

Organisation séquentielle évolutive des intrusions successives du granite de Beauvoir dans son caisson : arguments géochimiques

Cl. Gagny *

Mots-clés : Granite (Granite Beauvoir), Oxyde, Sodium, Potassium, Alumine, Représentation graphique, Mise en place (Endogranite),
Allier (Échassières).

Résumé

Le sondage profond (900 m), réalisé sur le granite peralumineux à albite, lépidolite et topaze de Beauvoir, a été l'objet d'un échantillonnage systématique pour analyses.

L'étude des relations entre trois éléments majeurs peu « prestigieux », $Al_2O_3 - Na_2O - K_2O$, permet de proposer une organisation séquentielle évolutive du granite. Un diagramme nouveau, simple et d'utilisation directe ($Al_2O_{3no} - Na_2O - K_2O$) permet de suivre le paramètre « aluminium non feldspathisable » (Al_2O_{3no}). Il présente un complément indispensable aux raisonnements classiques mais schématiques sur le seul diagramme Q - Ab - Or.

Six unités distinctes se sont mises en place successivement dans un caisson qui s'ouvrait par saccades. A cet ensemble qui, de bas en haut (selon l'ordre chronologique proposé) voit une évolution classique, se surimposent des phénomènes rythmés à différents niveaux d'organisation : unités, sous-unités, litages métriques et décimétriques.

Le granite de Beauvoir a toutes les caractéristiques d'un endogranite par référence au système endogranite - exogranite des gisements à W et Sn. Dans l'hypothèse vraisemblable d'un comagmatisme, le magma de base est un endogranite commun qui tend vers des endogranites évolués au rythme de l'organisation séquentielle. L'exogranite correspondant serait le granite des Colettes.

Une telle structure complexe, souvent soupçonnée sur des corps magmatiques, ne pouvait être bien caractérisée que par un tel sondage.

Abstract

Sequential evolutionary organization of the successive intrusions of the Beauvoir granite: geochemical arguments

Systematic sampling for analysis was carried out on the deep borehole (900 m), drilled in the peraluminous lepidolite and topaze bearing Beauvoir albite granite.

Study of the relations between three major elements not usually considered useful $Al_2O - Na_2O - K_2O$ resulted in the proposal of an evolutionary sequential organization of the granite. By a new simple and directly usable diagram ($Al_2O_{3no} - Na_2O - K_2O$), the « aluminium not incorporated in feldspar » (Al_2O_{3no}) parameter can be followed. This adds an essential element to the classic but oversimplified reasoning on the Q-Ab-Or diagram alone.

Six distinct units were emplaced successively in a space which opened up intermittently. According to the proposed chronological order, this assemblage has a classic evolution from the bottom upwards.

Upon this are superimposed phenomena organized on different scales, such as units, sub-units, and decimetre-thick to metre-thick layering. By comparison with the endogranite-exogranite system of the W and Sn-bearing deposits the Beauvoir granite has all the characteristics of an endogranite granite. Taking the probable hypothesis of comagmatism, the primary magma is a common endogranite which tends towards evolved endogene granite according to its sequential organization. The corresponding endogranite would be the « granite des Colettes ».

Such a complex structure, which has often been suspected in magmatic bodies, could only be fully characterized from a borehole such as this.

* Laboratoire de Pétrologie structurale et Métallogénie, Université de Nancy I, BP 239, 54506 Vandoeuvre-les-Nancy Cedex UA (CNRS)
728 - Pétrologie des Granitoïdes.

1. — Introduction

Le granite de Beauvoir, recoupé par sondage vertical carotté sur 900 mètres, présente une différenciation géochimique générale importante (Burnol, 1985). De bas en haut, trois faciès (B3, B2, B1) ont été distingués (Cuney *et al.*, 1986). B1, l'ensemble supérieur, le plus alumineux, est fortement enrichi en F, Li et Rb. Dans le complexe inférieur (B2 et B3), de nombreuses variations géochimiques se surimposent à la discrimination faite de deux faciès et sont susceptibles de marquer des unités magmatiques répétitives. Grâce à un échantillonnage systématique de ce sondage (97 analyses de roches totales; Rossi *et al.*, ce volume et Document BRGM n° 100), une approche peut être proposée.

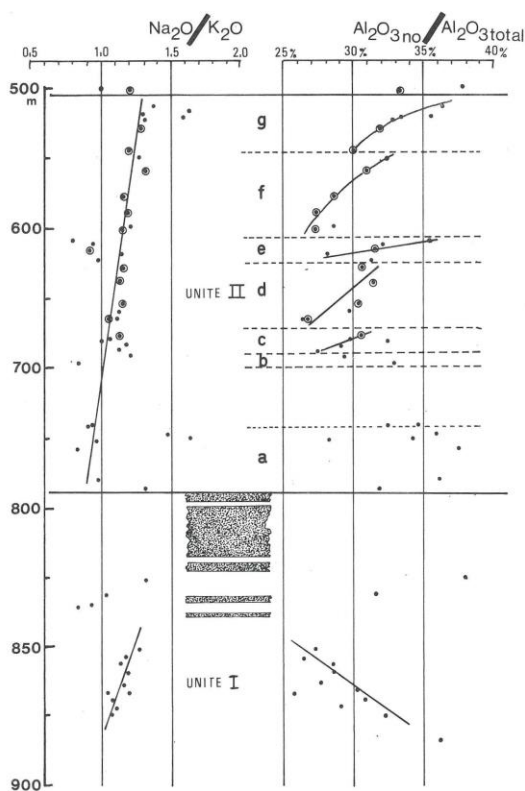


Fig. 1. — Détermination des principales unités du Granite de Beauvoir injectées dans le caisson (de bas en haut, unités I à VI et sous-unités notées a, b, c, ...)

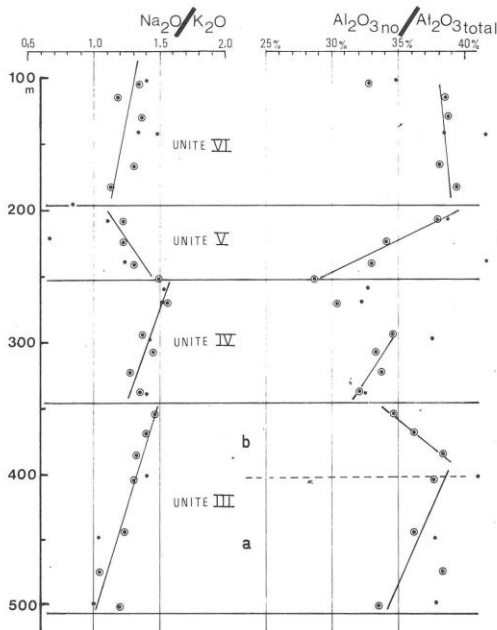
- d'après les variations du rapport $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$
- d'après les variations du rapport $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{no}}/\text{Al}_2\text{O}_{3\text{total}}$ le long du sondage (de 900 à 100 m)
- Attention, en raison de la densité des analyses sur l'unité I, il y a un changement d'échelle verticale de 800 à 900 m.
- En pointillés : principales passées de micaschistes entre 840 et 790 m
- Les tendances tracées ne sont qu'indicatives. Les points cerclés correspondent aux analyses faites sur des tronçons supérieurs à 4 m et souvent de

2. — Mise en évidence d'une organisation magmatique périodique

a. Le choix des paramètres majeurs géochimiques

Le premier paramètre pris en compte est le rapport $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ (fig. 1 a et b). Ses variations en fonction de la profondeur illustrent les évolutions majeures au sein du granite de Beauvoir et confirment les données pétrographiques présentées par Autran et Burnol (1985). De bas en haut du sondage, il convient de noter une augmentation de ce rapport. Sur cette tendance moyenne, des variations à l'échelle hectométrique se superposent avec reprises syncopées de l'augmentation de $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$. Dès maintenant, nous remarquons six unités principales (I à VI, fig. 1) pour lesquelles nous développerons des données et arguments complémentaires.

