

Les enclaves microgrenues: l'exemple des complexes panafricains "Taourirts". (Hoggar - Algérie).

Abla AZZOUNI - SEKKAL*

*U.S.T.H.B.-I.S.T. BP 31 - Bab-Ezzouar 16111 - Alger - Algérie

Résumé: Les complexes granitiques annulaires, panafricains "Taourirts" renferment de nombreuses enclaves magmatiques microgrenues. Les enclaves provenant de cinq complexes granitiques ont été étudiées du point de vue pétrographique, minéralogique et géochimique. Ces enclaves, de forme et de texture variée, ont une composition minéralogique relativement constante avec : FK + plagioclase + biotite + amphibole + quartz + apatite + zircon + ilménite, seul le pourcentage modal change.

Les enclaves sont représentées par des gabbros, des diorites, des granodiorites, des monzogranites. Du point de vue géochimique, elles se caractérisent par une forte alcalinité et un caractère ferrifère prononcé. Les teneurs en Sr, Ba et Rb sont très variables et les teneurs en terres rares élevées. Les données de terrain, l'étude pétrologique et géochimique plaident en faveur d'une origine mantellique avec immiscibilité précoce entre le magma basique dont sont issues les enclaves et le magma acide, générateur des granites des complexes annulaires enclavants.

Mots clés: enclaves, basiques, microgrenues, magmatisme, "Taourirts", minéralogie, géochimie, genèse, mantellique.

Microgranular enclaves: exemple of panafrican complexes "Taourirt" (Hoggar - Algeria)

Abstract : Annular panafrican granite complexes "Taourirt" contain numerous microgranular magmatic enclaves, already noticed in 1973 by J. Boissonnas. Enclaves coming from five granite complexes (Tesnou, Aït Oklan, Imehellatène, Tihaliouine, Tioueine) were studied from petrological and geochemical point of view.

Their enclaves constitute ovoid corpses (from few cm to tenth of cm) decametric more or less discontinuous or continuous dykes, or pointing (few meters). There are light and dark enclaves and intermediate with many gradations. Their texture is very various (granular with fine grain, microgranular porphyric, doleritic etc...) Their mineralogic composition is relatively constant (only mineral, percentage is changing) with : KF (microcline) + plagioclase (oligoclase with andesine rarely labrador with 52% of anorthite) + biotite ± amphibole (edenite and actinote) + quartz (xenomorphous + ocelles) + apatite (very abundant) + zircon + ilménite.

Modal analysis of different samples show that rocks fan is very large with gabbros, diorites, tonalites, granodiorites, monzogranites and even syenogranites. From geochemical point of view, they are characterized with high alkalinity (between 6 and 8,5%) and representative points are spread away from the field of calco-alkaline series to the field of alkaline series, on $K_2O - Na_2O$ diagram. Besides, they present a very pronounced ferriferous character.

Although Sr concentrations are close to alkaline basalts and andesites, they are different by Ba and Rb concentrations.

These enclaves show a strong rare earth enrichment. Two spectra normalized to chondrites (done for two samples) are getting closer to andesites of active continental margin and island arcs, with very high fractionning of light rare earth ($La/Yb = 25,29$) for one, and more evolved spectrum with namely a Eu pronounced anomaly, a low fractionning of rare earth ($La/Yb = 6,71$) and higher concentrations of heavy rare earth.

Field data, geochemical and petrological studies are in favor for mantle origin, with precocious immiscibility between basic magma from where enclaves are issued, and acid magma generating granite.

I - INTRODUCTION

Depuis les travaux de Lacroix (1890), de nombreux auteurs se sont penchés sur le problème des "enclaves microgrenues" qui se rencontrent particulièrement dans les granitoïdes intrusifs (Didier, 1973; Debon et Leterrier, 1974; Leterrier *et al.*, 1978; Maury *et al.*, 1978; Cocirta et Orsini, 1986; Belin, 1988; Barbarin, 1988 *ect...*).

Un grand nombre d'hypothèses, tenant compte des données de terrain et des données de Laboratoire (minéralogie, géochimie s.l.) ont été proposées pour cerner le problème de l'origine de ces enclaves. Parmi les nombreux mécanismes qui ont été proposés, nous citerons:

- la fusion partielle du manteau;
- la fusion partielle de la croûte continentale ou océanique;

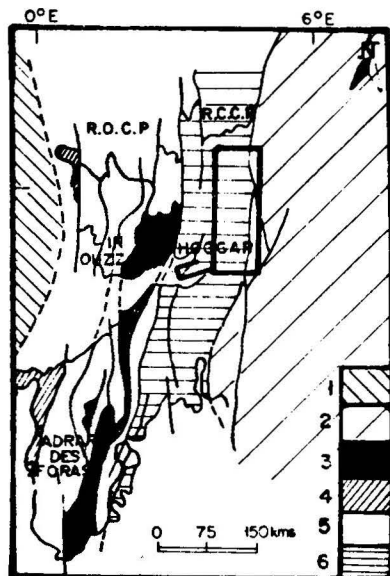


Fig. 1 - Les grandes divisions structurales du centre et de l'Ouest du bouclier Touareg

1- Craton ouest africain . 2 - Hoggar central polycyclique. 3 - Granulites éburnéennes dans la zone mobile. 4 - Arc insulaire du Tilemsi. 5 - Rameau occidental de la chaîne pharusienne. 6 - Rameau oriental de la chaîne pharusienne, avec indication de la zone d'étude.

- le mélange de magmas, cogénétiques ou non, mettant en contact des magmas issus de la fusion partielle de la croûte inférieure et des intrusions basiques en provenance du manteau supérieur; ces derniers pouvant provoquer la fusion de la base de la croûte.

La plupart des complexes granitiques "Taourirts" du "fossé pharusien" au Hoggar (fig. 1) contiennent des enclaves microgrenues basiques (Boissonnas, 1973; Azzouni, 1989). Nous citerons les complexes du Tesnou, d'Aït Oklan d'Imehellatène, du Tihaliouine, du Tioueïne, du Tin Erit, du Taharait N'abror, d'Iskel. Seules les enclaves des cinq premiers massifs cités sont étudiés dans cet article (fig. 2).

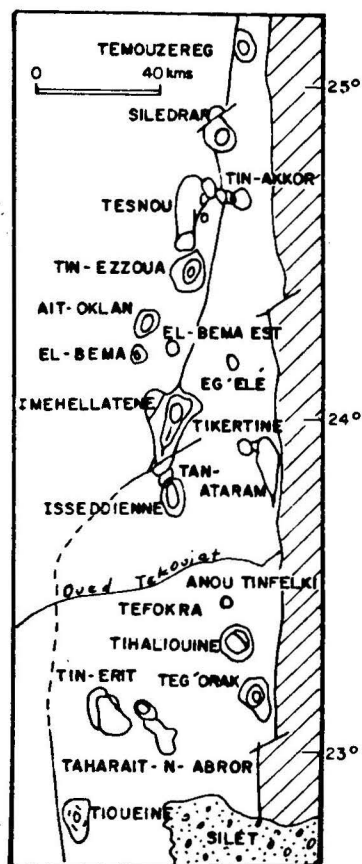


Fig. 2 - Les granites à structures concentriques du rameau oriental de la chaîne pharusienne (simplifiée d'après Boissonnas, (1973).

