

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Supérieure Polytechnique**

Département Génie Minier



***Mémoire de Magister en Génie Minier
de l'Ecole Nationale Supérieure Polytechnique***

Présenté par

Rachid GACEM

Ingénieur d'état en Génie Minier de l'ENSP

Thème

***LES ROCHES MAGMATIQUES MESOZOÏQUES DE
LA REGION DE SOUK EL THENINE (LES BABORS)***

Soutenu : Janvier 2010 devant le jury composé de :

M. Abderrahim BALI	Professeur (ENSP)	Président
M. Amar SEBAI	Maître de Conférences A (ENSP)	Rapporteur
M. Missoum HARKAT	Professeur (USTHB)	Examineur
M. Amar DRARENI	Maître de Conférences A (USTHB)	Examineur
M. Moulley Charaf CHABOU	Maître de Conférences B (UFA Sétif)	Examineur

Janvier 2010

Résumé

Les roches magmatiques « mésozoïques » sont réparties dans la région de Souk El Thenine sous forme de pointements. Cette étude a permis de mieux connaître la composition pétrographique et la nature géochimique de ces roches. Ces dernières paraissent se subdiviser en deux principaux types : basalte et d'andésite basaltique. Les minéraux identifiés sont l'albite, la riebeckite, le quartz, l'épidote et la chlorite. Cependant, l'âge précis de ces roches reste inconnu.

Mots clés :

Magmatisme, Souk El Thenine, pétrographie, géochimie, basalte, andésite basaltique.

المخلص :

الصخور البركانية "مزوزويك" منتشرة في منطقة سوق الاثنين شكل نقطي, هذه الدراسة تسمح لنا بمعرفة مكوناتها البتروغرافية وطبيعتها الجيوكيميائية. تتألف هذه الصخور بشكل رئيسي من الالبيت, الكورتز, ريوبكيت, الالبيدوت والكلوريت. سمحت لنا هذه الدراسة بتقسيم هذه الصخور إلى صنفين : بازلت و ديوريت بازلتية. من جانب آخر, العمر الحقيقي لها يبقى غير معروف.

الكلمات المفتاحية

الصهارة, سوق الاثنين, البتروغرافي, الجيوكيمياء, بازلت, اندزيت بازلتية

Abstract

The "Mesozoic" Magmatic rocks are distributed in the region of Souk El Thenine as points. This study helped to better understand the composition petrographic and geochemical nature of these rocks. These appear to be divided into two main types of basalts and basaltic andesite. The minerals identified are albite, riebeckite, quartz, epidote and chlorite. However, the precise age of these rocks is unknown.

Key words:

Magmatism, Souk El Thenine, petrography, geochemistry, basalt, basaltic andesite.

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance et mes vifs remerciements à mon promoteur, Docteur **Amar SEBAI** Maître de conférences à l'Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, pour son aide et pour avoir bien su me guider et me conseiller tout au long de la préparation de ce travail.

Je voudrais exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements au Docteur **M.C. CHABOU**, pour son aide, son assistance sur le terrain, ses précieux conseils et pour l'importante documentation qu'il m'a remis. Je le remercie aussi pour l'honneur qu'il m'a fait d'accepter de juger ce travail.

Je tiens à remercier vivement Monsieur **A. BALI**, qui m'a fait l'honneur de présider mon jury.

Je remercie Messieurs **M. HARKAT**, Professeur à l'USTHB, et **A. DRARENI** pour avoir accepté de juger ce travail.

Je remercie Monsieur **A. DAOUDI** Directeur de laboratoire du CETIM à Boumerdès qui a bien voulu accepter de réaliser les analyses en rayons X, en fluorescence X ainsi que les lames minces.

Je remercie l'ensemble des enseignants du Département Génie Minier pour leur encouragement.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents, êtres plus chers au monde, qu'ils trouvent ici un modeste témoignage de reconnaissance en récompense de tout le mal qu'ils se donnent pour mon bien être et ma réussite. Que Dieu me les garde.

Celle que je trouve toujours à mes côtés, qui me partage le bien et le mal ; à ma femme pour son aide et son soutien permanent. Que Dieu me la préserve.

Mes frères : Saleh, Amer et Ali et je leur souhaite beaucoup de chance et de réussite.

Mes sœurs et je leurs souhaite une vie très heureuse.

Toute ma famille sans oublier personne.

L'équipe de la SARL GENERALE DES MINES.

Mes amis surtout GUELLIL M^{ed}, RHAB Djamel, SAADI Omar et SAADA Allal.

Liste des figures

Figure 01 : L'orogène alpin péri-méditerranéen (d'après Durand-Delga, 1969).....	04
Figure 02 : Rapports structuraux entre les différentes unités de la chaîne des Maghrébides (modifiés d'après Durand-Delga, 1969) : les Bibans et les Babors qui étaient considérés comme étant de l'Autochtone font également partie des nappes telliennes	05
Figure 03 : Position des nappes de flyschs par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides.....	06
Figure 04 : Coupe générale synthétique des Maghrébides de l'Est algérien (région du Constantinois).....	07
Figure 05 : Reconstitution paléogéographique des différents domaines des Maghrébides au Crétacé inférieur (d'après Bouillin, 1986).....	08
Figure 06 : Le découpage structural du domaine tellien des Babors et sa reconstitution au Jurassique. Etat actuel, carte simplifiée où seules les limites d'unités sont représentées de façon schématique. (Obert 1986).....	12
Figure 07 : Extrait de la carte géologique de Ziama Echelle 1/50 000 (<i>Ehrmann, 1924</i>)	16
Figure 08 : Légende de la figure 07.....	17
Figure 09 : Positionnement des sites échantillonnage (Extrait de la carte topographique de Bejaia INC N° : NJ-31-VI-3 EST, échelle 1/50 000 ^e , 1988).....	20
Figure 10 : Classification des roches magmatiques dans le diagramme TAS	31
Figure 11 : Diagramme Na ₂ O + K ₂ O vs. SiO ₂	32
Figure 12 : Représentation des échantillons étudiés dans le diagramme K ₂ O vs. SiO ₂	33
Figure 13 : Diagramme AFM d'Irvine et Baragar (A = (Na ₂ O + K ₂ O) F = (fer total) M = (MgO)).....	34
Figure 14 : Diagramme triangulaire K ₂ O-TiO ₂ -P ₂ O ₅ de Pearce et al; 1975. (O : domaine océanique. C : domaine continental.).....	35
Figure 15 : Diagramme TiO ₂ /Al ₂ O ₃ vs. SiO ₂ /Al ₂ O ₃	36
Figure 16 : Répartition des roches magmatiques de Souk El dans le diagramme triangulaire TiO ₂ -MnO-P ₂ O ₅ de Mullen (1983).....	37
Figure 17 : Répartition des roches magmatiques de Souk El Thenine dans le diagramme triangulaire FeO*+TiO ₂ -Al ₂ O ₃ -MgO.....	38
Figure 18 : Diagramme Fe ₂ O ₃ / MgO vs. TiO ₂	39

Figure 19 : Diagramme FeO/MgO vs. SiO ₂	40
Figure 20 : Diagramme TiO ₂ vs FeO / MgO.....	41
Figure 21 : Diagramme Ti/1000-V (Shervais, 1982).....	45
Figure 22 : Diagramme triangulaire Ti-Zr-Y de Pearce et Cann (1973).....	46
Figure 23 : Diagramme TiO ₂ vs. Y/Nb (Floyd et Winchester, 1975).....	47
Figure 24 : Diagramme Nb-Zr-Y (Meschede, 1986).....	48
Figure 25 : Diagramme Nb-Zr-Y (d'après Pearce et Cann, 1973).....	49
Figure 26 : Diagramme Y/Nb vs. Zr/Nb (d'après Rudnick et Gao, 2003).....	50
Figure 27 : Diagramme P ₂ O ₅ vs. Zr.....	51
Figure 28 : Diagramme Nb/Y Vs Zr/P ₂ O ₅ (d'après J.A. Winchester, P.A. Floyd 1976).....	52
Figure 29 : Diagramme Ti/Y vs. Ti/Zr (d'après D.W. Peate Hawke et al. 1999 in A. Soulaïmani et al. 2004).....	52
Figure 30 : Diagramme Zr/TiO ₂ vs. Y/Nb (Winchester et Floyd 1977).....	53

Table de matière

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : CADRE GEOLOGIQUE DE LA REGION D'ETUDE.....	3
I.1. INTRODUCTION	3
I.2. LES GRANDES SUBDIVISIONS DE L'ALGERIE SEPTENTRIONALE (<i>CHABOU, WWW.GEOLOGUE.SETIF.ORG</i>).....	3
I.2.1. <i>Le domaine interne</i>	6
I.2.2. <i>Le domaine des flyschs</i>	6
I.2.3 <i>Le domaine externe</i>	7
I.3. GEOLOGIE DE LA REGION DE BOUGIE.....	8
I.3.1. <i>Description générale de la chaîne des Babors</i>	9
I.3.2. <i>Les grands traits structuraux des Babors</i>	11
I.4. GEOLOGIE DE LA REGION DE ZIAMA	13
I.4.1. <i>Introduction (Ehrmann, 1924)</i>	13
I.4.2. <i>Tectonique et Stratigraphie (Ehrmann, 1924)</i>	13
I.4.3. <i>Le Magmatisme de Souk El Thenine</i>	18
CHAPITRE II : ETUDE PETROGRAPHIQUE DES ROCHES MAGMATIQUES	19
II.1. INTRODUCTION	19
II.2. DESCRIPTION PETROGRAPHIQUE DES ECHANTILLONS	19
II.2.1. <i>Description des échantillons ST1, ST2, ST3</i>	19
II.2.2. <i>Description de l'échantillon ST4</i>	27
CHAPITRE III : ETUDE GEOCHIMIQUE DES ROCHES MAGMATIQUES.....	29
III.1. INTERPRETATION DES ANALYSES EN ELEMENTS MAJEURS	29
III.2. DIAGRAMMES DE DISCRIMINATION GEOCHIMIQUE EN ELEMENTS MAJEURS.....	30
III.2.1. <i>Le diagramme TAS (LeBas et al, 1986)</i>	30
III.2.2 <i>Le diagramme Alcalins vs. SiO₂</i>	31
III.2.3. <i>Le diagramme K₂O vs. SiO₂</i>	32
III.2.4. <i>Le diagramme A.F.M.</i>	34
III.2.5. <i>Le diagramme triangulaire K₂O-TiO₂-P₂O₅</i>	35
III.2.6. <i>Le diagramme TiO₂/Al₂O₃ vs. SiO₂/Al₂O₃</i>	36
III.2.7. <i>Le diagramme triangulaire TiO₂-2MnO-P₂O₅</i>	37
III.2.8. <i>Le diagramme triangulaire FeO*+TiO₂-Al₂O₃-MgO</i>	38
III.2.9. <i>Le diagramme Fe₂O₃ / MgO vs. TiO₂</i>	39
III.2.10. <i>Le diagramme FeO / MgO vs. SiO₂</i>	40
III.2.11. <i>Le diagramme TiO₂ vs. FeO / MgO</i>	41
III.3. INTERPRETATION DE L'ANALYSE EN ELEMENTS EN TRACES	42
III.3.1. <i>Les éléments de la première série de transition (Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu)</i>	43
III.3.2. <i>Les autres éléments incompatibles (Ba, Sr, Rb, Nb, Zr, et Y)</i>	43
III.3.3. <i>Rapports entre éléments caractéristiques</i>	43
III.4. DIAGRAMMES DE DISCRIMINATION GEOCHIMIQUE	45
III.4.1. <i>Le diagramme Ti-Zr-Y</i>	46
III.4.2. <i>Le diagramme TiO₂ - Y/Nb</i>	47
III.4.3. <i>Le diagramme Nb-Zr-Y</i>	48
III.4.4. <i>Le diagramme Ti-Zr-Sr</i>	49
III.4.5. <i>Le diagramme Y/Nb vs. Zr/Nb</i>	50
III.4.6. <i>Le diagramme P₂O₅ vs. Zr</i>	51
III.4.7. <i>Le diagramme Nb/Y vs. Zr/P₂O₅</i>	51
III.4.8. <i>Le diagramme Ti/Y vs. Ti/Zr</i>	52
III.4.9. <i>Le diagramme Zr/TiO₂ vs. Y/Nb</i>	53
CONCLUSION.....	54
BIBLIOGRAPHIE	56

INTRODUCTION GENERALE

Dans l'Algérie du Nord, peuvent être observés plusieurs affleurements de roches éruptives d'âges et de natures pétrographiques différentes, qui se répartissent comme suit, depuis la frontière Algéro-Tunisienne à l'Est jusqu'à la frontière Algéro-Marocaine à l'Ouest :

- Les roches anciennes, c'est-à-dire anté-tertiaires, sont rares en Algérie du Nord. Ces roches correspondent principalement à des pegmatites ou des granites à muscovite souvent tourmalinifères. On les rencontre exclusivement dans les terrains primaires qu'elles ont percés. Elles y forment des filons peu puissants, parfois très réduits et se mêlent intimement à la roche encaissante qu'il est souvent difficile de savoir s'il faut rapporter telle partie à la roche éruptive ou à la roche gneissique (Curie et al., 1890).
- Les roches éruptives d'âge Secondaire ont été reconnues sous deux aspects : les roches accompagnant les gisements de Trias gypse-salin qui se présentent généralement sous forme de blocs isolés, et les roches interstratifiées ou intrusives dans les couches d'âge secondaire (massifs des Zaccar et du Doui) (Glangeaud, 1933). Selon L. Glangeaud (1933), la plupart de ces roches sont très décomposées ou modifiées par des actions pneumatolytiques et hydrothermales postérieures à leur formation. Aussi, est-il difficile de préciser de façon certaine, les caractères chimiques des magmas qui sont à leur origine. Néanmoins, dans la région de Souk El Thenine, les roches seraient généralement fraîches (Lucas, 1933).
- Les roches tertiaires et quaternaires, sont assez répandues. On constate que les roches éruptives tertiaires de l'Algérie ont débuté par l'émission de « vrais granites ». On les rencontre en place ou en blocs, roulés dans les poudingues de nombreuses localités comme Thenia, Bougie, Collo et à EI-Milia ; ces granites seraient d'âge Miocène. Après ces granites, sont venus des termes plus finement cristallins, granites à muscovite et microgranulites. Puis, des roches à cristallinité décroissante constituées par les différents termes de la série des rhyolithes. Durant l'Helvétien, apparaissent des roches appartenant à la classe des augitandésites et des basaltes ; on peut en voir des coulées intercalées dans ce type de terrain à Drah-Rahmane (massif de Cap Djenet).

Au début du Sahélien, se place un fait de la plus haute importance : il y a eu réapparition brusque et momentanée de types acides (quelques rhyolites), puis des roches trachytoporphyriques et des trachyandésites (Mzaïta) (Curie et al., 1890). C'est à la fin du Pliocène que semblent être sorties les syénites néphéliniques de Cherchell (Djebel Aroudjaoud). Enfin, dans le Quaternaire se trouvent des basaltes et en particulier les basaltes à leucite d'Aïn-Témouchent (Aïn-Tolba).

Dans la région du Souk El Thenine, existent plusieurs affleurements de roches magmatiques, qui se présentent sous forme de pointements, avec des dimensions variables. Ces roches sont décrites comme étant des ophites. Cependant, leurs âges et leurs conditions de mise en place restent imprécis.

Dans ce mémoire, notre étude a porté sur :

- Une synthèse de la géologie de l'Algérie de Nord en générale, et celle de la région de Bougie en particulier ;
- Un échantillonnage à partir d'affleurements de roches magmatiques (ST1 à ST4) sur des deux sites différents de la région du Souk El Thenine (figure 09) ;
- Une étude pétrographique et géochimique de ces roches.

Le résultat de cette étude nous a permis d'identifier et de mieux préciser les caractères pétrographique et géochimique de ces roches.

Enfin, sont exposées des perspectives d'étude pour mieux préciser et comprendre la présence de ces roches dans la région concernée.

Chapitre I : CADRE GEOLOGIQUE DE LA REGION D'ETUDE

I.1. Introduction

L'Algérie est divisée en deux unités tectoniques majeures séparées par la faille Sud Atlasique, un Nord portant l'empreinte de la tectonique alpine et une plate-forme saharienne, relativement stable, où la tectonique est moins prononcée.

Le Nord de l'Algérie est délimité par les éléments suivants:

- Au Sud, l'Atlas saharien, une chaîne de montagnes d'origine alpine;
- Au Centre, des plates-formes comme la Méséta oranaise à l'Ouest et le môle d'Ain Regada à l'Est;
- Dans la partie septentrionale, l'Atlas Tellien est une zone complexe constituée de nappes mises en place au Miocène inférieur.

Ce domaine septentrional est constitué de reliefs jeunes, modelés au cours du Tertiaire par les mouvements alpins. L'Algérie alpine est composée du Nord au Sud, par les ensembles structuro-sédimentaires suivants :

I.2. Les grandes subdivisions de l'Algérie septentrionale (Chabou, www.geologue.setif.org)

La chaîne alpine d'Afrique du Nord ou chaîne des Maghrébides fait partie de l'orogène alpin péri-méditerranéen (*Durand-Delga, 1969*) 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 (Italie) (figure 1).

Dans ce domaine en forme d'anneau très aplati, on distingue classiquement les zones internes, situées à l'intérieur de l'anneau et représentées aujourd'hui par différents massifs, dispersés le long de la côte méditerranéenne et les zones externes situées à sa périphérie.

Le domaine de la chaîne des Maghrébides a connu des phases de déformations méso-cénozoïques aboutissant à la mise en place de nappes de charriages : c'est le domaine des nappes ou domaine allochtone.

En Algérie, la chaîne des Maghrébides montre du Nord au Sud les domaines suivants (figure 2) :

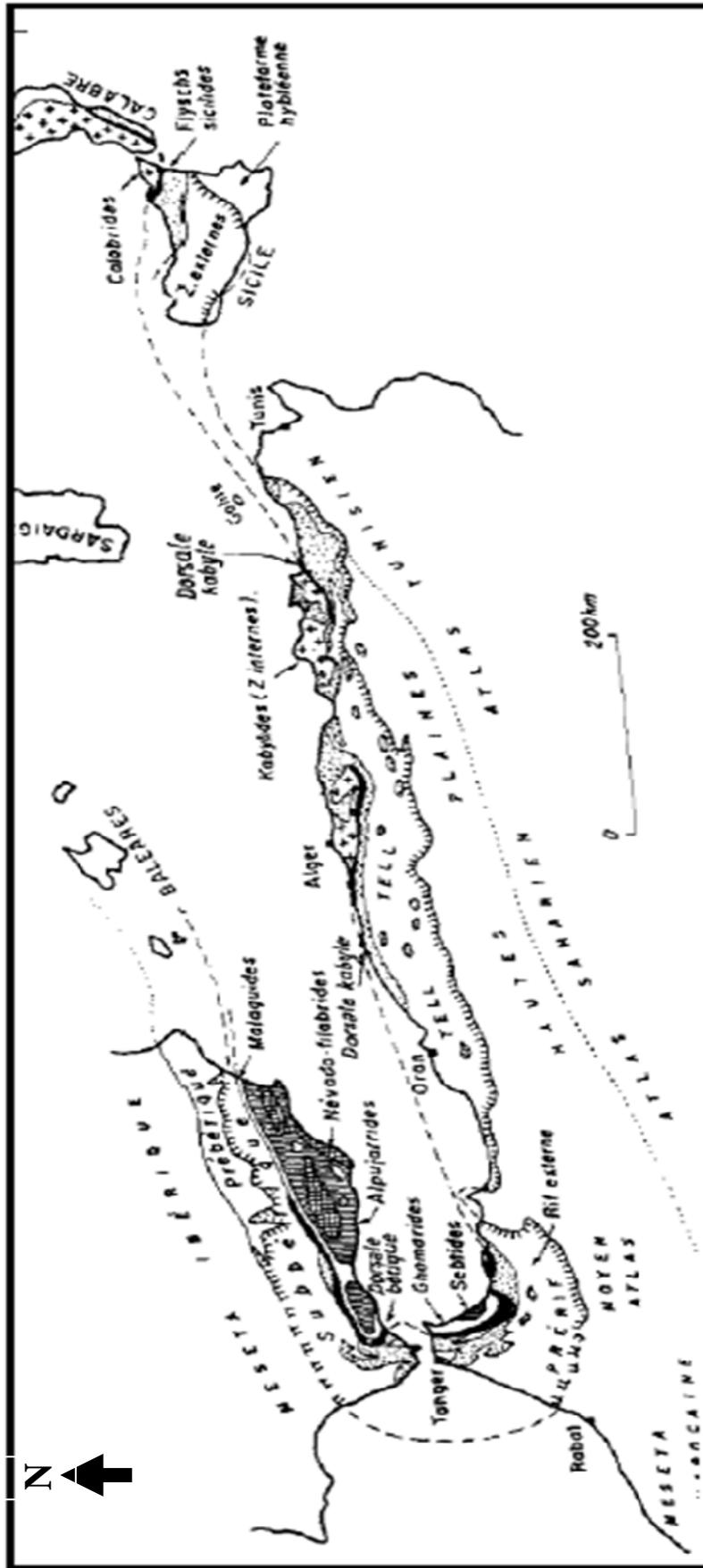


Figure 01 : L'orogène alpin péri-méditerranéen (d'après Durand-Delga, 1969)

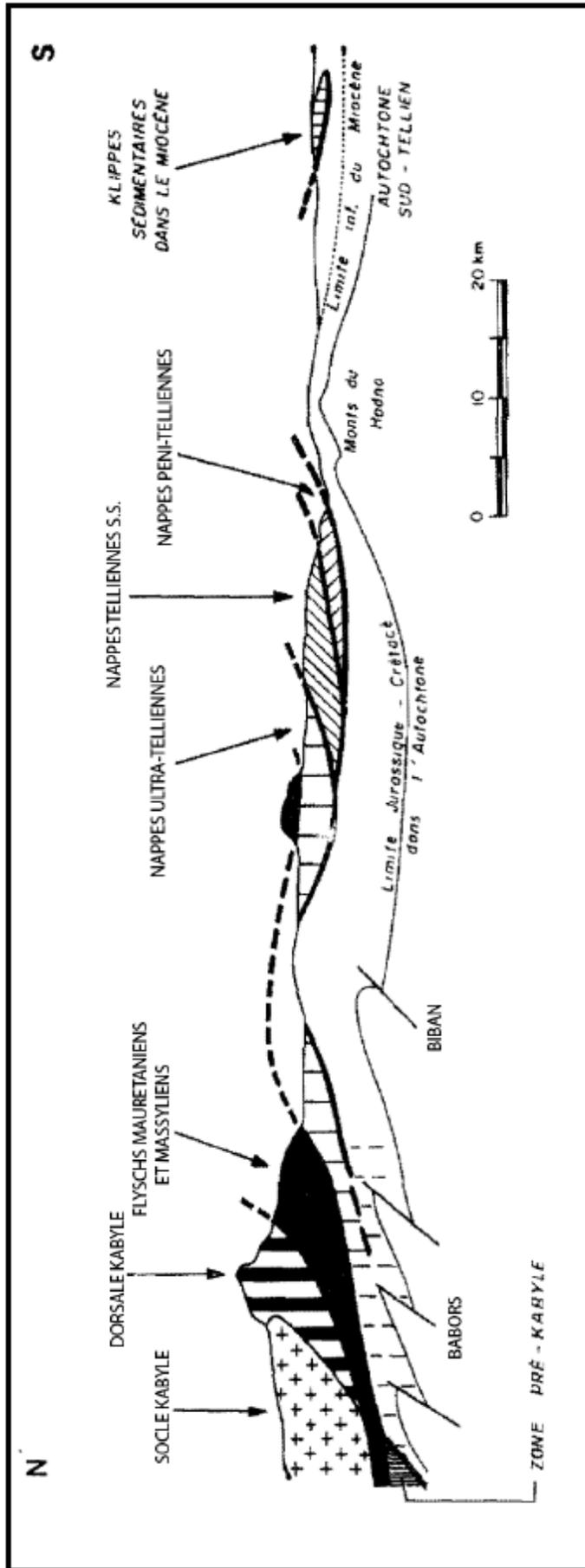


Figure 02 : Rapports structuraux entre les différentes unités de la chaîne des Maghrébides (modifiés d'après Durand-Delga, 1969) : les Bibans et les Babors qui étaient considérés comme étant de l'Autochtone font également partie des nappes telliennes

I.2.1. Le domaine interne

Le domaine interne appelé aussi socle kabyle ou Kabylide, est composé de massifs cristallophylliens métamorphiques (gneiss, marbres, amphibolites, micaschistes et schistes) et d'un ensemble sédimentaire paléozoïque (Ordovicien à Carbonifère) peu métamorphique. Ce socle affleure d'Ouest en Est dans les massifs du Chenoua, d'Alger, de Grande Kabylie et de Petite Kabylie. Ce dernier, avec 120 km de long et 30 km de large, constitue le plus large affleurement du socle kabyle en Algérie.

