

N° d'ordre :



**République Algérienne Démocratique et populaire**  
**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**  
**Faculté des sciences de la Terre, de Géographie et d'Aménagement du Territoire**  
**Université d'Oran2 Mohamed Ben Ahmed**

## Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade de Master en géologie

Option : Géodynamique de la Lithosphère

Géochimie d'isotope d'oxygène dans les roches magmatiques des structures annulaires de Bled M'Dena & Gara Djebilet (Eglab, Dorsale Réguibet, Sud-Ouest Algérien).

Présenté par :

- Mucavele Lívio Fernando
- Phiri Natalia Bernardo Gola

Soutenu le : 22 juillet 2019, devant la commission d'examen :

Pr. M.SEDDIKI A.	Professeur	Université d'Oran	Président
Pr. TABELIOUNA MOHAMED	Professeur	Université d'Oran2	Encadreur.
Mme ALLAMI FATIMA ZOHRA	M.A.A	Université d'Oran2	Examinatrice

Université d'Oran : 2019.

## Remerciements

Au terme d'un travail de recherche de près de 6 mois qu'a abouti à ce mémoire, en préambule, nous voudrions adresser tous nos remerciements aux personnes avec lesquelles nous avons pu échanger et qui nous ont aidé pour la rédaction de ce mémoire.

On commence tout d'abord par remercier notre encadreur Mr. **M. TABELIOUNA**, par son aide précieuse et par le temps qu'il nous a consacré.

Nous disons merci à Mme **N.REMACI**, responsable de Master G.L, qui nous a guidés vers les bonnes références.

A **Mr. SEDDIKI** qui aussi nous a transmis de références d'étude sur certains de notre recherche.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à nos familles et tous nos proches et amis, qui nous ont accompagnés, aidé, soutenu et encouragé' tout au long de la réalisation de ce mémoire.

## Table des matières

Chapitre I.....	7
<b>Introduction et généralités.....</b>	<b>7</b>
Introduction .....	8
1. Le Craton Ouest Africain.....	8
2.1. Dorsale de Reguibat .....	10
2.1.1 La situation géographique.....	11
2.1.2 Contexte géologique de la dorsale Reguibat.....	11
La partie occidentale de la dorsale.....	12
La partie centrale de la dorsale .....	12
La partie orientale de la dorsale Réguibat.....	12
1. Historique des travaux.....	13
Chapitre II .....	17
<b>Cadre géologique et tectonique des Eglab, géologie des complexes magmatiques de Bled M'Dena et Gara Djebilet.....</b>	<b>17</b>
4.2.1. Ensemble inférieur .....	18
4.2.2. Ensemble supérieur.....	19
Le pluton Aftout .....	19
5. Présentation du secteur de Bled M'Dena.....	21
5.1. Présentation du secteur de Gara Djebilet .....	22
Chapitre III .....	24
<b>Synthèse pétrographique et minéralogique des structures magmatiques de Gara Djebilet et de Bled M'Dena.....</b>	<b>24</b>
6. Synthèse pétrographique et minéralogique de la région de Gara Djebilet.....	25
6.1. Pétrographie de la structure magmatique de Gara Djebilet.....	25
6.2. Etude Minéralogique de la structure magmatique de Gara Djebilet .....	28
7. Synthèse pétrographique et minéralogique de la région de Bled M'Dena .....	34
7.2. Pétrographie des granitoïdes de la structure annulaire de Bled M'Dena.....	37
7.3. Minéralogie des roches volcaniques.....	38
Chapitre III .....	46
<b>Géochimie.....</b>	<b>46</b>
8. Géochimie de la structure annulaire de Gara Djebilet .....	47
8.1. Les éléments majeurs.....	47

8.2. Les éléments en traces .....	52
8.3. Les éléments incompatibles .....	54
9. Géochimie de la structure annulaire de Bled M'Dena .....	56
9.1. Géochimie des éléments majeurs.....	56
Chapitre IV .....	63
<b>Géochimie isotopique</b> .....	63
10.2. Les données isotopiques du Sm et Nd .....	65
Chapitre V .....	69
<b>Géochimie de l'isotope d'oxygène</b> .....	69
11.1. Isotopes de l'oxygène dans processus ignés .....	72
<b>Chapitre VI Conclusion général</b> .....	77
<b>Références Bibliographiques.....</b>	<b>74</b>

## LISTE DES FIGURES

<b>Fig.01</b> : Carte géologique schématique des grands domaines de l'Algérie et du craton Ouest africain (in Kahoui et al, 2008).....	05
<b>Fig 02.</b> Répartition actuelle des boucliers précambriens (Elmi et Babin, 1996).....	06
<b>Fig.03:</b> La Dorsale Reguibat (d'après Bessoles, 1977).....	07
<b>Fig.04:</b> localisation géographique de la zone étudiée, ZE.....	09
<b>Fig.05</b> : Schéma géologie de la partie septentrionale de la feuille d'Aouinet Bel Lagrâ à partie des images satellitale Alsat 1( <b>Tabeliouna, 2009</b> ).....	16
<b>Fig.06</b> : Localisation des secteurs d'étude( Bled M'Dena).....	18
<b>Fig.07</b> : Photo satellite de la structure magmatique de Gara Djebilet (in Tabeliouna et al. 2008) <b>djenaoui cherifa,2011</b> .....	19
<b>Fig. 08:</b> Schéma géologique de la structure magmatique de Gara Djebilet in <b>Tabeliouna al., 2008</b> .....	22
<b>Fig.09</b> : Diagramme (Ca+Na) vs Ti des clinopyroxènes de la structure de Gara Djebilet (Leterrier et al., 1982).....	26
<b>Fig.10</b> : schéma de la fracturation de la structure annulaire de Bled M'Dena et de sa formation encaissante (dessin effectué sur un fond de photo satellitales) ( <b>In Tabeliouna, 2009</b> ).....	30
<b>Fig.11</b> : carte d'échantillonnage de la structure de Bled M'Dena( <b>In Tabeliouna, 2009</b> ).....	31
<b>Fig. 11:</b> Diagramme Wo-En-Fs des pyroxènes des coulées volcaniques de la structure annulaire de Bled M'Dena ( <b>Tabeliouna, 2009</b> ).....	35
<b>Fig. 12:</b> la nomenclature des amphiboles des volcanites de la structure annulaire de Bled M'Dena, (d'après Leake, 1997).....	38
<b>Fig. 13:</b> Diagramme (Si+Na+K) vs Ca+AlIV en cations, (d'apres Giret et al. 1980).....	38
<b>Fig. 13:</b> Diagramme des compositions des feldspaths Or-An-Ab des coulées de la structure de Bled M'Dena.....	40
<b>Fig.14</b> : Distribution des éléments majeurs en fonction du mg* dans les roches de GaraDjebilet.....	45
<b>Fig.15</b> : Position des roches magmatiques de Gara Djebilet dans le diagramme (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O) vs SiO <sub>2</sub> .....	46
<b>Fig.16</b> : Diagramme K <sub>2</sub> O vs Na <sub>2</sub> O des roches de Gara Djebilet.....	46

<b>Fig.17</b> : Position des roches de Gara Djebilet dans le diagramme K <sub>2</sub> O vs SiO <sub>2</sub> .....	47
<b>Fig.18</b> : Position des roches de la structure de Gara Djebilet dans le diagramme AFM.....	47
<b>Fig.19</b> : Position des roches de la structure de Gara Djebilet dans le diagramme TiO <sub>2</sub> - MnO - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> de Mullen (1983).....	48
<b>Fig.20</b> : Distribution des éléments de transition (V, Cr, Co et Ni) en fonction de la Silice.....	49
<b>Fig. 21</b> : Spectres de terres rares d'une syénite pyroxénique de la structure magmatique de Gara Djebilet.....	51
<b>Fig. 22</b> : Spectres élargis d'éléments en traces d'une clinopyroxénites à néphéline et d'une syénite pyroxénique de la structure circulaire de Gara Djebilet.....	51
<b>Fig. 23</b> : Diagramme des alcalins versus SiO <sub>2</sub> de Cox et al. (TAS), adapté par Wilson (1989) pour les roches plutoniques.....	52
<b>Fig. 24</b> : les coulées du complexe magmatique de Bled M'Dena dans le diagramme binaire TAS : total Alcalins = wt% de Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O) versus SiO <sub>2</sub> (Le Bas et al., 1986).....	54
<b>Fig. 25</b> : diagramme binaire TAS : Total Alcalin = wt% de (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O) vs SiO <sub>2</sub> = wt% de SiO <sub>2</sub> (Lebas et al. 1986).....	56
<b>Fig. 26</b> : diagramme FeO*/MgO en wt% versus SiO <sub>2</sub> .....	56
<b>Fig.27</b> : Diagramme AFM,.....	57
<b>Fig.28</b> : Représentation isochrone du <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr versus <sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr de l'intrusion magmatique de Bled M'Dena.....	61
<b>Fig.29</b> : diagramme (87Sr/86Sr) versus ε Nd des roches magmatiques de la structure circulaire de Bled m'Dena.....	62
<b>Fig. 30</b> : diagramme Sm/Nd versus Nd (ppm) des séries magmatiques de la structure annulaire de Bled M'Dena.....	63
<b>Fig.31</b> : Répartition des compositions isotopique de l'oxygène dans les principaux réservoirs terrestres exprimées en δ <sup>18</sup> O d'après Harmon Craig ( <b>Claude allègre, 2005</b> ).....	67
<b>Fig.32</b> : diagramme de δ <sup>18</sup> O <sub>Pl</sub> vs δ <sup>18</sup> O <sub>Cpx</sub> .....	70
<b>Fig.33</b> :Variation de l'isotope d'oxygène dans les magmas et roches Terrestre.....	71

## **Chapitre I**

### **Introduction et généralités**

## Introduction

L'évolution géologique du continent africain depuis l'archéen jusqu'à sa structure actuelle est étroitement liée à l'évolution du continent sud-américain. Plusieurs épisodes orogéniques se sont reproduits, d'après **Clifford (1970)** la cratonisation progressive du continent a été l'effet le plus dominant de ces différentes orogénèses.

Les résultats de l'étude géologique et géochronologique du continent africain, ont permis d'établir les grands épisodes orogéniques liés à des événements tectoniques, métamorphiques et magmatiques (**in Tabeliouna, 2009**).

- L'orogénèse ouzzalienne (Archéen) à 3 Ga. Elle a affecté une vaste région allant de Tanezrouft oriental jusqu'à l'Adrar des Ifouras. les complexes à granulites, ainsi que la présence de gneiss, charnockite, leptynites, quartzites et marbres, retrouvées dans la région en sont les principaux témoins de cet événement (**in Haddad et al,2014**).
- L'orogénèse éburnéenne (ivoirienne), elle prend le relais vers 2Ga, en édifiant une chaîne de montagne, qui aujourd'hui n'est plus qu'un fantôme, dont les seules preuves de son existence, sont des alignements N-S, ainsi que la trace de grands chevauchements où se sont installées des intrusions granitiques (**in Haddad et al,2014**).
- L'orogénèse kibarienne vers 1Ga, elle affecte surtout la partie centrale, et méridionale du continent (**in Haddad et al,2014**).
- L'orogénèse panafricaine (650-550Ma), elle est considérée comme étant un événement thermotectonique très important affectant une bande de terrain située à l'articulation entre les cratons Ouest Africain et l'Est Saharien (in Haddad et al,2014).
- Orogénèse hercynienne (350 Ma), et alpine (200 Ma) (**in Haddad et al,2014**).

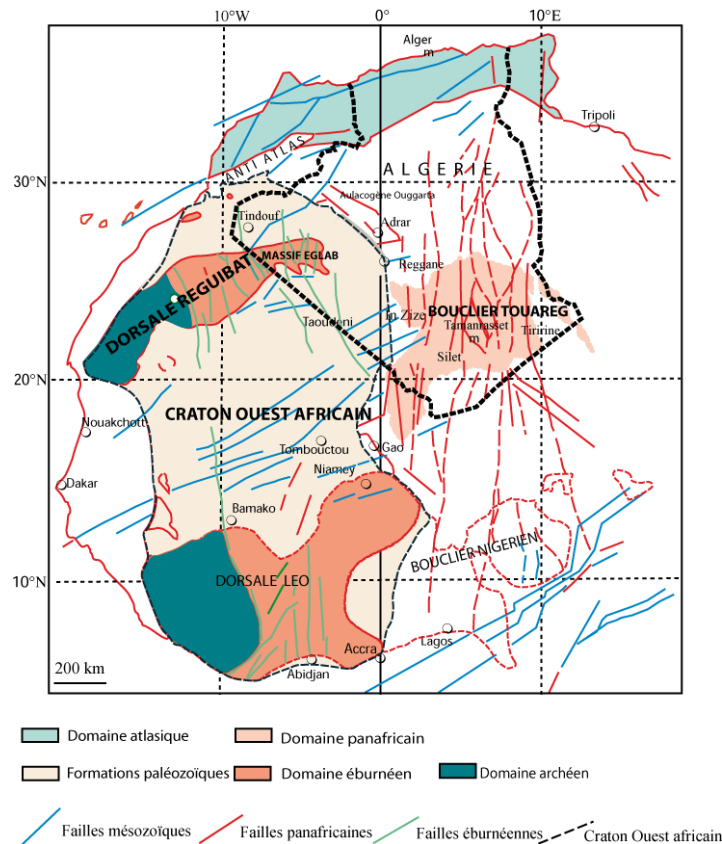
### 1. Le Craton Ouest Africain

Le craton est limité au Nord par l'Anti-Atlas, à l'Est par la zone mobile panafricaine, à l'ouest par la chaîne panafricaine, calédonienne et hercynienne des Mauritanides. Il est recouvert sur une grande partie de sa surface par les formations sédimentaires d'âge Protérozoïque supérieure et Paléozoïque des bassins de Tindouf au Nord et de Taoudenni, dans sa partie centrale.

Les zones d'affleurements du craton ouest africain sont fractionnées en trois parties d'inégale étendue par les formations sédimentaires impliquées ou non dans l'orogénèse panafricain. Les



parties Nord (Dorsale Reguibat) et sud (dorsale de Man) ont une grande extension, la partie médiane (Fenêtre de Kayes et de Kéniéba) est de faible étendue mais constitue un jalon important entre les autres zones d’affleurement. (in Allami, 2016) ( Fig 01).



**Fig.01** : Carte géologique schématique des grands domaines de l’Algérie et du craton Ouest africain (in Kahoui et al, 2008)

Le craton Ouest Africain constitue un des boucliers précambriens repartis dans le monde, ces derniers sont associés aux plates formes précambriennes et sont divisés en deux ensembles (fig.02) :

**a- Un ensemble septentrional** : il est regroupé dans l’hémisphère nord et comporte d’Ouest en Est :

- Le bouclier Canadien et la plate-forme Nord-Américaine ;
- Le Groënlandais ;
- le bouclier des Hébrides ou Lewisien ;
- le bouclier Baltique ou Scandinave et la plate-forme Russe au nord de l’Europe ;
- Le bouclier Sibérien et les plates-formes Mongoles et Chinoises.

**b- Un ensemble méridional :** il est regroupé dans l'hémisphère Sud et comprend d'Ouest en Est :

- Le bouclier brésilien et le bouclier Guyanais, ces derniers sont entourés par de vastes plates-formes ;
- Les boucliers africains parmi lesquelles se trouve le craton Ouest Africain que nous venons de citer en haut et que nous aborderons plus tard avec un peu plus de détail vu que la région de notre étude en fait partie. Ces boucliers se prolongent jusqu'en Madagascar et en Arabie ;
- Le bouclier Australien et sa plate-forme ;
- Le bouclier et la plate-forme Antarctique (**in Haddad et al, 2014**).



**Fig 02.** Répartition actuelle des boucliers précambriens (Elmi et Babin, 1996)

En dépit des différences qui existent entre la partie septentrionale et celle méridionale, craton ouest africain semble néanmoins, afficher une certaine uniformité (in Allami, 2016). En effet, les retombées d'ordre lithologiques et géochronologiques dues aux orogénèses qui se sont depuis 3,0Ga, sont telles, que les témoins du cycle libérien (Archéen) occupent globalement la partie occidentale du craton ouest africain (Reguibat occidental, domaine Kenema-Man), alors que ceux témoignant du cycle éburnéen, occupent la partie orientale de ce dernier (Reguibat oriental, domaine de Baulé-Mossi) (in Tabeliouna, 2009).

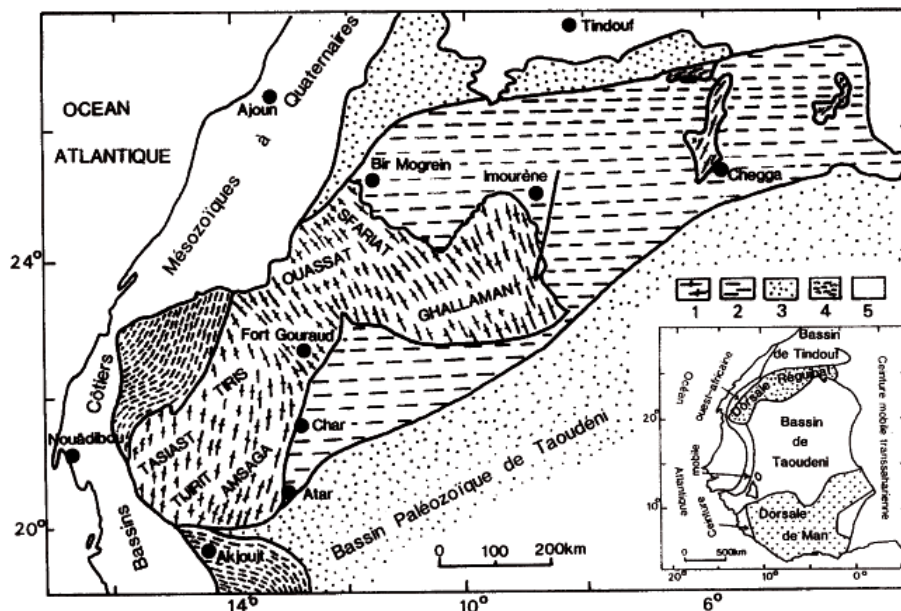
## 2.1. Dorsale de Reguibat

Le Bouclier Reguibat correspond à un domaine de socle précambrien allongé dans une direction E-NE, sur une longueur de plus de 1200 km et une largeur variable de quelques centaines de kilomètres. Ce bouclier, également appelé "dorsale Reguibat" traverse le COA d'Est en Ouest. Il s'étend donc depuis le domaine de marge passive atlantique à l'Ouest, jusqu'au cœur du craton, à la frontière avec la suture panafricaine.

### 2.1.1 La situation géographique :

La dorsale Reguibat se situe dans la partie septentrionale du craton ouest africain elle est limitée au Nord par le bassin de Tindouf, au Sud par le bassin de Taoudéni, à l'Ouest par la chaîne des Mauritanides et à l'Est par la zone mobile de l'Afrique centrale (la zone mobile panafricain), elle s'étend sur près de 1500Km de longueur et sur 250 à 400Km de large, entre les méridiens 3°-16° ouest et pour 20°- 27° de l'altitude de Nord.

La dorsale Réguibat déterminé par l'orientation E-W en Algérie, et NE-SW dans le territoire Mauritanie (in bekhedda et al,2014). (Fig.03).



**Fig.03:** La Dorsale Reguibat (d'après Bessoles, 1977). (1) Archéen (2) Protérozoïque (3) Paléozoïque (4) Ceinture mobile des Mauritanides (5) Mésozoïque et Quaternaire.

### 2.1.2 Contexte géologique de la dorsale Reguibat :

La dorsale Reguibat forme une boutonnière du socle précambrien bordée par des terrains sédimentaires d'âges précambrien supérieur et paléozoïque. Elle forme une vaste pénéplaine ponctuée par des Guelbs ou monticules de roches volcaniques et sédimentaires.

Le schéma géologique actuel de la dorsale montre deux blocs distincts (Potrel et al. 1998) :

- un bloc archéen occidental formé et structuré lors de deux orogénèses entre 3,50-2,73Ga;
- un bloc Paléoprotérozoïque centre-oriental qui se serait structuré au cours de l'orogénèse éburnéenne entre 2,2 – 2,05 Ga.

La dorsale Reguibat est recouverte par des séries d'âges variés, plus particulièrement précambriennes. Cette dorsale a été affectée par un métamorphisme variable qui a provoqué des granitisations plus ou moins marquées au cours du précambrien. La dorsale a été subdivisée en trois parties :

#### **La partie occidentale de la dorsale :**

Cette partie de la dorsale regroupe le socle précambrien d'Amsaga désigné sous le nom du groupe de l'Amsaga, et divisée en deux grandes unités (Bessoles. 1977):

- Le complexe migmatitique de Rag el Abiod ;
- La série métamorphique de la Saouda (in Haddad et al,2014).

#### **La partie centrale de la dorsale :**

Le centre de la dorsale recouvre les régions suivantes : El Ouassat, Zemmour et Ghallaman .L'ensemble des formations de cette partie de la dorsale a été regroupé dans la série de Ghallaman.

Un métamorphisme régional d'intensité variable a affecté les formations cristallophylliennes de Ghallaman qui a donné naissance à des migmatites (in Bessoles, 1977).

#### **La partie orientale de la dorsale Réguibat :**

Cette série est partagée entre l'Algérie et la Mauritanie. Buffiere et al. ,1965 (in Bessoles, 1977), ont subdivisé le précambrien granité en un système supérieur Réguibat et un système de base Réguibat qui comprend de bas en haut:

##### **A- Le système inférieur Réguibat**

Daté de 2,73 à 2,18 Ga par Peucat et al. (2005), il comprend :

- la série et les granites de Yetti
- les séries de Hassi El Fogra, de Chegga et de Chenachane-Erg Chech

##### **B- Le système supérieur Reguibat**

Avec un âge compris entre 2,09 et 2,07 Ga (Peucat et al. ,2005), cet ensemble est constitué de :

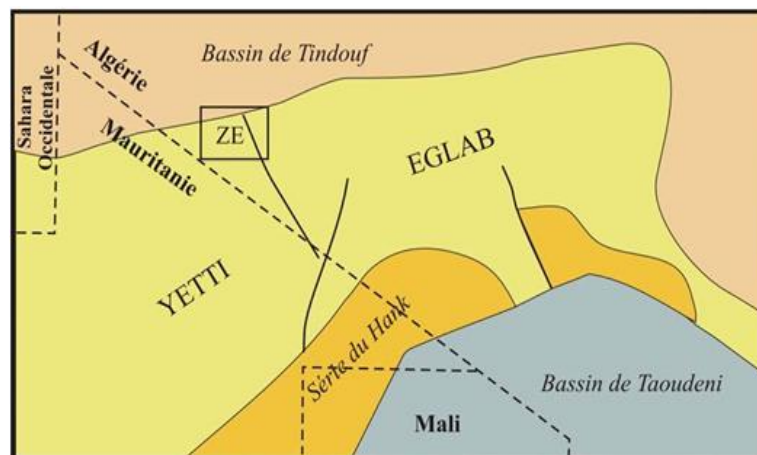
a)- **la série de Guelb el Hadid** : C'est un ensemble gréseux surmonté en discordance par un complexe volcano-sédimentaire et conglomératique (Lasserre et al. ,1970).

b)- **le volcanisme Eglab** : Il s'agit d'une association volcanique essentiellement rhyolitique qui pourrait être liée au plutonisme 'Aftout ', elle en serait l'ultime manifestation (Buffière et al. ,1965 in Bessole, 1977) ;

c)- **le plutonisme Aftout** : Il est caractérisé par plusieurs venues magmatiques représentées essentiellement par des granites et des monzogranites sub-alcalins.

d)- **Infratilitique supérieur** : formé par les séries infracambriennes de Chennachane et la série infracambrienne du Hank.