Sur le terrain, affleure une large gradation d'enclaves, allant de roches très sombres à des roches très claires, avec un grand nombre de roches intermédiaires. Ces enclaves sont généralement fusi-formes (planche fig. B) à l'affleurement, de taille variable. Il existe cependant des enclaves sous forme de filons décimétriques plus ou moins discontinus, parfois bréchifiés par le granite "matrice", notamment dans la couronne périphérique du Tioeïne et dans l'Imehellatène. C'est dans ce complexe que les roches basiques sont les mieux développées.

II - PETROGRAPHIE DES ENCLAVES

La composition minéralogique des enclaves provenant des différents complexes apparaît assez homogène (seul le pourcentage modal change) avec: FK + pl. + bi ± amphibole ± quartz + apatite + ilménite + sphène + zircon.

Dans l'ensemble, la texture est grenue à grain fin ou très fin parfois à tendance doléritique et le caractère magmatique est bien marqué (plagioclases automorphes et zonés, amphiboles zonées, apatites aciculaires, zircons automorphes). Dans la classification modale de Streckeisen (1974, tabl. I, fig. 3) les enclaves étudiées occupent un champ très large, allant des gabbros et diorites à celui des granites, avec tous les intermédiaires. En général, les enclaves sont plus riches en biotite (7,71% à 36,75%) qu'en amphibole (0 à 23%). Aucune corrélation entre les différentes phases minérales n'est observée et les fluctuations sont importantes.

III - CONSTITUANTS MINÉRAUX

1 - Le plagioclase

C'est la phase la plus fréquente (30 à 55%). Il s'agit généralement d'oligoclase andésine (entre 25 et 40% d'anorthite). Quelques plagioclases sont des

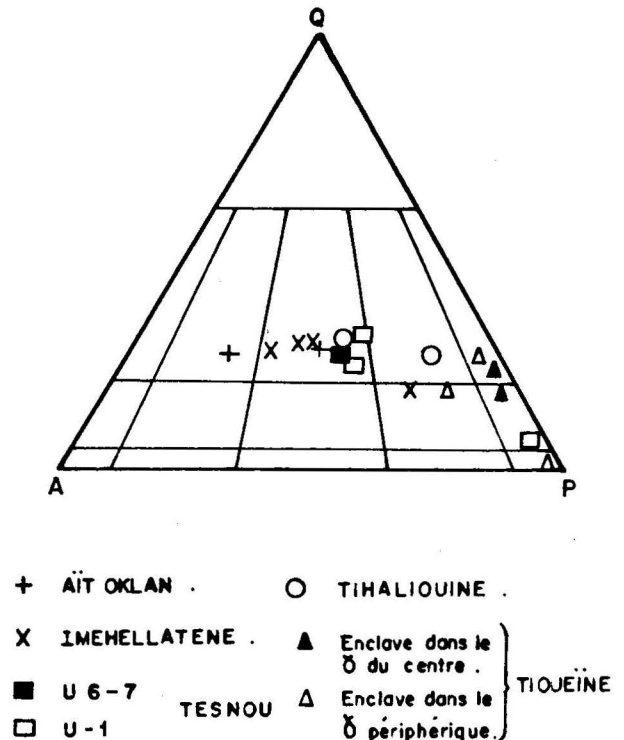


Fig. 3 - Diagramme modal Q-A-P pour les enclaves des complexes "Taourirts" étudiées.

labradors (52% d'anorthite). Des taches naissantes de microcline apparaissent dans quelques plagioclases.

2 - Le feldspath potassique

Toujours présent, avec des proportions très variables (2 à 25%) selon le type de roche, c'est du microcline interstitiel, moiré ou quadrillé manifestation de cristallisation tardive. Sa composition est très constante avec 95% d'orthose et 5% d'albite en moyenne.

3 - L'amphibole

Elle cristallise dans toutes les enclaves du complexe du Tioeïne, de l'Imehellatène et dans 75% des enclaves du Tesnou. Elle est rare dans

A. AZZOUNI-SEKKAL

Tableau I - Analyses modales

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q	18.76	23.68	26.51	23.45	0.95	11.90	11.45	11.77	17.21
Pl.	26.66	18.37	35.22	50.85	44.10	43.79	31.38	50.21	55.16
Amph.	-	-	-	0.77	23.34	5.61	16.72	6.93	3.71
Bi.	29.27	7.71	12.93	11.20	25.44	25.58	31.38	25.77	20.87
FK	24.30	47.81	24.84	11.54	1.15	9.79	2.17	2.58	1.59
Op.	0.37	2.40	0.19	0.22	3.39	2.09	1.49	1.54	0.19
Sph.	0.62	-	0.19	0.65	0.39	1.14	0.91	1.16	-
Autres	-	-	0.32	1.29	1.20	-	4.57	-	1.25
Total	99.98	99.97	100.2	99.95	99.96	99.98	100.07	99.96	99.98

	10	11	12	13	14	15	16	17
Q	10.17	13.14	13.93	18.79	16.39	14.71	2.94	18.07
Pl.	33.68	13.44	17.24	21.62	22.82	27.00	42.83	28.50
Amph.	23.06	27.27	28.98	13.47	4.98	-	15.71	9.32
Bi.	16.84	15.78	16.36	15.53	31.88	36.75	34.56	19.46
FK	12.06	21.84	17.13	25.62	13.50	19.10	2.50	22.24
Op.	3.89	8.11	6.34	2.51	3.93	1.41	0.56	0.81
Sph.	-	-	-	1.37	3.73	1.01	-	1.14
Autres	0.27	0.39	-	1.05	2.74	-	0.87	0.45
Total	99.97	99.97	99.98	99.96	99.77	99.98	99.97	99.99

1 et 2: Enclaves d'Ait Oklan; 3 et 4: Enclaves du Tihaliouine; 5 à 9: Enclaves de Tioueïne;
10 à 13 Enclaves de l'Imehellatène; 14 à 17: Enclaves du Tesnou.

les enclaves du Tihaliouine et n'existe pas dans celles d'Aït Oklan. Elle se présente en cristaux plus ou moins aciculaires, parfois très allongés, vert sombre et zonés. Il s'agit de ferroédénite ou ferro-hornblende dans la classification de Leake (1978). Un début de biotitisation se remarque. Elle est quelquefois destabilisée et se transforme en un amas de biotite + quartz + sphène + ilménite. Dans certaines lames, les amphiboles forment de petites aiguilles vert pâle, à presque incolores, disposées en agrégats polycristallins de forme losangique. Ce sont des amphiboles ferroactinolitiques (Leake, 1978). Ces agrégats amphiboliques pourraient provenir de la recristallisation d'anciennes amphiboles ou de pyroxènes.

