



Université d'Oran 2

Faculté des sciences de la terre et de l'Univers

**MEMOIRE De Magister**

Pour l'obtention du diplôme de Magister  
Science de la Terre

Option : Pétrologie-Géochimie

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)

Présentée et soutenue publiquement par :

Mme BENDJELLOUL-ALLAMI Fatima Zohra

Devant le jury composé de :

REMACI Nacéra	M.C.A.	Université d'Oran 2	Président
TABELIOUNA Mohammed	M.C.A.	Université d'Oran 2	Encadreur
ZERKA Mohammed	Professeur	Université d'Oran 2	Examineur
SEDDIKI Abdelmadjid	M.C.A.	Université d'Oran 2	Examineur

Année 2015-2016

## Remerciements

Arriver enfin a terme de ce modeste travail, Je tien à remercier spécialement monsieur Tabeliouna mon directeur de thèse et mon mentor pour toute l'aide, le soutien et le savoir qu'il ma prodiguer au cours de ma formation. Et plus spécialement pour sa grande patience avec moi.

A Mme Remaci pour ces précieux conseils et ces connaissances scientifiques qu'elle à généreusement partager avec nous tout au long de nos étude.

Je tiens à remercier monsieur Zerka pour tout le soutien moral qu'il ma apporter.

Je tient à remercier tous le corps enseignant au sein de notre département pour tout la travaille et tout leur précieux enseignements.

## Sommaire :

### Chapitre I : généralités

I.1. Introduction.....	9
I.2. Contexte géologique local .....	9
I.2.1. Localisation du secteur d'étude A (Anna).....	9
I.2.2. Localisation du secteur d'étude B (Bled M'Dena) .....	10
I.2.3. Cadre géologique et structurale : .....	11
A- structure circulaire d'Anna.....	11
B- Structure annulaire de Bled M'Dena.....	12
I.3. Historique des travaux dans le massif des Eglab :.....	13
I.4. But et problématique du travail .....	16

### Chapitre II : géologie régionale

II.1. Introduction.....	18
II.2. Présentation du craton ouest Africain.....	20
II.3. Le massif Yetti-Eglab :.....	22
II.3.1. Cadre géographique	
II.3.2. Contexte géologique régionale	II.3.3.
Dispositif structural	
II.3.4. Lithostratigraphie	
II.3.5. Magmatisme	
II.3.6. Couverture Cénozoïque	
II.3.7. Dépôts quaternaires	
II.4. Conclusion.....	32

### Chapitre III : pétrographie et minéralogie

III.1. Introduction :.....	35
III.2. Pétrographie des roches basiques de la structure circulaire d'Anna.....	35
III.2.1. Description du sondage de la structure circulaire d'Anna.....	35
III.2.2. Description pétrographique des plutonites basiques de la structure d'Anna.....	35
III.2.2.1. Les gabbros à olivines .....	37
III.2.2.2. Norite gabbroïque.....	
III.2.2.3. Gabbros au sens strict .....	
III.3. Pétrographie des roches basiques de la structure circulaire de Bled M'Dena :	
III.3.1. Description du sondage de la structure circulaire Bled M'Dena	

III.3.2. Description pétrographique des plutonites basiques de la structure circulaire de Bled M'Dena :

III.3.2.1. Norite gabbroïque

III.3.2.2. Gabbro noritique

III.3.2.3. Gabbros au sens strict

III.3.2.4. Gabbros à olivines

III.4.. conclusion

III.5. Minéralogie :

III.5.1. Variation de la minéralogie normative

III.5.2. Variation de la minéralogie modale des deux structures d'Anna et de Bled M'Dena

III.5.3. Comparaison entre les compositions minéralogiques modale et normatives

III.5.4. Variation de la composition des minéraux

III.6. Conclusion :

## **Chapitre IV : géochimie**

IV.1. Introduction

IV.2. Géochimie des éléments majeurs

IV.2.1. Classification et nomenclature

IV.1.2. Diagrammes de variation

IV.1.2.1. Diagrammes binaires

IV.3. Géochimie des éléments en traces des roches magmatiques

IV.4. Géochimie des terres rares des roches magmatiques :

IV.5. Diagrammes géotectoniques discriminants :

IV.6. Conclusion

**Chapitre V : conclusion  
bibliographique.**

**Références**

## Listes des figures

<b>Fig1</b> : Image satellitale (Google Earth) , vue d'ensemble de la situation de la structure d'Anna , situé près de la frontière Algéro- Mauritanienne, et sa position par rapport a la structure de Bled M'Dena.....	2
<b>Fig2</b> : localisation des secteurs d'études (Anna, Bled M'Dena).....	3
<b>Fig3</b> : schéma structurale de la jointure yetti- eglab ; englobant la structure circulaire d'Anna	
<b>Fig. 4:</b> Schéma structural, établi à partir de l'image satellitales d'ALSAT1, de la partie septentrionale de la feuille (1/2000000) de Aouinet Bel Lagrâa. La fracturation est fréquente dans les formations paléozoïques en gris et dans les séries métamorphiques (série d'Akilet Deïlel et série de Yetti).la structure annulaire de Bled M'Dena (S.A.B.M.) est contrôlée par un réseau de fractures orientés globalement NNE-SSW (InTabeliouna.2009).....	
<b>Fig.5</b> : Structure d'ensemble de l'Afrique (Liégeois et <i>al.</i> , 2002).....	12
<b>Fig6</b> : Schéma géologique du craton ouest africain : localisation de la dorsale Reguibat, la jointure Yetti-Eglab est représentée par le carré noir, ( <i>in Peucat et al., 2005</i> ).....	14
<b>Fig.7:</b> Cadre géographique de la dorsale Réguibat (Sabaté et Lomax,1975).....	16
<b>Fig8</b> : schéma structurale de la jointure yetti-eglab.....	18
<b>Fig. 10:</b> log synthétique du sondage de la structure circulaire d'Anna.....	33
<b>Fig.11</b> Photo gabbro à olivine en lumière polarisée montrant des cristaux d'olivine au contact des plagioclases, on observe la frange réactionnelle autour de l'olivine.....	
<b>Fig.12</b> Projections ternaires des minéraux modale des deux structures circulaires d'Anna et de Bled M D'ena ; a) roches gabbroïques à olivine; c) roches gabbroïques sans olivine. D'après <a href="#">Streckeisen (1976)</a> .....	
<b>Fig. 13:</b> log synthétique du sondage S2 de la structure circulaire de Bled M'Dena ORGM Béchar (modifiée).....	38
<b>Fig14:</b> variation de la minéralogie normative des échantillons de la structure circulaire d'Anna.....	39
<b>Fig.15</b> : variation de la composition minéralogique modale des échantillons des deux structures circulaire d'Anna et de Bled M'Dena.....	
<b>Fig.16:</b> Diagramme de composition des feldspaths Or-An-Ab.....	40
<b>Fig. 17:</b> Diagramme <i>En vs Wo vs Fs</i> des pyroxènes d'après la nomenclature de Morimoto et al. (1988).....	42
<b>Fig19.</b> : Diagramme des alcalins versus SiO <sub>2</sub> de Cox et al. (TAS), adapté par <a href="#">Wilson (1989)</a> pour les roches plutoniques. La courbe sépare les domaines des roches alcalines et Subalcalines.....	
<b>Fig.20:</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> ( <a href="#">Lebas et al. 1986</a> ) ; (1) : droite de séparation des domaines alcalin est subalcalin de <a href="#">Miyashiro (1978)</a> .....	56

**Fig.21.1.** : Diagrammes binaires (Alfred Harker, 1909) wt% oxydes versus  $\text{SiO}_2$  .....

**Fig.21.2.** : Diagrammes binaires (Alfred Harker, 1909) wt% oxydes versus  $\text{SiO}_2$ .....

**Fig.22.1.**Diagrammes des éléments traces versus  $\text{SiO}_2$ .....

**Fig.22.2:** Diagrammes des éléments traces vs  $\text{SiO}_2$ .....

**Fig.23:** spectres des terres rares des gabbros, monzodiorites, des granodiorites ;des monzonites et des granites de la structures annulaire de Bled M'dena.  
. Normalisation aux chondrites ([McDonough et Sun 1995](#)). .....

**Fig.24** : Diagramme multiélémentaires normalisés aux chondrites ([McDonough et Sun, 1995](#)), des roches plutoniques de la structure annulaires d'Anna et de la structure circulaire de Bled M'Dena.....

**Fig.25** : Diagramme Zr/Y vs Zr de contextes géodynamiques de [Pearce et al. \(1979\)](#).....

**Fig.26** : Diagramme Zr/4-2Nb-Y de discrimination tectono-magmatique des roches basaltiques ([d'après Meschede.1986](#)).....

## Liste des tableaux

- Tableau 1** : Age et stratigraphie des formations de la région Yetti-Eglab (Sabaté et Lomax, 1975) modifié à partir de l'âge (In Peucat et al. 2005).....17
- Tableau 2** : Les caractéristiques majeurs des principales unités des massifs Yetti et Eg.....21
- Tableau3** : Récapitulatif des compositions minéralogiques des faciès plutoniques de la structure circulaire d'Anna.....32
- Tableau4** : la composition normative des échantillons la structure circulaire d'Anna et de ceux de la structure circulaire de Bled M'dena.....44
- Tab.5** : Composition chimique est formule structural des olivines des Gabbros à olivine.....45
- Tab. 6**:Composition chimique est formule structural de la biotite des Gabbros à olivine.....46
- Tab. 7**:Composition chimique est formule structural des cpx des Gabbros à olivine.....47
- Tab. 8** : Composition chimique est formule structural des plagioclases des Gabbros à olivine.....48
- Tab.9** : Composition chimique est formule structural des opx des Gabbros à olivines.....49
- Tableau10** : analyses chimiques (éléments majeurs et traces de la structure circulaire d'ANNA ; et de la structure circulaire de Bled M'Dena.....70
- Tableau11** : composition en terres rares des gabbros(S2/2 ;S2/8) ;des monzodiorites(S3/8) ; des granodiorites ;des monzonites (S5/2.S6/4) et des granites (S7/4) de la structures annulaire de Bled M'dena. (Les terres rares sont normalisées aux chondrites, McDonough et Sun,1995).....

# Chapitre I :

## *Généralités*



### I.1. Introduction :

Les plus anciennes roches identifiées dans les terrains Paléoprotérozoïque des Eglab, sont des vieilles reliques océaniques. Elles sont interprétées comme étant une relique d'une croûte océanique archéenne, qui serait préservé du recyclage dans le manteau par un phénomène d'obduction.

Des mouvements compressifs poussent le massif des Eglab vers l'ouest, au-dessus du massif de Yetti. Cette situation convergente serait bloquée vers 2009 Ma. Cette phase compressive est suivie par une phase distensive, probablement déclenchée dans un bassin d'arrière arc, au cours de la phase de rapprochement entre les deux massif Yetti et Eglab.

La mise en place de la structure circulaire d'Anna (Chegga) et la structure circulaire de Bled M'Dena, coïnciderait avec cette phase distensive.

### I.2. Contexte géologique local :

#### I.2.1. Localisation du secteur d'étude A (Anna) :

La structure circulaire d'Anna est située au sud de la jointure Yetti-Eglab, dont les coordonnées sont  $6^{\circ} 04' W$  et  $25^{\circ} 58' N$ . Elle est limitée au nord par la série d'Akilet Deleil, au sud par la série Chegga, à l'ouest par le domaine Yetti et enfin à l'Est par Chenachane (voir Fig.1, Fig2).



**Fig1 : Image satellitale (Google Earth) , vue d'ensemble de la situation de la structure d'Anna , situé près de la frontière Algéro- Mauritanienne, et sa position par rapport a la structure de Bled M'Dena.**

### I.2.2. Localisation du secteur d'étude B (Bled M'Dena) :

La structure circulaire de Bled M'Dena, se localise à l'ouest de la jointure Yetti-Eglab. Située aux coordonnées  $6^{\circ}33'W$  et  $26^{\circ}38'N$ , C'est un complexe magmatique qui recoupe le pluton d'Aftout (In [Tabeliouna, 2009](#)). Limitée au nord part Aouinet Lagraa, au sud par Areigat Lemah, à l'ouest par Gara Djebilet et au sud-est par Erg Iguidi (voir [Fig.2](#)).

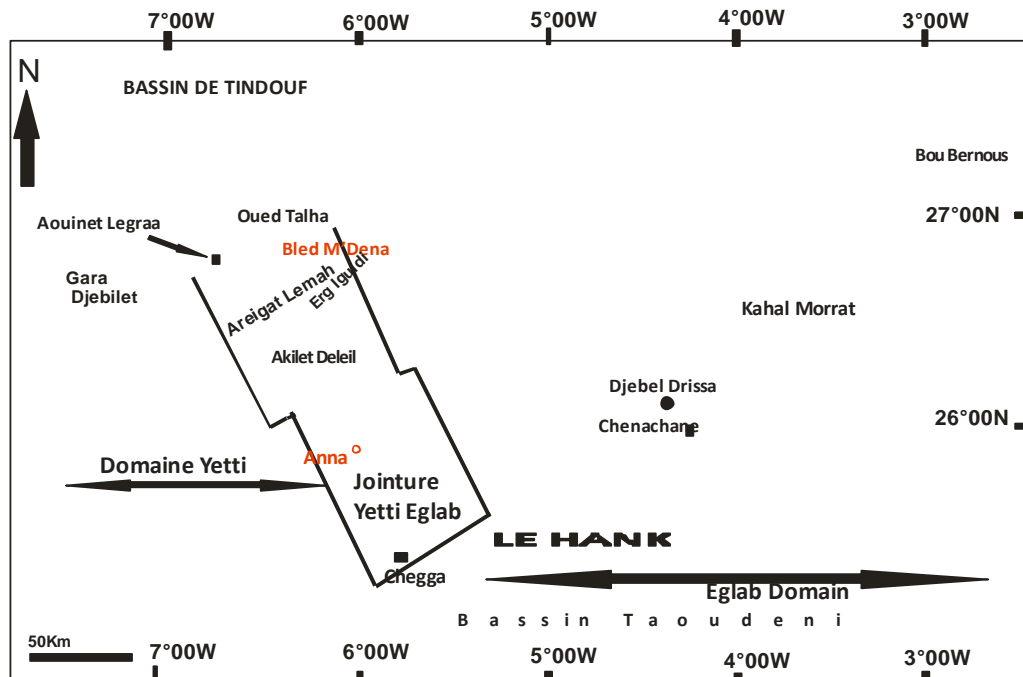


Fig2 : localisation des secteurs d'études (Anna, Bled M'Dena)

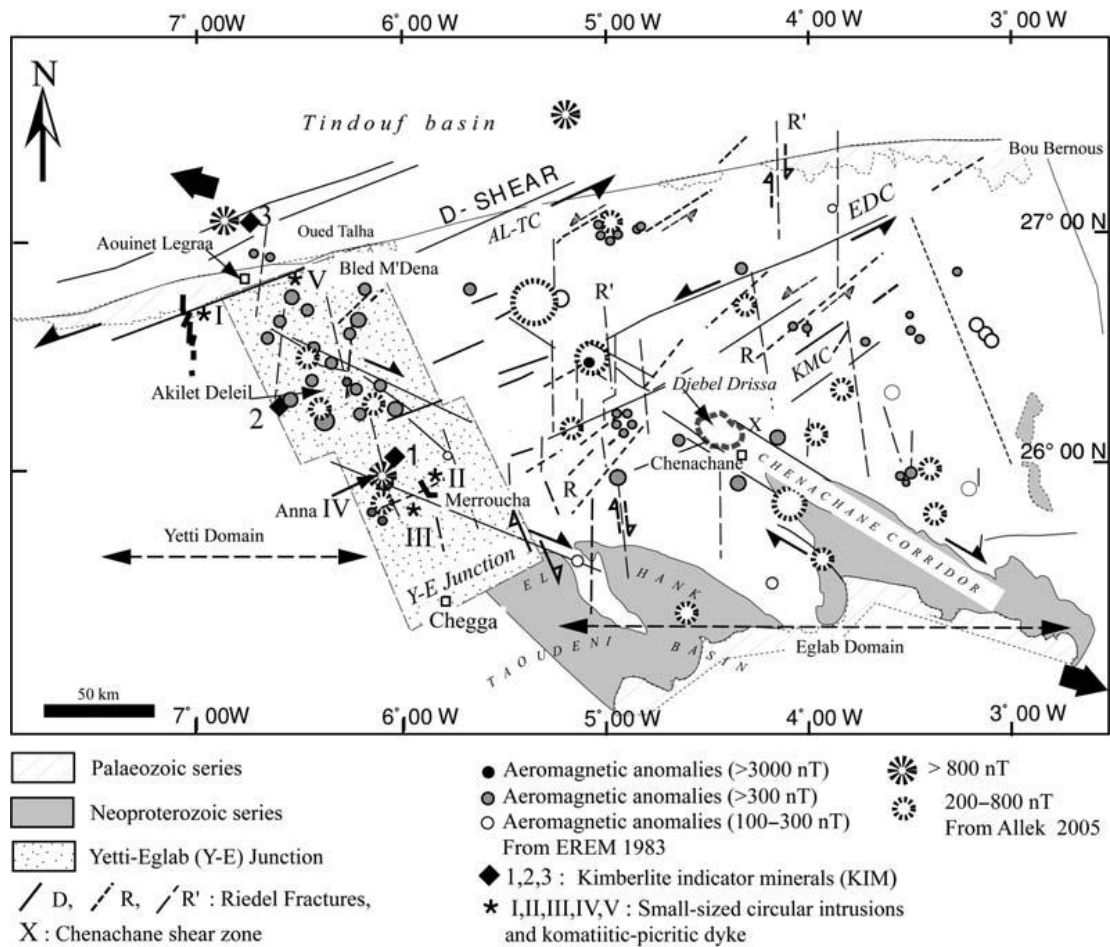
### I.2.3. Cadre géologique et structurale :

#### A- structure circulaire d'Anna :

La configuration circulaire de la structure d'Anna fut mise en évidence grâce aux investigations géophysique et levés magnétométriques, effectué par l'ORGM de Béchar, dans le cadre d'une campagne d'exploration du diamant ([Labdi,A. et Zénia,M.S. ORGM.2001](#)).

C'est une petite structure dont le diamètre ne dépasse pas les 250m, traversant la série Chegga, et dont les levés magnétométriques ont révélés la présence de deux petites anomalies très magnétiques, qui pourrait correspondre à la présence de corps ultramafiques. ([Labdi,A. et Zénia,M.S. 2001](#) ; In [Kahoui et al.2008](#)).

D'un point de vue structural, la structure d'Anna est située à l'intersection de deux failles secondaires orientées NW-SE et NNW-SSE ([EREM 1983](#) ; [Allek. 2005](#)), ces failles correspondent à la combinaison d'un décrochement dextre et d'extension crustale, l'ensemble est le résultat de la convergence obliques entre le domaine Yetti et le domaine Eglab (In [Kahoui et al.2008](#)). (voir [Fig. 3](#))



**Fig3 : schéma structurale de la jointure yetti- eglab ; englobant la structure circulaire d'Anna. ( Kahoui et al. 2008)**

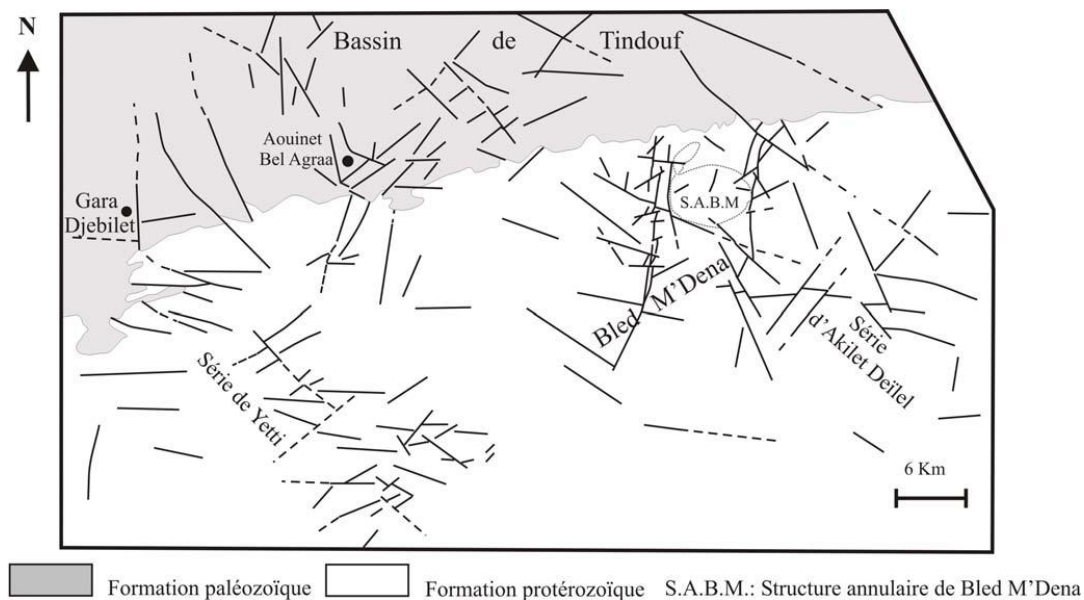
**B- Structure annulaire de Bled M'Dena :**

La structure annulaire de Bled M'Dena forme un cercle presque parfait d'environ 6 km de diamètre. Elle à fait l'objet d'une étude détailler par M. Tabeliouna, dans le cadre de ses travaux de thèse de doctorat, dont nous nous somme appuyers pour décrire cette structure.

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.

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)

D'un point de vue structural, Bled M'Dena est coincée entre deux accidents subméridiens, probablement responsable de sa mise en place (voir Fig. 4). Elle est lardée par un réseau de failles et de filons orientés globalement selon trois directions, N120, N60 et N140. (Tabeliouna, 2009).



**Fig. 4:** Schéma structural, établi à partir de l'image satellitales d'ALSAT1, de la partie septentrionale de la feuille (1/2000000) de Aouinet Bel Lagrâa. La fracturation est fréquente dans les formations paléozoïques en gris et dans les séries métamorphiques (série d'Akilet Deïl et série de Yetti).la structure annulaire de Bled M'Dena (S.A.B.M.) est contrôlée par un réseau de fractures orientés globalement NNE-SSW (In Tabeliouna.2009).

### I.3. Historique des travaux dans le massif des Eglab :

Les recherches géologiques ont été entreprises dans le massif des Eglab par **N.Menchikoff**, **P.Lapadu Hargues** et **P.Gevin** dans les années quarante. Elles n'ont été menées que le long des itinéraires isolés ; les chameaux ayant été le moyen essentiel de transport.

**Menchikoff (1923)** fut parmi les premiers géologues à s'intéresser à l'étude de la dorsale réguibat en la 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** en **1935**.

**Jacket (1937)** s'est intéressé à la dorsale occidentale.

**Gevin (1941)** a entrepris des études sur les formations précambriennes et leurs bordures sédimentaires. En **1951**, il définit pour la première fois les séries de Chegga, du Yetti et de Guelb El Hadid.

Parallèlement, de nombreux autres géologues ont entamé leurs travaux dans le Réguibat occidental en mauritanie. **Sougy (1951-1952)** y a reconnu les formations suivantes : les séries de Ghallaman, d'Aguelte Nebkha, de Aioun Abdelmalek et d'Imourène.

En **(1953)**, **Blanchot** met en évidence deux séries, celles de l'Amsaga et d'Akjout.

En **(1958)**, **Durozoy** réalise plusieurs coupes dans l'infra-cambrien de la série du Hank.

Jusqu'en **(1960)**, des prospections préliminaires, à l'échelle de 1/200000<sup>ème</sup>, des terrains situés entre les méridiens (5° et 8° W) et les parallèles (26° et 27° N) (feuilles : Djebilet, Aouinet Lagraa, Eglab Salem, Chegga et Zmila) auront lieu.

En **(1960)**, **(1960) Sougy** est à l'origine d'une première corrélation stratigraphique entre les séries précambriennes précitées. Il désigne sous le nom de série d'Aguelte Lekhneig les formations similaires à celles de la série d'Imourène qu'elles prolongent au sud.

En **(1962)**, **Bonhomme** obtient les résultats des toutes premières mesures géochronologiques effectuées dans le territoire mauritanien. Ces dernières annoncent des âges compris entre 1990 Ma et 1818 Ma, témoins donc de l'orogénèse éburnéenne.

Entre **(1963)** et **(1965)**, la S.E.R.M.I. alimentera, par de nouvelles données, les travaux réalisés par le B.I.A. sur les feuilles de Chegga, Boubout, Eglab-Dersa, Mokrid, Tilesmas, Kahal-Morrat, Oued Chenachane, Erg Chech de Bou-Bernous et Grizim. Cette étude aboutira à la réalisation d'une carte géologique au 1/500000<sup>ème</sup> du Yetti et des Eglab qui sera publiée en **(1965)** avec une notice explicative.

En **(1964)**, **Buffière** et *al.* étudient la tectonique de la partie orientale de la dorsale Réguibat. En **(1965)**, cet auteur 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 », à l'Est et au SE des Eglab, comme étant les équivalents de la série de chegga

En (1966), **Buffière**, **Fahy** et **Petey** définissent la série de l'Oued Souss comme un ensemble de formations volcaniques et volcano-sédimentaires discordantes sur le système de base –Réguibat.

En (1967), **Barrère** entreprend une étude détaillée des phases tectoniques ayant affecté le socle précambrien de la partie occidentale de la dorsale Réguibat. Il y établit, entre autre, une échelle stratigraphique du « Pcb.D ». En cette même année, **Lameyre** et **Lasserre** situent le massif annulaire d'Hassi-El-Fogra dans la période éburnéenne, et ce, grâce à des datations radiométriques qui, établies sur des syénites néphéliniques (roches totales et minéraux), ont donné un âge de  $2021 \pm 48$  Ma.

En (1970), nous trouvons les travaux de **Caron** et *al.* où ils préciseront l'appartenance des migmatites du Sud Iguidi aux séries de Ghallaman et chegga et non à celles d'Aïoun Abd El Malek. Il sera également question des travaux de **Lasserre** et **Lameyre** où ils admettront l'existence d'un ensemble sus-jacent à la série d'Aguelt Nebkha (série d'El Naam).

En cette même année, **Sabaté** entreprendra une étude structurale et pétrographique poussée de la jointure Yetti-Eglab. Quant à **Lasserre** et *al.*, ils dateront l'intrusion des granites Aftout de  $1869 \pm 50$  Ma, en ayant recours à la méthode Rb/Sr sur roches totales et minéraux.

En (1971), **Sougy** et *al.* Et **Marchand**, associés au CNRS, entreprennent une étude détaillée de la zone mauritanienne de la dorsale Réguibat centrale.

En (1972) **Azzouni** ébauchait une étude comparative de quelques granitoïdes de la dorsale Réguibat (partie algérienne).

**Vachette** et *al.* (1973) effectuent une étude géochronologique des séries métamorphiques et des granites précambriens de la partie Nord et Nord-Est de la dorsale Réguibat. Les âges obtenus sont compris entre 2000 Ma et 1700 Ma.

Presque en même temps, **Sabaté** (1972) a précisé la structure de Yetti et en 1973 il définit la série d'Akilet Deïl et a déterminé les relations tectoniques de la jointure Yetti-Eglab

**Sabaté** et **Lomax** (1975) notent la postériorité de la série de l'Oued Souss par rapport aux niveaux de base de la série d'Akilet Deïl.

En 1976, **Sekkal-Azzouni** présente une étude des stocks plutoniques de la jointure Yetti-Eglab et montre qu'ils sont d'affinité calco-alcaline. Une année après, **Bessolés** publie une étude sur le craton ouest africain alors que **Sabaté** et *al.* (1977) datent l'intrusion du pluton Aftout à 1925 Ma.