I.2.2. Le domaine des flyschs

Le domaine des flyschs est constitué par des nappes de flyschs crétacés-paléogènes qui affleurent dans les zones littorales sur 800 km de long, entre Mostaganem et Bizerte (Tunisie). Il s'agit essentiellement de dépôts de mer profonde mis en place par des courants de turbidités. Ces flyschs se présentent de trois manières:

- En position interne, superposés aux massifs kabyles, c'est-à-dire rétrocharriés sur les zones internes, et appelés flyschs nord-kabyles ;
- 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.

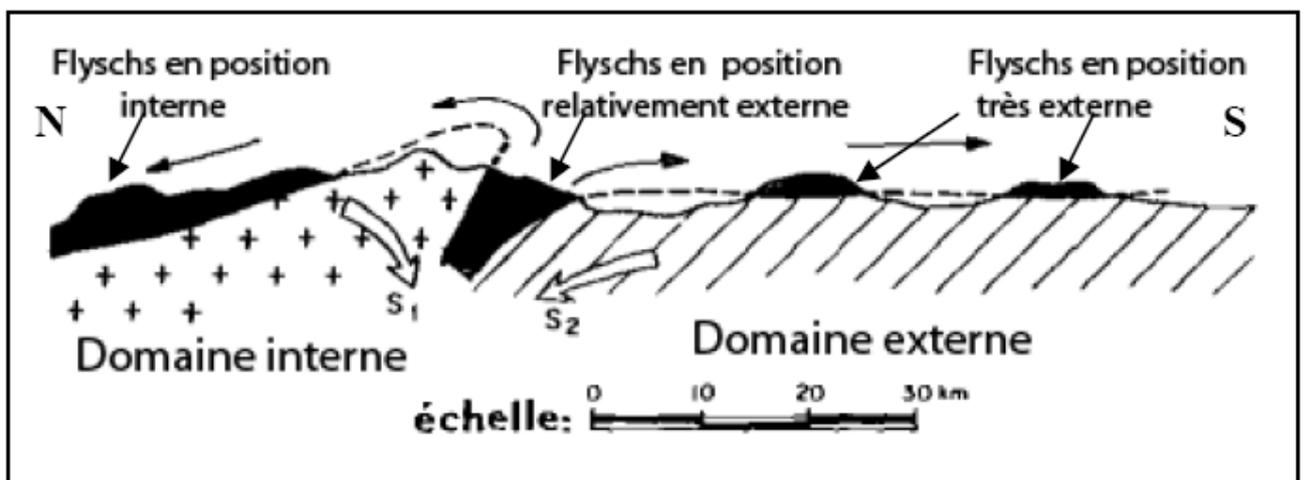


Figure 03 : Position des nappes de flyschs par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides.

On distingue aussi du Nord au Sud, deux grands groupes de flyschs : les flyschs maurétaniens et les flyschs massyliens, auxquels s'ajoutent un troisième groupe de flyschs plus récent : les flyschs numidiens d'âge Oligocène supérieur – Burdigalien inférieur.

I.2.3 Le domaine externe

Le domaine externe ou domaine tellien, constitué par un ensemble de nappes allochtones pelliculaires, contient principalement des marnes d'âge Crétacé moyen à Néogène qui ont été charriées sur une centaine de kilomètres vers le Sud. Ainsi, on y distingue du Nord au Sud:

- Les nappes ultra-telliennes, aux formations bathyales du Crétacé et de l'Eocène et une série plus détritique au Sénonien et à l'Eocène, qui ne sont connues que dans l'Est algérien et en Tunisie. Elles présentent des caractères proches de ceux du flysch massylien ;
- Les nappes telliennes formées de Lias de plate-forme surmonté de Jurassique plus marneux, puis par le Crétacé, qui détritique, devient marneux à argilo-calcaire et enfin, l'Eocène aux marnes épaisses ;
- Les nappes pénni-telliennes dont les séries néritiques du Crétacé à l'Oligocène sont carbonatées et marneuses.

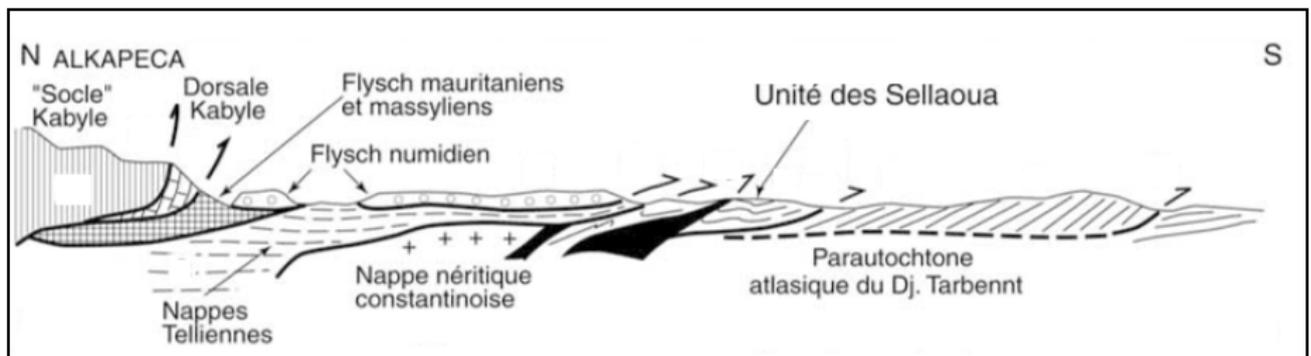


Figure 04 : Coupe générale synthétique des Maghrébides de l'Est algérien (région du Constantinois).

Il est admis aujourd'hui que le domaine interne de la chaîne des Maghrébides faisait autrefois partie d'un micro-continent ou terrain appelé AIKaPeCa, qui était situé beaucoup plus au Nord et appartenait à la marge européenne. La dorsale kabyle constituait la marge méridionale et le talus continental de ce bloc. Les flyschs se sont déposés dans le bassin

océanique profond qui séparait la marge européenne (ou le bloc AlKaPeCa) et la marge africaine. Les flyschs maurétaniens se sont déposés au pied de la dorsale kabyle et sont alimentés par les zones internes. Les flyschs massyliens se sont déposés au pied de la marge africaine et sont alimentés par les zones externes. Certains flyschs, tels ceux de Ziane ou de Tamalous présentent des caractères mixtes où s'imbriquent verticalement tous les faciès caractéristiques de l'une ou l'autre des deux séries de flyschs, ce qui indique qu'ils se sont probablement déposés dans une zone de milieu de bassin, recevant aussi bien du matériel d'origine méridionale que d'origine septentrionale. Les nappes telliennes correspondent à la couverture sédimentaire qui s'est déposée sur la marge nord de la plaque africaine (figure 5).

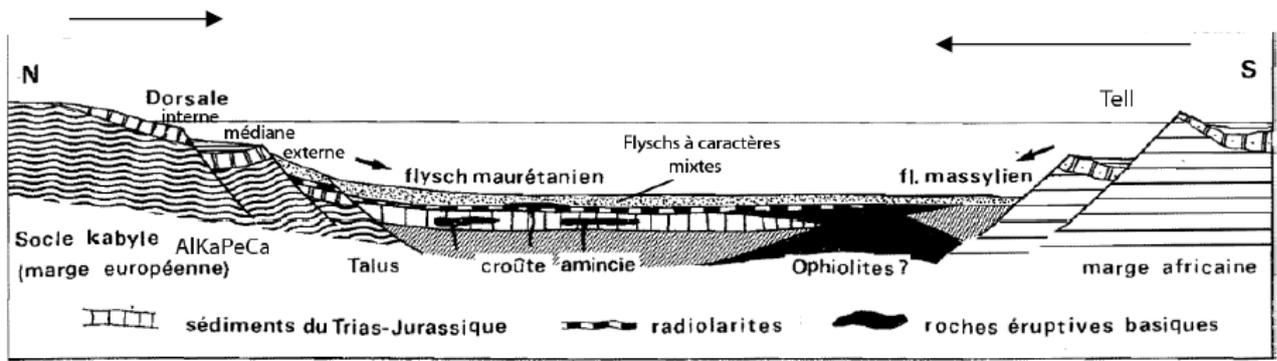


Figure 05 : Reconstitution paléogéographique des différents domaines des Maghrébides au Crétacé inférieur (d'après Bouillin, 1986)

I.3. Géologie de la région de Bougie

La région qui fait l'objet de cette étude, s'étend de l'Ouest à l'Est entre les massifs anciens de Grande et de Petite Kabylie et du Nord au Sud entre le littoral de Bougie et la limite sud de la chaîne des Babors.

On peut y distinguer quatre unités, qui sont (Dulpan, 1952) :

- La terminaison orientale du massif de Grande Kabylie et de sa couverture sédimentaire (massif montagneux de Chellata) ;
- Le synclinorium de la région littorale de Bougie à Tizirt ;
- Le sillon de la vallée de la Soummam ;
- La chaîne des Babors (l'unité qui fait l'objet de notre étude).

La première unité se rattache au domaine des chaînes littorales Kabyles, les trois autres sont du domaine tellien.

I.3.1. Description générale de la chaîne des Babors

A l'Est du sillon de la vallée de la Soummam et jusqu'au massif ancien de Petite Kabylie, s'étend le domaine de la chaîne des Babors. Il comprend la chaîne des Babors proprement dite et quelques massifs isolés qui, dans le prolongement de la chaîne, se situent plus à l'Ouest, qui sont : le massif de Timezrit, l'Adrar Gueldaman, le Djebel Trouna et le massif des Beni Ourtilen (Dulpan, 1952).

La chaîne des Babors est constituée par de nombreux djebels qui s'organisent en chaînons sensiblement parallèles et orientés NE-SO (Dulpan, 1952):

- Un premier chaînon, se poursuivant de Bou Amrane au Cap Aokas, comprend : le Djebel Bou Amrane, le Djebel Garibo, le Djebel Beni Guendours, l'Adrar N'Boudiab, et le Cap Aokas.
- Un deuxième chaînon, qui est constitué par le Djebel Taliouïne et le Djebel Imoulentaour, atteint l'Oued Agrioun. Au-delà de l'Oued Agrioun, il se divise en deux chaînons : l'un situé en bordure immédiate du littoral et comprend l'Adrar Djemaa N'Sia, le Djebel Boublata, le Djebel Brek et le Massif de Taza ; tandis que l'autre, situé à 3 km plus au Sud, est formé par l'Adrar Oumjot, le Djebel El Kouf, le Djebel Toudlène, le Djebel Hadid et le Djebel Tazeouzaout.
- Un troisième chaînon est formé par le Djebel Takoucht, l'Adrar Amar Redou, le Massif des Beni Meraï, le Djebel Tababort, le Djebel El Kelaa et le Djebel Sidi Mansour ; ces deux derniers djebels bordent au Sud le massif ancien de Petite Kabylie.

Enfin, nettement détaché de l'ensemble, le Djebel Babor, point culminant de la chaîne (2.004 m), se situe à 4 km au Sud du Djebel Tababort. C'est une extrusion de 7 km de long sur 4 km de large, émergeant du Crétacé supérieur. La série liasique est constituée par (Dulpan, 1952) :

- Des calcaires en gros bancs à silex (200 m environ) ;
- Des calcaires finement lités et des marnes schisteuses noires inter stratifiées (150 m) ;
- Des calcaires finement lités à lits de silex noir (150 à 200 m).

Le Néocomien qui forme la crête, est constitué par des marno-calcaires.

Le Crétacé supérieur, transgressif surtout dans le versant Nord des Babors, est peu détritique à la base et se charge rapidement en bancs de calcaires détritiques et de conglomérats.

Le domaine de la chaîne des Babors a été une région particulièrement instable. Les premiers mouvements orogéniques apparaissent dès la fin du Lias ; c'est ainsi qu'au Djebel Taliouïne, le Jurassique supérieur, formé par une cinquantaine de mètres de conglomérats et de dolomies, est transgressif sur le Lias moyen et le Lias supérieur (Dulpan, 1952).

A quelques kilomètres plus au Nord-Est, l'Adrar N'Boudiab et le Djebel Imoulentaour montrent un Jurassique moyen et supérieur de 800 m d'épaisseur. Ces premiers mouvements sont particulièrement difficiles à déceler du fait des étirements tectoniques et des transgressions ultérieurs. Ce régime de cordillère, déjà ébauché à la fin du Lias, avec l'émersion partielle des chaînons les plus méridionaux, va se préciser au Crétacé (Dulpan, 1952).

Les mouvements orogéniques du Crétacé inférieur et du Crétacé supérieur, ce qui évoque des reliefs émergés et des pentes sous-marines abruptes. Les rides anticlinales formées esquissent déjà les grandes lignes structurales de la chaîne actuelle.

C'est au Miocène que le style extrusif a affecté le domaine de la chaîne des Babors. Ce style est caractérisé par la sortie brutale des calcaires du Jurassique au milieu des schistes du Crétacé. La description de quelque extrusions, montrera bien les complexités structurales réalisées (Dulpan, 1952).

Le Djebel Imoulentour, de même que le chaînons élémentaires du massif de Kherrata, montrent parfaitement l'évolution du style extrusif.

Les failles qui limitent les extrusions sont en général sub-verticales, toutefois dans la région de Bou Amrane apparaissent des failles obliques provoquant des chevauchements en direction du Nord avec formation de véritables écailles. Ces chevauchements vers le Nord se manifestent jusqu'à l'Oued Agrioun par l'anticlinal couché du Djebel Imoulentour. Partout ailleurs, c'est le style vertical avec quelques déversements locaux vers le Sud (Djebel Brek) (Dulpan, 1952).

Le Trias, qui apparaît souvent localisé à la périphérie des extrusions, ne semble pas avoir un important rôle actif que lui attribuait F.Ehrmann. Son influence est réduite aux seules dislocations locales qui apparaissent en bordure de ses diapirs (Dulpan, 1952).

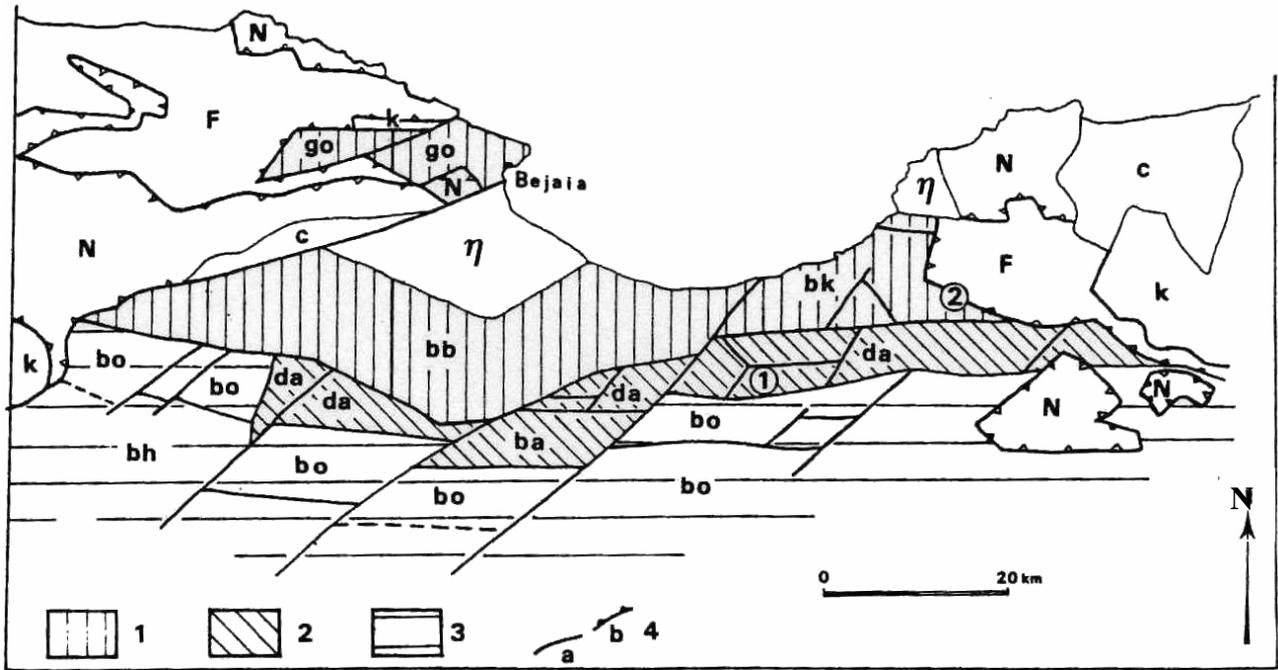
A El Aouana, au Nord-est de la chaîne des Babors se trouve un massif de roches intrusives tertiaires, du même type que celui d'Oued Amizour. Son étude montre que le schéma générale est identique : à la périphérie sont localisées les roches grenues de la famille de granites (microgranodiorites quartzifères) et au centre, des tufs et des coulées de dacitoïdes labradoriques (Dulpan, 1952).

I.3.2. Les grands traits structuraux des Babors

Sur la transversale des Babors, entre la Grande et la Petite Kabylie, les chaînes du domaine tellien septentrional sont organisées en unités tectoniques chevauchantes résultant d'une organisation paléogéographique très morcelée. Chaque unité est caractérisée par son évolution sédimentaire néo-crétacée. Au sein de chacun de ces domaines, les formations liasiques montrent une tendance générale à l'épaississement vers le Sud. Dans toutes les unités, les niveaux liasiques sont caractérisés dans leur partie inférieure par des dépôts carbonatés de plate-forme (Obert, 1986).

Au Domérien, les conditions de sédimentation changent brutalement pour devenir hémipélagiques. Ces derniers dépôts semblent généralement bien développés dans la partie méridionale de chaque unité. Du Domérien au Dogger, se développent les premiers dépôts conglomératiques et apparaissent quelques discordances angulaires de faible amplitude (Obert, 1986).

Les unités tectoniques du domaine tellien sont séparées par des contacts essentiellement chevauchants lorsqu'ils sont d'orientation E-W, et décrochants quand ils sont orientés à N40. Cette organisation (figure) peut être interprétée comme le résultat de compressions alpines exercées sur une marge extensive au Lias-Dogger, puis surtout coulissante senestre et compressive à partir du Malm (Obert, 1986).



Légende :

c : couverture mio -pliocène ;
η : plutons néogènes ;
 Flyschs-N : Numidien ;

F : Massylien et Maurétanien ;
K : socle kabyle et son tégument ;
 (1) Ech Cheria ;
 (2) Beni Felkai. Unités telliennes;

1. Internes ou Haut-Tellien (*go* : Gouraya-Arbalou ; *bb* : Baracha ; *bk* : Brek.) ;
 2. Moyennes ou Mi-Tellien (*da* : Draa el Arba-Erraguene. *Ba* : Beni-Abdallah.) ;
 3. Externes ou Bas-Tellien (*bo* : Babor-Beni Ourtilane ; *bh* : Bou Hamza.) ;
 4. Limites tectoniques (*a* : intra-telliennes ; *b* : base des nappes de Flyschs.).

Figure 06 : Le découpage structural du domaine tellien des Babors et sa reconstitution au Jurassique. Etat actuel, carte simplifiée où seules les limites d'unités sont représentées de façon schématique (Obert 1986)

I.4. Géologie de la région de Ziama

I.4.1. Introduction (Ehrmann, 1924)

La région de Ziama occupe le centre de la Kabylie des Babors. Ce pays très montagneux, aux sommets élevés : 2 004 m pour Djebel Babor et 1 969 m pour Djebel Tababort avec une altitude moyenne 1 500 m, est marqué par des crêtes escarpées et dentelées, aux flancs abrupts.

Les dénivellations considérables (300 à 1 500 m), les érosions intenses, les vallées profondes ne présentant que quelques terrasses alluvionnaires, correspondent à une hydrographie jeune. En effet, l'Oued Agrioun, principale artère fluviale de la région, traverse les chaînes calcaires par des cluses Nord-Sud dont la plus importante est celle du Chabet-el-Akra (ravinement de la mort). Ce défilé long d'environ 7 km, est entaillé à pic dans les formidables masses de calcaires liasiques du Djebel Adrar Amellal (1 777 m) et du Djebel Takoucht (1 896 m). Les autres cours d'eau dévalent des massifs côtiers avec un régime torrentiel qui contribue à la formation de puissants cônes de déjection.

Au point de vue orographique, le pays est divisé en une série de chaînes ou chaînons sensiblement parallèles et orientés généralement NNE – SSO, avec des variations locales. Toutes les crêtes, à l'exception du Djebel Babor sont formées par les calcaires liasiques et jurassiques, qui jouent un rôle topographique primordial. Les vallées sont encaissées parallèlement aux lignes de relief ; une seule plaine littorale s'étend de Souk el Thenine à l'Oued Marsa .

