

N° d'ordre :

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

Faculté des Science de la Terre, de Géologie et de l'Aménagement du Territoire



Département des Science de la Terre

**Mémoire**

Présenté pour l'obtention du

Grade de Master II en Science de la Terre

Option : Géodynamique de la lithosphère.



**Thème :**

**Etude pétrographie des altérations hydrothermales de deux forages réalisée dans le volcanisme calco-alkalin miocène de la région de Bouzedjar (Algérie NW)**

Présenté Par :

**BAALLA Tahar**  
**MESSADI Toufik**

Soutenue publiquement le 13 Juin 2018, devant le jury composé de :

Mr. SEDDIKI. A	Maître de Conférence	Université d'Oran 2	Président
Mr. MEDINI. S	Maître assistant	Université d'Oran 2	Encadreur
Mr. MAHMOUDI. M	Maître assistant	Université d'Oran 2	Examineur

Oran, 2018

## Remerciement

Nous remercions tous d'abord *ALLAH* qui donne la puissance pour terminer ce travail.

Mes remerciements s'adressent tout d'abord aux membres de jury.

Nous tenons à exprimer nos sincères gratitude à monsieur *MEDINI S* qui a accepté de diriger ce travail. Sa patience et son expérience m'ont permis de nouvelles acquisitions dans la géologie.

Mes sincères remerciements à monsieur *SEDIKI A* pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury. Nous le remercions également pour ses encouragements.

Mes remerciements monsieur *MAHMOUDI M* pour leur encouragement, l'honneur qu'il a fait d'être examinateur de ce travail.

Et nous remercions tous les enseignants du département de science de la terre.

Nos remerciements aussi les symboles de l'Administration de Département des Science de la Terre nos sincères gratitude.

***BAALLA.T & MESSADI.T***

## *Dédicace*

*Je remercie ALLAH le tout puissant de m'avoir aidé à l'élaboration de ce travail.*

*Je dédie cet humble travail à l'esprit de mon père pur qui ne m'a jamais privé de sa gentillesse dans sa vie*

*À ma précieuse mère qui m'a rempli d'amour et d'affection.*

*À mes très chers frères et mes sœurs*

*À toute la famille, **BAALLA***

*À mon professeur : **MEDINI. S***

*À mon Binôme : **MESSADI TOUFIK***

*À mes amis **OUSSAMA, ISMAIL, WAHIBA, GRADA, ABDELLI.***

*À tous mes amis chacun par son nom.*

*Ainsi que les personnes qui ont contribué de près ou de loin qu'ils trouvent ici le témoignage de ma gratitude.*

*Merci à tout.*

**BAALLA TAHAR**

## *DEDICACE*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A Mes Parents et ma grande mère qui m'ont donné toute l'affection et l'amour durant toute ma vie.*

*À mes très chers frères, ma sœur*

*À toute la famille, MESSADI*

*À mon Professeur : MEDINI. S*

*À mon Binôme : BAALLA TAHAR*

*À mes amis : ISMAIL ALI, OUSSAMA, NOURDINE,  
ELMAHDI, WALID*

*Et tous mes amis, chacun par son nom*

*À mes amies : HADJER, HANANE,  
NOURA, SAMIRA*

*Et Tous ceux qui ont partagé ma joie, ma peine*

*Et Toutes les promos 2018*

*Ainsi que les personnes qui ont contribué de près ou de loin qu'ils trouvent ici le témoignage de ma gratitude.*

*Merci à tous.*

*MESSADI TOUFIK*

## Table de matière

Introduction générale .....	1
But de l'étude.....	3
<b>Chapitre I    présentation du complexe magmatique du sahel d'Oran</b>	
I.1 Cadre géographique.....	5
I.2 Cadre géologique.....	7
I.2.1. Cadre géologique régional.....	7
I.2.2 Cadre géologique local.....	10
I.2.2.1 Stratigraphie.....	10
a) paléozoïque.....	10
b) Mésozoïque.....	11
c) Miocène.....	12
d) Pliocène.....	13
I.2.2.2 Tectonique.....	13
I.3 Historique des études.....	14
<b>Chapitre II            Le volcanisme du Sahel d'Oran</b>	
II.1 Introduction.....	17
II.2 Aperçu volcanologique du complexe du sahel d'Oran.....	19
II.3 les phases volcaniques de Tifaraouine.....	23
II.4.1 Les Andésites.....	23
II.4.1.1 Andésite à amphibole.....	23
II.4.1.2 Andésites à pyroxènes.....	24
II.4.1.3 Andésite à biotite.....	24
II.4.2 Les dacites.....	24

II.4.3 Les Rhyolites.....	24
II.5 Les produits de projection.....	25
II.5.1 Les tufs.....	25
II.5.2 Les brèches.....	25
II.6 Les formes grenues.....	27
II.6.1 Les dômes.....	27
II.6.2 Les necks.....	28
II.6.3 Les sills.....	28

### **Chapitre III Etude des altérations hydrothermales des volcanites de la caldeira de Tifaraouine.**

III.1 Introduction.....	32
III.2 principaux faciès d'hydrothermales.....	34
III.2.1 La séricitisation .....	34
III.2.2 La silicification .....	34
III.2.3 La carbonatation .....	35
III.2.4 L'argilisation.....	35
III.3 Les étapes de la mise en place de l'altération.....	37
III.4.1 Les plagioclases .....	38
III.4.2 Le clinopyroxène.....	38
III.4.3 L'amphibole .....	38
III.4.4 La biotite .....	38
III.4.5 Les minéraux opaques.....	39
III.5 La minéralisation.....	42
1-La phase préliminaire .....	43
2- La phase minéralisatrice.....	43
3- La phase supergène .....	43
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>45</b>

#### **Références bibliographies**

## Liste des figures

<b>Fig.01</b> : Répartition du magmatisme néogène de la Marge Maghrébine (in Piquet et al., 1998).....	1
<b>Fig.02</b> : Situation géographique de notre région d'étude (réalisée par Ciszak 1993).....	5
<b>Fig.03</b> : Situation géographique du secteur d'étude d'après la carte topographique 1/10.000.....	5
<b>Fig.04</b> : Les domaines structuraux du Maghreb (in Piqué et al. 1998).....	7
<b>Fig.05</b> : Esquisse géologique de l'Algérie Nord-occidentale (Oranie). (D'après Megartsi 1985)....	9
<b>Fig.06</b> : Datations des émissions volcaniques d'Oranie nord occidentale (données de Coulon et al., 2002).....	18
<b>Fig.07</b> : Carte géologique du Sahel d'Oran. (Megartsi 1985).....	19
<b>Fig.08</b> : Log synthétique des formations du Tifaraouine. (ORGM).....	21
<b>Fig.09</b> : Carte géologique schématique de la région de Tifaraouine tiré de la carte géologique détaillé au 1/25000 (ORGM). (Belmouhoub et Médini 1995-2000).....	22
<b>Fig.10</b> : Carte de localisation de la caldeira de Tifaraouine montrant l'aire d'altération et la zone d'implantation des sondage (Document ORGM). Modifier.....	33
<b>Fig.11</b> : Log de la zonalité verticale des différents sondages étudiés.....	36

## Liste des photos

<b>Photo.01</b> : panorama photographique du horst paléo-mésozoïque.....	6
<b>Photo.02</b> : photo représentant l’affleurement de serpentine.....	11
<b>Photo.03</b> : Photo du contact entre le miocène 1 <sup>er</sup> cycle et les formations volcanique de nature tufs andésitique dans la Marsa de Bouzadjar.....	13
<b>Photo.04</b> : Miocène 2 <sup>eme</sup> cycle.....	13
<b>Photo.05</b> : brèches andésitiques à éléments hétérométriques de même nature.....	25
<b>Photo.06</b> : Vue des brèches andésitiques à amphibole dans la baie de Bouzadjar.....	26
<b>Photo.07</b> : le pointement dacitique de Lalla khadra.....	26
<b>Photo.08</b> : montrant les tufs rhyo-dacitiques dans le Mersa Bou Zedjar.....	27
<b>Photo. 09</b> : un dôme au niveau de la caldeira du Tifaraouine.....	28
<b>Microphotographie.01</b> : Texture microlitique porphyrique à phénocristaux de l’amphibole et biotite non altérée et le pyroxène, S07 (LN à gauche, LP à droite). (G.X5).....	29
<b>Microphotographie.02</b> : Phénocristal de clinopyroxène (Cpx) porphyrique à macle h <sub>1</sub> . S42T/124m. (LP) (G.X10).....	29
<b>Microphotographie.03</b> : Texture microlitique Phénocristaux de l’amphibole à biotite primaire S48(LP).(G.X10).....	29
<b>Microphotographie.04</b> : un coulée Rhyolitique fin présente une texture fluidale S46 LN (G X10).....	29
<b>Microphotographie.05</b> : tuf Rhyolitique présentant une cristaloclastique hyaline S45 (LP) (G.X10).....	29
<b>Microphotographie.06</b> : une coulée Rhyolitique Présente une texture sphérolitique S138 (LP) (G.X10). ....	30

<b>Microphotographie.07</b> : un coulée Rhyolitique présent une texture perlitique S64 (LN) (G.X10).....	30
<b>Microphotographie.08</b> : un Quartz présentant un Golf de corrosion S41 LP (G. X10).....	30
<b>Microphotographie.09</b> : montrant un quartzite secondaire à texture micrograoblastique. S4786. LN (G X5).....	34
<b>Microphotographie.10</b> : un plagioclase fortement séricitisé lame 28/34m.Lp (G X10) .....	39
<b>Microphotographie.11</b> : un pyroxène transformés en calcite et envahis par des minéraux opaques dans la photo à gauche (LP) et même échantillon dans la photo à droite (LN). S27/315.5 m .....	39
<b>Microphotographie.12</b> : deux photos montrant une amphibole déstabilisée opacifiée. S47 à gauche, lame 02 à droite (LN)(G.X5) .....	39
<b>Microphotographie.13</b> : un filon de biotite hydrothermale sous forme de veinules recoupée par un filon d'opaque (LN). S28.5/276.50 m .....	40
<b>Microphotographie.14</b> : un filon de calcite associer à des opaques et un grenat à gauche (LP), à droite (LN) S29/37.8 m .....	40
<b>Microphotographie.15</b> : grands cristaux pyroxène calcitisé hydrothermale inclusions à texture squelettique. (LP). (G.5). S28/113m .....	40
<b>Microphotographie.16</b> : Une biotite à associer à des filons d'opaque (LP).(G.X10) S28/188.4m. ....	40
<b>Microphotographie.17</b> : Opaque micro-agregatique constituant la zone périphérique d'un filon de quartz (LN) S28/237 m. ....	41
<b>Microphotographie.18</b> : présentent de biotite hydrothermale (LP) (GX10) disséminée S27/324m à gauche, filonienne S28/45.8m à droite. ....	41
<b>Microphotographie.19</b> : une augite altérée en biotite hydrothermale remplaçant le cœur (LN) et même échantillon dans la photo à droite (LP).S28/276 m .....	41

## Résumé

Le centre éruptif du Sahel d'Oran est constitué de quatre unités : le volcan de Tifaraouine au centre, le cap Figalo à l'Ouest, le cap Sigale à l'Est, et les îles Habibas localisées à 12 Km au Nord.

Il est mis en place au-dessus d'un socle Paléozoïque et/ou Mésozoïque en fenêtre à travers une couverture néogène constituée par deux dépôts du premier cycle miocène post-nappe recouverts par une autre couverture constituant le deuxième cycle miocène post-nappe.

Les formations magmatiques qui forment ce massif sont représentées par les andésites, les dacites, et les rhyolites mises en place au cours de la phase Tortonienne. Ces formations volcaniques apparaissent sous forme de coulées. Elles sont souvent affectées par des altérations hydrothermales qui consistent en silicification, une argilisation, ainsi qu'une carbonatation.

**Les mots clés :** Sahel d'Oran, Tifaraouine, cycle miocène, andésite, altération hydrothermale.

## **Abstract**

The eruptive center of the Sahel of Oran is made up of four units: The Tifaraouine volcano in the center, the Figalo cape in the west, the Sigale cape in the east, and the Habibas islands located 12 km to the north.

It is placed in a Paleozoic and / or Mesozoic basement in a window through a neogenic blanket constituted by two Miocene submarine post-layer deposits covered by another cover constituting the second Miocene post-nappe cycle.

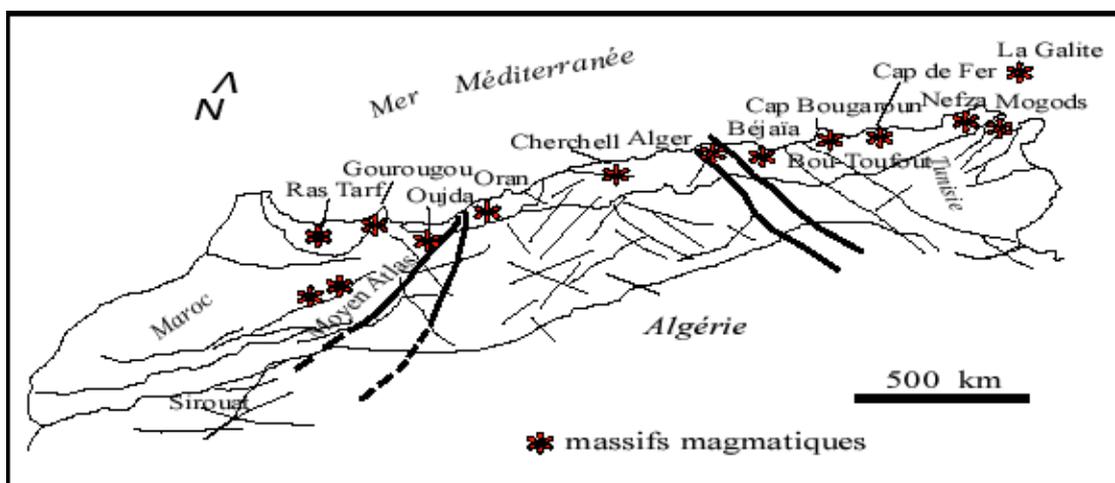
The magmatic formations that form this massif are represented by andesite, dacites, and rhyolites set up during the Tortonian phase. These volcanic formations appear as castings. They are often affected by hydrothermal alterations consisting of silicification, argillization and carbonation.