Reportées sur le diagramme ($Al^{IV} + Ca$) versus ($Si + Na + K$) de Giret *et al.* (1980 fig. 4), les différentes amphiboles évoluent du champ des édénites à celui des actinotes en chevauchant celui des hornblendes. Ces amphiboles sont identiques et présentent la même évolution que celles de leurs matrices (Azzouni et Boissonnas 1987; Azzouni, 1990).

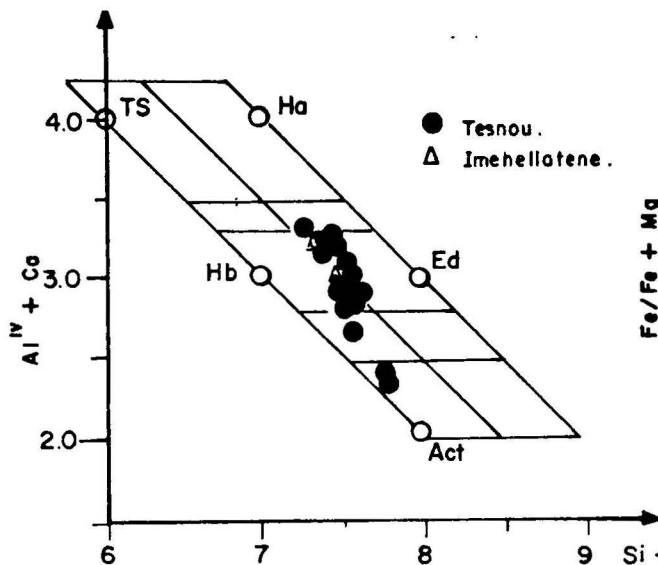


Fig. 4 - Amphiboles des enclaves dans le diagramme $Al^{IV} + Ca$ versus $Si + Na + K$ (d'après A. Giret *et al.*, 1980).

4 - La biotite

Présente dans toutes les enclaves, en belles paillettes automorphes, brun rouge, très pléochroïques, elle n'est pratiquement pas chloritisée, mais parfois corrodée par le sphène. Elle inclue des zircons et des apatites. Le rapport $Fe/Fe + Mg$ est constant dans toutes les enclaves et se situe entre 0.6 et 0.7. Ces biotites titrent entre 24 et 25% de fer total. Elles sont donc très ferrifères, caractère que l'on retrouve dans les biotites des matrices (fig. 5).

5 - Le quartz

Très rare dans les enclaves gabbros-dioritiques, il devient abondant dans les diorites quartzitiques, les granodiorites, les monzogranites. Son pourcentage varie de 0.95% à 26,5%. Il est interstitiel, xénomorphe et dessine des vermicules dans les myrmékites et micropegmatites des enclaves granodioritiques et granitiques. Il apparaît dans quelques gabbrodiorites et diorites sous forme d'ocelles. Il est alors frangé

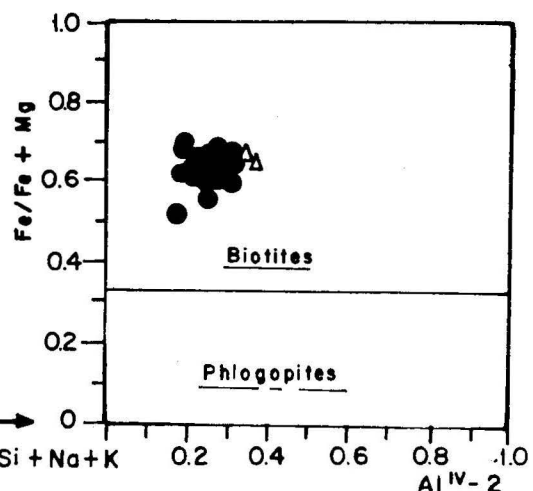


Fig. 5 - Diagramme $Fe/Fe + Mg$ versus $Al^{IV} - 2$ pour les biotites des enclaves étudiées.

d'une auréole réactionnelle de biotite et/ou d'amphiboles. Ces ocelles sont interprétées comme des xénocristaux, étrangers au magma des enclaves (Barrière, 1977; Orsini, 1979; Platevoet 1983; Barnes *et al.*, 1986a; Belin, 1988...).

6 - Les minéraux accessoires

L'apatite, en aiguilles très fines, transparentes parfois très allongées, est le minéral accessoire le plus courant. Le zircon, automorphe, est inclus dans les biotites. Les minéraux opaques sont des ilménites (fig. 6) avec des teneurs variant entre 50 et 54% pour TiO_2 et 41 à 44% pour FeO . Le pourcentage est de l'ordre de 3% pour MnO . Ces ilménites s'entourent parfois d'une auréole incolore, très réfringente de sphène (leucoxène?).

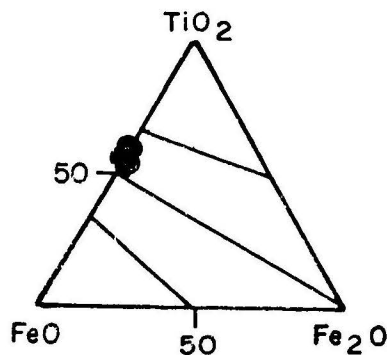


Fig. 6 - Ilménites des enclaves dans le diagramme $TiO - FeO - Fe_2O_3$.

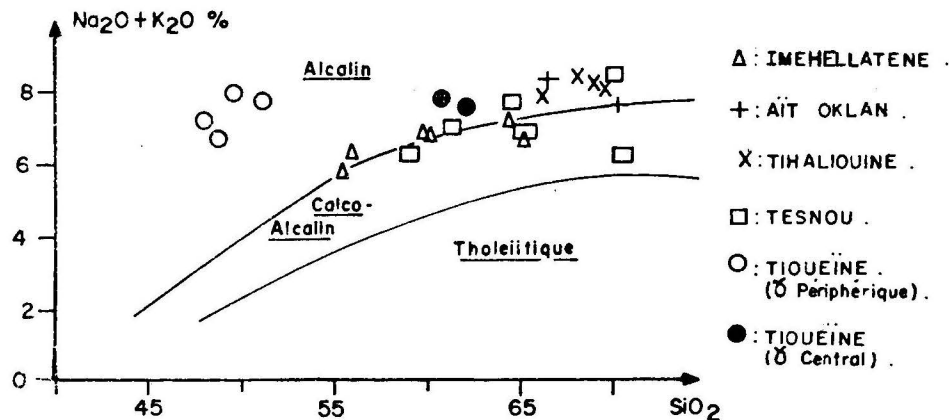


Fig. 7 - Les enclaves étudiées dans le diagramme Na_2O+K_2O/SiO_2O_3 , Limites d'après Kuno, 1968.

IV - COMPOSITIONS CHIMIQUES

Les données chimiques (tableau II) montrent un éventail de variation très large pour les différentes enclaves. Le pourcentage en silice s'échelonne entre 48% et 70%, des gabbros-diorites aux monzogranites. Ceci se traduit dans la norme depuis des roches à néphéline normative (-4,5%) jusqu'à des roches très riches en quartz (-25%).

