

La spilitisation dans le massif des Écrins-Pelvoux : Un cortège intrusif et effusif dolérito-spilitique (Alpes françaises occidentales)

par Nicole VATIN-PÉRIGNON *,
Roland AUMAITRE * et Georges BUFFET *

RÉSUMÉ. — Le volcanisme basique des Ecrins-Pelvoux constitue une série homogène, non différenciée, représentée par un complexe filonien dolérito-spilitique inclus dans un socle métamorphisé et des épanchements spilitiques laviques et tuffacés triasiques liés à une sédimentation carbonatée ou détritique.

Il n'y a pas de solution de continuité entre les faciès grenus doléritiques et les faciès microlitiques spilitiques : le caractère spilitique se développe de manière progressive et continue des filons basiques du socle aux laves de la couverture alors que l'altération hydrothermale synchronisée récente croît en sens inverse des gisements externes à ceux inclus dans le cristallin.

Les transformations à caractère spilitique, non isochimiques et sélectives, sont en grande partie attribuables à l'action d'une phase deutérique débutant dès la cristallisation du clinopyroxène. Cependant, le comportement de K, Rb et Tl de l'ensemble de la série volcanique permet d'envisager une mise en place du cortège à la charnière de domaines continental et océanique, sans toutefois lever l'indétermination relative à la véritable nature du fond de la fosse où se produit cette spilitisation. Il n'est donc pas exclu que l'action des fluides deutériques n'ait été renforcée par un mécanisme voisin de celui aboutissant au développement d'une paragenèse spilitique dans les basaltes des fonds océaniques.

ABSTRACT. — The Ecrins-Pelvoux basic volcanism consists of an indifferiated homogeneous serie made up of a doleritic-spilitic vein complex metamorphosed in a intruded basement and of Triassic spilitic lavas and tuffs associated with carbonate and detritic sediments.

There is no break between the granular doleritic facies and the microlitic spilitic facies : thus the spilitic character increases progressively and continuously from the basement basic veins to the sedimentary cover's lavas, whereas a late, schistosity-related hydrothermal alteration increases in the opposite sense, from the outer flows to those included in the crystalline formations.

Most non-isochemical, selective, spilitic transformations can be attributed to a deuteriic phase beginning as soon as pyroxene crystallisation began. However, the behaviour of K, Rb and Tl in the whole volcanic series fits with an emplacement of the series at a hinge-line between continental and oceanic areas, but provides no information about the nature of the bottom where spilitization occurs. It is therefore possible that the role of deuteriic fluids was enhanced through action of a mechanism similar to the one which gives birth to a spilitic paragenesis in ocean-floor basalt.

* Institut Dolomieu, Laboratoire de Géologie Alpine associé au C.N.R.S., L.A. 69, rue M.-Gignoux, 38031 Grenoble Cedex.

Le volcanisme effusif (laves spilitiques) et intrusif (filons basiques) du massif des Ecrins - Pelvoux constitue une association dolérites-spilites continue et homogène. Les coulées successives appartiennent aux bordures sédimentaires mésozoïques occidentale et méridionale discordantes sur les formations anté-

rieures du massif, ainsi qu'au synclinal pincé Aiguille de Morges - Saint-Christophe (fig. 1). Elles surmontent les niveaux dolomitiques ou bréchiques du Trias supérieur, s'accompagnent d'horizons intercalaires sédimentaires ou mixtes : volcano-sédimentaires ou détritiques et précèdent les pélites