I.4.2. Tectonique et Stratigraphie (Ehrmann, 1924)

La tectonique de la Kabylie des Babors est relativement simple et se résume en une série d'anticlinaux ou synclinaux sensiblement parallèles et de direction générale Est-Ouest. Ces anticlinaux ou synclinaux sont normaux, déversés, étirés ou forment même de véritables écaillés. Ces accidents tectoniques sont toujours localisés, et latéralement, tout redevient normal. L'évolution orogénique de ce pays est caractérisée par des cycles successifs d'émersions, d'abrasions, d'immersions, avec des plissements surtout accusés dès la fin du Secondaire. Ces transgressions successives avec des cycles détritiques, ont donné lieu à d'importantes lacunes stratigraphiques. Le Trias présente un développement considérable sur

la feuille de Ziama et joue un grand rôle tectonique ; il se montre en situation normale, à la base du Lias ou remanié par le Crétacé, l'Eocène et le Miocène.

La tectonique du Trias, son migration, sa mise en place dans toutes sortes de situations présentent de remarquables rapports de continuité, qui sont directement observables, grâce aux érosions profondes qui entaillent et découpent cette région. Le rôle capital du niveau aquifère (action délitescente des marnes et argiles irisées) et celui non moins important que joue le poids (action compressive de la couverture secondaire et tertiaire), sont ici indéniables. C'est bien à ce point qui comprime le substratum triasique plastique, et le fait migrer de son gîte originel dans les fractures des terrains recouvrants, qu'est dû le grand nombre d'affleurements triasiques d'apparence anormale.

Le Lias moyen et supérieur forment l'ossature même des lignes orographiques qui dominant tout le pays environnant.

La série jurassique, probablement complète, a été en grande partie démantelée dès le Crétacé inférieur, d'où on trouve d'innombrables débris remaniés dans les conglomérats. La lacune jurassique constatée en d'autres points est probablement en grande partie stratigraphique.

La série crétacée, qui comprend toutes les subdivisions reconnues dans l'Atlas tellien, occupe une très grande surface dans cette région. Il est important de noter ici la présence de conglomérats parfois puissants, interstratifiés dans les schistes et les marno-calcaires à Ammonites. La présence de ces conglomérats dans toute la série crétacée, du Valanginien au Sénonien, ainsi que de nombreux exemples de « ripple-marks », permettent de déduire que, dès le Crétacé inférieur, les chaînes de la Kabylie des Babors étaient esquissées et en partie émergées avec une orientation générale Est-Ouest, voisine de l'orientation actuelle.

Les transgressions successives envahirent les couloirs étroits et profonds, synclinaux ou anticlinaux érodés (Babor-Tababort) en remaniant les éléments locaux représentés par des dépôts détritiques disséminés dans tous les étages, et que l'on peut considérer comme typiques du régime évolutif de la Kabylie des Babors.

Ainsi, les chaînes de ce pays, qui s'esquissent sur l'extrême bord Nord du géosynclinal tellien dès la fin du Jurassique, s'affirment et prennent leur véritable caractère pendant le Crétacé, pour se maintenir sans apparence de modifications importantes durant le Tertiaire.

L'Eo-Nummulitique (calcaires à silex) bien développé dans la région sétifienne, s'avance vers le Nord jusqu'au pied de la chaîne la plus méridionale des Babors dans les régions de Kherrata et de Périgotville.

Le Méso-Nummulitique (Medjanien-Numidien), reconnaissable à Tizi N'Kefrida, est surtout développé vers l'Ouest (région de Bougie) et vers l'Est (région de Jijel) où ont été découverts des Lépidocyclines au voisinage des conglomérats de base.

Le Cartennien représente la dernière phase d'invasion marine dans cette région, émergée depuis le Miocène moyen. Cet étage, largement transgressif, débute partout avec des conglomérats. Le Sahélien et le Pliocène restent localisés dans les dépressions côtières.

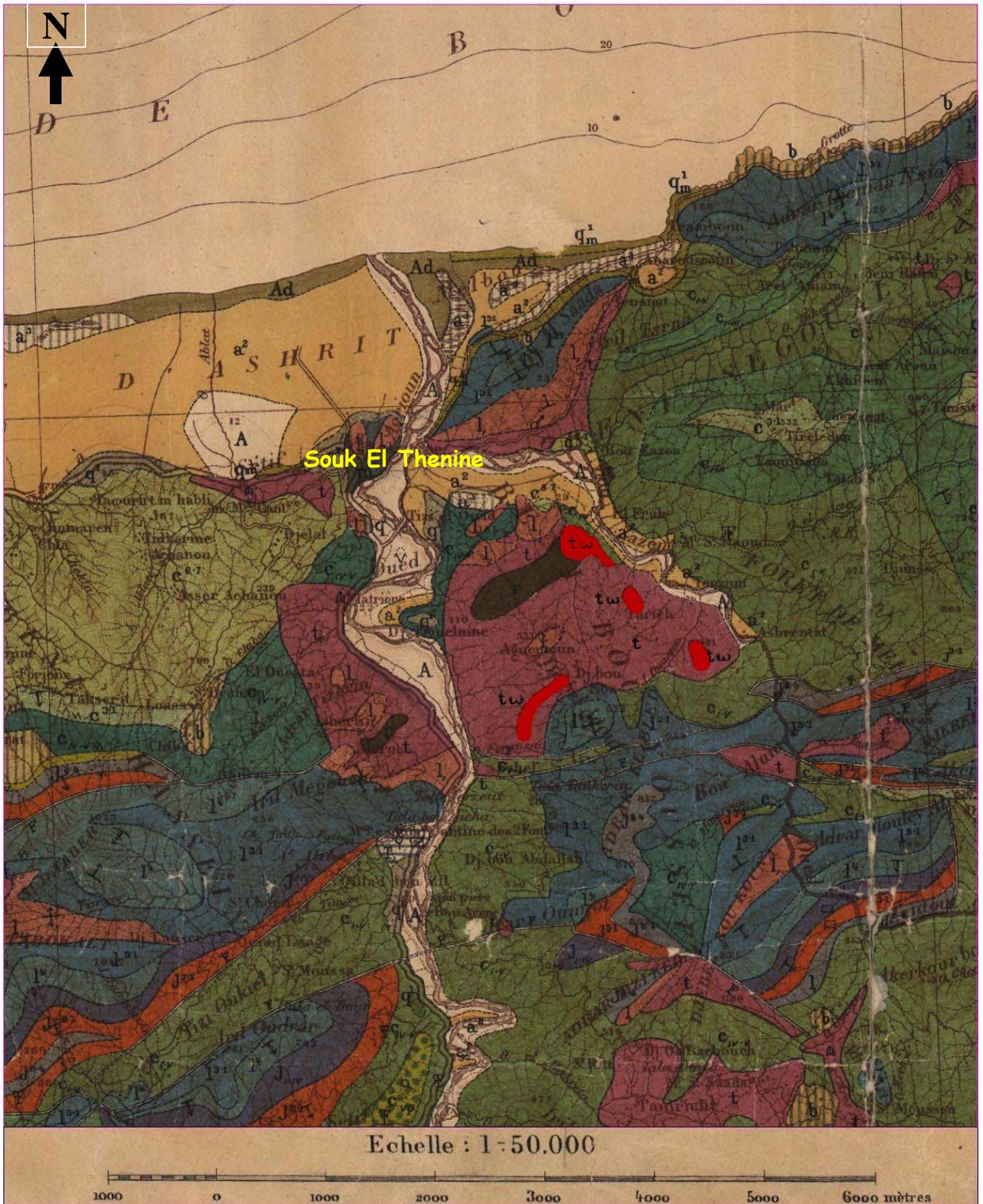


Figure 07 : Extrait de la carte géologique de Ziama
Echelle 1/50 000 (Ehrmann, 1924)



Figure 08 : légende de la figure 07

I.4.3. Le Magmatisme de Souk El Thenine

Dans la région du Ziama se présentent (*Ehrmann, 1924*) :

- Un Complexe Triasique sous son faciès classique nord-africain, avec des associations de marnes bariolées, dolomies, cargneules, calcaires dolomitiques et calcaires jaunes en plaquettes. Le gypse, le sel gemme et une roche éruptive verte s'y trouvent fréquemment associés. Les quartz bipyramidés sont partout abondants.
- Des psammites et des grès rouges, violacés, verdâtres ou bruns, parfois très micacés d'âge Jurassique, auxquels s'associe une roche éruptive verte.

D'autre part, des affleurements de diorite se trouvent à 2-3 km de l'embranchement vers Sétif de la route Bougie-Jijel ; tandis qu'un petit massif de diorite ophitique vient percer les marnes triasiques, qui passent aux grès rouges du Permo-Trias. Malheureusement ces deux types de sédiments n'ont pas fourni de fossiles. La forme et les dimensions de ce petit massif ne sont connues qu'approximativement ; sa section horizontale est une ellipse dont le grand axe orienté vers le NW peut avoir 250-300 m et le petit axe au moins 100 m. La partie Sud-Ouest du massif est probablement déplacée (décrochée) par une faille NW-SE. Là où affleure la zone de contact (mal visible) entre la roche intrusive et les marnes, on ne remarque pas de métamorphisme de contact dans les marnes. Les dimensions modestes de ce massif de diorite et l'absence de phénomènes de contact laissent à supposer que le massif en question n'est qu'un petit stock hypabyssal, et non un affleurement acrobatholitique d'une grande intrusion (*Kovenko et Termier, 1954*).

L'hypothèse de V. Kovenko, H. et G. Termier se base un peu sur le fait que la plupart des roches intrusives de la région Bougie - El Aouana ne sont pas des roches abyssales. Dans la région d'El Aouana, elles se présentent ordinairement en forme de cheminées à texture microgrenue et même microlitique (*Glangeaud, 1933 in Kovenko et Termier, 1954*).

En ce qui concerne l'âge de ces diorites, le seul indice est le fait qu'elle soit intrusive dans les roches triasiques, ce qui ne suffit pas pour tirer une conclusion. Cependant toujours selon Kovenko et Termier (1954), si l'on poursuit la comparaison entre la diorite et les culots volcaniques associés du massif de microdiorite quartzifère de Cavallo (El Aouana), il serait logique de penser que son âge doit être le même, c'est-à-dire à la limite Oligocène-Burdigalien.

Chapitre II : ETUDE PETROGRAPHIQUE DES ROCHES MAGMATIQUES

II.1. Introduction

Quatre échantillons de roche magmatique ST1, ST2, ST3 et ST4 ont été pris sur des affleurements appartenant à deux sites différents (figure 9). Une étude pétrographique, effectuée au microscope polarisant sur des lames minces de ces échantillons, a été complétée par des analyses par diffraction des rayons X au laboratoire du CETIM (Boumerdes).

II.2. Description pétrographique des échantillons

En général, les échantillons ST1, ST2, ST3 sont caractérisés par une forte altération, tandis que l'échantillon ST4 paraît plus frais.

II.2.1. Description des échantillons ST1, ST2, ST3

Ce sont des roches de teinte verte, ayant une texture ophitique. L'étude des lames minces a montré que ces roches ont subi une forte altération (photos 01 à 06) et que les minéraux ne sont pas visibles, principalement les ferro-magnésiens ; seuls quelques plagioclases et de rares minéraux secondaires tels que la chlorite peuvent être parfois observables.

Comme ces échantillons étaient altérés, nous étions obligés de réaliser des analyses par diffraction de rayons X pour connaître leur composition minéralogique. Ces analyses ont montré que ces roches étaient composées principalement d'albite, de chlorite (clinoclore), de riebeckite et d'épidote, comme le montrent les graphes 01 à 03. L'échantillon ST1 contient du feldspath alcalin (potassium tecto-alumotrisilicate)



Figure 09 : Positionnement des sites échantillonnage
 (Extrait de la carte topographique de Bejaia INC N° : NJ-31-VI-3 EST, échelle 1/50 000°, 1988)



Photo 01 : Lame mince de l'échantillon ST1 en lumière naturelle

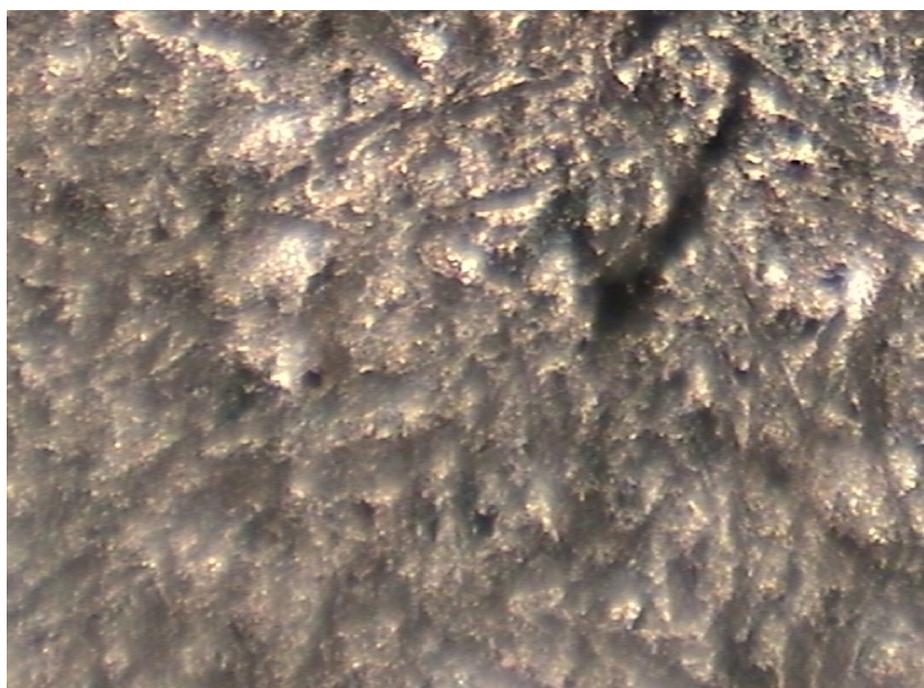


Photo 02 : Lame mince de l'échantillon ST1 en lumière polarisée

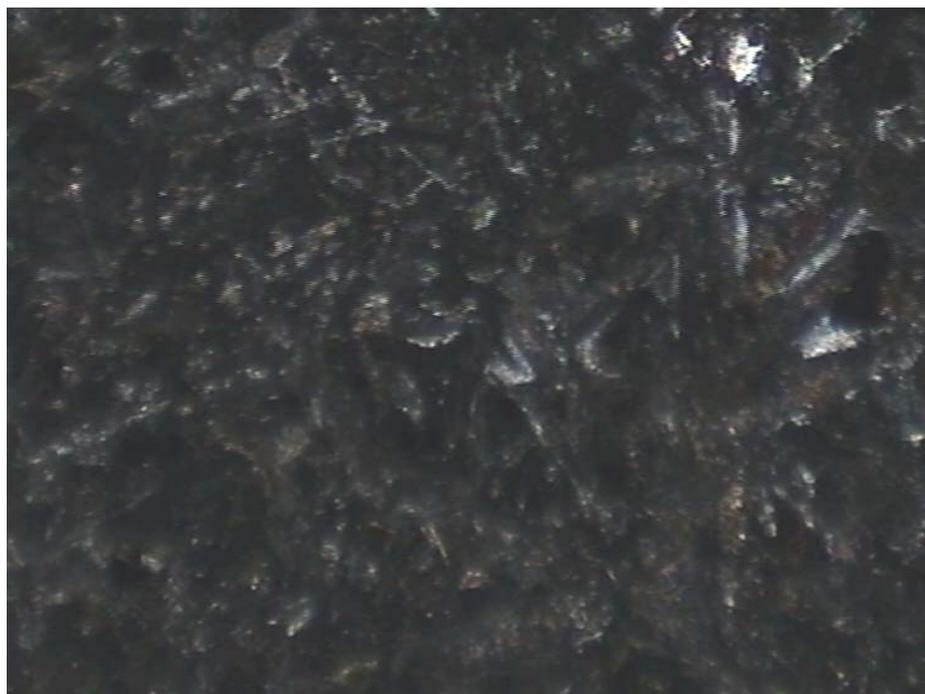


Photo 03 : Lame mince de l'échantillon ST2 en lumière naturelle

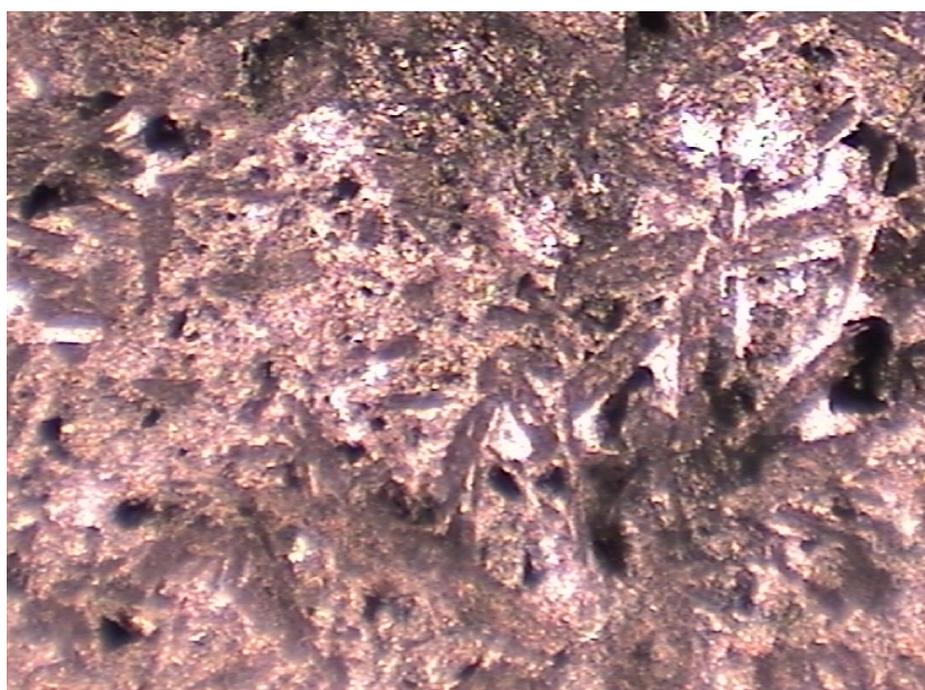


Photo 04 : Lame mince de l'échantillon ST2 en lumière polarisée



Photo 05 : Lame mince de l'échantillon ST3 en lumière naturelle

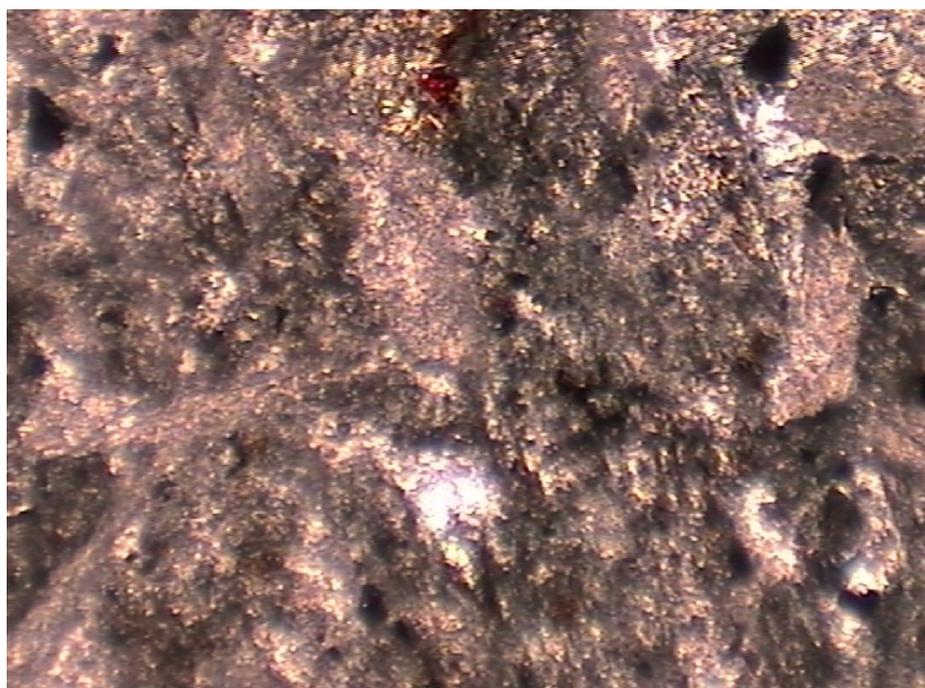
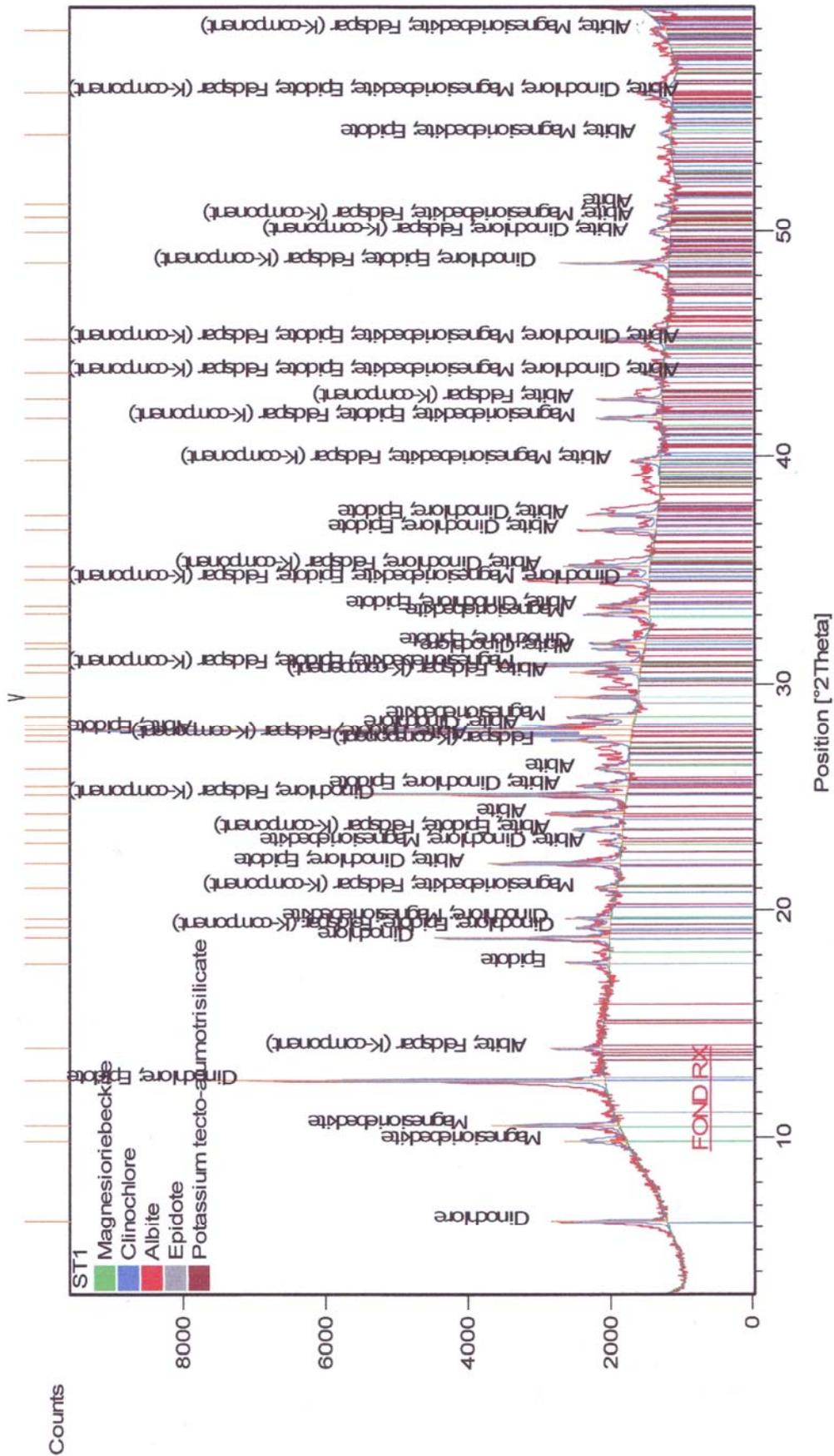
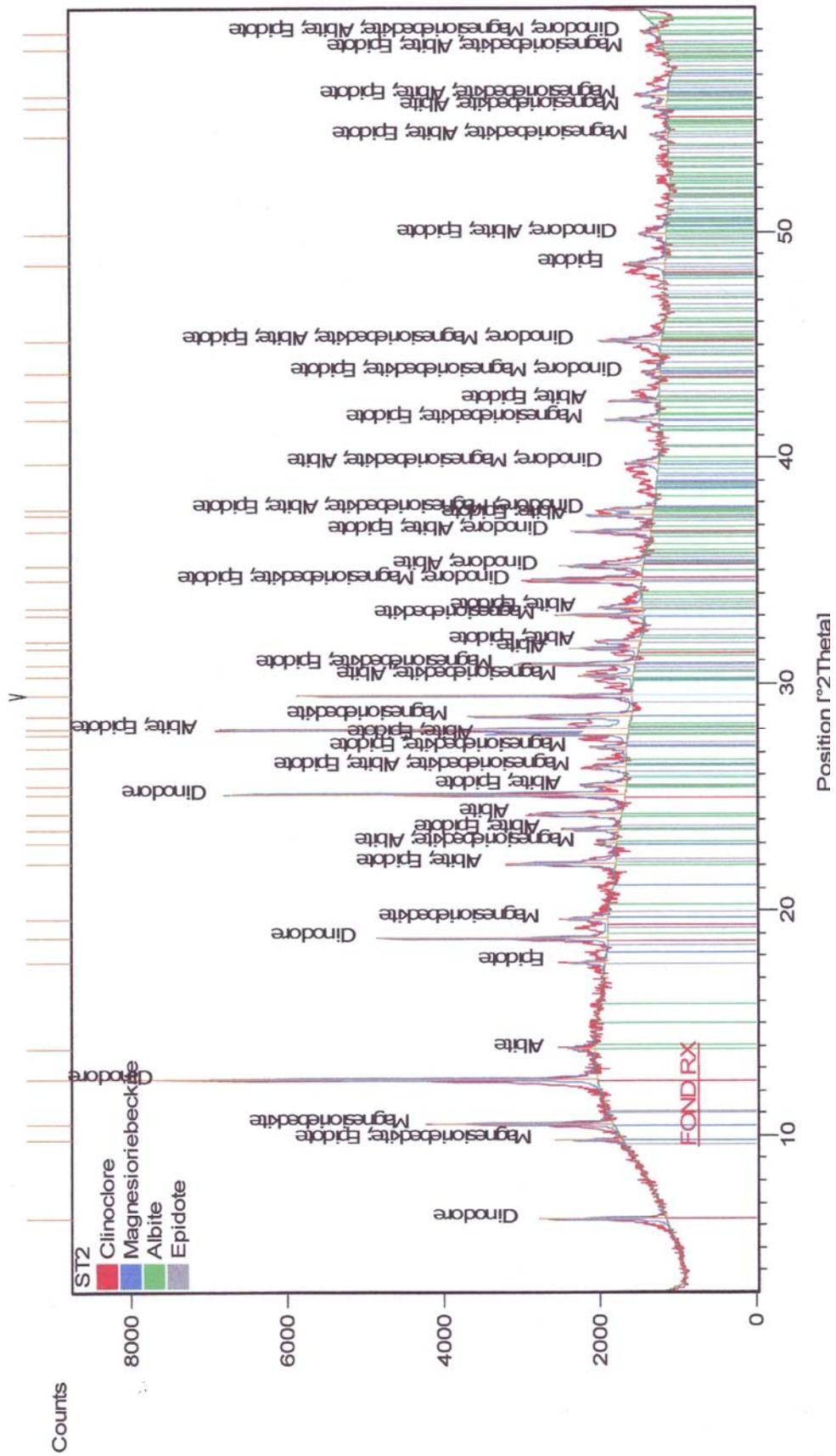


