

N°d'ordre :

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université d'Oran 2  
Faculté des Sciences de la Terre et l'univers



*Mémoire*

Présenté pour l'obtention du grade  
De Master en Sciences de la Terre

Option : **MAGMATISME, GEODYNAMIQUE ET TRANSFERTS  
LITHOSPHERIQUES**

Thème :

**Caractéristiques pétrologiques, géochimiques et géochronologiques  
du magmatisme filonien de la région de Reggane (Algérie sud  
occidentale). Comparaison avec le complexe de Zérigat**

Présenté par :

**Monsieur SEDA Hercílio Rafael**

Soutenu le 22 juin 2017, devant la commission d'examen :

<b>M. R. BENDOUKHA</b>	Maître de conférences Université d'Oran 2	Président
<b>Mme. N. REMACI</b>	Maître de conférences Université d'Oran 2	Rapporteur
<b>M. A. SEDDIKI</b>	Maître de conférences Université d'Oran 2	Examineur

**Oran, 2017**

# *Remerciements*

*Il m'est agréable d'exprimer toute ma gratitude et mes remerciements envers les personnes qui, de près ou de loin, m'ont aidé et soutenu tout au long de la réalisation de mon mémoire.*

*Je tiens tout particulièrement à remercier madame **REMACI**, pour avoir dirigé avec beaucoup d'attention et de soin ce travail. Je suis très reconnaissant pour sa disponibilité, sa bienveillance, sa patience, pour les longues et fructueuses discussions et son soutien permanent. Je lui dois beaucoup pour le contenu du travail présenté, pour ses critiques constructives, ses conseils précieux et judicieux, son aide, sa gentillesse et sa bonté.*

*Ma reconnaissance va à monsieur **BENDOUKHA** pour avoir accepté de présider ce jury.*

*Que monsieur **SEDDIKI** soit remercié pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail. Ses remarques et critiques seront les bienvenues.*

*Mes vifs remerciements vont à monsieur **MEKKAOUI** pour avoir mis à ma disposition les données de terrain, les lames minces et quelques analyses de roches totales.*

*Par ailleurs, je tiens à remercier très vivement les gouvernements **algérien** et **mozambicain** qui m'ont permis de mener des études dans de très bonnes conditions en m'attribuant une bourse pour la Licence et le master à l'université d'Oran 2.*

*Je tiens aussi à exprimer toute ma gratitude à mes enseignants (en particulier ceux de la spécialité **MGTL**) qui ont participé à ma formation et m'ont beaucoup appris tout le long de mon cursus universitaire.*

*Je remercie mes amis et camarades de la promotion pour leur soutien et leurs encouragements.*



# *Dedicace*

*Je dédie ce modeste travail à tous mes êtres chers:*

*En premier lieu à mon regretté père **Rafael SEDA** qui serait grandement fier de moi aujourd'hui,*

*Ma très chère mère **Ana A. P. M. SEDA**, dont l'amour inconditionnel et l'éducation vigilante ont toujours guidé mes pas,*

*A mes frères et sœurs pour leur indéfectible attachement,*

*A ma chère amie **Felicidade da Naima SEDA**, pour son affection et la confiance dont elle a fait preuve à mon égard,*

*A tous mes amis de combat : **Joel, Zito.....**,*

***Au club de tennis de Maputo** pour ses conseils attentionnés,*

*A tous mes camarades étudiants algériens, mozambicains, béninois, nigériens .....*

***Hercílio Rafael SEDA***

## Liste des figures

**Figure 1:** Situation géographique de la région de Reggane, par rapport à l'Anti Atlas, l'Ougarta, le Hoggar et la dorsale Réguibat (in Mekkaoui, 2015).

**Figure 2:** Carte géologique du sud-ouest algérien (d'après la carte géologique de l'Afrique au 1/10.000.000, BRGM 2004).

**Figure 3:** Carte géologique de Reggane (Sonatrach 1972), modifié.

**Figure 4:** Colonne stratigraphique synthétique du Sahara Sud-ouest Septentrional (in Ben Karroum, 2010).

**Figure 5:** **A-** Photo prise par le satellite LANDSAT (2017) de la région du Blad El Mass montrant les dyke doléritiques à Hassi Taibine et la localisation des deux forages. **B-** Carte géologique de Blad El Mass, extrait de Sonatrach (1972).

**Figure 6:** Diagramme Ab-An-Or.

**Figure 7:** Diagramme de Morimoto (1988).

**Figure 8:** Diagramme de Deer et al. , 1992.

**Figure 9:** Position des clinopyroxènes des dolérites de Reggane dans le diagramme  $\text{SiO}_2$  vs  $\text{Al}_2\text{O}_3$  de Lebas (1962). *Sont également reportés les Cpx des faciès de Zérigat*

**Figure 10:** **A** (gauche) et **B** (droite): Position du clinopyroxène (Cpx) des dolérites de Reggane et Zérigat dans les diagrammes de Letterrier et al. (1892). *Sont également reportés les Cpx des faciès de Zérigat.*

**Figure 11:** Position des roches dans le diagramme de nomenclature de Cox et al. (1979). Le trend (bleu), défini par Miyashiro (1978), sépare le domaine alcalin du domaine subalcalin.

**Figure 12:** Diagramme Nb/Y versus Zr/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de Winchester et Floyd (1977).

**Figure 13:** Position des roches dans le diagramme normatif de Thompson (1984).

**Figure 14:** Spectres de terres rares des roches de Reggane (Normalisation par rapport aux chondrites de Nakamura, 1974). *Sont également reportés ceux de Zérigat.*

**Figure 15:** Spectres multi-élémentaires des roches de Reggane et de Zérigat, normalisés au manteau primitif de Mc Donough et Sun (1995).

**Figure 16:** Position des roches de Reggane et de Zérigat dans le diagramme géotectonique Zr/Y versus Zr de Pearce et Norry (1979).

**Figure 17:** Position des roches de Reggane et de Zérigat dans le diagramme géotectonique  $2\text{Nb-Zr}/4\text{-Y}$  de Meschede (1986).

**Figure 18:** Spectres d'âges  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  et spectres  $^{37}\text{ArCa}/^{39}\text{ArK}$ , en fonction de  $^{39}\text{Ar}$  libéré, obtenus sur les plagioclases des dolérites de Reggane (Chabou et al., 2007).

**Figure 19:** Diagramme isochrone  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  en fonction de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  du complexe de Zérigat (Nadri et Tegggar, 2016).

**Figure 20:** Diagramme  $(\epsilon_{\text{Nd}})_{208\text{Ma}}$  versus  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$  du complexe de Zérigat (Nadri et Tegggar, 2016). *DMM=depleted mantle MORB (manteau appauvri), BSE=Bulk Silicate Earth=terre silicatée*

## **Liste des Tableaux**

**Tableau 1-** Compositions chimiques et formules structurales des plagioclases des dolérites de Reggane.

**Tableau 2-** Compositions chimiques et formules structurales des pyroxènes des dolérites de Reggane.

**Tableau 3-** Compositions chimiques et les formules stucturales des opaques des Dolérites de Reggane.

**Tableau 4-** Compositions chimiques des éléments majeurs et en traces des roches de Reggane (\* analyses sur Reggane de Chabou et al., 2010 ; \*\* analyses sur Zérigat).

**Tableau 5-** Composition normatives des roches de Reggane et de Zérigat

**Tableau 6-** Teneurs en ppm des Terres Rares des roches de Reggane et Zérigat

**Tableau 7-** Compositions isotopiques Rb-Sr des roches de Zerigat

**Tableau 8-** Rapports isotopiques Sr-Nd calculés à partir de  $t = 208$  Ma dans le complexe de Zérigat.

# TABLE DES MATIERES

## CHAPITRE I

### Introduction et Généralités

I-1- Introduction.....	01
I-2 Contexte géographique de la région de Reggane.....	02
I-3 Contexte géologique .....	03
I-3-1- Contexte géologique regional.....	03-05
I-3-2-Organisation lithostratigraphique des terrains.....	05-09
I-3-3- Le magmatisme mésozoïque .....	09-11
I-4-Historique des travaux.....	11
I-4-1- Travaux de reconnaissances regionals.....	11-12
I-4-2- Travaux de l'exploration pétrolière.....	12
I-4-3-Travaux de la prospection minière.....	13
I-4-4- Travaux universitaires.....	13-15
I-5- Les objectifs de l'étude .....	15

## CHAPITRE II

### Les caractéristiques pétrologiques des dolérites de Reggane

II-1-Aspect macroscopique et microscopique .....	16-19
II-2-Aspect minéralogique et estimations des conditions de cristallisation.....	19-25

## CHAPITRE III

### Caractéristiques géochimiques

III-1- Introduction.....	26
III-2- Classification et caractérisation géochimique .....	26-29
III-3- Comportement des éléments majeurs et traces.....	30-32
III-4. Le contexte géodynamique.....	32-33

## CHAPITRE IV

### Caractéristiques géochronologiques et isotopiques

IV-1-Introduction .....	34
IV-2- Datation $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ des dolérites de Reggane.....	34
IV-3- Datation $^{87}\text{Rb}$ - $^{86}\text{Sr}$ des dolérites de Zérigat.....	34-37

CONCLUSION GENERALE.....	38-40
--------------------------	-------

### Références bibliographiques



**I-1- Introduction**

Le Sahara, terre d'accueil, d'échanges et de convoitises, a de tout temps émerveillé l'Homme. Lieu de réflexion et de confrontation d'idées, cette région fascinante a toujours été attrayante pour de nombreux scientifiques. Dans cette optique, ces immenses affleurements géologiques offrent aux géoscientifiques un magnifique pôle d'observations et de réflexions où de nombreuses questions ont trouvé des éléments de réponses même si de nos jours d'autres restent encore posées et continuent de susciter un intérêt scientifique et économique.

La plate-forme saharienne, vaste territoire, se caractérise par une succession de bassins sédimentaires intracratoniques, orientés N-S à NO-SE, séparés entre eux par des môles de même orientation ou par des reliefs comme le cas des monts de l'Ougarta. Ces distinctions en entités sont majoritairement le labour des géologues pétroliers.

En réalité, il s'agit d'une subdivision morpho-structurale qui est l'œuvre d'une longue histoire géologique, ponctuée par des événements dynamiques d'importance variable (subsidence, tectonique, magmatisme et eustatisme) et contrôlés dans son ensemble par de la tectonique globale.

Dans le Sud-Ouest algérien, on connaît principalement le vieux pays cristallin des Réguibat " la dorsale Réguibat ", le bassin de Tindouf, les monts de l'Ougarta, les bassins de Béchar, de Reggane et de l'Ahnet (Fig.1). A leur sein, des dolérites sont réparties d'une façon très inégale ; elles représentent généralement le faciès le plus commun du magmatisme basique dans la plate-forme saharienne.

L'existence de roches magmatiques mésozoïques de composition basique à intermédiaire (type dolérites) dans le bassin de Reggane est connue depuis longtemps. Les études sont aux balbutiements. Seules quelques analyses de minéraux, de roches totales (majeurs et traces) et quelques analyses géochronologiques ont été effectuées. Elles ont permis de caractériser leur affinité de tholéiites continentales et de les dater à la limite Trias-Lias, donc de rattacher ce magmatisme à celui de la grande province magmatique de l'Atlantique Central (CAMP) (Bertrand, 1991 ; Nomade et al., 2007 ; Chabou et al., 2007 ; Meddah et al., 2007 ; Brahim, 2010 ; Mekkaoui et Remaci-Bénaouda, 2014 ; Mekkaoui, 2015 ; Nadri et Teggat, 2016).



Figure 1 : Situation géographique de la région de Reggane, par rapport à l'Anti Atlas, l'Ougarta, le Hoggar et la dorsale Réguibat (in Mekkaoui, 2015).

L'étude de ce présent travail portera sur la région de Reggane, où Hassi Taibine et Ain Chebbi, comportent soit de remarquables affleurements doléritiques, encaissés dans les dépôts dévoniens et carbonifères sous forme de dykes, sills, soit dans des sondages réalisés par l'EREM et SONATRACH.

## I-2 Contexte géographique de la région de Reggane

La région d'étude concerne le bassin de Reggane situé au Sud-Ouest de la plate-forme saharienne. Occupant une superficie de 140 000 km<sup>2</sup>, il se situe entre les longitudes 00°35' E et 4° 25' W et les latitudes 24° 30' et 28° N. Il est limité par (Fig. 1):

- Au Nord par la chaîne de l'Ougarta et les massifs infracambriens du Touat ;
- Au Sud et au Sud-Ouest par les affleurements du massif précambrien des Eglab ;
- A l'Ouest, par le môle de Bou Bernous qui le sépare du bassin de Tindouf ;
- A l'Est où il est séparé du bassin de l'Ahnet par l'ensellement de l'Azzel-Matti.

Située à 1300 km au Sud de la ville d'Oran et à plus de 180 km au sud de la ville d'Adrar, la région de Reggane fait partie intégrante du Sahara algérien.

Cette région est une portion de désert, où le temps semble s'arrêter pour toujours, sous l'empire d'un climat infernal, d'un panorama, d'une simplicité éblouissante, mais surtout d'une force surnaturelle. En dehors des deux misérables palmiers à Aïn Chebbi et à Hassi Taïbine, rien ne pousse sur ce territoire, rien ne bouge, hormis le vent qui façonne le reste des reliefs et remodèle perpétuellement les dunes de sables.

### I-3-Contexte géologique

#### I-3-1- Contexte géologique regional

Les formations sédimentaires néoprotérozoïques et paléozoïques des bassins occidentaux du Sahara algérien (Béchar, Tindouf, Reggane et Hank) sont fréquemment injectées de dolérites sous forme de dykes et de sills. Deux petites coulées basaltiques existent également dans la région de Béchar (Fig.2).

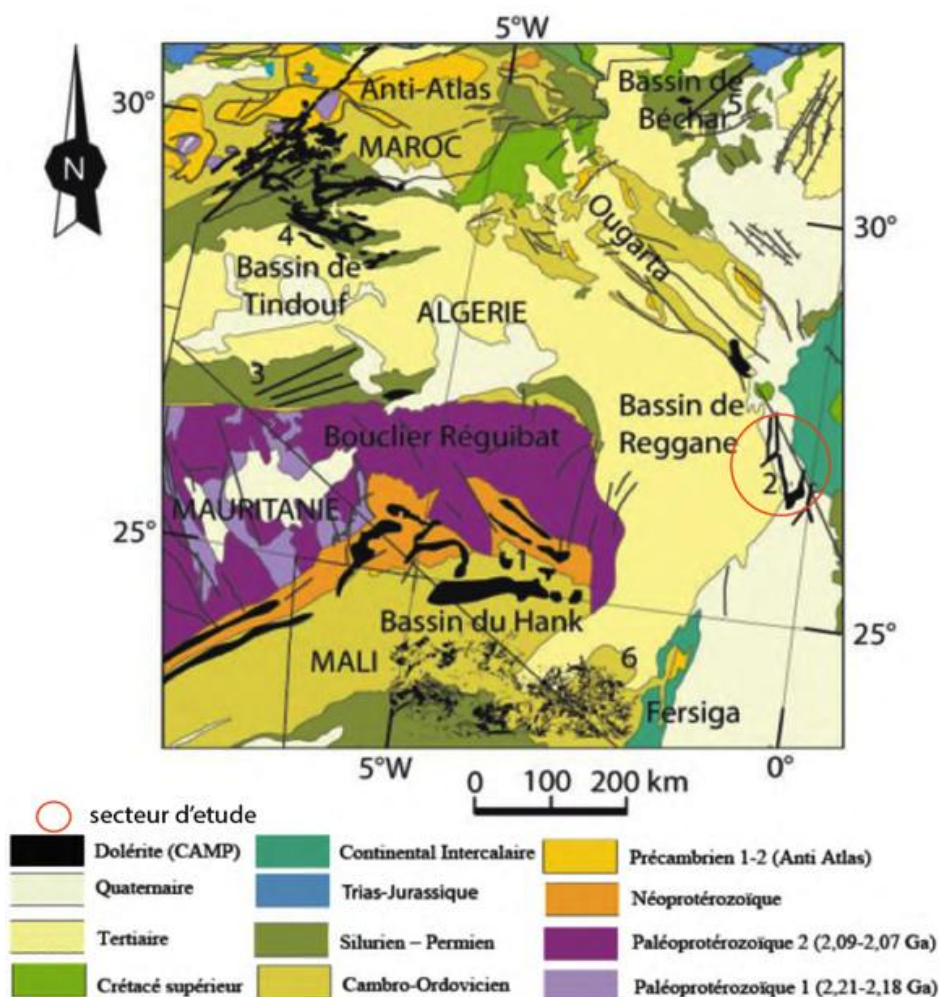


Figure 2: Carte géologique du sud-ouest algérien (d'après la carte géologique de l'Afrique au 1/10.000.000, BRGM 2004).

