



N° d'ordre :

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'Oran2 Mohamed Ben Ahmed

**Faculté des Sciences de la Terre et de l'univers, de Géographie et d'Aménagement du
Territoire**

Département des sciences de la terre

Mémoire

Présenter pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences de la Terre

Option : Géodynamique de la Lithosphère

**Les Plutonites Basiques de la Structure Annulaire d'Anna (Sondage SA),
Chegga (Eglab, Dorsale Réguibat SW Algérien)**

Par :

LUMBELA DÁLIA CAROLINA & KEÏTA KADIA

Soutenu le 11/07/2019 devant le jury composé de :

Pr. TABELIOUNA MOHAMMED	Professeur	Université d'Oran2	Président
Pr. SEDDIKI ABDELMADJID	Professeur	Université d'Oran2	Examineur
Mme ALLAMI FATIMA ZOHRA	M.A.A	Université d'Oran2	Encadreur

Remerciements

Après avoir effectué ce travail de recherche de près de 6 mois, nous remercions d'abord le bon Dieu, qui par sa grâce nous a donné le courage et la volonté pour réaliser ce travail.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leurs aides et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Nous tenons à remercier sincèrement madame **Bendjelloul-Allami Fatima Zohra** en tant que notre encadreur, qui était toujours à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qui nous a bien voulu nous consacrer et sans elle ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Nous tenons également à adresser nos remerciements au membre du jury :

Pr. Seddiki Abdelmadjid d'avoir accepté de participer à ce jury, et pour des connaissances que nous avons acquies auprès de lui.

Pr. Tabeliouna mohammed présider ce jury ainsi que pour tous ses conseils et son assistance inestimable pendant toute notre scolarité universitaire.

Dédicace

Ont dédié ce modeste travail.

A mes chers parents, Mariam Sidibé, Ciré mamadi dioubaté et en particulier mon cher père Mamadi Oulen Keïta et ma tante Hadja Fanta Keïta pour leurs sacrifices et leurs encouragements durant mes études que leurs âmes repose en paix.

A mes frères et sœurs, à mes grands-pères et grandes mères, à mes cousins et cousines.

A toutes les familles : Keïta, Dioubaté

Aussi à la mémoire de mon père **Salomão José Lumbela** paix à son âme qui m'a soutenu dans mes études et je sais que tu seras fier de moi où tu sois, et à tous les défunts de ma famille.

À toute ma famille je remercie, particulièrement ma mère **Carmen Carmona Mavale** qui m'a toujours encourager que Dieu la bénisse et la garde encore plus longtemps auprès de nous et à mes précieux frères **Sélcia F. SalomãoLumbela, Narciso SalomãoLumbela e Lútécio Salomão Lumbela.**

À tous mes amis et collègues, en spécial à mes très cher amis avec qui on a passé des moments difficiles, qui m'ont toujours soutenu et m'encourager, merci pour votre patience :

Nátalia Phiri Gola et Livio Fernando Mucavele, Cissé Mohamed.

Merci

Listes des Figures

Figure 01 : Répartition actuelle des boucliers précambriens (Elmi et Babin, 1996) (Redessinée et Modifiée)	15
Figure 02 : Structure d'ensemble de l'Afrique (Liégeois et al. 2002).....	16
Figure 03 : Le Craton Ouest Africain (In Siddiki 2011).....	17
Figure 04 : Schéma géologique du craton Ouest africain : Localisation de la dorsale Réguibat,La jointure Yetti-Eglab est représentée par le carré noir, (in Peucat et al. 2005).....	18
Figure 05 : (Cadre géographique de la dorsale Réguibat). (Sabaté et Lomax, 1975).....	19
Figure 06 : Schéma géologique de la dorsale Réguibat ; Le quadrilatère montre le craton ouest africain (Benramdane, 2007).....	20
Figure 07 : La partie Orientale de le dorsale Réguibat jointure Yetti-Eglab (In Tabeliouna 2009). (Modifiée).....	21
Figure 08 : Schéma structurale des Eglab, d'après Kahoui et al. 2008.....	25
Figure 09 : La situation géographique de la structure annulaire d'Anna (Kahoui et al 2008).....	28
Figure 10 : Le Schéma géologie des faciès (A), (B), (C), par imagerie satellite LANSALT1 (1/25000e) de la partie Eglab occidentale (la structure circulaire d'Anna).....	30
Figure 11 : La Représentation Cartographique de la structure circulaire d'Anna (L'ORGM + SONAREM).....	32
Figure 12 : Log synthétique du sondage de la structure circulaire d'Anna (Tabeliouna, Inédit, modifié).....	36
Figure 13 : Diagramme : <i>Projections ternaires des minéraux modaux des structures annulaires d'Anna olivine. D'après Streckeisen (1976)</i>	50

Figure 14 : Diagramme des alcalins versus SiO₂ de Cox et al. (TAS), adapté par Wilson(1989) pour les roches plutoniques. Report de La courbe de Miyashiro (1978) séparant les domaines des roches alcalines et Subalcalines.....53.

Figure 15: Diagramme FeOt/MgO versus SiO₂ D'après Myashiro (1974).....54

Figure 16 : Diagrammes binaire (Alfred Harker, 1909) wt% oxydes versus SiO₂.....55

Figure 17 : Diagrammes binaire (Alfred Harker, 1909) wt% oxydes versus SiO₂.....56

Figure 18 :Diagrammes binaire (Alfred Harker, 1909) wt% oxydes versus SiO₂.....57

Figure 19:Diagrammes binaire (Alfred Harker, 1909) wt% oxydes versus SiO₂.....57

Figure 20 :Diagramme binaire (Alfred Harker, 1909) wt% oxydes versus SiO₂.....58

Figure 21 : Diagramme binaire (Alfred Harker, 1909) wt% oxydes versus SiO₂.....59

Liste des tableaux

Tableau 01 : 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)..... 27

Tableau 02 : Récapitulatif des compositions minéralogiques modales des faciès plutoniques de la structure annulaire d'Anna.....49.

Tableau 03 : Analyses chimiques (éléments majeurs de la structure annulaire d'Anna).....52

Listes des Photos

Photo 01 : Texture grenus à caractères d'orthocumulats des gabbros à olivines LPAX10...	37
Photo 02 : Deux générations de plagioclases dans les gabbros à olivine LPAX10.....	38
Photo 03. A : Phénocristal d'olivine xénomorphe serpentinisé le long des craquelures (gabbros à olivine) LPAX25.....	39
Photo 03. B : Olivine sub-arrondie avec franges réactionnels autour (gabbros à olivine) LPAX25.....	39
Photo 04.a : Clinopyroxène présentant une démixion et une frange réactionnelle aux contacte des plagioclases (les gabbros à olivines SA4) LPAX50.....	40.
Photo 05.a : Orthopyroxène zoné avec macle en h1 et olivine en haut à droite serpentinisés.plagioclase en haut à gauche présente un début de damouritisation (gabbro à olivine). LPAX25.....	41
Photo 06.a : Inclusions d'olivine dans un clinopyroxène (gabbros à olivine). LPAX50	42
<i>Photo 6.B: Inclusions d'olivine et de clinopyroxène dans un plagioclase (gabbros à olivine) LPAX50.....</i>	<i>42</i>
Photo 06.e : texture grenue porphyroïde à tendance cumulatif des noritesgabbroïques LPA X25.....	43
Photo 07 : Deux générations de plagioclases dans les <i>norites gabbroïques</i> LPA X25	44
Photo 08. b : Des cristaux de pyroxènes imbriqués dans les gabbros noritiques Les cristaux de clinopyroxènes sont zonées. LPAX25.....	44
Photo 08. a : Clinopyroxènesamphibolitisées à la périphérie dans le <i>snorites gabbroïques</i> LPA X50.....	45

Photo 08.d : <i>Texture grenue des gabbros. LPAX10.....</i>	<i>46</i>
Photo 09. : <i>Plagioclases en voie de saussuritisation dans les gabbros. LPAX50.....</i>	<i>46</i>
Photo. 10: <i>Orthopyroxène à bords corrodé, macle h1. Plagioclase en voie de saussuritisation Dans les gabbros. LPAX25.....</i>	<i>47</i>
Photo 11: <i>Section de plagioclases automorphes ; biotites chloritisées à la périphérie des pyroxènes ; dans les gabbros. LPAX25.....</i>	<i>48</i>

Table des matières

Chapitre I : Introduction et généralités.....	11
I.1.Historique des travaux réalisés dans le massif d'Eglab	11
I.2.1.Le craton Ouest Africain.....	14
I.3. La Dorsale Réguibat.....	19
I.3.1. Le Cadre Géographique de la Dorsale Réguibat.....	19
I.3.2. Le Cadre Géologique.....	20
I.3.3.Le Domaine Eglab.....	22
I.3.4.Aperçu géographique et géologique du Secteur d'étude.....	28
I.3.5. Le cadre géologique.....	28
I.4. L'aperçu structural du secteur d'étude.....	29
I.5.Historique des travaux dans la structure annulaire d'Anna.....	32
Chapitre II : Etude Pétrographique.....	35
II.2.1. Introduction.....	35
II.2.2.Pétrographie des roches basiques de la structure annulaire d'Anna	35
II.2.3.Description du sondage annulaire d'Anna.....	35
II.2.4.Description pétrographique des plutonites basiques de la structure d'Anna.....	36
II.2.5.Conclusion.....	49

Chapitre III : Etude géochimique

III.1.Introduction.....	52
III.2.Géochies des éléments majeurs.....	53
III.2.1.Classification et caractérisation géochimique.....	53
III.2.3.Diagrammes de variations.....	54
III.4.Conclusion.....	59

Référence bibliographique

Chapitre I : Généralités

Chapitre I : Généralités

I.1. Historique des travaux réalisés dans le massif d'Eglab :

Les recherches géologiques dans le massif des Eglab ont été entreprises par **N.Menchikoff**, **P.Lapadu Hargues** et **P.Gevin** dans le début du vingtième siècle .

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'Agueltnebkha, 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^{ème}, 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'Agueltnebkha 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^{ème} 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, Fahyet 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 ± 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'Aguelte 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 ± 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 2000Ma et 1700Ma.

Presque en même temps, **Sabaté (1972)** a précisé la structure de Yetti et en 1973 il définit la série d'Akilet Deïlel 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 Deïlel.

En 1976, **Sekkal-Azzouni** présente une étude des stocks plutoniques de la jointure Yetti-Eglab et montre qu'ils sont d'affinité calco-alkaline. 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 1925Ma.

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

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**, met en évidence les principaux traits structuraux du domaine Yetti-Eglab. Il a démontré l'inexistence d'un chevauchement entre les séries d'AkiletDeïlel et de Yetti en se basant sur l'absence de klippes de charriages

En 1994, **Lefort et al.** proposent une modélisation magnétique du subméridien 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 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**, **Peucatet 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**, **Kahouiet al** mettent en évidence la présence possible de sources primaires de diamant dans la zone de jointure Yetti-Eglab.

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

En **2011** **Seddiki** a réalisé une étude pétrologique et géologique du cortège de roches magmatiques (terrestre et extra-terrestre) retrouvées dans les régions de Chegga et d'Aftout.

En **2012** : **B.Safi et N.Dahamni** ont réalisé une étude sur la pétrographie des faciès dioritiques des deux régions septentrionale et méridionale de Bled M'Dena (Eglab, dorsale Réguibat, SW Algérien).

En **2013** **Bekhedda.F et Benasla.N** ont effectué une étude géochimique des complexes volcanites de la structure annulaire d'Anna (Eglab, dorsale Réguibat orientale, SW algérien).

En **2014**, **Mme.Lagraa** a mis en évidence une étude sur la minéralisation à Molybdène-Cuivre de type porphyre dans la région de Bled M'Dena.

En **2014** **Bekhedda.F** effectué une étude pétrographie des faciès magmatique de la structure annulaire d'Anna (Eglab, dorsale Réguibat orientale, SW algérien).

En **2015** **BENDJELLOUL-Allami** a effectué une étude pétrographique et géochimique des plutonites basiques de la structure annulaire d'Anna (Chegga), en le comparant avec celle de la structure annulaire de Bled M'Dena.

En 2015 Bouzara.I a fait une étude sur pétrographique des faciès magmatiques de la structure annulaire d'Anna (Eglab, dorsale Réguibat orientale, SW Algérien).

But du Travail :

L'objectif de notre travail est de faire une étude pétrographique des roches plutoniques basiques prélevés sur à un sondage de la structure annulaire d'Anna, et présenter une étude géochimique de ces roches, déterminer leurs affinités et de les situer dans leurs contextes géodynamiques.

I.2.Introduction :

Le craton Ouest Africain constitue un des boucliers précambriens repartis dans le monde, ces derniers sont associés aux plates formes précambriennes et sont divisés en deux ensembles (**Fig.01**) :

Un ensemble septentrional : Il est regroupé dans l'hémisphère nord et comporte d'Ouest en Est : Le bouclier Canadien et la plate-forme Nord-Américaine ; Le Groënlandais ; Le bouclier des Hébrides ou Lewisien ; Le bouclier Baltique ou Scandinave et la plate-forme Russe au nord de l'Europe ; Le bouclier Sibérien et les plates-formes Mongoles et Chinoises.

Un ensemble méridional : Il est regroupé dans l'hémisphère Sud et comprend d'Ouest en Est Le bouclier brésilien et le bouclier Guyanais, ces derniers sont entourés par de vastes plates-formes ; Les boucliers africains parmi lesquelles se trouve le craton Ouest Africain que nous venons de citer en haut et que nous aborderons plus tard avec un peu plus de détail vu que la région de notre étude en fait partie. Ces boucliers se prolongent jusqu'en Madagascar et en Arabie ; Le bouclier Australien et sa plate-forme ; Le bouclier et la plate-forme Antarctique. (**In Kared et Haddad, 2014**)



Fig. 01. Répartition actuelle des boucliers précambriens (Elmi et Babin, 1996)

Les Principaux Événements d'histoire de l'Afrique :

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

L'orogénèse Ouzzalienne, d'âge Archéen (vers 3 Ga) a affecté une région qui s'étend du Tanezrouft oriental à l'Adrar des Iforas, donnant des complexes à faciès granulitique avec la présence de gneiss (**in Tabeliouna, 2009**).

Vers 2Ga, **l'orogénèse éburnéen neou ivoirienne** prend le relais avec l'édification d'une chaîne de montagne inexistante actuellement et qui s'étend du Nord au Sud à travers l'Afrique occidentale, laissant comme seule preuve de son existence des alignements Nord-Sud et la trace de grands chevauchements où se sont installées des intrusions granitiques.

L'orogénèse kibarienne (vers 1Ga) affecte la partie centrale du continent (Congo, Burundi) et aussi l'Afrique du Sud (**in Tabeliouna, 2009**).

L'orogénèse panafricaine (vers 650-550 Ma) a affecté une bande de terrain qui est située à l'articulation entre les cratons Ouest africain et l'Est saharien (**in Tabeliouna, 2009**).

Orogénèse hercynienne (350 Ma), et alpine (200 Ma), (**in Kared, 2014**)

Ainsi l'histoire géologique du continent africain (**fig2**) peut être résumée en trois ères (**Choubert et Faure-Muret, 1968**).

- **Ère de la Cratonisation** : au cours de l'Archéen, se constituent des cratons isolés et il en résulte un mono-méga-craton au précambrien ancien (PC).
- **Ère des Chaînes intracontinentales et des grands rajeunissements** : au cours de cette période les sillons et les fosses se forment à la surface de ce mono-méga-craton.
- **Ère des Couvertures de plate-forme et des grandes fractures (Rifts)** : les couvertures tabulaires de plate-forme s'étaleront à travers tout le continent Africain, c'est aussi l'ère des grands casseurs continentaux (compression et

distension) et de volcanisme intense.

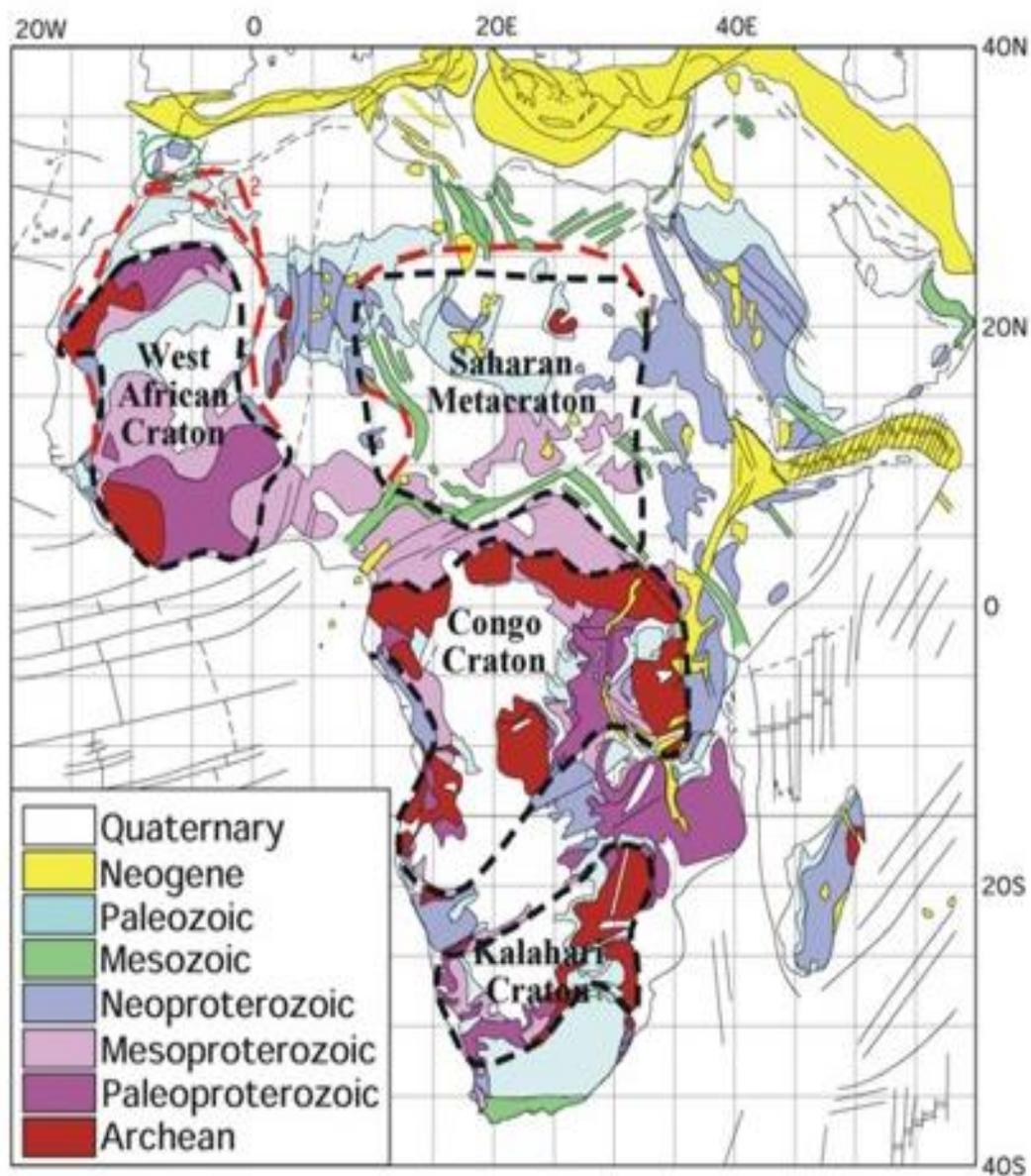


Fig.02 : Structure d'ensemble de l'Afrique (Liégeois *et al.* 2002).

