, 1927 ; LEVY et AL, 1952 ; DELGA et AL, 1960-1962 ; SUTER, 1965). Et par conséquence formées sous la surcharge de la nappe prérfaine, érodées depuis. (Figure II.3)

Une interprétation a été proposée par Vidal et Faugères (1975), selon laquelle les rides prérfaines constitueraient une zone de compression limitée par deux systèmes de décrochements conjugués à l'ouest et au sud. La phase tectonique qui aurait structurée les Rides serait postérieure à la phase majeure du Rif responsable de la mise en place des nappes, soit par compression (ANDRIEUX, 1971), soit par glissement (VIDAL, 1971).

Les rides prérfaines zalagh et Trhat sont situées dans la partie frontale de la chaîne du Rif, plissée et écaillé. Elles constituent une partie de son **avant pays oriental**.

Elles se situent à la limite entre deux domaines structuraux très différents : le Rif au Nord-est un prolongement des chaînes alpines édifiées entre le Trias et le Miocène supérieur et le domaine méséto-atlasique au sud, à socle paléozoïque, structuré par la tectonique hercynienne et à couverture mésozoïque très épaisse peu déformée.

La structuration principale des Rides prérfaines : Zalagh et Trhat eu lieu au Miocène supérieur par une avancée du matériel du Rif externe (nappe prérfaine) de l'ENE vers l'WSW.

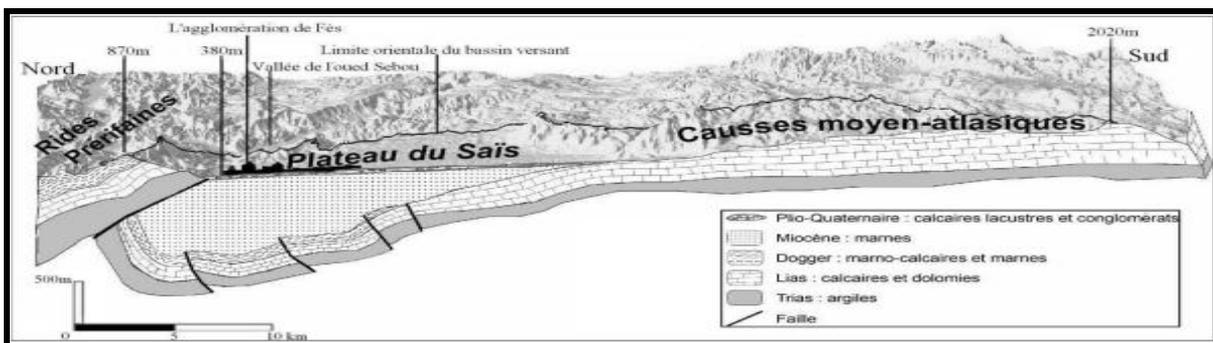


Figure. II.3 : Coupe schématique des Rides prérfaines, inspirée du Taltasse (1953)

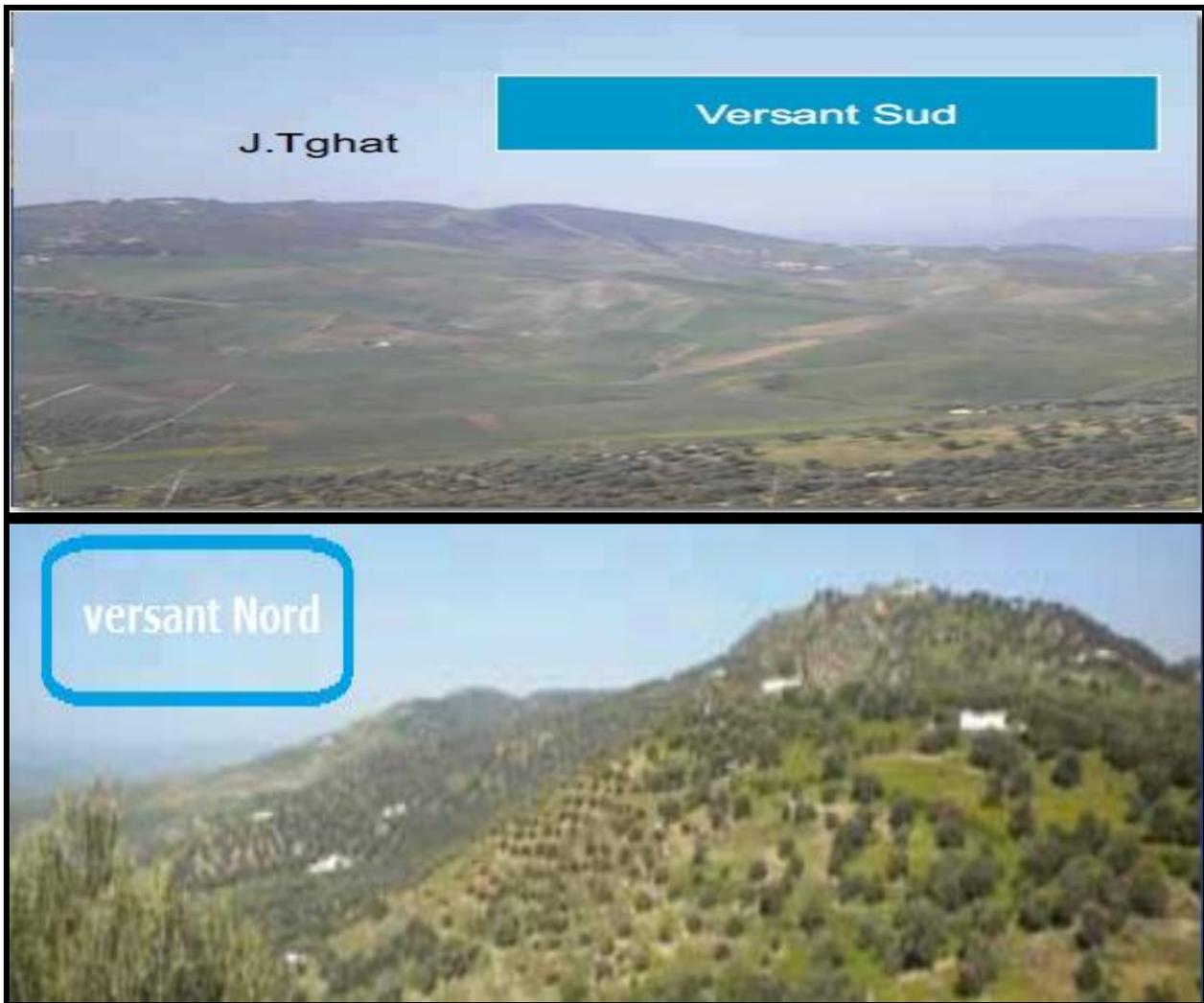
## II.2.3. La Ride de Trhat

### II.2.3.1. Situation géographique

Situé à la marge Nord-ouest de la ville de Fès, Jbel Trhat se focalise suivant les coordonnées GPS : 34° 03' 56 '' N ; 05° 02' 29'' W à une altitude de 480 m.

### II.2.3.2. Cadre géologique

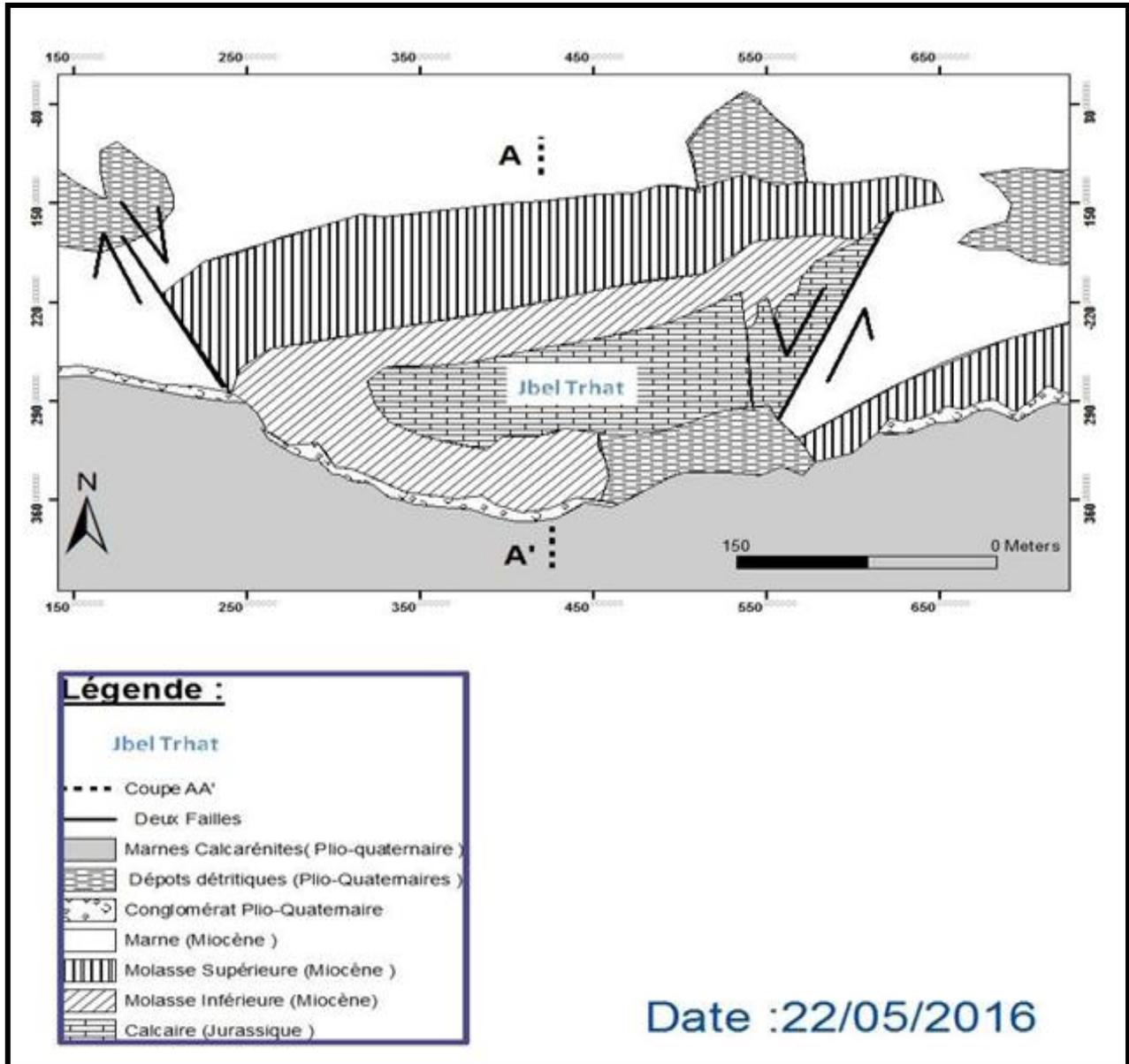
La ride de Trhat est un pli allongé E-W légèrement arqué vers le sud, il décrit une structure anticlinale à un noyau jurassique qui émerge sous une enveloppe plus jeune constituée par des couches d'âge pliocène supérieur-quaternaire, son versant sud surmonte les conglomérats et les calcaires lacustres plio-quaternaire du Saiss, tandis que son versant nord est de celles-ci.(Photo II.1)