**SONAREM** (1981-1983), a effectué des travaux de recherche systématique sur l'axe Yetti-Eglab dans le but d'inventorier et d'évaluer les potentialités minières de la région

**Kahoui** (1988) a étudié le massif annulaire alcalin de Djebel Drissa dans le massif précambrien des Eglab.

Depuis la création de l'**ORGM** (1992), plusieurs missions ont été effectuées dans le but de mieux connaître la géologie de la région Yetti-Eglab. Lors de ces missions, **Pipoul** et

**al. (1992)** se sont intéressés à la géochimie et au comportement des éléments du groupe des platines (EGP) du massif protérozoïque ancien du Teggeur (partie algérienne).

En **1993**, **Baudin**, dans le cadre d'une mission pour l'**ORGGM**, met en évidence les principaux traits structuraux du domaine Yetti-Eglab. Il a démontré l'inexistence d'un chevauchement entre les séries d'Akilet Deïlél et de Yetti en se basant sur l'absence de klippes de charriages

En **1994**, **Lefort** et **al.** proposent une modélisation magnétique du subméri dien de l'ensemble Yetti-Eglab. Deux ans plus tard, **Bitam** et **Fabre**, réalisent une étude géodynamique du craton ouest africain central et oriental.

**Kahoui** et **al (1996)** rattachent le stock plutonique du sud Tinguicht (malignites et syénites mésocrates associées) aux complexes annulaires post-orogéniques tels que ceux de Djbel Drissa et de Hassi El Fogra

En **2001** une importante mission d'exploration du diamant fut organisée par l'**ORGGM**, Bechar. Dont le but est de rechercher des sources primaires potentielles de diamant dans le massif des Eglab.

En **2002**, **Mahjoub** et **al** proposent une évolution du domaine Eglab en trois stades datés respectivement à 2.2Ga, 2.1Ga et 2.08Ga.

En **2005**, **Peucat** et **al** définissent le massif des Eglab comme un segment original de l'orogène éburnéen.

En **2007**, **Benramdane** a contribué à l'étude géologique et gîtologique des minéralisations aurifères de la zone de jointure Yetti-Eglab.

En **2008**, **M. Tabeliouna et al.**, , étudia la structure annulaire du sud de Gara Djebilet en montrant le caractère tholéiitique du magma mis en place dans un cadre distensif post ou *anorogénique*.

En **2008**, **Kahoui et al** mettent en évidence la présence possible de sources primaires de diamant dans la zone de jointure Yetti-Eglab.

En **2009**, **Mr TABELIOUNA** à soutenu sa thèse de doctorat sur la pétrologie et la géochimie des roches magmatique de la structure annulaire de Bled M'Dena.

Des enseignants- chercheurs de l'université d'Oran (**Tabeliouna, Lagraa**) travaillent présentement dans la région des Eglab.

Une équipe de jeunes doctorants formés par monsieur **Tabeliouna** travaille sur la région des Eglab.

#### ***1.4. But et problématique du travail :***

Les plus anciennes roches identifiées dans les terrains Paléoproterozoïque des Eglab, sont des vieilles reliques océaniques. Elles sont interprétées comme étant une relique d'une croûte océanique archéenne, qui serait préservé du recyclage dans le manteau par un phénomène d'obduction.

Des mouvements compressifs poussent le massif des Eglab vers l'ouest, au-dessus du massif de Yetti. Cette situation convergente serait bloquée vers 2009 Ma. Cette phase compressive est suivie par une phase distensive, probablement déclenchée dans un bassin d'arrière arc, au cours de la phase de rapprochement entre les deux massif Yetti et Eglab.

La mise ne place de la structure circulaire d'Anna (Chegga) et la structure circulaire de Bled M'Dena, coïnciderait avec cette phase distensive.

L'objectif du travail qui sera entamé dans le cadre de ce mémoire de magister, est de réaliser une étude comparative des roches magmatiques basiques de la première structure (Anna), avec les roches magmatiques basiques de la deuxième structure circulaire (Bled M' Dena).

L'étude pétrologique révélera la nature des roches étudiées, ainsi que leurs caractères géochimiques. Une fois cette étape franchie, on pourrait discuter sur l'origine de ces roches et leurs modes de mise en place.



# Chapitre II :

## *Géologie Régionale*

### II.1. Introduction :

Le continent africain a été le théâtre de plusieurs et différents épisodes orogéniques qui ont conduits à sa cratonisation progressive, marquant ainsi son évolution depuis le noyau primitif jusqu'à sa structure actuelle (**Clifford, 1970**).

**G.Rocci** en **1964** et **1965** a donné un schéma de la structure de l'Afrique qui parait coordonner de la meilleure façon les faits géologiques constatés par les observations de terrain et les travaux de laboratoire (**In Bessoles, 1977**).

Aux cratons du Congo et du Kalahari dont la présence a été démontrée par **L. Cohen (1961, 1963)**, il ajoute le craton de l'Ouest africain, et suggère l'existence de l'hypothétique craton nilotique. Il faut attendre plusieurs années plus tard pour qu'enfin la nature géologique de ce dernier soit précisée et on parlera du terme « Metacraton Saharien » donné par **J.P Liégeois et al** en **2002, (Fig. 5)**.

Pendant les études structurales et la géochronologie ont permis d'établir les grandes étapes de la formation du continent africain

Les principaux évènements de cette histoire de l'Afrique ont été schématisés comme suit par **T.N.Clifford** en **1970 (In Bessoles, 1977)** :

- Orogène à 3000 M.A
- Orogène à 2500-2800 M.A
- Orogène à 1850 ± 250 M.A (orogénie éburnéenne et épisode orogénique huabien)
- Orogène à 1100 ± 200 M.A (orogénie kibarienne)
- Orogène à 550 ± 100 M.A (orogénies damarienne, panafricaine)
- Orogène de la période Paléozoïque moyen-Mésozoïque (orogénie acadienne et hercynienne)
- Orogénie alpine de l'Atlas

Les orogènes les plus anciens peuvent être repris par les orogènes les plus récents

Ainsi l'histoire géologique du continent africain peut être résumée en trois ères (**Choubert et Faure-Muret, 1968**).

- a- Ère de la cratonisation
- b- Ère des chaînes intracontinentales et des grands rajeunissements
- c- Ère des couvertures de plate-forme et des grandes fractures (Rifts)

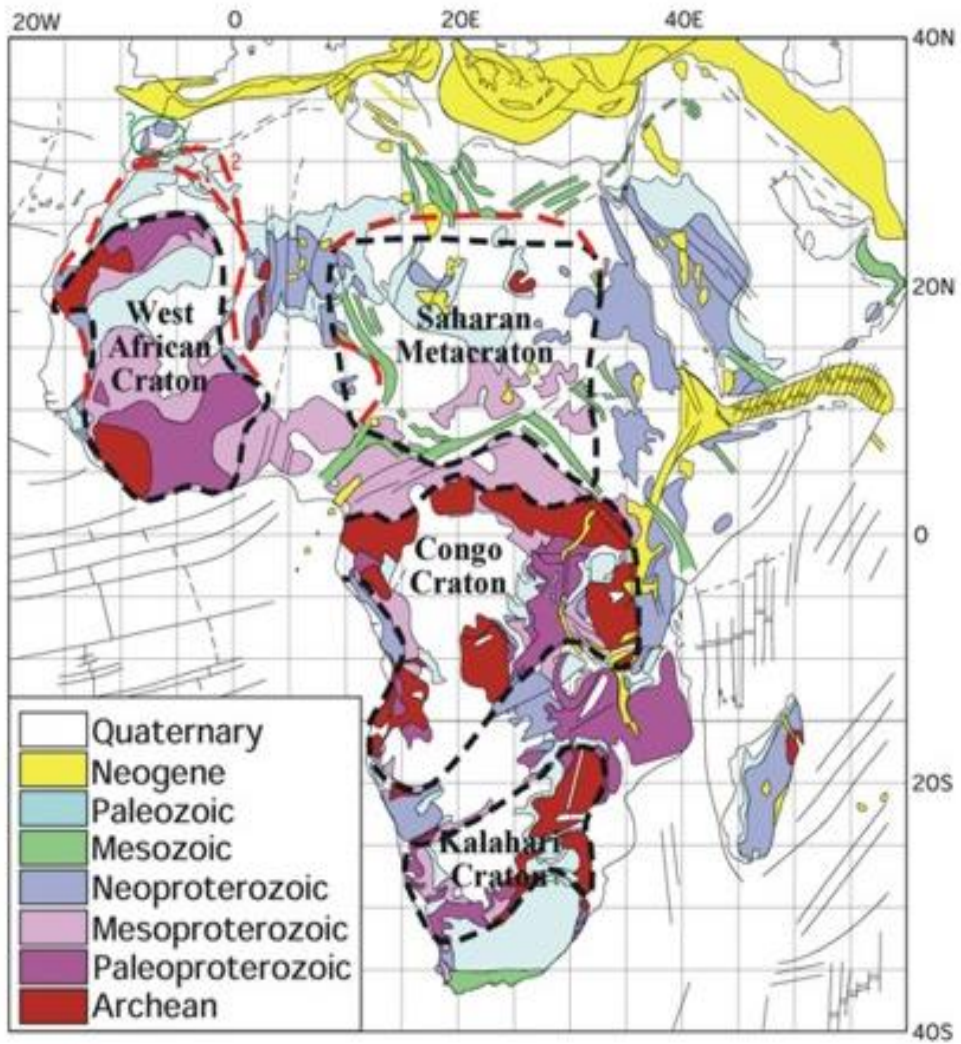


Fig.5 : Structure d'ensemble de l'Afrique

(Liégeois et al., 2002)

Dans ce présent chapitre, nous nous intéresserons de près à l'étude géologique du craton ouest africain, et plus spécialement à la jointure Yetti -Eglab de la dorsale Réguibat.

## II.2. Présentation du craton ouest africain :

Limité au Nord par l'Anti-Atlas, à l'Est par la zone mobile centre africaine et à l'Ouest par la zone mobile d'Afrique de l'Ouest (**Fig.6**), le craton ouest africain est recouvert sur une grande partie de sa surface par les formations sédimentaires d'âge protérozoïque supérieur et paléozoïque des bassins de Tindouf au Nord et de Taoudeni 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'orogène panafricain. Les parties Nord (Dorsale Réguibat) 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.

En dépit des différences qui existent entre la partie septentrionale et celle méridionale, le craton ouest africain semble néanmoins, afficher une certaine uniformité. En effet, les retombées d'ordre lithologique et géochronologiques dues aux orogénies qui se sont succédées depuis 3000 Ma, sont telles, que les témoins du cycle libérien (Archéen), ont occupé la partie occidentale du craton Ouest africain (Réguibat occidentale, domaine Kéniéba-Man), alors que ceux témoignant du cycle éburnéen (birimien) ont pris place au sein de la partie orientale de ce dernier (Réguibat orientale, domaine Baoulé Mossi). Seules quelques parts du socle libérien antérieur y restent plus ou moins visibles .

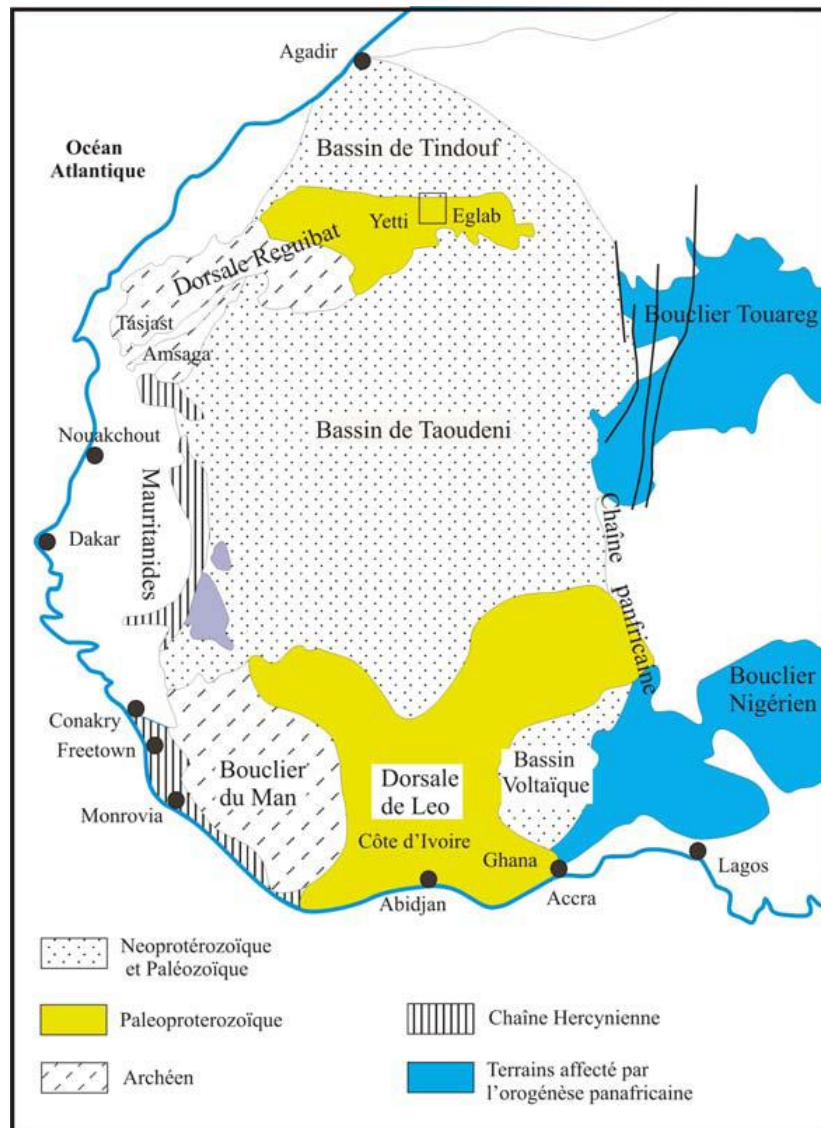


Fig6 : Schéma géologique du craton ouest africain : localisation de la dorsale Reguibat, la jointure Yetti-Eglab est représentée par le carré noir, (in Peucat et al., 2005)

### II.3. Le massif Eglab-Yetti :

#### II.3.1. Cadre géographique

Le massif Eglab - Yetti situé dans le sud-ouest algérien appartient au «pays Réguibat» qui s'étend selon une direction NE-SW, sur plus de 1500 km de l'Atlantique à l'Ouest jusqu'à l'Erg Chech dans le Tanezrouft à l'Est, occupant le SW algérien, la République sahraouie et les régions septentrionales de la Mauritanie et du Mali (**Fig.7**).

Deux régions naturelles forment la partie orientale du pays Réguibat, la limite passe près de l'Erg Iguidi ; il s'agit de:

- *le Yetti*, région à l'ouest du méridien 6° W, sans relief, marquée par des étendues noirâtres et par de vastes pénéplaines «Reg» blanchâtres; cette absence de relief est à l'origine du nom Yetti.

- *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.

Au Nord, le massif est limité par le "pays des côtes" avec les premières falaises allongées E-W, appartenant au bassin de Tindouf; à l'Est, par le plateau du Tanezrouft et le bassin de Reggan; vers le Sud, les falaises du Hank amorcent le bassin de Taoudeni et enfin à l'ouest par le Zemmour et la partie centrale du pays Réguibat.

La Hamada désigne de vastes plateaux entaillés développés sur les bassins limitrophes ou en bandes allongées et petites buttes isolées çà et là sur le massif.

Deux grands Ergs sont connus dans la région, l'Erg Chech ceinture le massif au Nord et à l'Est, sa branche occidentale appelée Erg Iguidi, orientée NE-SW, coupe le massif au centre; ces ergs sont formés de plusieurs cordons appelés "draa" haut de 100 à 150 m.

#### II.3.2. Contexte géologique régionale :

Le pays cristallin Réguibat (**Menchikoff, 1949**) ou «dorsale Réguibat» constitue la branche septentrionale du craton ouest-africain.

Une subdivision structurale de la dorsale Réguibat en trois parties est admise (Bessoles, 1977): (i) partie nord orientale (Eglab et Yetti), (ii) partie centrale (El Ouassat, Zemmour et Ghallaman-Karet) et (iii) partie occidentale (Tassiast, Tijirit-Amsaga et Tins).

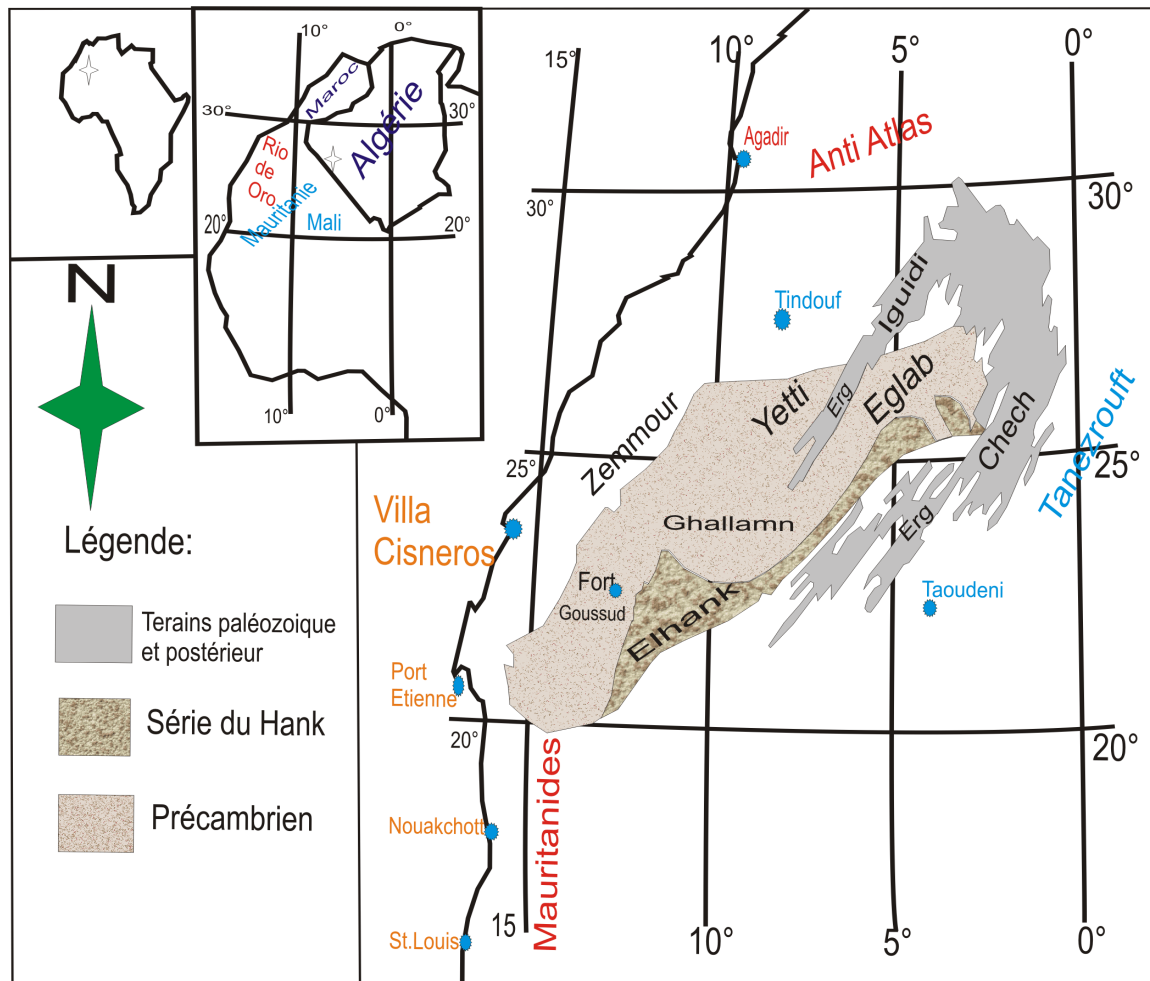
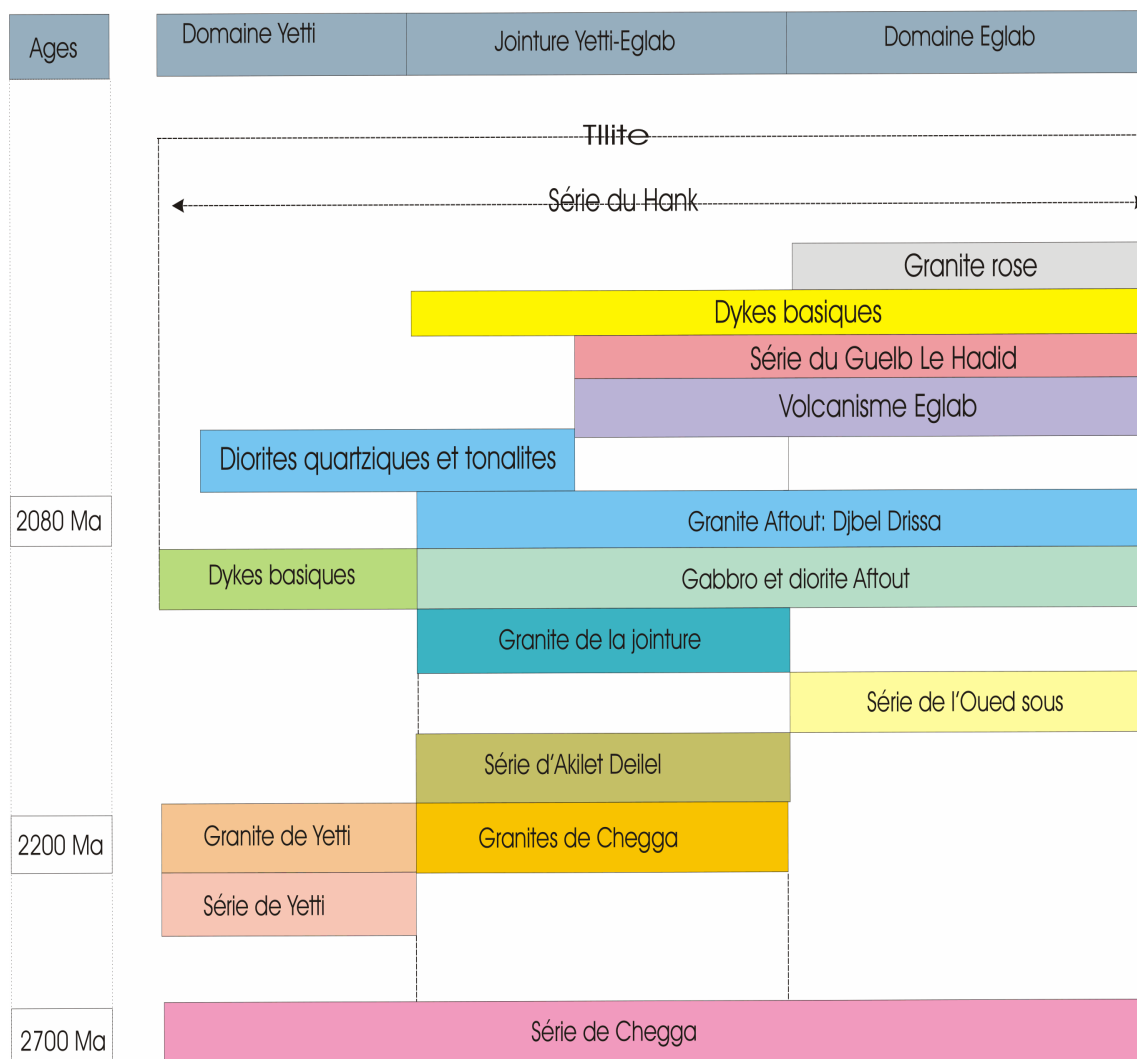


Fig.7: Cadre géographique de la dorsale Réguibat

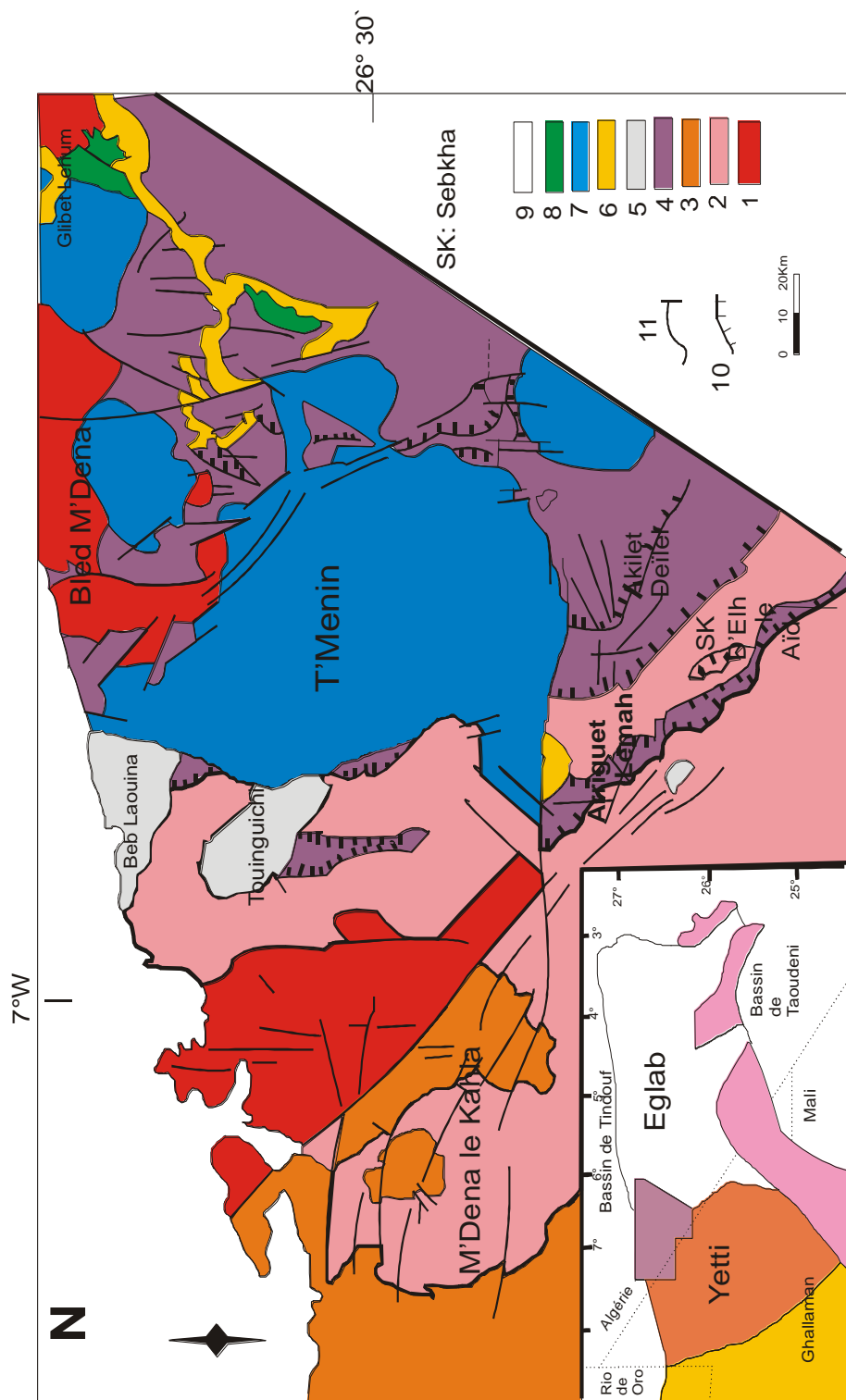
(Sabaté et Lomax, 1975)

La zone nord orientale qui nous intéresse, se trouve en grande partie en territoire algérien. Elle a été étudiée par **Sougy (1960)** pour la partie mauritanienne et par **Gevin (1951 et 1958)** pour la partie algérienne. Elle est subdivisée en deux domaines : le domaine du Yetti à l’Ouest et le domaine des Eglab à l’Est (**Fig.8**) (**Tab.1**), séparé par une zone de jointure orientée SSE-NNW et dite « jointure Yetti-Eglab » (**Sabaté, 1973**).



