

# **LE GRANITE PANAFRICAIN CALCO-ALCALIN ET HAUTEMENT POTASSIQUE DE TIN AMZI (HOGGAR CENTRAL): PETROGRAPHIE ET GEOCHIMIE.**

**Khaled LOUMI\* et Yamina MAHDJOUR\***

## **RESUME**

L'évolution tectonique de la chaîne panafricaine dans le massif du Hoggar est caractérisée par la collision continentale entre le craton ouest africain (marge continentale passive) et le bouclier touareg (marge active). Cette collision est accompagnée par la mise en place de granites d'âges différents à travers le Hoggar. Les roches du complexe plutonique de Tin Amzi situé au sud-ouest de Tamanrasset sont composées de granitoïdes variés affleurant sous forme de plutons ou de dykes. Les granites sont représentés par deux faciès principaux, l'un à biotite l'autre à biotite et à amphibole. Les enclaves retrouvées sont des xénolithes de socle et des enclaves microgrenues sombres.

L'étude géochimique et les déformations enregistrées par les granitoïdes (plans de cisaillement, recristallisation du quartz, structures d'enroulement...) ont montré qu'ils appartiennent à la série calco-alkaline hautement potassique à affinité transalkaline liés à un contexte de collision et sont syn à tardi tectoniques et post collisionnels .

**Mots clés** - Hoggar central - Panafricain - Granites calco-alkalins hautement potassiques-  
Enclaves-Collision.

## **THE CALC-ALKALINE AND HIGHLY POTASSIC GRANITE OF TIN AMZI (CENTRAL HOGGAR): PETROGRAPHY AND GEOCHEMISTRY.**

### **ABSTRACT**

The tectonic evolution of the Pan-African range in the Hoggar massif is characterized by the continental collision between the Western African Craton (passive continental margin) and the Tuareg shield (active margin). This collision is accompanied by the emplacement of granites of different ages through the Hoggar. The rocks of Tin Amzi plutonic complex, located to the south-West of Tamanrasset are composed of various granitoids in form of plutons or dykes. The granites are represented by two main facies, one with biotite, the other with biotite and amphibole. The found enclaves are of basement and micrograined dark enclaves. The geochemical study and deformations recorded by the granitoids (shearing planes, quartz recrystallization, rolling up structures...) has shown that they belong to the highly potassic calc-alkalic series with transalkaline affinity related to a collision context and are syn to late tectonic and post collision types.

**Key words** - Central Hoggar - Pan-African - High-K calc-alkaline granites - Enclaves-Collision.

\*Laboratoire de Pétrologie-Structurologie, Faculté des Sciences de la Terre, de la Géographie et de l'Aménagement du territoire. BP. 32, El-Alia ; 16111 Bab-Ezzouar; Alger.

- *Manuscrit déposé le 28 Janvier 2007, accepté après révision le 18 Juin 2008.*

## I- INTRODUCTION

Le complexe plutonique de Tin Amzi (Hoggar central) a été daté par Bertrand *et al.*, (1986) à 612 Ma qui signalent la présence de granites hétérogènes, de granodiorites et d'enclaves dioritiques. Il n'y a pas eu d'étude pétrographique et géochimique détaillée réalisée pour définir sa typologie. Aussi, nous avons entrepris cette étude pétrographique pour définir les différents faciès et établir leur relation mutuelle ainsi qu'une étude géochimique basée sur les analyses des éléments majeurs et des éléments en trace.

Il s'agit d'un plutonisme calco-alkalin hautement potassique largement défini par Liégeois (1987) qui présente beaucoup de similitudes avec celui du granite de l'Anfeg (Moulahoum, 1988; Acef *et al.*, 2003).

## II- CADRE GEOLOGIQUE

Le complexe plutonique de Tin Amzi affleure à 60 km au sud de Tamanrasset dans la partie nord du terrane de Laouni (fig.1). Cette région est caractérisée par la superposition de deux unités tectoniques très différentes (Bertrand *et al.*, 1986) séparées par une zone mylonitique à pendage faible vers le nord-est (fig.2).

L'unité tectonique inférieure est composée de gneiss et de migmatites (Iharène) correspondant à des métasédiments métamorphisés dans les conditions du faciès granulite. Deux assemblages métamorphiques successifs M1 et M2 ont été définis par Ouzegane (1981) correspondant respectivement aux conditions de 8kb / 800°C et 5kb / 600°C. Ces roches qui présentent toujours un rubanement portent rarement une linéation d'étirement.

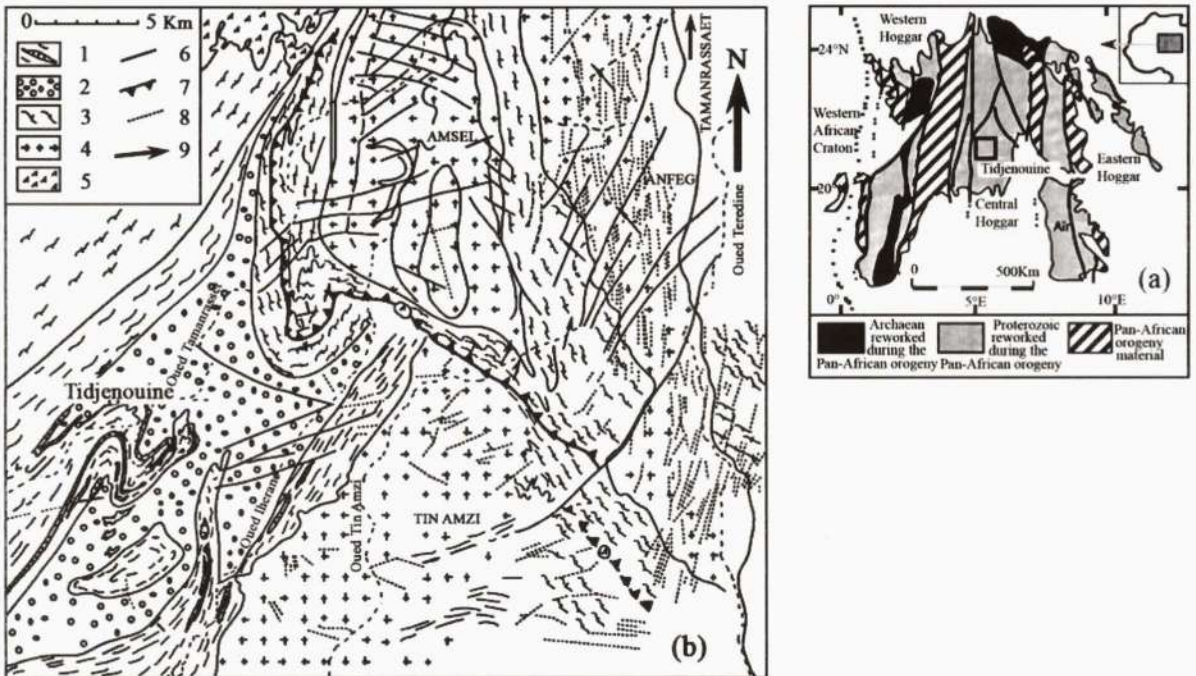


Fig. 1 - Carte géologique de la région de Tin Amzi (Bertrand *et al.*, 1986).

### Geological map of the Tin Amzi area (Bertrand *et al.*, 1986).

1- métapélites granulitiques (*granulitic metapelites; marbles; quartzites and mafic lenses*); 2- migmatites (*migmatites*); 3- gneiss refoliés (*refoliated gneisses*); 4- granites (*granites*); 5- roches volcaniques récentes (*recent volcanic rocks*); 6- faille (*fault*); 7- chevauchement (*strike slip thrust*); 8-dyke (*dyke*); 9- linéation (*lineation*).