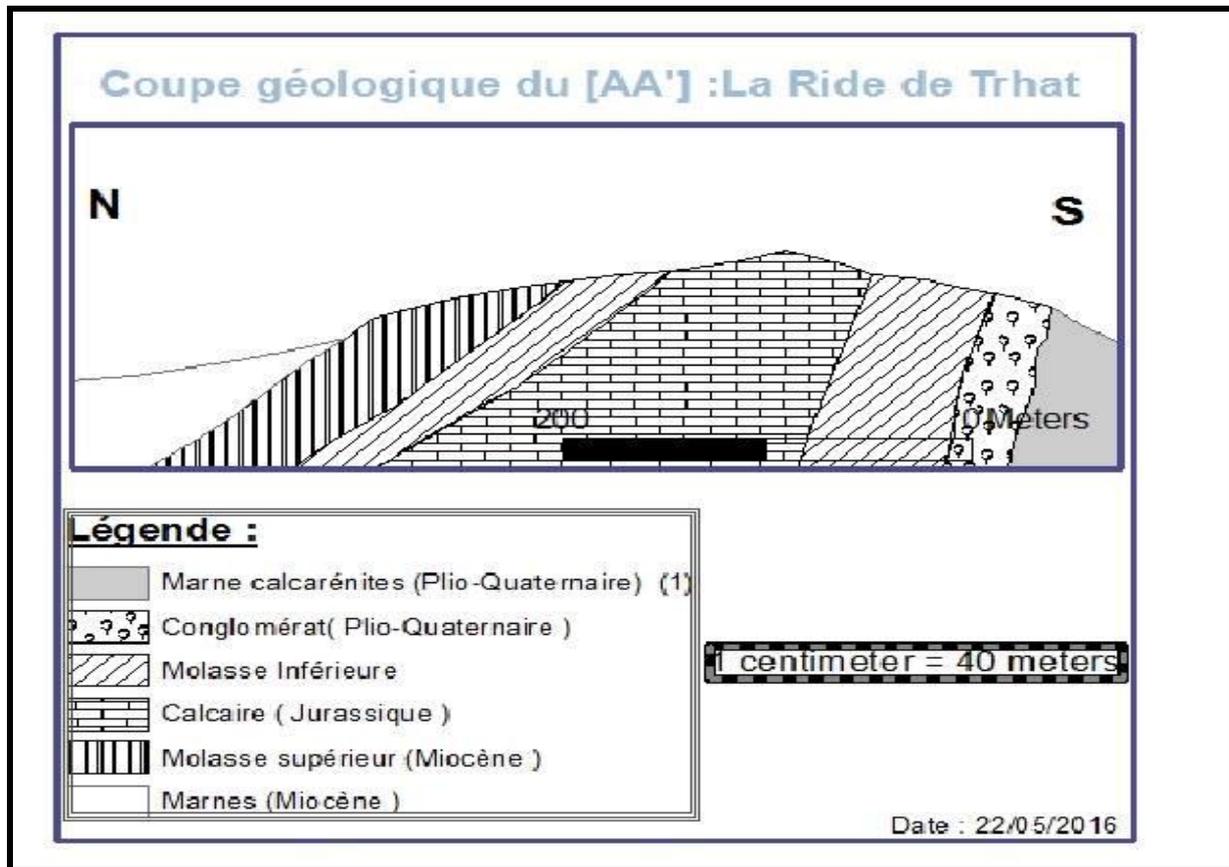
**Photo.II.1** : Vues panoramiques du versant Sud et Nord de Jbel Trhat

Jbel Trhat est limité à ses deux extrémités par des décrochements conjugués latéralement, l'un au niveau de l'extrémité orientale orienté N20°-N45° senestre, et l'autre au niveau de l'extrémité occidentale orienté N160° à N170° dextre inverse. Ainsi qu'un système de faille découpant la

formation jurassique (calcaire Bajocien) et une faille normale antérieure très importante au niveau de son flanc nord, elle est de direction E-W à pendage nord qui touche les molasses du miocène (inférieures et supérieures). (Fig. II.5), Le contact entre la ride de Trhat et le bassin du Saiss se présente sous forme d'une faille aveugle (CHALOUAN et Al, 2000 ; BARGHACH et Al, 2004). (Figure II.4)



**Figure II.4 :** Carte géologique de Jbel Trhat, extraite de la carte géologique Fès-Ouest Echelle : 1/100000. Levée et éditée par la société chérifienne des pétroles 1950. Digitalisée.



**Figure II.5 :** Coupe géologique AA', depuis la carte géologique du Jbel Trhat

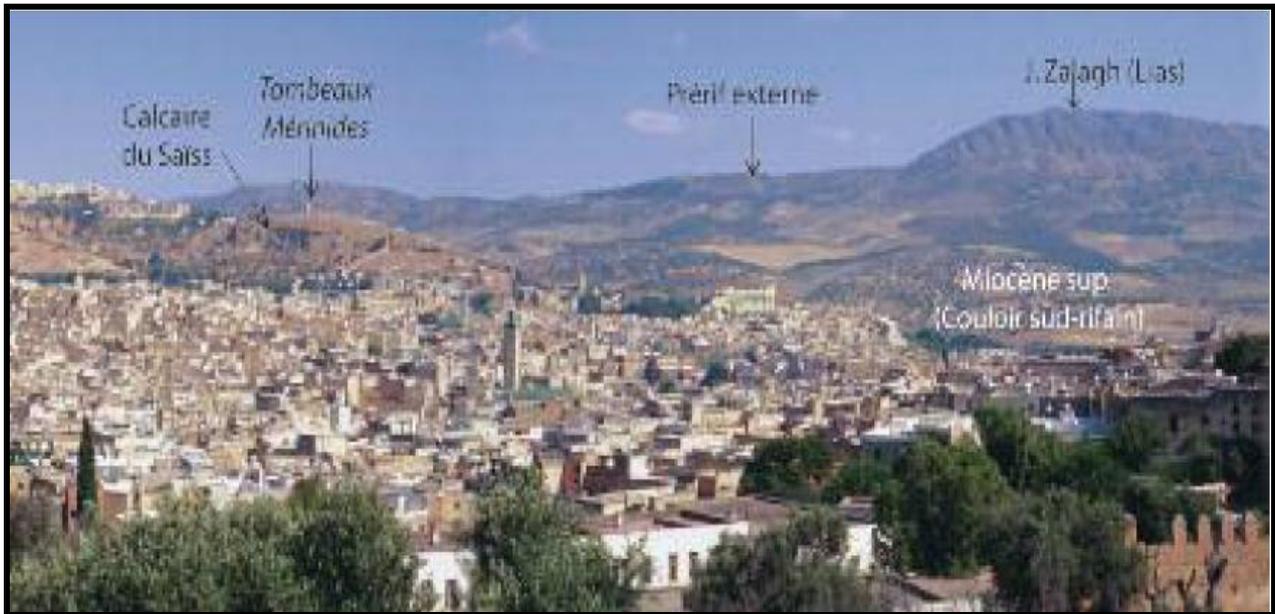
## II.2.3. La Ride de Zalagh

### II.2.3.1. Situation géographique

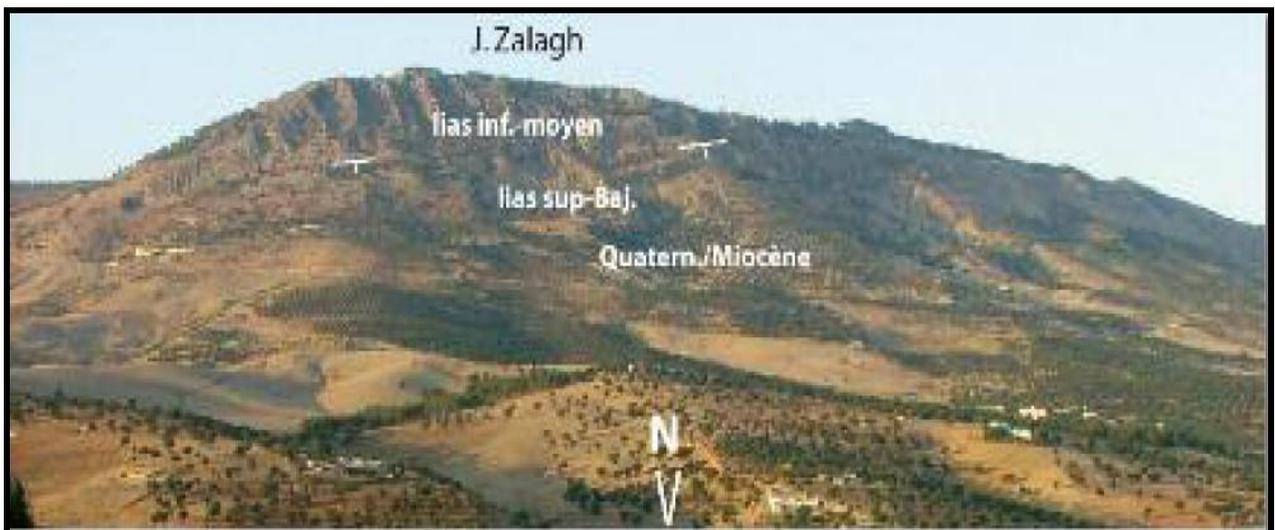
Jbel Zalagh est une ride isolée, la plus orientale allongée ENE-WSW situées au Nord-Ouest de la ville de Fès, suivant les coordonnées GPS : 34° 6' 17'' N ; 4° 59' 22'' W. (Photo II.2)

### II.2.3.2. Cadre géologique

Jbel Zalagh est un anticlinal déversé vers le sud, à axe N110°, et à plongement 10° à 30°, il est constitué de calcaire liasique d'épaisseur 250 m, décollé, et redressé presque à la vertical sous la nappe pré-rifaine, puis mis en relief par l'érosion différentielle, et des séries dolomitiques, à pendage vertical à sub-vertical, ensuite viens en légère discordance les marnes et les molasses du Miocène moyen-supérieur. (Photo II.3)



**Photo.II.2** : La vieille ville de Fès vue depuis le Bordj sud (accès depuis la N6, à l'ouest du cimetière de Bab Ftouh ; GPS 34 02 50 N, 04 58 04 W). La médina s'est établie sur des pentes marneuses au confluent de trois oueds, dans une entaille du plateau du Saïss ouverte vers la grande vallée du Sebou.



**Photo.II.3** : Panorama de Jbel Zalagh depuis le Bordj nord.

### II.2.3.3. Concept tectonique

Cette ride présente plusieurs types de déformation :

- Au niveau du flanc sud, les formations miocènes sont tronquées par des décrochements senestres sub-verticaux orientés  $N70^\circ$  à  $N115^\circ$  et un décrochement senestre à composante inverse  $N00^\circ$ ,  $60-75^\circ$  E. Il existe également des failles inverses de faible pendage orientées  $N70^\circ-100^\circ$  à vergences nord et des petites failles métriques à jeux normales de direction

N60°, 85°SE qui affectent la brèche de pente d'âge quaternaire. Celle-ci est probablement liée à la surrection de la ride de Zalagh. Sur le versant sud de Jbel Zalagh, au niveau de l'extension Ouest, existe deux glissements de terrain.

- Au niveau du flanc nord, au contact des calcaires massifs du Lias et des calcaires du Domérien, on distingue une faille inverse de direction N60°, 80° SE avec des stries qui plongent de 50° vers le SW. D'autres plans de failles sont observés : des failles normales N60 à N95 à pendage sub-verticales et des failles décrochantes regroupées selon deux familles de décrochements conjugués dextres N175° et senestres N85°. On note aussi la présence de deux familles de diaclases à pendage sub vertical : les diaclases de la première famille sont orientées N160° à N20° et de la deuxième N130° à 155°. (Figure II.6)
- Le cœur de Jbel Zalagh est bien brèchifié. Il est affecté par des failles répétitives de direction N-S et des failles de direction E-W à pendage vertical découpant le cœur de la ride. (Figure II.7).

