

# Données nouvelles sur les granites paléozoïques du massif des Ecrins-Pelvoux

(Alpes du Haut-Dauphiné, France) <sup>(1)</sup>

par Arnaud PECHER

**RÉSUMÉ.** — Dans la partie orientale du massif des Ecrins - Pelvoux, les granites ont été subdivisés en deux types fondamentalement différents :

- des granites d'anatexie, termes ultimes de la reprise dans une migmatisation antéhercynienne d'éléments très anciens (Antécambrien probable) ;
- divers granites circonscrits, que des caractères supracrustaux accusés opposent nettement aux précédents ; ils résultent d'une évolution magmatique continue durant tout l'Hercynien, évolution tout à fait analogue à celle observée en d'autres points du massif.

**ABSTRACT.** — In the Eastern part of the Ecrins - Pelvoux massif, the granites have been subdivided into two fundamentally different types :

- anatexis granites, last expression of the remobilization of very old elements (probably Antecambrian) in an Antehercynian migmatization ;
- various intrusive granites, clearly distinguished from the first ones by marked supracrustal characters ; they are the result of a continuous magmatic evolution during the whole Hercynian time, évolution very similar to the one previously observed in other places of the area.

## I. — Introduction.

Le massif des Ecrins - Pelvoux (ou massif du haut Dauphiné) forme une vaste entité géographique grossièrement circulaire, d'environ 1 500 km<sup>2</sup>, limitée au Nord par les vallées de la Romanche et de la Guisane, au Sud-Est par celle de la Durance, au Sud-Ouest et à l'Ouest par les dépressions du col Bayard et du col d'Ornon.

Ce massif, formé en majeure partie de granites et de terrains cristallophylliens, appartient à l'ensemble des Massifs Cristallins externes des Alpes, qui s'échelonnent de l'Aar à l'Argentera, en passant par le Mont Blanc, les Aiguilles Rouges, Belle-donne, le Taillefer, les Grandes-Rousses et enfin le Pelvoux.

Dans ces massifs, longtemps réputés hercyniens — le premier terrain non métamorphique qui les recouvre est le Houiller, daté ici Westphalien A et Stéphanien — on entrevoit en réalité aujourd'hui une histoire longue et complexe ayant probablement débuté dès l'Antécambrien. Dans le

---

<sup>1</sup> Cet article reprend une partie des éléments d'une note présentée en collaboration avec A. BARBIERI au congrès de l'A.F. A.S. (Brest, juillet 1970).

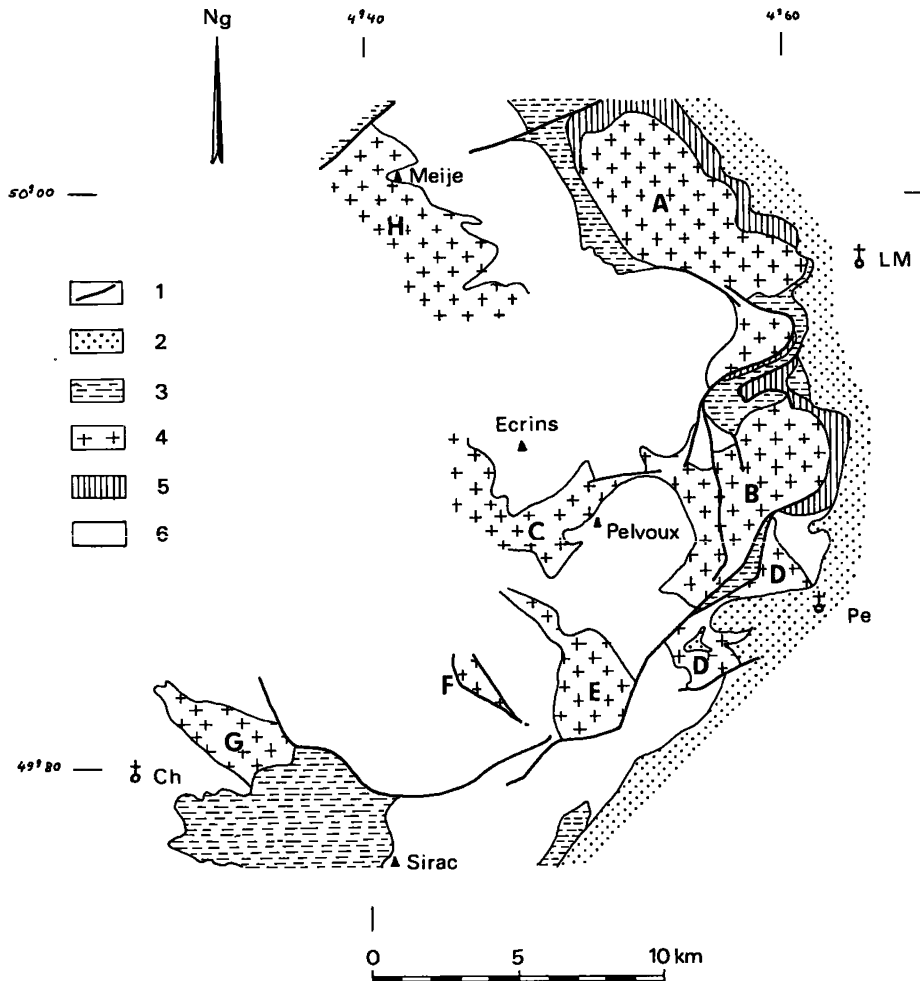


Fig. 1. — Carte schématique de la partie orientale du Massif des Ecrins-Pelvoux.

*Formations géologiques* : 1, Accident alpin ; 2, Nummulitique ; 3, Mésozoïque ; 4, Granites circonscrits (Granites septentrionaux : A = Combeynot ; B = Pelvoux-Pic de Clouzis ; C = Sialouze. Granites méridionaux : D = Claphouse ; E = Riéou-Blanc ; F = Bans. Ont été en outre figurés le granite du Bourg = G et la partie orientale des granites des Etançons = H) ; 5, Ensemble volcano-sédimentaire à faciès Culm ; 6, Complexe migmatitique antéhercynien.