2.2 **La jointure Yetti-Eglab**: Il sépare deux bassins paléozoïques; le bassin de Tindouf au nord et le bassin de Taoudeni au sud. Il regroupe deux domaines structuraux distincts (Gevin, 1952, 1960; Buffière et al. 1966; Sabaté, 1973): le domaine de Yetti à l'ouest et le domaine des Eglab à l'est (Fig0.4). Les données paléomagnétiques (Lefort et al. 2003), montrent que le Yetti d'une part et les Eglab d'autres part, ont été des entités géologiques séparées, avant qu'elles ne se réunissent vers 2Ga, engendrant ainsi la collision continentale Birrimienne (**in Tabeliouna, 2009**).



**Fig.04:** localisation géographique de la zone étudiée, ZE : zone étudiée, couverture sédimentaire : bassin de Tindouf ; bassin de Taoudeni ; série du Hank ( **Tabeliouna, 2009**).

### 1. Historique des travaux :

**Menchikoff M.** (1923) fut parmi les premiers géologues à s'intéresser à l'étude de la dorsale Réguibat en le définissant comme étant l'un des vieux pays cristallins du continent africain. Il propose, en 1944, l'appellation de «pays cristallin Réguibat ». La nature de l'axe cristallin Yetti Eglab a été précisée par **Monod R P** en 1935, alors que **Jacket** en 1937, s'est

intéressé à la géologie de la partie occidentale de la dorsale. **Gevin P.** (1941) a développé des études sur les formations précambriennes et leurs bordures sédimentaires. En 1951, il a défini pour la première fois les séries de Chegga, du Yetti et de Guelb El Hadid.

Dans la dorsale Réguibat occidentale (Mauritanie), plusieurs géologues ont menés, parallèlement, de nombreux travaux :

**Sougy J.** (1951-1952) y a reconnu les formations de Ghallaman, d'Aguelte Nebkha, de Aïoun Abdel Malek et d'Imouréne ; **Blanchot A.** (1953) a, plus particulièrement, mis en évidence les deux séries de l'Amsaga et d'Akjouit au SW de la dorsale. Une année après **Sougy J.** (1954) propose un inventaire des différentes unités géologiques, affleurent en Mauritanie orientale, ainsi qu'une description des principaux faciès de la série de Chegga.

En 1960, cet auteur fut à l'origine d'une première corrélation stratigraphique entre les séries précambriennes précitées. Il a désigné sous le nom de série d'Aguelte Lekhneig les formations similaires à celles de la série d'Imouréne qu'elles prolongent au Sud.

En 1962, **Bonhomme M.** obtient les résultats des premières mesures géochronologiques effectuées en territoire mauritanien. Ces derniers annoncent des âges compris entre 1990 Ma et 1818Ma, témoins des stades tardifs de l'orogénèse éburnéenne, par comparaison avec les autres régions mieux connues de l'Afrique du Sud.

De 1960 à 1965, **le S.E.R.M.I** a présenté des travaux regroupant l'étude systématique des indices métallogéniques, les cartes géologiques à 1/200.000 de la région Yetti-Eglab ainsi que la carte à 1/500.000 de la région des Eglab.

En 1965, **M. Buffière J.** et ses collaborateurs auront à leur actif plusieurs travaux dont : la mise en évidence de la discordance des volcanites Eglab sur les granites Aftout et la série plissée de l'Oued Souss ; la cartographie des séries du Hank, de Guelb-El Hadid et de leur discordance ; la description des groupes «Chenachane-Erg-Chech».

**Sabaté P.** (1970) a entrepris une étude structurale et pétrographique très détaillée de la jointure Yetti-Eglab. Il a posé en 1971, en collaboration avec **Lameyre J.**, le problème de la jointure Yetti Eglab et a remarqué que le plutonisme tonalitique jalonne celle-ci. Une année plus tard, **Azzouni A.** (1972) a ébauché une étude comparative de quelques granitoïdes de la dorsale Réguibat (partie algérienne). Presque en même temps, **Sabaté P** en 1972, a précisé la structure de la région de Yetti, et en 1973 il a définit la série d'Akilet Deilel en déterminant les relations tectoniques au sein de la jointure Yetti-Eglab.

Une étude géochronologique des séries métamorphiques et des granites précambriens de la partie Nord et Nord-est de la dorsale Réguibat, a été ensuite publiée (**Vachette M et al**, 1973) en précisant les âges compris entre 2.0 Ga.



**Sabaté P.** et **Lomax K.** (1975) ont noté dans le même temps la postériorité de la série de l'Oued Souss par rapport aux niveaux de base de la série d'Akilet Deilel.

En 1976, **Sekkal-Azzouni** a présenté, dans le cadre d'une thèse de 3ème cycle, une étude des stocks plutoniques de la jointure Yetti-Eglab et a montré qu'ils étaient préférentiellement d'affinité calco-alcaline.

En 1979, une équipe dirigée par **Sabaté P.** a daté l'intrusion du pluton Aftout à  $1925 \text{ Ma} \pm 41$ , les volcanites Eglab à  $1995 \pm 30 \text{ Ma}$  et la série d'Akilet Deilel à  $2030 \pm 40 \text{ Ma}$ .

Entre 1981-1983 **SONAREM** se lancera dans des travaux de recherche systématiques sur l'ensemble du massif des Eglab dans le but d'inventorier et d'évaluer les potentialités minières de la région.

En 1988 **Kahoui M.** dans le cadre de sa thèse de troisième cycle a étudié le massif annulaire alcaline de Djebel Drissa dans le massif précambrien des Eglab et a mis en évidence le caractère calco-alcalin des trois groupes de granitoïde dans la région.

En 1993, **Baudin T.** a mis en évidence les principaux traits du domaine Yetti-Eglab. Il a montré l'inexistence d'un chevauchement entre les séries d'Akilet Deilel et de Yetti en se basant sur l'absence de Klippes de charriages.

En 1994, **Lefort J P, Aïfa T.** et **Ouddane M** ont proposé une modélisation magnétique du submérien de l'ensemble Yetti-Eglab. **Kahoui M** et al. (1996) rattachent le stock plutonique Sud-Tinguicht (malinités et syénites mésocrates associées) aux complexes annulaires post-orogéniques tels que ceux de Djebel Drissa et de Hassi El Fogra.

**Mahdjoub Y.** et al. (2002) proposent une évolution du domaine Eglab en trois datés respectivement à 2.2 Ga, 2.1 Ga et 2.08 Ga

Plus récemment, **Peucat J J** et al. (2005), a étudié le massif des Eglab et donna sur la base d'une étude pétrologique et géochronologiques les différentes étapes géodynamiques responsables de la mise en place de cette partie de la dorsale Réguibat.

**Tabliouna M.** et al. (2008) a étudié la structure annulaire du sud de Gara Djebilet en montrant le caractère tholéiitique du magma mis en place dans un cadre distensif post ou syn-orogénique.

**Tabliouna M.** (2009) a présenté une étude pétrologique et géochimique des roches magmatique de la structure annulaire de Bled M'Dena (Eglab occidental). Il met en évidence la cohabitation de deux séries magmatique : l'une tholéiitique-transitionnelle et l'autre calco-alcalin.

**Seddiki A.** (2012) a présenté inventaire, pétrologie et géochimie de roches magmatiques (terrestres et extra-terrestres) retrouvées dans les régions de Chegga et d'Aftout (Eglab).

**Djenaoui C. (2011)** a étudié faciès pyroxénolitiques de la structure annulaire de Gara Djebilet. .

Par ailleurs, plusieurs étudiants du département des sciences de la terre de l'université d'Oran se sont intéressés, dans le cadre de leurs mémoires d'ingénieur d'Etat, à la description de différents faciès de la région des Eglab.

**Rezoug et Tahri (2001)** ont étudié les roches basiques de la structure de Bled M'Dena.

**Lazreg.F (2003)** a effectué une étude pétrographique de quelques volcanites de la structure de Bled M'Dena.

**Della (2003)** a effectué une étude pétrographique de quelques volcanites de la structure de Bled M'Dena.

En 2004 ., **Bouderbala** a réalisé une étude pétrographie et géochimie du magmatisme filonien acide de la région de Dleat Jnoun (Eglab, partie orientale de la dorsale Réguibat) et dans la même année, **Abbou-Kebir** s'est intéressé à l'étude pétrographie des granitoïdes de Bled M'Dena (Eglab, SW algérien).

**El.Kaïm.S (2005)** effectue une étude pétrographie des clinopyroxénites et des faciès associés dans la structure magmatique de Gara Djebilet.

**Lamhal.S (2005)** présente les caractères pétrographiques et géochimiques des volcanites de la structure circulaire de Bled M'Dena.

**Boumelik (2005)** décrit la minéralisation aurifère dans des roches précambrienne de l'Ouest africain.

En 2006 ., **Boutefaha** a effectué une étude pétrographique et géochimique des plutonites de Bled M'Dena.

En (2008), **Allami.F.Z** a établi une étude sur les altérations hydrothermales liées aux magmatiques dans la région d'Akilet Deilel et dans la structure de Bled M'Dena.



## **Chapitre II**

**Cadre géologique et tectonique des Eglab,  
géologie des complexes magmatiques de Bled M'Dena et Gara Djebilet.**

#### 4. Le massif des Eglabs :

Les Eglab, région à l'est du méridien 6° W, relativement à relief, marquée par des Reg granitiques poussiéreux rouges à roses et intrudées par des massifs volcaniques élevés dominants appelés « Guelb », d'où le nom Eglab (in Allami,2016). Le massif des Eglab comporte un socle surmonté par une couverture complexe. Il est subdivisé en trois parties (Sabaté et Lomax,1975) ( in Rezoug,2001).

##### 4.1. Les formations du socle ancien (Archéen ou Précambrien D) :

-la série et granite de Chegga : elle est bien assimilée au Nord, où elle est recouverte en discordance par les sédiments détritiques, puis calcaire de la série de Hank. Elle est composée de leptynites, d'amphibolites, de schiste amphibolitique, et de magmatites leptynitiques (Buffière et al. 1965). Elle constitue le substratum des séries du Yetti et d'Akilet Deilel près de la jointure «Yetti-Eglab». L'équivalent de cette série selon Buffière et al 1965 correspondrait au groupe «Chenachane-Erg Chech» qui se situe à l'est et SE des Eglab et composait : le groupe de Teggeur, Tilemsi, et celui de Draa El Gherb. Le granite migmatique de Chegga est le plus ancien affleurement dans le massif Yetti-Eglab, d'un âge 2.3 Ga (Lassere, Lameyre et Buffière, 1970). Son plissement et son écrasement précèdent l'épisode de plissement majeur dans les séries de Chegga et de Yetti (Saadi et Yettou ,2014).

##### 4.2. Les formations du protérozoïque inférieur (précambrien C) :

###### 4.2.1. Ensemble inférieur :

Daté de 2.73 à 2.18 Ga par Peucat et al. (2005). La série et granite de Yetti : c'est un ensemble volcano-sédimentaire à sédimentaire rythmique où s'intercalent des horizons quartzique et/ou alumineux fins dans des niveaux de tufs rhyolitiques et rhyodacitiques et à caractère de flysch. Elle est caractérisée par une série schisteuse, gréseuse et volcanique et affectée par un métamorphisme général. Les granites de Yetti sont des granites à biotite et amphibole et des granites à biotite. Cette série est traversée par des granitoïdes calco-alcalins et qui y induit un métamorphisme de contact de type Yetti (Sabaté, 1973). Ce granite présente trois faciès différents d'après Buffière et al.1965 :

- Le granite à amphibole,
- Le granite à biotite type Yetti, calco-alcalin, intrusif et discordant.
- Le granite Bou Emeina qui est lié aux migmatites de Bou Emeina.

#### 4.2.2. Ensemble supérieur :

-La série d'Akilet Deilel :

Elle est affleure dans la partie occidental du domaine des Eglab (au Nord et au Nord Est de Bled M'Dena) C'est une formation détritique et volcano-détritique, elle est constituée de grés, de quartzites claires, d'arkose souvent grossiers, de conglomérats polygéniques à ciment argilo-volcanique .

-La série d'Oued Souss :

Composé par des dépôts volcano-détritiques et de formations volcaniques et hypo-volcaniques (Buffière et al. 1965). Elle formé de deux complexes ;

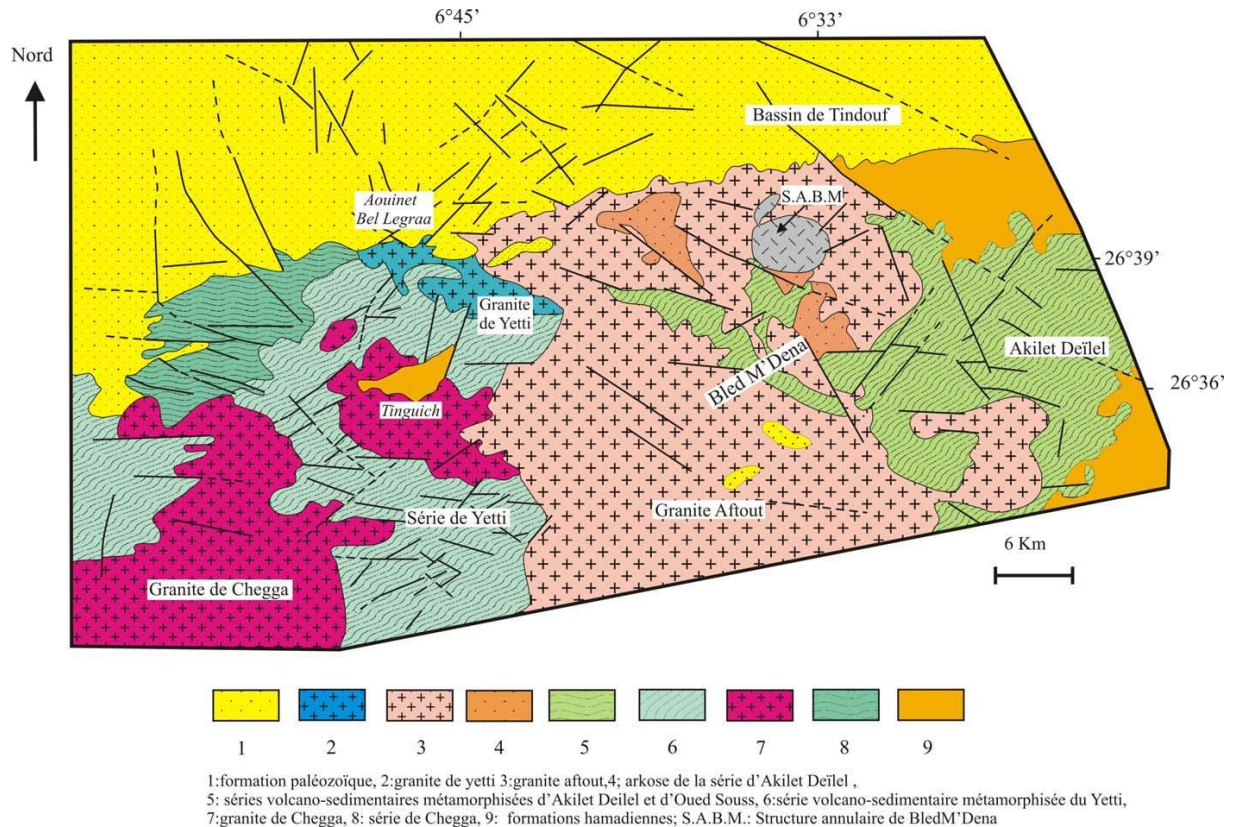
- Part détritique avec conglomérats, grés, arkoses et schistes.
- Part volcanique comprend des ignimbrites, des rhyolites et rhyodacites et des cinérites.

Cette série présente des plis ensellés par un vaste bombement orienté approximativement selon une direction Est-Ouest. Des accidents coulissants découpent cette formation en bandes allongées selon le NW-SE. (Sabaté, 1978)

Le pluton Aftout :

Il est caractérisé par plusieurs venues magmatiques représentées essentiellement par des granites et des monzogranites sub-alkalins. Se serait déroulée en plusieurs épisodes et par la succession suivante :

- Des roches vertes basiques représentées par des diorites et des gabbros dolérites qui sont antérieurs au granite Aftout.
- Les porphyres Aftout aussi antérieure au granite Aftout composées par un microgranite noir et un microgranite porphyrique.
- Le volcanisme Aftout est caractérisé par dacites et des andésites, suivis par des émissions plus acides (ignimbrites, rhyolites, brèches pyroclastiques).
- Les granitoïdes d'Aftout couvre l'ensemble de la partie orientale des Eglab et s'étend à 60 km à l'ouest de chenachane, il correspond à la phase la plus récente du plutonisme Eglab, qui aurait un âge de  $1869 \pm 50$  Ma (Lasser, Lameyre et Buffière 1970) (**Saadi et Yettou ,2014**).



**Fig.05 :** Schéma géologique de la partie septentrionale de la feuille d'Aouinet Bel Lagrâ à partir des images satellitales Alsat 1 (Tabeliouna, 2009).

### 4.3. La couverture infratillitique

#### 4.3.1. La couverture Infratillitique inférieure :

Comprend deux séries principales :

- Le volcanisme Eglab : c'est un volcanisme acide essentiellement Ignimbrique et discordant sur les séries gabbroïques qui constituent l'Eglab (Sabaté et Lomax ,1975), Il représenté par des rhyodacites, des rhyolites, des dacites et parfois des andésites ainsi que par des brèches et des tufs qui sont leurs associés. Il recoupe, le granite Aftout mais il peut également le remanié sous forme de brèche ou il peut aussi le recouvrir.
- La série de Guelb El Hadid : c'est une série postérieure à la série de oued Souss, elle est constitue une entité particulièrement bien délimitée dans le bassin d'El Jnoun-Chindrar. Elle subdivisée en :

- Le Guelb el Hadid inférieur : il présente deux faciés (in Saadi et Yettou ,2014);

#### 4.3.2. La couverture Infratillitique supérieur :

- La série du Hank : c'est un discordance sur la série de Guelb El Hadid. Comporte une série gréseuse à la base, et une série calcaire à stromatolithes au sommet (Buffière et al. 1965). C'est avec cette dernière que prendra fin le Précambrien de la dorsale Réguibat au dessus duquel reposeront en discordance les dépôts glaciaires tillitique issus des bassins paléozoïques de Tindouf et de Taoudenni (Gevin, 1973) (in Saadi et Yettou ,2014).

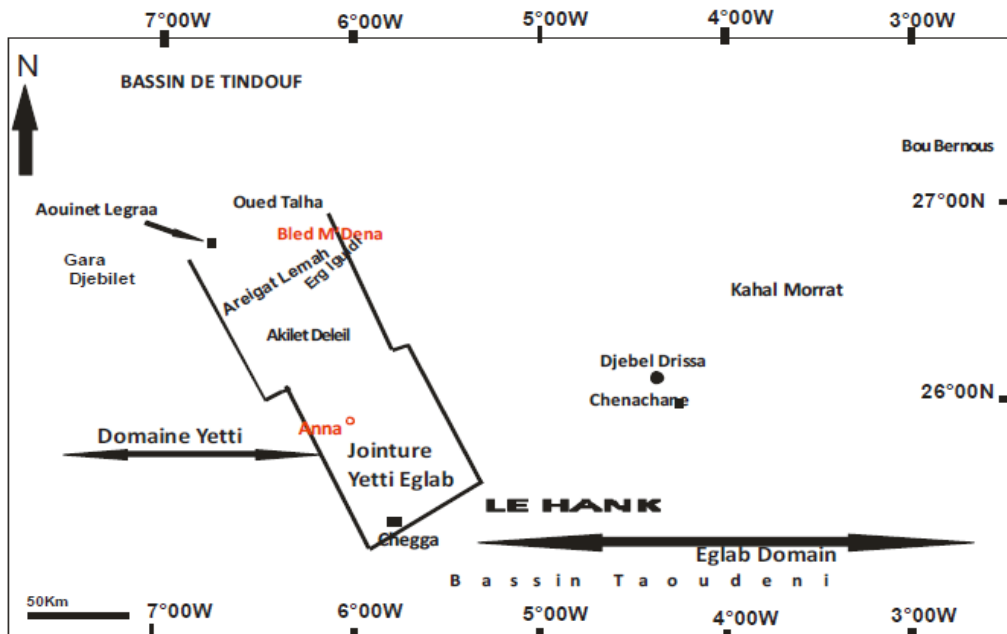
#### 4.3.3. Les intrusions basiques :

Elles se présentent en filon et intrusions tardives comme elles peuvent se présent en filons de lamprophyres (Buffière et al. 1965), dolérites, aplites et basaltes de direction WNW-ESE (Baudin, 1993). Ces intrusions basiques sont plus nombreuses dans la partie orientale (massif des Eglab) que dans la partie centrale et occidentale de la dorsale Réguibat.

- Les séries précambriennes du Yetti et d'Akilet Deilel sont traversées par Dykes doléritiques dont la direction varie N40 à N130, N160.
- Au niveau de la jointure Yetti-Eglab les intrusions basiques apparaissent en petits massifs (Sabaté et Lameyre 1971, Azzouni-Sekkal, 1976) et constituent deux groupes :
  - ✓ Groupe occidental ; affleure dans la région de Bled M'Dena et Kehla.
  - ✓ Groupe de la jointure ; forme un alignement de petits plutons d'orientation méridienne sur le pourtour du batholite Aftout.
- Un massif d'Eleibat Oueld Drisse au NW de Chegga (diorites à amphiboles), les gabbros dioritiques de Teggeur, les dolérites et microdiorites du group Draa El Guerb(Buffière et al, 1965) (in Saadi et Yettou ,2014).

### 5. Présentation du secteur de Bled M'Dena

La structure circulaire de Bled M'Dena, se localise à l'ouest de la jointure Yetti-Eglab. Située aux coordonnées 6°33'W et 26°38'N, C'est un complexe magmatique qui recoupe le pluton d'Aftout Fig.09 (In Tabeliouna, 2009). Limitée au nord part Aouinet Lagraa, au sud par Areigat Lemah, à l'ouest par Gara Djbilet et au sud-est par Erg Iguidi (in allami,2013) .



**Fig.06 :** Localisation des secteurs d'étude( Allami,2016)

La structure annulaire de Bled M'Dena forme un cercle presque parfait d'environ 6 km de diamètre. Elle a fait l'objet d'une étude détaillée par M. Tabeliouna. Le cortège magmatique formant la structure de Bled M'Dena est intrusif dans des granites de type Aftout, et correspond au plutonisme le plus récent des Eglab (in Allami,2013).

Les conditions d'affleurements ne permettent pas une estimation rigoureuse des épaisseurs. Ce complexe plutonique est composé de cinq unités pétrographiques imbriquées, qui passent de l'extérieur vers l'intérieur : des gabbros, syénites, monzodiorites quartziques, granodiorites à amphibole et enfin aux granodiorites à biotite ( Tabeliouna, 2009)

### 5.1. Présentation du secteur de Gara Djebilet

La structure magmatique de Gara Djebilet se situe dans la partie occidentale de la jointure Yetti-Eglab. C'est une structure ovoïde, de près de 1500 m de long, localisée entre les latitudes W 7° 00' 47'' et les longitudes N 26° 29' 22''. Elle recoupe la série de Chegga (**Fig.07**). Ce complexe magmatique est limité à l'Est par les grands filons doléritiques subméridiens, au Nord par Aouinet Belagrâa et au Sud-Est par Areigat Lemha (Djenaoui Cherifa,2011).

Elle correspond à une intrusion de forme globalement ovoïde de près de 1500 m de long et un peu moins de 800 m de large, cette structure recoupe la série de Chegga d'âge supérieur à 2 Ga (Tabeliouna et al., 2008).