I.2.1. Le craton Ouest Africain :

Le Craton Ouest Africain (C.O.A) se situe dans la partie occidentale de l'Afrique (Fig.3). Il est formé par un socle précambrien, affecté par l'orogénèse éburnéenne (185 ± 250 Ma). Il est limité au Nord par l'Anti Atlas marocain, à l'Est par la zone mobile d'Afrique centrale, tandis qu'à l'Ouest, il est bordé par la zone mobile de l'Afrique de l'Ouest (Bessoles, 1977).

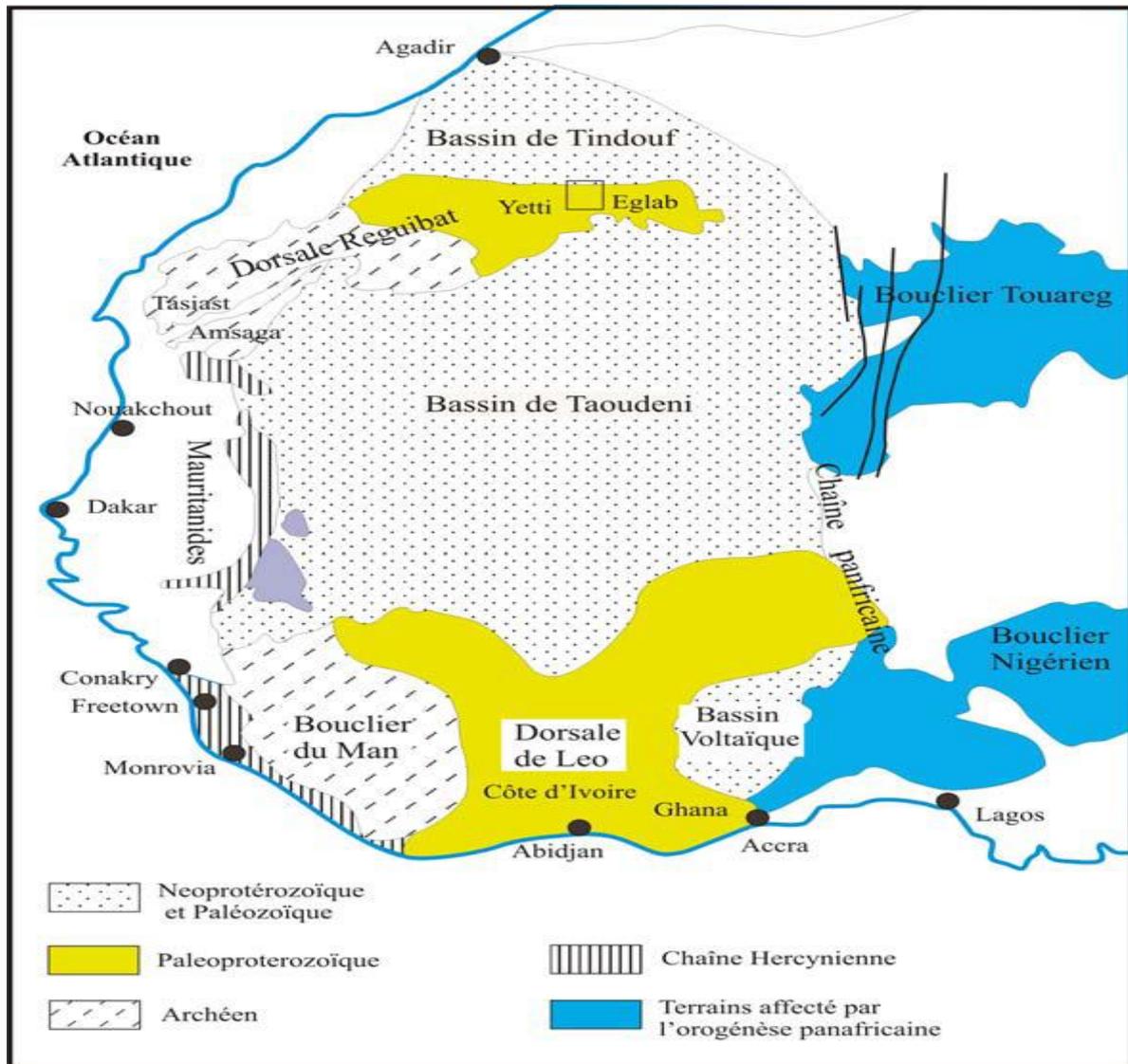


Fig.03 : Schéma géologique du craton Ouest africain :

Localisation de la dorsale Réguibat

La jointure Yetti-Eglab est représentée par le carré noir

, (inPeucat et al. 2005).

Le craton Ouest Africain est recouvert sur une grande surface par des formations sédimentaires, d'âge Protérozoïque supérieur et Paléozoïque. Elles sont représentées par le bassin de Tindouf au Nord, le bassin de Taoudéni au centre et celui de voltaïen au Sud (**Bessoles, 1977**).

Les zones d'affleurement du craton ouest africain (Fig3) sont subdivisées en deux parties : La partie Nord, est dénommée la Dorsale Réguibat, alors que la partie Sud a reçu le nom de dorsale de Man. Entre les deux apparaissent à travers les formations sédimentaires, deux fenêtres qui s'appellent : fenêtre de Kayes et fenêtre de kénieba.

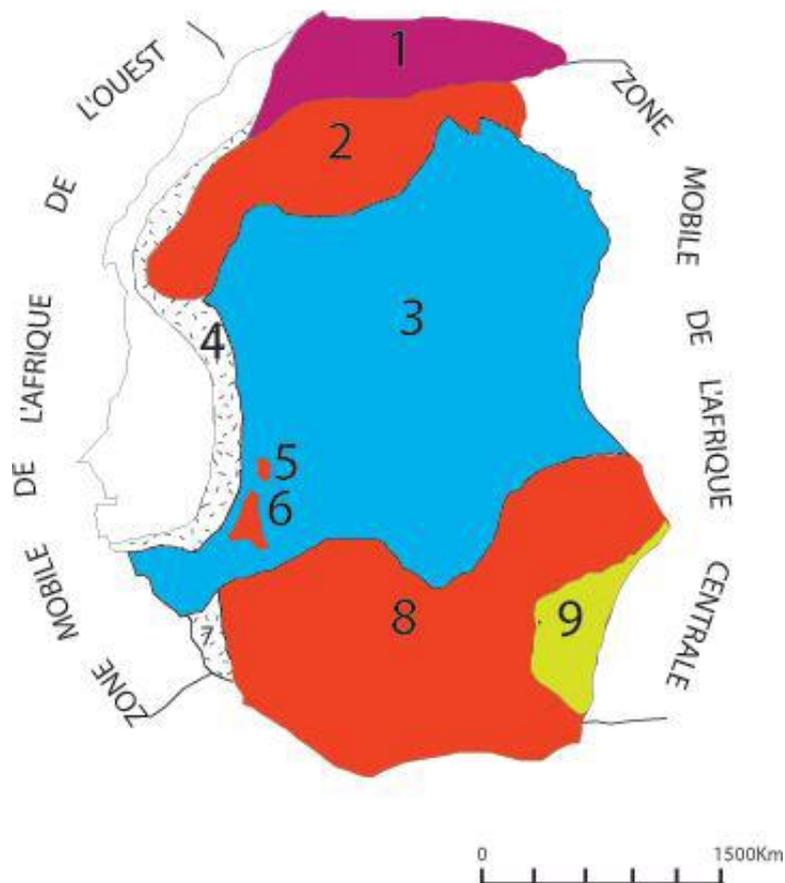


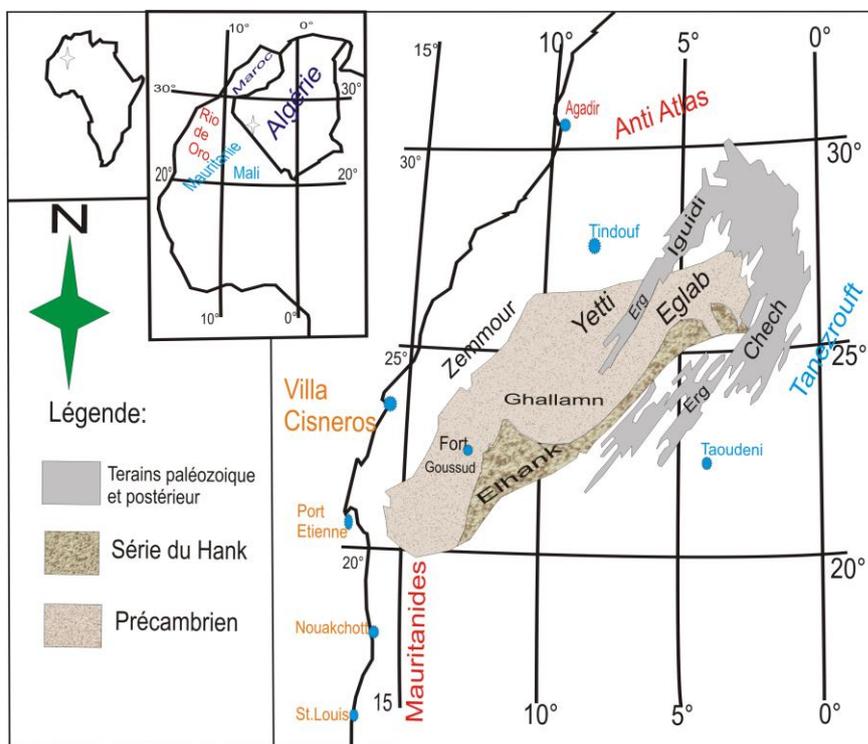
Fig.03 :Le Craton Ouest Africain (In Siddiki 2011).

- 1 : Bassin de Tindouf ; 2 : Dorsale Réguibat ; 3 : Bassin de Taoudéni ;
 4 : Mauritanides ; 5 : Kayes ; 6 :Kéniéba ; 7 : Rokélides ; 8 : Dorsale de Man ;
 9 : Bassin voltaïen.**

I.3. La Dorsale Réguibat.

I.3.1. Cadre Géographique de la dorsal Réguibat :

La dorsale de Réguibat est située dans la partie nord du craton Ouest Africain. Elle occupe une grande surface du Sud-ouest de l'Algérie et de la Mauritanie, est disposée selon un axe étiré sur plus de 1500 Km de longueur, de direction sud-ouest-nord-est en Mauritanie et est-ouest en Algérie, elle est large de 300 à 400 Km, entre les méridiens 3°, 16° ouest et pour 20°, 27° latitude de nord, est situé au nord par le bassin paléozoïque de Tindouf, au sud par le bassin de Taoudéni à l'est par Erg Chech et par la chaîne hercynienne des Mauritanides à



l'ouest (Fig.05). (in Bekhedda, 2014).

Fig.05 (Cadre géographique de la dorsale Réguibat). (Sabaté et Lomax, 1975)

I.3.2. Le Cadre Géologique :

La dorsale Réguibat, connue aussi sous le nom de « Pays cristallin Réguibat » (Menchikoff, 1949), désigne les ensembles cristallins et cristallophylliens qui forment une antéclise entre les synécclises de Taoudenni et de Tindouf.

La dorsale Réguibat constitue une boutonnière de socle orientée ENE-WSW, cernée par les Terrains sédimentaires du bassin de Tindouf au Nord et du bassin de Taoudenni au Sud.

En 1977, Bessoles a subdivisé la dorsale Réguibat en trois parties, se présentant de l'Ouest vers l'Est comme suit:

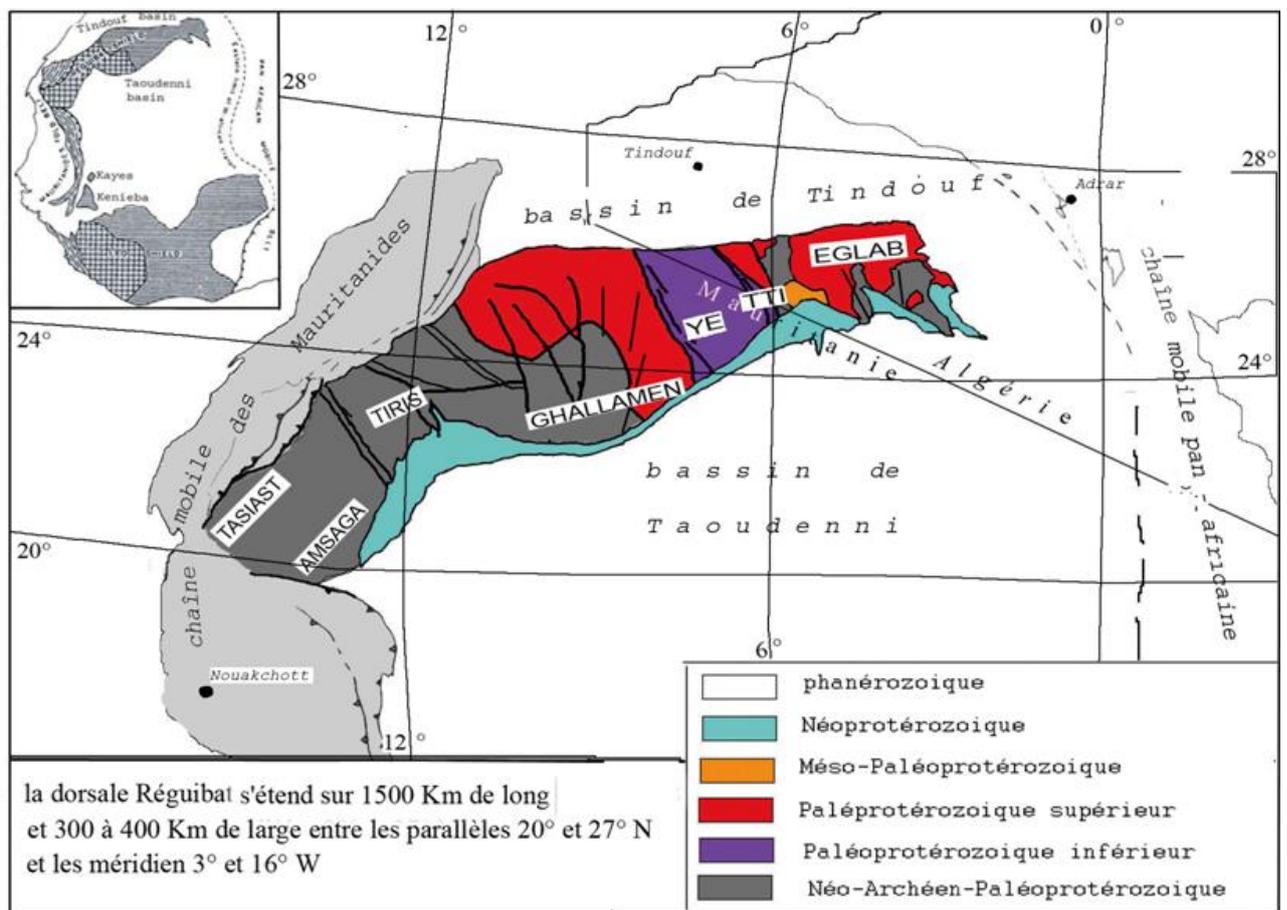


Fig.06 Schéma géologique de la dorsal de Réguibat ;Le quadrilatère montre le craton ouest africain (in Benramdane, 2007).

➤ **La partie Occidentale :**

Sa grande portion affleure en Mauritanie, cette région regroupe les dépôts suivantes : Le Tasiast, le Tijirit, l'Amsaga, le Tiris et le Rio de oro, qu'ils regroupent des ensembles des faciès très anciens d'âge précambrien archéens.

➤ **La partie Centrale :**

Cette partie est constitué par des faciès métamorphiques (gneiss à biotite) et des faciès magmatiques (les amphibolites, quartzites) qu'ils sont regroupés dans la série de Ghallaman qu'elle lui-même recoupé par deux phases orogéniques l'un métamorphisme régional et plissement majeur.

➤ **La partie Orientale :**

C'est une zone dans la plus grande partie se situe en territoire algérien, étudiée par **Gevin (1951-1958)**.

La majorité de cette zone se trouve en territoire algérien. Elle se partage en deux domaines d'importance inégale et différenciée morphologiquement d'âge Paléo Protérozoïque, l'un à l'Ouest représenter par le Yetti correspondant à un reg granitique et l'autre affleure à l'Est désigner le domaine d'Eglab, formé essentiellement par des massifs rhyolitiques. Ces deux domaines sont séparés par une zone de fracture orientée SSE-NNW correspond à la jointure **Yetti-Eglab (Sabaté, 1973)**.

Cette partie orientale comprend plusieurs séries lithologiques.