**Key words:** Sahel of Oran, Tifaraouine, Miocene cycle, andesite, hydrothermal alteration.

*Introduction*  
*générale*

## Introduction

La Méditerranée occidentale révèle une histoire géologique complexe depuis plus de 200 Ma. Sa configuration actuelle est guidée essentiellement par l'existence de la chaîne alpine qui s'est développée à la suite des mouvements relatifs entre la plaque Eurasie, au Nord, et la plaque Afrique au Sud. L'évolution structurale et géodynamique de cette région fait encore, actuellement, l'objet de débats et controverses. La limite méridionale de la Méditerranée occidentale est représentée par la marge nord-africaine appelée aussi Marge Maghrébine (Maury et al., 2000). Celle-ci a été le siège d'une importante activité magmatique, notamment depuis l'Oligocène jusqu'au Quaternaire, et qui s'est cantonnée à l'intérieur d'une étroite bande de plus de 1200 km de long sur environ 50 km de large (**Fig.01**), proche de la côte actuelle, et s'étendant de Ras Tarf, au Maroc, aux Mogods et à l'archipel de la Galite en Tunisie (Gentil, 1903 ; Sadran, 1958 ; Bellon, 1976 ; Bellon et Brousse, 1977 ; Semroud, 1981 ; Marignac et Zimmermann, 1983 ; Harmand et Cantagrel, 1984 ; Megartsi, 1985 ; Bendoukha, 1987 ; Hernandez *et al.*, 1987 ; Abbad, 1993 ; Ouabadi, 1994 ; Louni-Hacini *et al.*, 1995 ; Tabetiouna, 1997 ; Piqué *et al.*, 1998 ; El-Azzouzi *et al.*, 1999 ; Belanteur et al., 1995 ; Belanteur, 2000 ; Coulon *et al.*, 2002 ; Louni-Hacini, 2002 ; Bendoukha, 2008).



**Fig.01** : Répartition du magmatisme néogène de la Marge Maghrébine (in Piquet et al., 1998)

## *Introduction général*

De l'Oligocène supérieur jusqu'au Messénien, l'activité magmatique de la Marge Maghrébine est marquée par la mise en place de plutonites et de laves acides (granodiorites, andésites, dacites) d'affinité globalement calco-alkaline à localement shoshonitique.

En Algérie septentrionale, le volcanisme calco-alkalin miocène est connu en Oranie (Sadran, 1958 ; Bellon et al., 1976 ; Megartsi ; 1985 ; Louni-Hacini et al., 1995 ; Coulon et al., 2002 ; Louni-Hacini, 2002), dans l'Ouest algérois (Hernandez et Lepvrier, 1976 ; Aït Hamou, 1987 ; Belanteur, 2000), dans l'Est algérois, au Cap Djinet (Belanteur, 2000), à Dellys (Raymond, 1976 ; Belanteur, 2000), dans l'Oued Amizour ainsi que dans le Nord et l'Est constantinois (Hilly, 1957 ; Raoult et Velde, 1971 ; Vila et al., 1971).

A partir du Messinien, l'activité volcanique est d'affinité alcaline et apparaît principalement dans la région du Guilliz (Maroc) et en Oranie où des laves transitionnelles, assez discrètes, viennent s'intercaler entre les deux affinités précédentes, ce qui accentue l'intérêt volcanologique de cette région par rapport à l'ensemble de la Marge Maghrébine..

Par ailleurs, la Marge Maghrébine présente plusieurs indices minéralisés poly-métalliques liés aux roches volcaniques et sub-volcaniques d'affinité calco-alkaline du Miocène. La plupart de ces gîtes se présentent sous forme d'amas sulfurés volcanogènes de type Kuroko (VMS) alors que d'autres semblent correspondre à des minéralisations filoniennes épithermales.

Dans le Sahel d'Oran, plusieurs occurrences polymétalliques à magnétite, pyrite, oligiste, chalcopryrite, cuprite, nickéline, réalgar, arsenic et or, ont été révélées (Belmouhoub, 2004). Ces différentes minéralisations sont liées aux manifestations volcaniques calco-alkalines qui caractérisent le secteur. D'autres petits gisements et indices ont été découverts durant l'époque coloniale comme celui à magnétite et cuivre de l'Oued Chadia, à l'Est du secteur.

## *Introduction général*

Le présent mémoire s'articule autour de 03 chapitres faisant suite à :

**Chapitre I** se résume à une présentation du complexe magmatique du sahel d'Oran, dans ses contextes géographique et géologique, complété par un bref historique des travaux.

**Chapitre II** est consacré à l'étude de volcanisme du Sahel d'Oran reprise de travaux antérieurs (Sadran, 1958 ; Megartsi, 1985 ; Coulon et al., 2002 ; Louni-Hacini, 2002) et complétée par nos propres observations de terrain et de laboratoire.

**Chapitre III** consacré à l'étude pétrographique des roches magmatiques en surface et sur lames minces de forages avec établissement de log de sondages. Cette étude pétrographique est également enrichie par une analyse des transformations subies par les roches volcaniques.

### **But de l'étude :**

Ce travail fait suite à un projet de recherche exécuté par l'ORGEM (Office de la Recherche Géologique et Minière), durant la période 1985-1995, dans le cadre d'un programme de prospection des minéralisations polymétalliques associées au volcanisme miocène dans la région du sahel d'Oran, les travaux exécutés ont pu circonscrire les zones favorables au développements de processus hydrothermales accompagnés de minéralisations polymétalliques, ces zones sont principalement localisées dans la caldeira de Tifaraouine, nombreux sont les forages exécutés, de profondeur moyenne de 400m, les lames minces au nombre de 64 concernent certains forages en notre possession permettront à une étude pétrographique détaillée. Il sera dans notre possibilité après étude de mettre en évidence une zonalité verticale concernant la transformation hydrothermale des volcanites.

# *Chapitre I*

## *Présentation de complexe magmatique du Sahel d'Oran*

## I. Présentation de complexe magmatique du Sahel d'Oran

### I.1 Cadre géographique

Le Sahel d'Oran est un territoire qui s'étend sur une cinquantaine de kilomètres entre Oran à l'Est et les falaises de Cap Figalo à l'Ouest, il présente une largeur moyenne de 12 kms entre la cote et la plaine de la Sebkhha d'Oran. Le massif de Madakh ; le plus occidentale est formé de reliefs disposés sur deux Alignements orientés SW-NE (**Fig.03**) :

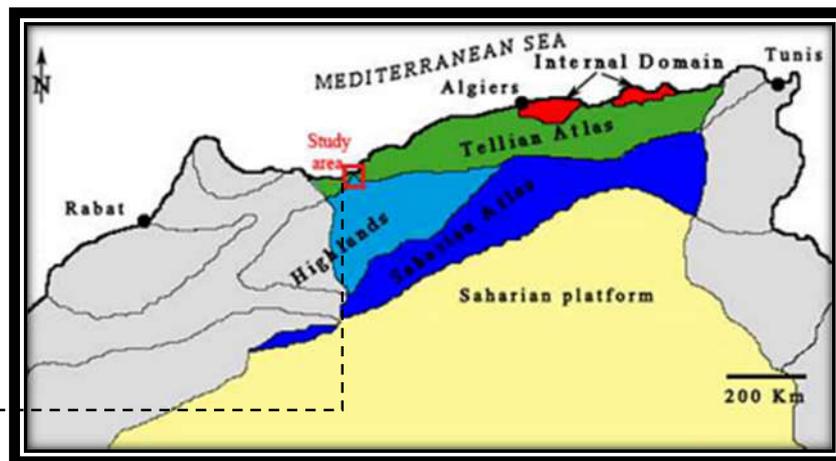


Fig.02 : Situation géographique de notre région d'étude (réalisée par Ciszak 1993)

□ Région d'étude

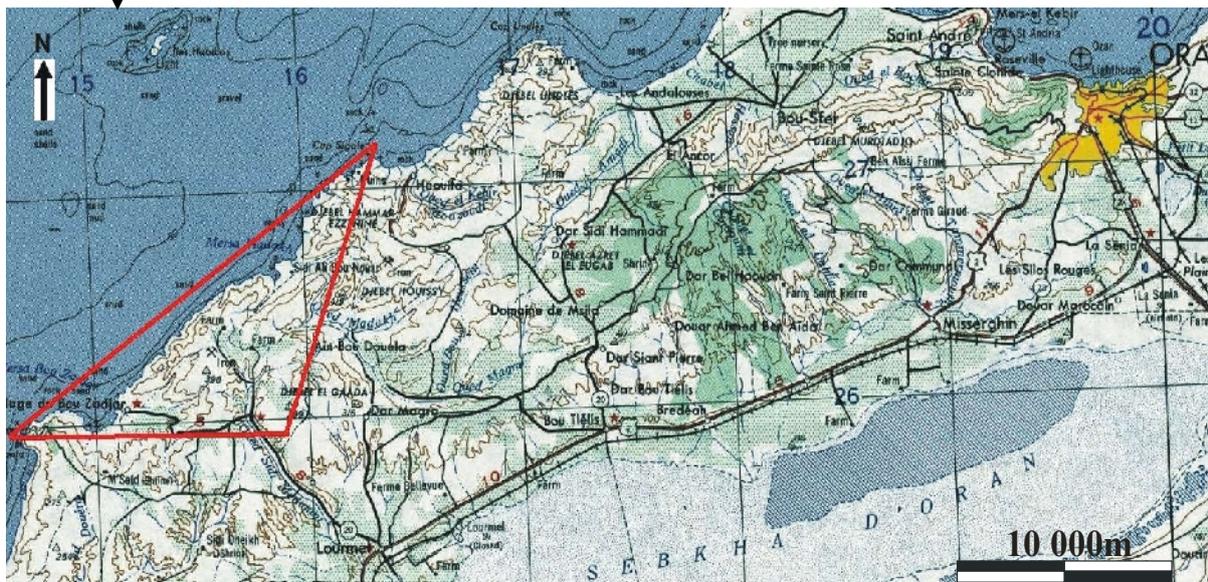


Fig.03 : Situation géographique du secteur d'étude d'après la carte topographique 1/10.000

- 1- Au nord le djebel Elkhel (322) m et son prolongement oriental de djebel Boukhdima
- 2- Au sud le djebel Tareneit (416) m et le djebel Houissy (424) m



**Photo.01** : panorama photographique du horst paléo-mésozoïque.

Les accidents montagneux qui forment ce dernier massif sont séparés par des dépressions importants sillonnées par des cours d'eau.

L'extrémité SW de djebel Elakhal se perd sous les produits d'un centre éruptif dénommé ensemble volcanique du Sahel d'Oran.

L'ensemble volcanique de Sahel d'Oran se localise à 35 km environ au nord de Ain Témouchent. Il longe la méditerranée sur une vingtaine de kms entre le Cap Figalo au SW et le Cap Sigale au NE. Il est limité à l'est par les méandres de l'Oued Madakh et au Sud par la route D20 reliant le village d'El Amria au port de Bouzadjar. Le piton escarpé de Cap Figalo constitue son extension Ouest et le délimite dans cette direction ; les îles Habibas situées à peu près à 12 km au large de cette bande constituent les témoins éruptifs les plus septentrionaux. Vers le sud, la

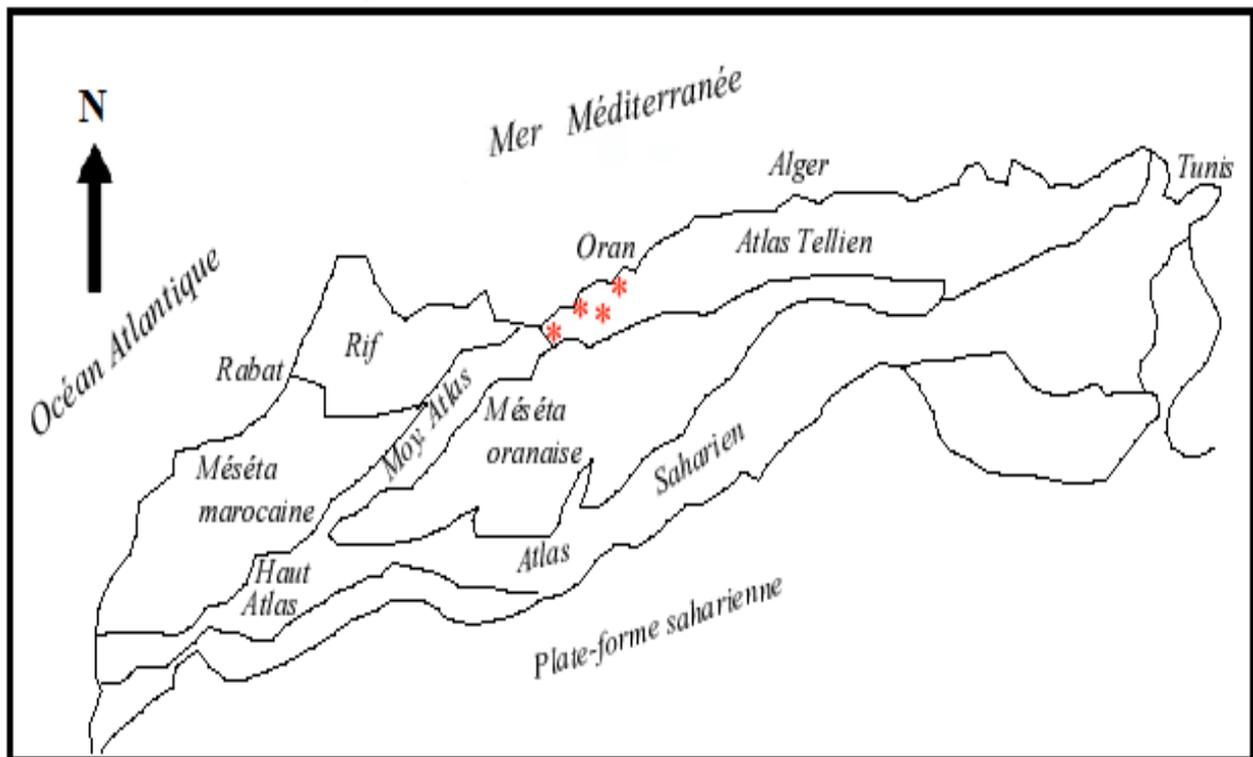
partie rattachée au continent dessine un liseré large au maximum de 5 km entre la cote et Djebel El Gada.

