



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Option : Ressources Minérales, Géomatériaux et Environnement

Par : Ifrene Leiticia

et

Yous Ferroudja

Thème :

Etude pétrographique et géochimiques des granitoïdes de la région
d'Issalane (Hoggar oriental, Algérie) ; Implication métallogénique.

Soutenu publiquement le 17 / 09/ 2023 devant le Jury composé de:

Mme.IZRI Dahbia

M.A.A

UMMTO

Présidente

Dr.ZEGHOUANE Hocine

M.C.B

UMMTO

Encadreur

M. Hamis Ahmed

M.C.B

UMMTO

Examineur

Remerciement

On tient à exprimer toute notre gratitude et nos vifs remerciement à tous ceux et celle qui par, leurs conseil ou par leur efforts, ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire et plus particulièrement :

-Monsieur **ZEGHOUANE Hocine** notre enseignant et promoteur, qui a accepté de nous encadrer et de diriger notre travail, ainsi que pour toute sa disponibilité, ses orientation, remarques et son soutien, qui ont permis l'élaboration de ce travail, et surtout pour sa disponibilité malgré ces nombreuses obligation. merci exceptionnellement.

-Nos remerciement vont aussi aux membres de jury en l'occurrence Mr **Hamis .A** et **Mme Izri. D** qui ont accepté d'examiner et de juger notre travail.

-Nous remercions également le corps professoral de département **GEOLOGIE** , en particulier ceux de la filière **RESSOURCES MINERALES** ,qui à été toujours présent pour assurer la bonne formation .

-Nos remerciement s'adresse également à monsieur le directeur de **L'ORGM** et à l'ensemble de son personnel administratif.

-Enfin on voudrais aussi remercier nos familles et nos amis pour leur soutien inconditionnel, que vous trouviez dans ce travail le témoignage de nos profonds sentiment et de toute notre reconnaissance et gratitude pour tout ce que vous avez fait pour nous.

Merci



DEDICACE

C'est un moment de plaisir de dédier ce projet fin d'étude à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite mon cher père **Djamel** à qui je souhaite prompt rétablissement et longue vie.

A mon paradis à la source de ma joie et mon bonheur et le fil d'espoir qui allumer mon chemin mon adorable mère **Quiza**.

A mon grand frère Mustapha et ces trois enfants **Ilyane, Ilina et Djamel**.

A mon pilier et le meilleur appui et le soutien que l'on puisse avoir en cette vie à toi Mon Petit frère **Aris** ! Merci pour le précieux frère que tu es.

A ma grande famille **Vava Mourad, Yemma Rachida, Ameziane, Melissa**, mes tantes **Fahima, Saloua, Zoulikha** et leurs familles ; je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement, que dieu le tout puissant vous garde et vous procure santé et bonheur.

A une personne spécial qui m'a aidé et supporté dans les moments difficiles et qui est toujours là par sa présence et générosité mon ami et confident **Mounir** ! Vous avez tant fait pour moi merci.

A tous mes ami(e)s et collègues que j'ai connu jusqu'à maintenant et avec lesquels j'ai passé des années inoubliables, tout en leur souhaitant la réussite dans tout ce qu'ils entreprennent, merci pour les souvenirs, Les bons moments que je porterai à jamais dans ma mémoire.

Sans oublié ma copine et ma chère binôme **Leaticia** tu as toujours offert soutien et réconfort, j'exprime envers toi une profonde admiration, reconnaissance et attachement
inconditionnels

Ferroudja

DEDICACE

C'est avec une profonde gratitude et sincères mots, que je dédie ce modeste travail de fin d'étude à ma chères familles, qui elle m'a doté d'une éducation digne son amour à fait de moi ce que je suis Aujourd'hui.

Particulièrement à mon père feu KHELLAF ce bel homme qui a toujours était et restera toujours mon exemple et mon idole, à mon super-héros qui a sacrifié tous ce qu'il pouvait pour nous voir heureux, je te remercie pour les valeurs nobles et pour ton éducation. J'espère qu'un jour, je pourrais rendre de ce qu'il a fait pour moi, que dieu leur prête bonheur et longue vie.

A la mère la plus adorable de monde MALIKA qui a souffert sans me laisser souffrir qui n'a jamais dit non âmes exigences , qui m'a comblé de son amour, qui m' appris que les bonnes choses dans la vie n'arrivent pas facilement, qui m'a toujours soutenu et conseiller, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mon éternelle gratitude. Que dieu te protège pour nous.

A mes chères sœurs THAFRARA, MALHA, MALIKA qui n'ont pas cessées de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études .Que dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

A mon adorable petit frère MHEND qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.

A Ma Grand-Mère paternelle MALHA qui nous a quittée sa fait pas longtemps, j'espère que du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part de ta petit fille qui a toujours prié pour le salut de ton âme , puisse dieu , le tout puissant l'avoir en sa sainte miséricorde.

A mon chère oncle RACHID , et mes chères tantes ,que dieu les donne une longue et joyeuse vie.

Sans oublier mon chère binôme FERROUDJA pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projets .

Leiticia

Résumé :

Le Hoggar, socle édifié au cours de l'orogénèse panafricaine, est constitué de formations géologiques protérozoïques. Il contient divers types de minéralisations liées étroitement aux granitoïdes dont l'étude est nécessaire pour la compréhension des relations réciproques avec ces minéralisations.

Dans ce mémoire, l'étude ***pétrographique*** et ***géochimique*** réalisée sur les ***diverses familles de granitoïdes*** d'Issalane, s'est achevée par une conclusion d'***ordre métallogénique***.

L'étude pétrographique, réalisée sur une dizaine d'échantillons appartenant aux cinq familles de plutonites a permis d'effectuer une description macroscopique et microscopique, et a permis de mieux appréhender leur discrimination par rapport à l'autre (critère faciologique, structural, textural minéralogique et géochronologique).

Les granitoïdes pré-tectoniques (G0) sont représentées essentiellement par des faciès basiques et ultrabasiques à dominances de pyroxénites. On not l'absence des plagiogranites.

Les granites syn-tectoniques (G1) sont à tendance porphyroïde à biotite et parfois à muscovite de texture massive et hétérogranulaire d'origine méta-sédimentaire probable.

Les granites syn à tardi tectoniques (G2) constituent l'essentiel de cette famille. Ce sont des microgranites porphyrique gris à biotite.

Les granite tardi à post-tectoniques G3 (type Honnag et Adaf) sont des granites rosâtres et de diorites quartziques à amphibole massives et hétérogranulaire.

Les granites post-orogéniques à anorogéniques (G4) de type Taourirt sont des granites rosâtres à biotite, à gros grains à pegmatitique, massifs.

L'étude géochimique, réalisée sur 45 résultats d'analyses des silicates, a permis de compléter l'étude pétrographique. Elle a porté tout d'abord sur le contrôle de fraîcheur de nos échantillons, puis l'analyse de l'évolution des différents oxydes en fonction de la silice, ensuite à l'approche typologique et enfin à la détermination de leurs sources. Les roches sont en général ***fraiches*** et montrent un ***trend d'évolution normal*** ainsi qu'une ***nomenclature assez variée*** (granite, granodiorite, monzonite, diorite, gabbro et pyroxénite) et proviennent de ***divers type de sources***.

Du point de vue métallogénique, les G₀ sont en relation avec les minéralisations en amiante et le talc. *La fluorine et la barytine* sont liées aux faciès alcalins (G₃ et G₄) et l'or se présente dans divers types de faciès granitiques, notamment dans les G₁.

Table des matières

Chapitre I : Généralités

1-	INTRODUCTIO	01
2-	BUT ET OBJECTIF DE L'ETUDE	01
3-	PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE	
	3.1 Situation géographique	02
	3.2 Habitations, accès et routes	02
	3.3 Climat, faune et la flore	03
4-	METHODOLOGIE ET OUTILS DE TRAVAIL.....	03
5-	HISTORIQUES DES TRAVAUX.....	04

Chapitre II : Géologie régionale

1-	INTRODUCTION.....	04
2-	SUBDIVISIONS STRUCTURALES DU HOGGAR.	06
3-	DESCRIPTION GEOLOGIQUE DE HOGGAR	06
	3.1-Le Hoggar occidental	10
	3.1.1. La branche occidentale :	10
	3.1.2- La branche orientale	12
	3.2- Le Hoggar central polycyclique	12
	3.3 -Le Hoggar oriental	14

Chapitre III : Géologie de la région d'étude

1.	LITHO-STRATIGRAPHIE	17
1.1.	Séries de couverture	17
1.2.	Séries intermédiaires (molasses panafricaines) :.....	18
1.3.	Socle précambrien	19
1.3.1.	Les séries métamorphiques du Néoprotérozoïque	19
1.3.2.	Les séries métamorphiques du Paléoprotérozoïque	20

2. MAGMATISME	20
2.1- Les formations plutoniques	20
2.1.1. Plutonisme post à anorogénique G₄ :	21
2.1.2 –Complexe tardi à post-tectonique G₃	21
2.1.3 - Les granites syn à tardi-tectoniques G₂.	21
2.1.4 - Les granitoïdes pré à syn-tectoniques G₁.	22
2.1.5 - Les complexes pré-tectoniques	22
2.1.6 - Les formations filoniennes	22
3. TECTONIQUE.....	23
<i>3.1. Les déformations anté-panafricaines</i>	<i>23</i>
<i>3.2. La tectonique panafricaine.</i>	<i>23</i>
4. RESSOURCES MINERALES	24

Chapitre IV : : Etude pétrographique des granites.

1. GENERALITES SUR LES GRANITOÏDES	26
1.1 .Définition des granitoïdes :	26
1.2. L'Origine des granitoïdes :	27
1.3. Classification des granitoïdes	28
1.3.1. Selon l'origine de magma.....	28
1.4. La particularité du granite	29
2. ETUDE PETROGRAPHIQUE DES GRANITES :.....	30
2.1. Introduction	30
2.2. Description pétrographique.....	31

2.2.1. Description pétrographique des granitoïdes pré-tectoniques G ₀	32
2.2.2. Description pétrographique des granites pré à syn-tectoniques G ₁	33
2.2.3. Description pétrographique des granites syn à tardi tectoniques G ₂	38
2.2.4. Description pétrographique des granites tardi à post-tectoniques G ₃ (Granites de type Honnag et Adaf).	40
2.2.5. Description pétrographique des granitoïdes post-orogéniques à anorogéniques G ₄ : (type Taourirt)	43
3. Conclusion :	47

Chapitre V : Etude géochimique

Introduction	49
Les diagrammes géochimiques.....	52
Etude géochimique des granitoïdes d'Issalane	52
1.1. Diagramme de contrôle de fraîcheur (Hughes 1973) :.....	52
1.2. Les diagrammes oxydes- silice (diagramme de Harker (1909)	53
1.3. Diagramme de nomenclature (Strekeisen 1976).....	54
Conclusion.....	56
Implication métallogénique	57
Conclusion générale :	60
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE	

Listes des figures :

Figure	Nom de la figure	Page
1	Situation géographique de la région d'Issalane	2
2	Situation géographique de Hoggar	6
3	Carte structurale de Hoggar	7
4	Première subdivision de Hoggar (Lelubre 1952)	7
5	Seconde subdivision de Hoggar (Bertrand et caby 1978)	8
6	Troisième subdivision de Hoggar (Black et al,1994 et Liégeois et al .,2003)	9
7	Série de couverture	18
8	Magmatisme de la région d'Issalane	20
9	Exemple de granite	26
10	Vue microscopique de l'échantillon IS18SF008 en LPNA	32
11	Exemple de minéraux accessoires	33
12	Vue microscopique de l'échantillon IS BA024.GR.4*0.10 Gauche LPA à droite LPNA.	34
13a	Vue au microscope d'un microcline.	35
13b	Vue au microscope d'un microcline	36
14a	Vu microscopique des plagioclases altérées au centre fortement souillées par les oxydes de fer LPA GR 10*0.25 (IS 18BC001).	36
14b	Vue microscopique des plagioclases altérées au centre fortement souillées par les oxydes de fer LPNA GR 10*0.25 (IS18BC001).	36
15	Vue microscopique de biotite altérée en chlorite en LPNA (IS19BA024)	37
16	Vue microscopique d'une apatite inclus dans le quartz (IS19BA024) GR 40*0.65	37
17	Vue microscopique d'un grain zircon et biotite chloritisée en LPNA GR 10*0.25 (IS19CH1001)	38
18	Vue microscopique de l'échantillon IS18BA003 en LPA	40
19	Vue microscopique de l'échantillon IS19SF017R en LPA	42
20	Vue microscopique de d'une biotite bien développée.	43
21	Vue microscopique de l'échantillon IS18NI001R	44
22	Vue microscopique d'un microcline en quadrillages caractéristiques en LPA GR 4*0.10.	45
23	Vue microscopique d'un microcline associée à de la muscovite secondaire en LPA GR 4*0.10	45
24	Vue microscopique d'une biotite remplacée par une biotite	46
25	Vue microscopique de Grain de zircon et biotite chloritisées GR 10*0.25.	47
26	Diagramme de Hughes (1973) (R.BUB : Roches basiques à ultrabasiques, RI Roches intermédiaires, R.A Roches acides.	52
27	Diagrammes de HARKER (1909)	53
28	Classification et nomenclature des roches plutoniques (A.Streckeisen 1976).. Q + A + P = 100	54
29	Diagramme ANK-ACNK.	55
30	Diagramme Foley et al. (1987).	55
31	Diagramme d'Irvine and Baragar 1971).	55
32	Diagramme de Laurent et al. 2014	56
33	Minéralisations de la région d'Issalane	59
34	Cartes de minéraux utiles de la région d'issalane.	59

Listes des Tableaux :

Tableau : 01	Résultats des analyses des oxydes majeurs des granitoïdes de la région d'Issalane	50
Tableau : 02	Résultats des analyses des oxydes majeurs des granitoïdes de la région d'Issalane suite	51
Tableau 3	Minéralisation de la région d'Issalane	58

Listes des abréviations :

ASGA : Agence du Service géologique de l'Algérie

BRMA : Bureau de Recherche Minière en Algérie

BRGM : Bureau de Recherche Géologiques et Minières

1. INTRODUCTION :

La présente étude a été réalisée dans le cadre du projet de mémoire de fin d'étude en master en ressources minérales, environnement et géomatériaux. Elle consiste à étudier les différents types des granitoïdes de l'une des plus importantes régions du Hoggar qui est la région d'Issalane. Elle s'articule autour de trois axes principaux qui sont : l'étude **pétrographique**, **géochimique**, et le **contexte métallogénique**.

Le présent mémoire est structuré en chapitres suivants : Il commence par le chapitre « **Généralités** » dans lequel sont présentés I : Introduction, II : But et objectif de l'étude, III : Présentation du secteur d'étude, IV : Méthodologie et outils de travail.

Dans le deuxième chapitre nous décrivons la géologie **régionale du Hoggar**.

Le troisième chapitre a été réservé à la synthèse et description de la **géologie de la région d'Issalane**.

Le quatrième chapitre est consacré à **l'étude pétrographique** dans laquelle sont résumées les étapes de traitement et de description des échantillons prélevés sur le terrain ainsi que l'étude au microscope polarisant, des granitoïdes de la région d'Issalane.

L'étude géochimique fait partie de cinquième chapitre où sont présentées les différentes caractéristiques géochimiques des granitoïdes d'Issalane.

Et enfin, une **conclusion générale**.

2. BUT ET OBJECTIF DE L'ETUDE :

Le but de notre travail consiste à appliquer nos connaissances théoriques et pratiques acquises au cours de notre cursus universitaire. Quant à l'objectif de ce travail est de réaliser une étude pétrographique et géochimique des granitoïdes de la région d'Issalane et de montrer la relation des minéralisations de cette région avec les différentes familles des granites de cette région.

3. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE :

3.1 Situation géographique:

La région d'Issalane est située à 2000km d'Alger et à 300km, à vol d'oiseau à l'Est de la ville de Tamanrasset. Dans l'extrémité la plus orientale du Hoggar central. Ses coordonnées géographiques sont de 22° - 23° latitude Nord et de 7° - 8° longitude Est. Elle est composée d'un socle gneissique et migmatitique très déformé et d'un complexe méta-sédimentaire métamorphisé dans le faciès amphibolite et recoupés par de nombreux granitoïdes intrusifs panafricains, dont la composition, la morphologie, le type et l'âge sont variés.

Ces granites dont les degrés de fractionnement sont caractéristiques des orogènes formés par collision et représentent un type majeur dans la chaîne panafricain du Hoggar.

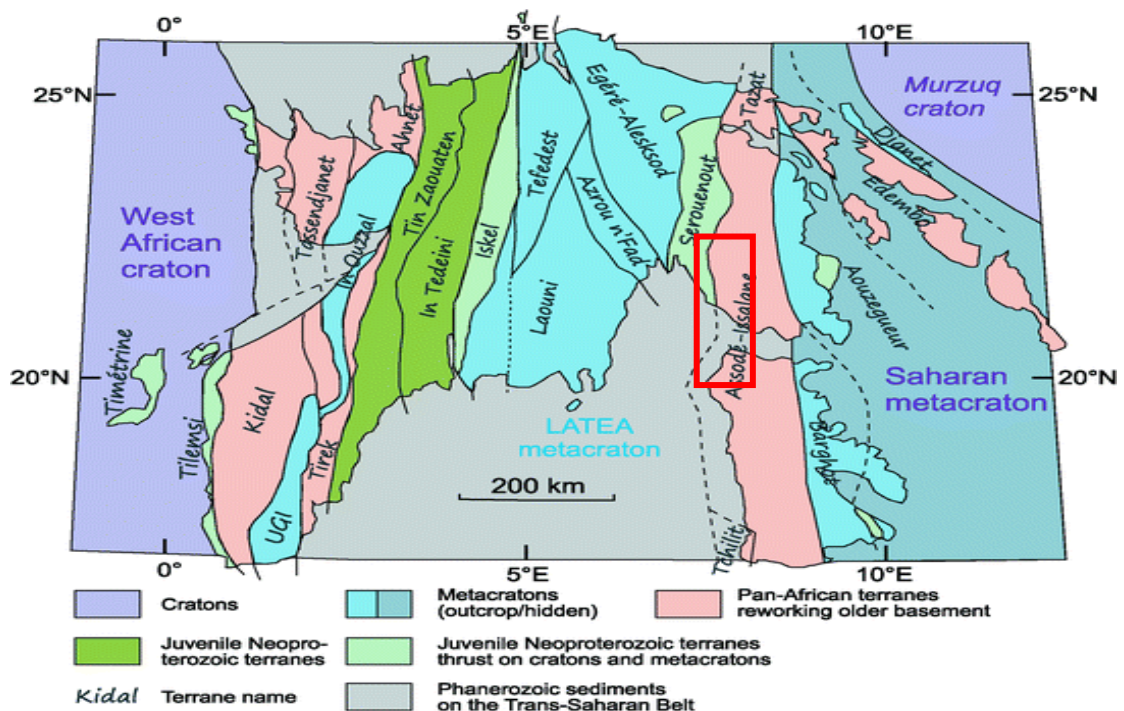


Fig.1: Situation géologique de la région d'Issalane d'après (black et al 1994) modifié par (liégeois et al 2003).

3.2. Habitations, accès et routes

La feuille d'Issalane ne présente pas beaucoup de relief imposant ; aucun village n'est présent dans cette région, le village le plus proche est Tin-Tarabine, (situé à l'extérieur de la feuille); Pour les accès routiers, la route praticable est celle de Tamanrasset - Issalane, à l'intérieur de la carte, on ne signale aucune route mise à par quelques oueds où on observe des pistes carrossable praticables comme Oued Takalous et Oued Issalane.