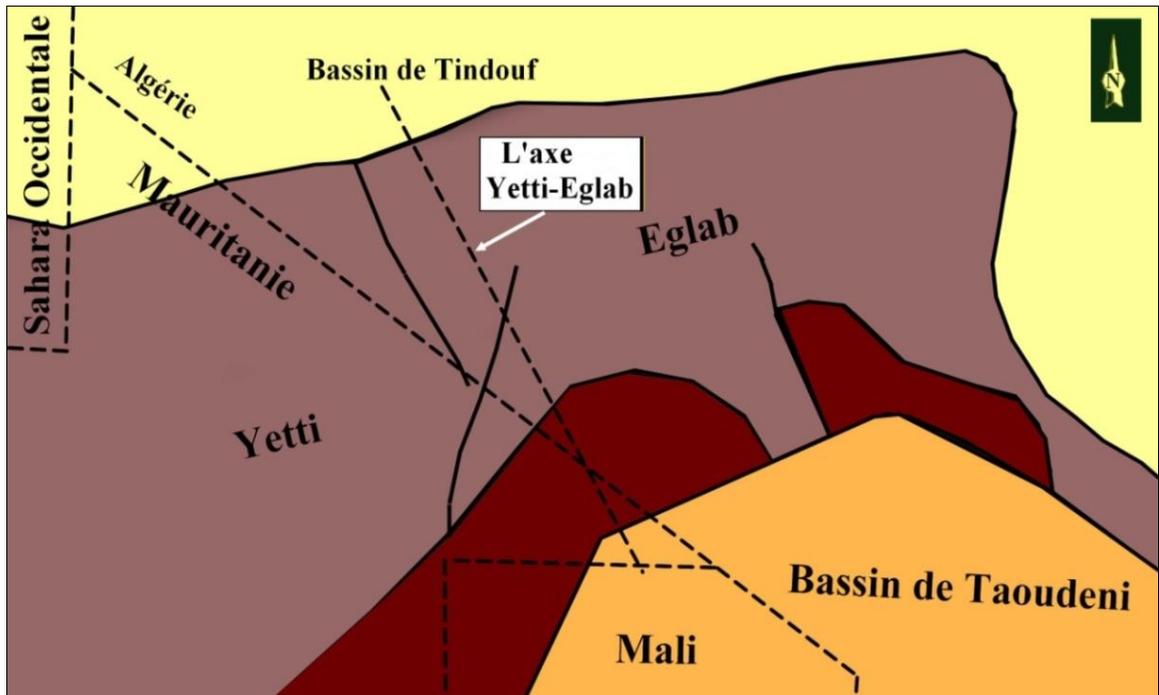


Fig. 07 : La partie Orientale de le dorsale Réguibat jointure Yetti-Eglab

(In Tabeliouna 2009). (Modifiée)

I.3.3. Le Domaine Eglab :

Le massif des Eglab se situe dans la partie orientale de la dorsale Réguibat (le Sud-ouest Algérien), il se trouve entre les méridiens 2°30'W et 6°30'W, ces limites géographiques au Nord et au Sud sont respectivement les bassins de Tindouf et Taoudenni, à l'Est Erg Chech, et à l'Ouest Erg Iguidi, (**Fig.07**). Ce dernier montre une évolution éburnéenne spécifique où deux étapes orogéniques importantes ont été identifiées. La première correspond à une activité magmatique entre 2,21-2,18GA et la deuxième à 2,09 GA responsable de la jointure Yetti Eglab (**Peucat et al. 2005**). Deux domaines naturels constituent ce massif :

- **Yetti**, situé à l'Ouest du méridien 6° W, elle est dépourvue de relief et caractérisée par la présence des étendues noirâtres et par de vastes pénéplaines blanchâtres appelés « Reg »; cette absence de relief est à l'origine du nom Yetti (de l'arabe « yttih » signifiant se perdre).

- **Eglab** à l'Est du méridien 6° W, c'est le pays Eglab au sens stricte où la présence des collines volcaniques et pitons appelés « Guelb », confèrent à cette région le nom des « Eglab », cette région est caractérisé aussi par la prédominance des Regs granitiques de couleur rouge à rose (**in Benramdane, 2007**).
- Ce massif est constitué par des granites et autres formations volcaniques et volcano- sédimentaires du protérozoïque inférieur (Birrimien), qui surmontent un socle archéen totalement rajeuni par l'orogénèse éburnéenne (**Bessoles, 1977**).

Lithostratigraphie :

Le massif Yetti-Eglab est représenté par les formations suivantes :

1- Le substratum granito-gneissique :

Il est représenté par la série de Chegga et Erg Chech. C'est des formations cristallophylliennes recoupées par des roches basiques et granites syntectoniques de type TTG.

2- Séries "éburnéennes" sédimentaires et volcano-sédimentaires :

Elles sont représentées par la série du Yetti, la série d'AkiletDeilel et la série de l'Oued Souss qui ont été respectivement décrites par : **Gevin, (1951), Sabaté (1973), Buffière et al. (1965)**.

3- Série "tardi-éburnéenne" épicontinentale :

Celle-ci constitue une entité particulièrement bien délimitée dans le bassin d'El

Jnoun-Chindrar et elle est divisée en deux épisodes à caractères épicontinentaux (**Bessoles, 1977**) :

➤ **Le Guelb el Hadid inférieur :**

Décrite pour la première fois par **Gevin (1951)**. Elle a été divisée en deux faciès passant latéralement l'un à l'autre :

- Le faciès « Eglab-Chindrar » gréseux au début puis surmonté en discordance par un terme volcano-sédimentaire et conglomératique

- Le faciès "conglomérat principal" de roches volcanique de l'Oued Souss est un poudingue d'extension bien plus restreinte que le précédent ;

- **Le Guelb el Hadid supérieur** : discordant sur le précédent dans le bassin d'El Jnoun-Chindrar et est représenté par deux faciès : les grès arkosiques et les arkoses roses à galets. (Seddiki 2011).

4- La couverture néoprotérozoïque :

Elle est représentée par la série de Hank, et repose en discordance sur les ensembles cités au-dessus amorçant le bassin de Taoudenni. Les dépôts sédimentaires sont de nature argilo-gréseuse à carbonatée.

5- Ceinture Paléozoïque :

La ceinture du massif précambrien s'étale de l'Eo-Cambrien jusqu'au Carbonifère

(Benramdane, 2007). A sa base elle comporte des niveaux glaciaires rattachés aux tillites reconnues dans le Nord du Sahara. Cette couverture a été structurée en deux larges dissymétriques qui sont le synclinal de Tindouf et de Taoudenni.

6-Dépôts Pliocènes et Quaternaires :

Les dépôts pliocènes sont sous forme de Hamada tandis que les dépôts quaternaires regroupent des alluvions, limons et argiles, des dépôts de piémont, des dépôts

De Sebkhata, des regs et Ergs. (In Seddiki,2011).

Le magmatisme :

Le magmatisme de la partie orientale de la dorsale Réguibat est dominé par les roches acides et intermédiaires comparées aux roches basiques et ultrabasiques peu présentes.

Il est daté entre l'intervalle 2250-2050 Ma où plusieurs épisodes magmatiques se sont manifestés sur les deux domaines Yetti et Eglab avant et après leur collage vers 2,09 Ga .Le domaine du Yetti est caractérisé par la présence de plusieurs variétés magmatiques qui sont

essentiellement des granites blancs à roses au sein desquels affleurent des gabbros, des diorites et des syénites alcalines en pointements isolés (**Benramdane, 2007**).

Le volcanisme Eglab couvre près du quart de la superficie de cette région, il s'agit d'une association volcanique essentiellement rhyolitiques qui pourrait être liée au plutonisme 'Aftout ', dont elle en serait l'ultime manifestation (**Peucat et al 2005**) ; Il est représenté par de larges batholites de granitoïdes et roches basiques associées ainsi que par des volcanites en pitons.

Les roches volcaniques sont présentes soit en intercalations ou en appareils formant l'essentiel du relief Eglab.

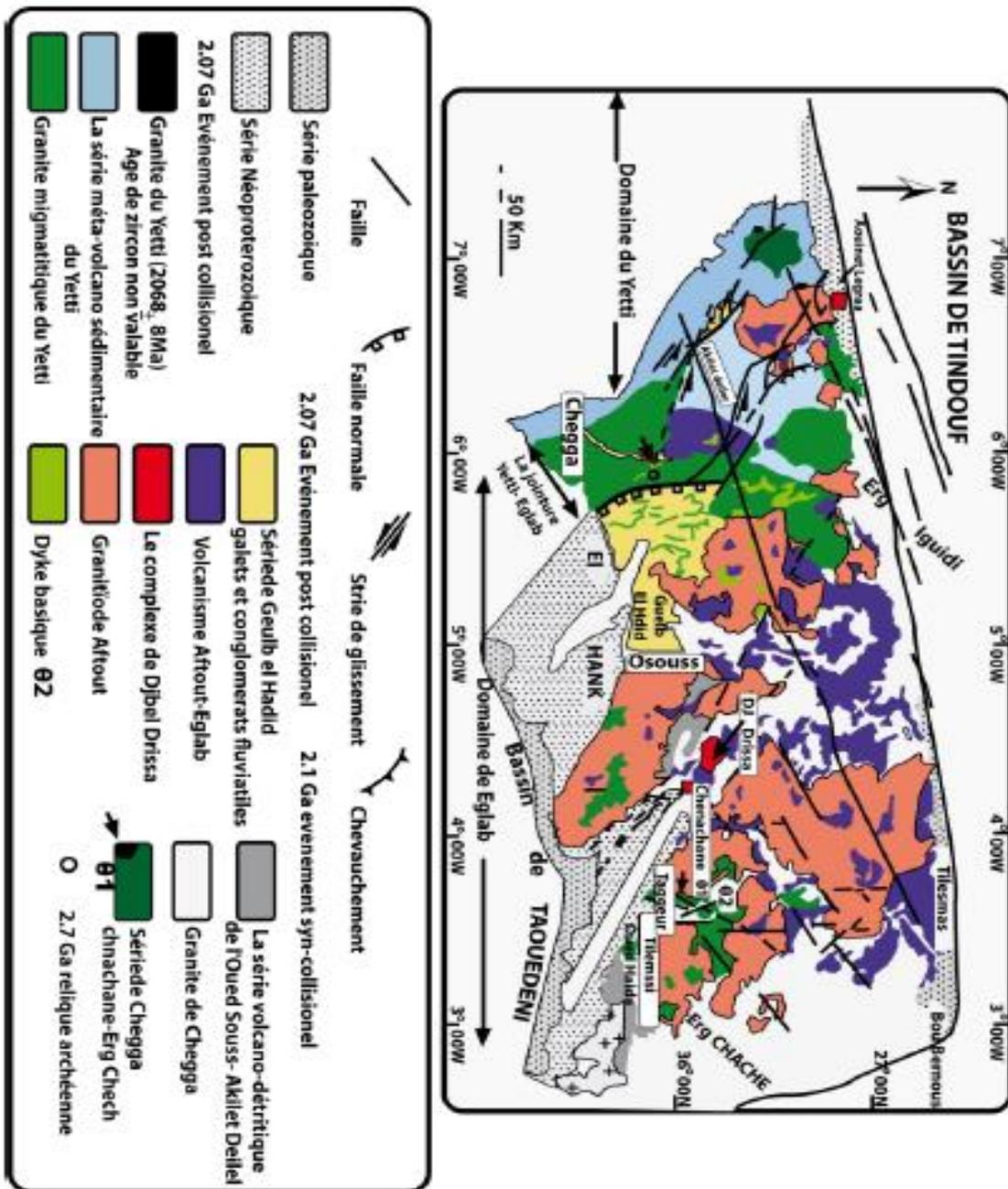


Fig.08 Schéma structurale des Eglab, d'après Kahoui et al. 2008.

Les données géologiques du domaine Eglab :

Cette région représente une partie de l'extrémité orientale de la dorsale, par plusieurs séries géologiques différentes

- **La série de Yetti :** C'est un ensemble volcano- sédimentaire , formé essentiellement de quartzites, de rhyolites et d'autres produits éruptifs d'intensité .elle a subi deux phases de plissement et affecté par des accidents cassants et un serrage dû à la mise en place de plutons granitique (**Sabaté, 1972**).
- **La série d'Akilet Deilel :** Elle est affleure dans la partie occidentale du domaine des Eglab. C'est une formation détritique et volcano-détritique. Elle a été affectée par une phase tectonique tangentielle responsable de son charriage vers l'ouest. Elle est aussi affectée par un métamorphisme régional masqué par un métamorphisme de contact induit par les granites d'Aftout (**Sabaté et Lameryre, 1973**)
- **La série de l'Oued Souss :** Elle est formée de deux complexes toutes à fait différents, l'un détritique, et l'autre volcanique. Elle est découpée par des accidents coulissants en bandes allongés, et le contact discordant entre cette série et son socle métamorphique de la série de Chegga (**Sabaté, 1978**).
- **La série de Chegga et son Granite** La série et le granite de Chegga décrite pour la première fois par (Gevin. P. 1951), elle est englobée de faciès métamorphiques et magmatique, constituent le substratum des séries du Yetti et d'AkiletDeilelprès de la jointure Yetti-Eglab. Les granites migmatitiques sont généralement syntectoniques de la série de Chegga. Son granite est considéré comme le plus ancien affleurement dans le massif Yetti-Eglab qui est daté de 1951= 50 Ma (**Lassere, Lameryre et Buffière, 1970**).
- **Les Granites d'Aftout:** Occupe la moitié des affleurements de l'Eglab. ils présentent une superficie d'environ 60 km², Il est formé de granite et des gabbros et diorites sous ormes des enclaves dans les granites. Le métamorphisme de contact à biotite et

andalousite et à grenat se présente dans les granites, diorites et gabbros d'Akilet Deilel et de l'Oued Souss. Ces granites qui ont subi une tectonique essentiellement cassante ont un âge de 1869 ± 50 Ma (**Lassere et al, 1970**)

La Couverture Infra tillitique :

➤ La Couverture Infra tillitique inférieure :

Comporte deux assemblages fondamentaux

-Le Volcanisme terminal d'Eglab : Il est effusif, calco-alcalin, installé sur un substratum érodé, se rencontrent indifféremment discordantes sur les granites d'Aftout et la série de l'Oued Souss (Sabaté et Lomax, 1975), formé principalement par des faciès volcaniques intermédiaires à acides

-La Série de Guelb El Hadid : C'est une formation sédimentaire, repose en discordance sur toutes les formations précédentes, située entre le méridien Aouinet Legraâ et celui de Chenachane.

Cette série est subdivisée par Buffière et al, 1965 en deux épisodes, le premier formé par un ensemble gréseux, un complexe volcano-sédimentaire remaniant des roches volcaniques de la série de l'Oued Souss et le deuxième discordant sur le précédent représenté par deux faciès comprend des grès roses conglomératiques à la base et des grès grossiers feldspathiques.

➤ La Couverture Infra tillitique supérieure :

Comporte une série gréseuse à la base, et une série calcaire à stromatolithes au sommet (**Buffière et al. 1965**). Elle est discordante sur la série du GuelbElHadid. Elle est à son tour surmontée par les formations postérieures de la Tilliti et du paléozoïque du bassin de Taoudéni et de Tindouf (**Gevin, 1973**).

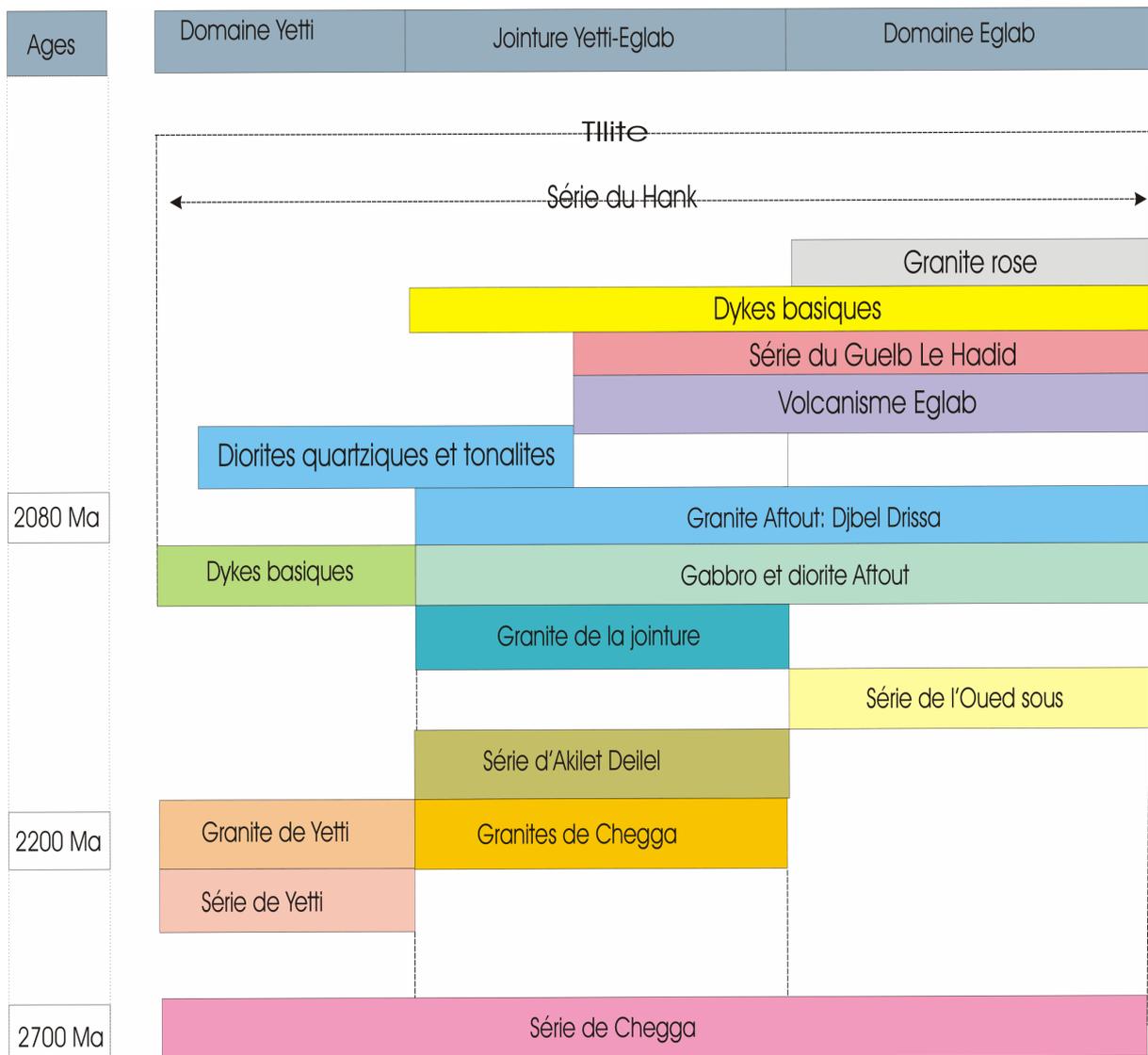


Tableau 01 : Âge et stratigraphie des formations de la région Yetti-Eglab (Sabaté et Lomax, 1975) modifié à partir de l'âge (In Peucat et al. 2005).

I.3.4. Aperçu géographique et géologique de secteur d'étude

I.3.5. Le cadre géographique

La structure annulaire d'Anna, est située dans la partie occidentale du domaine d'Eglab, est comprise entre les méridiens 6°4' Ouest et 25°58' latitude Nord, elle est limitée au Nord par la série d'Akilet Deilel et la structure annulaire de Bled M'Dena au Nord, et par la série de Chegga au Sud, à l'est limitée par la région Delhouat et Djnoun et la série de Chenachane et par Erg Eguidi à l'ouest.

