

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**  
**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

N° d'ordre : .....

N° de série : .....



**MEMOIRE DE MAGISTER**

En Géologie

**Option : Ressources minérales**

Présentée

**À L'UNIVERSITE DES FRERES MENTOURI- CONSTANTINE**

Par

**Ahmed TALHI**

**PETROGRAPHIE ET GEOCHIMIE DES ROCHES  
MAGMATIQUES BASIQUES DE LA REGION DE  
BELLARA ET DE LA REGION D'AMRIOUNE (EL  
MILIA- NE ALGERIE)**

Soutenu le : 14/10/2015

**COMPOSITION DU JURY :**

M. Ramdan MARMI	Professeur	Université Constantine	Président
M. Ahcène BOUREFIS	Professeur	Université Constantine	Encadreur
M. Youcef BOUFATOUHA	Professeur	Université Jijel	Examineur
M. MOULAY Charaf CHABOU	MCA	Université Sétif	Examineur

CONSTANTINE 2015-2016

## Remerciements

Je tiens tout d'abord et à la fin de ce travail à remercier ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la foi et de m'avoir permis d'en arriver là.



LOUANGES et au Nom d' ALLAH le CLEMENT, le MISERICORDIEUX

Au terme de ce travail, je saisis cette occasion pour exprimer mes vifs remerciements à toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Je souhaite tout d'abord remercier mon encadrant le professeur Ahcene BOUREFIS, qui nous a encadré avec patience durant la réalisation de ce travail. Leurs conseils nous a été précieux et bien utiles, notamment pour la rédaction de ce mémoire.

L'expression de notre haute reconnaissance s'adresse à :

Mr. Ahcène KAHAL pour la compréhension qu'il a montrée à mon égard qui n'a épargné aucun effort pour mettre à notre disposition la documentation et les explications nécessaires à l'élaboration de ce Mémoire.

Nous exprimons également notre gratitude aux membres du jury, qui nous ont honorés en acceptant de juger ce modeste travail.

Une pensée particulière à ma fiancée S. BELBAZ qui nous a aidée et encouragée pour finir ce travail.

Enfin nous tenons à remercier l'ensemble du corps enseignant de la Filière de Formation. et à tous ceux qu'on aura oublié nous leur adressons également un grand merci et que **Allah** vous benisse tous.

# *Dédicace*

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents

Ma famille

Ma fiancée

Mes enseignants

Mes amis

Et

La promo de Magister en ressources minérales et  
énergétique 2012/2013

*Talhi Ahmed*

## Résumé :

Durant le jurassique, une intense activité magmatique a accompagné le rifting, l'ouverture et l'installation de la mer ouverte. Ce magmatisme est bien représenté au niveau de la Kabylie de Collo et d'El Milia (NE Algérien) et se manifeste par une diversité des roches volcaniques basiques et ultrabasiques. A la même époque nous notons également une activité volcanique doléritique dans la série des Achaïches (Sud d'El Milia).

Les roches magmatiques basiques étudiées affleurent au Sud d'El Milia dans la région de Bellara et à la M<sup>at</sup> Amrioune et constituent un exemple des roches basiques de la région. Il s'agit des basaltes tholéïtiques pour la région de Bellara, ces derniers ont été remontés à la surface avec les formations du Trias et traversent les formations de l'Oligo-Miocène -kabyle et ceux du numidien et de basaltes tholéïtiques, en dyke à la m<sup>at</sup> Amrioune, ces roches sont à texture doléritiques intrudent les flyschs maurétaniens médians de la série des achaïches.

Les principaux minéraux constituant les roches étudiées sont le plagioclase, le clinopyroxène (diopside) et les minéraux secondaires (chlorite, épidote, calcite, quartz, hématite, magnétite et ilménite).

Les données géochimiques des roches magmatiques en question ont été corrélées avec les principaux événements géodynamiques de la Méditerranée Occidentale.



**Abstract:**

During the Jurassic; Intense magmatic activity accompanied the Rifting and openness, and subsidence and installation of the open sea, This magmatism is well represented at the Kabylie of Collo and El Milia (N E Algeria) that exhibited by the diversity of basic and ultrabasic rocks, in this epoch that it diabase volcanic activity in the series of Achaïches (south of El Milia) .

The studied magmatic rocks is outcropping in the south of El Milia in the region to Bellara and M<sup>at</sup> Amrioune are a clear example of the basic rocks of the region known, it is of tholeiitic basalts ophitic texture for the region Bellara have been up to the surface by Triassic formations and crossed the Oligo Miocene Kabyl materials and sandstone numidien, however magmatic rocks at Amrioune it is the tholeiitic basalts, it's in dyke, this rocks have a doleritic texture intruding the middle of Mauritanian flyschs épimétamorphic of achaïchs the series.

The main minerals forming these rocks are plagioclase, clinopyroxene (diopside) and the secondary minerals (chlorite, epidote, calcite, quartz, hematite, magnetite and ilmenite)

The geochemical data of magmatic rocks in question have been correlated with major geodynamic events of the Western Mediterranean sea.

## ملخص:

خلال العصر الجوراسي كانت هناك نشاطات مغماتية كثيفة رافقتها تصدعات و انفتاحات و هبوط و تركيب البحر المفتوح، هذه النشاطات تتجلى بصفة جيدة في منطقة قبائل القل و الميلية (ش ش الجزائر) و التي تبرز تنوع الصخور البركانية القاعدية و الفوق القاعدية. كما تميزت سلسلة عشاش (جنوب مدينة الميلية). بنشاط بركاني دوليريتي خلال هذه الفترة

ان الصخور البركانية قيد الدراسة تبرز في جنوب مدينة الميلية و بالضبط في منطقة بلارة و قرية عمريون, اذ يشكلان مثالا حيا في بروز الصخور القاعدية في هذا الاقليم. ففي منطقة بلارة فانها من نوع البازلت التوليبيتي ذو النسيج الأوفيتي. صعدت الى السطح بفضل صعود التشكيلات الترياسية عابرة بذلك مكونات الأوليغو ميوسين القبائل و الحجر الرملي النوميدي. أما الصخور المغماتية التي تظهر في منطقة عمريون فهي من نوع البازلت التوليبيتي ذو النسيج الدوليريتي تتجلى على شكل سد يخترق مكونات الفليش الموريتاني الوسطي، الشبه متحول في سلسلة عشاش.

من أهم الفلزات التي تكون هذه الصخور: البلاجيوكلاز (الأثورثيت), الكالينوبيروكسين (الديوبسيد), و الفلزات الثانوية و المعادن الكلوريت، الالبيدوت ، الكالسيت، الكوارتز، الهيماتيت، المانييتيت والالمنييت البيانات الجيوكيميائية لهذه الصخور المغماتية قيد الدراسة مرتبطة بالأحداث الجيوديناميكية التي شهدتها الجهة الغربية للبحر المتوسط.

## Sommaire

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
--------------------------	----------

### Chapitre 01

#### Cadre géographique et géologie régionale

1. Cadre géographique.....	3
2. Contexte géologique régional.....	5
2.1. Le domaine interne.....	5
2.1.1. Socle kabyle.....	5
2.1.2. Dorsale kabyle ou chaîne calcaire.....	7
2.2. Le domaine des Flyschs.....	8
2.3. Le domaine externe .....	9
2.3.1. Les séries Telliennes.....	9
2.3.2. Les séries de l'avant pays.....	10
2.4. Principales phases tectoniques.....	11
2.4.1. Les événements tectoniques durant le mésozoïque.....	11
2.4.2. Les événements tectoniques durant le tertiaire.....	12
2.5. Conclusion.....	13

### Chapitre 02

#### Géologie de Kabylie de Collo et d'El-Milia

2. Cadre géologique de la Kabylie de Collo et d'El-Milia.....	14
2.1. Socle kabyle.....	14
2.2. Oligo-Miocène kabyle.....	14
2.3. Les olistostromes.....	15
2.4. Domaines des flyschs.....	15
2.4.1. Les séries Maurétaniennes.....	15
2.4.2. Les séries Massiliennes.....	16
2.4.3. Les séries Numidiennes.....	17
2.5. Les séries prékabyles.....	17
2.6. Les séries Telliennes.....	18
2.7. Les formations post-nappent.....	20

2.7.1. Miocène marin post-nappes (Burdigalien moyen- supérieur).....	20
2.7.2. Les formations postérieures au Burdigalien marin.....	20
2.8. Les roches éruptives post-jurassiques.....	20
2.9. Conclusion.....	24

## **Chapitre 03**

### **Géologie locale**

3. Cadre géologique locale.....	26
3.1. Cadre géologique locale de la région de Bellara.....	26
3.1.1. Oligo-Miocène kabyle (OMK).....	26
3.1.2. Formations de la nappe numidienne.....	26
3.1.3. Les formations de Trias.....	26
3.1.4. L'intrusion granitique Miocène.....	27
3.1.5. Les roches basiques de Bellara.....	29
3.1.5.1. Situation.....	29
3.1.5.2. Description de l'affleurement.....	29
3.2. Cadre géologique locale de la région d'Amrioune.....	31
3.2.1. Socle kabyle.....	31
3.2.2. Série des flysches.....	31
3.2.3. Géologie du dyke basique.....	35
3.2.3.1. Situation.....	35
3.2.3.2. Age.....	36
3.3. Conclusion.....	37

## **Chapitre 04**

### **Pétrographique et minéralogie**

4. Etude pétrographique et minéralogiques.....	39
4.1. Affleurement de Bellara.....	39
4.1.1. Description macroscopique.....	39
4.1.2. Description microscopique.....	39
4.1.2.1. Les minéraux primaires.....	40
4.1.2.2. Les minéraux secondaires.....	40

4.2. Dyke d'Amrioune.....	49
4.2.1. Description macroscopique.....	49
4.2.2. Description microscopique.....	49
4.2.2.1. Les minéraux primaires.....	49
4.2.2.2. Les minéraux secondaires.....	50
4.3. Conclusion.....	56

## **Chapitre 05**

### **Géochimie**

5. Etude géochimique.....	57
5.1. Introduction.....	57
5.1.1. Echantillonnage.....	57
5.1.2. Broyage.....	57
5.2. Évaluation de l'altération des roches.....	58
5.2.1. Indice de Perte au feu (P.A.F).....	58
5.2.2. indice hyperaluminosité PI et Indice d'altération AI.....	58
5.2.3. Indice d'altération AI.....	59
5.3. Analyses chimiques.....	61
5.4. Quelques remarques sur les résultats d'analyse.....	62
5.5. Diagrammes de Classification.....	63
5.5.1. Classifications minéralogiques.....	63
5.5.1.1. Analyses normatives.....	63
5.5.2. Classifications chimiques.....	63
5.5.2.1. Diagramme ACNK-ANK.....	64
5.5.2.2. Diagramme TAS (Total Alkalis Silica diagram).....	65
5.5.2.3. Diagramme TiO <sub>2</sub> - Zr A-F-M-U.....	67
5.5.2.4. Diagramme TiO <sub>2</sub> - Zr F- MUM.....	68
5.5.2.5. Diagramme TiO <sub>2</sub> - Cr Maf- Ultramaf.....	69
5.5.2.6. Diagramme Cr- Ni Maf- Ultramaf.....	70
5.5.2.7. Diagramme alcalin - SiO <sub>2</sub> (Irvine et Baragare, 1971).....	71
5.5.2.8. Diagramme triangulaire AFM (Irvine et Baragare, 1971).....	72
5.5.2.9. Diagramme FeOt/ MgO – SiO <sub>2</sub> (Miyashiro, 1974).....	73

5.6. Comportement des éléments chimique.....	74
5.6.1. Comportements des éléments majeurs.....	74
5.6.1.1. Diagrammes oxydes- silice.....	74
5.6.1.2. Diagramme oxyde- MgO.....	76
5.6.2. Comportements des éléments en trace.....	79
5.6.2.1. Diagramme élément en trace- silice.....	79
5.6.2.2. Diagramme éléments en trace- Zr.....	82
5.6.2.3. Le diagramme $TiO_2/Al_2O_3$ - $SiO_2/Al_2O_3$ .....	85
5.6.2.4. Le diagramme $Fe_2O_3 / MgO - TiO_2$ .....	86
5.7. Contexte géodynamique.....	87
5.7.1. Caractéristique géochimiques des éléments obtenus.....	87
5.7.1.1. Les éléments majeurs.....	87
5.7.1.2. Les éléments en trace.....	88
5.7.2. Rapports entre éléments caractéristiques.....	89
5.7.3. Diagrammes de discrimination géochimique.....	90
5.7.3.1. Diagramme $FeOT/ MgO - TiO_2$ (Miyashiro, 1974).....	91
5.7.3.2. Diagramme $FeO/ MgO - SiO_2$ , $FeO/ MgO - Al_2O_3$ .....	92
5.7.3.3. Diagramme $FeO/ MgO - TiO_2$ , Diagramme $FeO/ MgO - FeO$ .....	93
5.7.3.4. Diagramme triangulaire $MnO. 10- P_2O_5. 10 TiO_2$ .....	94
5.7.3.5. Diagramme triangulaire $MgO- Al_2O_3- FeOT$ .....	95
5.7.3.6. Diagramme $Log Cr - Log Ti$ (Pearce, 1975).....	96
5.7.3.7. Diagramme $Ti/1000 - V$ (Shervais, 1982).....	97
5.7.3.8. Diagramme $Zr- Sr/2- Ti/100$ (Pearce et Cann, 1973).....	98
5.8. Conclusion.....	99
<b>6. Conclusion.....</b>	<b>100</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>102</b>

## **A n n e x e**

## Liste des figures

### Chapitre 01

**Figure 01:** Situation géographique de la région de Bellara et de la région d'Amrioune

**Figure02:** Position des différentes unités géologiques des Maghrébides (d'après Domzig, 2006)

**Figure 03:**Position des nappes de flyschs par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides (Delga, 1969)

### Chapitre 02

**Figure 04 :** Schéma structural de la kabylie de Collo et d'El Milia (Bouillin, 1979).

**Figure 05:** Coupe synthétique et théorique de la Kabylie de Collo et d'El Millia. (D'après Bouillin, 1979;).

### Chapitre 03

**Figure 06:** formation d'Oligo-Miocène kabyle (OMK)

**Figure 07:** formation de la nappe numidienne

**Figure 08:** formation de Trias

**Figure 09:** les affleurements des microgranites dans la région de Bellara

**Figure 10:** Affleurement des roches magmatiques basiques

**Figure 11 :** coupe schématique de l'affleurement des formations géologiques de la région de Bellara

**Figure 12 :** Colonne stratigraphique schématique de la partie supérieure de la série des Achaïches (Bouillin, 1977)

**Figure 13:** coupe du Jurassique supérieure du Mouled- Demamene. (Durand Delga, 1955).

**Figure 14:** schistes calcaires brunâtres intercalés par des calcaires à grains fins

**Figure 15:** calcschistes à quartz et schiste satinés jaunâtre

**Figure 16:** Tithonique, schistes calcareux et lentilles calcaires.

**Figure 17:** calcschistes altérés et épimétamorphisés à proximité du dyke.

**Figure 18 :** Dyke basique intrusive dans les calcschistes à la M<sup>at</sup> Amrioune.

((Durand Delga, 1955).

**Figure 19:** Les roches vertes de Moul Ed- Demamene, à la M<sup>at</sup> Amrioune, à l'entrée Sud du tunnel

## Chapitre 04

**Figure 20 :** lame mince BL 6 : phénocristaux de plagioclases altérés, de clinopyroxènes, d'épidote et des minéraux opaques

**Figure 21 :** lame mince BL 6 : phénocristaux de plagioclases altérés et un phénocristal de clinopyroxène

**Figure 22:** lame mince BL 6 phénocristaux de plagioclases altérés et un phénocristal de clinopyroxène

**Figure 23:** lame mince BL 4 : Minéraux d'épidote présentant des cassures courbes, chlorites vertes.

**Figure 24:** lame mince BL 4 : Minéraux de chlorite de couleur verte, phénocristal chloritisé.

**Figure 25 :** lame mince BL4 les minéraux d'épidotes, de calcite et de chlorite remplissent les micros veines.

**Figure 26:** lame mince BL 5, Veines remplies de quartz, calcite, épidote et minéraux opaques

**Figure 27 :** lame mince d BL 2, phénocristaux de plagioclase en lattes, clinopyroxènes, chlorites, épidote.

**Figure 28 :** lame mince BL 2, la roche est entièrement altérée

**Figure 29 :** Section polie BL5, BL4 : hématite en structure lamellaire

**Figure 30 :** Section polie BL 4 : Chalcopryrite de forme xénomorphe et subautomorphe



**Figure 31:** Section polie BL 4 en lumière naturelle, présence de la pyrite en structure xénomorphe.

**Figure 32 :** Section polie BL 4 : Magnétite en structure xénomorphe.

**Figure 33 :**Section polie BL6 Magnétite en structure xénomorphe.

**Figure 34 :** Section polie BL6, Exolutions lamellaires d'ilménite dans la magnétite.

**Figure 35 :** Lame mince AM 12, minéraux de plagioclases altérés en épidote, chlorite et minéraux opaques,

**Figure 36 :** Lame mince AM 9 Veines remplies par quartz, épidote et minéraux opaques

**Figure 37 :** Lame mince AM 9). Veine remplie par la calcite

**Figure 38 :** Lame mince AM 9, veines remplies par l'épidote

**Figure 39:** Lame mince AM 9. Texture intergranulaire du dyke d'Amrioune. Remarquer les veines remplies d'épidote

**Figure 40:** Lame mince AM 12 a), ici la roche est entièrement altérée, la roche magmatique prend les teintes de l'oxydation (couleur rouille) et de l'épidotisation et la chloritisation (couleurs vertes)

**Figure 41:** Section polie a, b, c, d : AM 6- e: AM 14- f: AM 8, les différentes formes de l'hématite dans la roche

## Chapitre 05

**Figure 42:** Diagrammes indice d'hyperaluminosité (PI.) - indice d'altération (A.I.) (In Scherrer, 2003).

**Figure 43:** diagramme ACNK en fonction de ANK

**Figure 44 :** diagramme  $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}+\text{k}_2\text{O}$  Cox et al, (1979)

**Figure 45 :** Diagramme  $\text{TiO}_2\text{- Zr}$  (A-F-M-U)

**Figure 46 :** Diagramme  $\text{TiO}_2\text{- Zr}$  F- MUM

**Figure 47 :** Diagramme  $\text{TiO}_2\text{- Cr}$  Mag- Ultramaf

**Figure 48 :** Diagramme Cr- Ni Maf- Ultramaf

**Figure 49 :**Diagramme alcalin - SiO<sub>2</sub> (Irvine et Baragare, 1971)

**Figure 50 :** Diagramme triangulaire AFM (Irvine et Baragare, 1971)

**Figure 51 :** Diagramme FeOt/ MgO – SiO<sub>2</sub> (Miyashiro, 1974)

**Figure 52 :** Variation des éléments majeurs en fonction de SiO<sub>2</sub> (diagramme oxydes – Silice)

**Figure 53 :** Variation des éléments majeurs en fonction de MgO(diagramme oxydes – MgO)

**Figure 54:** Variation des éléments en trace en fonction de SiO<sub>2</sub>

**Figure 55:** Variation des éléments en trace en fonction de Zr

**Figure 56:** DiagrammeTiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

**Figure 57:** Diagramme Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / MgO - TiO<sub>2</sub>

**Figure 58:** Diagramme FeOT/ MgO – TiO<sub>2</sub> (Miyashiro, 1974)

**Figure 60:** Diagramme FeO/ MgO – SiO<sub>2</sub>, FeO/ MgO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Albarède, 2009)

**Figure 61:** Diagramme (FeO/ MgO) – TiO<sub>2</sub>, Diagramme (FeO/ MgO) – FeO (Albarède, 2009)

**Figure 62:** Diagramme triangulaire (MnO. 10)- (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. 10)- TiO<sub>2</sub> (Mullen, 1983)

**Figure 63 :** Diagramme triangulaire MgO- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- FeOT (Pearce et Al, 1977)

**Figure 64:**Diagramme Log Cr – Log Ti (Pearce, 1975)

**Figure 65:** Diagramme Ti/1000 – V (Shervais, 1982)

**Figure 66:** Diagramme Zr- Sr/2- Ti/100 (Pearce et Cann, 1973)

## Liste des tableaux

**Tableau 01 :** Tableau synthétisant la composition pétrographique et minéralogique des roches basique de la région d'étude.

**Tableau03:** Indice d'altération de roches analysées

**Tableau02:** Indice d'hyperaluminosité de roches analysées

**Tableau 04 :** Valeurs des rapports d'éléments des roches de Bellara et Amrioune, comparés à ceux des N-MORB, E-MORB, OIB (Sun et Mc Donough, 1989), des tholéiites d'arc (IAB) (Sun, 1980) et de la croûte continentale (CC) (Rudnick et Gao, 2003).

## **Préambule :**

Ce mémoire est consacré à l'étude pétrographique, minéralogique et géochimique des roches magmatiques basiques de la région de Bellara et d'Amrioune. Pour la pétrographie il n'y a pas de problème particulier. Mais pour l'analyse en DRX on n'a pu effectuer que quatre analyses de poudre ce qui est très insuffisant.

En ce qui concerne l'étude géochimique des roches magmatiques, le premier problème rencontré est le nombre d'échantillons analysés qui sont représentés par quatre échantillons, et ceci n'est pas suffisant pour tirer des interprétations et des déductions sur l'affinité magmatique, l'origine, le mécanisme de genèse et le contexte géodynamique de mise en place. Pour avoir des résultats probants, il est nécessaire d'utiliser un plus grand nombre d'échantillons et si possible faire des analyses isotopiques radiogéniques pour identifier d'une part le milieu dont dérivent ces magmas et d'autre part pour permettre leurs datations.

Ce qui est également absent dans ce mémoire c'est l'analyse quantitative et qualitative des minéraux à la micro sonde électronique et au microscope électronique à balayage (MEB), puisque pour caractériser complètement une série il est nécessaire de relier l'évolution de la concentration des éléments (majeurs et en trace) à celle de la composition minéralogique.

## **Introduction :**

Les terrains métamorphiques anciens constituent le long du littoral d'Afrique du Nord, un chapelet d'affleurements au Maroc, en Algérie (représentés par les massifs de grande Kabylie, massif d'Alger, ensuite les massifs de petite Kabylie, l'Edough), et sur le littoral Tunisien (Durant-Delga, 1955).

La région d'étude fait partie de la petite Kabylie qui montre les plus grands affleurements des terrains cristallophylliens ; qui s'étendent sur 120 Km entre Djidjelli et Filfila (w. Skikda) et sur lesquels se déposent les terrains de flyschs en position allochtone sur ceux-ci.

La région de Bellara et d'Amrioune se situent sur le territoire de la commune d'El Milia (NE de la Wilaya de Jijel).

Ces deux régions montrent des affleurements des roches magmatiques mafiques, de couleurs vertes et violacées sous forme de dyke pour l'affleurement d'Amrioune et massive pour l'affleurement de Bellara près de la M<sup>at</sup> Cherfa.

L'affleurement des roches magmatiques de Bellara est apparu grâce à la remontée des formations triasiques, cependant le dyke d'Amrioune est intrusive dans les flyschs Maurétanien d'âge Tithonique- Néocomien.

## **Problématique et objectif :**

La problématique consiste à explorer les caractéristiques pétrographiques, minéralogiques et géochimiques de ces roches magmatiques basiques dans le but de déterminer leurs natures lithologiques et leur contexte géodynamique.

## **Méthodologie :**

La méthodologie suivie pour la mise en œuvre et la réalisation de nos objectifs est comme suit :

- Recherche bibliographique sur la géologie régionale et locale de la région (litho stratigraphie, tectonique, principales structures, métamorphisme...etc).
- Documenter les caractéristiques principales des intrusions basiques à travers le monde et à travers l'Algérie ;

- Travail de terrain, qui consiste à lever des coupes et effectuer des mesures sur le site de l’affleurement des roches magmatiques en question et des prélèvements des échantillons par la sélection des plus frais ;
- Analyse au laboratoire, Il s’agit de confection des lames minces et des sections polis dans le but de déterminer les différents phases minérales constituant la roche, et doser des éléments chimiques pour pouvoir comprendre leur comportement pendant la cristallisation, de classer nos roches dans des diagrammes de référence ainsi que de situer le contexte géodynamique de formation de leurs formations .

Ce mémoire s’articule en fait autour de cinq chapitres :

- Le premier chapitre ; concerne la géologie régionale, dans laquelle nous présenteront les différents domaines de l’Algérie du Nord orientale et les différentes phases tectoniques.
- Le deuxième chapitre se rapporte d’une manière générale à la géologie de la Kabylie de Collo et d’El Milia.
- Le troisième chapitre ; concerne la géologie locale de la région de Bellara et de la région d’Amrioune. Nous aborderons dans ce chapitre des différents affleurements des roches magmatiques, leur âge relatif, et les terrains encaissants.
- Le quatrième chapitre concernera l’étude pétrographique et minéralogique de roches magmatiques basiques par l’examen microscopique des lames minces et de sections polis.
- Le cinquième chapitre concerne l’étude géochimique des roches magmatiques en question, on abordera dans ce chapitre des particularités géochimiques de ces roches, grâce aux analyses chimiques des échantillons de roches effectuées et qui nous ont permis de classer nos roches et de situer leur cadre structural.

# Chapitre 01

**Cadre géographique  
et géologie régionale**

**1.1. CADRE GEOGRAPHIQUE :**

La région d'El Milia fait partie de la petite Kabylie, elle est située au Nord Est de l'Algérie plus précisément dans le nord constantinois. Elle se trouve à mi-distance entre les villes de Jijel, Mila, Constantine et Skikda. La mer Méditerranée est à une vingtaine de kilomètre au nord.

La région d'El-Milia se caractérise par un relief montagneux très accidenté. Les montagnes occupent 82 % de la superficie totale et peuvent atteindre des altitudes de 1 200 m. La région est caractérisé par de petites montagnes couvertes par une végétation assez denses et des sources d'eaux.

On distingue principalement deux régions physiques :

- les zones des plaines, situées aux vallées de Oued El Kébir, Oued Boussiaba et les petites plaines de Oued Z'hour.
- les zones des montagnes, situées autour de la ville, caractérisées par une couverture végétale très abondante et un réseau hydrographique important

Le climat de la région d'El-Milia est celui de la Méditerranée, il est caractérisé par un été chaud et un hiver doux pluvieux, le climat est très humide. En été La température atteint les 40 ° et en hiver parfois zéro degrés.

Dans ce chapitre, on essayera de faire la lumière sur les séries géologiques qui affleurent d'un coté à la M<sup>at</sup> Amrioune (située au Sud d' El Milia à 5 km de celle-ci suivant la route nationale N°27), et d'un autre coté à la zone de Bellara, à proximité de M<sup>at</sup> Cherfa (située au Sud Ouest d' El Milia à 5 km de celle-ci).



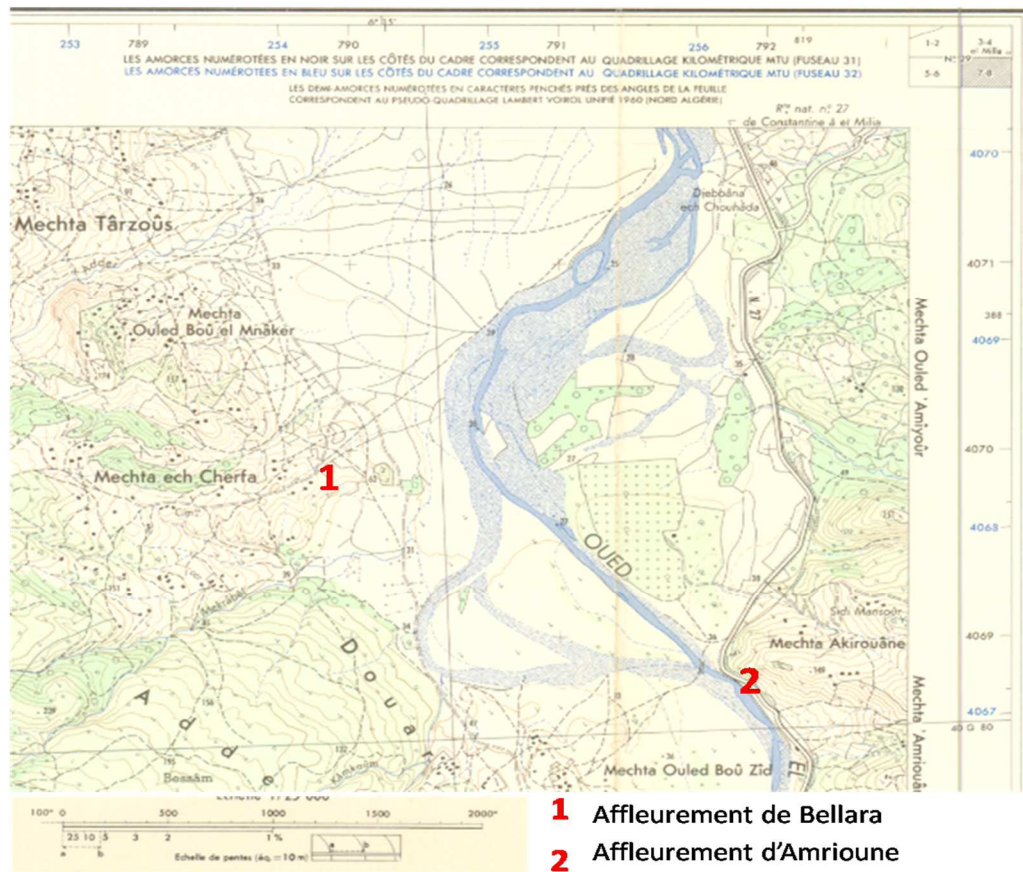
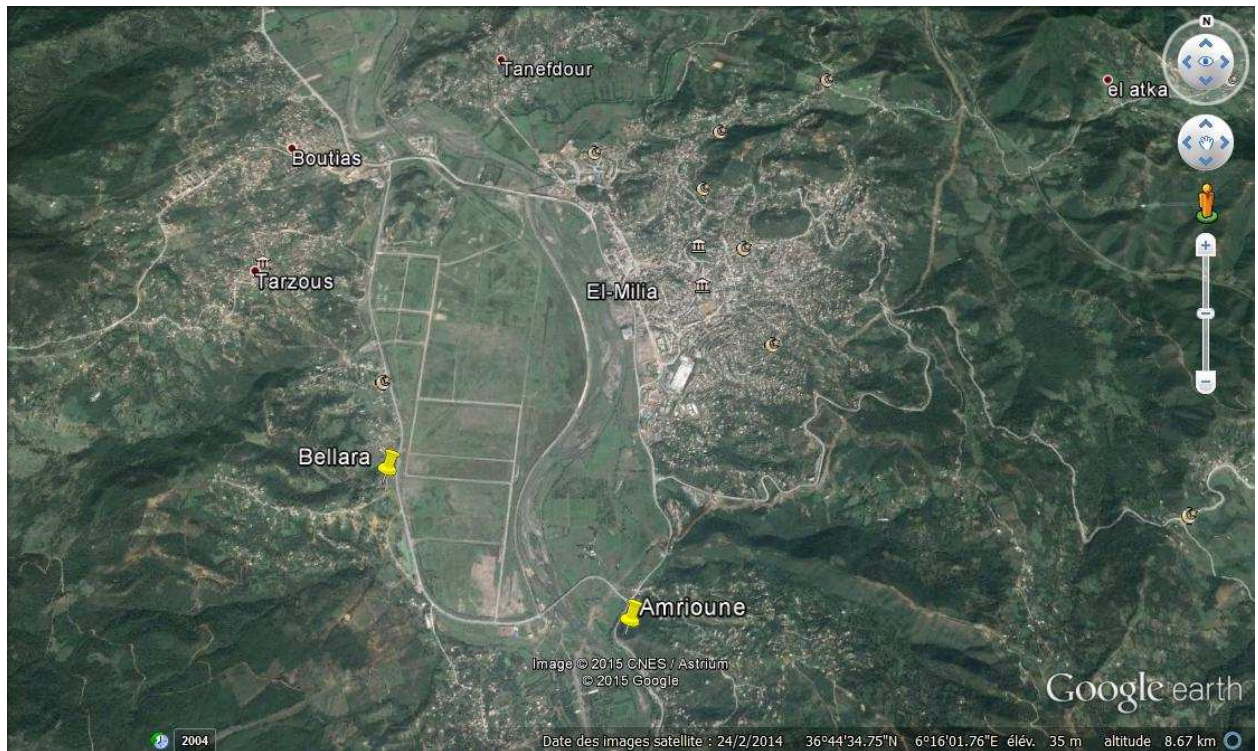


Figure 01 : Situation géographique de la région de Bellara et de la région d' Amrioune

## 1.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL

La chaîne alpine d'Afrique du Nord ou chaîne des Maghrébides (**figure 01**) fait partie de l'orogène alpin périméditerranéen d'âge Tertiaire qui s'étend de l'Ouest à l'Est sur 2000 km depuis l'Espagne du Sud à l'arc calabro-sicilien (Durand- Delga, 1969 ; Bouillin , 1986).

En Algérie, la chaîne des Maghrébides est constituée de plusieurs nappes charriées sur la plateforme Africaine et montre du nord au sud les domaines suivants (**figure02**) :

- Le domaine interne
- Le domaine des flyschs
- Le domaine externe qui représente la marge téthysienne du continent africain.

### 1.2.1. Le domaine interne :

Les zones internes se présentent aujourd'hui sous formes des massifs anciens, isolés les uns les autres (Coiffait, 1992), ils sont essentiellement constitués d'affleurements de socle métamorphique de nature variées (Vila, 1980), et formées des éléments dilacérés de la plaque Alboran (Wildi, 1983) : un socle cristallophyllien continental aminci (Wildi, 1983) qui comprend des formations catazonales et des péridotites (Vila, 1980) et une couverture sédimentaire du Paléozoïque au Tertiaire, en partie désolidarisée de son socle pour former des nappes de charriages.

Le domaine interne ; est compris le socle kabyle et le dorsale kabyle :

#### 1.2.1.1. Le Socle kabyle :

Il est constitué de bas au haut par :

- Un ensemble inférieur crustal des gneiss fins ou ocellés qui correspond aux conditions de haute pression des granulites (Bouillin et al, 1976) et à intercalation, parfois puissantes, des marbres et d'amphibolites (Djellit, 1987) ;
- Un ensemble supérieur cristallophyllien métamorphique, il contient des schistes satinés (phyllades) à intercalation des grès et des porphyroïdes ocellés ;
- Une couverture sédimentaire qui surmonte en discordance le socle cristallin elle comprend les termes de l'Ordovicien jusqu'au Carbonifère inférieur.

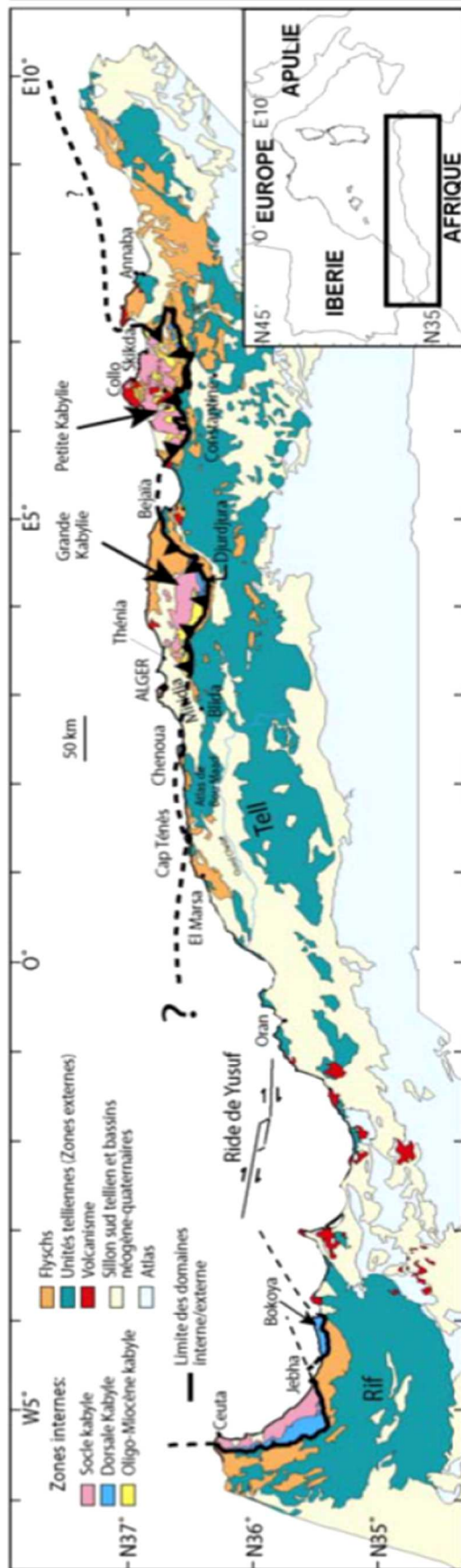


Figure02 : Position des différentes unités géologiques des Maghrébides (d'après Domzig, 2006)

Durand-Delga (1955), y distingue les termes suivants :

- Des schistes noirâtres qui débute parfois par des conglomérats dissociés ;
  - Des psammites rouges et vertes à graptolites ;
  - Des grès calcaires à tentaculites ;
  - Des calcaires à orthoceras.
- Des dépôts détritiques recouvrant en discordance les formations précédentes d'âge Oligocène supérieur- Miocène inférieur (Oligo miocène kabyle OMK) (Durand Delga, 1969-Bouillin et al, 1973).

### **1.2.1.2. La Dorsale kabyle ou chaîne calcaire :**

La Dorsale kabyle constitue la couverture méridionale du socle kabyle, elle marque la limite entre ce dernier au nord et les zones telliennes au sud, elle est constituée par des formations sédimentaires allant du Permo-Trias jusqu'à l'Oligocène qui y affleurent généralement sur une frange très étroite (Vila, 1980).

La dorsale kabyle est composée par trois domaines paléogéographiques (Durand Delga, 1969-Raoult, 1974- Vila, 1980) ; qui du Nord au Sud sont: la dorsale interne, la dorsale médiane et la dorsale externe.

- **La dorsale interne :**

Elle montre sur un soubassement paléozoïque, une série complète qui va du Permo-Trias au Néocomien et surmontés directement par des dépôts continentaux et littoraux du Lutétien supérieur (Raoult, 1974).

- **La dorsale médiane :**

Elle est caractérisée par une sédimentation marneuse à microfaune pélagique (Turonien-Lutétien inférieur) et l'absence des termes du Crétacé moyen.

- **Dorsale externe :**

Est composée par des radiolarites au Dogger-Malm et sédimentation détritiques grossière au crétacé sup et Paléocène (Djellit, 1987 ; Bourefis, 2006).

A partir de la fin du Lutétien, la dorsale kabyle a été le siège d'une tectonique tangentielle à vergence Sud, (Raoult 1968 et 1969).

Raoult (1971 ; 1974) constate quelques unités externes et médianes se sont désolidarisées de leur substratum, elles ont été par la suite plissées et chevauchées par le socle kabyle et la dorsale interne.

### 1.2.2. Le domaine des Flyschs :

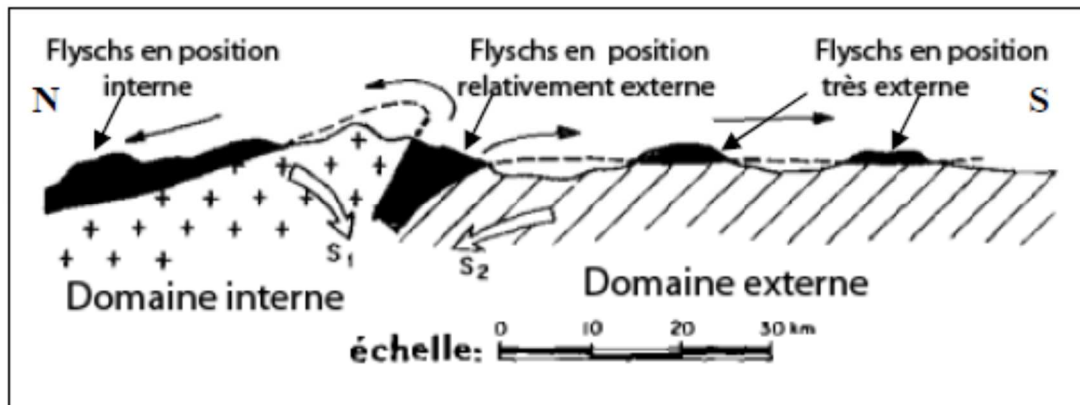
Le domaine des nappes de flyschs correspond à un secteur marin profond et mobile du Jurassique moyen au Burdigalien. Il est lié, jusqu'à l'Eocène supérieur, à la bordure sud de la plaque d'Alboran (Wildi, 1983). Ce domaine occupe une position allochtone par rapport aux zones externes, Ces flyschs se présentent de trois manières (**Figure 03**) ; en position interne, superposés aux massifs kabyles, c'est-à-dire rétrocharriées sur les zones internes, et appelés flyschs nord-kabyles et en position relativement externe à la bordure sud de la Dorsale kabyle (flyschs sud-kabyles) et enfin en position très externe, sous forme de masses isolées flottant sur le Tell et charriées jusqu'à une centaine de kilomètres au sud (Vila, 1980).

On y distingue du nord au sud deux grands groupes : les flyschs maurétaniens et le flysch massyliens aux quelles vient s'ajouter un troisième type : les flyschs grésomiacés ou flyschs Numidiens:

- **Les flyschs maurétaniens :** Ils sont constitués par des alternances des bancs calcaires associés à un flysch schisto-gréseux allant du Crétacé inférieur à l'Oligocène qui se déposent dans la partie Nord du bassin (Gelard, 1969). On les appelle localement les grés de Guerrouch (Durand Delga, 1955).
- **Les flyschs massyliens :** Ce sont des flyschs schisto-quartziteux d'âge Crétacé.ils se déposent dans la partie Sud du bassin (Raoult, 1969 ; Durand Delga, 1955).
- **Les flyschs numidiens :** ils sont situés au Sud du bassin massylien, les formations montrent des argiles à tubotomaculum sur lesquelles se déposent en discordance des grés micacés d'âge- Oligocène sup-Aquitainien.

Des contacts tectoniques séparant les unités du domaine interne et la nappe du flysch maurétanien.





**Figure 03:** Position des nappes de flyschs par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides (Durant Delga, 1969)

### 1.2.3. Le domaine externe :

Le domaine externe représente la marge Téthysienne du continent Africain (Wildi, 1983), Il est constitué par un ensemble des nappes allochtones pelliculaires à matériel essentiellement marno-calcaire chevauchant le sud de l'avant pays Africain (Villa, 1980- Coiffait, 1992). On y distingue deux grands types de séries :

- Les séries telliennes ;
- Les séries de l'avant pays.

#### 1.2.3.1. Les séries Telliennes :

En Algérie orientale et aux confins Algéro-tunisiens, les séries telliennes ont été découpées par les phases tectoniques tertiaires en trois grandes entités, dont les limites suivent à peu près les lignes paléogéographiques du Crétacé, du Paléocène et de l'Eocène. Ce sont, du Nord vers le Sud (Vila, 1980- Wildi, 1983):

- **Unité ultra Telliennne :**

Elle est constitué par des formations bathyales et détritiques d'âge Crétacé inférieur – Eocène (Durant Delga, 1969).

- **Unité Telliennne sensu stricto :**

Elle est formée des conglomérats au jurassique, de dépôts terrigènes détritiques au Crétacé inférieur et de marnes à l'Eocène.

- **Unité péni tellienne :**

Elle montre des séries néritiques, marnes et calcaire, du Crétacé à l'Oligocène, ces séries sont confondues avec les formations de plateforme réputées autochtones (Vila., 1977).

### 1.2.3.2. Les séries de l'avant pays :

Dans le domaine externe existe des unités encore plus externes d'allochtonie notable, mais moindre, structurées au Miocène moyen, qu'on appelle séries de l'avant-pays allochtone ou Tellien. Elles se placent entre les nappes Telliennes au Nord et l'autochtone ou para-autochtone atlasique au Sud, elles sont orientés SW-NE (Wildi, 1983). On distingue ainsi d'Ouest en Est :

- **L'unité néritique constantinoise :**

Elle est caractérisée par des séries carbonatées épaisses. Elle constitue un vaste ensemble d'unités allochtone où elle chevauche les écailles de Sellaoua et les unités Sud Sétifiennes (Vila., 1977- Wildi, 1983). Cette unité fut considérée pendant longtemps comme autochtone, (Durand Delga, 1969) ; elle est pour (Vila, 1980) allochtone.

- **Les unités sud- Sétifiennes :**

Elles sont caractérisées par des séries mésozoïques de plates formes admettant des intercalations pélagiques (Wildi, 1983), considérées par Savornin., (1920) comme « un batipré-saharien », elles sont appelées par Vila, (1980) « ensemble allochtone sud-Sétifien ». Elles présentent trois types de relations structurales (Vila., 1977) :

- Au Sud, elles recouvrent anormalement les plis emboutis de l'autochtone atlasique ;
- Dans les hautes plaines Sétifiennes, elles présentent des accidents tangentiels internes jalonnés de Trias ;
- Au Nord, elles apparaissent en fenêtre sous la nappe de Djemila et en demi-fenêtre à l'Est.