**Tableau 1 : Age et stratigraphie des formations de la région Yetti-Eglab (Sabaté et Lomax, 1975) modifié à partir de l’âge (In Peucat et al. 2005).**





**Fig.8: Schéma structurale de la jointure Yetti-Eglab (Sabaté, 1973)**

- 1) Série et Granites de Chegga, 2) Série de Yetti, 3) Granite de Yetti, 4) Série d'Akilet Deilet, 5) Granite de la jointure Yetti-Eglab, 6) Gabbros Aftout, 7) Granite Aftout, 8) Série de Guelb el Hadid, 9) Couverture paléozoïque, 10) Contact anormaux, 11) Faille et dykes

### II.3.3. Dispositif structural :

La partie nord- orientale, qui nous intéresse, montre un massif ancien précambrien bordée par les synclinaux paléozoïques de Tindouf au Nord et de Taoudeni au Sud; par la zone mobile recouverte par des sédiments phanérozoïques à l'Est et par la partie centrale de la dorsale vers le S

Pour le massif ancien, deux domaines structuraux distincts se superposent approximativement aux deux régions naturelles connues Eglab et Yetti sus-citées (**Fig.4**). La jonction entre ces deux domaines est matérialisée par une grande zone de fracture orientée NNW-SSE: appelée zone de jointure Yetti-Eglab.

- **domaine Eglab**: reconnu entre les méridiens 2° 30' W et 6° 30' W. Il est organisé à son tour, entre les parallèles 26° et 27° N, en trois zones structurales séparées par des accidents majeurs orientés N-S à NW-SE:

- **Zone Est** ou (**Chenachane Erg Chech**), à l'Est avec des reliques du substratum ancien granito-gneissique affleurant au sein des roches du pluton Aftout;
- **Zone Centrale** ou (**Aftout-Eglab**), au Centre avec essentiellement des granites et volcanites du pluton Aftout qui prédominent sur les séries volcano-sédimentaires birimiennes
- **Zone ouest** ou (**Chegga-Iguidi**), à l'Ouest, où de larges panneaux du substratum ancien sont rehaussés et juxtaposés aux séries birimiennes et roches de l'Aftout.

- **domaine Yetti**: reconnu à l'Ouest du méridien 6°30'W, avec deux zones structurales séparées par une zone de fracture médiane orientée NNW-SSE passant près du méridien 7° 30 W

- **Zone Est**, à quartzite, complexe rhyodacitique et granitoïdes;
- **Zone Ouest**, à schistes cristallins, migmatites et granites porphyroïdes.

Trois systèmes de fractures sont recensés

- **Système Eglab:** accidents orientés NE-SW à NNW-SSE, décrochements et subduction Yetti sous Eglab, rattaché à l'événement Eglab;
- **Système méridien:** accidents méridiens (mylonite de Chegga) et fentes d'extensions à remplissage acide alcalin et basique doléritique et intrusions circulaires;
- **Système Hank:** chevauchement du Hank et rejoue de failles du système Eglab.

Le massif Yetti-Eglab a une structure en mosaïque caractérisée par des failles et des roches intrusives et effusives à différentes "époques". Son appartenance au craton ouest-africain incite à chercher les événements orogéniques reconnus lors du Précambrien (Léonien, Libérien, Eburnéen et kibarien). La structuration de cette partie NE de la dorsale s'est effectuée lors des orogénèses éburnéenne et panafricaine, visible à l'extrême Est de la dorsale.

#### II.3.4. Lithostratigraphie :

Le schéma géologique montre un **substratum ancien** granito-gneissique, à cachet anté-birimien supportant une **couverture birimienne** volcano-sédimentaire intrudée par le pluton Aftout et affectée par l'orogénèse ébuméenne.

La **couverture néoprotérozoïque «le Hank»** de nature sédimentaire, est reconnue uniquement sur la bordure sud de la dorsale, peu affectée par l'orogénèse pan-africaine.

Enfin la couverture **phanérozoïque sédimentaire**, relativement stable, avec un Paléozoïque limité aux deux bassins bordiers limitrophes Tindouf et Taoudeni, un Pliocène peu étendu et une couverture **Quaternaire (In Benramdane, 2007)**.

#### II.3.5. Magmatisme : (Tab.2)

##### A. Domaine Yetti:

**Granites du Yetti :** Plusieurs types pétrographiques de granite, associés aux gneiss et migmatites type Yetti sont inventoriés : **(i)** granite à biotite à texture parfois orientée, à biotite, muscovite; certains massifs se rapprochent du type granodioritique; **(ii)** granite à

amphibole, riche en quartz et plagioclase sub à automorphe; au sein desquels se développe des aplites, des pegmatites à tourmalines et micas.

Seul le massif intrusif de M'dena kahla, considéré comme granite de jointure Yetti-Eglab, est daté à  $1880 \pm 12$  Ma ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) (Sabaté et al., 1977)

Des affleurements de roches basiques et ultrabasiques (pyroxenites, gabbros et gabbro diorites) affleurent généralement au sein des granites.

## **B. Zone de jointure Yetti-Eglab :**

### **B.1. Les granitoïdes de jointure**

Des massifs granitiques sont localisés exclusivement le long de la jointure. De forme circonscrite recoupant les structures chevauchantes et antérieures au pluton Aftout.

L'un à biotite (massif de bab Laouina), l'autre à amphibole (massif de Tinguicht) à amphibole, montrent deux faciès l'un mésocrate, porphyroïde, à tendance potassique ;

l'autre, leucocrate fin, aplitique, recoupé par des filons, à tendance sub-alkaline; et à deux micas (massif de Sebkhath Loutid) leucocrate, sub-alkalin à plagioclase basique. Certains de ces massifs sont considérés comme granites type Yetti (granite à biotite de bab Laouina, granite à amphibole de Tinguicht) par Buffière et al.(1965).

### **B.2. Les stocks basiques**

Plusieurs petits massifs plutoniques basiques de forme irrégulière et de dimension variable sont reconnus dans la zone de jointure Yetti-Eglab, aussi bien dans le domaine Yetti, qu'en domaine Eglab.

Deux groupes pétrographiques sont distingués: l'un, dioritique (diorite quartzique, tonalite et granodiorite) marqué par du métamorphisme et des phénomènes pneumatolytiques (tourmaline); l'autre, gabbroïque, à hornblende riche en Ti, amphibole, plagioclase, néphéline (exprimée et normative) et opaques abondants (pyrite). L'étude géochimique montre une lignée calco-alkaline pour ces massifs avec une légère tendance vers le tholéitique pour les gabbros (Azzouni-Sekkal, 1976). Certains massifs sont intrusifs dans la série du Yetti, d'autres au sein des migmatites et granites Yetti.

<b>Magmatisme poste orogénique (2.07 Ga)</b> monzonites quartziques - Alcalino-calcique, magnésien (à ferrifère), haut-K, meta à légèrement peralumineux.	<b>Granites Aftout</b> : le dernier événement - Granite rose à rouge ; monzogranites, syénogranites et
<b>Magmatisme orogénique (2.07 Ga)</b>	
<b>Magmatisme orogénique et socle métamorphique (2.018 à 2.21 Ga)</b>	
<b>Reliques Archéennes (2.73 Ga)</b>	

**Tableau 2 : Les caractéristiques majeurs des principales unités des massifs Yetti et Eglab (Extrait de Peucat et al. 2005).**

### C. Domaine Eglab :

L'essentiel des roches magmatiques est représenté par les granitoïdes et volcanites du pluton Aftout. D'autres roches magmatiques plus anciennes rattachées au substratum ancien, affleurent, très localement, en forme d'écaillés, reliques et enclaves au sein des faciès granito gneissiques et migmatites de la série de Chegga (s.l.), notamment dans l'Est-Eglab (Teggeur, Guelb Dahman et Tilemsi). Ces roches présentent une structure grenue, à grains moyens, à amphibole, pyroxène et plagioclase alcalin. Elles sont peu transformées et bien différenciées.

#### C.1. Granites, migmatites et orthogneiss du substratum ancien :

Les géologues (Buffère et al., 1965) regroupent les orthogneiss et les granites cataclasiques de Teggeur, les migmatites leptyniques et granites migmatitiques de Tilemsi de l'Est-Eglab ainsi que les migmatites et granite de Chegga, de l'Ouest-Eglab; mêlés aux faciès cristallins du substratum

Souvent ces migmatites et granites sont recoupés par des filons de quartz, de syénites, de pegmatites, de lamprophyres et autres.

Dans l'ouest-Eglab, les migmatites et granites Chegga sont leucocrates, gris claires, à biotite, amphibole et à structure granoporphYROBLASTIQUE.

## C.2. Pluton Aftout :

Selon [Buffière et al \(1965\)](#), le pluton Aftout, englobe des roches intrusives représentées par des roches basiques, des porphyres (microgranites) et principalement des granitoïdes. Ces derniers (granitoïdes) sont encadrées par deux épisodes volcaniques acides l'un, antérieur aux granites "volcanites Aftout"; l'autre, postérieur "volcanites Eglab" ([Buffière et al., 1967](#)).

**C.2.1. les roches basiques :** Ces roches vertes sont rares représentées par des gabbros et des diorites. Elles se présentent en massifs ou sillons en forme de boules écaillées en pelures d'oignons ou en plaques, ainsi qu'en enclaves dans les granites Aftout.

**C.2.2. les granites Aftout (s.s.):** "les granites Aftout" (sl.) ([Gevin, 1951](#)), équivalent des granites type Ain Ben Tlili (Mauritanie) ([Gevin, 1958](#)) désignent la principale et ultime manifestation intervenant après la structuration éburnéenne, tardi à post-orogénique.

Ils présentent des faciès multiples allant du Sud vers le Nord, des termes profonds potassiques aux termes corticaux à greisens et zones albitisées, de tendance calco-alcaline à hyperalcaline en fonction du degré d'érosion ([Benramdan., 2001](#)). Ils sont répartis comme suit:

*Ouest-Iguidi et Nord Kahal Morrat:* c'est la zone corticale du batholite où affleurent les faciès de bordures, les granites roses et rouges avec les termes filoniens.

*Chenachane- Erg Chech :* c'est la zone profonde du batholite avec les granites porphyroïdes à enclaves et granite à amphiboles.

Selon [Lassère et al., 1970](#), plusieurs isochrones (roches et minéraux) sont tracés pour ce pluton Aftout indiquant:

- 1850 ± 75 Ma, sur biotite d'un granite Aftout de type rose, près de Kahal Morrat;
- 1997 ± 80 Ma, biotite sur le même type de granite près de Mokrid;
- 1860 ± 40 Ma, (roches totales) des granitoïdes, à structure annulaire déficitaire en silice.

Récemment, une mesure à  $2081 \pm 13$  Ma (Pb/Pb sur monozircons) est interprétée comme âge de cristallisation du complexe de Djebel Drissa ([Kahoui et al., 1996](#)).

### **C.3. Les volcanites Aftout-Eglab:**

Les volcanites dominent aux Eglab, certaines sont discordantes, recouvrant à la fois les formations plissées volcano-sédimentaires et les intrusions Aftout. [Buffière et al., \(1967\)](#) distinguent deux phases volcaniques encadrant les granites Aftout. Elles montrent les mêmes caractères pétrologiques et structuraux. Plusieurs termes sont reconnus andésites, dacites et rhyolites.

Les données radiométriques obtenues sur les volcanites Eglab dessinent une isochrone qui indique un âge  $1995 \pm 30$  Ma ([Sabaté, 1979](#)).

### **D. Les dykes doléritiques :**

La région est sillonnée par de nombreux sills et dykes de roches basiques, doléritiques et lamprophyriques recoupant les formations aussi bien anciennes (paléoprotérozoïque) que récentes (néoprotérozoïque à paléozoïques). Ces dykes se répartissent en trois larges bandes, dans l'Est-Eglab et dans la zone de jointure Yetti-Eglab. Certains dykes plongent vers l'Est limitant des blocs basculés ([Leffort et al., 1994](#)).

Les dykes de la zone de jointure constituent un réseau de dykes rectilignes Ils sont rapportés à un épisode magmatique largement étalé dans le temps; ceux intrudant la série du Yetti sont rattachés à une phase magmatique proche des intrusions basiques Aftout ([Sabaté et al., 1975](#)).

Les dykes doléritiques, recoupant les formations paléozoïques du bassin de Tindouf, sont rattachés à un volcanisme fissural fini-paléozoïque de type basalte tholéïtique continental ([Guerrak, 1988](#)).

### **II.3.6. Couverture cénozoïque :**

Sur le massif Eglab-Yetti et les bassins limitrophes, seule la Hamada supérieure est représentée par de vastes plateaux tabulaires (1-2 Km et plus), peu élevés (plateau de Tinguicht) et buttes isolées çà et là. Dans le Centre-Eglab, des bandes allongées formées sur

des zones de failles dans le sens des vallées soit N-S ou NW-SE (près de Chenachane et Tegueur) ainsi que des témoins entre les cordons de l'Erg Chech et au Sud de Grizim.

### II.3.7. Dépôts quaternaires :

Pour **Buffière et al., (1965)** le Quaternaire englobe l'ensemble des dépôts postérieurs à la croûte calcaro-dolomitique silicifiée de la Hamada et antérieurs aux Sebkhats (Holocène) et aux dunes de sables et regs autochtones.

### Conclusion :

**Peucat et al.** ont reconnu quatre phases d'évolution géodynamique dans le massif des Eglab :

La première phase étant archéenne est rapportée au fait qu'il existe des reliques métamorphiques de la croûte océanique datant de 2.73Ga laissant supposer que cette dernière fut obductée rapidement après s'être placée sur un arc insulaire archéen.

Ensuite, une phase d'activité orogénique est enregistrée entre 2.21 et 2.18Ga, dont le principal fait marquant est la mise en place d'un batholite correspondant à la partie profonde de l'ossature d'un arc insulaire.

La plus jeune phase orogénique a eu lieu à 2.09Ga comme le montre les séries volcano sédimentaire (Oued Sous) accumulées durant l'avancement de la marge active

Et enfin, tout l'ensemble des terrains était déformé durant la collision des unités tectoniques du Yetti-Eglab. Cette collision a provoqué le soulèvement du manteau asthénosphérique chaud ce qui a produit la fusion partielle de plusieurs sources dans les terrains Yetti- Eglab produisant un grand volume de magmas post orogéniques (Unités Aftout-Eglab) durant une longue phase de rifting à 2.07Ga.



Ainsi, l'évolution géodynamique du domaine Yetti-Eglab est l'une des bonnes raisons qui fait que le massif des Eglab soit potentiellement riches en ressources métallifères vu que les zones de subduction, les arcs insulaire avec ou sans bassin marginal ou d'arrière arcs, peuvent être des provinces métallogéniques favorable à la formation de porphyres cuprifères et à molybdène, or, tungstène-étain ; ou des sulfures massifs à Cu-Zn-Pb et même des gîtes d'Au-Ag épithermale ([Beaudoin, 2006](#)).

# Chapitre III :

## *Pétrographie et Minéralogie*

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

Retracer l'histoire d'une roche en observant ses minéraux, est un moyen de comprendre sa genèse et les différentes étapes de sa cristallisation.

Dans ce chapitre, nous allons déterminer la nature pétrologique des roches basiques appartenant respectivement aux deux structures circulaires d'Anna, et de Bled M'Dena. Nous allons d'abord décrire brièvement les sondages effectués par L'ORGM, dont lesquelles nos échantillons furent prélevés, ensuite une description microscopique s'impose.

### **III..2. Pétrographie des roches basiques de la structure circulaire d'Anna :**

#### **III.2.1. Description du sondage de la structure circulaire d'Anna :**

Le sondage de la structure d'Anna, traverse sur sa plus grande partie des faciès gabbroïques, sur une épaisseur de 300m. Ces gabbros sont traversés par des filons dioritiques dont les épaisseurs varie entre 1m et 16m ( à 262 et 278m et 77m de profondeur) .En haut du sondage, apparait une zone d'altération (entre 4.7m et 6.4m), recouverte par des alluvions (entre 0 et 4.7m).

Notez que seuls les gabbros ont fait l'objet de notre étude, qui est axées sur les roches basiques.

#### **III.2.2. Description pétrographique des plutonites basiques de la structure d'Anna :**

L'étude microscopique à révéler trois faciès gabbroïques qui composent la structure d'Anna. Ils sont en générales très semblables du point de vue de la minéralogie et des textures mais sont grandement variables aux niveaux des proportions entre les différents minéraux.

De façon globale les textures ignées sont très bien préservées dans chacun des faciès étudiés. (voir planches).

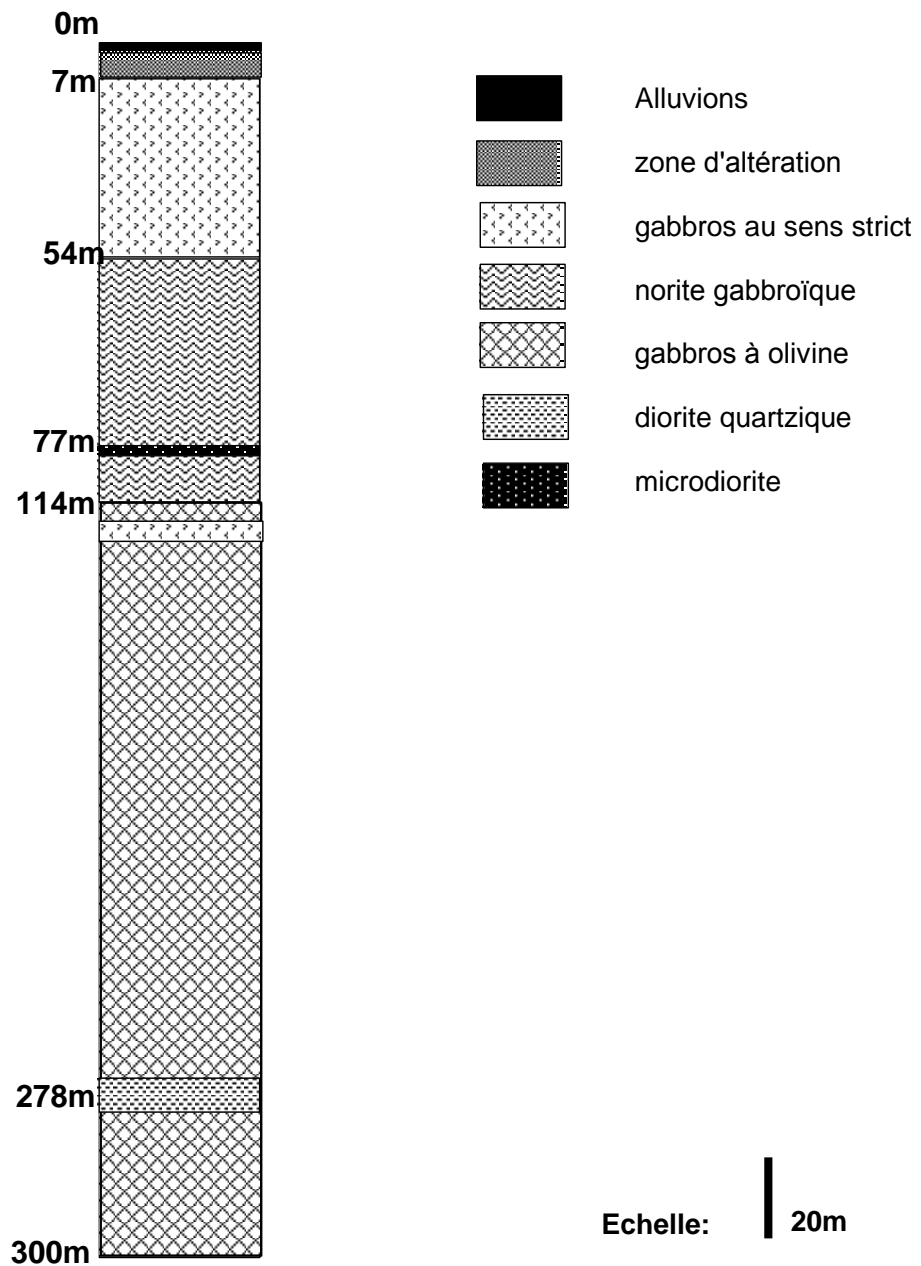


Fig. 10: log synthétique du sondage de la structure circulaire d'Anna  
(Tabeliouna, Inédit, modifié).

**III.2.1. Les gabbros à olivines :**

Les gabbros à olivine présentent une texture grenue porphyroïde à caractère cumulatifs, une légère altération sporadique ou on peut reconnaître l'ouralite, la séricite et des minéraux opaques.

Le caractère cumulatif de la texture et révéler par des orthocumulats d'olivine, de plagioclases, des pyroxènes poecilitiques, des minéraux opaques et de rare biotites automorphe. L'intercumulus est formé essentiellement de plagioclase de seconde génération, de pyroxènes et des minéraux opaques.

**Les plagioclases :**

La phase cumulus la plus importante est le plagioclase, il présente en moyenne 60% de la roche. Les cristaux sont tabulaires avec des axes longs qui varient entre 0.5 et 2 mm. Les cristaux sont limpides mais montre une très légère séricitisation. Et une deuxième génération de plagioclases interstitiels, subautomorphe, avec des cristaux de plus petites tailles, imbriqués les uns sur les autres, dont la macle polysynthétique est bien visible.

**L'olivine :**

L'olivine représente la deuxième phase de cumulus en importance (de 10 à 20%). Elle se présente en phénocristaux xénomorphes, craqueler et serpentinisés avec cristallisation de magnétite, et aussi en cristaux sub arrondie, avec un relief très marquer au contact du plagioclase, ou elle présente une frange réactionnelle composer essentiellement de pyroxène.

En trouve aussi l'olivine en inclusion avec les pyroxènes dans les cristaux poecilitiques de plagioclase.

**Les pyroxènes :**

Les pyroxènes sont très abondant (25% en moyenne) se présentent en phénocristaux zonées (zonation concentrique), automorphes au centre, et en distingue parfaitement les excroissances sur les bordures ainsi que de belles

franges réactionnelles, composer d'amphibole reconnaissable à ces clivages conjugués de 120°.

**Les clinopyroxènes :** représentent de 10 à 15%, La macle en h1 est très fréquente, il s'agit d'augite qui présente souvent une structure en lamelles, dues probablement à l'exsolution, parfois elles contiennent des inclusions d'olivines. On arrive même à observer des structures d'engrenage entre pyroxène, les cristaux sont souvent imbriqués les uns sur les autres, parfois rassemblés en amas de 3 à 4 cristaux.

**Les orthopyroxènes :** représentent 4% en moyenne, très peu fréquente.

#### **La biotite :**

La biotite, primaire forme de large lamelles à bords déchiquetés brun rouge très pléochroïque, elle s'altère en chlorite et exsude des minéraux opaques qui se concentrent le long des clivages. Secondaire, elle se présente en plage xénomorphe pléochroïque souvent à la périphérie des pyroxènes, on peut même observer à l'intérieur de certaines sections de biotite des reliques de pyroxènes.

#### **Les minéraux opaques :**

. Une première génération en inclusion dans les plagioclases et les olivines, et une deuxième génération issue de la serpentinisation de l'olivine qu'on trouve au niveau des craquelures, essentiellement de la magnétite.

De rares grains de sulfures interstitiels de petites tailles sont présents.

L'ordre de cristallisation peut être défini comme suit :

Ilménite —→ plagioclases —→ olivine —→ pyroxène —→ magnétite  
magnétite

**Explication de la coronite :**

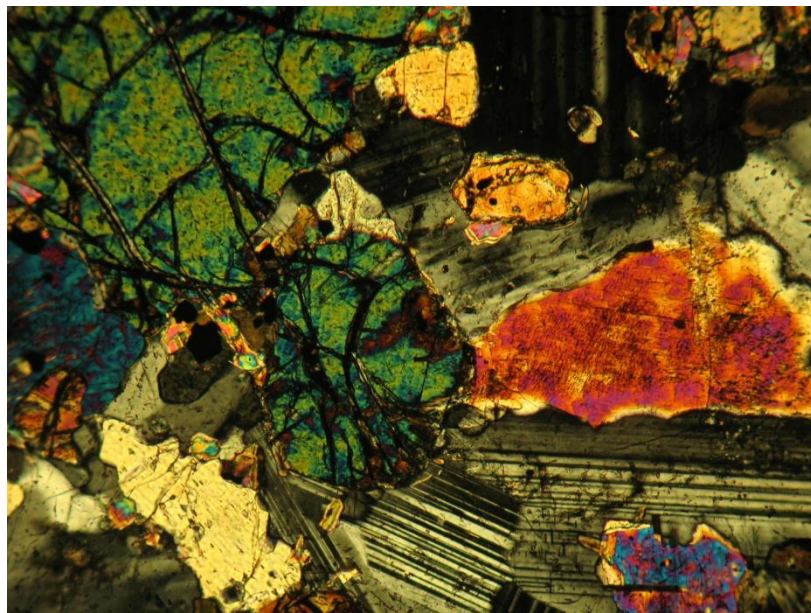
La présence de l'olivine et des plagioclases, traduit le 1<sup>er</sup> épisode magmatique.

Autour de l'olivine, une couronne complexe formée de pyroxène et d'amphiboles traduit un 2<sup>ème</sup> épisode. Sous l'effet des conditions nouvelles, il y a une réaction entre l'olivine et le plagioclase pour donner des pyroxènes.

Olivine + reliques de plagioclase  $\longrightarrow$  pyroxène + grenat (non visible dans la lame mince).

Les pyroxènes pouvant réagir avec le plagioclase pour donner de l'amphibole, donc chaque étape est caractérisé par un équilibre.

En résumé nous avons plusieurs étapes d'une histoire, chaque étape est caractérisée par un équilibre, chaque passage d'une étape à la suivante est caractérisée par une réaction.



**Fig.11** Photo gabbro à olivine en lumière polarisée montrant des cristaux d'olivine au contact des plagioclases, on observe la frange réactionnelle autour de l'olivine.