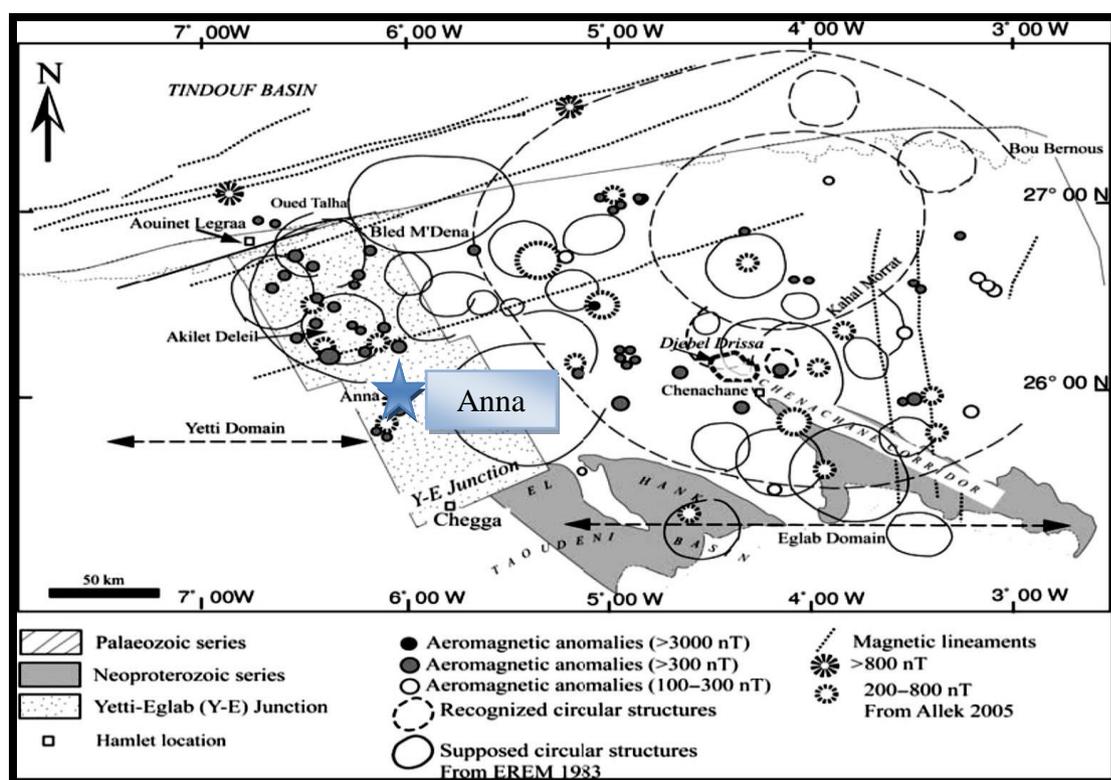


Fig.09 La situation géographique de la structure annulaire d'Anna (Kahoui et al 2008)

I.4. L'aperçu structural du secteur d'étude

La mise en place de la structure annulaire d'Anna dans un cadre géologique régionale, contrôlé par les grandes phases tectoniques distensives majeure de deux domaines : Eglab à l'ouest et Yetti à l'est, ces événements sont contrôlés par la mise en place de cœur magmatique modèle telle que cette structure qui est recoupée par deux phases structurales :

-Les Fractures : ce sont des accidents majeurs de direction NNW-SSE durant l'orogénèse la fin de Libérienne, et le début de l'orogénèse Eburienne, s'étendent depuis la série de Chegga au sud jusqu'au bassin de Tindouf au Nord.

-Les Dykes : On considère que la structure annulaire d'Anna englobe différents gisements métallifères riches par des minéraux accessoires tels que pyropes (grenat très magnésien) et spinelles et les oxydes de fer dit : Les Ilménites.

Généralement ont conclu que la mise en place de cette structure annulaire d'Anna est contrôlée par des déformations cassantes à des orientations plus ou moins différentes, dépend de la direction de la phase distensive majeure qui affecte cette région.

I.5. Cadre géologique de la structure annulaire 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. 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,

Ensemble est le résultat de la convergence obliques entre le domaine Yetti et le domaine Eglab (**In Kahoui et al.2008**). (**Fig.10**)

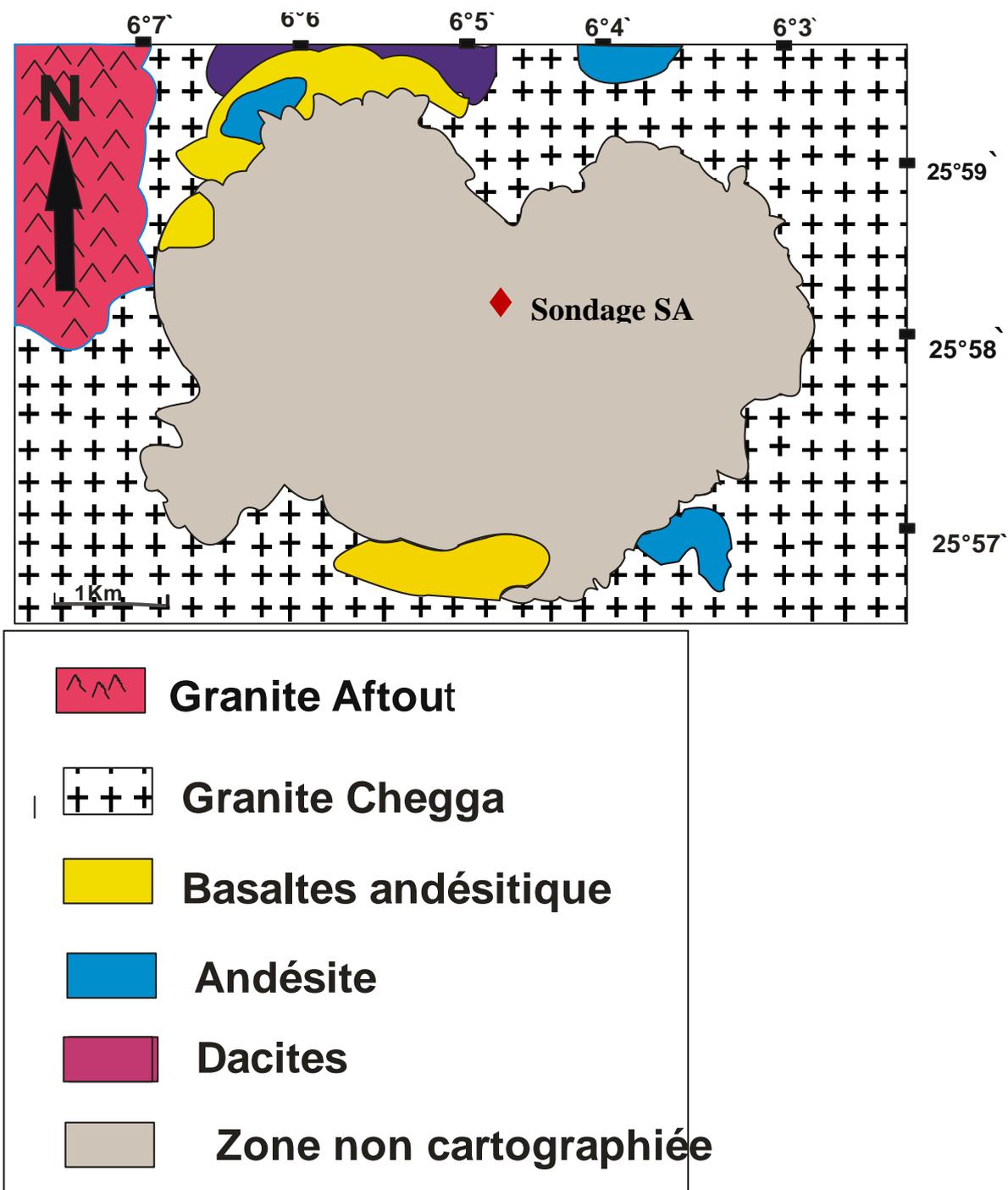


Fig.10 : La Représentation Cartographique de la structure circulaire d'Anna

Chapitre II : Pétrographie

II.2.1. Introduction :

Le but de la pétrologie est de comprendre les conditions de formation des roches. Le premier stade de cette démarche est de décrire et classer les roches, ce qui est l'objet de la pétrographie.

Dans ce chapitre, nous allons déterminer la nature des roches basiques appartenant à la structures annulaires d'Anna, Nous allons d'abord décrire brièvement le sondage effectué par L'ORGM, dont lesquelles nos échantillons furent prélevés, ensuite une description microscopique s'impose.

N.B. La partie pétrographie fut traitée dans le cadre de la thèse de magister de Mme. Allami fatima zohra en 2015 ; nous nous sommes servis des photos ainsi que des conclusions de certains résultats déjà obtenus. La partie géochimie reste une partie inédite. Et qui représente une suite des travaux que Mme. Allami entamée.

II.2.2. Pétrographie des roches basiques de la structure annulaire d'Anna :

II.2.3. Description du sondage de la structure annulaire d'Anna :

Le sondage de la structure annulaire d'Anna (Fig.12), 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 varient 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. Une étude pétrologiques et géochimiques des différentes séries magmatiques de la structure annulaire d'Anna est entamée dans le cadre de travaux d'une thèse de doctorat.

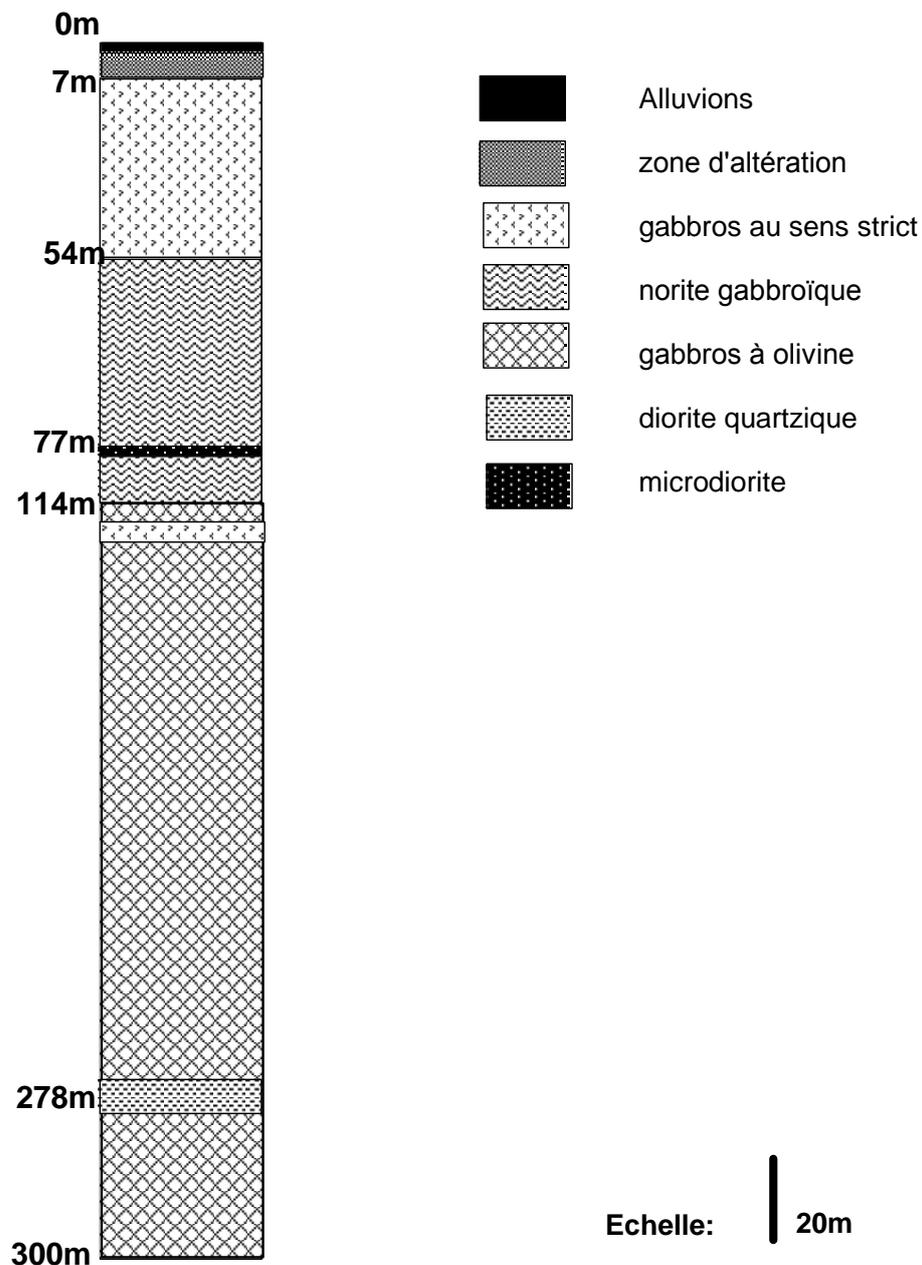


Fig.12. Log synthétique du sondage de la structure circulaire d'Anna

(in Tabeliouna, 2008)

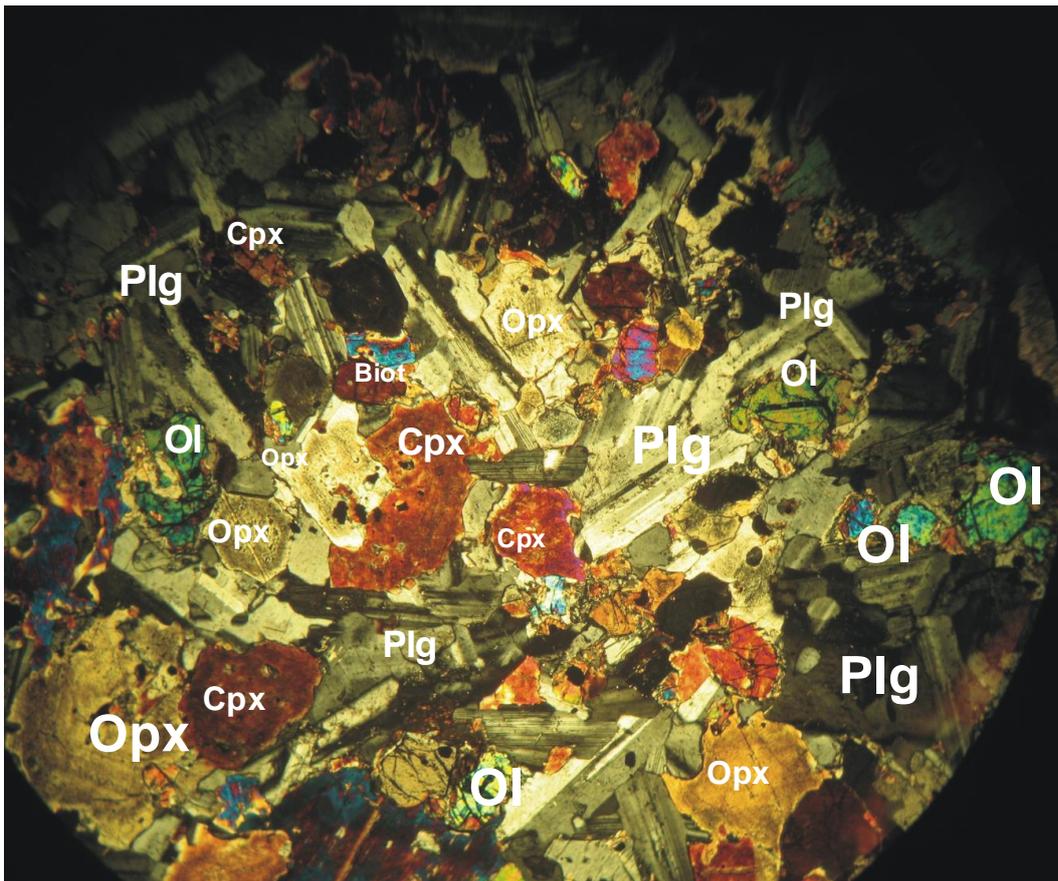
II.2.4. Description pétrographique des plutonites basiques de la structure d'Anna :

L'étude microscopique a démontré trois faciès gabbroïques qui forment 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.

A. Les Gabbros à Olivine :

Les gabbros à olivine montrent une texture grenue porphyroïde à caractère cumulatifs. De légères altérations apparaissent sur les sections minérales ou on peut reconnaître l'ouralite, la séricite et les minéraux opaques. (in Allami, 2015)

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,(in Allami, 2015)



*Photo 01 : texture grenus à caractères d'orthocumulats des gabbros à olivines LPAX10.
(in Allami, 2015)*

Liste des Abréviations :

*Plg : plagioclases ; Cpx : clinopyroxène ; Opx : Orthopyroxène ; Ol : olivine ;
Biot : Biotite :*

Les plagioclases :

La phase cumulus la plus importante est le plagioclase, il présente en moyenne 60% de la roche. Les cristaux présentent une taille qui varie entre 0.5 et 2 mm. Ils sont limpides quelquefois une très légère séricitisation apparaît. Une deuxième génération de plagioclases peut être décelée par son habitus interstitiels, sa forme subautomorphe. Ils sont souvent de taille inférieure à celle de la première génération. (in Allami, 2015) Ils sont imbriqués les uns sur les autres, montrant des macles polysynthétiques. (photo2).