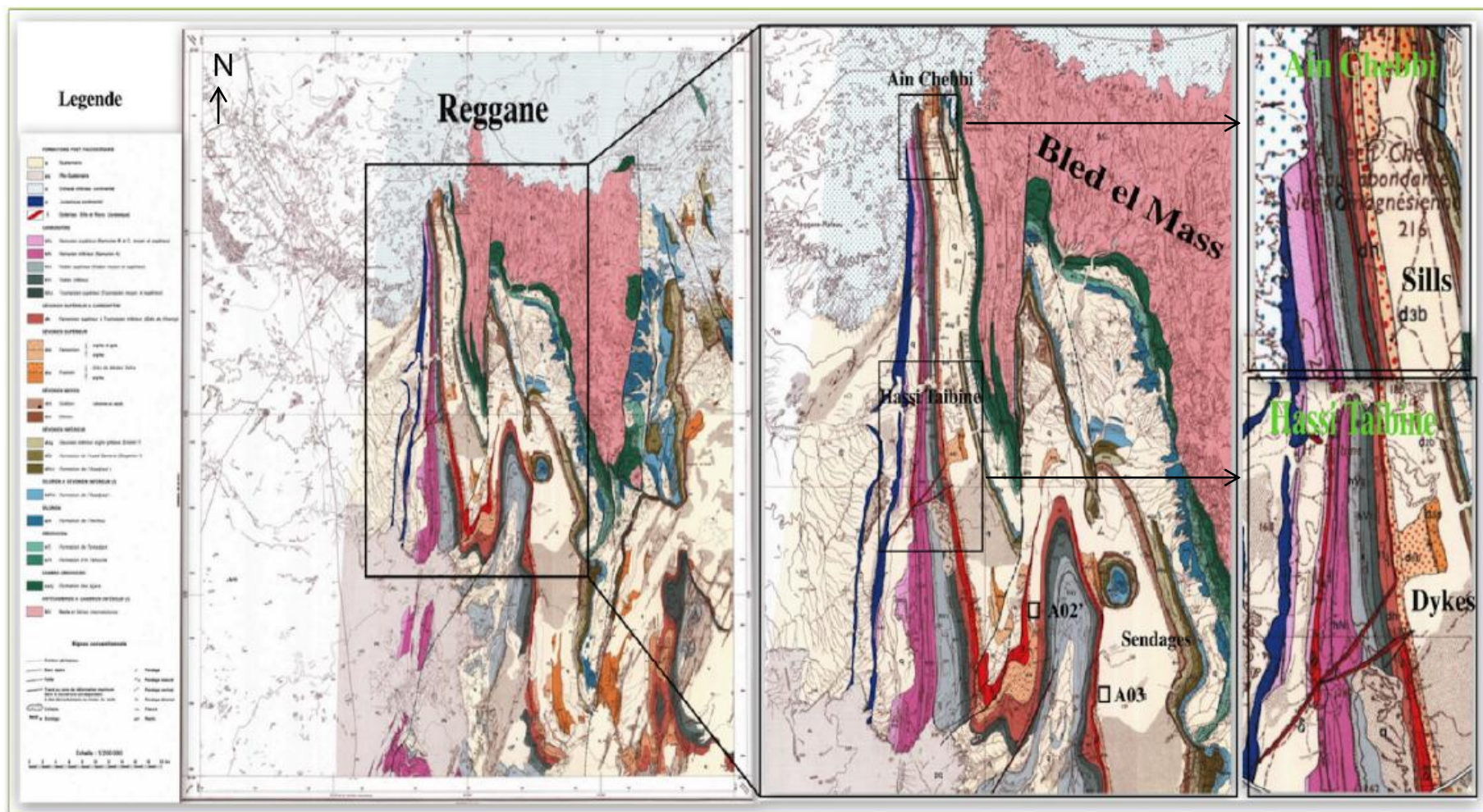


Figure 3: Carte géologique de Reggane Sonatrach 1972, modifié

Les dykes se présentent, dans une grande partie de la région étudiée, sous forme de longs dykes verticaux, orientés NE– SW, qui recoupent toute la série paléozoïque. Le dyke le plus connu est celui de Ksi-Ksou, qui recoupe les formations permo-carbonifères de la région de Béchar et dont la longueur totale dépasserait 800 km, selon les données aéromagnétiques. Au sud-est du Hank, dans la région de Fersiga, les dykes se présentent sous forme de réseaux très denses, recoupant les formations cambro-ordoviciennes.

Les sills, dont l'épaisseur varie de 10 à 100 m, affleurent sur les flancs nord et sud du bassin de Tindouf, sur la bordure orientale du bassin de Reggane et dans le Hank. En sub-surface, tous les sondages réalisés dans les bassins de Tindouf et de Reggane ont rencontré des dolérites à des profondeurs allant de 100 à 3920 m. Dans ces deux bassins, les sills sont interstratifiés, principalement dans le Dévonien supérieur et le Carbonifère inférieur, alors que ceux du Hank sont localisés dans les formations néoprotérozoïques et cambriennes. Enfin, certains sondages pétroliers réalisés dans le flanc sud du bassin de Tindouf ont également recoupé des dolérites au-dessus du socle.

### **I-3-2-Organisation lithostratigraphique des terrains**

Aux limites du secteur Bled El Mass (Reggane), les terrains concernés sont reportés sur la carte géologique (Fig. 3). La colonne stratigraphique synthétique du Sahara, sud-ouest septentrional, indique que la majeure partie de la sédimentation est représentée par le Paléozoïque allant de l'Infracambrien jusqu'au Tertiaire. Ces dépôts reposent en discordance sur un socle d'âge Précambrien, qui peut être similaire à celui des massifs plutoniques (granites) et métamorphiques (schistes et gneiss) des Eglab. Cette couverture paléozoïque atteint 5000 mètres dans les zones axiales, témoin de l'importante subsidence durant cette époque.

De bas vers le haut, on connaît (Fig.4):

#### **➤ L'infracambrien**

Il est connu aussi sous le nom de la série pourprée ou de l'unité **I** selon les pétroliers. Il est représenté par des dépôts volcano-sédimentaires plus ou moins métamorphisés et est divisé en quatre facies (Caby et Moussine Pouchkine, 1992 *in* Fabre, 2005) :

- Le premier facies est représenté par des pélites rubanées à lamination parallèle avec quelques lits à ciment calcitique.

- Le deuxième faciès correspond à une alternance de pélites et de grès à lamination parallèle, avec des figures de base et des rides.
- Le troisième est formé par des grès grossiers et des conglomérats à galets de quartz et de quartzites.
- Le quatrième est constitué par des conglomérats à galets de taille centimétrique de granite, pegmatite, gneiss, basalte, quartzites et quartz.

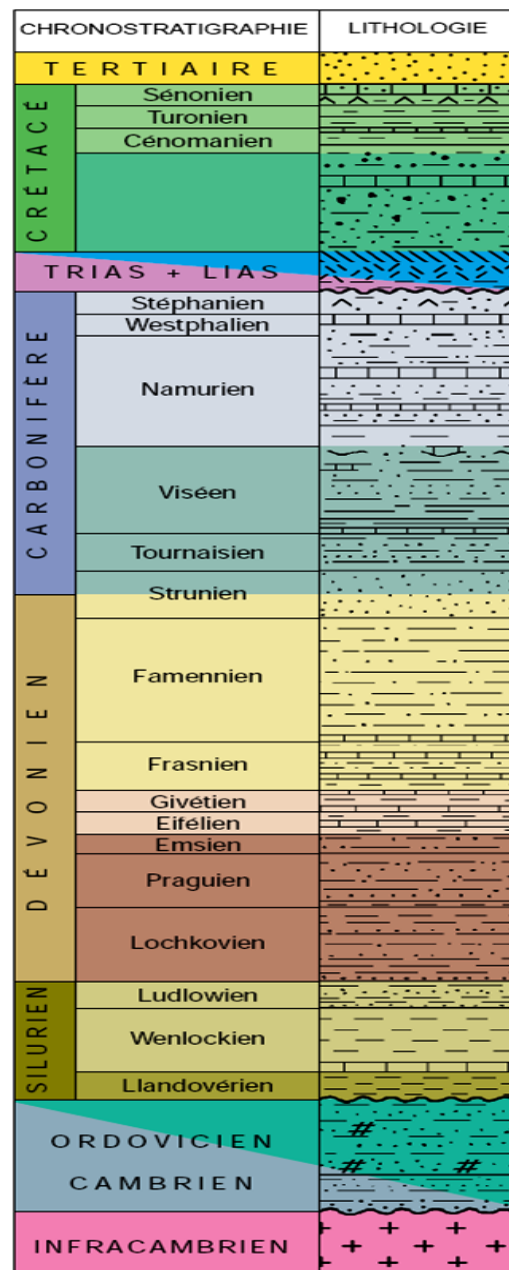


Figure 4: Colonne stratigraphique synthétique du Sahara Sud-ouest Septentrional (in Ben Karroum, 2010).

### ➤ **Le Paléozoïque**

Il est bien développé et constitue des crêtes qui circonscrivent l'Infracambrien vers l'Ouest. Ces affleurements constituent aussi le bord oriental du bassin de Reggane. Le Paléozoïque repose en discordance sur l'Infracambrien au moins localement. D'après les données sismiques, ces terrains et ceux de l'Infracambrien reposent sur un socle d'âge Précambrien qui peut être similaire à celui des massifs des Eglab. La couverture paléozoïque est représentée par des sédiments détritiques. Elle présente les caractères de dépôts de plateforme ou d'aire cratonique (Fabre, 1988).

### ➤ **Le Cambrien**

Il correspond en gros aux grès de Hassi Leïla, il s'agit de l'**unité II** des pétroliers qui correspond aux dépôts d'un système fluvial en tresse, le milieu est tantôt continental tantôt marin peu profond.

### ➤ **L'Ordovicien**

Il est représenté par un ensemble inférieur matérialisé par des dépôts transgressifs et localement discordant sur les grès du Cambrien. Il comprend les unités **III1**, **III2**, **III3** et **IV**. Cette dernière repose en discordance de ravinement sur les diverses formations sous-jacentes. Les trois premières unités sont caractéristiques d'un milieu marin peu profond à profond et la dernière représente des dépôts glaciaires et glacio-marins, bien étudiée dans les monts de l'Ougarta (Mekkaoui, 2015).

### ➤ **Le Silurien**

Faisant suite au dépôt de la formation glaciaire de la fin de l'Ordovicien, la dérive vers le Nord du continent a provoqué la fonte de la calotte glaciaire du Sahara central. Une transgression glacio-eustatique majeure a commencé. Un environnement marin franc s'est installé et a permis le dépôt d'une épaisse série argileuse dépassant les 800 mètres au centre du bassin de Reggane. Cette série argileuse, ou formation de l'Oued Ali comporte un niveau d'argiles hautement radioactives déposées sous des conditions anoxiques et pouvant atteindre 70 à 80m d'épaisseur. L'argile qui constitue cette période est grise à noire, pyriteuse à graptolites avec parfois la présence de bancs de calcaires et d'intervalles de grès. Selon Berry et Boecot (in Fabre, 1988), les argiles à graptolites sahariennes se sont déposées dans des eaux peu profondes.

### ➤ **Le Dévonien**

Il est formé par des argiles, des grés et des calcaires. L'épaisseur totale peut atteindre les 800 mètres.

### ➤ **Le Carbonifère**

Le carbonifère inférieur est représenté par :

- La formation de Grés de Khénig du Tournaisien inférieur qui est constitué par des grés fluviatiles chenalisés à laminations obliques avec des pistes et des terriers;

- La formation de Grés de Tibaradine d'âge Tournaisien supérieur, qui est formé par des grés à miches calcaires lumachelliques à brachiopodes.

- La formation des argiles de Tirechoumine du Viséen inférieur avec une partie du Viséen supérieur, limitée à la base par une dalle calcaire à Génitalités et à conodontes (Dalle de Iridet), formée par des faciès de bassin à céphalopodes et brachiopodes. Elle se termine avec la formation de grés de Garet Dehd matérialisée par des grés fluviatiles deltaïques à végétaux et à lamination oblique.

- La formation des calcaires de Djebel Berga d'âge Serpukhovien est constituée de calcaires à coraux et à brachiopodes à la limite inférieure et calcaires micritiques, dolomitiques à dessiccation au sommet. Puis vient la formation de gypses d'Hassi Taibine correspondant à une série d'argiles gypseuses avec des passées carbonatées.

Le Carbonifère moyen correspond à la formation d'Azzel Matti (dépôts lacustres à ostracodes) et la formation rouge d'Ain Chebbi constituée par des grés fluviatiles grossiers à lamination oblique avec quelques passés marines.

Enfin le Carbonifère supérieur (Namurien) est constitué par des argiles gris foncées, silteuses, micacées, fossilifères et pyriteuses. Elles contiennent des passées de grés fins, gris clairs et blancs, silteux et silico-argileux et des calcaires et évaporites.

### ➤ **Le Crétacé**

Les terrains mésozoïques reposent en discordance angulaire sur les terrains primaires, ils sont représentés par le continental intercalaire crétacé inférieur. Ce dernier est matérialisé par des argiles gréseuses, des grés à débris de reptiles et d'Arucariacées et grés quartzitiques.



### ➤ Le Néogène et le Quaternaire

Peu épais, il correspond à des sables argileux consolidés et à des calcaires lacustres. Le Quaternaire est représenté par des dépôts des regs, des sebkhas et des dunes de sables.

#### I-3-3- Le magmatisme mésozoïque

Dans le bassin de Reggane des roches intrusives composées de dolérites sont souvent rencontrées. Elles sont répandues essentiellement dans le Dévonien supérieur et le Carbonifère. Des mesures géochronologiques effectuées sur le sill de Ain Chebbi ont donné un âge de 166 Ma ce qui correspond au Jurassique moyen (Conrad, 1972). Récemment en 1994, d'autres datations ont été effectuées par le Laboratoire de Simon Petroleum Technology (Royaume Uni) sur des échantillons de la région de Reggane (Ain Chebbi et Dj. El Ahmar) et ont donné un âge allant du 164 à 202 Ma c'est-à-dire (Jurassique moyen à Jurassique inférieur). Leur mise en place sous forme de sills et de dykes est à mettre en relation avec l'ouverture de l'Atlantique Nord (Fabre 1976 ; Khennous, 1997).