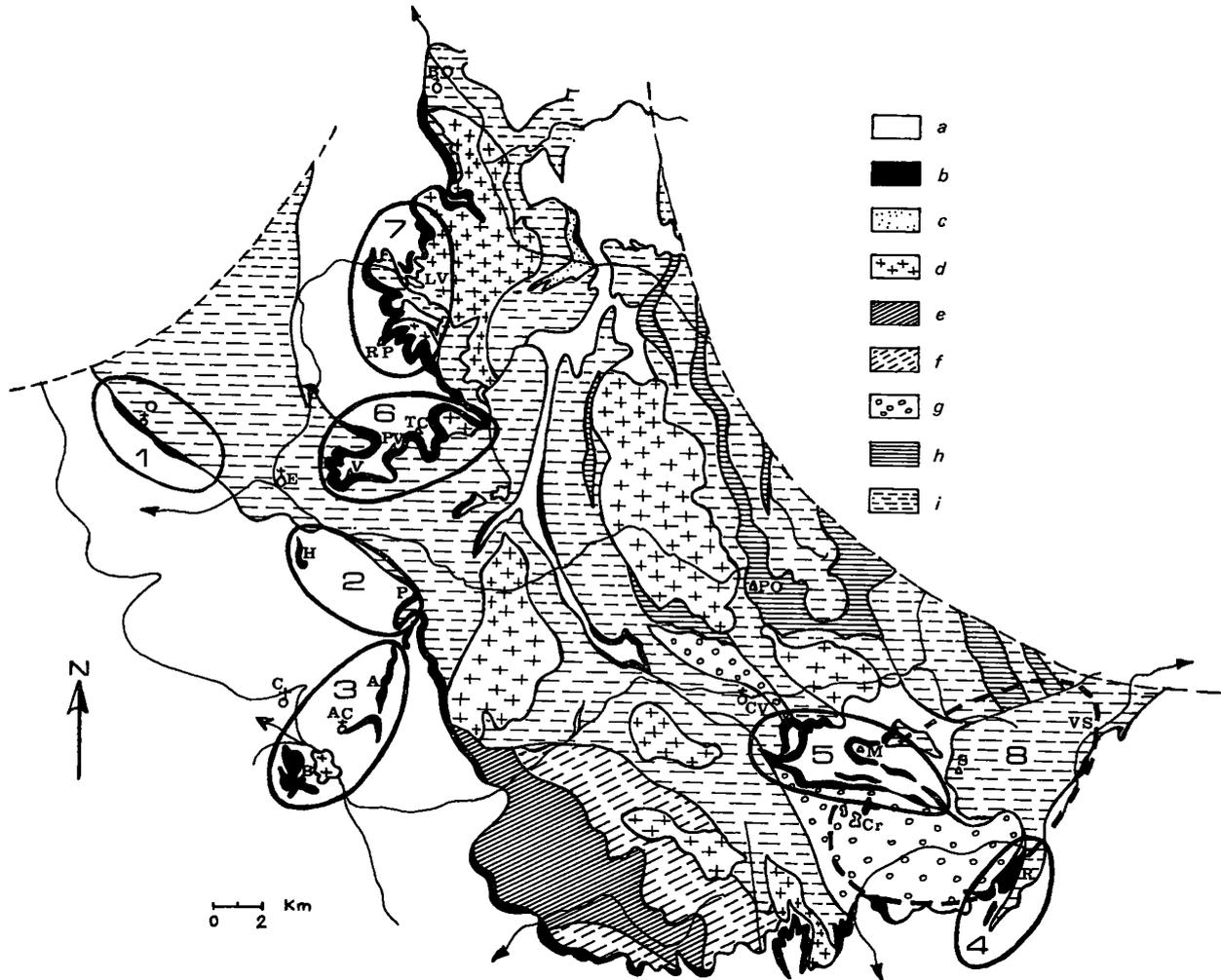


Fig. 1. — Schéma géologique de la zone occidentale du Massif des Ecrins-Pelvoux (d'après LE FORT et PÉCHER, 1971).

Toponymie : A, Col d'Aspres ; AC, Aspres-les-Corps ; B, Beaufin ; BO, Bourg-d'Oisans ; C, Corps ; CR, Lacs de Crupillouse ; CV, La Chapelle-en-Valgaudemar ; E, Entraygues-en-Valbonnais ; H, Col d'Hurtières ; LV, Lac du Vallon ; M, Aiguille de Morges ; O, Oris-en-Rattier ; P, Col de Prés-Clos ; PO, Pic d'Olan ; PV, Pic Vert ; R, Rouite ; RP, Rochers du Paletas-le Neyrarel ; S, Sommet du Sirac ; TC, Tête des Chétives ; VS, Vallon de la Selle.

a, Sédimentaire mésozoïque et tertiaire ; b, Volcanisme spilitique triasique ; c, Carbonifère ; d, Granites hercyniens ; e, Amphibolites de la série corticale ; f, Conglomerats de la série corticale ; g, Gneiss œillés ; h, Amphibolites du noyau ; i, Gneiss et migmatites du noyau.

Les coulées spilitiques (cercles pleins) se répartissent dans les secteurs d'Oris (1), du Beaumont (2), d'Aspres les Corps (3), de la Rouite (4), de l'Aiguille de Morges (5), du Valbonnais (6) et du lac du Vallon (7). Les filons dolérito-spilites (tireté) se groupent dans le secteur de Crupillouse, Sirac, vallon de la Selle (8).

calcaires et calcaires brun-noir du Lias inférieur. Elles sont toutes à caractère spilitique et se sont épanchées en milieu sub-aquatique.

Le réseau filonien dolérito-spilitique du secteur Sirac - Selle - Champoléon et l'ensemble volcanique Aiguille Fourchée - Crupillouse - Clapouse traversent des formations gneissiques et migmatiques représentant le noyau moyennement à fortement mobilisé du massif des Ecrins-Pelvoux (LE FORT, 1973). Ces

filons basiques, géographiquement situés au voisinage des coulées, se recoupent mutuellement et sont tous contemporains ; mais tandis que les principaux gisements spilitiques jalonnent de grands décrochements NE-SW à mouvement majeur senestre (fig. 2, GRATIER *et al.*, 1973), le complexe intrusif (dykes, cheminée, amas et filons) emprunte les fissures d'extension NS du socle liées à ces décrochements. La rotation senestre du socle résultant des mouve-