La différenciation générale de ce magma, fortement peralumineux, se suit notamment par enrichissement en Al_2O_3 . Le second paramètre retenu, $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{no}}$, sera basé sur l'alu-



l'ordre du décimètre. Certains points simples peuvent représenter des cas particuliers dans cet édifice à tendance litée à toute échelle.

— Dans les sous-unités III et IV, la densité des analyses permet de proposer une courbe. Pour les autres unités et sous-unités, la prise d'échantillon ne permet pas de cerner toutes les variations des crypto-litages.

Determination of the units of the main Beauvoir granite (from bottom to top, units I to VI and sub-units marked a, b, c, etc.)

- according to the variations in $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$
- according to the variations $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{no}}/\text{Al}_2\text{O}_{3\text{total}}$ along the borehole (from 100 to 900 m).

mine en excès, déduction faite de la part pouvant être prise en compte pour la formation des seuls feldspaths alcalins normatifs (albite et orthose), compte tenu des teneurs totales en Na_2O et K_2O de la roche.

Soit : « $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}$ » = $\text{Al}_2\text{O}_3 - 1,643 \text{Na}_2\text{O} - 1,083 \text{K}_2\text{O}$ (en pourcentage poids).

La justification de son utilisation a été présentée par Gagny, en 1984, pour les leucogranites et notamment les endogranites des appareils « exogranites-endogranite à stockscheider » auxquels sont liés des gisements W-Sn. Il est utilisé pour suivre les phénomènes évolutifs (magmatiques et hydrothermaux), d'autant que, dans le cas de Beauvoir, sa corrélation avec les teneurs en Rb est bonne (fig. 2). Les quelques analyses qui s'écartent de cette interdépendance con-

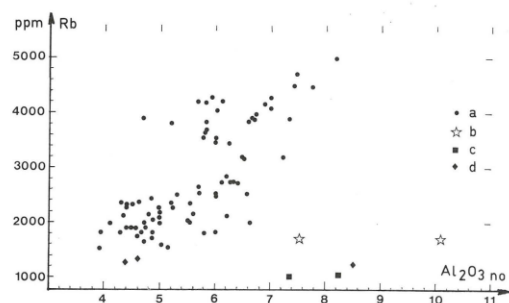


Fig. 2. — Corrélation positive entre Rb et $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}$ pour le granite de Beauvoir (pour $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}$, voir le texte et fig. 3). Positive correlation between Rb and $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}$ for the Beauvoir granite (for $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}$, see text and figure 3).
a : granite de Beauvoir, b : faciès n° 78 à 80, c : aplites (n° 83 et 84), d : microgranite (n° 68-89-90)

cernent des faciès qui ne sont pas à considérer dans notre objectif ; ce sont des aplites, microgranites et échantillons très hydrothermalisés. D'ailleurs, le rapport $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}/\text{Al}_2\text{O}_3$ total reste relativement stable sur l'ensemble du sondage (25 à 35 % pour les unités I et II et 30 à 40 % pour les unités III à VI) ; ses variations quasi continues dans chaque unité plaident en faveur de sa valeur de caractère magmatique lié à un granite peralumineux (fig. 1).

La cible géochimique, représentée par le diagramme triangulaire $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}} - \text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}$ (Gagny, 1984), permet ainsi de suivre les évolutions majeures de la pile granitique. Elle peut être accompagnée d'autres considérations géochimiques ou pétrographiques (par exemple, rôles des minéraux tels que lépidolite, albite, feldspath potassique, etc.).

Cette cible, basée sur des éléments chimiques certes peu « prestigieux », mais faciles à analyser, a été testée sur de nombreux appareils leucogranitiques. Les phénomènes d'albitisation, de greisenisation, d'épisyénitisation ou de kaolinisation y sont bien repérables et dissociés les uns des autres (fig. 3). Par définition, tous les endogranites dits communs se situent dans le « puits endogranitique ». Ils correspondent à un magma qui, dans de nombreux gisements W-Sn étudiés, représente le premier faciès porteur d'une potentialité métallifère à valeur économique. Dès qu'ils sont évolués, sous l'effet d'un processus magmatique ou hydrothermal, les teneurs relatives en $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}$ augmentent. Ces endogranites, communs et évolués, représentent des magmas proches des minima

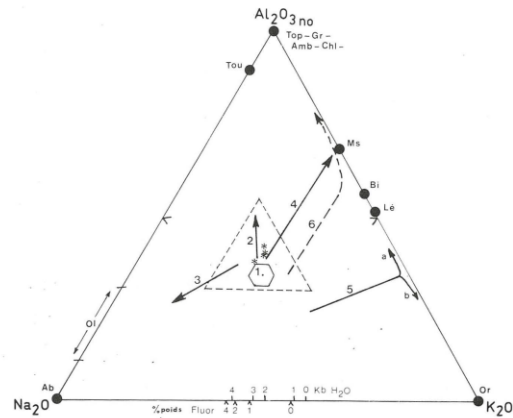


Fig. 3. — Cible géochimique (Gagny, 1984) : « $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}} - \text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}$ » ($\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}} = \text{Al}_2\text{O}_3 - 1,683 \text{Na}_2\text{O} - 1,083 \text{K}_2\text{O}$) soit l'alumine non retenue par les feldspaths alcalins normatifs.

Geochemical triangle (Gagny, 1984 : « $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}} - \text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}$ »)
position des minéraux : Chl : chlorite ; Top : topaze ; Gr : grenat ; Amb : amblygonite ; Tou : tourmaline ; Ab : albite ; Ol : oligoclase de 10 à 30 % An ; Or : orthose ; Lé : lépidolite (Monier et Tegye, 1985) ; Bi : biotite ; Ms : muscovite ; Kao : kaolin.

repères : 1 : puits endogranitique (endogranite commun), 2 : vers endogranites évolués, 3 : albitisation, 4 : muscovitisation (= greisenisation), 5 : épisyénitisation (Guiliani, 1982) : 5a type (vacuolaire), 5b type (feldspathique), 6 : kaolinisation.

sur le côté Na-O-K₂O au-dessus : Position des minima ternaires en fonction de PH_2O en Kb (d'après Luth, 1976)

Au-dessous : Position des minima ternaires en fonction de la teneur en fluor, à 1 Kb de pression (d'après Manning, 1981).

Le triangle en pointillé situe le cadre exploité dans les fig. 4 à 7.

Étoiles persillées (au-dessus de 1) : Verres naturels de Macusani (Pichavant et al., 1987).

ternaires dans le triangle Q-Ab-Or (fig. 10 à 12), mais avec un excès d' Al_2O_3 pris en compte sur la cible. Ce fait est en accord avec les positions des minima (avec excès d' Al_2O_3 par rapport à la position des feldspaths) dans les triangles $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3$ et $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3$ (Schairer et Bowen, 1955 et 1956). D'ailleurs, Pichavant et al. 1987 ont décrit récemment des verres naturels qui s'inscrivent bien dans ce schéma. Ces endogranites, porteurs des minéralisations W-Sn, se mettent généralement en place par « appel au vide » (Gagny, 1984) dans des volumes qui s'ouvrent par diastrophisme : tectonique régionale (cisaillement, jeu normal sur faille) ou tectonique magmatique (cauldron subsidence, par exemple).

b. Caractérisation des différentes unités principales de la pile granitique (toujours du bas vers le haut)

Nous utiliserons les paramètres discutés ci-dessus pour caractériser les différentes unités et leurs variations (fig. 1 à 12). Le rapport $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$, très stable dans ses évolutions a permis de distinguer six unités principales (unités I à VI). Les relations $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}$ versus Al_2O_3 Total confirmeront l'identité de ces unités et détermineront certaines sous-unités à un autre niveau d'organisation (fig. 1 et 9). Il est intéressant de noter que les limites de ces unités et sous-unités sont marquées par des litages décimétriques à plurimétriques signalés dans le sondage (et dont la nature et l'agencement détaillé sont

décrits dans Gagny et Jacquot, 1985 et Jacquot, ce volume). Une telle structuration de la pile granitique n'est pas exceptionnelle; n'a-t-elle pas déjà été étudiée sur le granite des Crêtes à biotite et amphibole (Vosges) sur des sondages du BRGM? (Blanchard *et al.*, 1978; Gagny, in Rapport BRGM, 1980; Tanneur, 1985).