LE GRANITE PANAFRICAIN CALCO-ALCALIN ET HAUTEMENT POTASSIQUE DE TIN AMZI (HOGGAR CENTRAL) :  
PETROGRAPHIE ET GEOCHIMIE

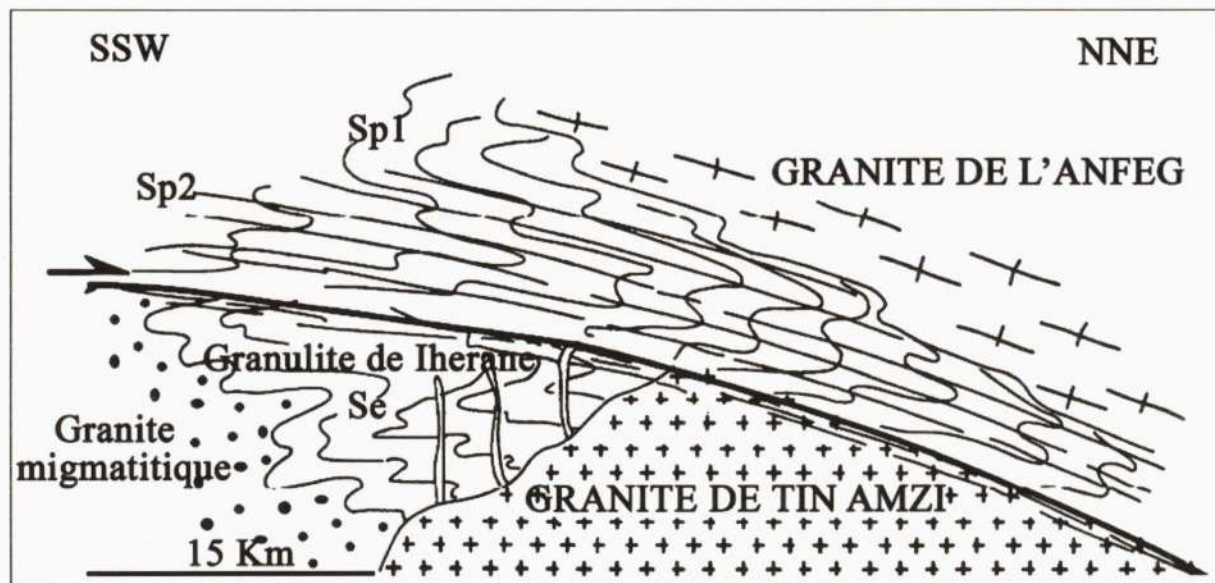


Fig. 2 - Coupe schématique de la région de Tin Amzi (Bertrand *et al.*, 1986)

*Cross-section in the Tin Amzi area (Bertrand et al., 1986).*

L'unité tectonique supérieure est constituée de gneiss présentant une intense foliation à pendage NE. La linéation d'étirement y est bien marquée et la projection stéréographique (hémisphère inférieure) de 125 mesures indique une direction moyenne de N30 (fig.3). Cette foliation appelée Sp1 correspond à la plus ancienne foliation formée au panafricain. Une deuxième foliation appelée Sp2 a été observée dans les plans axiaux.

Le pluton granitique recoupe les deux unités tectoniques mais affleure essentiellement à l'ouest de la zone mylonitique.

Il affleure sur une superficie de 225 kilomètres carré environ (fig.1) et ne forme pas de relief fort. Il est séparé du granite de l'Anfeg à l'est par les gneiss de l'unité tectonique supérieure.

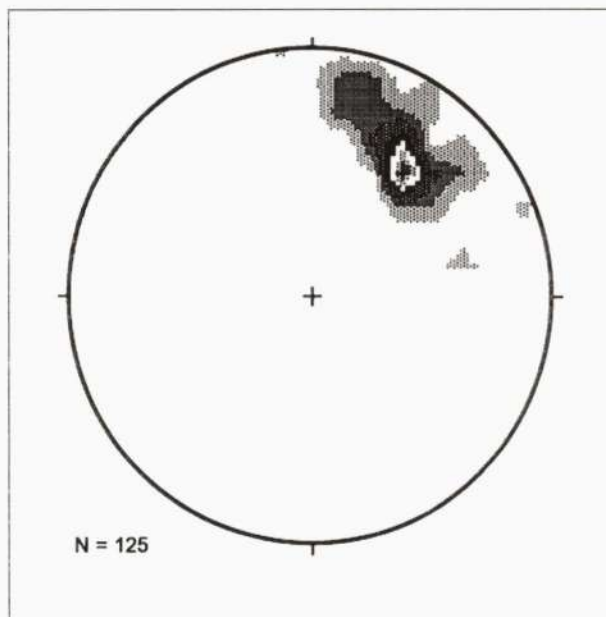


Fig. 3 - Projection stéréographique de la linéation d'étirement dans l'unité supérieure.

*Stereographic plotting of stretch lineation in the upper unit.*

### III- PETROGRAPHIE ET MINERALOGIE

Le complexe de Tin Amzi est composé de deux principaux faciès de granitoïdes, le premier à biotite et le second à biotite+amphibole, de nombreuses enclaves ainsi qu'une série de dykes.

Le complexe plutonique de Tin Amzi est dominé par le granite à biotite dit granite à dents de cheval et il affleure depuis la zone mylonitique à l'est jusqu'à l'oued Iherane à l'ouest. Au-delà de l'oued Iharane le granite à « dents de cheval » apparaît en dyke long de 800 mètres et de direction NNW-SSE .

Dans l'oued Ihèrane affleure un granite fin à biotite de couleur bleuâtre (appelé granite bleu) à enclaves microgrenues sombres .Il est recoupé par le granite à « dents de cheval » mais les limites des grandes masses ne sont pas visibles à cause des grands accidents N-S et des dépôts sablonneux de l'oued Tin Amzi.

Les granites à amphibole affleurent soit en stocks circulaires de 50m de diamètre soit en dykes (800 mètres de long en moyenne). Cartographiquement, ils sont en bordure du granite à « dents de cheval » et comportent des enclaves de granite bleu, de xénolites de socle (décimétriques à métriques) ainsi que des enclaves microgrenues sombres (décimétriques).

#### III-1- Le faciès à biotite seule

Ce granite à biotite, est largement grenu et présente de grands cristaux de feldspaths potassiques pouvant atteindre la taille de 5 cm. Ces roches sont de teinte claire et parfois plus sombre en fonction de l'abondance de la biotite et de la taille du grain (granite bleu), mais elles présentent les mêmes caractéristiques minéralogiques et texturales.

La texture est grenue porphyroïde marquée par de grands cristaux de feldspath potassique

et plagioclase, quelques associations micropegmatitiques et des myrmékites.

L'association minéralogique est la suivante : quartz, feldspath potassique, plagioclase de type oligoclase (17% d'anorthite) et biotite. Les minéraux accessoires sont le zircon, l'apatite, l'épidote et les minéraux opaques.

Le quartz est très abondant et se présente en grandes plages à extinction roulante généralement fracturées ou en grains xénomorphes à sub-automorphes. Il renferme parfois des petits cristaux de muscovite et de biotite, mais il peut être également en inclusion dans les feldspaths.

La myrmékite est présente dans les phénocristaux de feldspaths potassiques au contact des plans de cisaillement.

Le plagioclase apparaît en mégacristaux de forme automorphe avec les macles polysynthétiques avec des inclusions de biotite. Le phénomène de zonage est parfois présent dans les plagioclases. Les feldspaths potassiques sont représentés par de l'orthose et du microcline. L'orthose se présente en phénocristaux automorphes à macle de carsbald généralement perthitiques parfois brisés et moulés par du quartz recristallisé. Les inclusions sont fréquentes et représentées par le quartz, la biotite, l'apatite et le plagioclase.

Le microcline peu fréquent est sub-automorphe et présente les macles polysynthétiques de l'albite et périclase.

La biotite brun rougeâtre, assez fréquente, se présente en paquets isolés ou en cristaux dissé-minés. Elle apparaît également en cristaux sub-automorphes à automorphes englobant des minéraux accessoires tels que le zircon, l'apatite, l'épidote et des minéraux opaques. Dans les zones déformées, la biotite souligne les plans de cisaillement et se présente sous forme de mica-fisch et s'altère en chlorite.

La muscovite très peu abondante apparaît en petites paillettes le long des plans de clivage provenant de l'altération des plagioclases. Les minéraux accessoires sont représentés par l'épidote, l'apatite, le zircon et le sphène. L'épidote apparaît en petits cristaux automorphes à sub-automorphes et en inclusion dans le plagioclase et la biotite. L'apatite se présente en petits cristaux automorphes mais aussi en inclusion dans la biotite, les feldspaths potassiques et les plagioclases. Le zircon, peu fréquent et les minéraux opaques sont en inclusions dans la biotite. Le sphène cristallise en sections automorphes losangiques à craquelures irrégulières très nettes.

### III-2 - Faciès à amphibole-biotite

Il y a deux types de textures dans ce faciès, l'une grenue à grain grossier à moyen et l'autre microgrenue à tendance doléritique. L'association minéralogique les caractérisant est la même : quartz, plagioclase représenté par l'andésine, feldspath alcalin, biotite et hornblende. Les minéraux accessoires sont le sphène, l'épidote et l'apatite. Le quartz assez fréquent est de taille variable allant de 1 à 4 mm. Il apparaît en majeure partie sous forme de cristaux xénomorphes incluant les autres espèces minérales mais également en petits cristaux sub-automorphes à bordures légèrement arrondies, parfois fracturé et corrodant les autres espèces minérales. Il possède souvent une extinction roulante et présente rarement des bandes de pliage. La myrmékite est parfois présente au contact des plagioclases et des feldspaths potassiques. L'orthose est peu abondante et elle se présente en sections allongées automorphes à sub-automorphes maclées carsbald. Elle est souvent perthitique incluant des petits grains de quartz et de biotite. Les cristaux de plagioclase sont abondants, automorphes et certains sont zonés. Les inclusions sont représentées par le quartz, la biotite et quelques cristaux de muscovite. La biotite est très abondante et apparaît

en petites paillettes automorphes à sub-automorphes à pléochroïsme allant du brun foncé au jaune pâle. Les inclusions reconnues sont le zircon, l'épidote, l'apatite et les minéraux opaques. L'amphibole est de la hornblende verte automorphe à sub-automorphe se présentant en grandes plages ou en petits amas associés à la biotite. La muscovite peu abondante, apparaît en petits cristaux automorphes à sub-automorphes et provient de la déstabilisation de la biotite et du plagioclase.

