

# LE PLUTON GRANITIQUE "TAOURIRT", PAN-AFRICAIN DE TEG-ORAK (HOGGAR OCCIDENTAL): CARACTÉRISTIQUES GÉOCHIMIQUES

Nour Eddine BOULFELFEL\* et Aziouz OUABADI\*\*

## RÉSUMÉ

Le pluton "Taourirt" pan-africain tardif de Teg-Orak est composé d'une suite de roches granitiques allant des monzogranites aux granites leucocrates. Ces granitoïdes constituent une suite faiblement fractionnée, d'affinité sub-alkaline ayant évolué par cristallisation fractionnée contrôlée principalement par les feldspaths. Ce sont des roches faiblement peralumineuses, riches en  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ , Nb, Y et terres rares (sauf Eu) et pauvres en CaO, MgO, Sr ainsi qu'en éléments de transition. Toutes ces caractéristiques géochimiques ont permis de les rattacher aux granites de type A post-collision (High fractionated Calc-Alkaline Granitoids).

**Mots clés** - Hoggar, Granitoïdes, Pan-africain, Structures annulaires, granites de type A, Terres rares, Transition calco-alkalin/alkalin, Typologie des zircons.

## THE PAN-AFRICAN "TAOURIRT" PLUTON OF TEG-ORAK (CENTRAL HOGGAR): GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS

### ABSTRACT

The late pan-African "Taourirt" pluton of Teg-Orak is composed of granitic rocks, ranging from monzogranites to leucocratic granites. These granitoids compose a low fractionated sub-alkaline suite, which have evolved by fractional crystallization mainly controlled by feldspars. These rocks are weakly peraluminous, characterised by high  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ , Nb, Y and REE contents (except Eu) and low CaO, MgO, Sr and transition elements contents. All these geochemical characteristics led us to rattach them to A type post-collision granites (High Fractionated Calc-Alkaline granitoids).

**Key words** - Hoggar - Granitoids - Pan-African - Ring complex - A type granites - REE - Transition calc-alkaline-alkaline - Zircon typology.

\* Commissariat à l'Energie Atomique, Centre de Recherche Nucleaire d'Alger; 2,  
Boulevard Franz Fanon, BP. 1017, Alger - Gare 16000.

\*\* Laboratoire de Pétrologie-Structurologie, Institut des Sciences de la Terre. USTHB,  
BP 32, El-Alia, 16111 Bab-Ezzouar, Alger.

- Manuscrit déposé le 27 Février 1999, accepté après révision le 31 Octobre 1999.

## INTRODUCTION

Parmi les granites pan-africains tardifs ("Taourirts") du fossé pharusien (Hoggar occidental), nous avons choisi d'étudier dans le cadre de cette note, le pluton de Teg-Orak (fig. 1 et 2) parcequ'il n'a été décrit que partiellement par Boissonnas et non repris par d'autres auteurs. Comme la plupart des granitoïdes "Taourirts" de cette zone (Azzouni-Sekkal et Boissonnas, 1993), ce massif se présente en structures concentriques.

Nous allons essayer de mettre en évidence les principales caractéristiques géochimiques ainsi que le contexte géotectonique de mise en place de ces granitoïdes à partir de la géochimie des éléments majeurs, traces et REE ainsi que de la typologie des zircons.

## CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Dans l'état actuel des connaissances, le Hoggar est formé de 23 "Terranes" (Black *et al.*, 1994). Le complexe granitique de notre étude est située dans la partie nord du terrain d'Iskel.

Situé dans le rameau oriental de la chaîne pharusienne (4°50" E - 23°10" N), l'Adrar Teg-Orak se présente sous la forme d'une ellipse isolée, allongée contre la zone de cisaillement du 4°50. Depuis le point culminant qui s'élève à 1700m et domine de plus de 700m la pénélaine environnante, la crête s'abaisse régulièrement vers le Sud, le massif atteignant ainsi près de 15Km de long. A l'Ouest, le massif possède un renflement de 8 à 10 Km environ, où s'observe une structure concentrique à trois zones (fig. 3) (Boulfelfel, 1996, 1992; Boissonnas, 1973; Lelubre, 1952 et Ranoux, 1955). L'encaissant de ces granites "Taourirts" est presque toujours représenté par les faciès les plus massifs du Pharusien, à savoir des aires de migmatites et des granites diffus. Quant aux séries plissées, d'allure schisteuse (de la série métamorphique), elles entourent les longs fuseaux concordants de granites

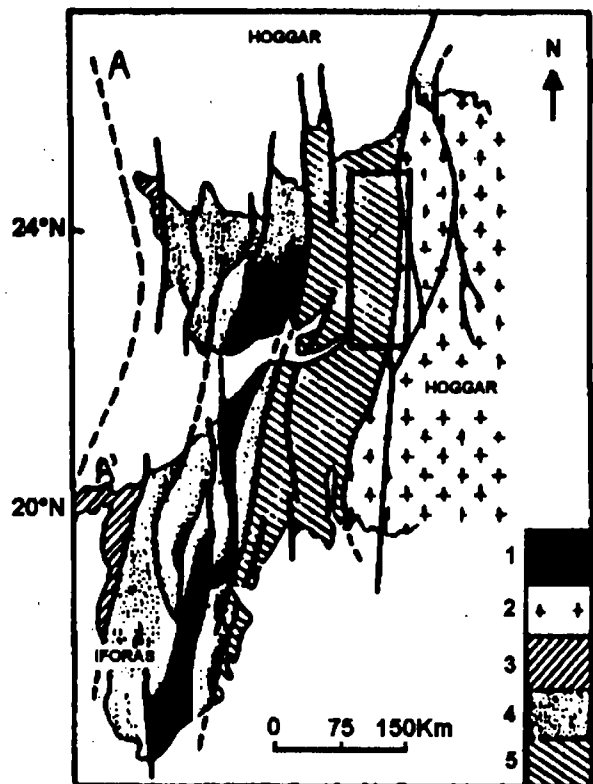


Fig. 1 - Grandes divisions structurales des parties centrale et orientale du bouclier Touareg, avec indication de la zone d'étude (Fig. 2). (D'après Liégeois *et al.*, simplifiée).

*Main structural units of the central and western parts of the Tuareg shield and indication of the study area (Fig. 2). (After Liégeois *et al.*, 1987, simplified).*

A-A': Limite orientale du craton ouest africain (zone de suture) (*Eastern boundary of the West African Craton (suture zone)*);

1: Granulites éburnéennes dans la zone mobile (*Eburnean granulites within the mobile belt*);

2: Hoggar central polycyclique (*Polycyclic central Hoggar*);

3: Arc insulaire du Tilemsi (*Tilemsi Island arc*);

4: Rameau occidental de la chaîne pharusienne (*Western branch of the Pharusian belt*);

5: Rameau oriental de la chaîne pharusienne (*Eastern branch of the pharusian belt*).

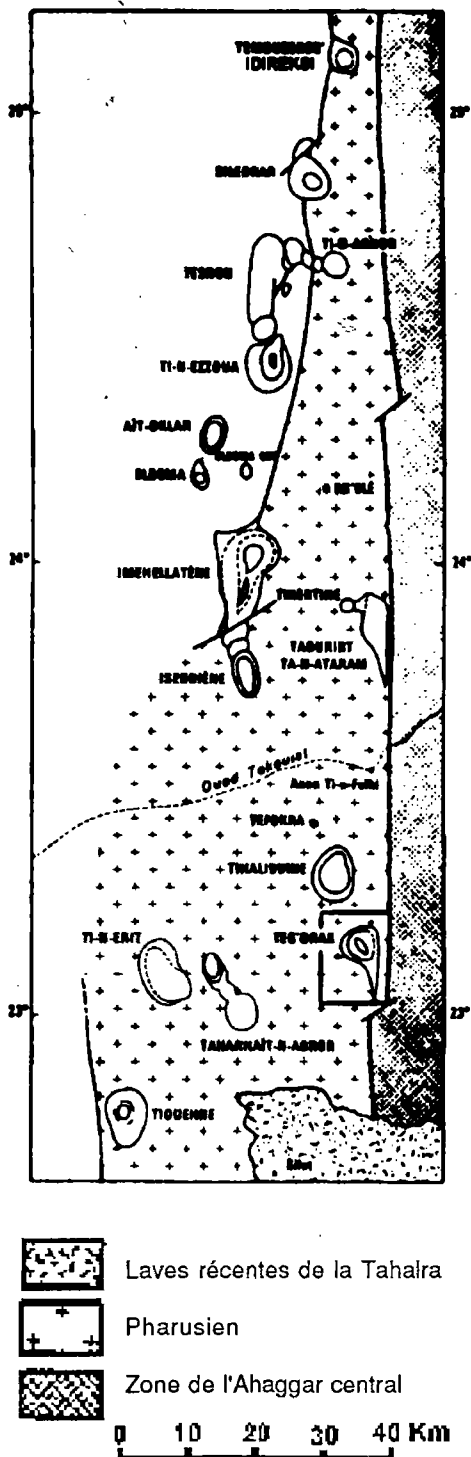


Fig. 2 - Les granites à structure concentrique du rameau oriental de la chaîne pharusienne (d'après Boissonnas, 1973).