3.3 Climat, faune et flore :

Le climat de la région est typique des régions arides Il est caractérisé par des fluctuations saisonnières de températures et marqué par un été relativement chaud avec des températures allant jusqu'à 35°- 40° et parfois 50° à l'Est, (région de Tiririne), et un hiver moyennement tempéré avec des températures allant de 20° à 25° le jour et peuvent descendre la nuit jusqu'au 0°C (période de Novembre à Février) Le manque d'eau se fait ressentir fortement dans cette région. Néanmoins, on note quelques rares points d'eaux, des sondages et des puits implantés le long des grands oueds (Takalous Tament...etc.).

Les précipitations atmosphériques, généralement liées aux changements de climat des régions tropicales (Mois de juillet et Aout), sont relativement rares. Quand elles tombent elles engendrent de grandes crues d'Oueds emportant tout sur leurs passages.

Les vents de sable sont assez fréquents au printemps (Mars - Avril) et en automne (Septembre-Octobre) où les sorties sur le terrain sont déconseillées pendant ces périodes de l'année.

Dans cette région du Hoggar la faune et la flore sont très rares. La faune, typique des régions désertiques, est représentée principalement par des dromadaires et de très rares antilopes (gazelles et mouflons). On rencontre aussi les scorpions, les gerboises, lézards sahariens (Dobs) vipères, fennecs...etc.

La flore est vraiment très pauvre, elle pousse dans des endroits très restreints (lits d'Oueds et près de certains points d'eau permanents). Les plus connus sont les acacias (talhas), les tamaris, graminées sauvages, les peupliers et l'armoise.

4. METHODOLOGIE ET OUTILS:

Notre étude a commencé par une phase de recherche bibliographique qui nous a permis de réaliser une synthèse géologique d'un grand nombre de travaux antérieurs qui ont été réalisés sur cette région.

Dans le cadre d'un projet de cartographie au 1/200.000 de de la région d'Issalane, initié en 2022 par l'ASGA (Agence du Service Géologique de l'Algérie) Un échantillonnage de terrain à été réalisé pour l'étude pétrographique et géochimique de ces granites.

L'étude pétrographique à été réalisée durant notre stage de pétrographie au laboratoire d'ASGA. Cette étude a été effectuée sur une dizaine de lames minces où on a utilisé le microscope polarisant moderne.

L'élaboration des diagrammes géochimiques indispensables pour l'étude géochimique a été réalisée sous Excel à cause de l'incompatibilité de l'ancienne version du logiciel Minpet avec les nouvelles versions de windows.

5. HISTORIQUE DES TRAVAUX

Dans la région étudiée, les investigations géologiques sont relativement peu nombreuses. Les premiers travaux ont été élaborés par Kilian et Lelubre 1920-1930, ces travaux ont permis d'orienter la géologie du Hoggar, en différenciant deux séries métamorphiques distinctes d'âge Suggarien et Pharusien.

La BRMA ou « BRGM » a commencé l'exploration géologique et minérale en 1950.

- Entre 1952-1956, J.Blaise met en évidence des aléas tectoniques majeurs et confirme la présence de deux terrains caractéristiques ; le Suggarien et le Pharusien.

- En 1956-1957, le BRMA a étudié les terrains de Serouenout et donne naissance à la première carte au 1/200 000 de cette région, rapportant la discordance vers le Sud dans la région d'Oued Amadit.

- Le BRGM (1959-1960), incluant G. Guérangé, a réalisé une carte photo-géologique au 1/200.000 contenant des points de minéralisation.

- En 1961, sur la base des données disponibles, une carte géologique à l'échelle 1/500.000 a été établie.

- Entre 1961 et 1964 Guérangé étudia la lithologie, la stratigraphie et la tectonique de cette région et donne une différenciation lithologique détaillée avec discordance angulaire, estimant l'épaisseur du Pharusien à 7000m et reconnaît une série de plissement suggarien et pharusien surimposant.

- En 1969-1970, V. Maltsev a ajoutés quelques points minéralisés sur la carte d'Issalane et établi la vocation aurifère de cette région.

De 1964 à 1972, de nombreux articles relatifs à la stratigraphie de cette région ont été publiés (Vialon, Guerangé, Bertrand, Fabre...etc.). Guerangé (1971) publie les âges absolus situés entre 510 et 650 Ma d'une série métamorphique et des granitoïdes Suggariens et Pharusiens, qui sont comparables à ceux publiés auparavant

- En 1972, la carte structurale régionale du Hoggar a été publiée. La mission commencée en 1969 pour des recherches géophysiques par des méthodes aéroportées conduisant à la création de cartes d'anomalies s'est achevée.

- En 1974-1975, l'exploration des métaux rares n'a pas abouti au potentiel requis de cette région.

- En 1976, Bertrand et Caby ont proposé un diagramme avec des différences détaillées délimitant les domaines ébrunéen et kibbarien, tout en soulignant que la région de Temassint est liée au domaine polycyclique du plissement Kibbarien.

- En 1976, Golovine entrepris des recherches systématiques et un levé géologique 1/200000 de la partie nord de la feuille d'Issalane.

1. INTRODUCTION

Le Massif du Hoggar affleure sur environ 556 000km² dans l'extrême Sud de l'Algérie et se prolonge par l'Adrar des Iforas au Mali et par le Massif de l'Air au Niger: ces trois massifs Constituent le Bouclier Targui. Sa capitale administrative et économique Tamanrasset, se situe à 2000 km au Sud d'Alger dont les coordonnées géographiques sont les suivantes: longitude 5°27', Latitude 22°41'

Le bouclier touareg, est caractérisé par le développement spectaculaire d'importants accidents mylonitiques majeurs. Il est composé de terrains d'âge allant de l'Archéen au Néoprotérozoïque. Il est subdivisé selon le principe d'assemblage des terrains en 23 terrains (Black et al 1994) rassemblés au cours de l'orogénèse panafricaine (750-520 Ma).



Fig.2 .Situation géographique du Hoggar

2..SUBDIVISIONS STRUCTURALES DU HOGGAR.

La structure du Hoggar est caractérisée par la manifestation de grands cisaillements subméridiens d'ordre lithosphérique dont les plus importants sont le 4°50 et le 8°30 ainsi que les décrochements majeurs dextres NNE et senestres NNO qui lui confèrent une structure morcelée dont l'interprétation a évolué précieusement en fonction du temps. Trois grandes subdivisions structurales ont été proposées.

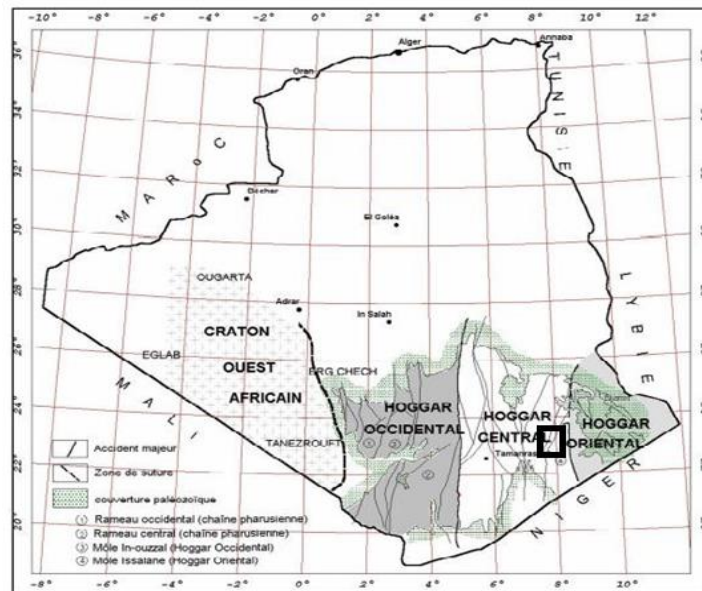


Fig.3: Carte de situation du Hoggar d'après (caby et al 1981)

2.1. La première subdivision

Dans ses travaux pionniers, sur le Hoggar central et occidental, résumés dans sa synthèse monumentale, (M.Lelubre 1952) identifie deux cycles orogéniques séparés par une nette discordance majeure :

- Le cycle suggarien à la base comprenant deux ensembles gneissiques superposés polycycliques et fortement métamorphiques d'âge Paléo protérozoïque.
- Le cycle pharusien au sommet est constitué également de deux ensembles volcano-sédimentaires monocycliques et moins métamorphiques d'âge Néo-protérozoïque.

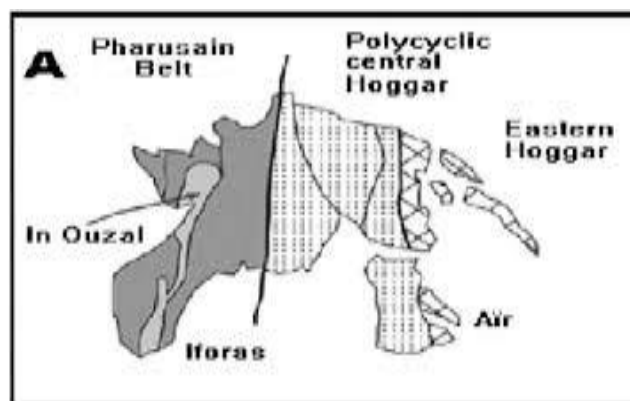


Fig.4: Première subdivision de Hoggar (Lelubre 1952).

2.2. La seconde subdivision (Bertrand et Caby 1978) :

Les nombreux travaux menés sur l'ensemble du bouclier touareg (1967-1978) ont permis d'établir une véritable subdivision litho-stratigraphique et structurale bien illustrée, toujours d'actualité. Le Hoggar est alors subdivisé en trois grands domaines structuraux séparés par l'accident majeur 4°50 et 8°30 .

Le Hoggar occidental est constitué de deux branches pharusiennes (néo-protérozoïques); séparés par le môle granitique d'In Ouzzal d'âge Archéen longeant l'accident 2°30 (faille de l'Adrar).

- Le Hoggar central polycyclique, à dominance de terrains paléo-protérozoïques, est séparé à l'est du môle Issalane par l'accident 7°30 d'âge proche.

- Le Hoggar oriental, situé à l'est du 8°30, est à dominance de formations pluton-volcaniques d'âge Néo-protérozoïque constituant une partie du craton Est saharien.

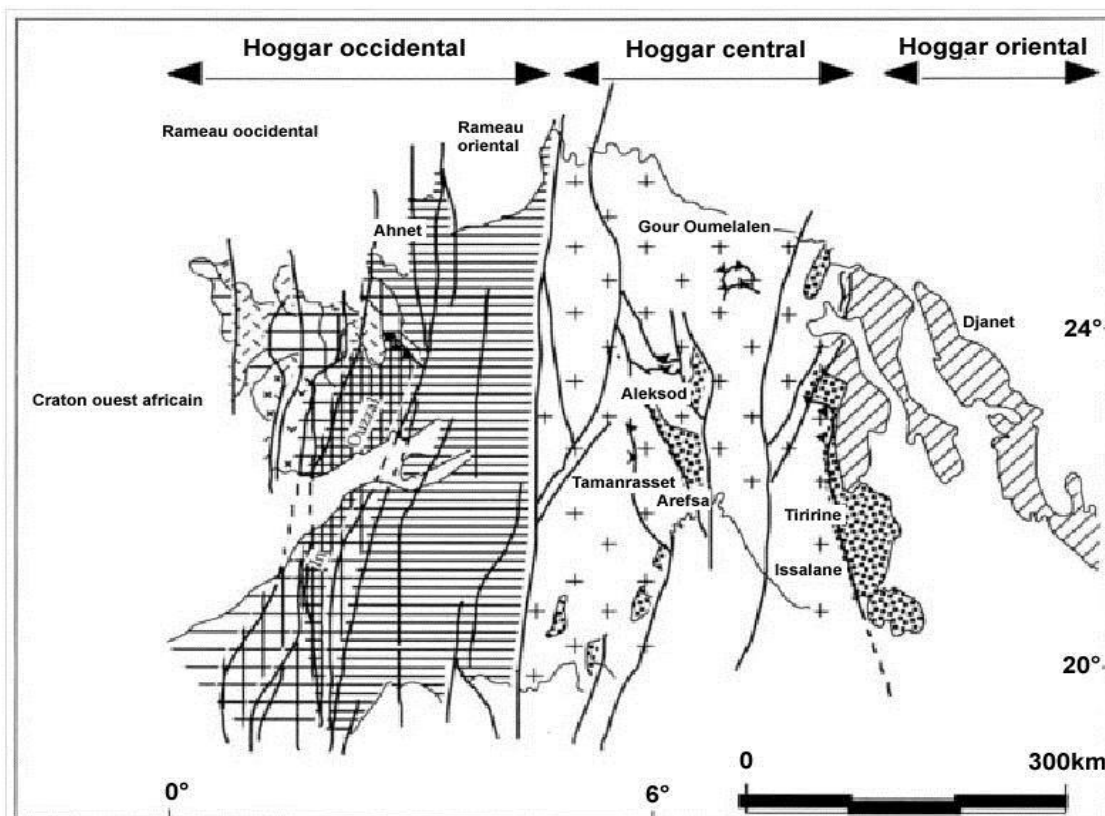


Fig.5: Seconde subdivision de Hoggar (Bertrand et Caby 1978)

2.3. La troisième subdivision (Liégeois 2019):

Cette subdivision basée sur le concept d'assemblage des terranes a été testée avec succès en Aïr puis extrapolée à tout le bouclier touareg.

Les terranes sont des blocs tectoniques majeurs ayant des caractéristiques litho stratigraphiques, structuro-métamorphiques et magmatiques caractérisant des micros plaques tectoniques qui donneraient naissance par leur assemblage à une chaîne orogénique

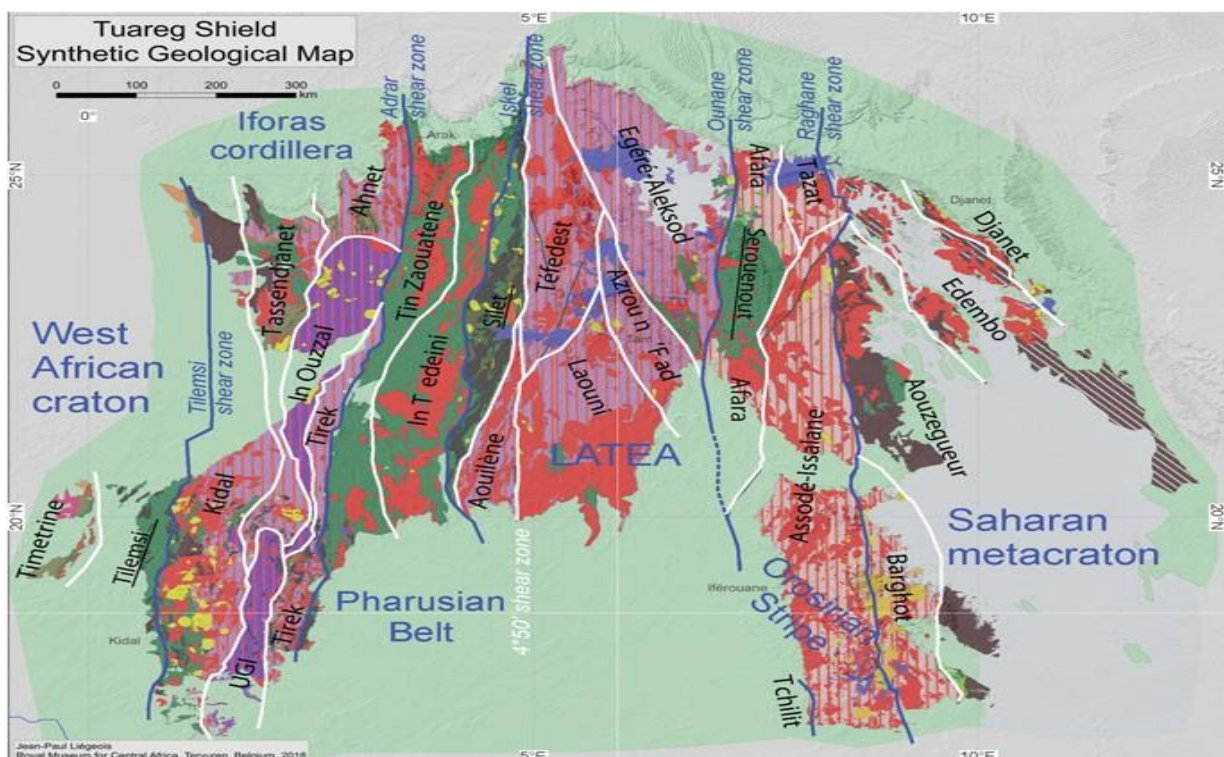


Fig.6: Troisième subdivision de Hoggar (Liégeois 2019)

Dj: Djanet; **Ed:** Edembo; **Ao:** Aouzegueur; **Ba:** Barghot; **As-Is:** Assodé-Issalane; **Tch:** Tchilit; **Ta:** Tazat; **Se:** Serouénout; **Eg-Al:** Egéré-Aleksod; **Az:** Azrou-n-Fad; **Te:** Tefedest; **La:** Laouni; **Isk:** Iskel; **It:** In Teidini; **Za:** Tin-Zaouatine; **Tir:** Tirek; **Ah:** Ahnet; **Ou:** In Ouzzal; **Ugi:** Unité granulitique des Iforas; **Tas:** Tassendjanet; **Ki:** Kidal; **Til:** Tilemsi; **Tim:** Timétrin
AF : Afara ; **AOU:** Aouiléne.

3. DESCRIPTION GEOLOGIQUE DU HOGGAR :

3.1-Le Hoggar occidental

3.1.1. La branche occidentale :

Elle est située entre la zone d'accrétion de Tilemsi et l'accident majeur 2°30 (faille de l'Adrar) et comprend les terranes In Ouzal - lforas (IOGU - IGU) Kidal - Tirek (Ki - Tr), Tassendjanet (Tas) et Ahnet (Ah).

Les terranes de Kidal - Tirek, situés en grande partie en Adrar des lforas, sont formés essentiellement *d'assemblages gneissiques* hautement métamorphiques (assemblage « kidalien », Boulier et al 1978) formant, au Nord de l'Adrar des lforas, le socle de Tissandjanine (Caby 1973) et d'une *séquence supracrustale* à quartzite et marbre d'âge Paléoprotérozoïque, profondément réactivé au Panafricain. Ils sont recouverts successivement en discordance par deux formations de type plate-forme ; une formation de base à quartzite alumineux associée à des orthogneiss alcalins datés à 1837 Ma (Caby et al 1983) comparable à la série d'Ahnet et une formation supérieure à quartzite, schistes et marbre datée à 793 Ma (Clauer 1976) comparable à la série à stromatolithes de Tassendjanet. Les deux formations sont recoupées par des granites et tonalites déformées datées à 696 Ma (Caby et al 1985) et surmontées en discordance par des séries volcano-clastiques à caractère orogénique contenant des grauwacke, tillite et volcanisme andésitique de type série verte (Groupe Taféliant, formations d'Oumassene... etc.). Elles sont recoupées par des batholites calco-alcalins hautement potassiques datés à 634-570 Ma (liégeois et al 1987) et des complexes annulaires datés 540 Ma.

Le terrane de Tassendjanet occupe la partie NW du Hoggar occidental et comprend un socle formé de la série gneissique de Tassendjanet, intrudée par le granite de Tassendjanet daté à 2090 Ma (Allègre et Caby 1972) et une couverture composée de :

- Un ensemble méta-sédimentaire de type plate-forme représenté par la série des quartzites alumineux de type Ahnet datée à 1755 (Caby et al 1983) surmontée par la série des dolomies et calcaires à stromatolithes avec d'importants corps basiques et ultrabasiques datés à 1145 Ma.

- Un ensemble orogénique à dominance volcan clastique à faciès de schistes verts (série verte ;R.Caby, 1970) intrudé par le complexe plutonique d'Ougda daté à 676 Ma (Caby et Monié 2003).

Les molasses panafricaines à large extension recouvrent l'ensemble des formations précitées.