Les enclaves étudiées présentent les caractères suivants:

1 - une forte alcalinité (entre 6 et 8,5%, fig. 7) avec des teneurs variables pour Na_2O et K_2O , sans corrélation avec SiO_2 . K_2O relativement constant dans les gabbros et diorites, augmente très vite dans les granodiorites et granites (apport de potassium en fin de cristallisation ?) et permet la cristallisation de microcline qui envahit les plagioclases;

2 - un caractère hypocalcique assez marqué; les teneurs en CaO sont faibles et varient de 1% (granites) à 6,48% (gabbros). Le diagramme CaO/MgO (fig. 8) montre que les échantillons analysés occupent le champ des enclaves de Budduso, connues pour être hypocalciques (Orsini, 1979);

3 - Une prédominance du fer sur le magnésium (fig. 9) le fer est lié au magnésium par une cor-

relation positive et les points représentatifs des enclaves étudiées chevauchent les trois lignées magmatiques. Le caractère ferrifère prononcé de ces enclaves est également présent dans la matrice granitique (Azzouni, 1989).

4 - Les teneurs en éléments en trace (Ba, Sr, Rb) sont très dispersées. Le Sr, avec une moyenne de 451 ppm pour les enclaves sombres, se rapproche des valeurs moyennes des andésites d'arcs insulaires et de marges actives. Les teneurs en Rb varient entre 68,8 ppm (enclaves gabbrodioritiques) et 427 ppm (enclaves granodioritiques). L'enrichissement en Rb en fin de cristallisation, comme pour les granites enclavants, est certainement dû aux processus hydrothermaux. Le rapport Ba/Sr est toujours supérieur à 1 et les teneurs en Ba sont 2 à 3 fois supérieures à celles du Sr, alors qu'il est toujours inférieur ou égal à 1 pour les andésites d'arcs insulaires et les basaltes alcalins (Strong, 1972). Les enclaves des granites "Taourirts" sont particulières. Bien que les teneurs en Sr soient voisines de celles des basaltes alcalins et des andésites d'arcs, elles en diffèrent aussi bien par le Ba que le Rb.

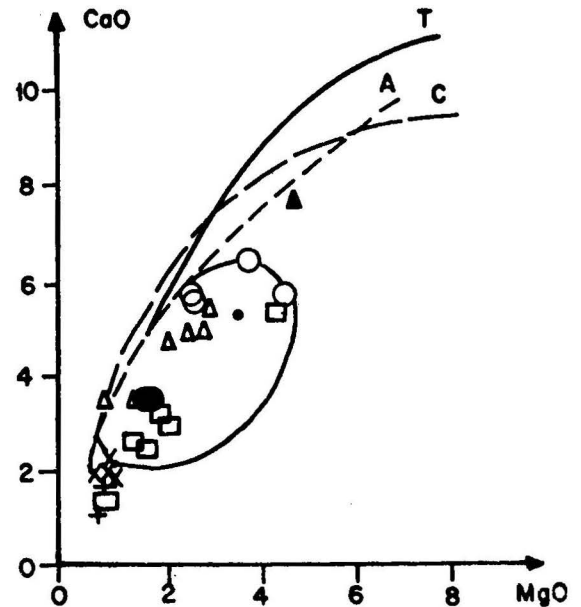


Fig. 8 - Comparaison, dans le diagramme CaO/MgO (Fonteilles, 1976), entre les grandes lignées magmatiques et les enclaves étudiées.

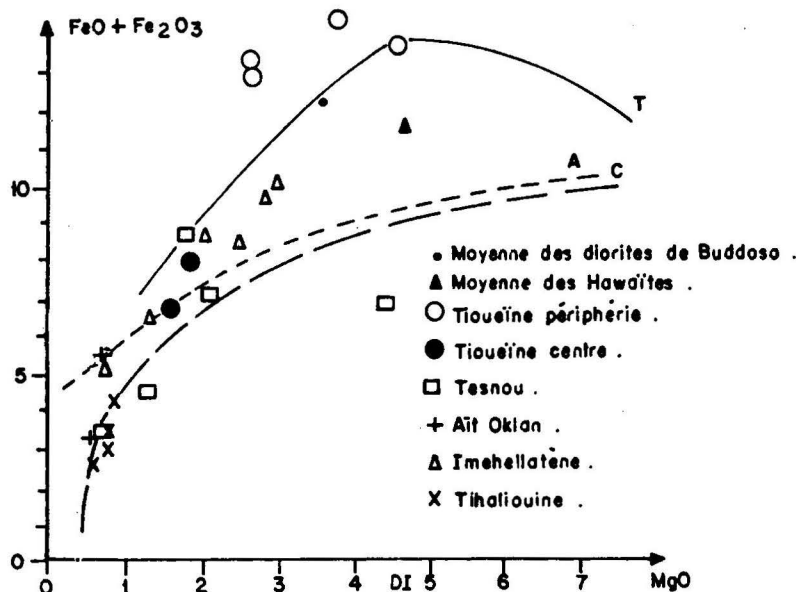


Fig. 9 - Variation des teneurs $Fe+Fe_2O_3 / MgO$ dans les enclaves étudiées. Comparaison avec les grandes lignées magmatiques.