*The concentrically zoned granites of the east pharusian belt (after Boissonnas, 1973).*

syntectoniques. La cristallisation du massif granitique de Teg-Orak a été perturbée par le rejeu de la faille Est postérieur à la mise en place du granite.

## PÉTROGRAPHIE

Le granite de Teg-Orak est un massif elliptique composite comportant quatre faciès principaux qui diffèrent essentiellement par leur texture. On y distingue du coeur vers la périphérie (fig. 3):

- une ellipse centrale caractérisée par un granite à grain fin qui représente le coeur du massif;

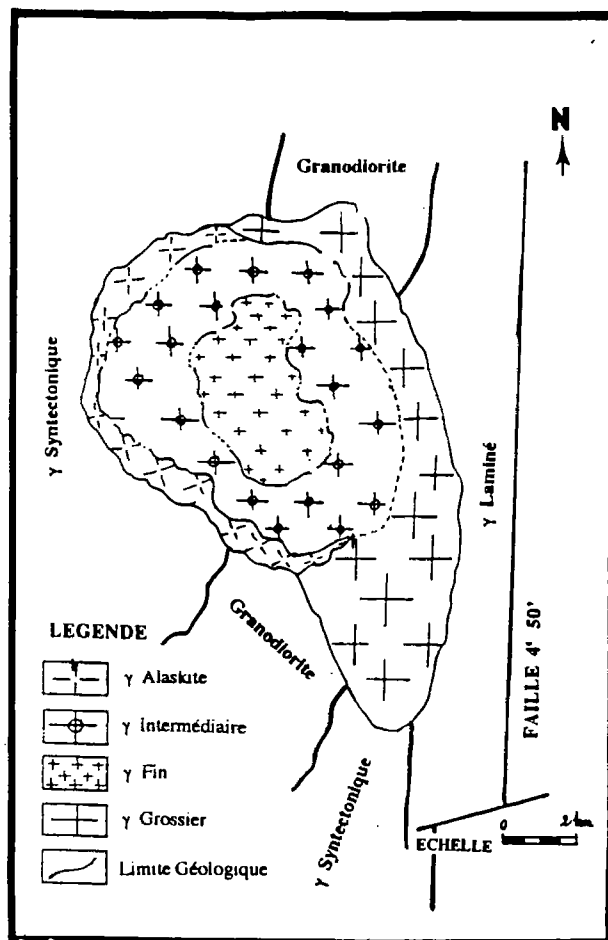


Fig. 3 - Carte géologique schématisique du massif de Teg-Orak (Hoggar - Algérie)

*Geological sketch map of the Teg-Orak pluton (Hoggar - Algeria)*

- un anneau intermédiaire de couleur rose à grain moyen;
- un granite grossier constituant la bordure est du pluton;
- un faciès à grain moyen, granite leucocrate (alaskite) formant la bordure ouest du massif.

Les limites entre les différents faciès sont assez nettes, encore que par endroits, elles puissent souligner une bande large de quelques mètres au maximum. De rares enclaves micro-grenues sombres (type E.M.S.) et de rares filons d'aplites rayonnent vers l'extérieur à partir du contact; ils inscrivent sur le terrain les pulsations qui ont jalonné l'histoire de ce massif. Mieux que tout autre critère, la présence de ces filons montrent que les zones concentriques sont apparues l'une après l'autre. La limite entre l'anneau intermédiaire et le granite central est soulignée par une bordure figée. Il faut également noter la présence d'apophyses du granite leucocrate dans le granite intermédiaire,

ce qui suggère la postériorité du granite leucocrate par rapport à l'anneau intermédiaire. L'ensemble de ces relations entre les différents faciès du Teg-Orak ne militent pas en faveur d'un modèle précis d'évolution (centripète ou centrifuge) consécutif à des venues successives de magmas comme dans le cas de certains massifs "Taourirts" étudiés par Azzouni-Sekkal, (1989).

Toutes les variétés de granites ont sensiblement la même composition minéralogique. La paragenèse primaire est constituée par du quartz, feldspath potassique, plagioclase (en quantité plus ou moins importante), biotite, zircon, allanite, et apatite. La chlorite et la muscovite représentent les principaux minéraux secondaires.

L'étude pétrographique a permis la détermination de quatre faciès principaux (tabl. I):

- *Le granite central à grain fin* : présente une taille de grain ne dépassant pas 1 mm, de couleur gris rosé ou rose, il contient du quartz globuleux, du feldspath alcalin rose, du plagioclase de type

Tableau 1 - Minéralogie des faciès granitiques du massif Teg-Orak  
*Mineralogy of Teg-Orak granitic facies*

MASSIF	FACIES	TEXTURE	MINERAUX PRINCIPAUX	ACCESSOIRES	PRODUITS D'ALTERATIONS	PARTICULARITES
T E G O R A K	Bord. Ouest	Alaskite Grenue	Quartz Orthose Albite Très peu de biotite	Zircon Allanite Apatite		Minéralisé en Sn - W Observé dans le Leucogranite
	Bord. Est	Grenue	Albite-Oligoclase Orthose-Microcline Quartz Biotite	Zircon Allanite Apatite	Muscovite Chlorite	
	Central	Grenue à grain moyen	Albite-Oligoclase Orthose-Microcline Quartz Biotite	Zircon Allanite Apatite	Muscovite Chlorite	
		Grenue à grain fin	Albite-Oligoclase Orthose-Microcline Quartz Biotite	Zircon Allanite Apatite	Muscovite Chlorite	Très peu d'enclaves E.M.S.

(Albite), de la biotite partiellement chloritisée et des minéraux accessoires.

- *Le granite intermédiaire* : est un granite gris rosé, parfois franchement rose à texture grenue porphyroïde. Les mégacristaux de microcline (1,5 à 2,5 cm) sont inégalement distribués suivant les affleurements.

- *Le granite grossier* : la texture est grenue, le grain atteignant 3 à 4 mm est de couleur blanc rosé à rose. Les plagioclases cristallisent sous forme de petites lattes bien individualisées. La biotite est légèrement chloritisée, tandis que le quartz gris sombre est plus ou moins arrondi.

- *Le granite leucocrate* : c'est ce faciès qui dessine la structure annulaire du massif de Teg-Orak et qui forme les hauts reliefs de l'Ouest. C'est un granite leucocrate présentant une texture grenue à grain moyen (2 cm environ). Il contient essentiellement du quartz (30 % du volume global de la roche), 30 à 40 % de feldspath alcalin, 25 % d'albite et environ 1 à 5 % de biotite.

### Composition modale

Projeté dans le diagramme modal QAP de Streckeisen (fig. 4) dans lequel sont également représentés les champs des granitoïdes de type A, I et S, l'ensemble des points représentatifs des quatre faciès occupe le domaine des monzogranites et syénogranites; ces roches correspondent à la lignée monzonitique. Par ailleurs, tous les échantillons appartiennent aux granites de type A.

### Minéralogie

Quelques biotites fraîches appartenant à l'anneau intermédiaire et au granite grossier ouest ont été analysées. Projetées dans le diagramme de Nachit *et al.*, 1985 (fig. 5), elles s'inscrivent sur la limite séparant les domaines des biotites calco-alcalines et sub-alcalines.