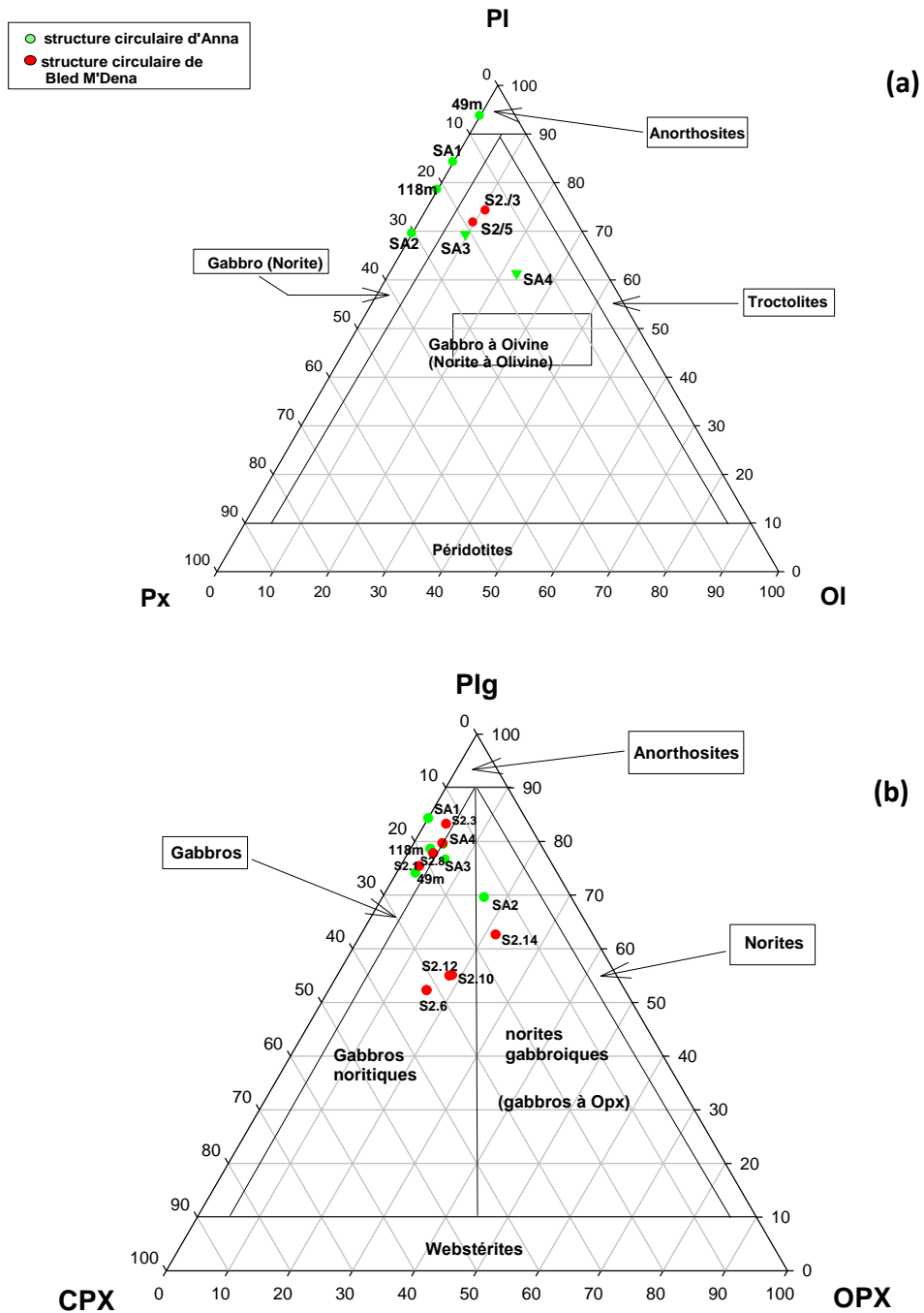


Fig.12 Projections ternaires des minéraux modale des deux structures circulaires d'Anna et de Bled M D'ena ; a) roches gabbroïques à olivine; c) roches gabbroïques sans olivine. D'après Streckeisen (1976)



### III.2.2. Norite gabbroïque :

Appeler aussi **gabbros à orthopyroxène** ; de texture grenue porphyroïde à tendance cumulatif.

La phase cumulus est composé de plagioclase (67% de la roche total) et la phase intercumulus est formé par des clinopyroxènes(13%) et des orthopyroxènes (16%).

#### **Les plagioclases :**

On note la présence de deux générations de plagioclase, la première génération est constitués de cristaux automorphe, macle polysynthétique très caractéristique, les grains peuvent atteindre les 3mm et englobes des inclusions de pyroxènes.

La 2<sup>ème</sup> génération interstitiel avec des cristaux de plus petites tailles subautomorphes, imbriqués les uns sur les autres.

#### **Les pyroxènes :**

Les pyroxènes sont très présent, subautomorphe, parfois poecilitique englobant des inclusions de plagioclases et d'opaques ; il s'agit probablement de la 2<sup>ème</sup> génération de pyroxène. Ils sont généralement zonées, et présente des figure de dissolution et d'interpénétration (cpx et opx).

#### **Les clinopyroxènes :**

Les clinopyroxènes de type augite sont amphibolitisées au cœur et à la périphérie. Ils présentent des zones concentriques, le cœur est riche en calcium (Ca 22.12%) dont la teneur diminue progressivement vers la bordure (Ca 20.88%).

#### **Les orthopyroxènes :**

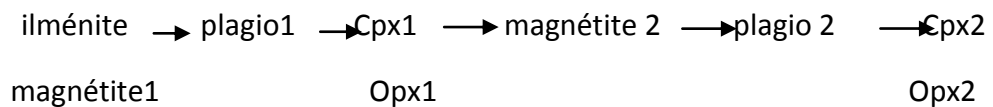
Les orthopyroxènes sont plus fréquents que les clinopyroxènes et souvent pseudomorphosées en serpentines.

**La biotite :** La biotite est présente mais en plage xénomorphe au contact des pyroxènes, ainsi elle est sûrement secondaire, résultat de l'altération de l'amphibole, elle-même issue de la pseudomorphose des pyroxènes.

**Les minéraux opaques :**

Les minéraux opaques, essentiellement de la magnétite, très peu d'ilménite, sont inclus dans toutes les paragenèses minéralogiques et aussi dispersés dans les espaces interstitiels ; ces derniers sont xénomorphes, il s'agit d'une deuxième génération.

Selon les différentes relations entre ces minéraux on peut établir un ordre de cristallisation comme suit :

**II.2.3. Gabbros au sens strict :**

De textures grenues, les cristaux sont jointifs. Former essentiellement de plagioclase (70%), de pyroxène, d'opaques.

**Les plagioclases :**

Les plagioclases sont en section allongées, automorphe, isogranulaire et macle polysynthétique bien visible ; certaines sections sont saussuritiser. On observe des inclusions de minéraux opaques essentiellement de l'ilménite.

**Les pyroxènes :**

Le pyroxène est le ferromagnésien le plus fréquent (25%), les cristaux sont de tailles plus petites, interstitiels et xénomorphe, on observe aussi une ouralitisation sur certaines sections.

Les cristaux de pyroxènes sont entourés de biotite chloritiser, et on distingue difficilement l'amphibole (résultat de la pseudomorphose des pyroxènes) grâce à son clivage conjuguées de 120° et qui se superpose sur les petites auréoles qui entourent les pyroxènes.

**Les clinopyroxènes :**

Les clinopyroxènes sont représenté par l'augite, reconnaissable par la macle en h1 et sa teinte de biréfringence assez élevé, polarisant dans la fin du 1<sup>er</sup> ordre et début du second ordre. Extinction oblique.

**Les orthopyroxènes :**

Les orthopyroxènes observés sont de l'hypersthène (3%) qui polarisent dans les jaunes à orangé du 1<sup>er</sup> ordre et aussi on distingue très bien les clivages grossiers suborthogonaux et le 3<sup>ème</sup> clivage plus fin et régulier. L'extinction est droite selon la trace unique des divers clivages.

**La biotite :**

La biotite xénomorphe très peu fréquente et semble être secondaire.

**Les minéraux opaques :**

Présent sous forme d'inclusion de magnétite et d'ilménite dans toutes les paragenèses minérales. Et secondaires dans les espaces interstitiels essentiellement de la magnétite.

L'ordre de cristallisation peut être défini comme suit :

ilménite → plagioclase → pyroxènes → biotite → magnétite<sup>2</sup>  
magnétite<sup>1</sup>

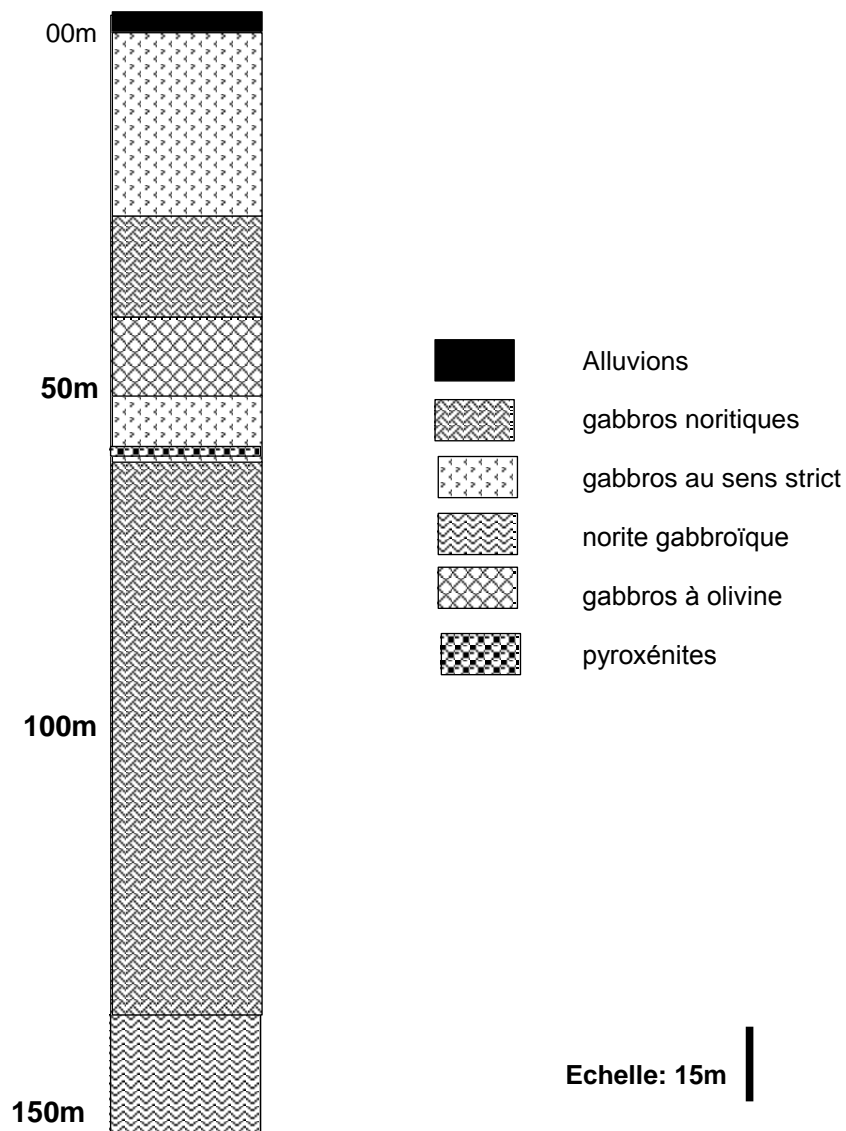
<b>Mx\ ECH</b>	<b>SA1</b>	<b>SA2</b>	<b>SA3</b>	<b>SA4</b>	<b>118m</b>	<b>49m</b>
<b>Plagioclase</b>	66%	65.6%	66.47%	55.61%	76.24%	70.48%
<b>Olivine</b>	-	-	9.16%	20.55%	-	-
<b>Cpx</b>	21%	13.2%	14.46%	10.94%	17.61%	21.70%
<b>Opx</b>	9%	15.6%	5.87%	3.56%	3.30%	3.04%
<b>Biotite</b>	2%	3%	2%	5.13%	TRACE	-
<b>opaques</b>	2%	2.6%	2.02%	4.18%	2.83%	4.75%
<b>Nom de la roche</b>	Gabbros au sens strict	Norite gabbroïque	Gabbros à olivine	Gabbros à olivine	Gabbros au sens strict	Gabbros au sens strict

**Tableau3 :** Récapitulatif des compositions minéralogiques modales des faciès plutoniques de la structure d'Anna.

**III.3. Pétrographie des roches basiques de la structure circulaire de Bled M'Dena :****III.3.1. Description du sondage de la structure circulaire Bled M'Dena :**

Parmi les 10 sondages implantés, à Bled M'Dena, par l'ORGM, nous avons choisi le sondage numéro 02. Notre choix est basé sur le fait que ce dernier traverse, dans sa grande partie, des gabbros, sur une épaisseur avoisinant les 200m. Ces gabbros sont recoupés par un filon de pyroxénites (entre 38 et 62m de profondeur). A la base de ce sondage, se

trouvent des diorites d'une faible épaisseur (4m environ), surmontés par un filon d'andésite-dacite (8m d'épaisseur).



**Fig. 13: log synthétique du sondage S2 de la structure circulaire de Bled M'Dena  
ORGM Béchar (modifiée)**

**III.3.2. Description pétrographique des plutonites basiques de la structure circulaire de Bled M'Dena :**

La partie suivante traite les données récoltées sur le sondage numéro 02. On s'est concentré sur les termes basiques, il s'agit d'un ensemble de faciès gabbroïque semblable à celui déjà décrit dans la structure d'Anna (voir planches) à quelques différences près, dans la composition minéralogique (fig13). On notera aussi que les faciès gabbroïque de bled M'dena sont plus atteints par l'altération.

**III.3.2.1. Norite gabbroïque :**

Les norites gabbroïques ont une texture grenue à tendance cumulatif, les cristaux sont jointifs et hétérogranulaires. L'étude microscopique permet de décrire ce faciès comme étant un orthocumulat.

La phase cumulus est formée essentiellement de plagioclase (57%) ; l'intercumulus est formé d'orthopyroxène (22%), et des clinopyroxènes (14%).

**Les plagioclases :**

Le plagioclase est le minéral le plus abondant, apparait sous forme de deux générations, la première est automorphe à subautomorphe, les grains peuvent atteindre les 3mm. On observe une damouritisation sur presque toutes les sections, et elles renferment des inclusions d'apatite et de minéraux opaques.

La seconde génération de plagioclase est xénomorphe, interstitiel, très affecté par l'altération en damourite, et une altération encore plus complexe avec néoformation de grains de quartz. On y observe des inclusions d'opaque, d'apatite, de clinopyroxène et de plagioclase.

**Les pyroxènes :**

Les pyroxènes sont fréquents, subautomorphe parfois poecilitique et englobent des inclusions de plagioclases et de minéraux opaques ; il s'agit probablement de la 2ème génération de pyroxène. Ils sont généralement zonées, et présente des figure de dissolution et d'interpénétration (cpx et opx).

***Les clinopyroxènes :***

Les clinopyroxènes de type augite sont amphibolitisées (actinote ; en plus petite proportion, de l'hornblende brune) au cœur et à la périphérie.

***Les orthopyroxènes :***

Les orthopyroxènes sont plus fréquents que les clinopyroxènes et souvent pseudomorphosée en serpentines.



**Les clinopyroxènes :**

les clinopyroxènes sont plus abondant que les orthopyroxènes, il s'agit d'augite, pseudomorphoser par endroit en amphibole.

**Les orthopyroxènes :**

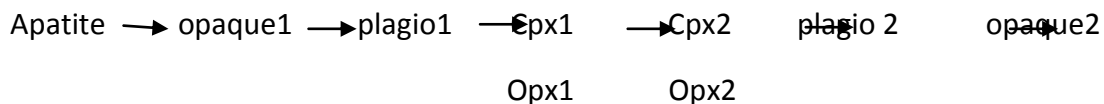
De type hypersthène, ils sont atteint par une serpentinisation très importante.

**Les minéraux opaques :**

L'ilménite et la magnétite se présentent soit en grains subautomorphes (la première génération) inclus dans toutes les paragénèses minéralogiques, soit en petites plages interstitielles (deuxième génération).

L'apatite, en trace se trouve en inclusion dans les plagioclases et les pyroxènes.

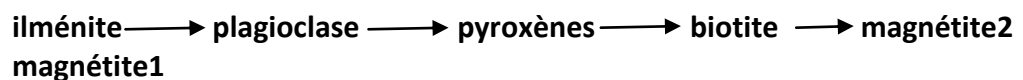
L'ordre de cristallisation est le suivant :

**III.3.2.3. Gabbros au sens strict :**

Très semblable aux gabbros déjà décrit dans le sondage de la structure d'Anna. La seule différence, ces derniers sont plus touché par l'altération.

On observe une ouralitisations très avancées pour les pyroxènes, on distingue parfaitement l'amphibole (type hornblende brune) néoformé en bordure des clinopyroxènes (structure coronitique). Les plagioclases ont un aspect moucheté, qui traduit une damouritisation importante.

L'ordre de cristallisation est le même que celui déjà décrit pour la structure circulaire d'Anna:



**III.3.2.4 .Gabbros à olivines :**

Identiques aux gabbros à olivine, déjà décrit dans la structure circulaire d'Anna.

<b>Mx\ ECH</b>	<b>S2.1</b>	<b>S2.2</b>	<b>S2.3</b>	<b>S2.5</b>	<b>S2.6</b>	<b>S2.8</b>	<b>S2.10</b>	<b>S2.12</b>	<b>S2.14</b>
<b>Plagioclase</b>	70%	49%	69%	66%	49%	73%	51%	50%	60%
<b>Olivine</b>	-	-	10%	9%	-	-	-	-	-
<b>Cpx</b>	20%	30%	11%	13%	30%	17%	25%	24%	15%
<b>Opx</b>	3%	15%	3%	4%	15%	4%	17%	17%	21%
<b>Biotite</b>	4%	3%	5%	4%	3%	4%	5%	4%	2%
<b>opaques</b>	4%	3%	2%	4%	3%	2%	2%	4%	2%
<b>Nom de la roche</b>	Gabbros au sens strict	Gabbros noritique	Gabbros à olivine	Gabbros à olivine	Gabbros au sens strict	Gabbros au sens strict	Gabbro Noritique	Gabbros noritique	Norite Gabbroïque

**Tableau4** : Récapitulatif des compositions minéralogiques modales des faciès plutoniques de la structure de bled M'Dena.

**III.4. Conclusion :**

D'un point de vue pétrographique, les deux structures étudiées Anna et Bled M'Dena présentent les même faciès gabbroïques à quelques différences près.

La structure circulaire d'Anna est composée de trois faciès qui évoluent des termes les plus basiques (gabbros à olivines) aux termes relativement moins basiques (gabbros au sens strict) passant par des norites gabbroïques. L'ensemble est traversé par des filons de microdiorite et de diorite quartzique.

La structure circulaire de Bled M' Dena formé par des faciès gabbroïques qui se superpose en deux suites. La première série est composé de norite gabbroïque a la base ensuite les gabbros noritique et enfin des gabbros au sens stricte qui sont traversé par un filon de pyroxénite. La deuxième série est composée de gabbros à olivine, gabbros noritique et des gabbros au sens strict.

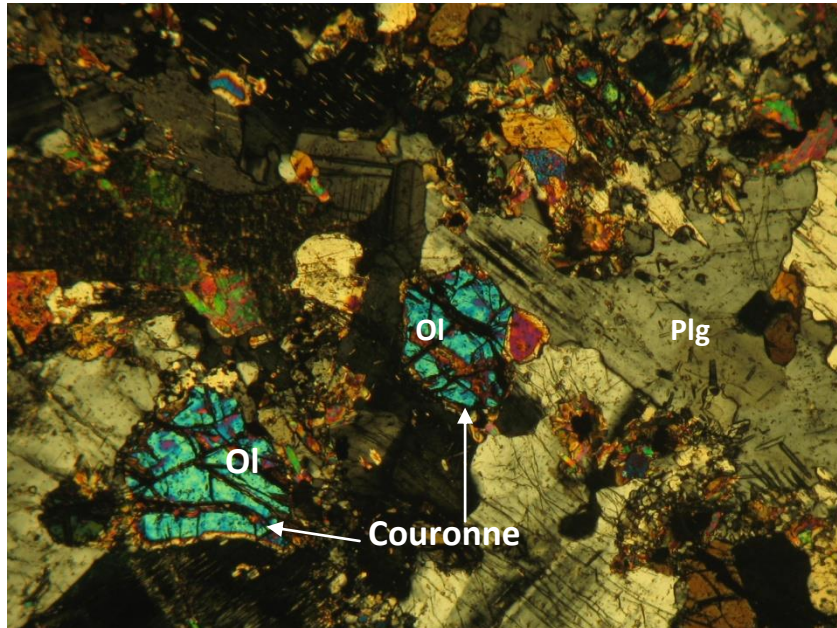
A ce stade de notre étude on peut supposer que l'aspect continu qui caractérise les faciès gabbroïques de la structure circulaire d'Anna, est le résultat d'un fractionnement dans une chambre magmatique, à partir d'un magma primitif.



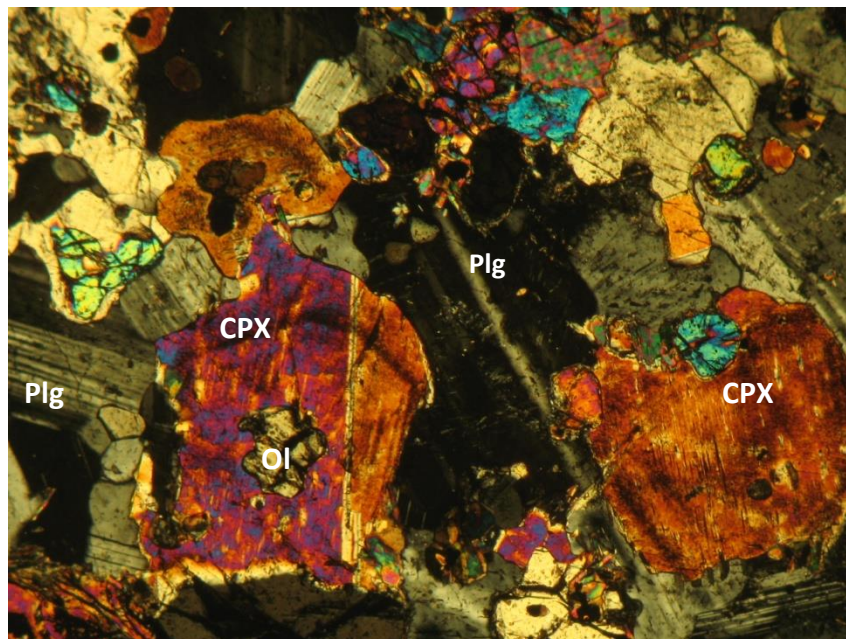
L'aspect superposé des deux suites de faciès qui composent la structure circulaire de Bled M'Dena favorisent l'idée d'un fractionnement au sein d'une chambre magmatique qui aurait connu plusieurs venues successives.

L'étude minéralogique et géochimique nous aidera à mettre en exergue les différents liens co-magmatiques au sein de chaque structure. Et s'il existe un lien entre les deux structures étudiées.

## Planche I

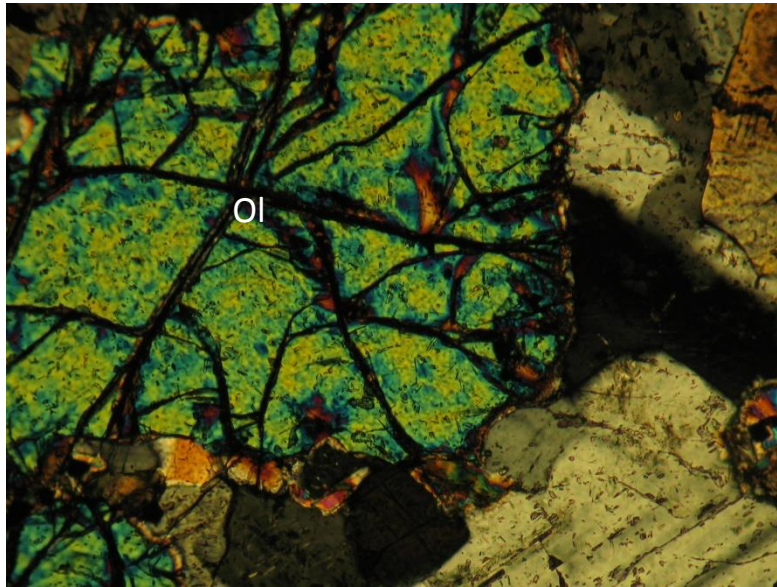


**Photo1** : texture grenus à caractères d'orthocumulats des gabbros à olivines de la structure circulaire d'Anna ; on observe parfaitement la couronne réactionnelles qui entourent l'olivine. LPAX25

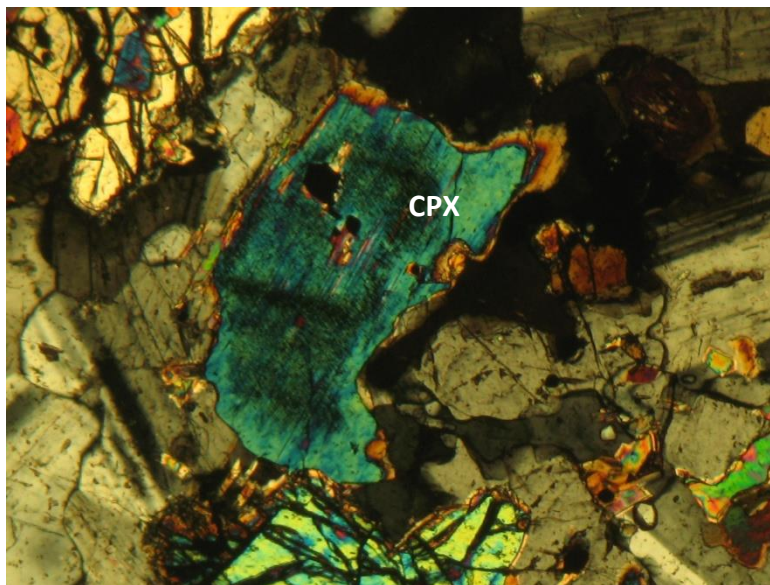


**Photo2** : inclusions d'olivine dans les clinopyroxènes ; gabbros à olivine de la structure circulaire d'Anna. LPAX25

Planche II

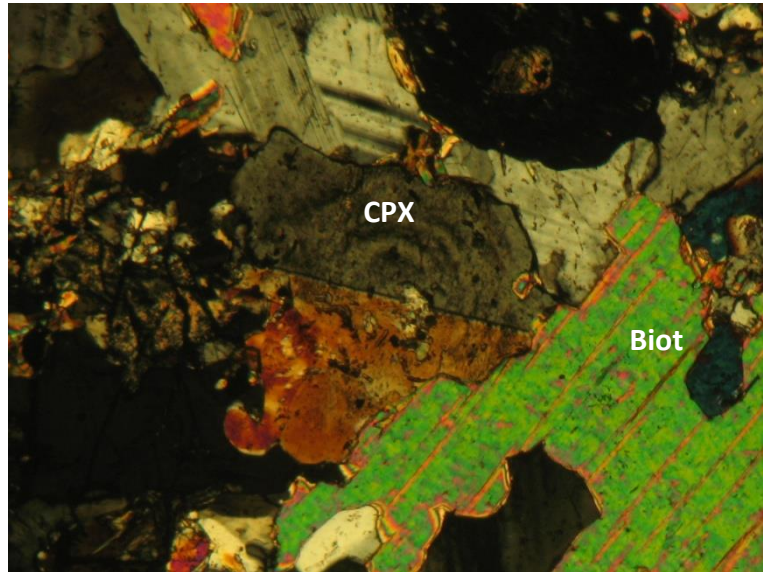


**Photo3** : couronne réactionnelle entourant l'olivine former de pyroxènes dans les gabbros à olivines LPAX50

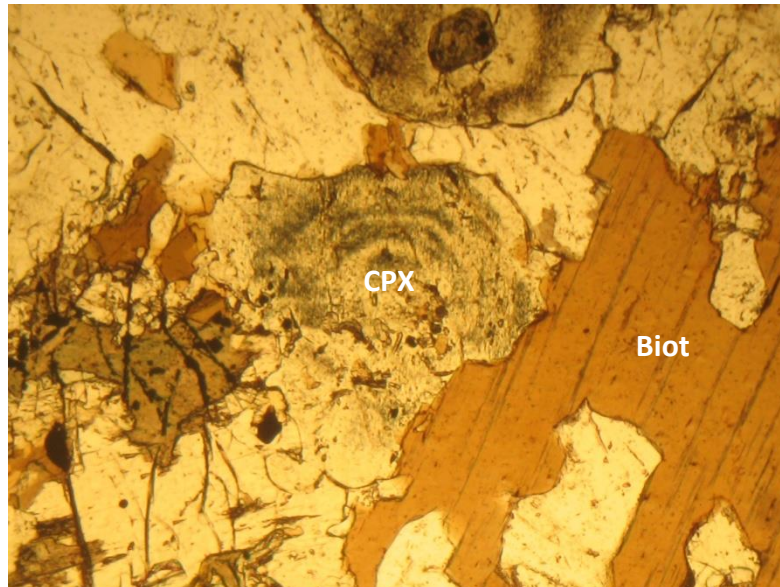


**Photo4** : clinopyroxène présentant une démixion et une frange réactionnelle aux contacte des plagioclases dans les gabbros à olivines LPAX50