L'ensemble volcanique du Sahel d'Oran est caractérisé par un relief relativement moins élevé, culminant au Dj.Mezzaita (398m) puis descend progressivement au Dj.Touila (371m) puis au Dj Hafet El Bejeur (335m) et s'arrête brusquement en falaises au Cap Figalo (195m).

## I.2 Cadre géologique

### I.2.1. Cadre géologique régional

La région qui s'étend de l'ouest d'Oran jusqu'à la frontière avec le Maroc appartient au tell méridional des Maghrébides. Cette région est composée de deux zones qui forment le tell oranais. (belmouhoub 2004) (**Fig.05**) :



**Fig.04** : Les domaines structuraux du Maghreb (in Piqué et al. 1998)

\* Secteurs volcaniques de l'Oranie

1- La **zone tello-rifaine** au nord essentiellement constituée de nappes (Guardia, 1975). Dans cette zone on distingue plusieurs ensembles :

- un ensemble **autochtone** de terrains paléozoïques tectonisés et métamorphisés visibles dans plusieurs secteurs, au nord de Ain Témouchent, dans le massif de Madakh, au Cap Lindlès et au Cap Flacon.

- un ensemble **para-autochtone** constitué par des unités atlasiques peu déplacées, elle se présente en lambeaux à M'sidra et à Souahlia.

- un ensemble **allochtone** à affinité rifaine, représenté par les unités de Skouna, Tadjera, Souahlia, constitué de schistes primaires et calcaires du lias.

- un ensemble **allochtone** à affinité tellienne, représenté par les unités de Chouala au nord de Sabaa Chioukh, l'unité sénonienne dans les Sabaa Chioukh et l'unité oligo-miocène autour d'Arlal.

- une unité numidienne, formé de grés quartzeux massifs, de faible étendue observée dans la basse vallée de la Tafna.

2- La zone **atlasique** au sud représentée par les unités autochtones de la chaîne du Fillaoussène et du massif des Traras. Cette zone comprend un socle (Massif des Traras renfermant les granites de Nedroma) recouvert en discordance par une couverture carbonatée d'âge mésozoïque (Massif Fillaoussène)

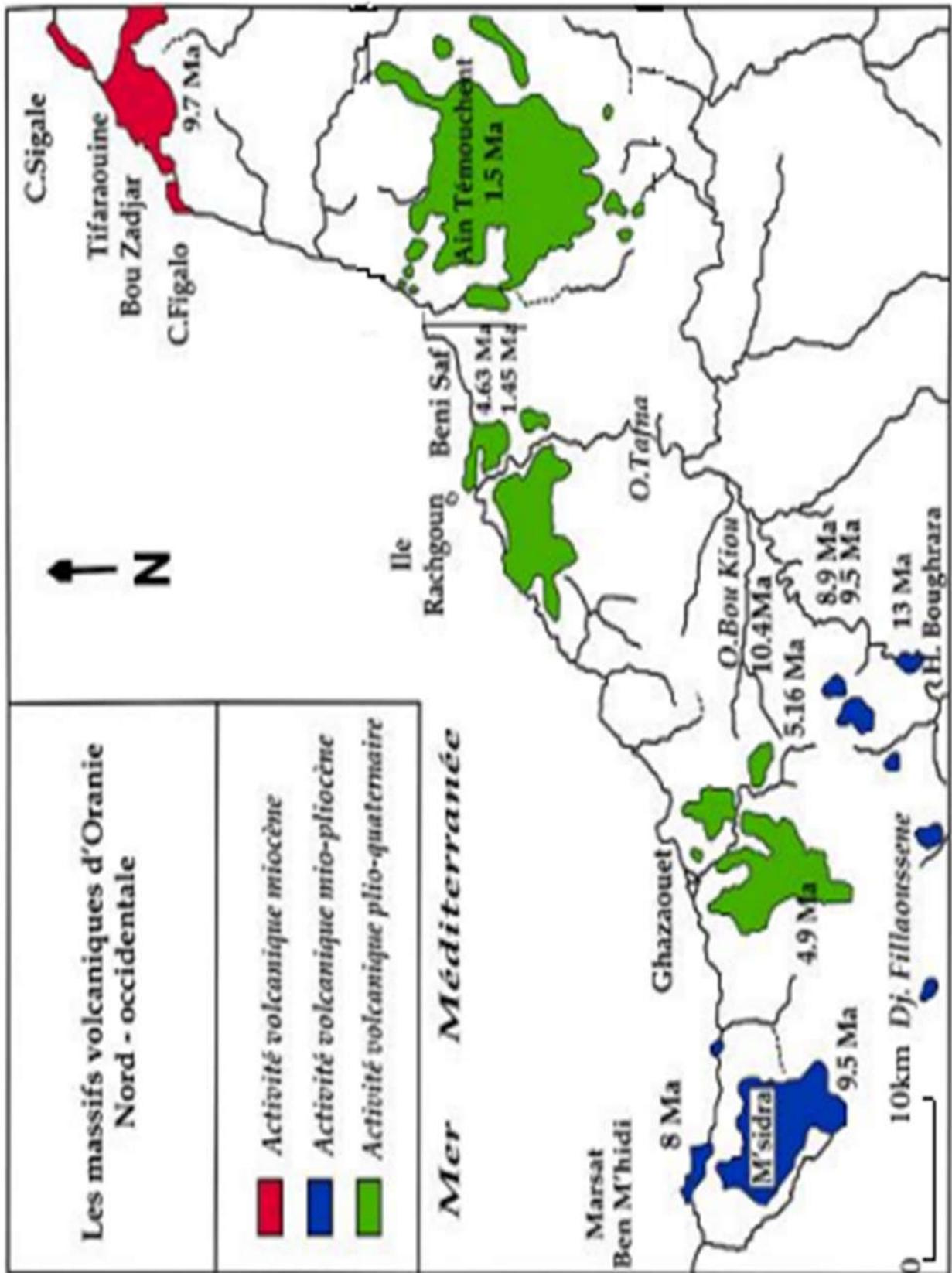


Fig.05: Esquisse géologique de l'Algérie Nord-Occidentale (Mégartsi, 1985)

### **I.2.2 Cadre géologique local**

Le secteur d'étude se localise à l'extrémité occidentale du Sahel d'Oran. La géologie de surface fait ressortir la présence de formations sédimentaires plissées et métamorphisées associées à des péridotites d'âge paléozoïque et/ou mésozoïque et des formations sédimentaires non plissées et des formations magmatiques d'âge essentiellement miocène (**Fig.05**).

Deux unités géologiques se présentent :

1 - la première unité est représentée par le horst du Dj.ElAkhel, qui occupe la portion Nord-Est du secteur d'étude ; elle est constituée des formations les plus anciennes. Ces formations affleurent, en fenêtre, au sein des formations miocènes post-nappes. Ces formations dessinent un horst à cœur dévonien. Il est orienté N 60-70° et affecté par des failles transversales de direction N 140-160°. L'étude géologique de cette unité a été réalisée par Ciszak (1993).

2 - la deuxième unité comprend le massif de Tifaraouine lui-même. Ce dernier se localise sur le prolongement occidental du horst du Dj.ElAkhel. Il est constitué de formations magmatiques (plus récentes) qui se développent sur une grande superficie. Ces formations dessinent au niveau du secteur d'étude, un liseré large au maximum de 05 kms.

Le flanc méridional de ce massif est recouvert par des dépôts sédimentaires du deuxième cycle miocène post nappes.

En surface, ces formations constituent une lignée volcanique à andésites, dacites et rhyolites ; les rapports volumétriques ne sont pas quelconques ; les andésites prédominent avec 70% sur les rhyolites 20% et les dacites 10%.

#### **I.2.2.1 Stratigraphie**

Les formations sédimentaires qui affleurent dans le secteur d'étude sont représentées par des dépôts carbonatés et terrigènes d'âge paléozoïque et mésozoïque constituant le horst et par des dépôts marins des deux cycles miocènes post nappes.

##### **a) le paléozoïque**

Les terrains paléozoïques du secteur d'étude affleurent de façon remarquable dans la cluse de l'oued Madakh. Ils se constituent un ensemble sédimentaire associé à des serpentinites (**Photo.02**) et apparaissent sous forme d'un empilement de plusieurs unités lithostratigraphiques plus ou moins charriées les unes sur les autres.



**Photo.02** : photo représentant l'affleurement de serpentine

### **b) Mésozoïque**

Le mésozoïque du sahel d'Oran forme l'allochtone épi métamorphique, les terrains secondaires sont faiblement représentés. On y rencontre les termes suivant :

-Le Lias qui est constitué de brèches à éléments anguleux hétérométriques représentant les formations paléozoïques sous-jacente, par un ciment dolomitique granuleux hématitisé et visiblement remaniés sur place. Ces brèches forment des affleurements de faible étendue (Doumergue 1924).

-Le Dogger est représenté par des calcaires massifs qui forment les crêtes rocheuses du Pic du Tifaraouine. Ils affleurent sous forme d'une structure écaillée au sein de marnes crétaées. Ce sont des calcaires microcristallins qui recèlent localement des microfilaments.

-Le Malm apparait aussi sous forme de copeau jurassique également au pic du Tifaraoune. Il comporte un ensemble détritique (conglomérats, grès et argiles) rapporté à l'Oxfordien, ainsi que des (marnes à Ostracodes d'âge callovo-oxfordien) admettant des bancs calcaires à filaments (Fenet, 1975 in Ciszak, 1993).

**c) le Miocène**

Dans le sahel d'Oran, le miocène est représenté par les formations magmatiques et les dépôts des deux cycles post- nappes qui abondent sur les flancs Nord-Est et Sud du secteur, discordantes sur l'unité de Madakh et correspondent aux dépôts de deux cycles miocènes post nappes. Ce sont des sédiments marno-gréseux et carbonatés.

- **au premier cycle** : les dépôts détritiques correspondant aux produits du démantèlement de la couverture allochtone se développent dans les basses zones en bordure du massif à schistosité. Ils montrent dans leur partie inférieure. Des conglomérats témoins du complexe brèchique sénonien surmontés par des marnes grises renfermant des intercalations gréseuses montrant une rubéfaction. Leur âge est attribué au Tortonien. Ces formations sont transgressives sur le carbonifère (terme supérieur du socle) ; elles sont recoupées par forages sous les andésites du volcan Tifaraouine (**Photo.03**).

- **le deuxième cycle** : comprend essentiellement des marnes à la base, surmontées par des niveaux calcaires à algues. Ces dépôts recouvrent en transgression le flanc sud du volcan de Tifaraouine, ils sont datés du Messinien (**Photo.04**).



**Photo.03** : Photo du contact entre le miocène 1<sup>er</sup> cycle et les formations volcanique de nature tufs andésitique dans la Marsa de Bouzadjar.



**Photo.04** : Miocène 2<sup>eme</sup> cycle.

**d) Pliocène**

Il est représenté par des sables et grès visibles dans le massif de Madakh au Nord-Est et au Sud de l'ensemble volcanique du Sahel d'Oran.

**I.2.2.2 Tectonique**

Sur le plan régional, le périmètre des travaux se trouve dans les limites du horst du sahel accidenté de surrections secondaires (en particulier, pointement de Madakh) et de failles de directions variées.

L'armature tectonique de la région est le horst secondaire du Djebel El Akehal situé entre les failles maitresses de la région. Les directions tectoniques sont NE-SW. (I.G.Tcheriomoukchine, B.E.kostygov 1978-1979).

Dans le substratum mésozoïque de Tifaraouine, on relève la présence de deux systèmes de failles qui sont presque parallèles aux failles principales, et aux alignements structuraux majeurs du littoral oranais.

1. La première série de direction NE-SW est à l'origine de l'orientation générale de structures anticlinales du secondaire reprises sous forme de horst. La faille profonde de la structure du Djebel El Akhal, dirigée N60° N70°, se rapporte précisément à ce système d'accidents.

2. La deuxième série est synchrone et perpendiculaire à la première. Il s'agit de failles transversales dont la direction desquelles se sont produits les principaux épanchements et se sont mis en place deux gisements minéralisés (Djebel Touila et Oued Chadia).

**1.3 Historique des études**

L'intérêt minier de cette région s'est manifesté très tôt dans l'époque coloniale et dès la seconde moitié du 19<sup>ème</sup> siècle des compagnes de prospection furent menées.

De nombreux travaux de recherche et de travaux de révision par des auteurs sur ces gisements et indices ont été menés de façon intermittente. Velain (1889) fut le premier à aborder la nature des roches éruptive des Iles Habibas.

Curie et Flamand (1889-1890) donnent de brefs aperçus pétrographiques des roches du secteur de Tifaraouine et des Iles Habibas.

En 1903, Gentil présente une étude plus élaborée sur les gisements éruptifs du Tifaraouine et des Iles Habibas, il publie une carte géologique en 1/200,000.

Lacroix (1927) a apporté sa constitution à l'étude chimico-minéralogique de ces roches.

Sadran (1958) a présenté une étude plus précise des massifs éruptifs et des produits émis. Il est le premier à publier un certain nombre d'analyses chimiques sur les divers groupes pétrographiques. Il s'intéresse également à l'aspect métallogénique de la région.

Guardia (1975) et Fenet (1975), par leurs études structurales, précisent la stratigraphie des secteurs éruptifs de l'Oranie.

Megartsi (1985) a largement développé le volcanisme moi-plio-quaternaire de l'Oranie nord occidentale. En utilisant les conclusions stratigraphiques et tectoniques de Guardia (1975) et Fenet (1975), Il replace ce volcanisme dans son contexte géodynamique.

R.Cizak (1993) est le dernier géologue qui a présenté son travail sur l'évolution géodynamique de la chaîne tellienne en Oranie pendant le paléozoïque et le mésozoïque.

Louni-Hacini et al. (1995) proposent de nouvelles datations radiométriques ( $^{40}\text{K} - ^{40}\text{Ar}$ ) sur la transition du volcanisme calco-alcalin miocène à alcalin au Plio-Quaternaire en Oranie nord-occidentale. Ils donnent ainsi des âges plus précis que ceux présentés par les travaux de Bellon et Guardia (1980).

Maury et al. (2000), Coulon et al. (2002) et Louni-Hacini (2002) montrent que le changement de la nature du volcanisme en Oranie nord occidentale, de calco-alcalin au Miocène à alcalin au Plio-Quaternaire, reflète une évolution qui apparaît généralisée à l'ensemble du pourtour de la Méditerranée occidentale. Cette évolution traduirait un processus de détachement lithosphérique (slab-breakoff) faisant suite à un contexte de zone de subduction.