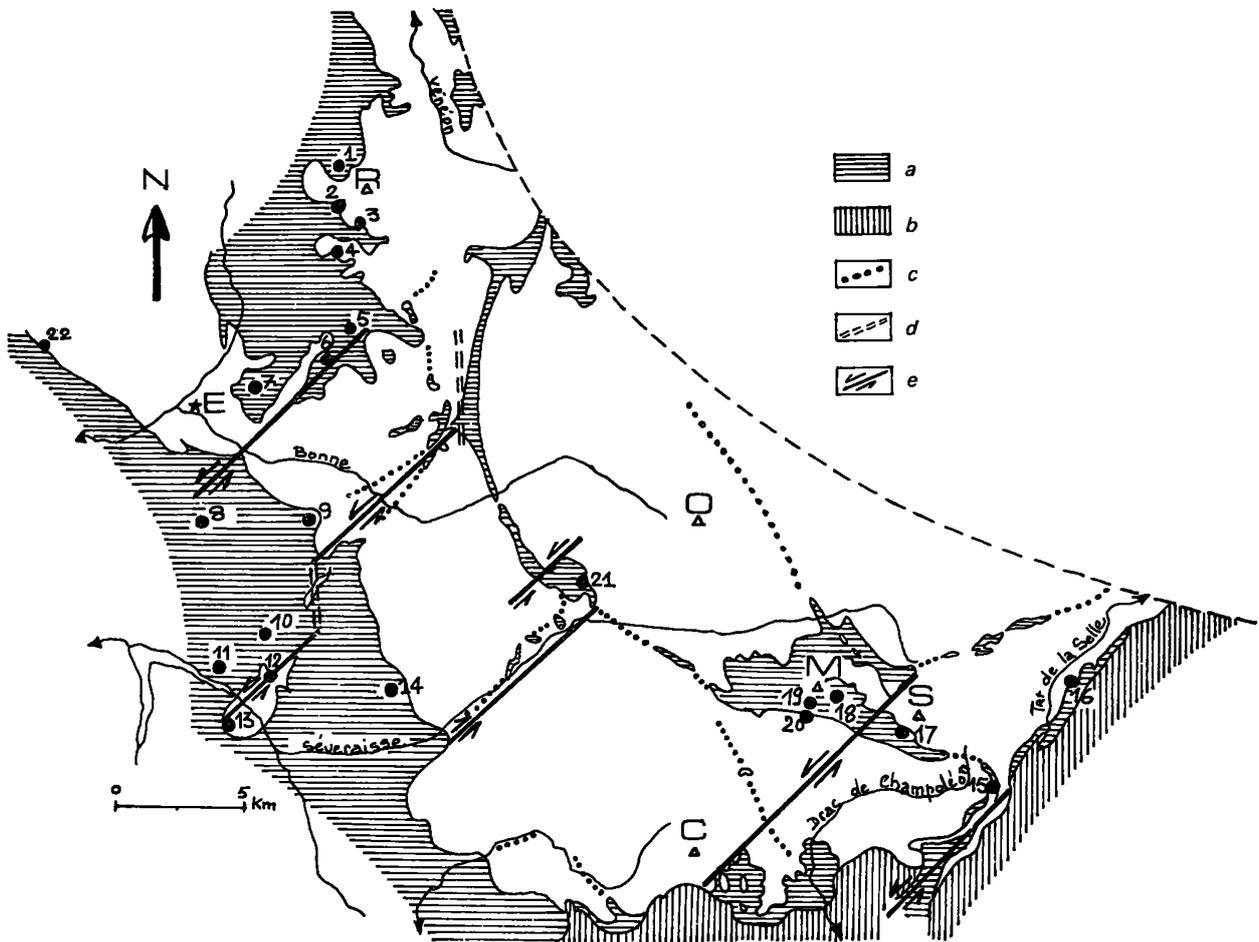


Fig. 2. — Les principaux décrochements de la bordure WSW du Massif des Ecrins-Pelvoux (d'après GRATIER *et al.*, 1973).

Toponymie : C, Sommet du Chaillol, 3 163 m ; O, Pic d'Olan, 3 563 m ; E, Entraygues-en-Valbonnais ; R, Signal du Rochail, 3 023 m ; S, Crête du Sirac, 3 440 m.

Les gisements spilitiques triasiques étudiés : 1, Rochers de Terre Rousse ; 2, Lac du Vallon ; 3, Le Neyrarel ; 4, Le Paletas ; 5, Tête des Chétives ; 6, Pic Vert ; 7, Le Vêt ; 8, Col d'Hurtières ; 9, Col de Prés-Clos ; 10, Col d'Aspres ; 11, Route d'Aspres ; 12, Combe d'Aspres ; 13, Beaufin ; 14, L'Esparcelet ; 15, La Route ; 16, Les Plates de Charvet ; 17, Col du Gouiran ; 18, Vallon long ; 19, Col de Clapouse ; 20, Col de Lauplat ; 21, Les Arraches ; 22, Oris-en-Rattier.

a, Mésozoïque externe et coulées spilitiques associées ; b, Priabonien externe ; c, Charnières synclinales ; d, Failles décrochantes parallèles à des « synclinaux » houillers ; e, Grands décrochements déformant la couverture sédimentaire.

ments différentiels de ces grands décrochements expliquerait la courbure des linéaments sédimentaires et laisserait entrevoir, en s'appuyant sur les mesures paléomagnétiques effectuées sur des laves spilitiques (WESTPHAL, 1973) le rôle de tégument plastique joué par la couverture sédimentaire.

PÉTROGRAPHIE ET MINÉRALOGIE

1. Les laves spilitiques.

Les laves sont massives, rarement prismées ou en coussins (Beaufin) et couramment à texture aphanitique, mais aussi vacuolaire ou amygdalaire, parfois porphyrique. Leur structure évolue de microlitique fluidale à la base des coulées jusqu'à doléritique intersertale, voire ophitique, au sommet. La mésostase est chloriteuse à hématitique : verre dévitrifié (ph. 1 à 3). Cependant sur l'ensemble des gisements l'aspect général des structures se rattache plus fréquemment au type doléritique (coulées du Beaumont, Valbonnais, Champoléon) que microlitique (Morges).