*Toponymie* : LM, Le Monétier-les Bains ; Pe, Pelvoux ; Ch, La Chapelle en-Valgaudemar.

déchiffrage de cette histoire, les granitisations (liées aux migmatisations) et les granites intrusifs jouent un rôle important ; ce sont en effet de bons repaires chronologiques — il est relativement aisé de leur appliquer des méthodes de datation absolue — et structuraux.

En particulier, dans le massif des Ecrins-Pelvoux, P. BELLAIR (1948) a pu parler d'éléments « anciens » qu'il opposait à des éléments « ré-

cents » en se basant sur les rapports réciproques de deux types de granites (granites du Pic Sans Nom).

En reprenant en détail l'étude de la partie est de ce massif, nous avons pu préciser cette dualité de granites, qui se schématise ainsi :

— d'une part les granites anciens qui sont des granites d'anatexie, et qui représentent ici le terme ultime de la migmatisation générale d'une partie de l'ensemble cristallophyllien ;

— d'autre part, intrusifs dans tous les terrains antérieurs, des granites circonscrits, que certains critères pétrogénétiques permettent de différencier très nettement des précédents.

Dans un premier temps, nous définirons les caractères principaux de ces différents granites. Puis nous verrons comment il est possible de replacer les granites du second type dans un contexte plus général, à l'échelle de tout le massif.

## II. — Les granites orientaux.

### A) *Le granite d'anatexie.*

Ce granite appartient à un vaste complexe cristallophyllien, que des variations du type de métamorphisme ont permis de subdiviser en un certain nombre d'ensembles ; nous rappellerons ici succinctement leurs traits principaux, afin de les mieux situer par rapport au granite.

On a pu séparer des éléments à métamorphisme polyphasé net, et des éléments à une seule phase métamorphique majeure visible ; dans le premier cas il s'agit des ensembles de Peyre-Arguet et de Claphouse, dans le second cas du Complexe intermédiaire et du Complexe volcanosédimentaire.

*Les ensembles de Peyre-Arguet et de Claphouse* sont formés de terrains à lithologie variée, métamorphisés une première fois pour donner naissance soit à des migmatites (ensemble de Claphouse), soit à des roches très proches de granulites (ensemble de Peyre-Arguet). En réalité les conditions thermodynamiques ont dû être très voisines dans l'un et l'autre cas ( $P_s = 6,5$  à  $8,5$  kb. ;  $T^\circ C = 550$  à  $650^\circ$ ), excepté la pression d'eau qui a pu varier pour des raisons locales, expliquant ici la présence de migmatites ( $P_{H_2O} = P_s$ ), là la présence de granulites ( $P_{H_2O} = 2$  à  $4$  kb., soit nettement inférieur à  $P_s$ ) (A. PECHER, 1970).

Ces terrains ont été repris dans une seconde étape métamorphique, qui s'est traduite soit par une nouvelle migmatisation (ensemble de Claphouse), soit par de recristallisations limitées de minéraux, là où l'état de déshydratation préexistant interdisait une mobilisation importante (ensemble de Peyre-Arguet).

*Le Complexe intermédiaire* est formé de migmatites souvent très évoluées, à termes acides ou

basiques (amphibolites). En fait, il s'agit de faciès très voisins de ceux de l'ensemble de Claphouse, auquel ils passent en continuité, s'en distinguant surtout par l'absence de formes reliques d'une étape métamorphique antérieure. Aussi l'interprétation d'un tel ensemble est-elle difficile : s'agit-il de terrains analogues aux précédents où la seconde étape métamorphique, très développée, a masqué complètement les témoins de leur histoire antérieure, ou s'agit-il de terrains propres au second cycle métamorphique<sup>2</sup> ?

Ce complexe se définit par la paragenèse suivante : biotite - orthose - cordiérite, qui marque un métamorphisme dans le faciès amphibolite supérieur de type Abukuma (H.G.F. WINKLER, 1967), assez nettement opposé au précédent, de type Barrow, défini dans les ensembles de Peyre-Arguet et de Claphouse.

Dans son étape ultime, la migmatisation engendre le granite d'anatexie (granite du premier type) qui peut occuper des surfaces importantes (rive gauche du glacier Noir, régions sommitales du Pelvoux et du Pic Sans Nom, région du col d'Arsine...). Nous décrirons plus loin ses caractères.

*Le Complexe volcanosédimentaire* (J.-C. LA-COMBE, 1970) occupe dans le massif une position périphérique (massif satellite du Combeynot, région de l'Eychauda). C'est un ensemble de roches à dominante volcanique acide et sédimentaire (rhyolites en coulées ou en tufs, grauwackes, arkoses, grès psammitiques ou pélitiques, quelques conglomérats), où les textures initiales ont été bien préservées en raison de la faiblesse des recristallisations qui les affectent : métamorphisme du faciès schiste vert inférieur, caractérisé par la paragenèse quartz - albite - biotite - muscovite - chlorite.

Toutefois, en raison du caractère particulier de la lithologie initiale, il existe des convergences de faciès entre ce complexe et les parties les moins migmatitiques des ensembles précédents, cependant beaucoup plus métamorphiques. Aussi n'avait-il pas jusqu'à présent été différencié de la masse des « schistes cristallins ».

---

<sup>2</sup> Certains éléments (actuellement en cours d'étude) font penser que dans la partie est du massif des Ecrins - Pelvoux, seule étudiée ici, les terrains spécifiques du « Complexe intermédiaire » sont limités, se réduisant sans doute à certains termes amphibolitiques.

CARACTÈRES DU GRANITE D'ANATEXIE (C. GILLOT  
BARBIERI, 1970).