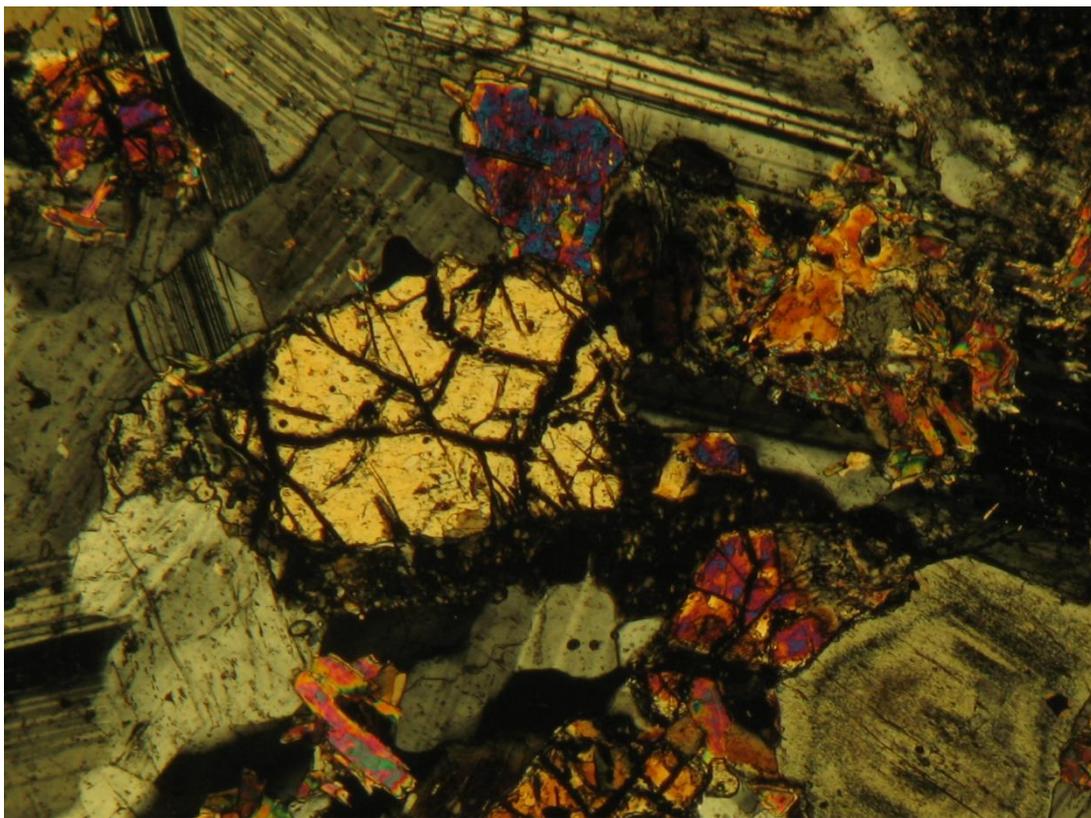


Photo02 : Deux générations de plagioclases dans les gabbros à olivine LPAX10

L'olivine :

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

On trouve aussi l'olivine en inclusion avec les pyroxènes dans les cristaux poecilites de plagioclase.

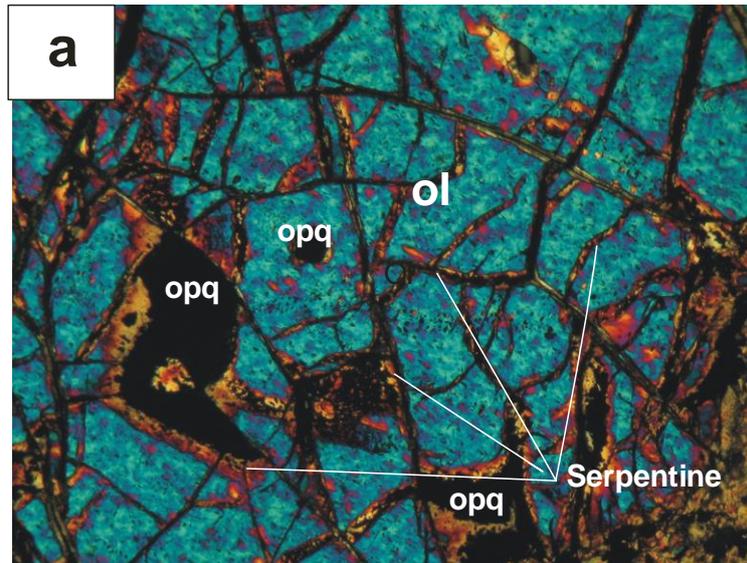


Photo 03. A : Phénocristal d'olivine xénomorphe serpentinisé le long des craquelures (gabbros à olivine) LPAX25(in Allami, 2015)

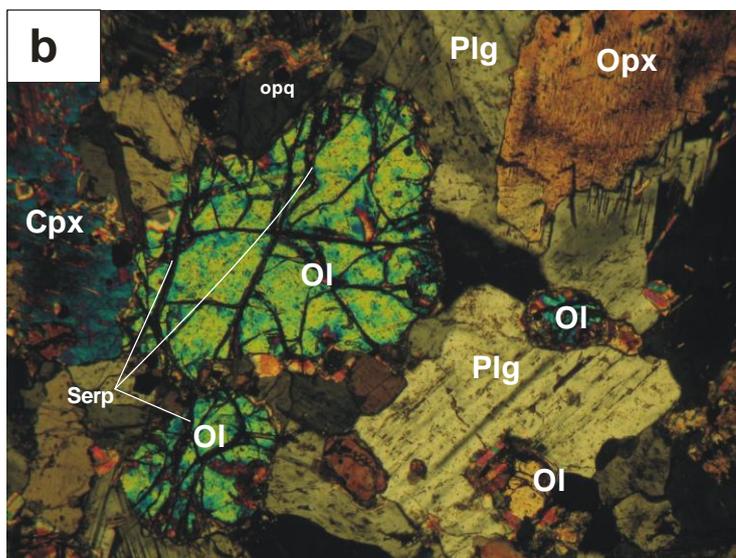


Photo 03. B : Olivine sub-arrondie avec franges réactionnels autour (gabbros à olivine) LPAX25(in Allami, 2015)

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(in Allami, 2015) (**photo4**),

Composé d'amphibole reconnaissable à ces clivages conjugués de 120°.

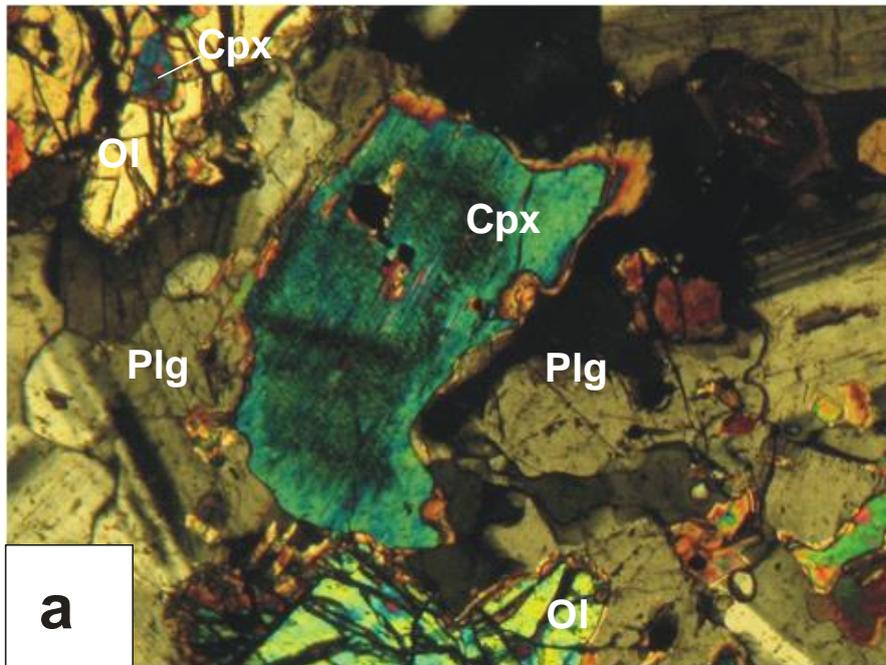


Photo 04.a : Clinopyroxène présentant une démixion et une frange réactionnelle aux contacte des plagioclases (les gabbros à olivines SA4) LPAX50.(in Allami, 2015)

Les clinopyroxènes : représentent de 10 à 15%, du volume total des pyroxènes de la lame mince. La macle en h1 est très fréquente (**photo**), il s'agit d'augite qui présente souvent une structure en lamelles, dues probablement à l'exsolution,(in Allami, 2015) 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, reconnaissable par leurs extinctions droites, biréfringence faible.

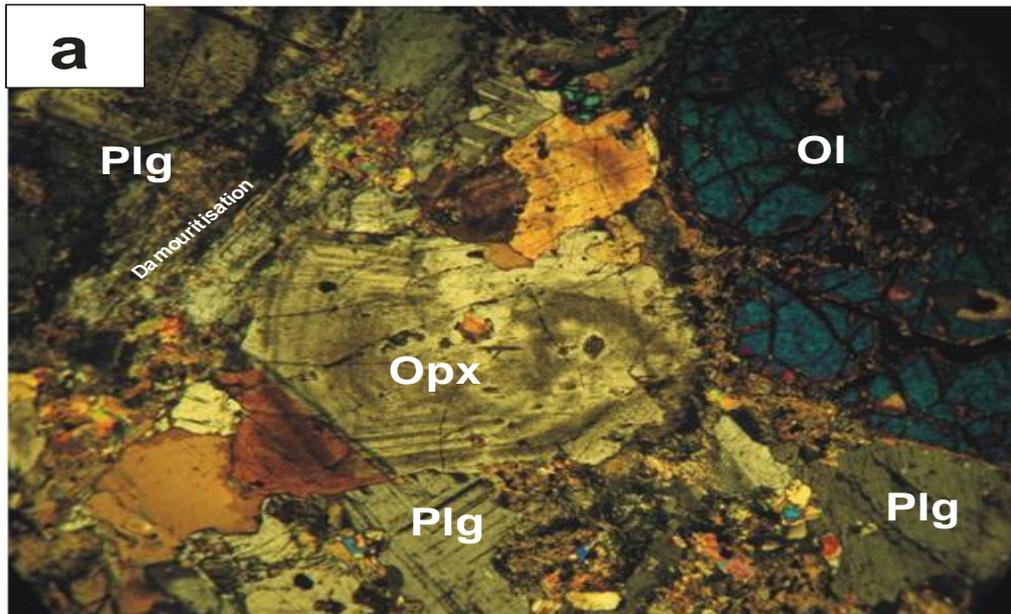


Photo 05.a :Orthopyroxène zoné avec macle en h1 et olivine en haut à droite serpentinisés.plagioclase en haut à gauche présente un début de damouritisation (gabbro à olivine). LPAX25

(in Allami, 2015)

La biotite :

La biotite est représentée par deux types ; une Biotite qui forme de larges lamelles à bords déchiquetés brun rouge très, elle s'altère pléochroïque en chlorite et exsude des minéraux opaques qui se concentrent le long des clivages (**photo**). Le deuxième type de Biotite se présente en plage xénomorphes pléochroïque souvent à la périphérie des pyroxènes, on peut même observer à l'intérieur de certaines sections de biotite des reliques de pyroxènes.(inAllami, 2015)

Les minéraux opaques :

Ils sont présents en inclusion dans les plagioclases et les olivines au niveau des craquelures.

L'ordre de cristallisation :

L'étude des textures et des relations entre les phases minérales permet de proposer l'ordre de cristallisation suivant :

- Une première étape caractérisée par la cristallisation synchrone de la première génération de minéraux opaques, de cristaux d'olivine, de mégacristaux de plagioclase

- Une seconde étape représentée par la cristallisation des pyroxènes ensuite il y'a eu formation des micas noirs et la dernière génération d'oxyde ferro-titanés.
- Au fur et à mesure que les conditions de cristallisation changent, les couronnes représentées par les amphiboles et les pyroxènes commencent à se développer suites aux échanges cationiques entre les olivines, les pyroxènes et les plagioclases ou éventuellement le bain silicaté.

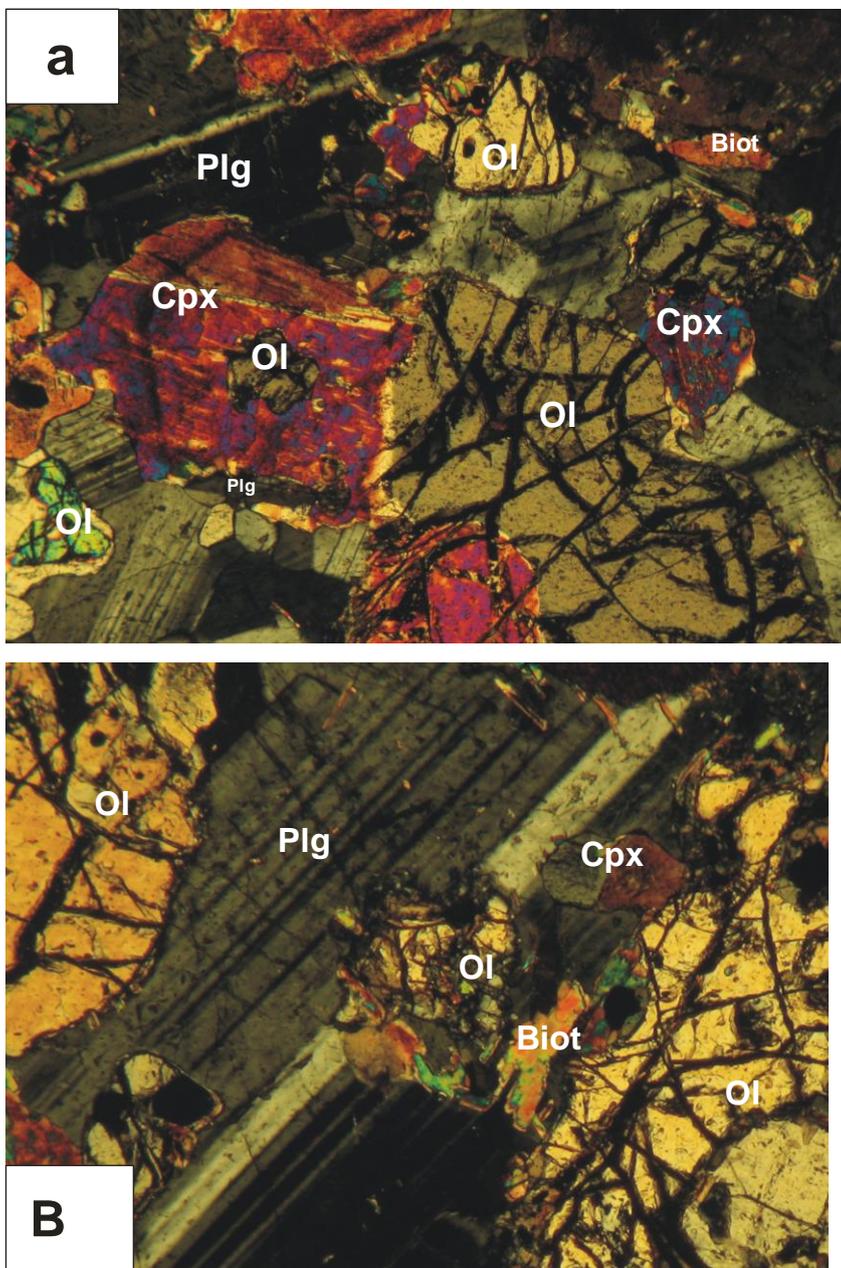


Photo 06.a : inclusions d'olivine dans un clinopyroxène (gabbros à olivine). LPAX50.
Photo 6.B: inclusions d'olivine et de clinopyroxène dans un plagioclase (gabbros à olivine) LPAX50,(in Allami, 2015)

B. NoriteGabbroïque

Appeler aussi gabbros à orthopyroxène(**photo**) ; De texture grenue porphyroïde à tendance cumulatif.

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

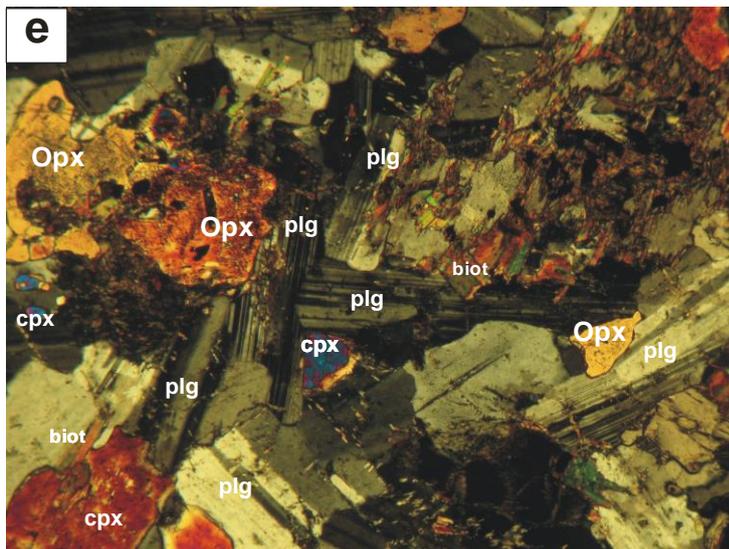


Photo 06.e: texture grenue porphyroïde à tendance cumulatif des noritesgabbroïques LPA X25,(inAllami, 2015).

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 (**photo**). (**inAllami, 2015**)

La 2ème génération interstitielle avec des cristaux de plus petites tailles subautomorphes, imbriqués les uns sur les autres (**photo**).

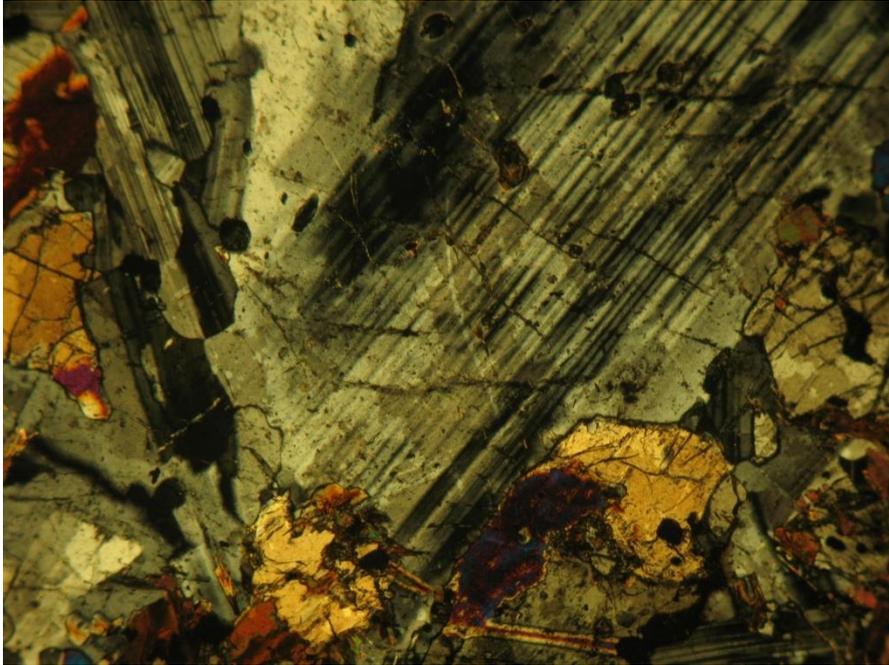


Photo 07 : Deux générations de plagioclases dans les norites gabbroïques
LPA X25.