Planche III

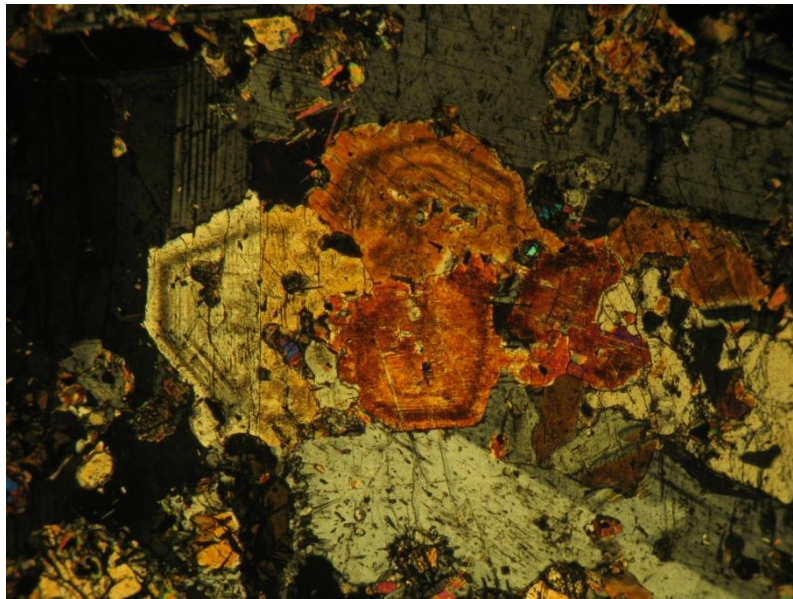


**Photo5** : clinopyroxène zonnés et biotite interstitiels dans les gabbros à olivines LPAX25



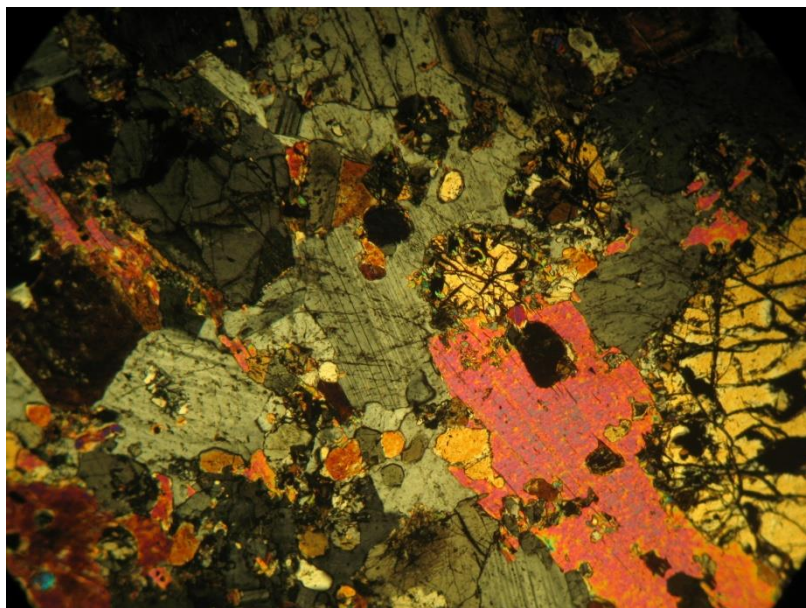
**Photo6** : clinopyroxènes et bitite interstitiels observés on lumière naturelle dans les gabbros à olivines LPNAX25

Planche IV



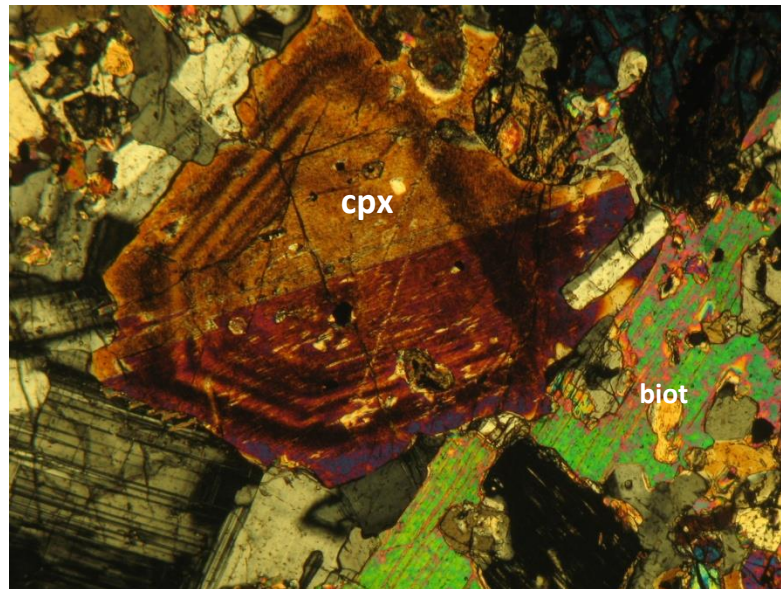
**Photo7** : Texture d'orthocumulats, des cristaux de pyroxènes imbriqués dans les gabbros à olivines.

LPAX25



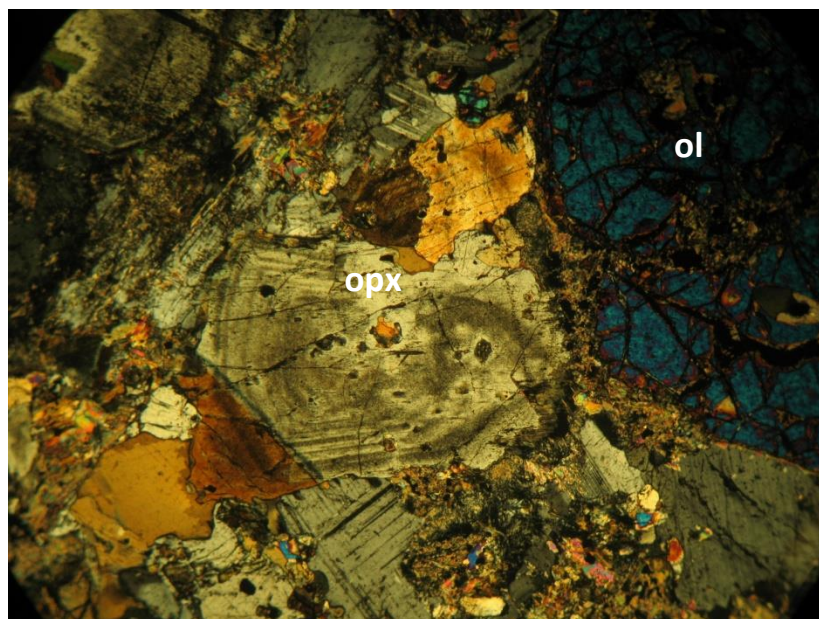
**Photo8** : Textures d'orthocumulats dans les gabbros à olivines. LPAX25

Planche V



**Photo9** : cpx zonnées avec macle en h1 et biotite interstitiel. dans les gabbros à olivines

LPAX50



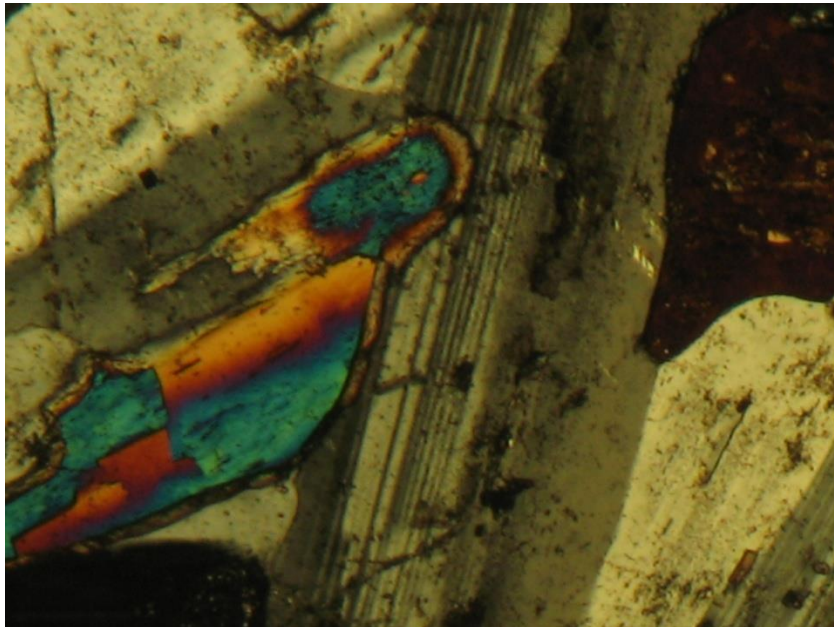
**Photo10** : opx zonné avec macle en h1 et olivine en haut à droite serpentinisés.

LPAX50

Planche VI

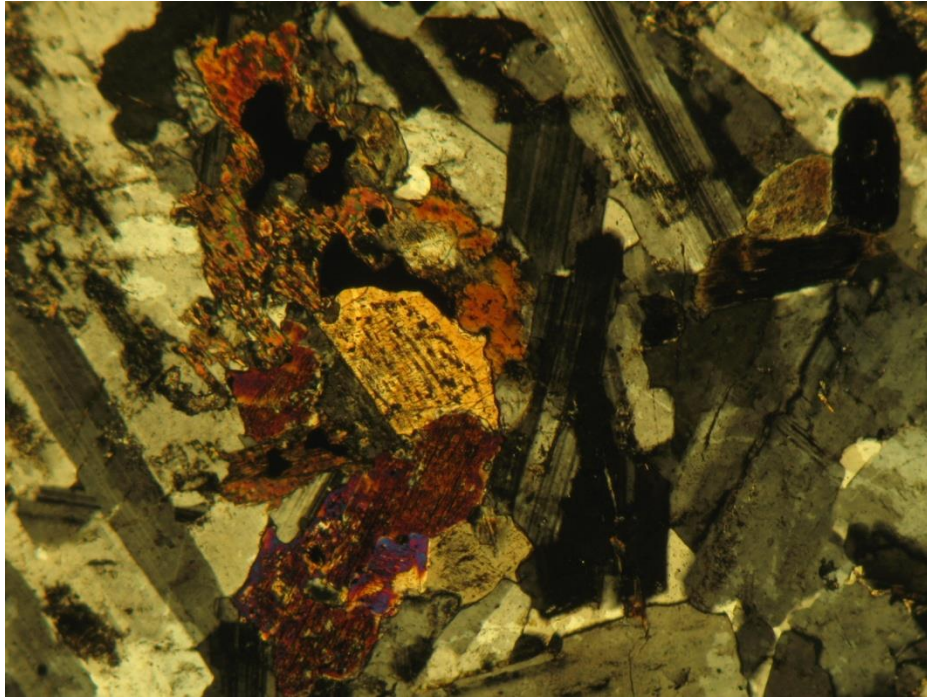


**Photo 11** : texture grenue porphyroïde à tendance cumulatif des norites gabbroïques  
LPA X25.



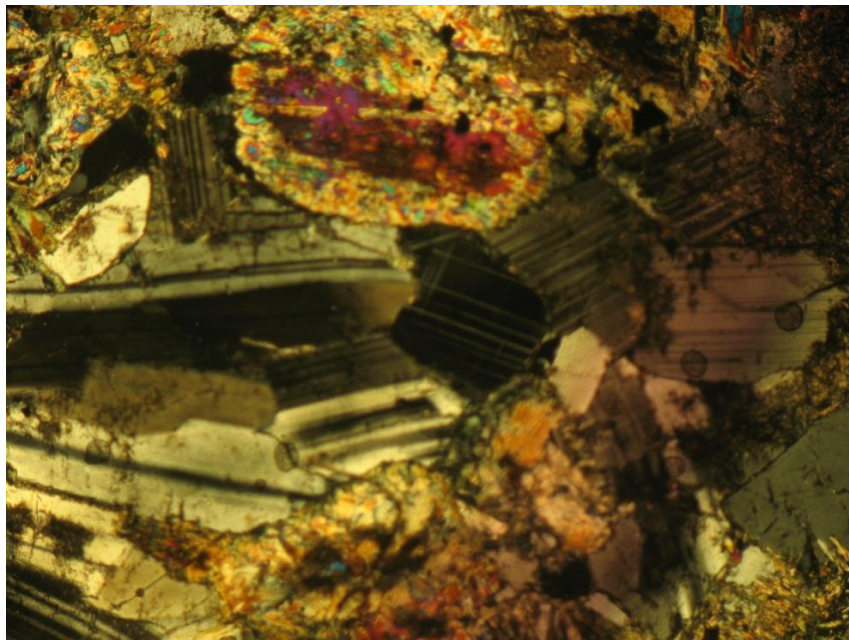
**Photo12** : clinopyroxènes amphibolitisées au cœur et à la périphérie dans les norites gabbroïques LPA X50

Planche VII



**Photo13** : plagioclases et pyroxènes dans les gabbros au sens strict

LPAX50



**Photo 14** : deux générations de plagioclase dans gabbros noritiques

LPAX50



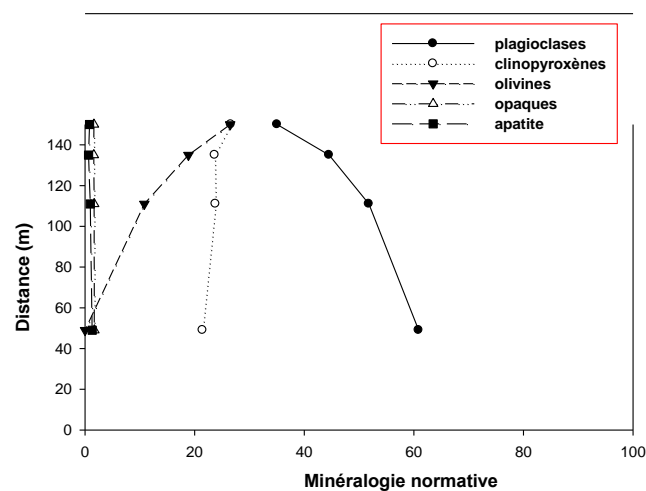
### III.5. Minéralogie :

#### III.5.1. Variation de la minéralogie normative :

Afin de visualiser la variation de la minéralogie normative, dans la structure circulaire d'Anna, les valeurs (%) des minéraux normatives ont été reportées sur le diagramme ci-dessous en fonction de la distance(m).

Le contenu en olivines semble, de façon globale, varier à la baisse de haut en bas, pour disparaître complètement à 45m (SA1). Se qui est inversement proportionnelle aux plagioclases qui augmentes au fur et à mesure que l'on s'approche de la surfaces.

Les proportions relatives des autres minéraux ne varient que très peu et de façon plutôt aléatoires.

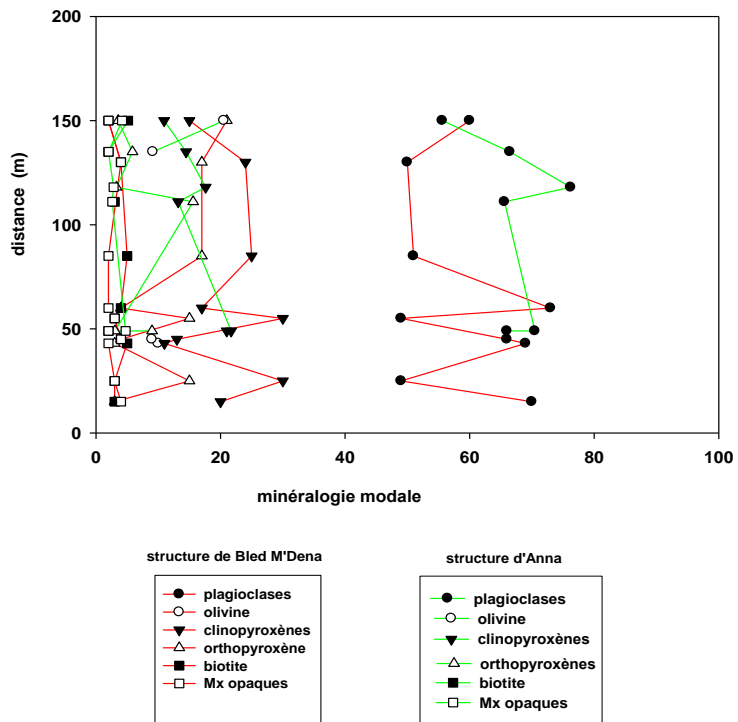


**Fig.14 : variation de la composition minéralogique normative des échantillons de la structure circulaire d'Anna.**

III.5.2. Variation de la minéralogie modale des deux structures d’Anna et de Bled M’Dena :

Les valeurs de la composition modale des échantillons étudiés des deux structures d’Anna et de Bled M’ Dena sont reportées, en fonction de la distance, sur le diagramme ci-dessous.

**Fig.15 : variation de la composition minéralogique modale des échantillons des deux structures circulaire d’Anna et de Bled M’Dena.**



Les courbes sur le diagramme présentent, dans l’ensemble, la même allure. Les plagioclases de la structure d’Anna et ceux de Bled M’Dena ont tendance à augmenter en allant vers la surface, avec un léger changement à 40 et 25m, où on observe une brusque diminution qui correspond aux gabbros s.s.

Les pyroxènes sont inversement proportionnels aux plagioclases dans les deux structures, Leur valeur diminue en allant vers la surface.

Les autres minéraux (minéraux opaques ; biotite) présentent des valeurs peu différentes qui varient de façon aléatoires.

### **III.5.3. Comparaison entre les compositions minéralogiques modale et normatives :**

Selon les observations pétrographiques ; le mode est concordant avec la variation normative c'est-à-dire que les proportions en olivine et en pyroxènes diminuent alors que les plagioclases augmentent en s'approchant de la surface.

La norme montre parfaitement le passage de gabbros à olivines aux gabbros au sens strict, quand l'olivine apparaît dans la composition normative des norites gabbroïques (SA2), des gabbros s.s (S2.8) et dans les gabbros noritiques (S2.2), alors qu'elle n'apparaît pas dans la lame mince, cela implique qu'elle a disparu, transformée en pyroxènes, dans le cadre des phases d'équilibres successifs des minéraux lors de la cristallisation fractionnée.

### **III.5.4. Variation de la composition des minéraux :**

#### **III.5.1. Plagioclases :**

Les plagioclases sont omniprésents, dans tous les faciès basiques observés. Dans la structure circulaire d'Anna ; ils présentent la phase de cumulus la plus importante ; il est aussi interstitiels (seconde génération). La projection des analyses dans le diagramme Or-An-Ab montre une composition plus calcique ( $An_{65.05}$ ) pour la structure d'Anna par rapport à celle de Bled M'Dena qui correspond à une composition intermédiaire à basique (andésine, labrador).

● Gabbros Bled M'Dena

● Gabbros structure d'Anna

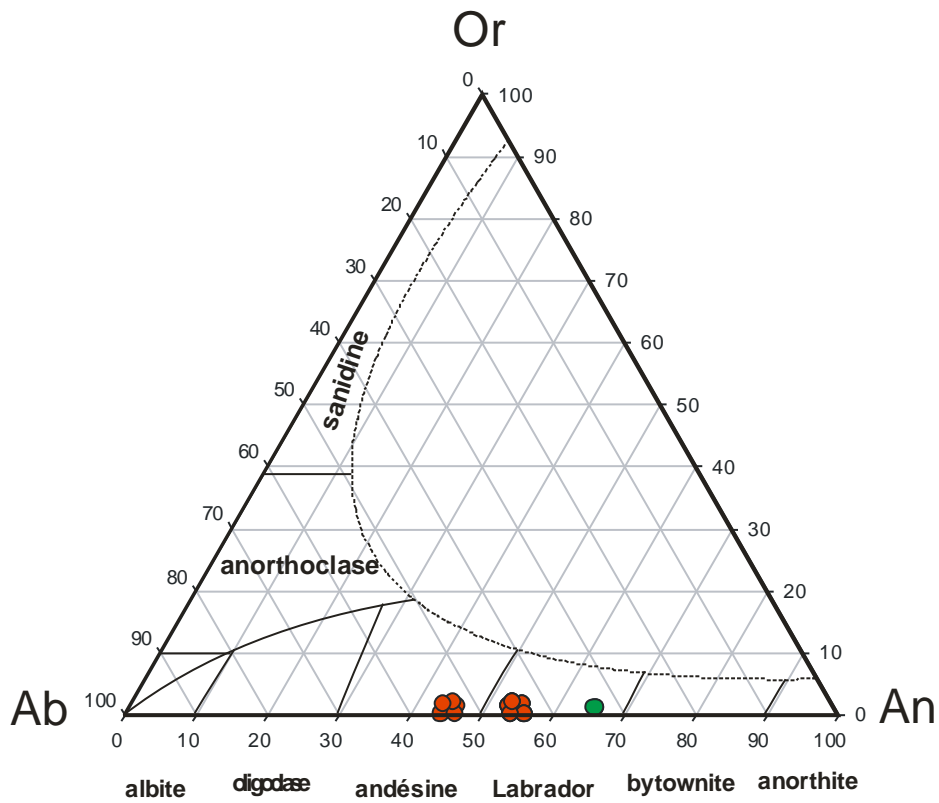


Fig.16: Diagramme de composition des feldspaths Or-An-Ab.

### III.5.2. l'Olivine :

Présente dans les termes les plus basiques (gabbros à olivine), elle est de nature magnésienne (Forstérite entre 93% et 95%). Forme la phase cumulus avec les plagioclases. Elle réagit avec ces derniers et forme des couronnes réactionnelles composées pyroxènes (voir : explication de la couronnite). Absences de chrome dans la composition de l'olivine se qui se traduit par un possible fractionnement précoce de la chromite.

III.5.3. Les Pyroxènes :

Les pyroxènes sont très abondants, et on observe une cohabitation entre les clinopyroxènes et les orthopyroxènes dans tous les faciès gabbroïque étudiés.

Les clinopyroxènes sont projetés dans la limite augite-diopside ( $En_{42.69-44.81}$  ;  $Fs_{12.26-9.34}$  ;  $Wo_{43.05-44.69}$ ).

Les clinopyroxènes présentes souvent des zonations concentriques ; qui se traduit par un enrichissement en calcium du bord (20.88%CaO) vers le cœur (22% CaO). Se qui traduit une différenciation du liquide magmatique.

Les orthopyroxènes relativement peu abondantes, ils sont de type enstatites ( $En_{78.07-77.82}$  ;  $Fs_{19.86-19.99}$  ;  $Wo_{2.00-1.89}$ )

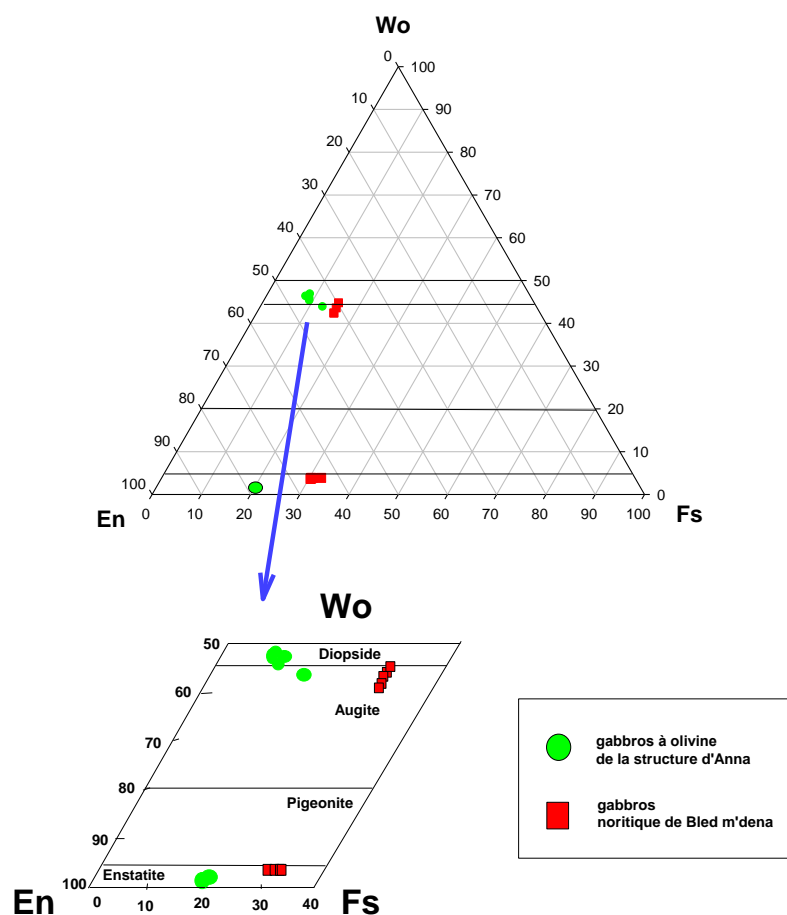


Fig. 17: Diagramme *En vs Wo vs Fs* des pyroxènes

d'après la nomenclature de [Morimoto et al. \(1988\)](#)

### III.5.4. micas noirs :

La variété de micas noirs la plus abondante dans notre échantillons de gabbros à olivines est la biotite, très magnésiennes, elle est souvent interstitiels. Cette tendance magnésienne est soulignée dans le diagramme Mg/Mg+Fe versus Si où les micas analysés se trouvent tous dans le champ des phlogopites. La tendance magnésienne des biotites est aussi marquée dans les plutonites de Bled M'Dena (Tabeliouna, 2008).

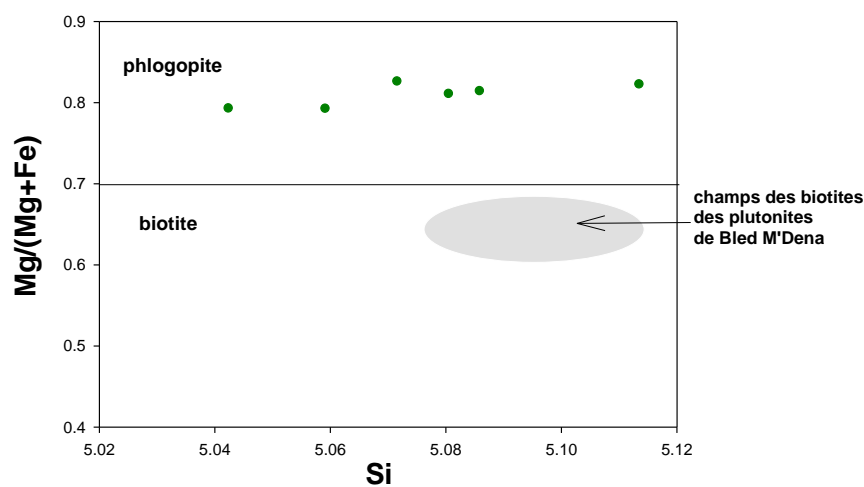


Fig. 18: Diagramme de classification de la biotite d'après Ferré et Leake, (2001).

### III.6. Conclusion :

D'après les résultats obtenus de l'étude minéralogiques des gabbros à olivine de la structure circulaire d'Anna, en comparaison avec les gabbros de Bled M'Dena(E9), nous concluons que :

Les plagioclases des gabbros de la structure circulaire d'Anna sont de compositions plus basique (labradors ( $An_{69}$ )) que ceux de la structure de Bled M'Dena qui sont de nature intermédiaire à basiques ( $An_{45}$  à  $An_{55}$ ).

L'olivine est très magnésienne (Forstérite 95%).

Les pyroxènes sont zonés avec un cœur très calcique (22%CaO); les clinopyroxènes et les orthopyroxènes cohabitent dans les gabbros des deux structures. Les clinopyroxènes analysés sont projetés dans la limite augite-diopside ( $En_{39.74-45.03}Fs_{8.07-15.47}Wo_{42.40-45.68}$ ).

La biotite analysée dans les gabbros de la structure d'Anna est magnésienne, projetée dans le champ des Phlogopite. Alors celle analysée dans les gabbros de Bled M'Dena est projetée dans la limite biotite-phlogopite.