- **Unités de Sellaoua :**

Ces unités sont issues d'un sillon allongé SW- NE, ces séries sont présentes pendant tout le Crétacé et l'Eocène. Ils correspondent à une zone de sédimentation dépourvue, sauf au Malm, des influences de sédimentation de plateforme. L'écaillage de ces séries est attribué à des raccourcissements considérables ayant provoqué des chevauchements de grandes ampleurs (domaine para autochtone et autochtone Nord-Aurésien) (Vila, 1980).

---

- **Atlas saharien, monts du Hodna et des Aurès :**

Le passage de l'Atlas tunisien à l'Atlas saharien se fait dans une zone étroite de la transversale de Biskra, où des phénomènes tectoniques d'ordre divers se superposent (R. Guiraud, 1973 – J.M. Vila, 1980) :

- Les plissements atlasiques, orientés SW-NE, d'âge Eocène moyen à supérieur (Guiraud, 1973) ;
- L'écaillage vers le Sud et le plissement des chaînes septentrionales, orientés E-W, dateraient du Turonien, du Hodna, du Bou Taleb et de Batna (Vila, 1980) ;
- Les accidents décrochants senestres, NNE-SSW et E-W.

La limite choisie entre l'Atlas saharien plissé et les Hauts-Plateaux stables est déterminée par le style de déformation et non par une limite de faciès (Caratini, 1970).

#### **1.2.4. Principales phases tectoniques :**

##### **1.2.4.1. Les événements tectoniques durant le Mésozoïque :**

- **Au Trias :**

Une sédimentation confinée à élevée et le volcanisme du Permo-Trias (Wildi, 1983) témoignent d'une forte subsidence à partir du Trias moyen et supérieur.

- **Au Lias :**

Rifting et ouverture, subsidence et installation de la mer ouverte (Wildi, 1983), associé à une activité volcanique doléritique dans la série des Achaïches (Bouillin, 1979)

- **Au Dogger – Malm :**

Ouverture et coulissage associé à une sédimentation pélagique (marno-calcaire, radiolarites, calcaires à calpionelles) à l'Est et détritique sous marine à l'Ouest avec une activité magmatique sous marins (ophiolites dans la région de Sendouah- Tabelloute) (Durand-Delga, 1971 - Bouillin., 1979).

- **Au Crétacé inférieur**

Aucune phase tectonique importante n'est connue à cette époque ni en Ibérie ni en Afrique.

D'après l'interprétation des anomalies magnétiques dans l'Atlantique Nord, les coulissages senestres E-W entre l'Ibérie et l'Afrique s'arrêtent pratiquement dès l'Aptien supérieur (110



Ma), par la suite vient la phase Albienne compressive majeure au tell externe. (Wildi, 1983), cette phase tectonique coïncide avec le début de la rotation anti-horaire de l'Ibérie par rapport à l'Europe (Biju-Duval et al, 1977).

- **Au Crétacé supérieur**

Au Crétacé supérieur, le bloc d'Alboran commence à s'engager entre l'Afrique et l'Ibérie, grâce à la rotation de la péninsule. En se déplaçant vers l'Ouest par rapport à l'Afrique et à l'Ibérie, la plaque d'Alboran remplit l'espace créée entre ces deux continents dès le début du Crétacé supérieur (Wildi, 1983). Il semble qu'un épisode tectonique important correspondant au Cénomaniens inférieur a eu lieu. En effet sur la bordure Sud-Ouest de la plate-forme néritique constantinoise et dans le Sud Sétifien, la sédimentation devient planctonique. Ce changement peut être relié à un épisode tectonique entraînant un relèvement du niveau eustatique (In Benabbas, 2006). Au début du Sénonien les domaines internes étaient relativement hauts (Wildi, 1983)

#### **1.2.4.2. Les événements tectoniques durant le tertiaire :**

La chaîne alpine de l'Algérie Nord orientale s'est surtout structurée pendant les phases Tertiaires.

- **A l'Eocène :**

- **La phase Priabonnienne**

Cette phase compressive se situe vers la fin du Lutétien, elle est appelée phase fini-Lutétienne ou phase atlasique par Durand Delga. (1969) et Raoult (1974) ou encore phase Priabonnienne par Vila, (1980).

Cette phase correspond à la fermeture de la Téthys occidentale par la rotation de l'Afrique autour d'un pôle situé à l'Ouest de Tanger, conduisant à la collision entre la partie orientale de l'Alboran et la marge Africaine Tellienne.

- **Au Miocène**

- **Phase compressive du Burdigalien :**

Cette phase tectonique affecte la partie occidentale de la plaque d'Alboran qui a continué sa migration vers l'Ouest, pour entrer en collision avec la marge rifaine de l'Afrique et la marge méridionale de l'Ibérie. Elle est également responsable du glissement de la nappe Numidienne

dans sa position actuelle sur les secteurs méridionaux de la zone infra rifaine. (Durand Delga, 1980, Wildi, 1983).

- **Phase tangentielle Tortonienne -phase alpine :**

Pour Vila., (1980), c'est la phase Tortonienne majeure, à vergence Sud qui est responsable de vastes raccourcissements impliquant les formations postérieures au Burdigalien supérieur dont la nappe Numidienne. Toujours ; selon le même auteur, cette phase serait responsable de la genèse de la nappe néritique Constantinoise, des unités allochtones des Sellaoua, de l'ensemble «Sud-Sétifien» et des «unités méridionales à nummulites».

**1.3. Conclusion :**

La chaîne des Maghrébides, en Algérie Nord orientale, est constituée du Nord au Sud par trois grands domaines :

- Le domaine interne qui englobe le socle Kabyle à matériel cristallophyllien métamorphique, sa couverture sédimentaire (OMK) et la dorsale Kabyle (chaîne calcaire) qui est constituée par des formations sédimentaires allant du Permo-Trias à l'Oligocène.
- Le domaine médian qui correspond au domaine des flyschs, il s'agit des flyschs maurétaniens à matériel schisto-gréseux en alternance avec des calcaires, des flyschs massyliens à matériel schisto-gréseux et des flyschs numidiens à grés micacés surmontant des argiles à tubotomaculum.
- Le domaine externe qui comprend les séries telliennes allant du Crétacé inférieur à l'Eocène, et les séries de l'avant pays où elles sont plus externes et allochtones.

Ces domaines ont été soumis à des événements tectoniques durant le Mésozoïque, il s'agit des phases du Trias, de Lias, du Dogger, du Malm et du Crétacé et durant le Tertiaire les phases Priabonienne, Burdigalienne et Tortonienne.

# Chapitre 02

**Géologie de Kabylie  
de Collo et d'El-Milia**

## 2. Cadre géologique de la Kabylie de Collo et d'El-Milia

L'aire géographique dénommée "Kabylie de Collo" occupe la partie centrale du massif cristallin de Petite Kabylie. Ce dernier s'étend sur plus de 150 Km le long du littoral méditerranéen entre la ville de Jijel à l'Ouest et la ville de Skikda à l'Est, sur une largeur d'environ 50 Km.

La géologie de la Kabylie de Collo est marquée par une prédominance des formations cristallophylliennes du socle kabyle, représentées dans la partie nord par des paragneiss granulitiques, auxquels sont associées des roches basiques et ultrabasiqes et dans la partie sud par des schistes, micaschistes et gneiss, ainsi que par un important magmatisme Miocène qui a engendré d'importantes masses de granite (Beni-Toufout et Cap-Bougaroun), de granodiorites-microgranites (région de Collo et d'El-Milia) et des injections de laves acides (région de Collo).

Les grands traits géologiques de la Kabylie de Collo et d'El Milia ont été définis par Bouillin (1977) (**Figure 04, 05**). Les différentes unités géologiques de la Kabylie de Collo et d'El Milia sont représentées par :

### 2.1. Le Socle kabyle :

Il est marqué par la présence des formations cristallophylliennes métamorphiques, dans la partie Nord, il s'agit des paragneiss granulitiques à plagioclase, cordiérite, sillimanite et grenat (région du Cap Bougaroun) auxquels sont associés des péridotites (lherzolites serpentinisés), des lentilles de marbres, des roches calciques à grenats et des filons de pegmatites. Dans la partie Sud et notamment dans la région de Beni-Toufout, le socle kabyle, est constitué de paragneiss, des phyllades, de lames d'orthogneiss, de micaschistes et de schistes. Il forme un ensemble charrié sur les terrains mésozoïques et Cénozoïques (Bouillin, 1977). Selon cet auteur, au niveau de la fenêtre des Beni-Toufout, le socle kabyle est charrié sur les formations sédimentaires sur une flèche Nord-Sud d'environ 30 Km.

### 2.2. Oligo-Miocène kabyle :

L'Oligo-Miocène kabyle constitue la couverture sédimentaire transgressive et discordante sur le socle de grande et petite Kabylie, elle constitue la bordure méridionale de ce dernier, il s'agit des formations grés-micacés. Bouillin, (1977) y distingue trois termes lithologiques :

- 1- Un terme basal conglomératique à galets de socle (gneiss, micaschistes, phyllades) qui surmonte en discordance le socle kabyle dont la puissance varie de quelques mètres à des centaines de mètres.

- 2- Un terme médian sous forme de grés lithiques associés à des pélites micacés.
- 3- Un terme supérieur pélitique et siliceux à radiolaires et diatomées (silexites) qui affleurent en barres épaisses de quelques mètres et entre lesquelles s'intercale des argiles à blocs types Olistostrome (Aquitaniens basal).

L'Oligo-Miocène kabyle est parfois recouvert en continuité stratigraphique par des olistostromes et peut réapparaître sous forme de récurrence avec ceux-ci au Djebel Goufi et au Djebel Guern Aicha.

### 2.3. Les olistostromes :

Les olistostromes sont des formations tectono-sédimentaires constitués de débris allogènes de taille variables à matériel de flysch (à l'exception du Numidien), où les séries maurétaniennes externes y représentent une fraction très importante. Les olistostromes sont développées dans le Nord de la petite kabylie et occupent la même position sur l'Oligo-Miocène kabyle et notamment le compartiment Nord supérieur (bassin de Collo, bassin d'El Milia, bassin de Tamalous).

Raoult et Bouillin, (1971 et 1977) pensent que l'âge de mise en place est Aquitaniens supérieur - Burdigalien inférieur et pour certains autres auteurs, il est d'Aquitaniens inférieur.

### 2.4. Domaines des flyschs :

#### 2.4.1. Les séries Maurétaniennes :

Le terme **Maurétanien** est proposé pour la première fois par Gélard, (1969). Les flyschs **Maurétaniens** contiennent des formations hétérogènes (calcaires, grés, conglomérats) dont les termes les plus anciens sont des calcaires et radiolarites du Jurassique moyen-supérieur.

Dans la kabylie de Collo et d'El Milia, ces séries sont caractérisées par un Crétacé inférieur gréseux et un Sénonien conglomératique et micro bréchiq ue à ciment calcaire.

Bouillin, (1977) distingue trois groupes de flyschs Mauritanien :

- **Les séries Maurétaniennes internes :**

Ce groupe de flysch est constitué par un matériel grésocalcaire qui repose directement sur des terrains paléozoïques (Carbonifère - Trias), c'est le cas des affleurements d'Ain Naceur et Sidi Ahmed et Sidi Rhiat (flanc oriental du massif de Moul-Ed Demamène).

- **Les séries Maurétaniennes médianes :**

Elles sont constituées par les séries d'El Karn, Guerouch, et des Achaïches à Crétacé inférieur épais à dominante calcaire et gréseux. La série d'El Karn présente un Sénonien supérieur et un Eocène conglomératique. La série de Guerouche un Crétacé inférieur gréseux (Durant-Delga et Lambert, 1955) et un Crétacé supérieur et Eocène à calcaires micro bréchiqes (Neumunnet, Vila, 1967). La série des Achaïches ou les écailles inférieures du Moul Ed Demamène (Durand Delga, 1975) sont constitués par plusieurs unités formés de terrains microplissés et épimétamorphisés apparaissant sous le socle kabyle charrié et considérés comme appartenant du domaine prékabyle (Durant Delga, Raoult et Vila, 1967) ou écailles des Achaïches (Durant Delga, 1971) où ils reposent sur un soubassement Carbonifère à matériel détritique.

- **Les séries Maurétaniennes externes:**

Moins épaisses que celles du groupe précédant, ces niveaux sont appelés aussi série Medjanienne, elles comportent les flyschs de cuvette de Tamalous et les flyschs Maurétanien atypique à certains niveaux du Cénomaniens (phtanites) et du Sénonien (remaniement de calcaires néritique et d'Orbtolines).

#### **2.4.2. Les séries Massyliennes :**

Ce sont les flyschs Albo-Aptien reconnus depuis 1925 dans le Nord de la province d'Alger par Glangéaud plus récemment à la bordure méridionale de la petite Kabylie (Durand Delga, 1955). Le terme de flysch Massylien a été proposé pour la première fois par Raoult, 1969.

Dans la massylien :

- Un Albo-aptien pélito-quartzitique ;
- Un Cénomaniens micro bréchiqes à orbitoline et niveaux de phtanites noires et blanches ;
- Un Turono-sénonien sous forme de pélites et microbrèches.

On note aussi l'existence au Cénomaniens d'un volcanisme sous marin basique très altéré sous forme des boules en fusiforme gris verdâtre, ces roches affleurent au Fedj El Mekta et El karn et peuvent dériver soit d'une association spelitique ou d'un cortège doléritique (Bouillin, 1977).

### 2.4.3. Les séries Numidiennes :

Le terme Numidien a été créé par Ficheur en 1908. Ces séries sont constituées par une formation néo autochtone déposée sur les flyschs et les olistostromes du Nord Constantinois (Bouillin, Raoult, 1971) au Miocène moyen et supérieur, ces flyschs ont subi une tectonique tangentielle, à vergence sud qui a affecté les zones externes, ils comportent trois termes, soit, de bas au haut :

- Des argiles " sous Numidiennes" de teinte verte, rouge ou violacée à tubotomaculum d'âge oligocène supérieur ;
- Des grés Numidiens épais de 200 – 300 m, en bancs, de teinte jaunâtre à blanchâtre, caractérisés par des quartz très roulés et d'une assez forte granulométrie avec parfois des dragées de quartz, ces grés sont d'âge Aquitanien.
- Des formations Supra-Numidiennes, comportant des argiles et des marnes claires et des silicites.

Localement, les formations de la série Numidienne sont tectonisées (plissées et faillées) et affectées par un métamorphisme de contact dû au à l'intrusion granitique Miocène au Cap Bougaroun (crête orientale du Dj. Goufi jusqu'à la baie de l'Oued Zhour).

Bouillin, (1977), dans son secteur d'étude, distingue trois groupes d'affleurements du Numidien :

- Un groupe situé au SW d'Ain Kechera ;
- Un groupe situé au bassin d'El Milia (Khenek Bou Dounass) ;
- Un groupe situé au bassin de Collo- Oued Zhour.

### 2.5. Les séries prékabyles :

Le terme prékabyle a été créé par M. Durant Delga en 1967. Il correspond, d'une part à des écailles précédemment décrites dans le massif de Moul Ed Demamène, et d'autre part aux séries épimétamorphiques qui affleurent en fenêtre sous le socle kabyle du Dj- Safia.

Les séries prékabyles, définies par leur caractère composite, sont d'affinité tellienne (faciès calcaires et marneux pour le Jurassique, le Néocomien et le Barrémien), et de type flysch pour les termes les plus récents (Albo-Aptien à Sénonien).

Selon Durant Delga 1955 il existe trois écailles principales provenant du domaine prékabyle, soit, structuralement de haut au bas :

- L'écaille de Dra El Kasba ;
- L'écaille de Tissimeran ;
- L'écaille des Kefs.

Alors que Bouillin (1977), pense que la partie inférieure de l'édifice de nappe primitive semble pouvoir être rangée entièrement dans le domaine Tellien et que les flyschs d'Ark El Bir sont les seuls à qui on pourrait conserver le non de flyschs pékabyles.

## 2.6. Les séries Telliennes :

En Algérie les séries Telliennes caractérisent les puissantes séries à dominante marneuses et calcaires déposées dans un domaine paléogéographique que tous les auteurs situent au sud du socle kabyle, il est divisé en de nombreuses nappes ; chacune d'elles correspond à un domaine paléogéographique (Bouillin, 1977).

Dans la Kabylie de Collo et d'El Milia, les séries Telliennes affleurent dans des positions structurales variées (Bouillin, 1977).

- Les formations telliennes constituent l'élément structural inférieur (compartiment structural Sud) de type épitellien à dominante calcaire et marneuse (Dj- M'cid Aicha, Kef sema, Dj-Sidi Marouf)
- Les formations telliennes dans le compartiment structural Nord inférieur, comportent un Lias dolomitique et un Sénonien marneux de type Tellien. Ces derniers sont légèrement épimétamorphisés, participant à l'écaille inférieure du Moul Ed Demamène (séries Kefs, Tissimiron, et Dra El Kasba).
- Les formations telliennes dans le compartiment structural Nord supérieur qui sont charriés sur le socle kabyle (en position supra-kabyle). Bouillin et Glaçon (1973), Bouillin (1977) ont signalés l'existence de plusieurs affleurements, citons :
  - Les affleurements situés au NE d'El Milia ;
  - Les affleurements situés au NE de Sattara (Catinat) ;
  - Les affleurements situés à la bordure occidentale du massif des Beni-Toufout (série de M<sup>at</sup> El Maksel) ;



- Les affleurements situés aux environs de Collo, au pied Sud du massif éruptif de Sidi Achour et Zitouna.

On note aussi l'existence des lames de Trias injectés en position de diapir, appelé « Trias de type Tellien » (Bouillin, 1977).

Ce complexe Triasique, dans la région d'étude ainsi que dans d'autres endroits en Algérie, comporte trois sortes de constituants (Durant-Delga, 1955) :

- Des dépôts sédimentaires, qui en sont les éléments fondamentaux, ce sont : les argilites et marnes bariolées, plus et moins schisteuses, des grés fins, du gypse, du sel gemme, des cargneules, des minéraux variés ;
- Des lambeaux arrachés à d'autres formations plus ou moins bien datés au cours de son ascension au sein des sédiments qui lui superposé, ce sont des débris empruntés au socle cristallophyllienne (schistes satinés, diabases Paléozoïques "ophites") ;
- Des roches éruptives basiques, les ophites, qui appartiennent à trois types pétrographiques différents :
  - Dolérites à structure ophitiques plus ou moins accusées montrant d'Assez gros cristaux et des associations micropégmatitiques (Quartz, feldspath) ;
  - Dolérites ayant tendance à la structure ophitique mais possèdent des cristaux plus fins ;
  - Des andésites franches.

Ces formations triasiques affleurent en des endroits différents dans le secteur d'étude, citons à titre d'exemple : le long de la cluse d'Oued El Kabir, M<sup>at</sup> Taskif (bandes de gypses et ophites) et d'Ain Tillil au Dj-Arbala sur un alignement très discontinu de petites affleurements (des éléments bréchiques, cargneules, dolomies, des calcaires à vermiculation, des grés bruns et pélites rouges « Trias d'Ain Kechera »), Trias de Chabet Bou Besbes qui est injecté dans les marnes maestrichtiennes épitelliennes (pélites vertes et cargneules).

## **2.7. Les formations post-nappes :**

### **2.7.1. Miocène marin post-nappes (Burdigalien moyen- supérieur) :**

Au Burdigalien est attribuable l'essentiel des couches marines du Nord Constantinois, cette étage possède deux faciès bien différents (Durant-Delga, 1955) ce qui se traduit par l'existence, au Miocène de deux cycles sédimentaires post-nappes (Bouillin, 1977) :

Le premier étage méditerranéen est caractérisé par une sédimentation marneuse grise et bleu, transgressive et discordante sur le Numidien ainsi que sur les flyschs et olistostromes (Cavallo, Djidjeli), plus rarement sur Oligo-Miocène- Kabyle.

Le deuxième étage : éloigné du littoral actuel, est caractérisé par une sédimentation plus détritique (gréseuse), transgressive sur le soubassement anté-Burdigalien supérieur sans intercalations de niveaux marneux (c'est le cas d'El Ouloug 'bassin de Collo', El Milia, SE de Zitouna) (Raoult, 1934).

### **2.7.2. Les formations postérieures au Burdigalien marin :**

Il s'agit des filons sédimentaires à matériel conglomératique (galets de micro granite, des cornéennes) déposés dans les fentes ouvertes post activité magmatique dans la région de Collo (Nord de bassin de Collo au Zitouna).

## **2.8. Les roches éruptives post-jurassiques :**

Ils sont localisées aux environs d'El Milia, il s'agit des roches vertes du Moul Ed Demamène de nature doléritique, ensuite des intrusions granitiques d'El Milia- Ain Kechera (Durant-Delga, 1955-Bouillin, 1977) et des intrusions rhyolitiques (Bouillin, 1977).

Dans le cas des dolérites, il s'agit des roches à plagioclase, augite, ilménite,...etc. qui sont analogues aux ophites du Trias, ainsi que des roches éruptives, et enfin des roches basiques à actinote, d'âge Sénonien supérieur (Campano-Maestrichtien), Eocène et Oligocène moyen (G. Bétier et M. Roubault, 1933- Bouillin, 1977). On les rencontre au Sud d'El Milia, dans les assises Paléozoïques, Jurassique et Crétacé où ils forment deux groupes d'affleurements (Durant-Delga, 1955) :

- Depuis la région d'El Akbia jusqu'à Dar Ben Klib ;
- Entre M<sup>at</sup> Bou-Hdach et Amrioune.

Dans le cas des roches granitiques de la région d'El Milia et Collo, il s'agit de deux grands affleurements de granites d'âge Miocène :

- Massif du Cap Bougaroun qui vient au contact du socle à péridotites, ce sont des granites calco-alcalins monzonitiques ( Rouboult, 1934) ;
- Massif de granite des Beni-Toufout, il affleure au centre de kabylie de Collo sous forme d'un quadrilatère d'environ 10 X 6 Km qui traverse les terrains Mésozoïques de la fenêtre des Beni-Toufout et qui y provoque un important métamorphisme de contact.

Dans le cas des roches microgrenues, ce sont pour l'essentiel des microgranites monzonitiques et des microgranodiorites, dans certains endroits ils sont de type dacitique ou andésitique. Ces roches sont d'âge Langhien (16 MA) et affleurent surtout entre Collo et El Milia.

Ces intrusions ont provoqué l'effondrement du bassin d'El Milia et la partie orientale du bassin de Collo (Bouillin, 1977).

Pour les rhyolites, il y a deux types de gisements :

- Filon au sein du granite et du socle à gneiss et péridotites de cap Bougaroun (rhyolites monzonitiques) (Roubault, 1933) ;
- Les roches effusives, elles correspondent à un volcanisme de type ignimbrétique (Kef Cheroua au Nord du Dj- Mezber).

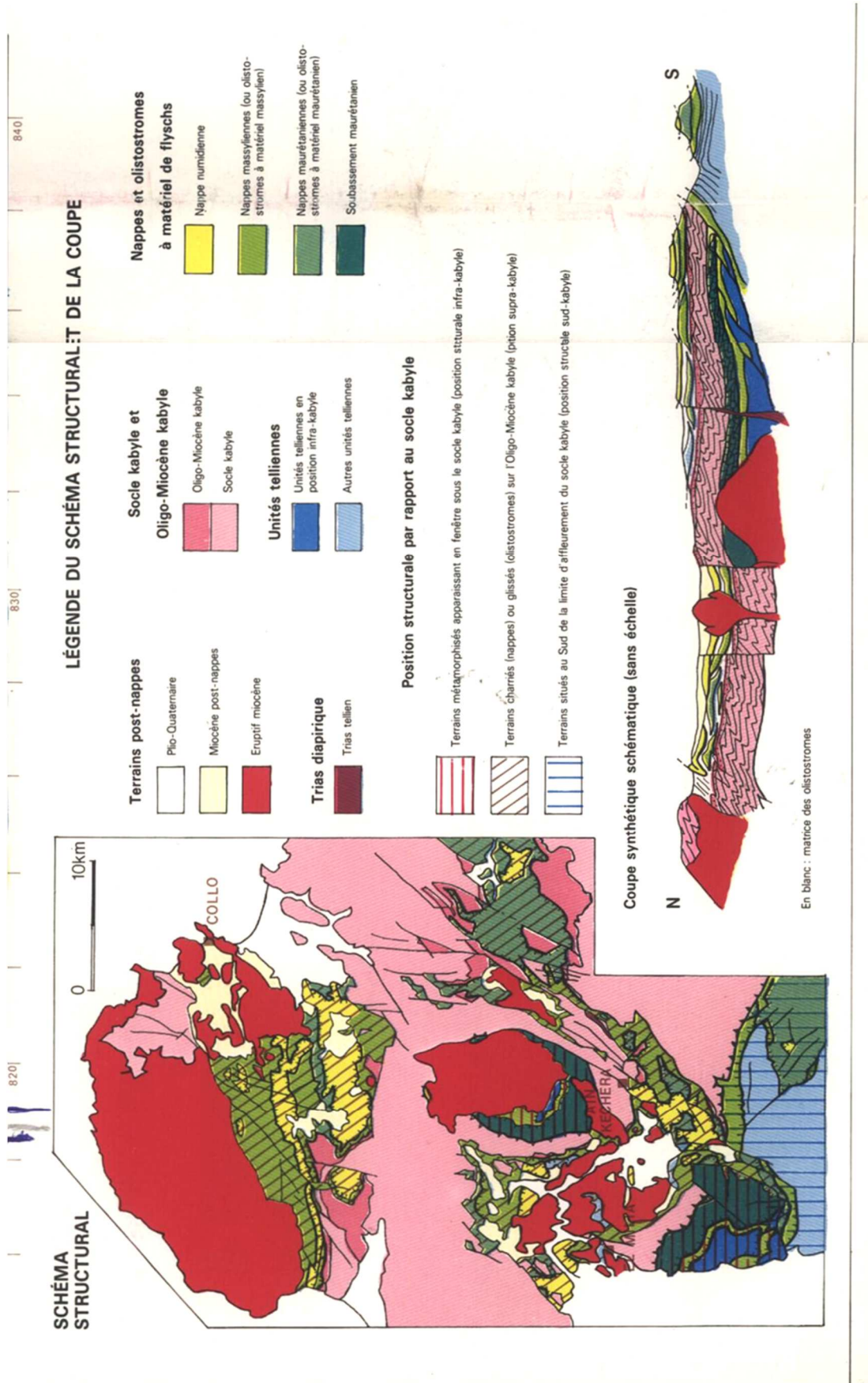
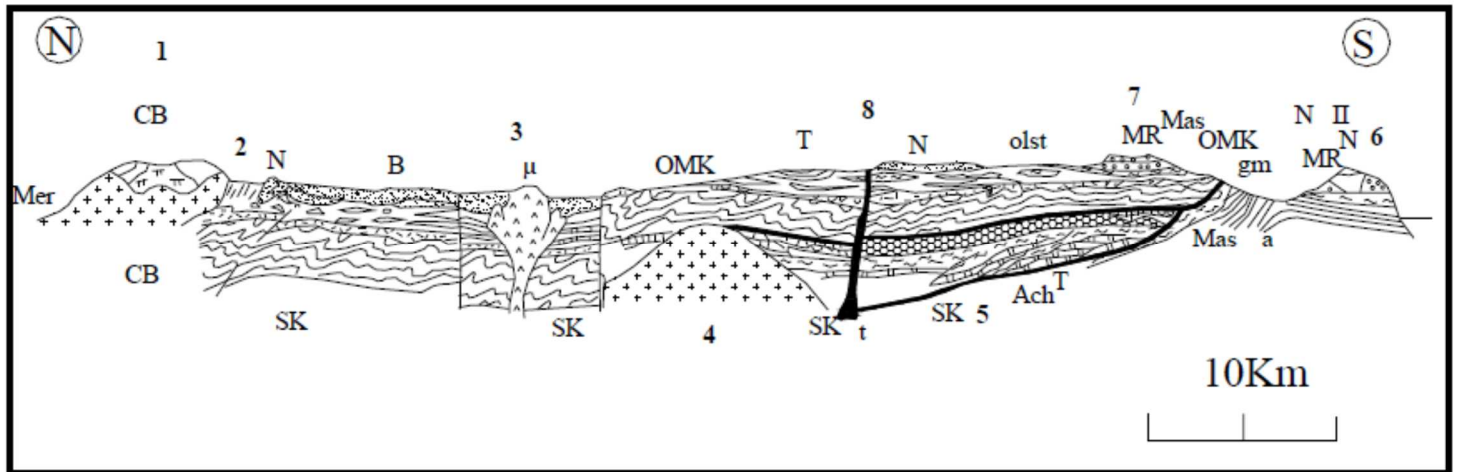


Figure 04 : Schéma structural de la kabylie de Collo et d'El Milia (Bouillin, 1979)



**Figure 05:** Coupe synthétique et théorique de la Kabylie de Collo et d'El Millia. (D'après Bouillin, 1979;). **SK** : Socle Kabyle. **CB** : Socle du Cap Bougaroun associé aux péridotites.

**OMK** : OligoMiocène Kabyle.

**OLST** : Ollisostomes à blocs et oolistrolites de flyschs-maurétaniens et massylien. **T** : Lambeau de formations telliennes à position supra-Kabyle. **MR** : Fyschs maurétaniens.

**Mas** : Flyschs massyliens. **N** : Numidien. **B** : Burdigalien Moyen-Supérieur post nappes. **μ** : microgranite. **CB** : granite du Cap Bougaroun. **t** : Trias en position de diapir à travers le socle Kabyle.

**Ach** : Série maurétannienne épimétamorphique des Achaïches. 1 : massif du Cap Bougaroun. 2 : bordure Nord-Ouest du « bassin » de Collo. 3 : environ de Collo et bassin d'El Milia. 4 : fenêtre des Beni Toufout. 5 : massif du mouled Demamène. 6. chaînon d'El Karn. 7 : synclinal de l'Oued Rezel, au Sud Ouest d'Ain Kachera. 8 : Trias du Djebel arbala et au environ de la mechtat Stalgneuf.

## 2.9. Conclusion :

La géologie de la Kabylie de Collo et d'El Milia est marquée par la présence de différentes unités géologiques :

- Le socle, à matériel cristallophyllien métamorphique charrié sur les terrains méso-cénozoïques et recouvert par les dépôts détritiques d'Oligo-Miocène-Kabyle et les olistostromes.
- Les flyschs comprennent :
  - Le flysch maurétanien, lui même subdivisé en trois groupes ; interne grésocalcaire (flanc oriental du massif de Moul-Ed Demamène) ; médian à dominante calcaire et gréseuse (El Karn, Guerouch, et des Achaïches) ; externe (série Medjanienne) ;
  - Le flysch Massylien, à matériel détritique (Albo-aptien jusqu'au Turono-sénonien) ;
  - Le flysch Numidien, déposé sur les flyschs et les olistostromes du Nord Constantinois à argiles à la base et grés micacés au sommet sur lesquels reposent des argiles et des marnes claires et des silexites.
- Les séries prékabyles, caractérisées par des formations de type telliennes et de type flysch (L'écaille de Dra El Kasba ; Tissimiron, écailles des Kefs).
- Les séries telliennes, qui affleurent dans des positions structurales variées (compartiment structurale Sud, Nord inférieur et Nord supérieur)
- Le Trias, il comporte trois types de constituants, qui sont injectés en position de diapir dans les formations telliennes ; sédimentaires, lambeaux arrachées d'autre formations et des roches éruptives basiques.
- Les formations post-nappes : il s'agit de Miocène marin post-nappes (Burdigalien moyen-supérieur) à deux cycles de sédimentation qui se traduit par deux étage dont le premier est caractérisé par une sédimentation marneuse grise et bleu et le deuxième caractérisé par une sédimentation plus détritique gréseuse et les formations postérieures au Burdigalien marin sous forme des filons remplis par des matériaux conglomératiques.

- Les roches éruptives post-jurassiques, il s'agit les roches basiques de nature doléritique (roches vertes du Moul Ed Demamène), des intrusions granitiques (massif cap Bougaroun et massif de Beni Toufout), des roches microgrenues essentiellement les microgranites, monzonites, microgranodiorite, (affleurent en Collo et El Milia) et des rhyolites.

# Chapitre 03

**Géologie locale**



### 3. Cadre géologique locale :

#### 3.1. Cadre géologique locale de la région de Bellara :

##### 3.1.1. Oligo-Miocène kabyle (OMK) :

Les formations de l'OMK témoignent de l'envahissement du domaine continental à relief (socle kabyle) par la mer, il s'agit des matériaux qui proviennent du remaniement des formations cristallines du socle (Bouillin, 1977).

Dans la région de Bellara, l'OMK comprend une alternance des marnes argileuses et des grés micacés en bancs métriques prolongés Est- Ouest (N90°E), à patine brunâtres et grisâtres à la cassure, les grains sont isométriques, auxquels s'ajoute des petites bancs du calcaires marneux compactes d'épaisseur décimétrique débutant en plaquettes et traversés par des fractures remplies de calcite (**Figure 06**).

##### 3.1.2. Les Formations de la nappe numidienne :

Il s'agit de matériel bréchiq ue contenant des éléments, de taille décimétrique et représentés par, des grés, des formations siliceuses le tout est enrobé dans un ciment sableu-argileux

D'après la carte géologique d'El Milia (1/50000), ce sont des éboulis de grés numidien et des brèches consolidés. Les données de terrains sont en concordance avec les données de la carte géologique. (**Figure 07**).

##### 3.1.3. Les formations de Trias :

Le Triasse manifeste par des petits affleurements d'argiles bariolées (de couleur violacée, jaunâtre, rougeâtre), et de gypse blancs contenant des éléments bréchiq ues de tailles centimétriques. Les affleurements de gypse ont une direction N10°E.

A proximité de l'intrusion magmatique basique, ces brèches renferment une minéralisation de pyrite (sous forme de polyèdres) et d'oxydes de fer (**Figure 08**).

On note également l'existence de cargneules, roche caverneuse de couleur gris foncé à la patine et gris bleuté à la cassure. Ces cargneules présentent une direction N90°et un pendage de 20° vers le Sud. Ces cargneules sont recoupées par plusieurs générations de fractures et veines, remplis généralement par de la calcite. Les différentes directions mesurées sont données ci- après :

- N0°E ;
- N110°E ;
- N170°E.

#### 3.1.4.L'intrusion granitique Miocène :

Elle est représentée par les microgranites qui affleurent dans la région d'El Milia et particulièrement dans la région de Bellara. Les microgranites occupent de grandes surfaces dans la région et sont de couleur grisâtre, parfois blanchâtre et verdâtre du fait de l'altération.

Ces microgranites sont fracturés, on y note deux directions ; la première de direction N-S et la deuxième est de direction N80°E.

Dans certains endroits, les microgranites de Bellara sont arénitisés et deviennent très friables, on y note des enclaves de roches de couleur vert foncée, sous forme de bancs d'épaisseur décimétrique et de nature inconnue, ils pourraient correspondre à des enclaves de Gabbro. (**Figure 09**).

Du point de vue minéralogique, le microgranite de Bellara est constituée de: quartz, feldspath, micas biotite, tourmaline. Dans certains blocs domine la couleur verte du fait de la chloritisation de la biotite.

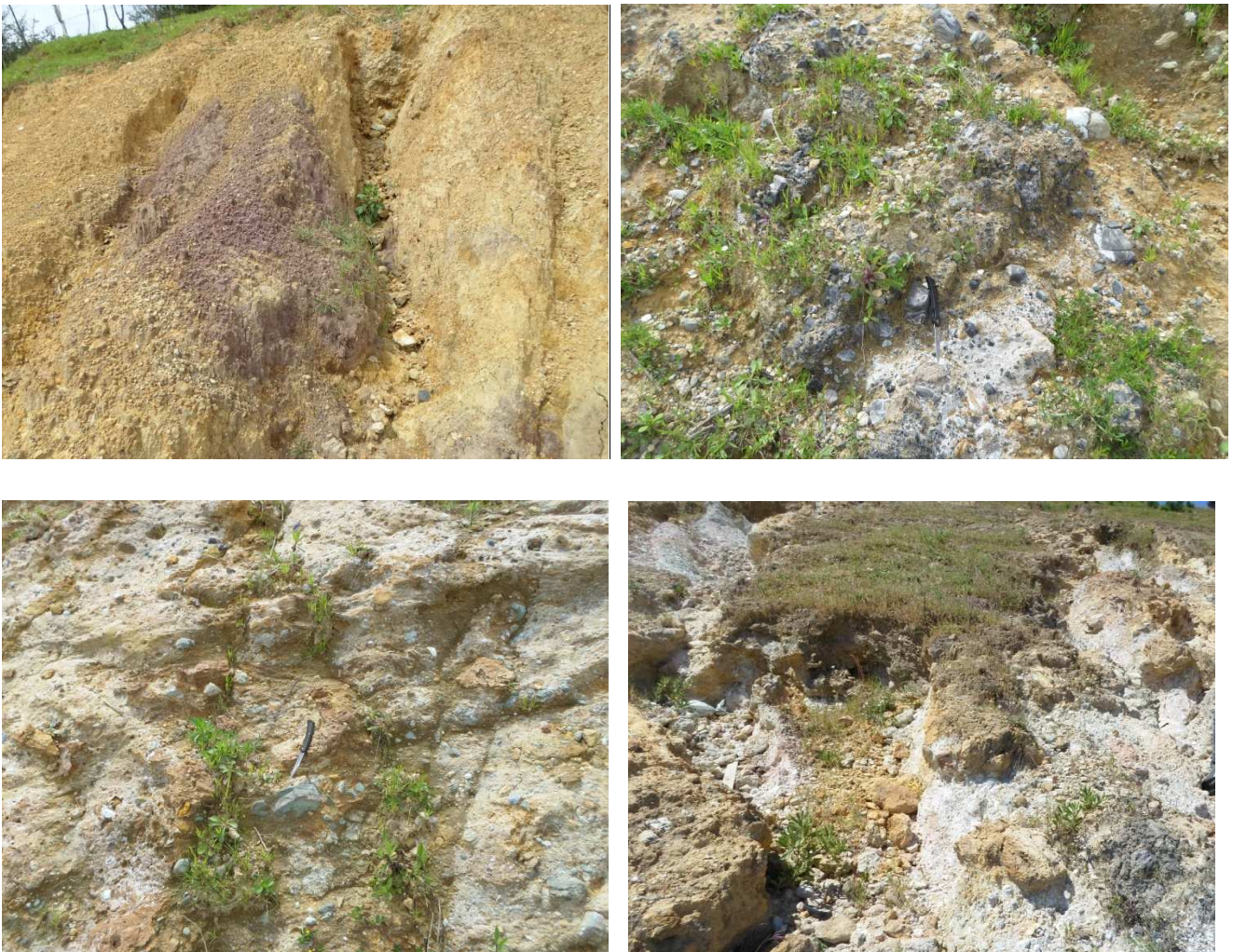


**Figure 06:** formation d'Oligo-Miocène kabyle (OMK)





**Figure 07:** formation de la nappe numidienne



**Figure 08:** formation de Trias





**Figure 09:** les affleurements des microgranites dans la région de Bellara, les photos montrent que ces microgranites sont fracturés, arénitisés, et contiennent des enclaves de roches de couleur vert foncée

### 3.1.5. Les roches basiques de Bellara :

#### 3.1.5.1. Situation :

Les roches basiques sont situées au niveau de M<sup>at</sup> Cherfa, près de la route d'évitement de la ville d'El Milia

#### 3.1.5.2. Description de l'affleurement :

L'affleurement des roches magmatiques basiques de Bellara, a été mis à jour à la faveur de la réalisation de la route d'évitement de la ville d'El Milia qui contourne la zone industrielle de Bellara. Cet affleurement est en contact avec les formations argilo-gréseuses de l'Oligo- Miocène –Kabyle. Nous notons juste à coté, des formations triasiques formés de gypse et d'argiles bariolées (**Figure 10**).

L'affleurement est de couleur verte, il est assez altéré, surtout dans sa partie haute où il acquiert une couleur jaunâtre et devient friable. Cet affleurement s'étend sur 15m de long et a une puissance de 6m. Les parties les moins altérées renferment plusieurs générations de veines dont les directions sont:

- N90°E ;
- N20°E ;
- N140°E.

Toutes les générations de veines renferment de l'hématite, de la calcite, du quartz et de l'épidote.

L'âge des roches basiques de Bellara n'est pas connu avec exactitude. Leurs associations avec les formations triasiques suggèrent qu'elles sont remontées à la surface avec ces derniers et donc ces roches sont post triasiques. La datation absolue de ces roches pourra préciser l'âge exact de ces roches.



Figure 10: Affleurement des roches magmatiques basiques

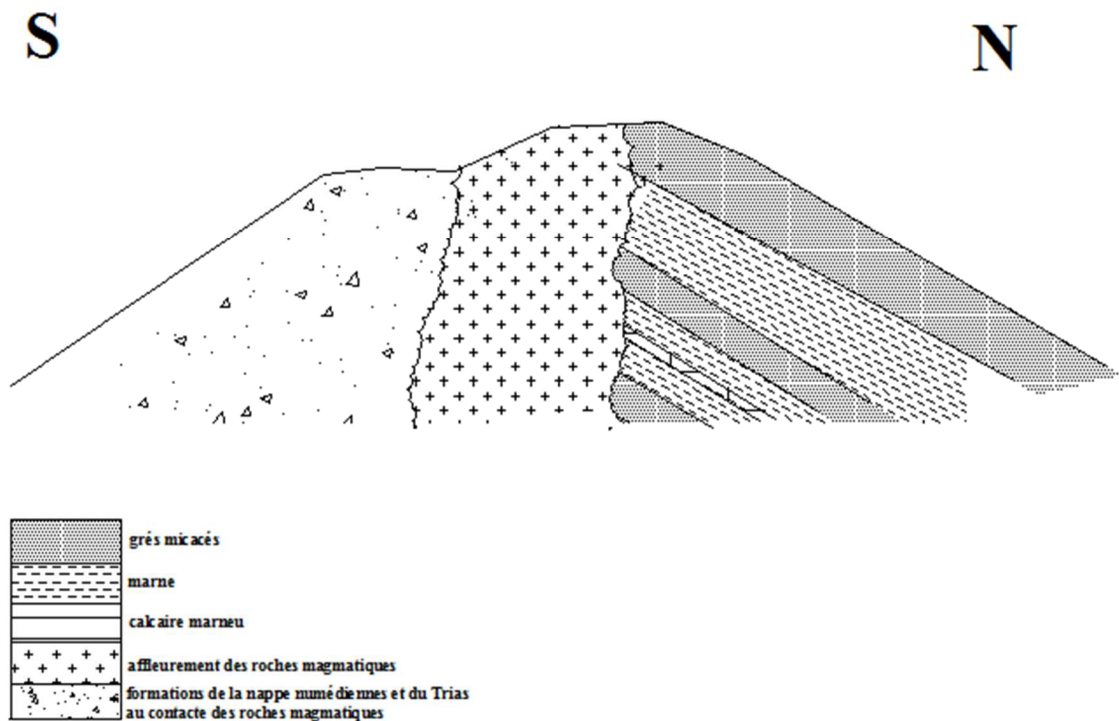


Figure 11 : coupe schématique de l'affleurement des formations géologiques de la région de Bellara

### 3.2. Cadre géologique locale de la région d'Amrioune:

#### 3.2.1. Socle kabyle :

Il affleure sur la rive droite de l'Oued El Kabir, à proximité de la route nationale N°27. Le cristallophyllien forme essentiellement les sommets du flanc oriental Moul Ed-Demamene jusqu'au Nord d'El Milia et comprend du Nord au Sud (Durand Delga, 1955) :

- Calcschistes à séricite ;
- Schistes à séricite ou à muscovite ;
- Gneiss.

Dans certains endroits on trouve des phyllades et des micaschistes et parfois des marbres (Bouillin, 1977).

Vers le Nord, et dans le secteur d'étude, la série des calcschistes à séricite se fond dans l'ensemble des micaschistes par des bancs calcaires riche en amygdales de quartz dans les schistes à séricite.

#### 3.2.2. Série des flyschs :

D'après la carte géologique de Bouillin (1979) au 1/200000<sup>ème</sup> de la Kabylie de Collo et d'El Milia, la série des flyschs dans le secteur d'étude fait partie des flyschs maurétaniens médians du substratum de la série des Achaïches (**Figure 12**) qui affleurent entre M<sup>at</sup> Amrioune et Boujadoun, sous forme de puissantes séries qui atteignent plusieurs centaines de mètres. Il s'agit des formations Tithoniques de l'unité supérieure (Durand Delga, 1955) et dont la composition est variable du Nord au Sud :

- Au Nord ; la série comporte des grés verdâtres et quartz sous les micaschistes, surmonté par des schistes calcaires jaunâtres, grisâtres ou verdâtres, intercalés par des calcaires à grains fins, dure, à patine ocre, rosé ou brune et gris à la cassure (**figure 13, 14**).