Les pyroxènes :

Les pyroxènes sont très présent, subautomorphe, parfois poecilitique englobant des inclusions de plagioclases et d'opaques (in Allami, 2015) ; 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). (inAllami, 2015)

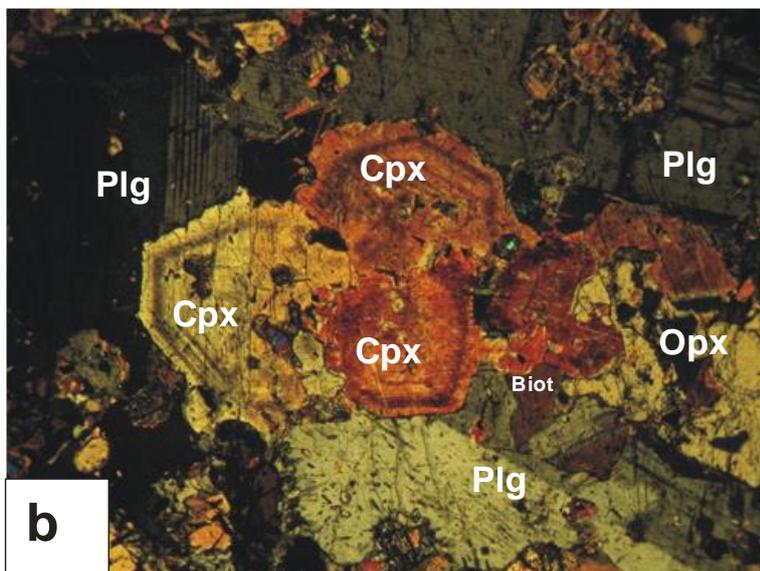


Photo 08. b : des cristaux de pyroxènes imbriqués dans les gabbros noritiques Les cristaux de clinopyroxènes sont zonés. LPAX25.

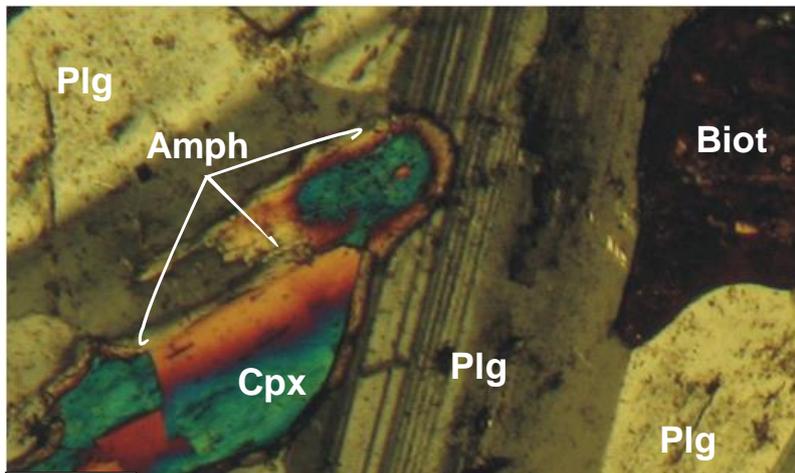


Photo 08.a : clinopyroxènes amphibolitisés à la périphérie dans les norites gabbroïques LPA X50,(in Allami, 2015)

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,(in Allami, 2015)

L'ordre de cristallisation :

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

- Une cristallisation des opaques et de la première génération des opaques suivie par la cristallisation de la première génération des pyroxènes.
- Une deuxième étape avec une cristallisation probablement synchrone d'oxyde opaque et de plagioclase de deuxième génération succédé par la deuxième génération de pyroxènes

C. Gabbros :

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

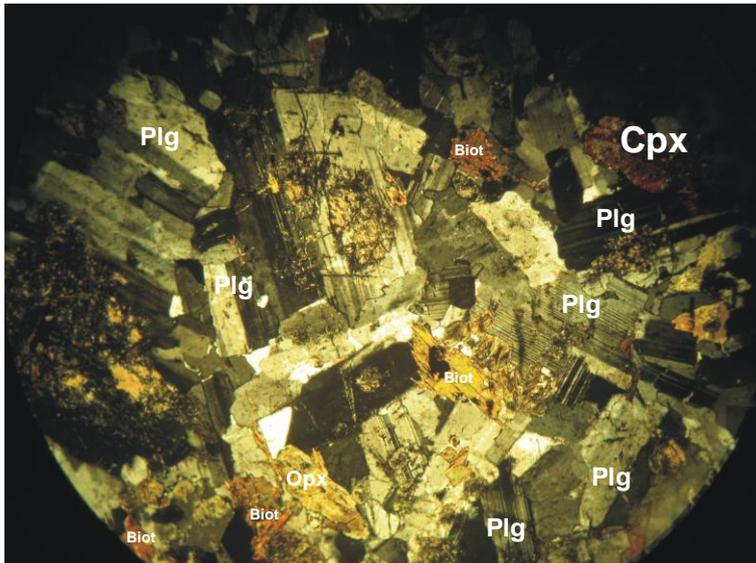


Photo 08.d : *Texture grenue des gabbros. LPAX10, (inAllami, 2015)*

Les plagioclases :

Les plagioclases sont en section allongées, automorphe, isogranulaire et macle polysynthétique bien visible ; certaines sections sont saussuritiser (**photo**). On observe des inclusions de minéraux opaques essentiellement de l'ilménite. (in Allami, 2015)

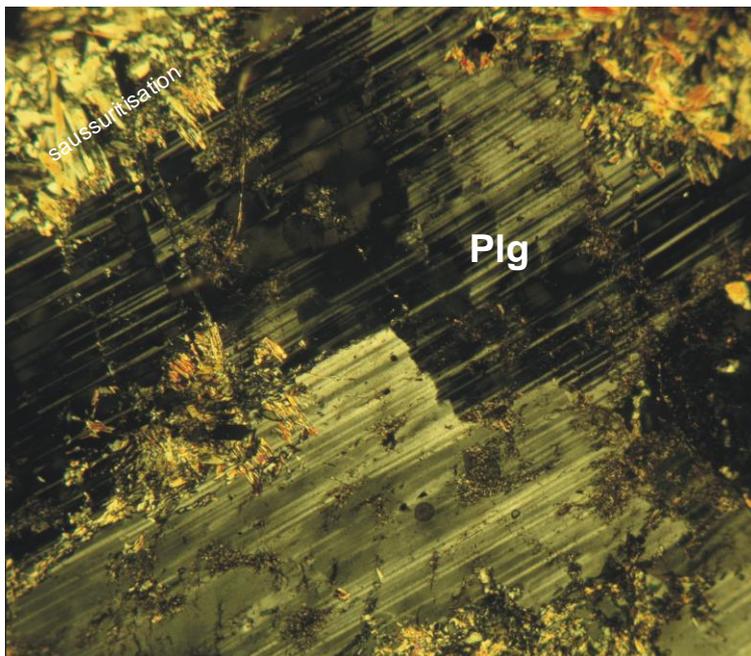


Photo 09. : *Plagioclases en voie de saussuritisation dans les gabbros. LPAX50. (inAllami, 2015)*

Les pyroxènes :

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

Les cristaux de pyroxènes sont entourés de biotite chloritiser, et on distingue difficilement l'amphibole (résultat de la pseudomorphosées des pyroxènes) grâce à son clivage conjugué de 120° et qui se superpose sur les petites auréoles qui entourent les pyroxènes. (in Allami, 2015)

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 1er ordre et début du second ordre. Extinction oblique. (in Allami, 2015)

Les orthopyroxènes : Les orthopyroxènes observés sont de l'hypersthène (3%) qui polarisent dans les jaunes à orangé du 1er ordre et aussi on distingue très bien les clivages grossiers suborthogonaux et le 3ème clivage plus fin et régulier. L'extinction est droite selon la trace unique des divers clivages. (inAllami, 2015)

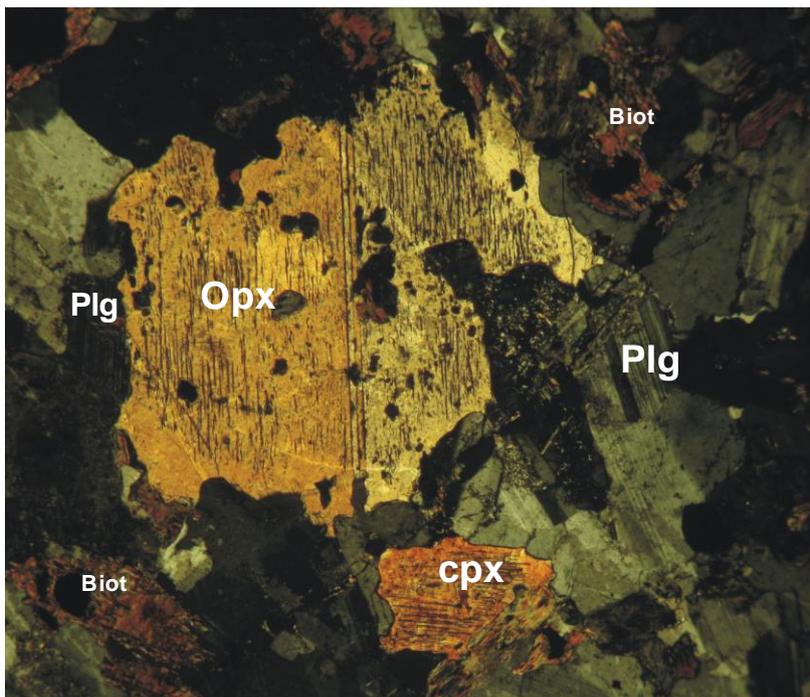


Photo.10: Orthopyroxène à bords corrodé, macle h1. Plagioclase en voie de saussuritisation Dans les gabbros. LPAX25 (in Allami, 2015)

La biotite :

La biotite en plage xénomorphes très peu fréquente (**photo**).

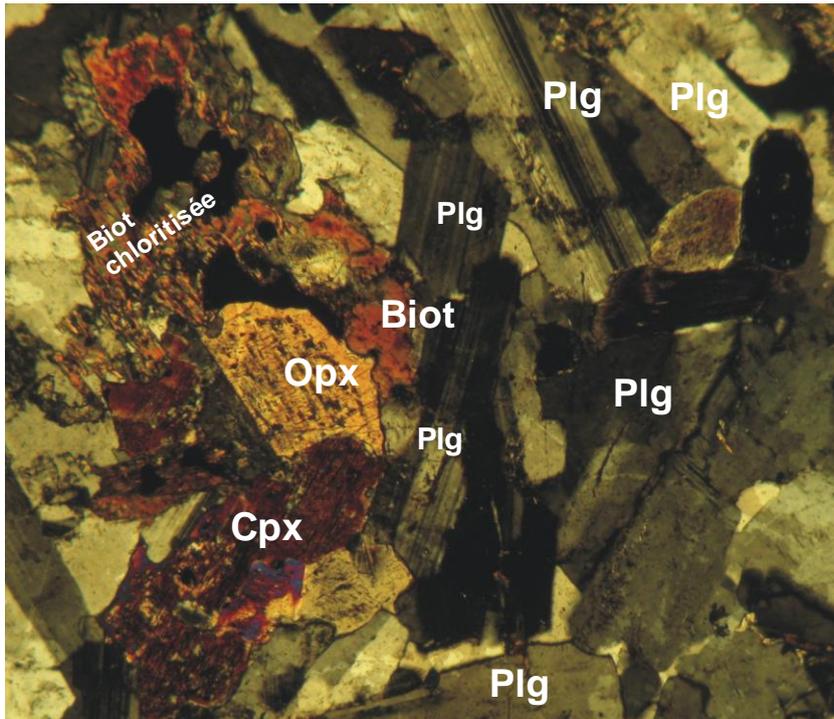


Photo 11: Section de plagioclases automorphes ; biotites chloritisées à la périphérie des pyroxènes ; dans les gabbros. LPAX25(in Allami, 2015)

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 :

Les termes cumulus et intercumulus sont utilisés ici dans un sens purement descriptif, à l'exclusion de toute signification pétrogénitique rigoureuse. Ils ne rendent compte que de la forme et du mode d'association des différentes phases minérales. Toutefois, la distinction entre phases cumulus et intercumulus est rendue délicate par :

— la déstabilisation des phases cumulus au profit du matériel intercumulus, illustrée par l'intense résorption du plagioclase calcique et la transformation du clinopyroxène en amphibole. Ce dernier point assigne à ces roches un caractère de cumulats à structure réactionnelles (Jackson, 1971). Ainsi, localement, les phases typiquement cumulus ne sont observables qu'à l'état de reliques, ce qui interdit d'établir au microscope une séquence de cristallisation précise ;

— la présence de certaines phases, comme le clinopyroxène, apparaissant à la fois dans les matériels cumulus (grains subautomorphes) et intercumulus (syncrystallisation avec l'amphibole).

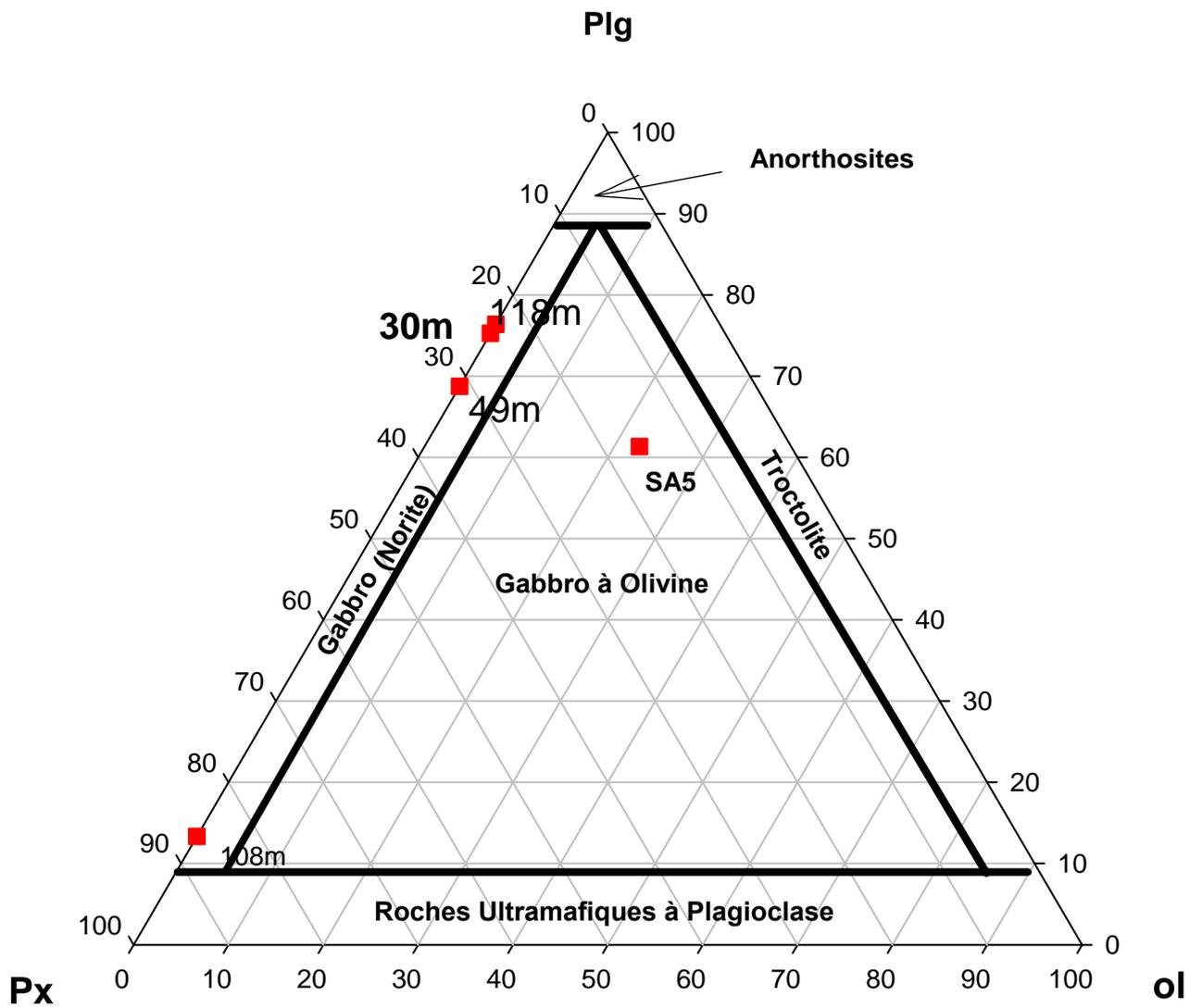
D'autre part, les caractères texturaux primaires sont partiellement masqués par le développement d'une paragenèse de basse température à séricite, chlorite, calcite, épidote.

II.2.5. Conclusion :

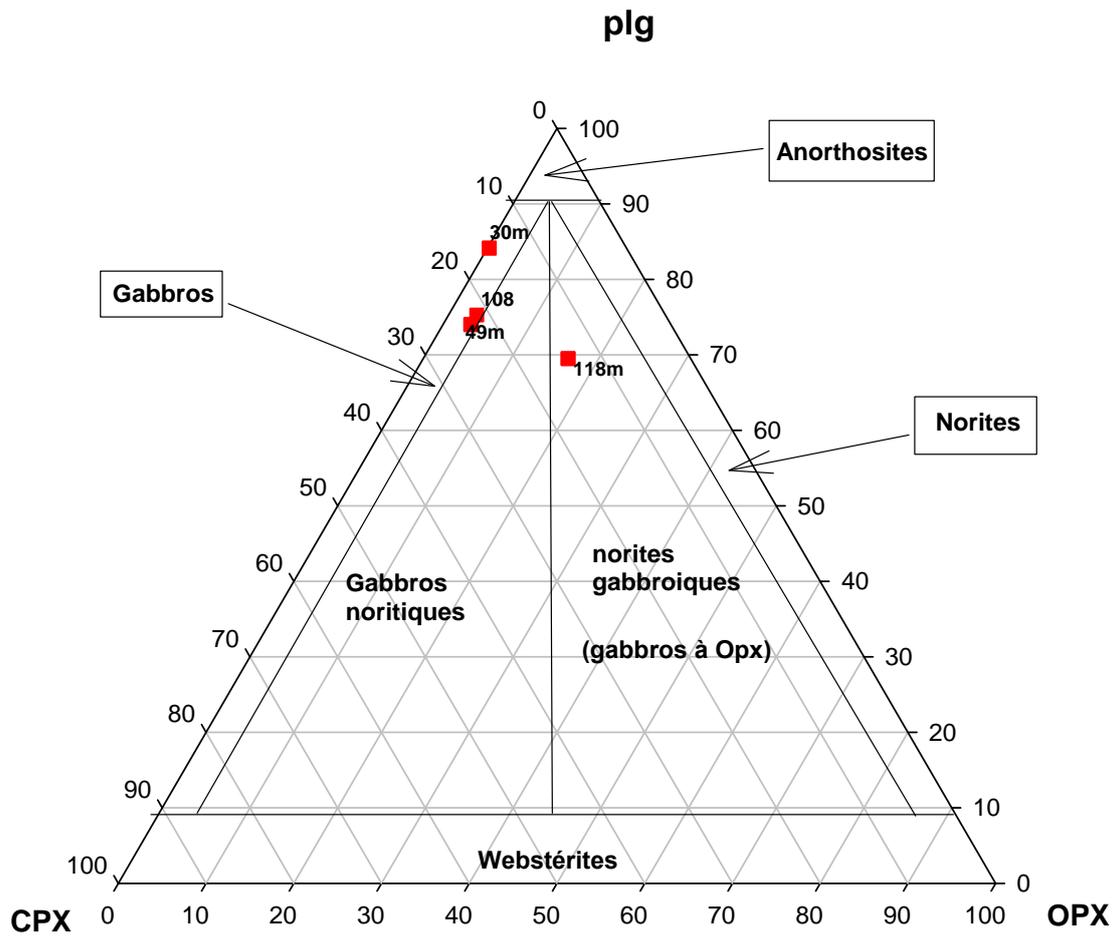
La structure annulaire d'Anna est composée de trois faciès qui évoluent des gabbros à olivines aux gabbros en passant par les noritesgabbroïques. L'ensemble est traversé par des filons de microdiorite et de diorite quartzique

Mx\ ECH	108	118m	SA5	30m	49m
Plagioclase	66%	65.6%	55.61%	69,53%	70.48%
Olivine	-	-	20.55%	-	-
Cpx	21%	13.2%	10.94%	22,64	21.70%
Opx	9%	15.6%	3.56%	3,23	3.04%
Biotite	2%	3%	5.13%	-	-
Opaque	2%	2.6%	4.18%	4,6	4.75%
Nom de la Roche	gabbro	Norite gabbroïque	gabbro à olivine	Gabbro	gabbro

Tableau 02 : Récapitulatif des compositions minéralogiques modales des faciès plutoniques de la structure annulaire d'Anna.