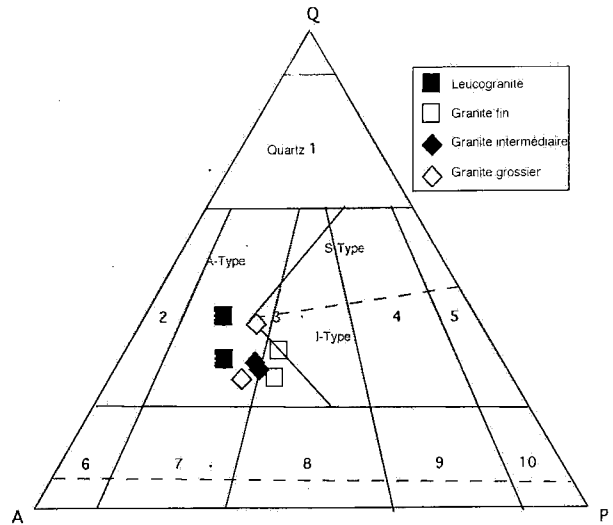


Fig. 4 - Analyses modales des échantillons de Teg-Orak reportées dans le diagramme de Streckeisen (1976). Les champs des granitoïdes de type A, I et S sont également représentés

**Modal analysis of the Teg-Orak granitoids plotted on the classification diagram of Streckeisen (1976). The fields of A, I and S types granites are shown for comparison**

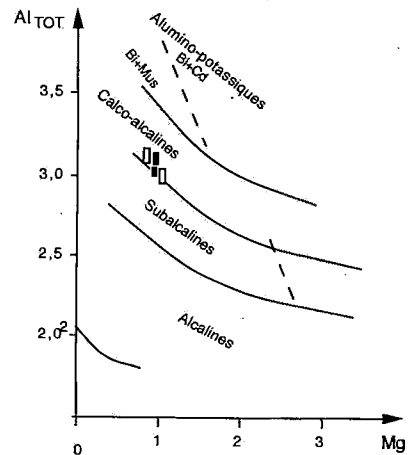


Fig. 5 - Diagramme Mg-Alt de Nachit *et al.*, (1984), montrant les compositions sub-alcalines des biotites appartenant au pluton granitique de Teg-Orak

**Mg-Alt diagram from Nachit and al., (1984), illustrating biotites sub-alkaline compositions of the Teg-Orak granite pluton.**

## GÉOCHIMIE

Seize échantillons ont été analysés (dosage des éléments majeurs et traces) par ICP au CRPG de Nancy (tabl. II); huit analyses de terres rares représentant les 4 faciès ont également été réalisées (tabl. II).

Ces résultats montrent que les granitoïdes de Teg-Orak constituent une suite faiblement fractionnée ( $72\% < \text{SiO}_2 < 78\%$ ), faiblement peralumineuse avec des rapports A/CNK molaires compris entre 1 et 1,1. Quatre échantillons montrent des ASI légèrement inférieurs à 1. Le diagramme de Shand (fig. 6)

Tableau 2 - Analyses chimiques de quelques échantillons du massif Teg-Orak (analyses CRPG, Nancy)  
*Chemical analysis of some representative samples from Teg-Orak massif (analysis CRPG, Nancy)*

Oxyd/N°Ech	A9	A12	A27	A11	GFin18	GFin19	GFin24	GFin22	GInt20	GInt60	GInt15	GInt32	GGr2	GGr36	GGr61	GGr65
SiO <sub>2</sub>	78,11	76,59	76,01	76,11	73,28	74,86	72,03	74,98	73,9	73,22	74,5	73,8	75,9	73,88	76,34	71,7
TiO <sub>2</sub>		0,02	0,03	0,04	0,24	0,12	0,11	0,18	0,18	0,2	0,13	0,21	0,08	0,12	0,05	0,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,02	13,12	12,8	12,58	13,17	13,01	14,93	13,31	12,76	13,4	13,19	13	11,86	13,38	12,37	13,67
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,06	0	0,29	0,21	0,27	0,18	0,26	0,72	0	0,38	0,67	0,79	0,42	0,02	0,53	1,06
FeO	0,46	0,44	1,22	0,18	1,23	0,79	0,57	0,28	1,35	1,05	0,66	0,71	0,79	1,22	0,43	1,26
MnO	0,14	0,05	0,02	0,03	0,05	0,05	0,02	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,03	0,04	0,03	0,04
MgO					0,06					0,13						
CaO	0,17	0,24	0,75	0,85	1,46	0,87	1,43	0,65	1,39	1,48	0,91	1,26	0,84	1,08	0,73	1,57
Na <sub>2</sub> O	4,18	4,25	3,54	3,48	3,21	3,36	3,45	3,19	3,25	3	3,38	3,27	3,39	3,44	3,29	3,32
K <sub>2</sub> O	3,54	4,09	4,75	4,84	5	5,1	5,12	4,88	4,67	5,05	4,79	4,85	5,01	5,08	4,95	5,16
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,09			0,1		0,05	0,07	0,08	0,07		0,08	0,06			0,07
Loss	0,82	0,61	0,65	0,56	1,13	0,77	0,95	1,01	1,42	1	0,83	0,7	0,79	0,74	0,64	0,78
TOTAL	100,5	99,5	100,06	98,88	99,2	99,11	98,92	99,31	99,04	99,02	99,11	98,72	99,17	99	99,36	98,93
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	7,72	8,34	8,29	8,32	8,21	8,46	8,57	8,07	7,92	8,05	8,17	8,12	8,4	8,52	8,24	8,48
A/CNK	1,1818	1,1067	1,0382	1,0056	0,9867	1,0301	1,0805	1,1364	0,9869	1,0235	1,0637	1,0062	0,9467	1,0197	1,0225	0,9833
A/NK	1,2159	1,149	1,1673	1,1474	1,2316	1,1776	1,3309	1,264	1,2267	1,2883	1,2275	1,223	1,0782	1,1991	1,1485	1,2374
Na/K	1,79	1,58	1,13	1,09	0,98	1	1,02	0,99	1,05	0,9	1,07	1,02	1,03	1,03	1,01	0,98
Na+K/Al	0,8225	0,8703	0,8567	0,8715	0,8119	0,8492	0,7514	0,7911	0,8152	0,7762	0,8147	0,8176	0,9275	0,8339	0,8707	0,8081
TRACES	A9	A12	A27	A11	GFin18	GFin19	GFin24	GFin22	GInt20	GInt60	GInt15	GInt32	GGr2	GGr36	GGr61	GGr65
V	14					11			21							16
Cr	3	14	24	21	19	24	11	11	23	13	21	7	23	19	17	22
Co	5					8	5		18		12		8	7	23	42
Ni					2		3									
Cu	7	6	3	9	13	11	11	7	6	14	9		4	9	4	9
Zn	60	51	7	9	23	16	5	14	25	22	29	29	33	30	26	26
Ba	111	285	152	284	824	724	1413	846	952	1211	592	942		1025	310	874
Rb	1021	949	271	267	230	256	170	254	219	183	227	270	205	248	197	136
Sr	29	6	50	48	154	108	246	121	171	195	85	142	16	102	10	186
Y	56	190	29	27	31	31	15	37	27	21	51	38	37	34	32	25
Zr	65	100	59	61	182	125	106	129	139	150	146	170	108	134	83	253
Nb	44	24	12	11	20	14	5	17	19	14	16	19	10	15	15	11
Pb	51	51	25	27	30	32	24	36	18	23	21	34	30	31	28	32
Th		1	1	2	13	7	7	2	17	5	4	13	2	8		5
REE		A12	A27		GFin18		GFin24		GInt60	GInt15				GGr36	GGr61	
La		10,68	3,17		50,27		40,86		42,83	31,86				31,45	12,88	
Ce		28,68	7,38		88,31		64,74		73,85	56,48				59,29	30,84	
Nd		24,55	3,8		32,69		24,4		25,89	25,26				24,12	17,56	
Sm		11,52	1,96		6,22		4,23		4,9	6,13				5,43	5,42	
Eu		0,15	0,29		0,86		0,89		0,84	0,66				0,65	0,23	
Gd		12,31	2,14		5,02		3,22		3,93	5,61				5,05	5,13	
Dy		14,77	2,73		4,02		2,58		3,4	5,6				4,53	5,12	
Er		8,47	1,81		2,43		1,37		1,81	3,12				2,62	2,71	
Yb		15,34	2,62		2,9		1,62		2,2	3,71				3,05	3,15	
Lu		2,81	0,49		0,57		0,29		0,41	0,65				0,57	0,54	
TOTAL		129,28	26,39		193,29		144,2		160,06	139,08				136,76	83,58	
Dy/Lu		5,2562	5,5714		7,0526		8,8966		8,2927	8,6154				7,9474	9,4815	
Eu/Eu*		0,0389	0,4373		0,4754		0,7448		0,5912	0,3476				0,3834	0,1347	
Lu/Yb		0,6962	1,2099		17,334		25,222		19,468	8,5876				10,311	4,0889	