Juste à côté de ces calcaires, on trouve des calcschistes sous forme de bancs décimétriques de couleur grise, et devient brunâtres, verdâtres à la patine à proximité de l'intrusion magmatique. Ces calcschistes sont très riches en quartz, calcite (boudinage) et en oxydes de fer. Ils contiennent des *Calpionella alpina* et *C. elliptica*, radiolaires calcitisés, étirés suivant la schistosité, des globochat, ce qui confirme d'un niveau plus élevé du Tithonique (passage du

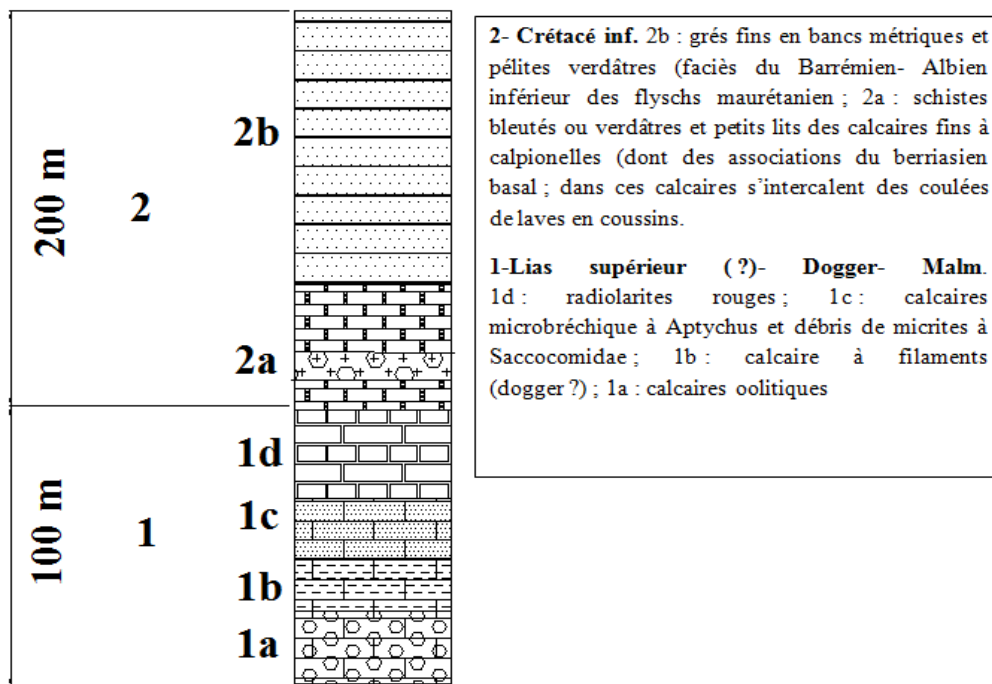
Berriasien) (Durand Delga, 1955). Selon Bouillin, 1977, l'âge de ces formations est du Lias-Néocomien (**Figure 13, 15**).

Ces calcschistes sont altérés, épimétamorphisés et assez fracturés et plissés. Les fractures sont remplies par la calcite et par l'hématite.

- Vers le Sud, il s'agit des formations du crétacé inférieur (Néocomien-Barrémien) (Bouillin, 1977) ou du Lias supérieur (Durand Delga, 1955), ils comprennent des alternances de bancs de calcaires marneux en lentilles, et des marnes argileuses schisteuses assez altérés et friables dont l'épaisseur est d'ordre décimétrique à métrique (10-60 cm pour les calcaires marneux et plus de 2 m pour les marnes argileuses) (**figure 13, 16**).

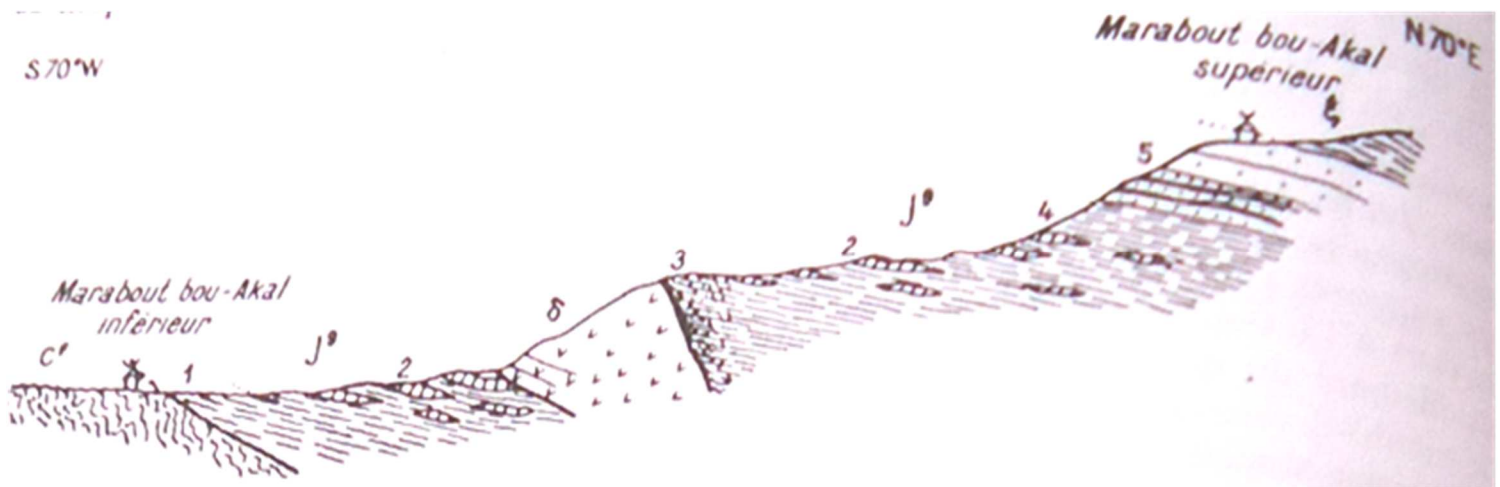
Ces derniers sont fracturés. Les bancs calcaires sont discontinus ce qui leur confère un aspect en lentilles (Durand Delga, 1955). Ces formations contiennent des Aptychus et des débris de Bélemnites, ils sont parcourus par des veines remplies de calcite.

Près de tunnel de l'ancienne voie ferrée de la M<sup>at</sup> Amrioune et sur 50m de part et d'autre de l'intrusion magmatique, ces matériaux deviennent épimétamorphisés, altérés, oxydés et friable ce qui les rend difficilement reconnaissables, les bancs de calcaires marneux apparaissent moins épais (**figure 17**).



**Figure 12 :** Colonne stratigraphique schématique de la partie supérieure de la série des Achaïches (Bouillin, 1977)





**Figure 13:** coupe du Jurassique supérieure du Mouled- Demamene. (Durand Delga, 1955).

L'unité supérieure (nappe bordière) montre, sous les micaschistes ( $\xi$ ), le Tithonique ( $J^{\circ}$ ) où l'on distingue :

- 1, schistes verts ;
- 2, schistes calcareux avec calcaires à Calpionelles ;
- 3, schistes grumeleux froissés ;
- 4, schistes verdâtres avec lentilles comme 2 ;
- 5, grés
- $\delta$ , dolérite intrusives

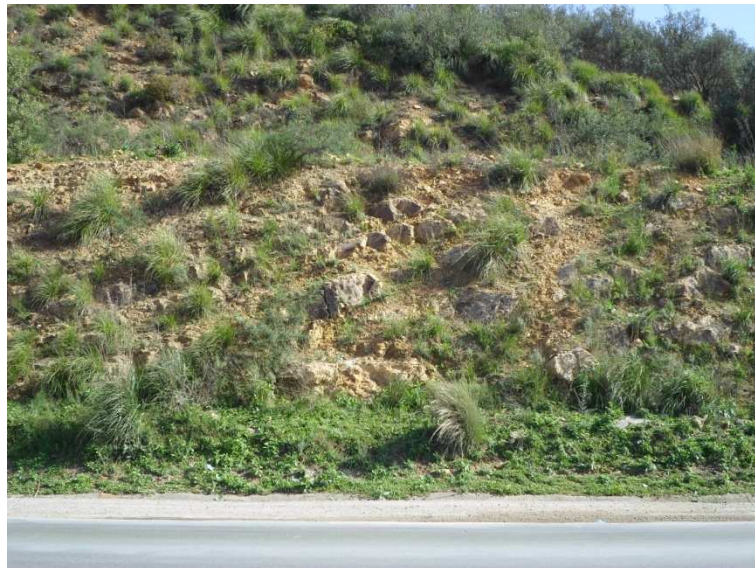


**Figure 14:** schistes calcaires brunâtres intercalés par des calcaires à grains fins





**Figure 15:** calcschistes à quartz et schiste satinés jaunâtre



**Figure 16:** Tithonique, schistes calcaires et lentilles calcaires.





**Figure 17:** calcschistes altérés et épimétamorphisés à proximité du dyke.

### 3.2.3. Géologie du dyke basique :

Ces importantes intrusions se rencontrent au sud d'El Milia, dans des assises paléozoïques, Jurassiques ou Crétacé, ils sont représentés par les intrusions basiques de nature doléritique (roches vertes de Moul Ed Demamene).

Dans notre cas, ce sont les roches magmatiques en dyke à la M<sup>at</sup> Amrioune (écailles inférieures du Moul Ed Demamene).

Ce dyke magmatique de nature basique a une puissance de  $6 \pm 0.5$ m et a une direction N0°E et un pendage de 40 à 60° vers l-Ouest. Il devient légèrement oblique vers le sommet et s'injecté dans le Tithonique (flyschs maurétaniens médianes) (**Figure 18**)

Ce dyke parfois oxydé est de couleur violacé et brun à la patine et verdâtre à grisâtre à la cassure.

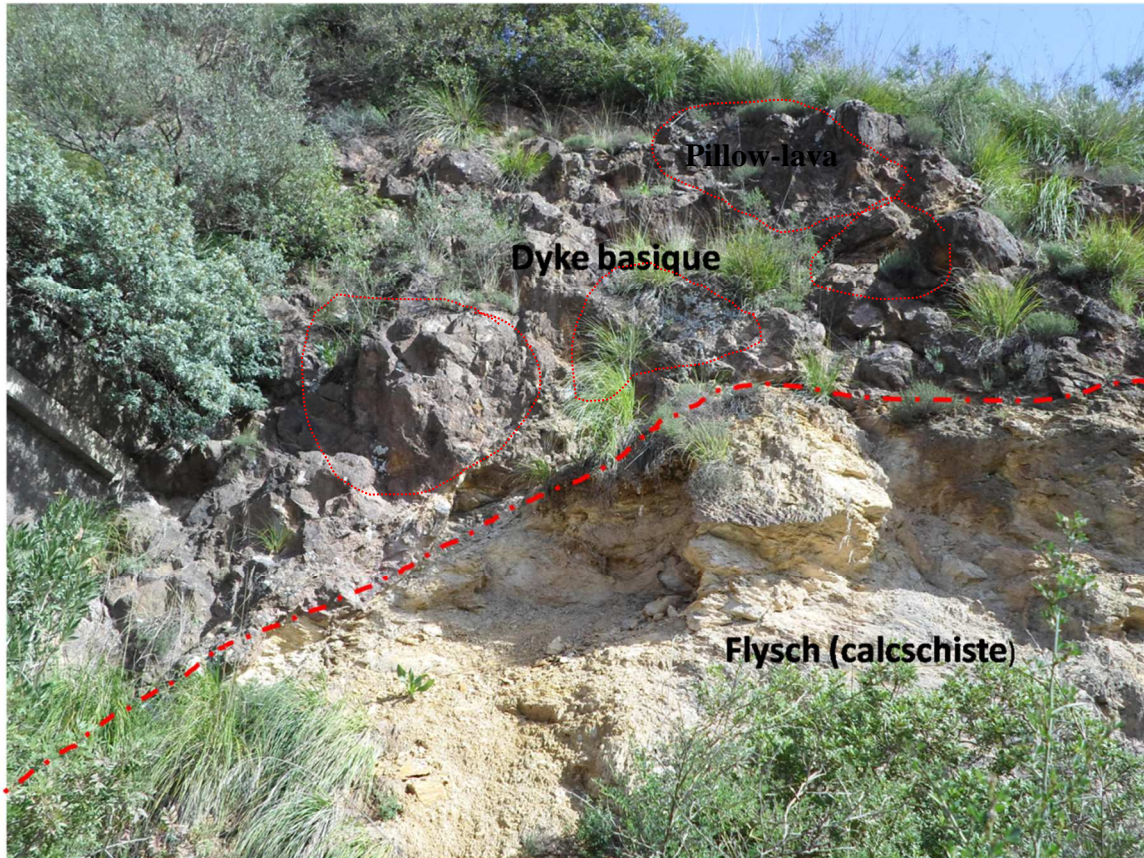
Plus haut, on remarque des boules de roches de diamètre métrique intégrées dans le dyke, pour certains auteurs (Bouillin, 1977), ce sont des pillow-lavas.

Au point de contact avec l'intrusion magmatique, les flyschs schisto- gréseux devient épimétamorphisés.

#### 3.2.3.1. Situation :

Les roches vertes de Moul Ed Damamene forment deux groupes d'affleurements ; le premier septentrional et le second méridional.

L'affleurement des roches vertes et violacées de la M<sup>at</sup> Amrioune, fait partie du groupe septentrional, il affleure sur la rive droite de l'Oued El Kabir, près de la route nationale N°27 qui relie Constantine à El Milia, près de l'ancien tunnel de la voie ferrée (**Figure 11**).



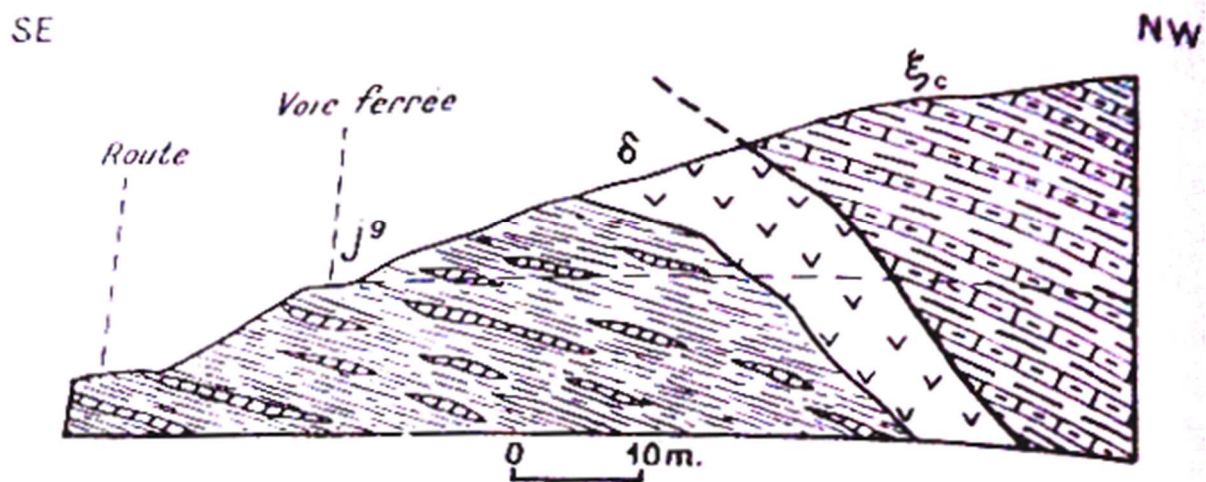
**Figure18** : Dyke basique intruse dans les calcschistes à la M<sup>at</sup> Amrioune.

### 3.2.3.2. Age :

Toutes les roches du Moul Ed-Demamene sont intrusives. A la M<sup>at</sup> Amrioune, selon les données de terrain, le dyke traverse le Tithonique, et il est donc post-Jurassique (**Figure 19**).

Dans d'autres endroits du massif de Moul Ed Demamene, certains amas inclus dans le Berriasien de la formation de Boukerdeche et présentent des roches effusives en relation avec les radiolarites qui sont coulées sous de l'un de ces venues (Durand Delga, 1971), qui sont intercalées dans le Berriasien de la sorte l'âge Berriasien de ces venues doléritiques qui sont en relation avec les roches grenus injectées en sill dans le Lias de série des achaïches (Bouillin, 1978).





**Figure 19:** Les roches vertes de Moul Ed- Demamene, à la M<sup>at</sup> Amrioune, à l'entrée Sud du tunnel ((Durand Delga, 1955).

$\xi_c$ , calcschiste à quartz et schiste satinés jaunâtre ;  $\delta$ , roches vertes intrusives ;  $J^9$ , Tithonique, schistes calcaires à lentilles calcaires.

### 3.3. Conclusion :

Les principales particularités géologiques déterminées à la M<sup>at</sup> Amrioune et à la zone de Bellara, sont comme suit :

- A M<sup>at</sup> Amrioune :
  - Le socle est représenté par des calcschistes à séricite et des micaschistes ;
  - les flyschs font partie des flyschs maurétaniens médians, et comprennent des calcschistes et des grès (matériel schisto-gréseux) d'âge Thitonique. Ces formations sont épimétamorphisées à proximité du dyke magmatique de nature basique. Ce dyke, injecté dans le Thitonique, est constitué par des roches vertes et violacées, son âge est post Tithonique (Berriasien).
- A Bellara :
  - L'OMK à matériel marno-argileux alterne avec les grès micacés ;
  - Les flyschs Numidiens à matériel bréchiq (éléments gréseuses et siliceuses à matrice sableu-argileuse)
  - le Trias est caractérisé par des argiles bariolées, es gypses et des cargneules ;

- Les roches magmatiques consistent d'une part en microgranites du Miocène occupant de vastes surfaces de la région d'étude et d'autre part l'affleurement des roches basiques (prés de M<sup>at</sup> Cherfa) qui sont remontées à la surface par le Trias et traversées les formations d'Oligo-Miocène Kabyle et les grés numidiens.

# Chapitre 04

## **Pétrographie**

#### 4. Etude pétrographique :

L'étude pétrographique des roches magmatiques basiques a été réalisée grâce à un microscope métallographique, l'examen des lames minces se fait par lumière transmise, alors que l'examen des sections polies se fait par lumière réfléchie. La section polie ou la lame mince étant placée sur la platine du microscope, l'étude commencera par un examen en lumière dite « naturelle », c'est-à-dire avec interposition d'un seul polariseur sur le trajet du faisceau lumineux. Après avoir épuisé les ressources de cette première phase d'étude, on passera à l'examen en lumière dite « polarisée », c'est-à-dire avec interposition de deux polariseurs à 90° (ou avec deux polariseurs légèrement décroisés). D'après leurs caractéristiques microscopiques en lumière naturelle et en lumière polarisée on déterminera les différents phases minéralogiques constitués les roches question.

##### 4.1. Affleurement de Bellara :

###### 4.1.1. Description macroscopique :

La roche est massive, compacte, de couleur vert claire avec des taches jaunâtres à vert foncé, elle est à grains fins, sa texture est microlitique et elle est traversé par un réseau de veines.

Du point de vue minéralogique, les minéraux primaires, vu leurs tailles ne sont pas observables à l'œil nu, alors que les minéraux secondaires (quartz, calcite, épidote et hématite), qui remplissent les différentes générations de veines, plus grossiers, y sont facilement observables. Ces veines correspondent à des structures de remplacement, ce qui confère à la roche un aspect bréchique.

Dans certains endroits de l'affleurement, notamment sa partie haute, les échantillons sont plus altérés, plus friables et de couleur jaunâtre.

###### 4.1.2. Description microscopique :

Au microscope, la roche présente une texture intergranulaire et microlitique dont les principaux minéraux sont : plagioclases en lattes sous forme de phénocristaux et de cristaux beaucoup plus fins, pyroxènes enrobés dans une pâte magmatique constituée par des microlites de plagioclases. Localement sous l'effet important de l'altération, seule la forme du plagioclase est reconnaissable et ce dernier apparait en fantôme.

Les minéraux secondaires, sont représentés par les minéraux de remplissage des veines et par les minéraux d'altération :

Les minéraux d'altération des minéraux primaires (pyroxène, plagioclase) sont le chlorite, l'épidote, albite et les minéraux opaques.

Les veines qui recoupent la roche sont constituées de calcite et/ ou de quartz et minéraux opaques.

Les minéraux opaques, comprennent surtout l'hématite mais aussi la chalcoppyrite, la pyrite, la magnétite, et l'ilménite en exsolution lamellaire dans la magnétite.

#### 4.1.2.1. Les minéraux primaires :

##### - Plagioclase :

Les plagioclases se présentent sous forme des lattes (**Figure 20**):

- En phénocristaux, dont la taille dépasse 1mm, et altéré ;
- Sous forme des lattes dont la taille est inférieure à 0.15mm, parfois il ne subsiste que des fantômes de ces plagioclases dans la pâte magmatique.

Ces plagioclases s'altèrent en albite (albitisation), ce qui confirmé par les spectres des diffractions par rayon X (**Voir annexe III**)

##### - Pyroxène :

Le pyroxène est de forme automorphe dont la taille est comprise entre 0.20 mm et 1.6 mm (**Figure 21, 22**), ces pyroxène s'altèrent en chlorite, les spectres des diffractions par rayon X montrent l'abondance de ces roches en clinopyroxène (diopside). (**Voir annexe III**)

#### 4.1.2.2. Les minéraux secondaires :

Les minéraux secondaires comprennent les minéraux d'altération et les minéraux opaques :

##### - Les minéraux d'altération :

###### • Calcite :

Elle est représentée par des cristaux automorphes marqués par deux directions de clivage, ces calcites remplissent les microfissures et les veines de la roche qui font environ 1mm de largeur (**Figure 26**).

###### • Quartz :

Il est associé ou non avec la calcite, il est automorphe et remplit aussi les veines de la roche de ce dyke (**Figure 26**).

###### • Épidote :

L'épidote présente des couleurs vives donnant le manteau d'arlequin très caractéristique de la pistachite.



L'épidote existe sous plusieurs formes ; soit elle occupe les micros veines seule ou associée à d'autres minéraux secondaires, soit elle occupe les interstices entre les minéraux de plagioclases, soit en minéraux xénomorphes. L'épidote est un produit de l'altération des plagioclases (épidotisation) (**Figure 23**).

- **Chlorite :**

Elle est de couleur verte, c'est un minéral secondaire, produit de l'altération du pyroxène et du plagioclase, elle apparaît aussi sous plusieurs formes ; soit dans la pâte magmatique qui devient entièrement verdâtre, soit sous forme des taches dispersés, associés ou non avec l'épidote, soit sous forme de minéraux chloritisés, elle occupe les micros veines en association à d'autre minéraux de remplissage (**Figure 23, 24, 25**).

- **Les minéraux opaques :**

- **Chalcopyrite :**

Elle est représentée sous forme des grains xénomorphes, subautomorphes ou sous forme de plages allongés de couleur jaune vif, elle présente un pouvoir réflecteur assez élevé, la taille du plus gros grain dans ma section est de 0.66 mm, l'anisotropie est nette dans les teintes gris verdâtres (**Figure 30**).

- **Pyrite :**

Il s'agit de grains subautomorphes de couleur jaune très claire, à pouvoir réflecteur très élevé, en lumière polarisée analysée (LPA), le minéral est isotrope (**Figure 31**).

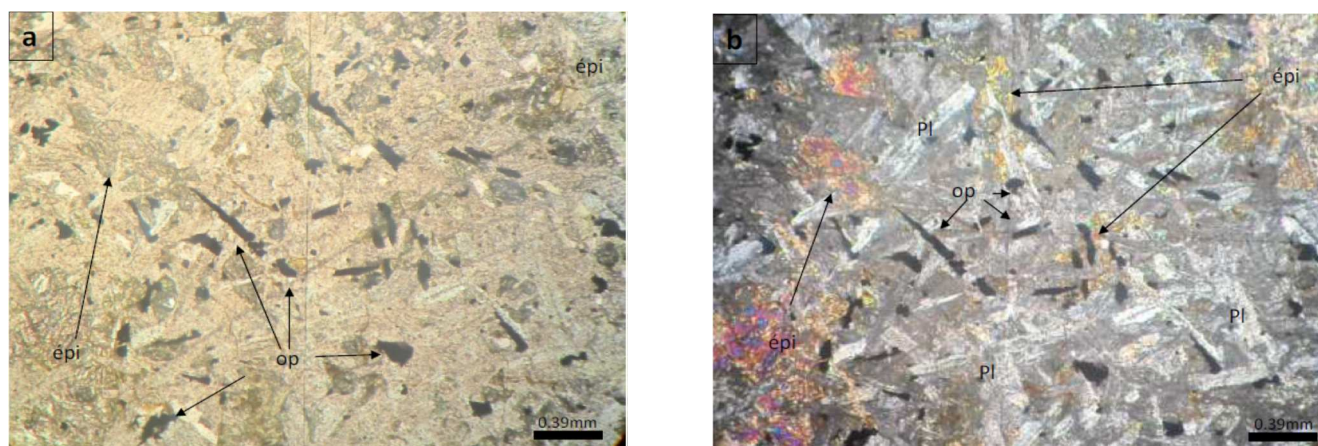
- **Hématite :**

La couleur de l'hématite est blanche à blanc-grise elle présente un pouvoir réflecteur moyen, en LPA, l'hématite présente une anisotropie très nette dans les teintes gris verdâtre à brunâtre avec des réflexions internes fréquentes. Sa structure est soit lamellaire (**Figure 29**), c'est l'hématite qui se développe sur les minéraux de la phase primaire et dont la taille peut attendre 1.46 mm, soit secondaire, on la trouve dans les veines et les microfissures de la roche en association avec la calcite et le quartz, l'épidote.

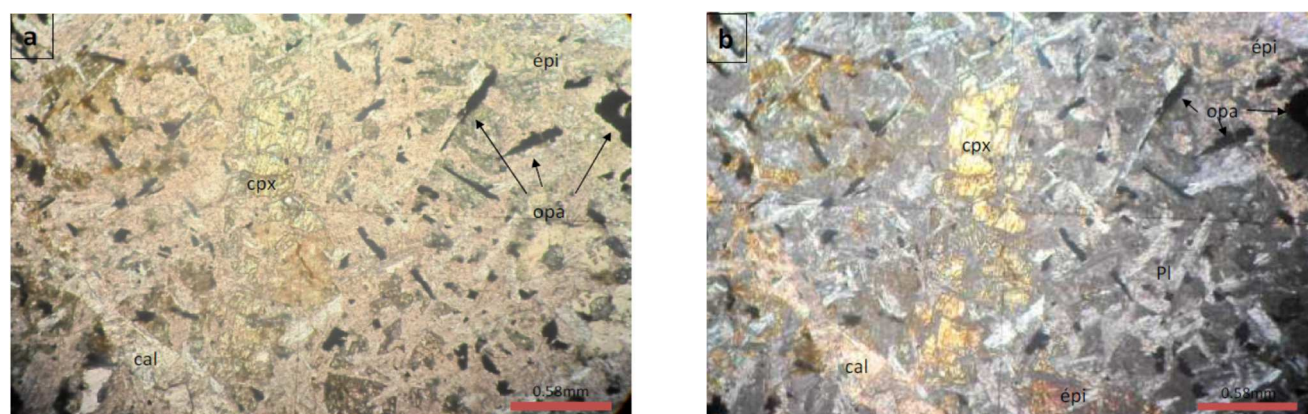
- **Magnétite :**

Sa structure est xénomorphe, elle est de couleur grise avec un point de brunâtre, son pouvoir réflecteur est faible, le minéral est isotrope (**Figure 32, 33**).

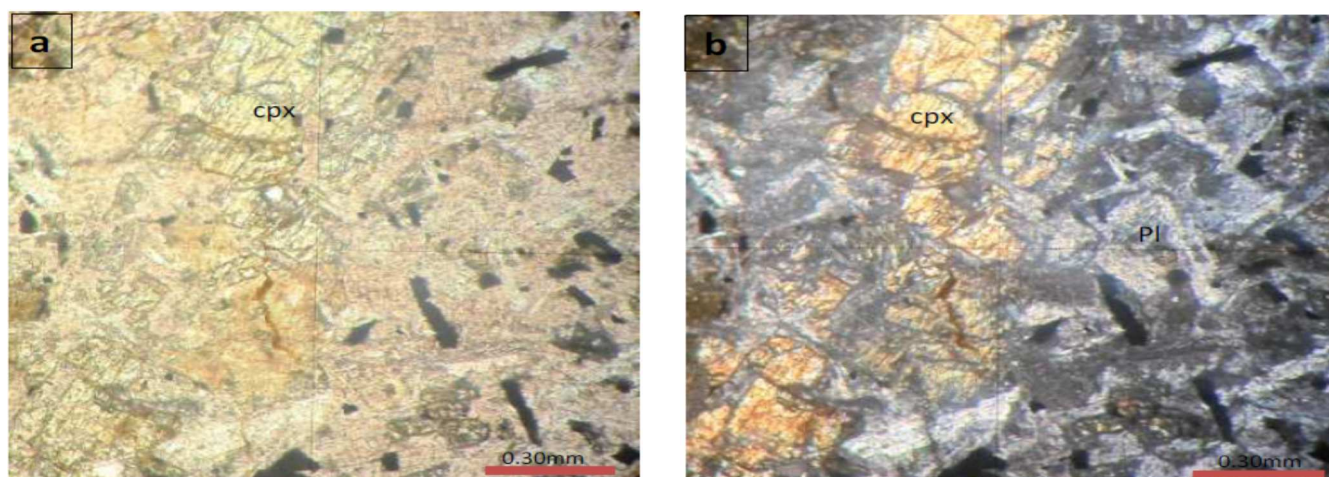
Elle présente souvent des exolutions lamellaires d'ilménite qui apparaissent grises avec un point de brunâtre très nette. L'ilménite est plus brune que la magnétite et son pouvoir réflecteur est plus faible (**Figure 34**).



**Figure 20:** Lame mince BL 6 : phénocristaux de plagioclases altérés, de clinopyroxènes, d'épidote et des minéraux opaques, a) en lumière naturelle b) en lumière polarisée.

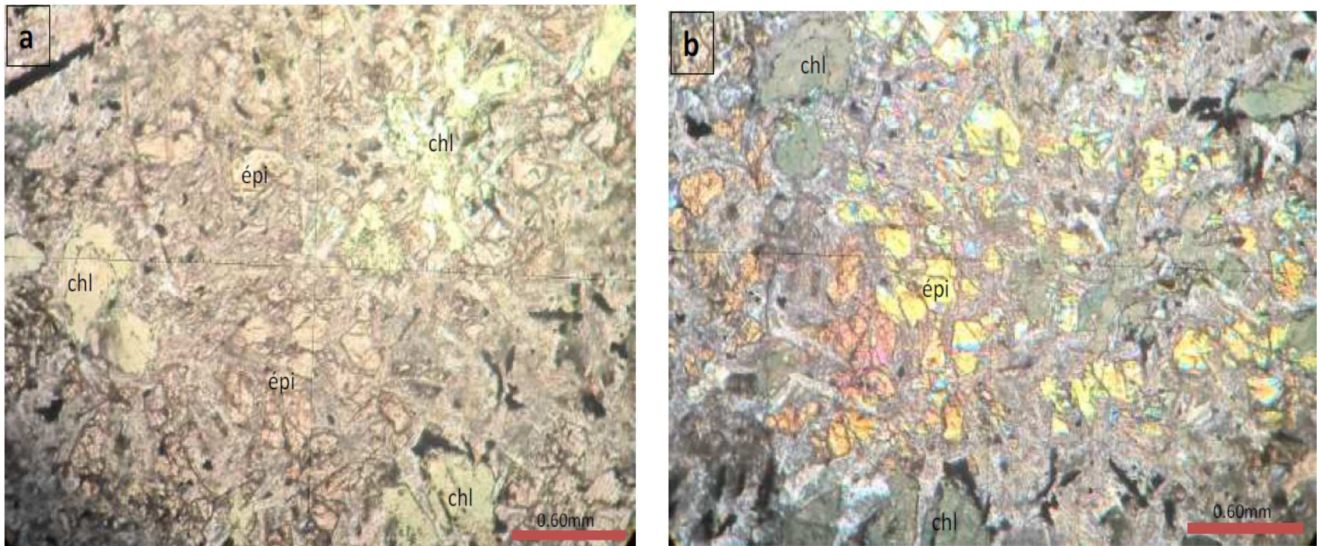


**Figure 21:** Lame mince BL 6 : phénocristaux de plagioclases altérés et un phénocristal de clinopyroxène qui apparaît au centre de la lame en section allongé subautomorphe et des minéraux opaques. a) en lumière naturelle b) en lumière polarisée

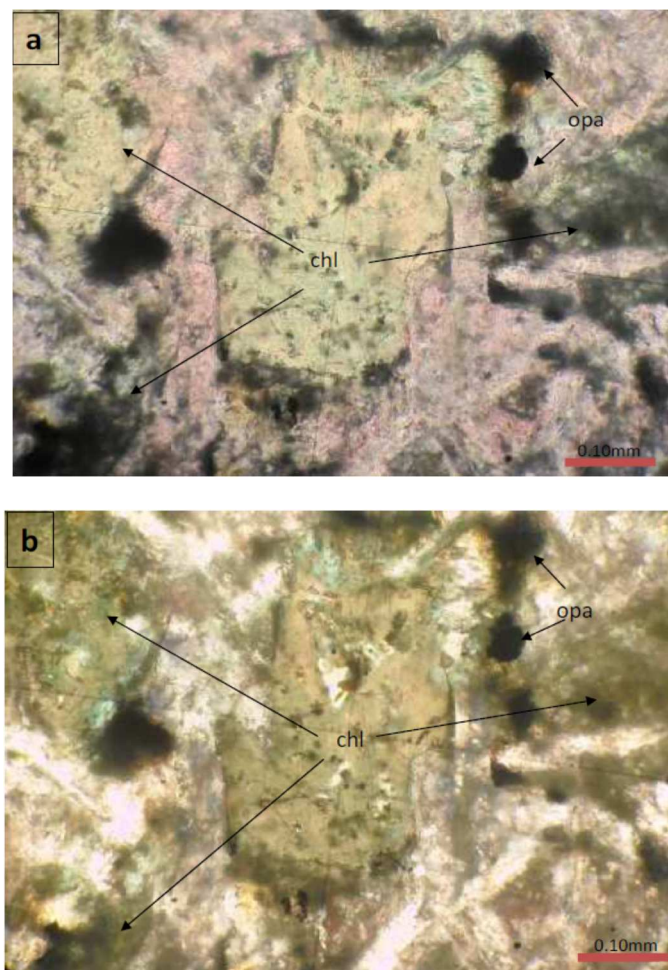


**Figure 22 :** Lame mince BL 6 phénocristaux de plagioclases altérés et un phénocristal de clinopyroxène et des minéraux opaques a) en lumière naturelle b) en lumière polarisée,



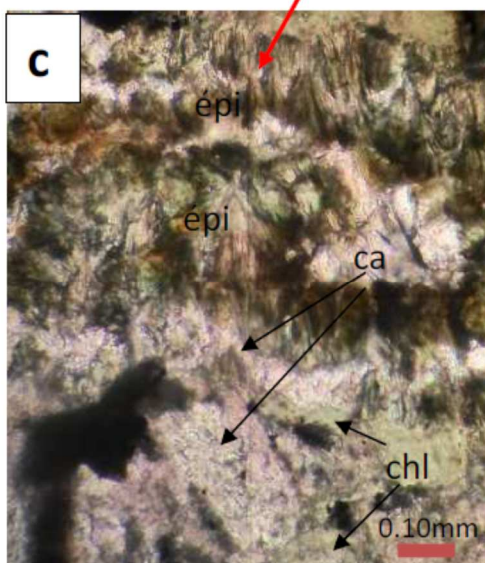
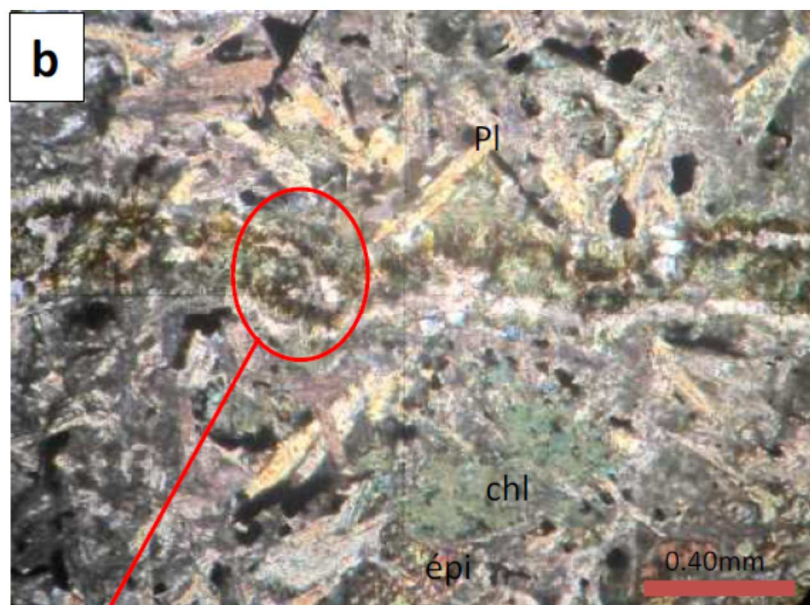
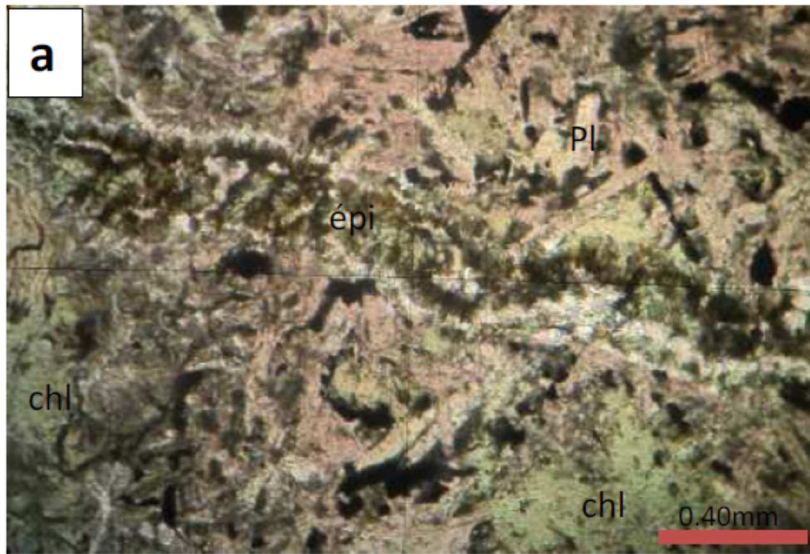


**Figure 23 :** Lame mince BL 4 : Minéraux d'épidote présentant des cassures Courbes, chlorites vertes. a) en lumière naturelle b) en lumière polarisée

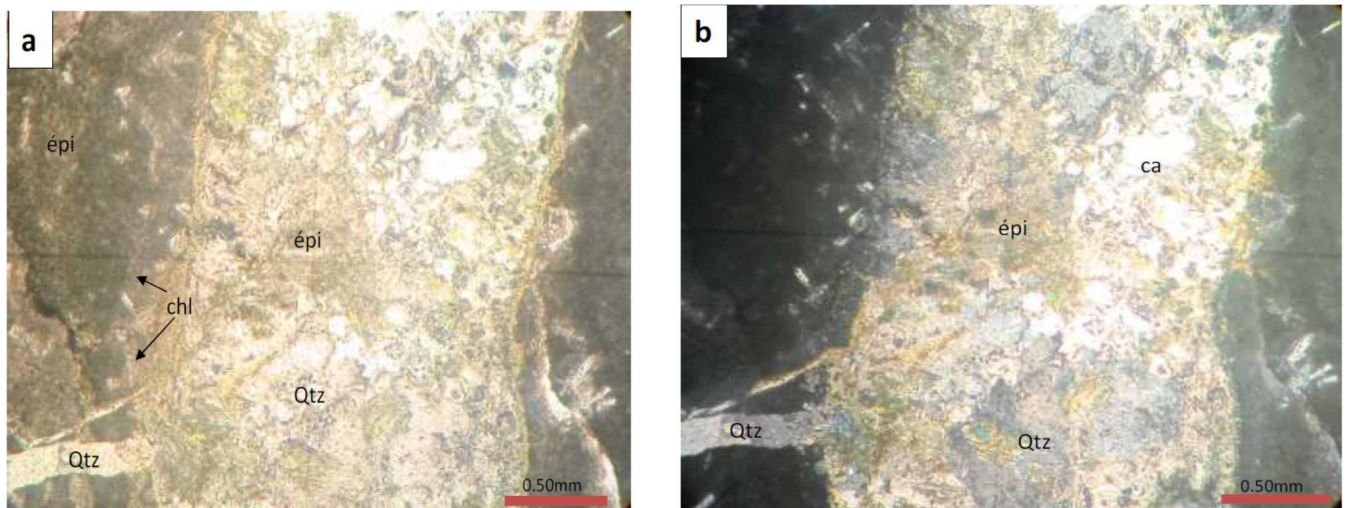


**Figure 24 :** Lame mince BL 4 : Minéraux de chlorite de couleur verte, phénocristal de clinopyroxène chloritisé. a) en lumière naturelle b) en lumière polarisée

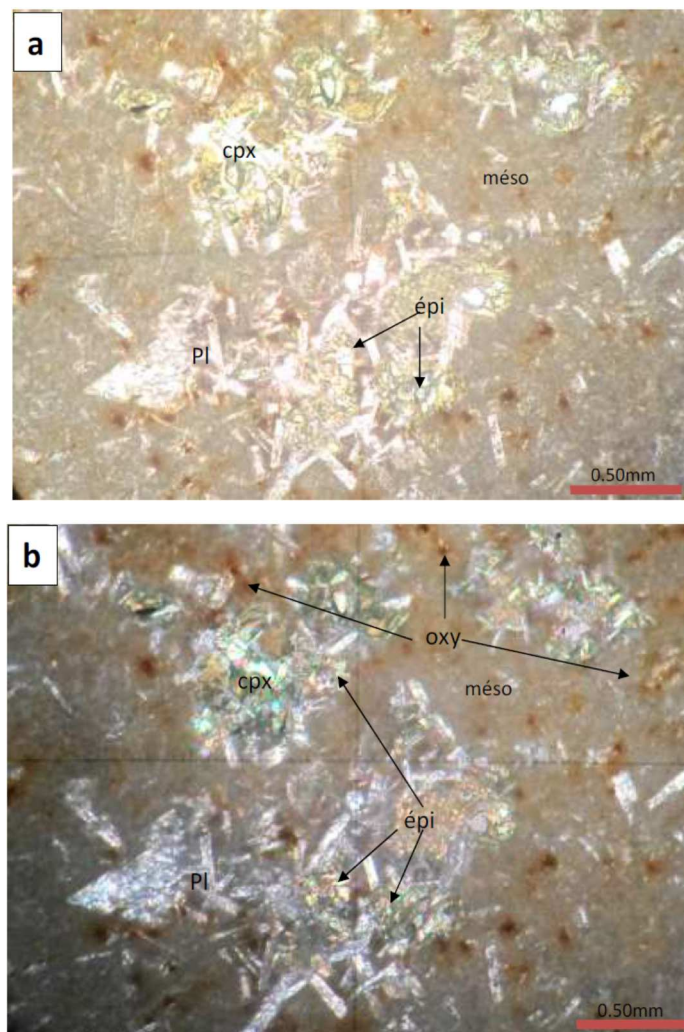




**Figure 25 :** Lame mince BL4 les minéraux d'épidotes, de calcite et de chlorite remplissent les micros veines. a) en lumière naturelle(b) et (c)en lumière polarisée

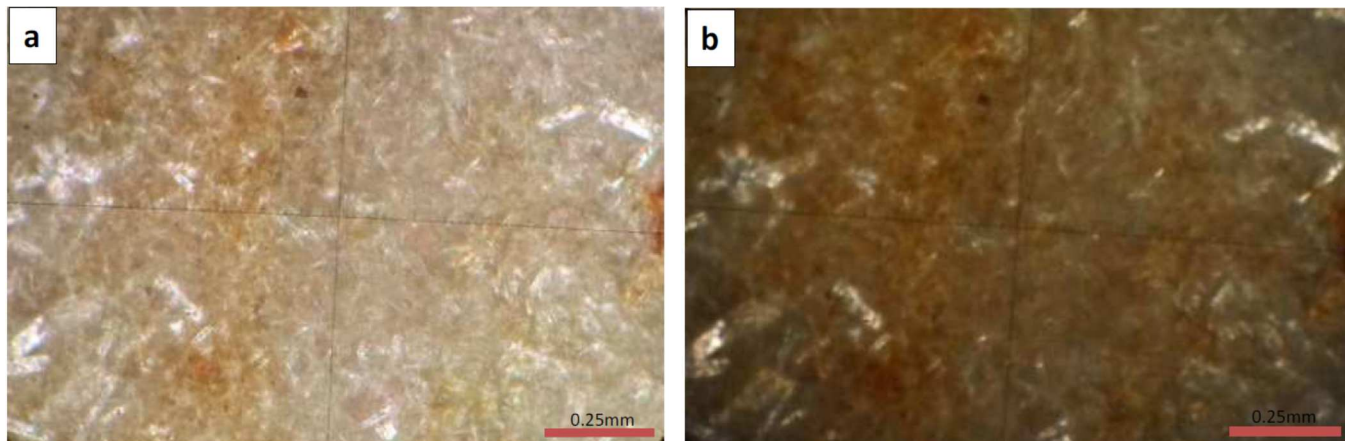


**Figure 26:** Lame mince BL 5, Veines remplies de quartz, calcite, épidote et minéraux opaques, a) en lumière naturelle b) en lumière polarisé