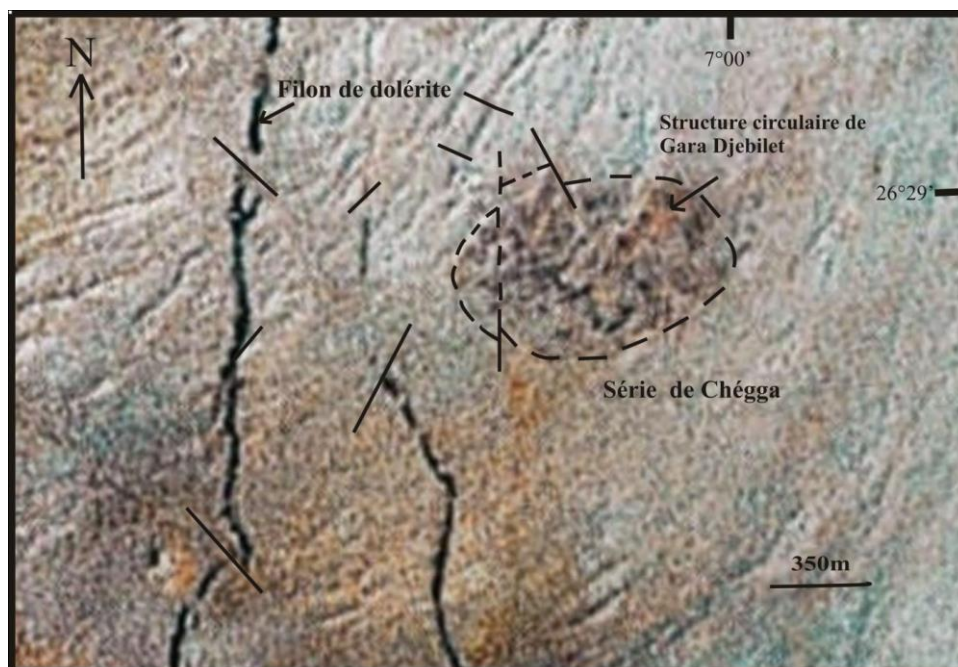
L'étude entreprise se veut une réactualisation des travaux antérieurs de Azzouni-Sekkal (1976), Azzouni-Sekkal et al. (2003) et Tabeiouna et al. (2008).

Elle a pour objectif principal d'apporter de nouveaux compléments à l'étude pétrographique des roches magmatiques de la structure de Gara Djebilet ainsi que des conditions de leur mise en place.

L'échantillonnage effectué par Tabeiouna et al. (2008), selon une coupe orientée WNWESE, est repris ici pour une description pétrographique plus détaillée.

Par ailleurs, la structure magmatique de Gara Djebilet est située en contexte désertique et les conditions d'affleurement sont assez mauvaises (Tabeiouna, *comm. orale*).

La platitude du terrain, l'ensablement ainsi que les nombreuses lacunes de visibilité sont autant de facteurs qui rendent très délicate la mise en évidence des relations spatiales entre les différents faciès ainsi que l'appréciation de leurs extensions sur le terrain.



**Fig.07** : Photo satellite de la structure magmatique de Gara Djebilet (in Tabeiouna et al. 2008) *djenaoui cherifa,2011*

### **Chapitre III**

#### **Synthèse pétrographique et minéralogique des structures magmatiques de Gara Djebilet et de Bled M'Dena**



## **6. Synthèse pétrographique et minéralogique de la région de Gara Djebilet**

La présente synthèse a porté une révision de l'étude des roches magmatiques des structures annulaires des Gara Djebilet et Bled M'Dena, cette synthèse a été faite en s'appuyant sur la coupe d'échantillonnage effectuée par Tabeliouna et al(2008), thèse de magister de Cherifa Djenaoui et en cadre de la préparation de sa thèse de doctorat(2009) respectivement. L'observation des minéraux est sûrement un moyen de comprendre la genèse et les différentes étapes des cristallisations des roches, Nous allons décrire brièvement la nature pétrologique des roches appartenant respectivement aux deux structures circulaires.

### **6.1. Pétrographie de la structure magmatique de Gara Djebilet**

Les observations de terrain montrent que la structure magmatique de Gara Djebilet correspond à une intrusion constituée de deux faciès principaux formant deux enveloppes emboîtées dévoilant une certaine zonalité depuis la périphérie jusqu'au cœur. Cette structure semble complexe et asymétrique, sa partie centrale paraît légèrement décentrée vers l'Est .

La zone médiane de l'intrusion est recoupée par plusieurs filons, les uns sombres, les autres clairs, traduisant des natures pétrographiques différentes. A la limite WNW de la structure, apparaît un affleurement isolé peu étendu, assez sombre, et représenté par une roche à structure hypo-volcanique (Djenaoui Cherifa, 2011).

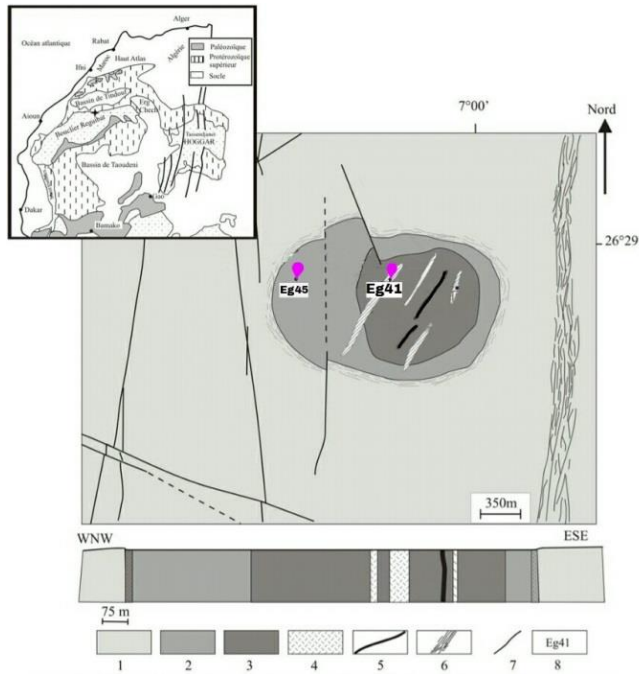
L'étude pétrographique détaillée révèle que les deux enveloppes principales de la structure sont constituées de roches assez exceptionnelles riches en clinopyroxène accompagné de proportions variables de néphéline et de feldspaths. Il s'agit de clinopyroxénites à néphéline dans l'enveloppe périphérique et de malignites dans celle plus centrale. L'affleurement de l'extrémité WNW de la structure correspond à une diorite gabbroïque. Les filons qui recoupent la partie centrale de la structure se distinguent en deux réseaux nettement différents. Les uns sont riches en clinopyroxène associé à des feldspaths et correspondent à des syénites pyroxéniques. Les autres sont essentiellement plagioclasiques et forment des leuco-anorthosites (Djenaoui Cherifa, 2011).

Par ailleurs, la structure magmatique de Gara Djebilet recoupe un encaissant formé de syénites de la série de Chegga (Djenaoui Cherifa, 2011).

C'est une série qui a subi deux phases de plissement (Sabaté, 1972) et un métamorphisme d'intensité croissante vers l'ouest jusqu'aux granites de Bou Emeina. Cette série est traversée par des granitoïdes calco-alcalins qui y induisent un métamorphisme de contact de type Yetti (Sabaté 1973). Ce sont des roches claires à structure bien engrenée et à gros grain, leur aspect

à l’affleurement est très affecté par des phases plicatives représentées par des plis isoclinaux serrés. Ces roches montrent une texture grenue à tendance pegmatitique. Les feldspaths alcalins (orthoses) sont assez gros et peuvent atteindre 1 cm. Localement, on peut observer une texture «en cloison» caractérisée par un mortier quartzo-feldspathique entourant de grands porphyres de feldspaths alcalins de type orthose (Tabeliouna et al., 2008).

Les caractéristiques pétrographiques, des faciès échantillonnés dans la structure magmatiques de Gara Djebilet et de leur encaissant, sont résumées dans le Tab. 1



1: granite déformé de la série de Yetti, 2: clinopyroxénite à plagioclase, 3: clinopyroxénite gabbroïque, 4: diorite gabbroïque, 5: trondhémite, 6: zone fortement schistosée, 7: faille, 8: point d'échantillonnage

**Fig. 08:** Schéma géologique de la structure magmatique de Gara Djebilet in (Tabeliouna et al.2008)

Echant.	Texture	Composition minéralogique Nomenclature	Nomenclature
<b>EG45</b>	mésocumulat	Cpx (75 %), Néph (13 %), Amph (6 %), Mi (3 %), Plagio (1 %), Opx (1 %), Op (1 %)	clinopyroxénite à néphéline
<b>EG41</b>	orthocumulat	Cpx (52 %), Plagio (22 %), F.K. (16 %), Amph (4 %), Mi (3 %), Opx.(1 %), Op (1%), Ap (< 1 %)	syénite pyroxénique

**Tab. 1 :** Récapitulatif des caractères pétrographiques des roches de la structure magmatique de Gara Djebilet.

**Abréviations :** Plagio : plagioclase, F.K. : feldspath alcalin ; Cpx : clinopyroxène ; Opx : orthopyroxène ; Amph : amphibole ; Mi : mica noir ; Musc : muscovite ; Grt : grenat ; Tourm : tourmaline, Sph : sphène ; Ap : apatite ; Op : opaques(Djenaoui cherifa,2011).

### **Les clinopyroxénites à néphéline (échant. EG 45)**

Ce faciès forme l'enveloppe externe de la structure magmatique de Gara Djebilet (Fig. 8). A l'affleurement, les roches sont massives et de couleur vert très sombre. Elles sont à structure grenue et montrent des prismes de pyroxène, de près de 1 cm de long, des cristaux d'amphibole verte ainsi que des taches blanchâtres de près de 3 mm de diamètre.

En lames minces, ces roches apparaissent très riches en clinopyroxène auquel s'associent de la néphéline, de l'amphibole, du mica noir et de petites quantités de plagioclase, d'orthopyroxène et d'opacités. Elles montrent, cependant, de légères variations dans la taille du grain ainsi que de la composition modale (Tab.1). L'échantillon EG 45, situé en position plus externe, est à grain fin à moyen et renferme un peu plus de clinopyroxène. (Djenaoui Cherifa,2011).



***Photo 1** : Clinopyroxénite à néphéline à texture de mésocumulat (échant. EG 45). La néphéline est incolore et forme des plages interstitielles à tendance poecilitique. Le clinopyroxène est vert et apparaît en cristaux sub-automorphes à automorphes. (Vue en L.N. ; 20 x) (Djenaoui Cherifa,2011).*

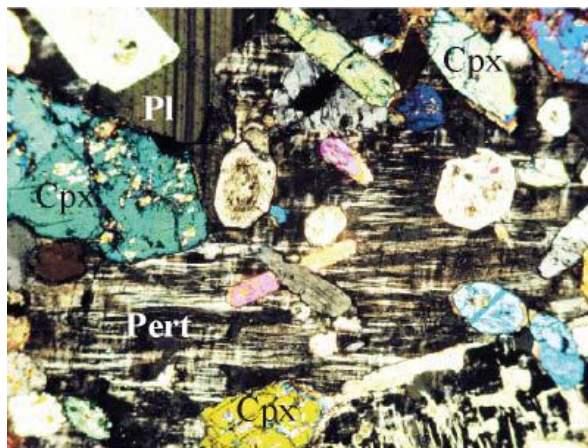
### **Les syénites pyroxéniques (échant. EG 41)**

Ces roches affleurent en filons recoupant la structure magmatique de Gara Djebilet, dans sa partie médiane, selon une direction globalement orientée NNE-SSW. Elles correspondent à un faciès de couleur vert clair où contrastent nettement les feldspaths. Le grain est moyen et les cristaux sont bien engrenés.

L'examen microscopique révèle une composition minéralogique à dominance de clinopyroxène et de feldspaths. L'amphibole, le mica noir, l'orthopyroxène, l'apatite et les opacités sont également présents mais en quantités accessoires (**Tab.1**).

Le terme de syénite pyroxénique a été adopté ici pour caractériser ces roches feldspathiques très riches en clinopyroxène et dont les équivalents correspondraient tout simplement à des monzonites selon la classification de Streckeisen (1976).

Les textures sont également toutes à caractère cumulatif de type orthocumulat (Photos 2). Le cumulus est constitué de clinopyroxène, d'orthopyroxène, de mica noir, d'apatite et d'opacques. L'intercumulus, dont la proportion peut atteindre près de 45 % du volume total de la roche, est principalement formé de feldspaths auxquels s'associe de l'amphibole interstitielle (Djenaoui Cherifa, 2011).



**Photo 2 :** Vue en lame mince d'une syénite pyroxénique (échant. EG 41)  
La partie médiane de la photo est occupée par une grande plage de feldspath perthitique (Pert). Une section interstitielle de plagioclase (Pl) apparaît également dans le coin supérieur gauche de la photo. Les minéraux biréfringents dont des clinopyroxènes (Cpx). (Vue en L.P., 20x)



**Photo 3 :** Section de magnétite (au centre de la photo) incluse dans un feldspath d'une syénite pyroxénique (échant. EG 41). (Vue en L.R., 50 x) (Djenaoui Cherifa, 2011).

## 6.2. Etude Minéralogique de la structure magmatique de Gara Djebilet

Quelques données minéralogiques sur les principaux faciès décrits dans la structure magmatique de Gara Djebilet sont disponibles depuis les travaux de Tabeliouna et al. (2008).

Elles sont reprises ici dans le but d'entrevoir d'éventuelles évolutions des compositions des phases, depuis la périphérie jusqu'au cœur de la structure, à la lumière des nouvelles descriptions pétrographiques.

### Le clinopyroxène (Tab. 2)

Le clinopyroxène est une phase minérale dominante dans les principaux faciès intrusifs qui forment la structure de Gara Djebilet : clinopyroxénites à néphéline, malignites et **syénites** pyroxéniques. Dans le diagramme En-Fs-Wo, il correspond globalement à du diopside (En 39-45 - Fs 5,7-11,2 - Wo 48,1-50). De manière générale, les clinopyroxènes analysés sont tous pauvres en alumine, titane et alcalins. Une évolution de leurs compositions peut être constatée depuis les clinopyroxénites à néphéline jusqu'aux syénites pyroxéniques se traduisant par une diminution des teneurs en titane, magnésium, calcium, sodium et alumine au profit d'un enrichissement en silice, fer et très légèrement en potassium. Cette évolution reflète ainsi une différenciation depuis le faciès périphérique, représenté par les clinopyroxénites à néphéline, jusqu'aux syénites pyroxéniques situées en position plus interne dans la structure magmatique de Gara Djebilet (Djenaoui cherifa, 2011).

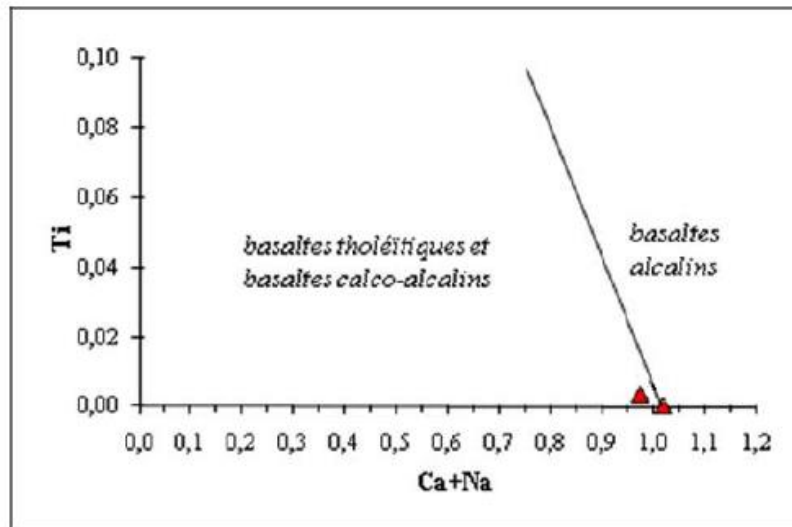
	EG41	EG41
SiO <sub>2</sub>	53,85	53,75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,55	0,65
TiO <sub>2</sub>	0,1	0,12
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,05	0,05
FeO <sub>t</sub>	7	7,03
NiO	0,01	0,01
MnO	0,16	0,12
MgO	14,15	14,3
CaO	23,25	23,56
Na <sub>2</sub> O	0,4	0,43
K <sub>2</sub> O	0,03	0,03
<b>TOTAL</b>	<b>99,55</b>	<b>100,05</b>

*Tab.2 : Compositions chimiques et formules structurales (sur la base de 6 oxygènes) des clinopyroxènes des roches de la structure circulaire de Gara Djebilet. EG 41 : syénite (Djenaoui cherifa,2011).*

	EG41	EG41
Si	1,989	1,993
Al	0,008	0,015
Ti	0	0,003
Cr	0,004	0,003
Fe <sup>2+</sup>	0,217	0,22
Ni	0	0
Mn	0,005	0,004
Mg	0,777	0,797
Ca	0,99	0,944
Na	0,029	0,031
K	0,001	0,001
total	4,02	4,011
mg*	78,17	78,37
%En	39,16	40,64
%Fs	10,94	11,22
%Wo	49,9	48,14
mg*	78,17	78,37



dans le diagramme (Ca + Na) vs Ti, les clinopyroxènes des roches étudiées, tous pauvres en Ti, se regroupent juste à la limite entre le domaine des basaltes alcalins et celui des basaltes tholéïtiques. L'affinité magmatique des roches étudiées ne peut être ainsi clairement définie en utilisant les compositions de leurs clinopyroxènes (Djenaoui Cherifa, 2011).fig.13



**Fig.09 :** Diagramme (Ca+Na) vs Ti des clinopyroxènes de la structure de Gara Djebilet (Leterrier et al., 1982). triangles rouges : syénite pyroxénique (échant. EG 41)

### Le plagioclase (Tab.3)

Le plagioclase représente également une phase minérale très fréquente dans les roches étudiées. Il n'a été analysé que dans la syénite pyroxénique (échant. EG 41). Dans le diagramme An-Ab-Or, il correspond à l'albiteoligoclase dans la syénite pyroxénique (An 6,1-6,4). Il semble ainsi que les plagioclases des roches de Gara Djebilet s'enrichissent en sodium au coeur de la structure occupé par les syénites pyroxéniques (Djenaoui Cherifa, 2011).

	EG41	EG41
SiO <sub>2</sub>	66,62	66,48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,62	20,19
TiO <sub>2</sub>	0	0
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0
FeO	0,1	0,06
MnO	0	0,02
MgO	0,01	0
CaO	1,33	1,32
Na <sub>2</sub> O	10,63	11,1
K <sub>2</sub> O	0,18	0,15
<b>TOTAL</b>	<b>99,49</b>	<b>99,32</b>

Si	2,93	2,94
Al	1,07	1,05
Ti	0	0
Fe	0	0
Mg	0	0
Mn	0	0
Cr	0	0
Na	0,91	0,95
K	0,01	0,01
Ca	0,06	0,06
total	4,99	5,02
%An	6,4	6,12
%Ab	92,57	93,06
%Or	1,03	0,83

**Tab. 3 :** Compositions chimiques et formules structurales (calculées sur la base de 8 Oxygènes) de quelques plagioclases des roches de la structure de Gara Djebilet. **EG 41 :** syénite pyroxénique (Djenaoui Cherifa, 2011).

### L'amphibole

Cette espèce minérale est toujours présente dans les principaux faciès de la structure magmatique de Gara Djebilet. Ses proportions modales tendent à augmenter depuis le faciès périphérique vers le faciès central. Les amphiboles ont été ainsi analysées dans une clinopyroxénite à néphéline (échant. EG 41) et une syénite à pyroxène (échant. EG 41). D'une manière générale, elles sont toutes calciques et ferromagnésiennes mais correspondent à deux types bien distincts. Ce sont des hastingsites magnésiennes dans les clinopyroxénites à néphéline et des actinotes dans les syénites pyroxéniques. Les hastingsites montrent entre elles des compositions assez comparables et sont globalement plus riches en alumine, titane, fer, sodium et potassium que les actinotes qui sont, en revanche, plus siliceuses, plus magnésiennes et légèrement plus calciques. En outre, depuis les clinopyroxénites jusqu'aux malignites, les compositions des amphiboles révèlent également quelques variations se traduisant par un appauvrissement en magnésium et calcium et un enrichissement en alumine, titane, fer et légèrement en alcalins. Ces variations pourraient refléter ainsi une différenciation depuis le faciès périphérique. La présence d'actinotes dans les syénites pyroxéniques reste assez énigmatique (Djenaoui Cherifa, 2011).

	EG44	EG44	EG41	EG41	EG41
SiO <sub>2</sub>	42,96	44,53	55,38	54,51	55,59
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,07	11,14	1,75	1,78	0,65
TiO <sub>2</sub>	1,18	1,25	0,49	0,51	0,06
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,02	0,03	0,03	0,05
FeO	11,63	11,83	8,86	9,26	9,48
NiO	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03
MnO	0,16	0,23	0,16	0,13	0,15
MgO	13,63	13,52	18,4	17,98	17,88
CaO	11,14	11,23	12,08	11,81	13,02
Na <sub>2</sub> O	3,82	3,66	0,9	0,9	0,19
K <sub>2</sub> O	0,98	0,99	0,38	0,27	0,08
<b>TOTAL</b>	<b>99,62</b>	<b>96,43</b>	<b>98,4</b>	<b>97,32</b>	<b>97,18</b>

Si	6,426	6,388	7,785	7,767	7,922
Al					
IV	1,574	1,612	0,215	0,233	0,078
Al					
V	0,378	0,36	0,075	0,066	0,031
Ti	0,133	0,141	0,052	0,055	0,006
Cr	0,004	0,002	0,003	0,003	0,006
Fe	1,455	1,486	1,041	1,103	1,13
Ni	0,002	0,004	0,005	0,005	0,003
Mn	0,02	0,029	0,019	0,016	0,018
Mg	3,04	3,027	3,856	3,819	3,799
Ca	1,785	1,807	1,809	1,803	1,988
Na	1,108	1,066	0,245	0,249	0,052
K	0,187	0,19	0,068	0,067	0,015
total	16,112	16,112	15,173	15,186	15,048
mg*	67,63	67,07	78,74	77,59	77,07

**Tab. 4 :** Compositions chimiques et formules structurales (calculées sur la base de 23 oxygènes) des amphiboles des roches de la structure de Gara Djebilet (**Djenaoui Cherifa, 2011**).

**EG 44 :** clinopyroxénite à néphéline

**EG 41 :** syénite pyroxénique



### 6.3. Discussion et conclusion à l'étude minéralogique

Les données minéralogiques disponibles sur les faciès magmatiques de la structure circulaire de Gara Djebilet restent encore très fragmentaires. Celles obtenues notamment sur les clinopyroxénites à néphéline et les syénites à pyroxène permettent, cependant, d'envisager une certaine évolution des compositions de leurs phases constitutives depuis la périphérie jusqu'au coeur de la structure.

Les clinopyroxènes représentent la phase minérale dominante des roches étudiées. Ils correspondent toujours à du diopside qui montre des diminutions des teneurs en alumine, titane, sodium, calcium et magnésium et des augmentations des proportions en silice, fer et potassium depuis les clinopyroxénites à néphéline jusqu'aux syénites pyroxéniques.