Les minéraux accessoires sont le sphène abondant, l'épidote, l'apatite en inclusion dans le plagioclase, la biotite et enfin les minéraux opaques en sections automorphes à xénomorphes mais aussi en inclusion dans la biotite.

### III-3 - Les dykes

Les dykes sont représentés par des roches de teinte claire, grenues à grain moyen, caractérisées par la présence de mégacristaux de feldspath pouvant atteindre la taille de 5 cm. L'étude microscopique montre que l'ensemble de ces roches présentent deux faciès distincts : un faciès à biotite et un faciès à amphibole-biotite. Le faciès à biotite peut être à texture grenue porphyroïde avec des mégacristaux de feldspaths alcalins et de plagioclase (andésine, 15%) ou à texture microgrenue porphyrique à phénocristaux d'orthose perthitique. L'association minéralogique est : quartz, plagioclase, orthose, biotite et les minéraux accessoires sont le zircon, l'apatite et l'épidote. Par rapport à celle des roches décrites précédemment l'orthose se présente en très grandes sections et il y a absence de sphène.

Les roches à amphibole-biotite ont une texture grenue porphyroïde à mégacristaux de plagioclase (oligoclase-andésine) et d'orthose perthitique comme pour les roches du faciès à biotite mais la différence réside dans l'apparition de la hornblende verte et de l'abondance de sphène comme minéral accessoire.



### III-4 - Les enclaves

Les enclaves de forme sphérique et parfois ellipsoïdale sont abondantes et leur taille varie du centimètre au décimètre mais parfois elle peut atteindre la dizaine de mètres quand il s'agit de socle. Les xénolithes de socle sont représentées par des amphibolites et des gneiss. Les enclaves magmatiques sont de deux types : les enclaves microgrenues sombres à amphibole-biotite et les enclaves microgrenues sombres à biotite.

- les enclaves microgrenues sombres à amphibole-biotite sont répandues dans le faciès à amphibole-biotite et présentent des ocelles de quartz et des phénocristaux de plagioclase. La texture est microgrenue avec une distribution homogène de petites lattes de plagioclase, d'amphiboles, de quartz et de biotite. Quand la texture devient parfois plus grenue le pourcentage de quartz augmente. L'association minéralogique comprend : quartz et ocelles de quartz, plagioclase (andésine-labrador), feldspath alcalin, hornblende verte, biotite, sphène, apatite, minéraux opaques.

- les enclaves microgrenues sombres à biotite sont finement grenues de couleur sombre avec présence de quelques phénocristaux de teinte claire. La texture est microgrenue porphyrique à phénocristaux de quartz et de plagioclase (oligoclase). Ce faciès a été observé essentiellement dans le granite à biotite. L'association minéralogique comprend : quartz, plagioclase, biotite, sphène, apatite et minéraux opaques.

### IV- MINERALOGIE

Nous avons analysé à la microsonde électronique les biotites, les amphiboles et les feldspaths des roches à amphibole et biotite et des roches à biotite correspondant aux pointements circulaires et aux dykes. Les biotites projetées dans le diagramme de Nachit *et al.*, (1985) s'inscrivent dans les domaines sub-alcalin et alcalin (fig. 4), montrant une mise en place tardi-

orogénique à post-orogénique suggérant l'appartenance du complexe granitique de Tin Amzi à la série alcali-calcique. Les cristaux d'amphiboles analysés ont été projetés dans le diagramme de Leake (1978) et correspondent à des hornblendes actinolitiques et à des hornblendes ferrifères (fig.5). Mais les amphiboles des enclaves microgrenues sombres sont des magnésio-hornblendes. Leur composition chimi-

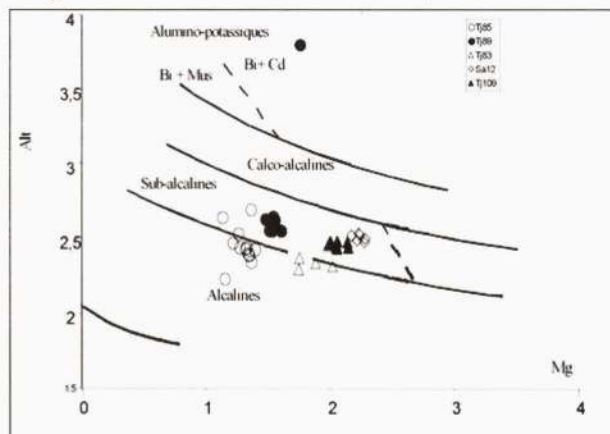


Fig. 4 - Diagramme Mg-Alt de Nachit *et al.* (1985), montrant les compositions sub-alcalines des biotites appartenant au pluton granitique de Tin Amzi

**Mg-Alt diagram from Nachit and al. (1985), showing biotites sub-alkalic compositions of the Tin Amzi granite pluton.**

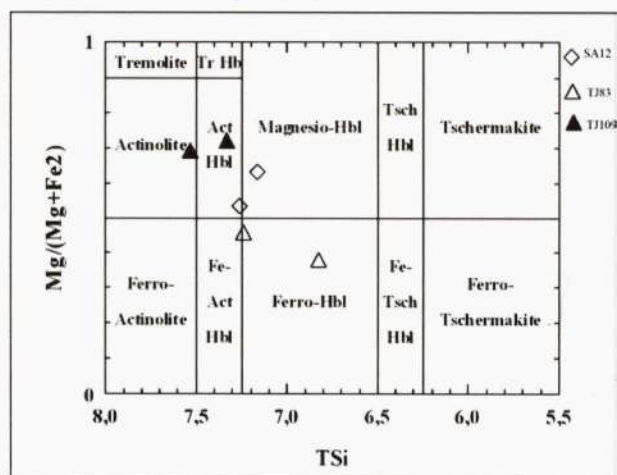


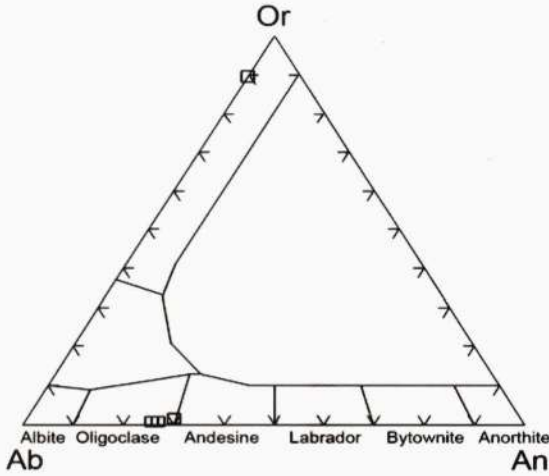
Fig. 5 - Projection des points analytiques des amphiboles des roches à amphiboles des granitoïdes de Tin Amzi dans le diagramme de Leake (1978).

**Plotting of the analytical points of the rocks with amphiboles of Tin Amzi in the diagram of Leake (1978).**

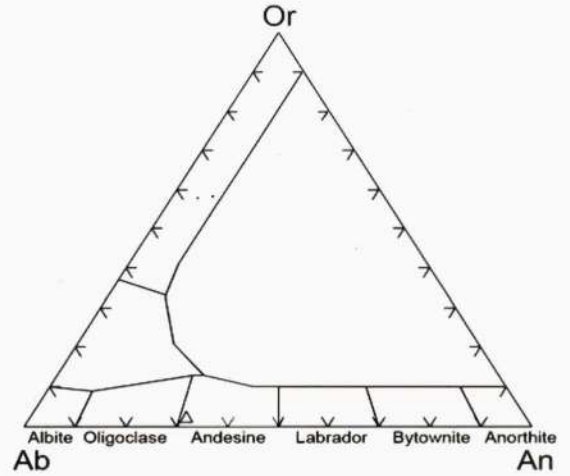
LE GRANITE PANAFRICAIN CALCO-ALCALIN ET HAUTEMENT POTASSIQUE DE TIN AMZI (HOGGAR CENTRAL) :  
PETROGRAPHIE ET GEOCHIMIE

que est typique des amphiboles des granodiorites calco-alkalines. Nous ferons remarquer que des granites intermédiaires entre la série calco-alkaline et la série alcaline-peralkaline ont été décrits dans le Hoggar (Azzouni-Sekkal et al., 2003).