Le terrane lforas – In Ouzzal UGO / UGI est formé de deux unités structurales à bordures mylonitiques épaisses représentant une importante nappe de socle (Boullier 1979 et 1981) à structure et métamorphisme polyphasés et complexes (Ouzegane 1987, Haddoum 1992, Bertrand et al 1992, Peucat et al 1996). Elles sont caractérisées par une série supracrustale à métasédiments, interprétée comme des vestiges d'une ceinture de roches vertes archéennes déposée sur un socle à gneiss et granitogneiss anciens d'affinité TTG (Haddoum et al 1994), associées à des léptinites et gneiss syénitiques datées à 2700-3300 Ma (Ferrara et Gravelle 1966, Caby et al 1972, Lancelot et al 1976), Ces roches, mises en place peu avant le métamorphisme granulitique et l'emplacement de corps de carbonatites datés 1900-2000 Ma (Bernard-Griffiths et al 1988, Ouzegane et al 1988, Semiani 1995), sont recoupées par des intrusions charnockitiques tardi-cinématiques datées à 2000-2100 Ma (Lancelot et al 1976, Ben Othman et al 1984, Haddoum et al 1994, Peucat et al 1996). L'empreinte de la tectonique panafricaine souvent négligeable (Maluski et al, 1990) est marquée par un ensemble d'intrusions granitiques calcoalcalines panafricaines (Liégeois et al 1987, Fezaa 2001).

Le terrane d'Ahnet est situé au nord du terrane In Ouzzal. Il est caractérisé par la prédominance de formations de type plate-forme (série des quartzites d'Ahnet) intercalées de rhyolites datées à 1755 Ma (Caby et al 1983) et recouvertes par les formations de la série à stromatolithes. Cette dernière est constituée de calcaires et dolomies à stromatolithes (Caby 1970, Moussine-Pouchkine 1988) corrélées avec le groupe Attar (bassin de Taoudeni, Craton ouest africain ; Bertrand-Sarfati 1972) et déposées entre 998 et 695 Ma (Clauer et al 1982).

Des sills pré-tectoniques mis en place dans cette série sont datés à 793 Ma (Clauer 1976)

3.1.2- La branche orientale

Elle est située entre la faille de l'Adrar (2°30) et l'accident 4°50 jalonnés par de puissantes bandes de mylonites sub-verticales. Cette branche correspond aux terranes de Tin Zaouatene - In Tedeini et Iskel

Les terranes Tin Zaouatene – In Tedeini: C'est un domaine caractérisé par des formations paléoprotérozoïques polyphasées (Série de type Tékouyat) à abondance de gneiss, migmatites, méta-sédiments et de granites d'anatexie panafricains de large extension dans le terrane de Tin Zaouatene. Ces formations sont surmontées en discordance par des reliques de formations orogéniques volcano-détritiques d'âge panafricain à faciès des schistes verts associées à un plutonisme calco-alkalin panafricain (650 – 550 Ma) relativement abondantes dans le terrane d'In Tedeini.

Le Terrane d'Iskel est caractérisé par deux ensembles volcano-sédimentaires superposés d'âge Néoprotérozoïque, séparés par une discordance majeure (Bertrand et al 1966).i: **Un ensemble inférieur** (série de Timeslarsine), à dépôts de plate-forme et de volcanites basiques à ultrabasiques interprétées comme de potentielles ophiolites (Abed 1983) préluant un stade de rifting au Néoprotérozoïque I, métamorphisé et plissé avant la mise en place des batholites calco-alkalins datés à 868-839 Ma (Caby et al 1982) caractérisant selon Caby (2003) l'arc magmatique d'Iskel et ii : **Un ensemble supérieur** grésopélitique à la base (formation d'Amded) et volcanique au sommet (série d'Ighellouchem) est interprété comme des dépôts de marge active (Dupont 1986) datés à 680 Ma (Liégeois in Dupont et al 1987). Le métamorphisme anchi à épizonal est recoupé par deux familles de plutonites : les granitoïdes pré-cinématiques de type Aouilène datés à 630 Ma (Bertrand et al 1986 a) et les granites tardi tectoniques de type Immezzarène datés à 580 Ma (Bertrand et al 1982). Les granites anorogéniques de type Taourirt, mis en place pendant la phase de décompression sont datés entre 570 à 520 Ma (Cahen et Snelling 1984, Cheilleitz 1993, Caby et al 2003, Azzouni-Sekkal et al 2003) marquent la fin de l'orogénèse panafricaine.

3.2- Le Hoggar central polycyclique

Il est délimité par les deux accidents mylonitiques 4°50 et 8°30 et englobe donc les formations du môle Issalane. Il englobe le métacraton LATEA (Laouni, Azroun'fad,

Tefedest, Egéré et Aleksod) ainsi que les terranes de Serouenout, Tazzat, Issalane et Assodé.

Le LATEA est caractérisé par l'abondance de granitoïdes d'anatexie panafricains associés aux formations gneissiques poly-structurées du socle paléoprotérozoïque, à faciès amphibolite et granulite souvent frais (Belhai et Ouzegane 2000 et Ouzegane et al 2001) et plus ou moins abondants datés à 2000 Ma (Peucat, 2003). Ce socle contient des reliques d'âge Archéen (Gour Oumellalen, Latouche 1978) et des bassins panafricains restreints formés d'assemblages volcano-sédimentaires à faciès des schistes verts

Deux grands ensembles métamorphiques paléoprotérozoïques, séparés par une discordance tectonique, sont reconnus (Bertrand, 1974)

- Un ensemble gneissique inférieur (série Arechchoum) à dominance d'orthogneiss de leptinites et de gneiss quatzo-feldspathiques associés à de rares méta-sédiments métamorphisés dans le faciès amphibolite à granulite.

- Un ensemble gneissique supérieur (série Aleksod ou Egéré), à dominance de paragneiss et méta-sédiments (quartzites, marbres et amphibolites) métamorphisé dans le faciès amphibolite.

Trois familles de granites intrudent ces deux ensembles :

- Les granites anatextiques pré à syn-tectonique de type "Anfeg" (615 Ma).
- Les plutonites tardi-tectoniques de type Tiferkit (580 Ma).
- Les granites post-tectoniques de types Taourirt (520 Ma)

Les formations néoprotérozoïques, peu développées, constituent des bassins restreints et isolés (Aghefsa, Témassint ...etc.). Elles forment deux ensembles volcano-sédimentaires, séparés par une discordance, interprétés comme des dépôts de marge active (Briedj 1994).

- L'ensemble inférieur (série In lefsaouene, Amadit) à dominance de micaschistes et marbre avec des niveaux d'amphibolites, reposant en discordance angulaire et structurale sur toutes les formations du socle paléoprotérozoïque.

- L'ensemble supérieur (série Assendjef, Tinouig), à dominance terrigène à la base (série de Imededghene, Tit nAfa,) et volcanique au sommet, repose en discordance sur le premier ensemble.

Les dépôts molassiques, formant divers lambeaux isolés, recouvrent l'ensemble des terrains précambriens.

Le terrane de Sérouenout : Il est chevauché au Nord sur le terrane Egéré-Aleksod et constituée essentiellement d'un assemblage de gneiss divers et orthogneiss à faciès amphibolite profond associé à des schistes alumineux et méta-sédiments polyphasés d'âge inconnu. Au Sud, ce terrane renferme des reliques de roches ultrabasiqes (Imzaden) interprétées comme étant de potentielles ophiolites.

Le Terranes Assodé – Issalane est délimité par deux accidents majeurs (7°30 et 8°30) et caractérisé par des assemblages gneissiques à faciès amphibolite profond à dominance de gneiss, migmatites et d'anatexites, de large extension, associés à des séquences supra-crustales à méta-sédiments d'âge inconnu et un socle d'âge probablement Archéen (terrane Issalane).

Deux familles de plutonites intrudent ces formations; les granites potassiques d'âge 670 Ma et les granites calco-alcalins High K datés à 645-580 Ma (Black et 1994).

Le Raghane–8°30 shear zone (zone de suture Est): constitue un accident lithosphérique majeur jalonné par d'épaisses bandes de mylonites (Bertrand et al 1978). Une zone de subduction à plongement Ouest, caractérisée par des assemblages de roches basiques et ultrabasiqes d'affinité tholeïtique, interprétées comme de potentielles ophiolites, sont bien exprimées en Aïr (Assemblage d'Agalen, Liégeois et al 1994; Boullier et al 1991) et le long de la bordure ouest du terrane d'Aouzegueur (région de Timolétine, structure dite « encoin »; Fomine, Erem 1990 rapport inédit) , ce sont les roches métabasiqes d'affinité tholeïtique d'Arirer (Caby et al 1987).

3.3 -Le Hoggar oriental

L'évolution géodynamique de ce segment de la chaîne panafricaine se résume en deux phases successives (Black et al 1994):

La phase précoce (750-660 Ma): correspond à la mise en place d'un socle étroitement lié au fonctionnement d'une zone de subduction à plongement ouest suivie d'une forte collision ayant généré un métamorphisme HP, une anatexie crustale, des chevauchements régionaux et un plutonisme calco-alcalin moyennement à hautement potassique.

La phase tardive (650-580 Ma) est marquée par de grands déplacements horizontaux le long des méga shear-zones et par la mise en place des batholites calcoalcalins hautement potassiques et le dépôt de formations molassiques de couverture.

Quatre terranes (Barghot, Aouzegueur, Edembo et Djanet) formant un bloc crâtonisé à 730 Ma (Caby et al 1987) ont été identifiés et rattachés au craton Est saharien .

Le terrane Barghot (Aïr) est un socle ancien caractérisé par deux assemblages gneissiques hautement métamorphiques ; le groupe inférieur d'Azenguerene à structure complexe, à dominance de gneiss migmatitiques et d'amphibolite surmonté des formations supra-crustales essentiellement méta-sédimentaires mono à polycycliques (groupe de Tafourfouzet), intrudées par des batholites post cinématiques calcoalcalins de large extension (Boullier et al 1991, Liégeois et al 1991).

Le bloc Tafassasset-Djanet est : un segment du socle de la ceinture plissée pré-panafricaine de direction NO-SE, subdivisé en trois domaines séparés par des accidents mylonitiques verticaux et dont les relations stratigraphiques sont inconnues (Caby et al 1987).

Le terrane d'Aouzegueur :(domaine occidental) est représenté au Hoggar oriental par un socle à dominance de granites et de roches volcano-détritiques à marbre, pyroxénites à grenat et d'une formation flyschöide à schiste, grauwacke, tuf, andésite et diabase, intrudé par diverses familles de plutonites. En Aïr, des formations similaires ont été réparties en trois unités lithologiques chevauchantes faiblement pentées vers l'ouest (Boullier et al 1991); l'unité orientale d'Eberjegui à dominance de roches plutoniques d'affinité TTG, intrudant un socle à orthogneiss d'âge pré panafricain suivie de l'unité ophiolitique d'Aouzegueur à écailles ultrabasiques qui se prolongent au Hoggar oriental (structure en coin de Timoletine ,

Black et al 1967 et Caby et al 1987) puis par l'unité supérieure d'Areï à dominance de roches grésopélitiques et méta sédimentaires Ces trois unités sont recouvertes par des dépôts molassiques du proche Ténéré corrélés à la série de Tiririne datés à 660 Ma.

Les terranes Edembo-Djanet : sont juxtaposés à la faveur d'un grand cisaillement subvertical. Le terrane Edembo correspond à une ceinture de roches sombres déformées et mylonitiques formées d'un assemblage à micaschistes, métagrauwackes, de rares lentilles de marbres et d'importants corps concordants de méta basaltes, intrudés d'orthogneiss et sills rhyolitiques d'âge inconnu. Le terrane de Djanet est caractérisé par des formations terrigènes à siltstones shales, conglomérats et métagrauwackes faiblement métamorphiques et peu déformées intrudés par plusieurs corps granitiques panafricains.

1. LITHO-STRATIGRAPHIE :

La région d'Issalane est constituée de deux grands domaines géologiques séparés par l'accident majeur 7°30 : le terrane de Sérouenout à l'Ouest et celui d'Issalane à l'Est d'âge paléoprotérozoïque. Dans sa partie Nord affleure les formations qui constituent le bassin pharusien de Temassint. Le SW de la feuille fait partie de la bordure nord du bassin paléozoïque de Tin Seririne et le reste de la feuille appartient aux formations paléoprotérozoïques du Hoggar central polycyclique.

Sur le plan stratigraphique, on distingue un socle protérozoïque constitué essentiellement de deux grandes entités géologiques de différente composition et structure à savoir les séries inférieures dites « Séries éburnéennes ou paléoprotérozoïques » qui affleurent aussi bien dans la partie occidentale qu'orientale de la feuille, et les séries dites « panafricaines » occupant le sommet de la coupe du Précambrien. Ces dernières, elles affleurent en bandes subméridiennes au sud du bassin de Temassint. Sont représentées par deux séries métamorphiques superposées ; la série d'Amadit à la base et celle de Tinouig au sommet. Ces deux séries sont séparées par une discordance stratigraphique et structurale de base marquée par un niveau repère constitué selon (*Arène 1959, Guérangé 1966*) par des marbres dolomitiques.

Sur les séries protérozoïques reposent des formations molassiques dites aussi série « *Intermédiaires* » qui affleurent en petits lambeaux isolés dans la partie centre-Est de la feuille d'Issalane.

Les séries de couverture reposent en nette discordance structurale et stratigraphique sur le socle précambrien et ses dépôts molassiques. Elles sont représentées par les formations sédimentaires paléozoïques affleurant au SW de la feuille (**Fig.7**)

Les dépôts du Quaternaire (Regs, Ergs et alluvions d'oueds) sont observés un peu partout sur la carte géologique d'Issalane 1/200000 (**Fig.7**)

1.1. Séries de couverture :

Quaternaire : Trois types de dépôts ont été distingués :

Lithologiquement, on distingue nettement trois types de dépôts quaternaires :

- Les dépôts alluvionnaires qui longent les grands oueds tels que l'oued Tament, l'Oued Tin Tanetfirt, Oued Issalane et Oued Takalous qui se prolongent au Nord dans la feuille In-Takelkeba.

- Les dépôts éoliens (ou Ergs) bien visibles dans la partie centrale ouest de la carte à l'Ouest de l'Oued Takalous ainsi qu'au Sud à l'Est des Tassilis. Ils sont représentés principalement par des dunes isolées ou de cordons dunaires.

- Les dépôts de pénéplaines (ou regs) présents surtout dans la partie Ouest et Sud-ouest de la feuille. Ils forment de larges plateaux désertiques et recouvrent en général une bonne partie de la série de l'Arechchoum ou encore les ensembles granitiques G₁.

Paléozoïque

Il affleure dans la partie Sud-ouest sur la carte géologique d'Issalane et forme en grande partie les grès inférieurs des Tassilis de la région de Tin Seririne d'âge ordovicien. Il forme également au Sud de l'Oued Tadent une falaise de plus de 100m d'épaisseur longeant l'accident majeur 7°30. Ce type de dépôts n'est affecté par aucune phase de plissement. L'érosion ne laisse subsister au Sud que des lambeaux ou pellicules de grès.

1.2. Séries intermédiaires (molasses panafricaines) :

Eo-Cambrien

Visible en très petits lambeaux dans la partie Est sur la carte géologique d'Issalane de forme subcirculaire. Elle est représentée essentiellement par les produits molassiques issus de la destruction de la chaîne panafricaine.

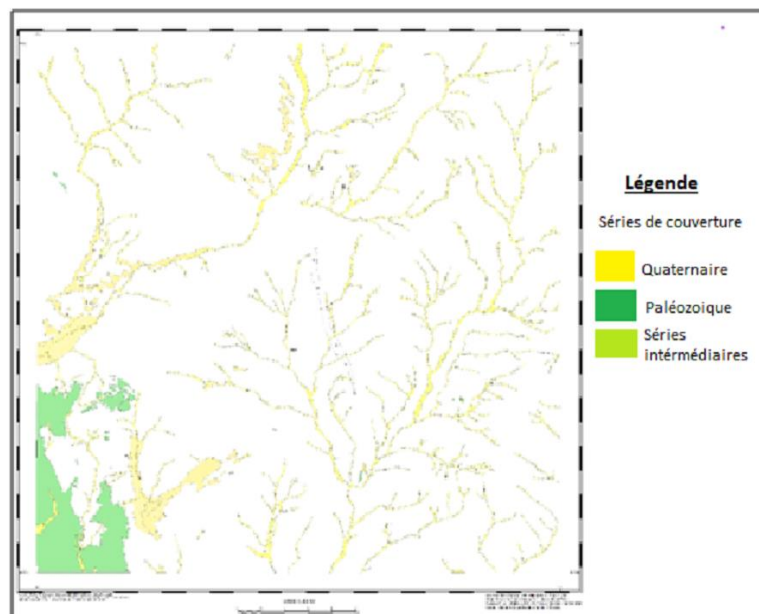


FIG .7 : Séries de couverture (Carte géologique 1/200.000 Issalane ASGA 2023 en cours de publication)

1.3. Socle précambrien

Le domaine Sérouenout

1.3.1. Les séries métamorphiques du Néoprotérozoïque

Les formations néoprotérozoïques affleurent exclusivement au Nord de la feuille d'Issalane. Elles forment un ensemble lithologique imposant dont la base est définie par une belle discordance stratigraphique et structurale marquée selon Guérangé (1966) par un niveau de marbres appelées « Cipolins de base C₁ » qui les séparent des schistes cristallins du socle paléoprotérozoïque. Dans cette partie de la feuille, cet ensemble stratigraphique est subdivisé en deux séries plus ou moins bien distinctes ; à la base une série volcano-sédimentaire (NP₁) dénommée « Série d'Amadit » à dominance de schistes et de métavolcanites basiques, surmontée par la série « Série de Tinouig » (NP₂) ; série aussi à dominance volcano-détritique à la base et essentiellement volcanique au sommet.

Néoprotérozoïque 2: Série de Tinouig(NP₂) :

Cette série apparaît très clairement sous forme d'un Synclinorium formant l'Adrar Tinouigene longeant l'accident 7°30. Elle constitue en gros un ensemble essentiellement méta-sédimentaire détritique associé à des métavolcanites de composition acide composée par :

A la base, les amphibolites forment un banc interstratifié ensuite Des quartzites qui présentent plusieurs faciès. Puis viennent, des leptynites sériciteuses parfois œillées, à intercalations de quartzites. Ensuite vient une puissante assise de leptynites œillées. L'origine volcanique de cette formation ne fait aucun doute.

- Néoprotérozoïque 1 (NP₁) : Série d'Amadit :

Cette série, définie par Guérangé (1966) constitue le couloir d'Amadit, le synclinal de Tebourak et l'anticlinal de Teht Serouasset. C'est-à-dire la partie orientale du flanc Est du Synclinorium de Temassint. Cette série est composé essentiellement par :

- un niveau de cipolins C₁ très caractéristique, d'extension régionale.
- Puis vient, une fine alternance de para-quartzites et de schiste quartzeux d'origine nettement détritique qui s'intercalent avec de rares niveaux de conglomérats.
- Ensuite des schistes pélitiques.
- et enfin des calcaires et calcschistes.

1.3.2. Les séries métamorphiques du Paléoprotérozoïque

Ce sont, dans l'ensemble, des gneiss à biotite ou à amphibole migmatisés avec de nombreuses intercalations d'amphibolites. Ces roches forment deux grandes séries métamorphiques.

- **Série Aleksod (Paléoprotérozoïque 2 (PP2))**: Cette série principalement affleure dans la partie Ouest de la feuille (domaine Sérouenout) mais aussi à l'Est de l'accident majeur 7°30' (Domaine Issalane).

Elle est formée par une alternance de schistes cristallins à Bt et Bt-Muscovite qui s'alternent avec une triade assez caractéristique représentée par des amphibolites, quartzites et marbres.

- **Série Arechchoum (Paléoprotérozoïque 1 (PP1))**: Elle affleure dans l'extrême Ouest de la feuille constituée essentiellement par des migmatites de rares amphibolites et quartzites.

2. MAGMATISME

Le magmatisme de la feuille d'Issalane constitue plus de 60% des affleurements.