Les coulées de basaltes continentaux (en anglais continental flood basalts ou CFB) sont d'immenses accumulations de coulées de laves majoritairement basaltiques sur la croûte continentale. Généralement associées à des essaims de dykes et à des sills, elles couvrent sur les continents de vastes surfaces (parfois plus de  $2 \times 10^6 \text{ km}^2$ ) et forment avec leurs équivalents océaniques (plateaux océaniques) les Grandes Provinces Ignées (en anglais Large Igneous Province ou LIP). Les provinces basaltiques continentales sont caractérisées par la composition chimique relativement uniforme de leurs laves qui sont essentiellement tholéitiques, d'où le terme de provinces tholéitiques continentales souvent utilisé dans la littérature pour les désigner.

De plus, elles sont souvent en relation avec la fragmentation des continents et la création des domaines océaniques. Une importante activité magmatique a accompagné la fragmentation initiale de la Pangée aboutissant à l'ouverture de l'Atlantique Central au début du Jurassique. Cette activité est à l'origine de la plus vaste province magmatique continentale, couvrant plus de 7 millions de  $\text{km}^2$ , connue sous le nom de province magmatique de l'Atlantique Central (Nomade et al., 2007). Suite à la dislocation continentale et à l'ouverture de l'Océan

Atlantique, les témoins de la CAMP sont aujourd'hui dispersés sur quatre continents: Amérique du Nord, Amérique du Sud, Afrique et Europe.

#### **- En affleurement**

Les roches éruptives affleurent en surface sur le flanc oriental redressé du bassin de Reggane (Région de Bled el Mass à l'est, et dans le Touat au nord-est). Elles se présentent sous forme de sills et de dykes (Fig. 3):

➤ Dans le Touat, à 85 km au Nord-Ouest de Reggane, deux sills de dolérite, l'un interstratifié dans les couches du Famennien, et le second dans le Namurien, sont reliés par un dyke, qui recoupe le Dévonien et le Viséen jusqu'au Namurien;

➤ Un autre système de sills et de dykes doléritiques affleure à quelques kilomètres à l'Est et au Sud-Est de Reggane. Ce système comprend (Fig. 3 et 4): (i) le sill d'Aïn Chebbi, de direction nord-sud, qui se suit sur une dizaine de kilomètre et s'interstratifie dans le Tournaisien; (ii) les dykes de Hassi Taïbine qui recoupent toute la série paléozoïque jusqu'au Namurien continental. Il s'agit principalement de deux dykes orientés NE-SO, qui se rejoignent au sud-ouest dans le Namurien inférieur. Le premier dyke, orienté N50, recoupe un sill de direction N-S interstratifié dans le Namurien supérieur. A l'est, ce dyke semble alimenter un second sill de direction N-S interstratifié dans le Famennien. Le second dyke, de direction N70, communiqué avec un sill de direction N-S, dont l'extension et l'épaisseur semblent être considérable. Ce sill s'interstratifie dans les formations du Famennien et du Tournaisien, en épousant la forme plissée des roches encaissantes, et se suit sur plus de 100 km au sud. La photo satellitaire (Fig. 5A) montre bien la présence des dykes affleurant à Hassi Taïbine.

#### **- En sondage**

Presque tous les sondages effectués dans le bassin de Reggane ont traversé des dolérites gisant sous forme de dykes ou de sills (Fig.3 et 5B). Les cartes sismiques ont montré que ces dolérites sont présentes en subsurface sur l'ensemble du bassin. La dimension des sills peut dépasser 100 m d'épaisseur et 200 kilomètres de longueur. Ces sills doléritiques sont surtout répandues dans le Dévonien supérieur (Famennien) et à moindre degré dans le Carbonifère (Tournaisien, Viséen et Namurien).

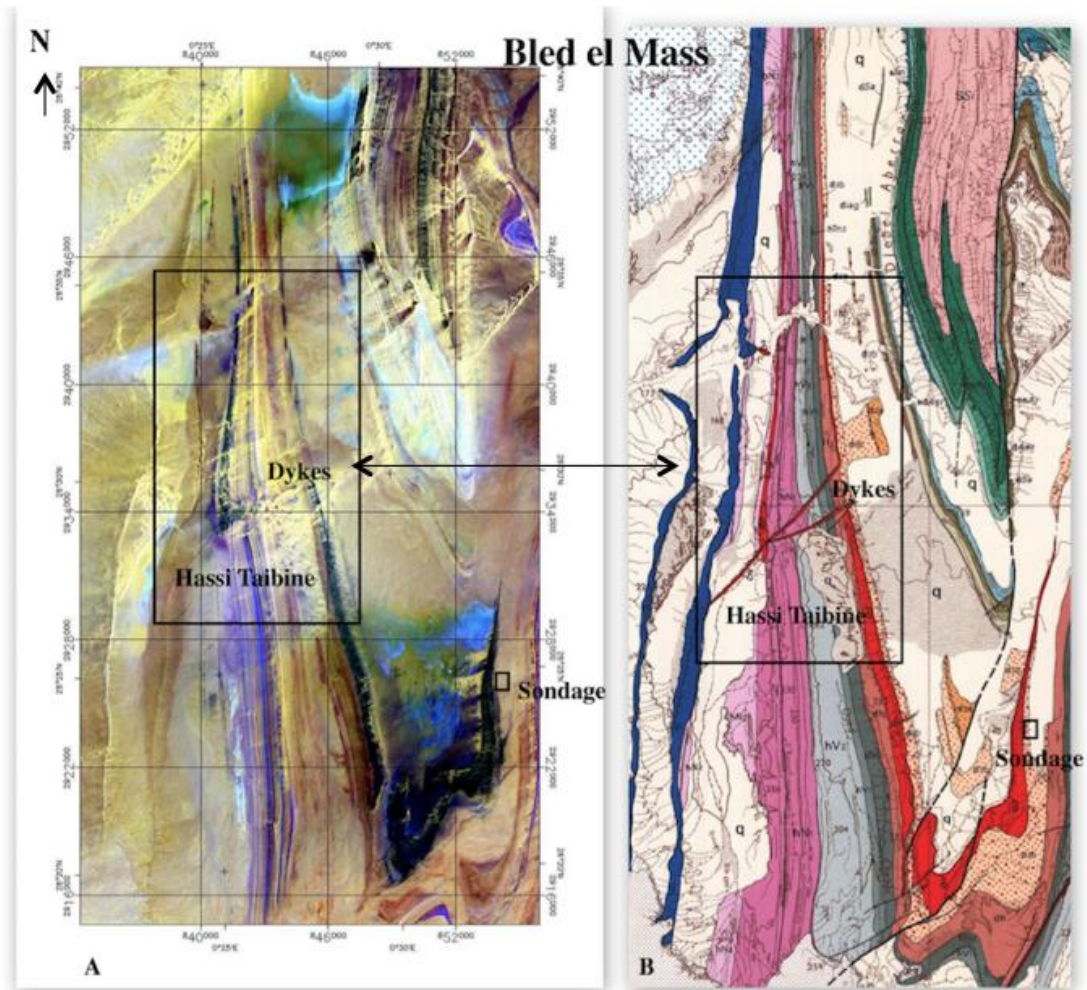


Figure 5: **A**-Photo prise par le satellite LANDSAT (2017) de la région du Blad El Mass montrant les dyke doléritiques à Hassi Taibine et la localisation des deux forages. **B**- Carte géologique de Blad El Mass, extrait de Sonatrach (1972).

#### I-4-Historique des travaux

Les travaux géologiques réalisés dans cette région sont d'inégale importance par leur durée et leur objectif.

##### I-4-1- Travaux de reconnaissances régionales

La première période est celle des parcours, basée sur la description de la recherche systématique. Cette phase commença dès la moitié du 19<sup>ème</sup> siècle par les longs périples à travers le Sahara, comme celui de Rholf, le voyageur allemand, qui décrit son itinéraire du Tafilalet, Igli, Saoura jusqu'à Touat puis le Tidikelt.

Ces voyages se sont ensuite transformés en missions géologiques officielles, comme celles de Barth, Overweg, Duveyrier, les missions « Latter » et de Fourreau Lamy. Puis, les pionniers de la géologie algérienne tels Flamand (1896 à 1911), Menchikoff (1928 à 1957), Meyendorff (1938, 1942), Follot (1950,1953) et Lelubre (1952) prennent le relai.

#### **I-4-2- Travaux de l'exploration pétrolière**

Cette deuxième période correspond à l'exploration pétrolière afin d'établir la stratification et la détermination des réservoirs des hydrocarbures au sein de la plateforme saharienne. Ces travaux consistaient en une étude orientée vers les roches mères et réservoirs, ainsi que leurs propriétés pétrophysiques.

Remack-Petitot (1960) a travaillé sur le Gothlandien (Silurien) du bassin de Reggane. Il a déterminé les conodontes du Viséen-Namurien de la coupe " de Hassi Taibine et El Ahmar ". Dans la même année, Bonnet et *al.* étudient le Carbonifère post Tassilien du bassin de Reggane, qui avait fait l'objet d'études élaborées par Gevin (1960) jusqu'à l'Erg Chech.

En 1962, Legrand et Nabos étudient le Cambro-Ordovicien des bassins du Sahara occidental. Puis en 1964, la compagnie pétrolière entame des recherches d'exploitations sur le Cambro-Ordovicien.

Chanton (1963,1964) décrit la microfaune du Viséen supérieur (Chebbi, Tazoult, Touat) et signale la présence d'algues dans la coupe d'El Ahmar.

L'analyse micropaléontologie du Carbonifère a connu un grand essor avec les travaux de Lys (1964) et ce grâce à l'étude des matériaux récoltés par Conard dans trois coupes (Azzel Matti, Hassi Taibine et El Ahmar). La limite siluro-dévonienne et la stratigraphie plus ou moins détaillée du Dévonien ont été établies par Legrand (1967). Le même auteur, dans la même année réalisait une étude paléontologique du Paléozoïque inférieur et donnait la biozonation des graptolites.

D'autres travaux de synthèse (élaboration d'une étude litostratigraphique détaillée de la région, étude de l'extension des corps gréseux, considérés comme des bons réservoirs d'hydrocarbures, étude structurale de la région et les possibilités de repérer des piègeages du pétrole) du Cambro-Ordovicien, du Siluro-Dévonien et du Carbonifère ont été établis par les géologues de la SONATRACH-BEICEIP en 1972.

### **I-4-3-Travaux de la prospection minière**

Les travaux de prospection minière ont été réalisés par l'ex EREM, puis par l'ORGM. Le choix de cette région n'est pas aléatoire, c'est à partir de la toponymie " Bled El Mass" qui signifie région de diamants et aux trouvailles de diamants faites dans le Hoggar.

Dans le cadre de travaux de recherche systématique, l'EREM entreprend, entre 1973 et 1976, des campagnes de prospections de diamants. Ils avaient pour objectif d'approfondir l'étude de la région d'In Hihaou et d'examiner la limite entre le craton Ouest africain et le Hoggar.

Deux diamants ont été récoltés dans les dépôts du continental intercalaire, l'un à Reggane, l'autre à Adrar, accompagnés de nombreux minéraux satellites.

Ces résultats jugés positifs ont conduit à l'engagement de lourds moyens de prospection (prospection et évaluation, travaux de forage, géophysique au sol, recherche des kimberlites).

Au final, les prospections dans la région de Reggane – Bled El Mass- ont permis la récolte de 845 diamants dont 784 pour le seul placer du djebel Aberraz (EREM, inédit).

Sur le plan académique, les géologues de l'ORGM ont levé des cartes géologiques, gravimétriques et magnétiques, tout en réservant une attention particulière aux cartes paléogéographiques afin d'expliquer les recyclages des grains de diamants dans les réservoirs d'âge primaire, secondaire et tertiaire.

### **I-4-4- Travaux universitaires**

Ces travaux ont tous bénéficié du soutien de la SONATRACH et dans la majorité, ils traitent des détails stratigraphiques :

En 1971, Beuf, Biju-Duval Rogonon et Bennacef étudient les grés du Paléozoïque inférieur au Sahara.

En 1972, Mamet identifie la microfaune et la microflore des couches du passage du Viséen supérieur et du Serpukhovien. La même année, Conrad établit une datation sur le sill d'Ain Chebbi à 166 Ma.

En 1974, Basseto, Bensalah, Moussine-Pouchkine et Philippe établissaient des cartes géologiques de Reggane, d'Ahnet et de Mouydir.

Fabre (1976) réalisa une synthèse sur le Sahara Algérien intitulé " Introduction à la géologie de Sahara occidental et central ".

Lys (1979 et 1986) réalisa une analyse micropaléontologique du Carbonifère.

Conrad (1984) a travaillé sur les séries carbonifères du Sahara Algérien.

Brahim (1994) a effectué une étude stratigraphique des dépôts paléozoïques du bassin de Reggane.

En 1985, Legrand étudie la paléoécologie des brachiopodes du Carbonifère.

Caby (1987) étudie le Précambrien de Bled El-Mass.

Fabre (1988) étudie les séries paléozoïques d'Afrique.

En 1994, Nédjari fait une synthèse des travaux sur les événements tardi-hercyniens de l'Ouest du Maghreb (Algérie, Maroc).

Haddoum (1997) décrit la tectogenèse hercynienne de l'Ahnet et de Bled El Mass.

Dans le cadre de son Magister, Seddiki (1997) mène une étude pétrologique et géochimique sur les dolérites de Boukaïs, dans la région de Béchar.

Sebbar (1998) présente un inventaire détaillé des foraminifères benthiques et des algues calcaires du Carbonifère. Deux années plus tard, dans le cadre de sa thèse de doctorat, elle étudie les microfossiles et la relation avec leurs microfaciès carbonifères dans le bassin de Reggane, de Bechar et de Tindouf.

Polonio et al. (2005) réalisent des analyses stratigraphiques du Dévonien inférieur du bassin de Reggane. Une année plus tard, Wendt et al. (2006) mettent en évidence l'évolution sédimentologique du Dévonien moyen et supérieur de l'Ahnet et Mouydir.

En 2006, les chercheurs Smith et al., étudient la relation importante entre l'Hercynien et la phase tectonique post- jurassique dans la plate- forme saharienne, leurs études portaient sur les successibilités magnétiques des sills du bassin de Reggane (les sills du Jurassique).

Chabou et al. (2007) présentent des âges de 197 et 195 Ma pour des sills de Reggane et montrent leur concordance avec ceux de la province magmatique de l'Atlantique central (CAMP).

Meddah et al. (2007) montrent la présence de la province magmatique de l'Atlantique central à partir des dolérites du bassin des Ksour.

Khaldi et El Moumen (2008), dans le cadre de leur mémoire d'ingénieur ont établi une étude lithostratigraphique et environnementale du Dévonien inférieur du secteur d'Ain Echikh dans le bassin de Reggane.

Brahim (2010), dans le cadre de son mémoire d'ingénieur contributione à l'étude pétrographique et minéralogique des dolérites de Hassi Taïbine dans la région de Reggane.

Meddah (2010), dans le cadre de la thèse de doctorat montre la présence de la province magmatique de l'Atlantique central (CAMP) dans le bassin des Ksour.