Tableau II - Analyses chimiques de quelques enclaves.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	65.14	55.51	64.49	55.66	58.46	58.03	68.21	68.97	66.42	69.68	66.57	70.40
Al ₂ O ₃	13.51	13.43	13.65	14.81	14.73	14.39	15.38	15.04	15.11	15.1	13.96	13.85
Fe ₂ O ₃	1.94	3.91	2.17	4.02	3.40	3.50	0.95	0.73	1.19	0.83	2.27	1.37
FeO	3.26	5.95	4.13	6.13	5.52	5.20	2.39	1.84	2.99	2.09	3.25	1.96
MnO	0.07	0.15	0.11	0.15	0.13	0.13	0.07	0.05	0.09	0.06	0.13	0.06
MgO	0.67	2.82	1.33	3.13	2.65	2.08	0.74	0.56	0.81	0.76	0.67	0.56
CaO	3.62	4.93	3.46	5.45	5.07	4.91	2.11	2.08	2.29	2.04	1.78	1.05
Na ₂ O	3.38	3.38	3.66	3.76	4.13	4.00	4.34	4.34	3.96	4.27	2.84	3.23
K ₂ O	3.46	2.5	3.63	2.64	2.84	2.92	4.12	3.94	4.04	4.02	5.58	5.5
TiO ₂	1.02	2.14	1.18	2.03	1.77	1.69	0.42	0.38	0.61	0.49	0.78	0.37
P ₂ O ₅	0.36	0.54	0.54	0.65	0.66	0.67	0.17	0.04	0.36	0.12	0.4	0.08
P.F.	2.67	3.26	0.99	1.06	0.76	1.17	1.06	1.68	0.76	0.75	0.74	0.58
Total	99.1	98.51	99.64	99.49	100.12	98.69	99.96	99.65	98.63	100.21	98.97	99.01
.....												
Ba	994	817	1088	896.7	982.9	1021.7	937	797	892	729	487	593
Co	10	27	10	32	26	28	17	20	< 10	< 10	< 10	< 10
Cr	25	48	19	24	21	< 10	< 10	< 10	12	11	17	< 10
Cu	20	43	19	33.7	51.6	33	< 10	< 10	< 10	< 10	22	10
Ni	10	25	12	21.7	20	27.2	< 10	< 10	< 10	< 10	10	< 10
Sr	281	398	333	419.2	416.7	389.5	339	288	464	315	145	117
V	89	175	94	183.6	167.5	156.3	26	24	72	49	40	22
Rb	98	81	110	68.8	112.1	101.9	254	243	183	209	427	351
Zr	nd	nd	nd	357.6	324.07	369.7	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Y	nd	nd	nd	41	38.9	48.9	nd	nd	nd	nd	nd	nd
.....												
Q	24.09	12.48	20.46	8.47	10.12	11.55	20.66	22.47	21.14	23.17	23.61	26.8
Or	20.45	14.77	21.45	15.6	16.78	17.26	24.35	23.28	23.87	23.76	32.98	32.5
Ab	28.6	28.6	30.97	31.82	34.95	33.85	36.72	36.72	33.51	36.13	24.03	27.33
An	11.48	14.1	10.1	15.74	13.27	12.69	9.37	9.93	9.03	9.34	6.34	4.69
Di	3.5	5.6	2.97	5.78	6.22	6.02	-	0.11	-	-	-	-
Hyp	2.74	8.73	5.63	9.84	8.2	6.33	4.88	3.58	5.68	4.35	4.71	3.36
Mt	2.81	5.67	3.58	5.83	4.93	5.07	1.38	1.06	1.73	1.2	3.29	1.99
Ilm	1.94	4.06	2.24	3.86	3.36	3.21	0.8	0.72	1.16	0.93	1.48	0.7
Hem	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cor	-	-	-	-	-	-	0.35	-	0.92	0.3	0.96	0.87
Ap	0.85	1.28	1.28	1.54	1.56	1.59	0.4	0.09	0.85	0.28	0.95	0.19
Olivine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nepheline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ID	73.14	55.85	72.88	55.89	61.85	62.66	81.73	82.47	78.52	83.06	80.62	86.63

1 à 6: enclaves de l'Imehellatène; 7 à 10: enclaves du Tihaliouine; 11 à 12: enclaves d'Ait Oklan.

LES ENCLAVES MICROGRENUES: L'EXEMPLE DES COMPLEXES PANAFRICAINS "TAOURIRTS" (HOGGAR, ALGERIE)

Tableau II (suite) - Analyses chimiques de quelques enclaves.

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
61.32	65.29	70.45	58.68	64.35	69.96	62.09	60.89	48.02	49.63	51.09	48.84
15.15	14.78	13.92	15.12	13.42	13.86	15.59	15.89	15.9	15.85	16.00	15.47
0.94	0.73	0.49	0.75	0.76	0.35	1.92	2.24	4.11	3.81	3.68	3.92
7.76	5.96	4.02	6.11	6.20	2.83	4.82	5.63	10.27	9.57	9.26	9.84
0.12	0.09	0.06	0.11	0.12	0.06	0.12	0.15	0.24	0.23	0.19	0.20
1.76	1.49	1.2	4.34	2.01	0.6	1.56	1.84	3.74	2.57	2.65	4.58
3.28	2.54	2.61	5.23	2.99	1.38	3.58	3.58	6.48	5.65	5.62	5.72
4.30	4.11	4.08	3.55	3.31	3.5	5.18	5.56	4.46	5.15	4.85	4.31
2.71	2.87	2.07	2.69	4.39	4.89	2.39	2.29	2.71	2.9	2.97	2.4
1.63	1.14	0.72	1.1	1.11	0.38	1.27	1.41	2.8	2.00	1.98	3.17
0.5	0.37	0.22	0.19	0.4	0.15	0.31	0.36	1.01	1.22	1.15	0.61
0.81	0.68	0.65	0.92	0.7	0.71	0.67	0.51	0.54	0.41	0.66	1.27
100.28	100.05	100.49	98.79	99.76	98.67	99.5	100.35	100.58	98.99	100.1	100.33
394	297	149	447	555	536	153	367	779	805	876	311
21	26	30	38	18	< 10	19	18	32	21	18	22
30	29	32	76	22	13	212	157	100	85	122	38
84	69	19	21	30	< 10	10	10	10	10	10	10
27	36	39	66	18	< 10	777	576	369	301	425	49
284	189	156	276	172	134	150	147	512	439	462	392
106	73	62	115	108	26	104	115	156	93	104	245
226	197	122	100	235	340	229	216	149	208	171	140
nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
12.68	19.84	29.34	7.97	16.59	25.45	11.98	8.26	-	-	-	-
16.01	16.96	12.23	15.9	25.94	28.9	14.12	13.53	16.01	17.14	17.55	14.18
36.39	34.78	34.52	30.04	28.01	29.62	43.83	47.05	29.86	35.4	38.81	34.9
13.04	10.21	11.53	17.39	8.8	5.88	12.24	11.65	15.37	11.58	13.12	15.79
-	-	-	6.44	2.91	-	2.94	3.17	8.53	7.23	6.16	7.12
15.36	12.34	8.89	16.63	12.68	5.89	7.8	9.43	-	-	-	-
1.41	1.06	0.71	1.09	1.1	0.51	2.78	3.25	5.96	5.52	5.34	5.68
3.1	2.17	1.37	2.09	2.11	0.72	2.41	2.68	5.32	3.8	3.76	6.02
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.37	1.17	0.75	-	-	0.66	-	-	-	-	-	-
1.18	0.88	0.52	0.45	0.95	0.36	0.73	0.85	2.39	2.89	2.72	1.44
-	-	-	-	-	-	-	-	12.09	10.68	10.84	13.11
-	-	-	-	-	-	-	-	4.27	4.43	1.21	0.85
65.08	71.58	76.09	53.91	70.54	83.97	69.93	68.84	50.14	56.97	57.57	49.93

13 à 18: enclaves du Tesnou; 19 à 24: enclaves du Tiouéine.

5 - Les deux seuls spectres de terres rares dont nous disposons correspondent à des enclaves granodioritiques, (fig. 10) l'une de Tihaliouine, l'autre du Tesnou. L'enclave du Tihaliouine présente un spectre de terres rares comparable à celui des andésites de marges actives et d'arcs insulaires proposé par Bailey (1981) bien que les teneurs en terres rares légères soient plus élevées. Le rapport $La / Yb = 25.89$ indique un fort fractionnement des terres rares légères et pas d'anomalie en europium. Ce type de spectre est caractéristique des séries calco-alcalines. L'enclave du Tesnou se distingue de la précédente par son anomalie en Eu, son faible fractionnement des terres rares légères avec un rapport $La / Yb = 6.71$ et sa richesse en terres rares lourdes (d'où évolution plus importante avec intervention de phénomènes hydrothermaux).

En conclusion, les teneurs et les variations en éléments en trace ne peuvent s'expliquer par un processus magmatique simple.