La paragenèse de ces spilites comprend toujours quatre termes essentiels : feldspaths alcalins, chlorites, minéraux opaques et carbonates. Dans l'ordre, la cristallisation des péridots, magnétite, feldspaths et clinopyroxènes est suivie par celle des chlorites de dévitrification et de pseudomorphose, du quartz, des oxydes de fer de déstabilisation et, en dernier lieu, des minéraux à affinités hydrothermales : séricite, calcite, pyrite.

• La représentation du *péridot* est très variable : la partie sommitale de certaines coulées ou simplement les dernières coulées peuvent en être totalement dépourvues (Vallon long) ou appauvris (Prés-Clos), mais, en règle générale, le péridot est présent, *abondant*, et très reconnaissable car il constitue des cristaux isolés de 2 à 5 mm (ph. 4) et des microcristaux agglomérés *automorphes* à pseudomorphoses complètes : cœur de ripidolite et bordure hématitique. Cette pseudomorphose classique se modifie par apparition du quartz et de la calcite à côté du ripidolite, ou simplement par la présence exclusive d'hématite. Dans un seul cas, au cœur de la dernière coulée de Beaufin, il a été possible d'isoler des fragments de péridot à pseudomorphose incomplète et leur détermination aux R X correspond à une *olivine* $Fa_{50} So_{50}$.

• *Les feldspaths* sont uniquement alcalins et représentés par des albites et orthoses, si l'on excepte la présence de restes d'anciens phénocristaux feldspathiques partiellement albitisés, visibles seulement dans la 3^e coulée d'Hurtières, ainsi que les lattes d'oligoclase des microbrèches spilitiques à structure sub-ophitique intercalées dans la partie moyenne du gisement de Beaufin.

La composition des grandes lattes mâclées et à bords déchiquetés d'*albite*, caractéristiques des structures intersertales, oscille entre $An_0 Or_0$ et $An_5 Or_0$. Il s'agit d'albite pure de basse température. Celle-ci est en phénocristaux et microlites ténus dans les structures microlitiques. Dans les faciès altérés l'albite est masquée par la séricite ou envahie, le long des clivages, par la chlorite. On observe aussi fréquemment des veinules centimétriques d'albite BT de néoformation parcourant certaines coulées, ainsi que des cristaux isolés d'albite associés à la pistachite dans les filonnets de calcite. Leur formation est liée aux conditions du faciès schistes verts.

La cristallisation d'*orthose* $Or_{90-100} Ab_{10}$ est généralement postérieure à celle des albites ; ce sont des plages xénomorphes enserrées dans la trame albitique. Cependant, dans certains gisements à structure microlitique, cette cristallisation est soit contemporaine (lac du Vallon) : microlites albitiques et orthosiques, soit antérieure (col d'Aspres) : phénocristaux d'orthose dans une pâte albitique. Par ailleurs la présence d'orthose, subordonnée à celle de l'albite, peut devenir prépondérante, voire exclusive (Clapouse).

• Seuls trois gisements : Beaufin, Prés-Clos, Hurtières, possèdent des *clinopyroxènes exempts de toute altération*. Ce sont des phénocristaux automorphes dans les structures microlitiques fluidales, des microcristaux ou phénocristaux pœcilitiques (englobant des feldspaths) dans les structures microlitiques intersertales et enfin des cristaux interstitiels subautomorphes dans les structures subophitiques. Il s'agit alors d'*augites calciques et ferromagnésiennes*. Cependant, dans la majorité des gisements les pyroxènes sont soit absents, soit rares. La pseudomorphose classique est à chlorite avec bordure magnétito-hématitique.

• *Les chlorites*, minéraux essentiels des spilites après les feldspaths, sont toujours cryptocristallines. Elles apparaissent dans la mésostase ou les interstices

libres entre les minéraux, en pseudomorphoses de pyroxènes et périclites et dans les vacuoles ou amygdales. Leur composition (déterminée par voie chimique ou aux R X) les situe dans un domaine étroit en ce qui concerne la substitution Si/Al ($Si = 2,55 - 2,95$) et plus étendu dans le cas des substitutions Mg/Fe ($R = Fe/Fe+Mg = 0,05 - 0,65$); néanmoins elles *appartiennent toutes*, dans les différentes classifications utilisées (HEY, 1954 ; FOSTER, 1962 ; fig. 3) *au domaine du ripidolite*.

• *Les carbonates*, autres constituants importants des spilites, sont essentiellement *la calcite*, puis *la dolomite* et enfin *la sidérite*. Ils occupent les vacuoles, sont diffus dans la mésostase, pseudomorphosent les anciens minéraux ferromagnésiens et, dans certains cas (filonnets), apparaissent en cristal-

lisation secondaire liée à la tectonique. Parfois ils sont totalement absents (Prés-Clos).

• *Le quartz* suit principalement la calcite mais se retrouve également sous forme de calcédonite, seul ou associé à la chlorite des filonnets.