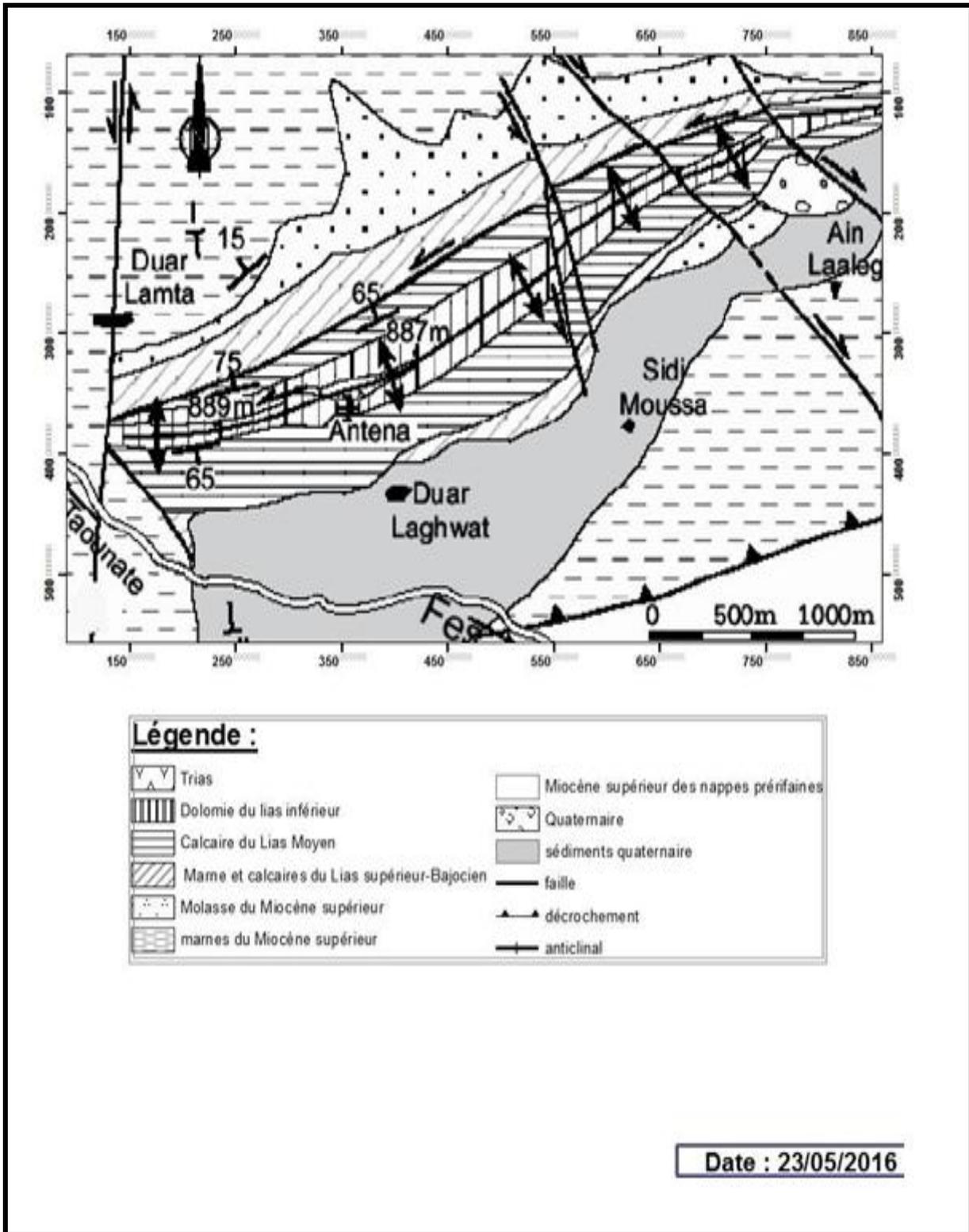
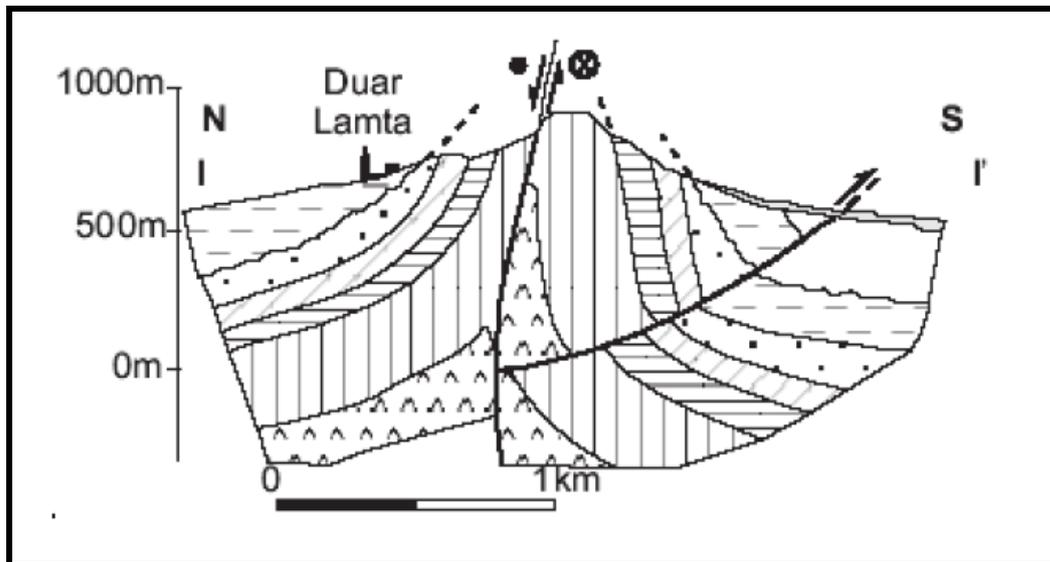


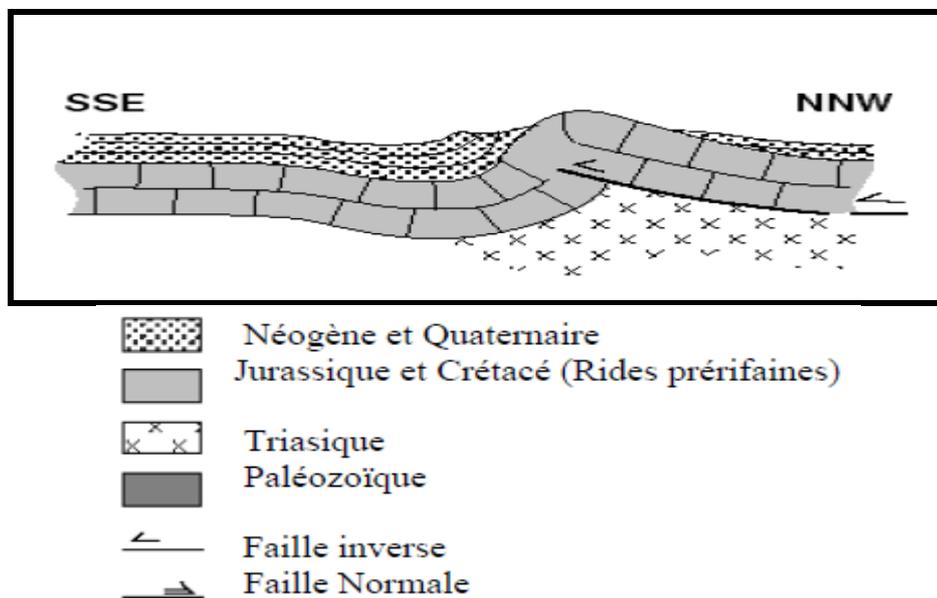
Figure II.6. Carte géologique de Jbel zalagh, d'après Al, digitalisée



**Figure II.7** : la coupe longitudinale II', depuis la carte géologique de Jbel Zalagh.

## II.2.4. Conclusion

Après un traitement détaillé des rides préifaines orientales, on peut conclure que Jbels Trhat et Zalagh sont des rides isolées, allongées E-W à vergence sud. Elles sont probablement formées à partir des plis à faille aveugle. L'avancement du pli a affecté les matériaux plio – quaternaires qui sont devenu verticaux (BARGACH et AL, 2004).(Figure II.8)



**Figure II.8** : Modèle de formation des Rides Préifaines Zalagh et Trhat, d'après Bargach et al, 2004.

## II.3. ETUDE GEOLOGIQUE ZONALE

### II.3.1. Introduction

Quittant la ville nouvelle de Fès, en direction de Taza-Taounate. La route (N6) longe les murailles de la vieille ville de Fès (Fès El Bali), S'éloignant de la route vers Taza (N6), et prenant la route de Taounate (N8) on franchit la vallée de l'oued Sebou, largement ouverte dans les terrains marneux du préif (L'oued Sebou vient du moyen Atlas, vers l'aval, il traverse tous le Gharb pour rejoindre l'atlantique près de Kenitra).

Vers le Nord-ouest se dresse Jbel Zalagh, la route s'élève bientôt dans la nappe préifaine. , nappe de charriage. L'ensemble de ces formations miocènes se présentent en collines a pente douce rouges, correspondant aux argiles imprégnées de sel et de gypse qui sont mis à nu par l'érosion qui a frappé la plupart des ravins creusés. (Figure II.9)