Unité I (875 m à 843 m; analyses n° 96 à 85)

L'échantillonnage est quasi continu de 875 à 850 m)

Cette première Unité est bien typée avec une augmentation faible du rapport $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ et une diminution d'ensemble particulière du rapport $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}/\text{Al}_2\text{O}_{3\text{Total}}$ marqué par une augmentation de $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{Total}}$ (fig. 9). Sur la cible (fig. 4), ce sont des endogranites typiques avec déjà des faciès rythmi-

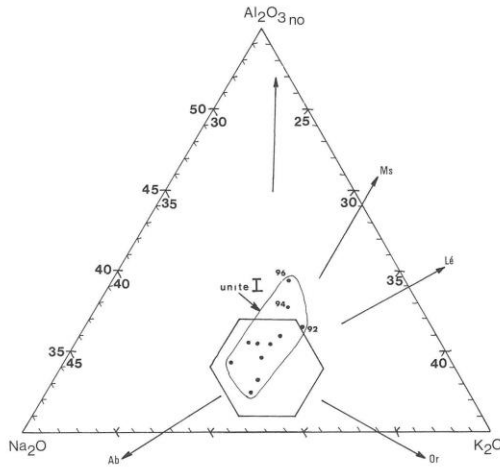


Fig. 4. — L'unité I (875 à 843 m; échantillons n° 96 à 85) dans la cible géochimique « $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}-\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ » (partielle, voir fig. 3)

Unité I (875-843 m; samples 85 to 96 in the « $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}-\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ » geochemical triangle (partial, see fig. 3))

● the hexagon represents roughly the « common endogranite minimum ».

- L'hexagone représente schématiquement le « puits des endogranites communs ».
 - Les différentes flèches indiquent les tendances minéralogiques principales. Elles sont centrées au milieu du « puits endogranitique ».
 - Ms: muscovite; Lé: lépidolite; Or: orthose; Ab: albite
- La flèche dirigée vers $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}$ concerne tous les minéraux alumineux (topaze, amblygonite, grenat, chlorite, etc.).

ques, mais peu évolués (n° 92-94 et surtout 96). Ces variations se font, à K_2O stable, par compétition entre les teneurs en albite et lépidolite avec une légère tendance à la greisenisation sur certains échantillons (n° 94 et 96). Certes, il est parfois délicat de distinguer sur le diagramme $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}$ dans la zone proche du puits endogranitique, une accumulation magmatique de lépidolite et de minéraux alumineux (topaze, amblygonite, ...) avec un phénomène de greisenisation. La simple observation et, à la rigueur dans les cas litigieux, l'examen des éléments traces Li, F, Rb (qui chutent dans les greisens) permettent de préciser la tendance.

Les points sont proches du minima ternaire à 2 Kb (H_2O) (fig. 10), mais légèrement décalés vers la gauche (malgré une teneur moyenne de 1,19 % poids en fluor avec par contre une teneur moyenne en Li_2O de l'ordre de 0,4 % poids). A noter

que le potassium calculé en orthose sans tenir compte de la présence de lépidolite ou muscovite a tendance à entraîner une diminution relative du quartz dans la norme « Q-Ab-Or ». Pour notre objectif, centré sur un granite peralumineux, la contrainte traditionnelle du diagramme de Bowen utilisé seul est inadaptée et trop schématisée. Le cas du granite de Beauvoir justifie, s'il en était besoin, les critiques énoncées par Gouanvic et Gagny (1985).

Nous considérons cette unité comme témoin du remplissage de la première ouverture du caisson. Des panneaux de micaschistes y sont enclavés avec leur foliation basculée (Autran *et al.*, 1985) et n'entraînent aucune rupture des dérivés géochimiques du granite. Cette interprétation de primauté est argumentée par deux faits :

— Le magma représenté dans cette unité est essentiellement celui des endogranites communs avec quelques faciès très peu évolués (fig. 4)

— La présence de deux « sills » greisenisés, entre des panneaux de schistes qui pourraient alors être continus et isoler ces corps métriques hydrothermalisés, constitue une

Tabl. 1. — Numérotation des analyses et localisation des tronçons de sondage analysés (Rossi *et al.*, ce volume et Document B.R.G.M. n° 100)

N°	PROFONDEUR		N°	PROFONDEUR		N°	PROFONDEUR	
	de	à		de	à		de	à
1	102.30	102.50	34	466.90	484.30	66	691.90	693.00
2	101.10	109.30	35	490.90	512.70	67	697.30	697.80
3	109.30	120.45	36	499.50	500.00	68	705.20	706.10
4	122.00	139.53	37	512.90	514.10	69	727.50	728.30
5	140.80	141.00	38	516.00	518.00	70	740.60	741.90
6	141.00	143.25	39	518.55	520.00	71	742.10	742.90
7	157.35	177.30	40	520.00	521.80	72	747.65	747.85
8	180.05	186.05	41	521.80	524.60	73	750.90	751.85
9	195.90	196.30	42	524.60	536.25	74	751.85	752.30
10	207.80	208.00	43	536.25	552.90	75	757.60	758.60
11	202.90	213.20	44	550.10	550.90	76	780.60	781.20
12	221.40	222.50	45	553.67	566.30	77	787.10	787.80
13	222.50	226.70	46	572.15	584.50	78	817.40	817.90
14	239.00	239.70	47	584.50	596.05	79	817.90	818.30
15	231.50	250.00	48	599.30	599.90	80	818.30	819.10
16	250.00	254.80	49	596.05	608.10	81	824.15	826.75
17	260.10	260.30	50	609.10	610.10	82	831.30	831.90
18	268.65	274.30	51	611.50	613.50	83	834.30	834.98
19	269.00	269.60	52	613.80	618.30	84	834.60	835.00
20	288.50	300.25	53	618.30	620.30	85	850.20	851.55
21	297.50	298.00	54	623.00	625.65	86	853.15	855.00
22	300.25	316.10	55	628.45	633.00	87	855.00	857.50
23	316.00	331.35	56	633.00	645.20	88	857.50	859.35
24	331.35	347.10	57	650.57	660.00	89	860.75	861.90
25	339.50	339.80	58	659.40	660.40	90	860.30	861.90
26	347.10	362.30	59	665.30	666.20	91	862.60	864.08
27	362.98	378.25	60	660.00	672.10	92	864.80	865.80
28	378.25	394.05	61	676.00	680.60	93	865.90	867.50
29	401.90	402.70	62	679.60	680.50	94	867.50	870.00
30	394.05	416.30	63	681.00	683.50	95	870.93	871.77
31	438.60	451.25	64	684.00	686.15	96	874.20	874.60
32	448.95	449.95	65	686.40	688.50	97	882.51	883.26
33	454.30	454.60						

— Numéros particuliers

- endogranites communs : 46 - 47 - 49 - 53 - 59 - 60 - 64 - 65 - 66 - 85 - 86 - 87 - 88 - 91 - 93 - 95

- faciès greisenisés : 12 - 78 - 79 - 80 - 83 - 84

- faciès altéré : 33

- microgranite : 68 - 89 - 90

- aplité sécante : 83 - 84

— Les numéros soulignés correspondent à des tronçons de sondage d'une longueur supérieure à 4 mètres et souvent de l'ordre de 10 m de faciès homogène.