2.1- Les formations plutoniques : La synthèse des données antérieures, effectuée sur des divers types de plutonites qui ont permis de définir cinq grandes familles plutoniques dont la chronologie peut être établie comme suit :

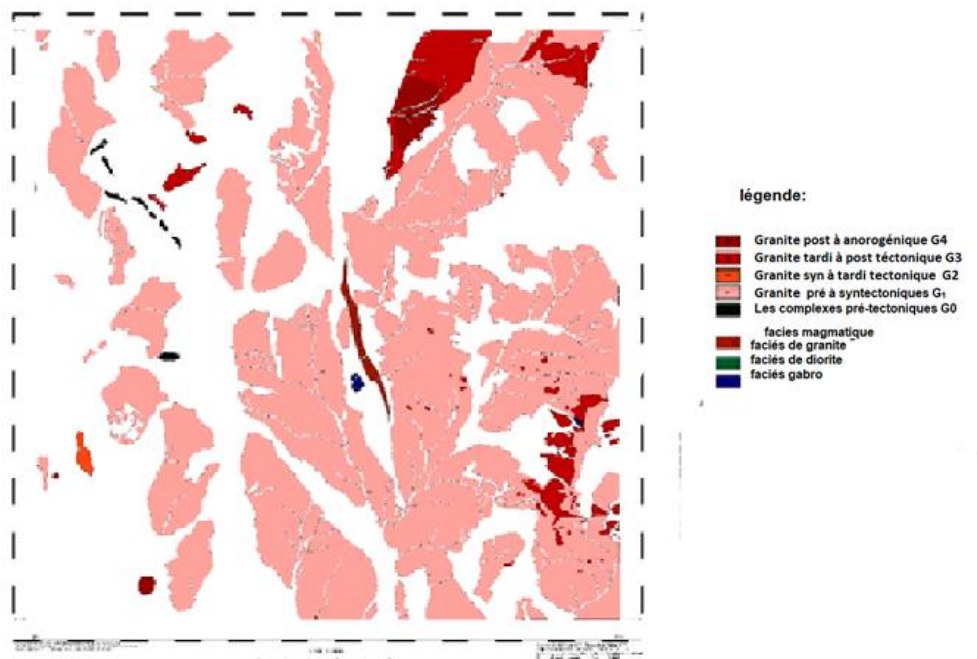


Fig.8 : Magmatisme de la région d'Issalane (Carte géologique 1/200.000 Issalane ASGA 2023 en cours de publication)

2.1.1. Plutonisme post à anorogénique G₄ : Granitoïdes de type Taourirt.

Il constitue des massifs de granites nettement circonscrits recoupant à l'emporte-pièce l'ensemble des formations métamorphiques et magmatiques antérieures.

Ils affleurent aussi bien à l'Est qu'à l'Ouest de l'accident lithosphérique majeur 7°30', Dans la partie Est de la feuille, ces granitoïdes forment également un grand massif que nous avons baptisé « Tadent » qui recoupe nettement le granite G₃ de type « Honnag » d'extension régionale.

Ces massifs, issus de la cristallisation d'un magma mis en place au cours de la dernière phase de la tectonique panafricaine (phase de relaxation) sont nettement intrusifs avec l'encaissant. Ils sont parfois marqués par la présence d'enclaves de toutes les roches du socle et par un net métamorphisme de contact (présence de cornéennes). Ils sont de nature nettement alcaline.

2.1.2 –Complexe tardi à post-tectonique G₃ : Granites de type Honnag et Adaf.

Ce sont des massifs granitiques recoupant la foliation des formations métamorphiques et magmatiques antérieures leur contact est nettement intrusif avec l'encaissant, Ces massifs sont affectés par la dernière phase tectonique dont les failles N140° NW-SE.

2.1.3 - Les granites syn à tardi tectoniques G₂.

Ce type de granite est syn-tectonique donc issu de la remonté du magma lors de la tectonique à travers les failles ce qui lui donne cet aspect de goutte visible dans la partie SW de la feuille (domaine Serouanout) ; on retrouve une roche de composition granitique, montrant une couleur blanchâtre à texture massive et compacte.

Ce granite il est composé de (Quartz, Orthose, Microcline, Plagioclases, Micas et les Minéraux accessoires)

2.1.4 - Les granitoïdes pré à syn-tectoniques G₁.

Ce sont des granite d'anatexie issu de la fusion du socle métamorphique est progressif avec les gneiss, migmatite gneissique à granite, ce granite affleure sur une large superficie de toute la feuille la granitisation est extrêmement développée laissant apparaître le granite au cœur des anticlinaux.

2.1.5 - Les complexes pré-tectoniques

- Orthogneiss granitiques et dioritiques G₀

Il s'agit principalement de formations magmatiques mises en place avant la manifestation de l'orogénèse panafricaine

Dans la région d'Imzadene (partie SW de la feuille) une roche verdâtre entièrement transformée minéraux secondaires (séricite, actinote, chlorite, épidote-zoisite, oxydes de fer),

- Complexe de roches basiques et ultrabasiques d'affinités tholéitiques θ_0 .

Le complexe d'Ouzzaf est constitué essentiellement de proxénète caractérisant un cortège ophiolitique

Dans la partie NW la serpentinitisation est aussi développée

Le massif de roches vertes de l'adrar In Imzaden situé au Sud d'Ouzzaf, forme donc une lentille allongée E-W concordant en gros avec les directions structurales sublatitudinales.

2.1.6 - Les formations filoniennes

Les filons de quartz sont orientés soit NE-SW (correspondant à un remplissage de faille à décrochement dextre), soit NW-SE (remplissage tardive des failles à décrochement senestre).

Les microgranites sont globalement de direction N-S et s'accompagnent parfois de dyke intermédiaire de direction NE-SW.

Les dykes basiques sont peu développés et accompagnent les dykes intermédiaires notamment au sud de la feuille.

3. TECTONIQUE

3.1. Les déformations anté-panafricaines

Les schistes cristallins néoprotérozoïques forment de vastes ensembles plissés d'axes subméridiens. On distingue trois unités structurales « Synclinorium de Tamassint, Anticlinal de Tadjet, synclinaux de Tin-n-Afara, puis chacune de ces grandes structures peut se subdiviser.

La Phase 1: correspond aux plis couchés parallèles à la schistosité cristallophyllienne S1.

La Phase 2: Plis droits ou déversés de la stratification et de la schistosité cristallophyllienne+ Fracturation méridienne du bassin régional.

La Phase 3: correspond à des plis de faible amplitude matérialisée parfois par une schistosité de diaclase très fine S3.

La Phase 4: Fracturation de direction N140° des plis d'extensions.

La Phase 5: correspond à la fracturation parallèle à celle de Honag de direction N20°.

3.2. La tectonique panafricaine.

3.2.1. Les phases de plissement.

- Plissement S1 : la plus ancienne phase de déformation observé dans les terrains métamorphiques du néoprotérozoïques correspondant à des plis de stratification couché et admettant comme plan axial la schistosité cristallophyllienne S1. Ce sont des plis syn-schisteux, difficilement détectables dans l'ensemble des formations métamorphiques.
- Plissement S2 : c'est des plis post-schisteux semblables ou concentriques localisés sur les flancs des grandes structures ; ce sont de grands plis droits ou déversés allongés.
- Plissement S3 : sont des plis en chevron de faible amplitude qui se manifestent par une schistosité de diaclases S3.

Dans les plis serrés la schistosité de diaclases devient une vraie schistosité qui se débite suivant les plans S1 et S3, le plissement S3 s'accompagne de recristallisation de lamelles de biotite se développant selon des plans parallèles aux plans axiaux des plis.

3.2.2. La tectonique cassante :

- Fracturation N140° : situé dans l'ensemble de la feuille, Elle marque une intense dislocation tectonique suivie d'importants décrochements senestres.

En pays néoprotérozoïque, la discordance orientale affectée par des diaclases N50° qui s'incurvent et passent à l'ouest en failles N140°.

- L'accident Honnag de direction N20°: représente le dernier mouvement au cours du néoprotérozoïque et recouper toutes les failles de direction N140° et N50°.

4. RESSOURCES MINERALES

La région possède de nombreuses ressources minérales réparties comme suit :

L'Or :

est encaissé principalement dans deux types de formations (Filons de quartz et zones de silicification et de bréchification)

Les filons de quartz sont à minéralisation sulfuro-aurifère (galène – pyrite – chalcopyrite). La majorité des filons sont encaissés dans les granites et les schistes.. Leur longueur varie de quelques à cent mètres et leur épaisseur de 0,1 à 2 m. leur teneur est de 0.2 à 15 g/t, dans les indices jusqu'à 100 g/t.

Talc :

INDICE AMZADÈNE : Encaissé dans des micaschistes et d'autres petits corps lenticulaires de roches ultrabasiques (serpentinites) légèrement talciques et des talc-schistes. La minéralisation de type talc-schiste est présente le long de faille en contact avec les schistes de dimensions n'excédant pas 25-30 m de longueur et 5-6 m de largeur.

INDICE OUZZAF : Il est lié au massif de roches basiques-ultrabasiques représentées par des talc-schistes et des serpentinites plus ou moins talciques, larges de 300 à 500 m et longues de 500 à 1000 m, orienté suivant la direction SE-NW.

L'amiante :

La minéralisation en amiante se présente dans le petit massif de serpentinite « Adrar In- Imzaden ».

On y distingue 3 types de minéralisations :

- La minéralisation veinulée : le contact des serpentinites avec des talc-schistes.

La longueur des fibres d'amiante ne dépasse pas 15mm.

- La minéralisation filonienne : Les filons et les veines.

- Et les Filons isolés_ : Sont encaissés dans la masse de serpentinite.

Grenat :

Le grenat est associé à des couches des schistes micacés du Paléoprotérozoïque. s'étalent sur plus de 02 Km et une épaisseur de 06 m. Cet indice ne présente pas d'intérêt pratique.

Fluorine :

elle est observée sous forme de cristaux, apparaît avec le filon de quartz orienté selon le sens de la direction : N 320° encaissé dans les granites du massif de Tadent.

Barytine :

Elle est observée dans un petit massif de granite à biotite. Les dimensions de la zone minéralisée sont de 25 X 25 m.

1. GENERALITES SUR LES GRANITOÏDES :

1.1 .Définition des granitoïdes :

Par définition, les granites sont des roches plutoniques riches en quartz, qui comportent plus de feldspath alcalin que de plagioclase. En réalité, on s'intéresse le plus souvent aux granitoïdes, c'est-à-dire aux roches plutoniques avec plus de 20% de quartz, indépendamment de la nature du ou des feldspaths qu'on y trouve.

Un **granitoïde** ou **roche granitique** est une variété de roche magmatique plutonique principalement composée de feldspaths et de quartz. Ce terme regroupe principalement les différentes variétés de granite, la granodiorite, la trondhjémite et la tonalite.

Le groupe des granitoïdes comporte une grande variété de roches. On peut les distinguer du point de vue de leur origine, de leur composition, ou encore de la nature des minéraux autres que ceux qui rentrent dans la définition (les minéraux « cardinaux », quartz et feldspaths) : si la biotite (mica noir) est quasiment systématique, on peut en revanche (ou pas) rencontrer de la muscovite (mica blanc), de l'amphibole, parfois du pyroxène, du grenat ou de la tourmaline.

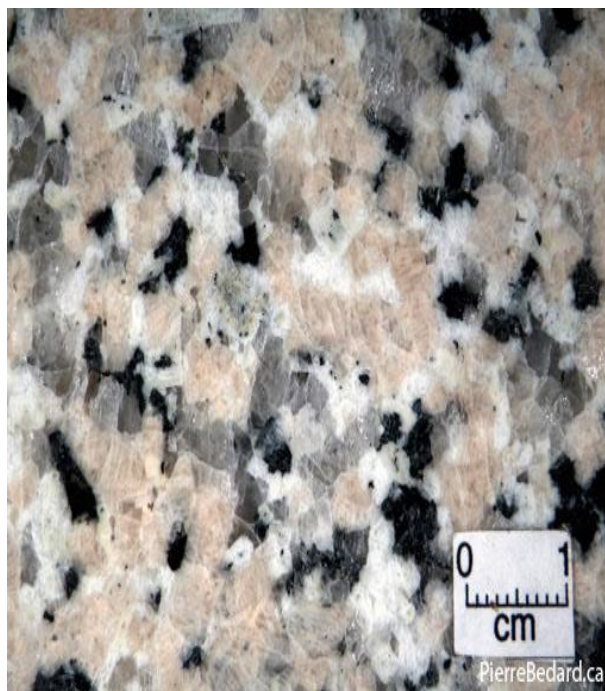


Fig.9 : Exemple d'un granite

1.2. L'Origine des granitoïdes :

Les granites sont d'origine plutonique (par opposition aux roches effusives, d'origine volcanique, comme le basalte). Ils se forment en profondeur par refroidissement très lent du magma.

Les minéraux cristallisent alors dans un certain ordre : d'abord la Biotite, puis les feldspaths, enfin le quartz. Certains granites naissent de la fusion de la croûte continentale lors d'une collision entre deux plaques tectoniques.

Deux modèles principaux de processus pétrogénétique responsable de la formation des granites sont proposés :

- Fusion crustale de roches à différents niveaux de composition variable (ces roches de la croûte continentale ou océanique donnant directement par fusion un liquide granitique) ;

- Fusion mantellique de roches ultramafiques qui donnent des basaltes ou des andésites/diorites, évoluant ensuite par le processus de différenciation en une série magmatique plus ou moins complète, qui s'étend du magma basique primaire au granite par contamination.

Ces modèles (origine mantellique et crustale) sont insuffisants pour expliquer la variété des granites dont la formation résulte le plus souvent d'une contamination et d'un enrichissement du magma basique par la silice et les alcalins (Na et K) qui diffusent de la croûte continentale, ou d'un mélange entre des magmas basiques d'origine mantellique et des magmas granitique d'origine crustale (granite mixte).

Si l'immense majorité des granites peuvent avoir deux origines différentes (mantellique et crustale), mais non incompatibles, tous les intermédiaires possibles existent.

La formation des granites résulte de mécanismes qui diffèrent selon l'environnement géodynamique au moment de leur mise en place.

Les géologues distinguent les granites anorogéniques (dans une région non soumise à un cycle orogénique) et les granites orogéniques dont la formation est liée à l'orogénèse et peut se faire au cours celle-ci (granites syn-tectoniques) plus ou moins orthogneissifiés formant des granites circonscrits à bords nets, des granites

d'anatexie à bords diffus, ou des granites mixtes) ou à la fin (granites syn à post-tectoniques formant des petits massifs circonscrits ou des grands batholites tardifs).

1.3. Classification des granitoïdes :

1.3.1. Selon l'origine de magma :

a- **Chappell et white (1983)** définissent deux types de granitoïdes :

- **Les Granitoïdes de types S** issus de la fusion des roches sédimentaires issues de magma secondaire. La minéralogie modale des granites de type S est dominée par les feldspaths alcalins et plagioclases et le quartz .

Ainsi, les granites de type S sont sursaturés en silice (contiennent du quartz), et ne contiennent pas de feldspathoïdes . Une caractéristique intéressante des granites de type S, à l'échelle de l'échantillon manuel, est que les feldspaths alcalins sont généralement de couleur blanche (plutôt que rose),

Des exemples de textures granitiques et de minéralogie telles qu'observées dans des dalles sciées à partir d'échantillons manuels prélevés sur des granites de la ceinture plissée de Lachlan , en Australie, sont présentés. Cela comprend des enclaves de roches sombres, lignées, ovoïdes et métamorphiques dans la granodiorite de Cooma de type S. Ces enclaves sont considérées comme représentant des restites par certains chercheurs et des xénolites métasédimentaires par d'autres.

Le granit Granya de type S montre les feldspaths blancs caractéristiques, le quartz gris et la biotite noire, le minéral hautement réfléchissant est la muscovite . Le granit Strathbogie de type S affleure dans les chaînes Strathbogie en Australie.

- **Granitoïdes de type I** : origine ignée (magmatique) issue de magma primaire.

Les granitoïdes de type I sont une catégorie de granites provenant de sources ignées, proposée pour la première fois par Chappell et White (1974). Ils sont reconnus par un ensemble spécifique de caractéristiques minéralogiques, géochimiques, texturales et isotopiques qui indiquent, par exemple, l'hybridation du magma dans la croûte profonde.

Les granites de type I sont saturés en silice mais sous-saturés en aluminium ; les caractéristiques pétrographiques sont représentatives de la composition chimique du magma initial. En revanche, les granites de type S sont dérivés de la fusion partielle de roches mères supracrustales ou "sédimentaires".

b-Selon Pitcher (1983) a ajouté les types M et A :

- Granitoïdes de types M : plagiogranite (ophiolite, rares)
- Granitoïdes de types A : anorogéniques (inferieur plaque, alcalin).

c- Selon le caractère alumineux : Il s'agit de la classification de shand 1951 qui tient compte de l'**index** d'agpaicité qui est défini comme suit :

$[AL] / [Ca+Na+K]$ en proportion molaire : trois cas sont possibles :

- $[AL_2O_3] / [CaO+Na_2O+K_2O] < 1$ métalumineux avec $A / NK > 1$.
- $[AL_2O_3] / [CaO+Na_2O+K_2O] > 1$ péralumineux avec $A / NK > 1$.
- $[AL_2O_3] / [CaO+Na_2O+K_2O] < 1$ peralcalin avec $A / NK < 1$.

d- Selon le site géodynamique (classification de Pearce 1984): dans cette classification on distingue quatre types de granitoïdes :

- Les granitoïdes des rides océaniques (ORG : Oceanic Ridges Granitoids)
- Les granitoïdes Intra-plaques (WPG : Within Plates Granitoids)
- Les granitoïdes des Arcs volcaniques (VAG : Volcanics Arcs Granitoids)
- Les granitoïdes syn-collisionnels (Syn.-COLG-Uplift).

1.4. La particularité des granites :

Le **granite** est une roche plutonique à texture grenue, riche en quartz, qui comporte plus de feldspath alcalin que de plagioclase. Il est caractérisé par sa constitution en minéraux : quartz, feldspaths potassiques (orthoses) et plagioclases, micas (biotite muscovite).

Le granite et ses roches associées forment l'essentiel de la croûte continentale de la planète C'est un matériau résistant très utilisé en construction, dallage, décoration, sculpture, sous l'appellation granite

La composition chimique moyenne du granite est : 74,5 % de SiO₂, 14 % d'Al₂O₃, 9,5 % de (Na₂O, K₂O), 2 % d'autres oxydes (Fe, Mn, Mg, Ca).

Le granite est une roche acide (riche en silice) et une densité moyenne : 2,7

2. ETUDE PETROGRAPHIQUE DES GRANITES:

2.1. Introduction :

Le magmatisme d'Issalane constitue plus de 60% de la carte géologique d'Issalane 1/200000. Il s'étend sur l'ensemble de la feuille, on y retrouve un magmatisme bien différencié dont la classification varie selon plusieurs critères (pétrographique, géochimique, textural...etc.).

On retrouve des granitoïdes dont la nature pétrographique est très variée qui se mettent en place au sein des séries métamorphiques du Paléoprotérozoïque. Ils sont mis en place à des époques différentes et dans divers phases de l'orogénèse panafricaine. Leurs rapports structuraux avec les séries gneissiques et les schistes cristallins encaissants permettent de définir des familles de granites dont la chronologie peut être définie comme suit :

- Complexe plutonique post-orogénique à anorogénique G4 : (type Taourirt).
- Complexe tardi à post-tectonique G3 : (Granites de type Honnag et Adaf).
- Les granites syn à tardi tectoniques G2.
- Les granitoïdes pré à syn-tectoniques G1.
- Les complexes pré-tectoniques

2.2. Description pétrographique

2.2.1. Description pétrographique des granitoïdes pré-tectoniques G₀ :

a- Description macroscopique (Echantillon Is18 SF008)

C'est une roche homogène, d'aspect massif et de couleur verte très foncé. Elle se caractérise par la présence abondante des amphiboles bien cristallisées, un peu de quartz en veinule ainsi que les feldspaths (plagioclases). La roche possède une structure hétéro-granulaire et texture massive.