Enfin Mekkaoui (2015), dans le cadre de sa thèse de doctorat, étudie le magmatisme basique de l'axe Damrane-Kahal Tabelbala dans les Monts de l'Ougarta dans lequel il décrit la présence de LPT tholéiites qui pourraient concorder avec celles de la province magmatique de l'Atlantique central (CAMP).

### **I-5- Les objectifs de l'étude**

Cette étude se fixe plusieurs objectifs qui s'articulent principalement autour de :

- Une présentation générale des caractères lithostratigraphiques et structuraux de la région de Reggane à partir, en grande partie des données de terrain de Mekkaoui;

- Une détermination des textures et des minéraux constitutifs des faciès du réseau filonien (dykes, sills) en affleurement (Hassi Taibine et Ain Chebbi) et en sondage dans Reggane, sur la base de l'étude microscopique de lames minces;

- Une analyse des compositions chimiques des phases minérales de la paragenèse primaire des dolérites de Reggane, avec une comparaison de celles constituant le complexe de Zérigat<sup>1</sup> (SW Algérien). Cette étude minéralogique aboutira à une approche des conditions de cristallisation de ces roches ;

- Enfin, une étude géochimique, géochronologique et isotopique du magmatisme filonien de Reggane, avec une comparaison avec celui de Zérigat.

---

<sup>1</sup> Le massif volcanique de Zérigat se situe au nord d'Abadla, dressé sur la rive gauche de l'oued Guir et représenté par des coulées et des dykes traversant les terrains marneux du Carbonifère supérieur et recouverts par des formations tertiaires





## II-Les caractéristiques pétrologiques des dolérites de Reggane

### II-1-Aspect macroscopique et microscopique

Il est nécessaire de rappeler et de compléter la pétrographie et la minéralogie des faciès doléritiques de Reggane menées par Brahim (2010) dans le cadre de son mémoire d'ingénieur.

Dans la région de Reggane à Bled El Mass, plus précisément à Hassi Taïbine et Aïn Chebbi, les terrains infracambriens plissés et fracturés sont surmontés de terrains dévoniens et carbonifères. Ces derniers, également plissés et fracturés, sont injectés de sills et de dykes doléritiques.

Notre étude pétrographique a également porté sur des échantillons provenant de sill, d'aspect doléritique, récoltés grâce à des sondages réalisés dans cette même région.

Les données inédites de terrain de Mekkaoui ont montré deux types de gisement :

- Des dykes ayant une direction variant de N 030° à N 050°, leur puissance est métrique (1 à 5 m) et leur extension est kilométrique (jusqu'à 10 km). Ils se distinguent très facilement par leur couleur gris verdâtre à rougeâtre et leur mode d'affleurement le long de deux crêtes (Fig.3). Ils s'altèrent très généralement en boules et blocs anguleux formant des éboulis. Ces dykes ne recoupent pas les formations mésozoïques et le complexe de l'Infracambrien. Leurs bordures sont localement indurées et schistosées sur une épaisseur qui varie de quelques centimètres à plusieurs décimètres reflétant probablement des rejeux sénestres en cisaillements ultérieurement à leur mise en place.

- Des sills, dits aussi filons couchés, montrent des extensions spectaculaires, ils peuvent atteindre plusieurs dizaines de km. Par endroit, l'épaisseur du sill peut atteindre jusqu'à 10 m. Ils sont encaissés dans les argiles dévoniennes et carbonifères. A l'instar des dykes, les sills provoquent un effet thermique sur l'encaissant. L'altération en boules ou en pelures d'oignon est très commune pour ces roches.

Les contacts entre ces dolérites et l'encaissant sont francs. Les filons utilisent généralement des systèmes de fracturation synchrones, mais peuvent aussi suivre des systèmes préexistants réactivés.

Dans les dykes les plus épais (supérieurs à 2m), des variations texturales importantes peuvent être observées : un faciès fin en bordure passant à un faciès de teinte verdâtre plus grossier au cœur.

Quant aux échantillons pris dans les sondages (A2' et A3), ils proviennent également de sills.

Les travaux de terrain sont d'une extrême importance en géologie, mais le monde de la microscopie des roches magmatiques occupe une place prépondérante dans l'étude pétrographique. La détermination des espèces minérales présentes dans la roche ainsi que la texture, permettent de remonter aux modalités de mise en place des magmas à origine de ces roches.

Les lames minces, mises à notre disposition, nous ont permis donc de reprendre l'étude microscopique qui a confirmé une texture hypovolcanique doléritique. Elle révèle une texture intergranulaire, subophitique qui se caractérise par l'agencement des lattes de plagioclases, laissant des espaces interstitiels comblés essentiellement par des clinopyroxènes. La présence de certains pyroxènes englobant entièrement ou partiellement des baguettes de plagioclases traduit alors ce caractère subophitique (**Photos 1 et 2**).

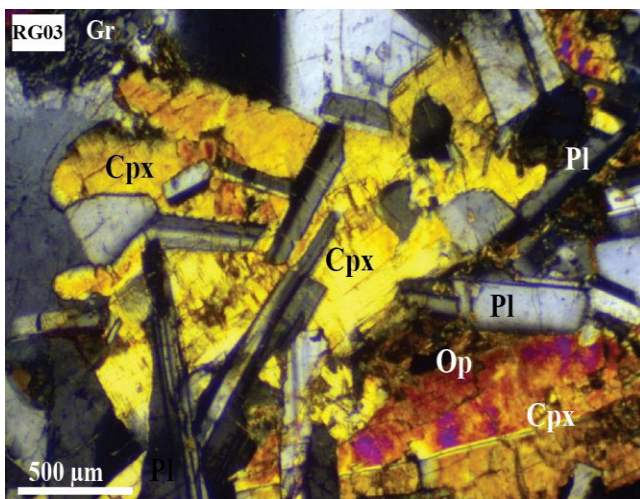


Photo 1-LPA

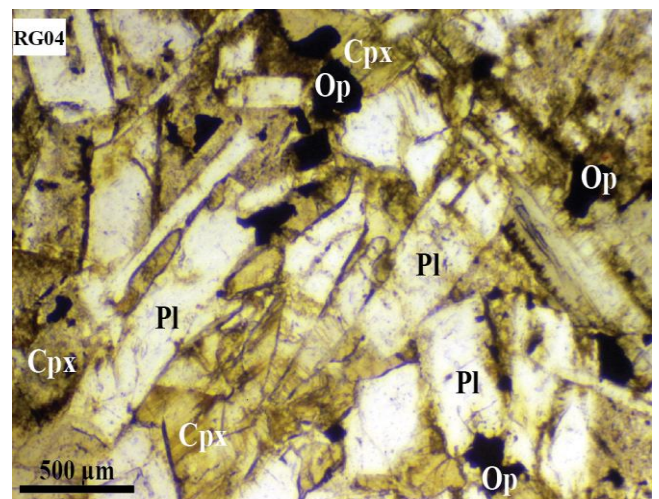


Photo 2-LN

Echantillons en affleurement

Les roches, échantillonnées à partir des affleurements, montrent une paragenèse primaire comprenant essentiellement du plagioclase, du clinopyroxène et des oxydes ferrotitanés. Des plages interstitielles granophyriques (ou micropegmatitiques) peuvent être également observées.

**Pl** : Plagioclase, **Cpx** : clinopyroxène, **Op** : opaque, **Gr** : granophyre

**Le plagioclase**, la phase minérale la plus dominante, se présente sous forme de lattes de taille variable, automorphes à subautomorphes, parfois imbriquées, à macles polysynthétiques ; la macle de Carlsbad est également présente. La photo 1, très pédagogique, montre de nombreuses lattes de plagioclase en inclusions dans une grande section de Cpx ; ce qui confirme la postériorité de ce dernier.

**Le clinopyroxène** est un minéral abondant et pouvant atteindre jusqu'à 30 à 40%. Les cristaux forment des prismes allongés ou trappus à contours parfois irréguliers. Parfois, ils présentent la macle  $h^1$  (Photo 1) ainsi que la macle en sablier.

**Les minéraux opaques**, suffisamment abondants se présentent le plus souvent en petites sections regroupées (Photo 2). Dans les échantillons des sondages, ils sont en grandes lamelles dépassant parfois le millimètre et se surimposant aux cristaux de plagioclase (Photo 3).

**Le quartz**, rare, se développe soit d'une manière interstitielle (habitus xénomorphe), soit en association granophyrique (micropegmatitique), c'est-à-dire il y a syn-cristallisation avec le **feldspath potassique** (Photo 1).

Il est à constater que les échantillons récoltés dans les sondages ( A2' et A3) montrent les mêmes textures et la même paragenèse minérale que les échantillons pris dans les affleurements. Ils présentent juste une légère variation texturale entre le cœur à gros cristaux (A2' : photo 3) et la bordure à cristaux légèrement plus fins (A3 : photo 4).

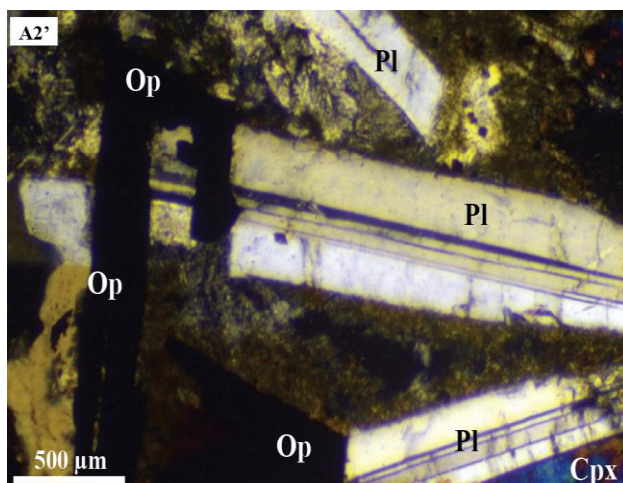


Photo 3-LPA

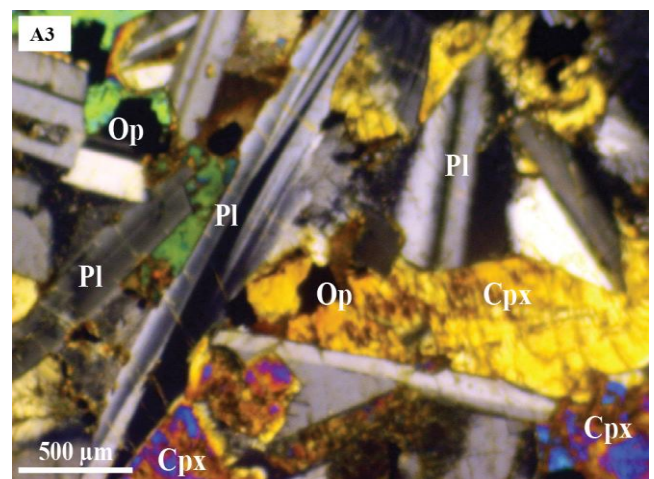


Photo 4-LPA

Echantillons en sondage

La séquence de cristallisation des minéraux est déterminée à partir de l'agencement des différentes phases minérales. Les textures intergranulaire à subophitique permettent de proposer que le plagioclase, phase la plus précoce, constitue la charpente. Il délimite des espaces qui sont occupés par le clinopyroxène et aurait tendance à parfois l'englober (Photo 1). Viennent après les oxydes ferro-titanés surimposant les deux premières phases minérales. Le quartz et le feldspath potassique clôturent cette séquence de cristallisation en formant une association granophyrique.

## II-2-Aspect minéralogique et estimations des conditions de cristallisation

Nous avons repris les analyses des phases minérales les plus représentatives, réalisées par Mme N. Remaci à la microsonde électronique de l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand.

Quelques diagrammes minéralogiques ont été réalisés. A titre comparatif, ont été également reportées des analyses des minéraux de la région de Zérigat <sup>1</sup>.

L'étude chimique des phases minérales principales (plagioclase, clinopyroxène et opaques) montre :

- Un plagioclase dont une zonation normale est détectée : de type labrador ( $An_{65.59}$ ) au cœur à andésine ( $An_{53.39}$ ) en bordure (Tableau 1, Fig.6).
- Deux types de pyroxènes ont été distingués : présence d'augite (riche en CaO) dont les pourcentages sont de ( $En_{37.92} Fs_{24.73} Wo_{37.34}$ ) à ( $En_{45.14} Fs_{14.39} Wo_{40.48}$ ) et de pigeonite (pauvre en CaO) dont les pourcentages sont de ( $En_{53.51} Fs_{35.38} Wo_{10.61}$ ) à ( $En_{64.38} Fs_{28.58} Wo_{7.04}$ ) (Tableau 2, Fig. 7).
- Des oxydes ferro-titanés de composition de titanomagnétites au sens large, avec des teneurs élevées en fer total et celles de titane moins élevées. Ces concentrations les situent sur la droite Magnétite-Ulvospinelle (Tableau 3, Fig.8).

La composition des minéraux des faciès de Zérigat (Fig.6 et 7) est pratiquement semblable à celle de Reggane, avec juste quelques petites différences : un plagioclase légèrement plus basique atteignant la bytownite, un seul pyroxène de type augite.

<sup>1</sup>Le massif volcanique de Zérigat se situe au nord d'Abadla, dressé sur la rive gauche de l'oued Guir et représenté par des coulées et des dykes traversant les terrains marneux du Carbonifère supérieur et recouverts par des formations tertiaires.

<b>Echantillon</b>	<b>RG 03</b>					
<b>N° Analyse</b>	1c	5b	6c	9b	10c	11c
<b>SiO<sub>2</sub></b>	52,01	55,45	52,88	58,07	53,41	53,06
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	29,97	27,81	28,79	25,99	28,82	28,94
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,08	0,00	0,09	0,06	0,04	0,05
<b>FeO</b>	0,93	0,85	0,94	0,59	0,94	1,01
<b>MnO</b>	0,00	0,00	0,03	0,06	0,00	0,05
<b>MgO</b>	0,10	0,07	0,13	0,02	0,05	0,11
<b>CaO</b>	13,37	10,91	12,36	8,12	12,02	12,24
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3,81	5,25	4,37	6,62	4,58	4,38
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,16	0,32	0,22	0,55	0,18	0,17
<b>Total</b>	100,44	100,65	99,81	100,06	100,04	100,01
<b>Si</b>	2,36	2,49	2,41	2,61	2,43	2,41
<b>Al</b>	1,60	1,47	1,55	1,38	1,54	1,55
<b>Fe</b>	0,04	0,03	0,04	0,02	0,04	0,04
<b>Ca</b>	0,65	0,53	0,60	0,39	0,58	0,60
<b>Na</b>	0,34	0,46	0,39	0,58	0,40	0,39
<b>K</b>	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01
<b>%An</b>	<b>65,36</b>	<b>52,50</b>	<b>60,20</b>	<b>39,15</b>	<b>58,54</b>	<b>60,09</b>
<b>%Ab</b>	<b>33,71</b>	<b>45,67</b>	<b>38,52</b>	<b>57,72</b>	<b>40,39</b>	<b>38,90</b>
<b>%Or</b>	<b>0,93</b>	<b>1,83</b>	<b>1,28</b>	<b>3,13</b>	<b>1,07</b>	<b>1,01</b>

Tableau 1- Compositions chimiques et formules structurales des plagioclases des dolérites de Reggane.