— Sur les figures, le point figuratif de chaque analyse est porté à mi-longueur du tronçon analysé.

The underlined numbers correspond to core sections longer than 4 m and in many instances 10 m or more, of homogeneous facies.

On the figures, the points representing the analyses are plotted at the midpoint of the analysed section.

superstructure à cette première ouverture du caisson; Ce sont (fig. 8) :

- de 833 à 823 m (n° 82 et 81) un endogranite évolué avec un faciès (n° 81) comparable à ceux du haut du sondage (cf. *infra*).
- de 820.25 à 817.50 (du n° 80 au n° 78) un corps hydrothermalisé (les n° 79 et 80 sont des greisens) situé sous un panneau de micaschistes quasi continu de 817 à 790 et représentant le toit de cette première ouverture.

Note : les n° 84 et 83 sont une aplité rose décrite sécante sur le granite de Beauvoir.

Unité II (790 à 510 m; analyses n° 77 à 37)

Nous fixons l'unité II de 790 à 510 m. C'est la plus importante. Elle est caractérisée par une augmentation constante et continue du rapport $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ de 0,9 vers 750 m à 1,4 vers 515 m. Seules quelques passées de granite à feldspath potassique rose (n° 77 vers 787 m, 73 et 72, vers 750 m) font penser à des faciès localement évolués et comparables à ceux du haut de l'Unité (fig. 5). Notons que le faciès de type B2 (Autran et Burnol, 1985), signalé comme très constant de 690 à 520 m,

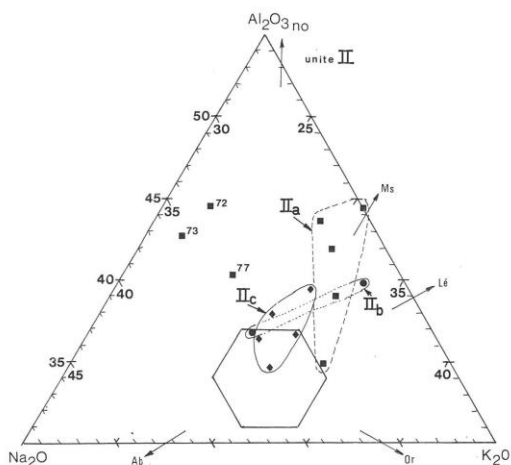


Fig. 5. — L'unité II (sous-unités IIa, IIb, IIc) dans la cible géochimique « $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}-\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ » (partielle, voir fig. 3). Unité II (sub-units IIa, IIb, IIc) in the « $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}-\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ » geochemical triangle (partial, see figure 3). Pour les explications, voir fig. 4 et texte. For explanations, see figure 4 and text.

est représenté par un granite de Beauvoir hololeucocrate à lépidolite dorée, quartz globuleux à automorphe et feldspath blanc plus abondant et plus précoce. Cassitérite et niobotantalates y sont aussi signalés à l'état disséminé.

Sur le diagramme $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{Total}}$ versus $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}$ (fig. 9), l'enveloppe des points de l'Unité II a un grand axe de corrélation de pente unité avec une augmentation concomitante des deux paramètres vers le haut. Cette dérive importante permettra de relier sur ce diagramme les domaines de l'Unité I à ceux des Unités III à VI. Le rapport $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}/\text{Al}_2\text{O}_{3\text{Total}}$ subit lui des variations syncopées (positives et négatives) qui font penser à des sous-unités séparées d'ailleurs par des zones de litage

magmatique signalées sur la description du Log de sondage (fig. 1b) et décrites par Jacquot (ce volume).

Ces sous-unités ont des puissances d'ordre pluridécamétrique et seront désignées, de bas en haut, par IIa à IIg. Elles sont établies, certes au gré de l'échantillonnage, sur les dérivés d'un faciès d'endogranite commun à un faciès d'endogranite évolué par augmentation de $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}$. Les litages signalés constituent le sommet des séquences, à la réserve près de la densité des analyses; ceci représente une sécurité de notre interprétation géochimique basée, par ailleurs, sur notre connaissance de tels appareils. Ce sont :

— IIa (790 à 743 m; échantillons n° 77 à 70)

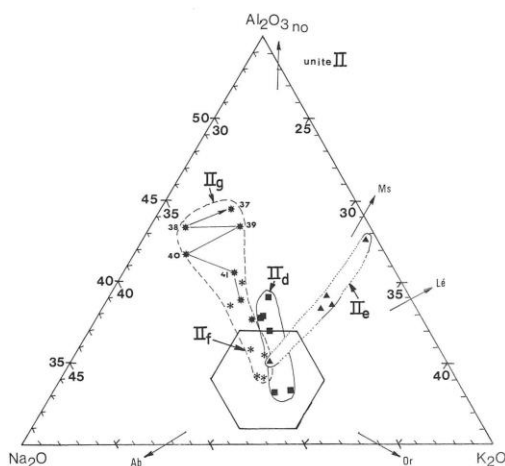


Fig. 6. — L'unité II (sous-unités IIa, IIb, IIc, IIe, IIg) dans la cible géochimique « $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}-\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ » (partielle, voir fig. 3). Unité II (sub-units IIa, IIb, IIc, IIe, IIg) in the « $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{No}}-\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ » geochemical triangle (partial, see fig. 3). Pour les explications, voir fig. 4 et texte. For explanations, see figure 4 and text.

C'est le type B3 (Autran et Burnol, 1985), compris entre le mur de micaschistes et un litage quartzo-feldspathique. Cette zone correspondrait (cf. *infra*) à un faciès classique de la partie inférieure de l'Unité II avec des passées de granite plus évolué comparable aux faciès de la partie supérieure de la sous-unité IIg (fig. 6) (faciès à feldspath rose du type B3 — sensu stricto — n° 72-73 et 77; fig. 5). Ces derniers échantillons pourraient représenter des bouffées diffuses de différenciation localisée.

— II existe un manque d'information entre 743 et 700 m, car le granite est très altéré et silicifié (n° 69).

— IIb (700 à 690 m; n° 67 et 66) marquée par un enrichissement soudain en albite au détriment de la lépidolite à son sommet.

— IIc (690 à 672 m; n° 65 à 61)

— IId (672 à 625 m; n° 60 à 55)

— IIe (625 à 607 m; n° 54 à 50) (zone un peu muscovitisée et argilisée)

– II f (607 à 546 m ; n° 49 à 44)

– II g (546 à 506 m ; n° 42 à 37)

(le n° 43 est à cheval sur les sous-unités f et g qui ont une même tendance évolutive)

Sur la cible (fig. 5 et 6), il est à noter dans cette unité II un basculement des types d'évolution de chaque sous-unité d'une tendance A (sous-unités b et c; il en était de même pour l'unité I) vers une tendance B (sous-unité d,f,g) sans tenir compte de IIe qui présente une nette greisenisation et IIa qui a des caractères particuliers. Il sera intéressant de remarquer que dans l'évolution B, on retrouvera mémoire des tendances de l'évolution A (par exemple, parcours du n° 41 au n° 37 dans le domaine de la sous-unité g; fig. 6).