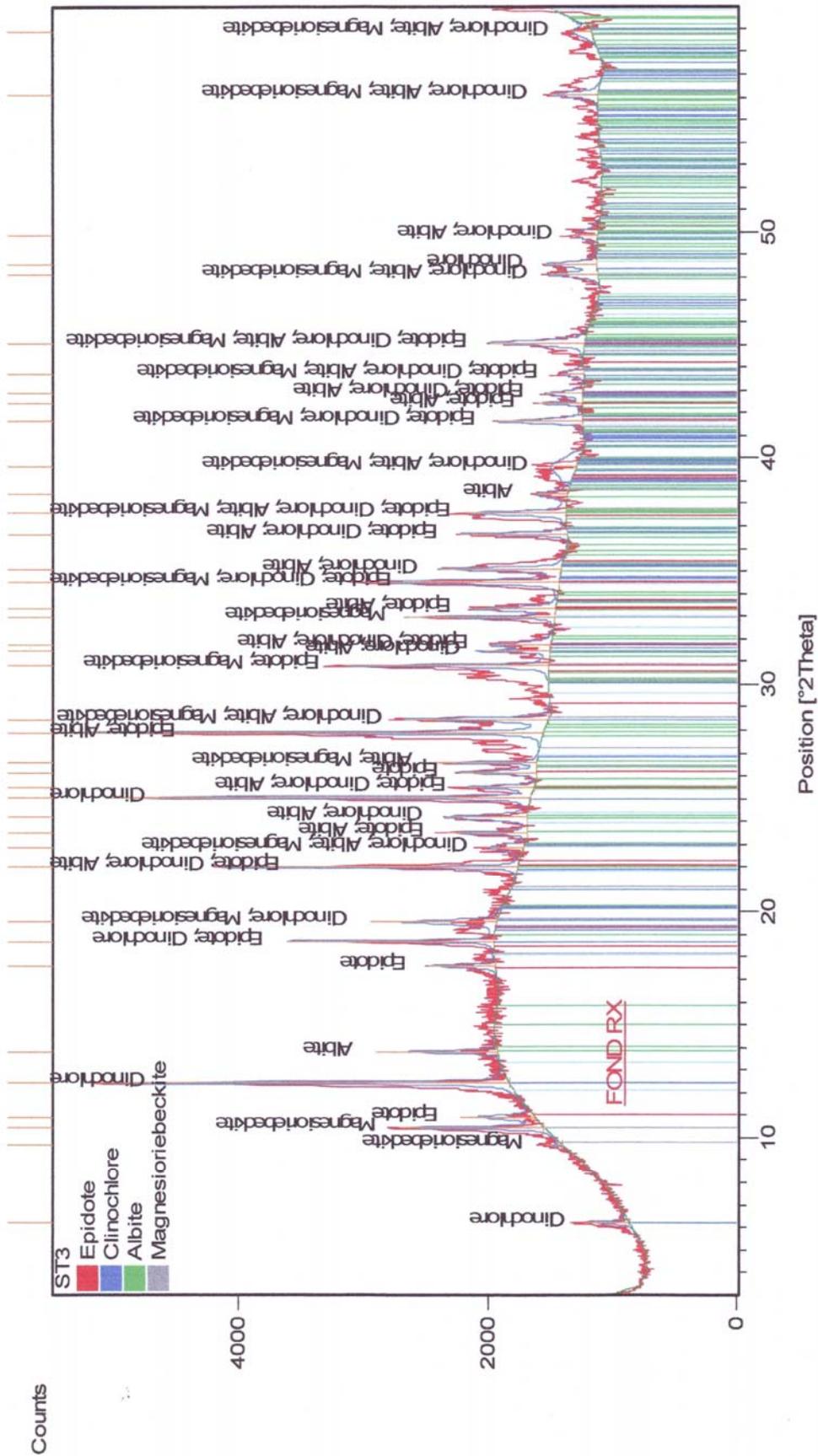
Photo 06 : Lame mince de l'échantillon ST3 en lumière polarisée



Graphe 01 : Analyse par diffraction des rayons X de l'échantillon ST1



Graph 02 : Analyse par diffraction des rayons X de l'échantillon ST2



Graphe 03 : Analyse par diffraction des rayons X de l'échantillon ST3

II.2.2. Description de l'échantillon ST4

C'est une roche de teinte verte sombre, ayant une texture doléritique. L'étude de la lame a permis d'observer que la roche a subi une altération relativement plus faible que celle des roches précédentes (photos 07 et 08).

Le diagramme par diffraction X (graphe 04) montre que cet échantillon est formé essentiellement d'albite, de chlorite, de quartz, de riébeckite et de muscovite.

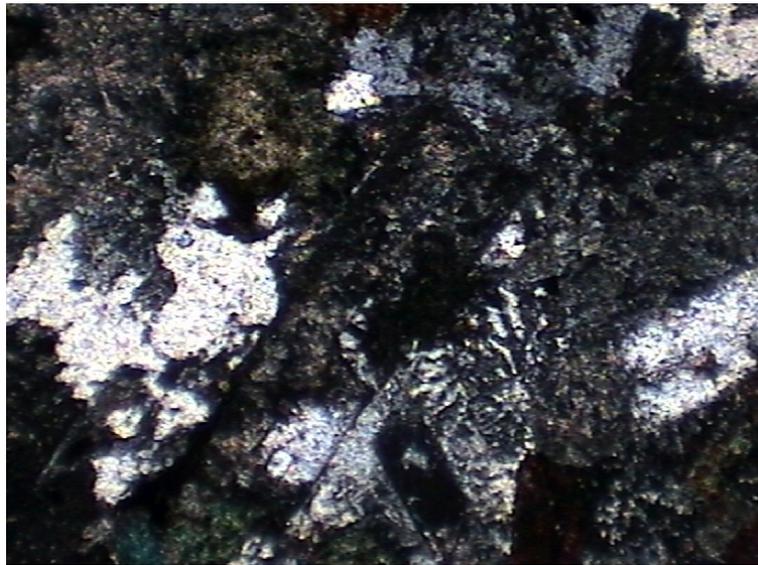


Photo 07 : Lame mince de l'échantillon ST4 en lumière naturelle

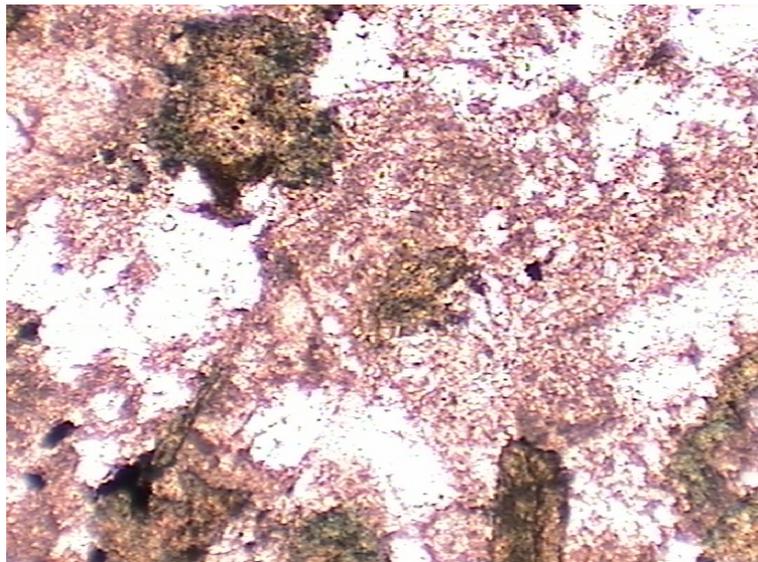
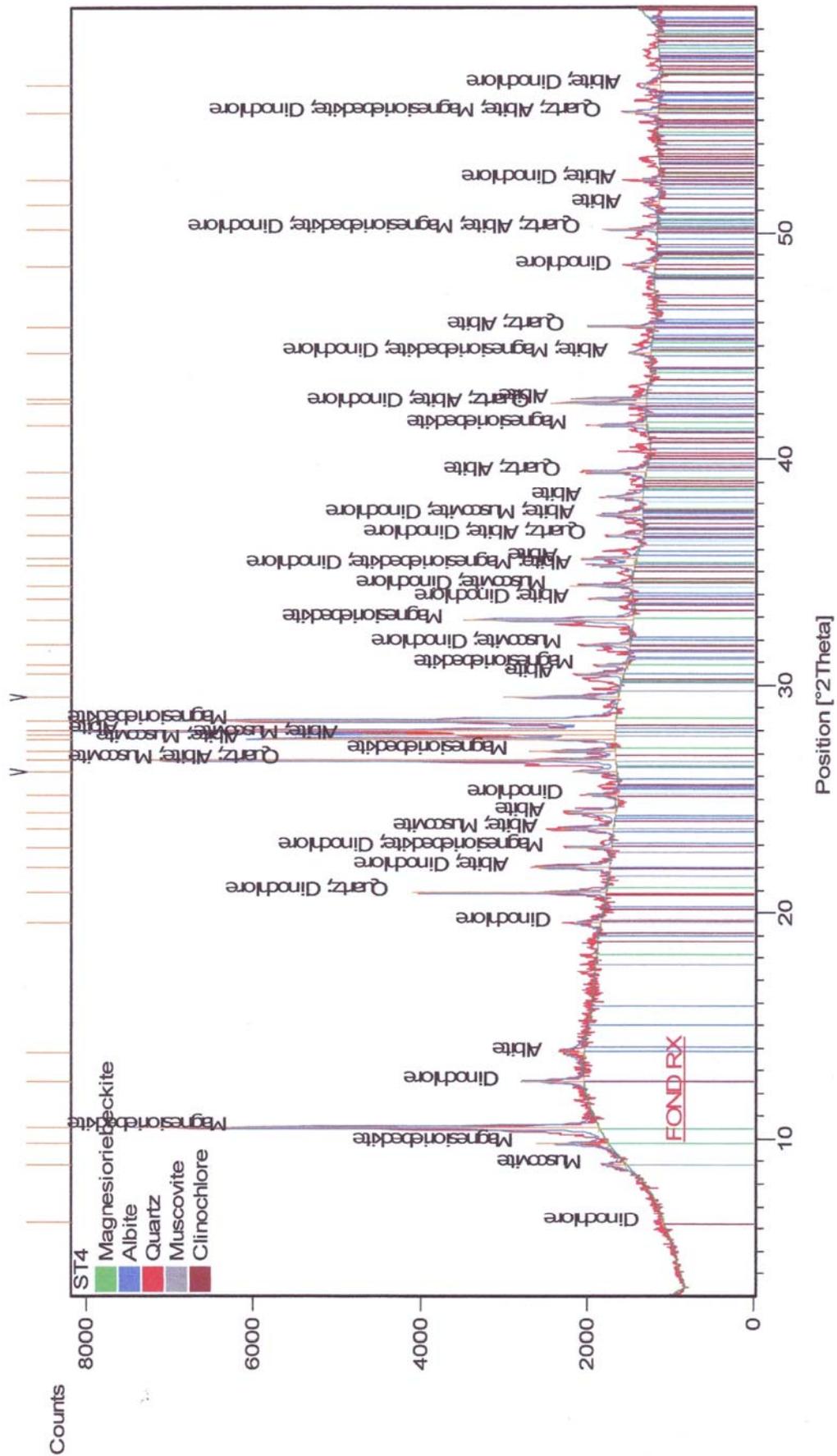


Photo 08 : Lame mince de l'échantillon ST4 en lumière polarisée



Graphe 04 : Analyse par diffraction des rayons X de l'échantillon ST4

Chapitre III : ETUDE GEOCHIMIQUE DES ROCHES MAGMATIQUES

III.1. Interprétation des analyses en éléments majeurs

Au niveau des laboratoires du CETIM (Boumerdès) et de l'Ecole Normale Supérieure de Lyon (France), nous avons effectué des analyses chimiques en éléments majeurs et mineurs par la méthode de fluorescence X sur les quatre roches échantillonnées (ST1 à ST4) dans la région du Souk El Thenine, et dont les résultats sont reportés dans les tableaux 01 et 02.

Tableau 01 : Résultats des analyses géochimique en éléments majeurs

Echant.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	L.O.I.	H ₂ O-	Total
ST1	45,24	17,84	10,16	0,13	8,00	9,46	2,78	1,10	1,26	0,14	3,96	0,16	100,23
ST2	45,04	17,72	10,24	0,14	8,03	10,24	2,90	0,60	1,20	0,12	3,98	0,08	100,29
ST3	44,88	18,38	10,31	0,15	8,18	10,78	2,45	0,54	1,09	0,11	3,52	0,05	100,44
ST4	52,45	13,15	14,21	0,19	4,42	8,76	2,60	1,00	1,64	0,20	1,34	0,15	100,11

Une première analyse du tableau 01 nous permet de constater l'existence de deux groupes de roches :

- Le premier est composé des échantillons ST1, ST2 et ST3 dont la majorité des valeurs en oxyde sont très proches, et qui peut être expliqué par le fait que ces échantillons appartiennent à un même site (figure 09) ;
- Le second groupe est constitué par ST4, qui a été échantillonné dans un autre site (figure 09).

La différence entre ces deux groupes de roches est basée principalement sur les résultats suivants du tableau 01.

- La teneur en SiO₂ de ST4 (52,45 %) est plus élevée que celles des autres échantillons ST1, ST2 et ST3, qui sont respectivement 45,24%, 45,04% et 44,88% ;
- Concernant les pertes au feu, les valeurs respectives de 3,96%, 3,98% et 3,52% des trois roches ST1 à ST3 sont plus importantes que celle de ST4 (1,34%), car cela est dû à l'altération de ces trois premières échantillons ;

- La valeur de MgO de ST4 (4,42%) est à peu près deux fois plus faible que celle des échantillons ST1 à ST3 (8,00%, 8,03% et 8,18%) ;
- L'autre différence entre le premier groupe de roches et le second, concerne les teneurs en Fe_2O_3 et Al_2O_3 qui sont plus élevées pour les échantillons ST1, ST2 et ST3 que pour ST4.

Enfin, en tenant compte de ces résultats, on peut dire que les roches étudiées seraient des basaltes, mais où ST4 paraît plus acide que les autres échantillons.

Pour affiner notre étude, nous allons tracer et analyser un certain nombre de diagramme de discrimination géochimique, basé aussi bien sur les éléments majeurs que les éléments en traces.

III.2. Diagrammes de discrimination géochimique en éléments majeurs

Dans un premier temps, et ce en basant uniquement sur les éléments majeurs (tableau 01) ; on a élaboré quelques diagrammes classiques, à savoir:

- Le diagramme TAS ;
- le diagramme Alcalins vs. SiO_2 ;
- le diagramme K_2O vs. SiO_2 ;
- le diagramme A.F.M ;
- le diagramme triangulaire $\text{K}_2\text{O}-\text{TiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$.

Puis en raison de l'altération de majorité de nos échantillons, d'autres diagrammes basés sur des éléments chimiques supposés immobiles ont été aussi utilisés, parmi lesquels, on peut citer :

- le diagramme $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ vs. $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$;
- Le diagramme triangulaire $\text{TiO}_2-2\text{MnO}-\text{P}_2\text{O}_5$
- le diagramme $\text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{MgO}$ vs. TiO_2 .

III.2.1. Le diagramme TAS (LeBas et al, 1986)

La représentation de Harker, en poids (%) des alcalins Na_2O et K_2O en fonction de SiO_2 , appelée TAS (total alkalis - silica diagram), est fréquemment utilisé pour la classification chimique des roches magmatiques.

Sur ce diagramme (figure 10), les échantillons ST1 à ST3 occupent essentiellement le domaine des basaltes, tandis que l'échantillon ST4 se trouve dans le domaine des andésites basaltiques.

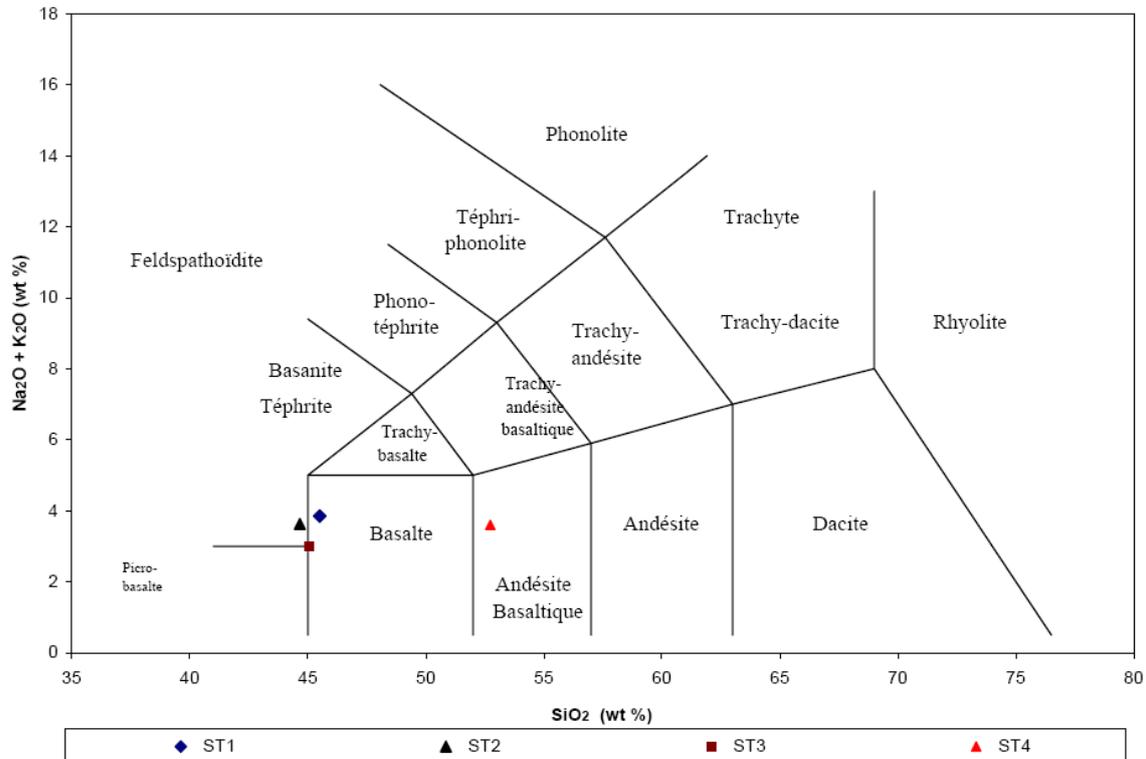


Figure 10 : Classification des roches magmatiques dans le diagramme TAS

III.2.2 Le diagramme Alcalins vs. SiO_2

Ce diagramme des alcalins ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) en fonction de SiO_2 (figure 11) est préconisé pour distinguer les séries « alcalines » des séries dites « subalcalines », et ce pour des teneurs en silice allant de 40 à 80 %.