Belmouhoub (2004) s'est intéressé aux minéralisations liées aux manifestations volcaniques calco-alcalines du secteur de Tifaraouine-Bouzadjar dans le Sahel d'Oran. Il a ainsi mis en évidence plusieurs occurrences polymétalliques à magnétite, pyrite, oligiste, chalcopyrite, cuprite, nickéline, réalgar, arsenic et or.

Par ailleurs, l'ORGM (Office de la Recherche Géologique et Minière) a développé, depuis 19, un vaste programme de prospection des minéralisations polymétalliques associées au volcanisme miocène d'Oranie nord occidentale.

## *Chapitre II*

### *Le volcanisme du Sahel d'Oran*

## **II. Le volcanisme du Sahel d'Oran**

### **II.1 Introduction**

Les roches volcaniques d'Oranie nord occidentale ont fait l'objet de nombreuses datations isotopiques associées à des corrélations stratigraphiques et des datations micropaléontologiques (Bellon et Brousse, 1977 ; Bellon et Guardia, 1980 ; Bellon et al., 1984 ; Megartsi, 1985 ; Coulon et al., 2002 ; Louni-Hacini, 2002). Les résultats obtenus permettent de reconnaître, en Oranie nord occidentale, deux périodes majeures d'activité volcanique :

- La première, d'âge Miocène, est d'affinité calco-alcaline et caractérise les secteurs de la Moyenne Tafna, du Sahel d'Oran et des Iles Habibas ainsi que celui des M'Sirda ;
- la seconde période, d'âge Plio-Quaternaire, est de nature alcaline et concerne les secteurs de la Moyenne et de la Basse Tafna, des M'Sirda, des Souahlia et d'AïnTémouchent.

Entre ces deux périodes majeures, s'intercale un épisode assez discret, de nature transitionnel et apparaissant, sporadiquement en Oranie nord occidentale, dans les secteurs de Mohammadia, de la Moyenne Tafna et dans les M'Sirda (**Fig.06**).

Deux épisodes volcaniques majeurs sont reconnus en Oranie nord occidentale :

- un volcanisme miocène caractérisé par la co-existence de laves calco-alcalines à parfois shoshonitiques mises en place entre 11,7 et 7,2 Ma (Megartsi, 1985 ; Coulon et al., 2002 ; Louni-Hacini, 2002), et apparaissant dans trois complexes :

-le Sahel d'Oran ;

- la Moyenne Tafna (Hammam Bouhrara

-de M'Sirda Fouaga

- un volcanisme plio-quaternaire responsable de la mise en place de basaltes alcalins entre -5,1 et -0,8 Ma (Megartsi, 1985 ; Bendoukha, 1987 ; Abbad, 1993 ; Tabeliouna, 1997 ; Coulon et al., 2002 ; Louni-Hacini, 2002), et bien représenté dans :

-La Basse Tafna ;

-la région d'AïnTémouchent ;

-de Souhalia region de Ghazaouet

-le flanc sud du Djebel Fillaoucène.

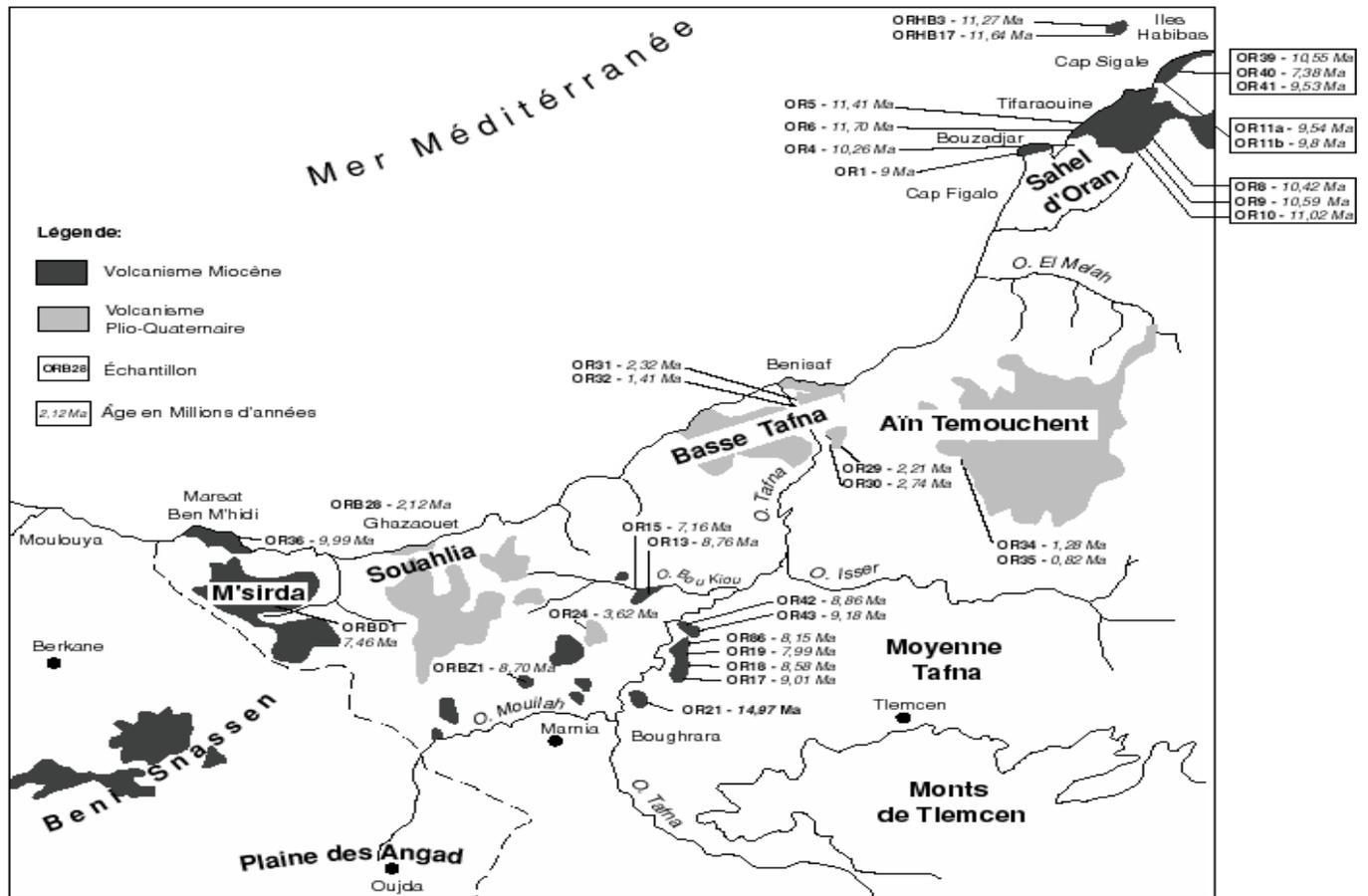


Fig.06 : Datations des émissions volcaniques d'Oranie nord occidentale (données de Coulon et al., 2002)

## II.2 Aperçu volcanologique du complexe du sahel d'Oran

Les formations magmatiques sont intercalées entre les dépôts de séries marines de **deux cycles post-nappes**. Elles forment un complexe de **coulées de laves**, de **produits pyroclastiques** et de **corps subvolcaniques**. Ces derniers se sont mis en place sous forme de **dykes** ; **dômes** et d'**intrusions**. Constitués d'andésite, de dacites et de rhyolites : ils affleurent le long de la cote sur une vingtaine de Km depuis le Cap Figalo au S-W jusqu'à Cap Sigale au N-E.

L'ensemble du sahel d'Oran (**Fig.07**) comprend une superficie maximale de 60 Km<sup>2</sup>.

Le centre éruptif du sahel d'Oran comprend quatre ensembles distincts :

- Le complexe de Tifaraouine d'une superficie de 40 Km<sup>2</sup> environ.
- Son extension au sud-ouest au cap figalo.
- Son extension au nord-est au cap sigale
- Les îles Habibas à 12 Km environ au large.

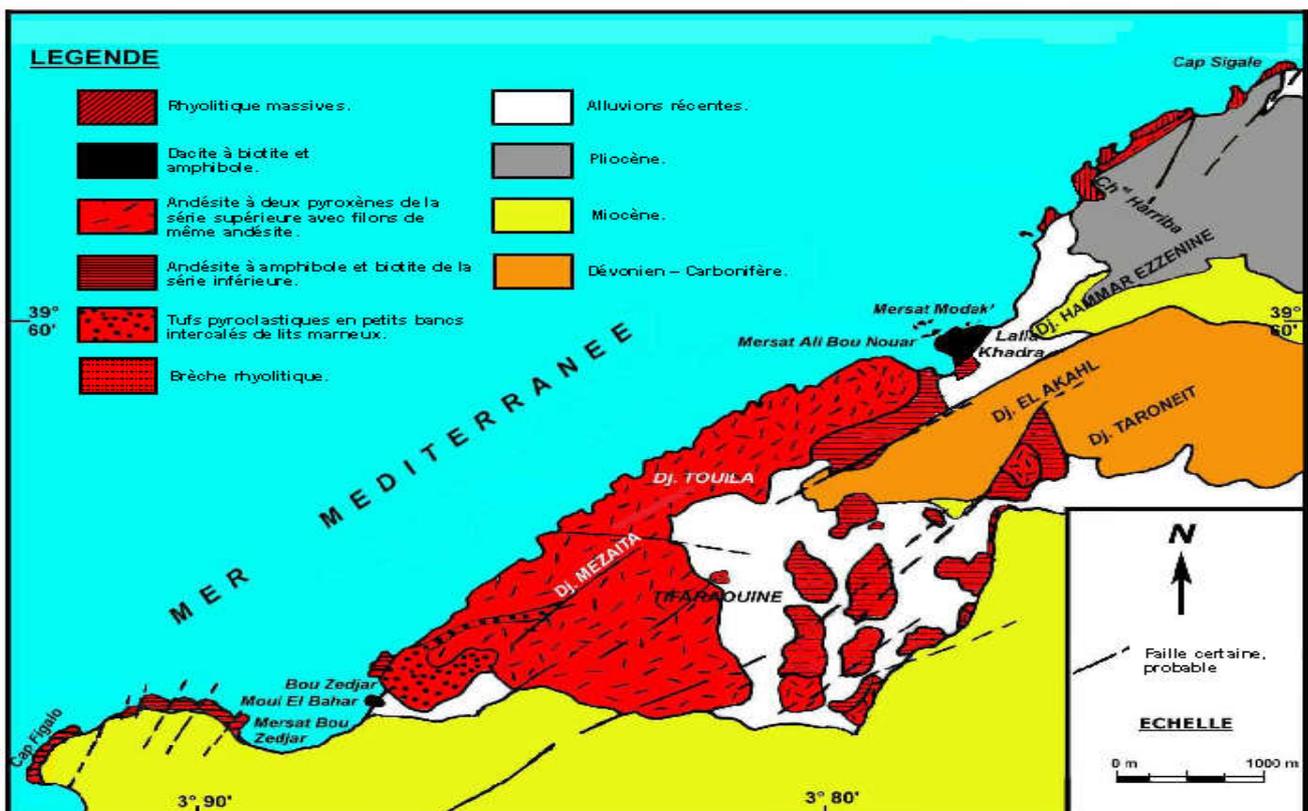


Fig.07 : Carte géologique du Sahel d'Oran. (Megartsi 1985).

Lieux	Âges (Ma)
Tifaraouine	11,70 ± 0,40
Djebel Touila	11,02 ± 0,30
Moul El Bahr	10,45 ± 0,25
LallaKhadra	9,40 ± 0,31
Cap Figalo	9 ± 0,21

**Tab.1** : Récapitulatif des âges de l'activité volcanique du Sahel d'Oran.

(In Coulon et al., 2002 et Louni-Hacini, 2002).

Seul le volcan de Tifaraouine possède une structure complexe (**Fig.09**). Les autres ne couvrent que des superficies réduites ou sont plus ou moins découpés par la mer et ne permettent que des observations sporadiques.

Des roches volcaniques de nature variées andésites, dacites et rhyolites affleurent le long de secteur d'étude. Ces roches généralement en contact avec les sédiments miocènes du premier cycle post nappes.

Dans le cadre de cette étude, un log synthétique (**Fig.08**) a été établi sur la base de la synthèse des données des forages de l'ORGM réalisés entre 1996 et 1999 dans les limites du volcan de Tifaraouine.