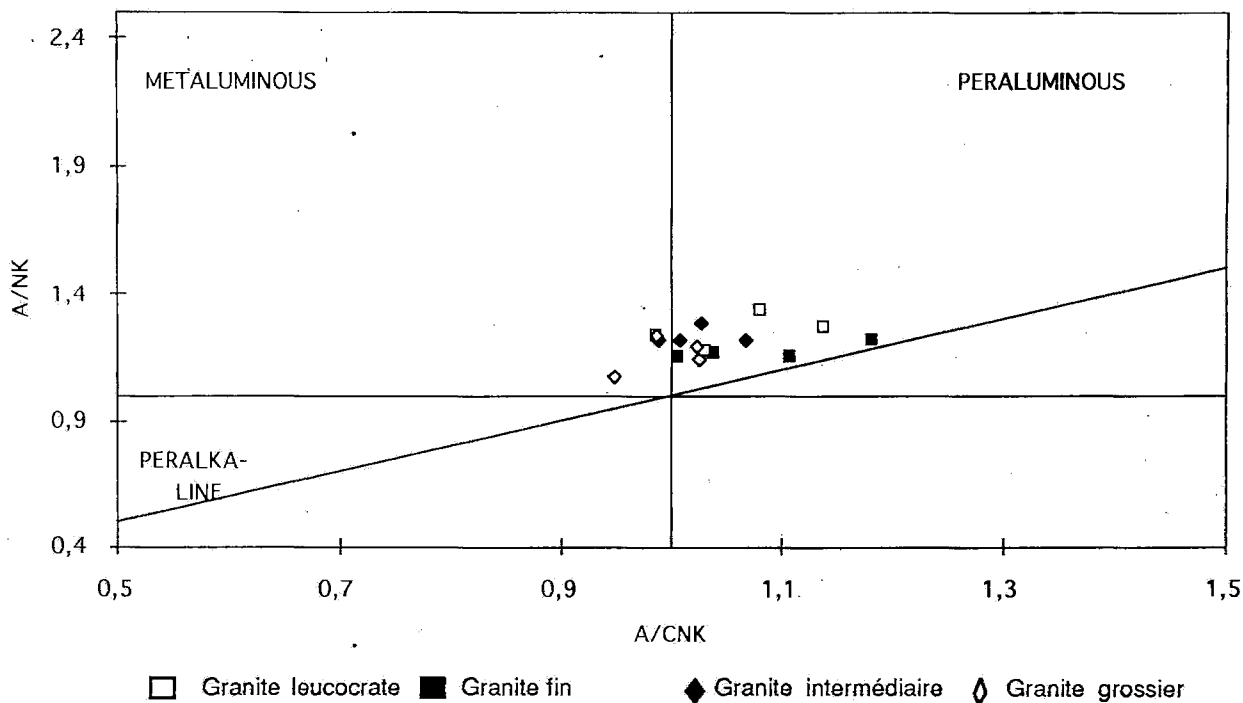
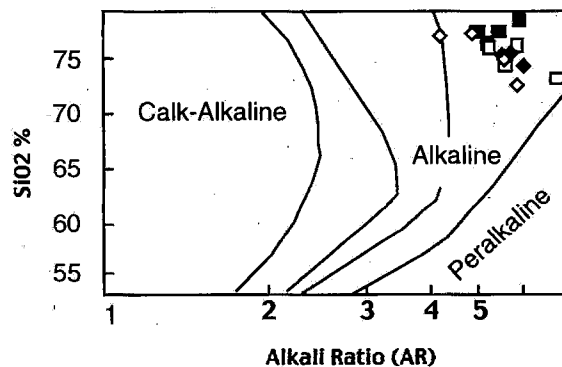


Fig. 6 - A/CNK (molaire) versus A/NK (molaire)

*A/CNK (molar ratio) versus A/NK (molar ratio)*

confirme cette tendance, la plupart des points représentant nos roches s'inscrit dans le domaine peralumineux proche de la limite séparant les domaines peralumineux/métalumineux. Ceci se traduit dans la norme par un pourcentage faible de corindon normatif souvent inférieur à 1%. L'indice d'appaïcité  $\text{Na}+\text{K}/\text{Al}$  est compris entre 0,75 et 0,93, les valeurs les plus faibles se retrouvent dans le granite fin central tandis que les plus élevées concernent le granite leucocrate qui semble correspondre à la roche la plus différenciée. Cette dernière possède les teneurs les plus faibles en  $\text{CaO}$  (0,17-0,85). Le rapport  $\text{Na}/\text{K}$  est quant à lui largement  $> 1$  dans le granite leucocrate indiquant par là une prédominance de l'albite. Les teneurs en alcalins ( $\text{Na}_2\text{O}$  et  $\text{K}_2\text{O}$ ) sont élevées et constantes (toujours  $> 8\%$ ), de même que les rapports  $\text{Fe}/\text{Mg}$ , celles de  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  et  $\text{Sr}$  sont faibles. Ces caractéristiques géochimiques sont typiques des granites alcalins (Bonin *et al.*, 1978; Liégeois, 1987). Cette affinité alcaline est soulignée dans

le diagramme  $\text{SiO}_2$ -AR (Alkalinity Ratio) où tous les points s'inscrivent dans le champ des séries alcalines (fig. 7).

Fig. 7 - Diagramme Alkali-Ratio- $\text{SiO}_2$  illustrant l'affinité alcaline du massif de Teg-Orak

*Alkalinity ratio versus  $\text{SiO}_2$  diagram showing alkalinity of the Teg-Orak massif*

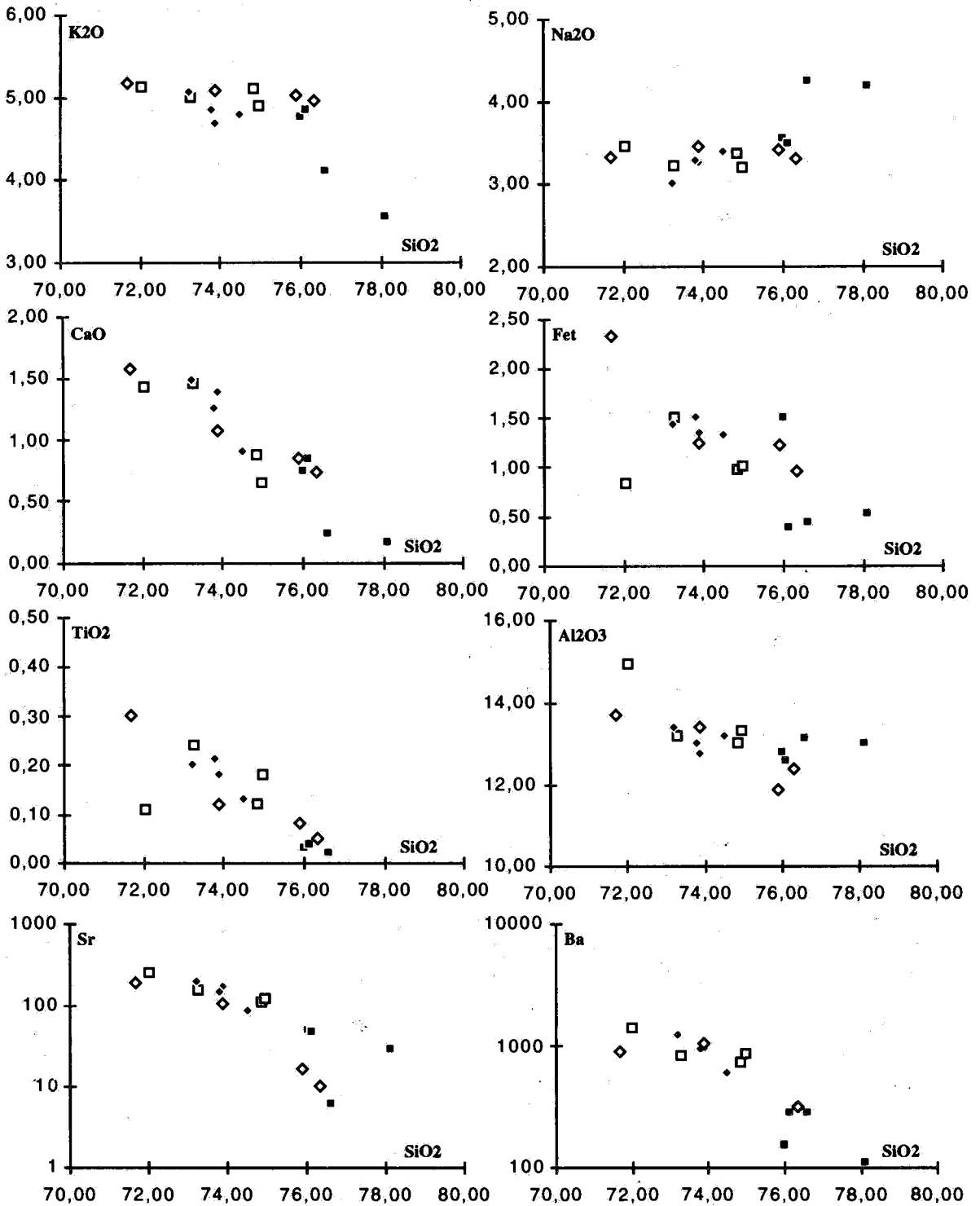


Fig. 8 - Variations de quelques oxydes et éléments en traces discriminants en fonction de la silice