*Description.*

Ce granite se présente donc sur le terrain comme le terme ultime de la migmatisation du Complexe intermédiaire ; il montre un faciès clair, monotone, homogène à l'échelle de l'affleurement. Sa texture est le plus souvent équante, bien que dans certaines zones puissent encore s'observer des traces de litage.

Le grain est variable (de l'ordre de quelques mm), souligné par l'altération qui dégage les petites plages rectangulaires de plagioclases et de feldspaths potassiques.

Le passage aux migmatites et aux gneiss du Complexe intermédiaire se fait de manière très progressive.

Au microscope, la structure est isogranulaire, granoblastique ou engrenée, à feldspaths automorphes, parfois en structure cloisonnée. Les minéraux sont les suivants :

*Quartz* (environ 25 % du volume), qui peut être subautomorphe. Il peut former avec le feldspath potassique des amas de micropegmatite graphique.

*Plagioclase* (40 à 50 %) automorphe, zoné (teneur en anorthite plus forte au cœur qu'à la périphérie, en moyenne An 20 à An 30), montrant des macles complexes (Albite-Péricline, Albite-Carlsbad, Albite-Péricline-Carlsbad), en général très altéré. A son cœur peuvent apparaître des taches irrégulières de feldspath potassique, dues à un début de remplacement par ce dernier.

*Feldspath potassique* (15 à 25 %). Il s'agit d'orthose (indice de triclinicité :  $P = 40$  à  $50$ ), perthitique et poéclitique, automorphe dans les faciès les plus mobilisés. Son abondance croît légèrement lorsqu'on passe des faciès les moins mobilisés aux faciès les plus anatexitiques.

*Ferromagnésiens et minéraux accessoires* (5 à 15 %). Il s'agit surtout de biotite, parfois conservée, le plus souvent associée à une phyllite incolore. Dans certains cas (région d'Arsine), il peut exister aussi de la cordiérite pinnitisée, répartie en taches dans le granite.

Il existe en outre comme minéraux accessoires de l'apatite, des zircons, un peu d'épidote et de l'allanite rare.

Ainsi cette roche, dont les assemblages minéraux évoquent la suite des cristallisations magmatiques classiques, où les plagioclases montrent des macles complexes assez typiques des roches ignées, présente les caractères d'une roche magmatique de profondeur (plutonite) ; elle se différencie toutefois d'un banal granite intrusif par l'existence de restes d'orientations, par l'apparition occasionnelle d'une texture cloisonnée, par l'existence d'un passage progressif et flou aux gneiss (qui jouent le rôle de paléosome) ; il s'agit donc bien d'un granite d'anatexie.

*Du point de vue génétique.*

On peut comparer la composition chimique de tels granites à celles de spaléosomes, par exemple dans un diagramme Quartz - Somme des feldspaths - Somme des ferromagnésiens : on s'aperçoit que tous les points sont concentrés dans le même domaine du diagramme (excepté une légère différenciation vers le pôle feldspathique). Il semble donc que la mobilisation ait affecté tout le matériel sans changement dans la composition globale de la roche. Il s'agirait d'une diatexite (K. R. MEHNERT, 1968).

Pour estimer les conditions thermodynamiques de sa formation, on peut placer les points représentatifs des minéraux virtuels obtenus à partir des analyses chimiques dans le diagramme Quartz - Albite - Orthose (H. VON PLATEN, 1965). Les conditions minimums de cristallisation obtenues sont les suivantes :

$$T^{\circ}\text{C} = 680^{\circ}, P_{\text{H}_2\text{O}} = 3 \text{ à } 4 \text{ kb.}$$

Ces conditions coïncident bien avec celles du métamorphisme général du Complexe intermédiaire (faciès amphibolite supérieur de type Abukuma) ; mais on voit que ce granite ne peut se rattacher ni au premier métamorphisme défini dans les ensembles de Peyre-Arguet et de Claphouse (température moins élevée, pression plus forte), ni surtout à celui qui a affecté le Complexe volcano-sédimentaire.

**B) Le granite circonscrit.**

1) GISEMENT.

Il affleure en différents massifs (Bans, Riéou-Blanc, Claphouse, au Sud ; Sialouze, Pelvoux - Pic

de Clouzis au centre ; Combeynot au Nord ; surface totale : environ 80 km<sup>2</sup>, fig. 1), mais forme une entité géologique indubitable. Il s'agit de granites intrusifs ; les contacts avec l'encaissant, lorsqu'ils ne sont pas faillés, sont parfaitement nets (passage du granite à la migmatite ou au gneiss en moins d'un mm).

C'est une roche claire, rose ou blanche en cassure fraîche, rousse une fois altérée, massive, équante ; dans un fond quartzofeldspathique abondant se distinguent de petites paillettes de chlorite verte. En tenant compte de la taille du grain, différents faciès ont été séparés :

Faciès	Taille du grain
(1) à gros grain	1 à 2 cm
(2) à grain moyen	0,5 à 1 cm
(3) à grain fin	moins de 0,5 cm
(4) microgranite	

Les faciès (1) et (2) forment la masse principale des différents massifs. Ils montrent une très grande homogénéité sur de vastes surfaces, le passage de l'un à l'autre se faisant par variation progressive de la taille du grain ; nous les appellerons « *faciès types* ». Par contre, les faciès (3) et (4), beaucoup plus réduits, n'apparaissent qu'en position périphérique : il s'agit de « *faciès de bordure* ».

Le contact faciès type - faciès de bordure est généralement net, celui-là recoupant celui-ci ; le faciès type peut d'ailleurs déborder le faciès de bordure et être directement en contact avec l'encaissant.

Localement (Riéou-Blanc) viennent se surimposer à l'un ou l'autre de ces faciès de gros cristaux de feldspath potassique (taille : 3 à 15 cm ; indice de triclinicité P = 88 : microcline maximum). Leur position tout à fait quelconque par rapport aux différents faciès est l'indice d'un phénomène tardif.