Les amphiboles forment près de 65% du volume total de la roche. Ils sont représentés par de l'hornblende verte se présentant en grandes plages poecilitiques et en prismes allongés de taille environ 5 mm de long. Ils sont souvent xénomorphes, parfois craquelées et à contours déchiquetés. Certains cristaux sont légèrement altérés en calcite, en chlorite et avec les clivages soulignés par des oxydes de fer qui se développent parfois en symplectites.

C'est une roche verdâtre entièrement transformée par les processus secondaires qui ont modifié sa composition minéralogique. Le degré d'altération très avancé a donné une roche verte, formée essentiellement de minéraux secondaires (séricite, actinote, chlorite, épidote-zoisite, oxydes de fer), mais elle paraît appartenir à une roche magmatique. La teinte verdâtre est reliée aux amphiboles secondaires et au chlorite.

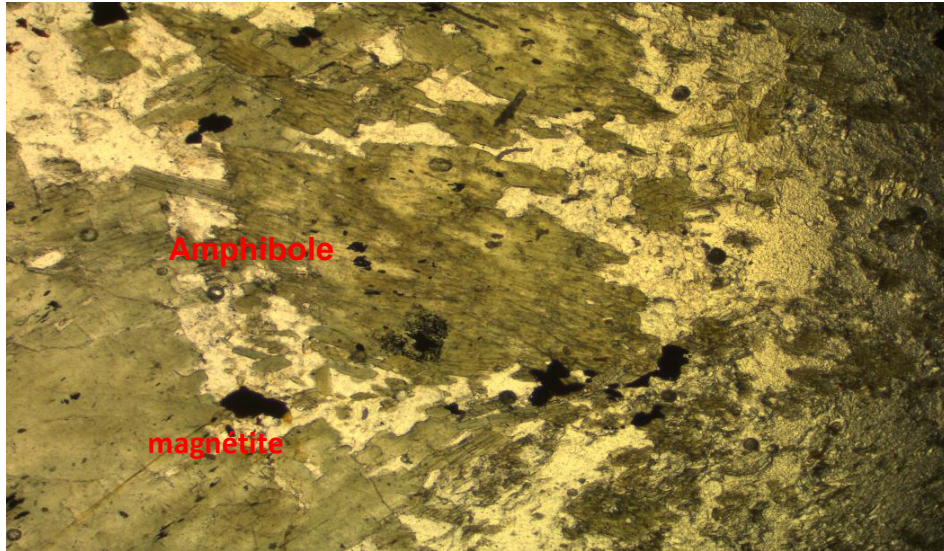
Ces transformations se traduisent par un métamorphisme rétro-morphique, observé sur les cristaux d'amphiboles et consiste en une transformation totale de l'hornblende verte par des amphiboles secondaires (actinote) et en chlorite lamellaire.

On note, parfois, une transformation totale de l'hornblende verte en ouralite (fibres d'actinote), de chlorite, d'épidote-zoisite et de substances ferrugineuses qui envahissent tout le cristal. Le résultat final de cette transformation est la formation, par endroits, d'amas de couleur vert jaunâtre.

En résumé, la roche est composée de minéraux suivants : **Amphiboles : 65%**, **Quartz : 10%**, **Plagioclases : 15%**, **Chlorite : 05%** et **Minéraux opaques : 05%**

b. Description Microscopique (Is18 SF008)(g0)

La roche se caractérise par une texture massive et structure hétéro-granulaire. Elle présente, également une couleur verdâtre marquée par des plages blanchâtres de feldspaths et parsemée de taches noirâtres, représentant les cristaux d'oxydes de fer opaques.



*Fig.10 : Vue microscopique de l'échantillon IS18SF008 en LN GR 4*0.10.*

- Minéraux cardinaux :

- **le quartz** : Le quartz forme des plages de cristaux xénomorphes entre les lattes de plagioclase et les amphiboles.

- **le plagioclase** : Les plagioclases sont développés en grands rectangles de taille atteignant 2,7mm et avec des contours partiellement creux. Ils sont affectés par une intense saussurisation, rendant leur détermination difficile. Elle est traduite par leur transformation totale en séricite crypto-écailleuse qui tend à envahir tout le cristal, en épidote-zoisite et en chlorite corrodant les parties centrales.

- **L'amphibole** : Les amphiboles sont représentés par des cristaux prismatiques avec deux clivages, parfois la macle en sablier caractéristique en section basale et un seul clivage en section longitudinale. Ces cristaux d'amphibole renferment des inclusions de Zircon, biotite chloritisée et de minéraux opaques.

Certaines sections sont remplacées, à leur tour, par de l'épidote (phénomène de rétro-morphose) et piquetés de tâches verdâtres de chlorite. Leur transformation a engendré, également, la néoformation des oxydes de fer opaques sous forme de particules informes.

- Minéraux accessoires :

Parmi les minéraux accessoires, le sphène et l'apatite sont présents dans la roche.

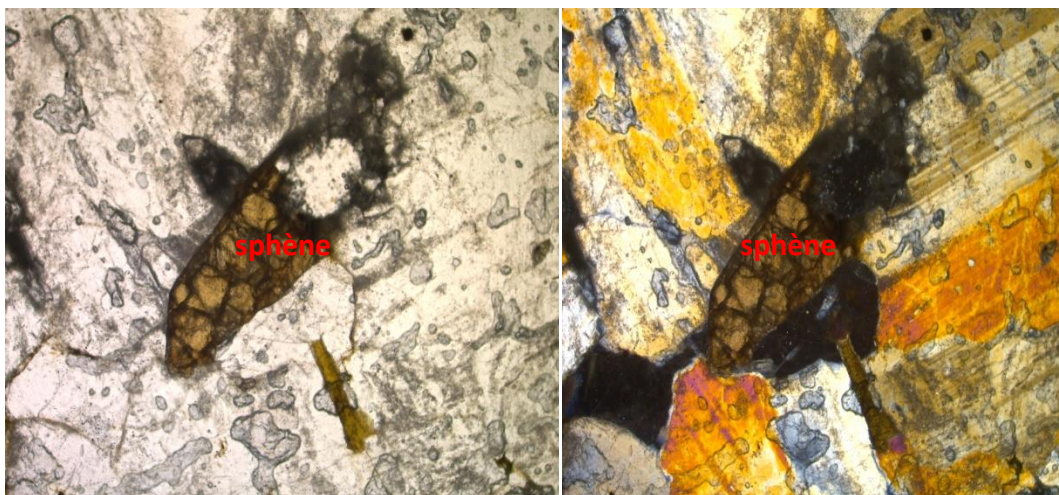


Fig. 11 : Exemple de minéraux accessoires

Sphène LPNA GR 4*0.10

Sphène LPA 4*0.10

- Minéraux d'altération :

La chlorite : Elle se présente en paillettes isolées de couleur vert pale orientées en tous sens.

2.2.2. Description pétrographique des granitoïdes pré à syn-tectoniques G1.:

a. Description macroscopique :

Il s'agit d'un granite à grains hétérogranulaire et présentant une texture massive et une structure à tendance porphyroïde ou les feldspaths potassiques et les plagioclases s'observent parfois en grands cristaux de formes irrégulières et dépassent le millimètre.

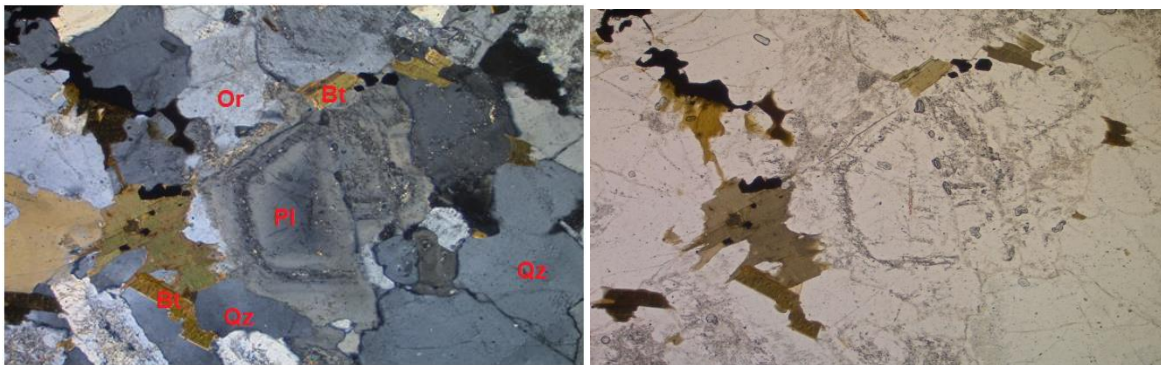
La roche montre une foliation déformée, se présentant avec une allure irrégulièrement plissotés, interrompue par de grands porphyroblastes de feldspaths, de taille dépassant le mm qui estompent l'alternance gneissique. Les parties foliées de la roche dessinent un litage discontinu, affecté par des plis ouverts formés par un feutrage de minéraux micacés, moulant, étroitement, les feldspaths.

La roche a subi une intense cataclase, accompagnée d'une recristallisation qui affecte principalement le quartz. Le quartz secondaire, issu du morcellement, dessine des amas allongés de petites plages xénomorphes imbriquées, entourant les grands porphyroblastes de feldspaths et remplissant les craquelures

Dans les feldspaths, les traces de cette cataclase se traduisent par la torsion des macles du plagioclase et la déformation du quadrillage du microcline. Les micas, par contre, subissent un déchiquetage et une déformation du clivage fibreux.

b. Description microscopique :

La roche présente une texture hétéro granulaire et structure massive.



**Fig.12 : Vue microscopique de l'échantillon IS19BA024. GR 4*0.10
Gauche LPA a Droite LPNA**

- Minéraux cardinaux :

○ **Le quartz :**

Dans cette roche le quartz de 1ere génération apparaît en plages souvent poly-cristallines de plus grande dimension, atteignant 1,1mm, montrant une extinction roulante accompagnée par le phénomène de pliage traduit par la présence de bandes parallèles sombres et claires., et un aspect trouble du aux impuretés pélitique .

- **Feldspaths potassiques :**
 - **Le Microcline (Fig.13 a):**

Les feldspaths potassiques sont représentés essentiellement par le microcline, se présentant en grandes plages à bords déchiquetés, montrant souvent le quadrillage caractéristique. La plupart des cristaux montrent une intense perthitisation en flammèches et en fines bandelettes. Ils sont traversés par des cassures ressoudées par du quartz secondaire en grains fins à contours dentelliformes, associés suivant une structure engrenée-dentelée, formant des ségrégations poly-cristallines allongées, déterminant des lentilles, parfois rassemblés et étirés en rubans. Ces rubans qui se prolongent dans la matrice, ont tendance à se disposer sous l'aspect de fractures à orientation parallèle les unes aux autres.

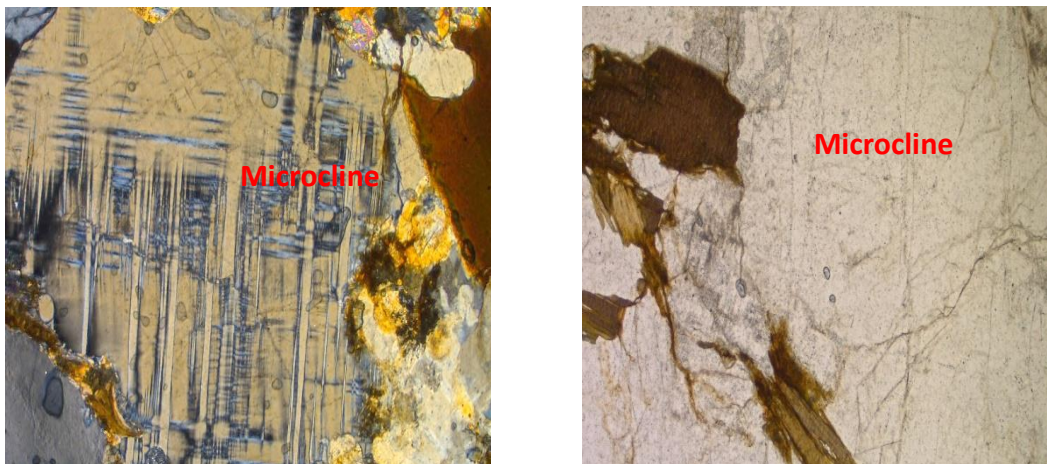


Fig. 13 a : Vue au microscope d'un microcline

Microcline en LPA GR

Microcline en LPNA GR

- **Orthose (Fig.13 b)**

De même forme et distribution que le microcline, l'orthose s'observe, également, en cristaux xénomorphes et en plages irrégulières, souvent disloquées montrant une intense perthitisation, exprimées par des intercroissances de feldspaths sodiques (albite) sous forme de fines bandelettes et de tâches informes. Ils se présentent, parfois, en association myrmékitique avec les plagioclases. La myrmékite est représentée par de petites massues (larmes) de quartz.

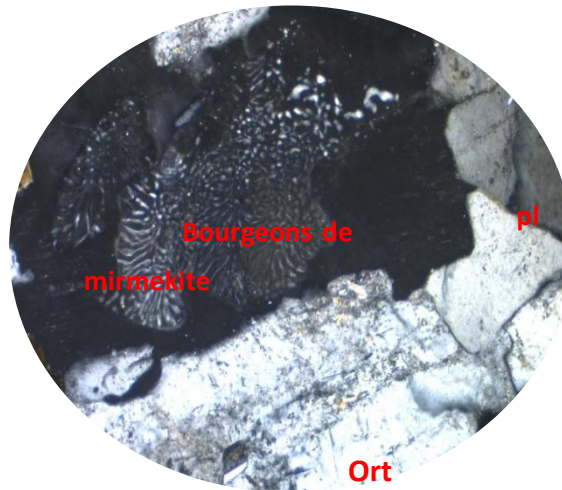


Fig. 13 b : Vue au microscope d'un microcline GR 4*0.10

○ **Plagioclases :**

La plupart des cristaux de plagioclases ont perdu leur allure en tablette et se présentent en cristaux xénomorphes, intensément fracturés et avec des contours très découpés. La torsion des macles est traduite parfois par leur disposition en marche d'escalier. Par endroits, on remarque que ces plagioclases ont tendance à donner par déformation des amandes effilées, étirées dans la direction de la foliation. Cette orientation est soulignée par des poussières opaques disposées en lits millimétriques et par des lits micacés irrégulièrement plissotés. Par ailleurs, on remarque que ces plagioclases se présentent en grands porphyroblastes et petits individus. Ils laissent apparaître, parfois, des macles polysynthétiques très fines souvent déformés et flous et altérés par les oxydes de fer.



Fig. 14a : Vue microscopique des plagioclases altérées au centre fortement souillées par les oxydes de fer LPA GR 10*0.25 (IS18BC001)



Fig.14b : Vue microscopique des plagioclases altérées au centre fortement souillées par les oxydes de fer LPNA GR 10*0.25 (IS18BC001)

Les micas développent une foliation orientée avec une disposition en arcs polygonaux. Cette disposition a conduit à l'individualisation des porphyroblastes de feldspaths. Ils sont représentés par de la biotite en longues paillettes et lamelles déchiquetées, partiellement chloritisées. Son altération (Fig.15) est accompagnée par une accumulation de minéraux secondaires (épidote-zoisite, chlorite, d'oxydes de fer) et minéraux accessoires (apatite, zircon, sphène en sections losangiques légèrement leucoxénisé).

- Minéraux accessoires :

- les chlorites sont développés à partir de la biotite (Fig.15).

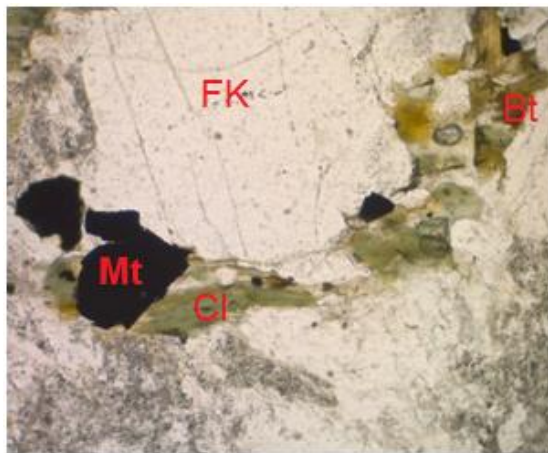


Fig.15 : Vue microscopique de biotite altérée en chlorite en LPNA (IS19BA024) GR 10*0.25

- l'apatite se présente en petit cristaux très rares inclus dans le quartz (Fig.16).

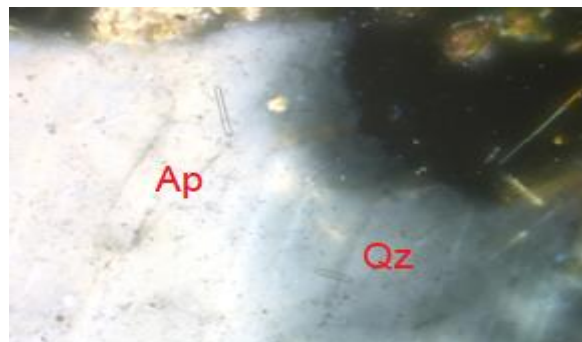
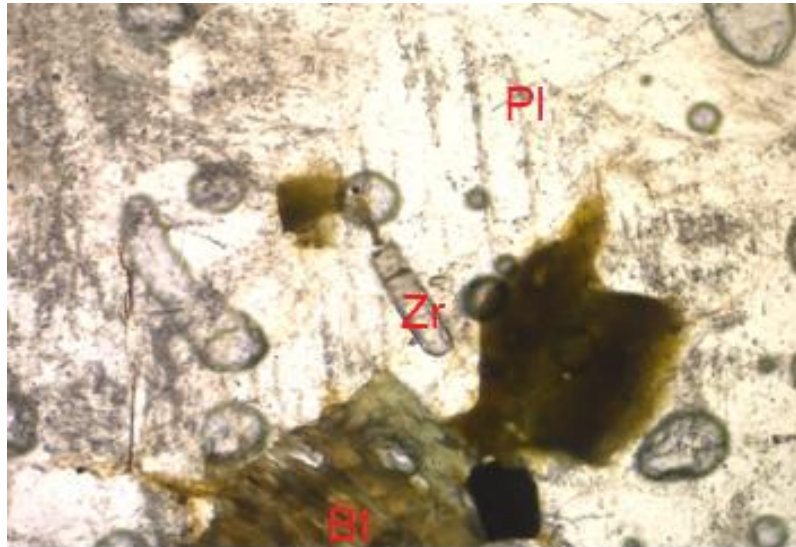


Fig.16 : Vue microscopique d'une apatite inclus dans le quartz (IS19BA024) GR 40*0.65

- Le **zircon** : Il est également observé dans certaines lames minces en très rares quantité (Fig. 17).



*Fig.17 : Vue microscopique d'un grain zircon et biotite chloritisé en LPNA GR 10*0.25 (IS19CH1001)*

2.2.3. Description pétrographique des granites syn à tardi tectoniques G₂

a- Description Macroscopique :

Macroscopiquement c'est une roche de composition granitique, montrant une couleur blanchâtre et une texture massive, compacte. Ce granite se caractérise par l'abondance des minéraux blancs et la grosseur des cristaux de quartz et de feldspaths qui constituent les composants essentiels de la roche.

La composition minéralogique est la suivante: **Le Quartz 20%., Les feldspaths potassiques 15%, plagioclase 15%, biotite 04%, matrice 45%,**

b- Description microscopique :

Vue au microscope, la roche est représentée par un microgranite à structure porphyroïde et un fond microgrenu quartzo-feldspathique et micacé, partiellement altéré. En effet, ces transformations secondaires ont affecté principalement les plagioclases et à un degré moindre les micas. Cette altération est accompagnée par une forte cataclase, traduite par la fracturation du quartz, la déformation du clivage fibreux des micas et par la présence d'une extinction roulante qui s'observe sur le quartz.