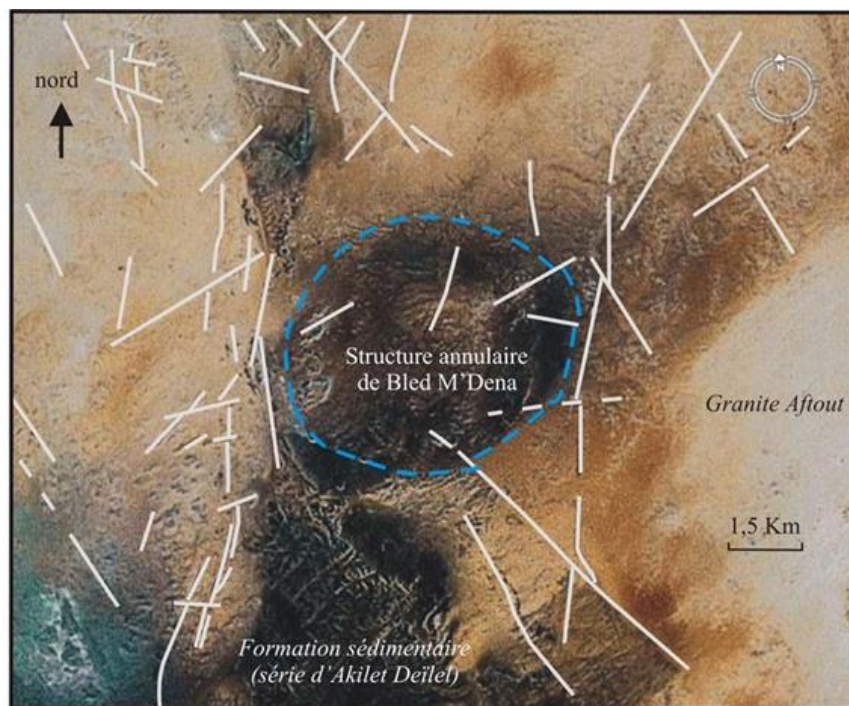
Les amphiboles se distinguent en deux types : des hastingsites et des actinotes. Les premières apparaissent dans les clinopyroxénites à néphéline et révèlent des variations de leurs compositions, depuis le premier faciès jusqu'au second, se traduisant par une diminution de leurs teneurs en magnésium et calcium au profit d'un enrichissement en alumine, titane, fer et légèrement en alcalins. Les actinotes ne sont présentes que dans les syénites pyroxéniques. Elles sont caractérisées par des températures de cristallisation assez basses qui pourraient suggérer qu'elles soient secondaires et résulter de processus d'altération, tardi à post magmatiques d'amphiboles ou de clinopyroxènes primaires.

Cependant, le passage des clinopyroxénites à néphéline aux syénites pyroxéniques ne semble pas aussi simple à mettre en évidence. Tous ces faciès contiennent du clinopyroxène en abondance mais les deux premiers sont caractérisés par la présence de néphéline alors que les syénites sont plutôt riches en plagioclase sodique et en feldspath potassique. Les compositions chimiques de leurs phases constitutives montrent également de fortes variations entre celles des clinopyroxénites à néphéline d'une part, et celles des syénites pyroxéniques d'autre part. Si le passage des clinopyroxénites à néphéline aux syénites pyroxéniques est envisageable, il ne pourrait donc s'expliquer que par l'intervention de processus pétrogénétiques particuliers ayant affecté les liquides résiduels du magma parental après la cristallisation des clinopyroxénites et une contamination avec l'encaissant et/ou un mélange avec d'autres liquides ou fluides riches en silice et en alcalins, en particulier, peuvent être alors suggérés. Dans cette hypothèse, il serait donc possible de suggérer que la grosse masse de la structure de Gara Djebilet résulte de la différenciation centripète par cristallisation fractionnée d'un magma parental injecté dans les syénites encaissantes de la série de Chegga. Les filons de syénites pyroxéniques en représenteraient les derniers liquides résiduels modifiés par les

processus pétrogénétiques évoqués ci-dessus. Par ailleurs, les faibles teneurs en Al, Ti et alcalins des clinopyroxènes ainsi que les faibles teneurs en Ti et les quantités modérées en Al des micas permettent de caractériser une affinité sub-alkaline de ce magma parental.

## 7. Synthèse pétrographique et minéralogique de la région de Bled M'Dena

La structure annulaire de Bled M' Dena est caractérisée par cinq unités magmatiques disposées en anneau dont le diamètre de 6 km. L'ensablement couvre une grande superficie, néanmoins de timides reliefs sur la périphérie et au centre du complexe rompt la monotonie de cet ensablement. Des associations de roches acides, intermédiaires et basiques, s'observent aisément. Le massif est composé par des granodiorites, des monzodiorites quartziques, de syénite au sud-ouest et des gabbros au sud-est forment la partie la plus externe de la structure. Ces faciès sont recoupés par des roches volcaniques évoluant des basaltes aux rhyolites en passant par des andésites, trachyandésites et des dacites. Toutefois le volume des faciès intermédiaires est plus important que le volume des roches basiques et acides (Tabeliouna 2009)



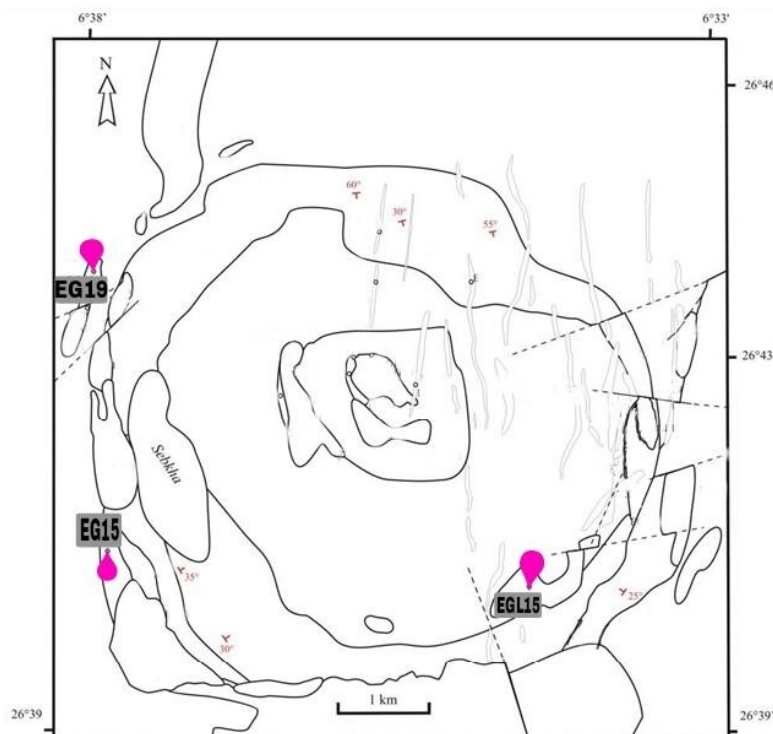
**Fig.10** : schéma de la fracturation de la structure annulaire de Bled M'Dena et de sa formation encaissante (dessin effectué sur un fond de photo satellitales) (In Tabeliouna, 2009)

### 7.1. Pétrographie des volcanites de la structure annulaire de Bled M'Dena

Les roches volcaniques affleurant au sein de la structure circulaire de Bled M'Dena, sont moins abondantes que les roches grenues, mais apparaissent intimement liées aux roches plutoniques notamment en présentant deux grands types de gisements :

- 1- des coulées andésitiques affleurant essentiellement dans la bordure, formant de discrètes collines discontinues traçant ainsi la limite de la structure, et des lambeaux de coulées basaltiques et dacitiques au centre formant un monticule de quelques mètres de hauteur.
- 2- des filons de rhyolites et de trachyandésites, qui se concentrent essentiellement dans la partie centrale et orientale de la structure. Leur extension horizontale (longitudinale) est parfois difficile à estimer. Les filons rhyolitiques sont caractérisés par un débit parallèle aux épontes, et sont très altérés (Tabeliouna, 2009).

Nous allons décrire que deux faciès concernés par les analyses isotopiques de l'oxygène (EG19,EGL15)



**Fig.11 : carte d'échantillonnage de la structure de Bled M'Dena(In Tabeliouna, 2009) modifiée. EG19-Basalte ; EG15-Syénite ; EGL15-Basalte Andésitique**

**Les basaltes (échant. EG 19).**

Au sein du complexe magmatique de Bled M'Dena, les basaltes et les basaltes andésitiques sont les seuls termes mafiques, ils représentent un volume assez restreint. Ils affleurent à l'ouest de la structure, sous forme de lambeaux de coulées qui s'étendent sur environ 300 mètres et au centre de la structure où deux coulées s'étalent l'une vers le sud sur environ 700 mètres et l'autre vers l'ouest sur environ 500 mètres. Cette roche est massive, de couleur vert foncé et on y décèle des phénocristaux millimétriques, de pyroxènes. L'étude microscopique révèle une texture microlitique porphyrique ; les phénocristaux sont formés essentiellement de clinopyroxènes et de plagioclases (Tabeliouna, 2009).

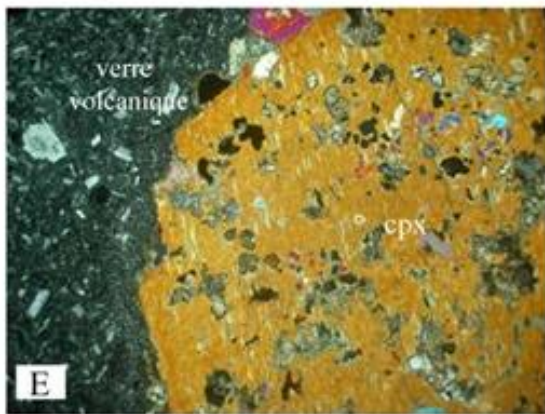


photo E: phénocrystal de cpx, poecillitique dans la coulée basaltique EG19, la partie grise de la photo montre des microlites de plagioclases baignant dans un verre volcanique (X 25 LPA)

**PHOTO : 04.**

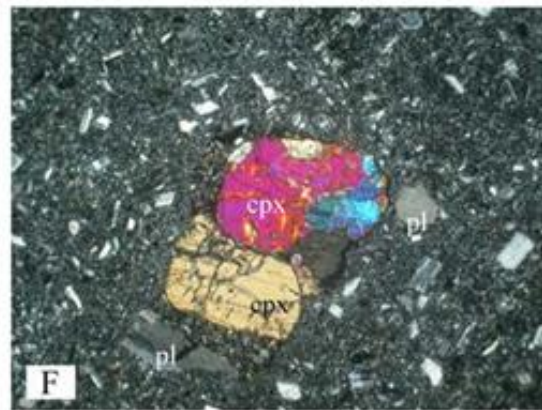


photo F: texture microlitique porphyrique du basalte (EG19) les phénocristaux sont souvent groupés en amas, ils sont plus importants que les plagioclases qui commencent à prendre du volume par rapport aux coulées EGL5 et EG19 (X 25 LPA)

**Photo :05.**

### **Basaltes andésitiques (échant. EG L15).**

Les basaltes andésitiques présentent deux faciès différents. Le premier est représenté par une coulée orienté N35, située à l'extrême ouest de la structure, c'est un affleurement étendu sur 400 mètres, où la roche présente des phénocristaux de pyroxène baignant dans une matrice grisâtre. Le deuxième faciès est situé sur la bordure est et sud-est de la structure (Fig.11), ce sont des coulées étendues respectivement sur 1,5km et 800 mètres, formant un petit relief de quelques mètres de hauteur. Sur la patine on peut reconnaître des phénocristaux de ferromagnésiens (pyroxènes) et de feldspaths (Tabeliouna, 2009).

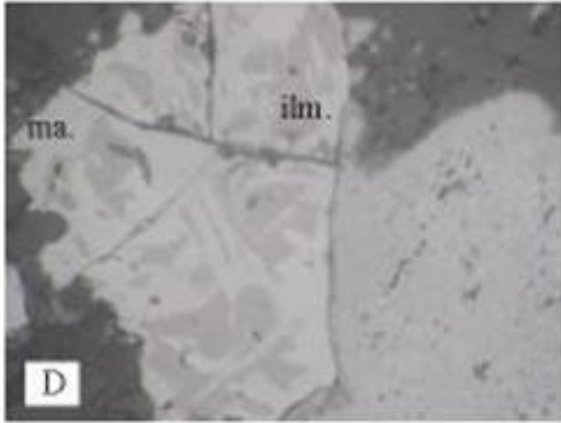


Photo D: association d'ilménite (en rose) et de magnétite (en blanc) en inclusion dans une amphibole, dans la coulée trachyandésitique EGL 15, lumière réfléchie X500

*Photo :06.*

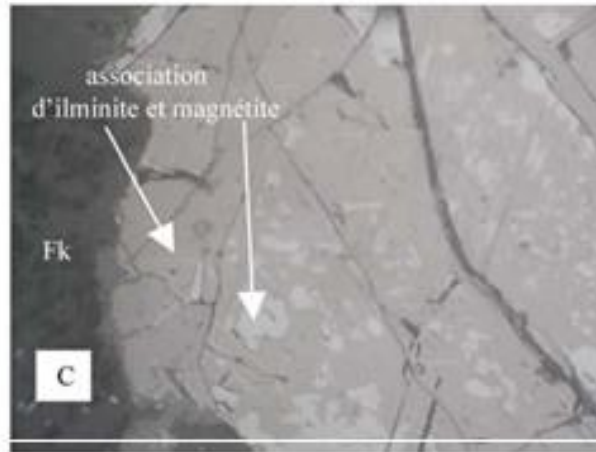
## 7.2. Pétrographie des granitoïdes de la structure annulaire de Bled M'Dena

Le complexe de Bled M'Dena est constitué presque exclusivement de granitoïdes, traversé par des roches volcaniques. L'étude pétrographique des granitoïdes de la structure concentrique de Bled M'Dena met en évidence une suite variée de roches à dominance feldspathique et plus rarement mafique. L'échantillonnage réalisé au cours des campagnes de terrain en 2000 et 2002 a permis d'apporter les premières descriptions pétrographiques et géochimiques des roches de ce complexe magmatique (**Tabeliouna, 2009**).

### **Syénite (échant. EG 15).**

Elle affleure, uniquement dans la bordure sud-ouest de la structure, ses limites avec les faciès avoisinants sont totalement cachées par un écran sableux. Elle présente un débit schisteux plongeant de 30° vers le centre de la structure. C'est une roche dont la couleur varie entre le rose et le rougeâtre. Elle est à grain moyen, essentiellement feldspathique. Les grains de feldspaths de couleur blanche présentent quelques millimètres de diamètre et les ferromagnésiens sont de tailles plus petites et leur forme est moins régulière (**Tabeliouna, 2009**).



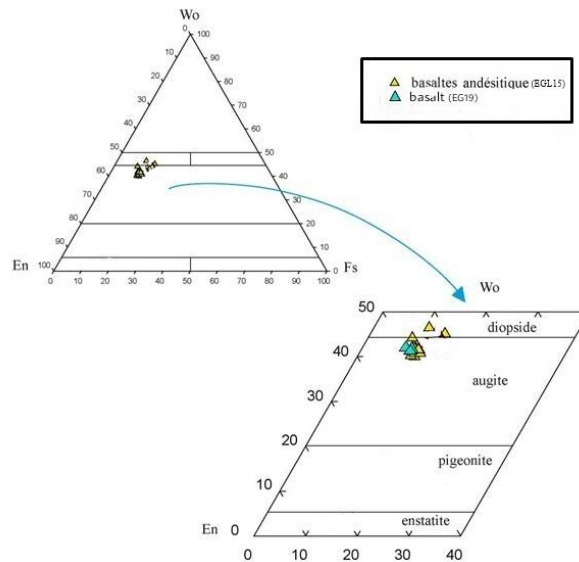


**Photo :07.** : inclusion d'une titanomagnétite dans un feldspath alcalin(Fk) (Syénite EG15).  
Lumière réfléchie x500

### 7.3. Minéralogie des roches volcaniques

L'étude minéralogique porte sur les granitoïdes et les gabbros associés, ainsi que sur les roches volcaniques qui les traversent. Les roches intrusives montrent une évolution depuis les gabbros jusqu'au monzogranite en passant par les termes intermédiaires(diorite, monzodiorite et granodiorite). Les roches volcaniques évoluent, elles aussi, depuis les basaltes jusqu'aux rhyolites en présentant un important volume de roches intermédiaires (andésites, dacites, trachyandésites).

**Le clinopyroxène** n'est pas présent systématiquement, dans les faciès volcaniques, il est peu abondant et il n'a été observé que dans les faciès les moins différenciés (basalte, basalte andésitiques et à un degré moindre les trachyandésites). Dans les roches volcaniques trois coulées présentent une paragenèse assez riche en clinopyroxène (tableau 04). Les basaltes (EGL 15) de la bordure du complexe magmatique présente un taux de 35% de clinopyroxène. Les clinopyroxènes étudiés dans ces roches correspondent à des diopsides (En42,4-45,8 – Fs7,4-12,8 – Wo45,3-47,7) et des augites (En40,6-49,1 – Fs8,6-10,1– Wo39,7-44,4). Il est utile de noter que seules deux coulées ; le basalte andésitique (EGL 15) et le basalte du centre de la structure présentent une cohabitation des deux types de clinopyroxènes (**Tabeliouna, 2009**).



**Fig. 11:** Diagramme Wo-En-Fs des pyroxènes des coulées volcaniques de la structure annulaire de Bled M'Dena (Tabeliouna, 2009).

Les clinopyroxènes des coulées basaltiques situées à la limite ouest de la structure, sont plus riche en alumine ( $Al_2O_3$  : 2,5 à 3,2 %), en revanche la proportion de l'aluminium de ceux des basaltes du sud-est de la structure (EGL15). Le comportement du sodium présente aussi quelques légères différences, car les clinopyroxènes de la coulée EGL15 présente un léger enrichissement en sodium ( $Na_2O$  : 0,4 à 0,7 %) par rapport aux autres coulées qui présentent une concentration légèrement inférieure ( $Na_2O$  : 0,2 à 0,4 %).

D'autre part le titane présente une proportion sensiblement identique, elle varie entre 0,1 et 0,7%. Le rapport de  $Mg^*$  est assez élevé ( $61,6 < Mg^* < 79,0$ ), ce qui rapproche ces clinopyroxènes du pôle diopside. Ce rapport présente de légères variations d'une coulée à une autre, comme le montre le tableau ci-contre (Tabeliouna, 2009).

<i>Coulées</i>	<i>localisation</i>	<i>Mg*</i>
EG15	Bordure ouest de la structure	$71,8 < Mg^* < 73,7$
EGL15	Bordure sud-est de la structure	$61,6 < Mg^* < 79,0$

CPX	EGL15						
			<i>Cœur</i>	<i>bordure</i>	<i>bordure</i>	<i>cœur</i>	
SiO <sub>2</sub>	53,71	53,5	53,35	52,01	51,86	53,19	52,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,42	0,75	1,37	1,83	1,95	0,95	1,65
TiO <sub>2</sub>	0,11	0,26	0,23	0,71	0,73	0,24	0,57
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0	0,9	0,05	0,05	0,04	0,07
FeO	7,37	7,55	4,23	9,13	9,28	7,38	7,7
NiO	0	0	0	0	0	0,01	0
MnO	0,38	0,41	0,4	0,28	0,27	0,39	0,36
MgO	15,11	15,08	16	14,81	14,88	14,88	15,06
CaO	22,23	22,26	22,81	19,9	20,4	21,9	20,55
Na <sub>2</sub> O	0,41	0,48	0,51	0,48	0,53	0,42	0,69
K <sub>2</sub> O	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07	0,08
TOTAL	99,83	100,31	99,48	99,22	99,98	99,47	99,03
Mg*	67,15	66,64	79,1	61,88	61,6	66,84	66,16
FS a Oxy							
Si	1,99	1,94	1,96	1,95	1,93	1,98	1,95
Al <sup>IV</sup>	0,01	0,06	0,04	0,05	0,07	0,02	0,05
Al <sup>VI</sup>	0,01	-0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03
Ti	0	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02
Fe	0,23	0,23	0,13	0,29	0,29	0,23	0,24
Mg	0,84	0,92	0,88	0,83	0,83	0,83	0,84
Mn	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0,01
Cr	0	0	0,03	0	0	0	0
Na	0,03	0,03	0,04	0,03	0,84	0,03	0,05
K	0	0	0	0	0	0	0
Ca	0,88	0,87	0,9	0,8	0,82	0,87	0,83
total	4,01	4,05	4	4,01	4,02	4,01	4,02
Ens	42,49	45,29	45,76	42,89	42,46	42,4	43,64
Fs	12,62	12,25	7,38	15,67	15,7	12,79	13,54
Wo	45,53	43,12	47,71	42,15	42,61	45,43	43,83

*Tab.04: Compositions chimiques des clinopyroxènes des roches volcaniques de la structure annulaire de Bled M'Dena (Tabeliouna, 2009). Basalte andésitique (échant. EGL 15)*



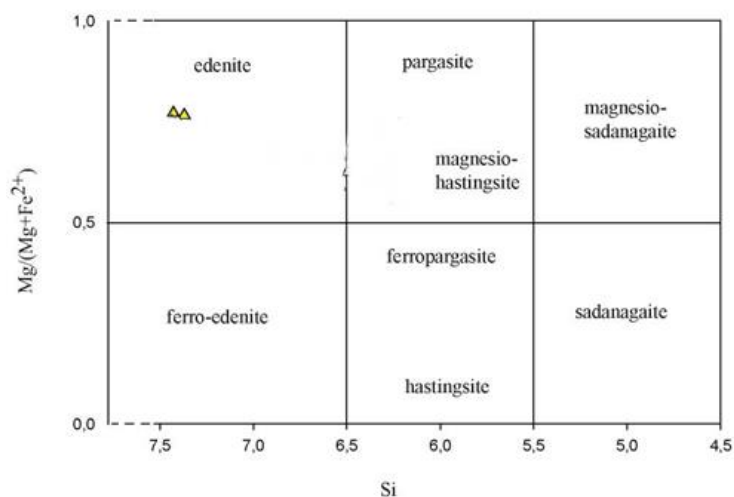
<b>cpx</b>	<b>Basalt EG19</b>		
SiO2	51,59	51,63	51,61
Al2O3	3,04	2,8	2,92
TiO2	0,42	2,29	0,35
Cr2O3	0,61	0,82	0,71
FeO	5,96	6,03	5,99
NiO	0	0	0
MnO	0,17	0,12	0,15
MgO	16,48	16,86	16,67
CaO	20,6	20,04	20,32
Na2O	0,31	0,41	0,36
K2O	0,02	0,02	0,02
Total	99,19	99,01	99,1
<b>mg*</b>	<b>73,46</b>	<b>73,67</b>	<b>73,56</b>
6 oxygenes			
Si	1,91	1,91	1,91
AlIV	0,09	0,09	0,09
Al VI	0,04	0,04	0,04
Ti	0,01	0,01	0,01
Fe	0,18	0,19	0,19
Mg	0,91	0,93	0,92
Mn	0,01	0	0
Cr	0,02	0,02	0,02
Na	0,02	0,03	0,03
k	0	0	0
Ca	0,82	0,8	0,81
<b>Total</b>	<b>4,01</b>	<b>4,02</b>	<b>4,02</b>
<b>ens</b>	<b>46,92</b>	<b>47,84</b>	<b>47,38</b>
<b>Fs</b>	<b>9,79</b>	<b>9,79</b>	<b>9,79</b>
<b>Wo</b>	<b>42,61</b>	<b>41,87</b>	<b>42,04</b>

*Tab.05: Compositions chimiques des clinopyroxènes des roches volcaniques de la structure annulaire de Bled M'Dena (In Tabeliouna, 2009).*

*Les amphiboles*

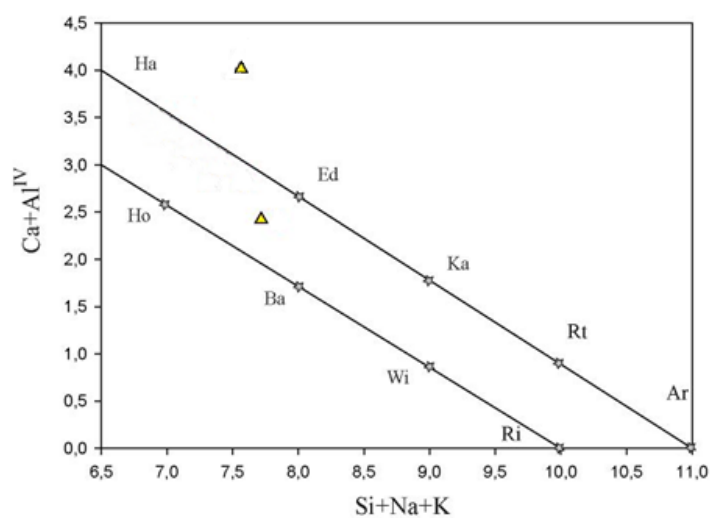
Les amphiboles sont présentes dans les faciès andésitiques et dacitiques. Les analyses effectuées dans les coulées basaltiques(EG15) montrent que la phase ferromagnésienne dans des basaltes ont des proportions modales qui ne dépassent pas 29%.