## 2) PÉTROGRAPHIE.

Ces granites, apparemment très monotones dans toute la partie orientale du massif (si ce n'est les différences signalées ci-dessus), se séparent en réalité, tant chimiquement que pétrographiquement, en deux groupes : granites de la partie nord (Combeynot, Sialouze, Pelvoux) et granites de la partie sud (Bans, Riéou-Blanc, Claphouse). Nous

conservons cependant ici la distinction pratique faite sur le terrain en faciès type et faciès de bordure.

### *Faciès type.*

L'examen microscopique a montré une structure grenue, à plagioclases automorphes. Les minéraux constituants sont les suivants :

	G. à gros grain	G. à grain moyen	G. à grain fin
Quartz .....	36 %	31 %	28 %
Feldspath potassique.	34 %	30 %	25 %
Plagioclase .....	27 %	34 %	40 %
Biotite chloritisée ..	3 %	5 %	7 %

Minéraux accessoires : apatite, sphène, rutile, zircon, épidote, oxydes.

Les pourcentages volumétriques ci-dessus sont ceux des granites de la partie sud. Dans ceux de la partie nord, il y a une légère augmentation de quartz et de feldspath potassique par rapport au plagioclase.

Les plagioclases sont automorphes et zonés ; le cœur basique (An 28 à An 30), fortement séricitisé, est entouré d'une zone externe limpide peu épaisse (An 15 à An 18) et parfois d'un mince liséré périphérique albitique (An 5).

Le feldspath potassique est soit en cristaux automorphes de grande dimension, maclés Carlsbad ou plus rarement Bavéno, soit en plages xénomorphes de taille variable. Il est toujours perthitique, montrant des types de perthites très variés, souvent interpénétrés (par exemple, « chess board perthites », ou perthites en building). Il est en outre souvent pseudopélimitisé (surtout dans les granites de la partie nord). On observe fréquemment une zonation nette dans le cristal, formé alors d'un cœur non maclé entouré d'une couronne à macle du microcline nette. En règle générale, cette macle apparaît beaucoup plus fréquemment dans les granites de la partie sud que dans ceux de la partie nord.

L'indice de triclinicité P de ce feldspath varie de 54 à 61 pour les granites du Nord, et de 73 à 85 pour ceux du Sud.

Ce faciès type se caractérise aussi par la chloritisation systématique des biotites. La chlorite néoformée est un mélange complexe de thuringite, pseudothuringite, pennine et clinochlore. Bien qu'il s'agisse de chlorites à assez haute teneur en Fe (1,75 à 9,65 % de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 11,35 à 23,60 % de

FeO) et en Ti (2,30 à 3,10 % de TiO<sub>2</sub>), il existe un excédent de ces éléments par rapport à la quantité contenue dans l'ancienne biotite. Il se ségrègue sous forme d'oxydes dans les clivages.

Enfin, dans certains minéraux presque totalement épigénisés en oxydes, chlorite, calcite, épidote, il est encore possible de reconnaître d'anciennes amphiboles.

#### *Faciès de bordure.*

Ce sont les granites à grain fin et les microgranites. Les premiers se différencient du faciès type par la taille du grain et par des pourcentages volumétriques différents (voir plus haut) ; en outre, le feldspath potassique est ici du microcline maximum (P = 88).

Par contre, le microgranite montre des tendances volcaniques nettes : il comporte une pâte fine (cristaux de 200 à 350 microns) à structure sub-microlithique et des phénocristaux (1 à 3 cm) de :

- Quartz ronds à golfes de corrosion ; structure micropegmatitique fréquente dans certaines plages xénomorphes.
- Plagioclase zoné.
- Feldspath potassique, pseudopélimitisé, perthitique et poéclitique ; zonation due à une couronne extérieure maclée microcline.
- Biotite chloritisée : s'il y a toujours chloritisation du mica comme dans le faciès type, elle est ici beaucoup moins poussée ; la biotite vraie se reconnaît fréquemment.

#### 3) ENCLAVES, FILONS ASSOCIÉS.

Le fait d'avoir souvent confondu granite d'anatexie (à nombreux restes de paléosome) et granite intrusif explique que le granite du Pelvoux ait été considéré comme riche en enclaves. En réalité, il ne possède que peu d'enclaves, de taille variable (quelques cm à quelques dm) ; certaines, à bords francs, de nature dacitique, peuvent être considérées comme homoeogènes ; d'autres, à bords flous, sont des enclaves de l'encaissant.

Quant au cortège filonien, il se caractérise surtout par sa faible extension. Il n'y a jamais de chevelu important, mais des filons isolés d'aplite (0,5 à 3 m d'épaisseur, quelques dizaines à quelques centaines de m de long), de pegmatite (0,5 à 1 m d'épaisseur, quelques dizaines de m de long ; quartz, muscovite, tourmaline) et de

quartz (2 à 3 cm d'épaisseur, quelques m de long ; parfois minéralisé : molybdénite, pyrite, chalcoppyrite, bornite).

#### 4) ASPECT GÉNÉTIQUE.

Des descriptions précédentes, nous retiendrons deux faits principaux :

a) Il existe souvent un cortex de faciès de bordure, parfois mis en place en plusieurs temps, et recoupé par le faciès type (on a pu ainsi observer la succession suivante, en allant de l'encaissant vers le cœur du granite : microgranite à tendance rhyolitique nette, granite à grain fin, faciès type). Il s'agit là d'un phénomène classique de granitisation indirecte, dans un encaissant « froid » comme l'indique la tendance rhyolitique des faciès de bordure.

Une première estimation de la température de cristallisation du granite a été faite à partir des données de N. L. BOWEN et O. F. TUTTLE (1958) et de H. VON PLATEN (1965) : elle serait d'environ 700°C pour une pression d'eau de 1 000 bars (valeur pour les granites les plus « chauds ») (A. BARBIERI, 1970).

Une seconde estimation a été faite à partir de la mesure du rapport K (T. F. W. BARTH, 1968).

$$K = \frac{\% \text{ Albite dans Feldspath potassique}}{\% \text{ Albite dans Plagioclase}}$$

Pour les granites de la partie sud, K varie de 0,15 à 0,25, soit une température de 440 à 530°C.