– La tendance A correspond à une compétition entre albite (base) et lépidolite (sommet) et ceci à orthose constante. Elle peut aussi être entraînée localement par un phénomène de greisenisation: phengite surimposé à la minéralogie primaire). Le pôle riche en albite correspond à une teneur plus élevée en Al_2O_3 , mais à une teneur plus faible de Al_2O_{3No} . Le pôle lépidolite, par contre, correspond à une teneur plus élevée en Al_2O_{3No} .

– La tendance B correspond, à teneur en albite forte très légèrement croissante, à une augmentation des minéraux alumineux au détriment du feldspath potassique. L'augmentation de Al_2O_{3No} est importante.

A noter que pour chaque sous-unité, les faciès disposés à la base sont des endogranites communs et l'évolution se fait vers le haut par divergence (selon les tendances A puis B) à partir de ce puits endogranitique dont le caractère particulier se trouve ainsi souligné. Il se dessine parfois des esquisses de litage. L'évolution des séquences des sous-unités à tendance B est conforme à celle, générale, du granite de Beauvoir (fig. 1).

Dans le diagramme Q–Ab–Or, qui ne tient pas compte des micas, la tendance B dérive vers le pôle d'albite (fig. 11); ceci est un artefact relatif, car si l'on tient compte de la cible Al_2O_{3No} , on note certes l'enrichissement en albite que montre la croissance du rapport Na_2O/K_2O , mais surtout l'importance de la compétition entre feldspath alcalin et minéraux alumineux pour une variation relativement faible de l'albite. La tendance A va vers le côté quartz-orthose, en fait par enrichissement en lépidolite. Pour des rapports Al_2O_3/K_2O faibles, l'albite est en compétition avec le lépidolite. Le raisonnement sur le seul diagramme Q–Ab–Or (Manning, 1981; Martin, 1983) impose une trop forte augmentation en albite dans les magmas résiduels. Sur la cible, l'augmentation d'albite reste limitée et se réalise de sous-unité à sous-unité (fig. 5 et 6).

L'unité II, bien identifiée par la croissance continue de bas en haut du rapport Na_2O/K_2O (sauf pour la sous-unité IIe; fig. 1), correspondrait à une seconde intrusion d'un magma qui se différencierait sur place en sous-unités; ces dernières sont chacune représentées par un endogranite commun à sa base et un endogranite de plus en plus évolué vers son sommet constitué d'un faciès avec litage décimétrique. Elle représente, sur 280 m, une intrusion faisant transition entre l'Unité I en endogranite commun et le complexe terminal en endogranite différencié que nous allons examiner (Unités III à VI). Dans l'hypothèse vraisemblable d'un comagmatisme, cette évolution d'ensemble de l'unité I

(endogranites communs) vers les Unités III à VI (endogranites évolués) en passant par l'Unité II à caractère intermédiaire, est un argument pour la chronologie proposée.

Unité III (de –510 m au sommet de la zone litée sous-incombante à –345 m; échantillons n° 36 à 26)

Le rapport Na_2O/K_2O augmente régulièrement de 1,0 à 1,5. Il reprendra à 1,3 à la base de l'unité IV. Le rapport $Al_2O_{3No}/Al_2O_{3Total}$ voit une rupture vers 402 m (zone de schlieren quartzo-micacés; n° 29); à partir de là, il diminue (n° 28 à 26). Dans le diagramme Al_2O_3 versus Al_2O_{3No} (fig. 9), le domaine occupé par les points a une pente de l'ordre de 0,4; cette tendance est conforme à celle de l'unité II qui était cependant plus forte. Sur la cible géochimique (fig. 7), l'ensemble de l'Unité est située dans l'aire des endogranites évolués, au-delà des faciès les plus différenciés de l'Unité II. Après une augmentation des minéraux alumineux, on note un enrichissement en albite (notamment dans la partie supérieure) consécutive à une diminution du rapport $Al_2O_{3No}/Al_2O_{3Total}$.

Unité IV (–345 à –250 m environ; n° 24 à 17)

Le rapport Na_2O/K_2O augmente de 1,3 à 1,5; le rapport $Al_2O_{3No}/Al_2O_{3Total}$ augmente avant une baisse soudaine vers le sommet (n° 19–17). De bas en haut, à taux de Al_2O_{3No} constant (fig. 9), la tendance est à une diminution de Al_2O_{3Total} . Sur la cible, dans un domaine restreint (fig. 7), c'est une compétition entre albite et lépidolite révélant une tendance à un litage répétitif décelé à tout niveau d'organisation décimétrique.

A noter que l'Unité V débute à sa base par un faciès très proche des endogranites communs (n° 16, fig. 7). Ceci, en plus des faits de Pétrologie Structurale (Jacquot, ce volume), serait un argument pour l'indépendance de cette unité IV vis-à-vis de l'Unité V.

Unités V et VI

Unité V (–250 à –195 m; n° 16 à 9)

Unité VI (–195 à –100 m; haut de la pile granitique; n° 8 à 1)

Dans ces deux unités, les tendances sont nettement opposées; Na_2O/K_2O diminue en V (1,5 à 1) puis augmente en VI (1,2 à 1,4) tandis que le rapport $Al_2O_{3No}/Al_2O_{3Total}$ augmente (en V) de 30% jusqu'à 40%, puis reste constant (en VI) jusqu'à 110 m avant une chute dans les 10 m sommitaux. Cela correspond à une compétition entre minéraux alumineux et albite plus abondante relativement en base de séquence V et en haut de séquence VI. Dans le diagramme Q–Ab–Or (fig. 12), ces unités les plus différenciées s'écartent, pour certains points représentatifs, des minimas ternaires ($P_{H_2O} = P_{total}$). Le rôle des minéraux alumineux n'y est pas pris en compte et pourtant, les taux de Al_2O_{3No} sont de l'ordre de 7%. De plus, les teneurs en éléments volatiles, susceptibles de modifier la rigueur du schéma, sont importantes (sans compter l'influence de Al_2O_{3No}).

3. — Commentaires et suggestion aux expérimentalistes

a. Le rôle de Al_2O_{3No} et les minima ternaires classiques du système Q—Ab—Or

Le paramètre Al_2O_{3No} , surplus d' Al_2O_3 après la part prise par les seuls feldspaths alcalins normatifs sur A_2O_{3Total} , se révèle être un traceur important des évolutions dans le granite de Beauvoir. A l'échelle de la pile granitique, il représente l'aluminium supérieur à une valeur de l'ordre de $Al_2O_{3Total} = 15,5$ (fig. 9) et ne cesse d'augmenter de 4,5 à 7,5; mais, dans le détail, il suit les évolutions des proportions albite-lépidolite et minéraux alumineux (topaze, ambygonite, ...).

Si le rapport Na_2O/K_2O (fig. 1) permet de considérer six unités empilées dans le gisement, le rapport $Al_2O_{3No}/Al_2O_{3Total}$ (fig. 1 et 9) conduit à considérer des sous-unités bien typées (lorsque la densité de l'échantillonnage le permet).