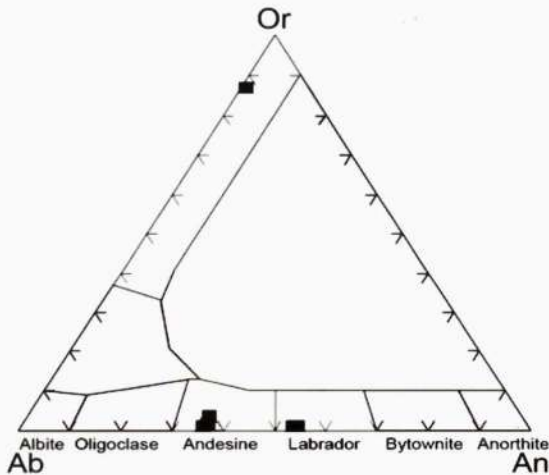
Les feldspaths analysés ont été projetés dans le diagramme Ab /An/Or (fig.6) et sont représentés par de l'orthose et des plagioclases de type oligoclase-andésine pour les échantillons granodioritiques et andésine-labrador pour les enclaves microgrenues sombres.



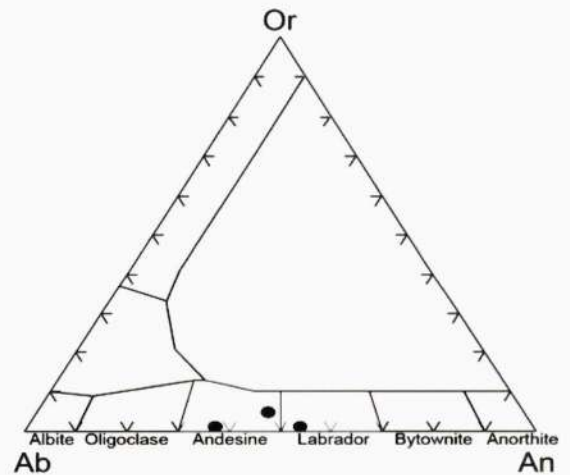
Echantillon Tj 83



Echantillon Tj 85



Echantillon Tj 109



Echantillon SA 12

Fig. 6 - Projection des points analytiques des feldspaths dans le diagramme An-Ab-Or.

*Plotting of analytic points of feldspars on the An-Ab-Or diagram.*



## V-GEOCHIMIE

Vingt cinq échantillons positionnés sur la photographie satellite (fig.7) ont été analysés (dosage des éléments majeurs) par ICP au CRPG de Nancy (tabl. I) concernant les granitoïdes à biotite, à amphibole+biotite et les enclaves.

Nous avons également effectué trois analyses de terres rares et de traces correspondant à deux échantillons de granite à biotite et à un échantillon de granite migmatitique de bordure.

La projection des échantillons dans le diagramme Q'ANOR de Strekeisen et Le Maitre (1979) basé sur la norme CIPW (tab.II) montre que les compositions chimiques sont assez variées (fig.8) :

- les granites à amphibole+biotite se projettent dans les champs des granodiorites et des monzogranites.

- les granites à biotite correspondent à des monzogranites et à des syénogranites.

- les enclaves sont des monzodiorites à quartz, des monzogranites et des granodiorites.

Les compositions en éléments majeurs ont été reportées dans les diagrammes de Harker (fig.9) avec la silice comme index de différenciation.

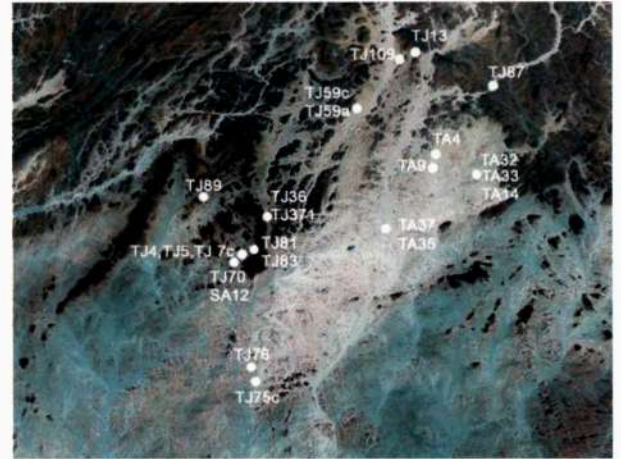


Fig. 7 - Carte de positionnement des échantillons analysés.

### Samples localization map.

Tableau I - Analyses chimiques des granitoïdes de Tin Amzi.

#### Selected chemical analyses of the Tin Amzi granitoids.

Faciès	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite
N°Echan.	TJ7C	TJ13	TJ70	TJ75C	TJ76	TJ81	TJ85	TJ89	TJ5	TJ59c	TA37	TA4	TA32	TA33	TA35
SiO <sub>2</sub>	68,88	68,67	68,73	66,93	66,46	65,89	68,94	68,3	69,11	68,66	73,77	64,08	65,9	68,85	74,12
TiO <sub>2</sub>	0,611	0,595	0,68	1,04	0,902	0,895	0,595	0,615	0,87	0,71	0,2	0,91	0,93	0,65	0,21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,5	14,75	14,02	15,63	14,48	14,85	14,06	14,87	13,69	14,1	13,47	16,38	15,28	14,32	8,68
Fe <sub>2</sub> O <sub>3t</sub>	3,86	3,18	4,12	3,22	5,22	5,13	3,88	3,75	6,78	4,37	1,83	4,16	4,57	3,77	1,73
MnO	0,044	0,031	0,048	0,032	0,056	0,067	0,048	0,045	0,16	0,09	0,02	0,03	0,05	0,04	0,06
MgO	0,88	0,59	0,83	0,99	1,18	1,23	0,63	0,79	0,84	0,83	0,35	0,96	1,51	1,16	3,58
CaO	1,74	1,72	2,01	2,28	2,42	2,67	1,66	1,8	3,2	2,21	1,02	3,89	2,79	1,96	4,72
Na <sub>2</sub> O	2,48	2,37	2,65	2,46	2,49	2,85	2,65	2,64	2,41	2,76	3,08	3,34	2,97	2,46	1,1
K <sub>2</sub> O	5,31	6,34	5,41	5,84	5,04	4,85	5,83	5,91	2,09	5,44	5,12	3,77	3,9	5,13	4,3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,174	0,143	0,188	0,245	0,254	0,228	0,192	0,2	0,25	0,17	0,08	0,31	0,31	0,26	0,12
Perte au feu	1,3	1,5	0,6	1	0,8	1	0,7	1	0,28	0,47	0,74	1,75	1,45	1,09	1,03
Total	100,06	100,18	99,66	100,16	99,6	99,98	99,54	100,19	99,68	99,71	99,68	99,55	99,66	99,69	99,6

Faciès	Bio+Am	Bio+Am	Bio+Am	Bio+Am	enc	enc	enc	enc	enc	Migmatite
N°Echan.	TJ36	TJ59A	TJ83	TJ109	TJ371	SA12	TA9	TA14	TJ4	TJ87
SiO <sub>2</sub>	66,62	61,14	66,41	61,68	64,29	53,44	66,76	70,83	62,55	69,49
TiO <sub>2</sub>	0,843	1,406	0,915	1,548	1,116	1,57	0,48	0,44	1,413	0,49
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,85	15,29	14,84	15,14	14,67	14,97	15,51	14,4	15,33	13,99
Fe <sub>2</sub> O <sub>3t</sub>	4,67	6,9	5,19	6,4	6,02	10,19	3,61	2,94	7,15	4,63
MnO	0,053	0,094	0,063	0,089	0,085	0,154	0,05	0,04	0,085	0,12
MgO	0,98	2,21	1,25	2,08	1,31	4,65	1,78	0,49	2,06	1,14
CaO	2,25	3,8	2,67	4,14	2,54	6,38	3,22	1,74	3,55	2,19
Na <sub>2</sub> O	2,75	2,63	2,9	2,68	2,98	2,54	3,35	3,11	2,98	2,67
K <sub>2</sub> O	5,38	4,14	4,91	4,26	4,72	2,77	3,83	4,97	2,51	3,91
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,24	0,352	0,221	0,436	0,285	0,247	0,17	0,14	0,42	0,15
Perte au feu	1,1	1,1	0,5	0,9	1,7	1,6	0,92	0,71	1,7	0,38
Total	100,01	99,42	100,17	99,64	99,66	99,69	99,68	99,81	100,7	99,16



LE GRANITE PANAFRICAIN CALCO-ALCALIN ET HAUTEMENT POTASSIQUE DE TIN AMZI (HOGGAR CENTRAL) :  
PETROGRAPHIE ET GEOCHIMIE

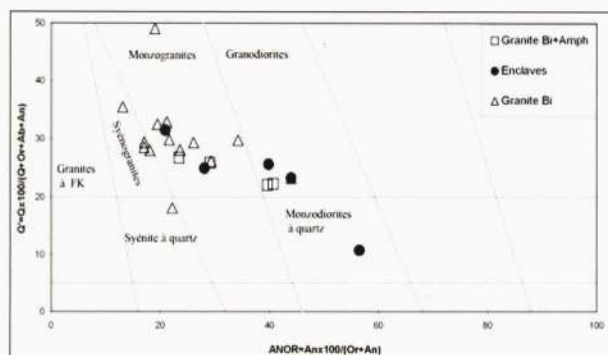


Fig. 8 - Projection des points analytiques des roches étudiées dans le diagramme Streckeisen et Le Maître (1979).