Pour ceux de la partie nord, il varie de 0,33 à 0,41, soit une température de 600 à 675°C.

On retiendra de ces premières données le caractère assez « chaud » de ces granites, surtout net dans ceux de la partie nord, et leur mise en place dans un encaissant « froid » (faciès de bordure rhyolitiques indiquant une cristallisation rapide des premières venues magmatiques).

Il s'agit donc de granites à caractères nettement supercrustaux.

b) La seconde caractéristique de ces granites est la discrétion de leur cortège filonien, qu'il est possible d'opposer à certains traits de leur minéralogie :

- génération tardive de microcline ;
- pseudopélimitisation du feldspath potassique ;
- chloritisation des biotites ; elle a été généra-

lement considérée comme d'âge alpin. Mais cette hypothèse, valable pour la génération de chlorite liée aux fractures, semble difficilement pouvoir rendre compte de la chloritisation complète des biotites du faciès type, et incomplète ou inexistante des faciès rhyolitiques de bordure. Il semble donc que nous ayons là plutôt un phénomène lié à la mise en place du granite ; le potassium libéré lors de la transformation biotite - chlorite serait à relier à la formation de microcline tardif et à la séricitisation du plagioclase.

Tous ces caractères semblent montrer un autométamorphisme tardif, à tendance hydrothermale, des granites circonscrits.

Il faut sans doute attribuer cette activité hydrothermale, intense dans le massif de granite et faible à l'extérieur, à la chappe de granite de bordure, cristallisée précocement et empêchant par la suite le départ de la phase fluide résiduelle produite au cours de la cristallisation du faciès type ; ce rôle d'écran a pu être joué d'autant plus facilement que, dans de tels granites superficiels, la pression interne de cette phase fluide doit être faible.

**C) Age des deux granites et de la série cristallophyllienne.**

**1) AGE DU GRANITE CIRCONSCRIT.**

Le granite circonscrit, antéhouiller, est intrusif dans tous les terrains de l'ensemble cristallophyllien, y compris le complexe volcanosédimentaire, pour lequel il est possible d'avancer un âge dévonodinantien, compte tenu de ses analogies de faciès avec le Culm ; il s'agirait donc de granite hercynien.

Par ailleurs, les épanchements rhyolitiques qui forment une partie du complexe volcanosédimentaire présentent de grandes analogies chimiques et pétrographiques avec certains faciès de bordure. Bien que ces considérations soient à manier avec prudence, elles permettent sans doute de voir dans ces épanchements les manifestations précoces d'un même magmatisme ayant donné d'abord des rhyolites, puis des granites « épi ». Le granite intrusif dans la série Culm (granite du Combeynot) serait donc immédiatement postérieur à son dépôt, soit Viséen.

En réalité, la mise en place du granite est étalée dans le temps : certains massifs montrent des

caractères syntectoniques (contacts assez flous, plus ou moins concordants dans la foliation de l'encaissant, structure cataclastique : granite des Bans, de Claphouse), d'autres sont très nettement post-tectoniques (granites du Pelvoux, de Sialouze, du Combeynot). Il n'est donc pas impossible que certains granites précoces de la partie sud soient pénécotemporains du dépôt du faciès Culm au Nord.

Un certain nombre de mesures d'âge absolu ont été effectuées. Par la méthode au Rubidium-Strontium, les âges obtenus sont intermédiaires entre alpin et hercynien (ce qui n'est guère étonnant, cette méthode étant sensible aux rajeunissements tardifs). Par la méthode au plomb total sur les zircons, les âges obtenus sont les suivants (A. BARBIERI, 1970) :

— Granites du secteur Sud :

granite du Riéou-Blanc	.....	370 + ou —	19 M.A.
granite des Bans.	.....	365	18 M.A.
granite de Claphouse	.....	350	13 M.A.

— Granites du secteur Nord :

granite du Combeynot	.....	310 + ou —	13 M.A.
granite du Combeynot	.....	320	14 M.A.

Les premiers âges cités correspondent à la fin du Dévonien (350 à 370 M.A.), les seconds (310-320 M.A.) à la fin du Viséen ou au Namurien. Ils confirment l'âge hercynien de ces granites, et leur étalement dans le temps ; au début, granitisation précoce (au Sud) et volcanisme (au Nord) ; à la fin, granites tardifs, retraversant les produits du volcanisme (au Nord).

**2) AGES DU GRANITE D'ANATEXIE ET DE L'ENSEMBLE CRISTALLOPHYLLIEN.**

Nous avons vu que le granite d'anatexie était le terme ultime d'une migmatisation dans le faciès amphibolite supérieur. Or dans la partie est du massif le métamorphisme hercynien ne dépasse pas le faciès schiste vert. Il semble donc difficile de rattacher cette migmatisation au cycle hercynien.

En outre, le granite circonscrit s'est mis en place dans un bâti superficiel, « froid », dont les granites d'anatexie font partie (on observe en de nombreux points le granite d'anatexie intrudé par

le granite circonscrit). Dans l'hypothèse d'un âge hercynien pour les migmatites, on imagine mal le granite circonscrit recoupant ses propres migmatites, une fois celles-ci déjà refroidies et remontées à un étage très superficiel de la croûte. On est donc amené à attribuer le granite d'anatexie à un cycle antéhercynien (ou très précoce dans l'hercynien ?).

Cette histoire antéhercynienne est elle-même polycyclique : nous avons souligné plus haut que la migmatisation du complexe intermédiaire, à l'origine du granite d'anatexie, se surimposait déjà à un métamorphisme de type différent, à tendance parfois granulitique, indice d'un épisode encore plus ancien.