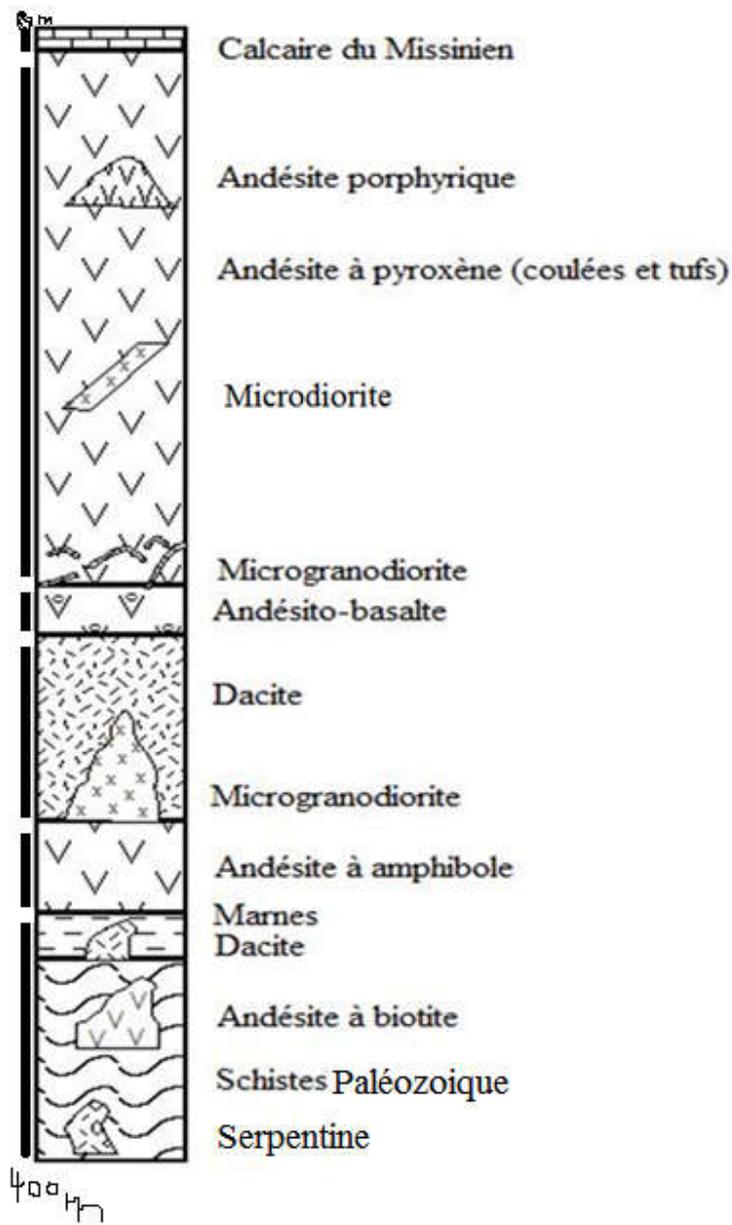


Fig.08 : Log synthétique des formations du Tifaraouine. (ORGM,1999)

## LEGENDE

### QUATERNAIRE

-  Terres argileuse, formation deluviales
-  Grès, grès calcaires, conglomérats, galets argileux

### NEOGENE

-  Calcaires massifs à concretion de Spherolites et de Silex
-  Argiles marnées, marnes, aleurolites grès interlits et aleuralites de grès tufogène
-  Grès, marnes, aleurolites, calcaires

### MIOCENE INF

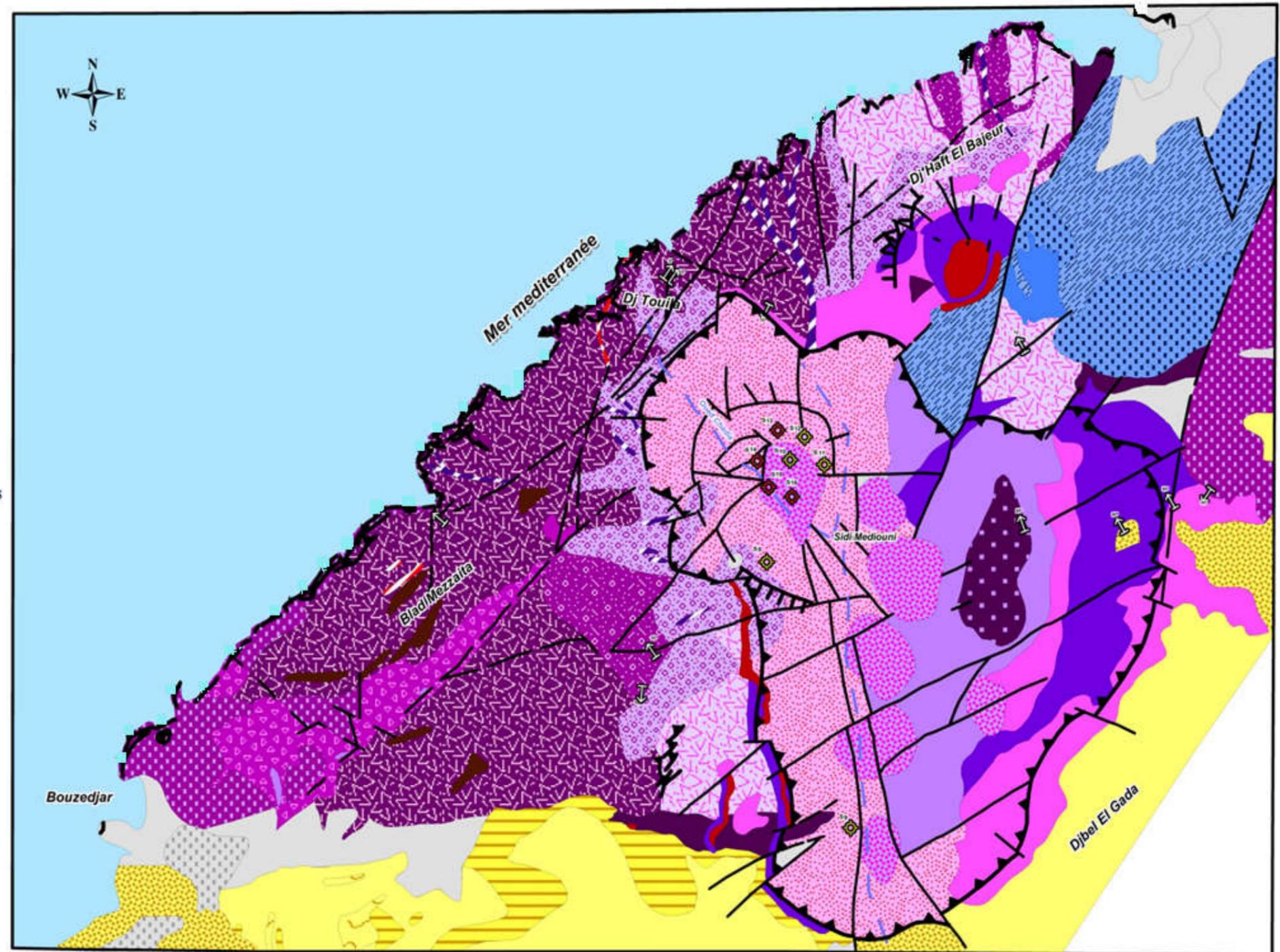
-  Argiles, marnes grises et marnes à gypse

### JURASSIQUE

-  Schistes argileux, aleurolites, grès ferrugineux quartzits, grès à gros grains, conglomérats
-  Dolomies et calcaire dolomitiques
-  Calcaires siliceux, marnes siliceuse en dalles avec interlits de marnes et de dolomies

### MAGMATISME

-  Neck andésitique silicifiée
-  Breches andésito-dacitique
-  Filons d'andésite
-  Interstratification de tufs classiques
-  Neck andésitique silicifiée
-  Andésito-basalte à amphibole
-  Andésite, tufs agglomérés et breches d'andésite à brotite (non alterée)
-  Tufs agglomérés et breches andésito-dacitique
-  Tufs et breches d'andésite et d'andésito-dacitique
-  Basaltes
-  Porphyrite andésitique
-  Laves agglomérées d'andésito-dacite
-  Neck andésitique
-  Andésito-dacite (extrusion)
-  Interstratification de tufs, breches d'andésite à pyroxène
-  Brèches andésito dacitiques à hornblende
-  Andésito basalte à pyroxène



### STRUCTURE

-  Faille de caldeira
-  Faille supposée
-  faille observée
-  Oued
-  Pendage et valeur en degrés
-  Point de sondage réalisé en 1997
-  Point de sondage réalisé en 1998
-  Auréole de développement des zones minéralisation de cuivre et de magnetite, des fibres de malachite
-  Dyke andésitique

Fig.09 : Carte géologique schématique de la région de Tifaraouine tiré de la carte géologique détaillé au 1/25000 (ORGM).(Belmouhoub et Médini 1995-2000)

### II.3 les phases volcaniques de Tifaraouine

Le volcan de **Tifaraouine** a fonctionné en trois phases d'activité volcanique principale :

-**Une première phase** par la mise en place d'andésite à biotite et amphibole qui forme le groupe andésitique inférieur.

-**Une deuxième phase** marquée par le dépôt des brèches andésitiques ; ils constituent le groupe andésitique supérieur.

-**Une troisième phase** mise en place de filons andésitiques nombreux dans les portions nord et nord-ouest. Egalement des dacites, mises en place sous forme de dômes coulées ou necks dans la périphérie ouest et nord du volcan. Et enfin des rhyolites à l'extrémité nord-est du volcan.

### II.4. Le magmatisme

En surface, les formations magmatiques constituent une lignée volcanique à andésites, dacites et rhyolites ; les rapports volumétriques ne sont pas quelconques ; les andésites dominent avec 70% sur les rhyolites 20% et les dacites 10%.

#### II.4.1 Les Andésites

Elles représentent 70% environ du volume des matériaux émis par le volcan et forment par conséquent le quasi-totalité des affleurements du volcan. Les andésites sont apparues à la surface soit sous forme de dykes, de coulées ou de pyroclastites ; rejetés par le volcan Tifaraouine. Les premières andésites attribuées aux affleurements du cap figalo ; de la partie orientale de la marsa bouzadjar et d'un certain nombre de pointement qui apparaissent au cœur de Tifaraouine. Il s'agit de la plus grande quantité des produits émis. Ils sont regroupés en trois types à amphibole à pyroxène et à biotite.

##### II.4.1.1 Andésite à amphibole

Assise basale des séries volcaniques, repose directement sur les marnes du 1<sup>er</sup> cycle miocène poste nappes. Elles sont sous forme de coulées (**Microphotographie.01**), de tufs, rarement en filons ; située sur le flanc sud du volcan, et se poursuit sur son extrémité Nord-Est.

#### **II.4.1.2 Andésites à pyroxènes**

Apparaissent dans les contreforts de Haft el Bejeur, de Touila, et de Mezzaita et de l'apophyse occidentale du Tifaraouine, et se prolonge jusqu'au village de Bouzedjar. Au nord ils sont représentés essentiellement par des brèches avec des intercalations de tufs et de rares coulées, elles constituent les falaises abruptes et escarpées qui longent la cote sur 4 Km recoupées par des dykes de dolérites ainsi que de dykes de même nature andésitique (**Microphotographie.02**). Elles montrent une puissance apparente de 370m.

#### **II.4.1.3 Andésite à biotite**

Apparaît sous forme des corps intrusifs et de laves en chapelets alignés suivant la direction Est-Ouest suivant les failles N60°. Exemple est le dôme de cap figalo.

#### **II.4.2 Les dacites**

Les dacites existent le neck de Sidi Mohamed Moul el Bahar (baie de Bouzedjar)(**Photo.06**), il s'agit d'un mamelon de 300m adébit en lames ou feuillets qui soulignent la fluidalité. Le dyke de Lallakhadra(**photo.07**). Dans la marsa Ali Bou Nouar(dyke 189 m) composé de gerbes de lames verticales prismées de 30 à 50 cm de diamètre. Les tufs dans le cap figalo.

#### **II.4.3 Les Rhyolites**

Les rhyolites situées vers l'Est du massif dans le chabet Harriba et le cap Sigale constituées de coulées de laves, de brèches(**Microphotographie.14**), et de tufs (**Microphotographie.17**). Quelques venues sous forme filonienne existent. Et sont localisées au Cap Sigale. Dans les Rhyolites on a plus de porphyre, nous avons trois textures : fluidale (**Microphotographie.04**), perlitique (**Microphotographie.07**) et sphérolitique (**Microphotographie.06**)

## II.5 Les produits de projection

### II.5.1 Les tufs

Ils surmontent les marnes du 1<sup>er</sup> cycle post nappes et sont constitués d'une alternance de tufs fins et de tufs grossiers (**photo.08**). Au sud du massif de Tifaraouine, les tufs passent latéralement aux marnes.

-Les tufs fins sont formés d'une alternance de lits millimétriques de couleur blanc-jaunâtre et de lits noirâtres. Les lits clairs sont constitués de fragments de plagioclases de grande taille, craquelés, altérés en séricite et calcite associés à des grains de quartz de petite taille. Les lits sombres comprennent de pyroxènes en reliques entièrement transformés en calcite, et de la biotite en fines lamelles. La matrice comprend outre la matière volcanique, de la calcite, des argiles, des chlorites et du quartz.

-Les tufs grossiers sont formés de fragments de roches andésitiques de taille centimétrique emballés dans une matrice tufique à plagioclases et quartz.

### II.5.2 Les brèches

Sur le terrain, les brèches d'andésites à pyroxènes couvrent 80% environ de l'aire du volcan de Tifaraouine, elles forment les contreforts montagneux septentrionaux et apophyse occidentale du volcan.

La roche est compacte, de couleur sombre constituée de fragments d'andésites anguleux, homogènes de taille variable (centimétrique à décimétrique) liés par un ciment vitreux(**photo.05**) et parcourue de filonnets d'oxydes de fer.



**Photo.05:** brèches andésitiques à éléments hétérométriques de même nature.



**Photo.06** : Vue des brèches andésitiques à amphibole dans la baie de Bouzadjar



**Photo.07** : le pointement dacitique de Lalla khadra



**Photo.08** : montrant les tufs rhyo-dacitiques dans le Mersa Bou Zedjar

## **II.6 Les formes grenues**

Pour les formes grenues, ce sont les diorites et les granodiorites porphyroïdes qui constituent des intrusions mises en évidence par forages à la base des épanchements volcaniques (**Fig.09**).

### **II.6.1 Les dômes**

Constituent des protubérances dans la caldeira du volcan (**photo.09**), recoupant les séries volcaniques ; il s'agit des édifices de forme elliptique alignés suivant la direction N140-160° (grand axe). Ces structures se mettent au contact des andésites par des failles. Le plus important de ces structures est celui localisé dans la cheminée du volcan dans la portion Nord de la caldeira. La roche grise et massive est une porphyrite andésitique essentiellement constituée de phénocristaux de plagioclases (3-4mm). Elles sont totalement dépourvues de minéraux ferromagnésiens.



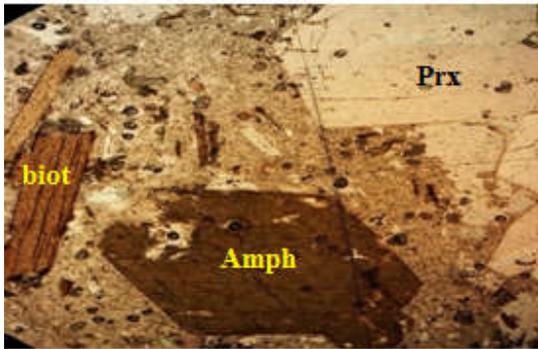
**Photo.09** : un dôme au niveau de la caldeira du Tifaraouine.

### II.6.2 Les necks

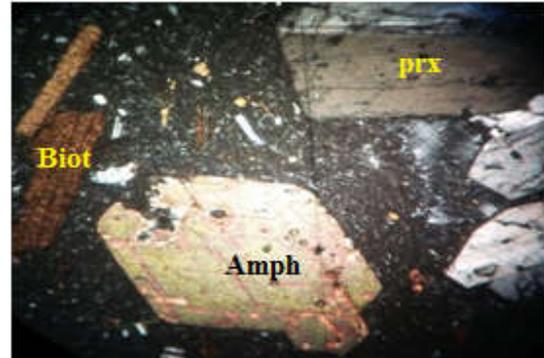
Dans l'apophyse occidentale du volcan, plusieurs necks apparaissent sous forme de cheminées secondaires adventives. Ces necks sont constitués par des andésites à pyroxènes. En plan les necks présentent une forme elliptique de 4 à 5 mètres de grand axe et ne dépassant pas 10 mètres de hauteur. Ils montrent une prestation verticale. Ces édifices recoupent tes tufs volcaniques et semblent prendre place sur les failles N140-160°.