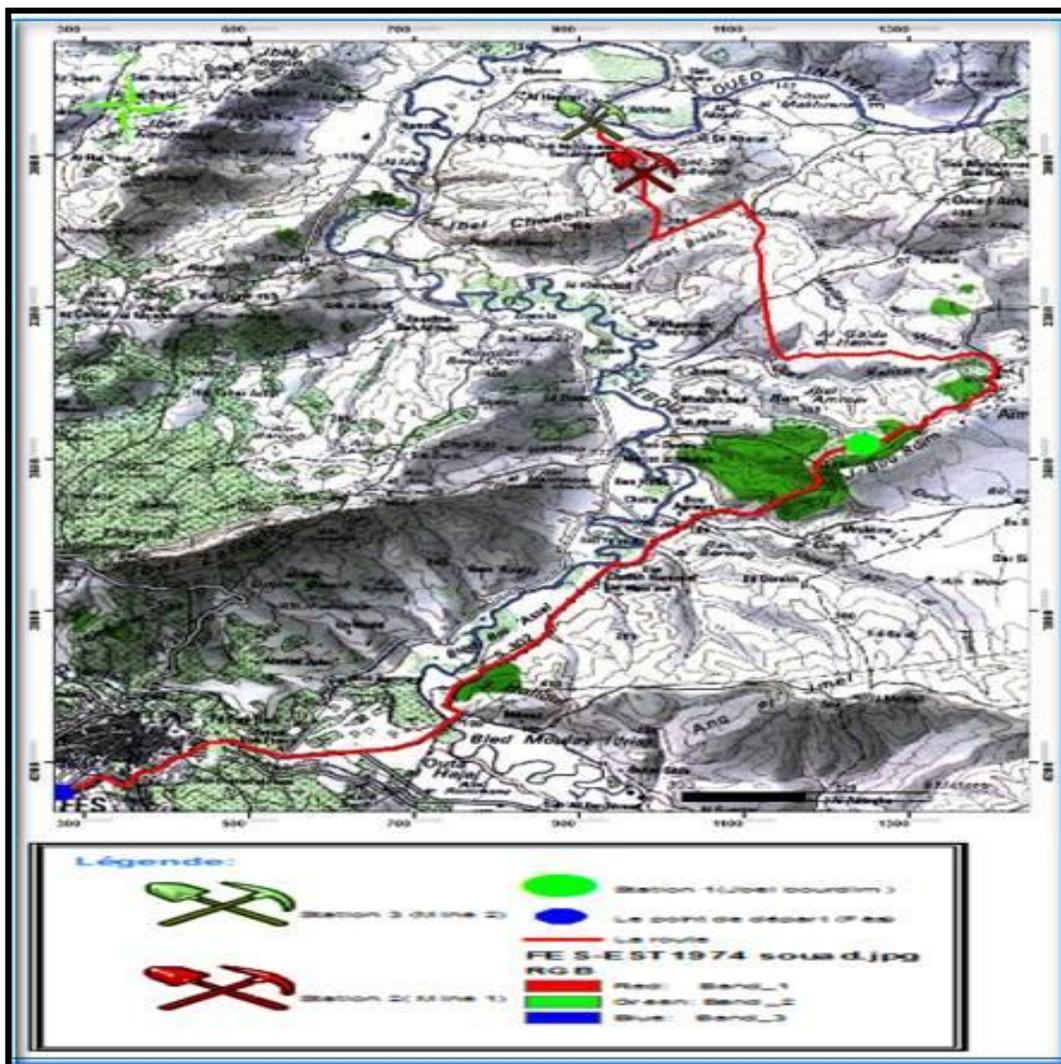
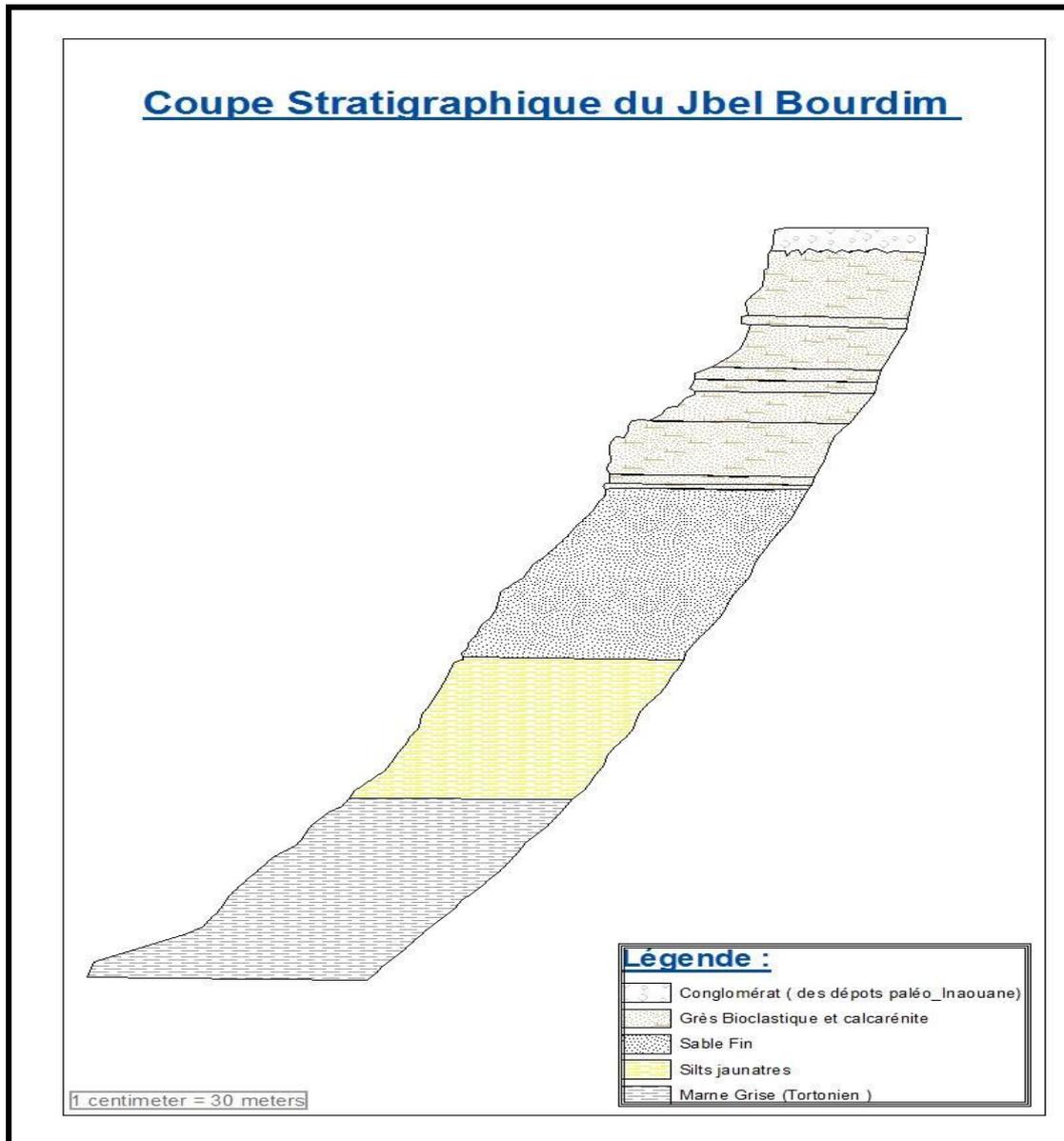


Figure II.9 : Carte itinéraire de la zone d'étude.

Une partie de ces marnes sont couronnés par des sables marneux du pliocène moyen, sous forme de couches faiblement inclinées vers l'Est, affleurant au Jbel Bou-Rdim, ce qui montre bien l'hypothèse d'une nappe à faible consistance d'eau qui alimente la source visible près de Ain Kansara.

### II.3.2. Jbel Bou-Rdim : les séries régressives du miocène



**Figure II.10.** Coupe stratigraphique de Jbel Bou-Rdim

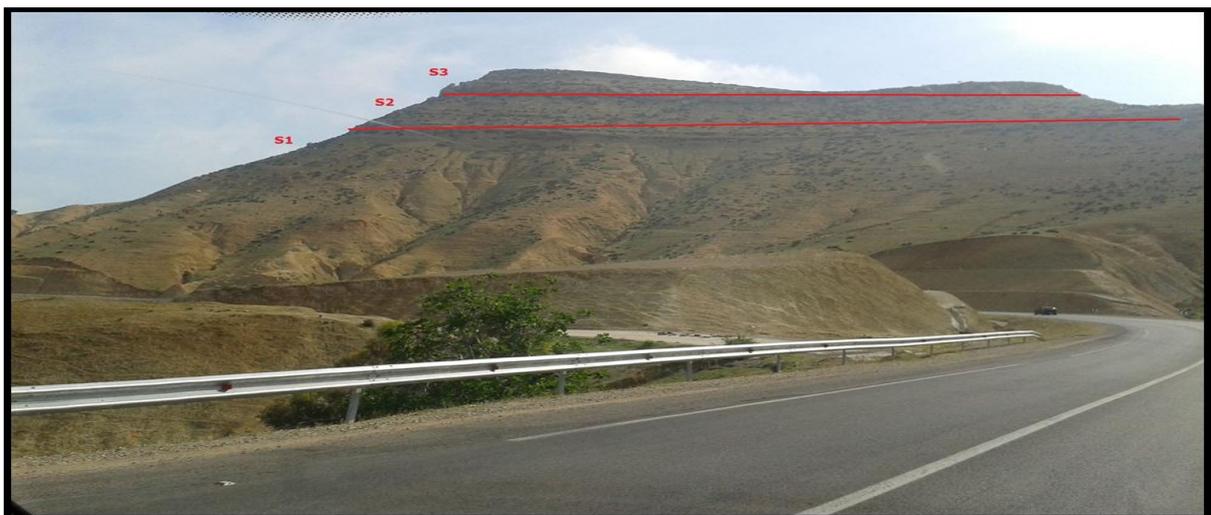
La coupe du Jbel Bou Rdim (x =549,8 / y = 392,0),

GPS : 34°07'30"N ; 004°51'47"W débute par des Marnes grises compactes du Miocène supérieur (Tortonien) post-nappe, dans les talus abrupts à droite de la route. Des lavages effectués à ce niveau ont fourni des associations de foraminifères planctoniques dont *Globorotalia conomiozea* (BOUMIR, 1990) marqueur méditerranéen du Messinien ,qui sont surmontées de Silts jaunes, de sable fin puis d'une épaisse série (90 m) grésa-calcaire présentant un pendage tectonique de l'ordre de 5° à 10° SE (flanc NW du synclinal Jbel Bou Rdim-Jbel Bou Rfaâ).

▪ **Interprétation de la coupe :**

Les structures sédimentaires dominantes sont la stratification plane au sommet et arquée oblique à la base, avec diminution de taille, d'un dépôt marin peu profond, la profondeur diminue de bas en haut de la série, ainsi on a passé d'un infratidal à un milieu de plage.

- Les marnes bleu- grisâtres datent du tortono-messinien
- Les silts eux sont de messinien
- la série grès-calcaire : est soit du pliocène inférieur, soit du pliocène moyen ou bien les deux à la fois (Vindobonien)
- Les conglomérats du dessus représentent des dépôts du paléo-Inaouene qui déboucherait dans le saiss oriental à l'époque de la sédimentation des calcaires lacustres (Laouina 1973) et qui serait donc du pliocène supérieur. (BOUMIR, 1992).( Figure II.10)



**Photo.II.4 :** Profil des falaises SW de Jbel Bou-Rdim, montrant les trois séquences inférieures (S1-S3)

La succession visible de la route correspond à trois des quatre séquences régressives (photo.II.4). La première correspond au talus marneux (environ 100 m) suivi de la première corniche grès-carbonatée. La séquence suivante débute avec le talus marneux sus-jacent (environ 40m) et se poursuit avec la deuxième falaise. La troisième séquence, peu épaisse, constitue la dernière corniche visible de la route.

Par-dessus, la quatrième et dernière séquence (invisible de la route) est faite de sables puis de grès bioclastiques.



**Photo II.5 :** Photo de Jbel Bou-Rdim, depuis la route nationale 8.

#### ▪ **Interprétation des séquences**

**Séquence 1 :** La série de marnes grises passe verticalement de façon progressive à des marnes silteuses, puis à des silts jaunes, enfin à des sables fins jaunâtres. La glauconie, et le plancton abondant jusque dans les marnes silteuses, disparaissent progressivement dans les sables. Au-dessus (première corniche) se développent des grès moyens bioclastiques à stratifications obliques arquées (paléo-courants vers l'ouest) et intercalations plus grossières de couches à terriers remaniés, surmontés de bancs de calcaires bioclastiques où abondent les Hétérostegines et les Serpulidés. (BOUMIR, 1992).

**Séquence 2 :** Une série marneuse, généralement encroûtée, affleure dans un talus de piste où elle présente une intercalation médiane de calcaires bioclastiques à balanes. Ces marnes sont surmontées par des bancs décimétriques de calcaires bioclastiques à fragments de balanes déterminant une "barre à balanes" d'environ 7 m d'épaisseur. (BOUMIR, 1992).

**Séquence 3** : Au-dessus se développent des grès moyens jaunâtres bioclastiques en bancs décimétriques ; latéralement, affleurent des silts jaunâtres à leur base.

**Séquence 4** : Elle débute par des sables fins jaunâtres qui passent vers le haut à des grès bioclastiques plus grossiers. (Photo II.6)



**Photo II.6** : Photo du versant sud-Est, présentant la séquence 4 de la coupe de Jbel Bou-Rdim.

Ces séquences négatives traduisent des progradations successives du domaine intertidal (*fore shore*) sur le domaine infratidal (*shore face* et *offshore*). La première constitue la partie régressive du cycle tortono-messinien (régression à la fin du Messinien ou au début du Pliocène) et traduit le comblement du sillon sud rifain. Les dernières séquences correspondent à la régression définitive de la mer dans la région du Saïs. Elle pourrait dater du Pliocène moyen.

### II.3.3. La post nappe du miocène



**Photo.II.7** : photo présentant la post-nappe du miocène, prise depuis la route régionale vers AWTRAGH.

## ▪ Sédimentation

### Le Trias :

Sans apporter de preuve paléontologique de cette attribution, un complexe des argiles bariolées, rouge gypso-salines, (Photo II.8) est mêlé à des fragments de roches anciennes, éléments exotiques dont les plus fréquents sont des roches vertes (ophites, basaltes), noires (schistes et gneiss paléozoïque), blocs calcaires silex, du crétacé qui forment une brèche compacte.(Photo II.9)



**Photo II.8:** Photo présentant un affleurement de Trias



**Photo II.9:** Brèche compacte formée de calcaire silex et un mélange de roches exotiques.

**Le Jurassique** : se présente, le plus souvent en massif résistant de faibles dimensions noyées dans la masse crétacé ou en écailles arrachées à l'autochtone par la nappe prérfaine (Jbel Trhat). ( Photo II.10)



**Photo II.10:** calcaire de jurassique

**Le crétacé** : se présente sous forme des marnes vertes, grises ou rouges, très plastiques, ou sous des faciès plus résistants : schistes, marno-calcaire, grès.