Ainsi la partie est du massif des Ecrins - Pelvoux est formée d'éléments dont les caractères pétrogénétiques s'opposent nettement (granite d'anatexie profond - granite circonscrit épi ; métamorphisme de type Abukuma du Complexe intermédiaire - de type Barrow des ensembles de Peyre-Arguet et de Claphouse). Ceci permet de mettre en évidence un socle ancien complexe, peut-être exclusivement antécambrien, peut-être en partie calédonien (?).

Des mesures d'âge absolu (méthode au plomb total sur les zircons) ont été effectuées sur des migmatites du complexe intermédiaire et sur le granite d'anatexie ; les âges obtenus sont les suivants :

Migmatites . . . . .	517 + ou — 18 M.A.
	520 18 M.A.
Granite d'anatexie . . .	550 22 M.A.

Bien qu'assez peu significatives dans des terrains aussi polymétamorphiques, elles confirment la présence de ce socle ancien<sup>3</sup>.

### III. — Comparaison avec certains granites de la partie ouest du massif.

Dans la partie sud-ouest du massif ont été aussi distingués un ensemble cortical hercynien compor-

<sup>3</sup> Des âges anciens avaient déjà été obtenus dans le massif : Série du Rif du Sap (partie ouest du massif ; équivalent probable du Complexe intermédiaire : 630 M.A. (KRUMMENACHER et AL., 1965).

Galet de socle dans le conglomérat hercynien du Vieux Chaillol (Sud-Ouest du massif) : 633 M.A. (CHESSEX et AL., 1963).

tant d'épais conglomérats (Vieux-Chaillol, Entraygues) et un socle ancien (P. LE FORT et AL., 1969).

Cependant, le métamorphisme hercynien, contrairement à la partie orientale où il était faible, atteint ici un degré assez élevé (faciès amphibolite moyen).

Enfin, ici aussi les différentes séries sont recoupées par plusieurs massifs de granite circonscrit hercynien, récemment délimités et étudiés par P. LE FORT (1970). Ce sont les granites de Colle-Blanche, du Bourg et de Turbat.

Nous reprendrons très rapidement les conclusions de cet auteur à leur sujet : ces trois massifs font partie d'un seul ensemble. Mais du premier au dernier l'évolution suivante s'observe :

- composition chimique de plus en plus acide et alcaline ;
- contacts de plus en plus discordants sur la série cristallophyllienne encaissante, et structure de moins en moins orientée (caractères à tendances d'abord syntectoniques, puis post-tectoniques) ;
- âge de plus en plus récent : par exemple, le granite de Turbat « digère » celui d'Orgières, équivalent du granite du Bourg (communication personnelle de P. LE FORT) ;
- situation toujours plus orientale dans le massif.

Il s'agit d'une évolution régulière dans le temps et dans l'espace des caractères d'un même granite. Elle se traduit de manière particulièrement nette dans certains diagrammes chimiques : diagramme de Niggli, double diagramme de H. DE LA ROCHE :

$$x = K - (Na + Ca)$$

$$y = Si/3 - (Na + K + 2Ca/3)$$

et (Fe + Mg + Ti).

A titre de comparaison, nous avons reporté sur ces mêmes diagrammes les points représentatifs des granites circonscrits étudiés précédemment (granites orientaux). Il en ressort (fig. 2 et 3) :

- que si la séparation de terrain faciès type-faciès de bordure n'apparaît pas chimiquement, il existe par contre une différence très nette entre les granites de la partie nord et ceux de la partie sud, qui sont moins acides et moins alcalins ;
- que les deux types ainsi distingués se superposent très exactement au granite de Turbat



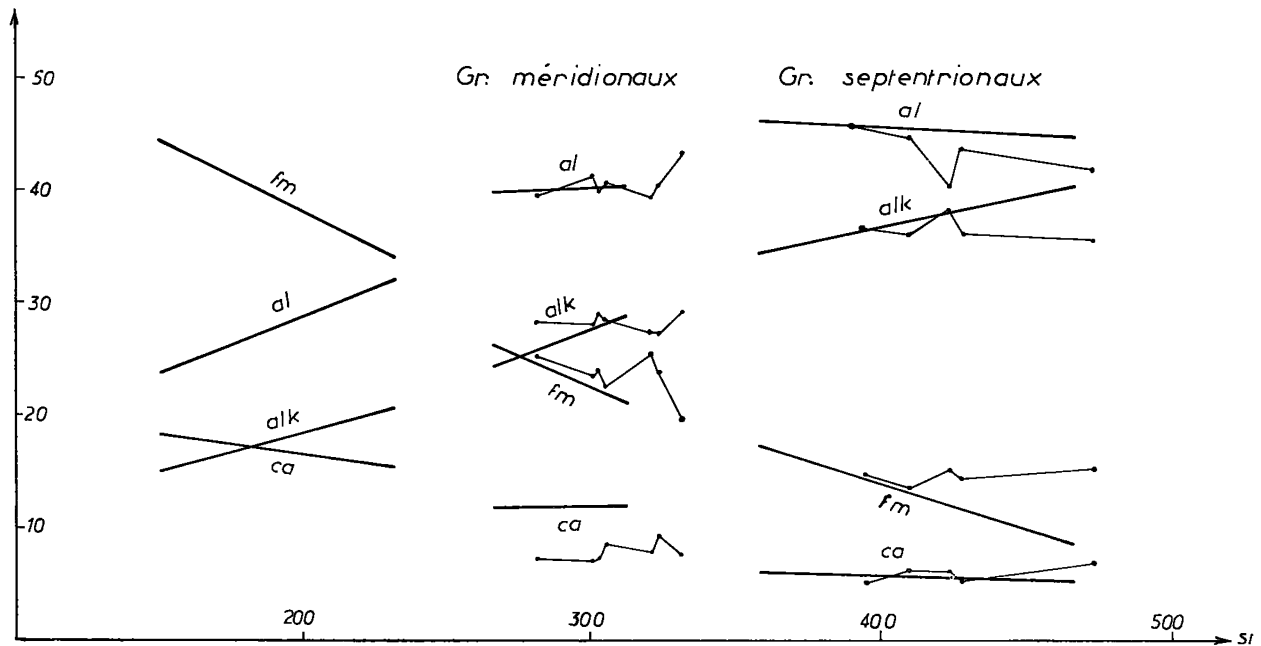


Fig. 2. — Diagramme de Niggli.