L'étude comparée des enclaves et de leurs matrices respectives montre que des relations

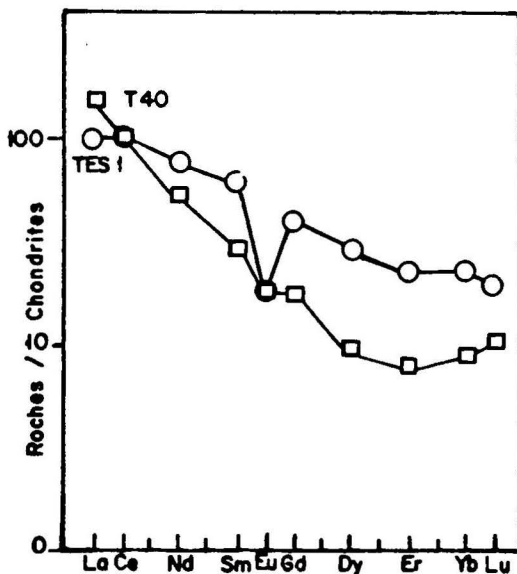


Fig. 10 - Spectres des terres rares normalisés aux chondrites pour deux enclaves.

existent entre elles (paragenèse minérale, chimie de certains minéraux tels que les amphiboles et les biotites). Cependant une grande variabilité est notée au niveau des textures, des compositions modales, des analyses chimiques.

V - ORIGINE DES ENCLAVES : ESSAI D'INTERPRETATION

Les enclaves microgrenues basiques associées aux complexes granitiques "Taourirts" ont un certain nombre de caractères typiques qui sont:

- leur texture, caractéristique des roches magmatiques;
- leur caractère ferrifère très accentué;
- leur caractère hypocalcique et hyperpotassique.

Parmi les nombreux mécanismes à l'origine des enclaves microgrenues, nous avons cité:

- l'origine crustale que nous éliminons (pas de caractères cumulatifs, textures magmatiques, roches hypocalciques et hypomagnésiennes);
- des mélanges de magmas immiscibles et cogénétiques, ayant évolué ensemble, qui nous paraît la plus plausible pour les enclaves étudiées.

D'après ce mécanisme, les enclaves proviendraient de magmas d'origine mantellique, qui auraient évolué sous l'action d'importants échanges métasomatiques avec des magmas granitiques synchrones dont la fusion est accentuée par l'arrivée du magma basique. Dans cette hypothèse, les deux magmas ayant des compositions et des viscosités différentes, seraient immiscibles. Nous avons remarqué:

- 1 - au niveau de l'affleurement, plusieurs types de contacts enclave-matrice:

- des contacts entre l'enclave sombre et le granite, très nets, parfois festonnés (planche, fig. A);

- développement de "bras" de granite qui s'enfoncent dans la roche sombre avec parfois des contacts diffus (zone de mélange, planche, fig. D);

- présence de phénocristaux de grande taille (1 à 3 cm) de microcline automorphe qui chevauchent le contact entre roche basique et granite (planche, fig. C). Les phénocristaux diminuent de taille en pénétrant dans l'enclave, perdent leur automorphie et leurs contours s'arrondissent. Ces observations sont en faveur d'une immiscibilité plus ou moins marquée des deux magmas et prouvent que ces derniers étaient encore à l'état visqueux.

2 - au niveau de la lame mince, bien que les paragenèses minérales soient sensiblement les mêmes pour les enclaves et leurs matrices, nous notons l'abondance de minéraux aciculaires dans les enclaves tels que l'apatite, l'amphibole, le plagioclase et parfois les opaques. C'est un trait de cristallisation rapide qui n'apparaît pas dans les matrices. Le magma basique au contact du magma granitique refroidit plus vite.

3 - au niveau de la géochimie, les grandes hétérogénéités sur le plan géochimique de ces enclaves prouvent que ces derniers ont subi un certain nombre de transformations et ne peuvent pas être associées à des séries magmatiques connues. Les caractères hyperpotassiques, hypocalciques et ferrifères s'expliquent par des transferts d'éléments des enclaves vers les matrices et vice versa, tout au long de l'évolution des deux magmas, l'apport des fluides tel que H₂O, aidant (Leterrier *et al.*, 1978; Orsini, 1978, 1979). Il faut noter cependant l'apport très important de K dans les enclaves "Taourirts" permettant la cristallisation de biotite et surtout de microcline (biotitisation des amphiboles, microclinisation des plagioclases).

L'immiscibilité des magmas acides et basiques est maintenant bien connue (Yoder, 1973; Maury, 1976; Leterrier *et al.*, 1978; Orsini, 1979; Gamble, 1979; Mezger *et al.*, 1985 *ect...*). L'impossibilité apparente des deux magmas acide et basique de se mélanger serait due à la grande différence de viscosité entre les deux magmas.

Les moyennes des granites hôtes et de leurs enclaves correspondantes, dans les différents complexes montrent l'indépendance de l'aire de répartition des granites hôtes et, des enclaves, par rapport aux champs d'immiscibilité supposés, dans le diagramme DI' - CI' - An (Irvine, 1975, fig. 11). Cependant une intersection existe entre le champ le plus large (ou Na₂O, K₂O, H₂O sont élevés) et la droite de rappel reliant le couple - enclave - enclavant dans les faciès sombres du Tiouéïne et de l'Imehellatène. Ceci peut exprimer une immiscibilité à l'origine dans les faciès les moins évolués. Cette immiscibilité tendrait à disparaître dans les faciès les plus évolués, suite aux processus de transfert d'éléments entre les deux magmas.

Sur la base des données actuellement disponibles, bien que nous ne disposons pas de rapports isotopiques (de Sr ou de l'O₂), une origine mantellique pour ces enclaves nous paraît probable.

VI - CONCLUSIONS GENERALES

En accord avec Yoder (1973), serait proposée la possibilité d'une fusion fractionnée à partir du manteau. La présence simultanée de magma acide et basique correspondrait à des degrés différents de fusion du matériel mantellique. Une immiscibilité apparaît au début entre magma acide et magma basique (*cf.* Tiouéïne *par ex.*, fig. 11). Ces deux magmas vont évoluer côte à côte et des transferts d'éléments vont s'établir