La région se caractérise par une végétation pauvre, à quasiment absente, cause des marnes imperméable qui empêche l'infiltration d'eau, et par conséquent la formation des réservoirs souterrains, ainsi qu'une adaptée à supporter les conditions particulière aux régimes salés, ces halophytes aux petites fleurs de couleur rose-mauve porte, témoigne la présence d'oxyde de fer, c'est un indicateur de Trias, elles portent le nom de Mugunghwa.(Photo II.11)



**Photo II.11** : Photo de Mugunghwa.

▪ **Pétrographie**

Les marnes constituent avec les argiles la majorité des substrats qui affleurent dans notre zone d'étude.

- Les marnes

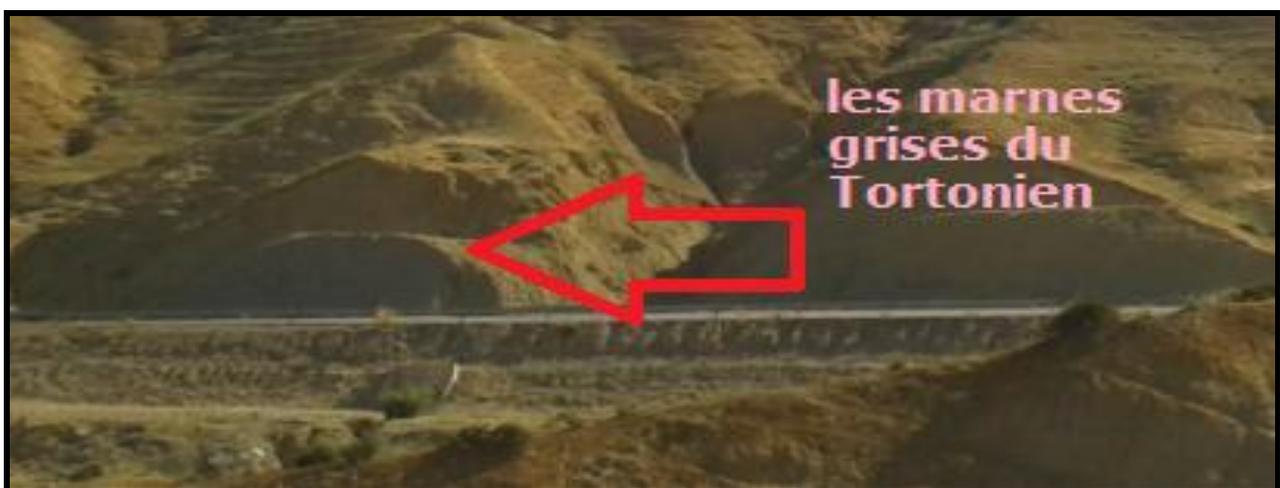
La marne est une roche sédimentaire, mélange de calcaire (CaCO<sub>3</sub>) et d'argile dans des proportions à peu près équivalentes variant de 35 % à 65 %. Au-delà de 65 % de calcaire il s'agit d'un calcaire argileux, tandis qu'en deçà de 35 % de calcaire on parle d'argile calcaire. (Wikipédia).

Teneur en calcaire en %	100-95 %	95-65 %	65-35 %	35-5 %	5-0 %
Roches	Calcaire	Calcaire argileux	<b>Marne</b>	Argile calcaire	Argile

**Tableau II.1** : présentant la terminologie des roches sédimentaires du pôle calcaire au pôle argile. (Wikipédia)

Les marnes sont tendres, finement poreuses (elles happent à la langue), friables lorsqu'elles sont sèches, plastiques lorsqu'elles sont mouillées, celles qui caractérisent la post-nappe pré-rifaine, sont les marnes du miocène, elles ont une grande homogénéité lithologique, et une épaisseur importante qui peut atteindre les 1600m à Sidi Hrazem (agence du bassin hydraulique de Sebou) on distingue :

- **Les marnes grises du Tortonien :**



**Photo.II.12** : Les marnes grises du Tortonien.

Elles présentent la base des faciès transgressifs, elles ont une couleur grise et bleue, sont tendres et imperméables et toujours au-dessous. Ce sont la continuité des dépôts lacustres-palustres plus au sud (Fès). (CHAROUD, BOUMAMA, 2004), (Photo II.12)

▪ **Les marnes jaune-blanchâtres du Messinien**

Elles coiffent les marnes du Tortonien, présentant une série régressive, elles ont eu la couleur jaune-blanchâtre après altération. (Photo II.13)



**Photo II.13** : Les marnes jaune-blanchâtres du Messinien.

- **Composition chimique**

Composés % en poids	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Ti <sub>2</sub> O	MnO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	P.F
<b>Marne du Tortonien</b>	44.5	14.3	7.92	5.89	3.29	1.00	0.77	0.33	0.19	0.55	19.1
<b>Marne du Messinien</b>	44.5	14.8	7.20	6.20	3.18	1.01	0.83	0.35	0.20	0.57	18.6

**Tableau.II.2:**La composition chimique des marnes du Tortonien et du Messinien (MESRAR, 2014)

La composition chimique des éléments majeurs de ses marnes a été déterminée par spectrométrie fluorescence X, et quantifiée sous formes d’oxydes.

Les marnes étudiées sont essentiellement constituées de  $\text{SiO}_2$  et  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , ces deux oxydes présentent entre 58,8 et 61,4 % en poids de fraction total de ces marnes.

- **Les argiles**

Roches composées principalement de silicates en feuillet (phyllosilicates) d'Al, plus ou moins hydratés. Les plus abondants des roches sédimentaires : 50 % des sédiments (69% des sédiments continentaux), les argiles sont principaux constituants des sols.

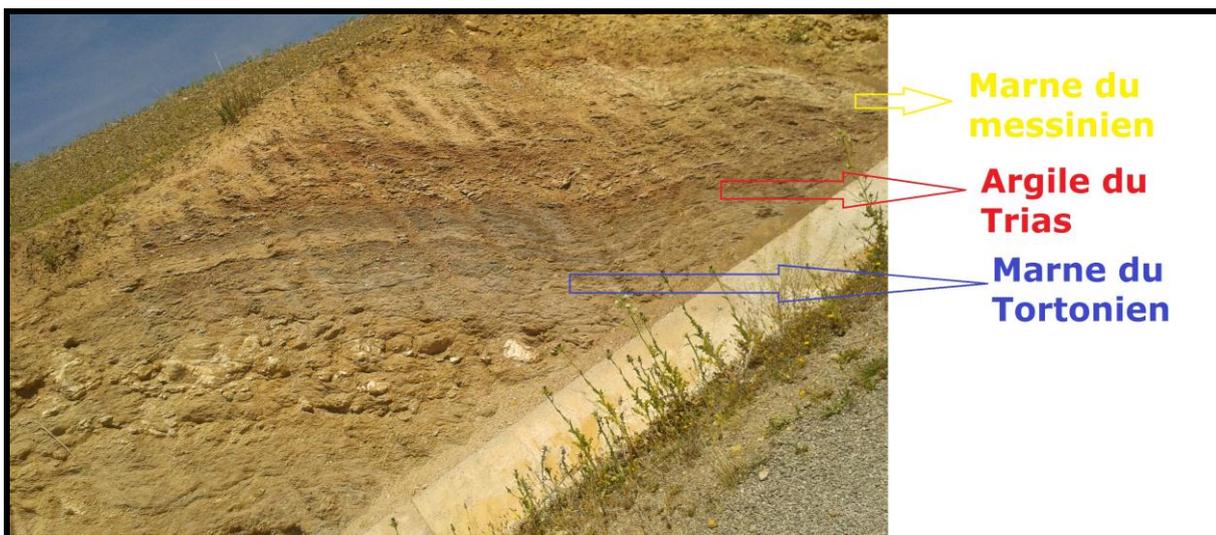
- **Les argiles rouges du Trias**

Percent les formations marneuses du miocène supérieur, elles sont de couleur rouge, imprégnées de gypse et de sel.(Photo II.14)



**Photo.II.14** : Argile rouge imprégnée de gypse et de sel.

- **stratigraphique standard de la région**



**Photo II.15** : stratigraphie standard de la région

## II.3.4. Etude géologique des mines de sel : ‘Masseta’ et ‘Socepros’

### II.3.4.1. la mine de sel : Masseta

#### II.3.4.1.1. Situation géographique :

La mine de sel dite Masseta est située à une trentaine de kilomètre de la ville de Fès.

Après l’embouchure du centre communal Ain Kansara au PK 21 km, tous près de Jbel Bou-Rdim. On prend vers le nord-ouest, la route régionale 5029 à moitié habillée pour une distance de 9 Km, jusqu’à la mine, située en amont de la vallée qui a donné lieu à la découverte du sel, on y accède par une piste étroite, non aménagé par temps de pluie.

Les coordonnées géographiques de la mine Masseta sont les suivantes :

X= 547,00 et Y=398,60 à une altitude de 460 m selon la carte topographique 1/100000 Fès-Est.

#### II.3.4.1.2. Cadre géologique



**Photo.II.16:** Panorama de la mine de sel Masseta

Aux abords immédiats des gisements de sel, on peut reconnaître des complexes formés de Trias à la base contenant des argiles rouges, lie de vin mêlées au gypse et au sel, surmonté par du miocène supérieur (Messinien constituées par des marnes jaunes et blanchâtres.)

L’affleurement comprenant le gisement de sel de la mine dite ‘Masseta’, sous forme de dôme orienté Est-Ouest, d’un pendage dirigé vers le Sud-ouest (entre 15° et 20°) mélangé par des marnes du miocène et des traces rouges brillantes témoignant la présence des argiles associées au gypse et aux sels cristallisés.

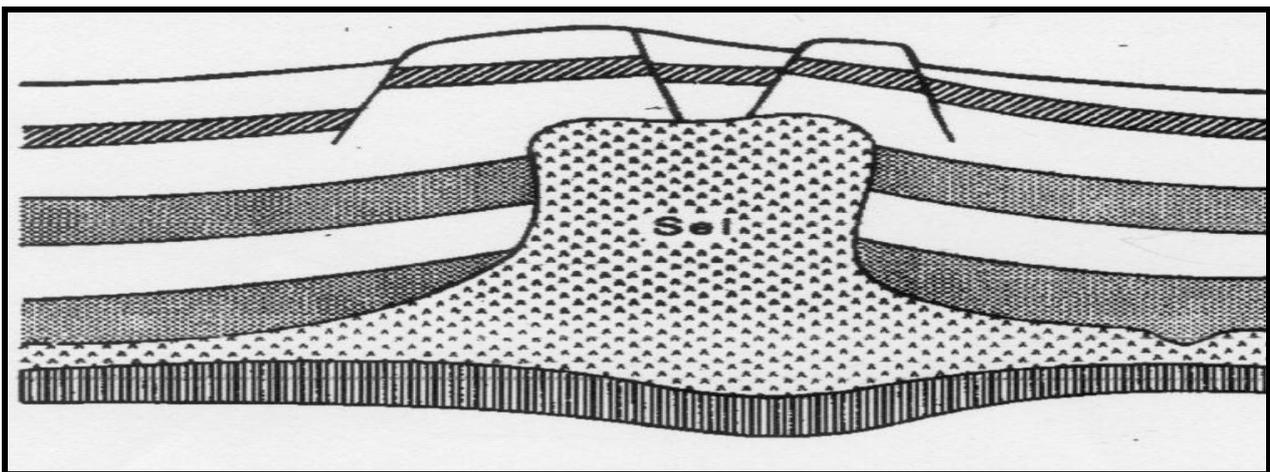
Le complexe se caractérise par la présence d’un micropli, entouré par un ensemble de petites rides et collines, qui marquent le fait qu’un jeu tectonique a déjà affecté la région, celui d’un régime compressif de direction NE-SW qui a donné lieu à ces plis et failles d’où le phénomène du diapirisme qui est apparu. (Photo II.17)



**Photo.II.17.** emplacement du micropli pris comme exemple.

### - Phénomène du Diapirisme

Dans le terrain, le sel gemme est normalement déposé en couches horizontales, souvent intercalées entre des strates de marnes ou d'argiles. Mais il est plus léger, sa densité n'est que de 2,1 à 2,2 contre 2,6 à 2,7 pour les autres roches courantes, de plus il est relativement plastique. Quand il est surmonté d'une épaisseur suffisante de roches plus lourdes qui pèsent sur lui, il a naturellement tendance à monter au travers (comme le fait une goutte d'huile placée au fond de l'eau) et même à les transpercer. Ainsi se forment les dômes de sel appelés diapirs (Figure II.11) (du grec diapeirein signifiant transpercer) qui ont habituellement 1 à 5 km de diamètre et où les couches primitives sont redressées à 70°, ou sont même devenues méconnaissables.