Echantillon	RG 03							
N° Analyse	2b	14	17	18	24	15	13	22
SiO <sub>2</sub>	50,87	51,36	50,99	50,30	50,80	52,45	53,74	53,40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,66	1,40	1,57	2,51	1,87	1,09	0,95	2,21
TiO <sub>2</sub>	0,69	0,62	0,57	0,64	0,72	0,34	0,24	0,17
FeO	17,42	18,79	16,14	13,99	15,02	22,34	17,82	16,77
MnO	0,49	0,45	0,41	0,33	0,34	0,40	0,45	0,38
MgO	13,60	12,78	13,36	14,32	13,20	19,02	23,11	22,31
CaO	14,96	15,27	16,38	16,45	18,09	5,25	3,52	5,17
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
Na <sub>2</sub> O	0,19	0,21	0,21	0,17	0,23	0,05	0,04	0,08
K <sub>2</sub> O	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00
Total	99,89	100,87	99,67	98,75	100,30	100,94	99,87	100,59
Si	1,94	1,95	1,94	1,92	1,92	1,96	1,98	1,95
Al <sup>III</sup>	0,07	0,06	0,07	0,11	0,08	0,05	0,04	0,09
Al <sup>IV</sup>	0,06	0,05	0,06	0,08	0,08	0,04	0,02	0,05
Al <sup>VI</sup>	0,01	0,01	0,01	0,03	0,00	0,01	0,02	0,04
Ti	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00
Fe <sup>+2</sup>	0,53	0,58	0,49	0,41	0,42	0,68	0,55	0,51
Fe <sup>+3</sup>	0,02	0,02	0,03	0,03	0,06	0,02	0,00	0,00
Mn	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg	0,77	0,72	0,76	0,81	0,74	1,06	1,27	1,21
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,61	0,62	0,67	0,67	0,73	0,21	0,14	0,20
Na	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg#(Mg/Mg+Fe)	0,58	0,55	0,60	0,75	0,61	0,62	0,70	0,70
%En	39,52	36,99	38,81	41,89	37,92	53,51	64,38	62,58
%Fs	29,21	31,25	26,98	23,50	24,73	35,88	28,58	26,98
%Wo	31,26	31,76	34,21	34,61	37,34	10,61	7,04	10,43

Tableau 2 - Compositions chimiques et formules structurales des pyroxènes des dolérites de Reggane.

<b>N°Ech</b>	<b>RG 03</b>		
<b>N°Anal.</b>	7	8	26
<b>SiO<sub>2</sub></b>	2,65	0,08	0,05
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	2,86	1,08	0,48
<b>TiO<sub>2</sub></b>	13,97	19,27	32,92
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	31 ,64	30,16	2,63
<b>FeO</b>	46,80	48,32	59,99
<b>MnO</b>	0,34	0,44	0,49
<b>MgO</b>	0,22	0,22	0,18
<b>CaO</b>	0,03	0,02	0,03
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,04	0	
<b>Total</b>	95,41	96,57	96,5
<b>Si</b>	0,79	0,02	0,02
<b>Al<sup>t</sup></b>	1,01	0,38	0,17
<b>Ti</b>	3,14	4,37	7,59
<b>Cr</b>	0,01	0,00	0,00
<b>Fe<sup>3+</sup></b>	7.12	6.84	0.61
<b>Mg</b>	0,10	0,10	0,08
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	11,71	12,17	15,39
<b>Mn</b>	0,09	0,11	0,13
<b>Ca</b>	0,01	0,01	0,01

Tableau 3 – Compositions chimiques et les formules structurales des opaques des Dolérites de Reggane.

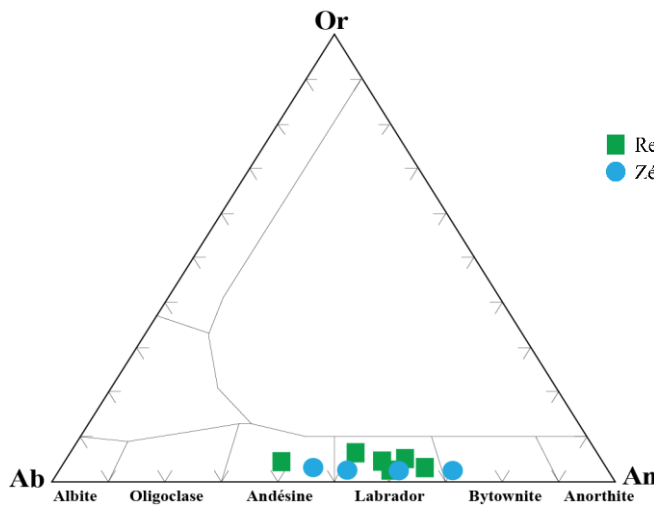


Fig.6 : Diagramme Ab-An-Or.

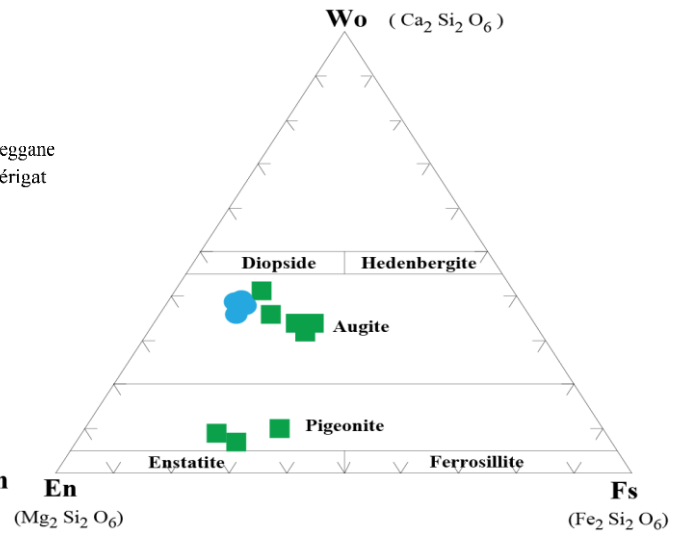


Fig. 7: Diagramme de Morimoto (1988).

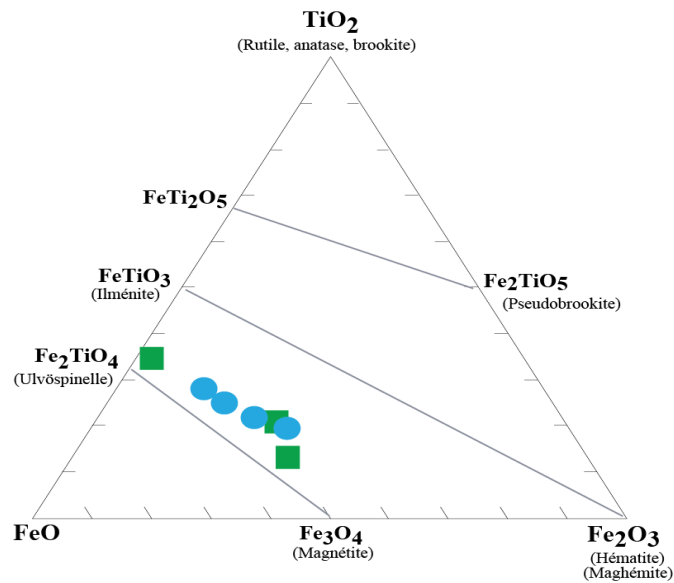


Fig. 8: Diagramme de Deer et al. , 1992.

Nous savons que l'étude chimique du pyroxène est importante dans la mesure où, même en relique, il peut préserver la signature géochimique du magma originel (Nisbet et Pearce, 1977 ; Leterrier et al., 1982).



Le clinopyroxène des dolérites de Reggane montre des teneurs élevées en  $\text{SiO}_2$  et pauvres en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Tableau 2), traduisant un caractère sursaturé en silice et tholéiitique du magma (Kushiro, 1960 ; Lebas 1962) (Fig.9). Les diagrammes de Leterrier et al. (1982) traduisent également un contexte non orogénique et tholéiitique (Fig. 10 A et B). De plus, la coexistence de deux types de pyroxène (augite et pigeonite) et la cristallisation tardive des opaques confirme clairement le caractère tholéiitique de ces roches filoniennes.

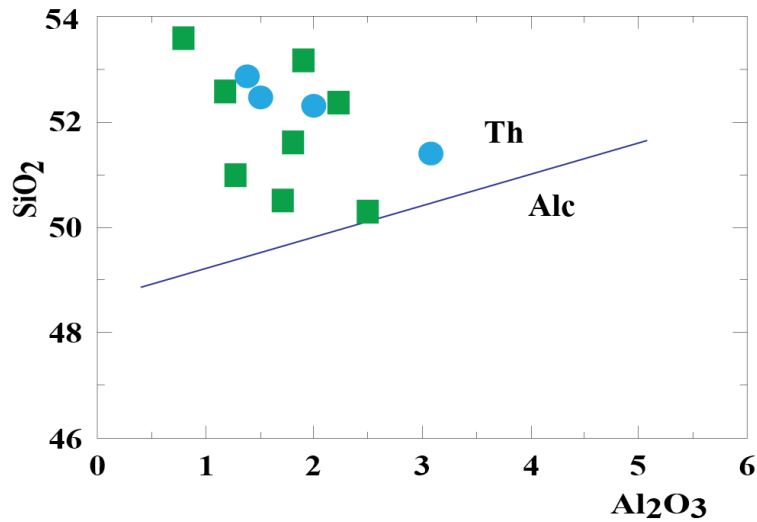


Fig. 9 : Position des clinopyroxènes des dolérites de Reggane dans le diagramme  $\text{SiO}_2$  vs  $\text{Al}_2\text{O}_3$  de Lebas (1962). Sont également reportés les Cpx des faciès de Zérigat

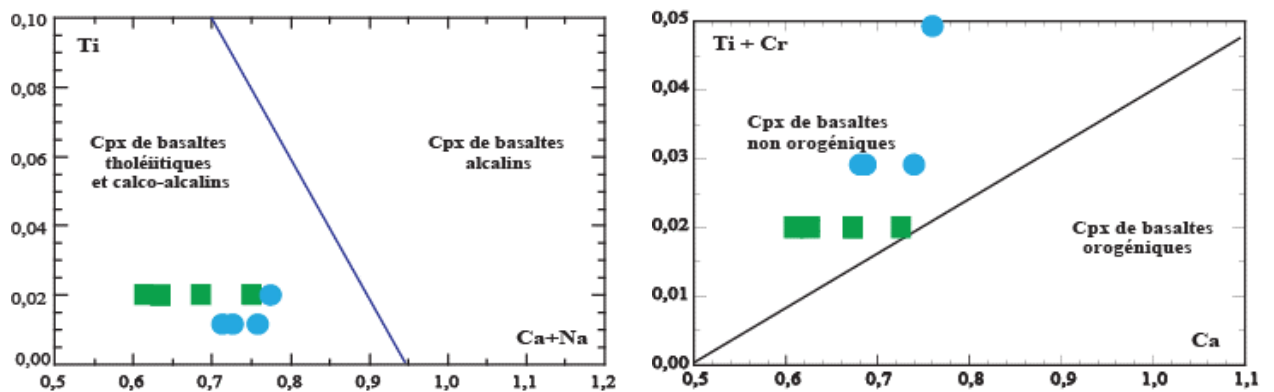


Fig. 10: **A** (gauche) et **B** (droite): Position du clinopyroxène (Cpx) des dolérites de Reggane et Zérigat dans les diagrammes de Leterrier et al. (1982). Sont également reportés les Cpx des faciès de Zérigat.

Tout comme les faciès de Zérigat, le magmatisme de Reggane présente les mêmes caractéristiques géochimiques et géodynamiques.

De plus, la composition chimique du Cpx permet d'appréhender les conditions thermodynamiques de cristallisation de ces roches filoniennes :

- Les teneurs élevées en SiO<sub>2</sub> et pauvres en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de ce minéral traduisent un caractère sursaturé en silice du magma à l'origine de ces dolérites ;
- Les faibles teneurs en Al<sup>IV</sup> et Ti du Cpx semblent traduire un magma relativement riche en eau et des températures modérées (Green, 1972 ; Heltz, 1973).
- Les rapports Al<sup>IV</sup>/Al<sup>VI</sup> > 1 supposent des pressions inférieures à 10 kb (Green, 1972), donc une profondeur du magma ne dépassant pas les 35 km.

### III-1- Introduction

La géochimie utilise les principes de la chimie pour expliquer les mécanismes qui règlent le fonctionnement et l'histoire des grands systèmes géologiques tels que le manteau, la croûte, l'océan ou l'atmosphère.

A l'aide des traceurs naturels, elle permet de caractériser les grands réservoirs chimiques de la terre, de détecter d'éventuelles anomalies et de suivre les transferts des éléments dans les processus pétrogénétiques.

Les analyses chimiques de roches totales mises à notre disposition par Mekkaoui sont inédites et vont être dépouillées pour la première fois par ce travail.

Ces analyses des éléments majeurs et traces vont nous permettre d'établir une classification, une caractérisation géochimique, proposer un contexte géodynamique et éventuellement une source dans la genèse du magma à l'origine de ces dolérites.

Toutes les données analytiques (éléments majeurs, traces et compositions normatives) sont consignées dans les tableaux 4, 5 et 6. Sont également reportées deux analyses sur Reggane de Chabou et al. (2010) ainsi que deux analyses de la région de Zérigat pour comparaison.

Les dolérites de Reggane montrent des pertes au feu faibles, comprises entre 0.78 et 1.04% reflétant bien l'état de fraîcheur de ces roches.

### III-2- Classification et caractérisation géochimique

Les roches filoniennes de Reggane ont une composition basique à intermédiaire ( $52.33 < \text{SiO}_2 < 53.55$ ). Placées dans le diagramme de classification proposé par Cox et al. (1979), elles se répartissent entre les champs des basaltes et des andésito-basaltes (Fig.11).

Dans ce même diagramme, est reportée la courbe de Miyashiro (1978) séparant les séries alcalines des séries subalcalines. Les roches étudiées confirment leur affinité subalcaline distinguée déjà en minéralogie.

Par ailleurs, la projection des analyses dans le diagramme Nb/Y versus Zr/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de Winchester et Floyd (1977) montre que ces roches ont un caractère tholéiitique (Fig. 12).

Il est à noter que la position des roches de Zérigat (Fig. 11 et 12) rejoint celle des faciès de Reggane.