### II.6.3 Les sills

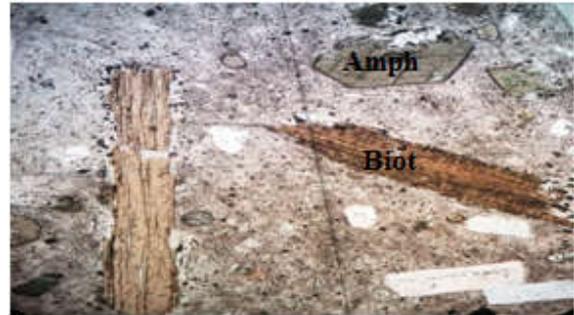
Il s'agit de salbandes du dôme le plus septentrional. Plusieurs de ces filons couches présentant des bordures figées sont interstratifiés dans les séries volcaniques. Les roches de ces sills sont constituées par la même porphyrite andésitique que le dôme.



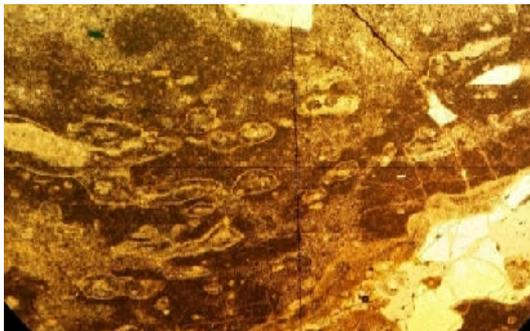
**Microphotographie.01** : Texture microlitique porphyrique à phénocristaux de l'amphibole et biotite non altérée et le pyroxène, S07 (LN à gauche, LP à droite). (G.X5)



**Microphotographie.02**: Phénocristal de clinopyroxène (Cpx) porphyrique à maclé h<sub>11</sub>.. S42T/124m. (LP) (G.X10).



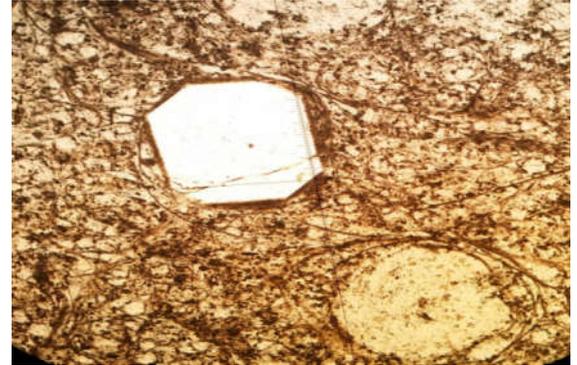
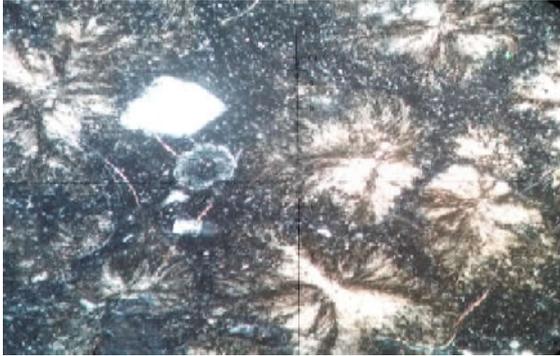
**Microphotographie.03** : Texture microlitique Phénocristaux de l'amphibole à biotite primaire S48(LP).(G.X10).



**Microphotographie.04**: un coulée Rhyolitique fin présente une texture fluidale S46 LN (G X10).



**Microphotographie.05** : tuf Rhyolitique présentant une cristaloclastique hyaline S45 (LP) (G.X10).



**Microphotographie.06** : une coulée Rhyolitique  
Présente une texture sphérolitique  
S138 (LP) (G.X10).

**Microphotographie.07** : un coulée Rhyolitique  
présent une texture perlitique S64 (LN) (G.X10).



**Microphotographie.08** : un Quartz présentant un Golf de corrosion  
S41 LP (G. X10).

*Chapitre III*  
*Etude des altérations*  
*hydrothermales des volcanites*  
*de la caldeira de Tifaraouine*

### **III : Etude des altérations hydrothermales des volcanites de la caldeira de Tifaraouine.**

#### **III.1 Introduction**

Les venues hydrothermales constituent la phase tardive volcanique ; en effet après la mise en place des différentes séries volcaniques des solutions hydrothermales chargées en éléments volatils ascendantes porteuses certainement d'une minéralisation utile polymétallique ; remontent des profondeurs et viennent traversées les volcaniques en les imprégnant affectant ainsi des transformations non uniformes

Ces produits de transformations de compositions divers affectent les volcanites à différents niveaux ; phénomènes constatés durant notre étude sur lame minces de forages exécutés dans la caldeira.

De plus les différents travaux effectués par des équipes diverses ; notamment ceux effectués par les équipes de prospections minières de l'office de la recherche géologique et minière (ORGM) durant des décennies passées ; des travaux des surfaces de prospections, de cartographie détaillée, de géochimies ; de géophysiques ; ont permis de dégager les secteurs et les zones affectés par cette altération. Effectivement après étude les constatations se sont orientées principalement vers les formations volcaniques constituant exclusivement la volcano-structure de Tifaraouine c'est-à-dire la caldeira (**Fig.10**) résurgente principale. De ce fait les manifestations d'altérations concerneront que cette partie.

En effet dans cette zone l'altération est palpable affectant les différentes roches volcaniques notamment une silicification poussée des volcanites.

De plus des indices de cuivre encaissés dans les volcanites ont été extraits des filons de direction subméridienne, certains filons renferment outre la chalcopryrite ( $\text{CuFeS}_2$ ) ; la magnétite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) ; pyrite ( $\text{FeS}_2$ ) ; l'oligiste ; la cuprite ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), l'or.

De ces résultats fut prise la décision d'exécuter un ensemble de forage profond de 400 m moyen ; afin de poursuivre en profondeur le comportement de cette altération porteuse probablement d'une minéralisation polymétallique.

Une série de lames minces (64 lames) concernant des forages variés exécutés dans cette volcano structure ont permis d'observé et de décrire le comportement de l'altération et de la minéralisation en profondeur. Riche fut la variété et les phénomènes observés, de ce fait la description des lames et l'observation sur terrain nous ont été d'une grande utilité à la compréhension des phénomènes variés géologique. Notre étude c'est axé principale au détail observés en lames minces plus précisément à la description des transformations hydrothermale.

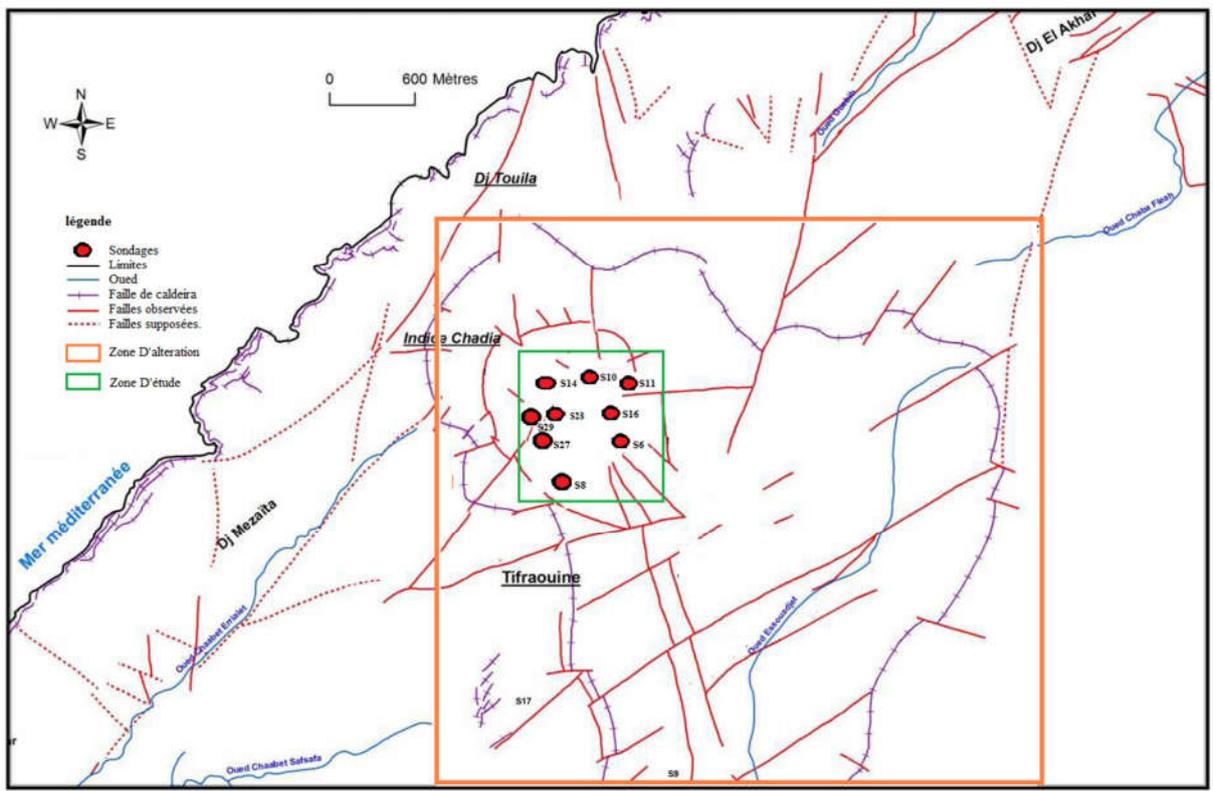


Fig.10: Carte de localisation de la caldeira de Tifaraouine montrant l'aire d'altération et la zone d'implantation des sondage (Document ORGM). Modifier

### **III.2 principaux faciès d'hydrothermales**

Quatre principaux faciès d'hydrothermales peuvent être globalement reconnus :

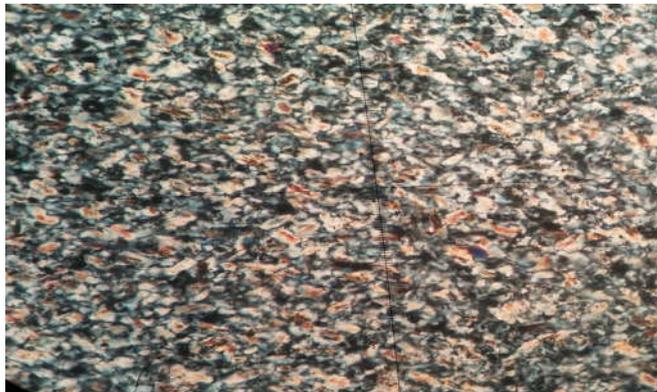
#### **III.2.1 La séricitisation**

La séricitisation est l'altération que l'on rencontre dans les parties profondes des sondages, elle est souvent accompagnée par la formation de biotite hydrothermale et parfois de chlorite, la séricite se développent au dépend des plagioclases qui sont partiellement ou totalement remplacés.

#### **III.2.2 La silicification**

La silicification se traduit par l'augmentation de la proportion du quartz secondaire. Dans la région étudiée, la silicification semble affecter tous les niveaux des sondages exécutés, elle se manifeste par la formation de quartz microcristallin occupant la roche. La silicification se manifeste aussi par la formation de quartz microgranulaire (**Microphotographie.09**) qui remplit les veinules.

Les quartzites secondaires, elles correspondent à un processus de silicification se développant surtout à la faveur de fractures et résultant également de circulations de fluides remobilisant beaucoup de silice. Ces quartzites à texture granoblastique légèrement orientée sont totalement envahit par du quartz fin (0,2 mm) Qui donne à la roche un aspect très dure.



**Microphotographie.09** : montrant un quartzite secondaire à texture micrograoblastique .

S4786. LN (G X5).

### **III.2.3 La carbonatation**

La carbonatation affecte tous les niveaux traversés par les sondages, elle se manifeste sous différentes formes :

- Une calcite microsparitique produit d'altération des pyroxènes, ils sont soit partiellement ou totalement transformés.
- Une calcite sparitique que l'on rencontre dans les veinules et qui accompagne souvent le quartz et la minéralisation est parfois associée à de rares cristaux de grenats probablement calcifiés (**Microphotographie.14**).
- Une calcite ankérite sous forme de rares rhomboèdres.

### **III.2.4 L'argilisation**

L'argilisation est l'altération la plus superficielle (zone d'oxydation), elle se manifeste par l'altération des plagioclases, au microscope, l'argile se présente sous forme d'amas cryptocristallins, associés à des microgranules d'opaque et de séricite.

Ces quatre principaux faciès d'hydrothermales (séricitisation, silicification, carbonatation et argilisation) sont représentés dans un log synthétique récapitulatif (**Fig.11**).