Cela nous laisse supposer que les gabbros de la structure circulaire d'Anna sont issus de la cristallisation d'un liquide magmatique très peu différenciés voir primitif par rapport à celui dont sont issus les gabbros de la structure de Bled M'Dena.

Ensuite, d'après les résultats obtenus à partir de la composition normalisée des échantillons étudiés de la structure circulaire d'Anna; et qui concorde parfaitement avec le mode; nous observons une suite magmatique évolutive, d'un faciès de gabbros à olivines vers un faciès de gabbros au sens strict.

L'étude géochimique détaillée nous permettra de confirmer le passage d'un faciès peu différenciés aux termes un peu plus évolués, et de chercher les différents liens co-magmatiques entre les différentes unités étudiées.

Normative Minerals	Volume %	Volume %	Volume %	Volume %	Volume %	Volume %
	Norm SA4	Norm SA3	Norm SA2	Norm SA1	Norm S2/8	Norm S2/2
Quartz				0.77		
Plagioclase	35.06	44.54	51.80	60.89	19.72	47.87
Orthoclase	9.38	10.64	10.94	13.86	1.82	3.55
Nepheline						
Diopside	14.33	14.47	11.40	5.73	44.26	17.51
Hypersthene	12.29	9.22	12.43	15.74	7.75	13.28
Olivine	26.49	18.87	10.82		23.00	14.89
Ilmenite	0.71	0.76	0.88	1.05	0.93	1.02
Magnetite	0.91	0.85	0.78	0.66	1.48	1.05
Apatite	0.82	0.65	0.96	1.31	1.05	0.82
Total	99.99	100.00	100.01	100.01	100.01	99.99

Tab.5 : Tableau de la composition normative des échantillons la structure circulaire d'Anna et de ceux de la structure circulaire de Bled M'dena



roche	SA4				
Olivine	17	20	30	31	36
<b>SiO2</b>	39.1706	39.2935	38.9944	39.3204	38.7805
<b>Al2O3</b>	0	0	0.0115	0.0264	0.0291
<b>TiO2</b>	0.0245	0.0193	0	0	0
<b>Fe2O3</b>	0	0	0	0	0
<b>FeO</b>	20.5179	20.199	20.1243	20.2226	21.5519
<b>MgO</b>	39.8998	40.4639	39.9717	39.9671	39.0765
<b>MnO</b>	0.3139	0.2781	0.3271	0.2886	0.3401
<b>NiO</b>	0.313	0.2525	0.2196	0.2681	0.2565
<b>Cr2O3</b>	0	0	0	0	0.0345
<b>Na2O</b>	0	0.0378	0.0378	0.0182	0.0291
<b>K2O</b>	0.003	0.0609	0.0259	0.0456	0.0759
<b>CaO</b>	0.0485	0.0273	0.085	0.0729	0.0485
H2O	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	100.2912	100.6323	99.7973	100.2299	100.2226
<b>4 oxygène</b>					
<b>Si</b>	1.007	1.005	1.006	1.010	1.004
<b>Al</b>	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
<b>Ti</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Fe3+</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Fe2+</b>	0.441	0.432	0.434	0.434	0.466
<b>Mg</b>	1.529	1.543	1.538	1.530	1.508
<b>Mn</b>	0.007	0.006	0.007	0.006	0.007
<b>Ni</b>	0.006	0.005	0.005	0.006	0.005
<b>Cr</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
<b>Na</b>	0.000	0.002	0.002	0.001	0.001
<b>K</b>	0.000	0.002	0.001	0.001	0.003
<b>Ca</b>	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001
<b>Total</b>	2.99	2.996	2.995	2.991	2.998
Forstérite	341.41	352.25	348.39	347.34	318.17
Fayalite	22.65	22.11	22.30	22.35	23.91

Tab.6 :Composition chimique est formule structural des olivines

roches	SA4					
Biot	18	19	23	24	29	35
<b>SiO2</b>	38.4978	38.5298	38.5589	38.2495	38.2433	38.2152
<b>Al2O3</b>	14.7771	15.0617	14.9197	14.9081	14.4345	14.5197
<b>TiO2</b>	2.8493	2.8856	2.8815	2.7691	4.2888	4.2666
<b>Fe2O3</b>	0	0	0	0	0	0
<b>FeO</b>	8.1686	8.2386	7.618	7.5799	8.8885	8.8525
<b>MgO</b>	20.0153	19.7478	19.7413	20.1357	18.9901	18.9652
<b>MnO</b>	0.0729	0	0.0103	0.0358	0.0084	0.0704
<b>NiO</b>	0.1483	0.2009	0.1577	0.155	0.1423	0.1807
<b>Cr2O3</b>	0.3957	0.4276	0.4556	0.6567	0.3521	0.3437
<b>Na2O</b>	0.5705	0.5561	0.5713	0.5104	0.6939	0.6806
<b>K2O</b>	9.5271	9.5121	9.2261	9.3493	9.0526	9.5446
<b>CaO</b>	0.0342	0.0434	0.0651	0.0658	0	0.0216
H2O	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	95.0568	95.2036	94.2055	94.4153	95.0945	95.6608
<b>20 oxygènes</b>						
<b>Si</b>	5.086	5.081	5.114	5.072	5.059	5.042
<b>Al</b>	2.301	2.341	2.332	2.330	2.250	2.258
<b>Ti</b>	0.283	0.286	0.287	0.276	0.427	0.423
<b>Fe3+</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Fe2+</b>	0.902	0.908	0.845	0.840	0.983	0.977
<b>Mg</b>	3.942	3.882	3.903	3.980	3.745	3.731
<b>Mn</b>	0.008	0.000	0.001	0.004	0.001	0.008
<b>Ni</b>	0.016	0.021	0.017	0.017	0.015	0.019
<b>Cr</b>	0.041	0.045	0.048	0.069	0.037	0.036
<b>Na</b>	0.146	0.142	0.147	0.131	0.178	0.174
<b>K</b>	1.605	1.600	1.561	1.581	1.528	1.606
<b>Ca</b>	0.005	0.006	0.009	0.009	0.000	0.003
<b>Total</b>	14.336	14.312	14.263	14.309	14.223	14.278

Tab. 7: Composition chimique est formule structural de la biotite des Gabbros à olivine

ROCHE	SA4				
Cpx	13	14	15	26	34
<b>SiO2</b>	51.1254	52.4988	53.2003	51.3892	53.4133
<b>Al2O3</b>	2.9131	3.2341	2.3992	3.9491	1.5688
<b>TiO2</b>	0.6612	0.4004	0.2778	0.5316	0.5533
<b>Fe2O3</b>	0	0	0	0	0
<b>FeO</b>	7.8594	5.253	4.9973	5.4075	5.8074
<b>MgO</b>	15.2799	15.4748	16.0123	15.3374	16.054
<b>MnO</b>	0.1917	0.1822	0.1163	0.1406	0.1568
<b>NiO</b>	0.0763	0.0185	0.0323	0	0.0366
<b>Cr2O3</b>	0.9174	0.4423	0.5206	0.5889	0.1627
<b>Na2O</b>	0.7653	0.6895	0.5982	0.8523	0.5745
<b>K2O</b>	0.0621	0.0359	0.0282	0.0727	0.0015
<b>CaO</b>	20.879	22.089	22.1238	21.0246	21.8182
		0	0	0	0
<b>Total</b>	100.7308	100.3185	100.3063	99.2939	100.1471
6 oxygènes					
<b>Si</b>	1.891	1.923	1.945	1.901	1.960
<b>Al</b>	0.127	0.140	0.103	0.172	0.068
<b>Ti</b>	0.018	0.011	0.008	0.015	0.015
<b>Fe3+</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Fe2+</b>	0.243	0.161	0.153	0.167	0.178
<b>Mg</b>	0.843	0.845	0.873	0.846	0.878
<b>Mn</b>	0.006	0.006	0.004	0.004	0.005
<b>Ni</b>	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001
<b>Cr</b>	0.027	0.013	0.015	0.017	0.005
<b>Na</b>	0.055	0.049	0.042	0.061	0.041
<b>K</b>	0.003	0.002	0.001	0.003	0.000
<b>Ca</b>	0.827	0.867	0.866	0.833	0.858
Total	4.04	4.015	4.010	4.021	4.009
enstatite	42.69	43.84	45.03	44.24	44.81
Fs	12.62	8.64	8.07	8.98	9.34
Wollastonite	43.05	46.11	45.68	44.94	44.69

Tab. 8: Composition chimique et formule structural des clinopyroxènes

roche	Gabbros noritique											gabbros à olivine
	E9											SA4
plagio	2	3	6	9	10	14	15	16	17	18	19	21
SiO2	54,38	54,14	55,05	54,32	53,45	54,38	54,14	55,05	54,32	53,45	53,45	60.1951
TiO2	0,07	0,07	0,00	0,08	0,06	0,07	0,07	0,00	0,08	0,06	0,06	0.0331
Al2O3	27,98	28,90	28,75	28,16	28,45	27,98	28,90	28,75	28,16	28,45	28,45	25.0151
Cr2O3	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0.0037
FeO	0,45	0,46	0,30	0,40	0,33	0,45	0,46	0,30	0,40	0,33	0,33	0.3652
MnO	0,00	0,02	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,02	0,00	0,02	0,02	0.0155
MgO	0,04	0,04	0,01	0,08	0,07	0,04	0,04	0,01	0,08	0,07	0,07	0.0183
CaO	10,98	11,47	11,54	1,96	11,35	10,98	11,47	11,54	10,96	11,35	11,35	6.9006
Na2O	5,23	4,99	5,46	5,10	5,01	5,23	4,99	5,46	5,10	5,01	5,01	7.3861
K2O	0,29	0,03	0,07	0,38	0,34	0,29	0,03	0,07	0,38	0,34	0,34	0.2348
Total	99,42	100,15	101,20	99,49	99,07	99,42	100,15	101,20	99,49	99,07	99,07	100.1719
Oxygènes 8												
Si	2,475	2,446	2,462	2,470	2,445	2,475	2,445	2,462	2,470	2,445	2,445	2.680
Ti	0,002	0,002	0,000	0,003	0,002	0,002	0,002	0,000	0,003	0,002	0,002	0.001
Fe2+	0,017	0,017	0,011	0,015	0,013	0,017	0,017	0,011	0,015	0,013	0,013	0.014
Mg	0,003	0,003	0,001	0,005	0,005	0,003	0,003	0,001	0,005	0,005	0,005	0.001
Mn	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0.001
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0.000
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0.000
Na	0,461	0,437	0,473	0,450	0,444	0,461	0,437	0,473	0,450	0,444	0,444	0.637
K	0,017	0,002	0,004	0,022	0,020	0,017	0,002	0,004	0,022	0,020	0,020	0.013
Ca	0,535	0,555	0,553	0,534	0,556	0,535	0,555	0,553	0,534	0,556	0,556	0.329
Total	5,011	5,002	5,019	5,008	5,019	5,011	5,002	5,019	5,008	5,018	5,019	4.988
Or	1,661	0,174	0,388	2,192	1,944	1,661	0,174	0,388	2,192	1,922	1,944	1.36
An	45,524	43,972	45,948	44,711	43,543	52,815	55,854	53,665	53,097	54,525	54,512	65.05
Ab	52,815	55,854	53,665	53,097	54,512	45,524	43,972	45,948	44,711	43,553	43,543	33.59

Tab.9:Composition chimique est formule structural des plagioclases

ROCHE	SA4	SA4
Opx	27	28
<b>SiO2</b>	55.7205	55.9783
<b>Al2O3</b>	1.0158	0.8912
<b>TiO2</b>	0.2643	0.2733
<b>Fe2O3</b>	0	0
<b>FeO</b>	12.9197	12.8832
<b>MgO</b>	29.1097	28.7999
<b>MnO</b>	0.2807	0.304
<b>NiO</b>	0.0122	0.0672
<b>Cr2O3</b>	0.143	0.0786
<b>Na2O</b>	0.0202	0.0839
<b>K2O</b>	0.0108	0
<b>CaO</b>	1.0357	0.9728
H2O	0	0
<b>Total</b>	100.5326	100.3324
<b>6 oxygènes</b>		
<b>Si</b>	1.974	1.985
<b>Al</b>	0.042	0.037
<b>Ti</b>	0.007	0.007
<b>Fe3+</b>	0.000	0.000
<b>Fe2+</b>	0.383	0.382
<b>Mg</b>	1.537	1.523
<b>Mn</b>	0.008	0.009
<b>Ni</b>	0.000	0.002
<b>Cr</b>	0.004	0.002
<b>Na</b>	0.001	0.006
<b>K</b>	0.000	0.000
<b>Ca</b>	0.039	0.037
<b>Total</b>	3.997	3.991
enstatite	78.07	77.82
Fs	19.86	19.99
Wollastonite	2.00	1.89

**Tab.10 : Composition chimique et formule structural des orthopyroxènes**

# Chapitre IV :

## *Géochimie*

### IV.1.Introduction :

Ce chapitre est consacré à la géochimie des éléments majeurs, des éléments traces et des terres rares obtenus à partir des analyses effectuées sur les roches basiques de la structure annulaire d'Anna et de Bled m'dena (Tab.10). Après un rappel rapide des compositions normatives des principaux faciès, seuls sont présentés les diagrammes géochimiques les plus démonstratifs et ceci dans le but de :

- caractériser chimiquement les différents groupes pour mettre en évidence leurs individualisation et leurs relations éventuelles ainsi que la possibilité (ou non) de l'existence d'une série évolutive continue,
- caractériser l'évolution interne de chaque groupe par un processus unique de cristallisation fractionnée, ou par des processus multiples.
  - cerner le cadre géodynamique de genèse et de mise en place des deux structures circulaires d'Anna et de Bled m'dena.
  - enfin, comparer les résultats obtenus pour chacune des structures.

Nous avons montré par l'étude pétrographique que ces deux complexes présentent des faciès plutonique basique qui évoluent depuis les gabbros à olivine vers des gabbros au sens strict.

L'évolution minéralogique des gabbros étudiées est caractérisées par la disparition de l'olivine et l'enrichissement en pyroxène et la biotite de type phlogopyte

Tous ces faciès présentent un rapport mésostase-phénocristaux traduisant une histoire et mise en place en plusieurs étapes de cristallisation.

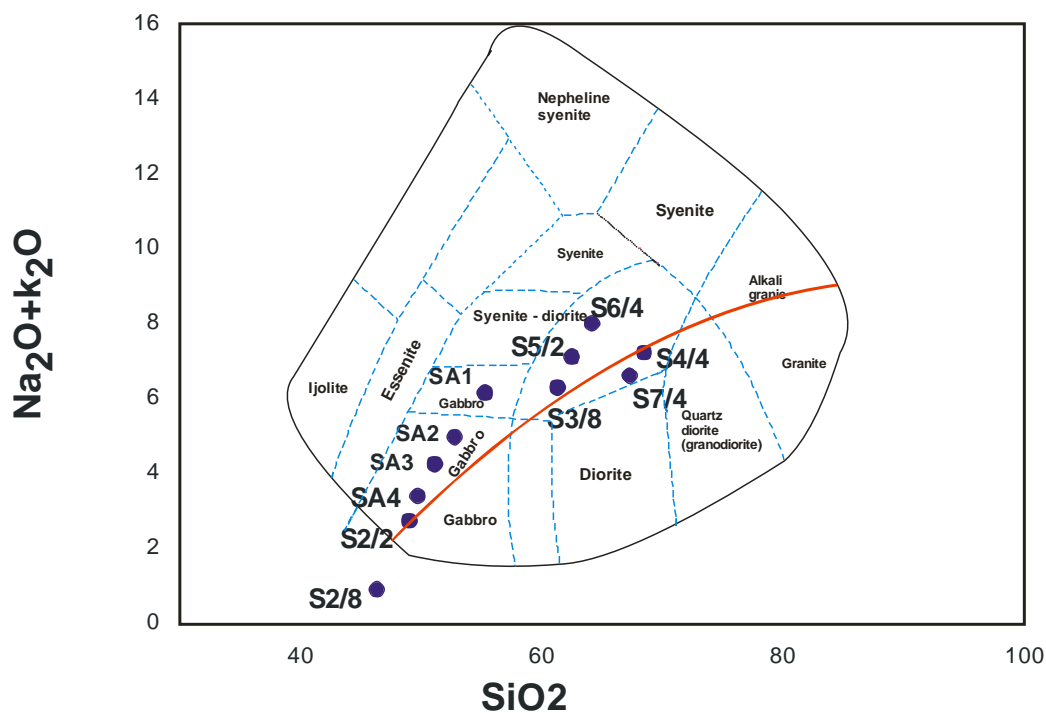
**NB.** Nous avons inclus dans les diagrammes les faciès intermédiaires et acides de la structure annulaire de Bled m'dena afin d'avoir une vision plus large du contexte géochimique et géodynamique générale.

IV.2.Géochimies des éléments majeurs :

IV.2.1.Classification et nomenclature :

Le diagramme de classification de Cox et al. (1979), adaptée par Wilson, (1989) aux roches plutonique (Fig19), révèle une tendance alcaline pour les gabbros s.s, les gabbros noritiques et les gabbros à olivine de la structure circulaire d’Anna (SA1, SA2, SA3, SA4).

On observe une tendance à la limite alcalin/subalcalin pour les gabbros noritiques de la structure circulaire de Bled m’dena (S2/2) et aussi pour les termes intermédiaires de cette dernière qui se situes dans le domaine alcalin (S5/2, S6/4) et la limite alcalin/subalcalin (S3/8), et enfin dans le domaine subalcalin pour ( S7/4, S4/4) ;(voir Fig.19).



**SA1** : gabbros s.s. ; **SA2** : norite gabbroïque ; **SA3, SA4** : gabbros à olivine. (Faciès de la structure d’Anna)

**S2/ 2** : gabbros noritique ; **S2/8** : gabbros s.s. (Faciès de la structure de Bled m’dena)

**S3/8**: monzodiorite; **S4/4**: Granodiorite; **S5/2**: monzonite; **S6/4**: monzonit.e; **S7/4**: granite. (Faciès de la structure de Bled m’dena).

Fig19. : Diagramme des alcalins versus SiO2 de Cox et al. (TAS), adapté par Wilson (1989) pour les roches plutoniques. La courbe sépare les domaines des roches alcalines et Subalcalines.



## IV.1.2. Diagrammes de variations :

## IV.1.2.1. Diagrammes binaires :

Se sont des diagrammes d'évolution qui permettent de mettre en évidence les séries magmatiques.

Dans le diagramme TAS (Le Bas et al., 1986) de la figure 19, l'ensemble des roches basiques de la structure d'Anna occupent essentiellement le domaine alcalin alors que ceux de Bled m'dena tombent dans le domaine subalcalin.

Ainsi grâce à ce diagramme (Fig.20) on peut confirmer la tendance alcaline pour les différents gabbros de la structure d'Anna et qui présente une série magmatique qui va des gabbros à olivine jusqu'au gabbros s.s en passant par les norites gabbroïques.

Pour les gabbros de Bled m'dena qui, dans le diagramme (Fig.20) TAS de Cox et al. (1979), adaptée par Wilson, (1989) tombaient à la limite du domaine alcalin/subalcalin, c'est plus clair dans le présent diagramme qui nous permet de trancher la question en confirmant la tendance subalcaline des gabbros de Bled m'dena.

Les termes les plus évoluées de Bled m'dena se partagent entre les deux domaines.

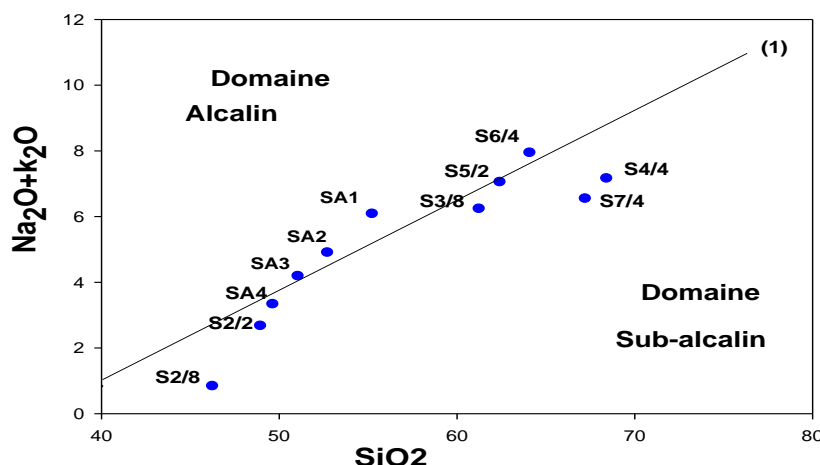


Fig. 20 : diagramme binaire TAS : Total Alcalin = wt% de (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) vs SiO<sub>2</sub>= wt% de SiO<sub>2</sub> (Lebas et al. 1986) ; (1) : droite de séparation des domaines alcalin et subalcalin de Miyashiro (1978) (Même légende que figure 19).

Dans les diagrammes oxydes versus  $\text{SiO}_2$  (Fig21.1 et Fig21.2), on distingue trois comportements différents. Les gabbros de Bled m'dena, les gabbros de la structure d'Anna, et les faciès intermédiaires et acides de Bled m'dena.

Dans le diagramme  $\text{Al}_2\text{O}_3$  versus  $\text{SiO}_2$  (Fig21.1), les roches présentent trois champs distincts. Le premier est celui des gabbros (au sens large) de la structure d'Anna présentant une augmentation progressive d' $\text{Al}_2\text{O}_3$  (9.54% à 17.02%) avec une faible variation de  $\text{SiO}_2$  (49.64% à 55.24%).

Le deuxième champ est formé par les gabbros de Bled m'dena qui montre une augmentation rapide d' $\text{Al}_2\text{O}_3$  (5.26% à 12.57%) alors que le  $\text{SiO}_2$  varie très légèrement (46.26% à 48.95%).

Enfin, le troisième champ concerne les termes évolués de Bled m'dena qui présente presque les mêmes valeurs d' $\text{Al}_2\text{O}_3$  (autour de 16%) exception faite pour les monzodiorites (S3/8) qui sont à 18.25% alors que le  $\text{SiO}_2$  marque une grande variation (61% à 68.42%).

Le diagramme  $\text{TiO}_2$  versus  $\text{SiO}_2$  (Fig21.1) présente les mêmes trois groupes que le diagramme précédent. On observe une corrélation positive pour les gabbros de la structure d'Anna en fonction de  $\text{SiO}_2$  ( $\text{TiO}_2$  augmente de 0.57% à 0.89%). Les gabbros de la structure de Bled m'dena présentent eux aussi une corrélation positive où  $\text{TiO}_2$  varie de 0.69% à 0.82% pour un taux de  $\text{SiO}_2$  variant de 46.26% à 48.95%. Ceux-ci impliquent un enrichissement progressif en Ti pour les gabbros des deux structures étudiées.

Par contre les termes évolués de Bled m'dena présentent une corrélation négative par rapport à  $\text{SiO}_2$  et cette régression est déclenchée à partir d'un taux de 61.25% de  $\text{SiO}_2$  traduisant ainsi la cristallisation des oxydes titanifères et des silicates titanifères (amphibole et biotite), au cours de la différenciation magmatique contrôlée par le processus de la cristallisation fractionnée.

Dans le diagramme  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  versus  $\text{SiO}_2$  (Fig21.1) est très simple ; pour toutes les roches des deux structures, il présente une corrélation négative, plus le taux de silice augmente et moins le  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  peut se concentrer dans les minéraux ferromagnésien qu'il constitue, tel que les pyroxènes, les amphiboles, les biotites et les oxydes de fer ( [Tabeliouna,2009](#)).

Dans le diagramme MgO versus SiO<sub>2</sub> (Fig21.1) on distingue trois groupes qui présentent tous une corrélation négative. En premiers les gabbros de la structure d'Anna présentent un taux très élevé 18.97% pour les gabbros à olivine alors que pour les gabbros s.s il chute brutalement à 4.83%.

Pour les gabbros de la structure circulaire de Bled m'dena, il passe de 16.66% à 12.44% et pour le reste des faciès évolués de Bled m'dena le taux est très faible variant légèrement de 4.83% à 0.81%.

Ces écarts dans les taux se traduisent par la cristallisation brutale et massive des ferromagnésien.

Le diagramme MnO versus SiO<sub>2</sub> (Fig21.1), présente la même allure que celui de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, une corrélation négative pour toutes les roches. Pour les gabbros des deux structures étudiées une diminution progressive est observés jusqu'aux monzodiorite de Bled m'dena (S3/8).qui est à 0.11%.

Le diagramme CaO versus SiO<sub>2</sub> (Fig21.2) présente dans l'ensemble une corrélation négative. Les roches les moins évoluées sont plus riches en CaO comme c'est le cas pour les gabbros de Bled m'dena qui présentent les taux les plus élevés (13.73% à 9.77%). Alors que pour les gabbros de la structure circulaire d'Anna, le taux de CaO varie légèrement de 7.69% à 6.95%. une exception pour les gabbros à olivine (SA4) où on retient un taux de CaO à 6.94% et SiO<sub>2</sub> à 49.64% qui confirme un fractionnement important de phlogopite déjà mentionné dans la partie minéralogie.

Les diagrammes Na<sub>2</sub>O versus SiO<sub>2</sub> et K<sub>2</sub>O versus SiO<sub>2</sub> présentent une corrélation positive avec des courbes assez régulières pour les roches basiques (les moins évoluées). Cependant les valeurs pour les termes évoluée de Bled m'dena sont aléatoires ce qui implique un lessivage des alcalins.