• Dans la fraction opaque des spilites domine *l'hématite*, constituant la mésostase de certaines coulées à structure porphyrique aphanique (ph. 5) et résultant aussi de l'altération de la magnétite et de la pseudomorphose des périclites. *L'ilménite* et *la titanomagnétite* sont également bien représentés en cristaux automorphes de cristallisation précoce, liés aux structures intersertales et ophitiques riches en ferromagnésiens. *La pyrite* accompagne la calcite de la mésostase, des vacuoles et *la goéthite* se retrouve en abondance dans les gisements les plus

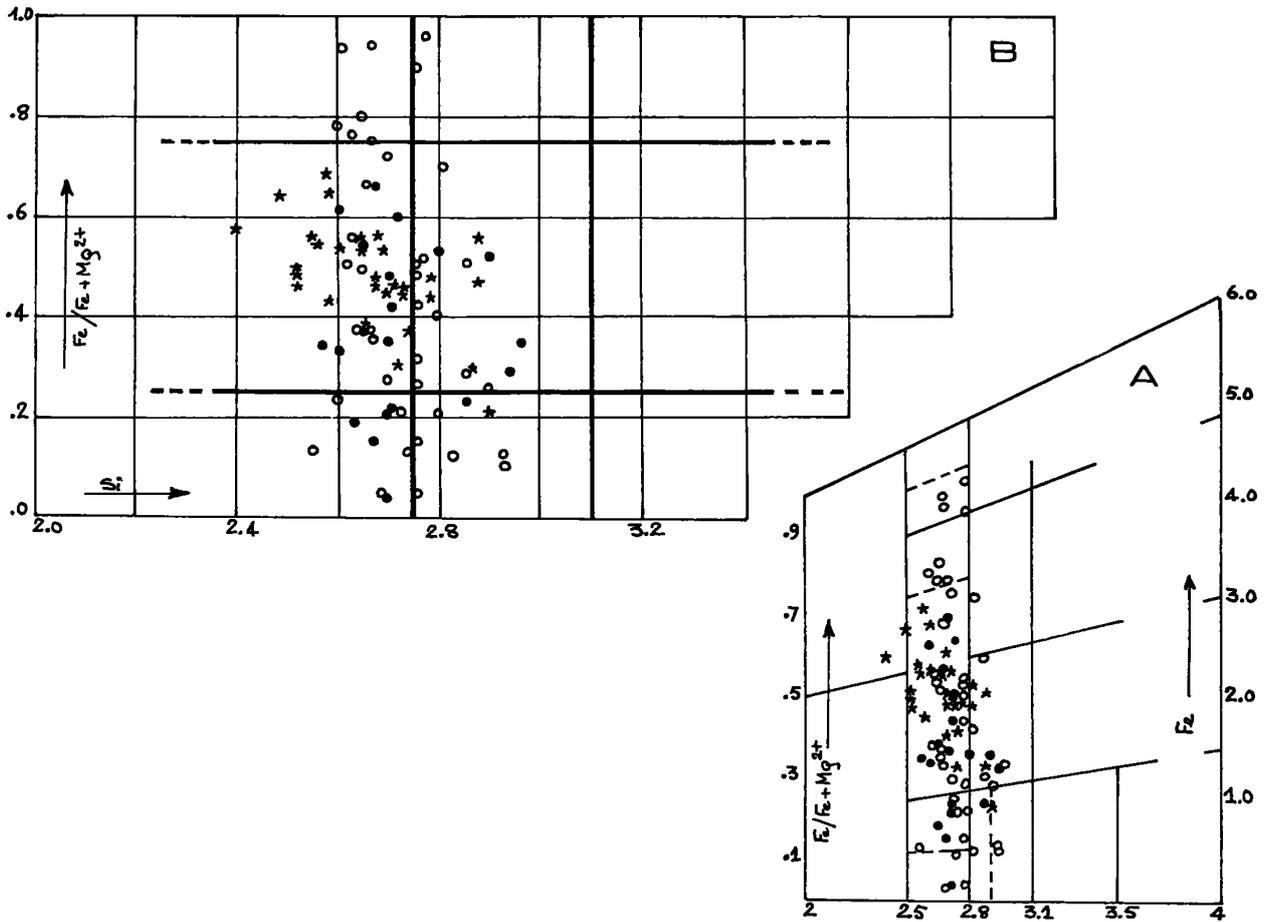


Fig. 3. — Répartition des chlorites du corrège dolérito-spilitique dans les diagrammes de Hey, 1954 (A) et de Foster, 1962 (B). Chlorites extraites de coulées spilitiques (cercles pleins), d'horizons intercalaires (cercles vides) et de filons (étoiles).

altérés secondairement. Là où les structures subophitiques sont bien développées et non oblitérées (Beaufin) ont pu être isolées la *chalcopyrite*, la *galène* et la *malachite*.

• Les mesures de cristallinité effectuées sur des produits micacés : *phengite* et *muscovite* $2M_1$ d'altération des feldspaths prouvent que les laves spilites incluses dans les sédiments ont été le siège de recristallisations secondaires peu importantes, équivalentes au niveau épizonal.

• Parmi les minéraux accessoires, deux sont remarquables par leur rareté : *sphène* et *apatite*, rencontrés sous forme de quelques grains et de minces fuseaux dans une seule et unique coulée (Prés-Clos) ; ailleurs ils n'apparaissent pas. On peut donc en déduire l'absence généralisée de cristallisation de l'apatite au niveau des épanchements. Les épidotes : *pistachite* et *piedmontite* sont associées aux calcites et albites des filonnets secondaires. Enfin dans le curieux gisement de Beaufin, à structure nettement doléritique, ont cristallisé quelques *amphiboles* et *biotites automorphes*.

2. Les horizons intercalaires.

Dans tous les gisements spilites des Ecrins-Pelvoux les différentes coulées sont séparées les unes des autres par des horizons de diverse nature.