En trait gras : position moyenne des points représentatifs des granites de Colle Blanche, du Bourg et de Turbat (de gauche à droite), d'après P. LE FORT (1970).

pour le premier, à celui du Bourg pour le second.

Les granites de Colle-Blanche, du Bourg et de Turbat se sont mis en place successivement pendant une longue période du cycle hercynien, le plus récent étant le granite de Turbat. Il en est

de même pour les granites orientaux, les massifs du Nord étant postérieurs à ceux du Sud. Compte tenu de cette chronologie relative identique, il est probable que la similitude observée d'un bout à l'autre du massif dans l'évolution chimique du magmatisme hercynien correspond à un synchronisme dans la mise en place des granites homologues.

Tableau des analyses chimiques type des différentes variétés de granites circonscrits

	Analyse n°	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	H <sub>2</sub> O+	H <sub>2</sub> O-	Total
1	397	75,10	12,25	1,55	0,70	0,70	0,90	2,10	5,50	0,20	0,10	0,05	0,85	0,10	100,15
2	398	72,90	12,75	1,45	0,30	0,75	0,85	2,30	6,20	0,20	0,30	0,05	1,00	0,20	99,25
3	242	74,45	12,00	1,25	0,50	0,85	1,00	3,70	4,90	0,10	0,10	0,05	0,70	0,05	99,65
4	282	70,00	14,55	0,95	1,85	1,90	1,90	3,65	3,70	0,30	0,15	0,05	1,25	0,10	100,35
5	343	69,45	15,15	1,30	1,15	1,45	1,45	3,65	4,10	0,30	0,20	0,05	1,10	0,30	99,65
6	420	68,10	15,30	0,80	2,30	1,60	1,75	3,50	4,65	0,35	0,40	0,10	0,90	0,20	99,95

Les trois premières correspondent aux granites septentrionaux, les trois dernières aux granites méridionaux. 1, Microgranite du Combeynot ; 2, Granite à gros grain du Combeynot ; 3, Faciès à grain moyen, Sialouze ; 4, Faciès à grain moyen, Claphouse ; 5, Faciès à grain fin, Riéou-Blanc ; 6, Granite à grain moyen des Bans (in A. BARBIERI, 1970).

Analyses effectuées par voie humide à Grenoble, sous la direction de Mme USELLE.

Du point de vue pétrographique, les granites du Sud-Ouest du massif montrent un certain nombre de particularités par rapport à ceux décrits ci-dessus. Nous retiendrons en particulier les suivantes :

— Pas de pseudopétilisation des feldspaths potassiques, et transformation beaucoup moins poussée de la biotite en chlorite. L'activité interne tardive, à tendance hydrothermale, est donc moins développée ici qu'à l'Est.

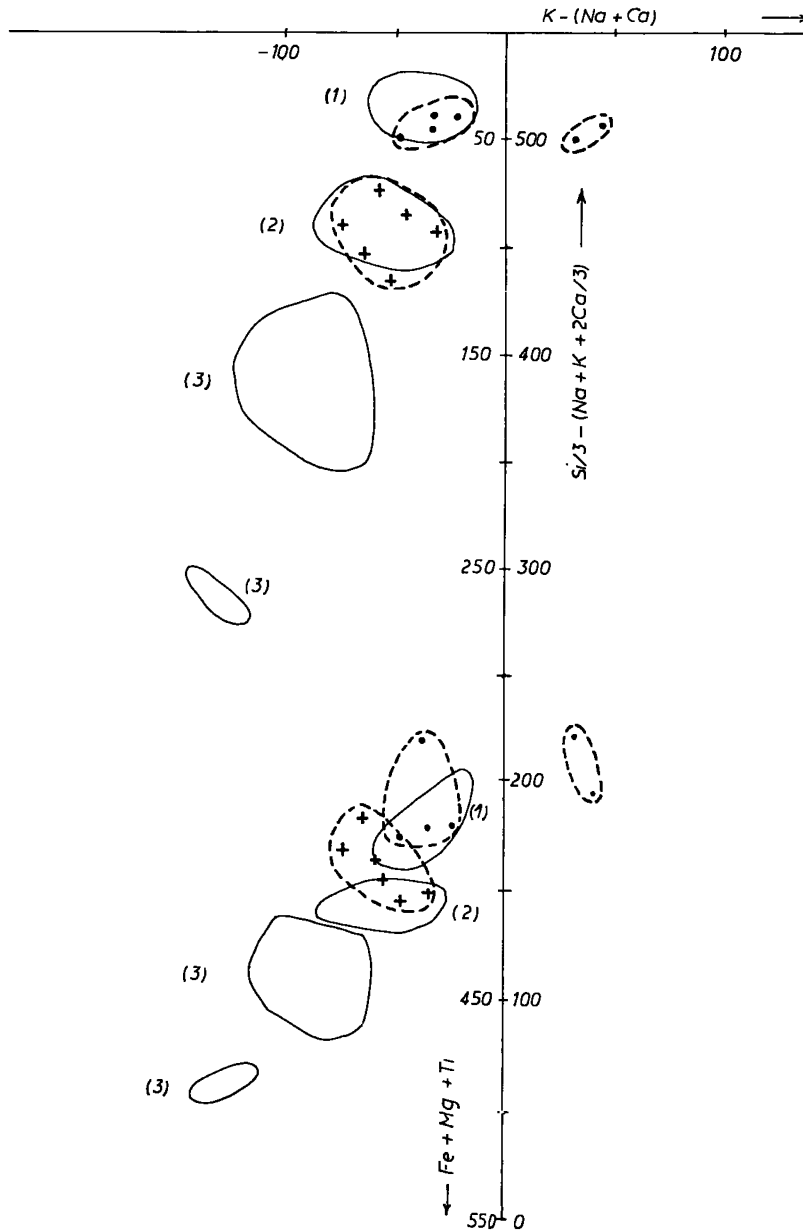


Fig. 3. — Evolution comparée des granites (diagramme de H. DE LA ROCHE).