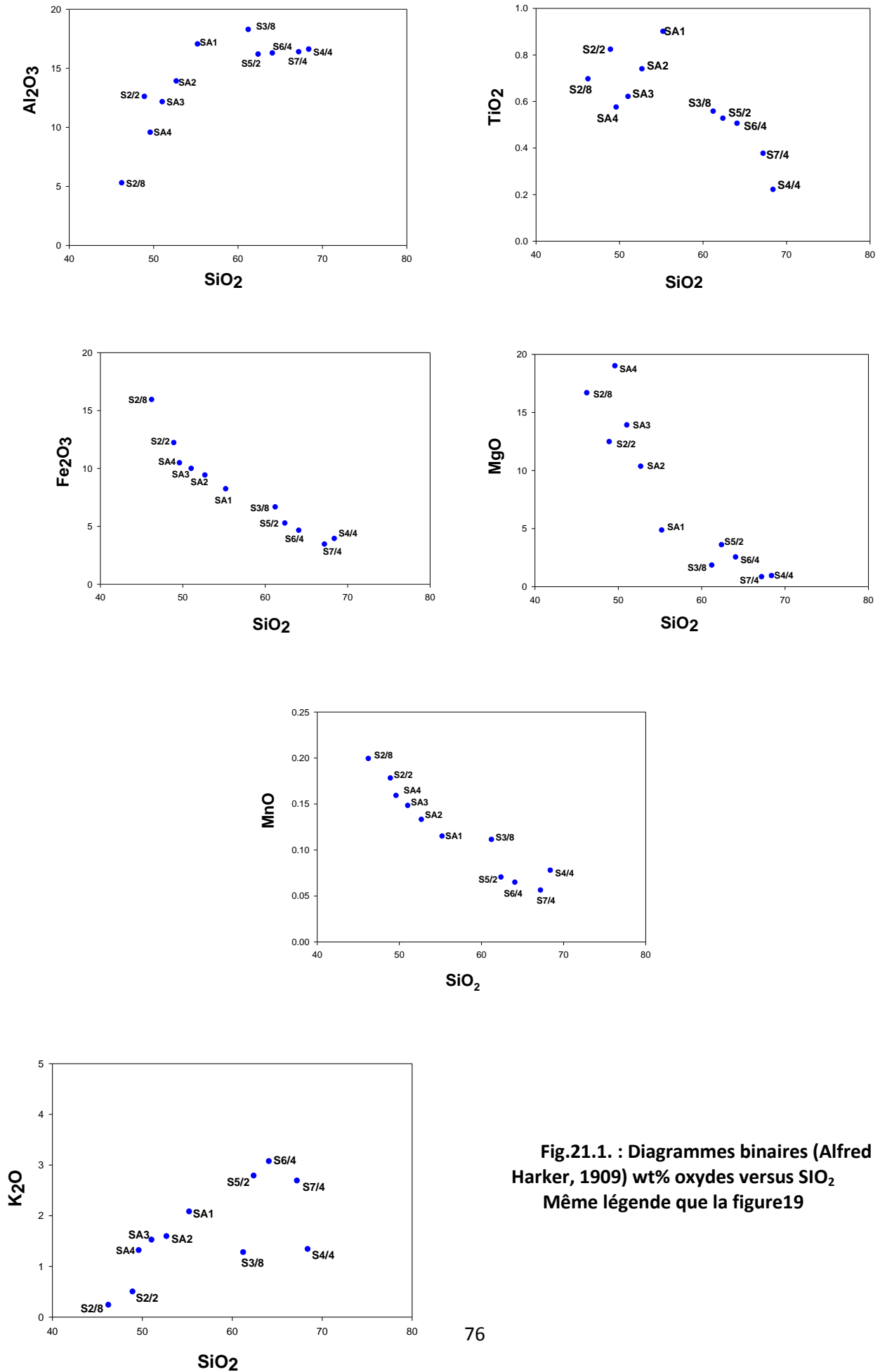


Fig.21.1. : Diagrammes binaires (Alfred Harker, 1909) wt% oxydes versus SiO<sub>2</sub>  
Même légende que la figure19

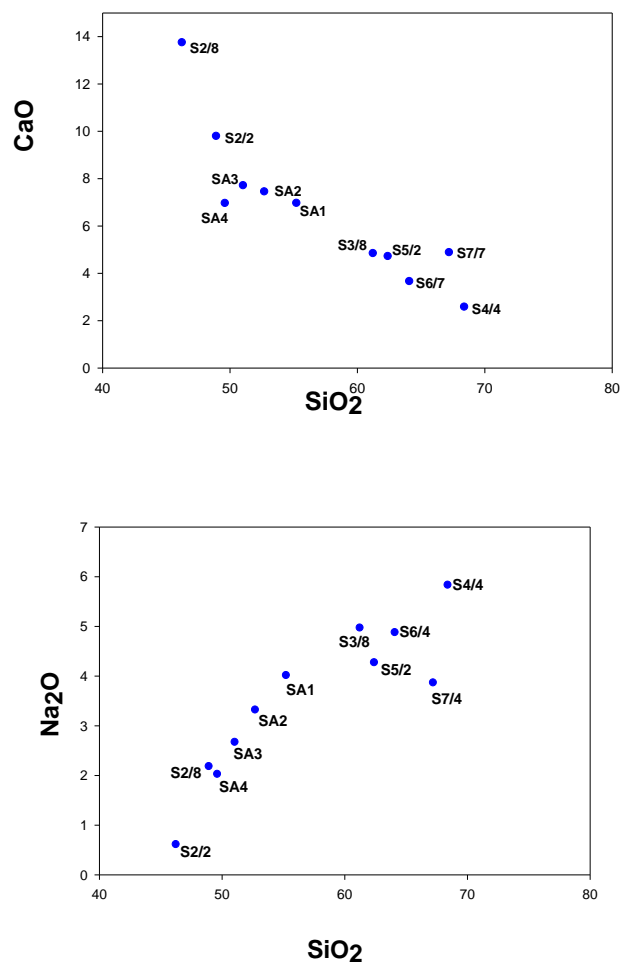


Fig.21.2. : Diagrammes binaires (Alfred Harker, 1909) wt% oxydes versus SiO<sub>2</sub>

### IV.3. Géochimie des éléments en traces des roches magmatiques :

Les éléments en traces peuvent montrer une préférence marquée pour une phase plutôt que l'autre. Dans de tels cas, ils peuvent se concentrer dans la phase en croissance (Ni dans l'olivine) ou bien rester dans le liquide.

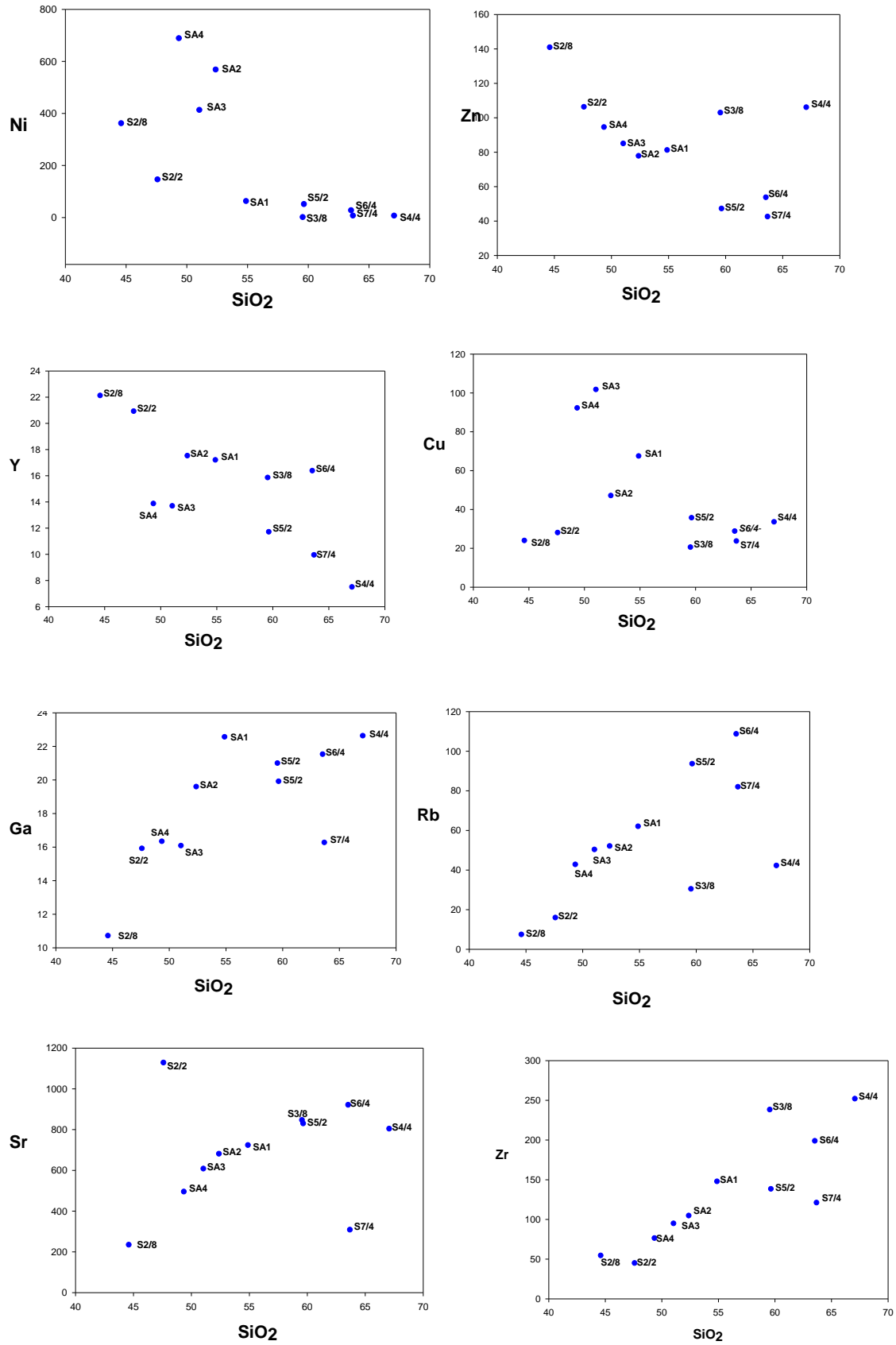


Fig.22.1. Diagrammes des éléments traces versus SiO<sub>2</sub>

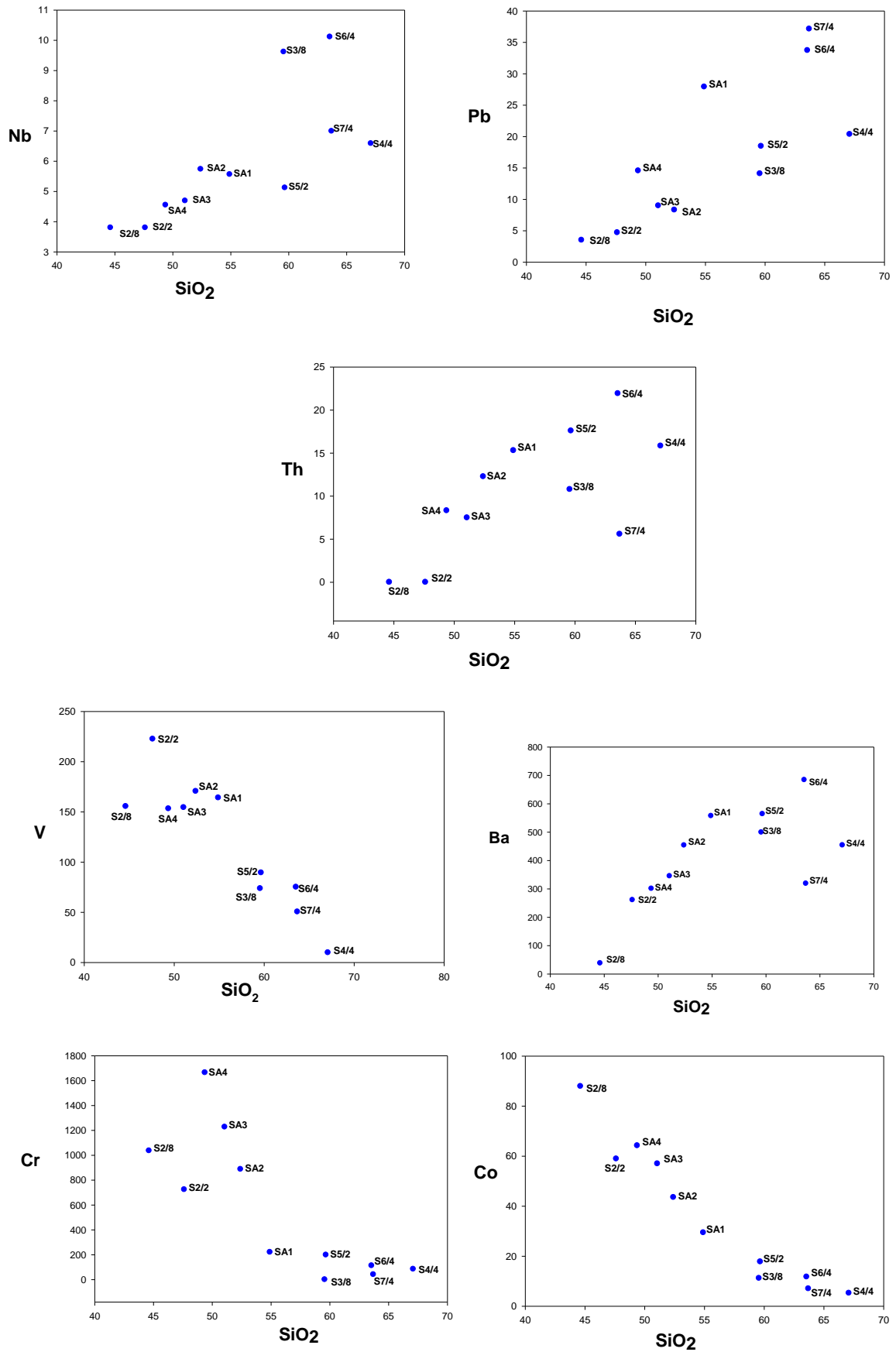


Fig.22.2: Diagrammes des éléments traces versus SiO<sub>2</sub>

Les diagrammes binaires établis pour les éléments en traces versus  $\text{SiO}_2$  (Fig22.1 et Fig22.2) montrent que le Rb et le Sr, confirme le comportement en trois groupes distincts déjà observer dans les éléments majeurs. Et cela commence par les termes les plus basiques qui sont les gabbros de la structure circulaire de Bled m'dena , ensuite les gabbros de la structure d'Anna, présentent une courbe régulière et une corrélation positive et enfin une présentation assez aléatoire pour les roches évoluées de Bled m'dena ce qui correspond aux lessivage de ses deux éléments.

Les éléments à fort potentiel ionique (Zr, Nb, Th, et le Ba) présentent le même comportement distinct d'une série magmatique à une autre. Ils montrent des corrélations positives dans les faciès les plus basiques des deux structures étudiées alors qu'ils sont aléatoires pour les termes évoluées de Bled m'dena.

Les corrélations négative du Ni sont observables essentiellement pour les gabbros de la structures d'Anna où elle marque le fractionnement de l'olivine.

Les corrélations négatives des du Zn, V, Cr et Co, révèle le fractionnement respectivement du sphène, du clinopyroxène et de l'ilménite des faciès les plus basiques vers les faciès acides.

Le comportement des éléments traces en fonction de la silice correspond parfaitement au comportement des éléments majeurs en fonction de la silice. Et qui révèle l'existence de deux séries magmatiques au sein de chaque structure. La série alcaline formée par les gabbros de la structure circulaire d'Anna. Et la série calcoalcaline former par les gabbros de Bled m'dena passant par des termes intermédiaires (monzodiorites) jusqu'aux granite.



	ANNA				Bled M'Dena	
	SA1	SA2	SA3	SA4	S2/2	S2/8
SiO2 (%)	54.91	52.41	51.07	49.38	47.625	44.627
TiO2 (%)	0.894	0.734	0.62	0.571	0.8	0.671
Al2O3 (%)	16.92	13.81	12.14	9.50	12.236	5.078
Fe2O3 (%)	8.16	9.34	9.97	10.40	11.862	15.352
MnO (%)	0.114	0.132	0.148	0.158	0.173	0.192
MgO (%)	4.8	10.3	13.9	18.9	12.108	16.07
CaO (%)	6.91	7.39	7.69	6.91	9.512	13.247
Na2O (%)	3.98	3.29	2.66	2.01	2.116	0.583
K2O (%)	2.063	1.578	1.52	1.305	0.483	0.225
P2O5 (%)	0.626	0.445	0.297	0.362	0.36	0.414
LOI	0.7	1.12	0.23	1.1	1.56	2.9
Sc (PPM)	0	0	0	0	28.8	39.8
V (PPM)	164	170	154	153	222.5	155.4
Cr (PPM)	220	887	1226	1664	723.9	1036.2
Co (PPM)	29	44	57	64	58.9	87.9
Ni (PPM)	61	567	412	687	144.6	360.6
Cu (PPM)	67	47	102	92	27.9	23.8
Zn (PPM)	81	78	85	94	106.1	140.7
Ga (PPM)	23	20	16	16	15.9	10.7
Rb (PPM)	62	52	50	43	15.8	7.3
Sr (PPM)	722	679	606	494	1126.9	233
Y (PPM)	17	18	14	14	20.9	22.1
Zr (PPM)	147	104	94	76	44.6	54.1
Nb (PPM)	6	6	5	5	3.8	3.8
Mo (PPM)	0	0	0	0	6	6.3
Sn (PPM)	0	0	0	0	0	0
Cs (PPM)	0	0	0	0	0	0
Ba (PPM)	557	454	345	301	261	38
Ce (PPM)	82	64	50	0	46.6	47.2
La (PPM)	30	0	0	0	22	18.8
Hf (PPM)	13	12	0	0	1.2	1
Ta (PPM)	0	0	0	0	0	0
W (PPM)	0	0	0	0	0	0
Pb (PPM)	28	8	9	15	4.7	3.5
Th (PPM)	15	12	7	8	0	0
U (PPM)	8	6	0	0	0	1.9
TOTALMAJ(%)	100.091	100.51	100.231	100.569	98.835	99.359
TOTALTRACES(ppm)	2333	3227	3233	3726	2882.1	2292.1
TOTAL(%)	100.324	100.833	100.554	100.942	99.123	99.588

**Tableau10** : analyses chimiques (éléments majeurs et traces de la structure circulaire d'ANNA ; et de la structure circulaire de Bled M'Dena

## IV.4.Géochimie des terres rares des roches magmatiques :

Les analyses des terres rares sont reportées dans le tableau 11 ; ils concernent uniquement les échantillons de la structure annulaire de Bled M'Dena.

Ech,	S2/8	S2/2	S3/8	S4/4	S5/2	S6/4	S7/4
Ce(ppm)	46.23	43.61	42.82	53.4	49.1	75.88	38.63
Dy(ppm)	4.05	2.66	1.85	0.92	1.49	1.86	1.37
Er(ppm)	1.9	1.53	1.27	0.5	1.11	1.53	1.18
Eu(ppm)	1.54	1.52	1.13	0.96	1.1	1.21	0.8
Gd(ppm)	6.21	4.93	3.39	2.26	3.11	3.67	2.31
La(ppm)	15.74	17.69	17.73	19.24	21.63	32.97	15.57
Nd(ppm)	35.45	28.67	20.98	22.71	22.77	29.79	16.6
Sc(ppm)	45.48	22.92	3.44	0.99	5.49	3.53	3.29
Sm(ppm)	3.61	5.57	3.61	2.03	0.58	0.39	4.02
Y(ppm)	17.15	13.19	10.81	5.1	8.92	10.43	7.2
Yb(ppm)	1.58	1.23	1.12	0.45	0.91	1.09	0.75

**Tableau11** : composition en terres rares des gabbros(S2/2 ;S2/8) ;des monzodiorites(S3/8) ; des granodiorites ;des monzonites (S5/2.S6/4) et des granites (S7/4) de la structures annulaire de Bled M'dena.

*(Les terres rares sont normalisées aux chondrites, McDonough et Sun,1995)*

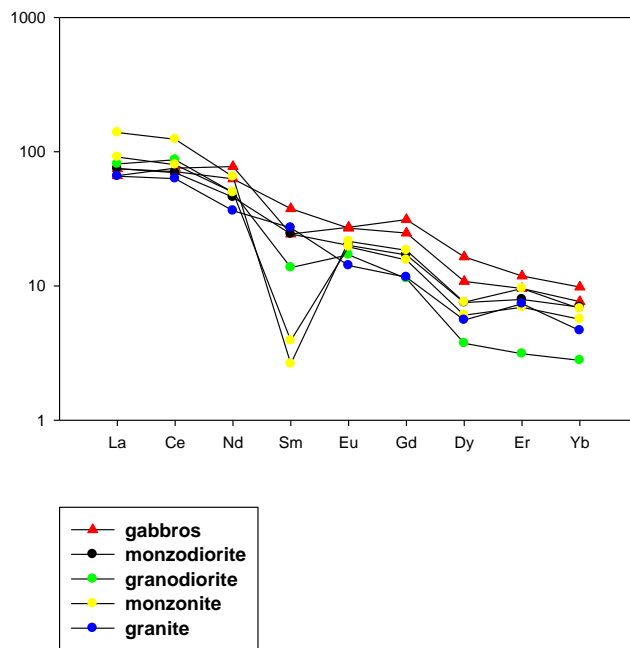
Les spectres des teneurs en terres rares (valeurs normalisées par rapport aux chondrites, McDonough et Sun, 1995) des différentes roches de l'intrusion de Bled M'Dena, sont présentés sur la figure 23.

Tous les spectres des différentes roches plutoniques analysées présentent la même allure ; Les gabbros présentent un enrichissement en terre rares légères par rapport aux terres rares lourdes ; le rapport de fractionnement La/Yb varie entre 9.78 et 6.76.

On observe une légère anomalie négative pour l'euporium se qui traduit un léger effet plagioclase sur les terres rares.

Le rapport de fractionnement La/Yb devient plus important pour les roches les plus évoluées de la structure annulaire de Bled m'dena. Il est de 10.76 pour les monzodiorite et allant jusqu'à 14.12 pour les granites.

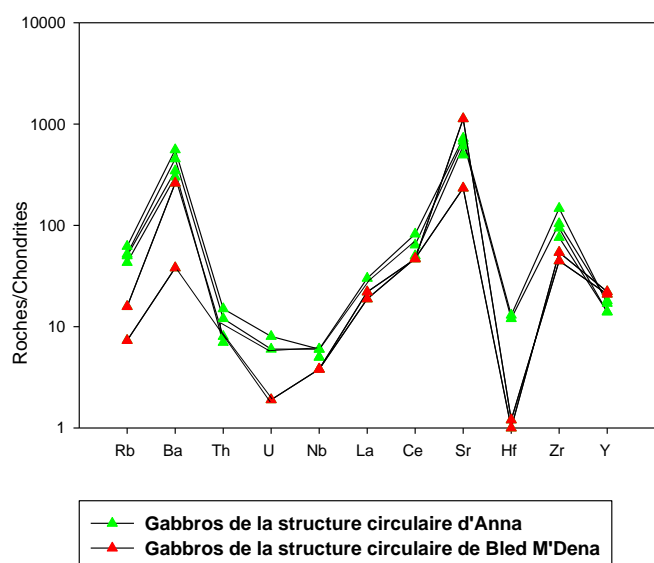
D'une manière générale les gabbros de la structure annulaire de Bled M'Dena sont moins fractionnées par rapport aux terres rares les plus évoluées de la même structure mais tous présentent un enrichissement en terres rares légères par rapport aux terres rares lourdes. cela implique que ces roches ont une origine génétique commune.



**Fig.23:** spectres des terres rares des gabbros, monzodiorites, des granodiorites ;des monzonites et des granites de la structures annulaire de Bled M'dena. . Normalisation aux chondrites (McDonough et Sun 1995).

Les diagrammes multiélémentaires normalisés aux chondrites (McDonough et Sun, 1995), des roches plutoniques basiques (Gabbros s./) de la structure annulaires d'Anna et de la structure circulaire de Bled M'Dena (Fig.24). les spectres dans les deux intrusions plutoniques étudiées présentent le même aspect générale avec des anomalies négatives en uranium et en Hf qui sont deux éléments à la fois très incompatibles mais non lessivable (insolubles).

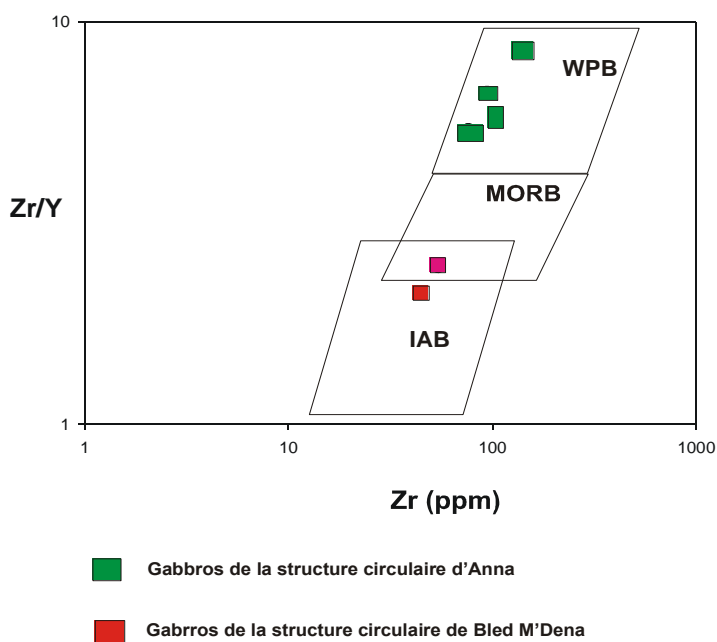
L'aspect similaire que représentent les faciès gabbroïques de la structure annulaire d'Anna suggère qu'elles ont un lien co-magmatique. Idem por les roches gabbroïques de la structure annulaire de Bled M'dena.



**Fig.24** : Diagramme multiélémentaire normalisés aux chondrites (McDonough et Sun, 1995), des roches plutoniques de la structure annulaires d’Anna et de la structure circulaire de Bled M’Dena.

**IV.5. Diagrammes géotectoniques discriminants :**

La construction de ces diagrammes à pour but essentiel de rechercher le cadre géotectonique dans lequel ont pris naissance les roches gabbroïques des deux structures annulaires étudiées.



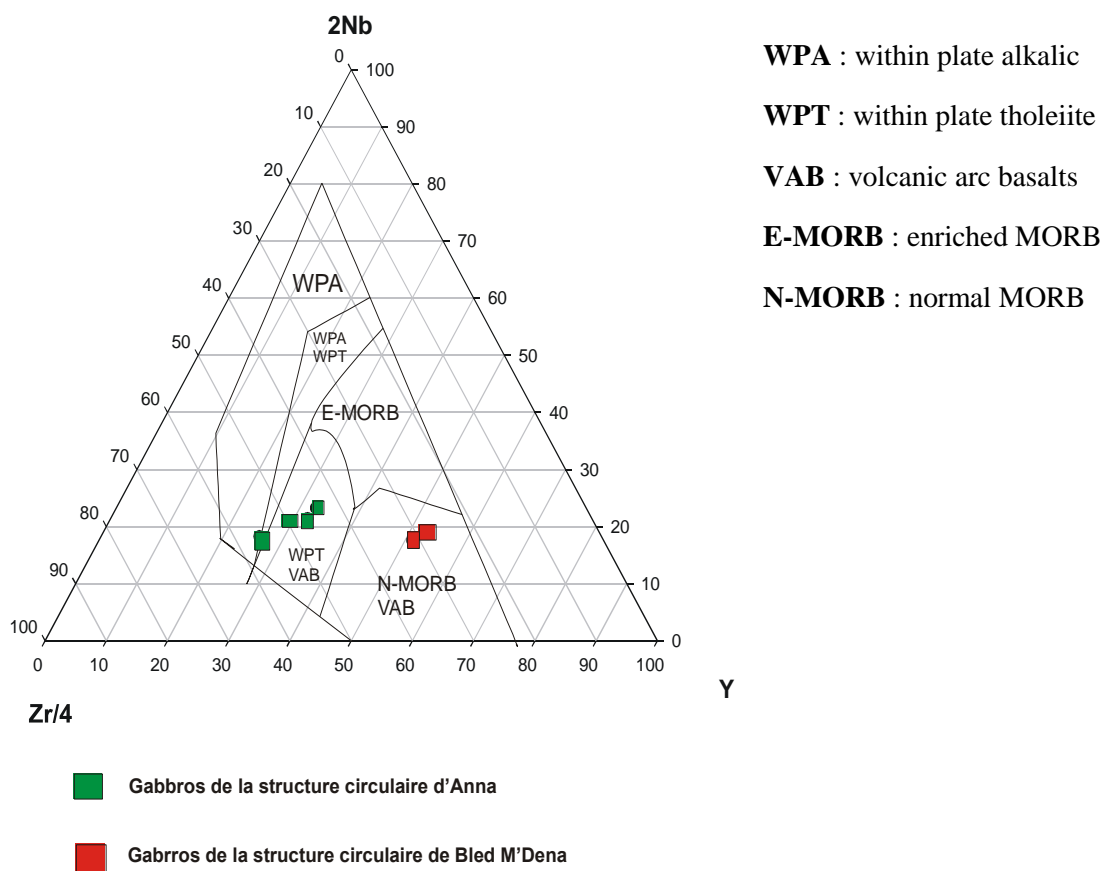
**WPB** : basaltes intra plaque

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

**IAB** : basaltes des arcs insulaires

**Fig.25** : Diagramme Zr/Y vs Zr de contextes géodynamiques de Pearce et al. (1979)

Dans le diagramme discriminants(Fig.25) Zr/Y vs Zr de [Pearce et al.\(1979\)](#) on observe deux groupes magmatiques distincts. Le premier sont les Gabbros s.l de la structure annulaire d'Anna qui coïncide avec le champ des basaltes intra plaque.et le deuxième groupe est celui des gabbros s.l de la structure annulaire de Bled M' Dena chevauches les deux domaines des arc insulaires et celui des rides médio-océaniques.