A) *Les niveaux dits « argilitiques »*, ainsi nommés en raison de la finesse de leurs minéraux constituant des roches peu ou pas litées, non foliacées et indurées par diagenèse. Ces formations métriques ne possèdent pas de véritables « minéraux argileux » mais des chlorites, phengites et muscovites $2M_1$ auxquelles s'associent la calcite, le quartz et/ou la dolomite et l'hématite. Tous ces constituants sont strictement identiques à ceux rencontrés dans les laves et, comme pour elles, la proportion des divers minéraux varie d'un horizon à l'autre : dominante chloriteuse, micacée, quartzique, calcique et/ou dolomitique. Les phyllites de ces niveaux sont toujours de petite taille et ne présentent pas d'orientation privilégiée dans tous les gisements situés en bordure du massif cristallin. Pour certains de ceux jalonnant le grand linéament sédimentaire inclus dans le socle (Clapouse) il est possible de parler d'horizon finement lité à alternance de lits micacés, chloriteux et calciques, témoignant d'une forte schistosité.

• *Les chlorites* appartiennent, comme celles des coulées, au domaine du *ripidolite*, cependant la substitution Mg/Fe varie plus largement ($R = 0,05$ à $0,96$) et leur composition oscille entre les pôles Mg — *sheridanite* — et Fe — *bavalite*.

• *Les micas* ont des indices de cristallinité (reportés selon la méthode d'ESQUEVIN, 1969, fig. 4) centrés, comme pour les laves, sur le domaine des *phengites*. Mais si ces mesures regroupent les points représentatifs des spilites dans le domaine de l'épizone, elles dispersent, en revanche, ceux des horizons intercalaires de la zone de diagenèse à l'épizone supérieure. Quelques mesures effectuées sur des phyllites de granites, gneiss et migmatites des Ecrins-Pelvoux échelonnés le long d'une transversale EW, montrent une même zone de répartition, dans un domaine de composition plus vaste (biotite à muscovite). Ces diverses observations permettent d'affirmer que *les recristallisations* à caractère hydrothermal subies, postérieurement à leur mise en place, par les spilites et les horizons qui leur sont liés *sont de type anchizonal à épizonal, donc faibles*. Leur importance croît de la périphérie au cœur du massif cristallin ; c'est ainsi que les gisements spilites les plus occidentaux (Beaumont) conservent des structures doléritiques à pyroxène non altéré alors que ceux reposant directement sur le socle ou qui y sont inclus présentent des *caractères de plus en plus accusés du faciès schistes verts* : la proximité du socle influençant l'état de cristallinité des micas de l'ensemble spilite.

B) *Les formations volcano-sédimentaires* ont une matrice dolomitique ou argilitique enrobant des lattes de plagioclases basiques, des cristaux de périclases hématitisés et, en règle générale, des matériaux pyroclastiques fins et vitreux (ph. 6). Ces cendres et lapilli scoriacés ont un verre dévitrifié : hématite et hydroxydes de fer, renfermant quelques microlites feldspathiques. Ces formations représentent un stade volcanique initial (la Rouite) ou intermédiaire (les Chevrettes, Clapouse) mais toujours lié aux premières manifestations effusives.

C) *Les niveaux dolomitiques* à dolomies pures, dolomies calcarifères ou, plus rarement, calcaires dolomitiques apparaissent seulement au cœur des gisements. Dans les parties supérieures ils sont remplacés par des *horizons argilitiques*, voire des *pélites calcaires* annonciatrices de la sédimentation liasique.



Photo 1. — *La Rouite*
(SR 57 g ; LN \times 20).

Structure microlitique porphyrique ;
lattes et microlites albitiques dans une
mésostase vitreuse hématitique ; vacuoles
de calcite.



Photo 2. — *La Rouite*
(SR 54 e ; LN \times 20).

Structure intersertale fine à microlites
albitiques et mésostase hématitique
réduite ; quelques fantômes de péridots
transformés uniquement en hématite.

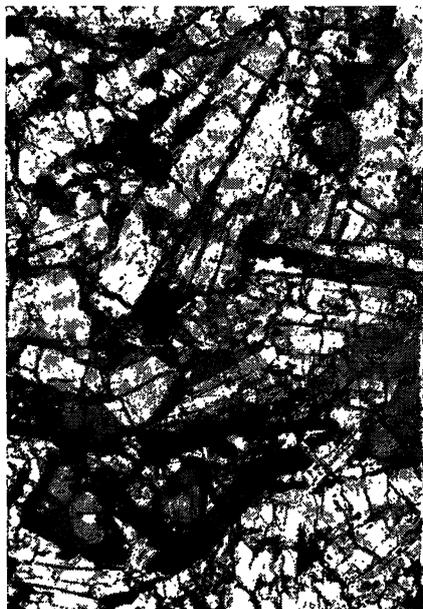


Photo 3. — *Col d'Hurtières*
(MU 72 o ; LN \times 50).

Structure sub ophitique en grandes
lattes d'Albite An₅ mâclées. Les inters-
tices sont occupés par des minéraux
ferro-magnésiens pseudomorphosés par de
la calcite et bordés d'hématite. Nom-
breuses plages de calcite et baguettes de
magnétite.



Photo 4. — *Beaufin*
(Bv ; LN \times 20).

Structure intersertale à mésostase chloriteuse (ripidolite) et cristal de péridot automorphe entièrement pseudomorphosé par la chlorite. Nombreux grains d'ilmé-
nite.



Photo 5. — *Col de Clapouse*
(PM 51 p ; LN \times 20).

Structure porphyrique aphanitique. Les phénocristaux d'orthose et d'albite flottent dans une mésostase vitreuse hématitique à fines aiguilles feldspathiques.