- Minéraux cardinaux :

- **Quartz :**

Le quartz est représenté par de grands cristaux globulaires et en grandes plages xénomorphes, de taille atteignant 2,5mm, donnant un aspect de texture porphyroïde à la roche.

Ces cristaux de quartz montrent une extinction roulante et renferment en inclusions de fines paillettes de muscovite et comme accessoires de petites baguettes d'apatite. Ils sont souvent disloqués, plus ou moins morcelés, fragmentés en plusieurs individus à bords non jointifs et montrant un aspect troublé par les impuretés pelitiques.

- **Feldspaths potassiques :**

- **Orthose :**

Les feldspaths potassiques relativement abondants souvent subautomorphes à xénomorphes, fracturés, rarement maclés Carlsbad, montrant souvent une intense perthitisation en flammèches et sous forme de fines bandelettes. Certains cristaux, par contre, sont affectés par une faible séricitisation. Ils sont, également, chargés de matières pelitiques de nature argilo-ferrugineuse très fines, leur donnant une teinte sombre et de fines écailles de séricite corrodant les parties centrales.

- **Microcline :**

Le microcline, moins abondant que l'orthose se présente en plages irrégulières quadrillées.

- **Plagioclases :**

Les plagioclases se présentent par contre en cristaux subautomorphes avec souvent des macles polysynthétiques floues. Certains cristaux montrent un zoning dessiné par des minéraux d'altérations essentiellement de séricite et piquetés de fines lamelles de chlorite, se présentant sous l'aspect de tâches verdâtres.

○ Micas (biotite) :

La biotite se présente en petites lamelles déformées, déchiquetées de couleur brun-verdâtre, montrant une transformation parfois débutante en chlorite affectant les parties périphériques ou elle forme une couronne verdâtre. Ces lamelles de micas sont soit dispersées dans la masse

La masse quartzo-feldspathique du fond, soit groupées en amas. Leur disparition, résultant de l'altération en chlorite, est accompagnée par une accumulation d'oxydes de fer (hématite) sous forme de particules informes sur les clivages.

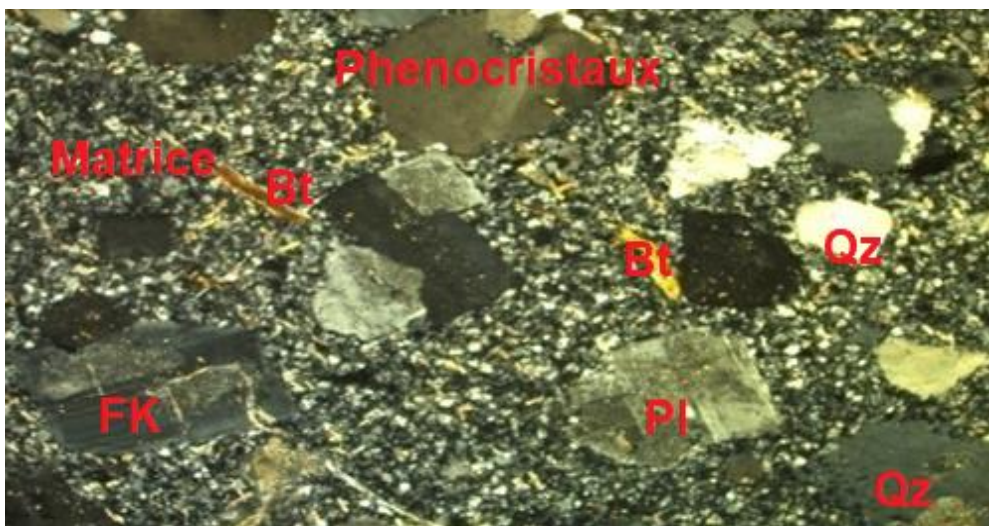


Fig.18 : vue microscopique de l'échantillon IS18BAO03 en LPA GR 4*0.10

- Minéraux accessoires :

Ils sont représentés par quelques grains de zircon, de fines aiguilles de rutile disposées en inclusions dans les micas. L'apatite rare, apparaît à son tour en microcristaux automorphes éparpillés dans la matrice.

2.2.4. Description pétrographique des granites tardi à post-tectoniques G3 (Granites de type Honnag et Adaf).

a. Description macroscopique :

La roche se caractérise par une texture massive et une structure hétérogranulaire. Elle présente, également, une couleur verdâtre marquée par les plages blanchâtres de feldspaths et parsemée de taches noirâtres, représentant les cristaux d'oxydes de fer opaques.

La roche contient les minéraux suivants : le quartz (10), **les feldspaths potassiques : orthose : 01%, plagioclases : 30%, amphiboles : hornblende verte : 45% Minéraux secondaires et minéraux opaques : 15%**

b. Description microscopique :

La roche se caractérise par une texture massive et une structure hétérogranulaire (Fig.19).

- Minéraux cardinaux :

○ Quartz :

Le quartz forme des plages de cristaux xénomorphes entre les lattes de plagioclase et les amphiboles.

○ Plagioclases :

Les plagioclases sont développés en grands rectangles de taille atteignant 2,7mm et avec des contours partiellement creux. Ils sont affectés par une intense saussuritisation, rendant leur détermination difficile.

La saussuritisation est traduite par leur transformation totale en séricite crypto-écaillée qui tend à envahir tout le cristal, en épidote-zoisite et en chlorite corrodant les parties centrales.

○ Orthose :

L'orthose est très peu abondant ou assez rare. Il est interstitiel et se présente entre les plagioclases et les amphiboles sous forme de cristaux xénomorphes peu perthitiques.

○ Amphiboles :

Les amphiboles sont représentés par des cristaux prismatiques avec deux clivages, parfois la macle en sablier caractéristique en section basale et un seul clivage en section longitudinale.

Les cristaux d'amphibole renferment des inclusions de zircon et de minéraux opaques.

Certaines sections sont remplacées, à leur tour, par de l'épidote (phénomène de rétro-morphose) et piquetées de tâches verdâtres de chlorite. Leur transformation a engendré, également, la néoformation des oxydes de fer opaques sous forme de particules informes.

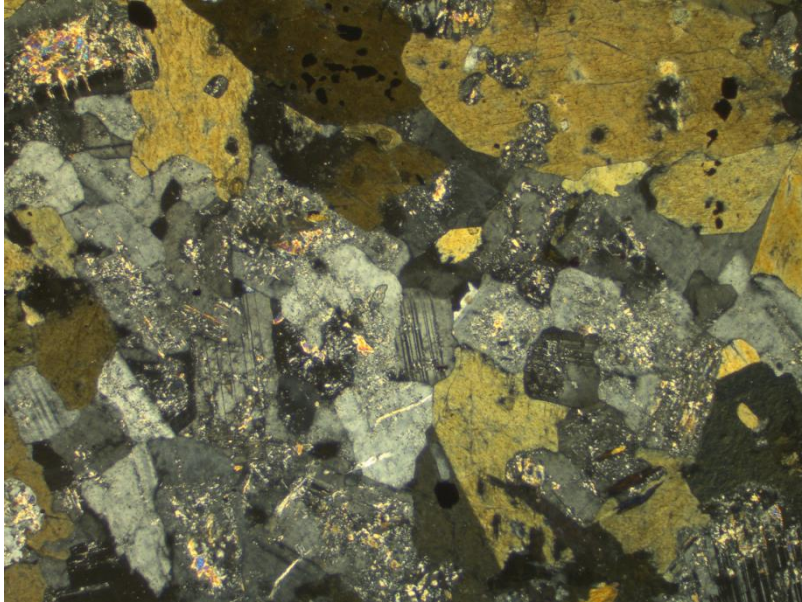


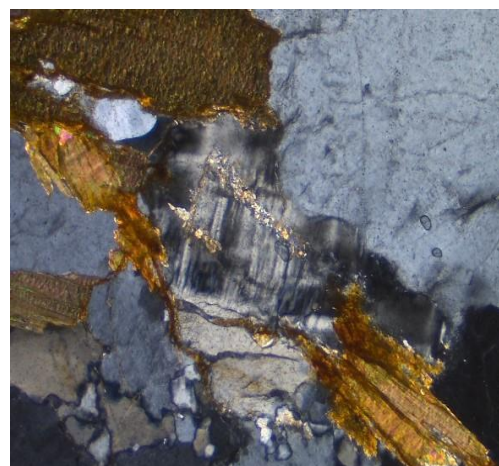
Fig.19 : Vue microscopique de l'échantillon IS19SF017R en LPA GR 4*0.10

○ **La biotite (Fig.20):**

Les biotites, fréquemment associées à l'amphibole, sont sous forme de lamelles de couleur jaune orangé plus ou moins altérées en chlorite.



Biotite LPA GR 4*0.10



Biotite LPNA GR4*0.10

Fig.20 : Vue microscopique de d'une biotite bien développée

- Minéraux accessoires :

- **Les minéraux opaques** : ils forment des amas distincts, qui peuvent se présenter sous forme de chapelets dans la roche ou en associations symplectites avec les minéraux ferromagnésiens.
- **L'apatite** en fins granules globulaires et en petits bâtonnets en association avec le zircon sont présents en inclusions dans la biotite et les amphiboles.

2.2.5. Description pétrographique des granitoïdes post-orogéniques à anorogéniques G4 : (type Taourirt) : Ce sont essentiellement des granites pegmatitiques à biotite à gros grains)

a. Description macroscopique :

Macroscopiquement, la roche se présente généralement avec une texture massive à gros grains et une couleur blanc grisâtre à rosâtre parsemée de taches marron brunâtres d'oxydes de fer. La roche contient les minéraux suivants : **Le quartz :45 %**, **les feldspaths potassiques :-:30%**, **les plagioclases :8%**, **la biotites :12%**, **la muscovite :4%**, **les minéraux accessoires:<1%**.

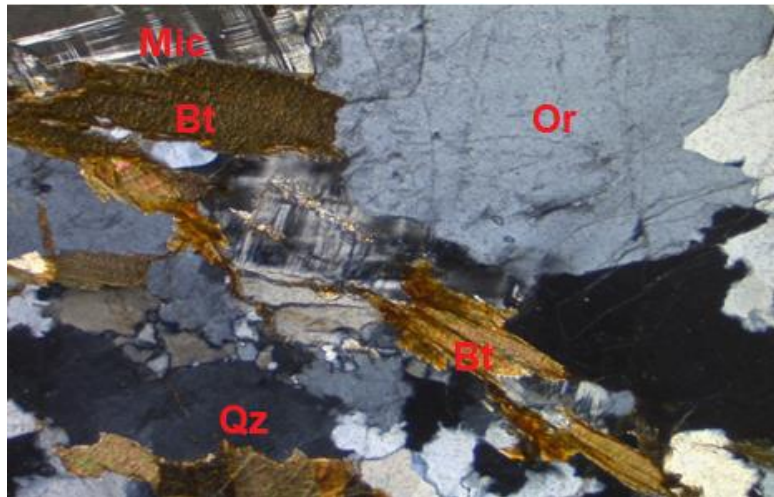
b. Description microscopique :

Observée au microscope, la roche se présente avec une structure pegmatitique à grains grossiers. Elle est constituée de quartz, de feldspath potassique et de plagioclase en proportions variables agencés suivant une structure hétérogranulaire à grains grossiers et moyens.

- Minéraux cardinaux :

○ Quartz :

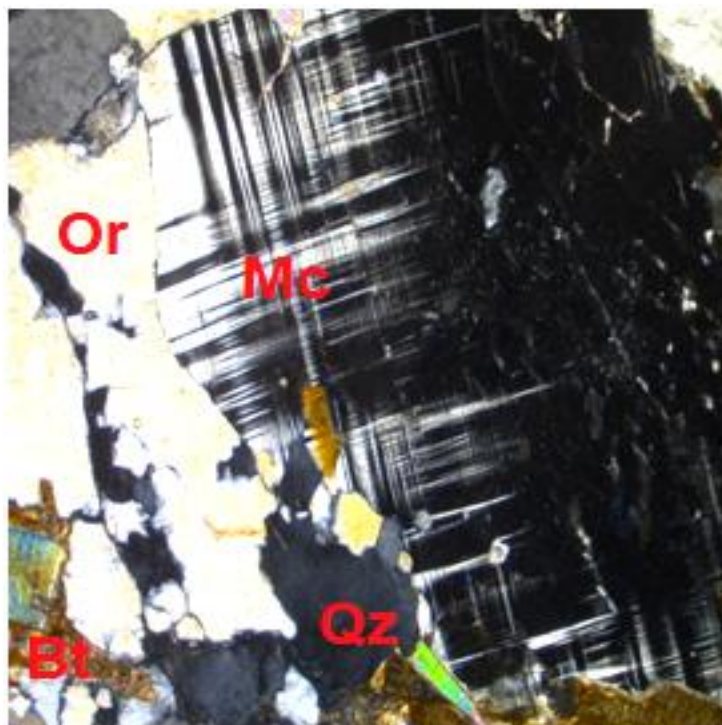
Le quartz occupe une proportion importante dans la roche. Il se présente en grains xénomorphes fortement imbriqués et traversés la plupart par des craquelures souvent vides, parfois colmatées de produits ferrugineux et micacés.



*Fig.21: vue microscopique de l'échantillon IS18NI001R GR 4*0.10*

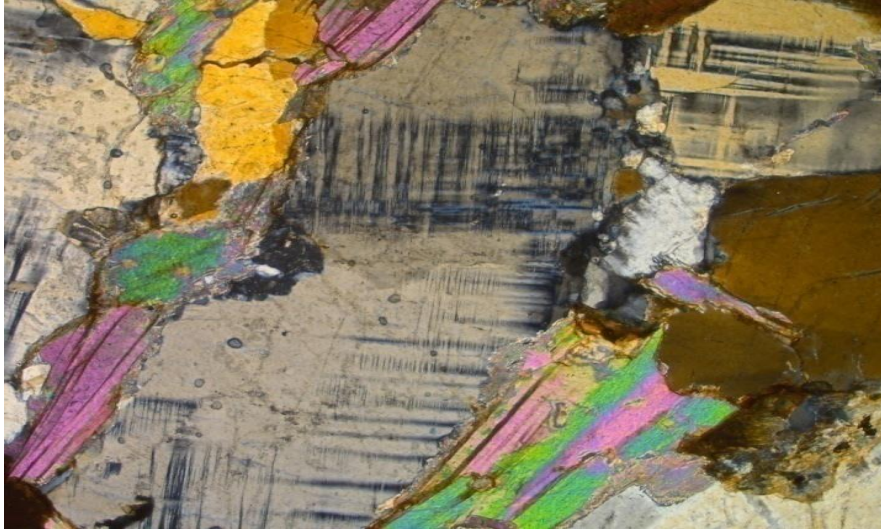
○ **Feldspaths potassiques : Microcline et orthose :**

Les feldspaths sont abondants en particulier le microcline (**fig.22**) qui possède des formes beaucoup moins nettes. Il se présente en grandes plages à bords entamés, enclavant parfois de petits éléments automorphes de plagioclase, de lamelles de biotite et de quartz..



*Fig.22 : Vue microscopique d'un microcline en quadrillages caractéristiques en LPA GR 4*0.10*

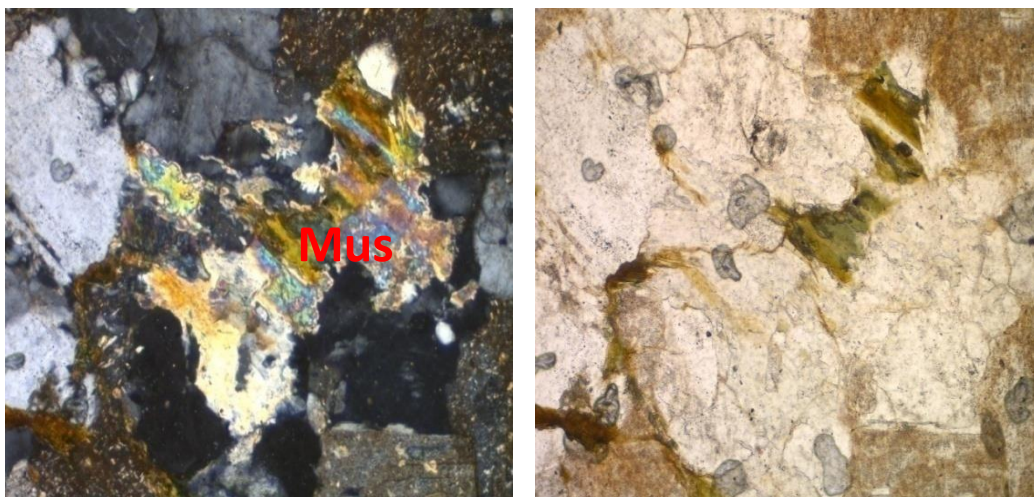
La plupart montrent le quadrillage caractéristique et un léger moirage. Par endroits, des bourgeons myrmékitiques sous forme de nervures apparaissent au contact du microcline et du plagioclase. Elle est parfois bordée par de la muscovite secondaire (Fig.23)



*Fig.23: Vue microscopique d'un microcline associée à de la muscovite secondaire en LPA GR 4*0.10*

○ Plagioclases :

Le plagioclase, à son tour se présente en cristaux sub automorphe avec des macles polysynthétiques, rarement floues, souvent effacées par une intense altération en séricite et en chlorite. Certains cristaux ont un cœur altéré, fortement pétilisé de teinte sombre et une couronne intacte, claire.



*Fig. 24 : Vue microscopique d'une biotite remplacée par une chlorite GR 4*0.10*

○ Micas :

La muscovite est peu abondante dans la roche, elle se greffe parfois sur la biotite qu'elle remplace parfois totalement (Fig.24). Cette dernière se présente en grandes lamelles déchiquetées, parfois profondément chloritisées avec exsolution de produits opaques sur les clivages.

- Minéraux accessoires :

L'apatite en fines granules globulaires en association avec le zircon (Fig.25) sont présents en inclusions dans la biotite.

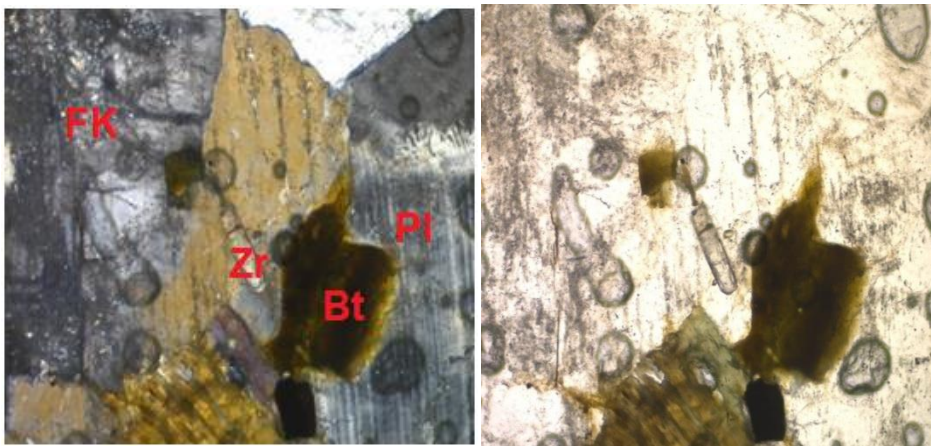


Fig.25 : Vue microscopique de grain de zircon et biotite chloritisée GR 10*0.25

3. Conclusion :

L'étude pétrographique réalisée nous a permis de distinguer dans les cinq familles de granitoïdes constituant la région d'Issalane différents faciès pétrographiques:

Dans les granitoïdes pré-tectoniques (G_0), il s'agit de roches magmatiques basiques ou ultrabasiques à dominances de faciès de pyroxénites qui est une roche de couleur verte avec une structure hétérogranulaire et texture massive. Elle est représentée par de l'hornblende verte.