*Plotting of the analytic points of all the rocks on the Streckeisen and Le Maître diagram (1979).*

tion. On remarque que la plupart des échantillons se répartissent suivant une ligne à pente négative prouvant ainsi le rôle joué par le plagioclase, la magnétite et les ferromagnésiens représentés par l'amphibole et la biotite.

L'évolution linéaire des différents trends observés, depuis les termes basiques (enclave SA12) jusqu'aux termes acides (faciès à biotite), relayés entre eux par des granitoïdes à amphibole+biotite suggère qu'il s'agit d'une même lignée magmatique. Cependant, les observations de terrain concernant la relation de l'enclave (SA12) avec le granite à « dent de cheval » (cristaux de feldspath à cheval sur les deux faciès) ainsi que la

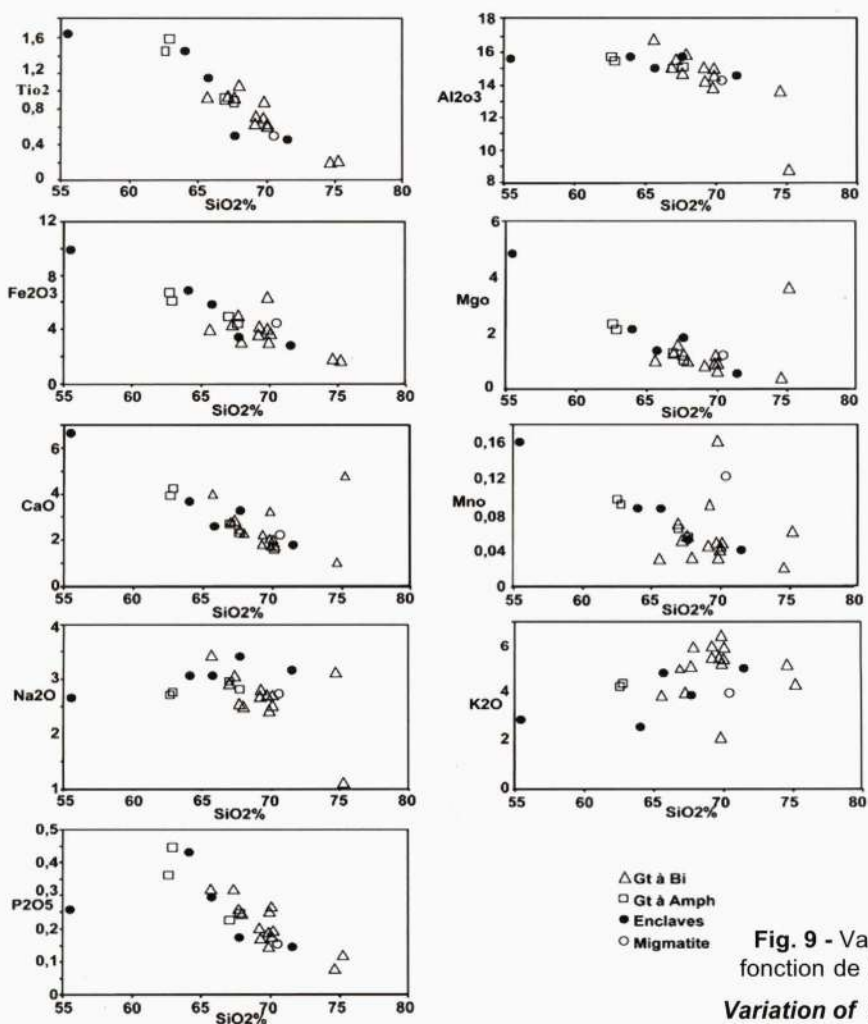


Fig. 9 - Variations des oxydes en fonction de la silice (Harker, 1909).

*Variation of majors elements oxides versus silica Harker, 1909).*

Tableau II - Normes CIPW des granitoïdes de la région de Tidjenouine.

## CIPW norms of the Tidjenouine area granitoids.

Faciès	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Amp,Bio,	Amp,Bio,	Amp,Bio3,	Amp,Bio,	Encl.	Encl.
Echant.	Tj13	Tj59c	Tj75c	Tj81	Tj85	Tj89	Tj36	Tj59a	Tj83	Tj109	SA12	Tj371
Qz	26,44	24,25	23,83	22,72	26,75	25,09	24	19,22	21,29	19,75	8,66	22,02
Cr	0,98	0,06	1,25	0,05	0,61	0,96	0,54		0,03			0,65
Ortho,	37,59	32,15	34,69	28,96	34,45	34,98	31,91	24,7	29,02	25,18	16,43	28,01
Ab	19,8	23,35	21,41	24,45	22,59	22,59	23,02	21,83	24,37	21,92	21,75	25,55
An	8,46	9,85	10,79	13,1	8,02	8,56	11,08	17,98	13	17,87	24,54	11,48
Diop,								0,88		30	6,49	
Woll												
Hyp	1,42	6,56	2,47	3,19	1,54	1,99	2,39	5,12	6,62	5,09	8,42	3,36
Magn		1,28							2,42			
Im	1,08	1,35	1,92	1,63	1,1	1,14	1,54	2,56	1,63	2,73	2,79	1,99
Hema	4,47		5,42	6,94	5,3	5,15	6,49	9,58		9,32	13,03	8,17
Apa	0,32	0,39	0,56	0,51	0,39	0,39	0,49	0,72	0,51	0,88	0,53	0,63
TOTAL	100,6	99,24	102,3	101,6	100,8	100,9	101,46	102,6	98,89	103,03	102,6	101,9

position systématique de l'enclave (TJ371) dans les différents diagrammes, sa minéralogie, sa teneur en silice élevée par rapport aux enclaves basiques (à amphibole) suggèrent d'une part, qu'elle représente le passage des termes basiques aux termes acides et d'autre part, qu'elle serait le signe d'un mélange de magma. Nous rappellerons que cette évolution linéaire des enclaves microgrenues sombres avec les granitoïdes est interprétée différemment suivant les auteurs (Griffin et al., 1978; Chappell et White, 1984 et Vernon, 1983). Mais la présence d'ocelles de quartz (fig.10) et l'appartenance de cristaux feldspathiques à la fois à l'enclave et au granite (fig.11), suggère plutôt l'hypothèse d'une hybridation de magmas. Ces observations ont été décrites par Azzouni-Sekkal (1989) dans les granites Taourirt ainsi que Acef et al. (2003) dans le granite de l'Anfeg situé à l'est immédiat du granite de Tin Amzi. Par ailleurs, nous avons observé sur le terrain le granite à «dent de cheval» recouper les faciès à amphibole dans la partie occidentale de la région de Tidjenouine (fig.12).

Les rapports molaires A/ASI établis par Shand (1927) varient de 0.80 (enclave) à 1.14 et montrent une relation positive avec la silice (fig.13).

Cette évolution correspond à celle observée dans les séries calco-alcalines, dont les termes les moins différenciés sont métalumineux alors que les termes les plus différenciés sont faiblement peralumineux. Dans le diagramme A/NK vs A/CNK de Maniar et Piccoli (1989) (fig.14), les points analytiques correspondant aux roches à amphibole se projettent dans le domaine des granites métalumineux et ceux des roches à biotite se projettent dans le domaine peralumineux. Ce caractère métalumineux à faiblement peralumineux, ainsi que, les caractères pétrographiques sont confirmés par la distribution des points dans le diagramme de Debon et Le Fort (1983) (fig.15). L'affinité magmatique des granitoïdes de Tidjenouine a pu être mise en évidence par l'utilisation du diagramme de Brown (1982) où la majorité des points se placent dans le champ des séries calco-alcalines (fig.16). Cette affinité est également marquée dans le diagramme  $K_2O-SiO_2$  (Ewart, 1978) où l'ensemble des points analytiques se répartissent dans le champ calco-alcalin hautement potassique (fig.17) à la limite de la série shoshonitique. Comme dans le diagramme de Sylverster (1989), certains points sont dans le champ des granites calco-alcalins faiblement fractionnés et granites fortement peralumineux et les autres dans le champ des granites alcalins (fig.18); nous avons



LE GRANITE PANAFRICAIN CALCO-ALCALIN ET HAUTEMENT POTASSIQUE DE TIN AMZI (HOGGAR CENTRAL) :  
PETROGRAPHIE ET GEOCHIMIE

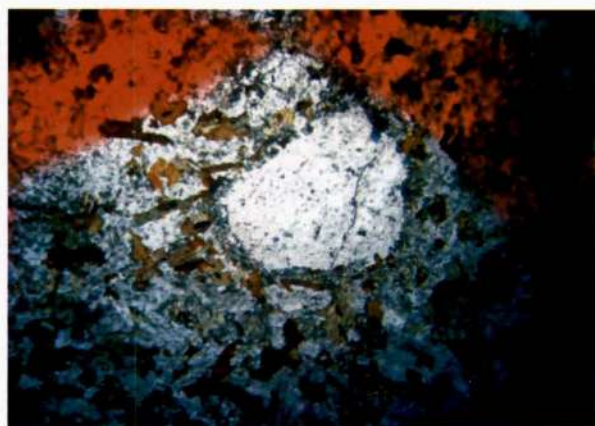


Fig. 10 - Ocelle de quartz observée dans l'enclave SA12.