Photo 6. — *La Route*
(SR 52 g ; LN \times 20).

Horizon intercalaire formé d'une brèche volcano-détritique à matrice dolomitique cimentant des fragments de lave vitreuse à cristallites feldspathiques et de petits blocs d'argilites.

Photo 7. — *Sirac, base de la paroi du Gouiran* (SO 27 b ; LN \times 20).

Dolérite ophitique à pyroxène et amphibole. Lattes trapues de labrador à cœur kaolinisé, pigmenté d'ilménite. Augites à bordures ouralitisées (hornblendes brunes et vertes).

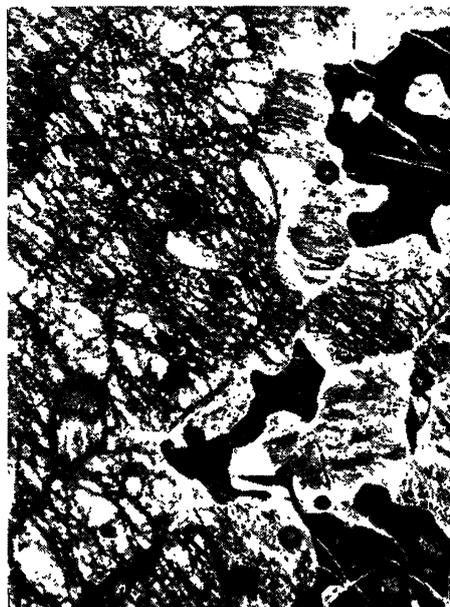


Photo 8. — *Sirac* (SO 33 ; LN \times 50).

Dolérite microcristalline à amphibole. Fines aiguilles de hornblende brune sur un fond constitué d'un enchevêtrement de lattes d'oligoclase et de grains d'ilménite.

Photo 9. — *Dyke de la combe du Veyre* (PO 52 c ; LN \times 20).

Nodule de péridotite formé d'un agrégat de péridots et pyroxènes pseudomorphosés en quartz, chlorite et calcite. Le film intergranulaire est constitué d'un alignement de micrograins de chlorite. Les minéraux opaques : chromite à cœur de picotite sont en plages xénomorphes. Nombreuses aiguilles d'hématite.



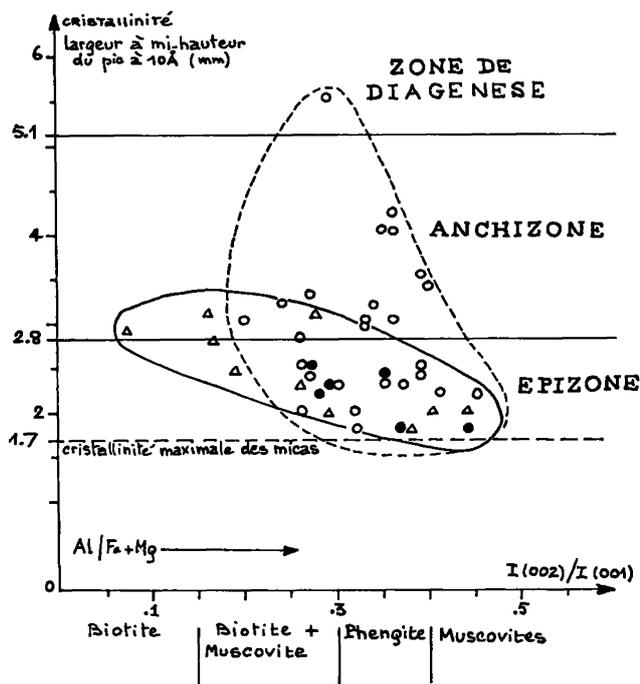


Fig. 4. — Indice de cristallinité des micas des coulées spilitiques (cercles pleins), des horizons intercalaires (cercles vides) et des granites et migmatites du socle (triangles).

D) *Les brèches* sont assez rares. Elles sont intrasformationnelles et de nature spilitique, volcano-détritique, argilitique ou dolomitique à ciment calcitique ou dolomitique.

3. Les filons basiques.

Si l'on écarte les kersantites et minettes du Vieux-Chaillol et du Valbonnais, seuls vrais lamprophyres des Ecrins-Pelvoux mais que rien, actuellement, n'autorise à rattacher au volcanisme triasique plutôt qu'à un cycle antérieur permo-carbonifère, le réseau filonien basique forme *un vaste ensemble doléritospilitique homogène*, proche des grands épanchements laviques de Morges et de la Rouite. Il est inclus dans un socle métamorphisé, présente une minéralogie totalement indépendante de la nature de la roche encaissante et constitue deux systèmes étroitement liés : d'une part les poches magmatiques et le treillis filonien du massif du Sirac et des hautes vallées de la Selle de Vallouise et de Champoléon, d'autre part l'ensemble éruptif de l'Aiguille Fourchée et des lacs de Crupillouse et de Clapouse.