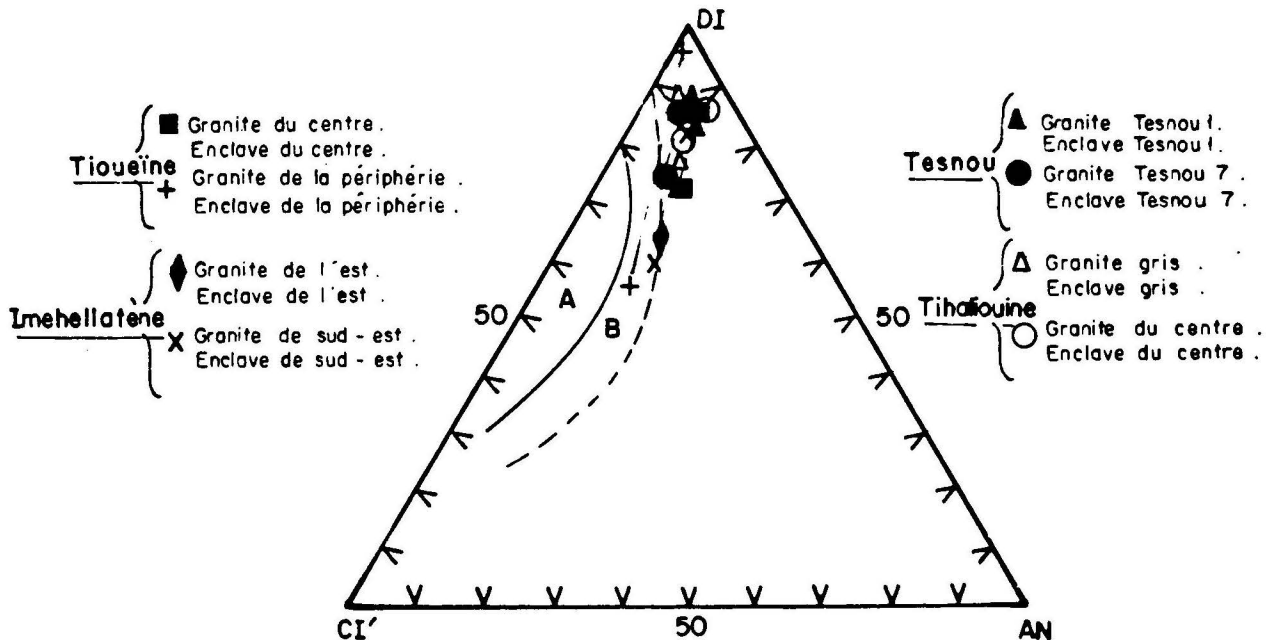


Fig. 11 - Diagramme DI'-CI' - An de Irvine (1975).

A = Champ d'immiscibilité métastable pour Na₂O+K₂O/SiO₂ élevé.

B = Champ d'immiscibilité métastable pour Na₂O, K₂O, H₂O élevés.

entre eux, à l'état visqueux, sans qu'il ait hybridation, tout au plus des cristaux de magma acide vont pénétrer dans le magma basique, plus fluide et plus chaud (ocelles de quartz; phéno-cristaux de feldspaths). En montant dans la croûte, le magma acide visqueux cristallise en piégeant le magma basique qui cristallise au contact de ce dernier, plus froid. Les transferts d'éléments, le dégazage et l'hybridation deviennent de plus en plus importants. Ils déséquilibrent les minéraux et permettent la cristallisation de minéraux hydroxylés. L'hybridation devient totale et le magma qui en résulte termine son évolution en donnant des monzogranites très proches des granites enclavants.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement Monsieur J. Boissonnas pour ses conseils sur le terrain et pour avoir mis à notre disposition huit échantillons d'enclaves avec leurs analyses chimiques. Nos remerciements s'adressent également à la direction de l'ex.E.R.E.M (Alger et Tamanrasset). Ce manuscrit a bénéficié des critiques constructives de B. Semroud.

BIBLIOGRAPHIE

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 d'Etat géol., Alger, 667p. et *Mémoire de l'ORGM*, Alger, sous presse.

Azzouni-Sekkal, A. 1990. Pétrologie et géochimie des granitoïdes pan-africains de type "Taourirt" au Hoggar (Algérie) : un exemple de province magmatique de transition entre régimes orogéniques et anorogéniques - Récent data in African Earth Sciences, *Occasional publications*, G. Rocci et M. Deschamps, coord. -CIFEG; 165-168

Azzouni-Sekkal, A. et Boissonnas, J. 1987. Geochemistry of the Tiouine pan-African granite complex (Hoggar - Algérie). *Geol. Journ.*, 22, Winter thematic issue, Bowden et Kinnairs Eds. African geology reviews, John Wiley and sons, 213-224.

LES ENCLAVES MICROGRENUES: L'EXEMPLE DES COMPLEXES PANAFRICAINS "TAOURIRTS" (HOGGAR, ALGERIE)

- Barbarin, B. 1988.** Mise en évidence des différentes étapes d'un processus global de mélange de magmas acides et basiques: les interactions entre la diorite de Piolard et le monzogranite de Saint Julien-La-vêtre (Monts du Forez, Massif Central, France).
- Barnes, C.-G., Allen, C.-M., Salleby, S.-B. 1986a.** Open and closed system characteristics of a tilted plutonic system, Klamath Mountains, California. *Journal of Geophysical Research*, 91, 6073-6090.
- Barrière, M. 1977.** Le complexe de Ploumanac'h (massif armoricain). Essai sur la mise en place et l'évolution pétrologique, d'une association plutonique subalcaline tardive orogénique. *Thèse Doc. Etat*, Brest, 220 p.
- Bailey, J.-C. 1981.** Geochemical criteria for a refined tectonic discrimination of orogenic andesites. *Chem. Geol.*, 32, 139-154.
- Belin, J.-L.M. 1988.** Evolution des enclaves basiques et de leur matrice dans un granite. L'exemple du granite porphyroïde de Saint-Gervais d'Auvergne (Massif central français). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 307, Série II, p. 387-393.
- Boissonnas, J. 1973.** Les granites à structures concentriques et quelques autres granites tardifs de la chaîne pan-africaine en Ahaggar (Sahara central, Algérie). *Publ. CNRS, Sér. Géol.* 16, 662 p.
- Cocirca, C., Orsini, J.B. 1986.** Signification de la diversité de composition des enclaves "microgrenues" sombres en contexte plutonique. L'exemple des plutons calco-alcalins de Bono et Budduso (Sardaigne septentrionale). *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 302, Série II, n°6 331-336.
- Debon, F., Leterrier, J. 1974.** Liaisons chimico-minéralogiques entre les granites et leurs enclaves microgrenues dans six unités granitiques de la zone axiale pyrénéenne (Massifs de Causerets, Penticosa et Querigut). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 279, Série D, pp. 1825-1828.
- Didier, J. 1973.** Granites and their enclaves. The bearing of enclaves on the origin of granites. *Developments in Petrology*, vol. 3, Elsevier (eds). 393 p.
- Gamble J.-A. 1979.** Some relationship between coexisting granitic and basaltic magmas and the genesis of hybrid rocks in the tertiary central complex of Slieve Gullion, Northeast Ireland. *J. volc. Geoth. Research*, 5, p. 297-316.
- Giret, A., Bonin, B., Leger, J.-M. 1980.** Amphibole compositional trends in over saturated and undersaturated alkaline plutonic ring complexes. *Canad. Miner.*, 18, 481-495.
- Irvine, T.-N. 1975.** The silica immiscibility effect in magmas. *Carnegie Inst.*, Washington, year book, 74, 492-500.
- Lacroix, A. 1980.** Sur les enclaves du Trachyte de Menet (cantal), sur leurs modifications et leur origine. *C.R. Acad. Sci.*, Paris 111 : 1003-1006.
- Leake, B.-E. 1978.** Nomenclature of amphiboles. *Bull. Miner.*, 101, p. 453-467.
- Leterrier, J., Debon, F. 1978.** Caractères chimiques comparés des roches granitoïdes et de leurs enclaves microgrenues. Implications génétiques. *Bull. Soc. Geol. Fr.*, (7), 20, 3-12.
- Mauzy, R.-C. 1976.** Contamination (par l'encastrement et les enclaves) et cristallisation fractionnée de séries volcaniques alcalines continentales (Massif central français) et océaniques (Pacifique central) : l'origine des laves acides. *Thèse Doct. Sci.*, Univ. Paris XI, Orsay, 455 p.
- Mauzy, R.-C., Didier, J., Lameyre, J. 1978.** Comparative magma xenolith relationships in some volcanic and plutonic rocks from the French Massif Central. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 66, 401-408.
- Mezger, K., Altherr, R., Okrusch, M., Henjes-Kunst, F., Kreuzek, H. 1980.** Genesis of acid/basic rock associations: a case study the Kallithea intrusive complex Samos, Greece. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 90, 353-366.
- Orsini, J.-B. 1979.** Contribution à la connaissance des granitoïdes tardi-orogéniques du batholite corso-sarde. Les enclaves sombres de l'association plutonique calco-alcaline. *Travaux du Laboratoire des Sciences de la Terre*, St. Jérôme, Marseille, Série c, 3, 104 p.
- Platevoet, B. 1983.** Etude pétrologique d'une association acide-basique dans le complexe annulaire anorogénique de Porto (Corse). *Thèse 3^e cycle*, Univ. P.&M. Curie, Paris, France, n° 83-21, 200p.
- Strecheisen, A. 1974.** Classification of igneous rocks by the way of their modal composition. *Geol Rundschau*, 63, 773-786.
- Strong, D.-F. 1972.** Petrology of the lavas of Grande Comore. *J. Petrol.*, 13, 181-217.
- Yoder, H.-S. 1973.** Contemporaneous basaltic and rhyolitic magma. *Amer. Mineralogist*, 58, pp. 153-171.