Dans le cas de nos échantillons ST1, ST2 et ST3 se rapportent au domaine alcalin, alors que l'échantillon ST4 se situe dans le domaine sub-alcalin.

Cependant, il faut prendre ces résultats avec précaution surtout pour les échantillons ST1, ST2 et ST3, qui sont altérés et cette altération peut influencer fortement sur les valeurs des alcalins, et surtout par une augmentation de ces derniers, car ils sont réputés mobiles (Chabou, 2001). D'autre part, on remarque que les échantillons ST1 à ST3 sont proches de la limite des alcalins et sub-alcalins.

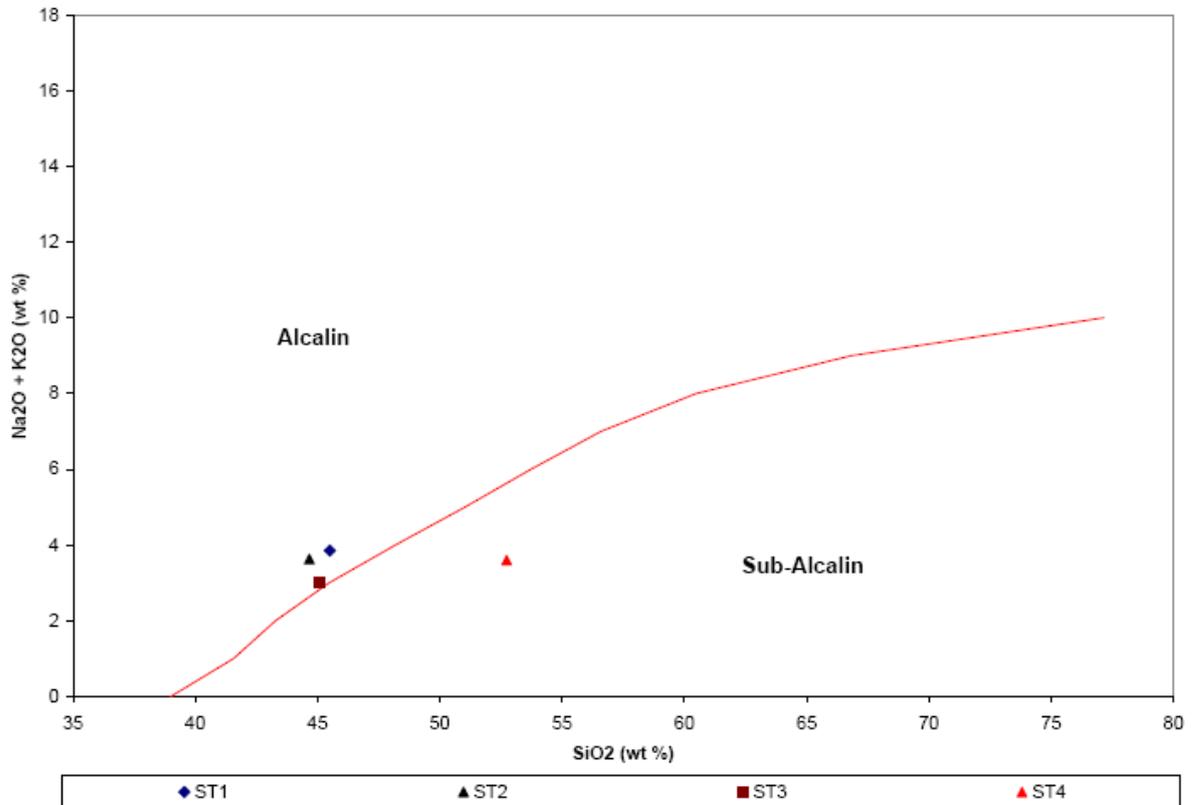


Figure 11: Diagramme Na₂O + K₂O vs. SiO₂

III.2.3. Le diagramme K₂O vs. SiO₂

Ce diagramme est utilisé pour distinguer, en fonction de la teneur des roches en potassium, entre les différentes séries magmatiques, à savoir les séries tholéiitique, calco-alcaline et alcaline, qui correspondent respectivement à celles dont la teneur en K₂O est faible (faiblement potassique), modérée et élevée (fortement potassique).

Ici, tous les échantillons se projettent dans le domaine de la série calco-alcaline (figure 12). Là encore à cause de l'altération, il faut prendre avec précaution les résultats de ce diagramme en raison de la mobilité du potassium surtout dans les échantillons ST1 à ST3.

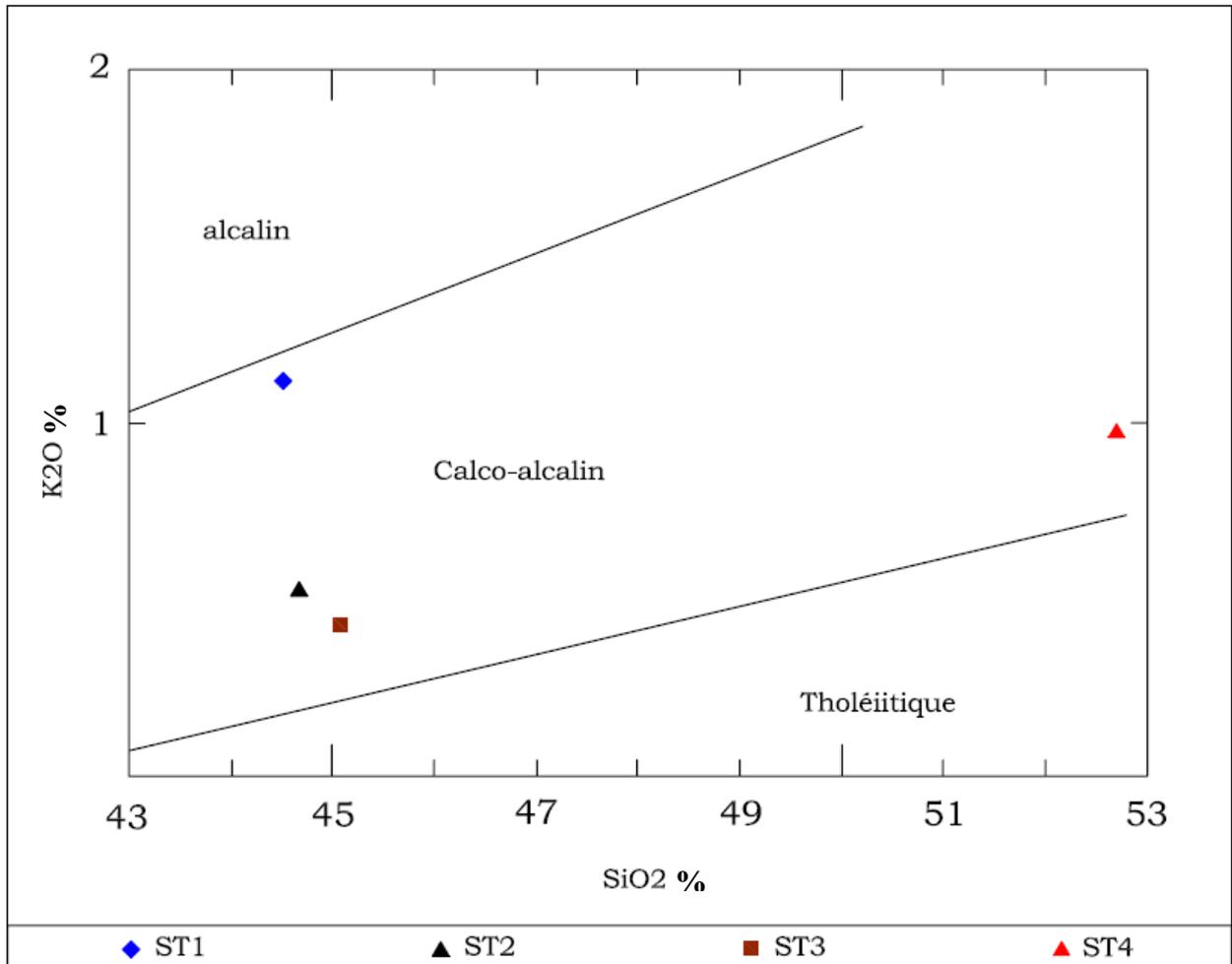


Figure 12 : Représentation des échantillons étudiés dans le diagramme K_2O vs. SiO_2

III.2.4. Le diagramme A.F.M.

Le diagramme AFM d'Irvine et Baragar permet de différencier les séries tholéiitiques des séries calco-alcalines. A l'exception de ST4 qui se trouve dans le domaine tholéiitique, tous les autres échantillons se projettent dans le domaine calco-alcalin (figure 13).

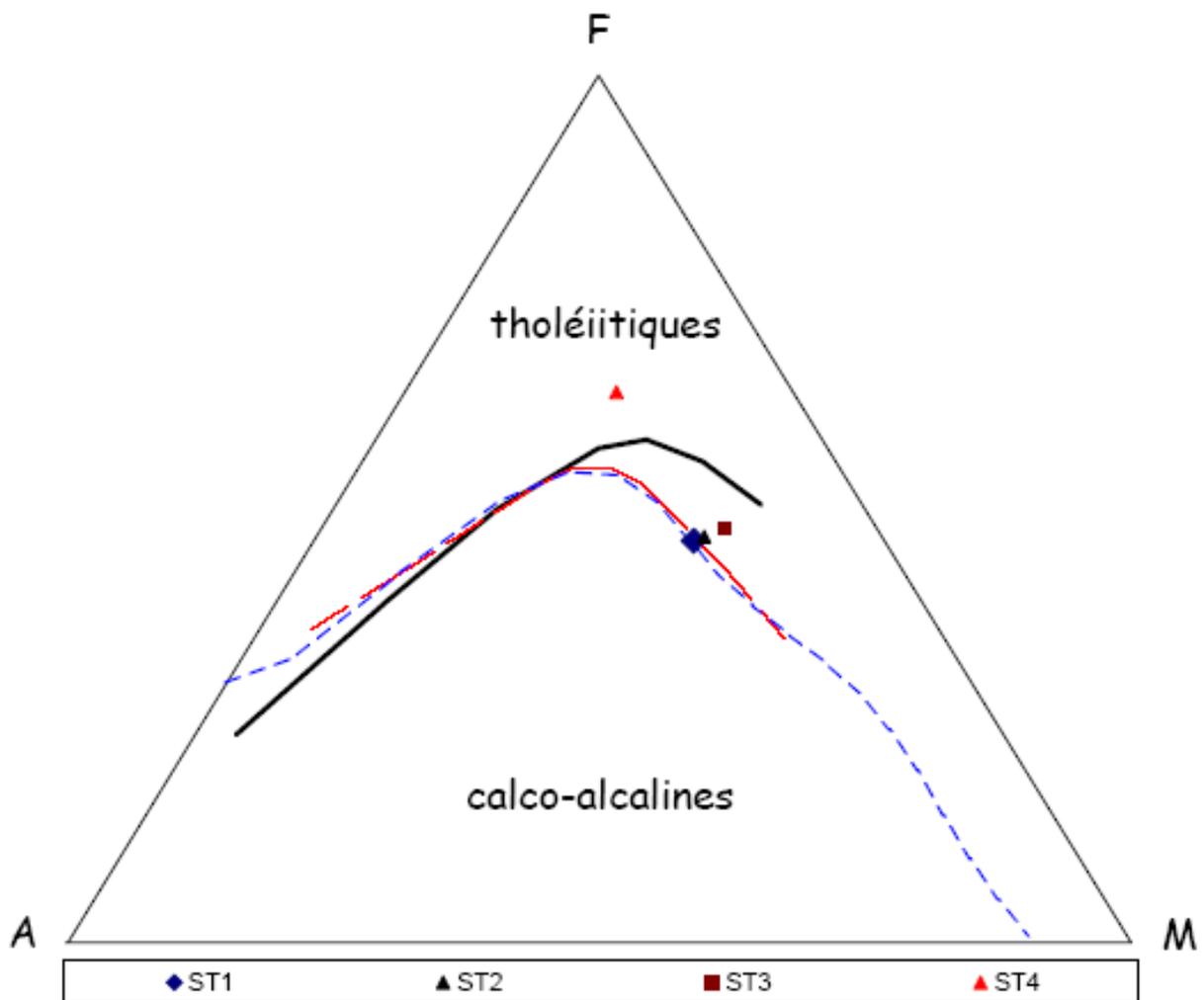


Figure 13: Diagramme AFM d'Irvine et Baragar (A= (Na₂O + K₂O) F= (fer total) M= (MgO))

III.2.5. Le diagramme triangulaire $K_2O-TiO_2-P_2O_5$

Pour distinguer entre les basaltes du domaine océanique de ceux du domaine continental, on utilise souvent le diagramme $K_2O-TiO_2-P_2O_5$ de Pearce et al. 1975 (Chabou, 2001). Les basaltes du domaine océanique se trouvent à proximité de TiO_2 . Ce diagramme n'est pas utilisé pour les roches d'affinité alcaline, et son inconvénient réside dans le fait qu'on utilise K_2O qui est un élément mobile. L'interprétation de ce diagramme doit donc être faite avec prudence.

Les échantillons étudiés dans ce travail se projettent dans le domaine des basaltes continentaux ou à la limite entre basaltes continentaux et basaltes océaniques (figure 14).

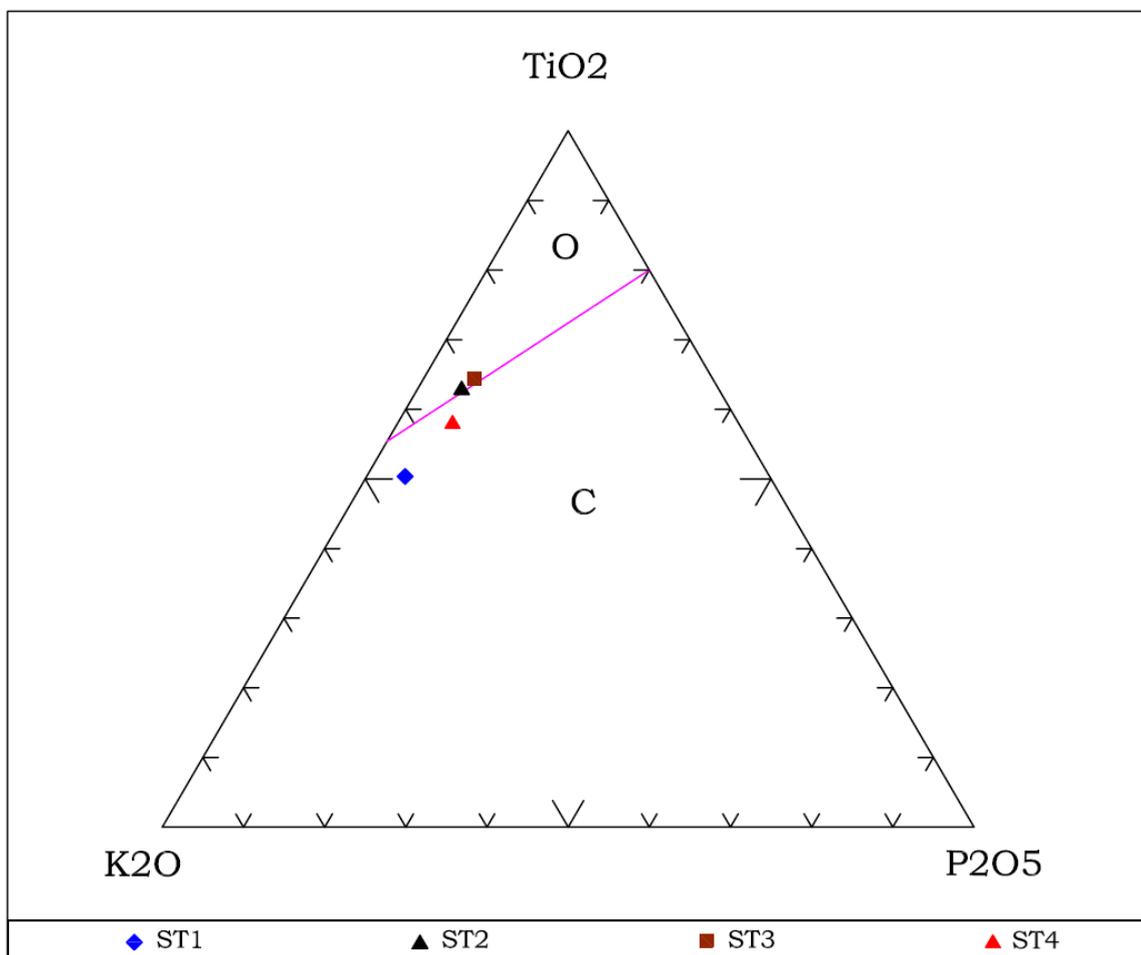


Figure 14 : Diagramme triangulaire $K_2O-TiO_2-P_2O_5$ de Pearce et al; 1975.
(O : domaine océanique. C : domaine continental.)

III.2.6. Le diagramme $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ vs. $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$

Pour connaître les caractéristiques du magma initial, et afin de limiter les effets de l'altération qui modifie considérablement la concentration des éléments mobiles comme les alcalins (Na_2 et K_2O), nous tracerons le diagramme $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ vs. $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ basé sur le rapport des éléments réputés immobiles (Chabou, 2001). Sur la figure 15, il ressort clairement que la nature magmatique de l'échantillon ST4 est différente de celui des autres échantillons.

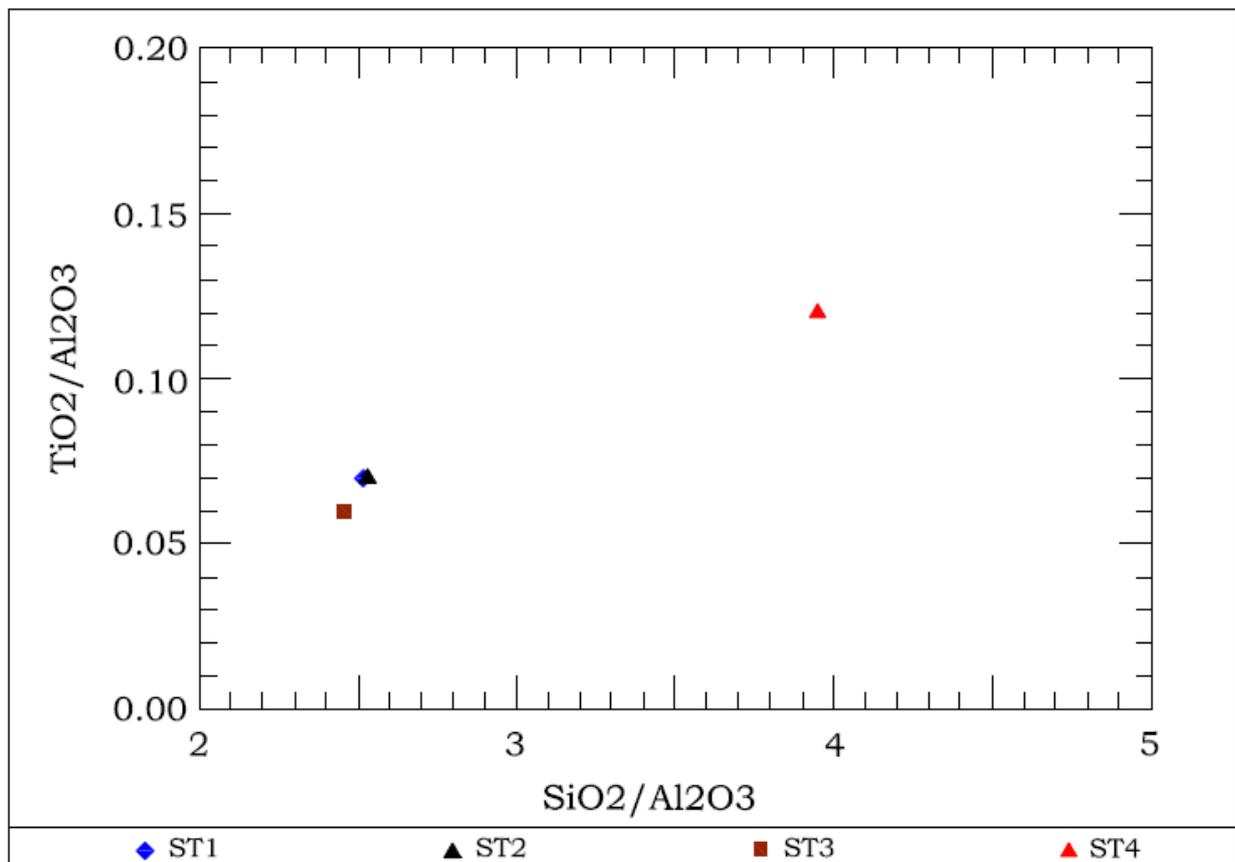


Figure 15 : Diagramme $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ vs. $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$

III.2.7. Le diagramme triangulaire $\text{TiO}_2\text{-MnO-P}_2\text{O}_5$

Dans le diagramme $\text{TiO}_2\text{-MnO-P}_2\text{O}_5$ (Mullen, 1983), tous les échantillons étudiés se situent dans le domaine des basaltes des rides médio-océaniques (MORB).