*Variation of selected Major and trace elements versus silica*



L'utilisation des diagrammes de Harker montre que mis à part  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  et à un degré moindre l'alumine qui ne varie pas en fonction de la silice,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Sr}$  et  $\text{Ba}$  sont compatibles (fig. 8), ce qui explique les faibles teneurs de ces éléments dans le granite leucocrate. Les corrélations linéaires observées dans ces diagrammes suggèrent un cogénéisme des différents granitoïdes de Teg-Orak. Sur le diagramme R1-R2 (fig. 9) de Batchelor et Bowden, 1985, la plupart de nos roches s'inscrivent dans le domaine (4) qui est celui du magmatisme tardi-orogénique. Les échantillons du granite leucocrate se placent à cheval sur la limite séparant les domaines (4) et (5) et correspondent donc à des granites de type A. L'ensemble des échantillons étudiés semble suivre une tendance subalcaline. Sur le diagramme de Sylvester, 1989 (fig. 10), les échantillons analysés se placent dans le champ des granitoïdes calco-alcalins fortement fractionnés (High fractionated granitoids), ces derniers font partie du groupe des granitoïdes alcalins (car malgré leur affinité calco-alcaline, ils ont des compositions chimiques similaires à certains granites de type A). Le dia-

gramme de Whalen *et al.*, 1987,  $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{CaO}$  versus  $\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y}$  (fig.11) confirme cette affinité magmatique.

En ce qui concerne les éléments en traces, les différents faciès de Teg-Orak se caractérisent par de faibles teneurs en éléments de transition tels que Ni, Co, Cr et V. Mis à part le granite leucocrate où les teneurs en Ba ne dépassent jamais 300 ppm, dans les trois autres faciès elles dépassent le plus souvent 800 ppm. Le Strontium est faible, mais les valeurs les plus basses sont atteintes dans le granite leucocrate où il est toujours inférieur à 50 ppm. Pour ces derniers éléments nous remarquons une évolution assez nette du coeur du pluton (teneur faibles), qui semble indiquer que la cristallisation fractionnée est contrôlée par les feldspaths et à un degré moindre par la biotite. Les teneurs en Y sont quant à elles élevées ( $> 30$  ppm) de même que la somme des REE (tabl. II) qui dépasse toujours 130 ppm. A signaler cependant, que pour deux échantillons (éch. 27 et 61) la  $\Sigma\text{REE}$  est anormalement basse, atteignant respectivement 26 et 83 ppm.

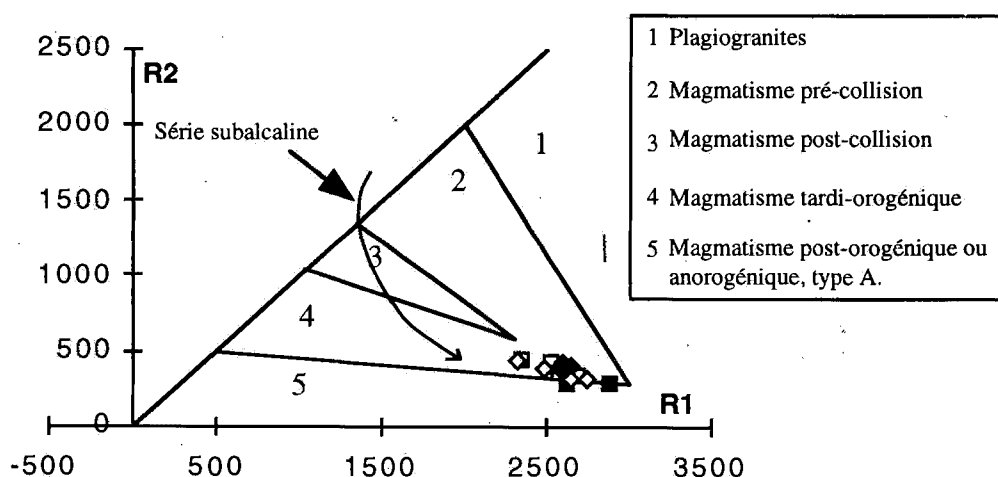


Fig. 9 - Diagramme R1-R2 de De La Roche et Leterrier (1973); Batchelor et Bowden (1985) dans lequel sont reportés les granitoïdes de Teg-Orak

*R1-R2 diagram of De la Roche and Leterrier (1973); Batchelor and Bowden (1985) for granites of Teg-Orak*

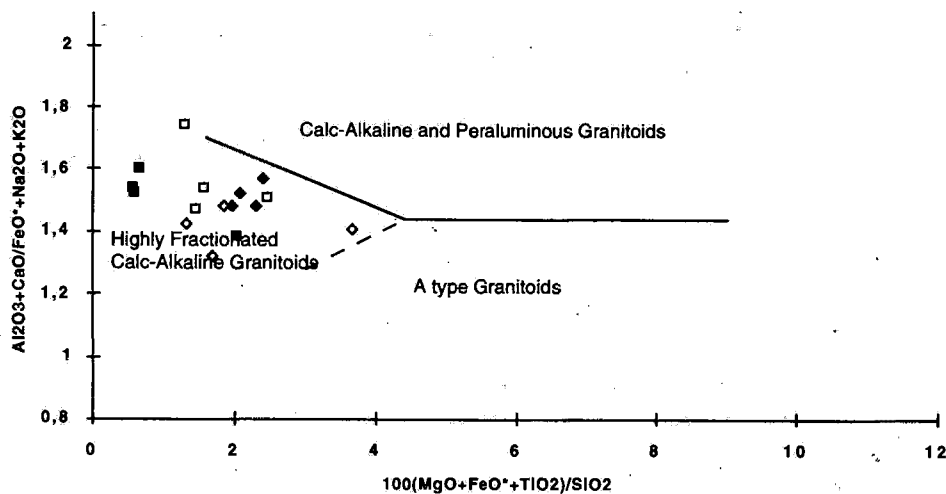


Fig. 10 - Diagramme de Sylvester, (1989) dans lequel sont reportées les roches de Teg-Orak  
*Sylvester diagram, (1989) for Teg-Orak samples*

Trait plein: sépare les domaines des granites alcalins des granites calco-alcalins normaux et fortement peralumineux (*Solid line: divides most alkaline types from normal calc-alkaline and strongly peraluminous types*). Trait en pointillés: sépare les domaines de ces granites alcalins qui ont des compositions similaires aux granites calco-alcalins fortement fractionnés des autres granites alcalins (*Dashed line: separates those alkaline granites that have compositions similar to highly fractionated calc-alkaline granites from those that do not*).

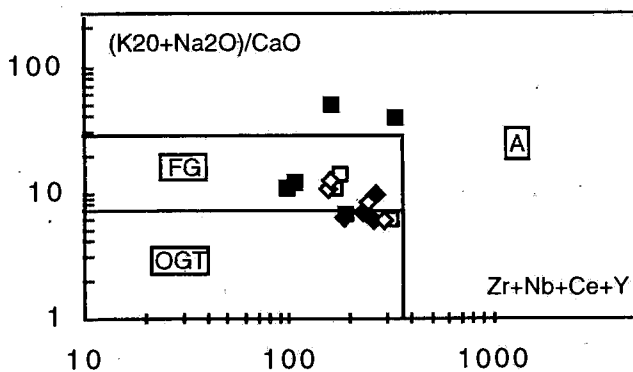


Fig. 11 - Echantillons de Teg-Orak projetés dans le diagramme Zr+Nb+Ce+Y en fonction de  $(K_2O+Na_2O)/CaO$

*Zr+Nb+Ce+Y versus  $(K_2O+Na_2O)/CaO$  plots of Teg-Orak granitoids.*

A: champ des granites A (*A type granitoids*). FG: champ des granites fractionnés (*Fractionated felsic granitoids*). OGT: champ des granites A, I et S non fractionnés (*Unfractionated M, I and S type granitoids*).