**Figure II.11 :** Croquis du phénomène de diapirisme

Il semble bien que le trias se trouve en substratum, migrant en surface en traversant la couverture des terrains plus récents du miocène.

Pour les roches éruptives telles que le basalte, l'ophite, ainsi que des schistes anciens ou micaschistes, le désordre règne toujours, on ne peut que soupçonner leur origine, soit elles sont arrachées tectoniquement au socle, soit elles proviennent d'un ancien volcan qui a déjà affecté la région (volcan tout près du pont oued leben)

Le pendage observé dans le sel présent dans le micropli déjà cité, allongé E-W, est déversé vers le sud, à axe N-S font penser à une masse qui monte verticalement à la façon d'un diapir riche en sel.

#### **II.3.4.2. La mine de sel : Socepros**

##### **II.3.4.1. Situation géographique**

En suivant la route régionale (R5029), toujours vers le Nord-ouest, à une distance de 10 km, on rejoint Douar El Haouat, emplacement de la deuxième mine de sel dite « socepros » située à proximité du dernier méandre de l'oued Inaouane avant son confluent avec l'oued Sebou.

Les coordonnées géographiques du douar El Haouat sont les suivantes :

X=545.90, Y=401.00 au point cumulant 274 m .

La mine Socepros aux alentours de ce dernier a une altitude de 142 m et des coordonnées géographiques prescrites : X =545.50 ; Y =401.00

D'après la carte topographique 1/100000 Fès –Est.

##### **II.3.4.2. Cadre géologique**



**Photo. II.18** : Affleurement salifère à la mine de sel Socepros

Toujours au même secteur d'étude, entourés par les mêmes faciès géologiques reflétons les mêmes conditions de formation que ça soit sédimentation, climat, ou bien régime tectonique....

L'affleurement salifère se situe sur la rive gauche de l'oued Inaouane le sel se présente en masse rouge, bien reconnaissable de loin, par son éclat blanc.

C'est affleurements de sel a été mis en évidence grâce à l'érosion intense d'oued Inaouane, en arrachement d'énorme bloc de sel et de marnes.(Photo II.18)

Cet Oued, a grande importance de point de vue débit (recherche Inaouane), et prend origine de la région de Taza avec d'autre confluent comme oued leben, au PK 30.

Dans la falaise, le sel est massif est visible sur environ 300 m en distance horizontale ; mais il affleure d'une manière particulièrement intéressante sur 100 m environ. Sa hauteur visible atteint ou dépasse les 25 m approximative, il forme une muraille quasi-verticale.

- Coupe géologique à main levé depuis le massif de Jbel Bou-Rdim jusqu'à la mine de sel 'Socepros' en passant par 'Masseta'. (Figure II.13)

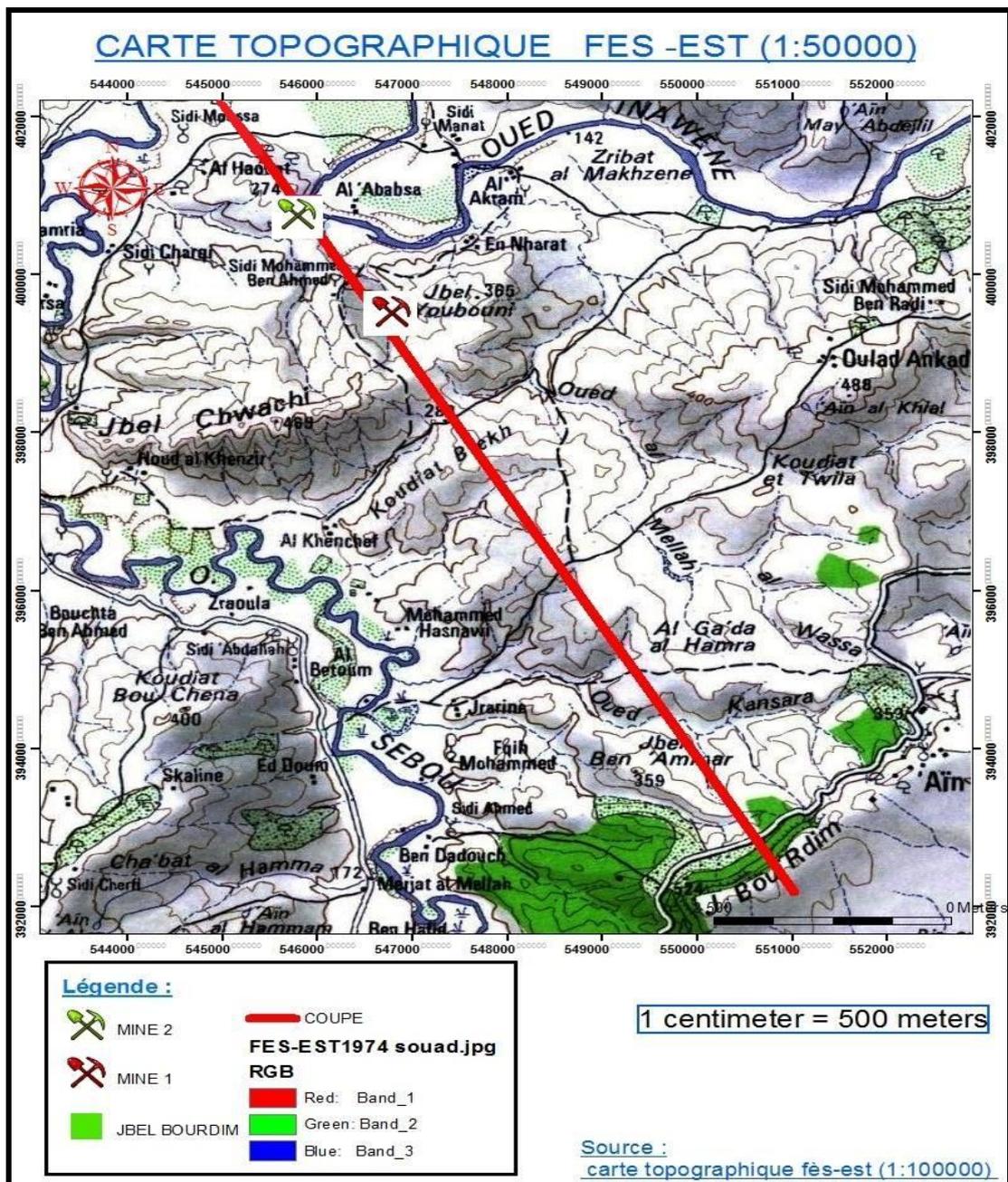
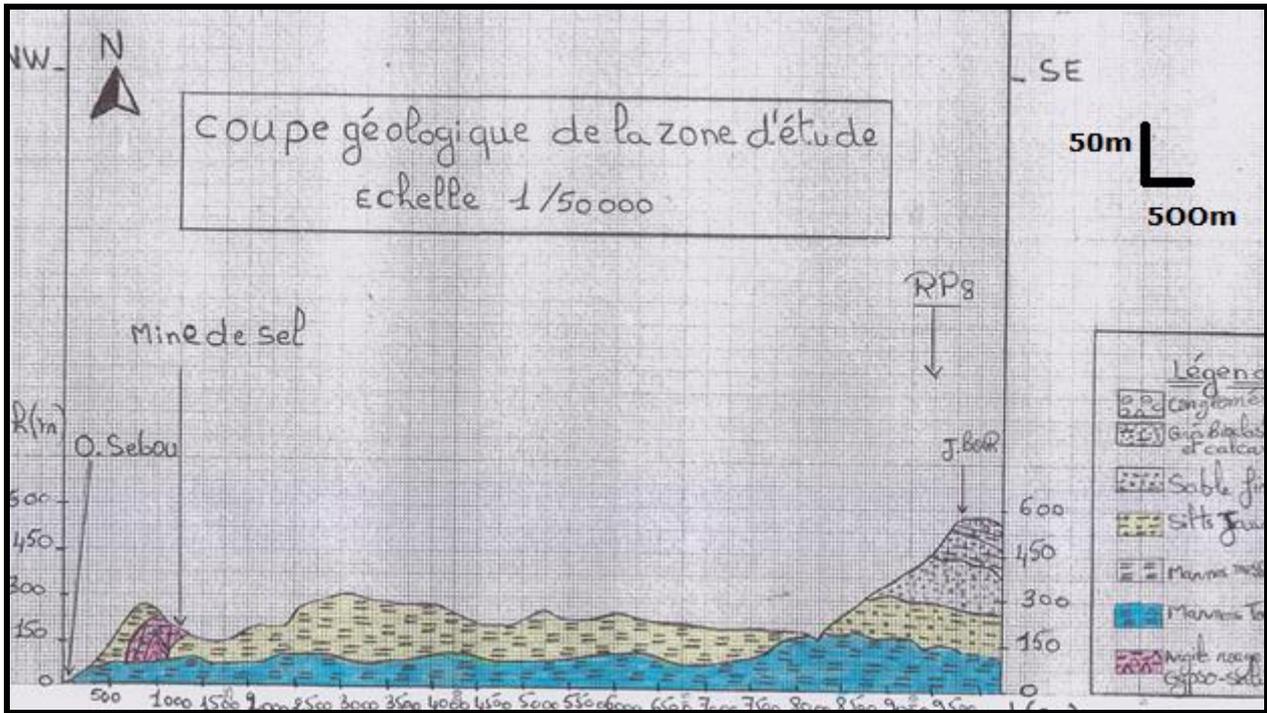


Figure II.12 : carte présentant le trajet de la coupe géologique réalisée.



**Figure II-13.** Coupe géologique de la zone d'étude.

Cette coupe s'étale depuis jbel Bou-Rdim jusqu'à l'oued sebau passant par les deux mines de sel,

Les couches sont globalement superposées de façon linéaire les unes par rapport aux autres; la couche la plus anciennes sera donc celle qui est arrivée en premier, celle du marne Tortonien, surmenté par le marne Messinien qui régné dans toute la région, le Trias argilo gypso-salifère charrié se dépose présentant des affleurement assez important pour être exploiter.

Jbel Bou-Rdim, qui présente un but témoin des séries régressives du miocène supérieur, diffère par des ses dépôts discordants de silts, sable fin et de conglomérat. (Figure II.13)



# Chapitre III: les méthodes d'exploitation

### **III.1.INTRODUCTION**

Les formations triasiques se caractérisent par un minerai de sel, libéré en quantités impressionnantes, peut-on dire inépuisable, et traité dans les bassins de décantation.

Les mines Masseta et Socepros sont soumises à une réglementation minière, qui stipule l'octroi d'un permis immatriculé.