La projection des analyses (tab 6) sur le diagramme de classification de Leake (Fig.12), montre que les amphiboles des coulées basaltiques (EGL15) de la structure de Bled M' Dena ont un caractère calcique, elles se situent dans le champ des édenites.



triangles jaunes : basalte (échant. EGL 15)

Triangle jaune : basalte andésitique (EGL 15)



**Fig. 13:** Diagramme (Si+Na+K) vs Ca+Al<sup>IV</sup> en cations, (d'après Giret et al. 1980) des amphiboles des coulées de la structures annulaires de Bled M'Dena, Ha: Hastingsite, Ed:Edenite, Ka: Katophorite, Rt:Richterite, Ar : Arfvedsonite, Ho:Hornblende, Ba: Barroisite, Wi: Winchite, Ri: Ribeckite

Triangle jaune : basalte andésitique (EGL 15)

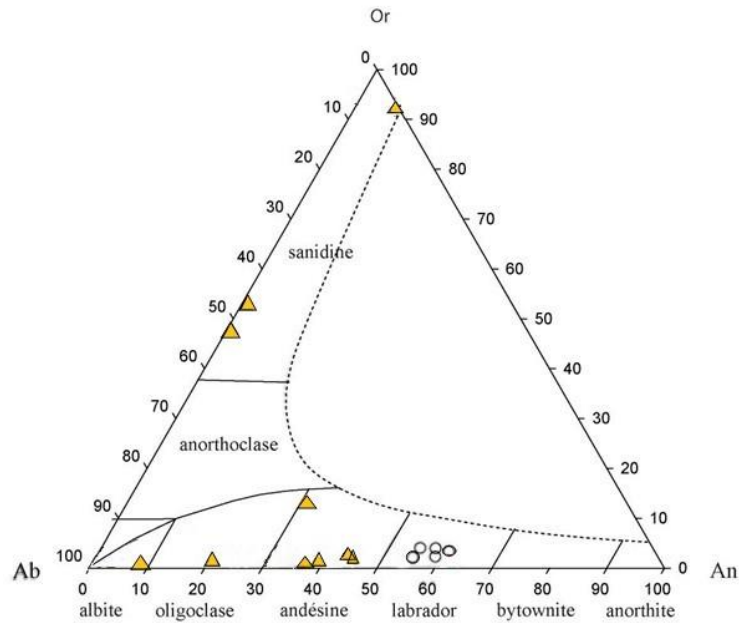
<b>Amphibole</b>	<b>EGL15</b>	<b>EGL15</b>
SiO <sub>2</sub>	50,86	50,79
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,13	1,61
TiO <sub>2</sub>	0,76	0,5
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0,05
FeO	9,81	7,56
NiO	0,02	0
MnO	0,31	0,24
MgO	17,56	14,46
CaO	11,54	22,08
Na <sub>2</sub> O	1,02	0,49
K <sub>2</sub> O	0,84	0,02
<b>TOTAL</b>	<b>96,34</b>	<b>97,79</b>
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	1,37	0,51
mg*	64,15	65,68

Si	7,39	7,42
Al IV	0,61	0,58
Al V	0,09	-0,3
Ti	0,08	0,05
Fe	1,19	0,92
Mg	3,8	3,15
Mn	0,04	0,03
Cr	0	0,01
Na	0,29	0,14
K	0,06	0
Ca	1,8	3,46
<b>total</b>	<b>15,35</b>	<b>15,46</b>
<b>mg*</b>	<b>76,14</b>	<b>77,32</b>
Ca	1,8	3,46
Na+k	0,35	0,14
TI	0,08	0,05
Ca+Na	2,42	2,42

**Tab.6:** composition chimiques des clinopyroxènes des roches volcaniques de la structure de Bled M'Dena (Tabeliouna, 2009)

### Les feldspaths :

Les feldspaths sont représentés dans la quasi-totalité des échantillons observés en lames minces, depuis la matrice microcristalline jusqu'aux phénocristaux des faciès basaltiques. Ils sont de nature essentiellement plagioclasique. Dans les faciès basaltiques (EGL15), le plagioclase représenté est primaire et de nature basique : c'est essentiellement un andésine (Fig.13). Dans les roches basaltique (analyses reportées dans le tableau 7).



**Fig. 13:** Diagramme des compositions des feldspaths Or-An-Ab des coulées de la structure de Bled M'Dena  
triangles jaunes : basalte andésitique (échant. EGL 15)  
cercles blancs : basalte andésitique (échant. EG 18)

### Conclusion

Les phénocristaux sont essentiellement représentés par le clinopyroxène, l'amphibole, les feldspaths, la biotite et le quartz. Dans les basaltes les clinopyroxènes apparaît comme la phase primaire la plus basique dans ces coulées. Ils correspondent à des diopsides (En<sub>42,4-45,8</sub> – Fs<sub>7,4-12,8</sub> – Wo<sub>45,3-47,7</sub>) et à augites (En<sub>40,6-49,1</sub> – Fs<sub>8,6-10,1</sub> – Wo<sub>39,7-44,4</sub>). C'est la seconde phase à cristalliser après les titanomagnétites, suivi par les plagioclases. Les compositions chimiques des clinopyroxènes, associés à l'ordre de cristallisation constituent de bons indicateurs du chimisme du magma parent et/ou de sa source. Elles retracent les conditions physiques de la cristallisation lors de la mise place de la structure annulaire.

Plagio	EGL15 Basalte Andésitique									
	bordure	cœur			pheno				cœur	bordure
SiO <sub>2</sub>	56,03	56,72	58,38	66,23	58,33	58,45	62,92	58,87	56,75	58,52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27,39	26,66	25,49	21,54	25,89	25,9	22,38	24,95	26,72	25,94
TiO <sub>2</sub>	0,04	0,1	0,11	0,02	0	0,12	0	0,02	0,05	0,09
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0	0	0,03	0	0	0	0	0,05	0,05
FeO	0,3	0,32	0,33	0,22	0,18	0,62	0,72	0,37	0,52	0,2
NiO	0	0	0	0,02	0	0	0	0	0,03	0
MnO	0,04	0	0,03	0,01	0	0,03	0,04	0	0,02	0
MgO	0	0	0,09	0,02	0,3	0,09	0,05	0,01	0,02	0
CaO	9,38	8,57	6,99	1,74	7,64	7,92	4,38	6,43	9,07	7,99
Na <sub>2</sub> O	6,22	6,48	7,26	10,07	7,07	6,59	9,08	6,33	6,19	6,75
K <sub>2</sub> O	0,28	0,19	0,6	0,11	0,16	0,55	0,23	2,27	0,43	0,21
TOTAL	99,71	99,02	99,21	100	99,32	100,26	99,78	99,23	99,85	99,74
Si	2,53	2,57	2,64	2,9	2,63	2,62	2,8	2,67	2,56	2,62
Al	1,46	1,42	1,35	1,11	1,37	1,37	1,17	1,32	1,42	1,37
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01
Mg	0	0	0,01	0	0	0,01	0	0	0	0
Mn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na	0,54	0,57	0,64	0,86	0,62	0,57	0,78	0,56	0,54	0,59
K	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,03	0,01	0,13	0,02	0,01
Ca	0,45	0,42	0,34	0,08	0,37	0,38	0,21	0,31	0,44	0,38
total	5,02	5,01	5,02	4,97	5	5	5,01	5,01	5,01	4,99
Or	1,59	1,1	3,043	0,65	0,92	3,19	1,3	13,13	2,46	1,22
An	44,73	41,76	33,54	8,66	37,04	38,63	20,77	31,23	43,64	39,06
Ab	53,68	57,14	63,03	90,69	62,03	58,17	77,93	55,64	53,9	59,72

**Tab.07:** composition des plagioclases des basaltes de la structure de Bled M'Dena (Tabeliouna, 2009)

## **Chapitre III**

### **Géochimie**

## 8. Géochimie de la structure annulaire de Gara Djebilet

Cette étude a pour but de discuter les caractères géochimiques des roches de la structure de Gara Djebilet avec leurs particularités pétrographiques et minéralogiques. Les données analytiques sur roches totales (éléments majeurs et traces) sont également reprises des travaux de Tabeliouna et al. (2008). Les éléments majeurs ont été dosés par fluorescence X (XRF) et les éléments en traces par ICP-AES. Les échantillons analysés représentent les principaux faciès affleurant dans la structure de Gara Djebilet : une clinopyroxénites à néphéline (**échant. EG 45**), une syénite pyroxénique (**échant. EG 41**). Par ailleurs, dans nos discussions nous comparons également les roches étudiées, avec les roches de la structure circulaire de Bled M'Dena (Tabeliouna,2009).

### 8.1. Les éléments majeurs (Tab.8)

La distribution des éléments majeurs dans les roches magmatiques de la structure circulaire de Gara Djebilet permet de distinguer clairement les deux ensembles de roches mis en évidence dans l'étude pétrographique : les clinopyroxénites à néphéline, et la syénite pyroxénique (Tab.8 et Fig.15) (Djenaoui Cherifa,2011).

	EG45	EG41
SiO <sub>2</sub>	50,14	58,64
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,79	9,75
TiO <sub>2</sub>	0,25	0,24
FeO	5,38	4,74
MnO	0,09	0,08
MgO	12,46	8,67
CaO	18,65	11,45
Na <sub>2</sub> O	2,78	4,52
K <sub>2</sub> O	0,65	1,53
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,1	0,12
P.F	0,71	0,54
<b>TOTAL</b>	<b>99</b>	<b>100,28</b>
<b>mg*</b>	<b>69,84</b>	<b>64,65</b>

	EG45	EG41
qz		
or	3,85	8,98
ab	0,86	38,01
an	6,87	7,78
lc		
ne	12,31	
di	70,04	44,05
hy		0,19
ol	4,81	5,56
mt	0,78	0,69
il	0,48	0,45
ap		0,28
total	100	100

**Tab.8:** Compositions en éléments majeurs et compositions normatives des roches de la structure magmatique de Gara Djebilet(Djenaoui Cherifa,2011).  
(EG 45 et EG 44 : clinopyroxénites à néphéline;EG 41 : syénite pyroxénique)

Les clinopyroxénites à néphéline et la syénite pyroxénique forment un groupe de roches assez compact . Les clinopyroxénites à néphéline sont globalement sous-saturées (50,6 % de SiO<sub>2</sub>). Elles sont riches en magnésium (MgO : 12,5 %) et calcium (CaO : 18,7 %) traduisant ainsi la très forte abondance du clinopyroxène.

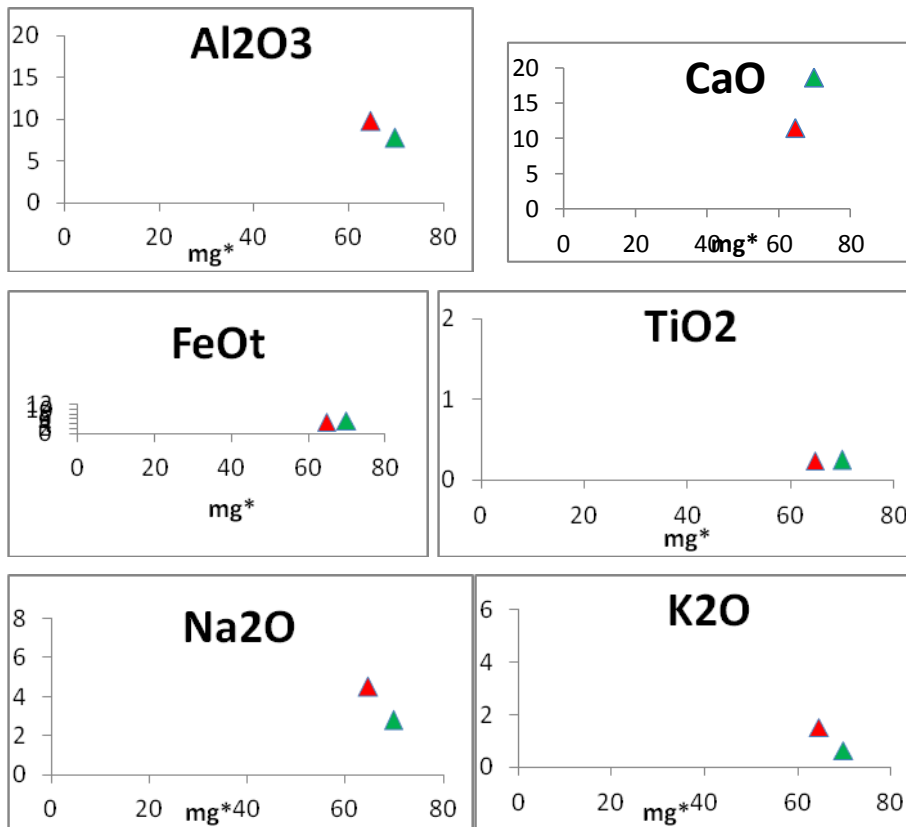
Les compositions normatives des clinopyroxénites se caractérisent, globalement, par la présence de feldspathoïdes (néphéline) et d'olivine associés à de fortes teneurs en diopside normatif. Les proportions normatives des feldspaths (orthose, albite et anorthite) restent faibles à modérées. D'une manière générale, les clinopyroxénites correspondent à des roches alcalines.

La syénite pyroxénique correspond à une roche de composition intermédiaire (SiO<sub>2</sub> : 58,6 %). Ses teneurs en alumine, magnésium et sodium sont assez comparables à celles des clinopyroxénites et elle ne se distingue de ces roches que par des quantités plus faibles en calcium, fer, et titane et de plus fortes proportions en potassium. Ces variations pourraient correspondre, dans les syénites pyroxéniques, à une diminution des quantités modales de minéraux ferromagnésiens (pyroxènes surtout) parallèlement à une augmentation de celles des feldspaths (alcalin et plagioclase).

La composition normative de la syénite pyroxénique se caractérise par l'absence de quartz et de feldspathoïdes normatifs et des teneurs en feldspaths alcalins (orthose et albite) et en diopside normatifs respectivement plus fortes et plus faibles que celles notées dans les clinopyroxénites (Tab.8). En revanche, elle enregistre une faible teneur en hypersthène normatif. Par ses compositions normatives, la syénite pyroxénique pourrait ainsi correspondre à une tholléite à olivine.

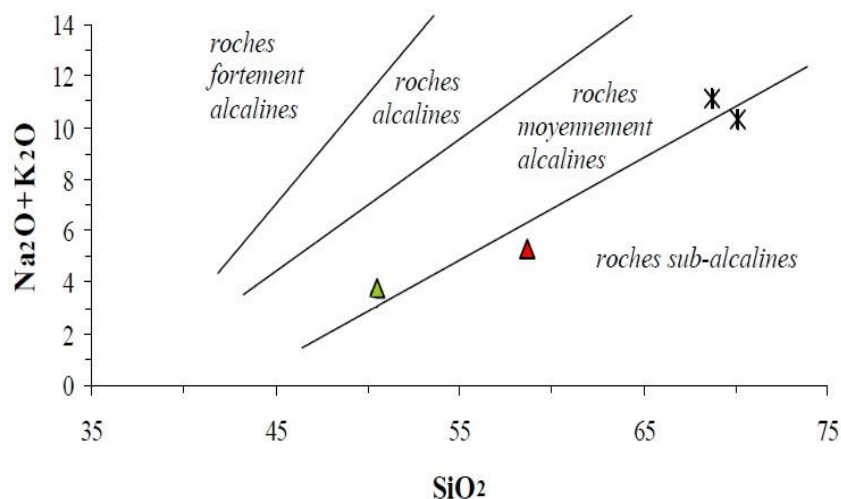
La syénite pyroxénique se situe le plus souvent en position intermédiaire. La syénite pyroxénique présente le plus souvent des caractères chimiques intermédiaires entre ces deux types de roches mais se caractérise surtout par des teneurs en silice et en potassium plus élevées et des quantités de fer, titane et calcium plus basses (Djenaoui Cherifa,2011)





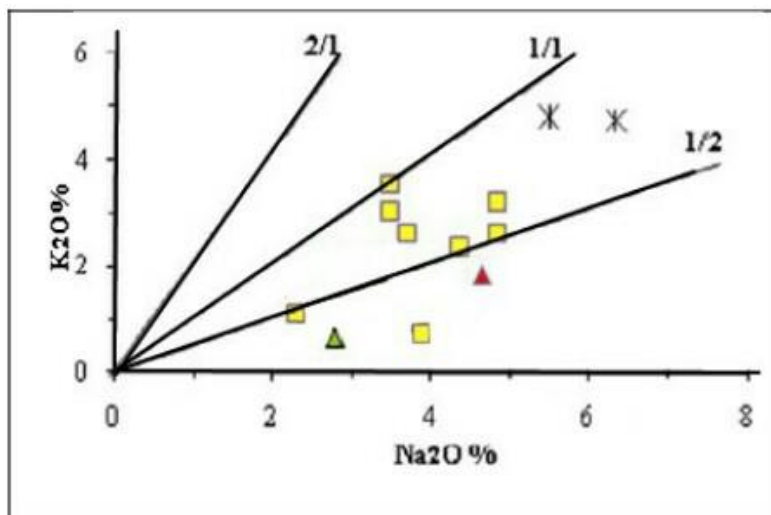
**Fig.14** : Distribution des éléments majeurs en fonction du mg\* dans les roches de GaraDjebilet.  
 Triangles verts : clinopyroxénites à néphéline (échant. EG 45) ;  
 Triangle rouge : syénite pyroxénique (échant. EG 41) ;

La syénite pyroxénique **EG 41**, se distingue par des teneurs plus fortes en alumine, fer et sodium et des quantités plus faibles en magnésium et calcium (**Tab.8 et Fig.15**). D'un point de vue normatif, la syénite **EG 41** correspond à une tholéïte à olivine. Il semblerait ainsi que la syénite pyroxénique **EG 41** puisse tout simplement représenter un sous-faciès syénitique. Dans le diagramme alcalins-silice, la syénite pyroxénique se retrouve dans le champ sub-alcalin. Les clinopyroxénites à néphéline, sous-saturées en silice, montrent une petite évolution verticale dans le domaine des roches moyennement alcalines(**djenaoui cherifa,2011**).



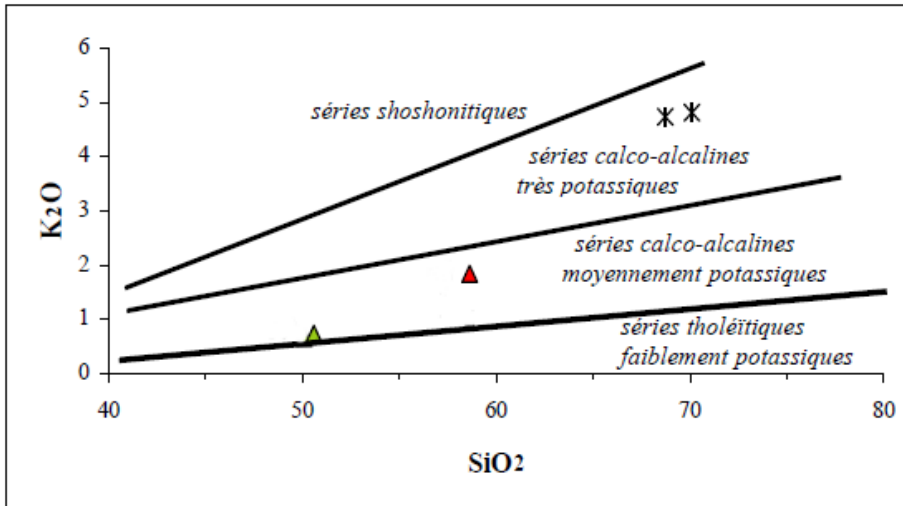
**Fig.15** : Position des roches magmatiques de Gara Djebilet dans le diagramme (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) vs SiO<sub>2</sub> (Djenaoui Cherifa, 2011).

Dans le diagramme K<sub>2</sub>O vs Na<sub>2</sub>O, (**Fig.16**), les clinopyroxénites à néphéline et les syénites pyroxéniques révèlent plutôt une tendance nettement sodique (K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O < 0,44). Les roches des stocks plutoniques, décrits par Azzouni-Sekkal (1976) près de la jointure Yetti-Eglab, sont à tendance sodique (K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O : 0,43 à 0,75) alors que celles de Bled M'Dena, étudiées par Tabeliouna (2009), montrent une affinité sodi-potassique à franchement sodique (K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O : 0,18 à 1,01)



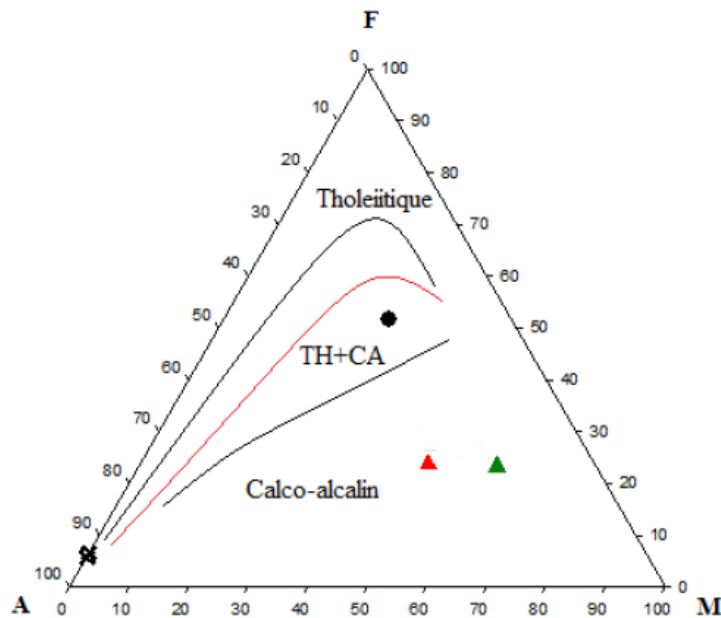
**Fig.16** : Diagramme K<sub>2</sub>O vs Na<sub>2</sub>O des roches de Gara Djebilet (Djenaoui Cherifa, 2011). Triangles verts : clinopyroxénites à néphéline (échant. EG 45 et EG 44) ; Triangle rouge : syénite pyroxénique (échant. EG 41) ; Carrés jaunes : roches plutoniques de Bled M'Dena (Tabeliouna, 2009).

Le diagramme K<sub>2</sub>O vs SiO<sub>2</sub> qui illustre les subdivisions des roches sub-alcalines, (**Fig.25**), montre que les clinopyroxénites à néphéline associées aux à la syénite pyroxénique correspondent à des séries calco-alcalines moyennement potassiques.