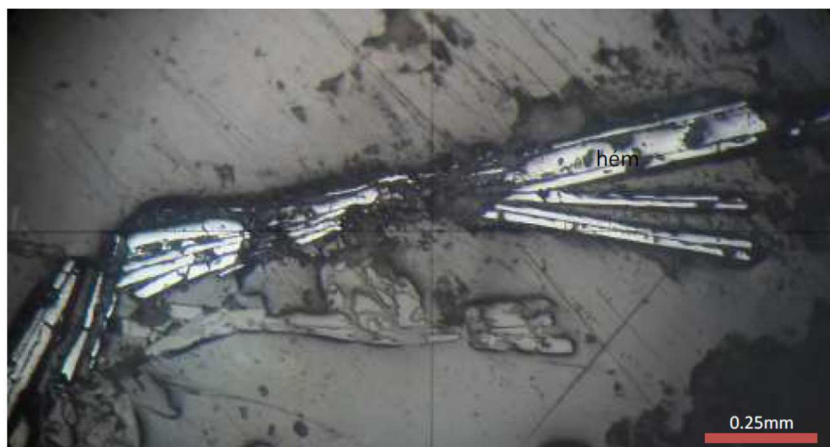
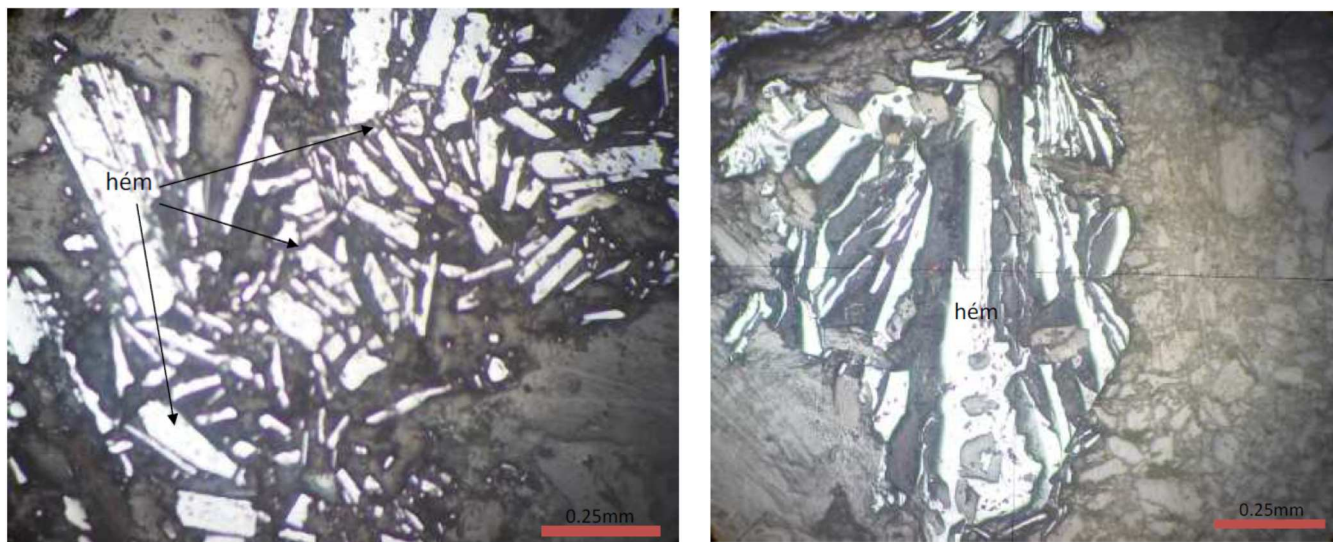


**Figure 27:** Lame mince d BL 2, phénocristaux de plagioclase en lattes, clinopyroxènes, chlorites, épidote a) en lumière naturelle b) en lumière polarisée

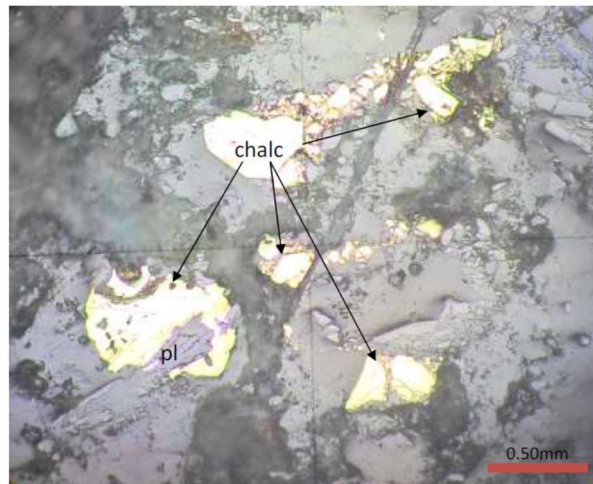




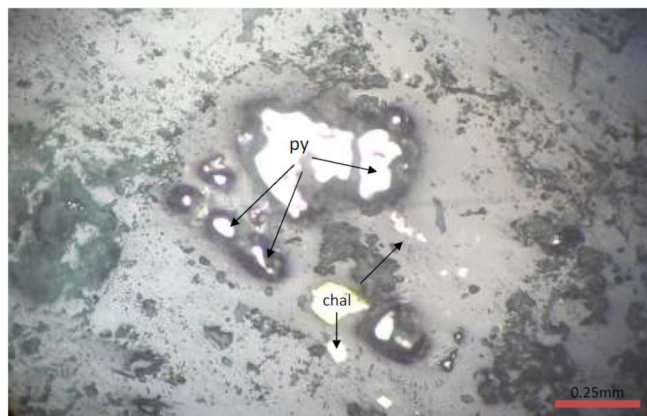
**Figure 28:** Lame mince BL 2, ici la roche est entièrement altérée, il ne reste que des fantômes des minéraux primaires parfois de plagioclases en lattes. La roche prend les teintes de l'oxydation (rouge) et de la chloritisation (couleurs verdâtres), a) en lumière naturelle b) en lumière polarisée



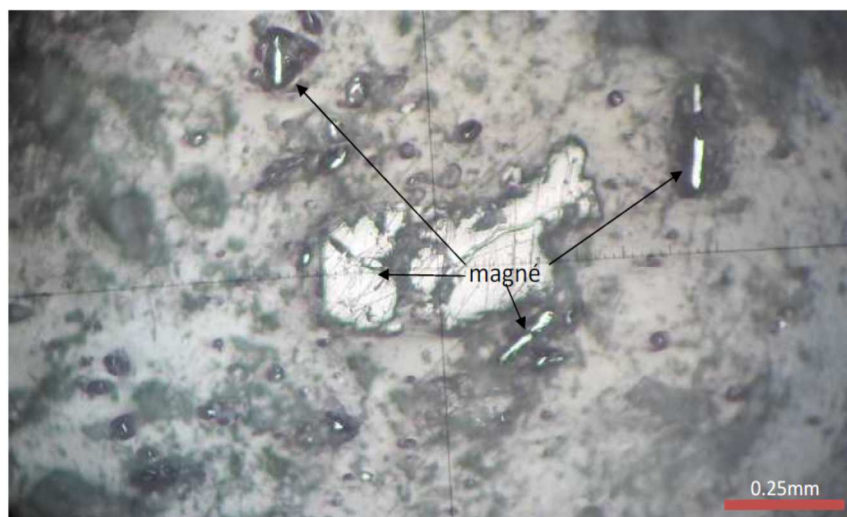
**Figure 29 :** Section polie BL5, BL4 : hématite en structure lamellaire



**Figure 30:** Section polie BL 4 : Chalcopirite de forme xénomorphe et subautomorphe.

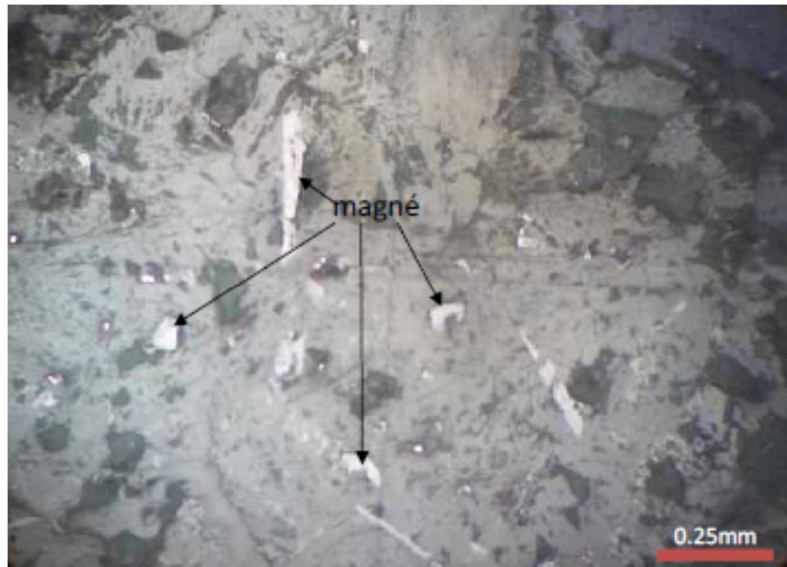


**Figure 31 :** Section polie BL 4 en lumière naturelle, présence de la pyrite en structure xénomorphe.



**Figure 32:** Section polie BL 4 : Magnétite en structure xénomorphe.





**Figure 33:** Section polie BL6 Magnétite en structure xénomorphe



**Figure 34:** Section polie BL6, Exolutions lamellaires d'ilménite dans la magnétite



## 4.2. Dyke d'Amrioune :

### 4.2.1. Description macroscopique :

C'est une roche massive, compacte, brunâtre dans l'ensemble et en certains endroits verdâtres et grisâtres, elle est à grains très fins et sa texture est microlitique. Le dyke est traversé par un réseau de veines qui sont soit parallèles les unes les autres et remplis par la calcite (épaisseur  $\leq 2\text{mm}$ ) et le quartz (épaisseur  $\leq 4\text{mm}$ ), soit de directions quelconques, remplies par les minéraux opaques, généralement l'hématite et les oxydes de fer.

L'oxydation est observable dans l'ensemble de la roche du dyke en général ce qui confère à la roche une couleur rouille.

Du point de vue minéralogique, il s'agit des microlites de plagioclases, et de pyroxène qui baignent dans une pâte altérée et de minéraux secondaires comprennent les minéraux opaques (hématite) et de minéraux d'altération (calcite, quartz chlorite et épidote).

### 4.2.2. Description microscopique :

Microscopiquement, la roche présente une texture doléritique intergranulaire et microlitique par les minéraux de plagioclases et pyroxène.

Les minéraux secondaires sont représentés par les minéraux de remplissage de veines et les microfissures (la calcite, le quartz, les oxydes fer (hématite)), et les minéraux d'altération, chlorite et épidote)

Les minéraux opaques comprennent l'hématite, la magnétite, l'ilménite et d'autres oxydes de fer non déterminés.

#### 4.2.2.1. Les minéraux primaires :

##### - Plagioclase :

Le plagioclase forme de lattes sub-automorphes, jointives dans l'ensemble, leurs tailles varient de 0.6 mm à 1.0 mm.

Ces plagioclases sont altérés en albite et en calcite, en effet on observe des phénomènes de calcitisation, albitisation. Les analyses à la diffraction X par la suite confirmeront l'existence de ces minéraux de calcite et albite (**Figure 35**). (**Annexe III**)

**- Pyroxène :**

Le pyroxène est confondu avec l'épidote dont la taille est plus petite (**Figure 35**), certains pyroxènes sont en phénocristaux automorphe et sont entièrement chloritisés, les Spectres des diffractions par rayon X montrent l'existence du clinopyroxène (diopside), ainsi l'abondance des chlorites, minéraux produit de l'altération des ferromagnésiens, reflètent l'existence des pyroxènes. (**Voir annexe III**)

**4.2.2.2. Les minéraux secondaires :**

Les minéraux secondaires comprennent les minéraux d'altération et les minéraux opaques :

**- Les minéraux d'altération :****• Quartz :**

Il occupe les micros fissures en association ou non avec la calcite et les minéraux opaques (hématite). Le quartz est automorphe. L'épaisseur des veines remplis par le quartz atteint parfois 0.5 cm (**Figure 36**).

**• Calcite :**

Elle est représentée par des cristaux automorphes marqués par deux directions de clivages, ces calcites remplissent les microfissures et les veines de la roche en association ou non avec l'hématite, les autres oxydes de fer et le quartz. Ces microfissures font environ 0.6mm de largeur (**Figure 37**).

**• Epidote :**

Elle présente la même forme que celle de la roche de Bellara. Elle est dispersée dans les interstices ou occupe les veines et les micros fissures de la roche en association ou non aux autres minéraux secondaires. On note que dans certains cas, les veines oxydées contiennent des minéraux de forme hexagonale, de couleur brunâtre et de taille qui dépasse 1.7 mm. Les épidotes remplissent les veines ainsi que l'intérieur du minéral (**Figure 38, 39**).

**• Chlorite :**

Elle est peu abondante, comparativement à Bellara. On la trouve soit sous forme de taches dans l'ensemble de la roche magmatique ou dans les micros veines associés au quartz et/ou à l'épidote et à la calcite (**Figure 40**),

- **Les oxydes de fer :**

Ils sont très abondants dans la roche, de couleur marron et brune, on les observe dans les veines et dans la pâte magmatique ce qui donne à la roche la couleur brun et violacé (**Figure 40**).

- **Les minéraux opaques :**

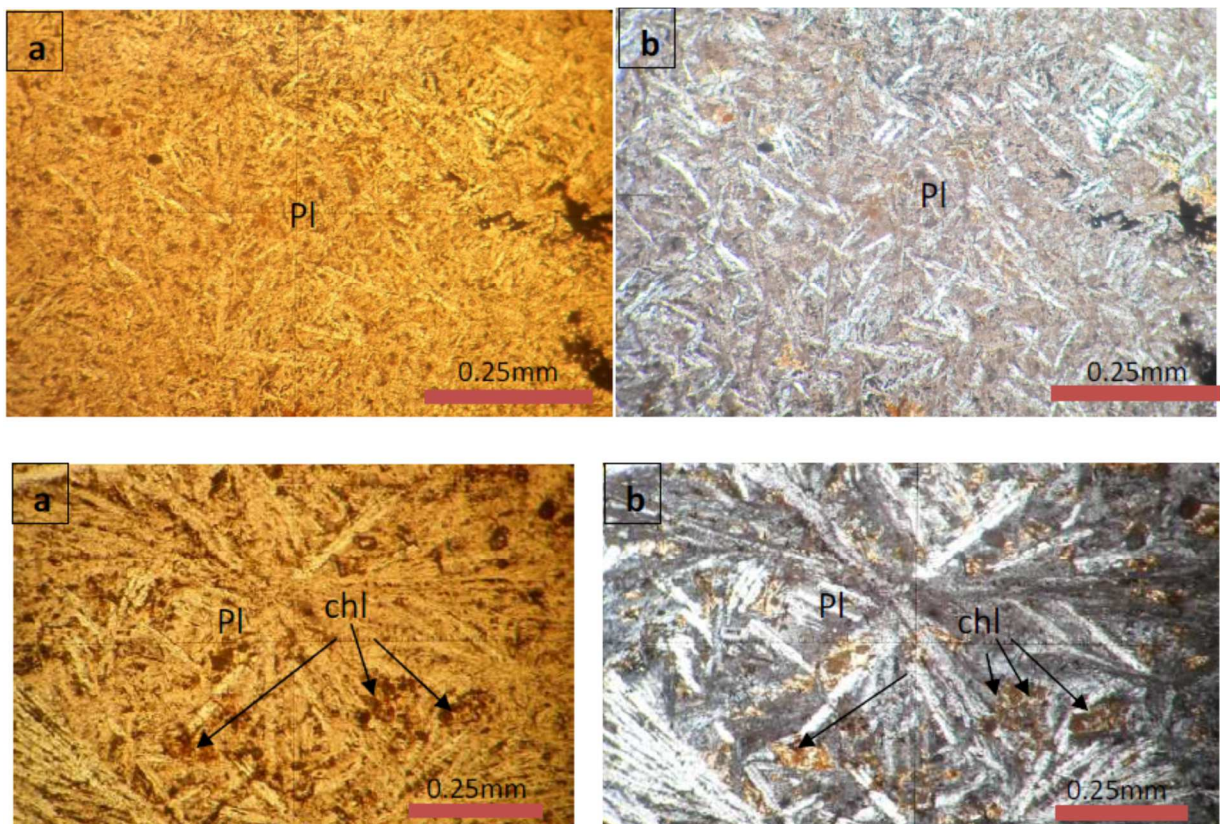
- **L'hématite :**

Elle se présente sous trois formes : en forme des plages xénomorphes, sous forme lamellaires, ou en veines avec l'association : calcite et du quartz (**Figure 41**).

En lumière naturelle, elle est de couleur blanche à blanc gris, elle présente une anisotropie nette. En **LPA**, elle présente des teintes d'anisotropie gris verdâtres à brunâtre.

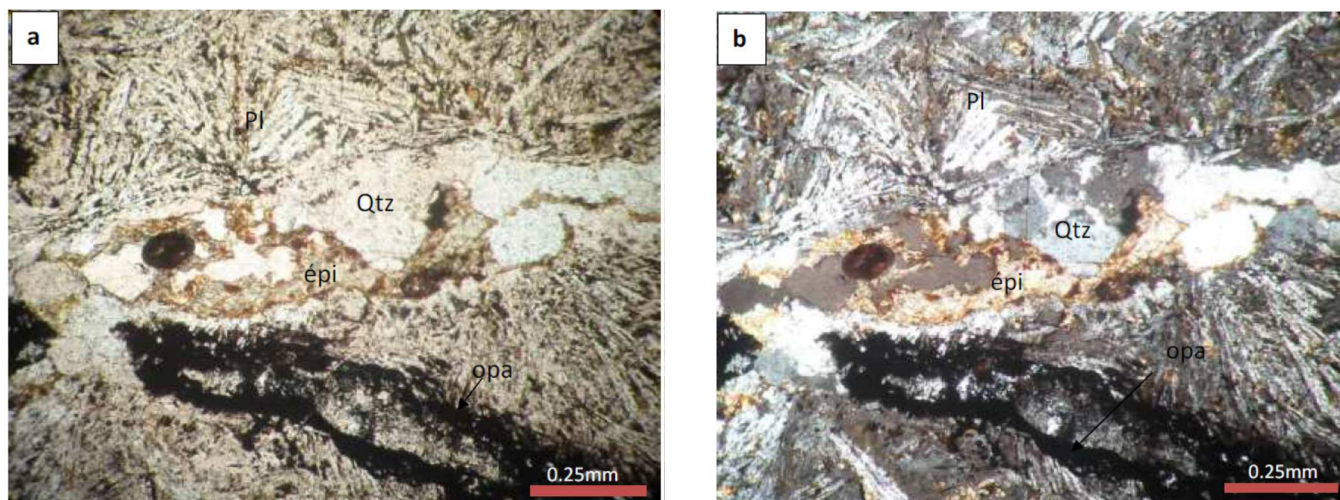
- **Magnétite :**

Elle est de couleur grise avec un point de brunâtre, automorphe à sub-automorphe, son pouvoir réflecteur est faible. En **LPA**, elle est isotrope et peu abondant par rapport à l'hématite.



**Figure 35:** Lame mince AM 12, minéraux de plagioclases altérés en albite et des minéraux opaques, a) en lumière naturelle b) en lumière polarisée.

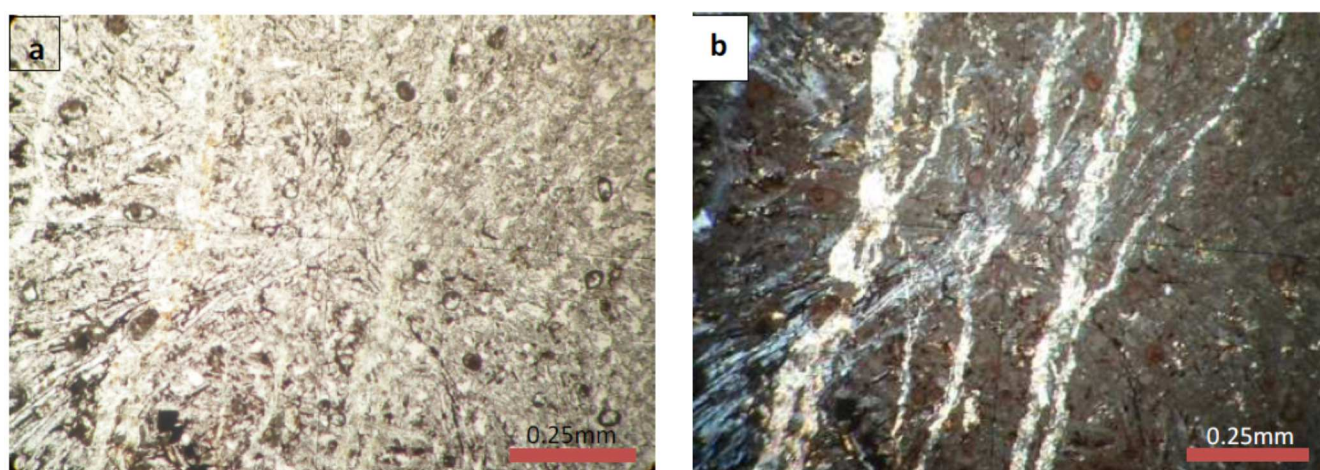




**Figure 36 :** Lame mince AM 9 Veines remplies par quartz, épidote et minéraux opaques, a) en lumière naturelle b) en lumière polarisée.

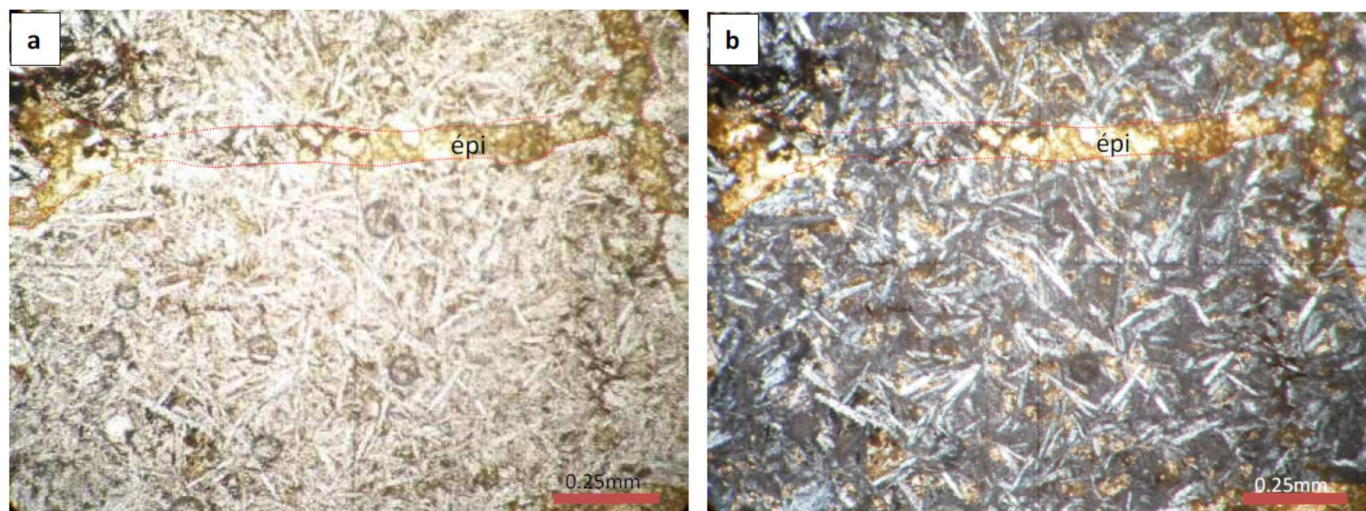


**Figure 37:** Lame mince AM 9.Veine remplie par la calcite. (En lumière polarisée)

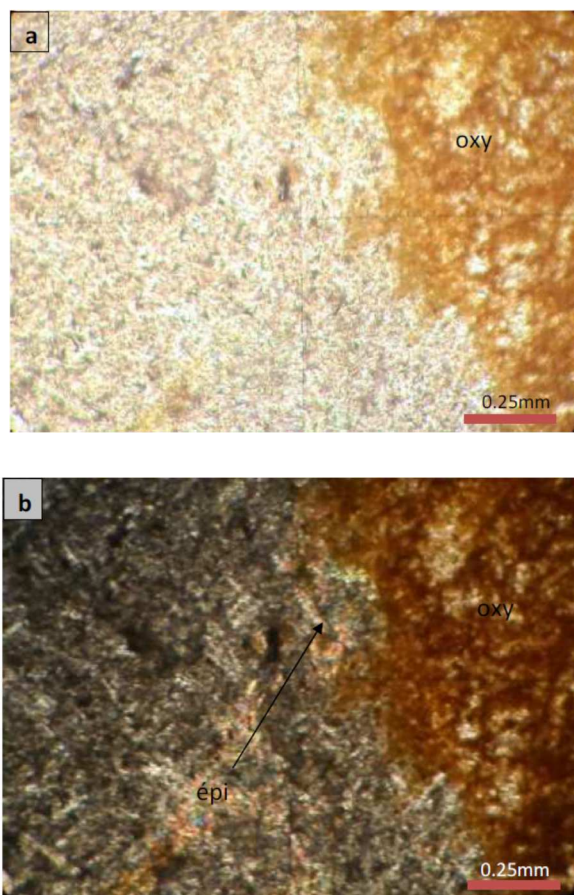


**Figure 38:** Lame mince AM 9, veines remplies par l'épidote, a) en lumière naturelle b) en lumière polarisée



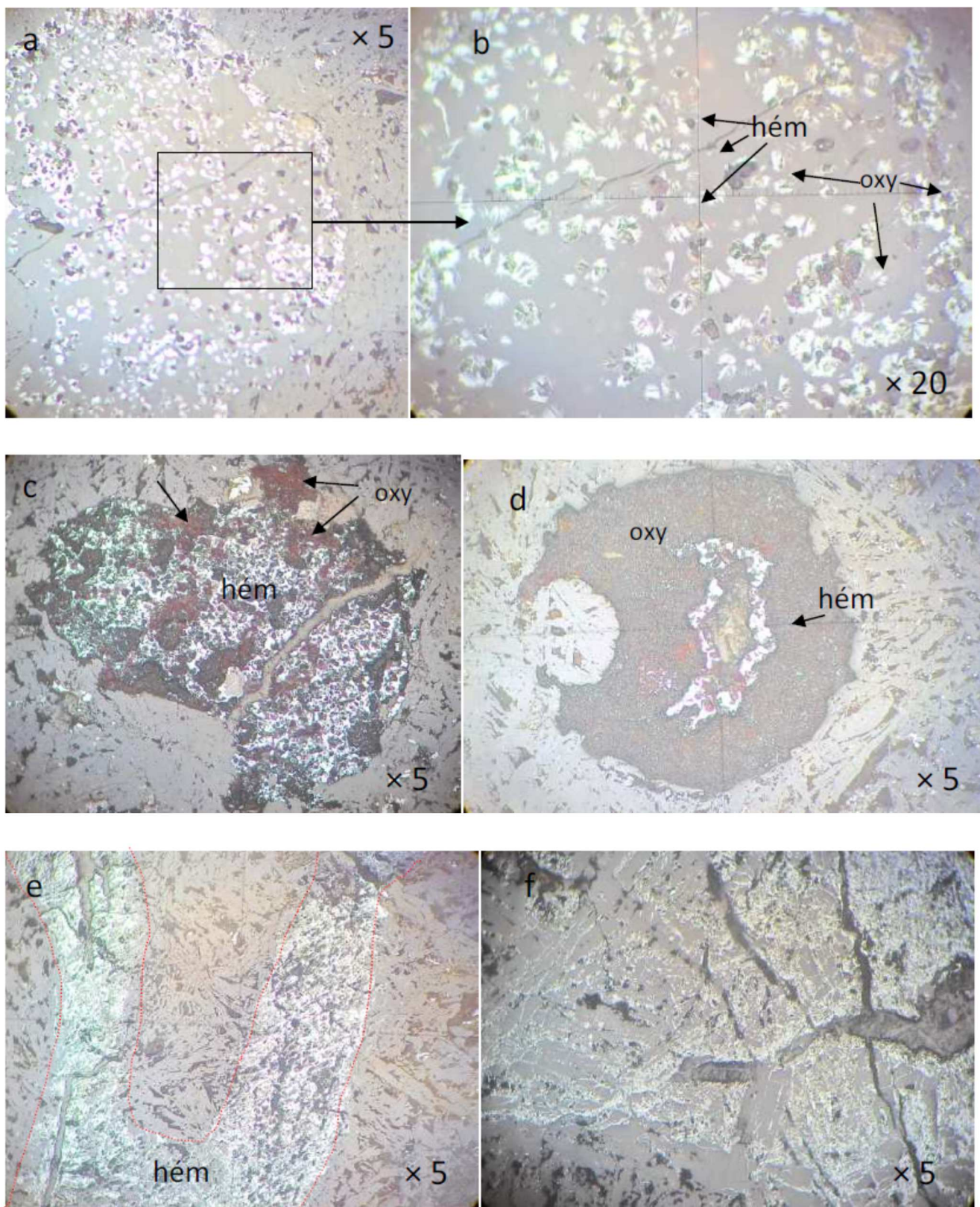


**Figure 39:** Lame mince AM 9. Texture intergranulaire du dyke d'Amrioune. Remarquer les veines remplies d'épidote, a) en lumière naturelle b) en lumière polarisée



**Figure 40:** Lame mince AM 12 a), ici la roche est entièrement altérée, la roche magmatique prend les teintes de l'oxydation (couleur rouille) et de l'épidotisation et la chloritisation (couleurs vertes), en lumière naturelle b) en lumière polarisée





**Figure 41** : Section polie a, b, c, d: AM 6- e: AM 14- f: AM 8,  
 Les différentes formes de l'hématite dans la roche

**Tableau 01** : Tableau synthétisant la composition pétrographique des roches basique de la région d'étude

échantillon	Composition minéralogique				observation
	Minéraux primaires	Minéraux secondaires	Minéraux opaques	Minéraux d'altération	
<b>Bellara</b>	- plagioclases          Clinopyroxène (diopside)	- minéraux Opaques    - minéraux d'altération	- chalcopyrite  - pyrite  - hématite  - magnétite  -ilménite	- chlorite  - calcite  - quartz  - épidote	- le plagioclase en phénocristaux avec le clinopyroxène, et en lattes microlitiques  - l'ilménite est en exolution dans la magnétite.  - la quasi-totalité de la roche est chloritisée
<b>Amrioune</b>	- plagioclases	- minéraux Opaques   - minéraux d'altération	- hématite	- chlorite  - calcite  - quartz  - épidote	- le plagioclase phénocristaux et en microlites.  la quasi-totalité de la roche magmatique est oxydée

**4.3 Conclusion :**

L'étude pétrographique et minéralogique des roches magmatiques de la région de Bellara et celles de la région d'Amrioune montrent que ces roches sont des basaltes, ces derniers présentent une texture intergranulaire et microlitique à Bellara et une texture également intergranulaire et microlitique à Amrioune.

La composition minéralogique de ces roches montre la dominance des plagioclases calciques et du clinopyroxène (diopside) comme minéraux primaires. Les minéraux secondaires qui sont représentés par les minéraux d'altération et comprend ; la calcite, le quartz, le chlorite, l'épidote et les minéraux opaques.



# Chapitre 05

**Géochimie**

## **5. Etude géochimique :**

### **5.1. Introduction :**

Dans le but de classer nos roches et de comprendre le comportement de certains éléments chimiques, nous avons effectués des analyses en roche totale (éléments majeurs, et traces) sur quatre échantillons ; deux sur l’affleurement de Bellara (**BL1, BL9**), et deux sur le dyke d’Amrioune (**AM7, AM15**). Les échantillons de poudre de roche ont été préparés au laboratoire du département des Sciences géologiques de l’université frères Mentouri Constantine. La mise en solution et les analyses chimiques ont été réalisées au laboratoire d’analyse physico-chimique des matériaux (**LACIP GROUPE LABORATOIRE- AIN M’LILA**). Les éléments majeurs ont été dosés par spectrométrie de fluorescence **X**, les éléments traces par **ICP**- torche à plasma et la perte au feu (**PAF**) a été déterminée par rayons infrarouges.

#### **5.1.1. Echantillonnage :**

Les échantillons aussi bien au niveau d’Amrioune que de Bellara sont très altérés. Pour minimiser les effets de l’altération nous avons pris les échantillons les plus frais possibles, la préférence a été accordée aux échantillons conservant des évidences de textures ignés.

Ces échantillons récoltés au marteau et au burin et cassés sur l’affleurement ont été ensuite emballés dans des sacs plastiques, les échantillons les plus frais ont été sélectionnés pour l’analyse chimique.

#### **5.1.2. Broyage :**

Le broyage a été établi au niveau du laboratoire du département des Sciences géologiques de l’université frères Mentouri Constantine. Les échantillons choisis pour la pulvérisation ont été au préalable examinés au microscope pour confirmer leurs états de fraîcheur.

Les échantillons ont été soumis à un concassage grossier à l’aide d’un concasseur à mâchoire d’acier, ce dernier a été nettoyé à la brosse de plastique et à l’air comprimé entre chaque échantillon pour éviter les contaminations. Le concassé obtenu a été quartagé pour assurer l’homogénéité de la fraction retenue (environ 100 g), il a été ensuite pulvérisé à l’aide d’un broyeur à anneaux dont le temps de broyage est d’environ 10 minutes, temps nécessaire

pour atteindre une granulométrie appropriée pour la dissolution chimique et pour l'analyse en diffraction des rayonnements X.

Comme pour le concasseur, le broyeur a été nettoyé par l'eau et par de l'air comprimé après chaque échantillon.

## **5.2. Évaluation de l'altération des roches :**

La plupart des échantillons prélevés de l'affleurement de Bellara et d'Amrioune ont subi des processus d'altération (hydrothermale ou superficielle) à des degrés divers et qui ont dû modifier la composition chimique primaire de la roche, avec des pertes et/ou des gains de plusieurs éléments chimiques, donc des nouvelles phases minéralogiques.

Dans notre étude, on a minimisé l'effet d'altération sur les résultats des analyses chimiques obtenus par le choix des échantillons les plus frais possible sans occulter le fait qu'ils doivent être représentatifs de l'ensemble.

Pour des roches de composition basique, les éléments Ti, Al, P, sont réputés immobiles et non influencés par les processus d'altération, par contre les éléments alcalins tel que Na, K, Ca sont réputés mobiles (In, CHABOU, 2001)

Pour ce faire, nous avons voulu en premier évaluer le degré d'altération des roches analysés. Pour connaître l'influence de l'altération nous avons utilisé l'indice de perte au feu (PAF) et les indices d'altération (AI) et hyperaluminosité (PI).

### **5.2.1. Indice de Perte au feu (P.A.F) :**

L'altération qui touche la roche en question se traduit par des valeurs de P.A.F moyennes à élevés variant entre 3.01% et 4.57%. Ceci se matérialise au microscope par la transformation des phases minéralogiques primaires en chlorite, épidote, calcite (chloritisation, calcitisation, épidotisation).

### **5.2.2. Indice hyperaluminosité PI et Indice d'altération AI :**

L'indice hyperaluminosité PI et l'indice d'altération AI fournissent de bonnes indications sur l'intensité de l'altération des roches magmatiques.

La chloritisation et la séricitisation des roches mafiques conduisent à des valeurs AI > 50, tandis que l'albitisation cause une diminution de cet indice sous le seuil de 30 (In Scherrer, 2003)

Si  $PI > 1$ , il s'agit d'un lessivage relatif des alcalins par rapport à l'alumine, il implique un lessivage hydrothermal des alcalins.

Dans notre cas, tous les échantillons ont des valeurs de  $PI < 1$  (entre 0.78 et 0.91) (**Tableau02**) et des valeurs de  $AI < 50\%$  (entre 31.85 et 40.42%) (**Tableau03**) D'après ce diagramme les échantillons sélectionnés ne présentent aucun indice d'altération, en effet ils sont situés dans le champ des roches non altérées ; ni albitisés ni séricitisés ou chloritisés, (**Figure 42**) cependant l'étude pétrographique montre que ces échantillons sont intensément chloritisés.

Ces valeurs de AI inférieure de 50% sont dues aux faibles valeurs de  $K_2O$  et forte concentration de  $CaO$  dans la roche.

$$PI = \frac{Al_2O_3 \text{ mol}}{(CaO \text{ mol} + Na_2O \text{ mol} + K_2O \text{ mol})}$$

$$PI = \frac{(Al_2O_3 / 101.96)}{[(CaO / 56.10) + (Na_2O / 61.98) + (K_2O / 94.4)]}$$

Échantillons	Hyperaluminosité PI
BL1	0.78
BL9	0.91
AM7	0.80
AM15	0.84

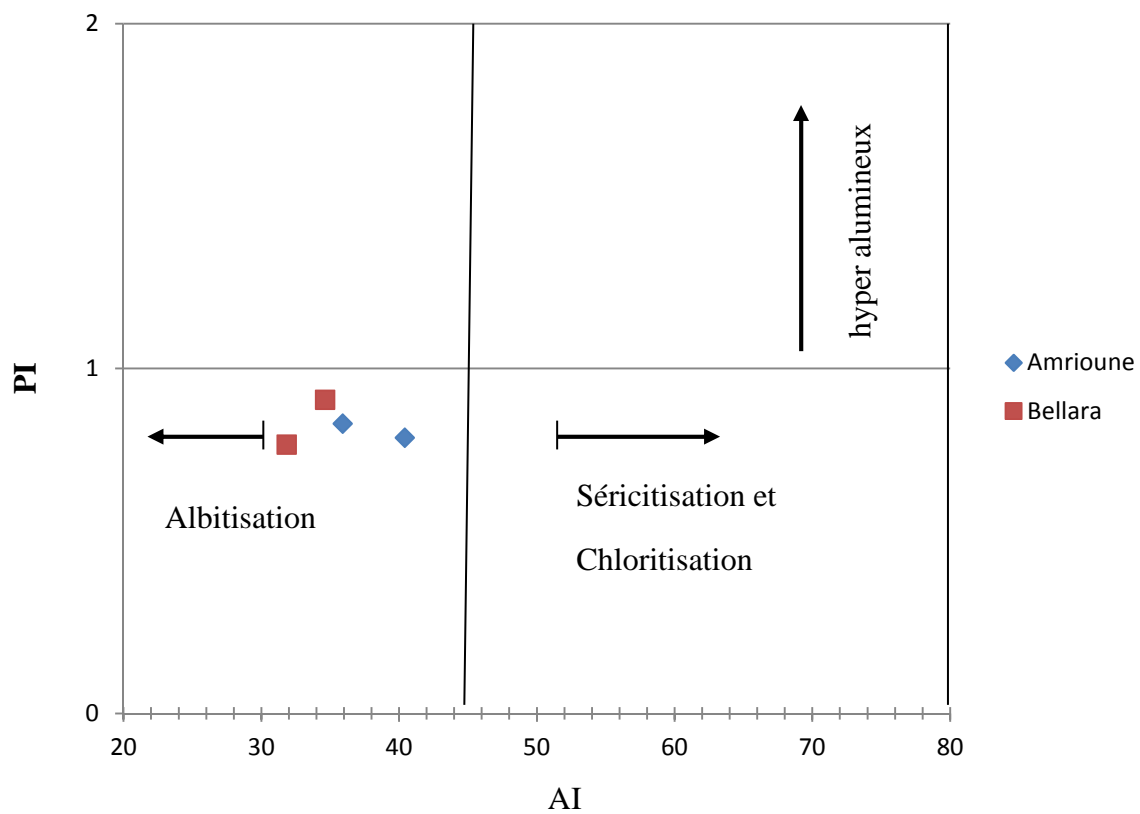
**Tableau02** : Indice d'hyperaluminosité de roches analysées

### 5.2.3. Indice d'altération AI :

$$AI = \frac{(MgO + K_2O)}{(MgO + K_2O + CaO + Na_2O)} \times 100$$

Échantillons	Indice d'altération AI
BL1	31.85%
BL9	34.62%
AM7	40.42%
AM15	35.91%

**Tableau03** : Indice d'altération de roches analysées



**Figure 42:** Diagrammes indice d'hyperaluminosité (PI.) - indice d'altération (A.I.)  
(In Scherrer, 2003).

## 5.3. Analyses chimiques :

Les éléments majeurs en %				
N%	BL 1	BL 9	AM 7	AM 15
SiO <sub>2</sub>	50.11	49.92	48.56	47.98
TiO <sub>2</sub>	1.98	1.87	1.36	1.41
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.03	16.95	15.82	14.87
FeO	4.56	4.73	7.38	7.21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.08	5.13	3.21	3.17
Na <sub>2</sub> O	3.88	3.71	3.81	3.91
K <sub>2</sub> O	0.44	0.41	0.52	0.56
MgO	5.22	5.31	6.91	6.76
CaO	8.23	7.09	7.12	9.15
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.13	0.18	0.21	0.19
MnO	0.14	0.15	0.16	0.18
Perte au feu	3.01	4.21	4.57	4.38
<b>Totale</b>	<b>99.81</b>	<b>99.66</b>	<b>99.65</b>	<b>99.77</b>
Les éléments traces en ppm				
Nb	39	36	21	24
Zr	312	324	223	211
Th	4.85	5.21	11	14
La	17	16	24	19
Ce	48	42	77	62
Sr	1089	1152	1329	1241
Rb	14	15	13	14
Ba	1584	1602	756	689
Sc	19	21	21	31
V	185	192	166	154
Ni	93	87	108	99
Cr	121	137	244	246
Co	24	31	51	49
<b>FeO T</b>	<b>9.13</b>	<b>9.35</b>	<b>10.27</b>	<b>10.06</b>
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> T</b>	<b>10.15</b>	<b>10.39</b>	<b>11.41</b>	<b>11.18</b>
<b>Ti</b>	<b>11870.10</b>	<b>11210.65</b>	<b>8153.20</b>	<b>8453</b>
<b>K</b>	<b>3652.57</b>	<b>3403.53</b>	<b>4316.68</b>	<b>4648.73</b>
<b>Mg # = Mg/(Mg+Fe<sup>2+</sup>)</b>	<b>0.47</b>	<b>0.46</b>	<b>0.42</b>	<b>0.42</b>
<b>FeO/MgO</b>	<b>0.87</b>	<b>0.89</b>	<b>1.06</b>	<b>1.06</b>

Les oxydes (FeO T et Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> T), les éléments K et Ti et les indices Mg# et (FeO /MgO) sont calculés.

**5.4. Quelques remarques sur les résultats d'analyse**

- Les valeurs de SiO<sub>2</sub> sont comprises entre 47.98% et 50.11% ce qui confirme un magma de composition basique.
- Les teneurs en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> varient entre 14.87 % et 17.03%, ces teneurs élevés sont dues à la présence des plagioclases calciques.
- les valeurs de CaO sont dues à la présence de plagioclases calciques mais aussi à la calcite secondaire.
- Les teneurs élevés en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3.17% et 5.13%), en FeO (4.56% et 7.38%) et en MgO (5.22% et 6.91%) sont dues essentiellement au fractionnement des minéraux mafiques (clinopyroxènes), et à l'oxydation importante qui touche la roche (formation de l'hématite secondaire) pour les échantillons de Bellara.
- Les teneurs de Sr varient entre 1089 ppm et 1329 ppm, et sont généralement plus élevés surtout dans les échantillons d'Amrioune, à cause des valeurs élevés de calcium (Sr se substitué au Ca dans les plagioclases calciques).
- Les teneurs en Rb sont homogène varient entre 13 ppm et 15 ppm, dans la majorité des roches magmatiques mafiques le Rb et K sont des éléments qui ont le même comportement hygromagmatophile lors de la différenciation magmatique (Rudnikh et al, 1985).
- Les teneurs en Sc sont faibles comprises entre 19 ppm et 31 ppm.
- Les teneurs de V sont élevés et varient entre 154 ppm et 192 ppm. Les échantillons de Bellara ont des teneurs en V élevés par rapport aux échantillons d'Amrioune
- Les teneurs en Ni sont homogènes et varient entre 87 ppm et 108 ppm.
- Les teneurs en Cr sont comprises entre 121 ppm et 246 ppm, on observe que les échantillons BL1 et BL9 possèdent des teneurs plus faibles que celles de AM7 et AM15.
- Les teneurs de Co varient entre 24 ppm et 51 ppm.



La présence des éléments Ni- Co est due généralement à la présence des olivines durant les processus de fusion partiel et la cristallisation fractionnée, tandis que le Sc, Cr, V, entrent dans la formation des clinopyroxènes.

### **5.5. Diagrammes de Classification :**

#### **5.5.1. Classifications minéralogiques :**

##### **5.5.1.1. Analyses normatives :**

Nous avons calculé les compositions virtuelles des minéraux selon la norme **CIPW** (Cross, Idding, Pirsson et Washington) dans l'idée de les utiliser dans des diagrammes utilisant les minéraux normatifs.

Les résultats obtenus montrent que l'ensemble des roches analysées sont dépourvues de quartz normatif sauf l'échantillon BL9 qui en contient 0.47%, ceci peut être expliqué par la présence de micro-veinules de quartz dans cet échantillon. Les autres minéraux qui apparaissent dans la norme sont : orthose, albite, anorthite, diopside, hypersthène, olivine, magnétite, ilménite, apatite.

Pour l'échantillon AM15, on note la présence de néphélines normatives et l'absence d'hypersthène, l'échantillon BL9 montre l'absence d'orthose.