*Quartz ocellus observed in the enclave SA 12.*



Fig. 11 - Enclave d'un faciès à amphibole dans le granite à «dent de cheval» avec des feldspaths à cheval sur les deux faciès.

*Enclave of amphibole facies in the «dent de cheval» granites with feldspars on the both facies.*



Fig. 12 - Granite à «dent de cheval» recoupant le faciès à amphibole

*«Dent de cheval» Granite cutting the amphibole facies.*

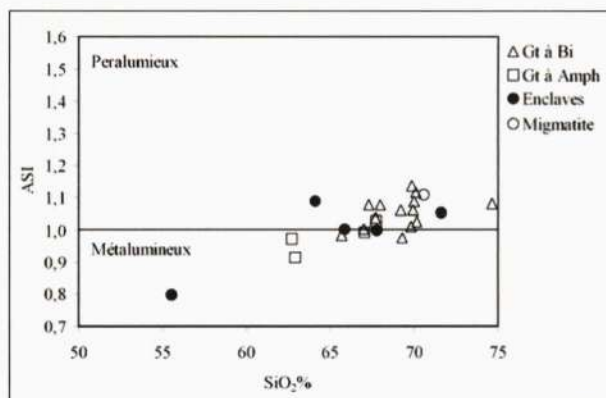


Fig. 13 - Projection des granitoïdes étudiés dans le diagramme ASI vs  $SiO_2$ .

*Plotting of granitoids on the ASI vs  $SiO_2$  diagram.*

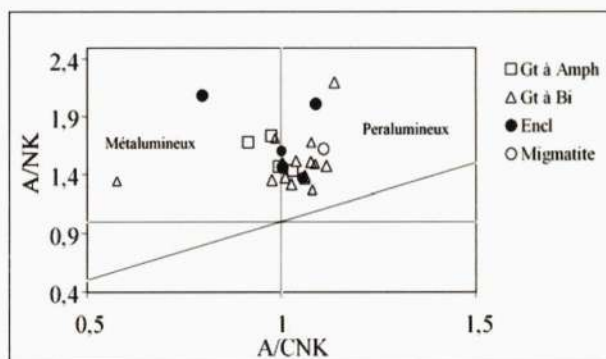


Fig. 14 - A/CNK (molaire) versus A/NK (molaire).

*A/CNK (molar) Vs A/NK(molar).*

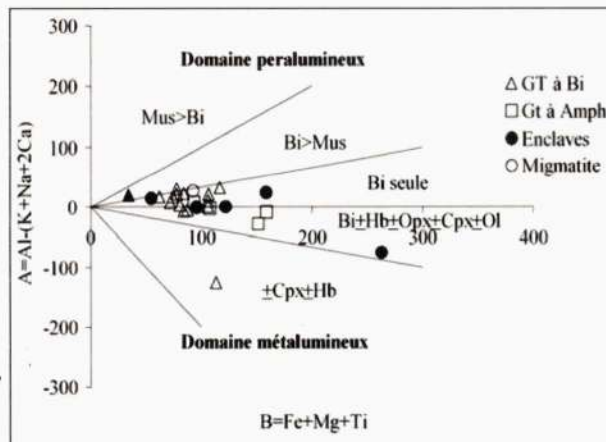


Fig. 15 - Projection des granitoïdes dans le diagramme de Debon et Le Fort (1983).

*Plotting of granitoids on the Debon and Le Fort diagram (1983).*

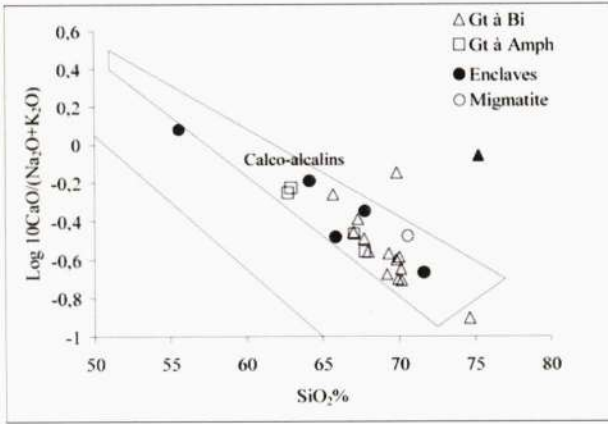


Fig. 16 . Projection des granitoides dans le diagramme de Brown (1982) .

Plotting of granitoids on the Brown diagram (1982).

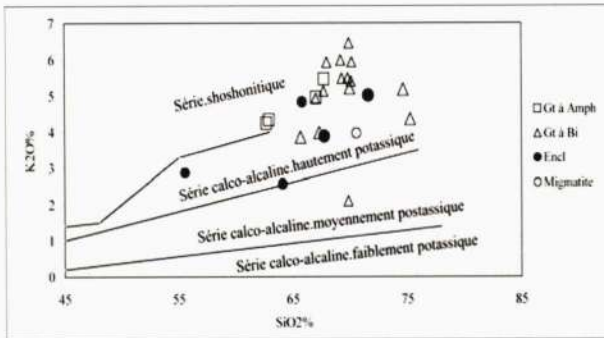


Fig. 17 - Projection des points analytiques des roches étudiées dans le diagramme d' Ewart (1978).

Plotting of analytic points of the all studied rocks on the Ewart diagram (1978).

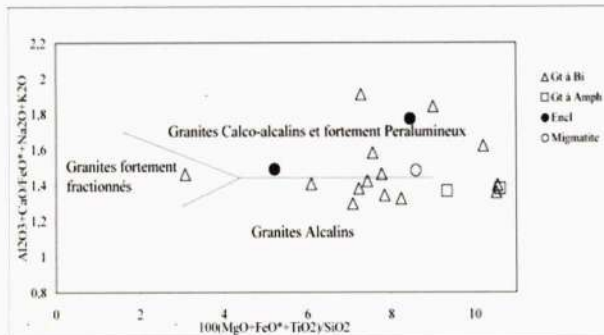


Fig. 18 - Projection des points analytiques des roches étudiées dans le diagramme de Sylvester(1989).

Plotting of analytic points of the all rocks on the Sylvester diagram (1989).

utilisé le diagramme de Frost et al., (2001). La majeure partie des points se répartissent dans le champ des granites alcali-calciques (fig.19).

Des analyses de terres rares et d'éléments en trace ont été réalisées (tabl. III) sur deux échantillons provenant des granites à biotite et un échantillon provenant de la migmatite qui

Tableau III - Analyses chimiques des éléments en trace de trois échantillons du granite de Tin Amzi.

Chemical analyses of trace elements of three samples of Tin Amzi granit.

Ech.	Tj5	Tj59C	Tj87	Ech.	Tj5	Tj59C	Tj87
As	0,66	0,65	0,42	Nb	13,04	24,79	7,81
Ba	1121	842	1274	Nd	51,24	87,21	45,22
Be	1,61	2,01	0,7	Ni	17,3	9,81	19,2
Bi	0,02	0,01		Pb	14,3	17,9	19,6
Cd	0,23	0,34	0,24	Pr	13,63	25,13	12,36
Ce	119,5	225,5	115	Rb	86,34	243,2	125,4
Co	13,4	6,94	9,66	Sb	0,11	0,12	0,09
Cr	50,5	26,4	61,9	Sm	10,27	14,55	8,13
Cs	1,56	2,03	0,55	Sn	1,17	2,68	0,46
Cu	29,5	7,5	30,1	Sr	188	186	188
Dy	6,91	5,69	6,18	Ta	1,01	1,84	0,328
Er	4,06	2,57	3,35	Tb	1,3	1,25	1
Eu	1,92	1,77	1,66	Th	13,53	40,01	12,63
Ga	20,7	22,4	20	Tm	0,55	0,26	0,48
Gd	8,29	6,57	6,75	U	1,12	2,97	0,6
Ge	1,25	1	1,09	V	50	28,1	30,8
Hf	9,46	11,2	6,88	W	0,39	0,49	0,22
Ho	1,46	0,95	1,28	Y	42,4	26,6	36,3
In	0,06	0,04	0,06	Yb	4,17	2,36	3,25
La	58,63	112,3	55,9	Zn	69,2	63,4	56,5
Mo	1,98	1,79	1,04	Zr	362	407	272

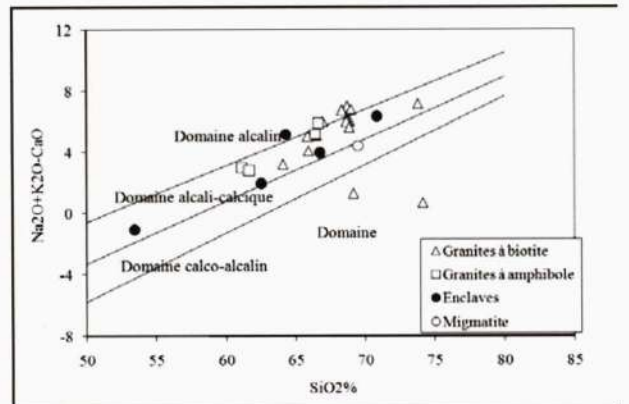


Fig. 19 - Projection des granitoides de Tin Amzi dans le diagramme MALI-SiO<sub>2</sub> de FROST et al., (2001).