Dans l'hypothèse monogénétique qui nous paraît la plus probable, le magma de base du granite de Beauvoir doit être pris dans l'Unité I et à la base de chaque sous-unité II. Il répond à la définition des endogranites communs porteurs de la minéralisation W-Sn et tombe dans le puits endogranitique défini par Cl. Gagny (1984) (fig. 3 à 7) sur la cible géochimique $Al_2O_{3No} - Na_2O - K_2O$. Ce magma, placé dans le diagramme schématique Q—Ab—Or, s'inscrit dans la zone des minima ternaires (fig. 10) sans possibilité de donner plus de précision en raison des influences conjuguées des teneurs en F (1,2 à 1,7 %) et en Li (0,2 à 0,6 %) sur la position des points de référence. Mais la cible géochimique lui accorde un excès d' Al_2O_3 (Al_2O_{3No}) de l'ordre de 4 à 5 % qui semble jouer sur la dérive du minima par rapport à la courbe des P_{H_2O} . Plutôt que

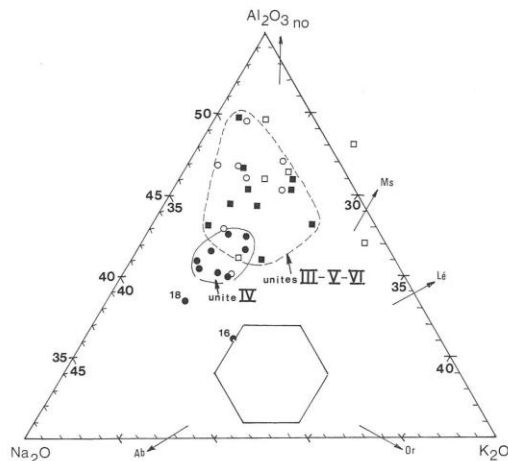


Fig. 7. — Unités III à VI dans la cible géochimique « $Al_2O_{3No}-Na_2O-K_2O$ » (partielle, voir fig. 4).

Units III to VI in the « $Al_2O_{3No}-Na_2O-K_2O$ » geochemical triangle (partial, see figure 4)

Pour les explications, fig. 4 et texte.
For explanations, see figure 4 and text.

de se référer à un schéma basé sur la seule trilogie Q—Ab—Or, il est suggéré aux expérimentalistes de reprendre des essais avec un excès de Al_2O_3 pour caractériser des minima plus réalistes pour les magmas peralumineux, comme les résultats de Schairer et Bowen (1955 et 1956) le laissent prévoir (sur les systèmes $K_2O - Al_2O_3 - SiO_2$ et $Na_2O - Al_2O_3 - SiO_2$). D'ailleurs, une étude de Voigt et Burnam (1983) laisse présager que la suggestion est intéressante (in Adam, 1987).

Dans chaque unité ou sous-unité, l'évolution, de bas en haut, s'effectue avec une augmentation de Al_2O_{3No} vers des endogranites évolués qui, curieusement restent proches des minima magmatiques considérés (les teneurs observées en $Al_2O_{3No} - F - Li$... ne permettent pas d'aller plus avant (... en l'absence de données expérimentales !). Certes, il y a des phénomènes hydrothermaux, notamment des greisenisations locales qui, à l'évidence, s'inscrivent sur la cible géochimique; ils intéressent surtout des sills en superstructure de l'Unité I et la sous-Unité IIe (fig. 8 et 6).

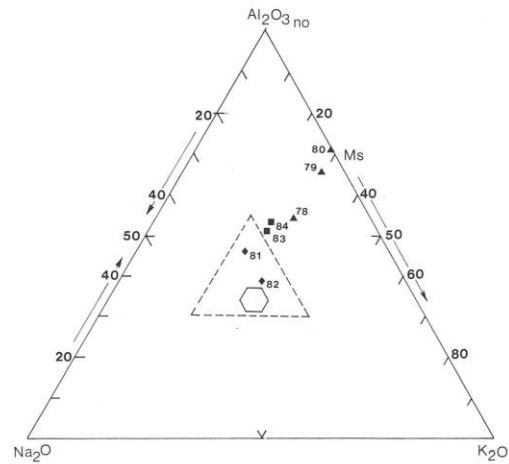


Fig. 8. — Phénomènes de greisenisation dans des sills disposés en suprastructure de l'unité I et placés dans la cible « $Al_2O_{3No}-Na_2O-K_2O$ ».

Greisenization phenomena in the sills in the superstructure of Unit 1 placed in the triangle « $Al_2O_{3No}-Na_2O-K_2O$ ».

- Échantillons n° 82-81 (de 833 à 823 m) : sill d'endogranite évolué.
- Échantillons n° 80 à 78 (de 820,25 à 817,50), corps hydrothermalisé situé sous un panneau de micaschiste quasi continu de 817 à 790 m.
- Le n° 80 est un greisen. Le phénomène de greisenisation est polarisé vers le bas, comme si le premier caisson (Unité I) servait de soupape.
- Les échantillons n° 83 et 84 sont une aplitte dite sécante sur le granite de Beauvoir.

Pour se conformer au modèle « Exogranite — Endogranite » (Baumann, 1970; Charoy, 1975; Nesen, 1981)? le terme exogranitique du système d'Échassières serait le granite des Colettes.

b. Le granite de Beauvoir et la minéralisation Sn-W

Pourquoi le granite de Beauvoir n'est-il pas porteur d'une minéralisation exprimée en W? Comme tous les endogranites (Gagny, 1984), il répond à un « appel au vide »: l'ouverture du caisson qui crée une zone ouverte en dépres-

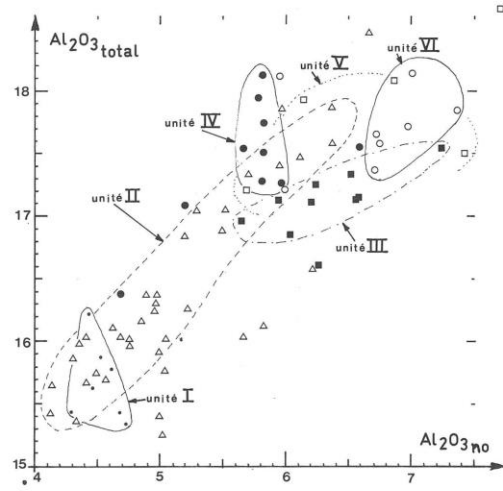


Fig. 9. — Disposition des différentes unités dans un diagramme $Al_2O_3_{Total}$ versus $Al_2O_3_{no}$.
Distribution of the various units on an $Al_2O_3_{Total}$ versus $Al_2O_3_{no}$ diagram

- En général, au-delà de $Al_2O_3_{Total}$ égal à 15,5 %, l'alumine s'exprime sous forme de $Al_2O_3_{no}$ (pente égale à 1). Les conditions de cristallisation dans les différentes unités perturbent cette corrélation générale (notamment la compétition entre albite et lépidolite et l'intervention des minéraux alumineux (topaze, amblygonite, ...). Le détail de cette figure avec les numéros d'analyse est particulièrement parlant avec l'aide des autres diagrammes.
- L'enveloppe proposée pour les différentes unités reste schématique (visualisation plus aisée); des faciès particuliers s'en écartent.

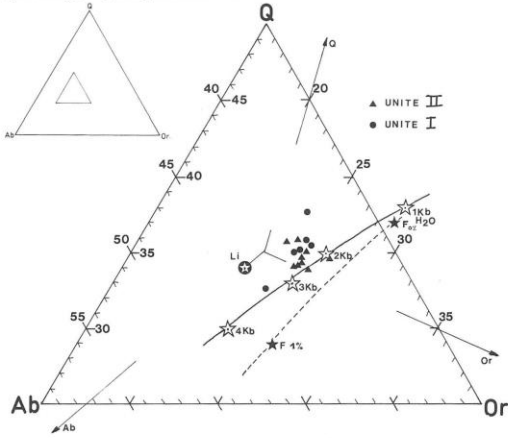


Fig. 10. — Endogranite communs des unités I et II dans un diagramme « Q-Ab-Or » (C.I.P.W.; diagramme partiel).
(Se référer au texte et aux fig. 4 à 6)
Common endogranite granite of units I and II on a « Q-Ab-Or » diagram (partial C.I.P.W. diagram)
(Refer to the text and to figures 4 to 6).