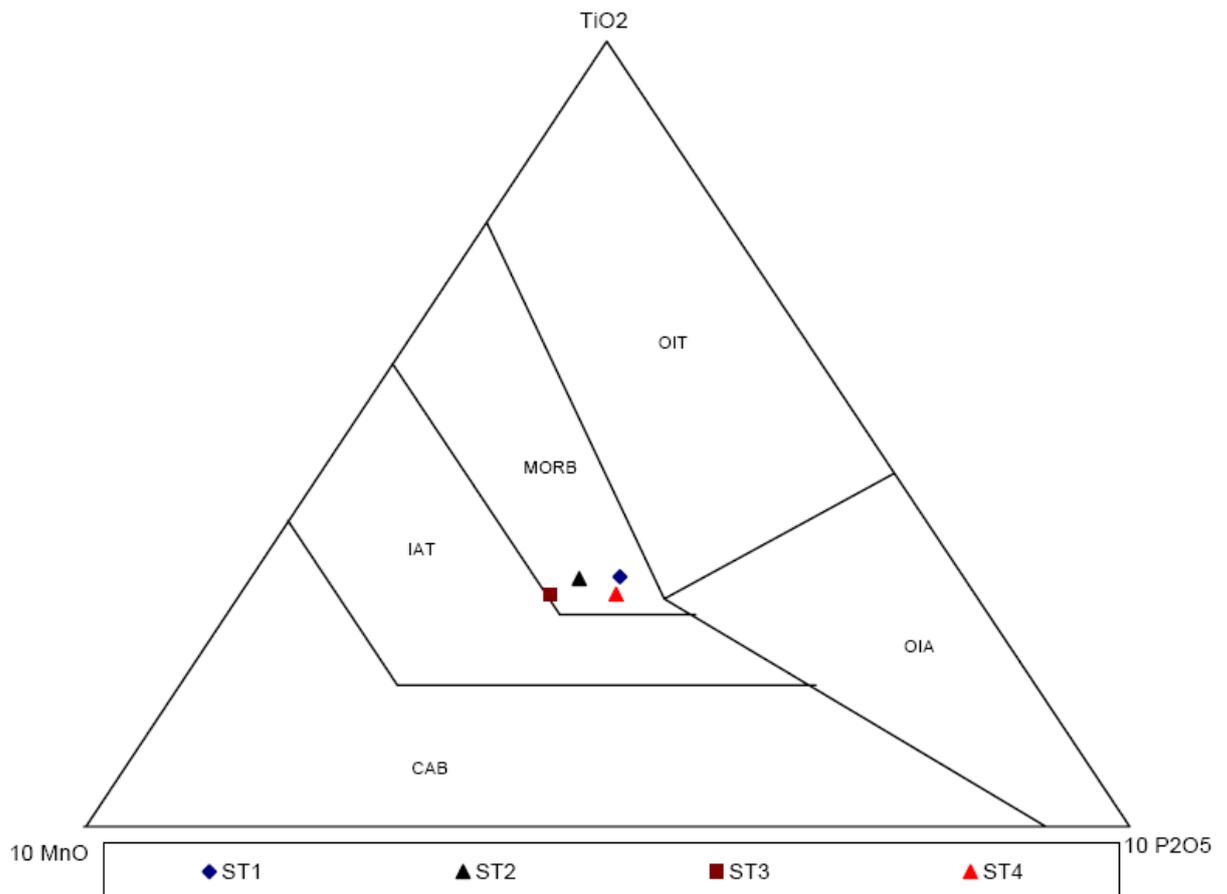


Figure 16 : Répartition des roches magmatiques de Souk El Thenine dans le diagramme triangulaire $\text{TiO}_2\text{-MnO-P}_2\text{O}_5$ de Mullen (1983)

OIA : basaltes alcalins des îles océaniques (ocean island alkali basalt) ;

OIT : tholéiites des îles océaniques (ocean island tholeiite) ;

MORB : basaltes des rides médio-océaniques (mid-ocean ridge basalt) ;

IAT : tholéiites d'arc insulaire (island arc tholeiite) ;

CAB : basaltes calco-alcalins (calc-alkali basalt).

III.2.8. Le diagramme triangulaire $\text{FeO}^*+\text{TiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{MgO}$

Dans ce diagramme, tous les échantillons étudiés se situent dans le domaine des tholeiites de type HFT (High Fe Tholéiitique) (figure 17).

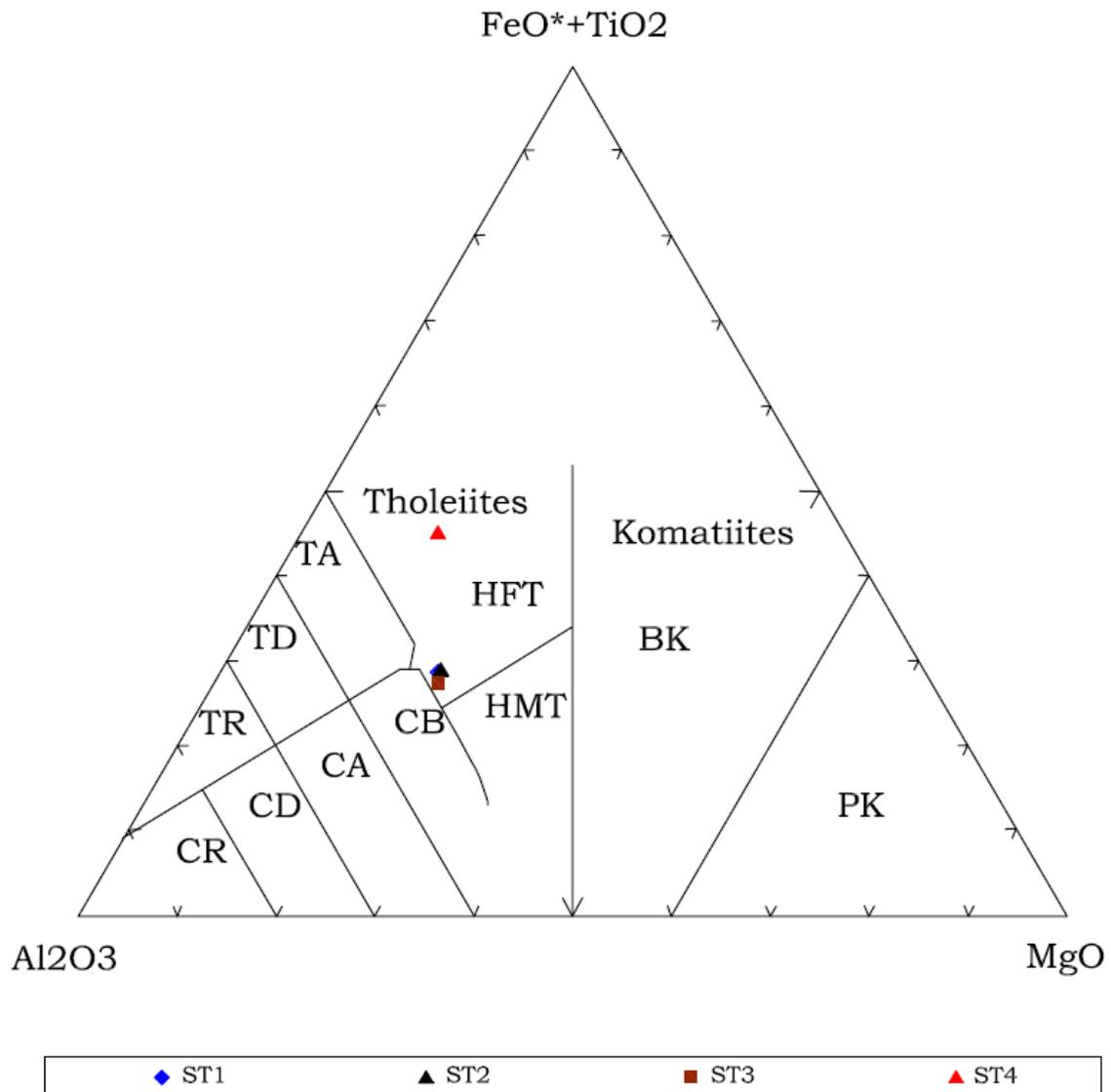


Figure 17 : Répartition des roches magmatiques de Souk El Thenine dans le diagramme triangulaire $\text{FeO}^*+\text{TiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{MgO}$.

III.2.9. Le diagramme $\text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{MgO}$ vs. TiO_2

Le diagramme $\text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{MgO}$ vs. TiO_2 a été utilisé par plusieurs auteurs, pour distinguer les différents groupes magmatiques supposés co-génétiques.

Dans ce diagramme, on remarque que nos échantillons appartiennent à deux groupes magmatiques bien distincts : les échantillons ST1, ST2 et ST3 d'une part et ST4 d'autre part (figure 18).

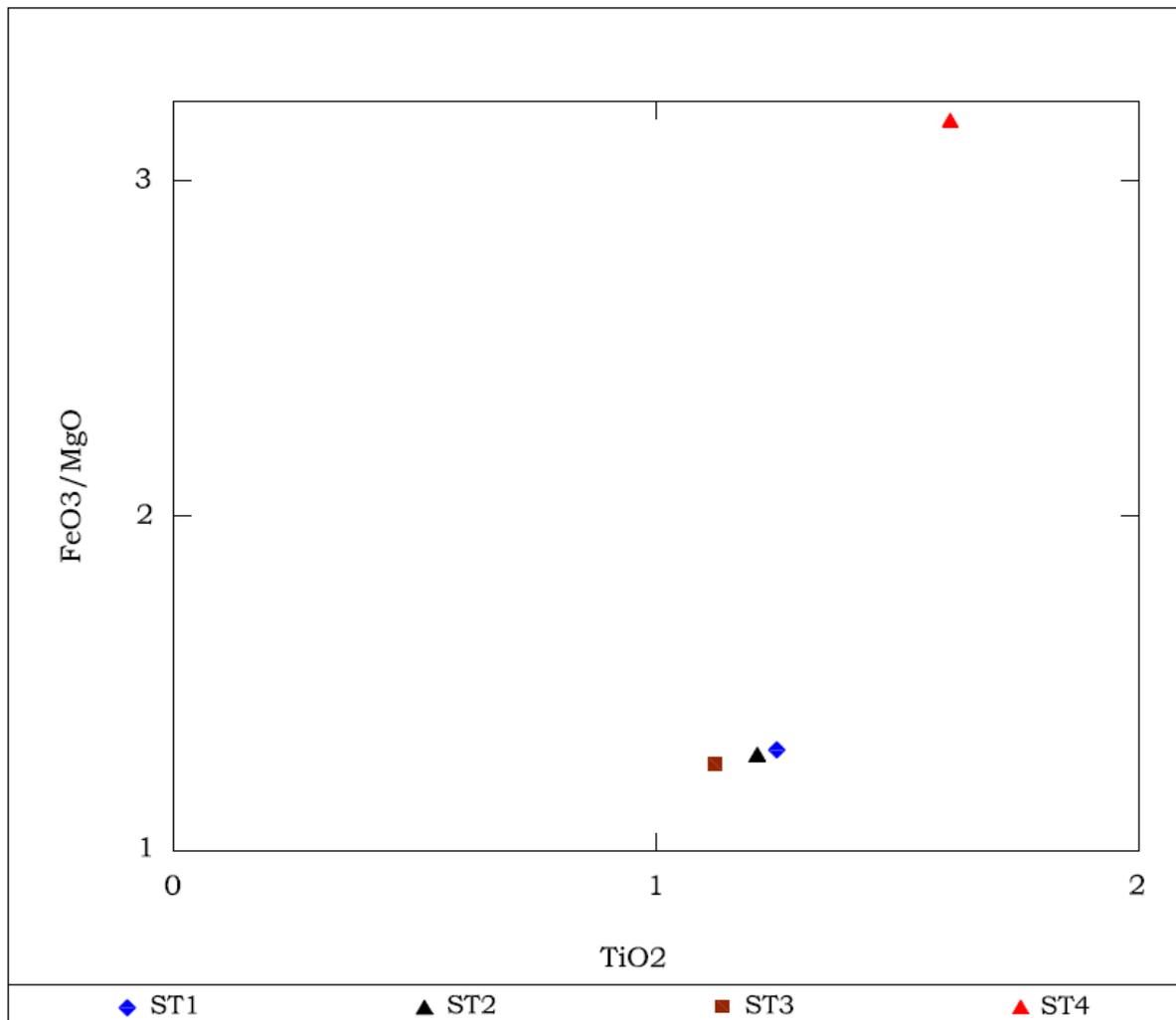


Figure 18 : Diagramme $\text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{MgO}$ vs. TiO_2

III.2.10. Le diagramme FeO / MgO vs. SiO₂

Le diagramme FeO/MgO vs. SiO₂ de Miyashiro (1974) est utilisé pour distinguer entre les roches du domaine tholéiitique et celles du domaine calco-alcalin.

Dans ce diagramme, le caractère tholéiitique des roches est clairement démontré. Cependant là encore en fonction de leurs positions dans le diagramme, les échantillons ST1 à ST3 semble appartenir à un groupe de roches différent de celui de ST4 (figure 19).

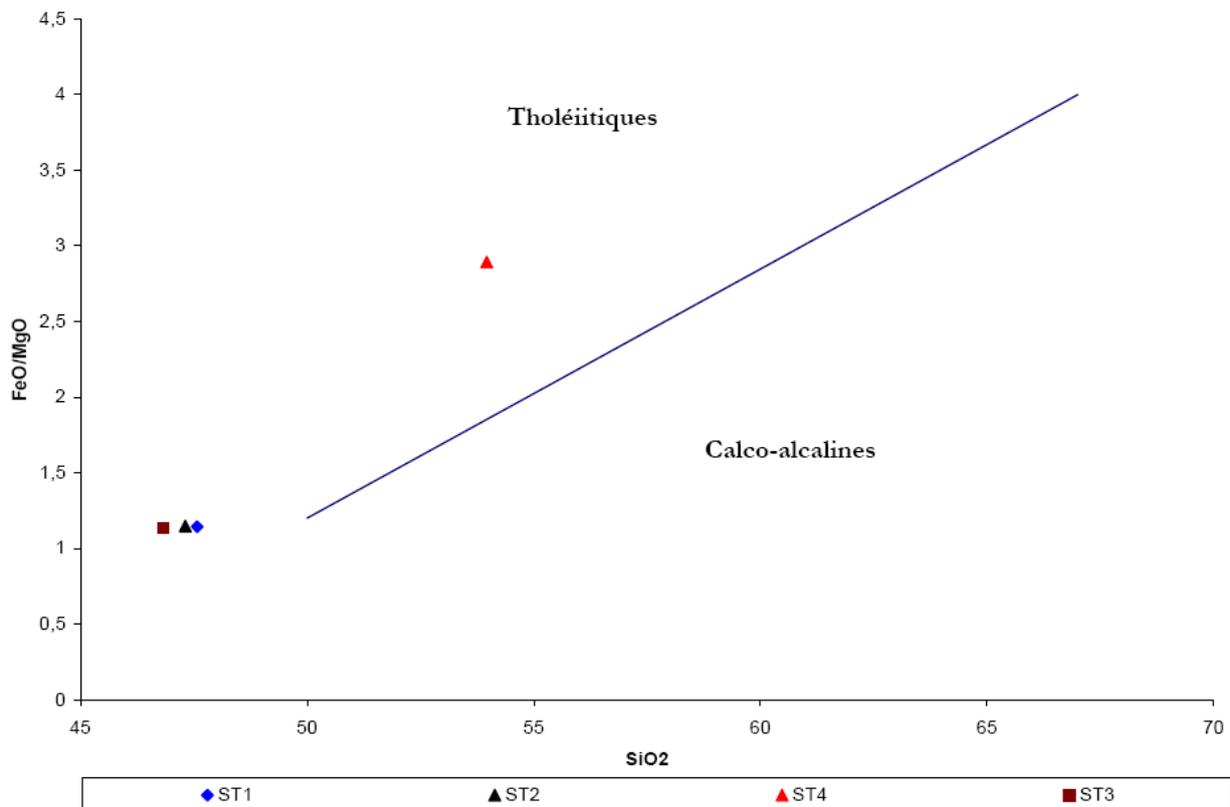


Figure 19 : Diagramme FeO/MgO vs. SiO₂

III.2.11. Le diagramme TiO_2 vs. FeO / MgO

Dans le diagramme TiO_2 vs. FeO/MgO (figure 20), nos échantillons se situent dans le domaine des CFB (continental flood basalt) pauvres en titane (low-Ti CFB), défini par (Albarède, 1992 in Chabou, 2001), et leurs teneurs en TiO_2 ressemblent à celles des tholéiites pauvres en titane de la CAMP (LTi CAMP).

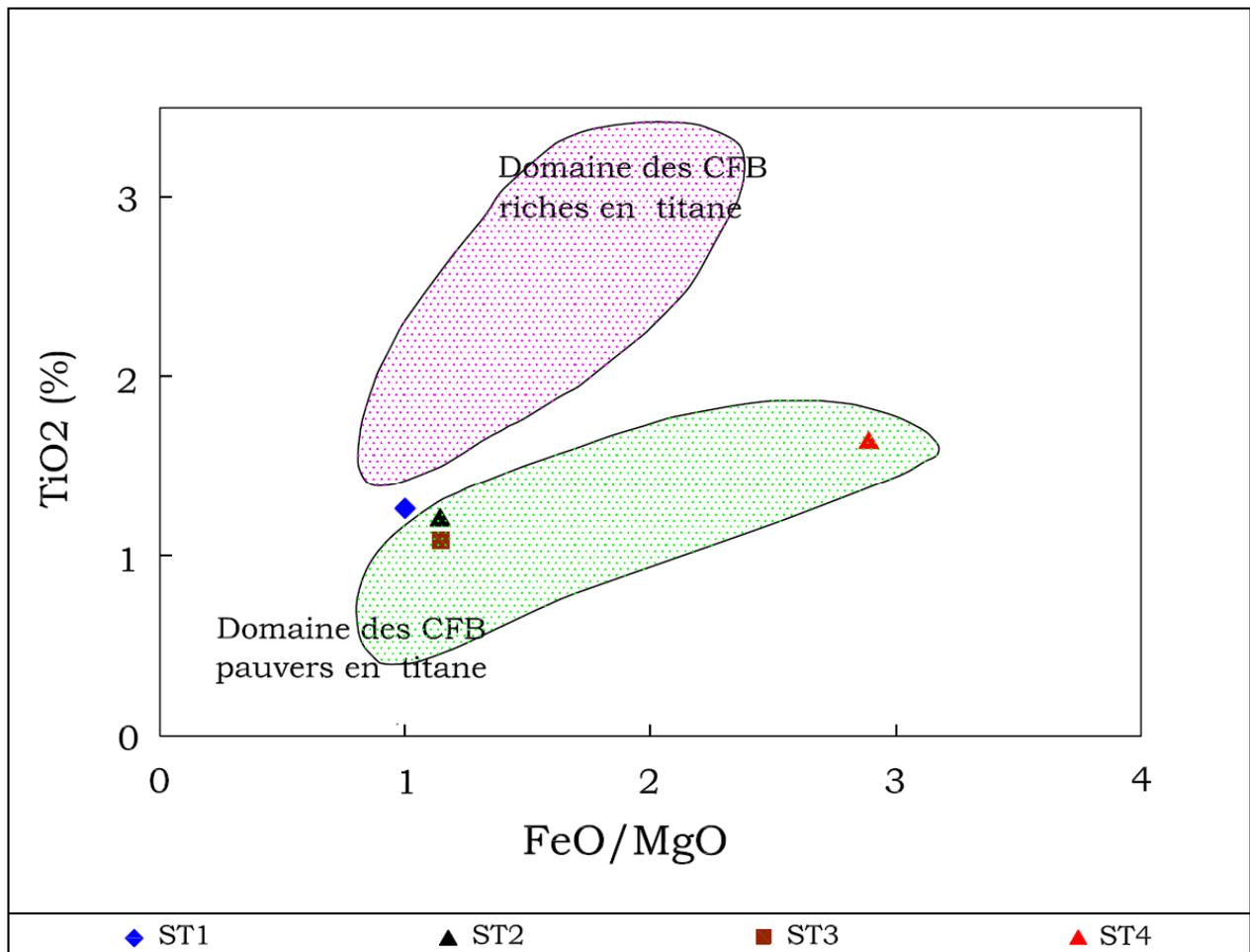


Figure 20: Diagramme TiO_2 vs FeO / MgO .

Les valeurs de $[\text{Mg}]$, comprises entre 0,423 et 0,651 (tableau 2), indiquent que les basaltes étudiés ne correspondent pas à des magmas primaires, mais à des liquides différenciés. Les échantillons ST1 à ST3 sont peu différenciés ($[\text{Mg}]$ compris entre 0,649 et 0,651 avec une moyenne de 0,65), tandis que l'échantillon ST4 présente une différenciation plus nette ($[\text{Mg}]=0.423$).

Tableau 02 : Analyses chimiques (éléments majeurs) des roches de Souk El Thenine. Les résultats sont donnés en pourcentage pondéral. $[Mg] = Mg/(Mg+Fe^{2+})$ avec $Fe^{3+}/Fe^{2+} = 0,15$.

* : Analyses recalculées en base anhydre et normalisées à 100 %.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	L.O.I.	H ₂ O-	Total
ST1	45,24	17,84	10,16	0,13	8,00	9,46	2,78	1,10	1,26	0,14	3,96	0,16	100,23
ST2	45,04	17,72	10,24	0,14	8,03	10,24	2,90	0,60	1,20	0,12	3,98	0,08	100,29
ST3	44,88	18,38	10,31	0,15	8,18	10,78	2,45	0,54	1,09	0,11	3,52	0,05	100,44
ST4	52,45	13,15	14,21	0,19	4,42	8,76	2,60	1,00	1,64	0,20	1,34	0,15	100,11
Echantillon	SiO ₂ *	Al ₂ O ₃ *	FeO*	MnO*	MgO*	CaO*	Na ₂ O*	K ₂ O*	TiO ₂ *	P ₂ O ₅ *	[MgO]	Total	
ST1	47,57	18,76	9,61	0,14	8,41	9,95	2,92	1,16	1,33	0,15	0,650	100,00	
ST2	47,31	18,61	9,68	0,14	8,44	10,76	3,05	0,63	1,26	0,13	0,649	100,00	
ST3	46,83	19,18	9,68	0,16	8,54	11,25	2,56	0,56	1,14	0,11	0,651	100,00	
ST4	53,96	13,53	13,16	0,20	4,55	9,01	2,68	1,03	1,69	0,21	0,423	100,00	

III.3. Interprétation de l'analyse en éléments en traces

Tableau 03 : Résultats des analyses géochimiques éléments en traces

	Y	Sr	Rb	Zr	Nb	Ga	Pb	Cu	Ni	Co	Cr	V	Ba	Sc
ST1	20,2	484,7	13,8	91,0	4,1	16,0	4,7	25,2	130,2	38,4	168,1	179,1	292,0	29,8
ST2	19,3	454,8	7,4	84,6	4,8	16,2	7,7	63,9	137,7	36,5	163,6	175,6	209,6	32,3
ST3	18,0	457,2	5,9	74,8	3,7	16,3	4,1	110,4	155,1	34,9	158,9	158,5	166,6	30,4
ST4	33,9	221,0	35,4	142,8	8,6	21,1	5,1	159,5	38,5	48,2	2,9	310,3	231,0	38,8

A partir de tableau n° 03, on constate apparemment que nos échantillons appartiennent à deux groupes de roches différentes. Cette différence est marquée principalement par les valeurs de certains éléments tels que Y, Sr, Rb, Zr, Nb, Cu, Ni, Cr et V. Ces valeurs restent très proches pour les échantillons ST1 à ST3, tout en étant relativement différentes de celles de l'échantillon ST4 ; ainsi :

- Les teneurs en Y (33.9 ppm), Rb (35.4 ppm), Nb (8.6 ppm) et V (310.3 ppm) de ST4 sont plus élevées que celles de ST1, ST2 et ST3, qui varient entre 18.0- 20.2 ppm pour le Y, de 5.9 à 13.8 ppm pour Rb, de 3.7 à 4.8 ppm pour Nb et entre 158.5-179.1 ppm pour V.
- Inversement, les valeurs de ST4 en Sr (221.0 ppm), Ni (38.5 ppm) et Cr (2.9 ppm) sont plus faibles que celles des échantillons ST1, ST2 et ST3 correspondant aux intervalles 454.8-484.7 ppm pour Sr, 130.2-155.1 ppm pour Ni et 158.9-168.1 ppm.