	RG 01	RG 02	RG 03	RG 04	S37a*	Rg2*	Zr 03**	Zr 06**
SiO <sub>2</sub>	53.42	53.13	53.13	53.55	53.4	52.33	53.36	50.75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.63	13.91	13.77	13.59	14.52	13.69	14.53	13.51
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.39	11.76	12.41	12.59	10.93	9.63	10.56	10.56
MnO	0.19	0.17	0.17	0.2	0.17	0.17	0.11	0.13
MgO	5.46	6.07	5.56	5.76	6.6	5.95	5.1	7.73
CaO	9.69	8.87	9.33	9.24	9.99	9.11	8.6	10.07
Na <sub>2</sub> O	2.39	2.79	2.48	2.35	2.51	2.8	2.45	2.04
K <sub>2</sub> O	0.84	0.84	1.11	0.9	0.84	1.02	1.28	0.97
TiO <sub>2</sub>	1.29	1.3	1.29	1.32	1.06	1.32	1.61	1.37
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.16	0.15	0.15	0.15	0.12	0.15	0.2	0.17
PF	0.92	1.04	0.78	0.83	1.16	0.71	1.7	1.45
Total	99.46	98.99	99.4	99.65	100.14	96.17	97.8	97.3
Mg#	48	52	48	49	56	57	50	61
Y	28.6	26.3	28.5	28.2	24	27	27.1	24.8
Th					0.85	1.12		
U					0.2	0.27		
Ta					0.71	0.56		
Sr	192	191	227	191.2	191	192	268.1	235.8
Rb	28.1	25.6	29.8	28.8	25	26	34.7	31.4
Zr	118.3	120.2	114.2	119	98	118	158.2	129.9
Hf					2.24	3.28		
Nb	7.2	7.6	7.2	7.8	5.5	7.5	13.6	11.2
Ga	18.5	17.9	18.9	18.8			20.1	18.5
Pb	9.3	6.5	7.9	8.2			7.3	3.9
Cu	137.9	133.3	158.8	143.3	116	150	66.4	76.4
Ni	45.4	48	43.8	44.9	57	45	51.8	106.5
Co	43.2	41.6	42.9	41.9	38	40	32.2	44.7
Cr	22.9	32.6	23.1	21.3	55	28	189.1	372.3
V	304	300	265.8	301.6	267	297	246.8	243.4
Ba	214.3	189.9	225.3	258.2	196	171	285.8	259.6
Sc	36.2	34.7	30	31.5	37	34	36.5	31.5

Tableau 4: Compositions chimiques des éléments majeurs et en traces des roches de Reggane (\* analyses sur Reggane de Chabou et al., 2010 ; \*\* analyses sur Zérigat).

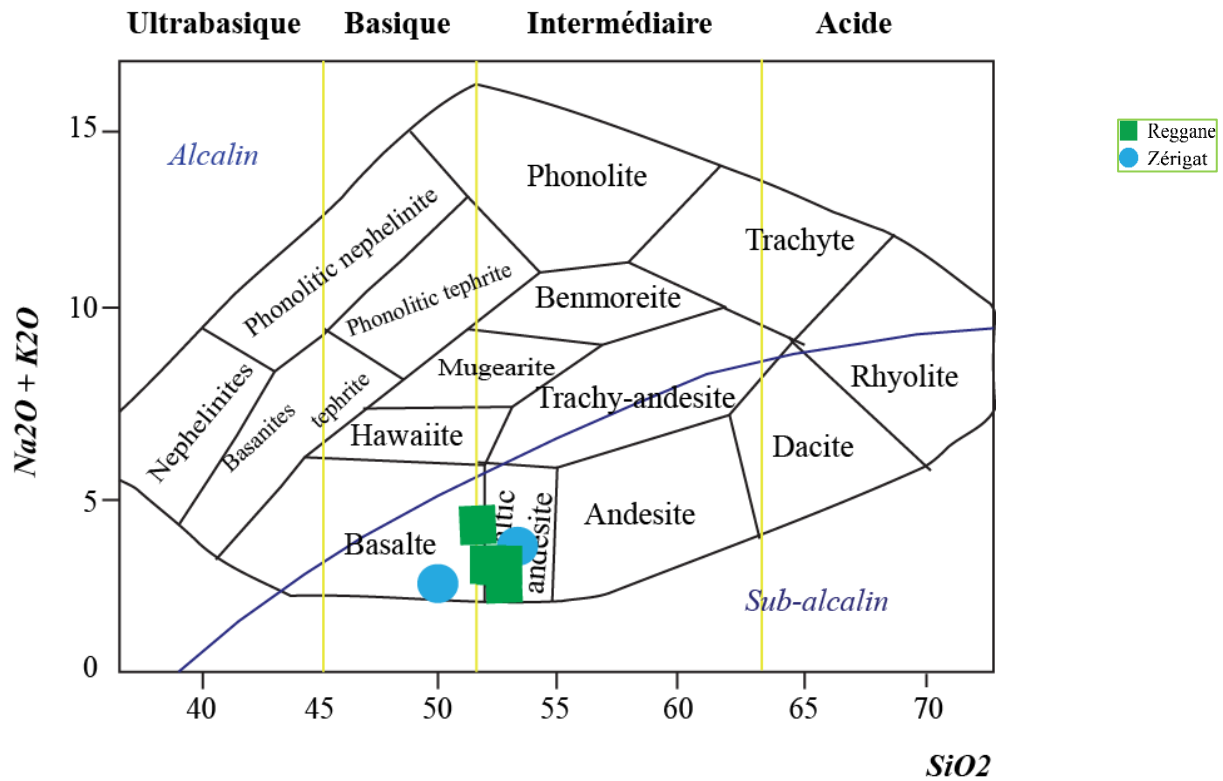


Figure 11: Position des roches dans le diagramme de nomenclature de Cox et al. (1979). Le trend (bleu), défini par Miyashiro (1978), sépare le domaine alcalin du domaine subalcalin.

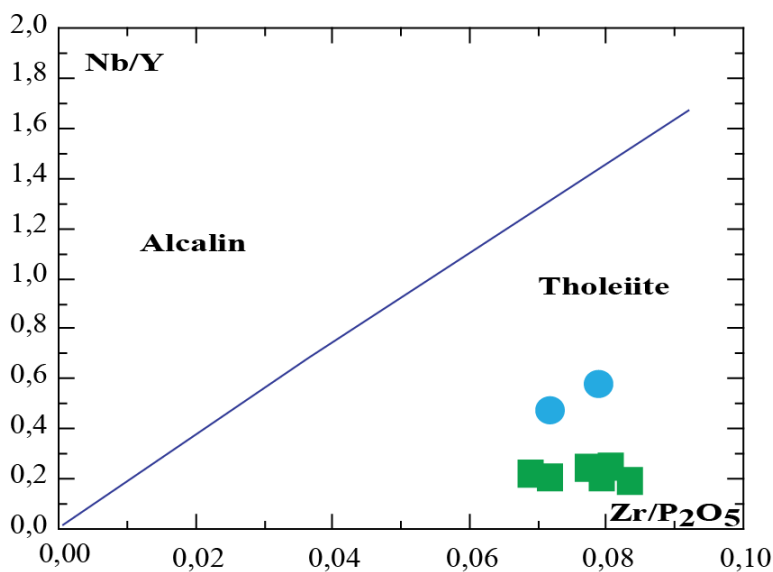


Figure 12: Diagramme Nb/Y versus  $Zr/P_2O_5$  de Winchester et Floyd (1977)

Le calcul de la norme CIPW (Tableau 5) montre la sursaturation en SiO<sub>2</sub> des roches hypovolcaniques de Reggane. Les résultats se traduisent par la présence de:

- Quartz normatif compris entre 3.75 et 6.38%,
- Hypersthène normatif avec des pourcentages assez importants, atteignant les 21%,
- Diopside normatif entre 16.96 et 19.55%.

Dans le diagramme de Thompson (1984) (Fig. 13), ces analyses normatives sont regroupées dans le triangle (Di-Q-Hy). Les roches étudiées ont donc des compositions de tholéiites à quartz, tout comme celles de Zérigat. Elles se seraient formées à partir d'un magma sursaturé en silice.

	RG01	RG02	RG04	RG03	S37a*	Rg2*	ZR03**	ZR06**
Q	6.32	4.28	6.38	4.86	4.29	3.75	7.32	2.38
Or	5.05	5.07	5.4	6.68	6.33	5.01	7.82	5.95
Ab	20.53	24.07	20.15	21.32	24.83	21.39	21.38	17.89
An	24.34	23.39	24.19	23.52	22.81	26.05	25.63	25.74
Di	19.55	16.96	17.74	18.79	19.38	19.05	14.19	20.41
Hy	18.88	20.98	20.73	19.52	17.39	20.27	17.92	22.37
Ol	0	0	0	0	0	0	0	0
Mt	2.49	2.37	2.52	2.49	1.99	2.17	2.15	2.16
He	0	0	0	0	0	0	0	0
Il	2.49	2.52	2.55	2.49	2.63	2.03	3.16	2.7
Ap	0.36	0.36	0.33	0.33	0.34	0.26	0.45	0.39
Total	100.01	100	99.99	100	99.99	99.98	100.02	99.99

Tableau 5: Composition normatives des roches de Reggane et de Zérigat

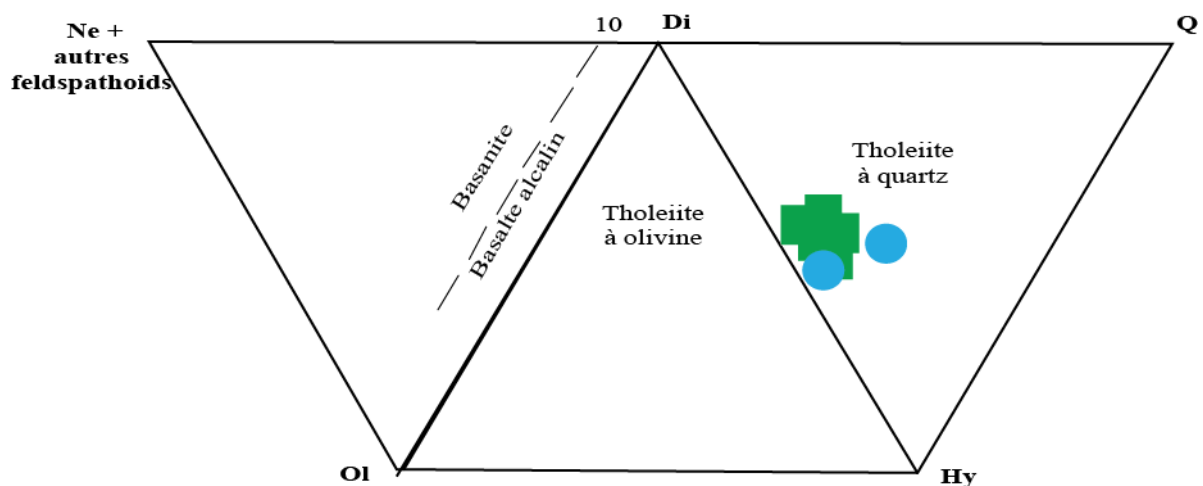


Figure 13: Position des roches dans le diagramme normatif de Thompson (1984).

### III-3- Comportement des éléments majeurs et traces

Les roches filoniennes de Reggane, dont la paragenèse primaire est dominée par le plagioclase, le clinopyroxène et les opaques, sont de composition basique à intermédiaire ( $\text{SiO}_2$  compris entre 52.33 et 53.55%) avec des teneurs faibles à modérées en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (9.63-12.59%),  $\text{TiO}_2$  (1.06-1.32%),  $\text{P}_2\text{O}_5$  (0.12-0.16%), Zr (98-158.2 ppm), Y (24-28.6 ppm) et Nb (5.5-7.8 ppm). Ces caractères géochimiques rappellent les caractéristiques des LPT tholéiites (low  $\text{P}_2\text{O}_5$ - $\text{TiO}_2$  tholéiites) (Cox, 1983; Fodor, 1987 ; Bellieni et al., 1990) tout comme les roches de Zérigat et celles de Kahel Tabelbala (Ougarta) (Azzouz et Ould Slimane, 2013 ; Mekkaoui et Remaci-Bénaouda, 2014 ; Mekkaoui, 2015 ; Nadri et Teggat, 2016).

Les rapports Mg# (48 à 52%) et les teneurs en MgO (5.46-6.6%), Ni (43.8-57ppm) et le Cr (21.3-55ppm) sont également faibles traduisant des caractères de basaltes évolués où le magma parental à l'origine des roches de Reggane a déjà subi une cristallisation fractionnée importante, tout comme celui de Zérigat (Mg# 50 à 61), mais où le fractionnement des minéraux est moins élevé.

Eléments	S37a*	S37a*	Zr 03**	Zr 06**
La	8.75	10.73	21.06	17.28
Ce	19.82	24.3	43.65	34.65
Nd	12	14.95	22.46	19.86
Sm	3.08	3.76	5.76	5.27
Eu	1.01	1.23	1.63	1.45
Gd	4.23	5.02	5.61	5.12
Dy	0.53	0.64	5.2	4.88
Er	0.68	0.81	2.91	2.83
Yb	2.19	2.59	2.91	2.83
Lu	2.02	2.38	2.62	2.32
La/Yb <sub>N</sub>	2.89	3.01	5.34	4.98

Tableau 6: Teneurs en ppm des Terres Rares des roches de Reggane et Zérigat

En ce qui concerne les terres rares, elles sont normalisées aux chondrites de Nakamura (1974) et présentent les spectres suivants (Fig.14) :

- Un enrichissement en terres rares légères (LREE) (~30 fois les chondrites) par rapport aux terres rares lourdes (HREE) (~10 fois les chondrites),
- Une légère anomalie négative en Eu traduisant la cristallisation précoce du plagioclase.

- Un fractionnement très modéré des spectres ( $(La/Yb_N \sim 3)$ ) ; ce qui pourrait traduire, pour les roches de Reggane, une source mantellique à spinelle.

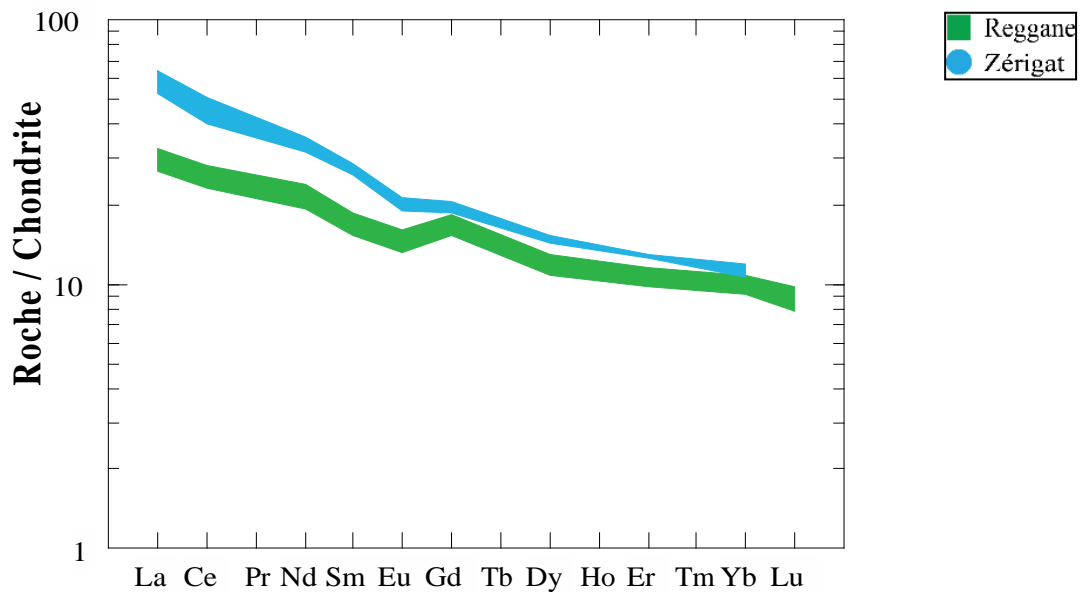


Figure 14: Spectres de terres rares des roches de Reggane (Normalisation par rapport aux chondrites de Nakamura, 1974). Sont également reportés ceux de Zérigat.

Les spectres de terres rares des roches de Zérigat (Fig.14) présentent un certain parallélisme avec ceux de Reggane, la seule différence est que les faciès de Zérigat sont plus enrichis en terres rares légères (LREE) (jusqu'à 64 fois les chondrites).