L'hématite normative est absente dans tous les échantillons, ceci est en désaccord avec nos observations pétrographiques, le fer des analyses a été octroyé à l'olivine qui elle au contraire est absente dans nos lames, ceci montre toutes les limites d'utilisation de cette méthode dans les roches altérées ou peu altérées ce qui nous a amené à renoncer à l'utilisation des minéraux normatifs dans nos classifications. Nous donnons ces analyses à titre indicatif dans l'annexe « V »

#### **5.5.2. Classifications chimiques :**

La classification chimique des roches magmatiques de la région de Bellara et de la région d'Amrioune a été faite grâce à plusieurs diagrammes de discrimination géochimiques, ces diagrammes sont :

- Diagramme ACNK-ANK
- Diagramme TAS (Total Alkalis Silica diagram) (COX et al, 1979)
- Diagramme TiO<sub>2</sub>- Zr (A-F-M-U)
- Diagramme TiO<sub>2</sub>- Zr (F- MUM)
- Diagramme TiO<sub>2</sub>- Cr (Maf- Ultramaf) ;
- Diagramme TiO<sub>2</sub>- Ni (Maf- Ultramaf) ;
- Diagramme Cr- TiO<sub>2</sub> (Maf- Ultramaf) ;
- Diagramme alcalin en fonction de SiO<sub>2</sub> (Irvine et Baragare, 1971) ;
- Diagramme triangulaire AFM (Irvine et Baragare, 1971) ;
- Diagramme FeOT/ MgO – SiO<sub>2</sub> (Miyashiro, 1974) ;

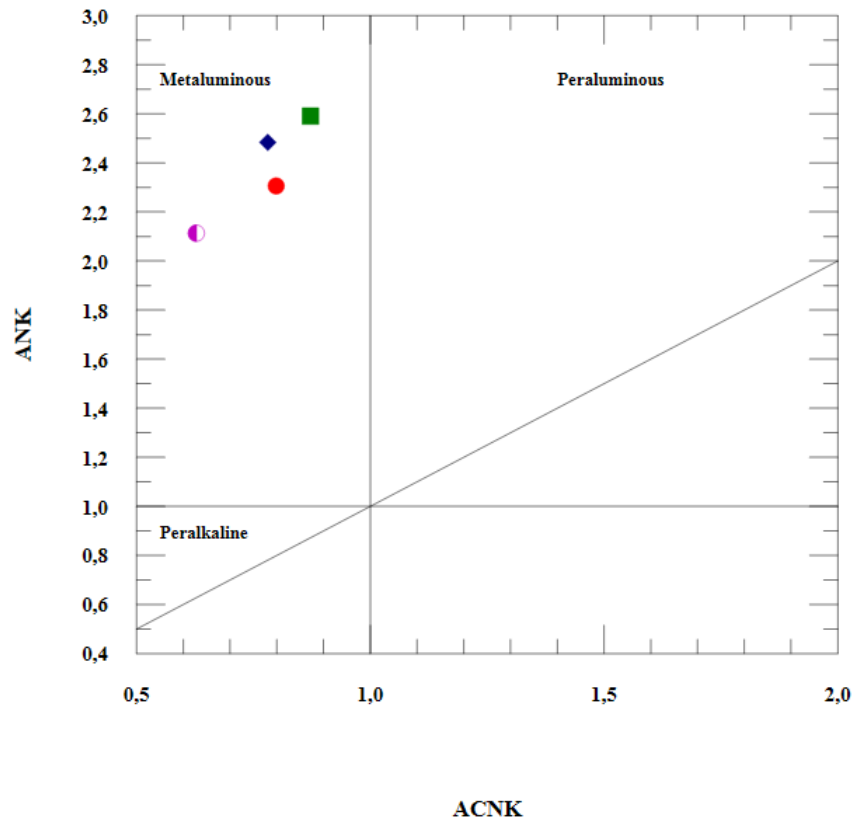
#### 5.5.2.1. Diagramme ACNK-ANK :

Le calcul des rapports ACNK et ANK se fait en moles avec :

$$\text{ACNK} = \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ mol} / (\text{CaO mol} + \text{Na}_2\text{O mol} + \text{K}_2\text{O mol}).$$

$$\text{ANK} = \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ mol} / (\text{Na}_2\text{O mol} + \text{K}_2\text{O mol}).$$

Le diagramme ACNK en fonction d'ANK montre que les roches mafiques de la région d'étude sont métalumineuses. (**figure 43**)



**Figure 43:** diagramme ACNK en fonction de ANK

**Légende :**

- ◆ BL1
- BL9
- AM7
- AM15

**5.5.2.2. Diagramme TAS (Total Alkalis Silica diagram) :**

Le diagramme TAS (Total Alkalis Silica diagram) fournit une classification utile des roches volcaniques terrestres et leur nomenclature, le diagramme est établi par Cox et al, (1979).

Il consiste à représenter les éléments alcalins en fonction de SiO<sub>2</sub> exprimés en pourcentage de poids d'oxyde.

Lors de l'utilisation de ce diagramme, il est nécessaire de prendre certaines précautions pour l'interprétation des résultats obtenus en raison de la mobilité importante des éléments alcalins (Na<sub>2</sub>O et K<sub>2</sub>O).

Dans notre cas, les échantillons qui ont été analysés occupent le domaine des basaltes de la série subalcaline pour les échantillons BL1 et BL9, et le domaine des micro-basaltes pour AM7 et AM15 de la même série subalcaline. (figure 44)

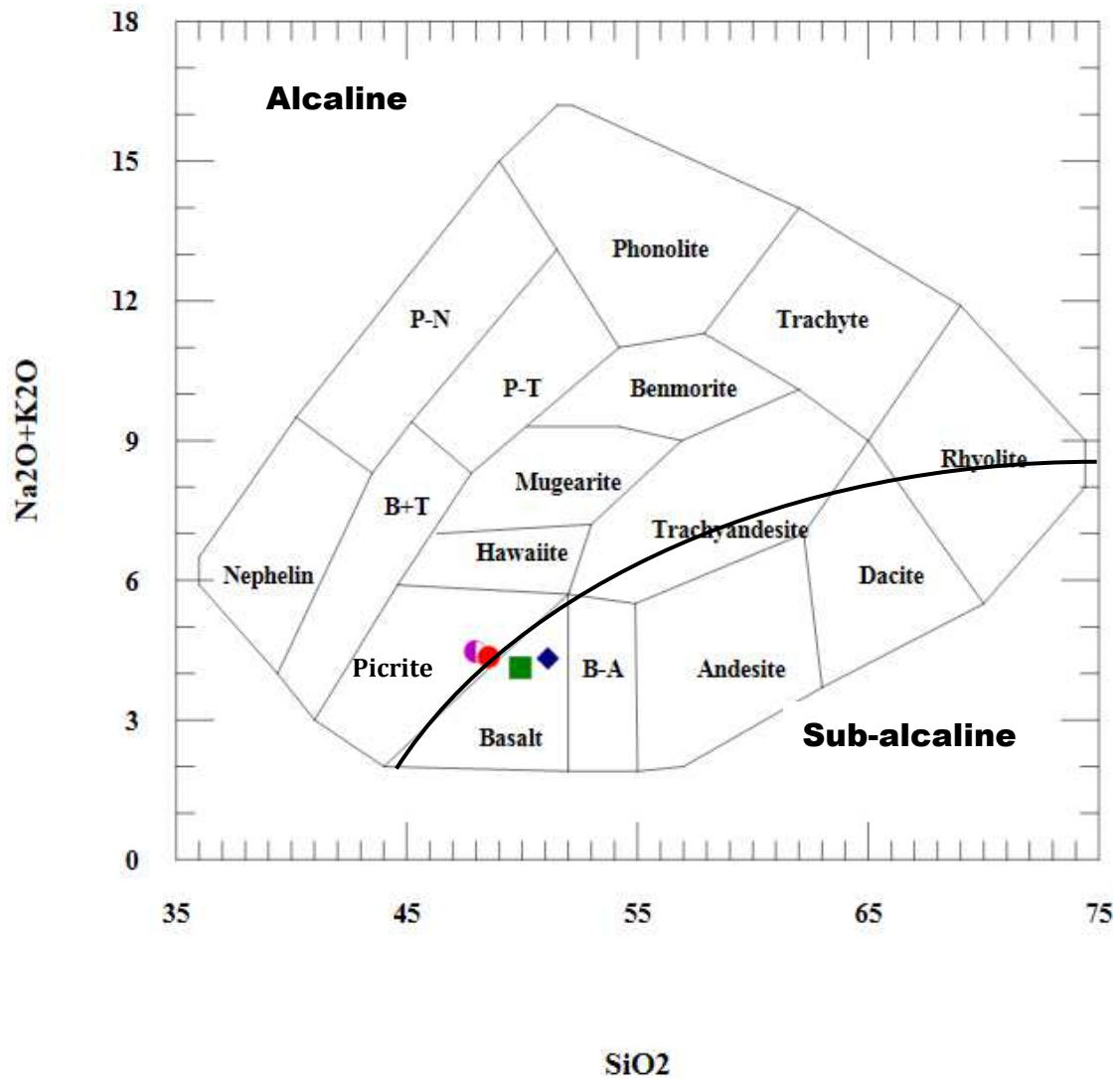
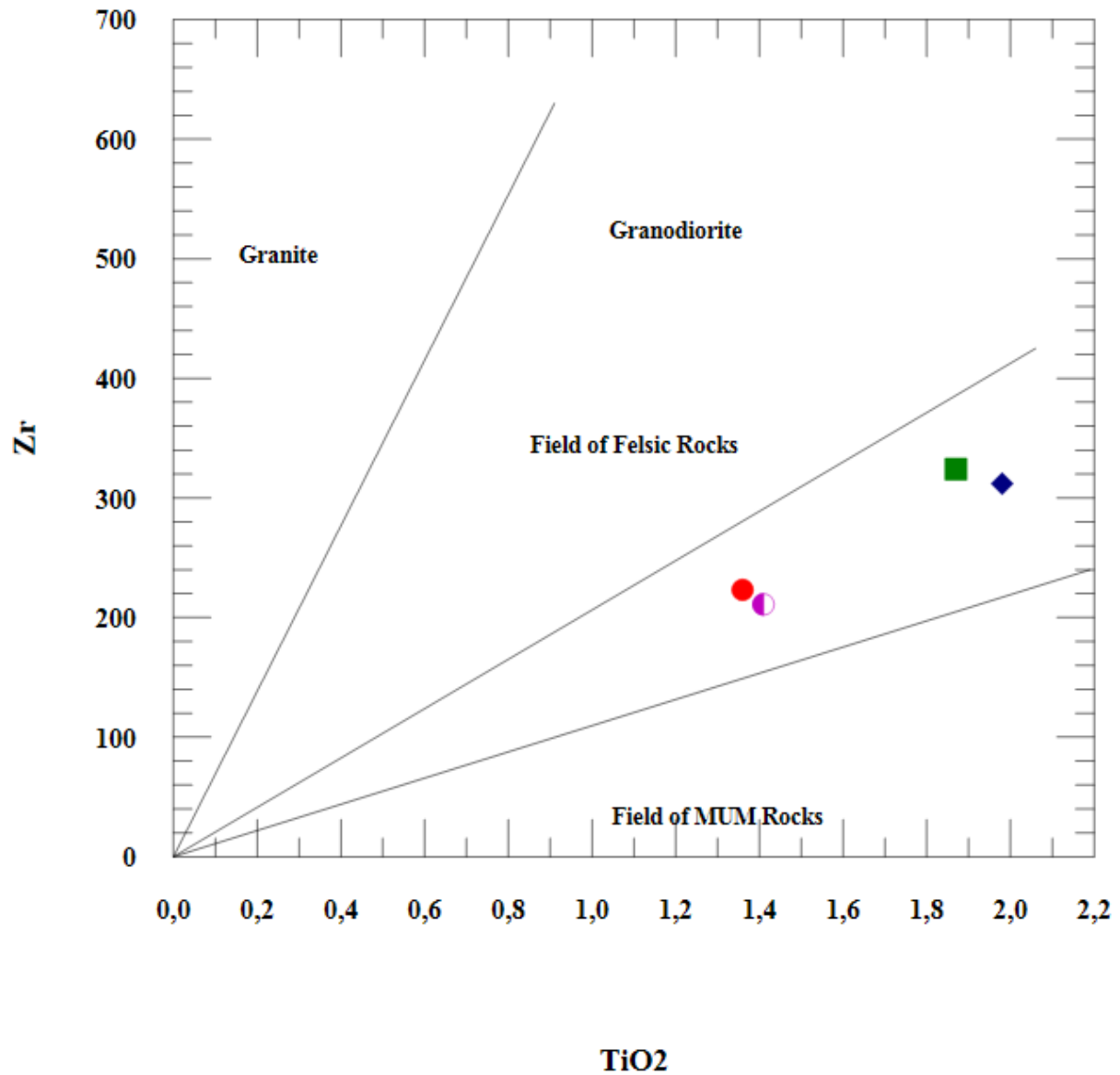


Figure 44 : diagramme  $\text{SiO}_2$ - $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  Cox et al, (1979)

**5.5.2.3. Diagramme TiO<sub>2</sub>- Zr (A-F-M-U) :**

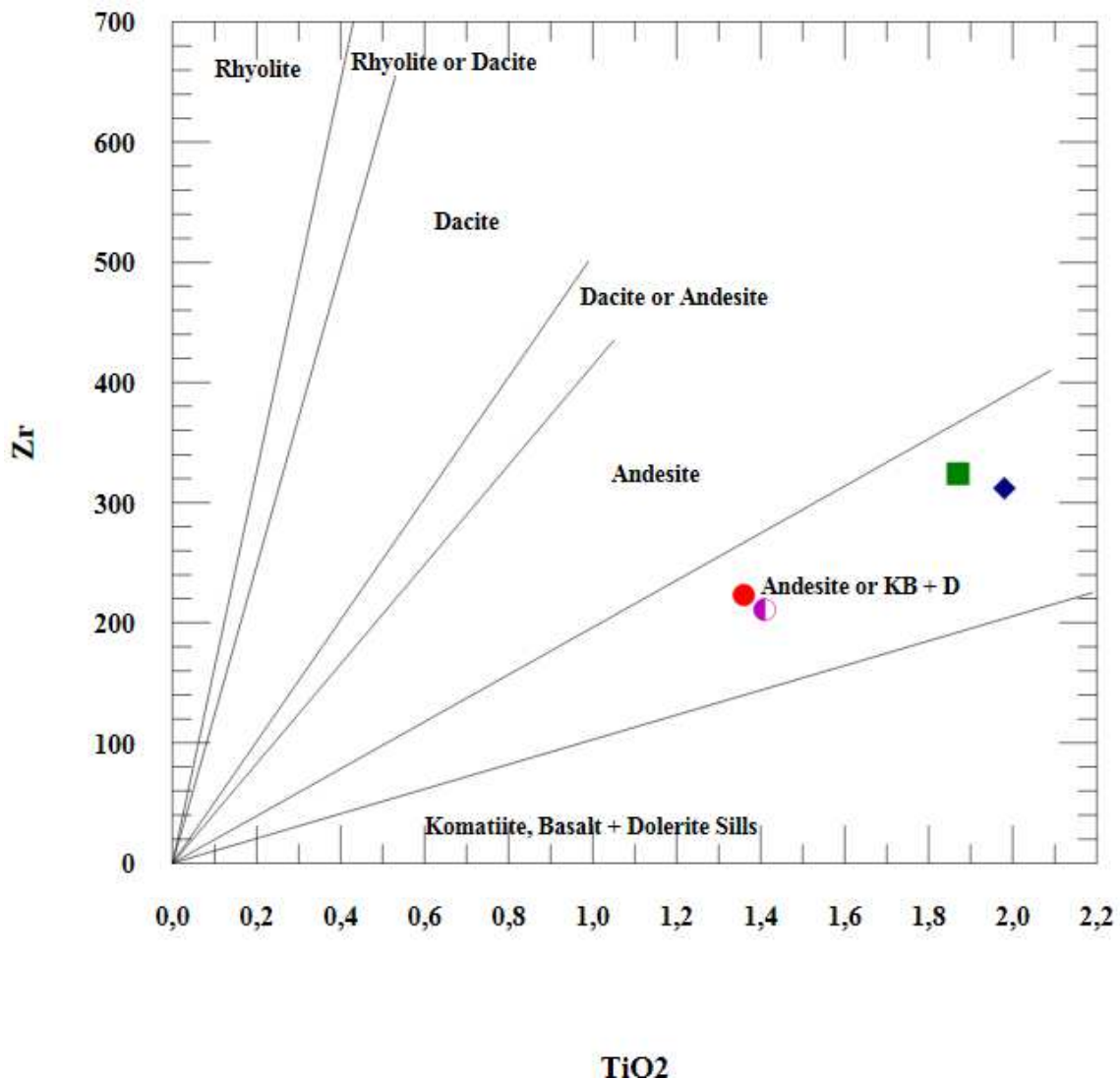
Ce diagramme est utilisé pour différencier entre les roches magmatiques felsiques et celles mafiques et ultramafiques, on observe que tous les échantillons tombent dans le champ des roches mafiques et ultramafiques (**figure 45**).



**Figure 45:** Diagramme TiO<sub>2</sub>- Zr (A-F-M-U)

#### 5.5.2.4. Diagramme TiO<sub>2</sub>- Zr (F- MUM) :

Ce diagramme est utilisé pour distinguer les roches volcaniques felsiques, intermédiaires, mafiques et ultramafiques. Tous les échantillons que nous avons occupent le domaine des andésites ou des komatiites basaltes et des dolérites. Le résultat de ce diagramme est concordant avec les données d'examen microscopique (**figure 46**).



**Figure 46** : Diagramme TiO<sub>2</sub>- Zr F- MUM

**F** : felsiques

**MUM** : mafiques et ultramafiques

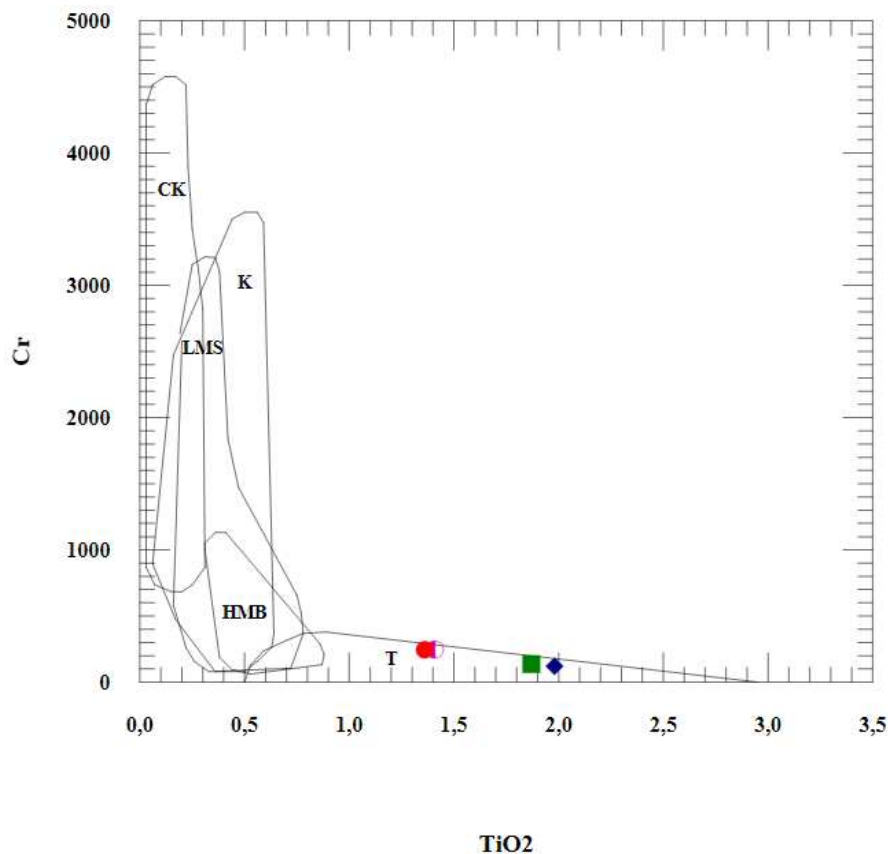
**KB** : komatiites et basaltes

**D** : Dolérites

### 5.5.2.5. Diagramme TiO<sub>2</sub>- Cr (Maf- Ultramaf) :

Ce diagramme utilisé pour la caractérisation entre les roches magmatiques ultramafiques (komatiites, komatiites en cumula, les basaltes à haute teneurs en Mg, les sills en couches riches en Mg, et les basaltes tholéiitiques)

Dans ce diagramme, tous les échantillons sont projetés au champ des basaltes tholéiitiques (**figure 47**).



**Figure 47** : Diagramme TiO<sub>2</sub>- Cr Mag- Ultramaf

**CK:** cumulative komatiites

**K:** komatiites

**LMS:** layered high Mg sills

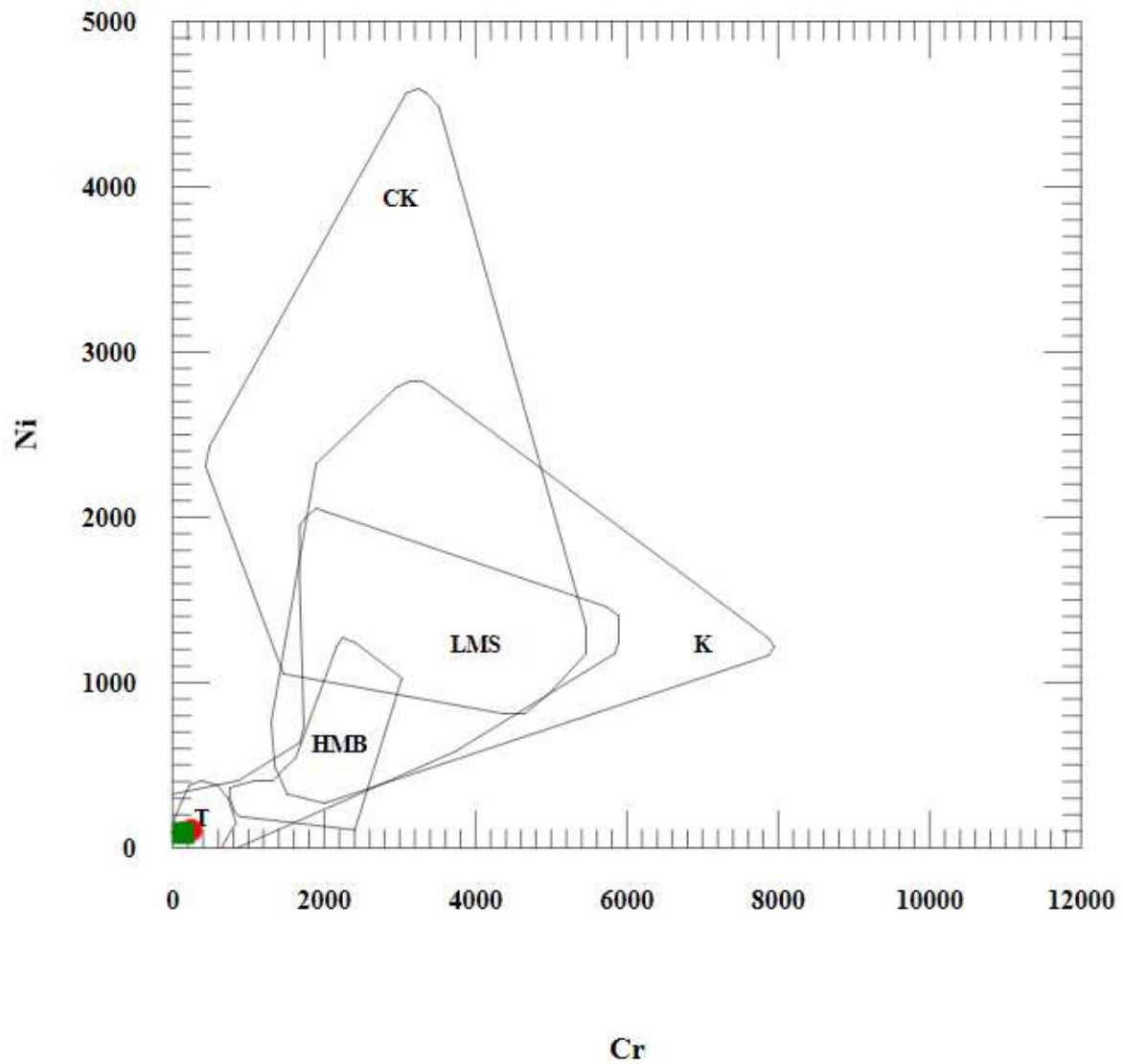
**HMB:** high-Mg basalt

**T:** tholéiitic basalts



**5.5.2.6. Diagramme Cr- Ni (Maf- Ultramaf) :**

Comme dans le diagramme précédant, tous les échantillons sont reportés au champ des basaltes tholéitiques (**figure 48**).

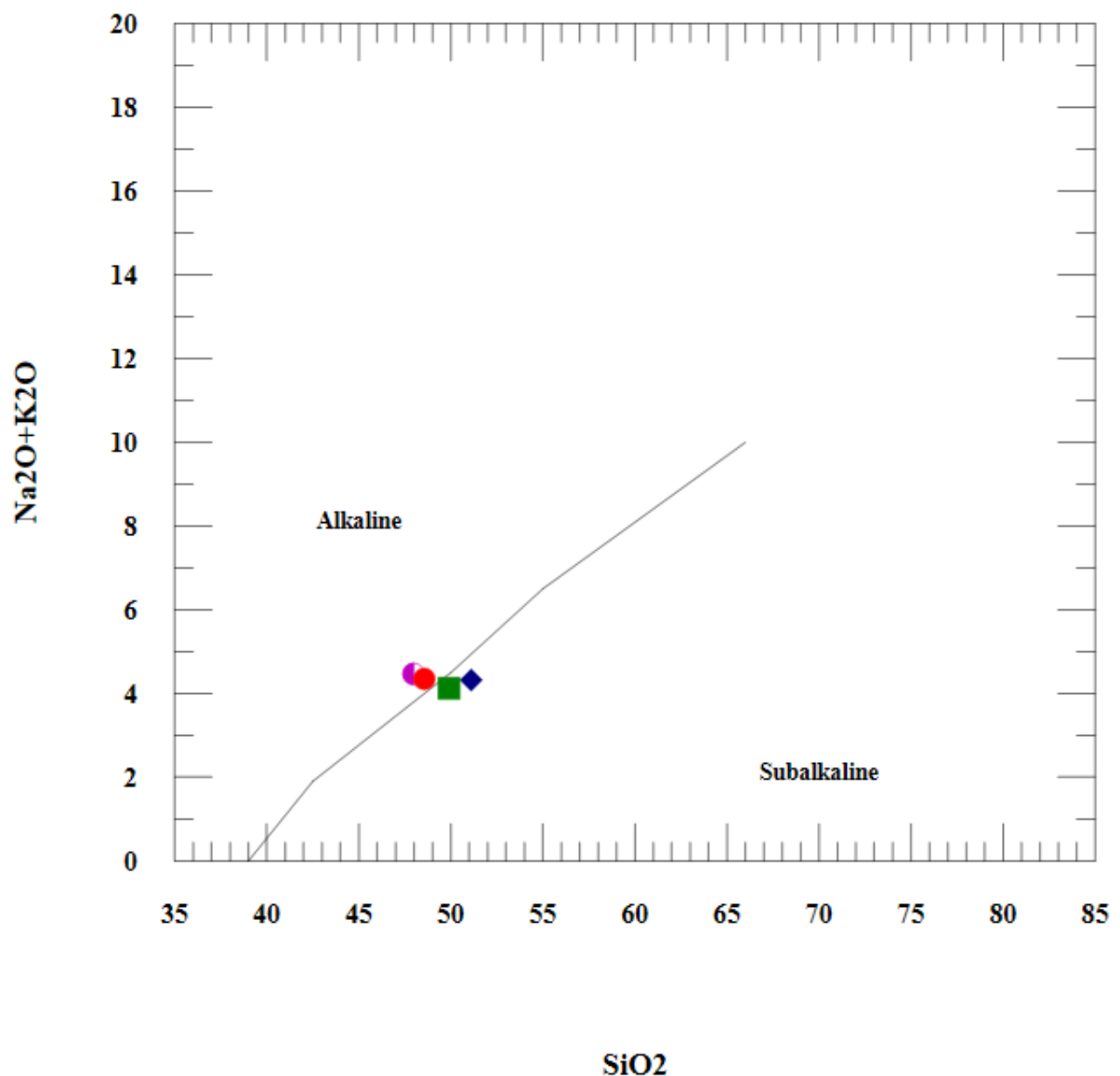


**Figure 49 :** Diagramme Cr- Ni Maf- Ultramaf

**5.5.2.7. Diagramme alcalin- SiO<sub>2</sub> (Irvine et Baragare, 1971) :**

Il est utilisé pour caractériser les séries alcalines des séries subalcalines.

D'après ce diagramme, les roches du dyke d'Amrioune AM7, AM15 et ceux des roches de l'affleurement de Bellara se reportent à la limite séries alcalines- séries subalcalines (**figure 50**). Cette répartition peut traduire une affinité transitionnelle du magmatisme basique (J. Le Gall, 1999) due à un enrichissement en éléments alcalins (mobiles) lors des transformations post- magmatique.

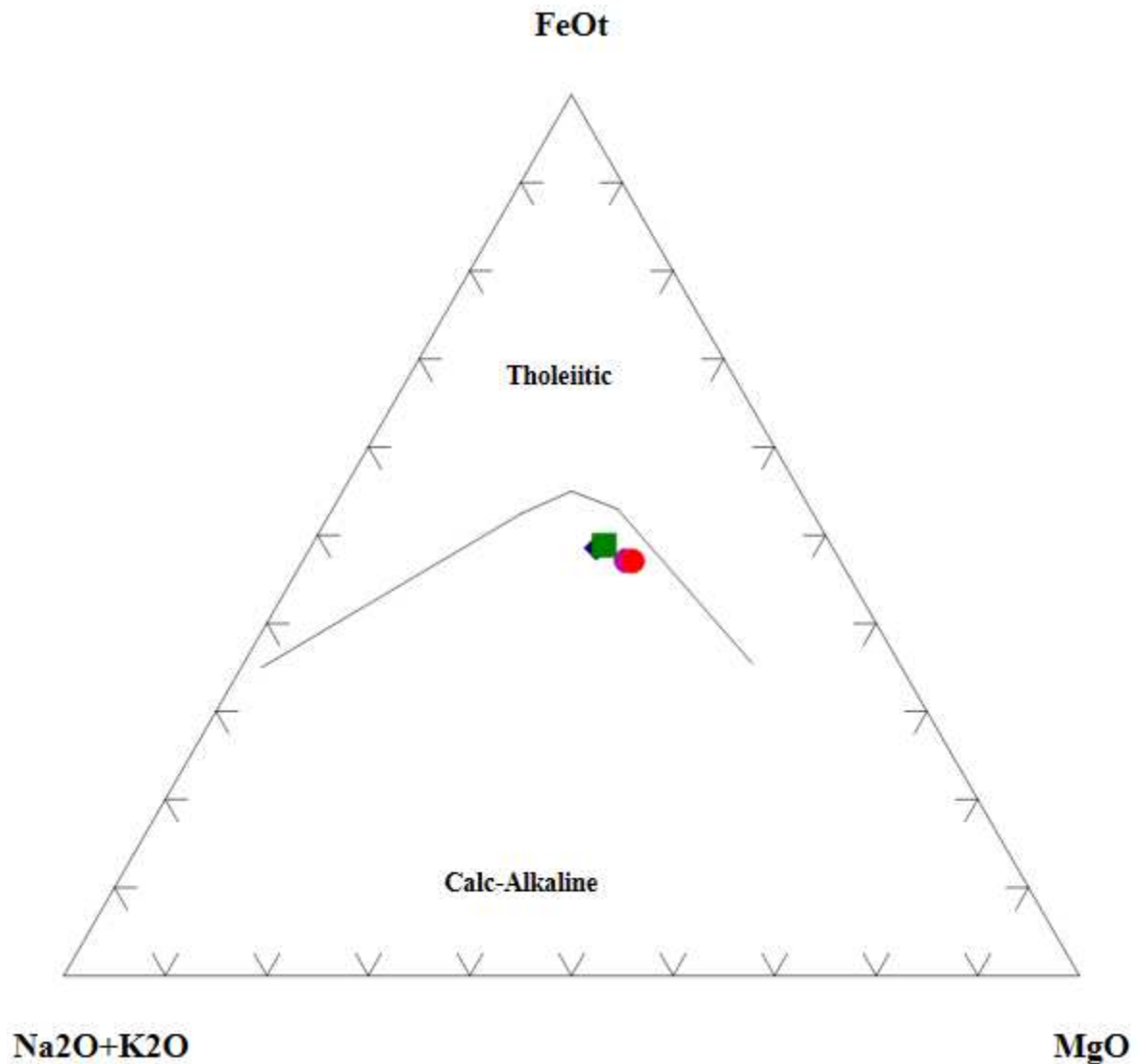


**Figure 50:** Diagramme alcalin - SiO<sub>2</sub> (Irvine et Baragare, 1971)

**5.5.2.8. Diagramme triangulaire AFM (Irvine et Baragare, 1971) :**

Il est utilisé pour distinguer les séries tholéïtiques des séries calco-alcalines.

Dans notre cas tous les échantillons sont projetés dans le champ des séries de basalte calco-alcalins assez proche des basaltes tholéïtiques (**figure 51**).



**Figure 51 :** Diagramme triangulaire AFM (Irvine et Baragare, 1971)

**A :**  $\text{Na}_2\text{O}+\text{k}_2\text{O}$  ;

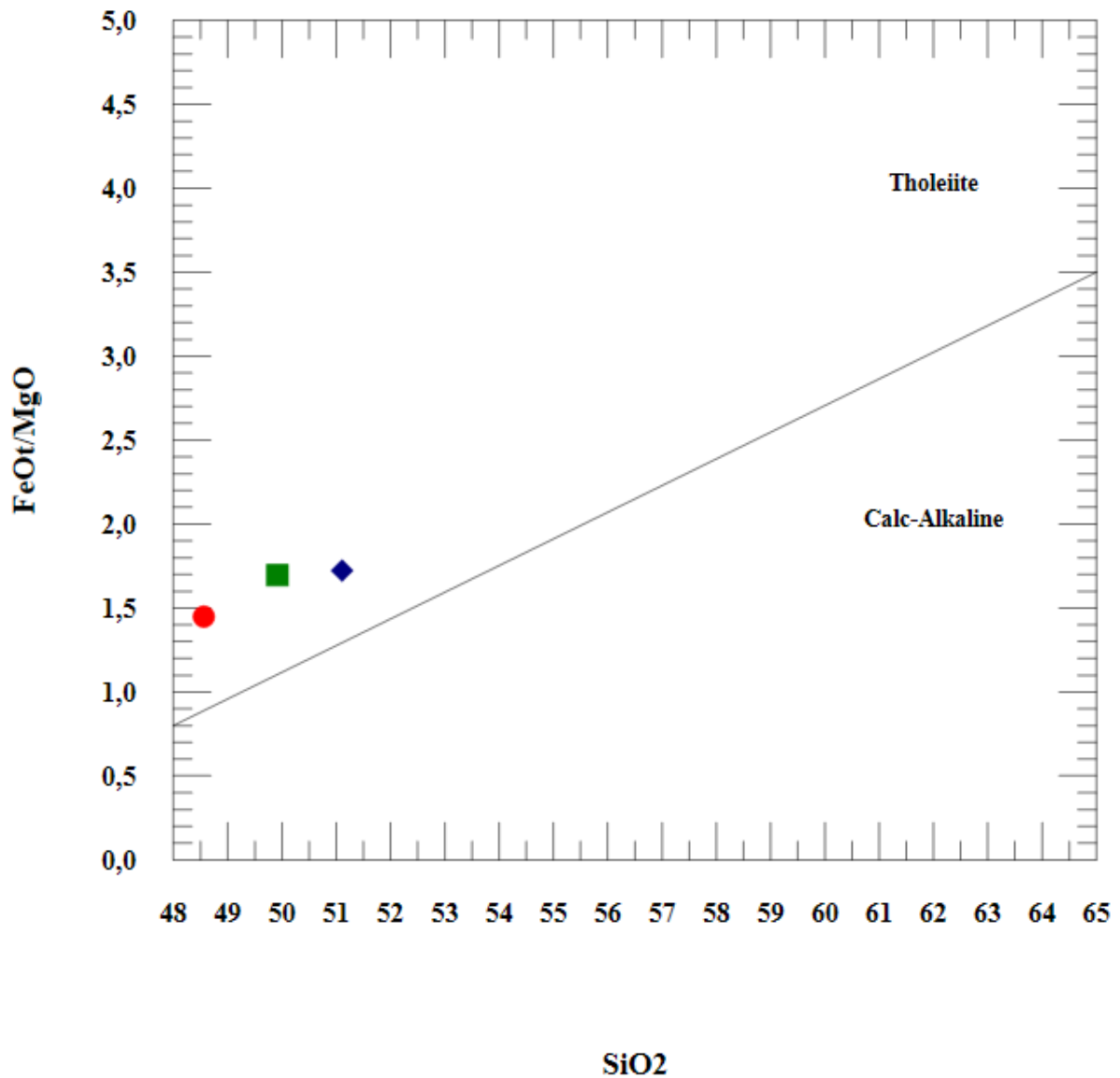
**F :** fer total sous forme FeO T ;

**M:** MgO

**5.5.2.9. Diagramme FeOt/ MgO – SiO<sub>2</sub> (Miyashiro, 1974):**

Ce diagramme est également utilisé pour différencier les séries tholéitiques des séries calco-alcalines.

Dans ce cas tous les échantillons sont projetés dans le champ des séries tholéitiques (figure 52).



**Figure 52 :** Diagramme FeOt/ MgO – SiO<sub>2</sub> (Miyashiro, 1974)

## 5.6. Comportement des éléments chimique :

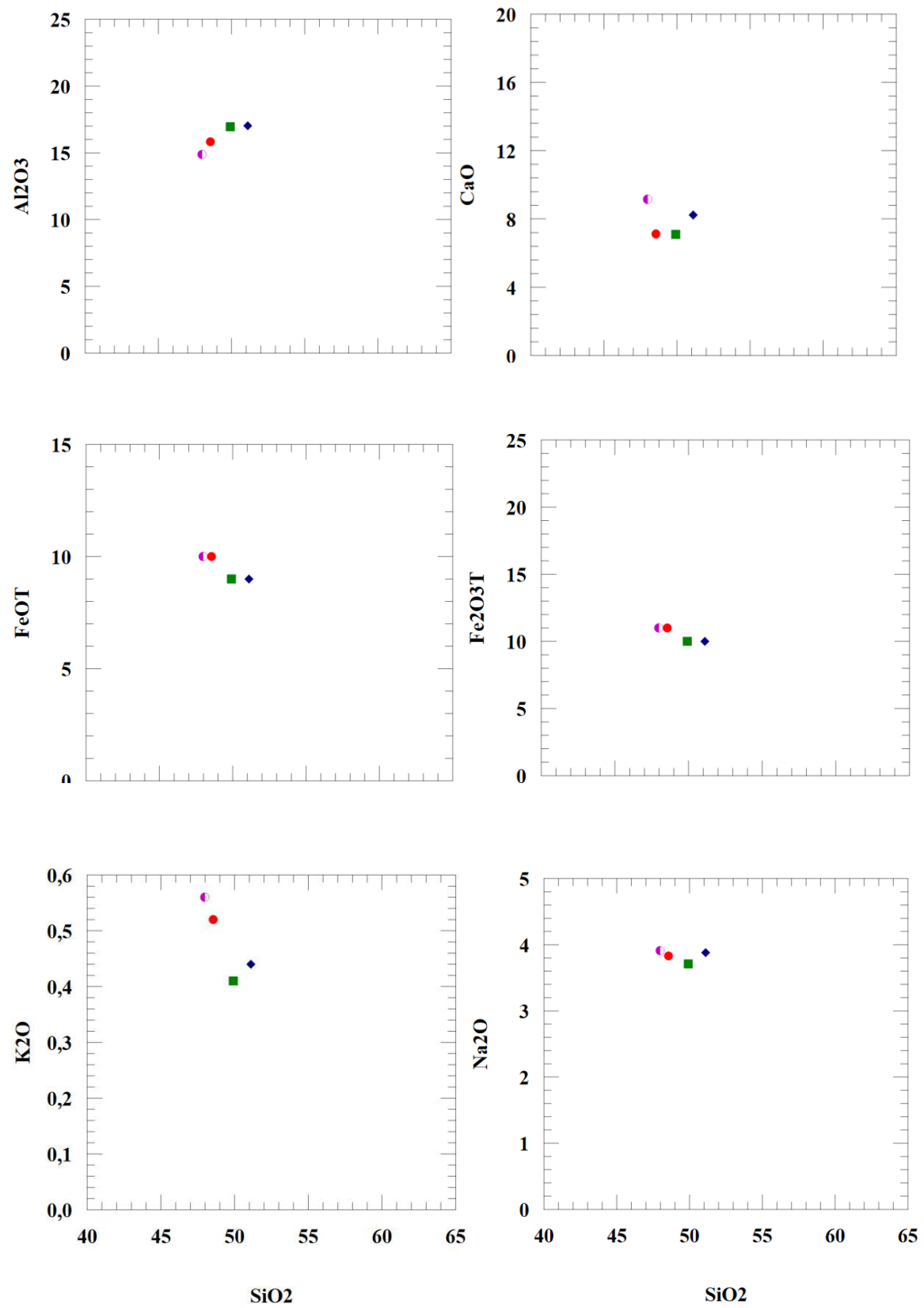
### 5.6.1. Comportements des éléments majeurs :

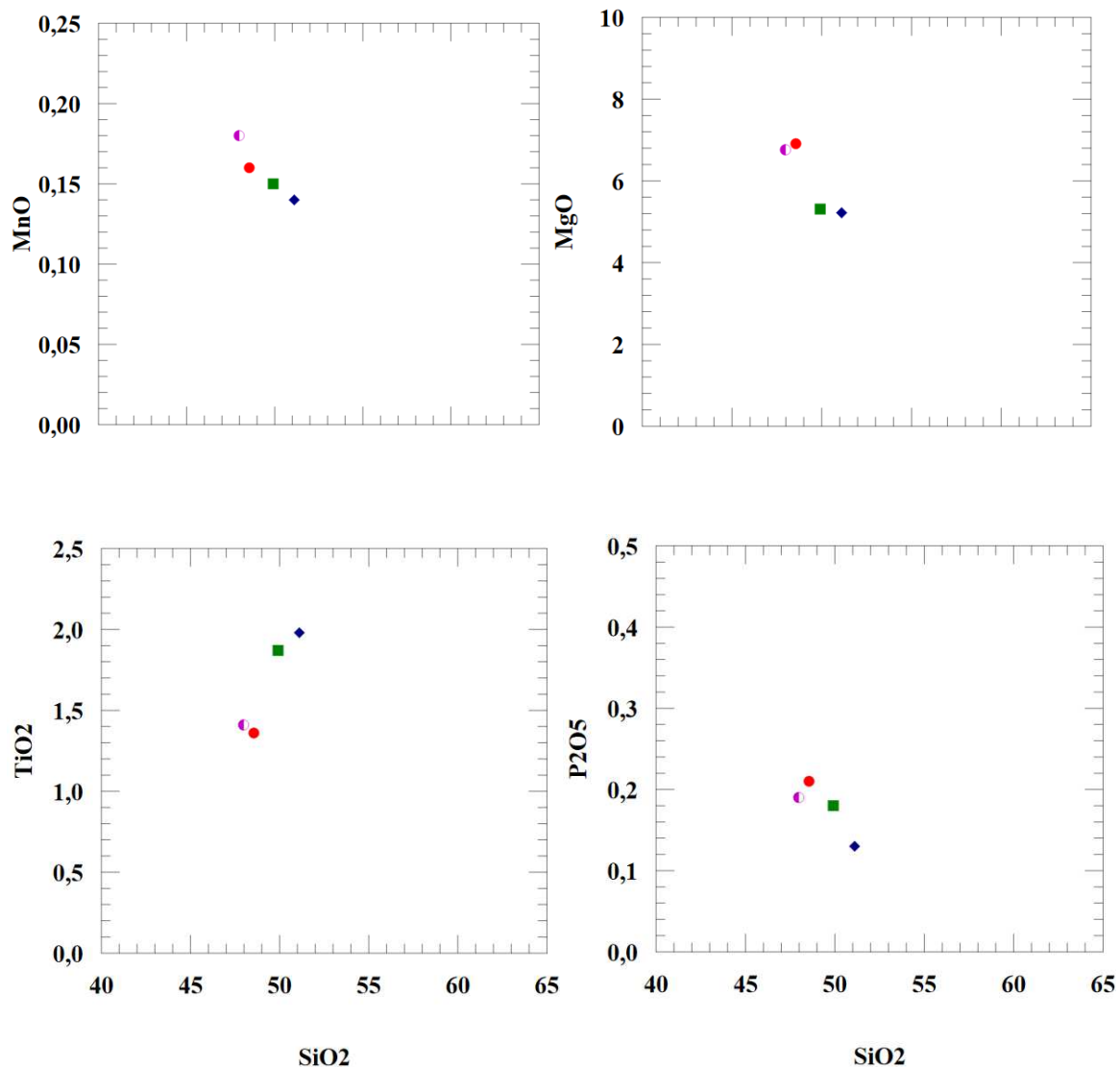
#### 5.6.1.1. Diagrammes oxydes- silice :

Les diagrammes oxydes- silice de Harker montrent l'évolution du contenu en éléments majeurs exprimés en pourcentage en poids d'oxyde vs  $\text{SiO}_2$ , ce dernier a été choisi en abscisse.