Plotting of Tin Amzi granitoids on the MALI-SiO<sub>2</sub> (Frost and al.,2001).



LE GRANITE PANAFRICAIN CALCO-ALCALIN ET HAUTEMENT POTASSIQUE DE TIN AMZI (HOGGAR CENTRAL) :  
PETROGRAPHIE ET GEOCHIMIE

leur est associée. Les spectres multi-éléments (fig.20) se caractérisent par une anomalie négative en Nb, Ta, Sr et P. Les granites à biotite analysés en éléments en trace, à savoir les échantillons Tj5 et Tj59c montrent une allure similaire des spectres. L'échantillon Tj59c est plus enrichi en éléments incompatibles (Rb, Ba, Th, U, K...) que l'échantillon Tj5. Les anomalies en Nb et Ta marquent une assimilation de croûte qui est typique des granites calco-alcalins.

Les spectres de terres rares des roches étudiées normalisés aux chondrites (Taylor et Mc Lennan, 1985) présentent une allure similaire (fig.21) traduisant leur cogénéisme. Les spectres montrent un fractionnement important des

LREE par rapport aux HREE avec une anomalie négative en Eu assez bien marquée. L'échantillon Tj59c est plus enrichi en LREE, ce qui pourrait être dû à une contamination crustale du magma originel. L'allure des spectres est typique des magmas calco-alcalins.

## VI- CONTEXTE GEOTECTONIQUE

Les différents types de granitoïdes sont caractérisés par un environnement tectonique particulier. En 1989, Maniar et Piccoli proposèrent une série de diagrammes discriminants basés sur les éléments majeurs les moins mobiles et définissent ainsi sept domaines qui sont :

- OP (Oceanic Plagiogranitoids)
- IAG (Island Arc Granitoids)
- CCG (Continental Collision Granitoids)
- POG (Post-Orogenic Granitoids)
- RRG (Rift Related Granitoids)
- CEUG (Continental Epirogenic Uplift Granitoids)
- CAG (Continental Arc Granitoids)

La première remarque que l'on peut faire à partir des diagrammes de discrimination géotectonique (fig.22), est que les granitoïdes étudiés ne s'inscrivent jamais dans les domaines OP, RRG et CEUG qui délimitent les champs réservés aux granites anorogéniques.

Par ailleurs, nous pouvons relever que les points se répartissent dans le domaine POG dans les diagrammes  $(MgO(\%AFM)/FeO^*(\%AFM))$  et  $(CaO(\%ACF)/FeO^*+MgO(\%ACF))$  alors que dans le diagramme  $(SiO_2\%/FeO^*(FeO(FeO^*+MgO)/\%))$ , ils sont positionnés à cheval entre le champ des IAG+CAG+CCG correspondant à des granites orogéniques et les post-orogéniques. Nous avons également utilisé le diagramme R2 vs R1 (fig.23) de Batchelor et Bowden (1985) où l'ensemble des points s'inscrivent dans les domaines tardi-orogéniques. Ceci est conforme au caractère calco-alcalin hautement potassique correspondant aux granites tardi-tectoniques définis par Liégeois et al. (1998).

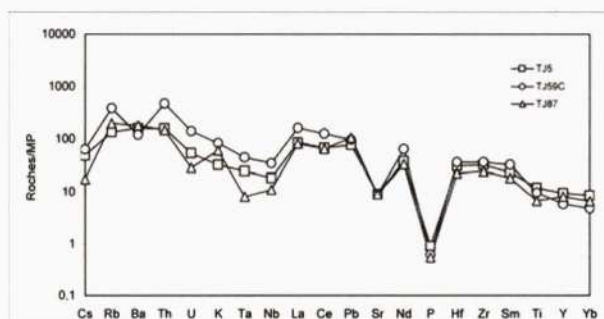


Fig. 20 - Spectres multi-éléments normalisés au manteau primitif des faciès granitiques et d'une migmatite associée.

### Spidergram of granites and migmatite normalized to the primitive mantle.

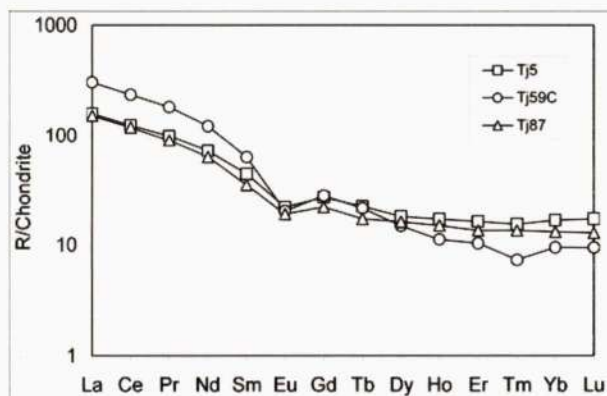


Fig. 21 - Spectres de REE des faciès granitiques et d'une migmatite associée.

### REE spectrums of granites and an associated migmatite.

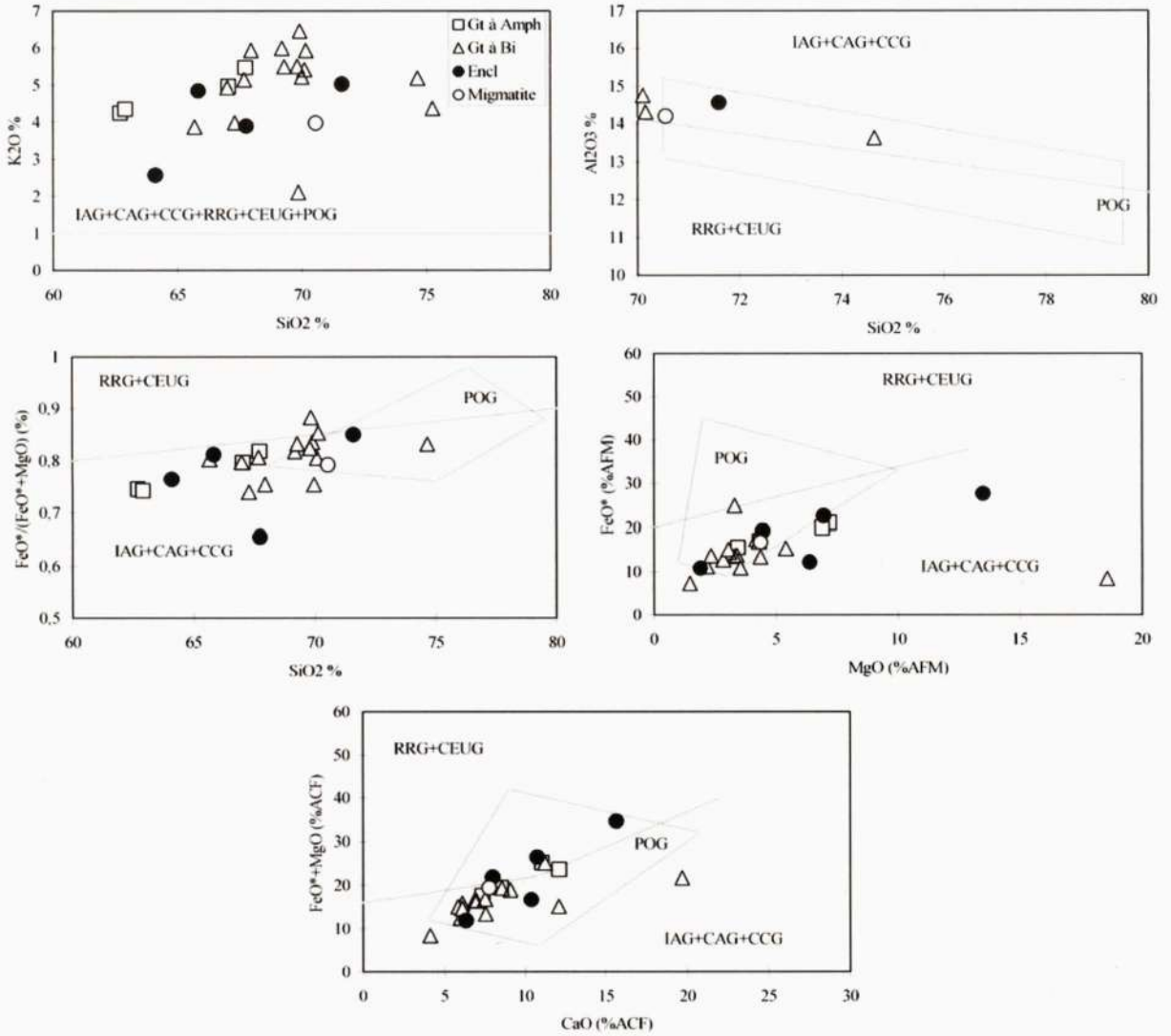


Fig. 22 - Diagrammes de discrimination géotectonique des granitoides de Maniar et Piccoli (1989).