Dans les granites syn-tectoniques (G_1), il s'agit plutôt de granites à biotite et muscovite qui est une roche magmatique plutonique à grain hétérogranulaire avec une texture massive et structure à tendance porphyroïde composé de plagioclases, quartz, micas, orthose, et minéraux accessoires. L'association muscovite-biotite indique une origine méta-sédimentaire.

Les granites syn à tardi tectoniques (G₂) représentent plutôt des microgranites gris à biotite. Il s'agit d'une roche ignées acide à structure porphyrique avec un fond microgrenu quartzo-feldspathique et micacé dans lequel beignent des phénocristaux de minéraux blanc grosseurs avec des cristaux de quartz et de feldspaths constituant les composants essentielles de la roche.

Les granitoïdes tardi à post-tectoniques G₃ : (Granites de type Honnag et Adaf) sont représentées par des granites rosâtres et parfois de diorites quartziques à amphibole, micacé et altérée d'une texture massive et structure hétérogranulaire de couleur rose-verdâtre marquée par des plages blanchâtres de feldspaths parsemé de taches noirâtres représentant les oxyde de fer.

- Les granites post-orogénique à anorogénique G₄ de type Taourirt sont représentés par des granites pegmatitiques à biotite, à gros grains d'une texture massive et structure pegmatitique à grains grossiers de couleur blanc grisâtre à rosâtres parsemé de taches marron brunâtre d'oxydes de fer.

Enfin, d'après les résultats de la description pétrographique des granites constituant la région d'Issalane, on constate que chaque granite a ses critères macroscopique et microscopique qui le différencient par rapport a l'autre (critère faciologique, structural, textural minéralogique et géochronologique).

1. Introduction :

L'étude géochimique des granitoïdes permet de fournir une information capitale sur la nature, l'origine et l'évolution des ensembles plutoniques au cours d'une orogénèse donnée. Pour ce, les géologues ont généralement recours à la réalisation des différents types d'analyses géochimiques sur des échantillons de roches qui représentent leurs formations géologiques respectives. Cela est indispensable pour la compréhension des divers phénomènes géologiques et nécessite parfois un grand nombre d'échantillons.

En général les analyses géochimiques sur les roches plutoniques sont regroupées en quatre groupes :

- Analyses des oxydes majeurs appelés également analyses des silicates qui sont : SiO₂, Al₂O₃, FeO, Fe₂O₃, MnO, CaO, MgO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, TiO₂, H₂O.

- Analyse des éléments mineurs ou bien éléments en trace (Y, Yb, Ba, Hf...etc.).

- Analyse terres rares (REE : Rares Earth elements, La.....Lu)

- Analyse des isotopes (Rb, Sr)

Le traitement et l'interprétation de l'ensemble de ces analyses géochimiques nécessitent la création de divers diagrammes géochimiques. Pour cela, des programmes informatiques sont plus que nécessaires pour la réalisation de cette tâche (Exemple Minpet, Excel ...etc.).

L'étude géochimique des granitoïdes de la région d'Issalane a été réalisée en se basant sur 45 échantillons. Nous n'avons travaillé que sur les oxydes majeurs à cause de l'indisponibilité des autres types d'analyses.

Les résultats de ces analyses ont été procurés de l'ASGA et ce dans le cadre d'un projet de cartographie géologiques de la feuille d'Issalane. Ces résultats sont représentés sur les tableaux 1 et 2 (Voir Annexes hors texte).

Chapitre V : Etude Géochimique

Tableau 1 ; Résultats des analyses des oxydes majeurs des granitoïdes de la région d'Issalane

Echantillon	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	PF	MnO	Total
GT2102134	71,55	15,46	1,85	1,92	0,56	0,02	3,74	3,94	0,1	0,24	0,61	0,03	100,02
GT2102135	69,32	14,11	4,91	1,18	0,12	0,01	6,05	3,11	0,15	0,65	0,39	0,05	100,05
GT2102136	61,21	18,27	5,26	3,79	1,6	0,01	3,83	3,91	0,26	0,76	1,11	0,02	100,03
GT2102137	73,76	14,29	1,09	0,43	0,17	0,02	6,03	3,26	0,06	0,13	0,76	0,02	100,02
GT2102138	58,71	21,01	4,19	3,25	1,14	0,01	5,47	4,21	0,24	0,76	1,01	0,06	100,06
GT2102139	61,29	18,32	5,28	3,8	1,61	0,01	3,83	3,84	0,25	0,76	1	0,09	100,08
GT2102140	70,45	14,65	2,67	1,58	0,41	0,01	5,35	3,22	0,18	0,45	1,03	0,05	100,05
GT2102141	74,96	13,28	1,07	0,32	0,08	0,01	6,92	2,79	0,03	0,13	0,4	0,01	100
GT2102142	73,42	16,07	0,54	1,14	0,1	0,01	3,62	4,78	0,03	0,06	0,23	0,02	100,02
GT2102143	62,15	16,51	6,17	3,35	0,86	0,01	4,92	3,84	0,34	1	0,85	0,08	100,08
GT2102144	74,78	13,34	1,44	0,57	0,17	0,01	5,9	2,88	0,06	0,23	0,64	0,03	100,05
GT2102145	74,11	13,62	1,01	0,92	0,14	0,03	6,11	3,43	0,04	0,17	0,42	0,02	100,02
GT2102146	65,86	14,44	6,45	2,58	1,02	0,01	4,91	3,22	0,27	0,86	0,38	0,1	100,1
GT2102147	63,69	16,89	4,49	3,15	1,7	0,01	4,48	2,85	0,33	0,71	1,69	0,06	100,05
GT2102148	65,17	16,41	5,18	3,85	1,32	0,04	2,98	2,49	0,15	0,65	1,77	0,08	100,09
GT2102149	72,19	12,92	5,92	0,43	1,73	0,01	4,24	0,82	0,13	0,87	0,74	0,06	100,06
GT2102150	70,45	16,14	1,78	1,49	0,5	0,01	4,67	3,84	0,1	0,31	0,73	0,03	100,05
GT2102151	52,65	15,6	9,63	8,54	7,79	0,01	1,45	1,87	0,1	0,73	1,64	0,14	100,15
GT2102152	56,73	16,18	8,01	5,7	4,78	0,01	3,41	2,15	0,26	0,96	1,81	0,11	100,11
GT2102153	65,39	15,41	3,26	2,41	2,08	0,01	5,68	3,35	0,31	0,47	1,63	0,05	100,05
GT2102154	56,49	19,13	7,45	5,66	2,86	0,01	2,45	1,86	0,32	1	2,76	0,09	100,08
GT2102155	48,97	21,85	10,15	10,24	1,52	0,01	0,79	4,29	0,5	1,39	0,29	0,19	100,19
GT2102156	61,78	17,18	5,22	4,45	2,83	0,01	2,46	4,16	0,24	0,71	0,96	0,07	100,07
GT2102157	74,02	13,01	2,35	0,61	0,01	0,01	5,77	3,35	0,04	0,21	0,62	0,05	100,05

Chapitre V : Etude Géochimique

Tableau 2 : Résultats des analyses des oxydes majeurs des granitoïdes de la région d'Issalane (Suite)

GT2102162	74,23	13,81	1,32	0,8	0,29	0,01	4,28	3,32	0,06	0,14	1,74	0,02	100,02
GT2102158	69,93	15,83	2,18	1,95	0,89	0,01	3,61	4,01	0,12	0,29	1,2	0,04	100,06
GT2102159	67,57	16,93	3,4	2,77	0,97	0,01	2,65	4,01	0,17	0,48	1,04	0,04	100,04
GT2102160	70,62	15,97	1,92	1,75	0,58	0,01	3,85	4,09	0,1	0,28	0,83	0,03	100,03
GT2102161	56,64	17,88	6,94	3,28	0,96	0,01	1	8,43	0,39	1,11	3,37	0,08	100,09
GT2102163	68,64	17,31	1,8	2,13	0,55	0,01	3,47	4,7	0,12	0,35	0,92	0,02	100,02
GT2102164	61,1	18,13	5,46	3,72	1,56	0,04	4,07	3,86	0,28	0,79	0,99	0,08	100,08
GT2102165	52,86	14,81	12,86	8,53	4,76	0,01	1,25	2,94	0,15	1,06	0,77	0,16	100,16
GT2102166	67,37	16,01	4,74	3,23	0,52	0,01	1,95	4,66	0,15	0,64	0,73	0,05	100,06
GT2102167	68,11	16,86	2,59	2,05	0,68	0,01	4,01	4,17	0,16	0,33	1,03	0,04	100,04
GT2102168	71,03	15,91	1,85	0,84	0,41	0,01	3,73	4,31	0,11	0,21	1,59	0,03	100,03
GT2102169	70,34	15,73	2,62	1,98	0,69	0,01	3,07	3,55	0,23	0,38	1,4	0,08	100,08
GT2102170	74,59	14,28	0,35	0,9	0,03	0,01	5,02	4,04	0,02	0,06	0,71	0,01	100,02
GT2102171	70,97	15,84	1,52	1,56	0,35	0,01	4,26	4,13	0,07	0,21	1,08	0,02	100,02
GT2102172	49,96	14,96	12,41	8,58	6,61	0,03	1,61	2,66	0,14	1,31	1,71	0,16	100,14
GT2102173	73,27	14,65	1,06	1,11	0,35	0,06	4,69	3,61	0,06	0,13	1	0,02	100,01
GT2102174	70,45	15,94	1,76	0,84	0,54	0,01	4,4	4,13	0,09	0,28	1,56	0,03	100,03
GT2102175	49,91	14,97	12,96	7,62	4,5	0,01	2,1	3,12	0,31	2,14	2,37	0,16	100,17
GT2102176	74,61	15,2	0,73	1,37	0,09	0,01	3,76	2,8	0,05	0,06	1,34	0,02	100,04
GT2102177	73,52	12,05	4,12	1,49	0,25	0,01	5,76	1,16	0,08	0,35	1,21	0,05	100,05
GT2102178	75,62	12,14	2,24	0,47	0,08	0,01	6,44	1,91	0,05	0,22	0,83	0,02	100,03

2. Les diagrammes géochimiques

Les diagrammes géochimiques jouent un rôle important dans la lecture et l'interprétation des analyses géochimiques des roches. Pour ce, nous avons utilisé les diagrammes suivants :

I : le diagramme de Hughes (1973) qui nous a permis de mettre en évidence le degré de fraîcheur des échantillons analysés.

II : les diagrammes de Harker (1909) qui ont permis de visualiser la nature de l'évolution des différents oxydes majeurs en fonction de la silice.

III : les diagrammes de nomenclature qui nous permis d'avoir une idée générale sur les noms des roches échantillonnées ainsi que sur leur faciès magmatiques respectifs (Streikesen 1976), et enfin

IV : les diagrammes de l'évolution géochimique des différentes formations magmatiques de notre région d'étude (Laurent 1987, ACN-ACNK),.

3. Etude géochimique des granitoïdes d'Issalane

3.1. Diagramme de contrôle de fraîcheur (Hughes 1973) :

Dans ce diagramme la plupart de nos échantillons tombent dans le domaine des roches non altérées (Partie centrale de notre diagramme), néanmoins deux d'entre eux sont relativement altérés par les agents météoritiques (vent, eau, ...). Il s'agit de roches basiques qui apparaissent dans la partie supérieure gauche du diagramme tandis que d'autre ont été altérés par les solutions hydrothermales chaudes riches généralement en potassium (partie inférieure droite du diagramme)

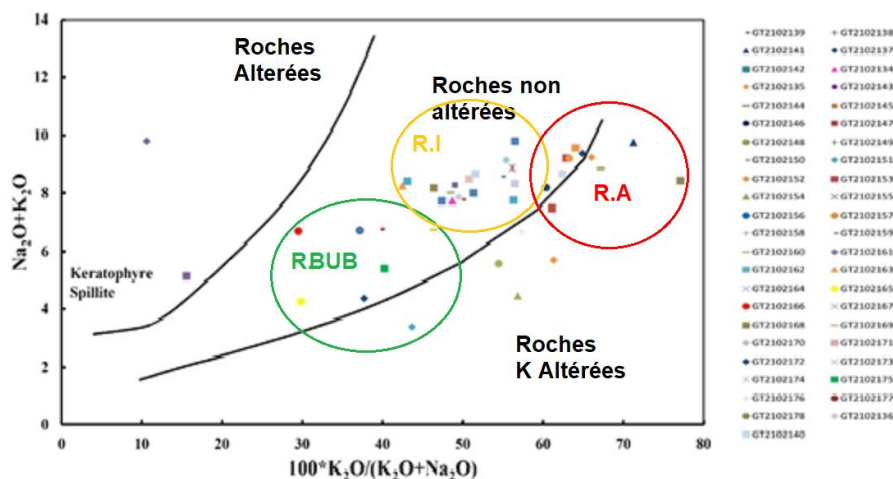


Fig.26 Diagramme de Hughes (1973) (R.BUB : Roches basiques à ultrabasiques, RI Roches intermédiaires, R.A Roches acides)

3.2. Les diagrammes oxydes- silice (diagramme de Harker (1909)) :

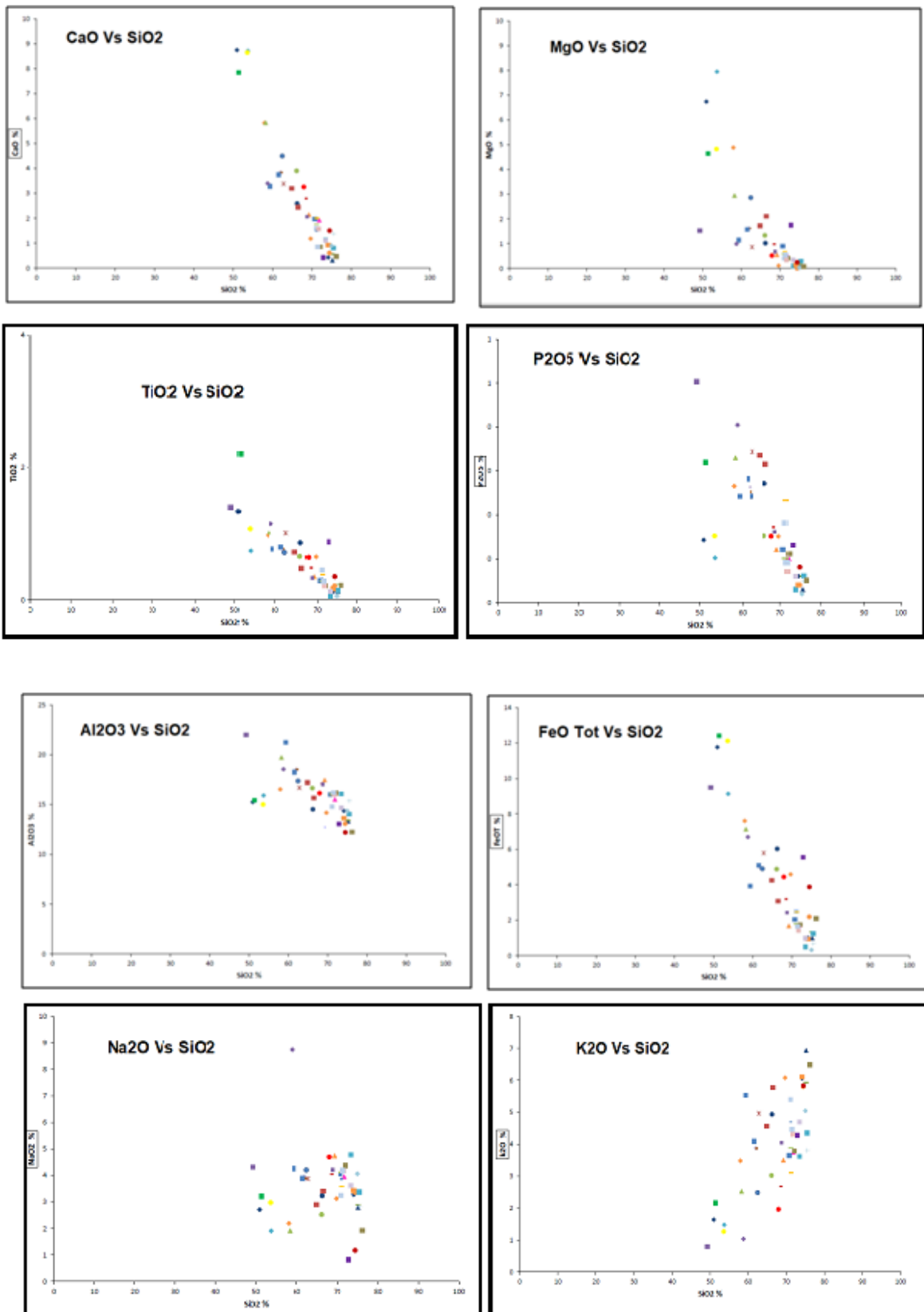


Fig. 27 Diagrammes de Harker (1909)

Dans ce diagramme, les trends géochimiques de l'ensemble de nos roches évoluent normalement par rapport aux processus de cristallisation des magmas. L'exception faite pour les échantillons ayant subi des altérations hydrothermale telles que l'albitisation bien observée dans le diagramme Na₂O-SiO₂, ou une légère feldspathisation (Voir diagramme K₂O-SiO₂) ou une saussuritisation (diagramme MgO-SiO₂)

3.3. Diagramme de nomenclature (Strekeisen 1976)

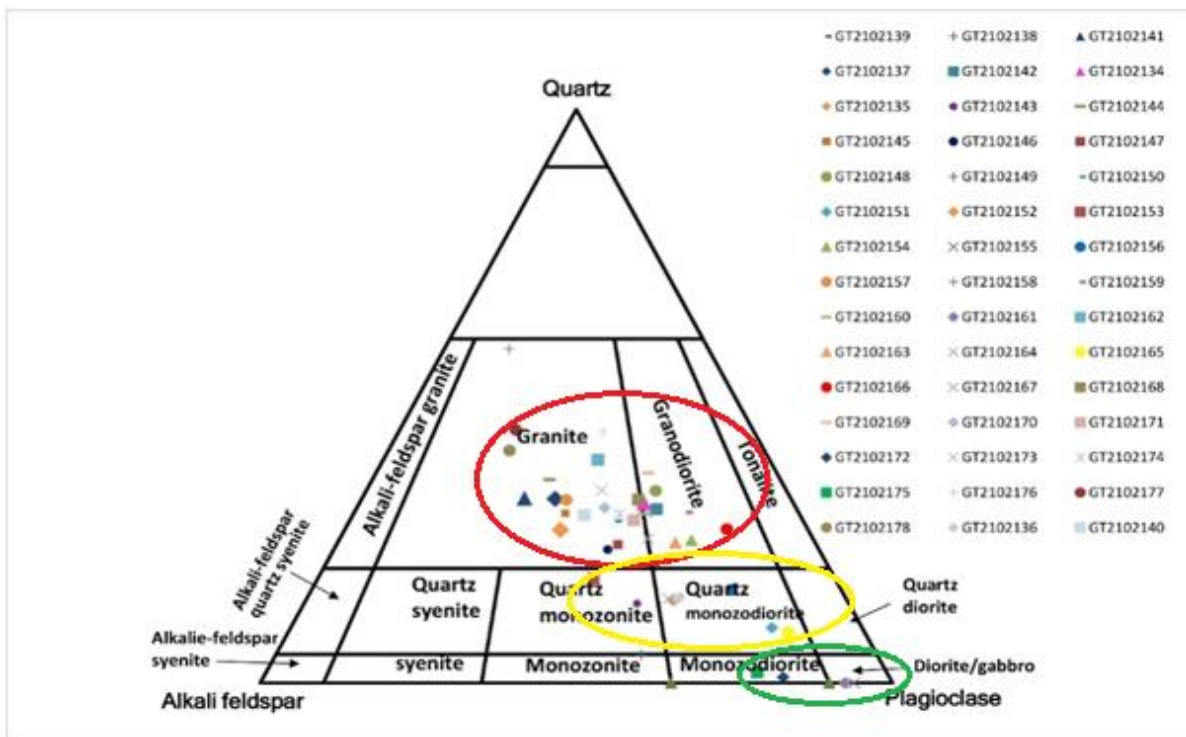


Fig.28: Classification et nomenclature des roches plutoniques (A.Streckeisen 1976)..
 $Q + A + P = 100$

Dans ce diagramme on observe une suite plus ou moins continue constituée par des faciès acides (Granites, Granodiorites), des faciès intermédiaires (monzonites quartzéuses, monzodiorites quartzéuses et monzodiorites) et enfin des faciès basiques (gabbros et gabbrodiorites)

Pour le caractère alumineux des faciès analysés, le diagramme ANK-ACNK montre que l'ensemble des échantillons tombent dans le domaine des granites péralumineux(Fig.29)

Pour ce qui est de la typologie de nos roches plutoniques dans le diagramme Foley et al. (1987) la plupart de nos échantillons appartiennent au domaine shoshonitique. Les échantillons des granites G4 sont ultra-potassiques et seulement deux échantillons sont calco-alcalins et appartiennent donc au groupe G1 (Fig.30)

Le diagramme ternaire d'Irvine et Baragar (1971) confirme bien ces faits et distinguant bien entre les séries tholéitiques et les séries calco-alcalines. (Fig.31)

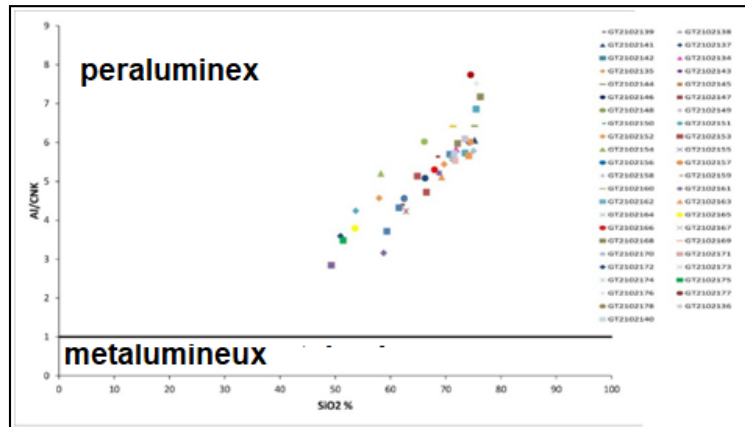


Fig.29. : Diagramme ANK-ACNK.