La **figure 53** nous permet de tirer quelques remarques sur le comportement des éléments majeurs en fonction de la silice :

- Les teneurs en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  augmentent avec la teneur de  $\text{SiO}_2$  pour tous les échantillons, ceci est dû à la formation des plagioclases.
- Pour les teneurs en éléments alcalins  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , les diagrammes montrent une corrélation positive pour les échantillons de l'affleurement de Bellara et contrairement pour les échantillons de dyke d'Amrioune qui montrent une diminution de ces éléments en fonction de l'acidité de ces roches, ceci est traduit par la formation des plagioclases.
- Les teneurs en fer, exprimés en  $\text{FeOT}$  et  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{T}$  montrent que les teneurs restent constantes aussi bien à Amrioune qu'à Bellara, en raison du début de formation des minéraux mafiques tel que les clinopyroxène (diopside)
- Les teneurs en  $\text{MnO}$  diminuent régulièrement en fonction de la silice pour les quatre échantillons tandis que les teneurs en  $\text{MgO}$  augmentent avec l'augmentation de  $\text{SiO}_2$ .
- Les teneurs en  $\text{TiO}_2$  et  $\text{P}_2\text{O}_5$  croissent avec l'augmentation de  $\text{SiO}_2$  pour AM7- AM15 et décroissant pour BL1- BL9.





**Figure 53:** Variation des éléments majeurs en fonction de SiO<sub>2</sub> (diagramme oxydes – Silice)

### 5.6.1.2. Diagramme oxyde- MgO :

Lors de la cristallisation fractionnée des magmas, les premiers cristaux à apparaître sont des minéraux ferromagnésienne (mafiques) tel que : les olivines et les pyroxènes.

Pour étudier l'influence de la cristallisation fractionnée sur les variations géochimique ; nous avons voulu voir l'évolution de comportement des éléments majeurs en fonction de MgO

Les diagrammes montrent l'évolution du contenu en éléments majeurs en fonction de MgO, ce dernier a été choisi en abscisse car dans le premier stade de la différenciation des liquides magmatiques le rapport  $Mg/Fe^{+2}$  diminue rapidement par rapport à SiO<sub>2</sub>.

Les diagrammes de la **figure 54** Montrent que :

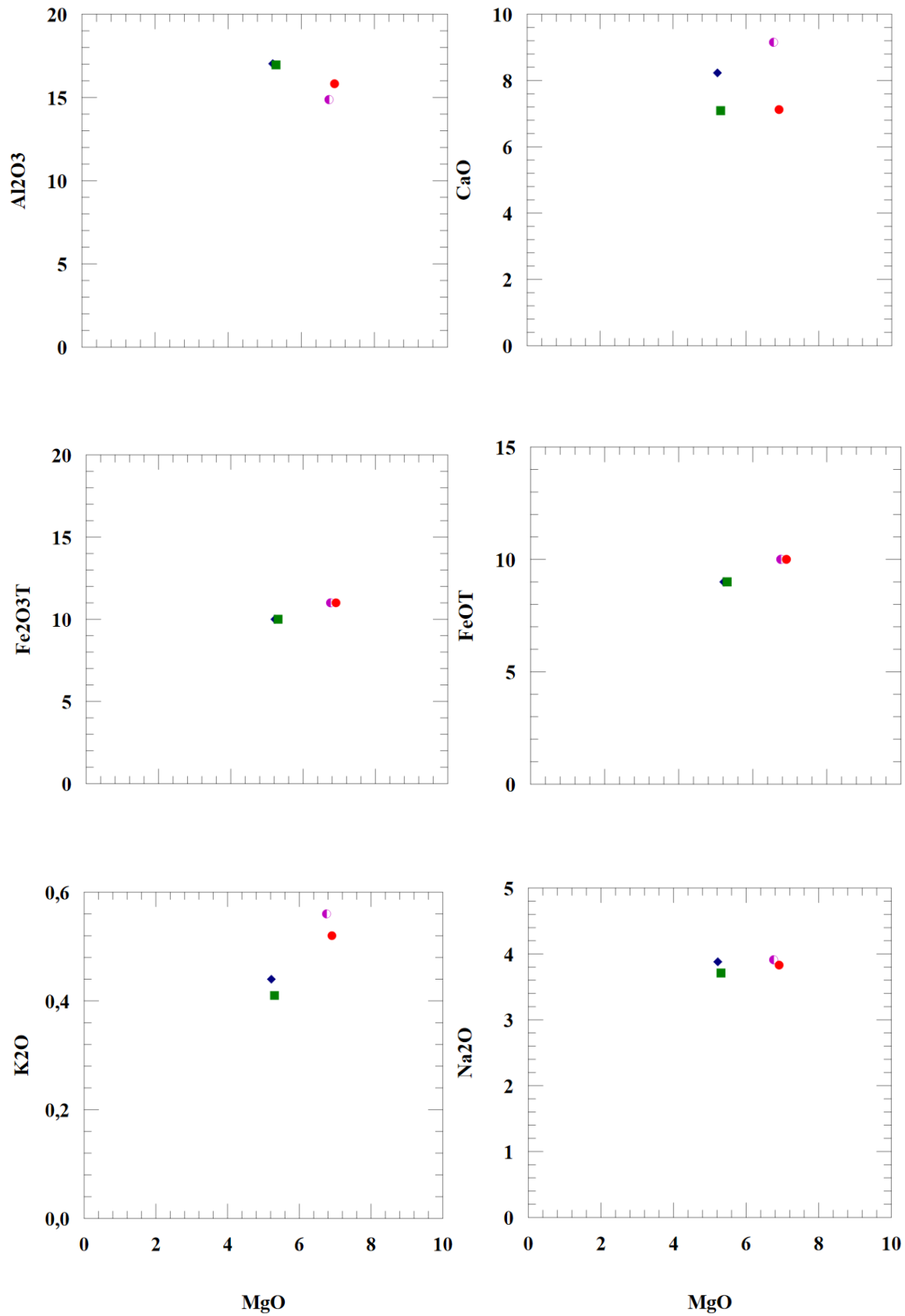
- Les teneurs en éléments majeurs en fonction de MgO des échantillons prélevés de l’affleurement de Bellara (BL1, BL9) s’individualisent clairement des échantillons d’Amrioune (AM7, AM15).
- Les teneurs des éléments alcalins CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O diminuent avec la croissance de MgO.
- Diminution d’Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> avec l’augmentation de MgO

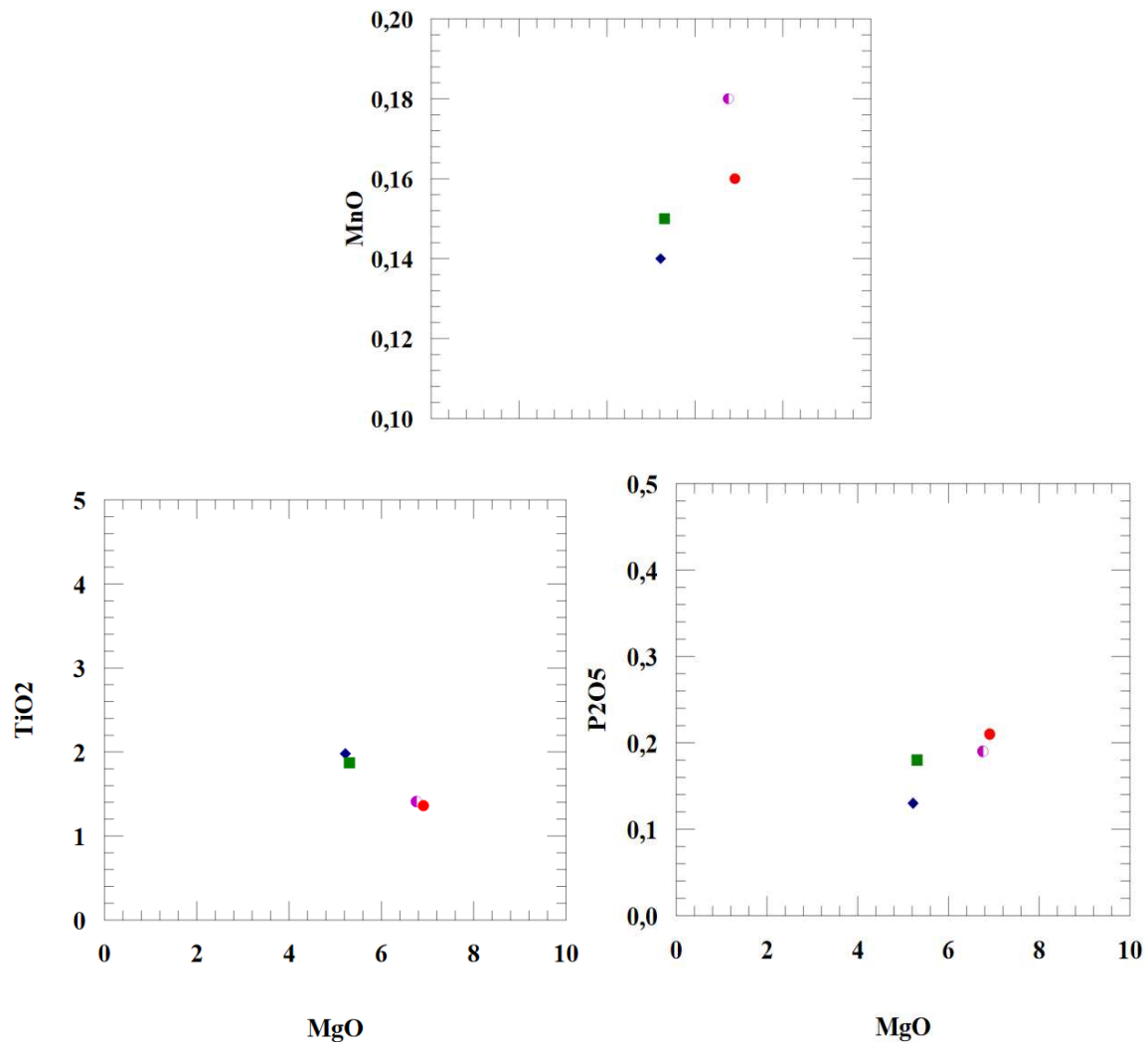
La diminution de ces éléments (CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dans le magma est due essentiellement au fractionnement des plagioclases.

- Les teneurs en fer (FeOT, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>T) diminuent avec l’augmentation de MgO pour les échantillons AM7 et AM15 et contrairement pour les échantillons BL1 et BL9, car ces dernières sont abondant en clinopyroxènes par rapport à celles d’Amrioune.
- Les teneurs en MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sont croissants avec l’augmentation de MgO pour les échantillons BL1, BL9 et décroissant en fonction de MgO dans les échantillons AM7, AM15 et de même pour les teneurs en TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub> (voir diagramme MgO-SiO<sub>2</sub>) qui sont corrélés négativement avec MgO, à l’exception des échantillons BL1, BL9 qui augmentent avec l’augmentation de la teneur en silice.

Ceci pourrait être due à la formation des oxydes ferro- titanés (ilménites) comme constatés dans les tholéiites océaniques de Thingmuli en Islande (Carmichael, 1964) et celles continentales (Deccan : Mahoney et al, 1982).





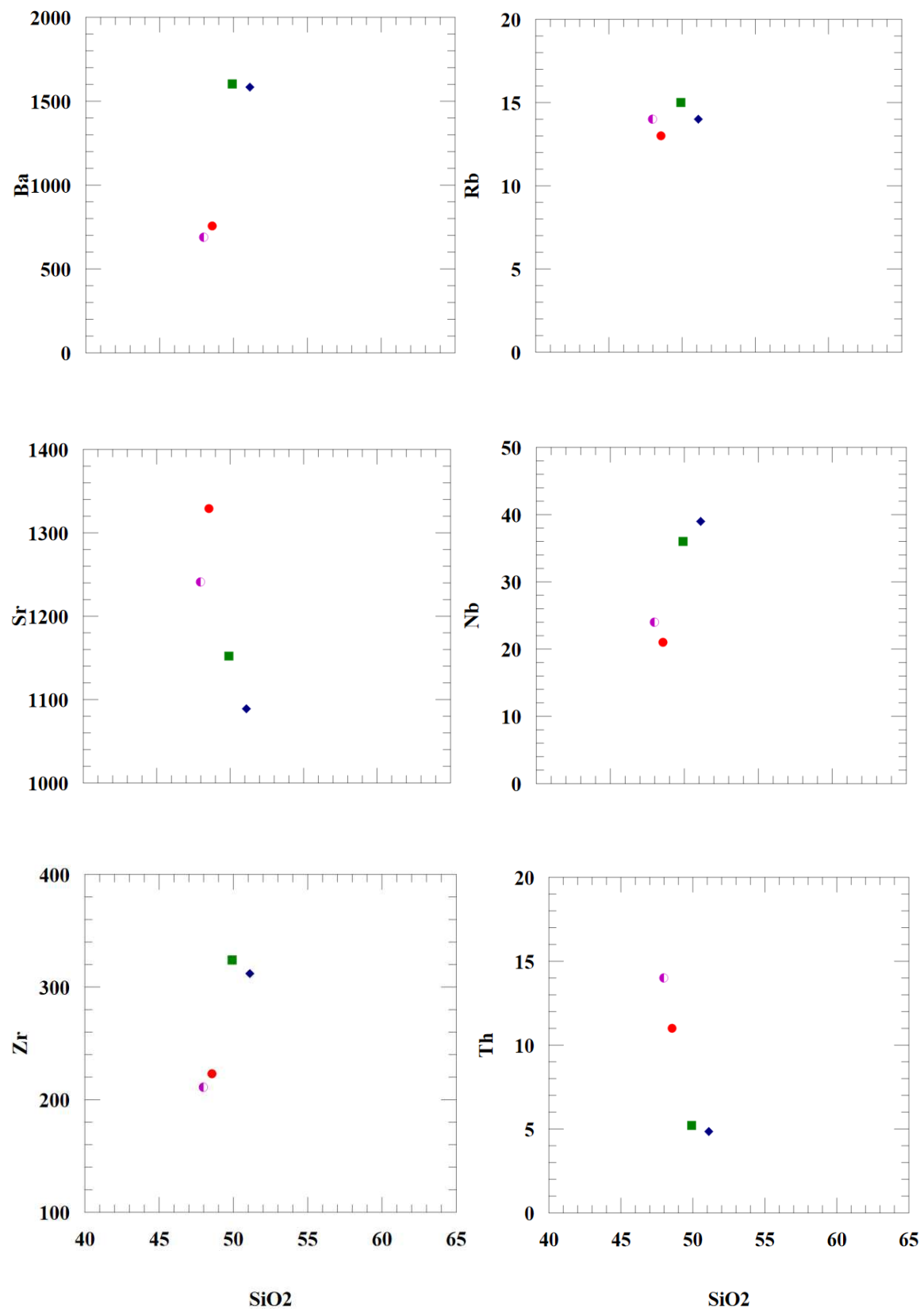


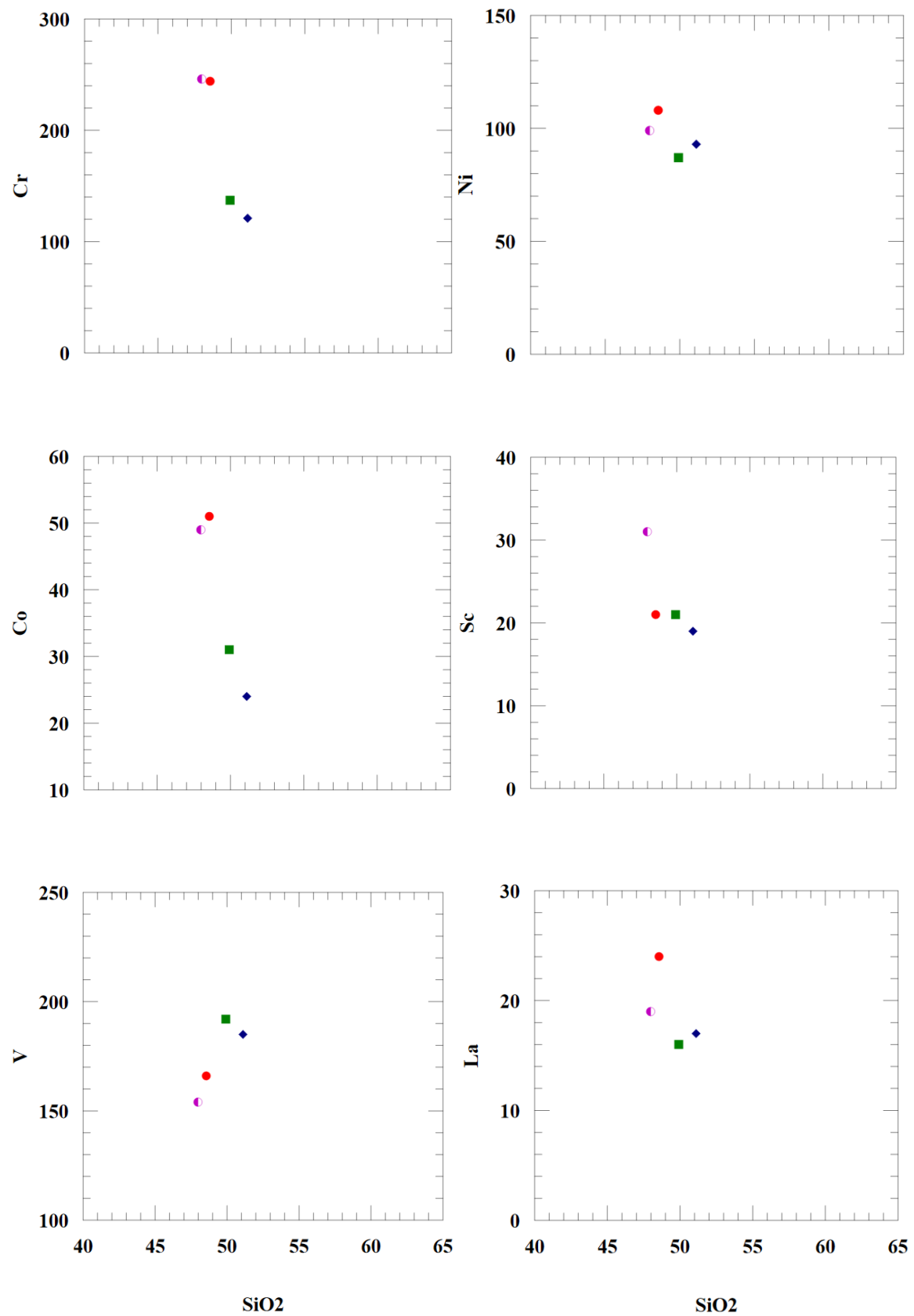
**Figure 54 :** Variation des éléments majeurs en fonction de MgO (diagramme oxydes – MgO)

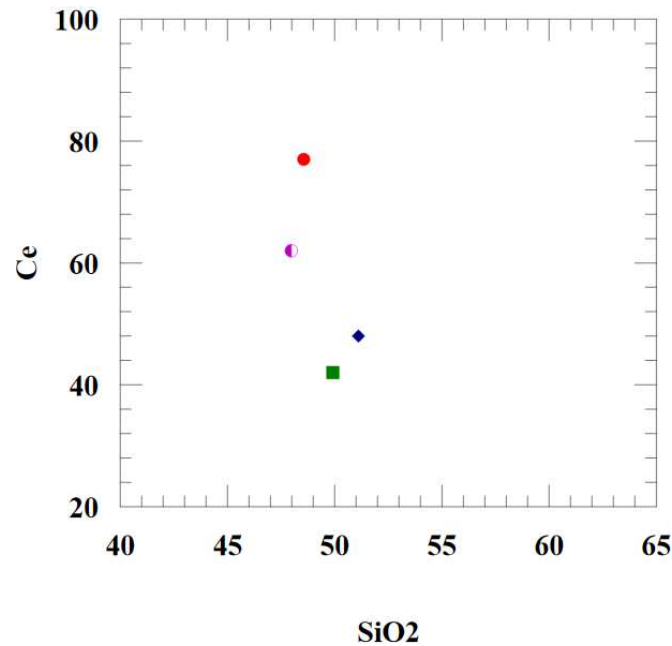
### 5.6.2. Comportements des éléments en trace :

#### 5.6.2.1. Diagramme élément en trace- silice : (figure 55)

- les diagrammes montrent toujours deux types de magmas.
- Les teneurs en Ce, La, Ni augmentent avec l'augmentation de SiO<sub>2</sub>.
- Les teneurs en Rb, Th, Cr diminuent lorsque les teneurs en silice augmentent, donc corrélés négativement en fonction de SiO<sub>2</sub>.
- Les teneurs en Ba, Sr, Zr, Co, V augmentent avec l'augmentation de SiO<sub>2</sub> dans les échantillons AM7, AM15, tandis qu'elles sont corrélés négativement à la silice pour BL1, BL9.
- Les teneurs en Nb, Sc décroissent avec la croissance des teneurs en SiO<sub>2</sub>.





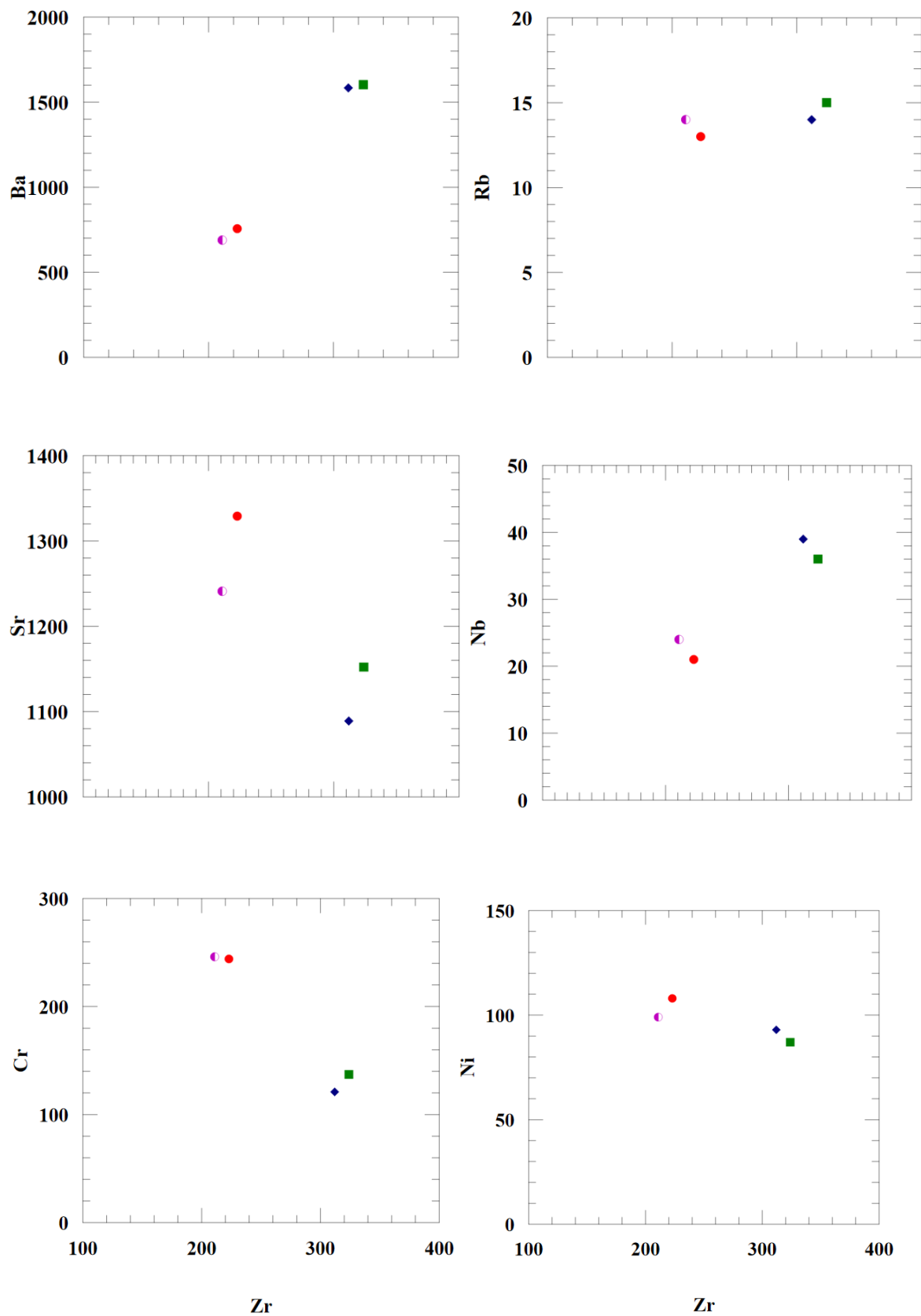


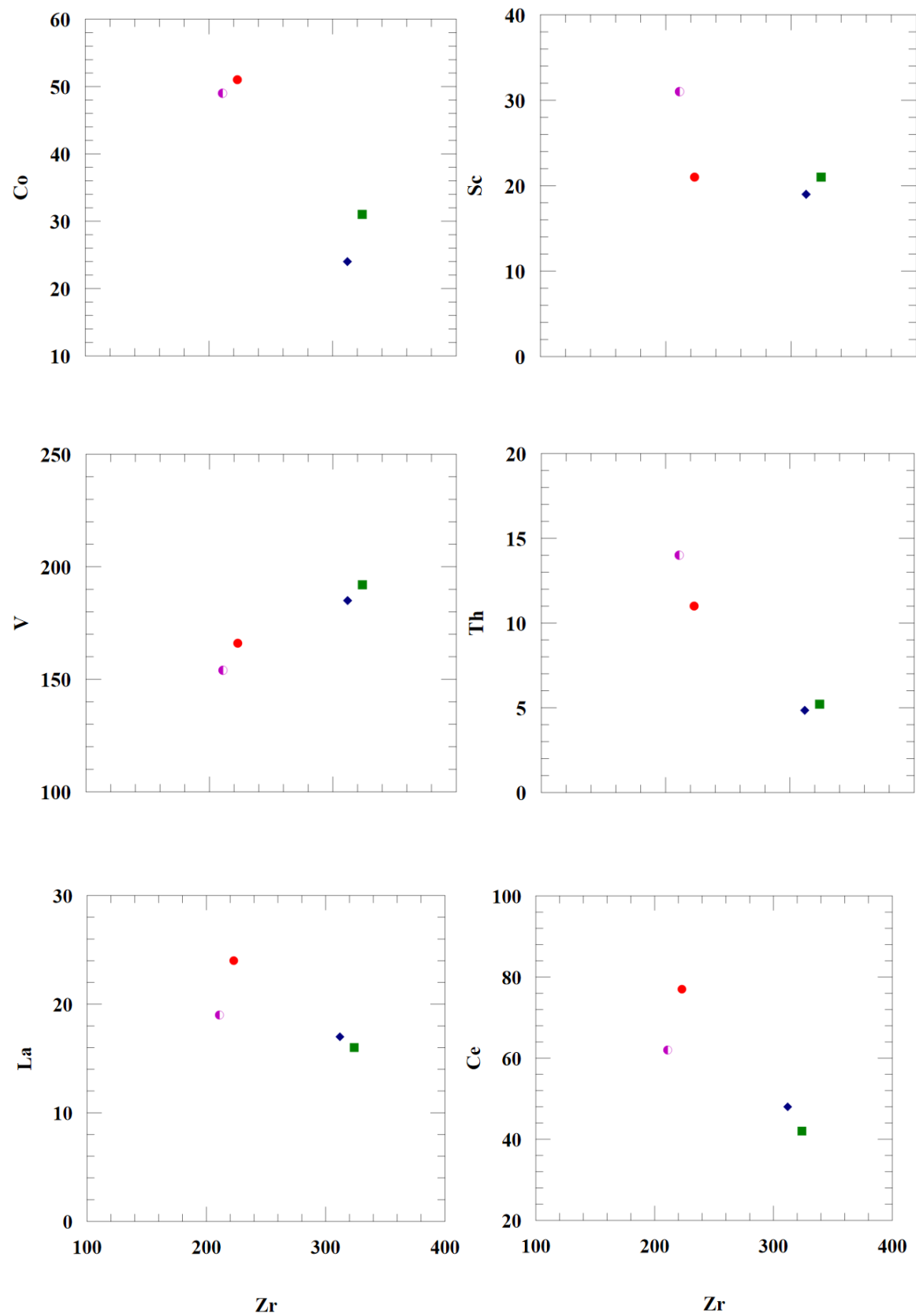
**Figure 55 :** Variation des éléments en trace en fonction de SiO<sub>2</sub>

#### 5.6.2.2. Diagramme éléments en trace- Zr :

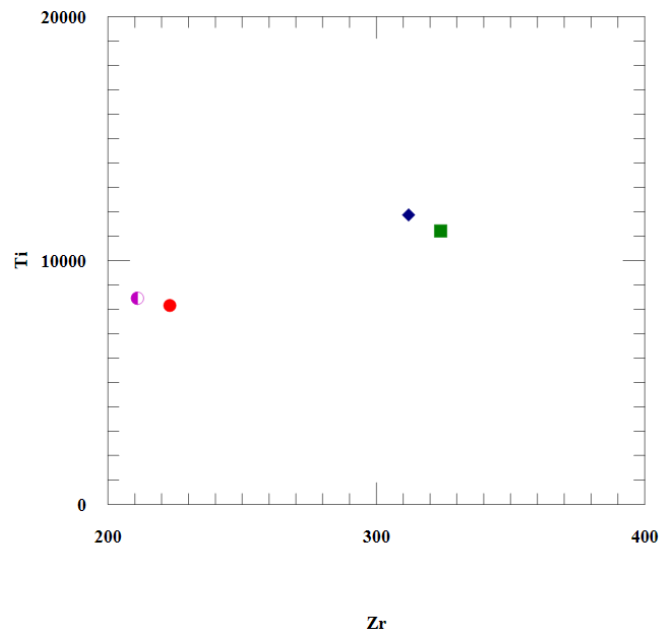
Le Zirconium est réputé comme étant peu mobile (élément inerte), il est donc intéressant de voir le comportement des éléments traces par rapport à lui (**figure 56**).

- Les teneurs en V, Co, Sr, Ba dans les diagrammes montrent une corrélation positive en fonction de Zr.
- Les teneurs en Nb, Ti diminuent lorsque les teneurs en Zr croissent.
- Les teneurs en Th, Rb, Sc, Cr montrent une augmentation en fonction de Zr pour les échantillons BL1, BL9 et une diminution de ces teneurs en fonction de Zr pour les échantillons AM7, AM15.
- Le cas contraire, les teneurs en Ni, Ce, La montrent une diminution, pour les échantillons BL1, BL9, et une augmentation des teneurs pour les échantillons AM7, AM15, en fonction des teneurs en Zr.





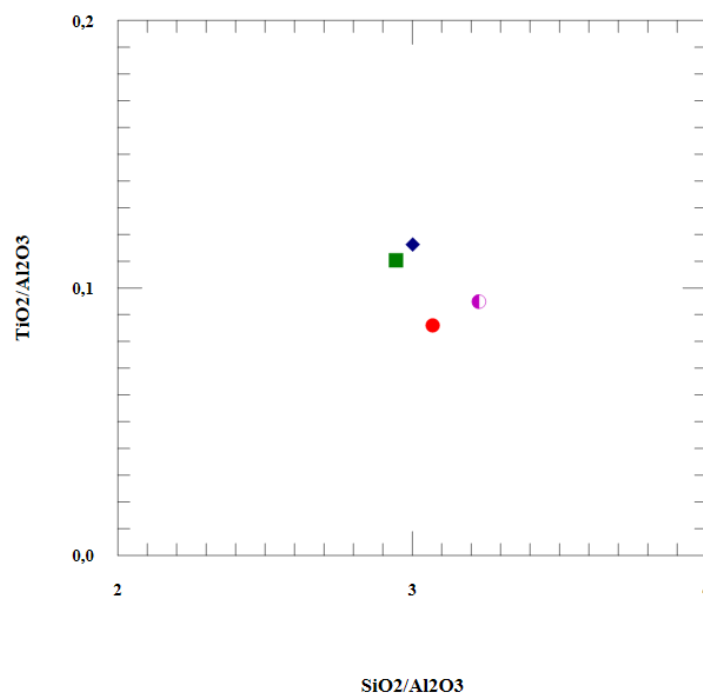




**Figure 56 :** Variation des éléments en trace en fonction de Zr

### 5.6.2.3. Le diagramme $TiO_2/Al_2O_3$ - $SiO_2/Al_2O_3$ :

Le diagramme  $(TiO_2/Al_2O_3) - (SiO_2/Al_2O_3)$  basé sur le rapport des éléments réputés immobiles (In, Chabou, 2001), il ressort clairement que la nature magmatique des échantillons de Bellara est différente de celle des échantillons de Amrioune (**figure 57**)

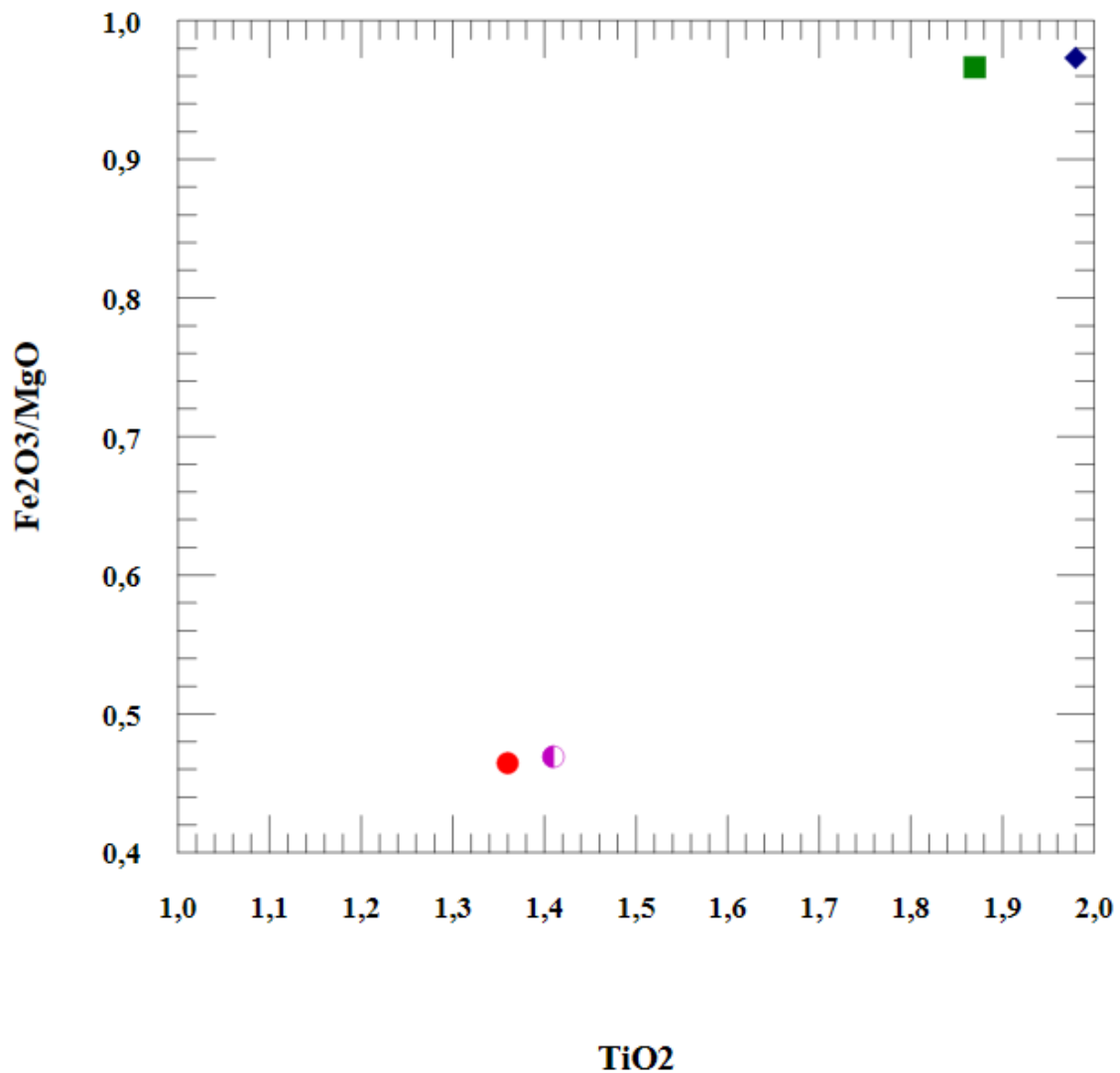


**Figure 57:** Diagramme  $TiO_2/Al_2O_3 - SiO_2/Al_2O_3$

#### 5.6.2.4. Le diagramme (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / MgO) - TiO<sub>2</sub> :

Le diagramme (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / MgO) - TiO<sub>2</sub> a été utilisé par plusieurs auteurs, pour distinguer les différents groupes magmatiques supposés co-génétiques (In Gacem, 2010).

Dans ce diagramme, on remarque que nos échantillons appartiennent à deux groupes magmatiques bien distincts (**figure 58**).



**Figure 58** : Diagramme Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / MgO - TiO<sub>2</sub>

**5.7. Contexte géodynamique :****5.7.1. Caractéristiques géochimiques des éléments :****5.7.1.1. Les éléments majeurs :**

- Les valeurs de  $TiO_2$  comprises entre 1.30% et 1.98%, pour les échantillons AM7 et AM15 sont plus faibles que celles de BL1 et BL9. Ces valeurs de  $TiO_2$  reflètent des basaltes type MORB.
- Les teneurs en  $Al_2O_3$  varient entre 14.87 % et 17.03% correspondent des basaltes tholéiitiques pour AM7- AM15 et calco- alcalines pour BL1- BL9.
- Les teneurs en fer ferrique  $Fe_2O_3$  varient entre 3.17% et 5.13% alors que les teneurs en fer ferreux  $FeO$  sont comprises entre 4.56% et 7.38%. les échantillons BL1- BL9 contiennent des teneurs élevés en  $Fe_2O_3$  et faibles en  $FeO$  par rapport à celles d'AM7- AM15. Et contrairement pour ces derniers. Ces teneurs en fer caractérisent la série calco- alcaline des basaltes.
- Les teneurs en alcalins  $Na_2O$ ,  $K_2O$  et  $CaO$  varient respectivement entre 3.71% et 3.91%. (homogènes), 0.41% et - 0.56% (faibles) et 7.09% et 9.15% (élevées) et caractérisant les basaltes alcalins pour  $Na_2O$  ; les tholéiites sub alcalique low-K pour  $K_2O$ . les valeurs de  $CaO$  sont dues à la présence de plagioclase calcique et de la calcite secondaire. Les faibles teneurs en  $K_2O$  différencient de façon efficace les MORBs des autres basaltes des bassins océaniques.
- Les teneurs en  $P_2O_5$  varient entre 0.13% et 0.21%, l'échantillon BL1 possède une faible valeur (0.13%) par rapport aux autres échantillons, il est caractéristique des MORB, alors que les autres (0.18% - 0.21%) sont caractéristiques des tholéiites continentales.

Ces faibles valeurs des teneurs en  $TiO_2$ ,  $K_2O$ ,  $P_2O_5$  pour certains auteurs indiquent des basaltes transitionnels (Guezal. et al, 2013).

**5.7.1.2. Les éléments en trace :**

- Les teneurs en Nb varient entre 21 ppm et 39 ppm pour les échantillons BL1 et BL9, elles sont plus élevées que celles d'AM7 et AM15, les faibles teneurs en Nb caractérisent les basaltes transitionnels (Guezal et al, 2013).
- Les teneurs de Ba sont assez élevés, comprises entre 689 ppm et 1602 ppm, les échantillons prélevés de l'affleurement de Bellara ont des teneurs en Ba deux fois plus élevés (1584 ppm – 1602 ppm) que celles d'Amrioune (689 ppm - 756 ppm). Ces teneurs élevés de Ba dénotent les basaltes tholéitiques continental (FCB) ou des tholéiites des îles océaniques (IOB) (Wilson, 2007).
- Les teneurs de Zr varient entre 211 ppm et 324 ppm, les échantillons Bellara possèdent des teneurs plus élevés que celles d'Amrioune, l'ensemble de ces valeurs sont caractéristiques des basaltes tholéitiques.
- Les teneurs en thorium (Th) sont faibles et varient entre 4.85 ppm et 14 ppm sachant que les échantillons AM ont des teneurs élevés en Th par rapport aux échantillons BL. Ceci est caractéristique des tholéiites.

Les éléments à fort champ ionique (HFSE) (Th, Zr) sont peu concentrés dans les MORBs normaux (N-MORB) par rapport aux autres tholéiites (MORBs enrichis, MORBs transitionnels et les Tholéiites des îles océaniques (OIT))

- Les teneurs en Ce sont comprises entre 42 ppm et 77 ppm.
- Les teneurs en La varient entre 16 ppm et 24 ppm.

Ces faibles concentrations en terres rares dans la roche sont caractéristiques des basaltes tholéitiques.

## 5.7.2. Rapports caractéristiques :

échantillons	Zr/Nb	Ba/Zr	Ba/Nb	Rb/Nb	Rb/Sr	Rb/Ba
<b>BL1</b>	<b>8.0</b>	<b>4.96</b>	<b>40.61</b>	<b>0.35</b>	<b>0.01</b>	<b>0.008</b>
<b>BL9</b>	<b>9.0</b>	<b>4.94</b>	<b>44.5</b>	<b>0.41</b>	<b>0.01</b>	<b>0.009</b>
<b>AM7</b>	<b>10.61</b>	<b>3.40</b>	<b>36.0</b>	<b>0.61</b>	<b>0.009</b>	<b>0.01</b>
<b>AM15</b>	<b>8.80</b>	<b>3.26</b>	<b>28.70</b>	<b>0.58</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>

<b>N-MORB</b>	<b>31.76</b>	<b>0.09</b>	<b>2.70</b>	<b>0.24</b>	<b>0.01</b>	<b>0.09</b>
<b>E-MORB</b>	<b>8.80</b>	<b>0.78</b>	<b>6.87</b>	<b>0.61</b>	<b>0.03</b>	<b>0.09</b>
<b>OIB</b>	<b>5.83</b>	<b>1.25</b>	<b>7.29</b>	<b>0.65</b>	<b>0.05</b>	<b>0.09</b>
<b>IAB</b>	<b>31.43</b>	<b>5.00</b>	<b>157.14</b>	<b>6.57</b>	<b>0.02</b>	<b>0.04</b>
<b>CC</b>	<b>16.50</b>	<b>3.45</b>	<b>57.00</b>	<b>6.13</b>	<b>0.15</b>	<b>0.11</b>

**Tableau 04 :** Valeurs des rapports d'éléments des roches de Bellara et Amrioune, comparés à ceux des N-MORB, E-MORB, OIB (Sun et Mc Donough, 1989), des tholéiites d'arc (IAB) (Sun, 1980) et de la croûte continentale (CC) (Rudnick et Gao, 2003)

Les valeurs du rapport Zr/Nb varient entre 8.0 et 10.61 correspondent les E-MORB.

Les valeurs du rapport Ba/Zr comprises entre 4.96 - 4.94 pour les échantillons BL dénotent des basaltes tholéiitiques des arcs insulaire (IAB) et entre 3.40 – 3.26 pour les échantillons AM caractérisent les basaltes de la croûte continentale (CC).

Les valeurs du rapport Ba/Nb comprises entre 28.70 – 40.61 caractérisent les basaltes de la croûte continentale (CC).

Les valeurs du rapport Rb/Nb varient entre 0.35 – 0.61, indiquent des basaltes type E-MORB.

Les valeurs du rapport Rb/Sr sont homogènes, autour de 0.01, indiquent N-MORB.

Les valeurs du rapport Rb/Ba sont faibles, comprises entre 0.008 et 0.02 caractérisent les basaltes type (IAB).

### 5.7.3. Diagrammes de discrimination géochimique :

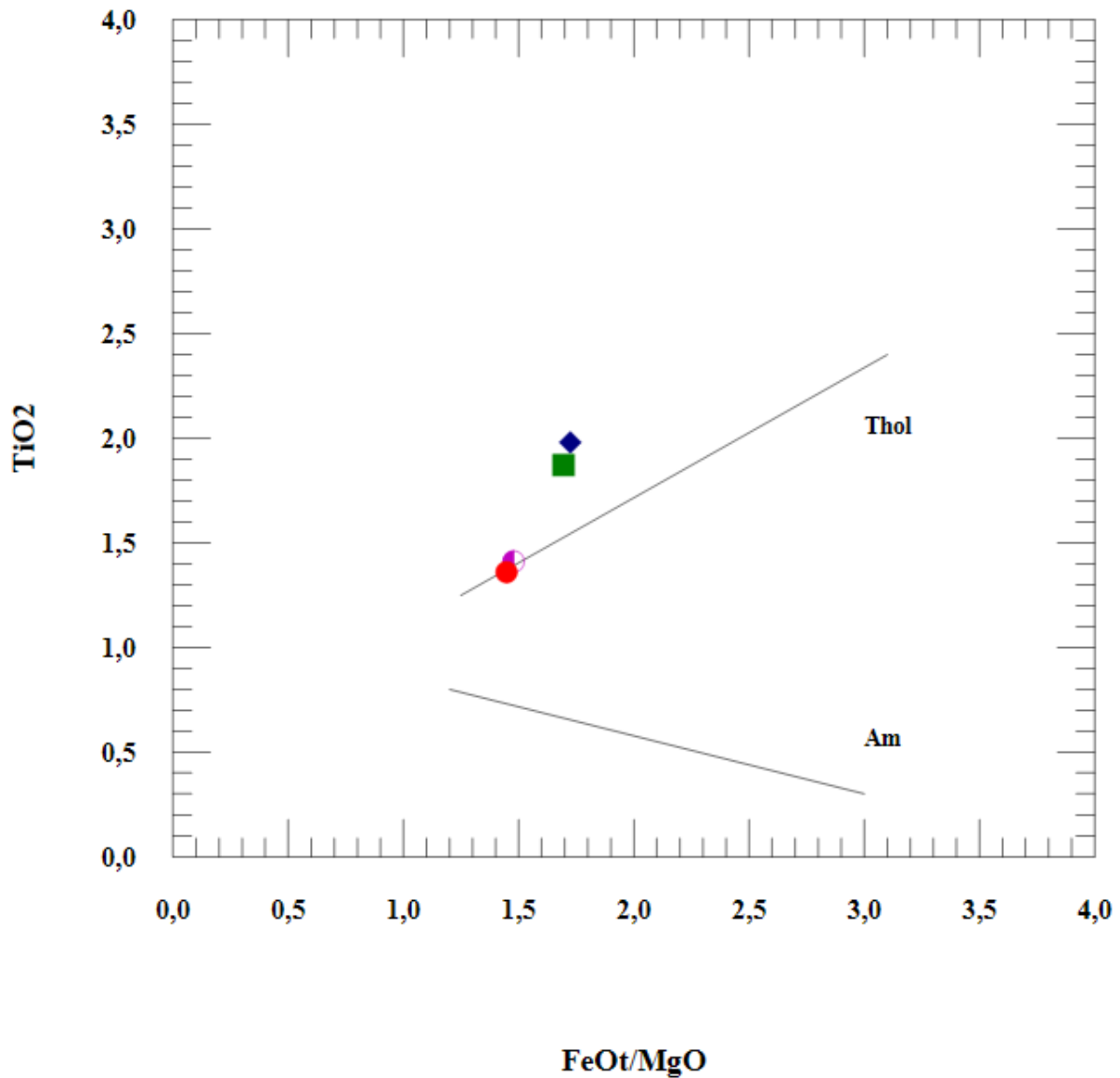
Ils sont établis pour déterminer l'environnement géodynamique de mise en place de différentes séries magmatiques en se basant sur les éléments chimiques réputés immobiles. En outre, il est important d'utiliser un grand nombre de diagrammes de discrimination géochimique pour limiter l'effet d'altération et donner des résultats plus fiables.