III.3.1. Les éléments de la première série de transition (Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu)

- Les teneurs en Sc des échantillons étudiés sont modérées (29.8-38.8 ppm). Elles sont légèrement plus élevées chez l'échantillon ST4 (38.8 ppm), que chez les autres échantillons (moyenne de 30.83 ppm) et sont similaires à celle des basaltes océaniques (Sc ~ 38 ppm) (BVSP, 1981 in Chabou 2008).
- Les teneurs en V varient entre 158.5 et 179.1 ppm. Ces teneurs sont plus élevées pour l'échantillon ST4 (310.3 ppm) que pour les autres échantillons (moyenne de 171 ppm).
- Les teneurs en Ni montrent une diminution très nette avec l'augmentation de la teneur en silice, et ceci est normal étant donné l'affinité de cet élément pour les minéraux ferro-magnésiens, dont l'importance diminue avec l'augmentation de l'acidité des roches.

III.3.2. Les autres éléments incompatibles (Ba, Sr, Rb, Nb, Zr, et Y)

- En tenant compte des teneurs en éléments lithophiles à grand rayon ionique (LILE) tels que Ba (166.6-292 ppm), Sr (454.8-484.7 ppm), excepté l'échantillon moins altéré ST4 qui présente une teneur relativement faible (221 ppm) et Rb (5.9-13.8 ppm). sauf l'échantillon ST4 (35.4 ppm), on constate que les roches étudiées ici sont en général sensiblement plus élevées comparées à celles des MORB (Ba ~ 12 ppm, Sr ~ 127 ppm, Rb ~ 1 ppm) (BVSP, 1981 in Chabou 2008).
- Mise à part ST4, qui possède une teneur en Zr relativement élevée (142.8 ppm), les autres échantillons ont des valeurs en cet élément qui sont comparables à celles des MORB et des tholéïtes d'îles océaniques (BVSP, 1981 in Chabou 2008).
- Les teneurs en Y de nos échantillons, qui varient de 8 à 20.2 ppm (sauf ST4 avec 33.9 ppm), sont comparables en général à celles des basaltes tholéïtiques (Pearce et Cann, 1973).

III.3.3. Rapports entre éléments caractéristiques

Les rapports entre éléments sont souvent utilisés pour avoir des informations sur la nature de la région source du magma (Wilson, 1993 ; Condie, 2003 in Chabou 2008). Les plus intéressants sont ceux qui mettent en jeu les éléments incompatibles ou ceux ayant des

comportements géochimiques similaires et qui ne fractionnent pas au cours des processus magmatiques (cristallisation fractionnée et/ou fusion partielle).

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

Echantillon	Nb/Y	Zr/Y	Zr/Nb	Cu/Zr	Ba/Zr	Y/Nb	Ba/Nb	Rb/Nb	Rb/Sr	Ti/Zr	Ti/V	Rb/Ba
ST1	0,20	4,50	22,20	0,28	3,21	4,93	71,22	3,37	0,03	83,01	42,18	0,05
ST2	0,25	4,38	17,63	0,76	2,48	4,02	43,67	1,54	0,02	85,04	40,97	0,04
ST3	0,21	4,16	20,22	1,48	2,23	4,86	45,03	1,59	0,01	87,36	41,23	0,04
ST4	0,25	4,21	16,60	1,12	1,62	3,94	26,86	4,12	0,16	68,85	31,69	0,15
N-MORB	12,02	2,64	31,76	0,71	0,09	0,08	2,70	0,24	0,01	102,70	/	0,09
E-MORB	2,65	3,32	8,80	/	0,78	0,38	6,87	0,61	0,03	82,19	/	0,09
OIB	0,60	9,66	5,83	/	1,25	1,67	7,29	0,65	0,05	61,43	/	0,09
IAB	17,14	1,83	31,43	/	5,00	0,06	157,14	6,57	0,02	136,00	/	0,04
CC	2,38	6,95	16,50	0,20	3,45	0,42	57,00	6,13	0,15	32,70	31,23	0,11

Les rapports de quelques éléments des différents groupes de basalte sont donnés dans le tableau 04, et sont comparés à ceux des MORB de types N et E, des OIB (basaltes d'îles océaniques), des IAB (basaltes d'arc tholéiitiques) et de la croûte continentale (Sun, 1980 ; Sun et McDonough, 1989 ; Rudnick et Gao, 2003). A partir de cela, on remarque que :

- Les rapports Ti/V des roches étudiées varient très peu (19-39) et se situent dans le champ des MORB & CFB et BABB (basaltes d'arrière arc) (figure 21).

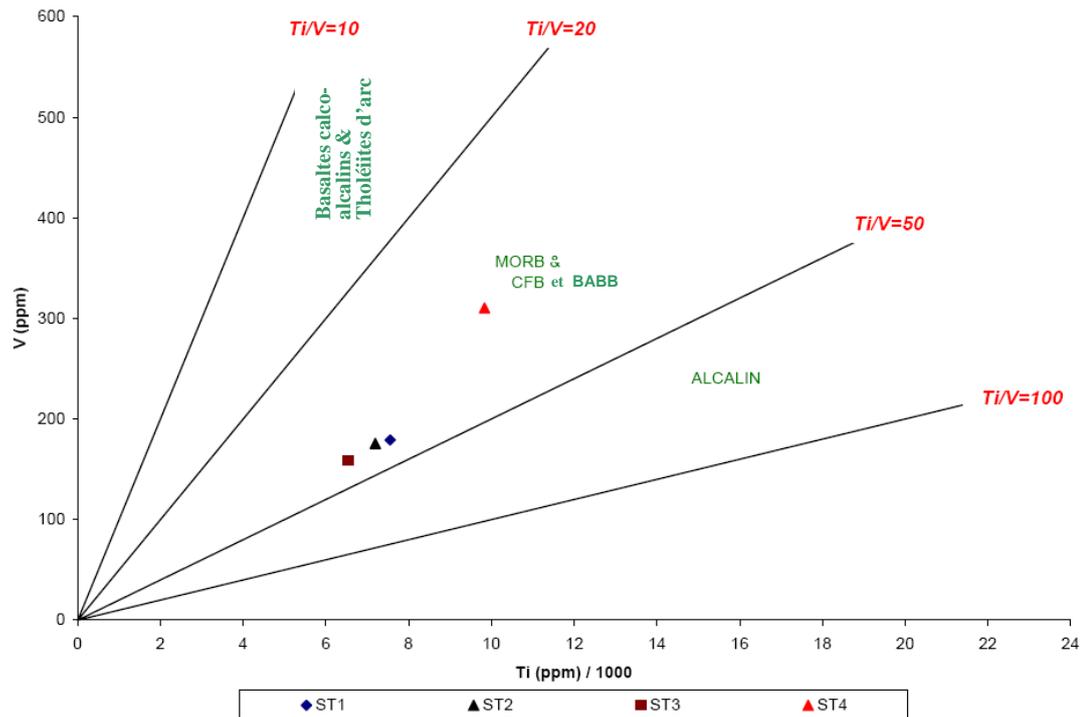


Figure 21 : Diagramme Ti/1000-V (Shervais, 1982)

- Les rapports Nb/Y varient entre 0,20 et 0,25 et sont caractéristiques des séries tholéïtiques (Floyd et Winchester, 1975).
- Le rapport Ba/Zr est souvent utilisé comme indicateur de la contamination crustale (Fitton, 1995 ; Larsen et al. 1998). L'échantillon ST4 présente un rapport Ba/Zr relativement élevé (Ba/Zr = 3.21), ce qui indique qu'il a subi une contamination crustale. Les rapports Ba/Zr obtenus pour les autres échantillons sont bas (de 1,62 à 2,48) et indiquent que ces échantillons ont été peu contaminés par la croûte continentale.

III.4. Diagrammes de discrimination géochimique

Les diagrammes de discrimination géochimique sont utilisés pour déterminer l'environnement géodynamique de mise en place des roches magmatiques et se basent sur les éléments chimiques réputés immobiles (Rollinson, 1993 in Chabou, 2008).

III.4.1. Le diagramme Ti-Zr-Y

Dans le diagramme Ti-Zr-Y (Pearce et Cann, 1973), tous les échantillons étudiés se situent dans le domaine des basaltes des rides médio-océaniques et des basaltes d'arc volcanique (figure 22).

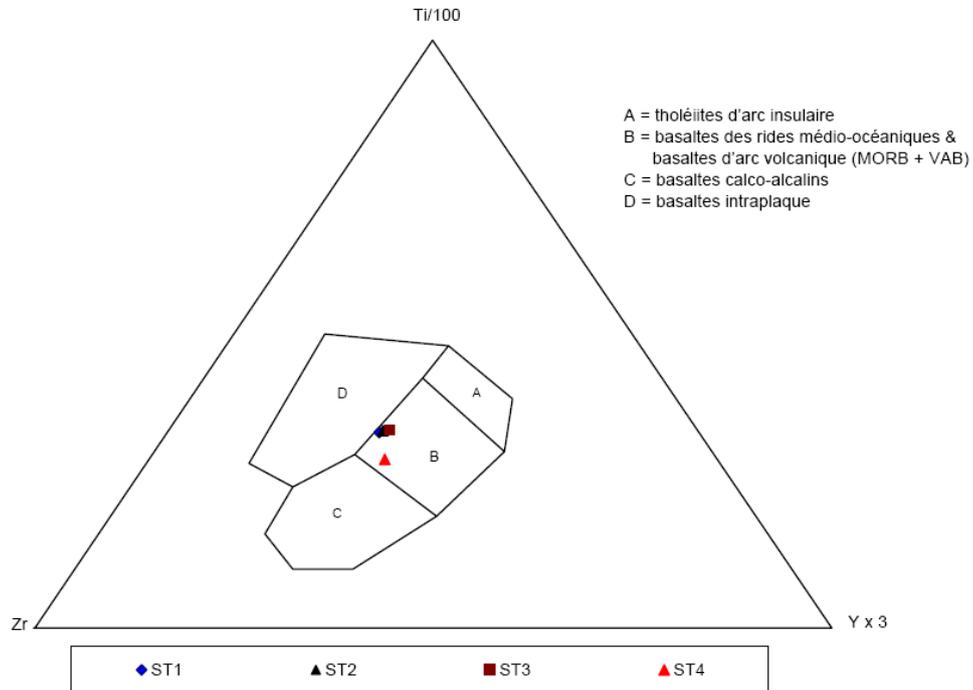


Figure 22 : Diagramme triangulaire Ti-Zr-Y de Pearce et Cann (1973)

III.4.2. Le diagramme TiO₂ - Y/Nb

Dans le diagramme TiO₂ vs. Y/Nb (Floyd et Winchester, 1975), on constate que (figure 23) :

- Les échantillons ST1 et ST3 se situent dans le domaine des basaltes tholéiitiques océaniques ;
- L'échantillon ST4 se trouve dans le domaine des basaltes tholéiitiques continentaux ;
- L'échantillon ST2 est localisé à l'intérieur de l'intersection de ces deux domaines.

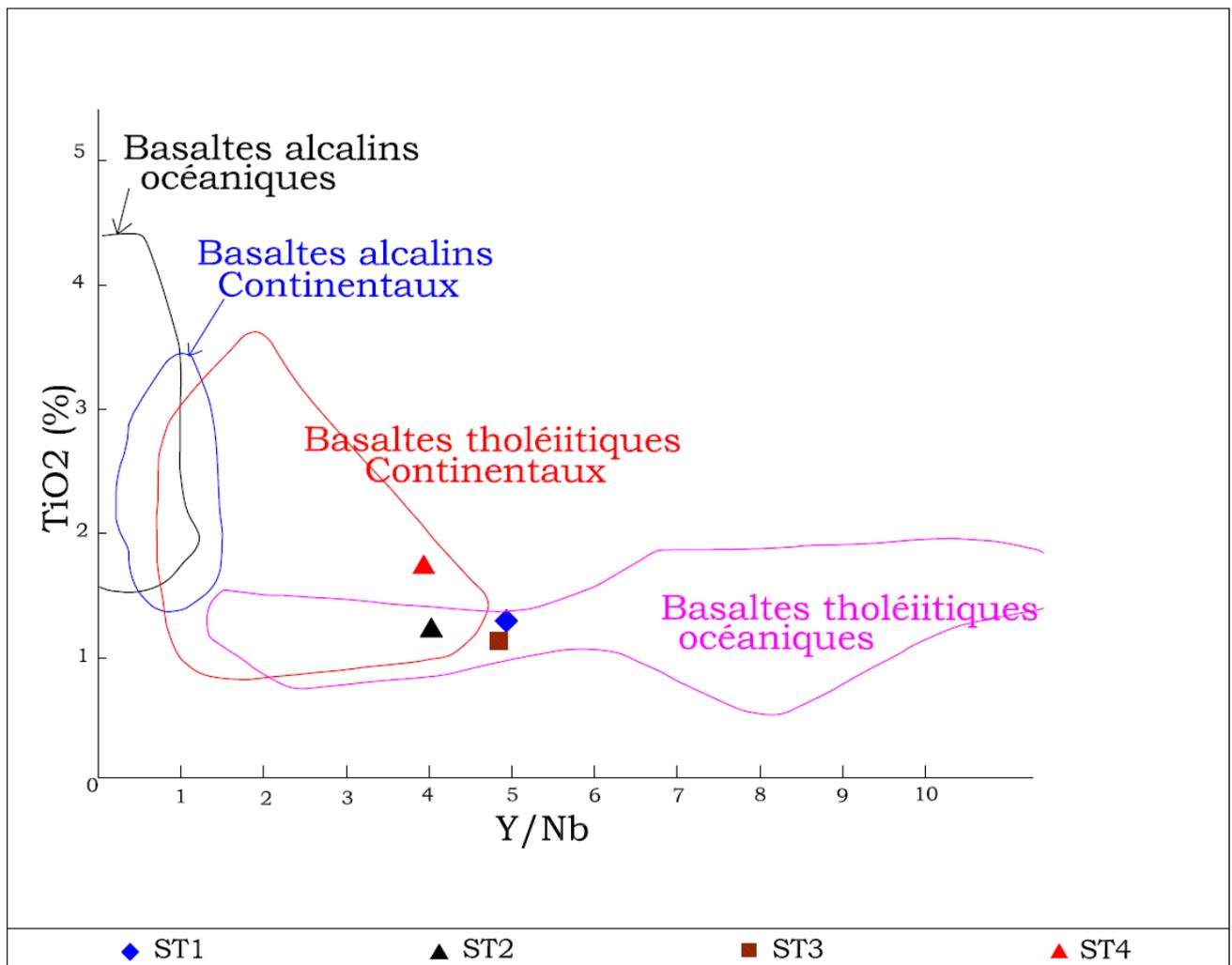


Figure 23 : Diagramme TiO₂ vs. Y/Nb (Floyd et Winchester, 1975)

III.4.3. Le diagramme Nb-Zr-Y

Dans le diagramme Nb-Zr-Y (Meschede, 1986), les basaltes de Souk El Thenine se situent dans le domaine des basaltes tholéiitiques intraplaques et basaltes d'arc volcanique (figure 24). Ce diagramme permet de distinguer entre les basaltes tholéiites et les basaltes de MORB type N.

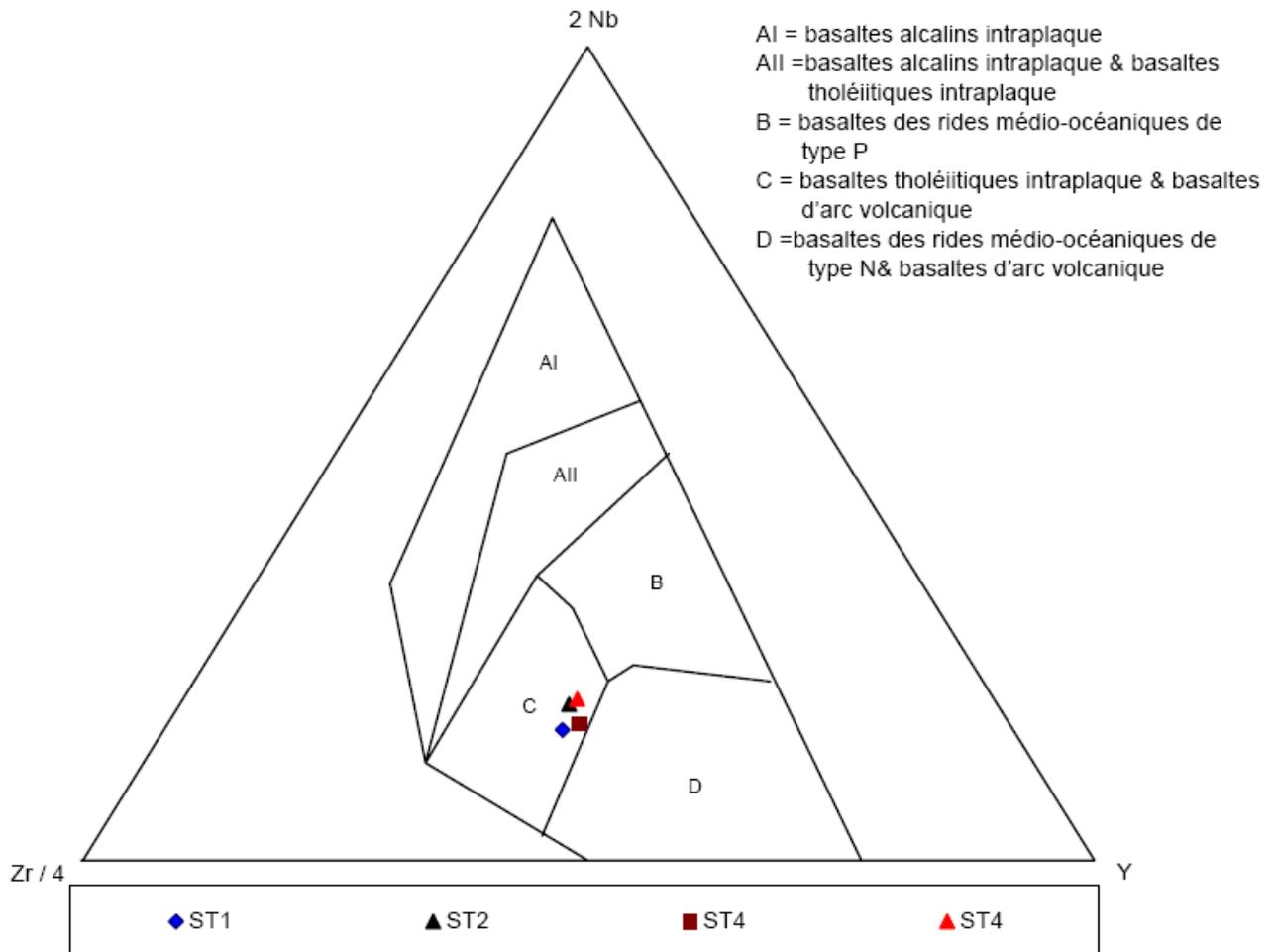


Figure 24 : Diagramme Nb-Zr-Y (Meschede, 1986)

III.4.4. Le diagramme Ti-Zr-Sr

Dans le diagramme Ti-Zr-Sr de la figure 25, nos trois premiers échantillons analysés se placent dans le domaine des IAT (Island Arc Tholéiite), tandis que l'autre échantillon ST4 se situe dans le domaine des MORB.

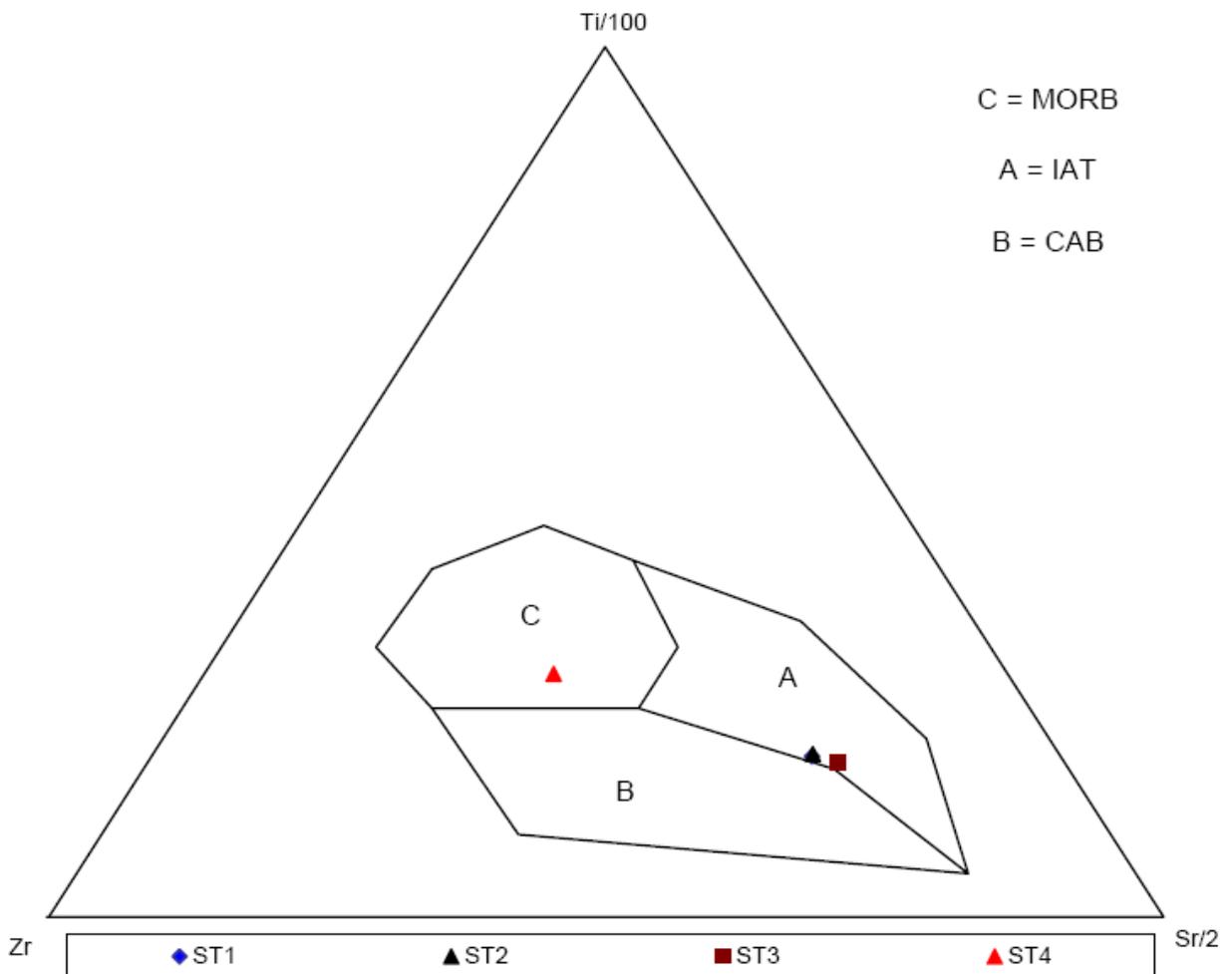


Figure 25 : Diagramme Nb-Zr-Y (d'après Pearce et Cann, 1973)

III.4.5. Le diagramme Y/Nb vs. Zr/Nb

Les diagrammes Y/Nb vs. Zr/Nb (figure 26) peuvent également être utilisés pour discuter la nature des sources magmatiques (Elburg et Goldberg, 2000 ; Krzemiński, 2004 ; Shervais et al., 2005 in Chabou 2008). Ainsi les roches de Souk El Thenine seraient issues d'une source enrichie et proche de celle des E-MORB.