L'image d'un minima paraît s'imposer et être en relation avec l'Al O qui n'est corrélé ni avec le fluor ni avec le lithium (cf. Schairer et Bowen, 1955 et 1956). Plus les points s'écartent de la courbe continue, plus la teneur en Al O est élevée (de 4,1 à 4,7, mais avec quelques exceptions peu nombreuses). (Aucune corrélation ne semble répondre à un effet conjugué de Li et F).

- Les tendances Q, Ab ou Or sont centrées vers le milieu du diagramme.
- **Etoiles vides** : minima ternaires en fonction de P_{H_2O} ... en Kb (d'après Luth, 1976).
- **Etoiles pleines** : minima ternaires en fonction de la teneur en fluor, à 1 Kb de pression (d'après Manning, 1981).
- **Cercle noir étoilé au centre** : minima ternaire pour une teneur de l'ordre de 1 % en lithium à 1 kb (d'après Martin, 1983).

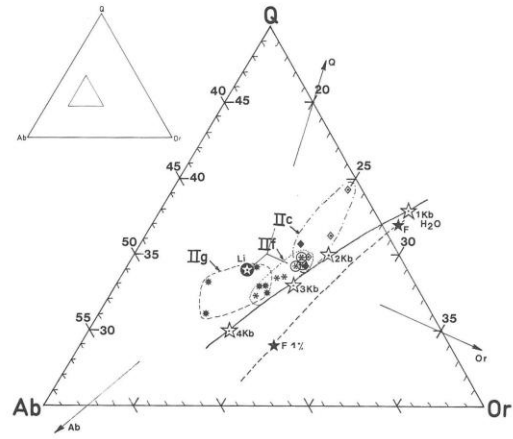


Fig. 11. — Dans le diagramme « Q-Ab-Or » (partiel), illustration de la modification d'évolution au sein de l'unité II (voir texte).
In the « Q-Ab-Or » diagram (partial), illustration of modification of evolution within Unit II (see text).

- **Tendance A** : sous-unité IIc (690 à 672 m)
 - losange plein : endogranite commun de base
 - losange creux : endogranite évolué du sommet
La dérive s'effectue vers le côté « Q-Or », par enrichissement en micas (fig. 5)
 - **Tendance B** : sous-unités IIh et IIg (607 - 546 - 506 m)
 - sous-unité IIh
 - étoile persillée cerclée : endogranite commun
 - étoile persillée simple : endogranite évolué
 - sous-unité IIg
 - étoile pleine : endogranite évolué.
- L'enrichissement en albite déduit de ce diagramme est réel mais trop prononcé (cf. fig. 6).
- Pour les autres symboles, se reporter à la fig. n° 10.

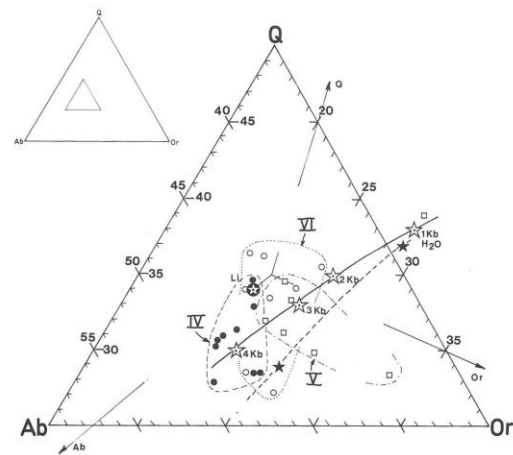


Fig. 12. — Dans le diagramme « Q-Ab-Or » (partiel), position des Unités IV, V et VI
Position of Units IV, V and VI in the « Q-Ab-Or » diagram (partial)

- Pour les autres symboles, se reporter à la fig. 10.
For the other symbols, refer to figure 10.

sion. Mais, dans ce cas, le caisson reste clos grâce à un toit de micaschistes qui ne se fracture ni sous action d'une tectonique régionale, ni sous effet d'un diastrophisme magmatique (cone-sheet,...); le drainage de la minéralisation par un réseau filonien en ouverture ne peut pas s'effectuer (Gagny, 1984). La seule chance d'échappement existe contre le granite des Colettes qui provoque par sa montée contemporaine l'ouverture du caisson; c'est la zone hydrothermalisée et kaolinisée. La minéralisation W-Sn reste disséminée. Des expériences sur la décompression d'un magma leucogranitique seraient intéressantes à considérer.

4. — Conclusion

En conclusion, la pile granitique du sondage de Beauvoir donne l'aspect d'un corps éruptif à plusieurs niveaux d'organisation séquentielle :

— à l'échelle du granite de Beauvoir, de bas en haut, une dérive générale s'observe depuis un faciès d'endogranite commun vers des faciès plus évolués, avec notamment un enrichissement en Al_2O_3 et $Al_2O_3_{NO}$.

— Dans cet ensemble, des unités peuvent être caractérisées :

- à la base, l'unité I (50 mètres), la moins évoluée, correspondrait à la première injection avec des superstructures de sills greisenisés entre 850 et 790 m.

- Ensuite, l'unité II (280 mètres) serait une seconde injection par ouverture supplémentaire du caisson. Elle semble s'organiser sur place en sous-unités. Dans ce corps, une certaine symétrie pourrait être déduite grâce au particularisme de la sous-unité IIa, très altérée et silicifiée disposée en semelle de ce sill.

- Enfin d'autres saccades d'ouverture verraient la mise en place des Unités III à VI (sur 410 mètres).

Cette structuration basée sur des données géochimiques est aussi argumentée par des faits de pétrologie structurale : présence de litages décimétriques en sommet de sous-unités, observation de contacts magmatiques, perturbation des fluidalités planaires avec des effets de cisaillement par mise en place des unités supérieures.

Ce granite de Beauvoir présente ainsi une structure d'ensemble maintenant assez classique avec des rythmes à différentes échelles qui se surimposent tous à une évolution classique de bas en haut. De telles structures rythmées, surimposées les unes aux autres à différents niveaux d'organisation, se retrouvent dans beaucoup de granites, mais aussi bien dans l'océan ou l'atmosphère.

(l'auteur remercie Messieurs Autran A. et Cuney M. pour leur lecture critique et constructive du premier manuscrit)

Références bibliographiques

ADAM D. (1987). — Minéralisations stanno-wolframifères en liaison avec l'évolution d'un segment de la chaîne hercynienne au Nord-Est du Portugal. Contribution à la métallogénie de l'étain-tungstène. Thèse d'Université de Nancy I, 319 p.

AUTRAN A., BURNOL L. (1985). — Présentation synthétique des résultats du log lithologique du forage. Programme GPF, Thème 8 : Evolution d'un apex granitique, GPF 3, Document B.R.G.M. n° 100, pp. 21-38.

BAUMANN L. (1970). — Tin deposits of the Erzgebirge. *Trans. Instr. Min. Metall. (Sect. B, Appl. Earth. Sci.)*, **79**, B, pp. 68-75.

BLANCHARD Ph., GAGNY Cl., N'SIFA E. (1978). — Etude pétrographique et géochimique d'un litage magmatique (layering) dans le Granite des Crêtes (Vosges méridionales) : différenciation par gravité dans le litage et dans l'ensemble du Massif. 103ème Congrès National des Sociétés Savantes, Nancy, 1978, Sciences, n° 4, pp. 21-32.

BURNOL L. (1985). — La géochimie des différents faciès : présentation des premières données analytiques obtenues sur le forage Échassières n° 1. Programme GPF, Thème 8 : Evolution d'un apex granitique, GPF 3, Document B.R.G.M., n° 100, pp. 132-136.

CHAROY B. (1975). — Les phénomènes de greisenisation dans le district minéralisé de Penfenteun (Massif de St Renan, Massif Armoricaïn). Aspects pétrologiques, géochimiques et caractérisation génétique. *Bull. B.R.G.M. Fr.*, (2), Section II, 5, pp. 363-383.