Les diagrammes utilisés sont les suivants :

- Diagramme  $\text{FeO}^*/\text{MgO} - \text{TiO}_2$  (Miyashiro, 1974) ;
- Diagramme  $\text{FeO}^*/\text{MgO} - \text{SiO}_2$ ;
- Diagramme  $\text{FeO}^*/\text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ ;
- Diagramme  $\text{FeO}^*/\text{MgO} - \text{TiO}_2$
- Diagramme  $\text{FeO}^*/\text{MgO} - \text{FeO}$
- Diagramme triangulaire  $\text{MnO} - 10\text{-P}_2\text{O}_5 - 10\text{TiO}_2$  (Mullen, 1983) ;
- Diagramme triangulaire  $\text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{FeO}^*$  (Pearce et al, 1977) ;
- Diagramme  $\text{Zr} - \text{Sr}/2 - \text{Ti}/100$  (Pearce et Cann, 1973)
- Diagramme  $\text{Ti}/1000 - \text{V}$  (Shervais, 1982)
- Diagramme  $\text{Log Cr} - \text{Log Ti}$  (Pearce, 1975)

**5.7.3.1. Diagramme (FeOT/ MgO) – TiO<sub>2</sub> (Miyashiro, 1974):**

Ce diagramme est utilisé pour distinguer les séries tholéitiques des séries des basaltes alcalins des marges, la plupart des échantillons s'inscrivent le long d'une évolution tholéitique au cours de la différenciation magmatique.



**Figure 59:** Diagramme FeOT/ MgO – TiO<sub>2</sub> (Miyashiro, 1974)

**Thol:** basaltes tholéitiques;

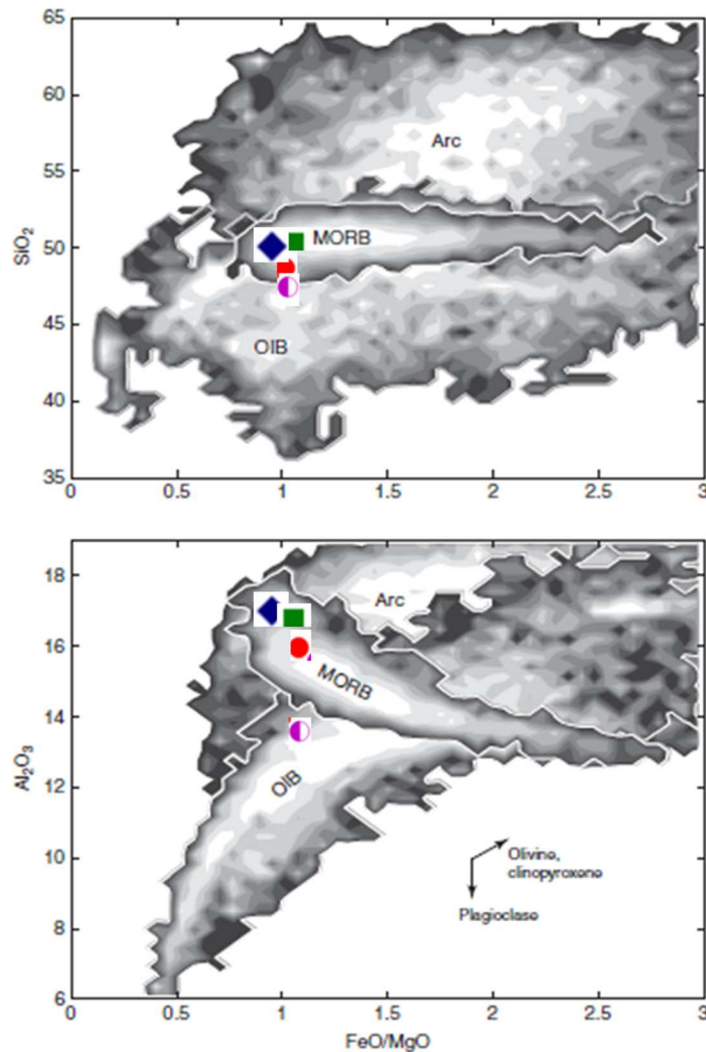
**Am:** alcalin margin basalts.



### 5.7.3.2. Diagramme (FeO/ MgO) – SiO<sub>2</sub> et (FeO/ MgO) – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:

Ils sont utilisés pour déterminer les basaltes des arcs insulaires de celles des rides médio océaniques (MORB) et des îles océaniques (OIB).

Dans ces diagrammes la plus part des échantillons sont reportés dans le champ des MORB, sauf l'échantillon AM15 occupe le champ des OIB.



**Figure 60:** Diagramme FeO/ MgO – SiO<sub>2</sub>, FeO/ MgO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(Albarède, 2009)

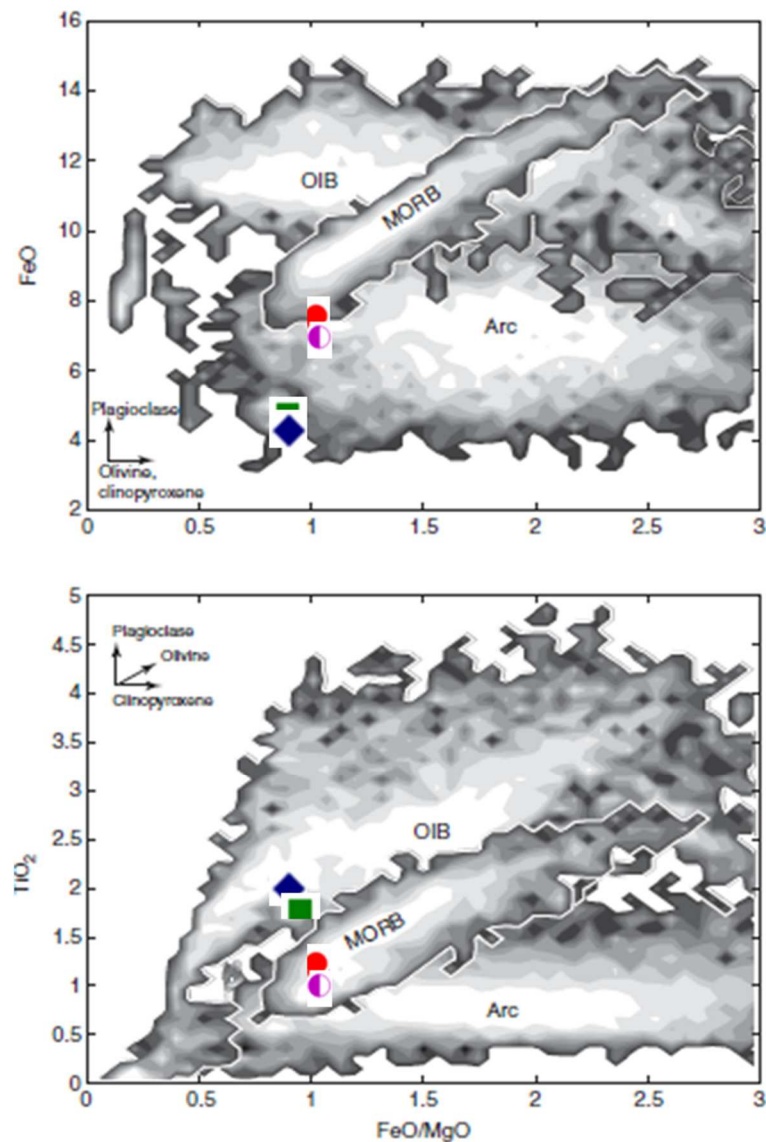
**MORB:** Mid-Ocean Ridge Basalts **Arc:** Island Arc Basalts

**OIB:** Ocean Island Basalts

### 5.7.3.3. Diagramme (FeO/ MgO) – TiO<sub>2</sub> et diagramme (FeO/ MgO) – FeO:

Ces diagrammes sont également utilisés pour déterminer les basaltes des arcs insulaires de celles des rides médio océaniques (MORB) et des îles océaniques (OIB).

Pour le premier diagramme, les échantillons AM7, AM15 sont projetés dans la limite des MORB et Arc, tandis que BL1, BL9 s'occupent le champ des basaltes des arcs insulaires. Par contre dans le deuxième diagramme les échantillons AM7, AM15 sont projetés dans le champ des MORB et BL1, BL9 se reportés au champ des OIB.



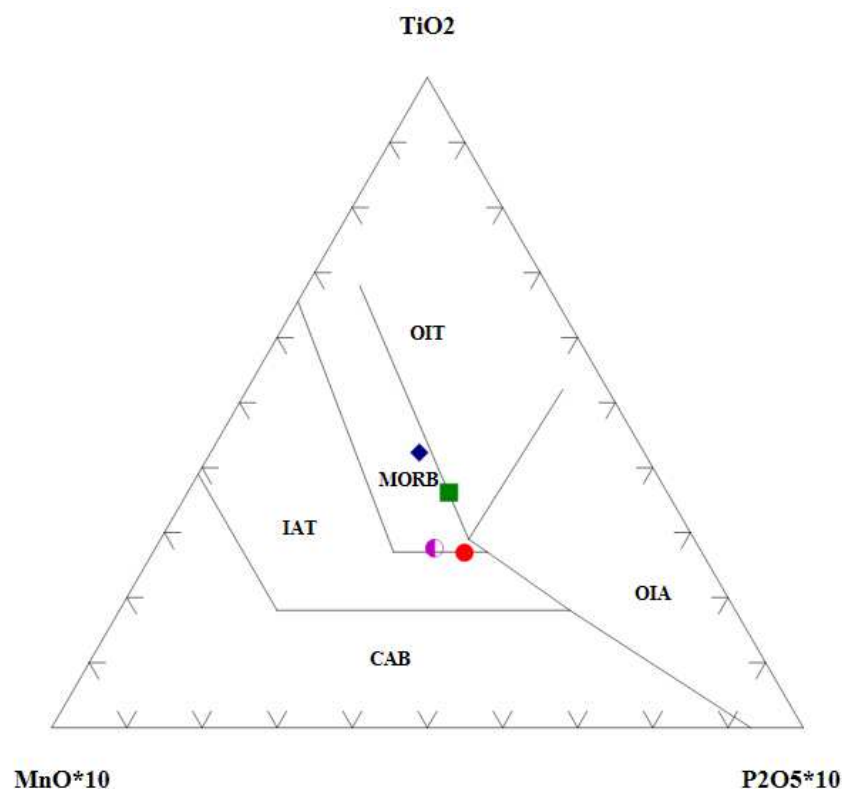
**Figure 61:** Diagramme (FeO/ MgO) – TiO<sub>2</sub>, Diagramme (FeO/ MgO) – FeO (Albarède, 2009)

Le changement de comportement de certains éléments majeurs des basaltes dans les différents contextes géodynamiques est fonction de saturation des plagioclases. Le diagramme (FeO/MgO) en fonction de SiO<sub>2</sub> représente l'extension de la différenciation : la lave devient plus différenciée de gauche à droite, la saturation des plagioclases dans les MORB résulte à basse pression (< 5Kb), cette différenciation rend Al compatible et Fe et Ti incompatibles, par contre les plagioclases sous saturés sont fractionnés à haute pression (OIB) ou à haute pression d'eau (basaltes des arcs), dans ce cas Al devient incompatible et Fe et Ti compatibles (Albarède, 2009).

#### 5.7.3.4. Diagramme triangulaire (MnO. 10)- (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. 10)-TiO<sub>2</sub> (Mullen, 1983):

Ce diagramme est utilisé pour différencier entre les différentes séries magmatiques et leurs environnements géodynamiques.

Dans notre cas, les échantillons AM se trouvent à la limite des MORB et IAT, par contre les échantillons BL se trouvent à la limite des MORB et OIT.

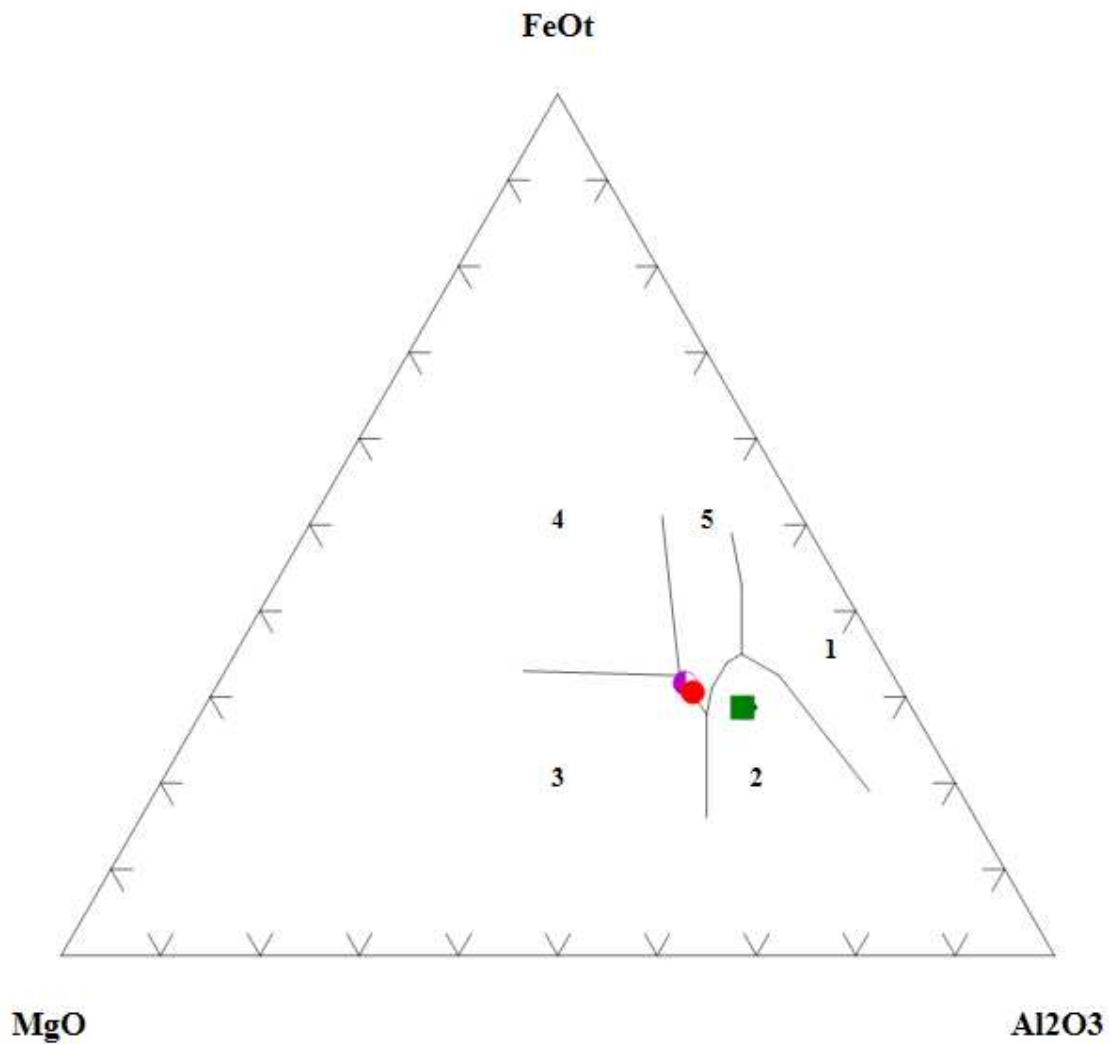


**Figure 62:** Diagramme triangulaire (MnO. 10) - (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. 10)- TiO<sub>2</sub>(Mullen, 1983)

**CAB:** Calc-Alkaline Basalts **MORB:** Mid-Ocean Ridge Basalts **AT:** Island Arc Tholeiites  
**OIT:** Océan Island Tholeiites **OIA:** Océan Island Andésites

**5.7.3.5. Diagramme triangulaire MgO- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- FeOT (Pearce et al, 1977) :**

Il est utilisé pour caractériser le milieu géodynamique des roches magmatiques. Les échantillons BL sont projetés dans le champ des zones orogéniques, par contre les échantillons AM occupent le champ des basaltes des rides océaniques à la limite du champ des basaltes continentales.



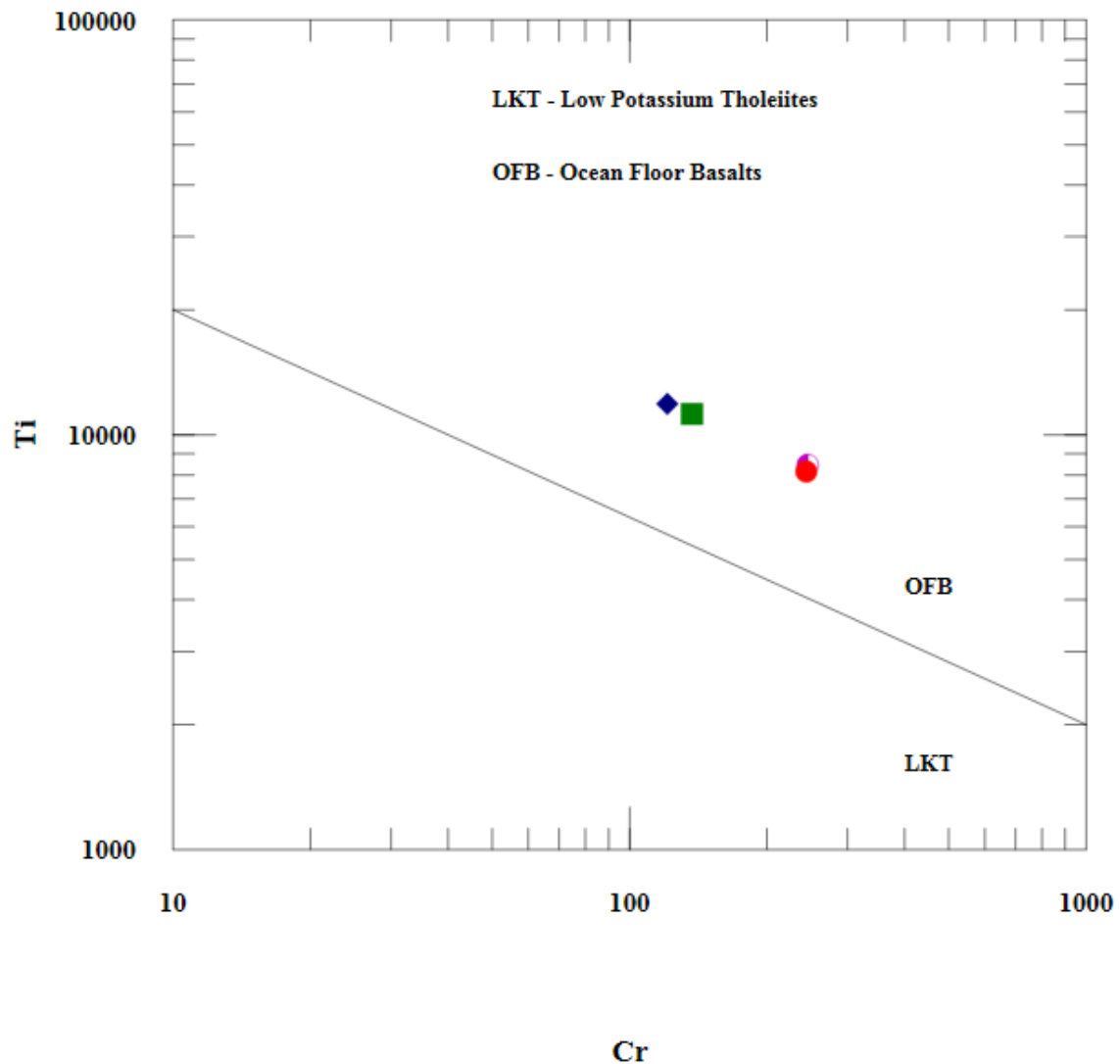
**Figure 63 :** Diagramme triangulaire MgO- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- FeOT (Pearce et al, 1977)

- 1 Spreadingcenter
- 2 Orogenic
- 3 Océan Ridge
- 4 Océan Island
- 5 Continental

**5.7.3.6. Diagramme Log Cr – Log Ti (Pearce et al, 1975) :**

Ce diagramme est utilisé pour caractériser les tholéiites à basse teneur en potassium (K) des basaltes des fonds océaniques.

Le diagramme montre que nos échantillons sont projetés au champ des OFB.

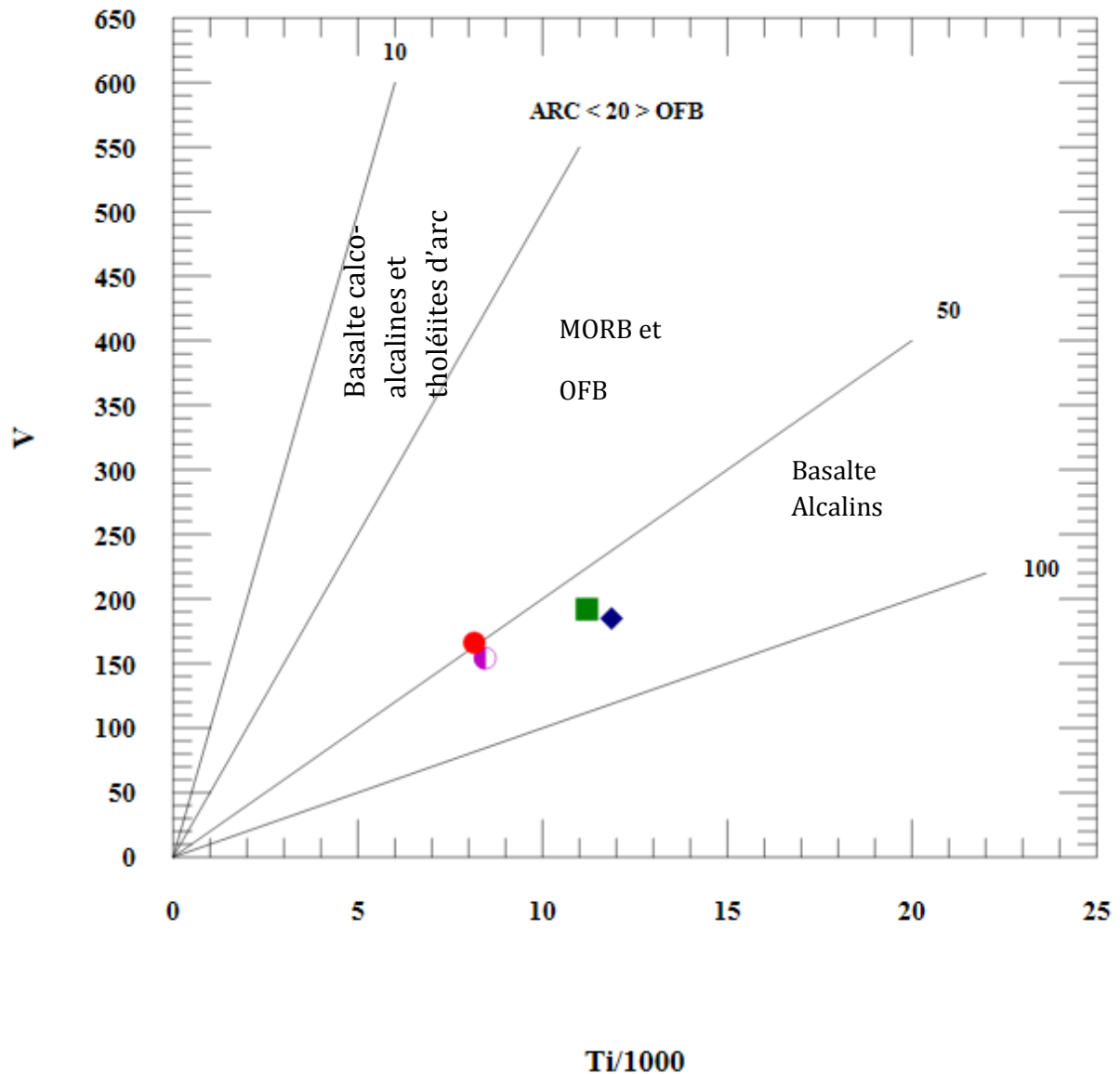


**Figure 64:** Diagramme Log Cr – Log Ti (Pearce et al, 1975)

**5.7.3.7. Diagramme Ti/1000 – V (Shervais, 1982) :**

Ce diagramme est utilisé pour séparer les basaltes des arcs insulaires (ARC) que celle des fonds océaniques (OFB) et les basaltes alcalines.

Dans notre cas les échantillons sont reportés toujours au champ des OFB.

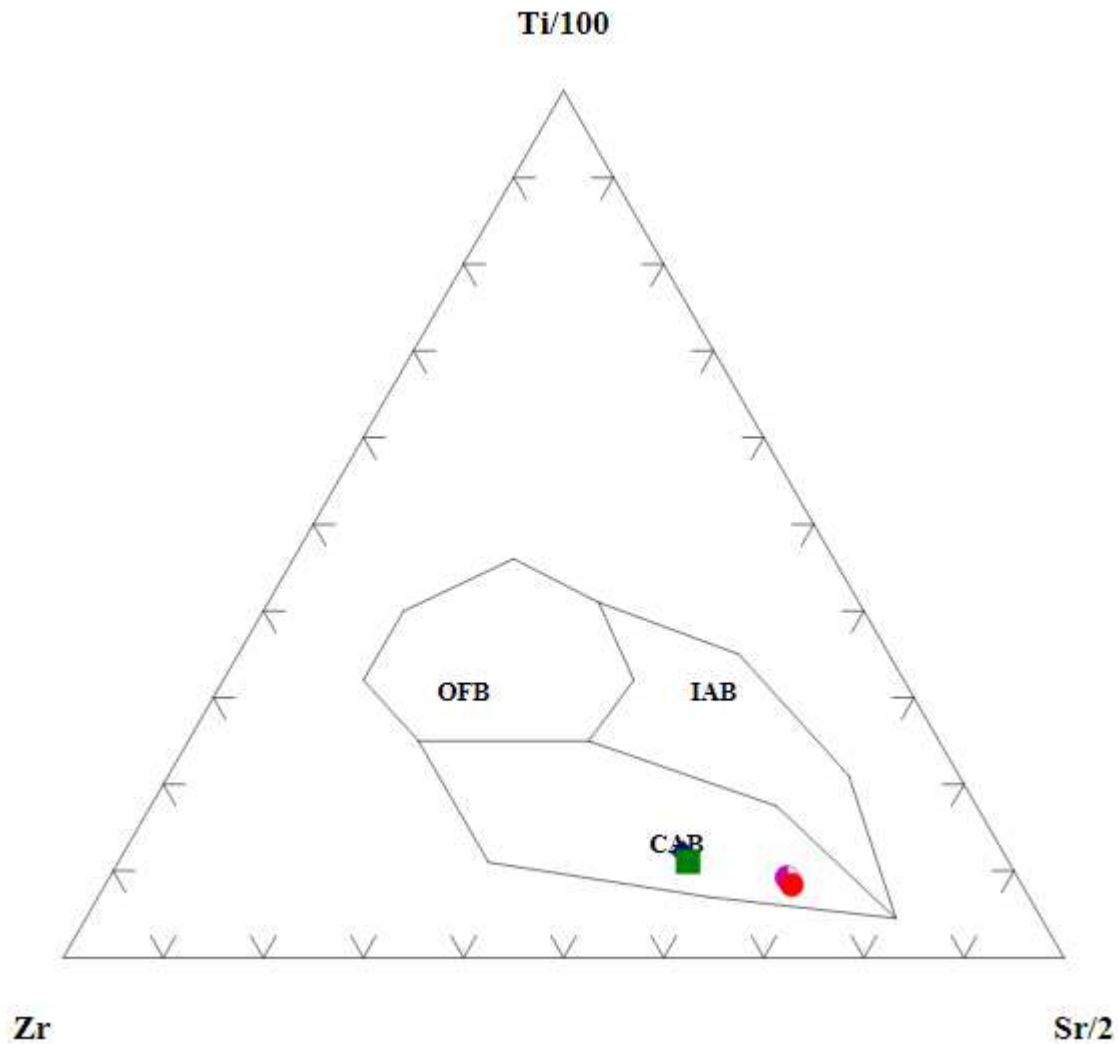


**Figure 65:** Diagramme Ti/1000 – V (Shervais, 1982)

**5.7.3.8. Diagramme Zr- (Sr/2)- (Ti/100) (Pearce et Cann, 1973) :**

Il est utilisé pour distinguer les basaltes des arcs insulaires (IAB), des basaltes calco-alcalins (CAB) et des basaltes des fonds océaniques (OFB).

Le diagramme montre dans ce cas que nos échantillons sont projetés au champ des basaltes calco-alcalins



**Figure 66:** Diagramme Zr- Sr/2- Ti/100 (Pearce et Cann, 1973)



**5.8. Conclusion :**

L'étude géochimique des échantillons prélevés de l'affleurement de Bellara et le dyke d'Amrioune confirment le caractère basique de ces roches (la teneur en  $\text{SiO}_2$  est comprise entre 47.98 et 50.11%).

Les roches magmatiques affleurent dans la région de Bellara et celles de la région d'Amrioune peuvent être apparentées aux séries sub- alcaline de la série tholéiitique.

La projection des éléments majeurs et traces sur les différents diagrammes nous permet de dire que le mécanisme de différenciation des roches magmatiques de Bellara n'est pas le même que celui de dyke d'Amrioune.

Le contexte géodynamique des roches étudiées montre que ces derniers sont des basaltes des rides médio- océaniques (MORB).

# Conclusion

## 6. Conclusion :

La chaîne des Maghrébides, en Algérie Nord orientale, est constituée du Nord au Sud par trois grands domaines : interne (socle Kabyle, dorsale Kabyle) médian (séries des flyschs) et externe (séries Telliennes et séries de l'avant pays).

La géologie de la Kabylie de Collo et d'El Milia est marquée par la présence de différentes unités géologiques, allant du socle à matériel cristallophyllien métamorphique charrié sur les terrains méso-cénozoïques notamment sur les flyschs et les formations telliennes.

Les roches éruptives post-jurassiques affleurent dans différents endroits de la Kabylie de Collo et d'El Milia, les roches basiques de nature doléritiques affleurent dans le massif de Moul Ed Demamène, alors que les roches de nature granitiques et dioritiques affleurent dans le massif de cap Bougaroun, le massif de Beni Toufout et dans certains secteurs de Collo et d'El Milia.

Ce mémoire est consacré à l'étude pétrographique et minéralogique des roches de la région de Bellara et de la région d'Amrioune. Ces deux régions font partie de la Kabylie de Collo et d'El Milia.

Les principales conclusions de notre étude sur les roches magmatiques de la région de Bellara et de M<sup>at</sup> Amrioune sont:

A Bellara, Les roches magmatiques basique, remontées à la surface à la faveur de la remontée du Trias recourent les formations de l'Oligo-Miocène kabyle et les flyschs numidiens.

A la M<sup>at</sup> Amrioune, il s'agit d'un dyke de nature basique qui a traversé les formations des flyschs maurétanien médian (calcschiste et matériaux schisto-gréseux épimétamorphisés).

L'âge de ces roches magmatiques reste mal connu, on donne relativement pour l'intrusion d'Amrioune un âge « post Thitonique » (Berriasien) et pour Bellara un âge « post-Trias ».

L'étude pétrographique et minéralogique des roches magmatiques montre que ces roches sont des dolérite pour l'affleurement de Bellara et des dolérites également pour le dyke d'Amrioune. Elles sont constituées par des plagioclases calciques et des clinopyroxènes.

Ces roches ont subi une intense altération qui a modifiée la composition minéralogique primaire et a permis l'apparition de nouvelles phases minérales tel que chlorite, épidote, calcite, quartz, et ultérieurement de minéraux opaques comme l'hématite, la magnétite, l'ilménite en exolutions lamellaires dans la magnétite. Ces deux derniers minéraux sont absents dans les dolérites d'Amrioune.

L'étude géochimique montre que les roches étudiées sont des basaltes tholéitiques sub-alcalins. Le mécanisme de différenciation des roches magmatiques de Bellara n'est pas le même que celui du dyke d'Amrioune, ceci est confirmé par les diagrammes de comportement des éléments majeurs et traces et les diagrammes de discrimination géochimique.

Le contexte géodynamique des roches étudiées montre que ces derniers sont des basaltes des rides médio-océaniques (MORB).

# **Références Bibliographiques**

## Références bibliographiques

**ALBAREDE.F, 2009**, Geochemistry An Introduction, Second Edition, Ecole Normale Supérieure de Lyon, Institut Universitaire de France, Cambridge University Press edition, 357p.

**BENABBAS. C.2006**. Evolution Mio-Plio-Quaternaire des bassins continentaux de l'Algérie nord orientale : apport de la photogéologie et analyse morpho structurale. Thèse Doctorat d'Etat En Géologie, Constantine, Algérie, 256p.

**BEAUX. J.F., FOGELGESANG J.F, AGARD PH., BOUTINV., 2011**, Atlas de géologie-pétrologie, édition DUNOD, Paris, France, 144 p.

**BETIER G. ET ROUBAULT M, 1933**. Sur les relations des schistes métamorphiques avec la série secondaire dans le massif du Moul Ed Demamene (petite kabylie, algérie). c.r, somm.soc. géol,fr., p.165. Paris.

**BIJU DUVAL B. DERCOURT J. et LE PICHON X, 1977**, From the Tethys Ocean to the Mediterranean seas: a plate tectonic model of the evolution of the western alpine system. In **BIJU DUVAL B. and MONTADER L. (ed)**. -Int. sym. On structural hist. of Mediterranean basins, Split (Yugoslavia), p. 143-164, 4 fig, 8 pl.h.t. ,ed Technip, Paris.

**BOUILLIN J.P., DURAND DELGA M. GELARD J.P., LEIKINE M. et al. 1970**, Définition d'un flysch massylien et d'un flysch maurétanien au sein des flysch allochtones de l'Algérie. C.R .Acad. Sci, Paris, D, t.270, p. 2249-2252.

**BOUILLIN J.-P. 1971**. Découverte de Mésozoïque épimétamorphique au Nord-Est d'El Milia (Petite Kabylie); la fenêtre des Beni Toufout. C.R. sornm. Soc. géol.Fr, p.115-116, 1 fig. Paris.

**BOUILLIN J.-P. et RAOULT J.-F, 197**, . Présence sur le socle kabyle du Constantinois d'un olistostrome lié au charriage des flyschs; le Numidien peut-il être un néo-autochtone ? Bull, Soc. géol. Fr., (7), XIII, p.338-362, 8 fig. Paris,

**BOUILLIN J.-P. et GLAÇON G. 1973**, Découverte de Crétacé et d'Eocène de type telliencharriés sur le socle de Petite Kabylie aux environs d'El Milia (Constantinois, Algérie).C.R. Acad. Sc., (D), t.276, p, 1517-1519, 1 fig. Paris.

- BOULLIN J.P. et KORNPORBST J 1974.** Associations ultrabasiques de petite Kabylie : péridotites de type alpin et complexe stratifié, comparaison avec les zones internes bético-rifaines. Bull. Soc. Géol. Fr., (7), t. XVI, p. 183-194
- BOULLIN J.P. et KORNPORBST J. et RAOULT J F 1977.** Données préliminaires sur le complexe volcano-sédimentaire de Rekkada Metletine (ex-*Texenna*), en petite Kabylie (Algérie). Bull. Soc. Géol. Fr., (7), t. XIX, p. 805-813, 2 fig.
- BOUILLIN J P., 1977:** *Géologie alpine de la petite Kabylie dans la région de "Collo" et "d'El Milia" (Algérie)*. Thèse SC., Paris VI, 551 p., 127 fig., 2 pl.h.t.
- BOUILLIN J P., 1979:** *La transversale de Collo et d'El Milia (petite Kabylie) : une région clef pour l'interprétation de la tectonique alpine de la chaîne littorale d'Algérie*. Mém. Soc. Géol. Fr., N.S., t. LVII ; n°135, pp. 1-84, 51 fig., 1 pl.h.t.
- BOUILLIN J P., 1986,** *Le bassin maghrébin une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'Ouest des Alpes*. Bull. Soc. Géol. Fr., (8), t. II, n° 4, pp. 547-558.
- BOUREFIS A, 2006.** Pétrologie, minéralogie et géochimie des skarns, granites et cornéennes du Djebel Filfila (Skikda, Algérie), Thèse Doctorat d'état, Université Constantine, 201 p
- CARMICHAEL, I. S. E. 1964.** The petrology of Thingmuli, a Tertiary volcano in Eastern Iceland. *J. Petrology* 5, 435-60.
- CARATINI C. 1970,** Etude géologique de la région Chellala- Reibell. Publ. Serv. géol. Algérie, N.S., Bull. n° 40, 2 vol., 320 p., 107 fig., 18 tabl., 8 pl., 1 pl.h.t.
- CHABIR., 2007,** Etude pétrographique, minéralogique et géochimique des granitoïdes et des pegmatites à MR associées. L'exemple du massif de Filfila, Mémoire de Magister, Université BADJI MOKHTAR-ANNABA, 121 p
- CHABOUM.C., 2001,** Etude pétrographique et géochimique du magmatisme mésozoïque de l'ouest de la plate-forme saharienne, Mémoire de Magister, ENP, Alger, 141p.
- COIFFAIT P E., 1992,** *Un bassin post-nappe dans son cadre structural l'exemple du bassin de Constantine (Algérie Nord Orientale)*. Thèse Sciences. Nancy I.P.502.
- COX, K. G. & B. G. JAMIESON 1979.** The olivine-rich lavas of Nuanetsi: a study of polybaric magmatic evolution. *J. Petrology*. 15, 269-301.



**DJELLIT H. 1987**, Evolution tectono-métamorphique du socle kabyle et polarité de mise en place des nappes de flysch en petite Kabylie occidentale (Algérie). Thèse Doctorat ès Sciences. Paris XI, France, Orsay n° 228, 206p.

**DURAND DELGA M., 1955** , Etude géologique de l'Ouest de la chaîne Numidique. Publ. serv. Carte géol. Algérie, Bull. n° 24, 533 p., 143 fig., 16 pl., 10 pl.h.t.

**DURAND DELGA M. et LAMBERT A. 1955**. Existence d'un Flysch schisto-gréseux Tithonique et Néocomieien aux abords des massifs anciens kabyles. C.R. somm. Soc, géol. Fr., p.200. Paris.

**DURAND DELGA M., RAOULT J.-F. et VILA J.-M. 1967**, Situation en fenêtre du Secondaire du Djebel Safia (Nord du Constantinois, Algérie). C.R. somm. Soc. géol. Fr., p.101, 2 fig. Paris.

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

**DURAND DELGA. M., 1971**, Les unités à Mésozoïque métamorphique d'El Milia à Texenna (Algérie) et leur cadre structural. Bull. Soc. Géol. Fr., (7), t.XIII, n° 3-4, p. 328-337, 7 fig.

**DURAND DELGA. M, 1975**, Impressions sur l'édifice alpin de Corse. Tectonic problems of the alpine system, p. 203-230. Veda publish. house of the slovak acad. of. se. Bratislava.

**DURAND-DELGA .M., 1980**, La Méditerranée occidentale: étapes de sa genèse et problèmes structuraux liés à celle-ci. Mém. h. s. Soc. Géol. Fr., n°10, pp 203-224, 7 fig.

**FICHEUR E, 1908**. Les terrains anciens et l'Eocène métamorphique dans les massifs numidiens. Bull.Soc.géol.Fr., (4), III, p.407-431. Paris.

**GACEMR., 2010**, les roches magmatiques mésozoïques de la région de souk el thenine (les Babors), Mémoire de Magister, ENP, Alger, 58p.

**GAUTAMS., 2014**, Petrology - Principles and Practice, American University of Sharjah - United Arab Emirates, Springer-Verlag Berlin Heidelberg edition, 380p.

**GELARD J P., 1969** : Le flysch à base schisto-gréseuse de la bordure méridionale et orientale du massif de Chellata : le flysch Mauritanien (Grande Kabylie). Bull. Soc. Géol. Fr., (7), t. XI, pp. 676-686, 3 fig., 1 pl.

**GUERGUITA., 2008**, Les roches éruptives du Massif de Chenoua, Mémoire de Magister, ENP, Alger, 44p.

**GUIRAUD R., 1973** , Evolution post-triasique de l'avant-pays de la chaîne alpine en Algérie, d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines. Thèse Sc. Univ. Nice, 270p.114 fig.12 pl.h.t.

**GUEZAL JAOUAD ; MOHAMED EL BAGHDADI; AHMED BARAKAT, 2013**, Les Basaltes de l'Atlas de Béni-Mellal (Haut Atlas Central, Maroc) : un Volcanisme Transitionnel Intra plaque Associé aux Stades de L'évolution Géodynamique du Domaine Atlasique ; Anu. Inst. Geocienc. vol.36 no.2 Rio de Janeiro 2013, [http://dx.doi.org/10.11137/2013\\_2\\_70\\_85](http://dx.doi.org/10.11137/2013_2_70_85).

**GUY SCHERRER, 2003**, Géochimie et pétrogenèse des roches Natashquan, secteur oriental de la métagabbroïques du domaine de Province de Grenville, Québec, Thèse Sc, Université du Québec INRS -Eau-Terre-Environnement, 121p.

**HARKER, A. 1909**.The natural history of igneous rocks. New York: Macmillan.

**IRVINE, T. N. & W. R. A. BARAGAR 1971**. A guide to the chemical classification of the common rocks.*Can. J. EarthSci.* 8, 523-48.

**KOVENKOV., HENRI ET GENEVIEVE TERMIER, 1954**, sur quelques roches ophitiques de l'Algérie Septentrionale, publications du service de la carte géologique de l'Algérie (nouvelle série).Bulletin N° 5, travaux des collaborateurs 1954, pp. 157 i 2,12, 2 fig., 1 pl. h.-t.

**LASSEREJ. L, LAVERNEC., 1976**, le volcanisme tholéiitique de la zone de Versoyen (Alpes Franco- Italienne) : minéralogie, pétrographie, géochimie. Thèse de doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle en géologie appliquée, université scientifique et médicale de Grenoble, France, 252p.

**LE GALLJ., 1999**, les dolérites et basaltes tholéiitiques varisques du domaine Nord- Est Armoricaïn, Géologie de la France, N° 4, pp. 3-26, 15 fig., 5 tabl.

**NEUMANN M. et VILA J.-M. 1967**, Analyse stratigraphique et structurale du flysch de Penthièvre (Nord du Constantinois, Algérie). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), IX, p.401-409, 4 fig., 1 pl. Paris.

**MACKENZIE. W.S, DONALDSON. C.H, GUILFORD.C, 1990**, Atlas of igneous rocks and their textures, first published, department of geology, faculty of science, Chulalongkorn university, Longman Scientific & Technical edition, England, 147 p.

**MAHONEY, J., MACDOUGALL, J.D., LUGMAIR, G.W., MURALI, A.V., S\$.NKARDAS, M. et GOPALAN, K., 1982**, Origin of the Deccan Trap flows at Mahabaleshwar inferred from Nd and Sr isotopic and chemical evidence. *Earth and Planetary Science Letters*, volume 60, pages 41-60.

**MIYASHIRO, A. 1974**. Volcanic rock séries in island arcs and active continental margins. *Am. J. Sci.* 274, 321-55.

**MULLEN, E. D. 1983**. MnO/TiO<sub>2</sub>/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. *Earth Planet. Sci. Lett.* 62, 53-62.

**PEARCE, J. A. & J. R. CANN 1973**, Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. *Earth Planet. Sci. Lett.* 19, 290-300.