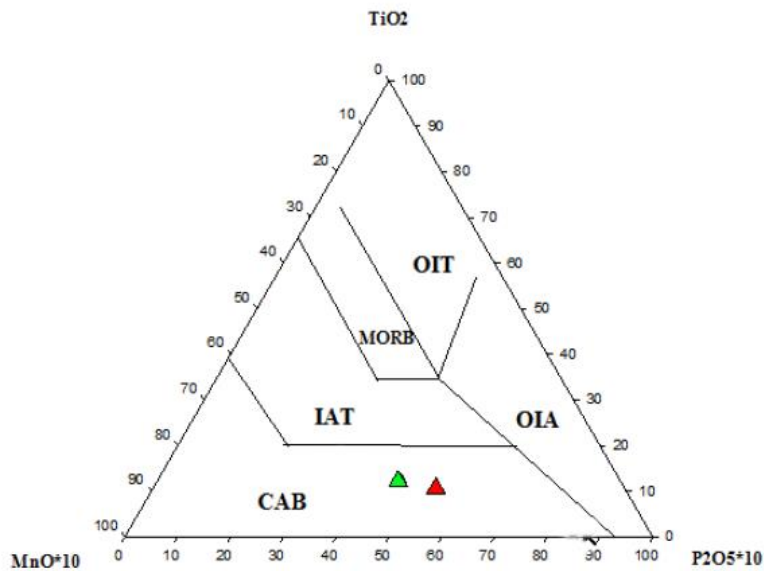
**Fig.17 :** Position des roches de Gara Djebilet dans le diagramme  $K_2O$  vs  $SiO_2$ . Les subdivisions des séries sub-alkalines sont adoptées de Peccerillo et Taylor (1976), Rickwood (1989) et Le Maître et al. (1989) (in djenaoui cherifa,2011).  
 triangles verts : clinopyroxénites à néphéline (échant. EG 45) ;  
 triangle rouge : syénite pyroxénique (échant. EG 41) ;

Dans le diagramme AFM, (Fig.18), les clinopyroxénites à néphéline et la syénite pyroxénique suivent la tendance calco-alkaline.



**Fig.18 :** Position des roches de la structure de Gara Djebilet dans le diagramme AFM (A :  $Na_2O + K_2O$  ; F :  $FeO$  et M :  $MgO$ ), (d'après Wager et Deer, 1939). La courbe rouge limite les domaines tholéitique et calco-alkaline (in djenaoui cherifa,2011).  
 triangles verts : clinopyroxénites à néphéline (échant. EG 45) ;  
 triangle rouge : syénite pyroxénique (échant. EG 41) ;

Le diagramme TiO<sub>2</sub>-MnO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de Mullen (1983), (**Fig.19**), permet de replacer les séries magmatiques dans leurs différents contextes géodynamiques. L'ensemble des clinopyroxénites à néphéline, et de la syénite pyroxénique se situent dans le champ des basaltes calco-alcalins.



**Fig.19** : Position des roches de la structure de Gara Djebilet dans le diagramme TiO<sub>2</sub> - MnO - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de Mullen (1983).

**OIT** : tholéïtes des îles océaniques

**OIA** : basaltes alcalins d'îles océaniques

**CAB** : basaltes calco-alcalins

**IAT** : tholéïtes d'arcs insulaires

**MORB** : basaltes des rides médio-océaniques

triangles verts : clinopyroxénites à néphéline (échant. EG 45) ;

triangle rouge : syénite pyroxénique (échant. EG 41) ;

## 8.2. Les éléments en traces

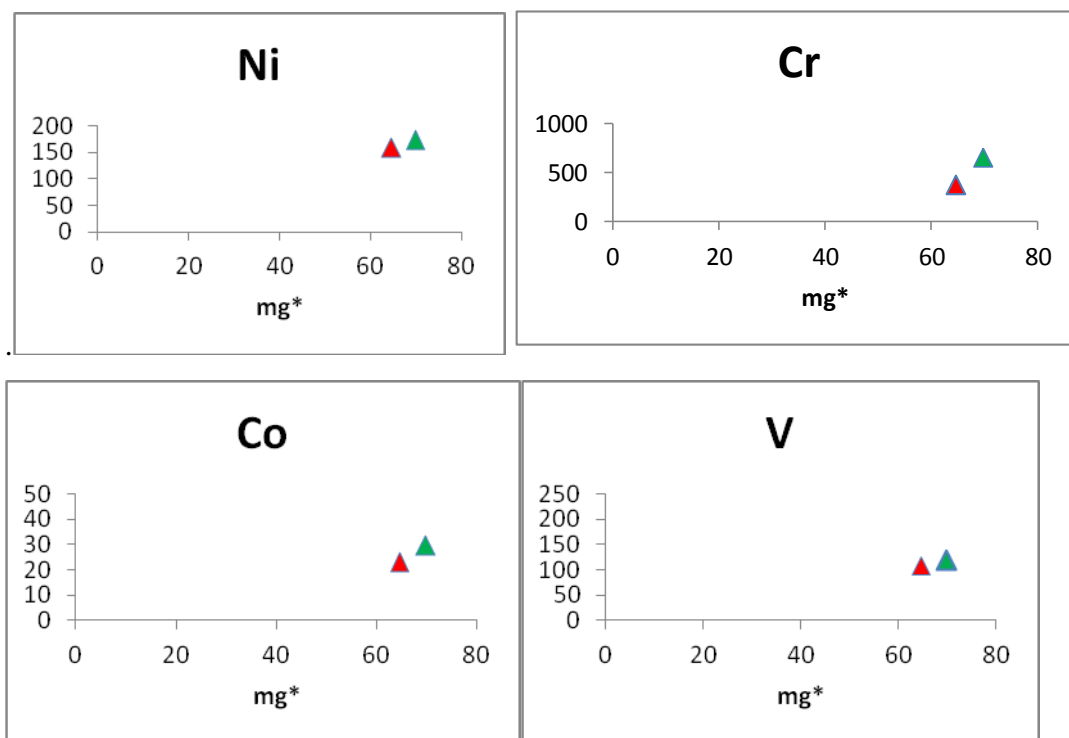
### Les éléments de transition (Tab.9)

Les teneurs en éléments de transition (V, Cr, Co et Ni) ont été également obtenues sur les principaux faciès affleurant dans la structure de Gara Djebilet, dans laquelle nous étudions : une clinopyroxénite à néphéline (échant. EG 45) et une syénite pyroxénique (échant. EG 41), qui affleure en bordure de la structure étudiée (Tabeliouna,2008).

	EG45	EG41
V	118,2	108,6
Cr	650,5	374,3
Co	29,7	23
Ni	173,8	158,5

**Tab.9** : Teneurs en éléments de transition des roches magmatiques de la structure de Gara Djebilet (in *djenaoui cherifa, 2011*). (EG 45: clinopyroxénites à néphéline ; EG 41 : syénite pyroxénique ;).

D'une manière générale, la distribution de ces éléments de transition permet également de distinguer les deux ensembles de roches tels que décrits dans l'étude pétrographique : (i) les clinopyroxénites à néphéline et à la syénite pyroxénique. Ces deux ensembles pétrographiques se caractérisent ainsi chacun par ses propres particularités géochimiques. Les clinopyroxénites à néphéline et la syénite pyroxénique sont assez regroupées et montrent une évolution se traduisant notamment par une diminution des teneurs en Cr et Ni et une augmentation de celles en Co et V reflétant ainsi une diminution de la proportion modale du clinopyroxène suite à un processus de cristallisation fractionnée. Dans cette évolution, la syénite pyroxénique se place toujours en position intermédiaire (in *Djenaoui cherifa, 2011*).



**Fig.20** : Distribution des éléments de transition (V, Cr, Co et Ni) en fonction de la silice.

triangles verts : clinopyroxénites à néphéline (échant. EG 45) ;  
triangle rouge : syénite pyroxénique (échant. EG 41) ;

### 8.3. Les éléments incompatibles (Tab.10)

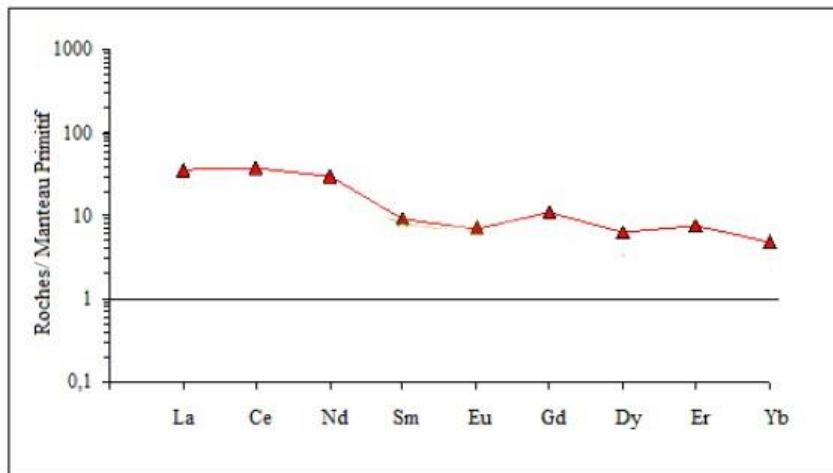
Les teneurs en éléments incompatibles sont relativement complètes pour seulement Une roches : syénite pyroxénique (**échant. EG 41**). Pour les autres roches, les proportions en éléments incompatibles sont très fragmentaires(**in djenaoui cherifa,2011**).

D'une manière générale, les roches étudiées sont toutes enrichies en éléments incompatibles par rapport aux estimations du manteau primitif de Mc Donough et Sun (1995).

	EG45	EG41
Rb	nd	26,4
Ba	140,4	399,8
Nb	nd	nd
K	6500	18300
La	11,1	24,29
Ce	24,1	67,97
Pb	2300,7	nd
Sr	393,1	377,9
Nd	nd	39,78
Sm	nd	4
Zr	38,3	35,1
Eu	nd	1,18
Ti	2500	1400
Gd	nd	6,47
Dy	nd	4,66
Y	nd	22,4
Er	nd	3,68
Yb	nd	2,38

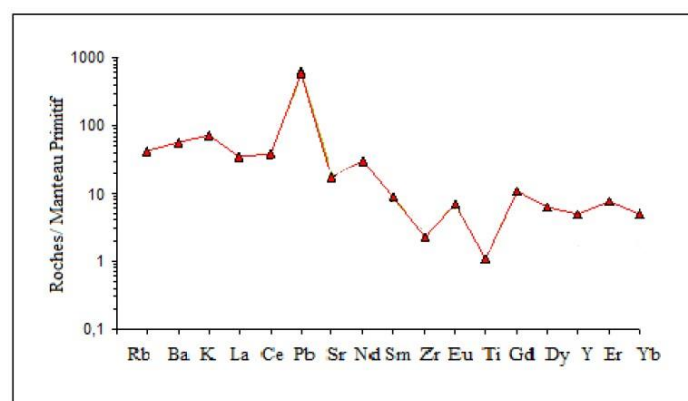
**Tab.10:** Teneurs en éléments incompatibles des roches de la structure de Gara Djebilet(**in Djenaoui Cherifa,2011**). (**EG 45:** clinopyroxénites à néphéline ; **EG 41 :** syénite pyroxénique).

Normalisés aux valeurs du manteau primitif de Mc Donough et Sun (1995), les spectres de terres rares de la syénite pyroxénique (**Fig.21**). Il révèle un enrichissement en terres rares légères par rapport aux terres rares moyennes et aux terres rares lourdes. Le spectre de terres rares se caractérise par une allure légèrement concave en U asymétrique reflétant un fractionnement plus important en terres rares légères et en terres rares lourdes.



**Fig. 21** : Spectres de terres rares d'une syénite pyroxénique de la structure magmatique de Gara Djebilet. (normalisations par rapport aux valeurs du manteau primitif de Mc Donough et Sun, 1995). triangle rouge : syénite pyroxénique (échant. EG 41)

Les spectres élargis d'éléments en traces, normalisés aux valeurs du manteau primitif (Mc Donough et Sun, 1995), sont également assez comparables (**Fig.22**). Ils se caractérisent également par un net enrichissement en éléments les plus incompatibles (LILE et terres rares légères) et montrent des anomalies négatives en Zr et Ti typiques de séries magmatiques sub-alcalines. Le spectre multi-éléments de la syénite pyroxénique se distingue par un fort fractionnement en terres rares les plus légères (La et Ce) et en éléments lithophiles (K, Ba et Rb) ainsi qu'en terres rares lourdes. Le Pb montre également une anomalie positive très prononcée. Toutes ces particularités pourraient suggérer une forte contamination crustale et/ou des processus d'interactions avec des liquides ou des fluides riches en éléments les plus incompatibles (LILE et terres rares les plus légères) et en terres rares lourdes.



**Fig. 22** : Spectres élargis d'éléments en traces d'une clinopyroxénites à néphéline et d'une syénite pyroxénique de la structure circulaire de Gara Djebilet. (normalisations par rapport aux valeurs du manteau primitif de Mc Donough et Sun, 1995). triangle rouge : syénite pyroxénique (échant. EG 41)

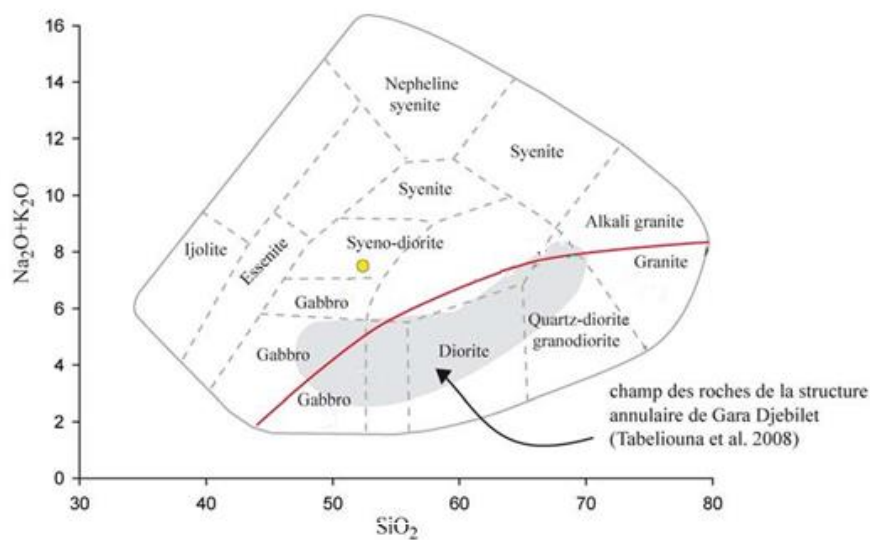
## 9. Géochimie de la structure annulaire de Bled M'Dena

Le présent chapitre est consacré à l'étude de la chimie des roches de l'intrusion magmatique de Bled M'Dena. Dans le cadre de ses travaux de thèse M.Tabeliouna, 2009 a montré par que ce complexe magmatique est composé d'une grande variété de faciès plutoniques qui présentent une évolution centripète des termes les moins évolués aux termes les plus différenciés. Les volcanites ( basaltes, andésites et rhyolites) recourent ce complexe magmatique.

### 9.1. Géochimie des éléments majeurs

#### Classification et nomenclature

Le diagramme de la classification de Cox *et al.* (1979), adaptée par Wilson, (1989) aux roches plutoniques (Fig.23), révèle l'existence d'une série alcaline composée de syénites (EG15 ). (Tabeliouna et al., 2008). **In Tabeliouna2009**



**Fig. 23 :** Diagramme des alcalins versus  $SiO_2$  de Cox *et al.* (TAS), adapté par Wilson (1989) pour les roches plutoniques. La courbe sépare les domaines des roches alcalines Et subalcalines (Tabeliouna *et al.*, 2008).

Cercle jaune : syénite (EG15)

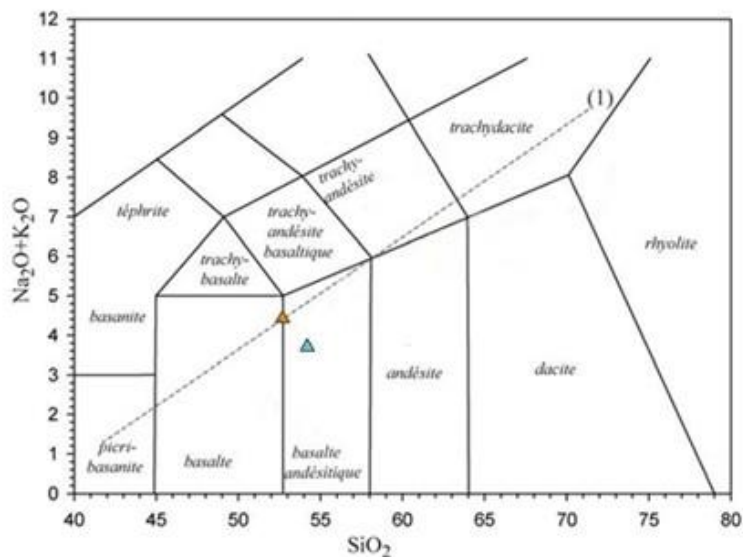


<b>Eléments en trace</b>	<b>EG15</b>
Ni	32,45
Cu	147,55
Zn	87,25
Ga	17,95
Rb	64,95
Sr	1341,45
Y	11,35
Zr	172,15
Nb	5,45
Pb	10,75
Sn	0
Th	2,65
U	0

	<b>EG15</b>
SiO <sub>2</sub>	52,48
TiO <sub>2</sub>	0,96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,28
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,83
MnO	0,1
MgO	4,03
CaO	6,74
Na <sub>2</sub> O	4,84
K <sub>2</sub> O	2,63
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,03
TOTAL	100,92
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	7,47

**Tab.11** : composition en éléments majeurs, éléments en trace et terres rares de syénite EG15 (Tabeliouna2009)

Les analyses reportées sur les tableaux 12 et 13 montrent dans la figure 31, (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O vs SiO<sub>2</sub>) établi par Le Maitre, 1984 ; Le Bas *et al.*, 1986, que les roches volcaniques présentent une tendance subalcaline, formée essentiellement de basalte andésitique(EG15) et de basaltes(EG19).



**Fig. 24** : les coulées du complexe magmatique de Bled M'Dena dans le diagramme binaire TAS : total Alcalins = wt% de Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) versus SiO<sub>2</sub> (Le Bas et al., 1986). La ligne en pointillé sépare les champs alcalin et sub-alcalin (tholéiitique/calco-alcalin) est définie par Irvine et Baragar (1971)

Triangle orange : Basalt(EG19)

Triangle bleu : basalt andésitique(EG15)

	EG19
SiO <sub>2</sub>	52,69
TiO <sub>2</sub>	0,55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,98
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,11
MnO	0,15
MgO	9,1
CaO	8,33
Na <sub>2</sub> O	2,87
K <sub>2</sub> O	1,55
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,24
TOTAL	99,25
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	4,42

terres rares	EG19
La	48,1
Ce	39,9
Pr	0
Nd	30,09
Sm	20,64
Eu	14,98
Gd	13,51
Tb	15,39
DY	9,44
Er	8,51
Tm	5,87
Yb	7,53
La/Yb	6,39

Eléments en trace	EG19
K	1,29
Ti	0,33
Ni	111
Cu	61,5
Zn	68,9
Ga	14,5
Rb	51,4
Sr	492
Y	12,3
Zr	80,4
Nb	3
Pb	6,5
Th	1,6
U	0

**Tab.12** : composition en éléments majeurs, éléments en trace et terres rares des Basalt EG19 (Tabeliouna2009)

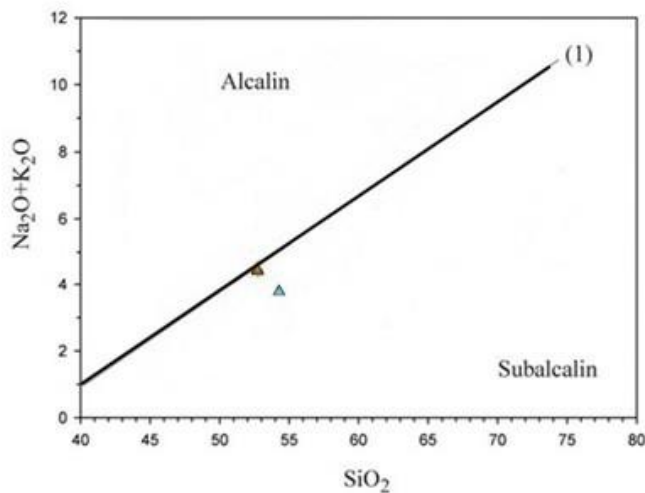
<b>basalt andésitique</b>	
	<b>EGL15</b>
SiO <sub>2</sub>	54,23
TiO <sub>2</sub>	0,58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,59
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,44
MnO	0,15
MgO	8,62
CaO	8,56
Na <sub>2</sub> O	1,91
K <sub>2</sub> O	1,87
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,25
TOTAL	100,84
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	3,77

éléments en trace	
K	1,55
Ti	0,35
Sc	0
V	175,6
Cr	560,5
Co	42,4
Ni	105,4
Cu	81,6
Zn	77,3
Ga	18,3
Rb	61
Sr	465,6
Y	17,2
Zr	82,8
Nb	0
Mo	4,1
Sn	0
Cs	0
Ba	291,7
Ce	13,8
La	0
Hf	4
Ta	0
W	0
Pb	26,6
Th	0
U	0

terre rares	
La	44,89
Ce	42,23
Pr	0
Nd	28,48
Sm	9,45
Eu	14,3
Gd	13,2
Tb	0
DY	8,89
Er	8,98
Tm	5,24
Yb	7,6
La/Yb	5,86

**Tab.13:** composition en éléments majeurs, éléments en trace et terres rares des basalt andésitique EGL15 (Tabeliouna2009)

Dans le diagramme TAS (Le Bas et al., 1986) de la figure 25, l'ensemble des roches de la structure occupent les deux domaines alcalin et subalcalin. Ce diagramme confirme les tendances des deux séries magmatiques dans la figure 30.

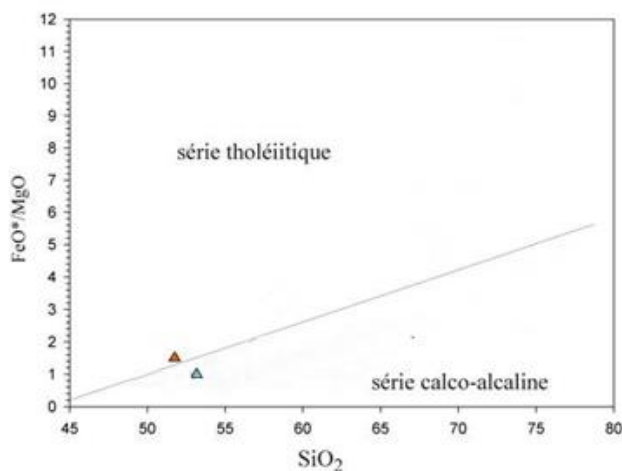


**Fig. 25** : diagramme binaire TAS : Total Alcalin = wt% de (Na2O+K2O) vs SiO<sub>2</sub> = wt% de SiO<sub>2</sub> (Lebas et al. 1986) ; (1) : droite de séparation des domaines alcalin et subalcalin de Miyashiro (1978)

Triangle orange : Basalt(EG19)

Triangle bleu : basalt andésitique(EGL15)

Le diagramme FeO\*/MgO vs SiO<sub>2</sub> (Fig. 26) confirme la nature calco-alcaline du Basalte andésitique (EGL15), appartient à bordure sud-est de la structure de Bled M'dena et la nature tholoéiitique du basalte (EG19).