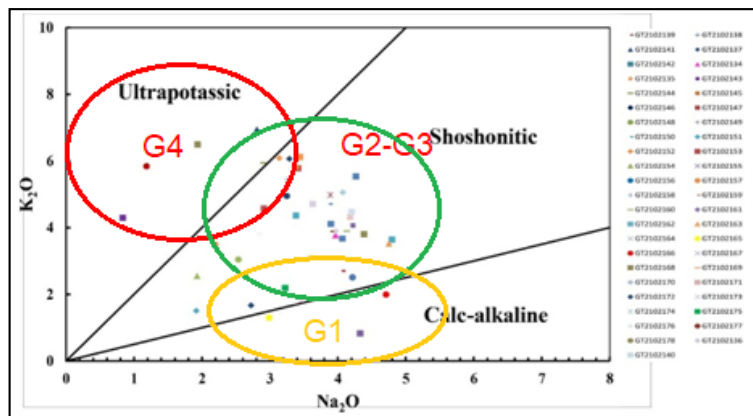


Fig.30 : Diagramme Foley et al. (1987).

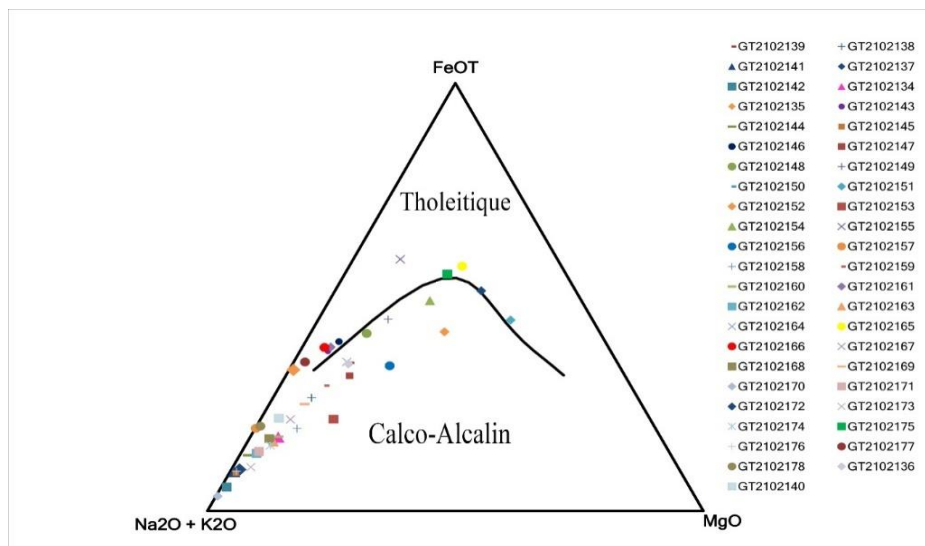


Fig.31: Diagramme d'Irvine and Baragar 1971).

- Concernant la source de cristallisation de nos granitoïdes le diagramme de Laurent et al. (2014), les granitoïdes g sont bien individualisés dans le champ des sources méta sédimentaires (Fig.32)

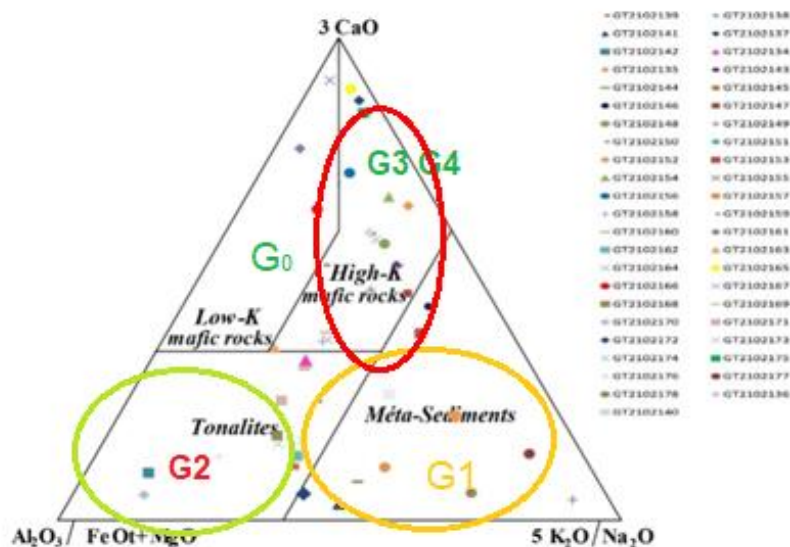


Fig. 32. Diagramme de Laurent et al. 2014

4. Conclusion

L'étude géochimique des granitoïdes de la région d'Issalane nous a permis de compléter l'étude pétrographique en faisant ressortir trois ensembles de faciès granitiques plus ou moins différenciés, qui sont les granodiorites, les monzonites et les monzogranites.

Le diagramme de Hughes (1973) a fait ressortir que la plupart de nos échantillons sont frais mais certains d'entre eux présentent des altérations météoritiques et des altérations hydrothermales.

Les diagrammes de classification et nomenclature (Strekeisen 1976) montrent trois groupes de roches acides, intermédiaires et basiques.

Les diagrammes d'Irvine and Baragar (1971) et de Foley et al. (1987) montrent une typologie à dominance de faciès péralumineux et shoshonitique et suivent une évolution suivant la suite calco-alcaline.

Dans le diagramme de Laurent (1987) nos échantillons présentent une individualisation où les granites G1 sont bien marqués.

Conclusion générale

Le Hoggar, situé au Sud de l'Algérie, est un socle édifié au cours de l'orogénèse panafricaine et constitué par des formations géologiques d'âge protérozoïques. Il contient de nombreuses minéralisations (Gisements, indices et points minéralisés) dont la genèse est étroitement associée aux diverses familles de plutonites.

La région d'étude fait partie du môle **Issalane** et du Hoggar centrale. Elle est constituée essentiellement de terrains **paléoprotérozoïques**. Les événements tectoniques et magmatiques ayant affecté cette région au cours de l'orogénèse panafricaine ont permis de doter cette région d'un important potentiel minier qui se présente par divers types de minéralisations liées aux granitoïdes.

Dans ce présent mémoire, une étude pétrographique et géochimique a été réalisée sur les différentes familles de granitoïdes de la région d'Issalane, et une conclusion a été déduite sur leur implication métallogénique.

Pour la réalisation de ce travail, et en se basant sur nos recherches bibliographiques, nous avons effectué une synthèse géologique du Hoggar et celle de la région d'étude.

L'étude pétrographique nous a permis de faire une description macroscopique succincte sur une dizaine d'échantillons appartenant à cinq familles de plutonites. Elle a été suivie par des observations au microscope polarisant et ce, afin de différencier leurs caractéristiques pétrographiques. Les résultats de cette étude nous a permis de distinguer les faciès pétrographiques :

- **les granitoïdes pré-tectoniques** (G_0) représentent des roches magmatiques basiques ou ultrabasiques à dominance de pyroxénites à structure hétérogranulaire et de texture massive.
- **les granites syn-tectoniques** (G_1) sont des granites à biotite et muscovite à grain hétérogranulaire avec une texture massive et structure à tendance porphyroïde.
- **Les granites syn à tardi tectoniques** (G_2) représentent plutôt des microgranites gris à biotite à structure porphyrique avec un fond microgrenu quartzo-feldspathique et micacé.
- **Les granitoïdes tardi à post-tectoniques** G_3 : (Granites de type Honnag et Adaf) sont représentées par des granites rosâtres et parfois de diorites quartziques à amphibole, micacé et altérée d'une texture massive et structure hétérogranulaire
- **Les granites post-orogénique à anorogénique** G_4 de type Taourirt sont représentés par des granites pegmatitiques à biotite, à gros grains d'une texture massive.

L'étude géochimique des granitoïdes de la région d'Issalane, menée sur 45 résultats d'analyses des oxydes majeurs, nous a permis de compléter l'étude pétrographique. Pour ce, différents diagrammes géochimiques ont été élaboré ; diagramme de contrôle de fraîcheur des échantillons, diagrammes de discrimination et d'évolution géochimique des oxydes en fonction de la silice, diagrammes de typologie et enfin ceux de l'origine des et sources.

Le diagramme de contrôle de fraîcheur des échantillons (Hughes 1973) a fait ressortir que la plupart de nos échantillons sont frais mais certains d'entre eux présentent des altérations météoritiques et des altérations hydrothermales.

Les diagrammes Harker (1909) montrent un trend d'évolution normal de nos granites. Cependant le diagramme Na₂O-SiO₂ montre une perturbation due probablement à une albitisation intense.

Le diagramme de classification et de nomenclature (Streckeisen 1976) montre une *nomenclature assez variée* formée de granite, granodiorite, monzonite, diorite, gabbro et pyroxénites).

Les diagrammes d'Irvine and Baragar (1971) et de Foley et al. (1987) montrent une typologie à dominance de facies péralumineux et shoshonitique et suivent une évolution suivant la suite calco-alkaline.

Du point de vue métallogénique, l'étude montre que les granitoïdes pré-tectoniques G₀ présentent une relation très étroite avec les minéralisations en amiante et le talc. Quant aux minéralisations en *fluorine et barytine*, elles sont plutôt associées aux facies les plus alcalins (G3 et G4). Les minéralisations aurifères se présentent quant à elles dans divers types de faciès granitiques, notamment dans les granitoïdes syn-tectoniques G1.

Références Bibliographiques :

- **Abderhmane B.(2008)**- pétrologie et géochimie des séries basiques et ultrabasiq ue précambrien de l'In Ouzzal et Hoggar central et leur relation avec l'encaissant .mémoire doctorat USTHB Alger.
- **Acef, K., Liégeois, J.P., Ouabadi, A., Latouche, L., 2003.** The Anfeg post-collisional Pan-African high-K calc-alkaline batholith (Central Hoggar, Algeria), result of the LATEA microcontinent metacratonisation. *Journal of African Earth Sciences* 37, 295-311.
- **Allègre, C.J., Caby, R. (1972).** Chronologie absolue du précambrien de l'Ahaggar occidental. C.R.A.S. Paris. T 275. p. 2095-2098.
- **Azzouni-Sekkal, A., 1989.** Pétrologie et géochimie des granites de type " Taourirt " : un exemple de province magmatique de transition entre les régimes orogéniques et anorogéniques, au Pan-Africain (Hoggar, Algérie). *Thèse Doctorat es Sciences, USTHB, Alger*, 667p; *Mémoire Service Géologique Algérie* 7 (1995), 288p
- **Azzouni-Sekkal,A, Boissonnas, J, 1993.**Une province magmatique de transition du calco-alcalin : Les granitoïdes panafricains à structure annulaire de la chaîne pharusienne du Hoggar (Algérie). *Bull. Soc. Géol. France*, 164, 597-608
- **Azzouni-Sekkal,A., Liegeois, J.P., Bechiri-Benmerzoug, F., Belaidi Zinet, S,Bonin, B., 2003.** The « Taourirt » magmatic province, a marker of the closing stage of the Pan-African orogeny in the Tuareg Shield : review of available data and Sr-Nd isotope evidence. *JOURNAL OF African Earth Sciences* 37, 331-350.
- **Baziz, K., Liégeois, J.P., Azzouni, A., Layachi, L., Zahri A., 1996.** La phase granitique ultime (post 580 Ma) de la région d'Asseo-Issalane (sud-est Hoggar). Pegmatite à columbite associée. In : Séminaire de Géologie et Exploration des Ressources Minières, ORGM, Boumerdès. *Recueil des résumés*, pp.12-13.
- **Bensekhria ,01 avril 2019 :etude géologique et géographique de hoggar algérien.**
- **Bertrand, J.M.L et Lasserre. M.; 1976.** Pan-Africa and pre-Pan-African history of the Hoggar (Algerian Sahara) in the light of new geochronological data from the Aleksod area. *Precamb. Res.*, 3, P. 343-362..
- **Bertrand, J.M.L., 1974:** Evolution polycyclique des gneiss précambriens de l'Aleksod (Hoggar central, Sahara algérien).Thèse Doctorat es-Sciences. Université Montpellier. CNRS.

- **Bertrand, J.M.L., Caby, R., 1978.** Geodynamic evolution of the Pan-African orogenic belt: a new interpretation of the Hoggar shield. *Geologische Rundschau* 67, 2, 357-388.
- **BERTRAND., J.M, CABY., R. (1965):** Nouvelles observations sur le Précambrien du Nord-Ouest de l'Ahaggar (Sahara Algérien). *Comptes rendus de l'Académie des sciences, C.R. AcadSci., Paris, D, 261 : 3845-3848.*
- **Black, R., Latouche, L., Liégeois, J-P., Caby, R. and Bertrand, J-M. , 1994.** Pan-African displaced terranes in the Tuareg shield (central Sahara). *Geology* 22, 641-644.
- **Bertrand, J.M.L., Caby, R., 1978.** Geodynamic evolution of the Pan-African orogenic belt: a new interpretation of the Hoggar shield. *GeologischeRundschau*67, 2, 357-388.
- **Caby et Al 1983 :** Age à 1800 Ma du magmatisme sub-alcalin associé aux méta.sédiments monocycliques dans la Chaîne Pan-Africaine du Sahara Central
- **Caby, 1970.** La chaîne pharusienne dans le NW de l'Ahaggar, Algérie. Sa place dans l'orogénèse du Précambrien supérieur en Afrique. *Thèse Doctorat es Sciences.* Université de Montpellier. 336 p.
- **Caby, R., Andreopoulos-Renaud, U., 1987.** Le Hoggar oriental, bloc cratonisé à 730 Ma dans la chaîne pan-africaine du Nord du continent africain. *Precambrian Research* 36, 335-344.
- **CABY. R, 1972 :** Evolution pré-orogénèse de la Chaîne pharusienne dans le Nord-Ouest de l'Ahaggar (Sahara Algérien). Sa place dans l'orogénèse Panafricaine en Afrique Occidentale, actes du colloque international sur les corrélations du Précambrien Volume III, Issue 4, Page 343-362
- **CABY, R. & BERTRAND, J.M.L. (1977):** Synthèse des connaissances sur la géologie du Hoggar; in *Inv. et Prosp. Des Ress. Min du Hoggar. So.Na.Re.M 1977, Algérie*
- **DIANE LYDIE HOUNKPE LAURENT :** identification des sites de minéralisation par l'imagerie satellite dans le Hoggar region d'issalane (TAZROUK, ALGERIE).
- **El Kaiem Abdellah , bennour hani : Géologie de hoggar tectonique et richesse naturel**
- **Haddoum, H., 1992.** Etude structurale des terrains archéens du môle d'In Ouzzal (Hoggar Occidental, Algérie). *Thèse Doctorat es Sciences, USTHB, Alger.* 214 p.
- **Hocine Z.(2006)** –pétrologie ,géochimie ,géochimie isotopique et géochronologique Rb, Sr du massif granitique Arirer (terraneAouzegueur ,Hoggar oriental) mémoire magister .USTHB Alger

- **Harrouchi, L . 2005.** Cartographie aéromagnétique et gravimétrique du Môle d'In ouzzal. (Hoggar Occidental) Magister, USTHB. Alger
- **Itskov, A. 1985.** Notice explicative de la carte géologique et de la carte des gîtes minéraux du Hoggar oriental au 1/500 000 (rapport du groupe "synthèse" sur les travaux de 1983- 1985).
- **Karche, J.P., Vachette, M., 1978.** Age et migration de l'activité magmatique dans les complexes paléozoïques du Niger. Conséquences. Bull. Soc. Géol. Fr., 20, 941-953.
- **Kesraoui, M., Nedjari, S., 2002.** Contrasting evolution of low-P rare metal granites from two different terranes in the Hoggar area, Algeria. *Journal of African Earth Sciences* 34, 247-257.
- **Kesraoui, M., Nedjari, S., 2004.** Significance of the zoning in the Ta-bearing minerals from the Ebelekane rare metal granite (Central Hoggar, Algeria). In: 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology. Thessaloniki, Greece
- **Kouidri Adim :** Application des méthodes analytiques aux données du champ potentiel du Terrane d'Issalane (L'extrémité orientale du Hoggar central)
- **Latouche, L., Vidal, Ph., 1974.** Géochronologie du Précambrien de la région des Gours Oumelalen (NE de l'Ahaggar, Algérie). Un exemple de mobilisation du strontium radiogénique; Bull. Soc. Géol. Fr., XVI, 195-203.
- **Lelubre, M.(1952).** Recherches sur la géologie de l'Ahaggar Central et Occidental. Thèse Doct., Paris, Bull. Serv. Carte Geol. Algérie, 2 ème série n°22.
- **Liégeois, J.P., 2005.** The Pan-African evolution of the Tuareg Shield, with reference to the neoproterozoic granitoids and the Cenozoic volcanism. Séminaire de géologie et de métallogénie des massifs du Hoggar et des Eglabs, Tamanrasset 1-3.
- **Liégeois, J.P., Latouche, L., Boughrara, M., Navez, J., Guiraud, M., 2003.** The LATEA metacraton (Central Hoggar, Tuareg Shield, Algeria): behaviour of an old passive margin during the Pan-African orogeny. *Journal of Earth Sciences* 37,161-190
- **IEGEOIS. , J.P, BLACK. , R, NAVEZ. J, LATOUCHE. , L (1994):** Early and late Panaffrican orogenies in the Air assembly of terranes (Tuareg shield, Niger). *Precambrian Research* n°67, p59-88.
- **<http://coursgeologie.com/> :** Les ensembles géologiques de l'Algérie (géologie de Hoggar).