Les arachnogrammes (ou diagrammes multi-élémentaires) normalisés au manteau primitif de Mc Donough et Sun (1995) (Fig.15) montrent :

- Un enrichissement en LILE (jusqu'à 40 fois le manteau primitif), par rapport aux LREE (10 à 15 fois) et aux HFSE (5 à 8 fois le manteau primitif),
- Une anomalie négative en Nb bien marquée traduisant le rôle joué par la croûte continentale dans la genèse de ces roches,
- De légères anomalies négatives en Sr et Eu qui confirment la cristallisation précoce du plagioclase,
- Une anomalie négative en Ti reflétant le fractionnement des oxydes ferro-titanés,
- Une anomalie positive en P traduisant la précipitation de l'apatite.



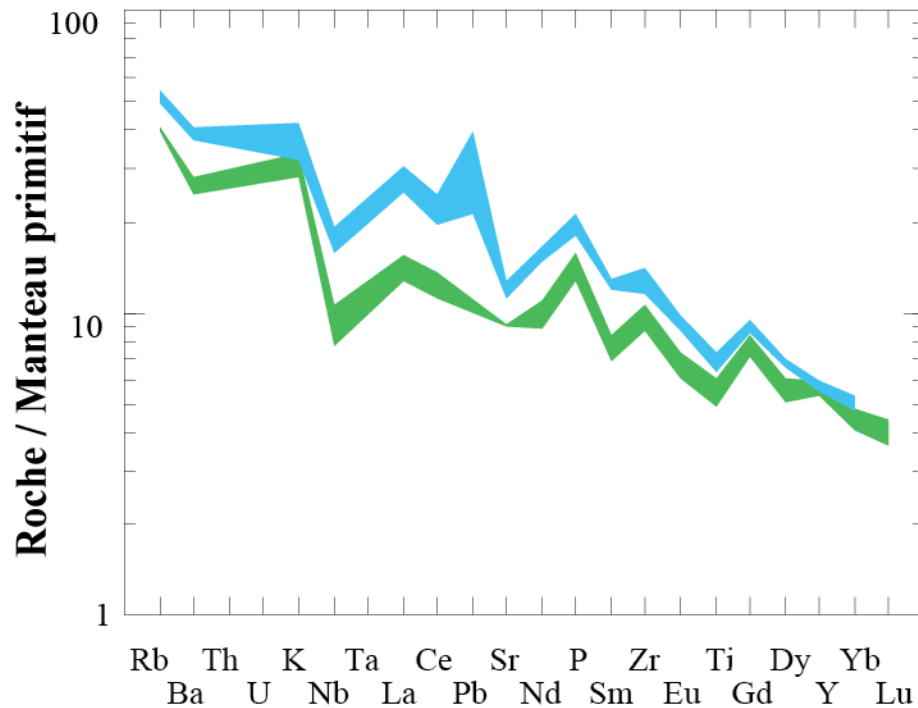


Figure 15: Spectres multi-élémentaires des roches de Reggane et de Zérigat, normalisés au manteau primitif de Mc Donough et Sun (1995).

#### III-4. Le contexte géodynamique

L'étude minéralogique, puis celle des éléments majeurs et traces ont montré que les roches de Reggane présentaient des caractéristiques de tholéiites continentales avec de grandes similitudes avec les LPT tholéiites. L'utilisation de diagrammes géotectoniques permettra de confirmer ce caractère.

Dans le diagramme binaire Zr/Y vs Zr de Pearce et Norry (1979), utilisé pour la discrimination des contextes géodynamiques, les roches étudiées, tout comme celles de Zérigat, s'inscrivent dans le domaine des basaltes intraplaques caractérisés par des valeurs assez élevées du rapport Zr/Y par rapport aux basaltes des autres environnements (Fig. 16).

Dans le diagramme triangulaire de Meschede (1986), les points représentatifs des échantillons analysés se placent dans le champ des basaltes intraplaques et des basaltes des arcs volcaniques (Fig. 17). Etant des tholéiites avec un environnement continental, les

magmas à l'origine des roches de Reggane, ainsi que celles de Zérigat auraient bien pris naissance dans un contexte intraplaque.

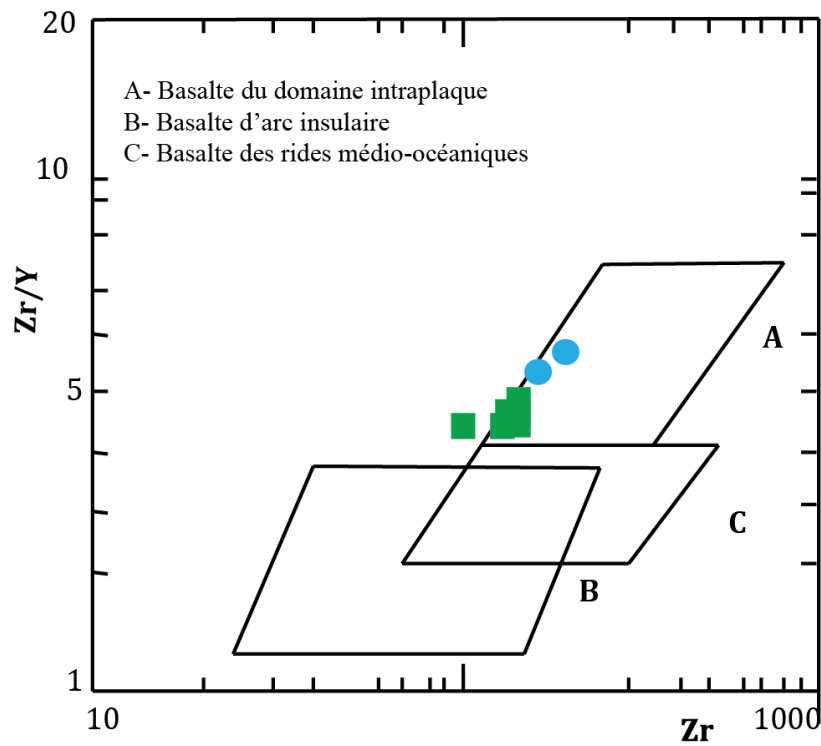


Figure 16: Position des roches de Reggane et de Zérigat dans le diagramme géotectonique Zr/Y versus Zr de Pearce et Norry (1979).

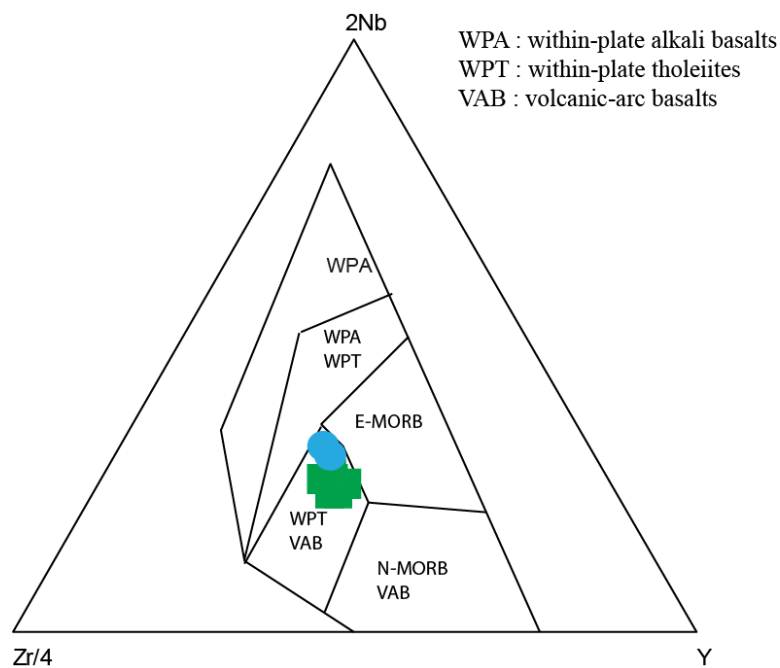


Figure 17: Position des roches de Reggane et de Zérigat dans le diagramme géotectonique 2Nb-Zr/4-Y de Meschede (1986).

### IV-1-Introduction

Ce chapitre nous permet d'aborder l'âge de mise en place du réseau filonien de Reggane et du complexe de Zérigat à partir de données isotopiques  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  consignées dans l'article de Chabou et al. (2007) et celles Rb-Sr présentées dans l'étude de Nadri et Teggat (2016). Ces dernières données vont également permettre de discuter de la source mantellique et de la participation de la croûte continentale dans la genèse de ce magmatisme.

### IV-2- Datation $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ des dolérites de Reggane

Les échantillons (Rg1 et S29) ont été analysés sur plagioclase par la méthode  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  Chabou et al., (2007). Les spectres de ces échantillons (Fig.18) fournissent des âges convenables compris entre  $197 \pm 0.6$  Ma et  $195 \pm 1.6$  Ma.

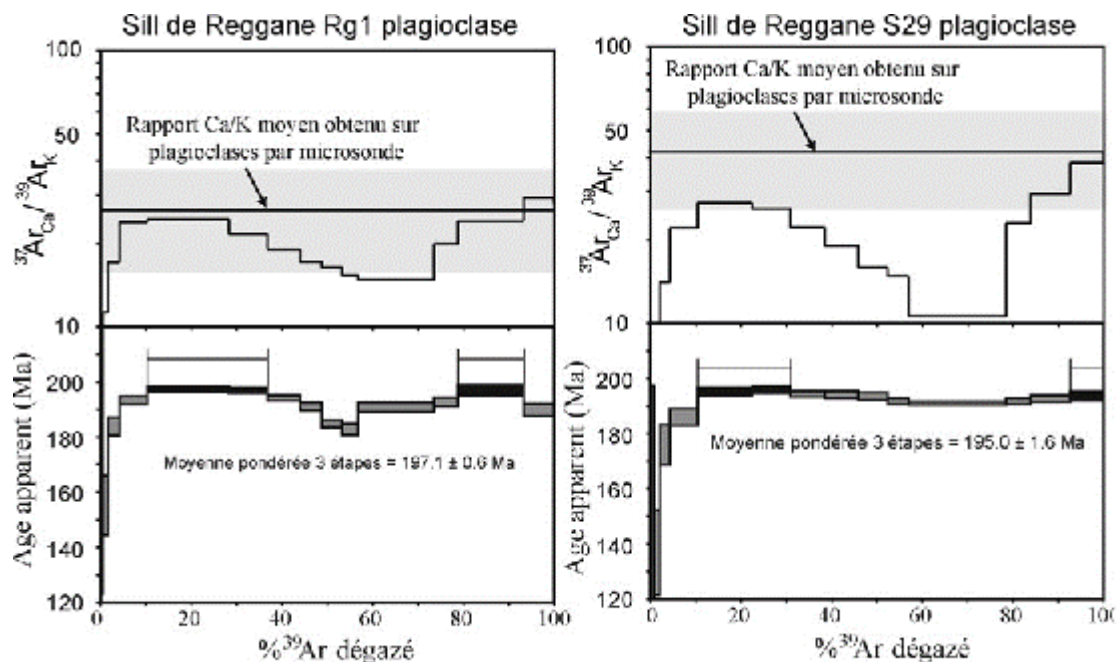


Figure 18 : Spectres d'âges  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  et spectres  $^{37}\text{ArCa}/^{39}\text{ArK}$ , en fonction de  $^{39}\text{Ar}$  libéré, obtenus sur les plagioclases des dolérites de Reggane (Chabou et al., 2007).

### IV-3- Datation $^{87}\text{Rb}$ - $^{86}\text{Sr}$ des dolérites de Zérigat

Nous utiliserons l'équation générale de base de la radiochronologie  $t = 1/\lambda \ln (1+F-F_0/P)$ , où F et P sont mesurables par spectrométrie de masse, tandis que  $F_0$  est inconnu (Faure (1986). Appliquée au couple Rb-Sr, cette équation s'écrit de la manière suivante :

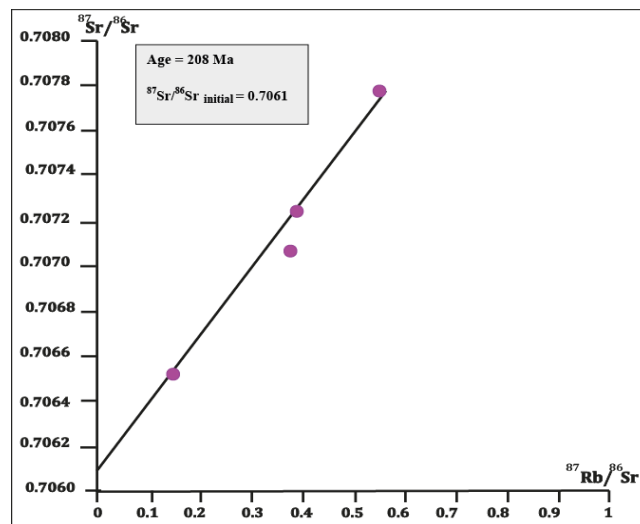
$$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{actuel}} = (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{initial}} + ^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}_{\text{actuel}} (e^{\lambda t} - 1)$$

L'étude effectuée par Nadri et Teggat (2016) sur le complexe de Zérigat est reprise dans ce travail afin de comparer les résultats avec ceux de Reggane. Le tableau ci-dessous montre les données isotopiques de ces roches.

Echantillon	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_m$
ZR03	34,70	268,10	0,37400	0,70707
ZR04	13,10	252,90	0,15000	0,70653
ZR06	31,40	235,80	0,38500	0,70723
ZR10	49,40	267,90	0,53300	0,70778

Tableau 7: Compositions isotopiques Rb-Sr des roches de Zerigat

Dans le diagramme  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  en fonction de  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  (Fig.19), la position des analyses Rb-Sr s'alignent assez convenablement sur l'isochrone et donne un âge de cristallisation de **208 Ma** et un rapport isotopique initial ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) ~ **0.7061**. Cet âge calculé permet de rattacher le complexe de Zérigat à la période Mésozoïque, au moins à la fin du Trias. Il se rapproche bien de l'âge des dolérites de Reggane.

Figure 19: Diagramme isochrone  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  en fonction de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  du complexe de Zérigat (Nadri et Teggat, 2016).

Cette étude isotopique sur les deux régions, choisis dans ce travail, démontre que les sills doléritiques de Reggane, tout comme le complexe de Zérigat ont des âges concordants avec ceux de la CAMP. Leur magmatisme appartient bien à la Province Magmatique de l'Atlantique Central, qui s'est mise en place autour de la limite Trias–Jurassique (200 Ma) (Bertrand, 1991 ; Nomade et al., 2007 ; Chabou et al., 2007 ; Meddah et al., 2007 ; Mekkaoui et Remaci-Bénaouda, 2014 ; Mekkaoui, 2015). Cette province est liée à la fragmentation initiale de la Pangée et à l'ouverture de l'Atlantique Central.

Le réseau filonien de Reggane et le complexe de Zérigat présentent énormément de similitudes d'ordre pétrologique, géochimique, géochronologique et isotopique.

Ne possédant pas d'analyses isotopiques Rb-Sr et Nd-Sm dans le cas de Reggane, il nous a paru judicieux d'utiliser les données de Zérigat pour discuter de la source à l'origine des dolérites de Reggane.

Ech	$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$	$(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_t$	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$
ZR03	<b>0,70707</b>	0,51235	<b>-0,36</b>
ZR04	<b>0,70653</b>	0,51233	<b>-0,71</b>
ZR06	<b>0,70723</b>	0,51233	<b>-2,64</b>
ZR10	<b>0,70778</b>	0,51234	<b>-0,51</b>

Tableau 8: Rapports isotopiques Sr-Nd calculés à partir de  $t = 208$  Ma dans le complexe de Zérigat.