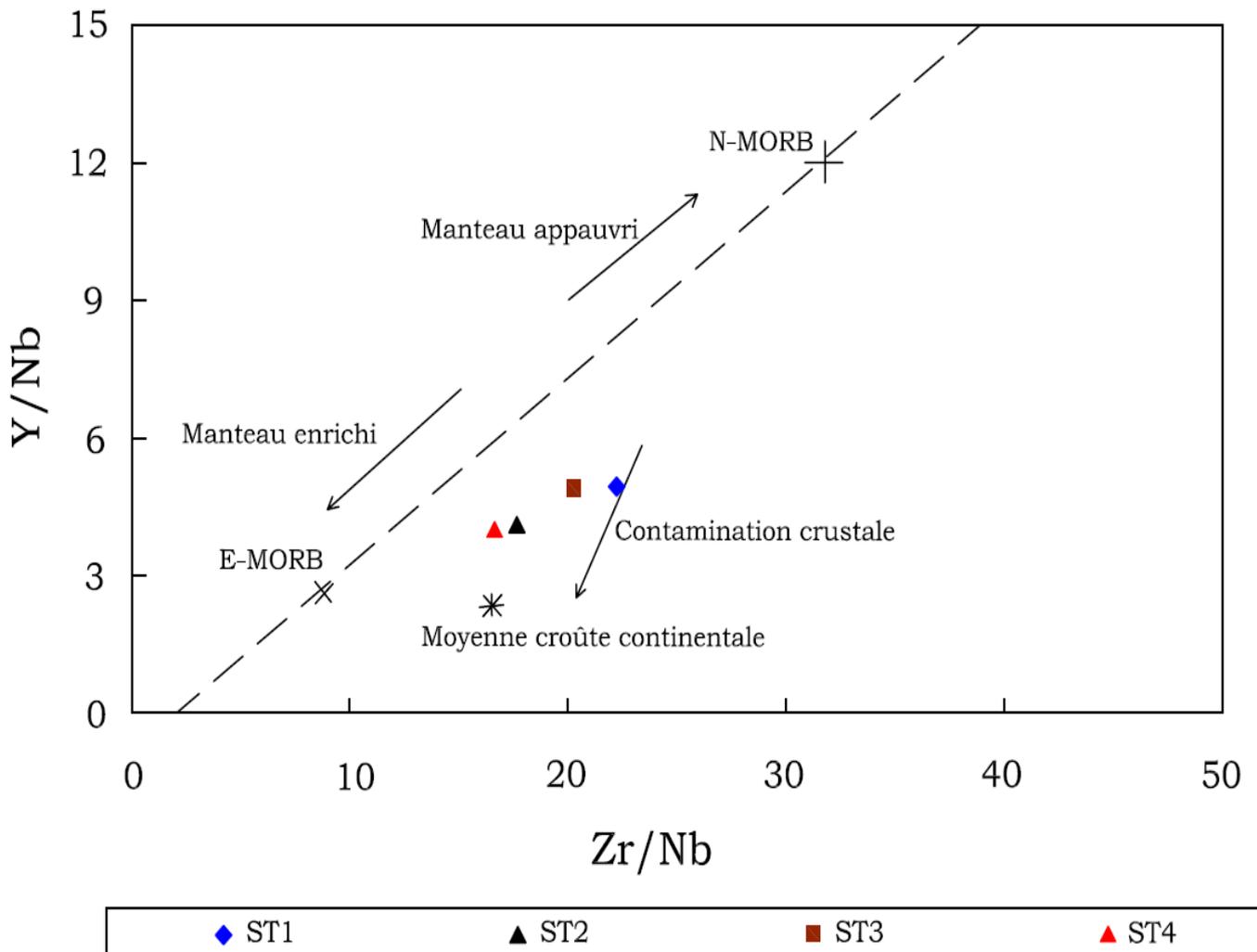


Figure 26 : Diagramme Y/Nb vs. Zr/Nb (d'après Rudnick et Gao, 2003)

III.4.6. Le diagramme P_2O_5 vs. Zr

Le diagramme P_2O_5 en fonction du Zr est utilisé pour distinguer entre les basaltes de la série tholéiitique et ceux de la série alcaline.

Dans ce diagramme, l'ensemble des échantillons étudiés se projettent dans le domaine de la série tholéiitique (figure 27).

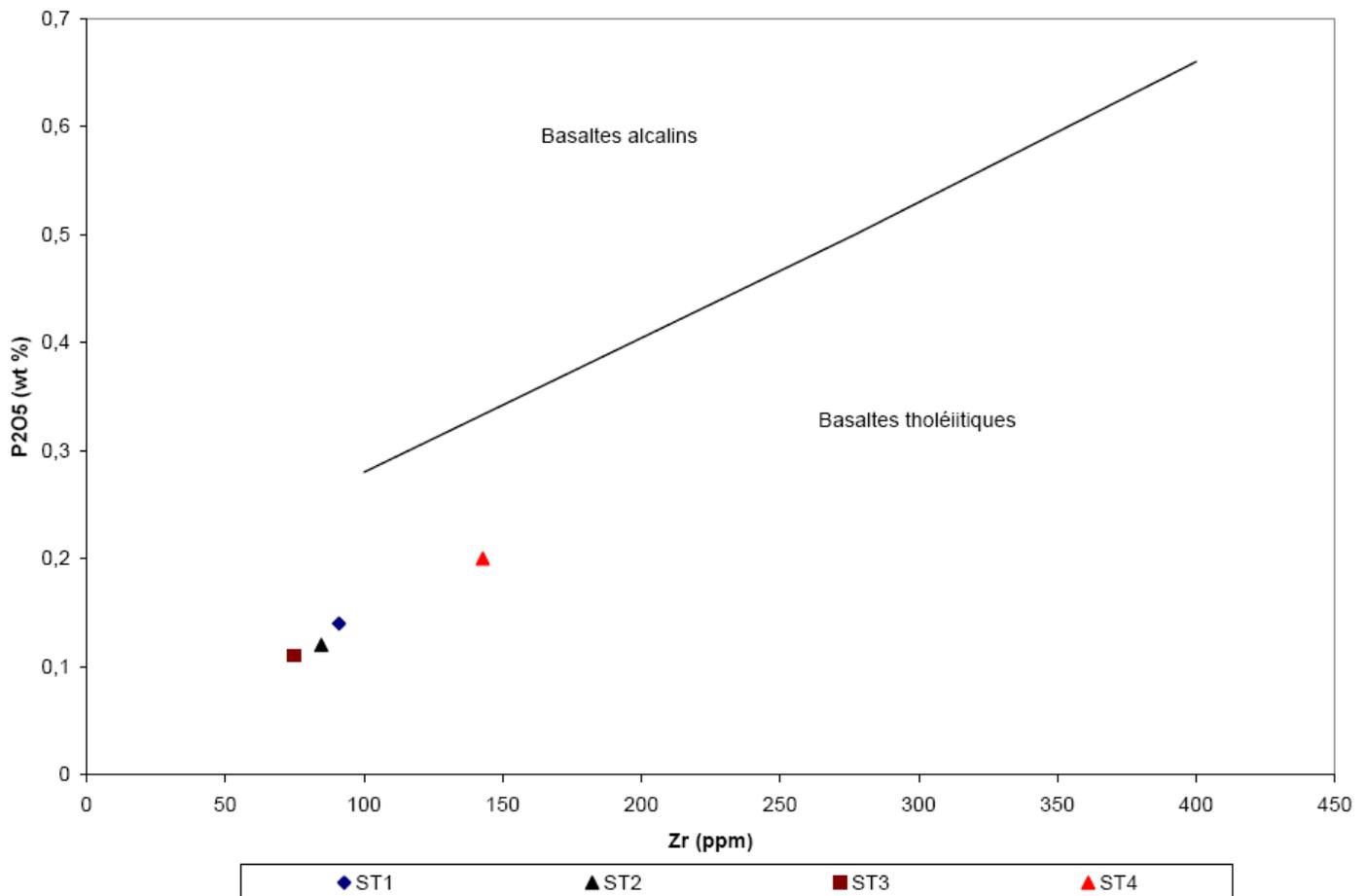


Figure 27: Diagramme P_2O_5 vs. Zr

III.4.7. Le diagramme Nb/Y vs. Zr/ P_2O_5

Ce diagramme permet de distinguer entre les basaltes de la série tholéiitique et de la série alcaline. Dans ce diagramme aussi, tous les échantillons appartiennent à la série tholéiitique.

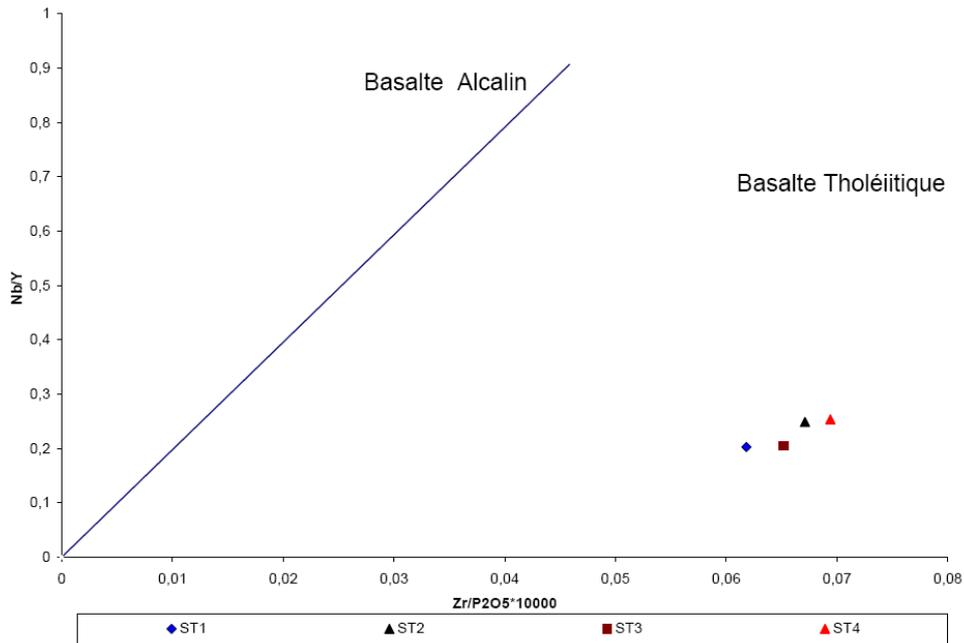


Figure 28 : Diagramme Nb/Y Vs Zr/P₂O₅ (d’après J.A. Winchester, P.A. Floyd 1976)

III.4.8. Le diagramme Ti/Y vs. Ti/Zr

Dans le diagramme Ti/Y vs. Ti/Zr (D.W. Peate Hawke et al, 1999), les échantillons étudiés ST1 à ST3 ont un caractère de high-Ti basalt, tandis que l’autre échantillon ST4 à un caractère de Low-Ti basalt (figure 29).

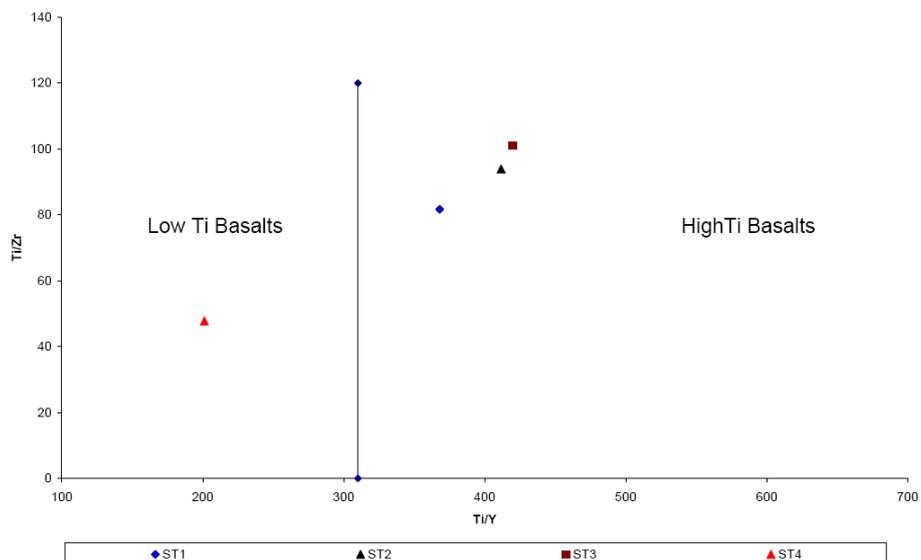


Figure 29 : Diagramme Ti/Y vs. Ti/Zr (d’après D.W. Peate Hawke et al. 1999 in A. Soulaïmani et al. 2004)

III.4.9. Le diagramme Zr/TiO₂ vs. Y/Nb

Dans le diagramme Zr/TiO₂ vs. Y/Nb, les roches analysées appartiennent au domaine des basaltes et des andésites basaltiques.

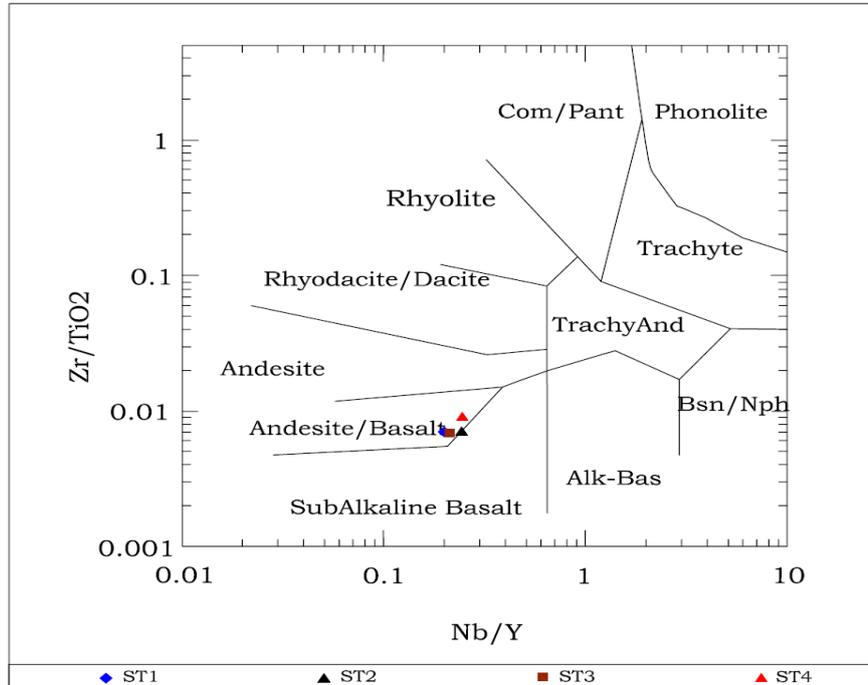


Figure 30 : Diagramme Zr/TiO₂ vs. Y/Nb (Winchester et Floyd 1977)

CONCLUSION

Ce mémoire a été consacré à l'étude pétrographique et géochimique des roches magmatiques supposées mésozoïques, situées dans la région de Souk El Thenine.

A partir de l'étude pétrographique sur lames minces et par diffraction X, nos échantillons appartiendraient à deux groupes de roches magmatiques : le premier est composé des échantillons ST1, ST2 et ST3, tandis que le seconde groupe est constitué d'un seul échantillon ST4.

Cette différence est basée sur deux critères principaux, à savoir :

- la texture, puisque les trois premiers échantillons correspondaient à des ophites, tandis que ST4 était doléritique ;
- la composition minéralogique : tous les échantillons sont composés de minéraux semblables qui sont essentiellement l'albite, la riébeckite, l'épidote et la chlorite, avec l'existence de feldspath alcalin dans ST1. Néanmoins, on peut observer une différence minéralogique entre nos échantillons, à savoir la présence du quartz et de la muscovite dans l'échantillon ST4 et leur absence dans les échantillons ST1, ST2 et ST3. En raison de l'existence du quartz, ST4 appartiendrait à une roche magmatique plus acide que celles des trois autres échantillons.

Une première analyse géochimique en éléments majeurs permet de dire que nos échantillons seraient des basaltes. Cependant, cette analyse ne nous a pas permis de connaître la nature géochimique des roches étudiées de façon précise, puisque les diagrammes utilisés plaçaient ces échantillons dans des domaines différents, parfois alcalin, calco-alcalin ou tholéiitique. Cette « imprécision » géochimique était due à l'altération des échantillons, donc à la mobilité de certains de leurs éléments chimiques, principalement les alcalins, car une partie des diagrammes utilisés étaient basés soit sur les deux oxydes Na_2O et K_2O ou sur K_2O .

A partir de ces résultats insuffisants, une seconde analyse géochimique basée cette fois-ci sur les éléments en traces était indispensable.

Effectivement, cette seconde analyse nous a permis de mieux préciser la géochimie de nos échantillons. Ainsi, la quasi-totalité des diagrammes discriminatoires utilisés a montré l'affinité tholeiitique de toutes les roches étudiées.

D'autre part, le diagramme Zr/TiO_2 vs. Y/Nb (figure 30) a confirmé la nature pétrographique de nos quatre échantillons, qui appartiennent au domaine des basaltes et des andésites basaltiques.

Cependant, l'âge et les conditions de mise en place de ces roches restent encore inconnus.

Enfin, un nombre d'échantillonnage plus important sur des roches moins altérées, une datation radiochronologique et des analyses en terres rares permettraient de mieux préciser la nature géochimique des roches de cette région d'étude et de connaître leur contexte géodynamique.

BIBLIOGRAPHIE

- Arndt N.T. et Christensen U. (1992)** : The Role of lithospheric mantle in continental volcanism: thermal and geochemical constraints. *Journal of Geophysical Research* 97, 10967-10981.
- Arndt N.T., Czamanske G.K., Wooden J.L. et Fedorenko V.A. (1993)** : Mantle and crustal contributions to continental flood basalt volcanism. *Tectonophysics*, 223 (1993), 39-52.
- Askri H. et al. (1995)** : Géologie de l'Algérie, contribution de SONATRACH Division exploration. Centre de Recherche et Développement et Division Petroleum Engineering et Développement.
- Bouillin J.P. (1986)** : Le « bassin maghrébin » : une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'Ouest des Alpes. *Bull. Soc. Géol. France*, 547-558.
- Chabou M.C. (2001)** : Etude pétrographique et géochimique du magmatisme mésozoïque de l'Ouest de la plate-forme saharienne. Mémoire de Magister en Génie Minier, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique (ENSP).
- Chabou M.C. (2008)** : Datation ^{39}Ar - ^{40}Ar et Géochimie de la Province Magmatique de l'Atlantique Central dans le Sud-Ouest algérien. Thèse de Doctorat en Génie Minier, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique (ENSP).
- Chabou M.C.** : La chaîne des Maghrébides. www.geologue.setif.org/maghrebides.pdf
- Curie M.M.J. et Flamand G. (1890)** : Etude succincte sur les roches éruptives de l'Algérie. Pub. Serv. Géol. Algérie, Alger, 1890.
- David K., Schiano P. et Allégre C.J. (2000)** : Assessment of the Zr/Hf fractionation in oceanic basalts and continental materials during petrogenetic processes. *Earth and Planetary Science Letters* 178, 285-301.
- Dulpan L. (1952)** : La région de Bougie. XIX^e congrès International, Alger, monographies régionales, 1^e série, Algérie, n°17.

- Durand-Delga M. (1969).** Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. Publ. Serv. Géol. Algérie, n°39, 89-131.
- Ehrmann F. (1924) :** Carte géologique de l'Algérie au 1/50 000, feuille de Ziama (Alger 1924).
- Ehrmann F. (1924):** Notice explicative de la carte géologique, feuille de Ziama, échelle 1/50 000.
- Floyd P.A. et Winchester J.A. (1975):** Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements. *Earth and Planetary Science Letters* 27, 211-218.
- Glangeaud L. (1933) :** Notice explicative des cartes géologique des roches éruptives d'âge Secondaire. Bulletin service carte géologique.
- Kovenko V., H. et G. Termier (1954) :** Sur quelques roches ophitiques de l'Algérie Septentrionale. Publication service géologique Algérie, nouvelle série, bulletin n° 05, 1954, 157- 212.
- Kurtz J. (1983) :** Geochemistry of Early Mesozoic Basalts from Tunisia. *Journal of African Earth Sciences*, 1983, 113-125.
- LeBas M.J. et al. (1986) :** Chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica diagram. *Jour. Petrol.*, 27 (1986), 745-750.
- Lucas G. (1933) :** Etude des roches éruptives accompagnant le Trias aux environs de Souk ElThenine et d'Aumale. Bulletin Société Géologique d'Algérie, 2^{ème} série, stratigraphie, travaux récents des collaborateurs.
- Meschede M. (1986) :** A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chemical Geology*, 56, 207-218.
- Obert D. (1986):** la distension liasique dans la zone tellienne d'Afrique du nord, halocinèse précocose et préfiguration des unités telliennes. *C.R. Acad. SC. Paris*, t. 303, série II, n° 2.
- Pearce J.A. (1976):** Statistical analysis of major element patterns in basalts. *Journal of Petrology*, 17, 15-43.
- Pearce J.A. et Cann J.R. (1973) :** Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth and Planetary Science Letters*, 19, 290-300.

Pearce J.A. et Norry M.J. (1979) : Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 69, 33-47.

Prestvik T. (1982): Basic volcanic rocks and tectonic setting. A discussion of the Zr-Ti-Y discrimination diagram and its suitability for classification purposes. *Lithos*, 15, 241-247.

Puffer J.H. (2001): Contrasting high field strength element contents of continental flood basalts from plume versus reactivated-arc sources. *Geology*, 29, 675–678.

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.

Soulaimani A., Essaifi A., Youbi N. et Hafid A. (2004) : Les marqueurs structuraux et magmatiques de l'extension crustale au Protérozoïque terminal-Cambrien basal autour du massif de Kerdous (Anti-Atlas occidental, Maroc) *C. R. Geoscience*, 336 (2004), 1433-1441.

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.

Sun, S.S. (1980) : Lead isotopic study of young volcanic rocks from mid-ocean ridges, ocean islands, and island rocks. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 297A, 409-445.