*Granitoids geotectonic discrimination diagrams of Maniar and Piccoli for (1989).*

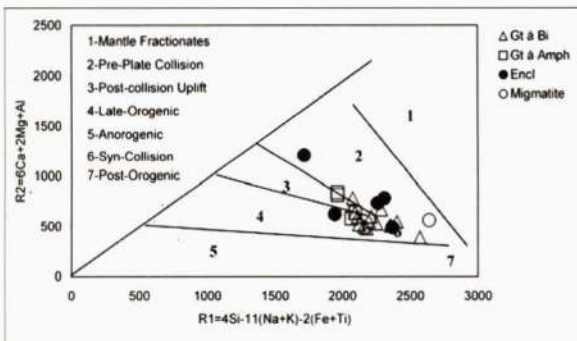


Fig. 23 - Projection des points analytiques des granitoides de Tin Amzi dans le diagramme R1-R2 de Batchelor et Bowden (1985).

*Plotting of analytic points of granitoids on the Batchelor and Bowden diagram (1985).*



## VII- CONCLUSION ET DISCUSSION

Les granitoïdes du complexe de Tin Amzi sont des monzogranites, des granodiorites et des syénogranites recoupés par des dykes granitiques. Ils renferment des xénolithes de socle et des enclaves microgrenues sombres. Ces granitoïdes qui enregistrent une déformation ductile plus ou moins bien marquée et soulignée par des mica-fischs, des bandes de cisaillement, des platten-quartz sont des granitoïdes syn à tarditectoniques mais post-collisionnels. Ceci est également observé dans les diagrammes de Maniar et Piccoli (1989). Du point de vue géochimique, les roches de Tidjenouine sont métalumineuses à faiblement peralumineuses avec un rapport A/CNK < 1.1 ce qui est compatible avec les faibles valeurs du corindon normatif (tableau II).

L'affinité magmatique de nos roches est sujette à discussion car les points analytiques se positionnent dans le champ des granitoïdes alcalins du diagramme de Sylvester (1989), dans le champ des granites calco-alcalins hautement potassiques dans les diagrammes de Brown (1982) et d'Ewart (1978) et dans le champ des granites alcali-calciques dans le diagramme de Frost et al., (2001). Vu le contexte structural (mylonitisation panafricaine du granite) et la similitude avec le granite de l'Anfeg, le granite de Tin Amzi est un granite calco-alcalin hautement potassique mais avec une tendance transalcaline. Les spectres des éléments en trace et des terres rares indiquent bien que les granitoïdes de Tin Amzi sont calco-alcalins (au sens large). Pour identifier la source des granitoïdes de Tin Amzi, nous avons utilisé le diagramme Q'/ANOR de Streckeisen et Le Maitre (1979) (fig.8). Nous remarquons une distribution générale dans le domaine des granites de type I, mais certains points débordent dans le domaine des granites de type A. Cette distribution refléterait une origine lithosphérique avec une probable contamination crustale telle que définie par Liégeois (1998) pour les granites calco-alcalins hautement potassiques.

**Remerciements :** Nous remercions N.Abdallah pour ses critiques et ses suggestions et A.Azzouni-Sekkal pour les fructueuses discussions que nous avons eues.

## BIBLIOGRAPHIE

- ACEF, K., LIEGEOIS, J.P., OUABADI, A. AND LATOUCHE, L. 2003.** The Anfeg post-collisional Pan-African high-K calc-alkaline batholith (central Hoggar; Algeria). *Result of the LATEA microcontinent metacratonisation*.
- 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 panafricain (Hoggar, Algérie). *Thèse de doctorat es sciences. USTHB*. 288p.
- AZZOUNI-SEKKAL, A. LIEGEOIS, J.P., BECHIRI-BENMERZOU, F., BELAIDI-ZINET, S. AND BONIN, B. 2003.** The «Taourirt» magmatic province, a marker of the closing stage of Pan-African orogeny in the Tuareg Shield: review of available data and Sr-Nd isotope evidence. *Journal of African Earth Sciences*. 37, 331-350.
- BATCHELOR, R.A. AND BOWDEN, P. 1985.** Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationing parameters. *Chem. Geol.*, 4 : 4355.
- BERTRAND, J.M., MICHARD, A., BOULIER, A.-M. AND DAUTEL, D. 1986.** Plutonisme et collision au Hoggar : aspects structuraux. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 302 (11), 5 : 233-236.
- BROWN, G.C. 1982.** Calc-alkaline intrusive rocks : their diversity evolution and relation to volcanic arcs. (*Andesite. Wiley. ed.*). London: *Thorpe, S.R.*
- CHAPPELL, B.W. AND WHITE, A.J.R., 1984.** Sources rocks of I-type granites S-type granites in the Lachlan fold belt, SE Australia. *Phil., Trans. R. Soc. London*. A310, pp. 693-707.
- DEBON, F. AND LE FORT, P. 1983.** A chemical-Mineralogical classification of common plutonic rocks and association. *Earth Sci.*, vol.73, pp.135-149.
- FROST, B.R., BARNES, C., COLLINS, W.J., ARCULUS, R.J., ELLIS, D. AND FROST, C.D. 2001.** A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology*. 42 : 2033-2048.

- GRIFFIN, T.J., WHITE, A.J.R., AND CHAPELL, B.W. 1978.** The moruya batholith and geochemical contrasts between the Moruya and Jindbyne suites. *J. geol. Soc. Australia*, 25, 235-247.
- HARKER, A. 1909.** The nature history of igneous rocks. *New York, Macmillan*.
- LEAKE, B.E. 1978.** Nomenclature of amphiboles. *Canad. Mineralogist*, 16/4 : 501-520.
- LIEGEOIS, J.P. 1987.** Le batholite composite de l'Adrar des Iforas (Mali). Géochimie et géochronologie d'une succession magmatique du calco-alkalin à l'alkalin dans la cadre de l'orogénèse panafricaine. *Thèse Doc. Es-Sci., Bruxelles*, 335p.
- LIEGEOIS, J.P., NAVEZ, J., HERTOGEN, J. AND BLACK, R. 1998.** Contrasting origin of post-collisional high calco-alkaline and shoshonitic versus alkaline and peralkaline granitoids. The use of sliding normalisation. *Lithos*, 45, 1-28.
- MANIAR, P.D. AND PICCOLI, P.M. 1989.** Tectonic discrimination of granitoids. *Geol. Soc. of Americ. Bull.*, V.101 : 635-643.
- MOULAHOU, O. 1988.** Dualité du magmatisme d'âge panafricain : aspects structuraux et pétrographiques des granites sub-alkalins et alumineux de la région de Tamanrasset (Hoggar central, Algérie). *Thèse Doc. Ing. Univ. Nancy I*, 145p.
- NACHIT, H., RAZAFIEFA, N., STUSSI, J.M. ET CARRON, J.P. 1985.** Composition chimique des biotites et typologie magmatique des granitoïdes. *C.R.A.S. Paris*, t. 301, série II, pp. 813-818.
- OUZEGANE, K. 1981.** Le métamorphisme polyphasé granulitique de la région de Tamanrasset (Hoggar central). *Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle -Paris VII* :171p.
- SHAND, S.J. 1927.** Eruptive Rocks-Their genesis, composition, classification and their Relation to Ore-Deposits. London, 488p.
- STRECKEISEN, A. ET LE MAITRE, R.W.L. 1979.** A chemical approximation to the modal QAPF classification of the igneous rocks. *N.Jb. Miner. Abh*, 136 :169-206.
- SUN, S.S. AND DONOUGH, W.F.M. 1989.** Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts : implications for mantle composition and processes. *Geological Society Special Publication*, 42: 313-345.
- SYLVERSTER, P.J. 1989.** Post-collisional alkaline granites : *Journal of Geology*, V. 97, pp. 261-280.
- TAYLOR, R.S. AND MC LENNAN, S.M. 1985.** The continental crust : its composition and evolution. *Oxford: Blackwell*.
- VERNON, R.H. 1983.** Restite, xenoliths and microgranitoid enclaves in granites. *J. Proc. R. Soc. N. SW.*, 23: 1-63.