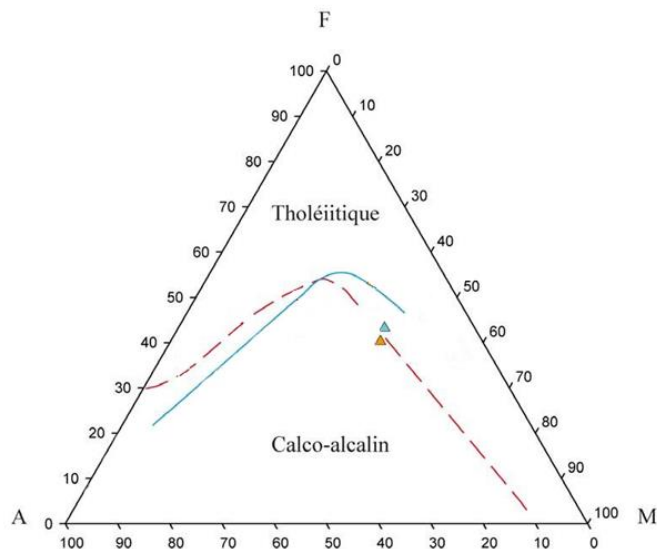


**Fig. 26** : diagramme FeO\*/MgO en wt% versus SiO<sub>2</sub> en wt% des plutonites en cercles et des volcanites en triangles, la limite entre les domaines tholoéiitique et calco-alcalin est issue de Miyashiro (1974).

Triangle orange : Basalt(EG19)

Triangle bleu : basalt andésitique(EGL15)

Le diagramme AFM (Fig.27), indique clairement que les roches du complexe magmatique de Bled M'Dena, suit en partie le trend d'une série calco-alcaline définis par Kuno (1968), représentés par des basaltes andésitique (EG115) et la série tholéiitique par des baslt (EG19).



**Fig.27:** Diagramme AFM, avec A = wt% de (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O), F = wt% ( tout le fer sous forme de FeO) et M = wt% MgO. La ligne bleu en trait plein sépare les champs tholéiitique et calco-alcalin initialement définis par Kuno (1968 sur les série japonaise), la ligne rouge en pointillé est définie par Irvine et Baragar (1971)

## Conclusion à l'étude géochimique des deux structures magmatiques

### Structure annulaire de Gara Djebilet

Les données géochimiques disponibles pour le cortège de roches magmatiques de la structure de Gara Djebilet permettent de caractériser deux ensembles pétrographiques distincts : (i) les clinopyroxénites, (ii) les syénites pyroxéniques.

Toutes ces roches forment un ensemble pétrographique relativement évolué, (Fe/Fe+Mg : 0,30 à 0,42), depuis les clinopyroxénites à néphéline, dans le domaine moyennement alcalin, et jusqu'aux syénites pyroxéniques dans le domaine subalcalin. Cette évolution se traduit, depuis la périphérie jusqu'au cœur de la structure, par un enrichissement en silice, alumine, fer et alcalins et un appauvrissement en magnésium et calcium. Ces variations reflètent une diminution de la proportion modale du clinopyroxène au profit d'une augmentation de celles en amphibole, mica noir, néphéline et feldspath alcalin. Cette évolution traduit également un processus de cristallisation fractionnée influencé par l'effet amphibole. L'affinité sub-alcaline acquise par les syénites, et faisant suite à celle moyennement alcaline des clinopyroxénites,

pourrait également traduire des perturbations provoquées par certains processus d'interactions avec l'encaissant et/ou avec d'autres liquides ou fluides ayant favorisé l'enrichissement en silice, alumine, fer et alcalins.

Par ailleurs, les spectres élargis d'éléments en traces de la syénite pyroxénique (**échant EG 41**) montrent un enrichissement en éléments les plus incompatibles (LILE et terres rares légères) et se caractérisent également par des anomalies négatives en Ti et Zr typiques de séries subalcalines.

Le spectre multi-éléments de la syénite pyroxénique se distingue par une allure en U asymétrique traduisant un plus fort fractionnement d'éléments les plus incompatibles (LILE : Rb, Ba et K et terres rares les plus légères : La et Ce et en terres rares lourdes. Ces particularités, associées à une forte anomalie positive du Pb, pourraient refléter l'influence de processus de contamination crustale et/ou des interactions avec des liquides ou des fluides, riches en silice, alcalins, LILE, terres rares légères et terres rares lourdes, juste avant la cristallisation des syénites pyroxéniques.

### **Structure annulaire de Bled M'Dena**

D'après l'étude géochimique réalisée dans la structure magmatique de Bled M' Dena, on a caractérisé trois ensembles pétrographique : (i) syénite(EG15) ; (ii) basaltes (EG19) ; basaltes andésitiques(EGL15).

Ces roches à l'égalité des roches de la structure de Gara Djebilet montrent un caractère pétrographique très évoluée, ( $Fe/Fe+Mg$  : 0,50 à 0,68), depuis les syénites dans le domaine alcalin qui affleure dans la bordure sud-ouest de la structure jusqu'aux basaltes et basalte andésitique dans le domaine subalcalin, ces deux affleurant dans l'extrême ouest de la structure. Dans l'étude des roches subalcalines (basalte et basalte andésitique), à partir de quelques diagrammes on a pu confirmer la nature calco-alcaline du basalte andésitique(EGL15) et le basalte(EG19) qui se situe juste a limite du domaine tholoéitique

## **Chapitre IV**

### **Géochimie isotopique**



## 10. Introduction

Au cours d'un processus de différenciation magmatique par cristallisation fractionnée, d'une série magmatique, il existe des variations de concentration en strontium et en rubidium entre les termes les moins évolués et les plus évolués. Les différences de comportement entre ces deux éléments se traduiront à leur tour par des variations notables du rapport Rb/Sr et ainsi du rapport  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ . Les premières roches issues de la cristallisation fractionnée sont plus calciques et donc plus riches en Sr, alors que dans les derniers liquides et les minéraux qui se formeront à partir de ces liquides, la concentration en Sr diminue et la concentration en Rb augmente tout comme celle du potassium,

Les données isotopiques  $^{87}\text{Rb} - ^{86}\text{Sr}$  et  $^{147}\text{Sm} - ^{143}\text{Nd}$  pourraient constituer un complément précieux à l'étude géochronologique. Par ailleurs, la géochimie isotopique Sr et Nd pourrait permettre de mieux cerner les signatures des magmas et d'en tirer des informations sur la nature de la (ou des) région-source et sur le contexte géotectonique nécessaire à leur mobilisation lors de la magmatogenèse (Tabeliouna2009).

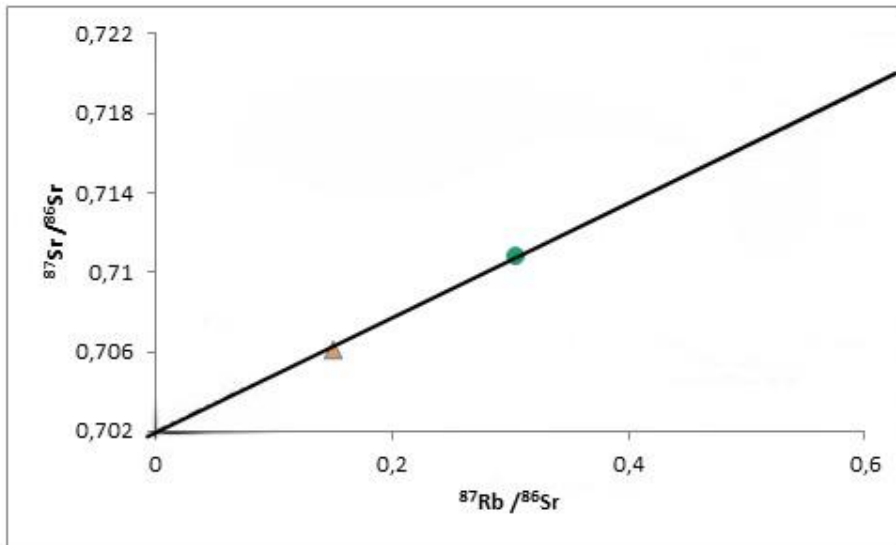
### 10.1. Les données isotopiques Rb-Sr et géochronologie

Une sélection de 2 échantillons étudiés par Tabeliouna en 2009 a été effectuée pour les analyses isotopiques. Les données sont reportées dans le tableau 15. Les compositions isotopiques du rubidium, du strontium, du samarium et du néodyme, ont été mesurées sur un spectromètre de masse *Nu Plasma 500 HR* à l'ENS de Lyon. Les rapports isotopiques  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  et  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  initiaux ont été recalculés avec les constantes de désintégration respectivement de  $1.42 \cdot 10^{-11} \text{ a}^{-1}$  ( $^{87}\text{Rb}$ ) et de  $6.54 \cdot 10^{-12} \text{ a}^{-1}$  ( $^{147}\text{Sm}$ ) (d'après Steiger et Jäger, 1977).

L'âge obtenu est de  $2009 \pm 190 \text{ Ga}$ , avec un rapport isotopique initial de  $0,70206 \pm 0,00077$ , cet âge pourrait être l'âge de mise en place de l'intrusion de Bled M'Dena, (Tabeliouna,2019). Cet âge de la mise en place de la structure annulaire de Bled M'Dena, est conforme avec l'événement magmatique post-orogénique, d'Aftout et des Eglab (2.07 Ga, Peucat et *al.*, 2005) Ga. Cet évènement a suivi la phase tardi-éburnéenne, de déformation et de métamorphisme régionale qui a affectée la série d'Oued Souss.

Les échantillons analysés présentent des rapports ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )initial 0,70610 pour la syénite et

de 0,71082 pour les basalte, Cet enrichissement du Sr dans les roches basiques pourrait se traduire par l'effet d'une contamination(Tabeliouna2009).



Age=2009±190Ma Initial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ =0.70206±0.00077 MSWD=5.6

**Fig.28 :** Représentation isochrone du  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  versus  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  de l'intrusion magmatique de Bled M'Dena

Triangle orange : syénite (EG15)

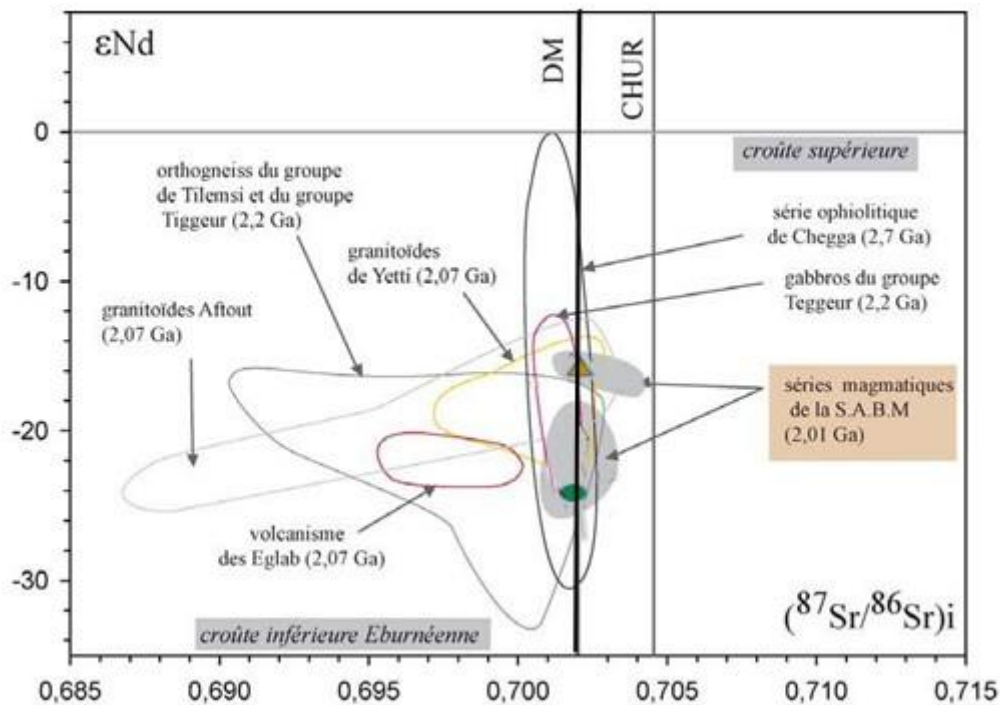
Cercle vert : basalt (EG19)

La figure 28 montre que les roches des deux séries magmatiques de la structure de Bled M'Dena peuvent être considérées comme issues d'une source mantellique commune et donc être considérées comme cogénétiques(Tabeliouna2009)..

## 10.2. Les données isotopiques du Sm et Nd

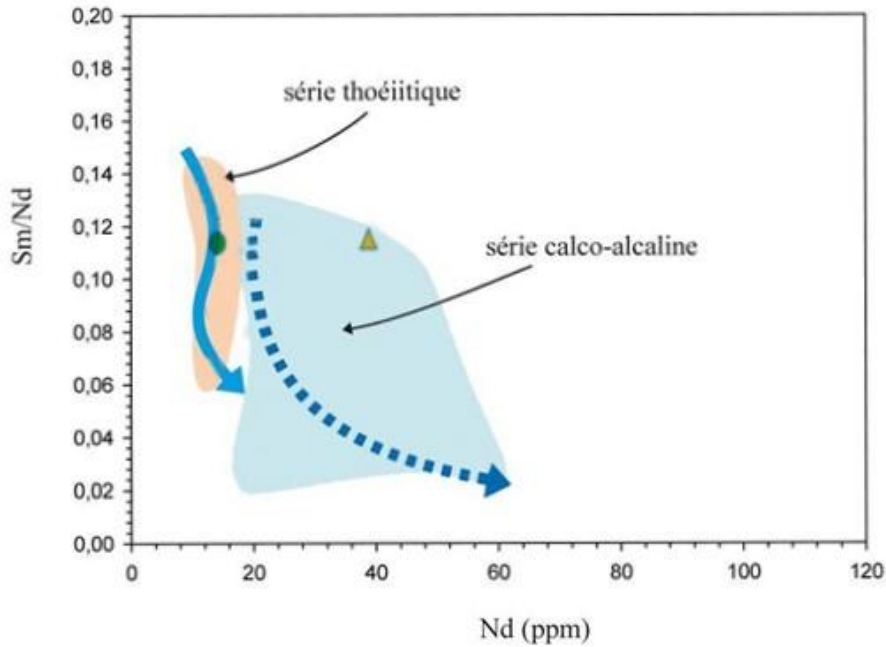
Le Sm et le Nd sont des éléments de terres rares se retrouvant dans la plupart des silicates, carbonates et phosphates. Un des isotopes de Sm ( $^{147}\text{Sm}$ ) est radioactif et se décompose, après une émission alpha ( $\alpha$ ), en isotope de  $^{143}\text{Nd}$ . Cette particularité permet de dater les roches et d'apporter de nouvelles données sur la genèse des roches ignées. L'évolution isotopique du Nd terrestre est décrite en fonction d'un modèle appelé CHUR (réservoir chondritique uniforme), développé par De Paolo et Wasserburg en 1976. Ce modèle suppose que le Nd terrestre a évolué à partir d'un réservoir uniforme contenant le même rapport Sm/Nd que les météorites chondritiques. Les différences entre les rapports isotopiques sont tellement petites que De Paolo et Wassenburg (1976) ont introduit le paramètre epsilon ( $\epsilon$ ). Ce paramètre compare la différence entre le rapport initial  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  d'une suite de roches et la valeur

correspondante de CHUR au temps de cristallisation de la roche. Une valeur positive de  $\epsilon$  indique que les roches proviennent de solides résiduels dans le réservoir, autrement dit que le magma provient d'une source appauvrie. Une valeur négative de  $\epsilon$  indique que les roches proviennent, ou ont assimilé, des roches crustales plus anciennes (Tabeliouna2009).



**Fig.29** : diagramme  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$  versus  $\epsilon\text{Nd}$  des roches magmatiques de la structure circulaire de Bled m'Dena, (S.C.B.M). Les deux séries magmatiques (tholéiitique-transitionnelle et calco-alkaline) s'individualisent clairement. Les champs des séries magmatiques de la Dorsale Reguibat sont tirés des travaux de Peucat et al., 2005. Triangle orange : syénite (EG15)  
Cercle vert : basalte (EG19)

Les variations de  $\epsilon\text{Nd}$  sont communément utilisées : 1) pour connaître la composition isotopique de la source des magmas ainsi que son évolution au cours du temps, 2) discerner et quantifier les différents processus magmatiques affectant les liquides primaires lors de leur ascension et différenciation dans le manteau, notamment le processus de contamination par une croûte plus ancienne (Tabeliouna2009).



**Fig. 30:** diagramme Sm/Nd versus Nd (ppm) des séries magmatiques de la structure annulaire de Bled M'Dena  
 Triangle orange : syénite (EG15)  
 Cercle vert : basalt (EG19)

Les valeurs isotopiques du  $\epsilon_{Nd}$  analysées, paraissent homogènes, elles varient de -15,57 à -23,95. Alors que les rapports  $(^{87}Sr/^{86}Sr)$  initial sont compris entre 0,70176 et 0,70200. Toutes les roches de la structure, ont des rapports assez homogènes (Tabeliouna2009)..

Les valeurs très basses du rapport  $(^{87}Sr/^{86}Sr)$  initial et les valeurs de  $\epsilon_{Nd}$  indiquent que l'origine de ses roches serait un manteau appauvri, et que le magma au cours de son ascension aurait été contaminé, lors de sa mise en place, par une croûte éburnéenne profonde chimiquement très active. Ce qui pourrait expliquer le découpage entre les isotopes du Sr et Nd, l'un montrant l'origine mantellique pure (le Sr) l'autre montrant l'importance de la contamination à la base de la croûte (le Nd) Comparées aux autres roches analysées dans les différentes régions des Eglab, les deux séries magmatiques du massif magmatique de Bled M'Dena, présentent des similitudes avec celles des gabbros du groupe de Teggeur (2200 Ma) et les granitoïdes de Yetti (2070 Ma). En revanche les volcanites des Eglab (2070 Ma) et les granitoïdes de Aftout (2070 Ma), qui forme l'encaissant de la structure annulaire de Bled M'Dena, présentent des rapports  $(^{87}Sr/^{86}Sr)$  initial nettement plus bas. (Fig.29)

La 30 montre que les deux séries magmatiques ne suivent pas correctement, le sens de la cristallisation, avec la diminution du rapport Sm/Nd, ceci traduirait l'intervention du phénomène de la contamination qui a affecté le liquide magmatique au cours de sa mise en place (Tabeliouna2009).

Le comportement du liquide magmatique lors de sa cristallisation montrent deux tendances distinctes, (Fig.30), la première traduit un mélange qui se manifeste dans la série calco-alcaline où les syénite présentent une diminution du rapport  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ . En revanche dans la série tholéiitique-transitionnelle, formée par les basaltes (EG19) et les basaltes andésitique (EGL15), le rapport  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  est constant. La série suit un trend montrant un processus de cristallisation fractionnée. (Tabeliouna2009).

### **Conclusion**

Le magma s'est mis en place vers 2010 Ma, son origine est asthénosphérique (DDM). Cette mise en place a connu deux étapes principales, la première étape est marquée par la genèse du liquide magmatique et sa migration dans la lithosphère, la deuxième étape est caractérisée par l'interaction de ce magma avec une croûte éburnéenne. Cette contamination à, dans un premier temps, partiellement transformé le liquide magmatique primitif (tholéiitique-transitionnelle) en un magma calco-alcalin.

## **Chapitre V**

### **Géochimie de l'isotope d'oxygène**

## 11. Introduction

Chacun des quelques 100 éléments du tableau de Mendeleïev possède plusieurs isotopes. Certains sont naturels, c'est à dire qu'ils ont été formés soit lors du Big Bang, soit lors de la nucléosynthèse dans les étoiles, soit encore sous l'effet des rayonnements cosmiques (isotopes dits cosmogéniques). D'autres ne sont connus que par leur synthèse dans les laboratoires de physique nucléaire. On dénombre à ce jour plus de 3000 isotopes, mais la plupart ne sont pas observables dans les échantillons naturels. En effet, la plupart des isotopes sont radioactifs, et ont une durée de vie extrêmement courte. Seuls 158 isotopes radioactifs ont une période de désintégration de plus de un an (c'est à dire une durée de vie de 10 ans environ). Seuls 237 isotopes sont stables, c'est à dire qu'ils ne subissent aucune désintégration radioactive spontanée (Faure G. 1986).

Les isotopes d'un même élément ont des propriétés chimiques comparables car ils ne diffèrent entre eux que par la composition de leur noyau, et pas par leur structure électronique. Mais la différence de masse entre les isotopes induit des différences d'énergie des liaisons moléculaires dans lesquelles les isotopes sont impliqués. Ces différences de masse et d'énergie des liaisons moléculaires entre les isotopes induisent des fractionnements isotopiques, c'est à dire des différences de composition isotopique, entre les matériaux terrestres.(Faure G. 1986).

La composition isotopique d'un élément donné dans un objet donné peut s'exprimer de plusieurs manières:

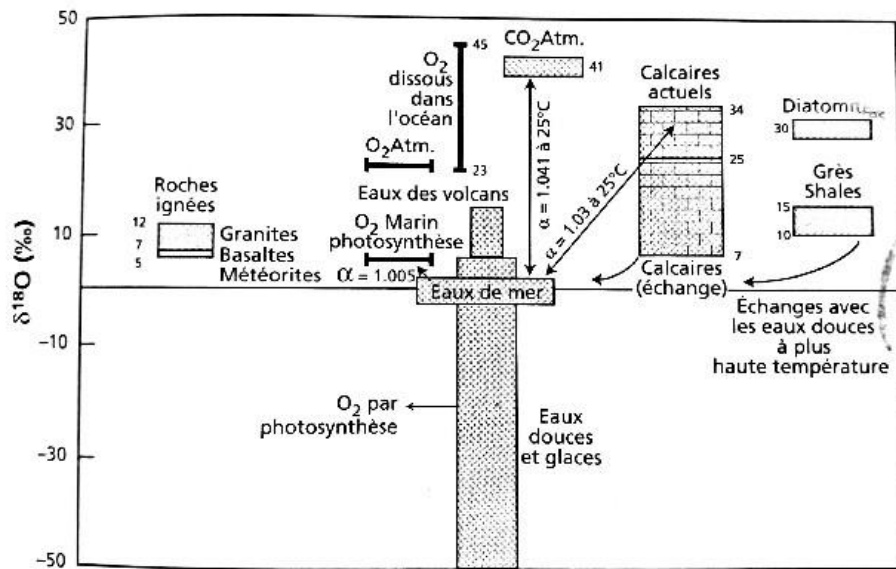
- par les abondances isotopiques, c'est à dire les proportions atomiques entre les différents isotopes de l'élément. Les abondances servent généralement à exprimer la composition isotopique moyenne d'un élément, mais pas les variations de composition isotopique.
- par les rapports isotopiques entre deux isotopes de l'élément (par convention, en général, le moins abondant sur le plus abondant). Par exemple, pour l'oxygène, on utilise les rapports  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  et  $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$ .
- par les "δ", c'est à dire les rapports isotopiques relatifs à un standard, exprimés en ‰.

Le but du présent travail c'est d'obtenir, à partir d'un large éventail de connaissances théoriques et expérimentales maintenant disponibles sur les processus de fractionnement, une large compréhension sur le isotope d'oxygène, dans les roches magmatiques de la région de



Eglab et ainsi tracer le rapport  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  du magma où ces roches se sont formées. Nos efforts se sont concentrés sur la coupe d'échantillonnage effectuée par Tabeiouna et *al.* (2008) et dans le cadre de sa thèse de doctorat en 2009, les basaltes (EG19), basalte andésitique (EGL15), syénite (EG15), pyroxénite à néphéline (EG45) et syénite à pyroxène (EG41) qu'ont été déjà étudiés dans les chapitres précédentes ont été repris.