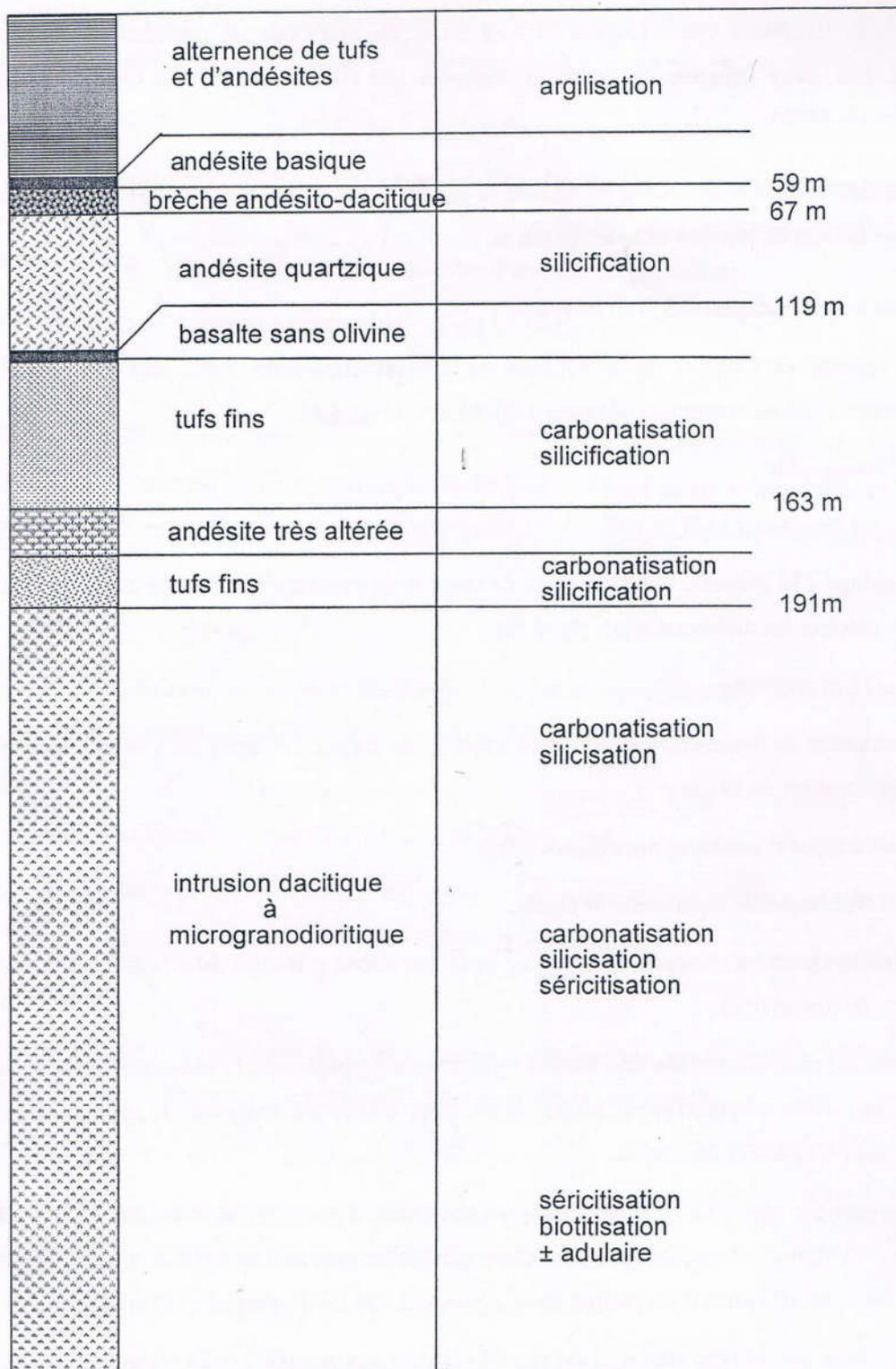


Fig.11 : Log de la zonalité verticale des différents sondages étudiés.

Quand la roche est intensément altérée, la matrice montre des minéraux argileux, du quartz et des grains d'opacités. Certains échantillons montrant une amphibole totalement déstabilisée ne conservant que la forme relique de prismes allongés et trapus à section hexagonale de 0.15 à 1.3mm de taille. L'observation montre également la présence de minéraux secondaires comme :

- La séricite qui occupe 10 à 35 du volume de l'agrégat. Elle se présente en écailles de dimension n'excédant pas 0.03mm. Elle provient de l'altération de plagioclases.
- Le chlorite se développe sur l'amphibole qu'elle pseudomorphose.
- Le quartz occupe 15 à 25 du volume des minéraux néoformés, il se présente en agrégats granulaires et en veinules.
- Les zéolites apparaissent sous forme de sphérolites issues de l'altération du verre volcanique ou de l'altération des plagioclases.

Les minéraux secondaires comprennent comme dans les autres andésites déjà décrites de la séricite, du chlorite, du quartz et de la calcite.

### **III.3 Les étapes de la mise en place de l'altération**

L'étude pétrographique des différentes lames en notre possession concernant les différents forages(S07 S14 S27 S28 S29 S41 S42 S45 S46 S48 S64 S138)ont montrés que les processus de transformations hydrothermales des roches c'est fait selon plusieurs étapes en effet certaines roches présentent différents génération de filon qui s'entrecroisent et viennent recoupés les phénocristaux et la mésostase eux-même partiellement ou fortement altérés.

D'une manière générale, le massif volcanique de Tifaraouine comprend des nombreuses variétés d'andésites altérées. L'altération très poussée de ces andésites leur confère une grande diversité de couleur. L'intensité des altérations dans ces andésites est variée selon la profondeur et le type d'andésite.

#### **III.4.1 Les plagioclases**

Dans certaines lames minces, les cristaux perdent leurs macles et ne deviennent reconnaissables que par les reliques et la forme des cristaux.

L'altération des plagioclases semble intense ; Ils sont souvent altérés en séricite qui occupe le cœur du minéral (**Microphotographie.10**) ; cette séricite présente souvent la forme micro-écaillée. Ils sont souvent zonés et craquelés, ces zonations et ces fractures sont soulignées par des minéraux d'altération tels que : la séricite, le quartz et les oxydes de fer.

#### **III.4.2 Le clinopyroxène**

Est représenté par l'augite altérés, parfois totalement transformés en calcite ou renfermant souvent des minéraux opaques qui l'envahissent (**Microphotographie.11**).

La calcite peu abondante et qui se présente sous forme de calcite sparitique remplaçant les pyroxènes. En peut voir aussi l'augite altérés en biotite hydrothermale de couleur brun-rougeâtre remplaçant le cœur ce minéral (**Microphotographie.19**).

#### **III.4.3 L'amphibole**

Souvent déstabilisée en biotite et chlorite qui se développe sur l'amphibole qu'elle pseudomorphose, elle ne se reconnaît que par sa section basale. Quelques fois, l'amphibole est transformée en calcite qui la masque complètement et ne peut être donc reconnaissable que grâce à ses formes. Certains échantillons montrent une amphibole totalement déstabilisée ne conservant que la forme relique de prismes allongés et trapus à section hexagonale (**Microphotographie.12**).

#### **III.4.4 La biotite**

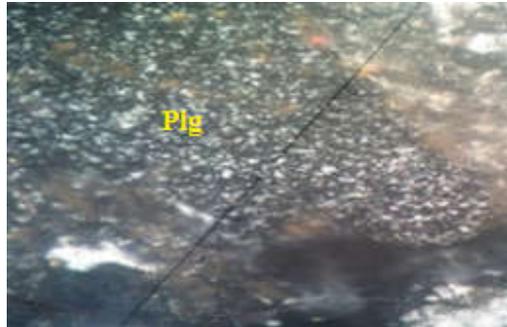
En fine paillette automorphe assez abondante dans les andésites associées au pyroxène et au amphibole. Certains échantillons montrent une biotite altérée, l'altération se développe suivant les plans des clivages et à la périphérie du minéral. Il s'agit souvent d'une frange opaque. Cette biotite est parfois, complètement transformée en minéraux opaques qui envahissent le minéral.

Une des particularités de l'altération hydrothermale est la présence d'un autre type de biotite présente dans ces échantillons c'est la biotite hydrothermale qui est apparait sous forme disséminée (**Microphotographie.18**) dans la roche ou occupant de fines veinules associées à de la calcite et fines granules d'opaques qui constituent la minéralisation utile.

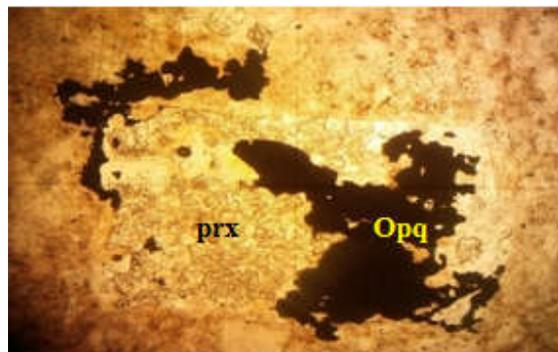
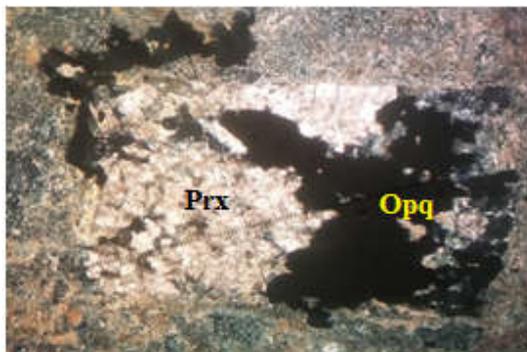
(**Microphotographie.13**). Cette biotite est reconnaissable par sa couleur brun-rougeâtre vif fortement pléochroïque sous forme de fines paillettes faiblement ou mal cristallisée mais demeure constamment fraîche non altérée

### III.4.5 Les minéraux opaques

Se présentent également sous forme de veinules de titanomagnétite.

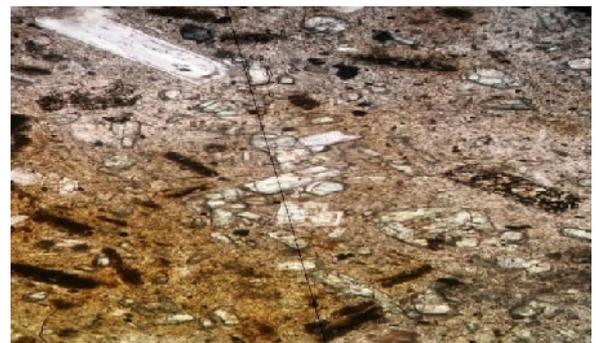
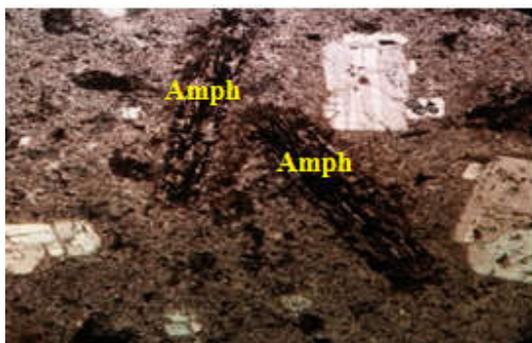


**Microphotographie.10** : un plagioclase fortement séricitisé lame 28/34m.Lp (G X10)



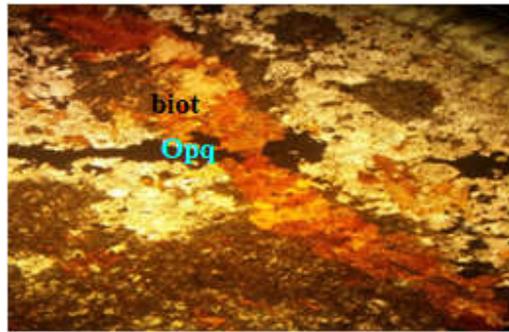
**Microphotographie.11**:un pyroxène transformés en calcite et envahis par des minéraux opaques dans la photo à gauche (LP) et même échantillon dans la photo à droite (LN).

S27/315.5 m

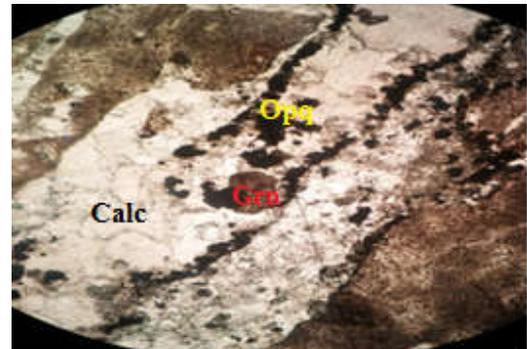
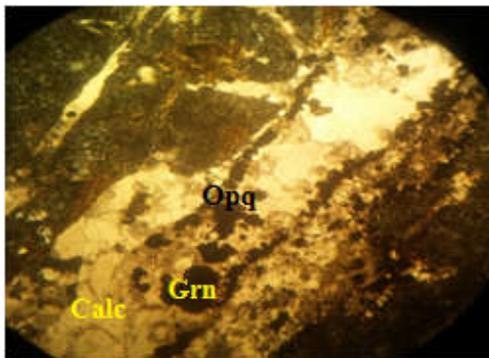


**Microphotographie.12**:deux photos montrant une amphibole déstabilisée opacifiée

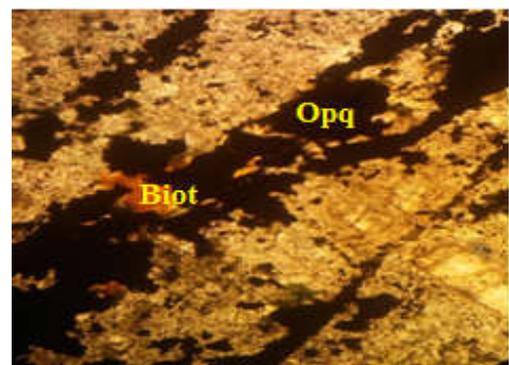
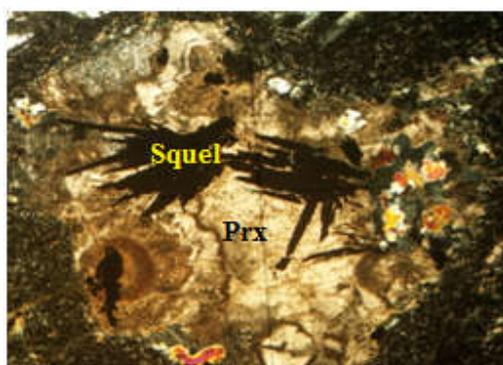
S47 à gauche, lame 02 à droite (LN)(G.X5)



**Microphotographie.13:** un filon de biotite hydrothermale sous forme de veinules recoupée par un filon d'opaque (LN). S28.5/276.50 m

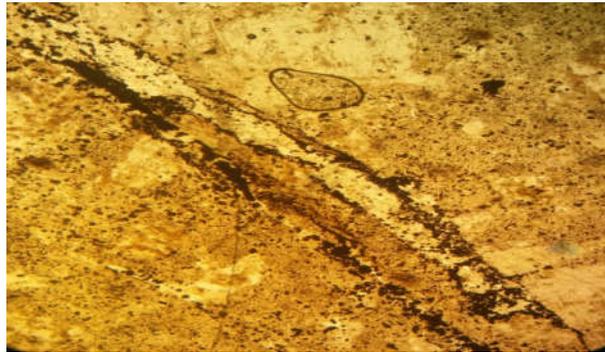


**Microphotographie.14 :** un filon de calcite associée à des opaques et un grenat à gauche (LP), à droite (LN) S29/37.8 m