**PEARCE, T. H., B. E. GORMAN & T. C. BIRKETT 1975**. The TiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O—P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> diagram: a method of discriminating between oceanic and non-oceanic basalts. *Earth Planet. Sci. Lett.* 24, 419—26. Pearce, T. H., B. E. Gorman & T. C. Birkett 1977. The relationship between major element chemistry and tectonic environment of basic and

**PIATONEP., 1980**, magmatisme et métamorphisme des roches intrusives calco- alcaline du Carbonifère Briaconnais entre ARC et DURANCE : minéralogie, pétrographie, géochimie. Thèse de doctorat de spécialité, en géologie appliquée, université scientifique et médicale de Grenoble, France, 214p.

**PICOT P. ET JOHANZ., 1977**, Atlas des minéraux métalliques, BRGM N° 90, France, 402p

**RAOULT J F., 1968**, Chevauchement d'âge éocène dans la Dorsale du Djebel Bou Aded (Est de la Chaîne numidique, Algérie). *C.R. Acad. Sc.*, (D), t.266, p.861- 864, 2 fig. Paris.

**RAOULT J F., 1969**, Nouvelles données sur les flyschs du Nord du Kef Sidi Dris et dans la zone du Col des Oliviers (Nord du Constantinois, Algérie) Bull. Soc. Géol. Fr., (7), t. XI, pp 516-543, 2 fig.

**RAOULT J F., 1971**, Etude géologique du Djebel bou Aded (Dorsale kabyle, Nord Constantinois, Algérie). Bull. Serv. Carte géol. Algérie, N.S., n°41, p.95-127, 8 fig., 3 pl. photo, 1 carte. Alger.

**RAOULT J F., 1974** : Géologie du centre de la chaîne numidique (Nord - Constantinois, Algérie). Mém. Soc. Géol. Fr., N.S., t. LIII, n°121, 164 p., 62 fig., 11 pl.h.t.

**ROUBAULT 1933b**. - Etude des roches éruptives accompagnant le Trias aux environs de Souk-el-Tenine (Kabylie des Babors) et d'Aumale. Bull. Serv. Carte géol. Algérie, Trav. Coll., fasc.2, p.19-24, pl.II et III. Alger.

**ROUBAULT 1934**. - La Kabylie de Collo. Etude géologique. (Thèse, Paris). Bull. Serv. Carte géol. Algérie, (2), n°10, 272 p. Alger.

**RUDNICK, R.L., Mc LENNAN, S.M. et TAYLOR, S.R., 1985**, Large ion lithophile elements in rocks from high-pressure granulite facies terrains. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, volume 49, pages 1645-1655.

**RUDNICK R.L. ET GAO S. 2003**, The composition of the continental crust. In: The crust (ed. R.L. Rudnick), Vol.3, Treatise in Geochemistry (eds. H.D. Holland and K.K. Turekian), Elsevier-Pergamon, Oxford, 1-64.

**SATOUHA., 2007**, Pétro géochimie et minéralisations des roches magmatiques de la région de Collo (NE- algérien). Mémoire de Magister, Université BADJI MOKHTAR-ANNABA, 126 p.

**SAVORNIN J., 1920** : Etude géologique de la région du Hodna et du plateau Sétifien. Bull. du S.C.G.A., 2<sup>ème</sup> série stratigraphie, descriptions régionales N° 7.

**SHERVAIS, J. W. 1982**, Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. *Earth Plane t. Sri. Lett.* 57, 101-18.

**SUN, S. S. 1980**. Lead isotopic study of young volcanic rocks from mid-ocean ridges, oceanic islands and island arcs. *Phil Trans R. Soc. Lond.* A297, 409-45.

**SUN S.S. ET MCDONOUGH W.F, 1989**, Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders, A.D., Norry, M.J. (Eds.), *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society of London, Special Publication, n° 42, 313-345.

**VILA J M., 1977**, *Carte de l'Algérie au 1/200 000, feuille de Sétif (N-Q ;3-4)*,.Publ. comm. Serv. Carte Geol, Algérie/SONATRACH, not. Expl. Détaillée, 45p.

**VILA J M., 1977**, *Carte de l'Algérie au 1/200 000, feuille de Constantine (P-Q ;3-4)*,.Publ. comm. Serv. Carte Geol, Algérie/SONATRACH, not. Expl. Détaillée, 45p.

**VILAJ.M. 1980**. La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse Docteur ès Sciences. Paris VI, 3 vol, 663 p.,. 199 fig., 40 pl., 7 pl.

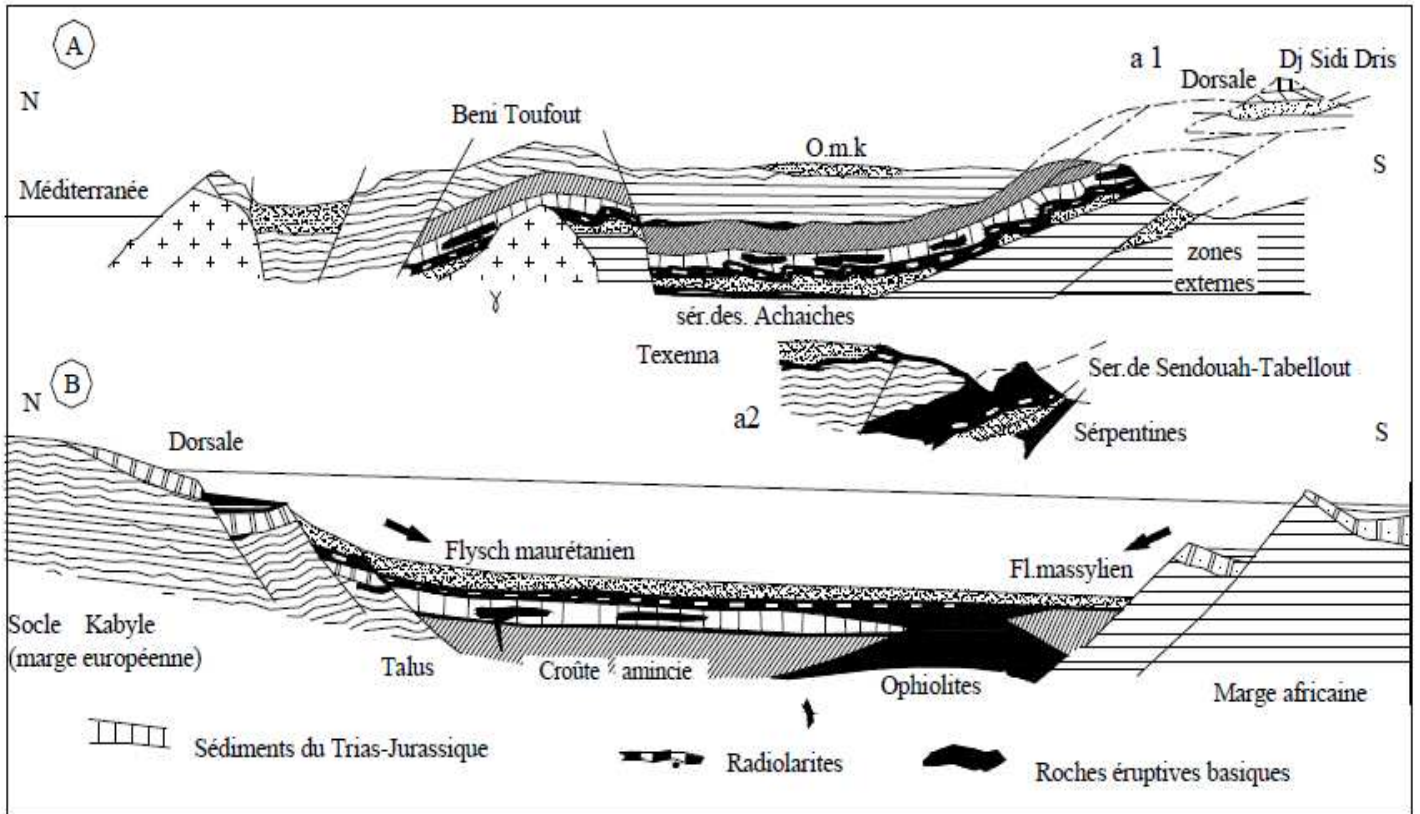
**WILDI W. 1983**, La chaîne tello rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie) : structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. *Rev. Géol. Dyn. géog. Phys.*, (24), 3, pp 201-297.

**WILSONM. 2007**, *Igneous petrogenesis a global tectonic approach*, department of earth sciences, university of Leeds, Springer edition, 480p.

**Annexe**

## ANNEXE I

**Coupe Synthétique des Magrhebides interne au niveau de la petite Kabylie et sa reconstitution paléogéographique. (D'après Bouillin, 1986).**

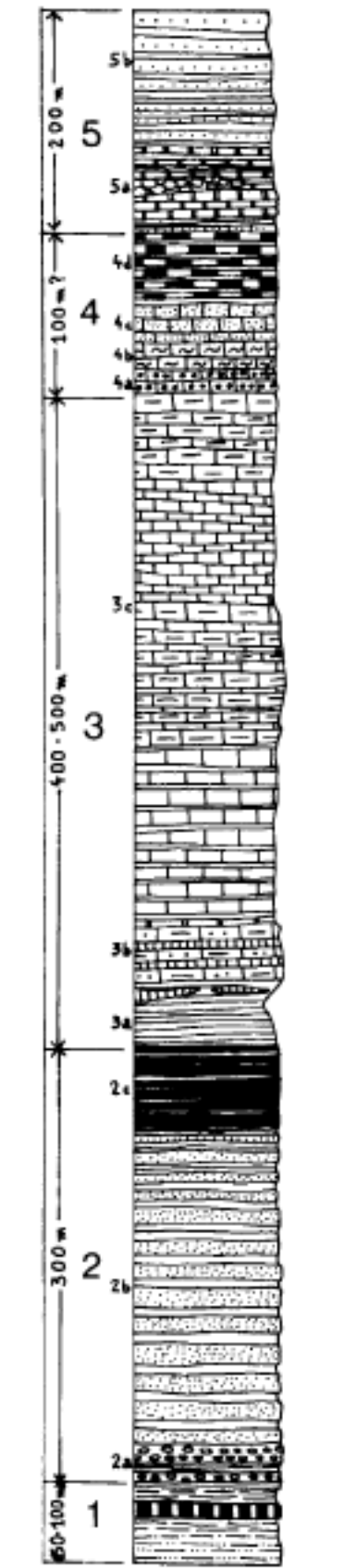


**O.M.K** : Oligo-Miocène Kabyle.  $\gamma$  : Granitoïdes miocènes. **A** : (**a1** : Coupe de la dorsale au niveau de Djebel Sidi-Driss. **a2** : Coupe au niveau de Texana). **B** : Reconstitution paléogéographique à la fin du Crétacé inférieur.



## ANNEXE II

### Colonne stratigraphique schématique de la série des Achaïches



**5- Crétacé inférieur.5b** : grès fins en bancs métriques et pélites verdâtres (faciès du Barrémien-Albien inférieur des flyschmauritaniens) ;  
**5a** : schistes bleutés ou verdâtres et petits lits de calcaires fins à Calpionelles (dont des associations du Berriasien basai) t dans ces calcaires s'intercalent des coulées de laves en coussins.

**4- Lias supérieur (?) - Dogger— Malm. 4d** : radiolarites rouges **4c** : calcaires microbré- chiques à *Aptychus* et débris de micrite à *Saccocomiâae* ; **4b** : calcaire à "filaments" (Dogger ?) , **4 a** : calcaires oolithiques.

**3- Lias.3c** : calcaires fins en petits bancs, calcaires marneux et barres de calcaires à silex ; **3b** : calcaires microbréchiqes, légèrement sableux, à Entroques et lits de silex, **3a** : schistes gris, admettant des intercalations calcaires à leur sommet (Rhétien ?).

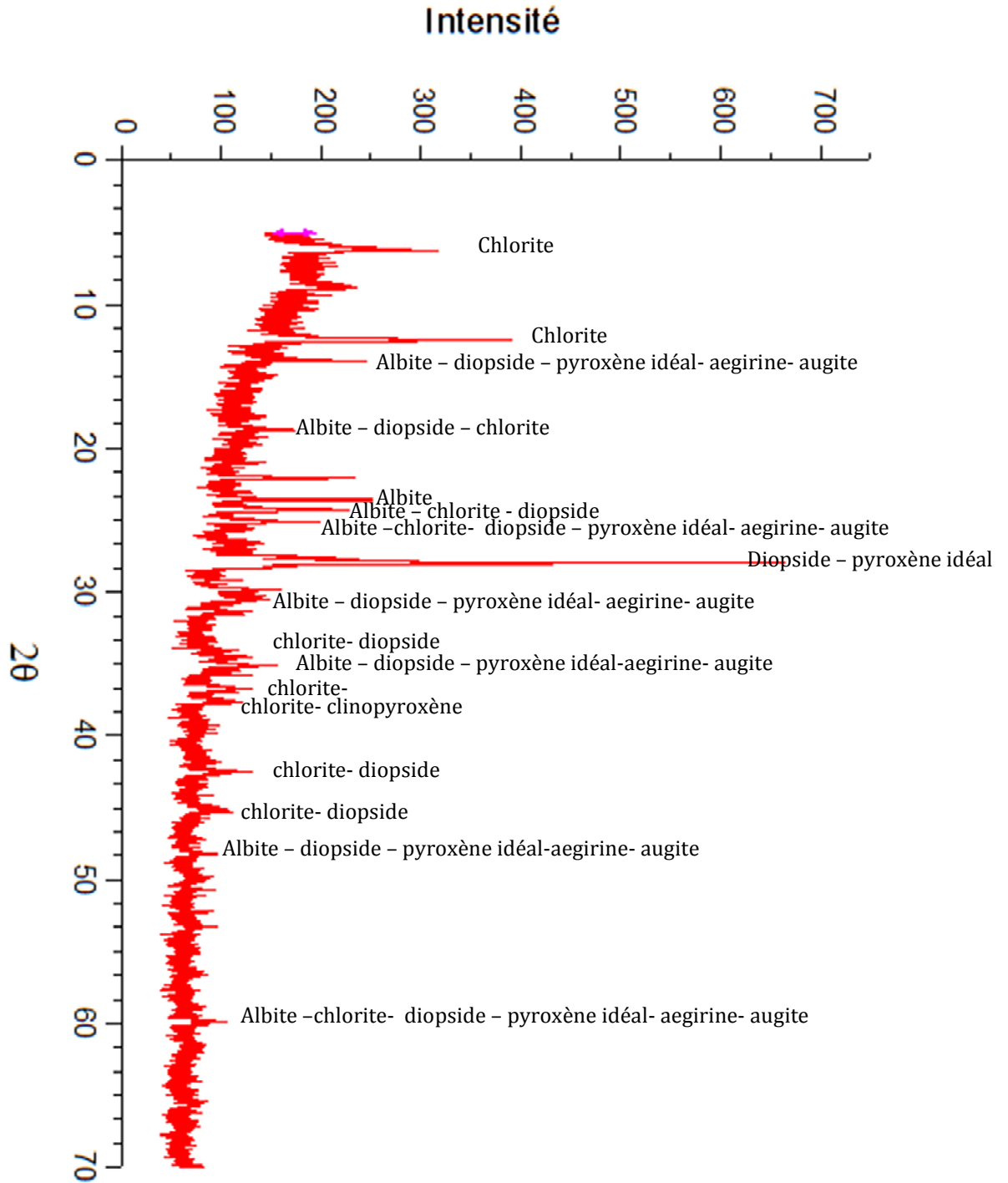
**2- (Permo-Trias) et Trias.2c** : jaspes rouges et blancs à Radiolaires, en lits centimétriques, **2b** : schistes rouge-violacé alternant avec des bancs décimétriques à métriques de grès rouges (parfois blancs) ; **2a** : conglomérats violacés à galets de quartz centimétriques ; schistes violacés et minces niveaux dolomitiques jaunâtres.

**1-Paléozoïque** : schistes gris-noir à intercalations de lydiennes i schistes gris-jaune à grains de quartz et muscovite (Silurien et Carbonifère ?)

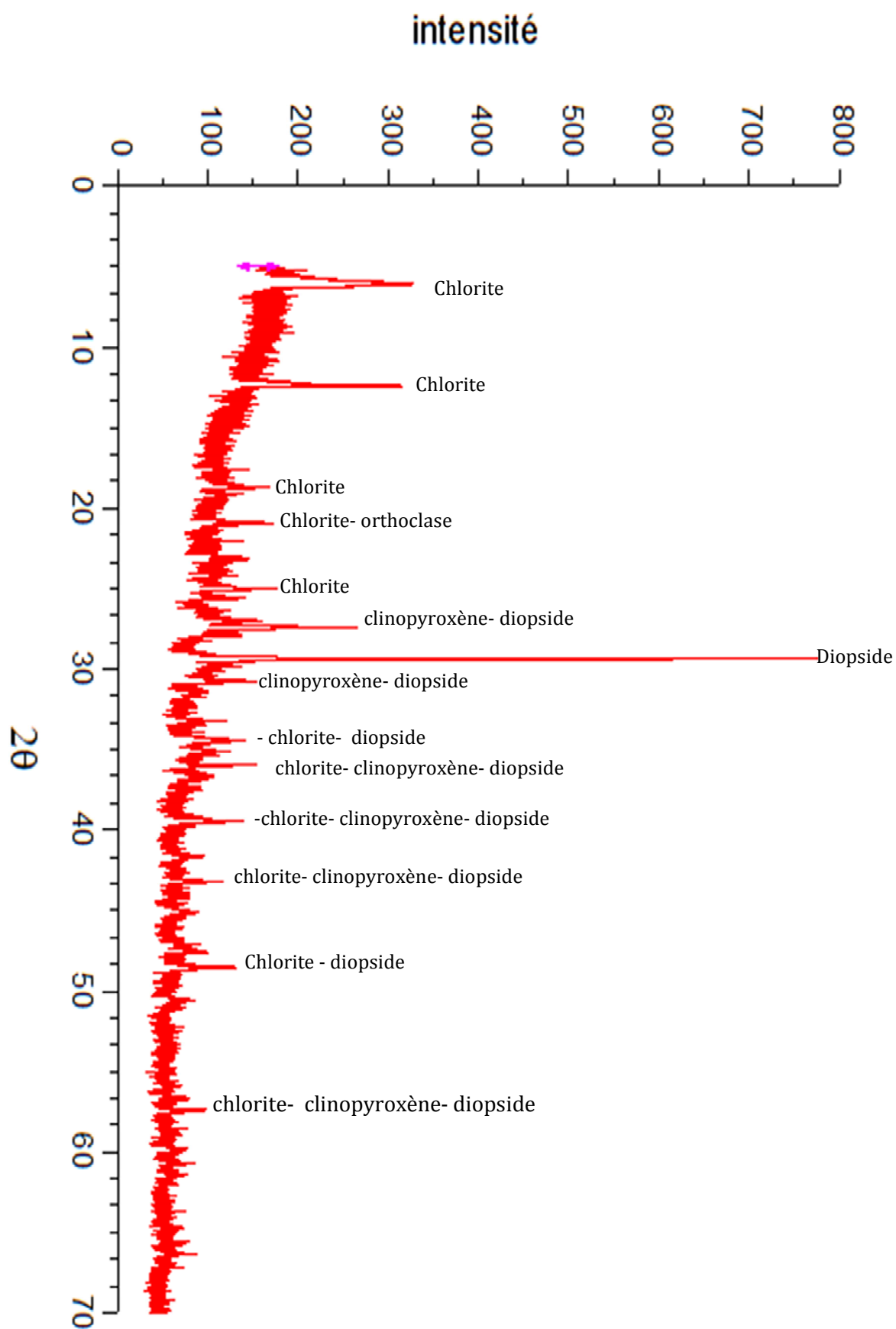
### ANNEXE III

## Spectres des diffractions par rayon X ( $X_{rd}$ ) de la roche totale en poudres

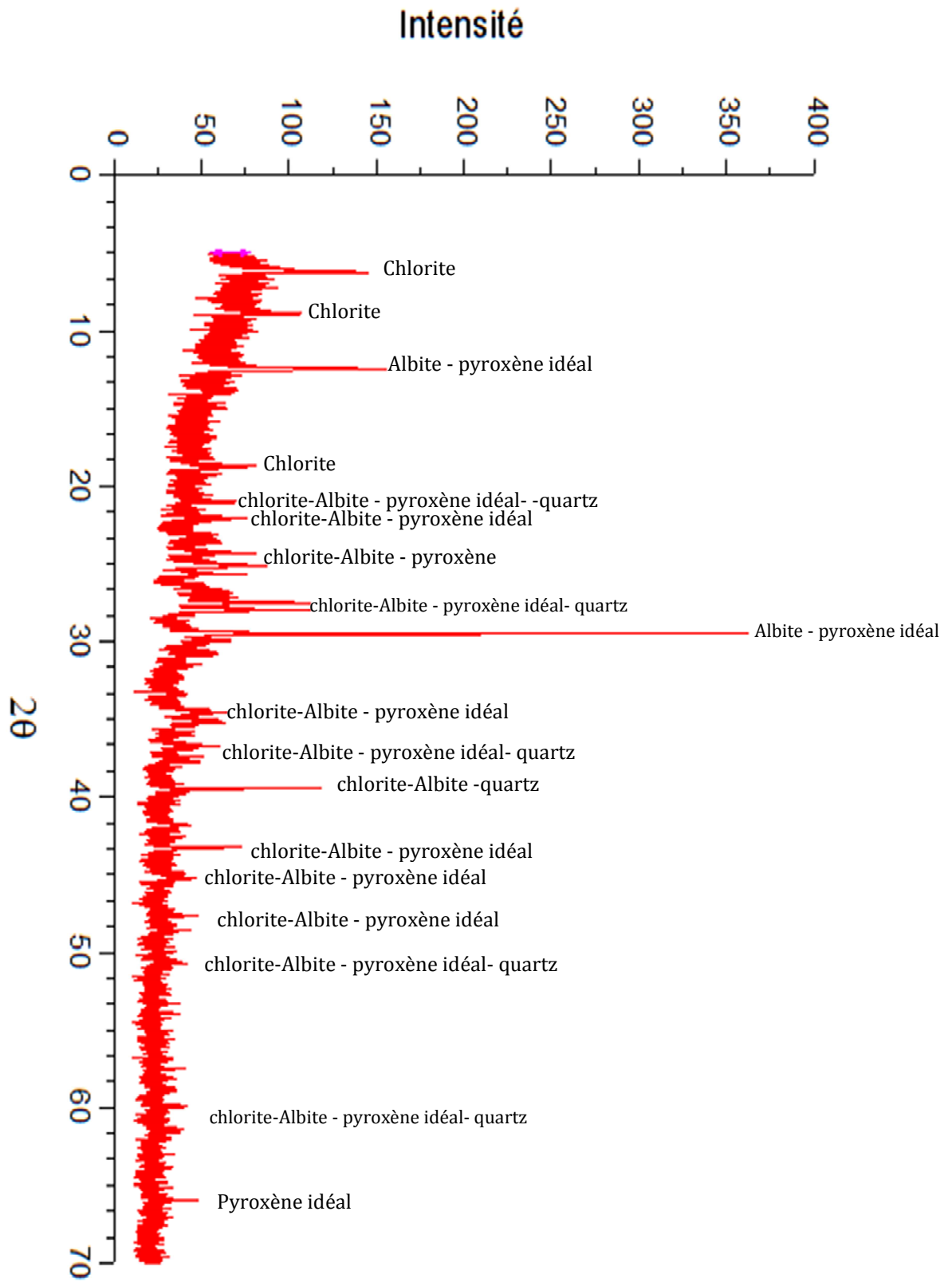
1- BL1:



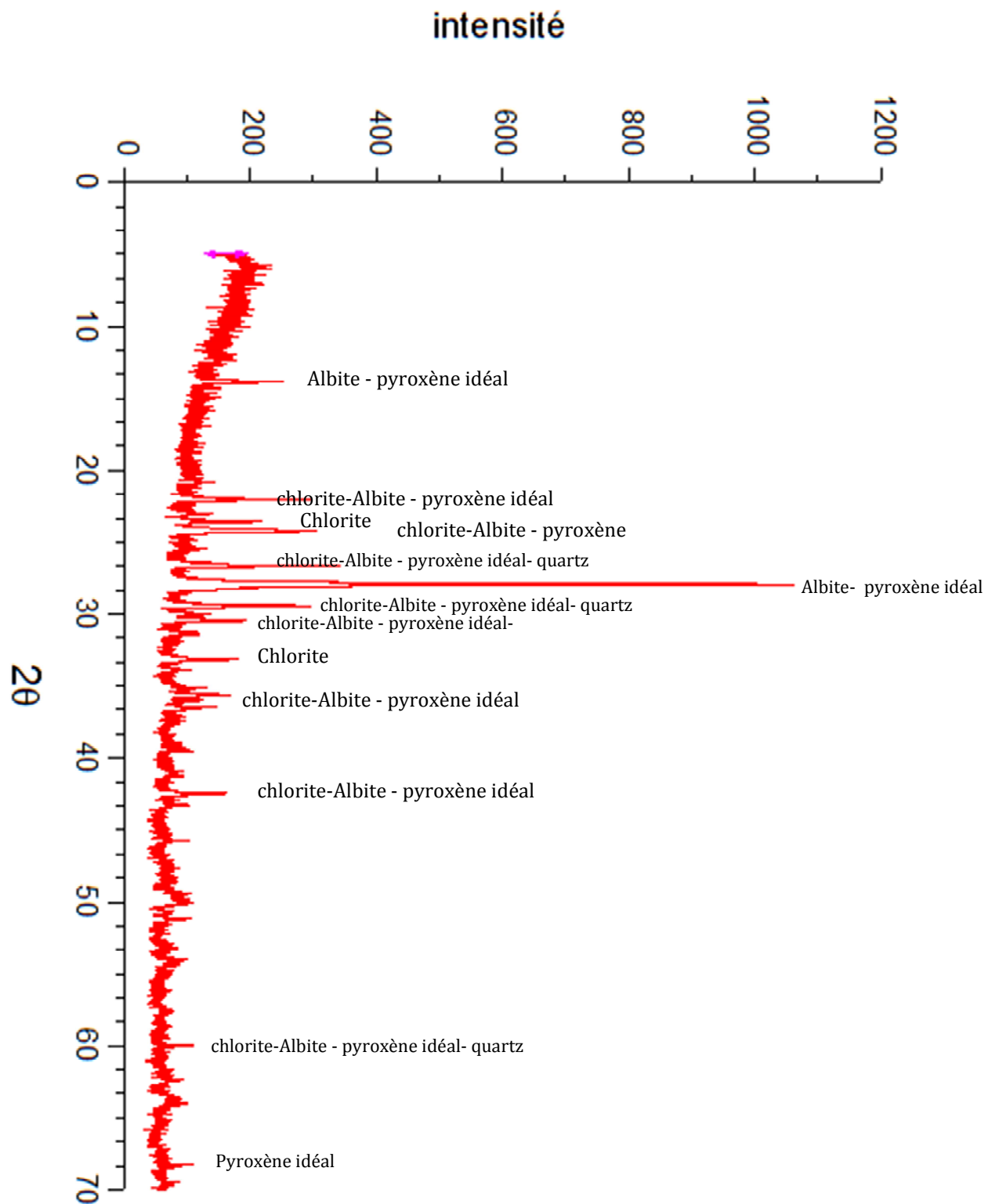
2- BL2:



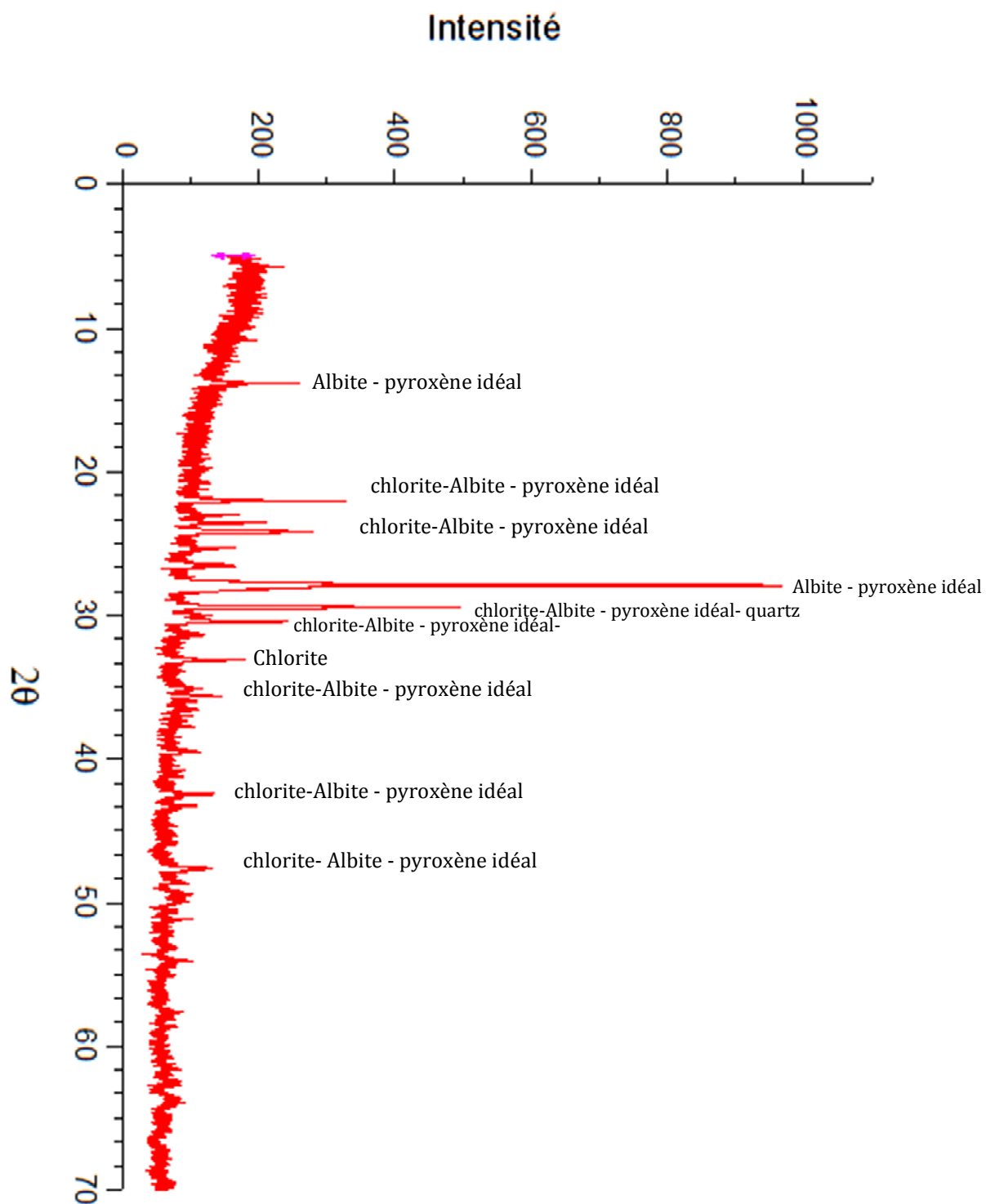
3- BL9:



4- AM7:



5- AM 15:



## ANNEXE IV

### Les étapes de préparation des échantillons pour les analyses

La réalisation des lames minces et des sections polies

Le concassage

Le broyage

La préparation des perles et des pastilles

#### 1- réalisation des lames minces et des sections polies :

La préparation des sucres pour la réalisation des lames minces et des sections polies est s'effectue au niveau de notre département de géologie- université Constantine 01 à l'aide d'une polisseuse et des abrasifs manuellement, cependant la confection des lames minces est s'effectue au niveau du département de géologie (université d'Annaba).

#### 2- Concassage :

Le concassage est la première étape pour la préparation des poudres de roches, il s'agit de fragmentés les échantillons de roches qui ont subies un examen microscopique (pour confirmer leur état de fraîcheur) en petits morceau pour facilitera le broyage par la suite, il s'effectue au niveau du département de géologie- université des frères Mentouri- Constantine 01 à l'aide d'un concasseur à mâchoire d'acier.

#### 3- Broyage :

Les concassés obtenusont mis dans un broyeur à anneau dans le but de pulvériser dans une 10 minutes de temps pour atteindre une granulométrie appropriée pour la dissolution chimique ( $X_{rf}$ ) et pour l'analyse en diffraction des rayonnements X ( $X_{rd}$ ).Il s'effectue au niveau du département de géologie- université des frères Mentouri- Constantine.

#### 4- préparation des perles et des pastilles ( $X_{rf}$ ):

Cette étape consiste dans un premier temps à **sécher** l'échantillon. Dans la plupart des cas on le met à 110°C pendant 4h. Après le chauffage on place l'échantillon dans un dessiccateur pour le refroidir.

Avec la substance préparée comme cela, on peut commencer avec la première analyse : **la perte de masse par chauffage**. On chauffe l'échantillon à une température de 1025°C où on l'y maintient pendant 30 min. On mesure ensuite la perte en masse qui donne des



informations importantes sur l'échantillon. Il est évident qu'on doit déjà avoir des informations relativement concrètes sur les éléments dans l'échantillon et ses réactions entre eux. Plus la complexité de la substance à analyser augmente plus l'information atteignable par ce type d'analyse diminue. Après cette première analyse on **décompose les échantillons par fusion**.

Cela est nécessaire parce que la taille de particule intervient dans l'analyse et donc même des échantillons identiques pourront donner des résultats différents s'ils ne sont pas dissous. La taille de particule après dissolution est presque atomique, la structure de minéralogie est détruite complètement et ne peut plus fausser les résultats obtenus. Si on utilise des éléments légers comme solvants on diminue considérablement les effets inter élémentaires sans diminuer la sensibilité. Si un laboratoire est sûr que la substance obtenue ne contient pas de sodium, il est possible d'utiliser le borax comme solvant à la place du lithium qui est beaucoup plus coûteux.

Pour une analyse précise on doit préparer une dissolution équivalente à celle des oxydes dans des standards.

Le principe général de la technique de préparation retenue est celui de l'élaboration d'une perle qui sera mesurée par fluorescence X en l'état : l'échantillon est mélangé avec un fondant approprié, puis porté à 1200°C environ. A cette température le fondant est liquide et dissout l'échantillon. A la fin de la dissolution, le produit obtenu est versé dans un moule qui lui donnera la forme définitive.

Le verre ainsi formé sera analysable une fois le refroidissement terminé.

## **Principe d'analyse**

### **1- diffraction X :**

Les échantillons solides finement broyés, sont montés sur un porte échantillon adéquat et soumis à un faisceau des rayons X pour être diffracté par les plans réticulaires des phases cristallines. En effet, il existe une relation entre l'angle du faisceau diffracté et la distance réticulaire séparant les plans d'atomes au sein d'un réseau cristallin ; cette relation est régie par la loi de Bragg  $n \lambda = 2d \sin \theta$

Des diffractogrammes sont obtenus à l'aide d'un diffractomètre à rayon X. Les positions et les intensités de pics observés sont soit ressortir par un logiciel « Origine pro

08 » comparés aux fichiers de référence PDF-ICDD (Powder Diffraction File International Center for Diffraction Data) pour l'identification des phases minéralogiques présentes et soit par l'utilisation de RIR (Reference Intensity Ratio) inclus dans le logiciel High Score du fichier PDF-ICDD pour éventuellement une estimation semi quantitative des phases correspondantes.

Les analyses par diffraction X ont été effectuées au niveau du laboratoire des matériaux et de rayon X dans le département de physique -université Constantine 01.

### **Condition d'analyse :**

Diffractomètre system: XPERT-PRO

Logiciel pour traitement des données: High Score plus

Tube radiogène: Anode en cuivre [ $\text{\AA}$ ] 1.54060

Angle de départ [ $^{\circ}2\text{Th.}$ ]: 2,0000

Angle final [ $^{\circ}2\text{Th.}$ ]: 70,0000

Taille du pas [ $^{\circ}2\text{Th.}$ ]: 0.0170

Temps du pas [s]: 35.5363

Tension du générateur à RX: 40 mA, 45 kV

### **2- La spectrométrie de fluorescence X :**

La spectrométrie de fluorescence X à dispersion de longueurs d'ondes (XRF) est une méthode d'analyse multi-élémentaire non destructive. Cette méthode permet de déterminer avec précision la composition chimique globale d'un échantillon solide, en éléments majeurs et en éléments traces jusqu'au niveau du  $\mu\text{g/g}$ . Son domaine d'investigation, s'étend du Bore (N=5) à l'Uranium (N=92). Elle a pour avantages une préparation simple des échantillons, la rapidité des analyses et une bonne reproductibilité.

Lorsque la matière est bombardée par un flux de photons X d'énergie suffisante, elle émet des rayons de même nature, caractéristiques des éléments qui la constituent. C'est le phénomène de fluorescence X. La séparation des raies d'émission après collimation, est (Bragg). Le nombre de photons émis est mesuré par un compteur proportionnel. Les intensités réalisées par diffraction sélective sur un cristal analyseur (application de la

loidecorrigees deseffets inter-éléments sont corrélées linéairement avec les concentrationscertifiéesdesmatériaux de référence (géostandards).

## ANNEXE V

### Norme CIPW

#### 1- BI 1 :

Sample	BL1											Note values are rounded for display	
Oxides	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	Mol.Wt	Norm
wt%	51,11	1,98	17,03	5,08	4,56	0,14	5,22	8,23	3,88	0,44	0,13	60	0,00
recast Fe	51,11	1,98	17,03	1,38	7,87	0,14	5,22	8,23	3,88	0,44	0,13	556	2,67
recast 100	52,47	2,03	17,48	1,42	8,08	0,14	5,36	8,45	3,98	0,45	0,13	524	33,66
mol.wt.	60	80	102	160	72	71	40	56	62	94	142	278	28,45
mol.prop.	0,874	0,025	0,171	0,009	0,112	0,002	0,134	0,151	0,064	0,005	0,001	436	0,00
Feo:Mno	0,874	0,025	0,171	0,009	0,114	0,000	0,134	0,151	0,064	0,005	0,001	284	0,00
Q (S)	0,000											102	0,00
or (KAS6)	0,029		0,005							0,005		462	2,67
ab (NAS6)	0,385		0,064					0,064				122	0,00
an (CAS2)	0,205		0,102				0,102					116	5,30
lc(KAS4)	0,000		0,000							0,000		100	2,86
ne(NAS2)	0,000		0,000							0,000		132	2,26
C(A)	0,000		0,000							0,000		100	10,01
ac(NFS4)	0,000			0,000						0,000		462	7,89
ns(NS)	0,000									0,000		122	0,37
Di wo(CS)	0,046							0,046				116	0,32
Di en(MS)	0,029					0,029						100	2,06
Di fs(FS)	0,017				0,017							132	0,00
Hy en(MS)	0,100					0,100						100	10,01
Hy fs(FS)	0,060				0,060							132	7,89
OI fo(M2S)	0,003						0,005					140	0,37
OI fa(F2S)	0,002				0,003							204	0,32
mt(FF)				0,009	0,009							232	2,06
he(F)				0,000								160	0,00
il(FT)		0,025			0,025							152	3,86
ap(CP)								0,003				310	0,29
Totals	0,874	0,025	0,171	0,009	0,114		0,134	0,151	0,064	0,005	0,001	100,00	100,00

2- BI 9 :

Sample	BL9										
Oxides	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5
wt%	49,92	1,87	16,95	5,13	4,73	0,15	5,31	7,09	3,71	0,41	0,18
recast Fe	49,92	1,87	16,95	1,41	8,06	0,15	5,31	7,09	3,71	0,41	0,18
recast 100	52,51	1,97	17,83	1,49	8,48	0,16	5,59	7,46	3,90	0,43	0,19
mol.wt.	60	80	102	160	72	71	40	56	62	94	142
mol.prop.	0,875	0,025	0,175	0,009	0,118	0,002	0,140	0,133	0,063	0,005	0,001
Feo:Mno	0,875	0,025	0,175	0,009	0,120	0,000	0,140	0,133	0,063	0,005	0,001
Q (S)	0,008										
or (KAS6)	0,028		0,005							0,005	
ab (NAS6)	0,378		0,063					0,063			
an (CAS2)	0,215		0,107				0,107				
lc(KAS4)	0,000		0,000							0,000	
nc(NAS2)	0,000		0,000						0,000		
C(A)			0,000								
ac(NFS4)	0,000			0,000					0,000		
ns(NS)	0,000								0,000		
Di wo(CS)	0,022							0,022			
Di en(MS)	0,014					0,014					
Di fs(FS)	0,008				0,008						
Hy en(MS)	0,126					0,126					
Hy fs(FS)	0,078				0,078						
OI fo(M2S)	0,000					0,000					
OI fa(F2S)	0,000										
mt(FF)				0,009	0,009						
he(F)				0,000							
il(FT)		0,025			0,025						
ap(CP)							0,004				0,001
Totals	0,875	0,025	0,175	0,009	0,120		0,140	0,133	0,063	0,005	0,001
Mol.Wt	60										
Norm	0,47										
Q (S)	0,47										
or (KAS6)	2,55										
ab (NAS6)	32,98										
an (CAS2)	29,82										
lc(KAS4)	0,00										
nc(NAS2)	0,00										
C(A)	0,00										
ac(NFS4)	0,00										
ns(NS)	0,00										
Di wo(CS)	2,54										
Di en(MS)	1,36										
Di fs(FS)	1,10										
Hy en(MS)	12,61										
Hy fs(FS)	10,26										
OI fo(M2S)	0,00										
OI fa(F2S)	0,00										
mt(FF)	2,16										
he(F)	0,00										
il(FT)	3,74										
ap(CP)	0,41										
100,00											

Note  
values are rounded  
for display

3- AM7 :

Sample	AM7										
Oxides	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5
wt%	48,56	1,36	15,82	3,21	7,38	0,16	6,91	7,12	3,83	0,52	0,21
recast Fe	48,56	1,36	15,82	1,55	8,86	0,16	6,91	7,12	3,83	0,52	0,21
recast 100	51,17	1,43	16,67	1,64	9,33	0,17	7,28	7,50	4,04	0,55	0,22
mol.wt.	60	80	102	160	72	71	40	56	62	94	142
mol.prop.	0,853	0,018	0,163	0,010	0,130	0,002	0,182	0,134	0,065	0,006	0,002
Feo:Mno	0,853	0,018	0,163	0,010	0,132	0,000	0,182	0,134	0,065	0,006	0,002
Q (S)	0,000										
or (KAS6)	0,035		0,006							0,006	
ab (NAS6)	0,391		0,065					0,065			
an (CAS2)	0,185		0,093				0,093				
lc(KAS4)	0,000		0,000							0,000	
ne(NAS2)	0,000		0,000					0,000			
C(A)			0,000								
ac(NFS4)	0,000			0,000					0,000		
ns(NS)	0,000								0,000		
Di wo(CS)	0,037							0,037			
Di en(MS)	0,023					0,023					
Di fs(FS)	0,013				0,013						
Hy en(MS)	0,056					0,056					
Hy fs(FS)	0,032				0,032						
OI fo(M2S)	0,051					0,102					
OI fa(F2S)	0,029								0,058		
mt(FF)				0,010	0,010						
he(F)				0,000							
il(FT)		0,018								0,018	
ap(CP)							0,005				0,002
Totals	0,853	0,018	0,163	0,010	0,132		0,182	0,134	0,065	0,006	0,002
											100,00

Note  
values are rounded  
for display



4- AM15 :

Sample	AM15													
Oxides	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5			
wt%	47,98	1,41	14,87	3,17	7,21	0,18	6,76	9,15	3,91	0,56	0,19			
recast Fe	47,98	1,41	14,87	1,52	8,68	0,18	6,76	9,15	3,91	0,56	0,19			
recast 100	50,39	1,48	15,62	1,60	9,11	0,19	7,10	9,61	4,11	0,59	0,20			
mol.wt.	60	80	102	160	72	71	40	56	62	94	142			
mol.prop.	0,840	0,019	0,153	0,010	0,127	0,003	0,178	0,172	0,066	0,006	0,001			
Feo:Mno	0,840	0,019	0,153	0,010	0,129	0,000	0,178	0,172	0,066	0,006	0,001			
Q (S)	0,000											60	0,00	Q (S)
or (KAS6)	0,038		0,006									556	3,48	or (KAS6)
ab (NAS6)	0,359		0,060				0,060					524	31,36	ab (NAS6)
an (CAS2)	0,161		0,081				0,081					278	22,41	an (CAS2)
lc(KAS4)	0,000		0,000									436	0,00	lc(KAS4)
nc(NAS2)	0,013		0,006						0,006			284	1,82	nc(NAS2)
C(A)			0,000									102	0,00	C(A)
ac(NFS4)	0,000			0,000					0,000			462	0,00	ac(NFS4)
ns(NS)	0,000								0,000			122	0,00	ns(NS)
Di wo(CS)	0,087											116	10,07	Di wo(CS)
Di en(MS)	0,055						0,055					100	5,54	Di en(MS)
Di fs(FS)	0,031				0,031							132	4,15	Di fs(FS)
Hy en(MS)	0,000						0,000					100	0,00	Hy en(MS)
Hy fs(FS)	0,000				0,000							132	0,00	Hy fs(FS)
OI fo(M2S)	0,061						0,122					140	8,55	OI fo(M2S)
OI fa(F2S)	0,035											204	7,07	OI fa(F2S)
mt(FF)				0,010	0,010							232	2,32	mt(FF)
he(F)				0,000								160	0,00	he(F)
il(FT)		0,019			0,019							152	2,81	il(FT)
ap(CP)								0,004				310	0,44	ap(CP)
Totals	0,840	0,019	0,153	0,010	0,129		0,178	0,172	0,066	0,006	0,001		100,00	

Note  
values are rounded  
for display