L'exploitation génère l'emploi pour 3 ouvriers permanents et 4 saisonniers environ.

La production varie entre 100 A 200 Tonnes annuellement, avec une moyenne 150 t/an.

L'implantation des mines Masseta et Socepros est faite après la découverte des traces de sel gemme par les nomades qui traversent la région, il y'a un siècle d'ici après un temps de pluie probable, qui dissolvait ceux-ci écoulant en petits ruisseaux blancs.

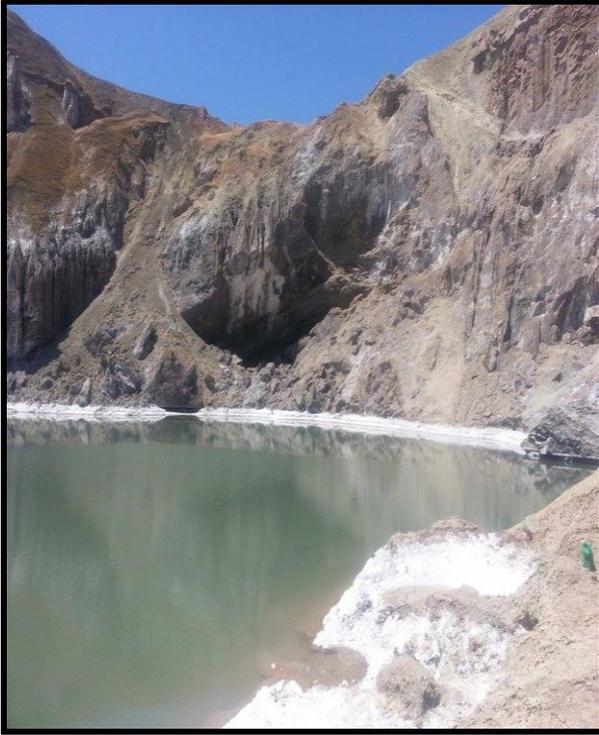
Vu le terrain accidenté et marneux, aucune méthode d'exploitation standard n'est utilisée (galerie, puits...), celle-ci demeure traditionnelle.

L'abattage du minerai est effectué en plusieurs phases.

### **III.2. EXTRACTION DU SEL**

Cette dissolution engendre une déstabilisation totale du versant, qui a pour effet, la formation des coulées de solifluction, des ravinements, des glissements, éboulements, et effondrement du massif à la fin. (Photo III.1)

Au pied du massif du sel, les coulées d'eau provenant de ce dernier se déposent dans un grand bassin remplis d'eau pour permettre sa concentration.



**Mine Socepros**



**Mine Masseta**

**Photo.III.1:** Abattement du massif argilo-salifère par l'eau potable

Les effondrements issus de l'abatage forment des cônes de déjection argilo-salin'' cônes d'éboulis ' en contre bas de la masse chaotique alimentent en sel gemme une dizaine de bassin de décantation le long d'environ 200 m avec une superficie moyenne de 500 m carré approximative.(Photo III.2)



**Les bassins de décantation de Masseta**



**Les bassins de décantation de Socepros**

**Photo III.2 :** les bassins de décantation des deux mines de sel

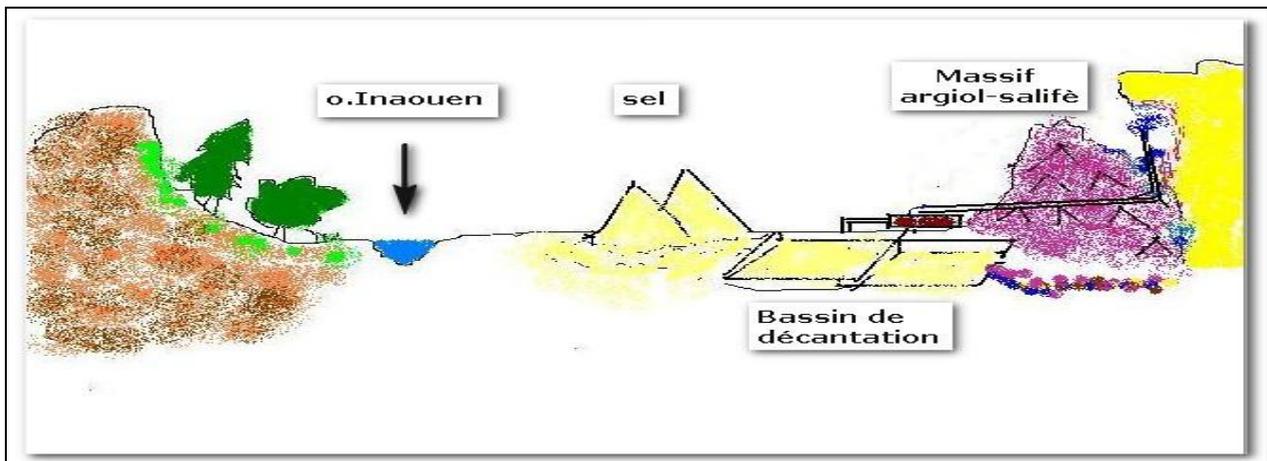
L'eau salée s'évapore par effet de soleil et dépose une néoformation dite chou-fleur.(Photo III.3)



**Photo III.3** : Sel compact en format chou-fleur

Ce dépôt est gratté alors par les ouvrier puis rassemblé, traité, emballé, emmagasiné, et stocker en direction de l'usine pour concassage et mise en sachets pour commercialisation (sel de table, tannerie, industrie chimique, etc....)

Pour ces activités para-minières, la mine de sel comprend aussi des locaux de traitement de sel gemme (sel de table) en lui rajoutant et l'enrichissant d'iode selon les normes nationales exigées (Organisation mondiale de la santé)



**Figure III.1** : Croquis à main levé présentant les étapes d'exploitation de sel dans la mine de sel'' Socepros''

Cette méthode d'exploitation a l'avantage de réduire les coûts d'exploitation mais il semble offrir un minimum de sécurité, ainsi qu'avoir des impacts néfastes sur l'environnement de la région.(Figure III.1)

### III.3. LE SEL GEMME-HALITE

#### III.3.1. Définition

Halite ou couramment sel gemme dans le langage minier, est une espèce minérale solide composée de chlorure de sodium de cassante, à la saveur, à la saveur saline également dénommée halite.

La présence d'impuretés lui donne parfois une couleur grise, jaunâtre à rougeâtre, brunâtre, noire ou encore bleue ou violette.

#### III.3.2. Caractéristiques d'halite

##### a- Nature de la roche

L'halite est une roche évaporitique saline ou encore roche chimique saline, et de manière générique le sel est une roche sédimentaire qui appartient au classe des halogénures (NaCl).

##### b- Caractères d'identification

<b>Caractères</b>	<b>description</b>
<b>couleur</b>	<b>Incolore, blanc, rougeâtre, jaunâtres, brun, bleu, bleu-gris, grisâtre.</b>
<b>Dureté (échelle de Mohs)</b>	<b>2 à 2.5</b>
<b>Densité</b>	<b>2.163 (corps pur), le plus souvent entre 2,1 et</b>
<b>Eclat</b>	<b>vitreux</b>
<b>Trait</b>	<b>Blanc, mais trace souvent identique à la couleur</b>
<b>Température de fusion</b>	<b>800,4°C</b>
<b>Solubilité</b>	<b>Soluble dans l'eau, légèrement soluble dans l'alcool.</b>
<b>Apparence</b>	<b>Transparent à translucide</b>
<b>Perméabilité</b>	<b>Perméable</b>

**Tableau III.1.** Les caractères identificatoires du Halite

### c- Cristallisation d'Halite

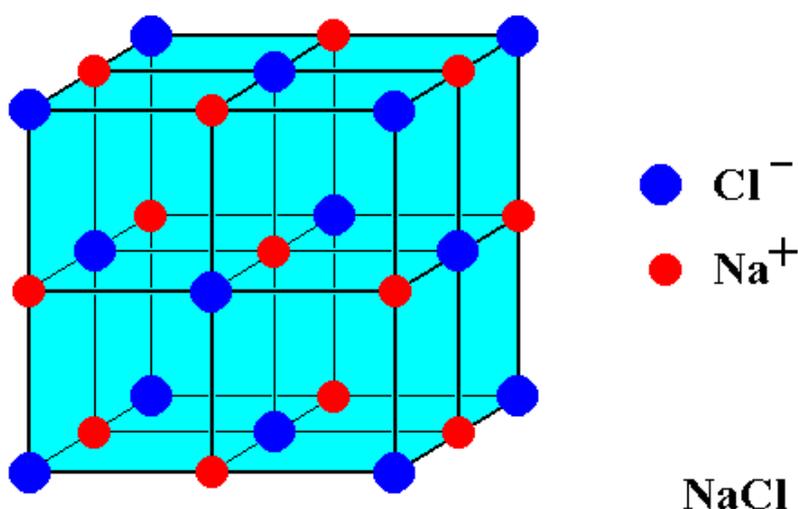
La structure de l'halite est, pour l'essentiel, celle du chlorure de sodium.

La halite cristallise dans le système cristallin cubique, avec le groupe d'espace Fm3m (Z = 4 unités formulaires par maille conventionnelle)

- Paramètre de la maille conventionnelle :  $a = 5,6402 \text{ \AA}$  (volume de la maille  $V = 179,43 \text{ \AA}^3$ )
- Masse volumique calculée =  $2,16 \text{ g/cm}^3$

Cette structure correspond à deux sous réseaux cubiques à face centrée d'ions, décalés de la moitié du côté de la maille selon l'une des directions des côtés de la maille.

Les ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  ont chacun une coordination 6 : n'importe quel ion  $\text{Cl}^-$  est entouré de 6 ions  $\text{Na}^+$ , formant un octaèdre autour du  $\text{Cl}^-$ . Et vice versa, autour de chaque ion  $\text{Na}^+$  se trouvent comme plus proches voisins 6 ions  $\text{Cl}^-$  formant aussi un octaèdre. (Figure III.2)



**Figure III.2** : le système cristallin du NaCl, cristallisé en maille cubique à face centrée (wikipédia)

### III-3.3. La formation du sel gemme

L'histoire du sel est étroitement liée à celle de l'eau et des roches.

#### - De la pluie naît le sel marin...

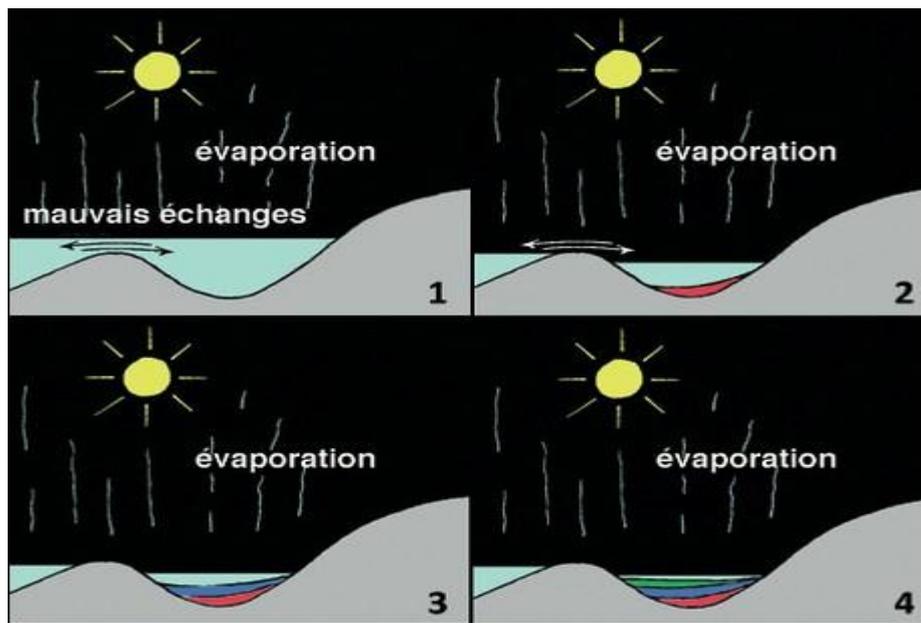
Pour connaître l'origine du sel, il faut remonter plusieurs milliards d'années en arrière. L'atmosphère originelle de la Terre se transforme et devient un mélange de vapeur d'eau, de

dioxyde de carbone et d'azote. Puis la Terre se refroidit. La vapeur d'eau se condense alors et des pluies abondantes apparaissent. Au sol, l'eau ruisselle et lessive les roches, emportant avec elle une partie de leurs minéraux (dont certains contenant du chlore et du sodium, les composants du sel). Cette eau « enrichie » en minéraux forme les océans. (Figure III.3)

#### - du soleil naît le sel en roche

Le sel n'existe pas que dans les océans. On le trouve aussi sous terre dans des gisements : on parle alors de sel gemme. C'est l'évaporation de l'eau de mer qui est responsable de sa formation.