Les échantillons représentant le granite leucocrate diffèrent des autres faciès du Teg-Orak par leurs teneurs en terres rares; en effet la  $\Sigma$  LREE est plus faible dans le granite leucocrate tandis que la  $\Sigma$  HREE y est plus élevée. De toute évidence la  $\Sigma$  REE du granite leucocrate est inférieure aux autres faciès, car elle représente le dernier liquide à cristalliser. Dans les trois faciès (granite fin central, granite intermédiaire et granite grossier de la bordure Est) les teneurs en terres rares sont similaires, ce qui se traduit dans le diagramme normalisé (fig. 12) par la superposition des différents spectres et plus particulièrement les terres rares légères. Le fractionnement de l'ensemble des REE est modeste avec des rapports La/Yb le plus souvent compris entre 10 et 26; tandis que l'anomalie négative en Eu est assez nette ( $Eu/Eu^* = 0,1 - 0,7$ ). Il faut cependant signaler que les LREE sont nettement plus fractionnées que les HREE. L'enrichissement par rapport aux

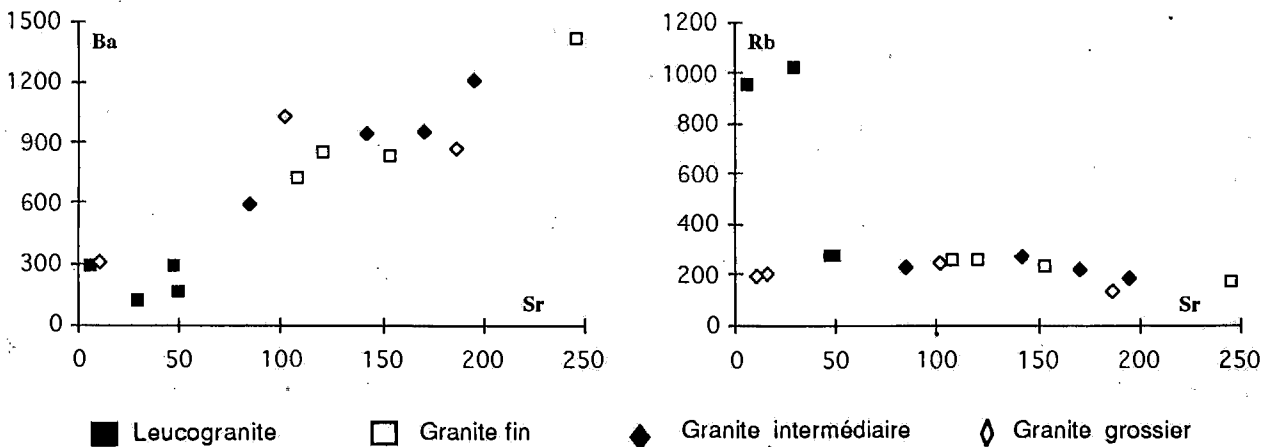


Fig. 12 - Diagrammes Sr-Ba et Sr-Rb des échantillons de Teg-Orak

*Sr-Ba and Sr-Rb plot for the Teg-Orak*

chondrites est moyen, autour de 100 fois les chondrites pour le La et entre 8 et 11 fois les chondrites pour l'Yb. Même si les spectres normalisés des HREE ne se superposent pas, leur allure est similaire, ils sont parallèles avec un faible fractionnement  $Dy/Lu = 7,05-9,48$ . Quant au granite leucocrate (fig. 13) qui représente le faciès le plus différencié, les spectres des deux échantillons analysés sont identiques et peu fractionnés ( $La/Yb = 0,70-1,21$ ). Ce sont des spectres de type "mouette" (spectre plat avec une anomalie négative en Eu très forte).

### TYPOLOGIE DES ZIRCONS

L'étude typologique des zircons appartenant à trois faciès du Teg-Orak a été réalisée (faciès central à grain fin, granite grossier de bordure Est et le granite intermédiaire). Leurs populations de zircons se regroupent principalement autour des types S15, S20, S23, S24 et S25 (fig. 14 a). La tendance d'évolution typologique (T.E.T.) a été calculée pour chaque faciès et replacée dans le diagramme (IA-IT) de classification génétique des granites (Pupin, 1980).

L'ensemble des points représentant ces 3 faciès se placent dans la lignée (5) qui correspond aux séries sub-alkalines (fig. 14 b).

### SITE GÉOTECTONIQUE

Il est généralement admis que la plupart des granites alcalins se forment en contexte "anorogénique", ces granites occupent alors le domaine des W.P.G. Ce qui ne saurait être le cas des granites alcalins post-collision. En effet, dans les diagrammes géotectoniques de Pearce, 1984, ( $Nb/Y$ ;  $Rb/Y+Nb$ ), les points analytiques des granitoïdes du Teg-Orak chevauchent les champs des V.A.G. et des W.P.G. (fig. 15a - 15b). Les échantillons les plus différenciés (le granite leucocrate) se rapprochent le plus des granites intra-plaque. Cette position des granitoïdes étudiés dans ces diagrammes discriminants pourrait s'expliquer, plus par la composition de la source que par le contexte géotectonique. En effet, Taylor et Mc Lennan, 1985, suggèrent que les granites alcalins post-collision ont tendance à avoir une proportion plus importante de matériel crustal dans leur(s) source(s) que les granites alcalins anorogéniques.

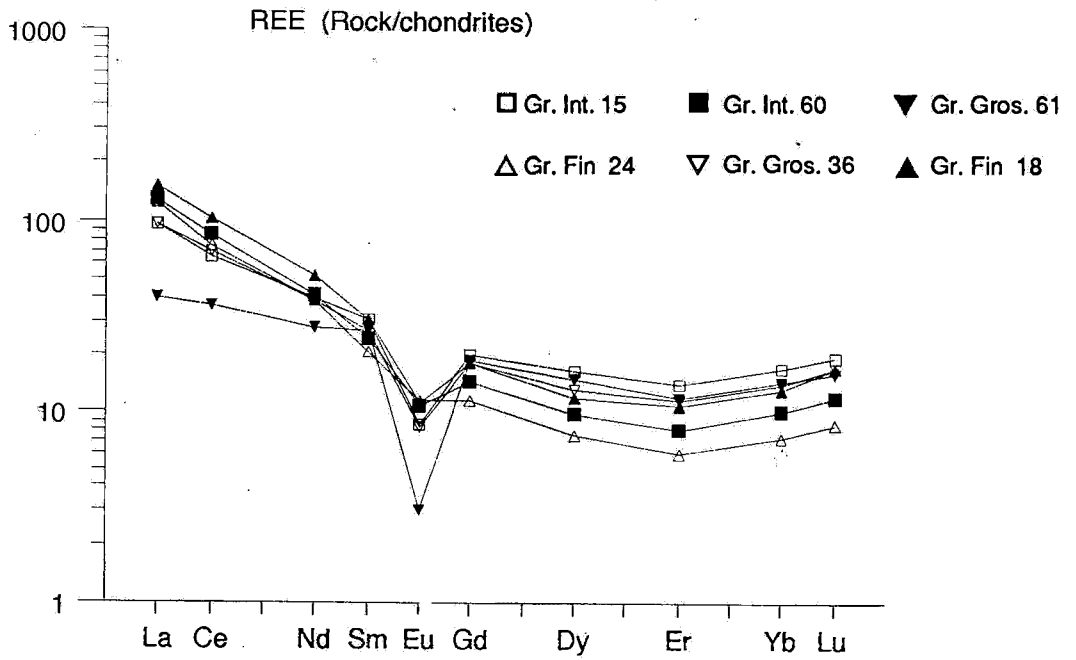


Fig. 13 a - Spectres de REE des faciès granitiques du massif Teg-Orak  
*REE patterns of granite facies for Teg-Orak*

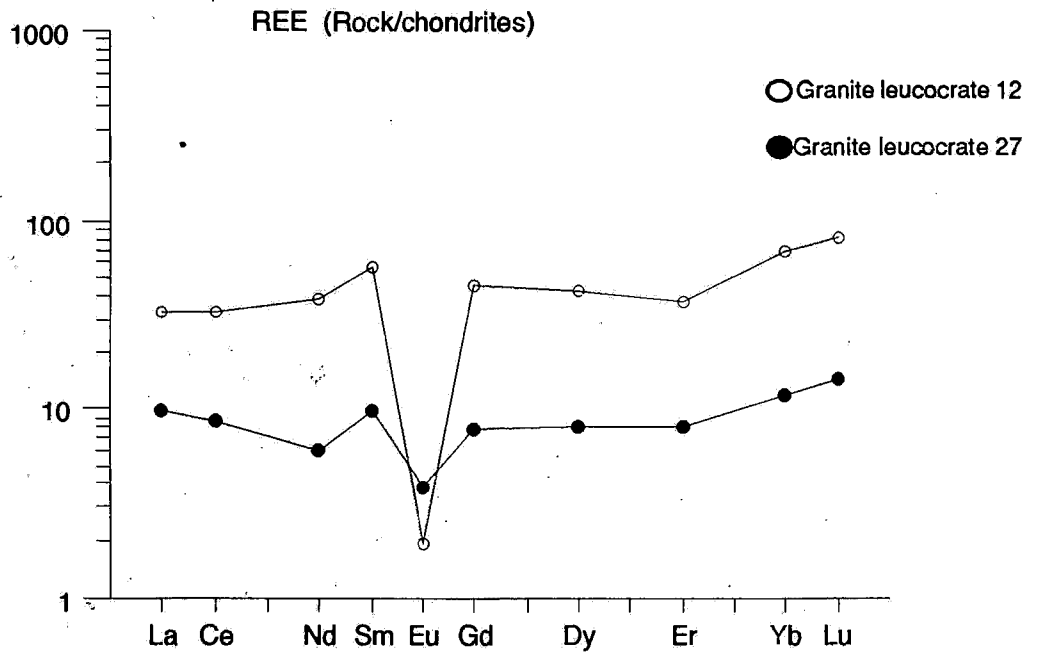


FIG. 13 b - Spectres de REE de l'alaskite du massif de Teg-Orak  
*REE patterns of alaskite for Teg-Orak*