■ roches de la structure annulaire d'Anna



%

Fig 13. Diagramme : *Projections ternaires des minéraux modaux des structures annulaires d'Anna olivine. D'après Streckeisen (1976).*

Chapitre III : Etude géochimique

III. 1.Introduction :

Ce chapitre est consacré à la géochimie des éléments majeurs obtenus à partir des analyses effectuées sur les roches basiques de la structure annulaire d'Anna (**Tab.03.**). 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.

Nom Echant.	SA5	118 m	108 m	49 m	30 m
SiO ₂ %	49,68	52,31	51,62	52,38	51,64
Al ₂ O ₃ %	10,48	13,74	12,75	13,51	12,59
Fe ₂ O ₃ tot %	8,87	8,41	8,73	8,76	9,56
MgO %	16,04	10,18	11,13	10,70	11,61
Na ₂ O %	2,69	3,28	3,11	3,12	3,03
K ₂ O %	1,57	1,17	1,24	1,04	1,07
TiO ₂ %	0,59	0,60	0,57	0,56	0,56
MnO %	0,14	0,13	0,13	0,16	0,17
P ₂ O ₅ %	0,31	0,30	0,27	0,27	0,41
Ba %	0,0338	0,04	0,03	0,03	0,03
Sr %	0,0613	0,12	0,14	0,12	0,11
H ₂ O+	0,09	0,10	0,06	0,03	0,05
H ₂ O-	1,62	0,60	1,99	0,38	0,64
Total %	99,08	99,39	100,02	99,81	100,19
CIPW					
Quartz	0	0	0	0	0
Plagioclase	40,62	52,67	49,53	52,16	49,22
Orthoclase	11,35	8,21	8,81	7,29	7,55
Diopside	15,56	15,67	16,89	16,22	17,13
Hypersthene	5,38	12,27	11,06	12,63	10,53
Olivine	24,89	9,07	11,66	9,7	13,16
Ilmenite	0,74	0,73	0,7	0,68	0,68
Magnetite	0,77	0,71	0,75	0,74	0,81
Apatite	0,7	0,67	0,6	0,58	0,91
Total	100,01	100	100	100	99,99

Tableau 03: analyses chimiques (éléments majeurs de la structure annulaire d'Anna)

III.2. Géochimies des éléments majeurs :

III.2.1. Classification et caractérisation géochimique :

Les analyses géochimiques des plutonites de la structure annulaire d'Anna révèlent des pertes au feu modérées ne dépassant pas les 2%, garantissant ainsi la fraîcheur des roches étudiées.

Nous avons utilisé la classification chimique proposée par Cox et al adapté par Wilson(1989); mais pour les roches plutoniques, basée sur les teneurs en alcalins et en silice des roches (TAS), les roches étudiées, de composition basique, sont projetées dans le champ des gabbros et gabbros dioritiques

La composition normative des roches étudiées reste relativement compatible avec la composition modale, exception faite pour l'olivine normative qui apparait réellement que dans les gabbros à olivine.

Les roches projetées se situent dans le domaine subalcalin défini par Miyashiro (1978).

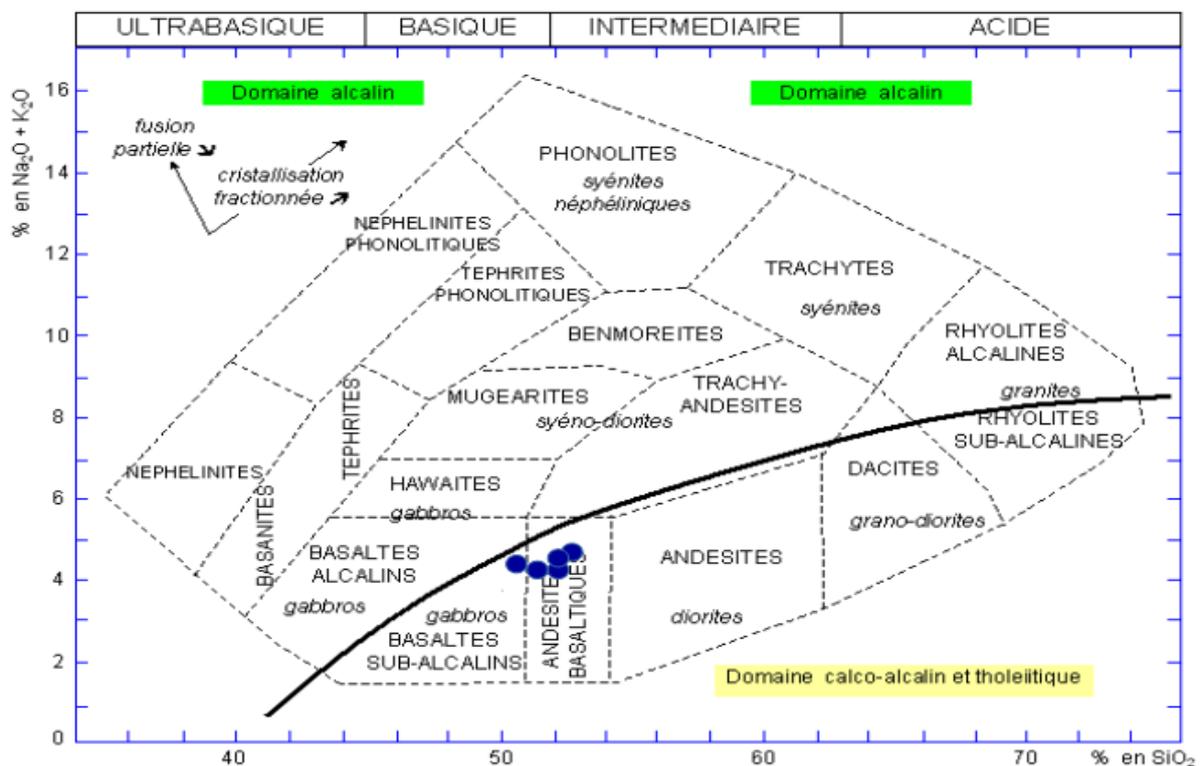


Figure 14: Diagramme des alcalins versus SiO₂ de Cox et al. (TAS), adapté par Wilson

(1989) pour les roches plutoniques. Report de La courbe de Miyashiro (1978) séparant les domaines des roches alcalines et Subalcalines.

Par ailleurs, (fig 15) la projection des analyses dans le diagramme FeOt/MgO en fonction de SiO₂ (Miyashiro, 1974), séparant les séries calco-alcaline et les séries tholéitiques, tranche en faveur du domaine calco-alcalin.

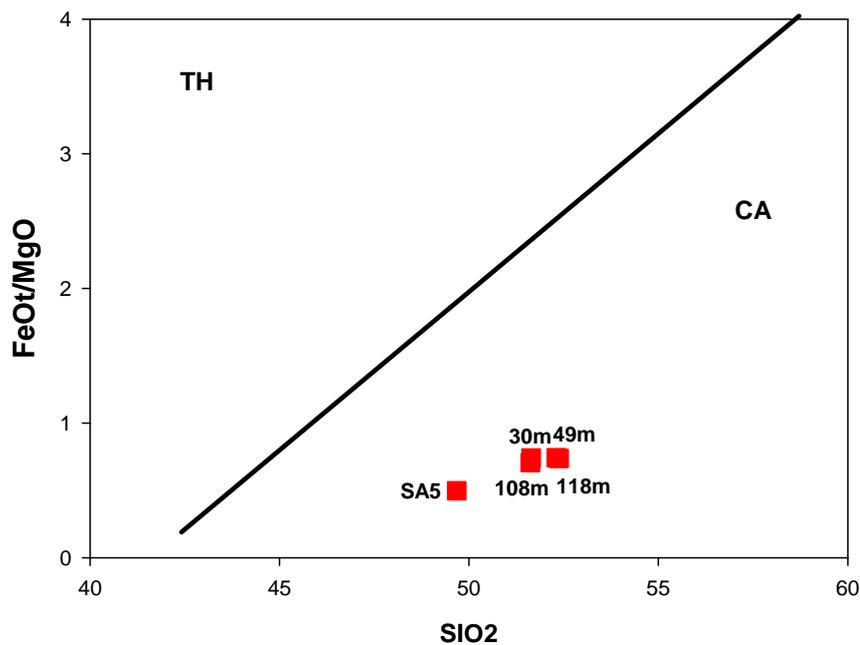


Fig.15: Diagramme FeOt/MgO versus SiO₂

D'après Myashiro (1974).

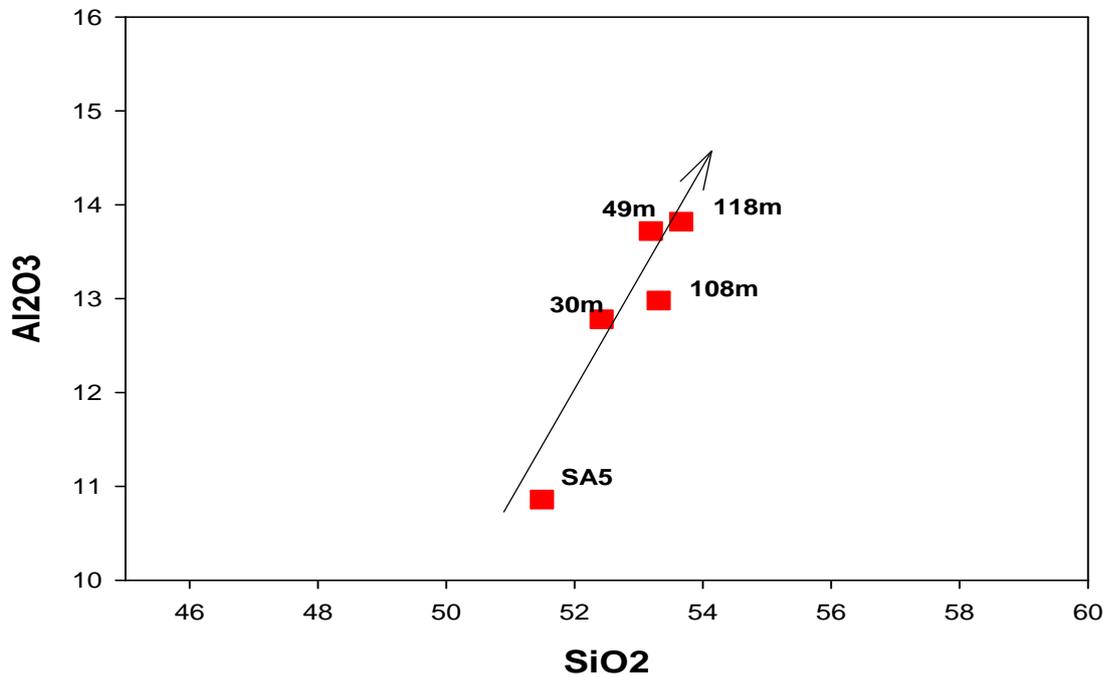
III.2.3 Diagrammes de variations :

Diagrammes binaires :

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

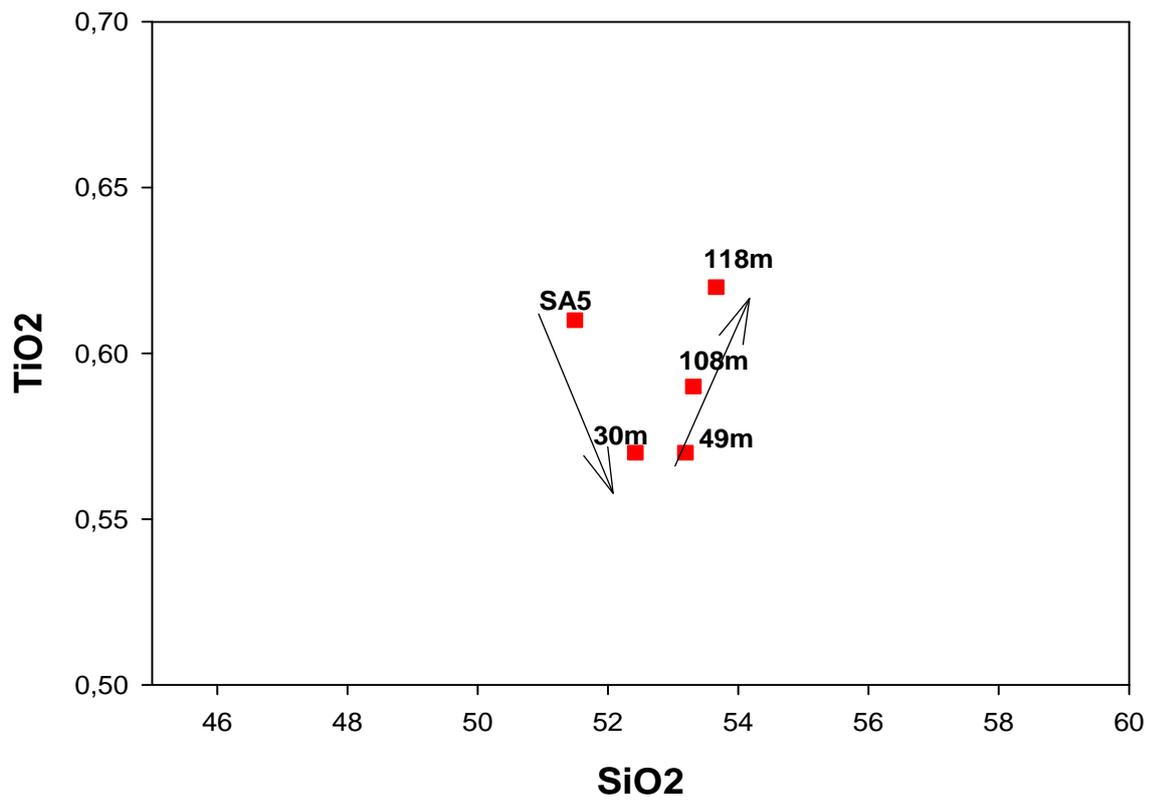
Dans le diagramme Al₂O₃ versus SiO₂ (Fig.16), les roches de la structure annulaire d'Anna se regroupent dans le champ en haut à droite du diagramme ; présentant une

augmentation progressive d' Al_2O_3 (12.59% à 13.75%) avec une faible variation de SiO_2 (51.64% à 52.38%).



Dans le diagramme TiO_2 (**Fig.17**) versus SiO_2 , nous observant deux comportements :