Au Maroc, c'est ce type de sel que l'on trouve. Il s'est formé il y a environ 215 millions d'années, au Trias supérieur. La mer recouvre alors tout le Maroc qui se trouve au centre d'une lagune peu profonde. Sous l'action du soleil et des vents, l'eau s'évapore. Coupée de la mer, la lagune devient alors vite saturée en minéraux et ceux-ci précipitent, c'est-à-dire qu'ils tombent au fond de l'eau. Le calcaire est le premier à se déposer, puis le **gypse** et enfin le **sel**, quand 90 à 95 % de l'eau s'est évaporée. Se solidifiant, le sel devient une roche compacte, de la famille des évaporites (en référence à son mode de formation par évaporation).



**Figure III.3.** Les étapes de formation du sel

#### - Et des roches naissent les sources salées

Le sel gemme, ainsi formé, est ensuite recouvert par d'autres couches sédimentaires, notamment du calcaire et des marnes. Les mouvements géologiques terminent de modeler le sous-sol, déplaçant les roches tantôt vers la surface, tantôt en profondeur.(Figure III.3)

Lorsque la couche de sel n'est pas trop profondément enfouie, l'eau de pluie s'y infiltre et se charge en sel. Des sources salées apparaissent alors en surface.

Cette méthode d'exploitation a l'avantage de réduire les coûts d'exploitation mais il semble offrir un minimum de sécurité, ainsi qu'avoir des impacts néfastes sur l'environnement de la région.

### III.3.4. analyse chimique des échantillons de sel

Après la préparation des deux échantillons de sel, qu'on a apporté chacun d'une mine, des analyses sont effectués à la cité d'innovation, centre CURI : ICP-AES, en but déterminer leur composition, et certifier la présence de certains éléments chimiques majeurs et mineurs qu'on a soupçonnés avoir.

Les résultats de l'analyse des échantillons par ICP-AES sont :

Résultats des analyses par ICP-AES								
Éch	Al mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l	K mg/l	Li mg/l	Mg mg/l	Mo mg/l	Na mg/l
E2	< 0.01	2,63	0,139	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	351,36
E1	< 0.01	3,72	0,138	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	339,35

**Tableau III.2 :** la composition chimique du sel, exporté de deux mines

On remarque que le sodium Na, est le plus abondant dans chacun des deux échantillons sa valeur atteint les 339,35 mg/l pour l'échantillon E1 et 351,36 mg/l pour l'échantillon E2, le calcium Ca, lui est de 3,72 mg/l pour E1 et 3,72 mg/l pour E2, le fer Fe est de concentration avoisinantes dans chacun des deux échantillons : 0,138 mg/l et 0,138 mg/l. Les autres éléments comme l'aluminium Al, le potassium K, le magnésium Mg, le Molybdène Mo sont inférieurs à 0.01 mg/l, ce sont des éléments en trace.

Ce sel alors est conseillé pour l'alimentation tant qu'il ne contient pas des éléments toxiques, il est également riche en Sodium Na et en calcium Ca, naturellement présents dans l'organisme humain, le sodium Na est l'élément prépondérant dans le sang et les liquides extracellulaires (à l'extérieur des cellules). Il permet de maintenir l'équilibre des liquides et l'hydratation des cellules tout en ayant une action importante dans l'excitabilité de nos muscles. C'est aussi le sodium qui transporte l'oxygène et la plupart des nutriments vers l'intérieur de la cellule. Le calcium représente la quasi-totalité des ions intracellulaires (à l'intérieur des cellules, on retrouve 90 % du calcium du corps humain). Son principal rôle est d'intervenir dans la contraction et l'excitabilité des muscles. Il participe également à la synthèse des protéines et au métabolisme des glucides. Il est nécessaire,

entre autres, à la transmission de l'influx nerveux, au bon fonctionnement cardiaque et la constitution des os. Ensemble, le sodium et le calcium régissent les échanges entre les milieux intra et extracellulaires. Le calcium à l'intérieur de la cellule et le sodium à l'extérieur de la cellule. Ils sont le Yin et le Yang, complémentaires et inséparables.

La présence du fer Fe, d'or renforce l'idée que le sel imprègne l'argile riche en oxyde de fer  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Tableau III.2).

### **III.3.5. Les utilisations industrielles**

-15% est employé dans l'industrie alimentaire, comme conservateur (notamment pour la conservation de la viande) ou condiment (sel alimentaire)

-32% pour cent est employé dans le domaine de la chimie et le gros consommateur de sel.

L'halite est le principal constituant du sel employé pour le salage des routes. Elle est utilisée dans la production de l'acide chlorhydrique, des carbonates du soude, du sodium-métal, du chlore (gaz)

L'halite est aussi un important minerai pour les sous-produits comme la potasse, le brome, l'iode est particulièrement le lithium qu'on utilise dans les batteries des voitures électriques.

Dans la tannerie ou comme sel régénérateur des résines échangeurs d'ions (dans les adoucisseurs d'eau par exemple).

# Conclusion

Les deux mines de sel Masseta et Socepros sont situées au prérim, précisément à la post nappe du miocène supérieur, à la limite des rides prérimfaines orientales Zalagh et Trhat, tous près de Jbel Bou-Rdim témoignant la diversité géologique de la région.

Cette zone de frontière a subi une structuration relativement faible lors de l'édification de la chaîne du Rif, elle contient le matériel charrié depuis le domaine interne rifain jusqu'au prérim sous forme d'un prisme d'accrétion.

L'étude géologique de ces mines à rassembler, la situation géographique, le cadre géologique, et concept tectonique et la pétrographie afin d'y comprendre les conditions de formation et d'apparition du sel dans la région,

Toutes les données acquises sont présentées dans une coupe géologique qui explique le trajet que notre étude a parcourue depuis Jbel Bou-Rdim, jusqu'aux deux mines de sel.

Vu le terrain accidenté et marneux, aucune méthode d'exploitation du sel standard n'est utilisée (galerie, puits...), celle-ci demeure traditionnelle, l'abatage se fait à l'eau potable qui condensée par le sel, elle est versée dans des bassins de décantation et évaporation, le sel se dépose alors.

Dans ce contexte il était intéressant de compléter l'étude, par des analyses chimiques, cherchant certains éléments chimiques comme le lithium Li vu la valeur industrielle qu'il occupe.

# Bibliographie

**AIT BRAHIM, L. & CHOTIN, P.** (1989). Genèse et déformation des bassins néogènes du Rif central (Maroc) au cours du rapprochement Europe-Afrique. *Geodinamica Acta*

**ANDRIEUX J.** - La structure du Rif central : Etude des relations entre la tectonique de compression et les nappes de glissement dans un tronçon de la chaîne alpine. (Thèse Doct. Etat Fac. Sci. Montpellier, FRA, 1970)

**BOUMIR.KH.** 1990. Paléoenvironnement de dépôt et transformations post- sédimentaires des sables fauves du bassin du Sais (Maroc). Thèse de l'université, de Nancul.

**CHARROUD, BOUAMAMA-** Impact de la néotectonique quaternaire sur la dynamique sédimentaire du Saïs (Maroc) : du bassin d'avant fosse pliocène au plateau continental quaternaire

**DUPONT G., BONICHON P., DAGUIN F.** - Quelques observations sur les montagnes de sel du Prérif.

**DAGUIN, F.** (1927). Contribution à l'étude géologique de la région prériefaine (Maroc central), notes du service des Mines et de la carte géologique Maroc1.

**EL MOURABET, M.** (1996). Évolution structurale du Prérif occidentale et des bassins de Saïss et du Gharb du Trias au Néogène basée sur les données de subsurface (Sismique réflexion et Gravimétrie). Thèse de 3ème cycle, Univ Mohammed V, Rabat.

**ENNADIFI Y.** - Etude géologique du Prérif oriental et de son avant- Pays (Région comprise entre Mezguitem, Aïn Zohra et Tizetoutine). (Thèse Doct. 3ème cycle Univ. Grenoble, FRA, 1972)

**LACOSTE J.** - Etude géologique dans le Rif méridional. Tome I : Stratigraphie

sédimentation, paléogéographie.

**LEBLANC, D.** (1986). Cisaillements plats dans l'avant pays rifain, un modèle pour la structure profonde du pré-rif (Maroc). Rev. Géol. Dyn. Géogr. Phys ; Paris

**MESRAR Laila**- Thèse d'doctorat d'état : caractérisations géochimique,

minéralogique, technologique et nanotechnologique des marnes miocènes du couloir

Sud rifain (Fès-Taza) : études et valorisation.

**MICHARD, A ; CHALOUAN, A ; MOUTIGNY, R ET OUZANI-TOIHAMI, M.** (1983).

Les nappes cristallophylliennes du Rif (Sébtides, Maroc), témoins d'un édifice alpin de type permien incluant le manteau supérieur. C. R. Acad. Paris

**KORNPROBST J., RAOULT J.F., GRIFFON J.C., MOUTERDE R.** - Etudes géologiques

sur la chaîne du Rif

**VIDAL, J. C.** 1971. Une interprétation nouvelle des nappes du pré-rif central (Maroc) et

Ces conséquences sur les structures de leur substratum autochtone. C. R. Acad. Sci.

Pari. 272, série D

**WIKIPEDIA**

## **ANNEXES**



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

**Sarah LAHMID**  
**Souad EL ALAMI**

**Année Universitaire : 2015/2016**

**Titre : ETUDE GEOLOGIQUE D'UNE MINE DE SEL**

### **Résumé**

Les mines de sel dites **Masseta** et **Socepros** sont situées aux alentours de la ville de Fès, dans la nappe pré-rifaine méridionale à la limite des rides pré-rifaines orientales Zalagh et Trhat.

Les deux mines se focalisent dans les affleurements triasiques riches en sel.

L'objectif principal de ce travail est d'étudier la géologie générale et régionale de ces mines tant qu'aucune étude n'est déjà réalisée au part avant.

Cette étude a rassemblé, le traitement de la géologie rifaine, sachant que les deux mines sont situées au pré-rif, ainsi que la géologie régionale qui englobe l'étude des rides pré-rifaines orientales Zalagh et Trhat, le massif de Bou-Rdim, la nappe pré-rifaine, et la post-nappe régressive du miocène supérieur. Afin d'y comprendre les conditions derrière la formation et l'apparition du sel dans la région.

Sans oublier de mentionner les méthodes d'exploitation de ce minerai, si important dans notre vie quotidienne. Ses étapes de traitement et ses utilisations.

Une analyse chimique est portée à des échantillons de sel, afin de déterminer leur composition chimique et certifier la présence de certains éléments chimiques qu'on cherche comme le lithium Li.

**Mots clés :** Mine, sel, géologie, pré-rif, nappe pré-rifaine, rides pré-rifaines, post-nappe régressive du miocène, exploitation