1, Granite de Turbat ; 2, Granite du Bourg ; 3, Granite de Colle Blanche. Granites orientaux :  $(\bullet)$  Granites septentrionaux ;  $(+)$  Granites méridionaux.

- Valeur du rapport  $K = \% \text{ Albite dans le feldspath potassique} / \% \text{ Albite dans le plagioclase}$  : 0,18 à 0,22 (Tp. : 460 — 490°C). Ces valeurs sont plus faibles que celles obtenues dans les granites de la partie est, où  $K$  atteignait 0,41 (Tp. : 675°C).
- Enfin, absence généralisée de faciès de bordure à tendance hypovolcanique. Ce dernier point est sans doute le plus significatif.

Pour expliquer ces différences, il faut admettre que si les granites de la partie est du massif des Ecrins - Pelvoux ont cristallisé dans une ambiance « froide », superficielle, il n'en a pas été de même pour ceux de la bordure sud-ouest ; ils ont dû se mettre en place dans un milieu « chaud », et n'ont donc pas les caractères d'un granite « épi ».

Il faut sans doute paralléliser cette non-homogénéité de température de l'encaissant (d'où résulte en définitive la non-similitude des caractères pétrographiques des granites) et la variation du métamorphisme général hercynien, faible au Nord-Est, fort au Sud-Ouest.

Il semble en effet probable que cet antagonisme de caractères ne traduise qu'une différence de niveau dans la mise en place des granites : les granites du Bourg et de Turbat ne seraient montés que jusqu'aux niveaux inférieurs les plus métamorphiques de la série hercynienne. Il s'agirait donc de granites profonds. Les granites orientaux, pour leur part, seraient l'expression du même magmatisme, mais ayant atteint des niveaux plus élevés, moins métamorphiques, de la série sus-jacente.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il ne peut s'agir ici que d'une hypothèse de travail. Seules les études actuellement en cours sur la partie centrale du massif (en particulier sur les granites des Etançons) pourront apporter les jalons intermédiaires nécessaires à la reconstitution précise de l'histoire des granitisations hercyniennes et permettront de replacer ces éléments apparemment si variés dans un tout cohérent.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BARBIERI (A.) (1970). — Etude pétrographique de la partie orientale du massif des Ecrins - Pelvoux. Les granites. Aperçu sur la géochronométrie du massif (Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, 117 p., Grenoble).
- BARTH (T.F.W.) (1968). — Additional data for the two-feldspar geothermometer. *Lithos*, 1, n° 4, p. 305-306.
- BELLAIR (P.) (1948). — Pétrographie et tectonique des Massifs Centraux dauphinois. Le haut massif (*Mém. expl. Carte géol. de la France*, 349 p., Paris).
- BOWEN (N. L.), TUTTLE (O. F.) (1958). — Origin of granite in light of experimental studies (*Geol. Soc. Amer.*, mem. n° 74, p. 153).
- GILLOT-BARBIERI (C.), BARBIERI (A.), VIALON (P.) (1970). — Le problème de l'âge des granites et des migmatites de la partie orientale du massif des Ecrins - Pelvoux (*C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 270, p. 596-599, 26 janvier 1970).
- GILLOT-BARBIERI (C.) (1970). — Etude pétrographique de la partie orientale du massif des Ecrins - Pelvoux. Le complexe intermédiaire (Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, 116 p., Grenoble).
- GIBERGY (P.), LACOMBE (J. C.), VIALON (P.) (1970). Caractères des faciès attribuables au Dévono-Dinanien et leur métamorphisme, dans le massif des Ecrins - Pelvoux (*C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 270, p. 756-759, 9 février 1970).
- LACOMBE (J.-C.) (1970). — Etude pétrographique de la partie orientale du massif des Ecrins - Pelvoux. Le complexe volcanosédimentaire (Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, 109 p., Grenoble).
- LA ROCHE (H. de) (1964). — Sur l'expression graphique des relations entre la composition chimique et la composition minéralogique quantitative des roches cristallines (*Sciences de la Terre*, t. IX, n° 3, p. 293-337).
- LE FORT (P.) et all. (1969). — De l'existence d'un socle Précambrien dans le massif des Ecrins - Pelvoux (*C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 268, p. 4097-4099).
- LE FORT (P.) (1970). — A propos de la découverte d'un massif de granite au Bourg-en-Valgaudemar. Remarques sur trois expressions du granite du Pelvoux

- (Alpes françaises) (*Géologie Alpine, Travaux Lab. Géol. Grenoble*, t. 46, p. 117-125).
- MEHNERT (K. R.) (1968). — Migmatites and the origin of granitic rocks. Elsevier, Amsterdam, 393 p.
- PECHER (A.), VIALON (P.) (1970). — Présence de gneiss du faciès granulite dans le noyau précambrien du massif des Ecrins - Pelvoux (*C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 270, p. 666-668, 2 février 1970).
- PECHER (A.) (1970). — Etude pétrographique de la partie orientale du massif des Ecrins - Pelvoux. Le socle ancien (Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Grenoble, 128 p.).
- PLATEN (Von H.) (1965). — Kristallisation granitischer smelzen (*Beitr., Min. Petr.*, Bd. 11, H. 4, s. 334-381).
- WINKLER (H.G.F.) (1967). — Petrogenesis of metamorphic rocks, 2<sup>e</sup> éd., Springer Verlag, New York, 237 p.

Laboratoire de Géologie  
de l'Université de Grenoble  
(Institut Dolomieu).

(Laboratoire de Pétrologie des formations  
cristallophylliennes associé au C.N.R.S.)

*Manuscrit déposé le 20 février 1971.*