A partir de l'âge de 208 Ma, le calcul des rapports isotopiques initiaux du Sr sont compris entre **0.7065 et 0.7078** et des  $\epsilon_{\text{Nd}}$  variant de **-0.36 et -2.64** (tableau 8). Ces résultats isotopiques montrent la participation d'un manteau lithosphérique et d'une croûte continentale dans la genèse des roches de Zérigat (Fig. 20). Les valeurs élevées en Sr, plus les anomalies négative en Nb et positive en Pb (cf géochimie) traduisent bien la participation d'un composant crustal.

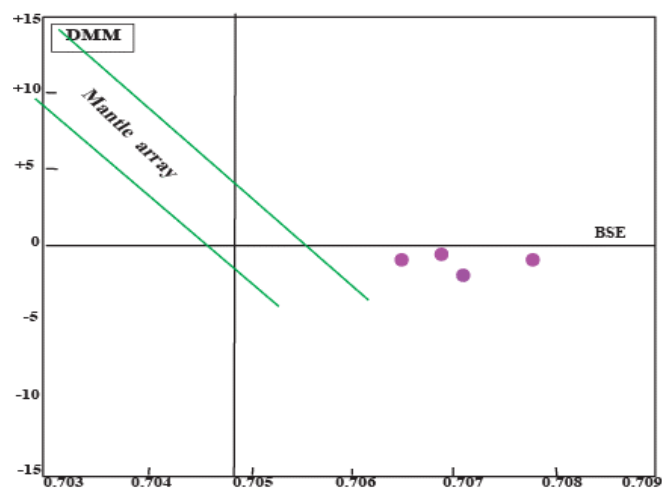


Figure 20: Diagramme  $(\epsilon_{\text{Nd}})_{208\text{Ma}}$  versus  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$  du complexe de Zérigat (Nadri et Teggat, 2016). DMM=depleted mantle MORB (manteau appauvri), BSE=Bulk Silicate Earth=terre silicatée

Nous pouvons alors proposer pour les tholéiites continentales de Reggane une source qui pourrait se rapprocher de celle de Zérigat, à savoir un manteau lithosphérique et une croûte continentale.

## VI- conclusion générale

A travers l'exemple du réseau filonien de Reggane, nous avons présenté les caractéristiques pétrologiques, géochimiques, géochronologiques et isotopiques de ce magmatisme basique à intermédiaire de cette région, plus précisément Bled El Mass, réputée pour ses gisements d'hydrocarbures et de diamant.

Cette étude a débuté par une étude géologique en rappelant tous les caractères lithostratigraphiques et structuraux de la région de Reggane.

Que ce soit en affleurement ou en sondage, le magmatisme se présente sous forme de dykes et de sills répandus surtout dans le Dévonien supérieur et le Carbonifère.

Dans les dykes les plus épais (supérieurs à 2m) et notamment ceux des sondages, on distingue une zonation normale allant d'un faciès fin en bordure à un faciès plus grossier au cœur.

L'étude microscopique révèle la texture hypovolcanique doléritique, à savoir une texture intergranulaire, subophitique qui se caractérise par l'agencement de tablettes de plagioclase laissant des espaces interstitiels comblés par des cristaux de pyroxène.

La paragenèse magmatique primaire comprend essentiellement du plagioclase, du clinopyroxène et des oxydes ferro-titanés. La présence de plages interstitielles granophyriques faites de la syn-cristallisation du quartz et du feldspath potassique termine la séquence de cristallisation.

L'étude chimique des phases minérales a permis de déterminer leur composition et d'appréhender une caractérisation géochimique et géodynamique :

- Un plagioclase souvent zoné, de type labrador au cœur et andésine en bordure,

- Deux types de pyroxènes ont été distingués : présence d'augite (riche en CaO) et de pigeonite (pauvre en CaO). La coexistence de ces deux types indique clairement un caractère tholéiitique de ces dolérites,

- Des oxydes ferro-titanés, constituant une des phases importantes de la paragenèse primaire mais tardive par rapport au plagioclase et au pyroxène, montrent des compositions de titanomagnétites au sens large.

La paragenèse magmatique primaire ainsi que la composition des phases minérales est pratiquement semblable à celle du complexe de Zérigat.

Par ailleurs, les compositions chimiques du clinopyroxène traduisent un caractère sursaturé en silice du magma et un contexte non orogénique et tholéiitique.

Les estimations des conditions thermodynamiques, à partir des clinopyroxènes des dolérites de Reggane traduisent :

- Un caractère sursaturé en silice du magma à l'origine de ces roches,
- Des teneurs en H<sub>2</sub>O non négligeables dans le magma,
- Des températures relativement faibles,
- Des pressions relativement modérées, inférieures à 10 kb, ce qui traduirait une profondeur maximale du magma ne dépassant pas les 35 km.

L'étude géochimique des roches filonienne de Reggane révèle les caractères suivants :

- Des compositions basiques à intermédiaires allant des basaltes à des andésito-basaltes, avec une affinité tholéiitique. Leurs compositions rappellent les caractéristiques des LPT tholéiites (low P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-TiO<sub>2</sub> tholéiites),
  - Des compositions de tholéiites à quartz traduisant un magma sursaturé en silice,
  - Des caractères de basaltes évolués avec des teneurs faibles en MgO (5.46-6.6%), Mg# (48 à 52), Ni (43.8-57 ppm) et en Cr(21.3-55ppm), ce qui signifie que le magma parental à l'origine des roches de Reggane a subi une cristallisation fractionnée importante, tout comme celui de Zerigat,.
  - Un enrichissement en terres rares légères (LREE) (~30 fois les chondrites) par rapport aux terres rares lourdes (HREE) (~10 fois les chondrites), avec une légère anomalie négative en Eu traduisant la cristallisation précoce du plagioclase. De plus, le fractionnement très modéré des spectres ((La/Yb<sub>N</sub> ~ 3), traduit une source mantellique à spinelle pour les roches de Reggane,
  - Un enrichissement en LILE (jusqu'à 40 fois le manteau primitif), par rapport aux LREE (10 à 15 fois) et aux HFSE (5 à 8 fois le manteau primitif),
  - Une anomalie négative en Nb bien marquée traduisant le rôle joué par la croûte continentale dans la genèse de ces roches, ainsi que de légères anomalies négatives en Sr et Eu confirmant la cristallisation précoce du plagioclase,
  - Un contexte géotectonique intraplaque confirmant le caractère de tholéiites continentales, tout comme le complexe de Zérigat,

L'analyse géochronologique, par la méthode <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar, fournit des âges convenables compris entre 197 Ma et 195 Ma et permet de rattacher les roches filoniennes de Reggane à la période Mésozoïque, à la fin du Trias-début Jurassique, tout comme l'analyse géochronologique, par la méthode <sup>87</sup>Rb/<sup>86</sup>Sr qui donne un âge de 208 Ma pour le complexe de



Zérigat. Cette étude isotopique démontre que les sills doléritiques de Reggane, tout comme le complexe de Zérigat ont des âges concordants avec ceux de la CAMP. Leur magmatisme appartient bien à la Province Magmatique de l'Atlantique Central, qui s'est mise en place autour de la limite Trias–Jurassique (200 Ma).

En conclusion, nous pouvons proposer pour les tholéiites continentales de Reggane une source qui pourrait se rapprocher de celle de Zérigat, à savoir un manteau lithosphérique et une croûte continentale.

**Références bibliographiques**

**Azzouz S. et Ould-Slimane L. (2013).** Contribution à l'étude pétrologique et géochimique du magmatisme basique de Zérigat (région d'Abadla, Sud-Ouest Algérien). Mémoire de Master. Université d'Oran 2, Oran.

**Bellieni, G., Piccirillo, E.M., Cavazanni, G., Petrini, R., Comin-Chiaramonti, P., Nardy, A.J., Civetta, L., Melfi, A.J., Zantedeschi, P., (1990).** Low-and high-TiO<sub>2</sub> Mesozoic tholeiitic magmatism of the Maranhão basin (NE-Brazil): K/Ar age, geochemistry, petrology, isotope characteristics and relationships with Mesozoic low-and high-TiO<sub>2</sub> flood basalts of the Paranã basin (SE-Brazil). Neues Jahrb. Mineral., Abh.162, 1-33.

**Ben karroum A. (2010):** Hydrogéologie de la nappe du continental intercalaire de la région d'In Salah . mémoire d'ingénieur Université d'Oran Es Sénia p .34.

**Bertrand, H., (1991).** The Mesozoic tholeiitic province of northwest Africa: a volcano-tectonic record of the early opening of Central Atlantic. In: Kampuzu, A. B., Lubala, R. T. (Eds.) Magmatism in Extensional Structural Setting. The Phanerozoic African Plate. Springer, Berlin, 147–188.

**Beuf S. Biji-Duval B. Rogonon R. Bennacef A. (1971).** Les grés du paléozoïque inférieur au Sahara. Sédimentation et discontinuité : évolution structurale d'un craton. Institut Français du pétrole. Collection Sciences Techniques pétrole 18, p, 464.

**Brahim M., (2010).** Contribution à l'étude pétrographique et minéralogique des dolérites de Hassi Taïbine (Région de Reggane), Université d'Oran 2 (Mémoire).

**Chabou M. C., Bertrand H. et Sebaï A., (2010).** Geochemistry of the Central Atlantic Magmatic Province (CAMP) in south-western Algeria, Journal of African Earth Sciences, Journal of African Earth Sciences 58 211–219.

**Chabou M. C., Sebai A., Feraud G. Et Bertrand H. (2007).** Datation <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar de la province magmatique de l'Atlantique central dans le Sud-Ouest algérien. C.R. Geoscience 339 (2007) 970–978.

**Conrad J. (1972).** Distension Jurassique et tectonique eocrétaçé sur le nord-ouest de la plate-forme africaine (Bassin de Reggane, Sahara Central): C. R. Acad. Sci. Paris, t.274, série D, 2423-2426.

## Références Bibliographiques

**Cox K. G., Bell J.D. Et Panhurst R. J (1979).** The interpretation of igneous rocks. George Allen et Unwin., London.450p.

**Cox, K.G., (1983).** The Karoo province of southern Africa: origin of trace element enrichment patterns. In Hawkeswork, C.J., Norry, M.J. (eds). *Continental basalts and mantle xenoliths*. Shiva, Nantwich, pp. 139–887.

**Fabre J. (1976).** Introduction à la géologie du Sahara Algérien et de régions voisines. Société National Edition, SNED. Alger p, 142.

**Fabre J. (1988).** La série paléozoïque d'Afrique : une approche. Journal. African Earth Sciences. P 1-40.

**Fabre J. (2005) :** Géologie du Sahara occidentale et centrale. Musée royal de l'Afrique centrale (Ed), Tervuren, Belgique. Edition N34,84p.

**Faure, G., (1986).** Principles of isotope geology. Second edition, John Wiley and Sons.

**Fodor, R.V., (1987).** Low-and high-TiO<sub>2</sub> flood basalts of southern Brazil: origin from picritic parentage and common mantle source. Earth. Planet. Sci. Lett. 84, 423-430.

**Green T.H. (1972).** Crystallization of calc-alkaline andesite under controlled high pressure hydrous conditions. Contrib. Mineral. Petrol., 34, 150-166.

**Helz R.T (1973).** Phase relations of basalts, in their melting range of P<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = 5 kb as a function of oxygen fugacity. Part I: mafic phases. *J.Petrol.*, **14** : 249-302 .

**Khenous M. (1997) :** Les bassins sédimentaires paléozoïques avoisinants la ride del'Ougarta (Sahara algérien occidental) – Histoire de l'évolution sédimentaire et structurale en vue de la recherche pétrolière. Thèse Doct., Univ. Mainz, 201 p.

**Kushiro I. (1960).** Si-Al relations in clinopyroxenes from igneous rocks. Am. J. Sci. , 258, p. 548-554.

**Lebas N.J (1962).** The role of aluminium in igneous clinopyroxenes with relations to their parentage. Am. J. Sci., 260, p. 267-281.

**Letterier J. Maury R. Thomson P. Girard D. Marchel M., (1982).** Clinopyroxene composition as a method of the magmatic affinity of paleovolcanic serie. Earth.Plan.Scie.Lett. Amsterdam. 59-139.

**Mc Donough W.F. Et Sun S. (1995):** The composition of the Earth. *Chemical Geology* 120 : 223-253.

**Meddah, A., Bertrand, H., Elmi, S., (2007).** La province magmatique de l'Atlantique Central dans le bassin des Ksour (Atlas saharien, Algérie). *C. R. Geoscience* 339, 24-30.

**Mekkaoui, A., (2015).** Le magmatisme basique de l'axe Damrane-Kahel Tabelbala (Daoura, Monts de l'Ougarta, Sud-Ouest Algérie) : géologie, pétrologie, géochimie et contexte géodynamique. Université d'Oran 2 (Thèse).

**Mekkaoui, A., Remaci-Bénaouda, N., (2014).** Dolerite dikes of Kahel Tabelbala (Daoura, Ougarta Range, Southwestern Algeria): petrological, geochemical and Sr-Nd isotopic constraints. 24<sup>ème</sup> Réunion des Sciences de la Terre, Pau, France.

**Meschede M. (1986).** A method of discriminating between different types of mid-ocean-ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chem. Geol.* 56, 207-218.

**Miyashiro A. (1978).** Nature of alkali volcanic rock series. *Contrib. Mineral. Petrol.* 66, 91-104.

**Morimoto, N. (1988).** Nomenclature of pyroxenes. *Mineralogy and Petrology* 39, 55-76.

**Nadri A. et Teggat H., (2016).** Géochronologie et traçage isotopique (Sr/Nd) de la source du complexe volcanique de Zérigat (région d'Abadla, Sud-Ouest Algérien), Mémoire de Master, Université d'Oran 2, Oran.

**Nakamura N., (1974).** Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 38, 757-775.

**Nisbet E. G. et Pearce J.A. (1977).** Clinopyroxene composition in mafic lavas from different tectonic settings. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 63, p. 149-160 ; Springer-Verlag.

**Nomade S., K.B. Knight, E. Beutel, P.R. Renne, C. Vérati, G. Féraud, A. Marzoli, N. Youbi, H. Bertrand,** Chronology of the Central Atlantic Magmatic Province: Implications for the Central Atlantic rifting processes and the Triassic–Jurassic biotic crisis, *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 244 (1-4) (2007) 326-344.

**Pearce, J.A., Norry, M.J., (1979).;** Petrogenetic Implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic Rocks. *Contributions Mineralogy Petrology* 69, 33–47.

## *Références Bibliographiques*

**Remack-Petitot M.L. (1960b).** Contribution à l'étude des Conodontes du Sahara. Bassin Fort-Polignac , d'Adrar, Reggane et du J.Bechar). Comparaison avec les Pyrénées et la Montagne Noire, Bull.Soc géol Fr,7,7,p 240-262.

**Remack-Petitot M.L. (1960a).** Contribution à l'étude du Gothlandien du Sahara . Bassin d'Adrar, Reggane et Fort-Polignac. Bull.Soc. Géol Fr,7,2,p 230-239.

**Thompson R.N. (1984).** Dispatches from the basalt front.1.Experiments.Proc.Geol..Asso., 95, 249-262.

**Winchester J.A. et Floyd P.A., (1977):** Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chem.Geol. 20, 325-343.