CUNEY M., AUTRAN A., BURNOL L., BROUAND M., DUDOIGNON Ph., FEYBESSE J.-L., GAGNY Cl., JACQUOT Th., KOSAKEVITCH A., MARTIN P., MEUNIER A., MONIER G., TEGYEV M. (1986). — Résultats préliminaires apportés par le sondage G.P.F. sur la coupe de granite albitique à topaze, lépidolite de Beauvoir. *C.R. Acad. Sci., Fr.*, **303**, II, 7, pp. 569-574.

DOCUMENT B.R.G.M. n° 100 (1985). — Géologie Profonde de la France, GPF.3, thème 8 : évolution d'un apex granitique, 328 p.

GAGNY C., JACQUOT T. (1985). — Présentation de quelques problèmes mis en évidence par la pétrologie structurale (forage ECH 1) sur le granite de Beauvoir. Document BRGM n° 100, pp. 139-163.

GAGNY Cl. (1983). — Processus de distribution magmatique W-Sn-Mo au cours de la mise en place des complexes granitiques. Le modèle endogranite à stockscheider - exogranites et la formation des filons minéralisés. Rapport A.T.P. Géochimie-Métallogénie, CNRS, Paris.

GAGNY Cl. (1984). — Cible géochimique pour guider la prospection Sn-W dans les ensembles granitiques. 10ème R.A.S.T., Bordeaux, p. 239.

GUILIANI G. (1982). — Contribution à la géologie du massif granitique des Zaër (Maroc Central). Etude des minéralisations à W-Sn-Mo associés. Thèse 3ème cycle, I.N.P.L. Nancy, 345 p.

GOUANVIC Y., GAGNY Cl. (1985). — Réflexion sur l'utilisation des expérimentations pour la compréhension de la genèse des aplo-pegmatites litées (cas de Santa Comba). Réponse à la discussion de M. Pichavant (1984). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (8), 1, n° 2, pp. 273-276.

LUTH W. (1976). — Granitic rocks. In the evolution of the Crystalline Rocks (ed. D.K. Bailey and R. Mc Donald. Academic Press, pp. 335-417.

MANNING D.A.C. (1981). — The effect of fluorine on liquidus phase relationships in the system Q-Ab-Or with excess water at 1 Kbar. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **76**, pp. 206-215.

MARTIN J.S. (1983). — An experimental study of the effect of lithium on the granite system. *Proc. Ussher Soc.*, **5**, pp. 417-420.

MONIER G., TEGYEV M. (1985). — La pétrographie des différents faciès : étude pétrographique préliminaire. Programme GPF, Thème 8 : Evolution d'un apex granitique, GPF 3, Document B.R.G.M. n° 100, pp. 41-93.

NESEN G. (1981). — Le modèle exogranite-endogranite à stockscheider et la métallogénèse Sn-W. Etude des gisements de Fontao et Santa Comba (Galice, Espagne). Thèse 3ème cycle, Univ. de Nancy I, 327 p. + annexes.

PICHAVANT M., HERRERA J.-V., BOULMIER S., BRIQUEU L., JORON J.-L., JUTEAU M., MARIN L., MICHARD A., SHEPPARD S.-M.-F., TREUIL M., VERNET M. (1987). — The Macusani glasses, SE Peru : evidence of chemical fractionation in peraluminous magmas. The Geochemical Society, Special Publication n° 1, pp. 359-373.

RAPPORT B.R.G.M. - Service Géologique Régionale LORRAINE, (1980). — Recherche de sites exploitables au sein du Massif des Crêtes et du Massif de Senones. Rapport n° 80 SGN 243 LOR, 105 p. et 8 annexes.

SCHAIRES J.-F., BOWEN N.-L. (1955). — The system $K_2O-Al_2O_3-SiO_2$. *Amer. J. Sci.*, **253**, pp. 681-746.

SCHAIRES J.F., BOWEN N.L. (1956). — The system $Na_2O-Al_2O_3-SiO_2$. *Amer. J. Sci.*, **254**, pp. 129-195.

TANNEUR P. (1985). — Contribution à l'étude de litages magmatiques dans le Granite des Crêtes (Vosges). Géochimie et pétrofabrique (secteur du Col de Grosse Pierre et du Chival). D.E.A. Pétrologie-Minéralogie, Univ. Nancy I, 53 p.

VOIGT D.-E., BURNAM W. (1983). — The solubility of $Al_2Si_2O_5$ in the system $KAlSi_3O_8-SiO_2-H_2O$ at 2 Kbar and its implication for melt specialization. *EOS Transactions*, **64**, n° 18, p. 2342.

Annexe : cible géochimique pour guider la prospection Sn.W dans les ensembles granitiques

L'approche géochimique paraît indispensable pour caractériser efficacement les différenciations dans les ensembles granitiques susceptibles de conduire à des minéralisations en Sn-W notamment. La mise en œuvre de cette méthode d'approche réclame analyses sophistiquées (éléments majeurs, mineurs, ...) et exploitation sur diagrammes plus ou moins complexes. Une telle mise en œuvre n'est envisageable ni en prospection, ni en « conduite » d'exploitation minière.

Nous proposons une cible géochimique qui nécessite seulement les dosages en routine sur roches totales de $Al_2O_3-K_2O-Na_2O$. Elle est performante pour tous les leucogranites et spécialement dans le cas des complexes exogranites - endogranite à Stockscheider.

Les autres éléments ne sont pas pris en compte :

- Fe_2O_3 et/ou FeO en raison de la présence fréquente de sulfures,

- MgO et TiO_2 en pourcentages faibles et difficiles à doser avec précision pour MgO,

- CaO en raison de la présence d'apatite souvent abondante et des phénomènes d'altération,

- SiO_2 toujours en excès et représenté par du quartz (Q.S.P. !).

On calcule « Al_2O_{3no} », proche du corindon normatif C.I.P.W. :

$$\text{« } Al_2O_{3no} \text{ »} = Al_2O_{3RT} - \left[\frac{1,043 \times Na_2O_{RT}}{Al_2O_{3Ab}} + \frac{1,083 \times K_2O_{RT}}{Al_2O_{3Or}} \right]$$

L'exploitation d'une telle cible sur de nombreux cas s'est révélée d'une très grande fiabilité. Notamment, les endogranites porteurs de W-Sn sont toujours localisés dans un « puits endogranitique ».

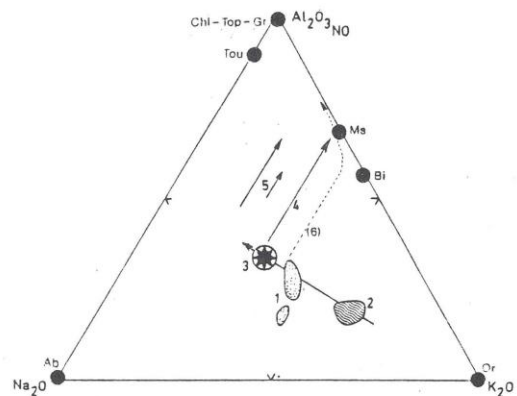


Schéma de la cible géochimique pour Fontao - mine à Tungstène (Galice - Espagne)

Roches Totales : 1. Exogranites - 2. Stockscheider 3. Endogranite « commun » (« Puits endogranitique ») - 4. Greisenisation 5. Endogranite « évolué » (poches à minéralisation disséminée) (6). pour mémoire sur autres massifs - kaolinisation

Minéraux :

Ab : albite
Or : orthose Bi : biotite
Ms : muscovite
Tou : tourmaline
Chl : chlorite
Top : topaze
Gr : grenat