L'oxygène c'est l'élément le plus abondant dans la croûte terrestre, manteau et des fluides (fig48), par conséquent leurs compositions isotopiques peuvent nous renseigner sur la genèse du magma. L'application de la géochimie de l'isotope de l'oxygène sur la volcanologie et pétrologie ignée fournit une base indispensable pour la compréhension de l'origine des roches magmatiques



L'oxygène possède trois isotopes (**tab14**), On étudie généralement les variations du rapport  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  exprimées, bien sûr, en unité  $\delta$ , l'eau de mer moyenne étant prise pour standard<sup>1</sup> (avec par définition un  $\delta=0$ ). En mesurant systématiquement divers composés naturels (molécules, minéraux, roches eau vapeur, etc.), on constate qu'ils ont des compositions isotopiques caractéristiques, spécifiques de leurs natures chimiques et de leurs origine géochimiques, quels que soient leurs âges géologiques ou l'origine géographique. Pour les roches silicatées ignées le  $\delta$  est positif de +5 à +13. Ces roches sont donc enrichies en  $^{18}\text{O}$  (par rapport à l'eau de mer) (Claude allègre, 2005).

Eléments	Nombre Atomique	Isotopes	Abondance (%)	Masse atomique
Oxygène	8	$^{16}\text{O}$	99,759	15,99491
		$^{17}\text{O}$	0,037	16,99914
		$^{18}\text{O}$	0,204	17,99916

**Tab.14:** Abondances isotopiques et masse atomique des différents isotopes de l'oxygène

Le fractionnement isotopique de l'oxygène est exprimé par la variation du  $^{18}\text{O}$  par rapport à  $^{16}\text{O}$  et la notation delta est traditionnellement pour les isotopes stables en géochimie (Ilya Bindeman, 2008)

$$\delta^{18}\text{O} = \left[ \left( \frac{R \text{ échantillons}}{R \text{ standard}} \right) - 1 \right] \times 10^3$$

Avec  $R \text{ échantillons}$  et  $R \text{ standard}$  les rapports isotopiques de l'échantillon et du standard. La notation delta est reportée en pour mille (‰). Le standard utilisé pour l'oxygène est le SMOW (Standard Mean Ocean Water). La valeur du rapport isotopique de l'oxygène du SMOW est de  $2.0052 \times 10^{-3}$ . La majorité des compositions isotopiques de l'oxygène est reportée par rapport au SMOW (Johanna Marin, 2009).

### 11.1. Isotopes de l'oxygène dans processus ignés

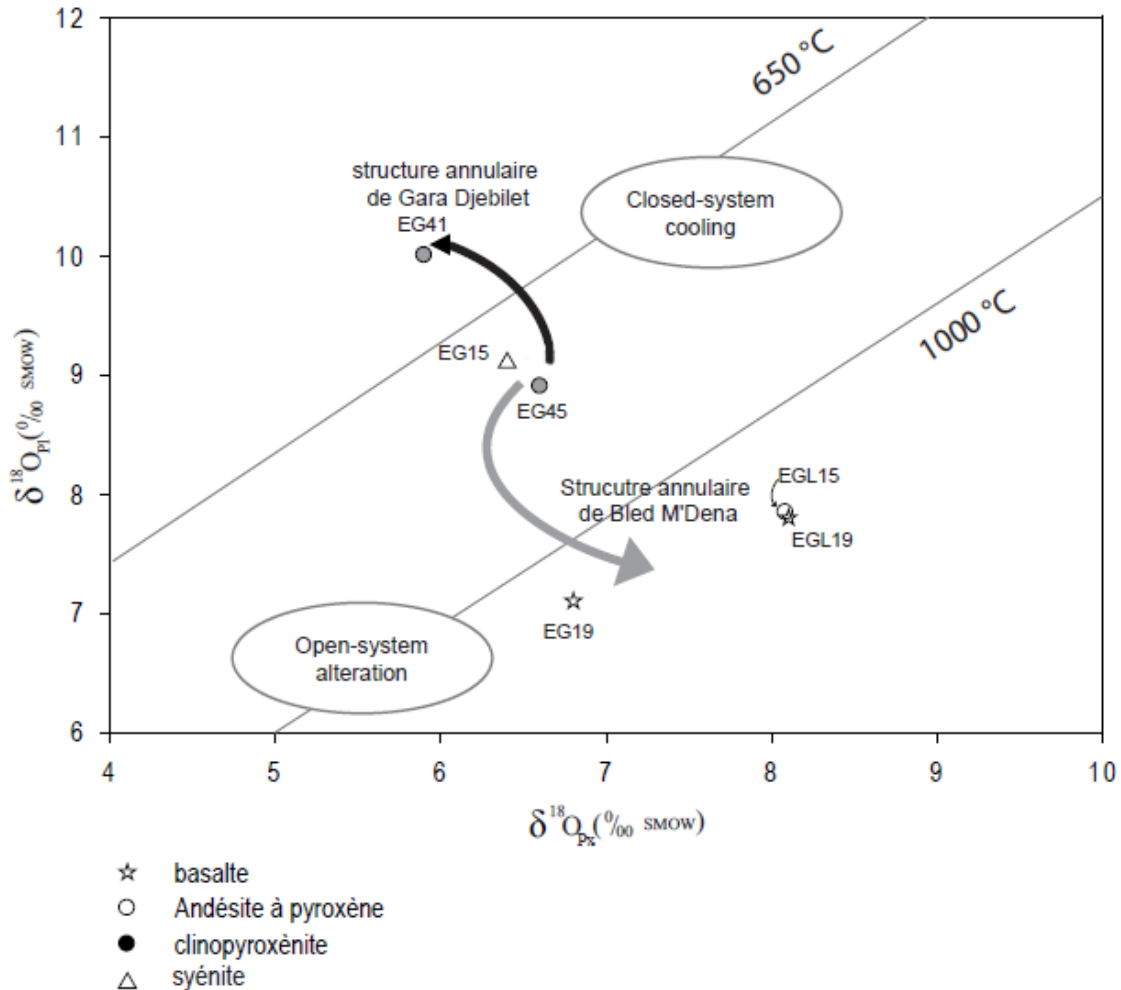
Les isotopes de l'oxygènes ont été utilisés à partir des années 1970 en combinaison avec les paramètres pétrologique et géochimiques pour élucider les problèmes pétrogénitiques des roches ignées.

La géochimie des isotopes d'oxygène dans les roches ignées aide à combler certaines lacunes dans nos connaissances sur la genèse et évolution des roches ignées et des minéraux. Pour être plus précis, nous discutons des implications des données du  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  avec en ce qui concerne: (1) l'importance de la cristallisation fractionnée en tant que processus de magmatique différenciation; (2) les différences possibles de mode d'origine des roches volcaniques et roches ignées platoniques; (3) la présence ou l'absence d'équilibre dans l'assemblage des minéraux et l'interaction possible entre magmas et eaux météoriques dans les parties peu profondes de la croûte terrestre (Hugh P. Taylor, 1968).

L'étude de la composition isotopique  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  de l'oxygène dans les roche d'origine profonde non altérée qui ce soient les basaltes océanique ou des roches ultrabasiqes, montrent une extraordinaire constante autour de la valeur  $\delta^{18}\text{O} = +5.5$  cette valeur est analogue a des valeurs moyenne des météorites. Un consensus s'est donc dégagé pour dire que cette valeur e

celle de référence pour le manteau. Lorsqu'on fait un inventaire des mesures dans des roches ignées volcaniques ou plutoniques, basiques ou acides, on constate que les résultats se partagent entre : - les roches ignées qui présentent un  $\delta^{18}\text{O}$  supérieur 5.5 ; - les roches ignées avec un  $\delta^{18}\text{O}$  inférieur 5.5 dont certaines négatives. Ces deux tendances correspondent à deux type de phénomènes qui affectent les roches ignées : la contamination par les roches crustales et les échanges post-solidus avec le fluides hydrothermaux (Claude allègre, 2005).

D'après les données des échantillons prélevés par M. Tabeliouna dans les structures annulaires de Gara Djebilet et de Bled M'Dena elles sont homogènes et élevées ce que pourrait traduire une contamination, ce phénomène de contamination peut être classé en deux type : Ceux que concernent un mélange au niveau de la source des magmas dans lequel une fusion a affecté à la fois des roches métamorphiques acides et basiques ; ceux qui concernent une contamination lors de la mise en place du magma. Ce dernier appelé assimilation. Les isotopes d'oxygène constituent un paramètre important de l'assimilation dans la croûte et au niveau de la source, en particulier lorsqu'elle est associée à des moniteurs tels que  $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ .



des clinopyroxènes de la structure de Gara Djebilet (EG41 et EG45) et les roches magmatiques (EGL19, EG15 et EGL15) de la structure annulaire de Bled M'Dena, la flèche noire correspond à l'évolution des faciès clinopyroxénitique depuis la bordure de la structure de Gara Djebilet et la flèche grise montre l'évolution des roches magmatiques depuis les syénites (EG15) au basaltes (EG19 et EGL15) et basalte andésitique (EGL19)

Un total de 6 échantillons (deux appartenant à SAGD) et 04 échantillons de la SABM. Les valeurs  $\delta^{18}\text{O}_{\text{Pl}}$  varient dans la structure annulaire de Gara Djebilet de 8.9 à 10, alors que ces valeurs varient entre 7.1 et 9.1 dans la structure annulaire de Bled M'Dena.  $\delta^{18}\text{O}_{\text{Cpx}}$  varie entre 6.6 et 5.9 dans la SAGB et ces valeurs dans la SABM varient de 6.4 à 8, ont été projetées dans le diagramme  $\delta^{18}\text{O}_{\text{Pl}}$  vs  $\delta^{18}\text{O}_{\text{Cpx}}$ , les échantillons **EG41** (syénite pyroxénique), **EG45** (clinopyroxénites à néphéline) de la SAGD et **EG15** (syénite) de la SABM dont l'évolution est représentée par la flèche noire, sont cohérents à des échanges en système fermé à des températures ~650°C ce qui est interprété comme le résultat d'un échange pendant le refroidissement. Les échantillons **EGL15** (basalte andésitique), **EGL19** et **EG19** (basalte) sont situés plus proches de l'isotherme de ~1000°C défini par (Chiba et al. 1989), suggèrent un échange en système ouvert avec un liquide ou un fluide externe

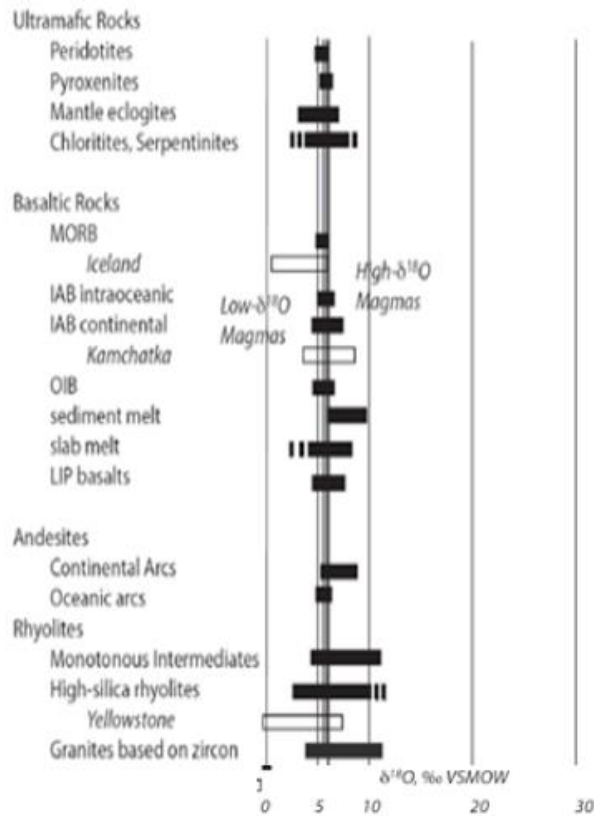


Fig.33 :Variation de l'isotope d'oxygène dans les magmas et roches Terrestre, la bande grise représente "normal- $\delta O$  magmas" pour les roches ultramafiques et basaltiques qui sont prédominantes dans le manteau (Ilya Bindeman, 2008) ;

Magmas avec  $\delta^{18}O$  élevé : La valeur de  $\delta^{18}O$  des roches crustales est diverse (Fig.33), et la majorité des roches ignées de la croûte terrestre ont des valeurs de  $\delta^{18}O$  supérieures à celles du magma du manteau. La majorité des cas de valeurs de magma isotopiquement lourdes sont liées à l'échange, ou assimilation des roches silicatées métasédimentaires avec un  $\delta^{18}O$  élevé avec qui ont cristallisé.

	CPX	PL
<b>Bled M'Dena</b>		
basalte <b>EG19</b>	6,8	7,1
basalte andésitique <sup>18</sup> " <b>EGL15</b>		
basalte <b>EG19</b>	8,1	7,8
syénite <b>EG15</b>	6,4	9,1
<b>Gara Djebilet</b>		
pyroxénite <b>EG 45</b>	6,6	8,9
syénite à pyroxène <b>EG41</b>	5,9	10

**Tab.14:** teneurs d'oxygène des roches de Bled M'Dena et Gara Djebilet exprimé en ‰ d'après *Tabeliouna*

## Conclusion

L'isotope de l'oxygène est un outil que peut nous aider comprendre et enrichir nos connaissances sur la genèse et évolution des magmas et de minéraux. Après avoir analysé le comportement de l'isotope de l'oxygène<sup>18</sup>, qui présente des teneur homogène, pour l'ensemble des roches étudiées et assez élevée ce qui pourrait traduire un phénomène de contamination qui a été confirmé par le diagramme  $\delta^{18}O_{Pl}$  vs  $\delta^{18}O_{Cpx}$ ; les valeurs du plagioclase <10‰ pourraient être le produit de l'échange à des températures relativement basses ~650°C avec des fluides au cours de la dernière étape de cristallisation. Les valeurs de pyroxène sont interprétées comme le résultat d'une interaction, en système fermé et à une température plus élevée avec des fluides et ou des matériaux de l'encaissante.

**Chapitre VI**  
**Conclusion général**

La dorsale Réguibat est située dans la partie septentrionale du craton ouest africain. Elle correspond à un ensemble cristallin et cristallophyllien, d'âge Archéen à Paléo-Protérozoïque, recouvert au Nord et au Sud respectivement par les formations sédimentaires néo-protérozoïques à paléozoïques des bassins de Tindouf et de Taoudeni.

La partie occidentale de cette dorsale, formée par des événements successifs entre 3,5 et 3,45 Ga, est principalement constituée de formations métamorphiques d'âge Archéen. La partie centrale et orientale, où dominent des roches éburnéennes d'âge Protérozoïque à Paléo-Protérozoïque, comprend les massifs du Yetti à l'Ouest et des Eglab à l'Est. C'est un ensemble plus jeune, 2,5 à 1,6 Ga, comprenant des séries métamorphiques associées à des plutonites et des volcanites.

Dans le domaine Eglab et près de la zone de jointure Yetti-Eglab, affleurent des stocks magmatiques de morphologie globalement circulaire, variés et complexes tant par leurs structures que par leurs compositions pétrographiques. Azzouni-Sekkal (1976) y a décrit des plutons, de moins de 1 km de diamètre, jalonnant la zone de la jointure Yetti-Eglab. Ceux-ci sont formés le plus souvent de micro-gabbros, de gabbros ou de diorites d'affinité tholéitique ou calco-alcaline. Plus à l'Est, la structure circulaire de Bled M'dena (Tabeliouna, 2009), atteignant près de 6 km de diamètre, correspond à un complexe magmatique plus diversifié associant des plutonites (gabbros, monzodiorites et granodiorites) et des volcanites (basaltes, trachyandésites, andésites et dacites). La géochimie de la structure de Bled M'dena montre la cohabitation de deux séries magmatiques, l'une tholéitique, représentée par les faciès périphériques, et l'autre calco-alcaline occupant le centre de la structure.

La structure magmatique de Gara Djebilet est de forme ovoïde et son grand axe atteint environ 1,5 km. Elle est encaissée dans des syénites de la série de Chegga et comprend trois ensembles pétrographiques où nous avons étudié : (i) des clinopyroxénites à néphéline et des syénites pyroxéniques.

L'étude géochimique nous a permis de décrire la genèse et évolution du magma appartenant aux deux structures annulaires et de déterminer d'interactions avec des matériaux externes, Comme le cas présenté dans la SABM, les échantillons étudiés montrent une trace de l'interaction de ce magma avec une croûte éburnéenne. Cette contamination a, dans un premier temps,



partiellement transformé le liquide magmatique primitif (tholéiitique-transitionnelle) en un magma calco-alcalin. Ce phénomène de contamination a été confirmé par l'étude de l'isotope de l'oxygène, qui montre une évolution des faciès clinopyroxénitique depuis la bordure de la structure de Gara Djebilet en système de refroidissement fermé et une évolution en système ouvert des roches magmatiques de Bled M'Dena.

## **References Bibliographiques**

**BEKHEDDA Fatima et BENASLA Nawel. (2014),** L'Etude géochimie des roches magmatiques de la structure annulaire d'Anna (Eglab, dorsale Réguibat orientale, SW Algérien).Mémoire de Magistère.*pp13*

**BENDJELLOUL-ALLAMI Fatima Zohra,(2016).** Pétrographie et géochimie des plutonites basiques de la structure annulaire d'Anna (Chegga), comparaison avec celles de la structure annulaire de Bled M'Dena (Eglab occidental, Dorsale Réguibat, Sud Ouest algérien).*pp20.*

**BESSELES B. (1977).** Géologie de l'Afrique : le craton ouest Africain. *BRGM n°88.*

**BUFFIERE J.M., Fathy J.C. et Petey J. (1965).** Etude géologique de la partie orientale de la dorsale Réguibat, région des Eglab et secteur Nord du Yetti. Rapp. *Inéd. (SERMI), Paris, Déc. 1965, n°ALG. 63-09-IV, 23Op.*

**BUFFIERE J.M., Fathy J.C. et Petey J. (1966).** Sur l'ensemble Yetti- Eglab et sur la couverture infratillitique en territoire algérien. *C.R. Acad. sci., Fr., 262, pp.1513-1516.*

**CHIBA H, Chacko T, Clayton RN, Goldsmith JR (1989)** Oxygen isotope fractionations involving diopside, forsterite, magnetite, and calcite: application to geothermometry. *Geochim Cos-mochim Acta 53: 2985±2995*

**GIRET A. et LAMEYRE J. (1980).** Mise en place et evolution magmatique des complexes plutoniques de la caldéra de Courbet île de kerguelen (T.A.A.F), *Bull. Soc. Géol. France, (7), t. XXII, n°3, pp.437-446.*

**HADDAD Kahina et KARED Ratiba.(2014),** Etude petrographique et geochimique de la region de Guelb El Hadid( Eglab, dorsale Réguibet, sahara Sud Ouest Algerien).*pp15.*

**HAMIDI HAMZA et BRACHDA NAZIHA,(2013),** Contribution à l'étude pétrographique et géochimique des roches magmatiques de l'Ouest Eglab, SW algérien.*pp2.*

**HUGH P. TAYLOR, JR.(1968)** The Oxygen Isotope Geochemistry of Igneous Rocks.*pp3.*

**ILYA Bindeman,(2008),** Oxygen Isotopes in Mantle and Crustal Magmas as Revealed by Single Crystal Analysis.*pp447.*

**Irvine T.N. et Baragar W.R.A. (1971),** A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci., 8, pp. 523-548.*

**K.LAGRAA.**géochimie isotopique & géochronologie (Cours et exercices d'application).

**LASSERE M., LAMEYRE J. et BUFFIERE J.M. (1970).** Données géochronologiques sur l'axe précambrien Yetti-Eglab en Algérie et en Mauritanie du Nord. *Bull. BRGM 2ème série, IV, 2, pp. 5-13.*

**LE MAITRE R.W. (1989).** A classification of Igneous rocks and glossary of terms. *Balckwell, Oxford, pp.193.*

**Leake B.E., Wooly A.R., Arps C.E.S., Birch W.D., Gilbert M.C., Grice J.D., Hawthorne F.C., Kato A., Kisch H.J., Krivovichev V.G., Linthout K., Laird J., Mondarino J.A., Maresch W.V., Nickel E.H., Rock M.S., Schumacher J.C., Smith D.C., Stephenson N.C.N., Ungaretti L., Wittaker E.J.W. and Youzhi G. (1997).** Nomenclature of amphiboles : Report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, commission on the new minerals and mineral names. *The Canadian Mineralogist, vol. 35, pp. 219-246.*

**LEBAS J.M., LE MAÎTRE R.W., STRECKEISEN A., et ZANETTIN B., (1986),** A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica digram. *J. Petrol., 56, pp. 745-750.*

**LEPRETRE Rémi.(2015),** Evolution phanérozoïque du Craton Ouest Africain et de ses bordures Nord et Ouest, *pp28.*

**LETERRIER J., MAURY .R.C., THONON P., GIRARD D. and MARSCHAI M. (1982).** Clinopyroxene composition as a method of identification of the magmatic affinities of paleovolcanic séries. *Earth and Planetary Science Letters, Amsterdam, vol.59, pp.139-154.*

**MCDONOUGH and SUN S. (1995).** The composition of the Earth. *Chemical Geology, vol.120, pp.223-253.*

**MIYASHIRO A. (1974).** Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *Am. J. Sci., 274, 321-355*

**MIYASHIRO A. (1978).** Nature of alkali volcanic rock series. *Contib. Mineral. Petrol.*

**MORIMOTO N., FABRIÈS J., FERGUSON A.K., GINZBURG I.V., Ross M., SEIFERT F.A. and ZUSSMAN J. (1988).** Nomenclature of pyroxenes. *American Mineralogist, vol. 73, pp. 1123-1133.*

**Mohammed TABELIOUNA, Jean-Yves COTTIN, Omar KOLLI et Mohammed ZERKA.(2008) ,** les clinopyroxénites et les gabbros associés d'un complexe magmatique annulaire (sud de gara djebilet, eglab, dorsale reguibat, sud-ouest algérien). Article. *pp3.*

**MULLEN E. D. (1983).** MnO-TiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 62, pp.53-62.

**PECCERILLO A. and TAYLOR S.R. (1976).** Geochemistry of Eocene Calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, vol. 58, pp.63-81.

**PEUCAT J.J., CAPDEVILLA R., IJRARENI A., MAHDJOUR Y. et KAHOUI M. (2005).** The Eglab massif in the West African Craton (Algeria), an original segment of the Ebunian orogenic belt : petrology, geochemistry and geochronology. *Precamb.Res.pp*.

**SAADI SOMIA et YETTOU MAHDJOURA. (2014),** Pétrographie des faciès magmatiques du Nord de Tinguicht Bled M'Dena (Eglab, dorsale Réguibat, SW Algérien), Mémoire de Magistère pp10,14.

**SABATE P. (1973).** La jointure Yetti-Eglab dans la dorsale précambrienne du pays Réguibat (Sahara occidental algérien). *C. R. Acad. Sci. Paris, (D)*, 276, pp. 223 7-2240.

**TABELIOUNA M., (2009) :** Pétrologie et Géochimie des roches magmatiques de la structure annulaire de Bled M'dena. (Eglab occidental, dorsale Réguibate, SW Algérien) Thèse Doctorat.pp8.

**WANG rucheng, SHEN weizhou, XU shijin, XU keqin, LAI mingyuan.(1998),** Oxygen Isotope Study of the Suzhou Granite. Article Pp.

**YUET-Ling O'Connor et JEAN Morrison, (1999).** Oxygen isotope constraints on petrogenesis of the Sybille intrusion of Proterozoic Laramie Anorthosite Complex, Article.pp86