P L A N C H E

- Fig. A - Contact festonné entre enclave sombre et granite dans le complexe d'Imehellatène.**
- Fig. B - Essaim d'enclaves microgrenues ovoides dans le granite du Tesnou 1, secteur d'Ataram, sur la rive droite de l'Oued Kourenga .**
- Fig. C - Mégacristal de microline automorphe chevauchant le contact entre roche basique et granite.**
- Fig. D - Développement de "bras" de granite s'enfonçant dans la roche sombre, avec apparition "d'une zone intermédiaire" entre les deux.**

LES ENCLAVES MICROGRENUES: L'EXEMPLE DES COMPLEXES PANAFRICAINS "TAOURIRTS" (HOGGAR, ALGERIE)

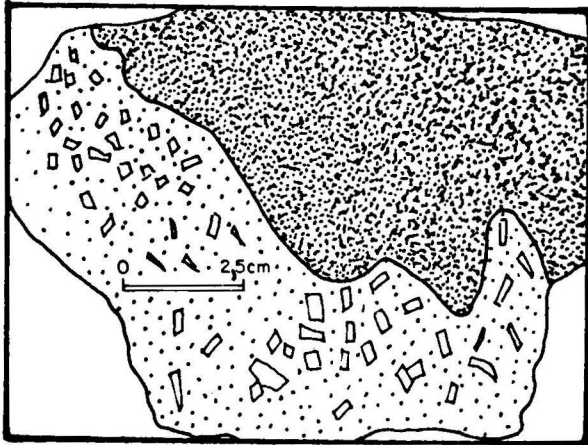


Fig. A

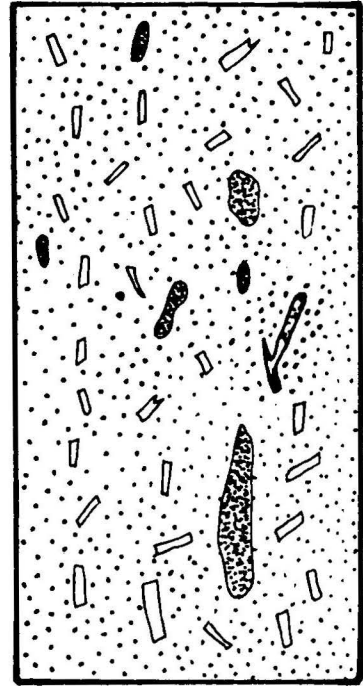


Fig. B

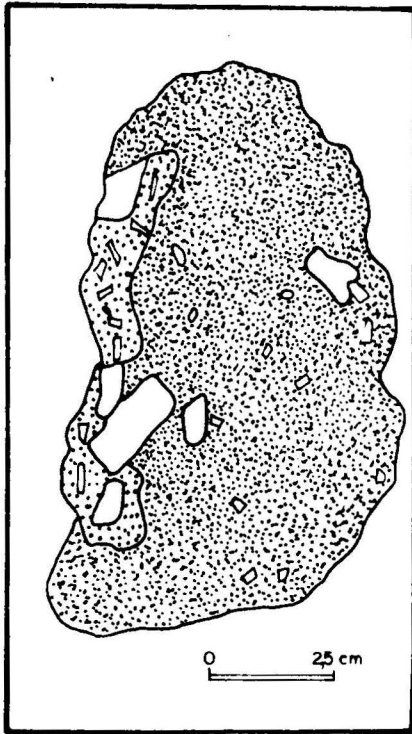


Fig. C

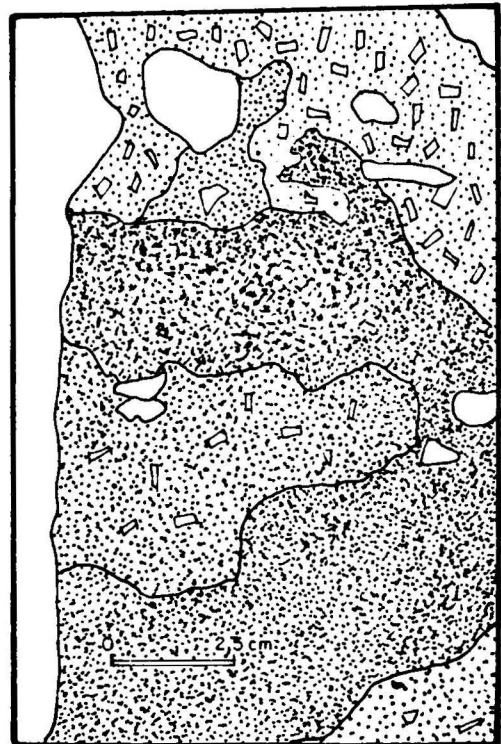
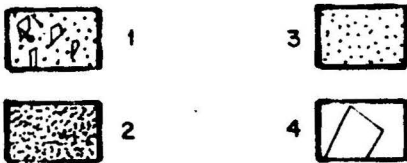


Fig. D



1 - Granite. 2 - Enclave sombre. 3 - Zone de "mélange". 4 - Mégacristal de microcline.