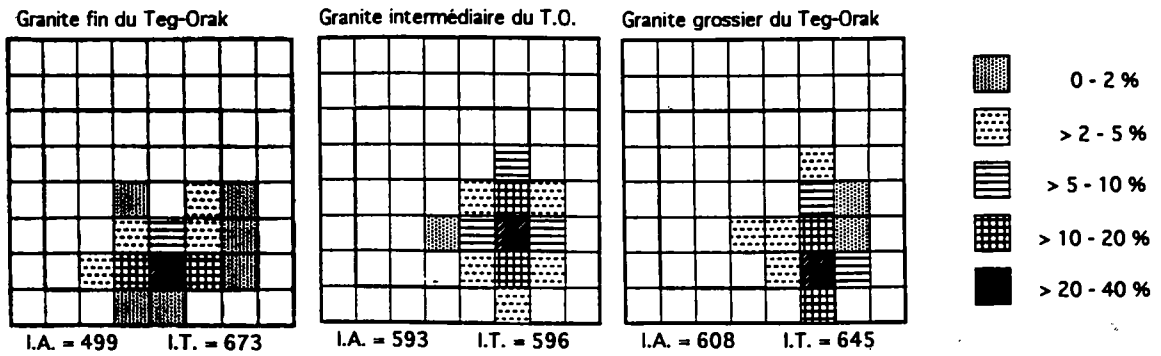


Fig. 14 a - Distribution des populations de zircon dans un diagramme typologique  
*Distribution of zircon populations in a typological diagram*

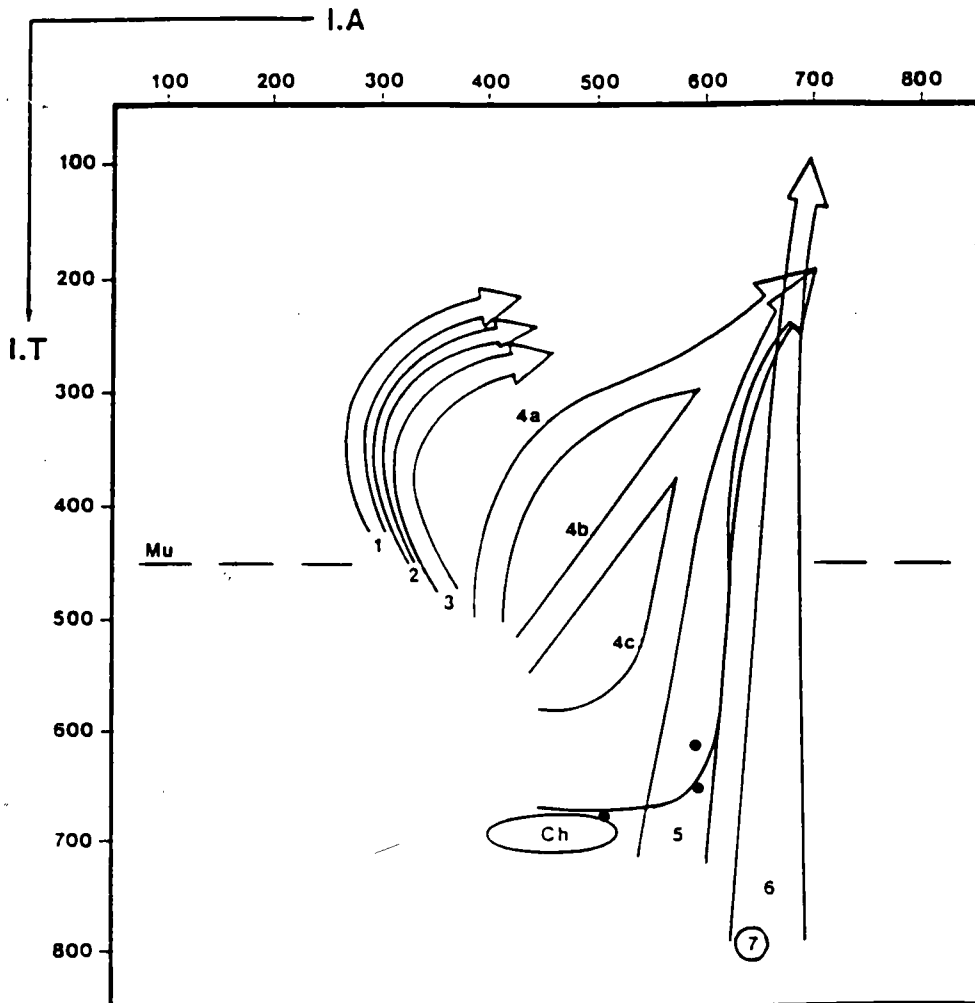


Fig. 14 b - Répartition des points moyens (A, T) dans le diagramme IA - IT  
*Distribution of mean points (A, T) in the IA - IT diagram*

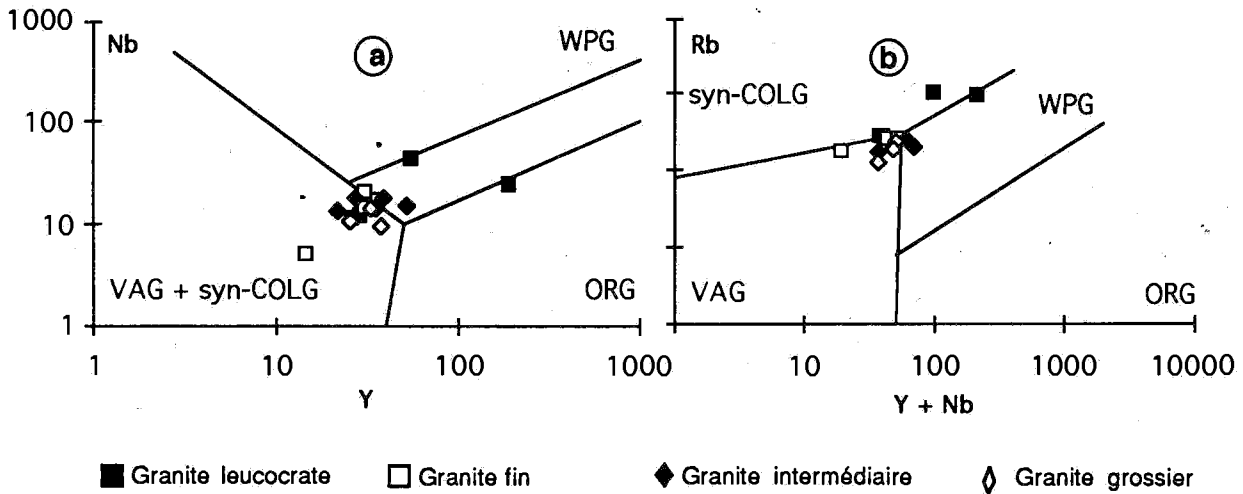


Fig. 15 a et b - Diagrammes géotectoniques discriminants Y-Nb et Y+Nb-Rb de Pearce *et al.*, (1984)  
*Y-Nb and Y+Nb-Rb tectonic discriminant diagram of Pearce and al., (1984)*

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Le massif granitique panafricain tardif de Teg-Orak comme la plupart des granitoïdes "Taourirts" du rameau oriental de la chaîne pharusienne présente des structures concentriques (Azzouni-Sekkal, Boissonnas, 1993). Même si les granitoïdes étudiés constituent une suite faiblement fractionnée, l'étude pétrographique, minéralogique et géochimique (tabl. III) a montré que ces structures annulaires correspondent à des faciès de plus en plus évolués du coeur vers la périphérie du pluton; le granite leucocrate représentant le terme le plus différencié.