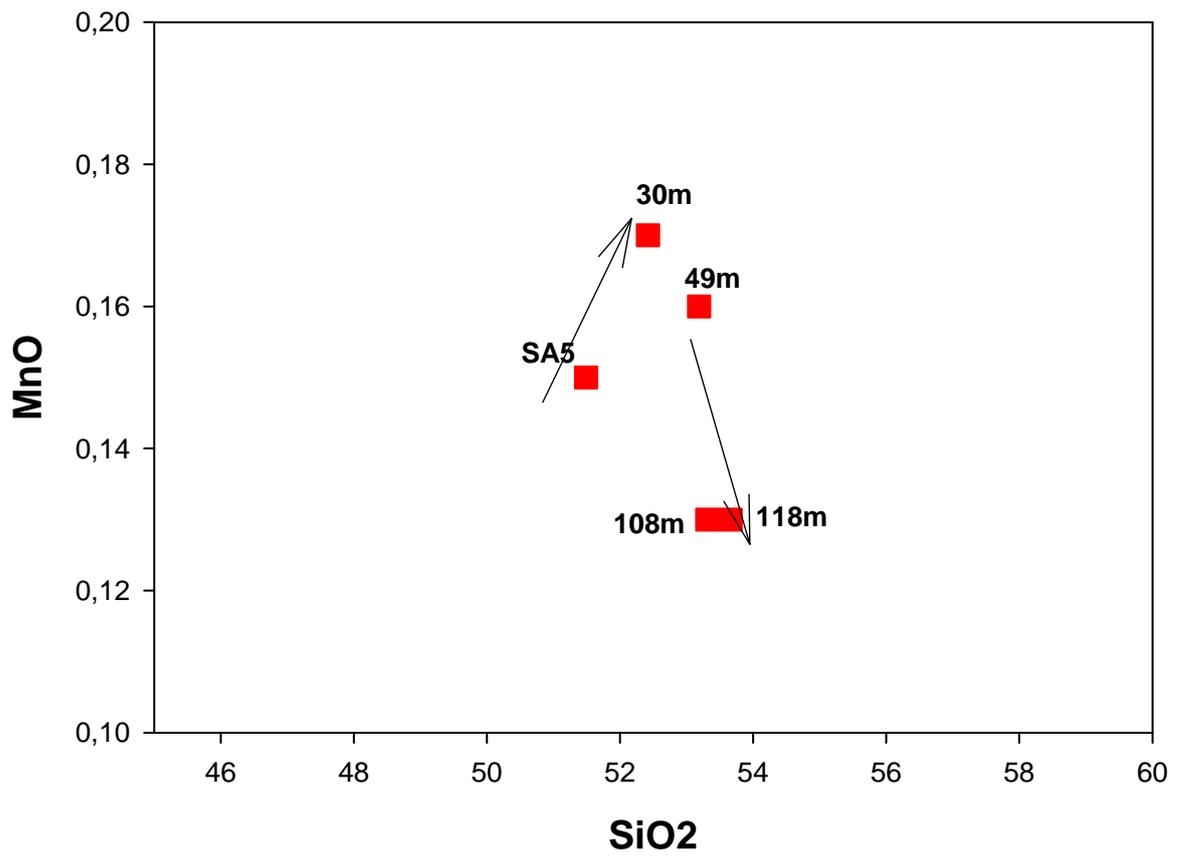
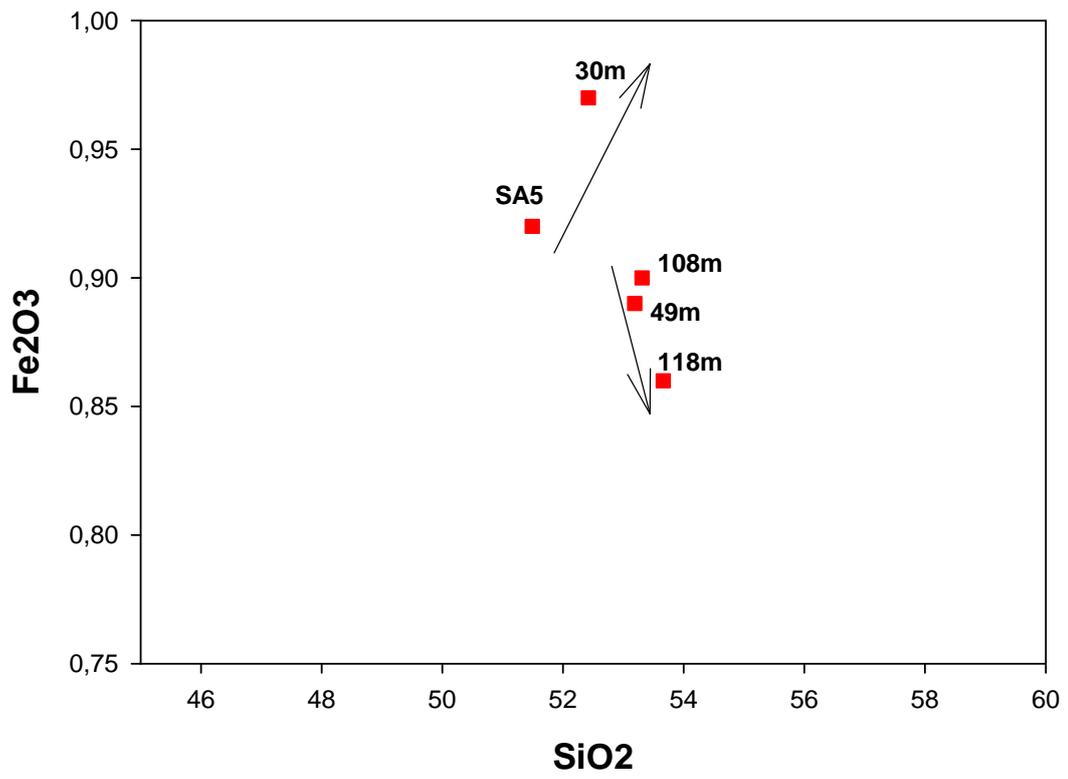
- Une corrélation négative par rapport à SiO_2 et cette régression est déclencher à partir d'un taux de 49.68% de SiO_2 traduisant ainsi la cristallisation des oxydes titanoférique et des ferromagnésiens au cours de la différenciation magmatique contrôler par le processus de la cristallisation fractionnée des gabbros à olivine en allant vers les gabbros (SA5, 30m).
- Une corrélation positive où TiO_2 varie de 0.56% à 0.60% pour un taux de SiO_2 variant de 51,62% à 52.38%. Ceux-ci impliquent un enrichissement progressif en Ti pour les gabbros dioritiques.



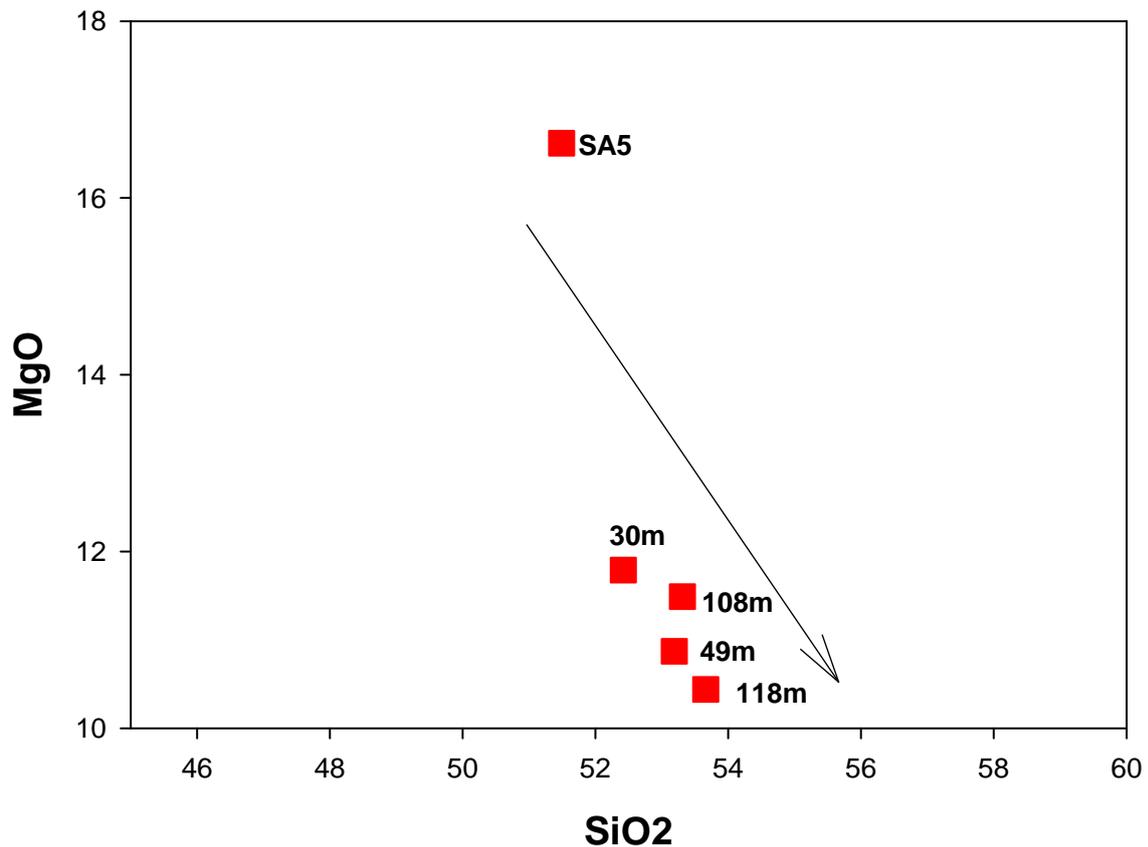
Dans le diagramme Fe_2O_3 versus SiO_2 (**Fig.18**) présente une corrélation négative, plus le taux de silice augmente le Fe_2O_3 diminue traduisant ainsi un fractionnement précoce des minéraux opaques, ce qui empêche un enrichissement en fer, ceci est un comportement typique des séries calco- alcaline.

Une corrélation positive pour les gabbros à olivine en allant vers les gabbros traduisant ainsi un enrichissement en fer.

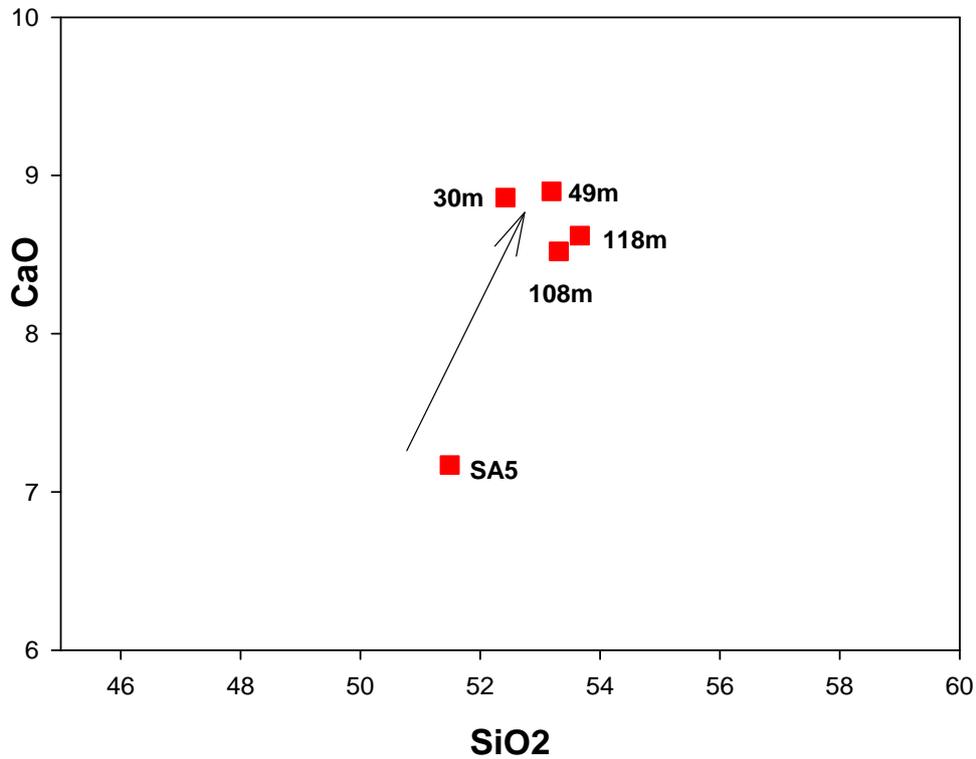
Le diagramme MnO (**Fig.19**) versus SiO_2 , présente le même comportement que le Fe_2O_3



Le diagramme **MgO (Fig.20) versus SiO₂** présente une corrélation linéaire négative, c'est-à-dire qu'on a une cristallisation précoce ou bien fractionnement d'olivine ; et Ces écarts dans les taux (16,04 à 10,18) se traduisent par la cristallisation brutale et massive des ferromagnésiens.



Le diagramme CaO versus SiO₂(**Fig.21**) présente dans l'ensemble une corrélation positive. Les gabbros à olivine (SA5) où on retient un taux de CaO à 6.92% et SiO₂ à 49.64% qui confirme un fractionnement important de biotite.



Les Diagrammes binaires (Alfred Harker, 1909) wt% oxydes versus SiO₂

III. 4. Conclusion :

L'étude géochimique de la structure annulaire d'Anna est très révélatrice.

Nous avons pu observer à partir des diagrammes binaires TAS la tendance sub-alcaline des gabbros de la structure annulaires d'Anna, ainsi que la tendance calco-alcaline démontré par la projection dans le diagramme de myashiro (1974)

Des affinités qui se sont confirmé par la suite grâce aux diagrammes d'Harker pour les éléments majeurs dévoilant une série magmatique évolutive.

Pour la nomenclature des roches étudiées, nous remarquons que ceci reste compatible avec les résultats de l'étude pétrographique sauf pour les échantillons 108m, 118m et 49m qui selon la projection dans le diagramme TAS sont des gabbros dioritiques

Un lienco-généisme ne pourrait être révélé que par le comportement des terres rares que et d'autres investigations géochimiques plus approfondie.

CONCLUSION

Le massif paléoprotérozoïque des Eglab (la partie orientale de la dorsale Reguibat), montre une évolution d'un système de marge active vers 2,7 Ga ; dont le magmatisme calco-alcalin est le résultat du fonctionnement d'un d'arc mature vers 2.20 Ga (Tabeliouna,2009).

La mise en place de la structure annulaire d'Anna est le résultat d'une phase distensive post collisionnel engendré par la collision de l'ensemble des terrains des unités tectoniques du Yett-Eglab .

D'un point de vue structural, la structure annulaire 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 qui semble être responsable de la mise en place de la structure annulaire d'Anna, l'ensemble est le résultat de la convergence obliques entre le domaine Yetti et le domaine Eglab (In Kahoui et al.2008).

L'étude pétrographique de la structure annulaire d'Anna est réalisée à partir des éléments échantillonnés dans un sondage qui traverse sur sa plus grande partie des faciès gabbroïques, sur une épaisseur de 300m.

La structure est composée de trois faciès qui évoluent des gabbros à olivines aux gabbros en passant par les gabbros dioritique. L'ensemble est traversé par des filons de microdiorite et de diorite quartzique.

D'une façon globale, les paragenèses minérales formants les différents faciès gabbroïques de la structure annulaire d'Anna sont de composition très basiques qui évolue vers des composition plus intermédiaire voir différenciés avec le passage depuis les gabbros à olivine en profondeur vers les gabbros à la surface jusqu'aux gabbros dioritique.

Le diagramme TAS révèle la tendance sub alcaline des roches étudiées ensuite le diagramme discriminant de Myashiro (1984) nous a permis de démontrer leurs nature calco-alcaline.

Des affinités qui se sont confirmé par la suite grâce aux diagrammes d'Harker pour les éléments majeurs révélant aussi la présence d'une série magmatique évolutive au sein de la structure annulaire d'Anna.

Références Bibliographiques

Allami Fatima Zohra (2016) –Pétrographie et géochimie des plutonites basiques de la structure annulaire d’Anna (Chegga), comparaison avec celles de la structure annulaire de Bled M’Dena (Eglab occidental, Dorsale Réguibat, SW algérien), thèse Magister, Univ. Oran, Algérie, 99p.

Azzouni-Sekkal A. (1976) –Les stocks plutoniques basiques de la jointure «Yetti-Eglab ». (Sahara occidental algérien), *Thèse Doctorat, 3ème cycle Univ. Alger*, 99p.

Sekkal A. (1972)–Introduction à l’étude de quelques granito des de la région Yetti-Eglab (Sahara occidental algérien). D.E.A., Univ. Oran, 75p.

Baudin. T(1993)Rapport de la mission de terrain dans les Eglab et le Yetti .Mém.Serv.Géol.Algérie, n°08, pp. 53-60, 199.

Buffière J., M., Fahy J.C et Petey J., (1965a) : Etude géologique de la partie orientale de la dorsale Réguibate. Région des Eglab et secteur Nord du Yetti. Rapport inédit. (SERMI) 230p.

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.

Bekhedda F (2014) –Etude pétrographie des faciès magmatique de la structure annulaire d’Anna (Eglab, dorsale Réguibat orientale, SW algérien).

Bekheda F, BENASLA N (2013)–Etude géochimie des roches magmatiques de la structure annulaire d’Anna (Eglab, dorsale Réguibat orientale, SW Algérien) ; mémoire d’Ingeniorat ; ed université d’Oran 2 ; p51.

Bessoles Bernard. (1977) –Géologie de l’Afrique : le craton ouest Africain. BRGM, n°88, 402 Bull.Dir.Fed. et soc.A.O.F.n°17, p308

Bouzara Ibrahim, (2015) Mémoire de master, thème – Pétrographie des faciès magmatiques de la structure annulaire d’Anna (Eglab, dorsale Réguibat orientale, SW Algérien) ; p 60

Bouagada. I (2017) –Pétrographie et minéralogie des roches basiques de la structure annulaire d’Anna (Eglab, Dorsale Réguibat, SW Algérien),Mémoire de Master,Uni.Oran,Algérie,60p.

Djenaoui Cherifa (2011) –Pétrologie et géochimie des roches magmatiques de la structure de Gara Djebilet (Eglab, Dorsale Réguibat, SW algérien), Mémoire de Magister, Univ .Oran, Algérie,

Elmi S. et Babin C., (1996) –Histoire de la terre. Edition Masson.

Fabre J., (2005) –Géologie du Sahara occidental et centrale. Musée royal de l’Afrique Centrale(Ed), Tervuren, Belgique.

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.*

HassaneDaouadji Houari (2007) – Contribution à l’étude géologique et pétrographique des roches magmatiques et leurs altérations à proximité de l’indice d’Or "Caroline" (Massif Eglab, sud-ouest Algérien) ; mémoire d’Ingénieur ; ed université d’Oran 2 ; p100.

Hamidi Hamza, BRACHDA Naziha (2013) – Contribution à l’étude pétrographique et géochimique des roches magmatiques de l’Ouest Eglab, SW algérien ; mémoire d’Ingénieur ; ed université d’Oran 2 ; p45.

Kared.R et Haddad. K (2014) – Etude Pétrographique et Géochimique des roches magmatiques de la région de Guelb El Hadid (Eglab, Dorsale Réguibat, Sahara Sud Ouest Algérien).

Kahoui M., (1988) – Etude d’un complexe granitique différencié et de sa couverture volcanique. Indices métallogéniques. Cas du Djebel Drissa (massif des Eglab algérien). Thèse Doct. Univ. Nancy 1, 258 p.

Kahoui M., (1988) – Etude d’un complexe granitique différencié et de sa couverture volcanique. Indices métallogéniques. Cas du Djebel Drissa (massif des Eglab algérien). Thèse Doct. Univ. Nancy 1, 258 p.

Lagraa K. (2014)–Mis en évidence d’une minéralisation à Molybdène –cuivre de type porphyre associée au complexe granitique de Bled M’Dena(Eglab,dorsal Réguibat, Algérie), Thèse doctorat, Uni. Oran, 228p.

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.

Monod T., (1935) – Sur le primaire fossilifère du Sud de l'Adrar mauritanien. Soc. Des Africanistes. 129 p.

Menchikoff N., (1930) – Recherches géologiques et morphologiques dans le Nord du Sahara occidental. Rev. Géogr. Phys. Géol. Dynam., III, n°2.

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

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*).

Peucat et al., (2005) – The Eglab massif in the West African Craton (Algeria), an original segment of the Eburnean orogenic belt : petrology, geochemistry and geochronology. Precamb. Res., 136, pp.309-352.

Seddiki Abdelmadjid (2011) – inventaire pétrologie et géochimie du cortège de roches magmatiques (terrestre et extra-terrestres) retrouvées dans les régions de Chegga et d'Aftout (Eglabs, Dorsale Reguibat, Sahara du sud-ouest Algérien); thèse de Doctorat ; Université d'Oran 2 ; p191.

Streckeisen A., (1976): To each plutonic rock its proper name .Earth Science reviews, 12: 1-33.

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, Dorsale Reguibat, Sud-ouest algérien), Bulletin du Service Géologique National, Vol.19, n°3, pp. 245-265.

Tabeliouna Mohammed, (2009) – thèse de doctorat thème : Pétrologie et géochimie des roches magmatiques de la structure annulaire de bled m'dena, (Eglab occidentale, Dorsale Reguibat, SW Algérien), Université d'Oran, p190.