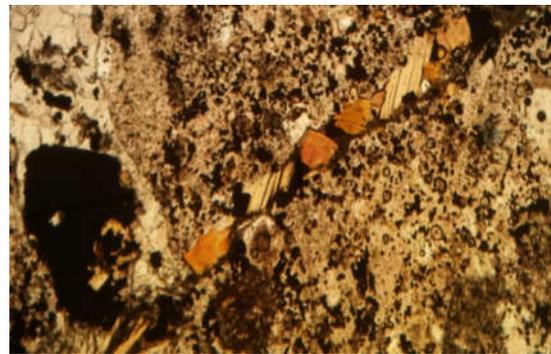
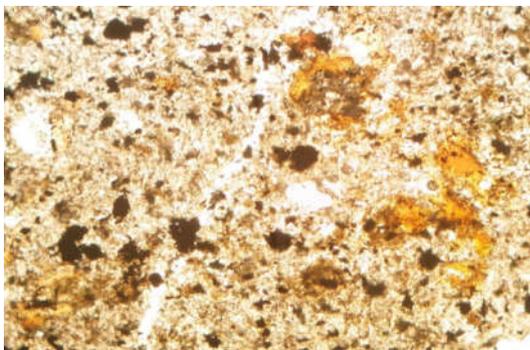


**Microphotographie.15:** grands cristaux pyroxène calcifié hydrothermale inclusions à texture squelettique. (LP)(G.5)S28/113m

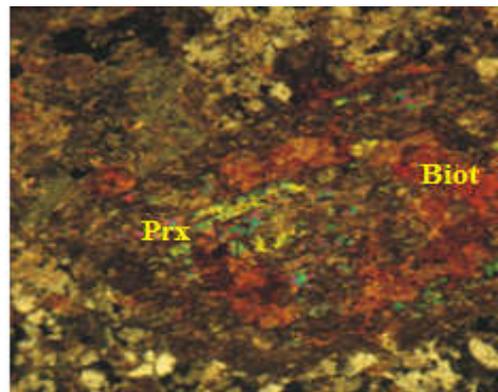
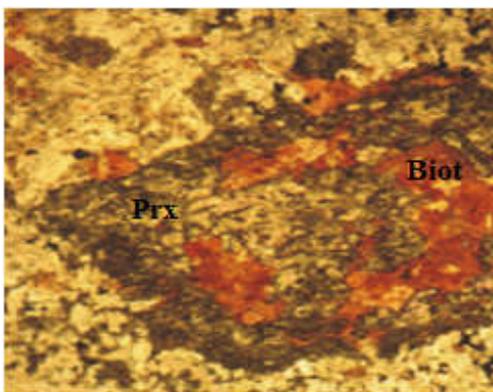
**Microphotographie.16:** Une biotite associée à des filons d'opaque (LP)(G.X10) S28/188.4m.



**Microphotographie.17:** Opaque micro-agregatique constituant la zone périphérique d'un filon de quartz (LN) S28/237 m.



**Microphotographie.18 :** présentent de biotite hydrothermale (LP) (GX10)  
Disséminée S27/324m à gauche, filonienne S28/45.8m à droite.



**Microphotographie.19:** une augite altérée en biotite hydrothermale remplaçant le cœur (LN) et même échantillon dans la photo à droite (LP).

S28/276 m

Les produits d'altération sont donc des produits de substitutions affectent les minéraux primaires des volcanites, en récapitulant nous avons :

- De la séricite, formant des agrégats microcristallins et le plus souvent microécailleuse de couleur brunâtre. Elle est issue de l'altération des plagioclases (phénocristaux et microlites).
- De quartz, qui se rencontre sous forme de plages éparées ou en amas et en veinules. Deux aspects texturaux ont été observés ; un quartz I issu de la dévitrification de la pâte, un quartz II filonien, tardif qui recoupe le tout.
- De la calcite, toujours présente dans ces laves, elle montre, comme le quartz, deux généralisations ; une calcite I remplace partiellement le pyroxène et une calcite II filonienne, se présente en veinules et produits de remplissage des amygdales.
- La biotite hydrothermale différente de la biotite primaire, est un produit d'altération qui se forme en fine paillette visible dans les filons et disséminée dans la roche, parfois occupe le cœur du pyroxène fortement calcitisé, elle est facilement identifiable par sa couleur brune rougeâtre et sa forme particulière en fines paillettes faiblement automorphe.

### **III.5 La minéralisation**

Les transformations hydrothermales s'accompagnent également de minéralisation polymétallique favorisées par des circulations de fluides remobilisés par l'effet thermique des extrusions.

L'étude des minéralisations métallifères encaissées dans les formations volcaniques recoupées par sondages est basée d'une part sur l'étude macroscopique de la carotte et d'autre part sur l'observation microscopique des sections polies et des lames minces.

La minéralisation apparaît liée à différents faciès de la colonne lithologique cependant avec une nette association avec les andésites à pyroxènes. Il s'agit d'une minéralisation sulfurée avec une paragenèse relativement complexe à magnétite, oligiste, pyrrhotite, pyrite, chalcopyrite, sphalérite, galène, schallénblende, melnicovite, digénite, bornite, marcassite, or natif, covellite et martite (Belmouhoub 2004).

La minéralisation apparaît sous trois types morphologiques principaux (Belmouhoub 2004):

- Une minéralisation disséminée qui se présente sous la forme de grains sulfurés (pyrite, chalcopryrite) et de grains de magnétite qui ponctuent les différents faciès de roche qu'elle touche.

- Une minéralisation bréchique qui comprend des agrégats massifs plus ou moins cataclasés soit de sulfures (principalement de la chalcopryrite) soit de magnétite.

- Une minéralisation en veinules sécantes d'épaisseur millimétrique à pluricentimétrique. Cette minéralisation est la plus répandue. Les veinules ont des extensions longitudinales très variables qui donnent fréquemment des textures typiquement de stockwerk. Le remplissage de ces veinules comporte à la fois des sulfures et des oxydes (magnétite principalement) dans une gangue quartzo-carbonatée qui est souvent accompagnée par une forte biotitisation.

La minéralisation est mise en place en plusieurs phases (Benali 2007) :

### **1-La phase préliminaire**

Cette phase a permis la mise en place des minéraux d'altération hydrothermale tels que : la calcite, argiles, séricite, quartz, biotite pyrite, etc.

### **2- La phase minéralisatrice**

La phase minéralisatrice proprement dite est subdivisée en deux étapes séparées par une phase de fracturation

### **3- La phase supergène**

C'est la phase de mise en place des minéraux d'altération supergène suivants : hématite, bornite, chalcocite, digénite, covellite et malachite. et or.

# Conclusion générale

## *Conclusion générale*

### **Conclusion générale**

L'étude géologique et structurale de volcan de Tifaraouine mise en place de l'altération hydrothermale. Cette étude montre que sur le plan régional le district est constitué de deux unités géologiques : le horst du Dj. El Akhal et le massif de Tifaraouine.

- une première unité constituée par le horst du Dj. El Akhal qui forme le substratum des formations magmatiques. Il est formé d'un socle paléozoïque à mésozoïque recouvert par les dépôts miocènes du 1er cycle post nappes.

- une deuxième unité constituée par le massif de Tifaraouine formé essentiellement par des formations magmatiques miocènes. Cette unité débute par une série détritique à conglomérats et marnes à intercalations gréseuses qui constituent les dépôts du 1er Cycle post-nappes, transgressive sur le socle. La série détritique est surmontée par des formations magmatiques qui montrent, à l'Ouest, un large développement. Les faciès observés sont représentés par des andésites qui apparaissent sous forme de coulées de laves, de brèches, de tufs ainsi que de pointement intrusifs (dykes, necks et dômes). A côté des andésites, il existe aussi des dacites. Ces derniers constituent des intrusions localisées à la base des épanchements andésitiques. et des rhyolites en faciès isolés visible uniquement à cap sigale.

Ces formations sont affectées par d'intenses altérations hydrothermales qui aboutissent à la formation de véritables métasomatites.

L'ensemble de ces faciès est recouvert par les dépôts miocènes du deuxième cycle post nappes.

Selon leur mode de gisement et leur aspect macroscopique, les andésites peuvent être regroupées dans trois types pétrographiques distincts : andésites à biotite, andésites à amphibole et andésites à pyroxènes.

L'étude pétrographique fine des formations magmatiques a révélé l'existence de nombreuses variétés de roches : des andésites à biotite, des andésites à pyroxènes et amphibole, des andésites à biotite et amphibole, des andésites à amphibole, biotite et pyroxène et des andésites à amphibole, des andésites porphyriques, des basaltes andésitiques, des andésites quartziques, des andésites vitreuses, des trachy-andésites à amphibole-augite, des dacites, des diorites, des microgranodiorites et des métasomatites.

### *Conclusion générale*

Les altérations hydrothermales ayant affecté les formations volcaniques de Tifaraouine comprennent une séricitisation, une silicification très largement développée, une argilisation (zéolites, montmorillonite,) et une carbonatation (calcite, dolomite). Et apparition d'une phase minérale hydrothermale la biotite.

La minéralisation de type sulfure associés et observée dans les différents sondages implantés dans la partie nord de la caldeira du Tifaraouine montre une paragenèse assez complexe de Chalcopyrite  $Cu Fe S_2$ , Pyrite  $FeS_2$ , Marcassite  $FeS_2$ , Spharilite  $Zn S$ , Bornite  $Cu_5 Fe S_4$ , Galène  $Pb S$ , Magnétite  $Fe_3 O_4$ . Les minéraux accessoires sont peu nombreux comme la pyrrhotite  $Fe_{1-x} S$ , la dignite  $Cu_9 S_5$ , la Schellenblende  $Zn S$  (dans les sites de basse température), la Melricovite  $Fe S_2$ , l'Hématite  $Fe_2 O_3 \alpha$  et l'or natif  $Au$ . Cette minéralisation associée aux altérations hydrothermales qui apparait sur trois types morphologique principaux (la minéralisation disséminée, la minéralisation bréchique et la minéralisation en veinules).

Références

Bibliographiques

## Références Bibliographiques

**Aït Hamou, F., (1987).** Etude pétrologique et géochimique du volcanisme d'âge miocène de la région de Hadjout (ouest algérois). Thèse Magister USTHB Alger, 269 p

**Belanteur A. (2000).** Le magmatisme miocène de l'Algérois : géochronologie de mise en place, pétrologie et implantations géodynamiques, Thèse Doct. Etat, USTHB, Alger.

**Bellon, H., (1976).** Séries magmatiques néogènes et quaternaires du pourtour méditerranéen occidental, comparés dans leurs cadres géochronométriques. Implications géodynamiques. Thèse d'Etat, Université Paris Orsay, 367 pp.

**Bellon H. et Brousse R. (1977).** Le magmatisme périméditerranéen occidental : essai de synthèse. Bull.Soc.France, XIV (7), pp. 469-480.

**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.

**Belmouhoub A. (2004).** Les minéralisations sulfurées à Cu, (Au), Pb-Zn associées aux roches volcaniques miocènes du massif de Tifaraouine (Sahel d'Oran) : pétrographie, géochimie et prospection minière. Thèse Magister, USTHB, Alger, 172 p.

**Benali H. (2007).** Les minéralisations associées aux roches magmatiques tertiaires du nord de l'Algérie (typologie, pétrologie, cadre géodynamique, et implications métallogéniques). Thèse Doct. Etat, USTHB, Alger.

**Ciszak R. (1993).** Evolution géodynamique de la chaîne tellienne en Oranie (Algérie occidentale) pendant le Paléozoïque et le Mésozoïque. Thèse Doct. Etat, Univ. Toulouse, 513 p.

**Coulon C., Megartsi M., Fourcade S., Maury R. C., Bellon H., Louni-Hacini A., Cotten I., Coutelle A. and Hermite D. (2002).** Post collisional transition from calc-alkaline to alkaline volcanism during the Neogene in Oranie (Algeria) : magmatic expression of a slab breakoff.. *Lithos* 62, pp. 87-110.

**Guardia P (1975).** Géodynamique de la marge alpine du continent Africain d'après l'étude de l'Oranie Nord Occidentale. Relations structurales et paléogéographiques entre le Rif externe, le Tell et l'avant pays atlasique. Thèse Doct. Etat. Université de Nice, 286 p.

**Hernandez, J., & Lepvrier, C., (1976).** Pétrographie des laves liées aux bassins tertiaires de l'ouest algérois. Comparaison avec le volcanisme du Rif et de l'Oranais. 4<sup>ième</sup> réunion An., Sci., Terre, Paris, P., 222.

**Leterrier, J., Maury, R.C., Thonon, P., Girard, D., and Marchal, M., (1982).** Clinopyroxene composition as a method of identification of the magmatic affinities of paleo-volcanic series. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 59: 139-154.

**Louni-Hacini, A., Bellon, H., Maury, R.C., Megartsi, M., Semroud, B., Cotten, C., and Coutelle, A., (1995).** Datation  $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$  de transition du volcanisme calco-alcalin au volcanisme alcalin en Oranie au Miocene Supérieur. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 321, 975-982.

**Louni-Hacini A. (2002).** La transition du magmatisme calco-alcalin au magmatisme alcalin dans l'Oranie (Algérie nord occidentale). Thèse Doct. Etat, USTHB. Alger, 210 p.

**Médini S. (2010).** Les minéralisations hydrothermales liées à l'activité volcanique calco-alcaline du complexe des M'Sirda (Oranie nord occidentale). Thèse Magister, Univ. Oran.

**Megartsi M (1985).** Le volcanisme Mio-plio-quaternaire de l'Oranie nord occidentale : géologie, pétrologie et géodynamique. Thèse Doct. Etat, U.S.T.H.B., Alger, 296 p.

**Ouguelmane M (2013).** Etudes des altérations hydrothermales du volcanisme calco-alcalin (miocene) du sahel d'Oran. Mém. Univ. oran2.

**Sadran G. (1958).** Les formations volcaniques tertiaires et quaternaires du Tell Oranais.  
Publi. Serv. Géol. de l'Algérie, nouvelle série, bull. n° 18, 533 p.

**Westercamp.D (1981).** Distribution and volcano-structural control of zéolites and other amygdale minerals in the island of Martinique, F.W.I.J. of volc. And geoth. Res.,11, 353-365.