La géochimie des éléments majeurs, traces et terres rares, ainsi que l'étude typologique des zircons a permis de démontrer que les différentes roches constituant le massif de Teg-Orak (monzogranites, syénogranites et granite leucocrate) sont cogénétiques et qu'elles résultent d'un processus de cristallisation fractionnée contrôlé principalement par les feldspaths. Ce sont des granites faiblement peralumineux, comme en témoignent les rapports molaires A/

CNK proches de 1. Ce sont des roches riches en alcalins ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > 9\%$ ), Y et REE, pauvres en MgO, CaO, Sr et éléments de transition tels que Ni, Co, Cr et V. Toutes ces caractéristiques géochimiques permettent de les rattacher aux granites de type A. Les diagrammes de Sylvester et Whalen, 1987, ont permis de préciser l'affinité magmatique des granitoïdes étudiés, ils appartiennent aux high fractionated calc-alkaline granitoids.

Les diagrammes géochimiques discriminants ainsi que l'allure des spectres de terres rares confirment la tendance sub-alkaline de ces roches, déjà mise en évidence par l'analyse typologique des biotites et des zircons.

Par ailleurs, l'allure des spectres de REE, ainsi que les diagrammes géotectoniques de Pearce *et al.*, 1984, dans lesquels les échantillons de Teg-Orak se placent à la limite séparant les champs des V.A.G. et W.P.G., militent en faveur d'une position transitionnelle de ces granites entre : les granites calco-alkalins normaux (subduction) et les granites alcalins (post-collisionnels).

**Tableau III - Principaux caractères pétrographiques des granites du Teg-Orak comparés aux granites de type A.**

*Main petrographic and geochemical characteristics from Teg-Orak massif compared with A type granites*

GRANITOÏDES DE TYPE A	MASSIF ETUDIÉ
Contexte de post-collision	Contexte de post-collision
Roches ayant des rapports similaires à ceux de la croûte continentale	Roches intrusives non associées aux roches volcaniques
Roches leucocrates et acides (Qz - FK > 95%)	Roches acides (Qz - FK > 80%)
Fe / Mg élevés	Fe / Mg relativement élevés
Muscovite commune - association à deux micas	Absence de muscovite primaire même dans les roches leucocrates
Présence de : Aegyrine, Biotite (Annite), Magnétite, Ilménite et Apatite riche en F	Présence de Biotite, d'Ilménite et d'Apatite seulement
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O > 7% HFSR (Zr, Y, Nb), REE abondants sauf Eu	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O > 9% Zr, Y, REE, Nb abondants sauf Eu
V, Ni, Cr, Co en très faibles teneurs Ba et Sr faibles teneurs	V, Ni, Co, Cr très bas Ba et Sr faibles teneurs
Enclaves microgrenues sombres Absence de restites	Enclaves microgrenues sombres Absence de restites
F et Cl élevés avec présence de fluorine dans les granites méta et hyperalumineux	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / CaO + Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O (mol) > 1,1	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / CaO + Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O (mol) = 0,98 - 1,18
Orthose très potassique Plg. zonés et très sodiques (An 10 - 5)	Orthose potassique Plg. zonés et sodiques
W, Mo, U, Th élevés	W, Mo, U non dosés mais présence de Th

**Remerciements :** Nous remercions M<sup>lle</sup> Yamina Mahdjoub de l'I.S.T/U.S.T.H.B pour ces critiques, remarques et suggestions.

### BIBLIOGRAPHIE

- AZZOUNI, S. ET BOISSONNAS, J., 1993. Une province magmatique de transition du calco-alcalin à l'alcalin: les granitoïdes pan-africains à structure annulaire de la chaîne pharusienne du Hoggar (Algérie). *Bull. Soc. Géol. France*, 1993, t. 164, N° 4, pp. 597-608.
- AZZOUNI, S., 1989. Pétrologie et géochimie des granites de type "Taourirts": un exemple de transition entre les régimes orogéniques et anarogéniques, au Pan-Africain (Hoggar, Algérie). *Thèse Doct. d'Etat, U.S.T.H.B. Alger.*
- BACHLOR ET BOWDEN, 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chem. Geol.*, 4; 4355p.
- BLACK, R., LATOUCHE, L., LIÉGEOIS, J.P., CABY R. ET BERTRAND J.M. 1994. Panafricain displaced terranes in the Tuareg shield ( Sahara central ). Accepted in *Geology*.
- BOISSONNAS, J., 1973. Les granites à structures concentriques et quelques autres granites tardifs de la chaîne Pan-Africaine en Ahaggar. *Thèse. Doct. d'Etat, Univ. Montpellier. Tomes I et II.*
- BONIN, B. ET LAMEYRE, J., 1978. Réflexions sur la position et l'origine des complexes magmatiques anarogéniques. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Paris, 7, 1, pp.45-59.
- BONIN, B., GRELOU-ORSINI, C. ET VIALETTE, Y., 1978. Age, origin and evolution of the anarogenic complex of Evisa (Corsica): a K-Li-Rb-Sr study. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 65, pp.425-432.
- BOULFELFEL, N.E., BARBARIN, B. ET BONIN, B., 1992. Pétrologie et architecture des granites "Taourirts": exemples des massifs d'Aït - Oklan et du Teg - Orak (Hoggar, Algérie), 14 *R.S.T., Toulouse*, 1992.
- BOULFELFEL, N.E., 1996. Les massifs Aït - Oklan et Teg-Orak à structures annulaires du Pan-Africain ( Hoggar, Algérie ), in *Earth Sciences National Meeting, Boumerdes*, 1996.
- BOWDEN, P., 1985. The geochemistry and mineralization of alkaline ring complexes in Africa (a review). *Jornal. of Afr. Earth., Sci.*, Vol 3, pp. 17-39.
- CHEILLETZ, A., BERTRAND, J.M., CHAROY, B., MOULAHOU, O., BOUABSSA, L., FRRAR, E., ZIMMERMANN, J.L., DAULEL, ARCHIBALD D.A. ET BOULLIER, A.M., 1992. Géochimie et géochronologie Rb-Sr, K-Ar et 40Ar / 39Ar des complexes granitiques panafricains de la région de Tamanrasset (Algérie): relation avec les minéralisations Sn-W associées et l'évolution tectonique du Hoggar central. *Bul. Soc. Géol. Fr. E.* 163, N°6, pp. 733-750.
- DJOUADI, A., 1997. Oblic magmatic structures of two epizonal granite plutons, Hoggar, Algeria: late-orogenic emplacement in a transcurrent orogen *tectonophysics*, 279 : pp. 351-374.
- EBY, G.N., 1990. The A-type granitoids: a review of their occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenesis. *Lithos* 2§, pp. 115-134.
- EBY, G.N., 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications. *Geology*, v. 20, pp. 641-644.
- HARKER, A., 1909. The naturel history of igneous rocks. New York, Macmillian.
- LELUBRE, M., 1952. Recherche sur la géologie de l'Ahaggar central et occidental (Sahara central). *Bull. Serv. Géol., Algérie, Alger*, 2<sup>ème</sup> série, 22, 2 tomes.
- LIÉGEOIS, J.P., 1987. Le batholite composite de l'Adrar des Iforas (Mali). Géochimie et géochronologie d'une succession magmatique du calco-alcalin à l'alcalin dans le cadre de l'orogénèse pan-africaine. *Thèse Doc. Es-Sci., Bruxelles*, 335p.



## LE PLUTON GRANITIQUE "TAOURIRT", PAN-AFRICAÏN DE TEG-ORAK (HOGGAR OCCIDENTAL): CARACTÉRISTIQUES GÉOCHIMIQUES

- NACHIT, H., RAZAFIMAHEFA, 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, N° 11, pp. 813-818.
- PEARCE, J.A., HARRIS, N. B.W. ET TINDLE, A.G., 1984. Trace element discrimination diagrams for tectonic interpretation of granitic rocks. *Journ. Petrol.*, 25, pp. 956-983.
- PUPIN, J.P., 1980. Zircon and granite petrology. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 73, p. 207-220.
- SHAND, S.J., 1943. Eruptive rocks. Their genesis, composition, classification and their relation to ore-deposits., 2<sup>ème</sup> édition, 488 p.
- STRECKEISEN, A.L., 1976. Classification and nomenclature of plutonic rocks. *Geol. Rundsch.*, 63, pp. 773-786.
- SYLVERSTER, P.J., 1989. Post-collisional alkaline granites: *Journal of Geology*, V.97, pp. 261-280.
- TAYLOR, S.R. ET MC LEMMAN, S.M., 1985. The continental crust: Its composition and evolution. Blackwell, Oxford, 312p.
- WHALEN, J.B., CURRIE, K.L. AND CHAPPELL, B.W., 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contrib. Mineral. Petrol.* 95, pp. 407-419.