**Fig.26** : Diagramme Zr/4-2Nb-Y de discrimination tectono-magmatique des roches basaltiques (d'après [Meschede.1986](#))

Dans le diagramme géotectonique Zr/4-2Nb-Y (Fig.26) de [Meschede.1986](#) la présence de deux séries magmatiques distinctes se confirme. Et le résultat est presque concordant avec le diagramme de [Pearce et al.](#)

Pour les gabbros s.l de la structure annulaire de Bled M'Dena le chevauchement entre les arcs volcaniques et les N-MORB. Les gabbros s.l de la structure annulaire d'Anna correspond aux champs des tholeïtes intraplaques et à la limite du magmatisme alcalin intraplaque.

#### **IV.6. Conclusion :**

L'étude géochimique de la structure annulaire de Bled M'Dena et de la structure circulaire d'Anna est très révélatrice.

Nous avons pu observer à partir des diagrammes binaires TAS la tendance alcaline pour les gabbros s.l de la structure annulaire d'Anna et la tendance sub- alcaline pour les gabbros s.l de la structure annulaire de Bled M'Dena.

Des affinités qui se sont confirmées par la suite grâce aux diagrammes d'Harker pour les éléments majeurs et les éléments traces révélateurs aussi la présence de deux séries magmatiques distinctes au sein de chaque structure. La série alcaline formée par les gabbros de la structure circulaire d'Anna ; et la série calcoalcaline formée par les gabbros de Bled m'dena passant par des termes intermédiaires (monzodiorites) jusqu'aux granites.

L'étude des terres rares selon les analyses disponibles à révéler le lien génétique existant entre les différents gabbros de chaque série dans chacune des structures étudiées ; ce lien génétique est confirmé par les diagrammes géotectoniques discriminants.

Quant à la question si les gabbros s.l des deux structures annulaires ont un lien génétique la réponse ne peut être tranchée à ce niveau d'étude. Il faudra attendre d'autres analyses plus approfondies des échantillons étudiés.

# Chapitre V:

## *Discussion et Conclusion Générale*

**V. Conclusion :**

Afin de mieux visualiser les résultats de cette étude qui est la comparaison des roches basiques de la structure circulaire d’Anna et celle de Bled M’Dena. La conclusion est présenter sous forme de tableau récapitulatif est comparatifs des deux structures.

Eléments comparatifs	Structure annulaire d’Anna	Structure annulaire de Bled M’Dena
- Forme	Circulaire	circulaire
- Diamètre	-2Km	6Km
- Age	Archéen	2010Ma
- Cadre géologique	Sud de la jointure Yetti-Eglab	Nord de laJointure Yetti-Eglab
- Encaissant	Série Chegga	Granite Aftout
- Rx basiques identifiées	Gabbros à olivine Norite gabbroïque	Gabbros à olivines Norite gabbroïque Gabbros au sens strict Gabbros noritique
- composition minérales	Gabbros au sens strict	Plagioclases,olivine,cpx,opx, Biotite, opaques
- Nombre de séries magmatiques	Plagioclases,olivine,cpx,opx, Biotite, opaques	1
- Affinités géochimique		
- Nature du magma source		
- Cadre géotectoniques	1	Sub-alkalin
- Intérêt économique	alcalin	Un peu plus évoluées
	moins évoluées (primitifs)	Domaine d’arc insulaire
	domaine intraplaque	Potentiels Or, Argent, cuivre Molybdène, ..etc
	fort potentiels diamantifère	



En résumé les roches basiques des deux structures circulaires d'Anna et de Bled M'Dena ; présentent beaucoup de points commun d'un points de vue pétrographique et minéralogiques ; mais d'un point de vues géochimiques, on peut dire qu'elles se distingue en deux séries magmatiques bien définie avec un domaine de mise en place différent mais faisant partie du même contexte géologique régionale qui est le mouvement distensive entre le domaine Yetti et le domaine Eglab.

# Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- Abbou-Kebir K. (2003).** Etude pétrographique des granitoïdes de la structure circulaire de Bled M'Dena (Eglab, SW algérien). *Mém. Ingénieur, Univ. Oran.*
- Azzouni-Sekkal A. (1976).** Les stocks plutoniques basiques de la jointure «Yetti-Eglab ». *Thèse Doct. 3<sup>ème</sup> cycle Univ. Alger, 99p.*
- Baudin T.(1996).** Rapport de la mission de terrain dans les Eglab et le Yetti, *Mém. Serv. Géol. Algérie, n°8, pp.53-60.*
- Beaudoin G. (2006).** Manuel de gîtologie et métallogénie. *Fac. des Sci. et de Génie., Univ. De Laval, Quebec.*
- Benramdan H, Bellal. M et Kolli. O,(2001).** Gold mineralisation in the Yetti-Eglab (N.E. Reguibat shield, SW algeria). Mineral deposits at the begining of the 21<sup>st</sup> century. *The 6<sup>th</sup> Biennial SGA-SEG meeting Warsaw, Poland ; Piestrznski et al (ed), AA. Balkema Publishero, pp.695-698.*
- Benramdan H, (2007).** Contribution à l'étude géologique et gîtologique des minéralisations aurifères de la zone de jointure Yetti-Eglab (SW. Algérien). *Thèse magistère, USTHB, Alger. 120p.*
- Bessoles B. (1977).** Géologie de l'Afrique : le craton ouest Africain. *BRGM n°88.*
- Buffière J.M., Fathy J.C. et Petey J. (1965a).** 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-I V, 230p.*
- Buffière J.M., Fathy J.C. et Petey J. (1965b).** Notice explicative de la carte géologique à 1/500000 de la région des Eglab et la bordure Nord du Yetti. *(SERMI), Paris,38p.*
- Buffière J.M., Fahy J.C. et Petey J. (1967).** Sur l'ensemble Yetti-Eglab et sur la couverture infratillitique en territoire algérien. *C.R. Acad. Sci. Paris, n° 262, pp. 1513- 1516.*
- Buffière 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.*
- Burnham CW. (1962).** Facies and types of hydrothermal alteration. *Econ. Geol., 57, pp.768-784.*
- Cahen L. (1961).** Review of geochronological knowledge in Middle and Northern Africa. *Ann. New York. Acad. Sci., 91, n°2, pp. 535-567.*
- Cahen L. (1963).** Grands traits de l'agencement des éléments du soubassement de l'Afrique centrale. Esquisse tectonique à 1/5 000 000. *Ann. Soc. Géol. Belg., 85, n°6, pp. 183-195.*

- Choubert G., Faure-Muret A. et Charlot R. (1968).** Le problème du Précambrien en Afrique Nord-occidentale. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dynam. Fr.*, (2), n°4, pp. 289-311.
- Choubert G. et Faure-Muret A. (1971).** Tectonique de l'Afrique. *UNESCO*.
- Clifford T.N. (1970).** The structural frame work of Africa in African magmatism and tectonics. *Edited by Clifford and Cass, Oliver and Boyd, Edinburgh*, pp. 1-26.
- Clifford T.N. (1970).** The structural framework of Africa in African Magmatism and Tectonics *edited by T.N. Clifford and I.G. Gass, Olivier and Boyd, Edinbourgh*, pp. 1-26.
- CONSOREM. (2004).** Paramètres des altérations hydrothermales des gisements de type VMS et aurifères : Comparaison de la performance d'indicateurs d'altération *Doc. Consorem (inédit)*
- Creasey SC. (1959).** Some phase relations in the hydrothermally altered rocks of porphyry copper deposits. *Econ. Geol.*, 54, 3, pp.351-373.
- Della O. (2003).** Etude pétrographique des volcanites acides d'Akilet Deïel (Eglab, SW algérien) et comparaison avec celles des séries précambriennes du craton ouest africain. *Mém. Ingéniorat, Univ. Oran*, 7lp.
- ENNIH, N. & LIE' GEOIS, J.-P.(2008)** (eds) The Boundaries of the West African Craton. Geological Society, The Geological Society of London 2008.
- Foucault A. et Raoult J.F.** dictionnaire de géologie, *DUNOD*, 6<sup>ème</sup> édition.
- Gevin P. (1951).** Sur la structure du massif cristallin Yetti-Eglab (Sahara occidentale). *C.R Acad. Sci. Paris*, n° 233, pp. 1129-1130.
- Gevin P. (1958).** Cartes au 1/500000 Eglab et Tindouf. *Ser. Carte Géol. Algérie*.
- Graïne Kh. (1997).** Les dépôts pyriteux et les minéralisations Zn, Pb, Cu, du massif volcano-plutonique miocène de Oued-Amizour (Béjaïa- Algérie) : environnement volcanogénique, altérations hydrothermales, typologie des minéralisations. Thèse magistère, USTHB, Alger.
- Kahoui M., Drareni A., Fabre J., Peucat JJ. et Kaddour M. (1996).** Age éburnéen du complexe annulaire alcalin du Djebel Drissa (Est de la dorsale Reguibat, Algérie). *Mém. Serv. Géol. Algérie*, n°8, pp.53-60.
- , Kahoui M Y. MAHDJOUB1 & F. V. KAMINSKY2 (2008)** Possible primary sources of diamond in the North African diamondiferous province .London, Special Publications, 297, 77–109.
- Kirkham R.V. et Sinclair W.D. (1996).** Gîtes porphyriques de cuivre, de molybdène, d'or, de tungstène, d'étain et d'argent. Dans géologie des types de gîtes minéraux du canada. Eckstrand, Sinclair et Thorp, *édis., Géologie du Canada n°8*, pp.468-495.
- Krasnikow W.I. (1959).** Découverte de gîtes minéraux profond par l'étude des auréoles de dispersion primaire. *Zeit. Angew. Geol., Berlin*, vol II., pp. 533-535.

**Large, R. R.; J. Bruce Gemmel; Holger Paulik and Huston, D. L. (2001).** (a). The Alteration Box Plot: A simple approach to understanding the relationship between alteration mineralogy and lithochemistry associated with volcanic-hosted massive sulfide deposits. *Econ. Geol.*, 96: 957-971.

**Lassere M., Lameyre J. et Buffière 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.

**Lefort J.P., Aïfa T. et Ouddane M. (1994).** Modélisation magnétique des filons subméridiens de l'ensemble Yetti-Eglab (dorsale Réguibat): conséquence géodynamique concernant la marge orientale du craton ouest africain. *Bull. Soc. Géol. Algérie, Vol. n 05, n°2*, pp.129-149.

**Liégeois J.P, Latouche L., Boughrara M., Navez J. et Guiraud M. (2002).** The LATEA metacraton (central Hoggar, Touareg shield, Algérie) : behaviour of an old passive margin during the pan african orogeny. *Journal of African Earth Sciences*, n°37 ; pp. 161-190.

**Menchikoff N. (1949).** Quelques traits de l'histoire géologique du Sahara occidental. *Annales Hébert et Haug, 7, livre jubilé, Ch. Jacob*, pp. 303-325.

**Mahdjoub Y., Drarni A., Gani R., (1994)** Accrétion crustale et tectonique verticale à l'Eburnéen dans les massifs des Eglab et du Yetti (dorsale Réguibat, Algérie) [Eburnean crustal accretion and vertical displacement in Yetti-Eglab massifs (Reguibat Rise, Algeria)]. *Bull. Ser. Géol. Algérie, 5 (1)*, pp.97-108

**Mahdjoub Y., Kahoui M., Drareni A. and Ghani R. (2002).** Magmatic evolution during convergence in paleoproterozoic Eglab domain, Reguibat rise (Algeria). *19th. Colloquium of African Geology, El-Jadida, Morocco, abstract p.*

**Maniar P.D. et Piccoli P.M., (1989).** Tectonic discrimination of granitoids. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 101, pp. 635-643

**Marks M., Halama R., Wenzel T. et Markl G. (2004).** Trace element variations in clinopyroxene and amphibole from alkaline to peralkaline syenites and granites: implications for mineral-melt trace-element partitioning, *Chemical Geology 211 pp. 185-215*

**Mathez E.A, Hunter R.H, Kinzler R. (1997).** Petrologic evolution of partially molten cumulate: the Atok section of the Bushveld complex. *contributions to Mineralogy and Petrology*, 129, pp.20-34.

**McDonough et Sun S. (1995).** The Composition of the Earth, *Chemical Geology volume 120*, pp.223-253

**Medard E. (2005).** Genèse de magmas riches en calcium dans les zones de subduction et sous les rides médioocéaniques : Approche expérimentale, *thèse de Doctorat d'Université, p. 231, Univ. Blaise Pascal, Clermont Ferrand*

**Meiher B. (1995).** Magmatisme et tectonique des plaques. Science de la Vie et de la Terre, *Ed. Ellipses*.

**Melluso L., Morra V., Brotzu P., Tommasini S., Renna R. M., Duncan R.A., Franciosi L. et D'Amelio F.(2005).** Geochronology and Petrogenesis of the Cretaceous Antampombato–Ambatovy Complex and Associated Dyke Swarm, Madagascar, *Journal of Petrology*, volume 46, n°10, pp. 1963-1993

**Menot R.P., (1980).** Les massifs basiques et ultrabasiques de la zone mobile pan-africaine au Ghana, Togo et Bénin. Etat de la question, *Bull. Soc. Géol. France*, (7), t XXII, n°3, pp.297-303

**Mertz D.F., Weinrich A. J., Sharp W. D., et Renne P.R. (2001).** Alkaline Intrusions in a near-trench Setting ,Franciscan Complex , California: Constraints from geochemistry , petrology, and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  Chronology, *American Journal of Science*, Vol. 301, p. 877–911

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

**Middlemost E. (1997).** Magmas, Rocks & Planetary Development. *Longman, Harlow*, 299 p.

**Mingram B. Trumbull R.B., Littman S. and Gerstenberger H.,(2000),** A petrogenetic study of anorogenic felsic magmatism in the Cretaceous Paresis ring complex, Namibia: evidence for mixing of crust and mantle-derived components, *Lithos*, 54, pp.1-22.

**Mitchell J.N., Scoates J.S., Frost C.D. et Kolner A. (1996).** The Geochemical Evolution of Anorthosite Residual Magmas in the Laramie Anorthosite Complex, Wyoming, *Journal of Petrology* vol.37, n°3 pp.637-660

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

**Mohamed F.H. (1998),** Geochemistry and petrogenesis of El Gezira ring complex, Egypt : a monzosyenite cumulate derived from fractional crystallisation of the trachyandesitic magma, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, vol.84, pp. 103-123

**Moine B. (2000).** Les enclaves ultramafiques-mafiques riches en volatiles de Kerguelen (TAAF, Océan Indien), transfert de fluides et métasomatisme mantellique en contexte intraplaque océanique, *thèse de Doctorat, Univ. Jean Monnet St Etienne*, pp221

**Molina P. (1988).** Correlation géologique Afrique-Amérique du Sud et Provinces uranifères, *Journal of African Earth Sciences*, volume7, issue2, p. 489-497

**Monod T.N., Richard-Molard J. (1950).** Une synthèse du Précambrien de l'Ouest africain. *Bull. Inst. Fr. Afr.Noire*, t 12, n° 2, pp. 530-531.

**Monziers M., Danyushevsky L.V., Crawford A.J., Bellon H. and Cotten J. (1993).** High-Mg andesites from the southern termination of the New Hebrides Island (SW Pacific), *Journal of volcanology and geothermal Research*, 57, pp. 193-217

**Moreau C. (1987).** Les complexes anorthoséniques à suite anorthosique de l'Air (Niger): contribution à l'étude des anorthosites, *Bull.Soc.Géol. de France, n°spécial 3(1), série 8*, pp115-122

**Morimoto N., Fabriès J., Ferguson A.K., Ginzburg I.V., Ross M., Seifert F.A., Zussman J. (1988),** Nomenclature of pyroxenes, *American Mineralogist*, volume 73, p. 1123-1133

**Mortaj A. Ikenne M., Gasquet D., Barbey P., Stussi A., (2000).** Les granitoïdes paléoproterozoïques des boutonnières du Bas Drâa et de de la Tagragra d'Akka (Anti Atlas occidental, Maroc): en élément du puzzle géodynamique du craton ouest africain, *journal of African Earth Sciences*, volume 31, Issues 3-4, pp. 523-538

**Mossand P., Cantagrel J .M. et Vincent P. (1982).** La Caldéra de Haute- Dordogne : âge et limites (massif des Monts-Dore, France), *Bull. Soc. Géol. France*, (7), t XXIV, n°4, pp.727-738

**Nachit H., Razafimaheza A .N., Stussi J.M., Carron J.P. (1985):** Composition chimique des biotite et typologie magmatique des granitoïdes. CR Acad Sci Paris, volume 301, p. 813-822.

**Nicholson D.M., Mathez E.A. (1991) :** Petrogenesis of the merensky reef in the Rusenburg section of the Bushveld complex, *contributions to Mineralogy and Petrology* 107:293-309

**Nicollet C. (1988):** metabasites granulitiques, anorthosite et roches associées de la croûte inférieure, exemple pris à Madagascar et dans le Massif Central Français, Argument en faveur d'un métamorphisme associé à l'extension lithosphérique. *Thèse de Doctorat ès Sciences Naturelles*, pp189

**Norman M.D., Pearson N.J., Sharma A. et Griffin W.L. (1996).** Quantitative analysis of trace elements in geological materials by laser ablation ICPMS: instrumental operating conditions and calibration values of NIST glasses. *Geostandards Newsletter* 20: 247-261,

**O.R.G.M. (ex E.R.E.M), (1983).** Rapport final du groupe Eglab sur les travaux de reconnaissance et de prospection régionales (*inédit*).

**O.R.G.M (ex E.R.E.M), (1984).** Rapport du groupe Eglab sur la structure circulaire de Bled M'Dena (feuilles Aouinet Legraa) (*inédit*).

**Peucat J.J., Capdevilla R., Jrareni A., Mahdjoub 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.*, 136, pp.309-352.

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

**Pearce J.A. (1976).** Statistical analysis of major elements patterns in basalts. *J. Petrol.*, 17, pp.15-43.

**Pearce J.A. et Cann J.R. (1973).** Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace elements analysis. *Earth Planet.Sci. Lett.*, 19, pp.290-300.

**Pearce J.A. et Cann J.R. (1973).** Tectonic setting of basin volcanic rocks determined using trace element analyses, *Earth and Planetary Science Letters, Volume 19*, pp. 290-300

**Pearce J.A., Harris N.B.W. and Tindle A.G., (1984).** Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of the granitic rocks, *Journal of Petrology*, vol. 25 pp.956-983

**Robert F., Boulier A.M. et Firdaous K., (1995).** Gold-quartz veins in metamorphic terranes and their bearing on the role of fluids in faulting. *Journal of Geophysical Research*, v.100, pp.12861-12879.

**Robert F. et Brown A.C. (1986).** Archean gold- bearing quartz veins at the Sigma mine, Abitibi greenstone belt., Quebec : Part1. geologic relations and formation of the vein system. *Economic Geology*, v.81, pp.578-592.

**Rocci G. (1964).** Ages absolus, histoire et structure de l'Ouest du bouclier africain. *C. R. Acad. Sci., Fr.*, 258, pp.2859-2862.

**Rocci G. (1965).** Essai d'interprétation de mesures géochronologiques La structure de l'Ouest africain. *Sci. Terre, Fr.*, 10, 3-4, pp. 461-479.

**Roubault M. (1982).** Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant. Lammare-Poinat, Paris, 382p.

**Routhier P. (1963).** Les gisements métallifère : géologie et principe de recherche. *Edit. Masson et Cie, Paris, Tome II.*, 1280p.

**Sabaté P. et Lomax K. (1975).** Données stratigraphiques et paléomagnétiques de la région Yetti-Eglab (Sahara occidental algérien). *Bull. B.R.G.M Fr., section II, n° 4*, pp. 293-31].

**Sabaté 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.

**Sabaté P. (1973).** La jointure Yetti-Eglab dans la dorsale précambrienne du pays Réguibat (Sahara occidental algérien). *C.R. Acad. Sci., Fr. 276, (D)*, pp. 2237-2239.

**Sabaté P., Lasserre M. et Lameyre J., (1977).** Rb/Sr ages of some precambrian formations of the eastern Reguibat dorsale : Existence of a metamorphic belt during the Eglab orogeny. *9<sup>th</sup> coll. Geol. Afric. Göttinger, R.F.A.*, pp. 85-90.

**Sabaté P. (1979).** Les volcanites Eglab : Données radiométriques de la dernière expression magmatique calco-alcaline du cycle orogénique Eglab (Sahara occidental). *Revue de géologie dynamique et de géographie physique. Vol.21.Fasc.5.*, pp.326-329. paris, 1979.



- Sillitoe R.H. (1993).** Gold-rich porphyry copper deposits : Geological model and exploration implications., *Geological Association of Canada Special Paper 40*, pp.465-478.
- Sougy J. (1960).** Les séries précambriennes de la Mauritanie nord-orientale. *Rept. 21<sup>th</sup> intern. Geol. Congr. Norden, part. 9*, pp. 59-68.
- Steiner A. (1968).** Clays minerals in hydrothermal altered rocks at Wairakei, New- Zeland. *Clays and clay Min.*, 16.pp193-213.
- Tabeliouna M., Cottin J, Y. et Kolli O. (2003).** Les roches ultrabasiques des Eglab (dorsale Réguibat, SW Algérie). *3rd intern. Conf. on Geology of Africa, Assiout (Egypt)*.
- Tabeliouna M., Cottin J, Y., Kolli O., Zerka M. et Bendoukha R. (2003).** Le cortège magmatique de la structure circulaire de Bled M'Dena (Eglab, dorsale Réguibat, SW algérien). *Journées d'étude sur la géologie algérienne, Univ.Oran, résumé p.36*.
- Tabeliouna M., Kolli O., Zerka M. et Bendoukha R. (2004).** The geochemistry of the Bled M'Dena circulaire structure volcanites, Eglab (SW Algeria). *6th Intern. Conf. On Geochemistry, Alexandria, Univ, abstract p. 145*.
- Tabeliouna M., Kolli O., J.Y. Cottin, et Zerka M. ( 2008):** Les clinopyroxénites et les gabbros d'une structure annulaire (sud de Gara Djebilet, Eglab, Eglab, Dorsale Reguibat, Sud-ouest algérien), *Bulletin du Service Géologique National, Vol.19,n°3*, pp. 245-265.
- Tatsumi Y. Nakashima T. et Tamura Y. (2002).** The Petrology and Geochemistry of Cal-Alkaline Andesites on Shobo-Shima Island, SW Japan, *Journal of Petrology vol.43, n°1*, pp. 3-19
- Tatsumi Y. Shukuno H., Sato K., Shibata T. et Yoshikawa M. (2003).** The Petrology and Geochemistry of High-Magnesium Andesites at the Western Tip of the Setouchi Volcanic Belt, SW Japan, *Journal of Petrology vol.44, n°9*, pp.1561-1578
- Tegner C., Grant Cawthorn R. et Johan F. (2006).** Cyclicity in the Main and Upper Zones of the Bushveld Complex, South Africa: Crystallization from a Zoned Magma Sheet, *Journal of Petrology*, vol.47, n°11, pp. 2257-2279.
- Ngaoundere (Amadaoua, ligne du Cameroun):** Chronologie K-Ar et Pétrologie, *African Journal of Science and Technology*, vol. 5, n° 2, pp. 113-123
- Toothill J., Williams C.A., MacDonald R., Turner S.P., Rogers N.W., Hawkesworth C.J., Jerram D.A., Ottley C.J. et Tindle A.G. (2007),** A Complex Petrogenesis for an Arc Magmatic Suite, St Kitts, Lesser Antilles, *Journal of Petrology*, vol.48, n°1,pp.3-42
- Trompette R. (1973).** Le Précambrien supérieur et le Paléozoïque inférieur de l'Adrar de Mauritanie (bordure occidentale du bassin de Taoudeni, Afrique de l'Ouest). Thèse Univ. Saint Jérôme, 211p.
- Torsvik, Trond H. et Hartz . (2001).** Precambrian Research 108: 319.
- Torsvik, Trond H. (2003).** The Rodinia jigsaw puzzle. *Science* 300: 1379-1381.

**Trumbull R.B., Bühn B., Romer R.L., et Volker F., (2003).** *The petrology of Basanite-Tephrite Intrusions in the Erongo Complex and Implication for a Plume Origin of Cretaceous Alkaline Complexes in Namibia*, *Journal of Petrology*, vol.44, n°1 p.93-111

**Trumbull, R.B. Harris, C. Frindt, S. Wigand, M. (2004).** Oxygen and Neodymium isotope evidence for source diversity in Cretaceous anorogenic granites from Namibia and implications for A-type granite genesis, *Lithos*, 73 ,pp.21– 40

**Vachette M., Rocci G., Sougy J., Caron J., Marchand J., Simon B. et Tempier P. (1973).** *Ages radiométriques Rb/Sr, de 2000 à 1700 M.a., des séries métamorphiques et des granites intrusifs précambriens dans la partie N et NE de la dorsale Réguibat (Mauritanie septentrionale)*. VIIe Colloque de Géol. Afric, Florence, Avril 1973.

**Vander J., Auwera J., Bogaerts M., Liegeois J.P., Demaiffe D., Wilmart E., Bolle E. et Duchesne J.C. (2003).** *Derivation of the 1.0 - 0.9 Ga ferro-potassic A-type granitoids of southern Norway by extreme differentiation from basic magmas*. *Prec. Res.*, 124, 107-148

**Vergely P. et Zadeh-kabir H. (1988).** Etude par photo-interprétation comparée de la région de Largentière Les Vans (Languedoc septentrional, France) : utilisation des photographies aériennes, des images par satellites et des images radar, *Bull. Soc. Géol. France*, (8), t. IV, n° 2, pp. 303-314

**Vidal P. (1994),** *Géochimie, coll. Geosciences, Dunod, p. 187*

**Viruete J. Escuder, Díaz de Neira AHernáiz Huerta., P.P. Monthel J., Senz J. García, Joubert M., Lopera E., Ullrich T., Friedman R., Mortensen J. et Pérez-Estaún A. (2006).** Magmatic relationships and ages of Caribbean Island arc tholeiites, boninites and related felsic rocks, Dominican Republic, *Lithos* 90, pp. 161–186

**Wayne T. Jolly a, Johannes H. Schellekens, Alan P. Dickin (2007).** High-Mg andesites and related lavas from southwest Puerto Rico (Greater Antilles Island Arc): Petrogenetic links with emplacement of the Late Cretaceous Caribbean mantle plume, *Lithos* 98 pp.1-26

**Weil A.B., Van Der Voo R. Mac Niocaill C.M. Meert J.G. (1998)** The proterozoic supercontinent Rodenia: paleomagnetically derived reconstructions from 1100 to 800 Ma, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 154 13-24

**Whitaker M.L., Nekvasil H., Lindsley D.H. et Difrancesco J. (2007).** The Role of Pressure in Producing Compositional Diversity in Intraplate Basaltic Magmas, *Journal of Petrology* vol.48, n°2, pp.365-393

**White C. G. (2007).** The Graveyard Point Intrusion: an Example of Extreme Differentiation of Snake River Plain Basalt in Shallow Crustal Pluton, *Journal of Petrology*, vol.48, n°2, pp.303-325

**White J.C., Benker S. C., Minghua Ren, Urbanczyk K.M. et Corrick D.W. (2006).** Petrogenesis and tectonic setting of the peralkaline Pine Canyon caldera, Trans-Pecos Texas, USA, *Lithos* 91, pp. 74–94

**Wigand M., Schmitt A.K., Trumbull R.B., Igor M. Villa I.M., Emmermann R (2003).** Short-lived magmatic activity in an anorogenic subvolcanic complex:  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  and ion microprobe  $\text{U}^{238}/\text{Pb}$  zircon dating of the Erongo, Damaraland, Namibia, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 2715, p.1-21

**Wilson A. et Chunnett G. (2006),** Trace element and Platinum Group Element Distributions and the Genesis of the Merensky Reef, Western Bushveld Complex, South Africa, *Journal of Petrology*, vol.47, n°12 pp. 2369-2403

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