A) Dans le secteur Sirac - Selle - Champoléon les dolérites abondent, parfois en une trame si dense que l'ensemble intrusif devient prépondérant par rapport à l'encaissant gneissique. *Les dolérites s. str.* sont partout les mieux représentées, qu'elles soient à pyroxène et amphibole, à pyroxène ou amphibole seul. Ce sont des filons métriques et courts de roches compactes gris bleuté à pustules de calcite et d'aspect saccharoïde ou grenu. *Les dolérites porphyriques* sont plus rares en puissants filons (2 m en moyenne) visibles sur plusieurs kilomètres et homogènes dans toute leur masse ; les gros cristaux de pyroxène et les lattes feldspathiques ressortent d'un fond gris-bleu, compact, à texture aphanitique. *Les dolérites ophitiques* ont la particularité de former de vastes amas ou poches, ainsi que des filons ramifiés, dispersés et sans alignement préférentiel. Leur aspect grenu à minéraux essentiels bien visibles et leur couleur verdâtre n'est pas sans rappeler ceux des gabbros. Quant aux *dolérites microcristallines à amphibole* et structure isogranulaire et aux *dolérites à chlorite*, elles sont importantes dans la mesure où elles constituent fréquemment les faciès de bordure de filons plus épais.

La répartition des *filons spilitiques* est très uniforme dans tout le secteur intrusif. Ce sont des roches vertes, aphanitiques, souvent mouchetées de pyrite et à vacuoles de calcite, constituant des filons isolés et minces (30 cm environ) et/ou les épontes et diverticules des autres filons.

Les différences entre filons sont essentiellement d'ordre structural et volumétrique (proportion relative des minéraux entre eux), ce qui permet d'utiliser une classification simplifiée (tabl. I) plus appropriée que celle précédemment employée par l'un de nous (N. V.-P., 1972) au caractère homogène de l'ensemble. D'ailleurs cette homogénéité s'observe au passage progressif du cœur vers les épontes filoniennes, ou le long d'un même filon, des dolérites s. str. à des dolérites ophitiques, microcristallines, à chlorite ou à des spilites ; des dolérites ophitiques ou à chlorite à des dolérites microcristallines : ces dernières évoluant, comme les dolérites porphyriques, en spilites. Il est cependant intéressant de signaler que le gros filon de dolérites porphyriques de la Selle reste homogène sur toute sa longueur (4 km), recoupe de nombreux filons doléritiques sans être affecté par eux et n'est seulement tranché que par quelques filons spilitiques.

TABLEAU I

Caractères minéralogiques et structuraux du cortège dolérito-spilitique des Ecrins-Pelvoux.

Le domaine le mieux représenté est représenté par le trait noir épaissi.

structures	faciès	filons spilitiques
microlitique		
porphyrique	porphyriques	
intersertale	dolérites s. str.	
sub-ophitique		
ophitique	ophitiques	dolérites à chlorite
microcristalline	à amphibole	
minéraux ferro-magnésiens présents	biotite amphiboles pyroxènes	chlorites

Sur l'ensemble des filons et des variations minéralogiques et structurales qu'ils présentent individuellement, l'évolution est continue depuis un faciès grenu doléritique à labrador, pyroxène et amphibole jusqu'à un faciès microlitique intersertal spilitique à albite, orthose, chlorite, calcite et quartz, en passant par tous les stades intermédiaires où les plagioclases sont représentés par des andésines ou des oligoclases et où les minéraux hydrothermaux deviennent de plus en plus importants. Cette évolution est le caractère le plus marquant de l'unicité du cortège filonien.

B) L'ensemble volcanique de l'Aiguille Fourchée - Crupillouse - Clapouse constitue à lui seul une entité, bien qu'ayant les mêmes caractères évolutifs que les filons du Sirac, car il a cette particularité de regrouper :

- une cheminée volcanique bréchique à cœur de spilite massif (Aiguille Fourchée) décrite depuis longtemps comme un point de sortie du volcanisme spilitique (MICHEL et VERNET, 1956 ; TANE, 1967) ;
- un dyke dolérito-spilitique (combe du Veyre) situé à la base SE de cette cheminée ;
- un dyke spilitique (Crupillouse) faisant corps au versant W de la cheminée avant de se résoudre en un réseau filonien spilitique ramifié dans les gneiss ceillés (Clapouse).

Ces dykes, de même nature que les coulées spilitiques voisines de Morges, en constituent vraisemblablement les cheminées d'amenée, bien que le décollement général de la couverture sédimentaire de son substratum cristallin au niveau des assises triasiques en masque les relations directes. Ce phénomène, d'ailleurs, n'est pas isolé et le cortège intrusif de la base de la Rouite est certainement en relation directe avec les coulées situées géographiquement au-dessus : la couverture sédimentaire étant, dans ce secteur, pratiquement en place.

La paragenèse des dolérites correspond à l'ordre de cristallisation suivant : apatite, magnétite, feldspaths, augites, hornblendes brunes, biotites puis les produits d'altération : amphiboles, chlorites, calcite, quartz et épidotes. Pour les spilites filoniennes cette paragenèse se simplifie en raison du grand développement des minéraux hydrothermaux mais reste cependant voisine de celle des dolérites sauf en ce qui concerne la présence de fantômes de périclites : ceux-ci sont souvent bien visibles et parfois nombreux dans tous les faciès spilitiques quels qu'ils soient (filons isolés, bordures filoniennes), alors que l'absence de fantômes de périclites est générale et caractéristique de tous les faciès doléritiques. Cette absence peut s'interpréter par une cristallisation lente des filons autorisant la fusion incongruente des périclites en pyroxènes (seul minéral visible), alors que dans les bordures filoniennes,

les filons décimétriques et les coulées, une cristallisation plus rapide inhibe cette fusion.

Une autre différence majeure apparaît également, mais entre le cortège filonien pris dans son ensemble et les épanchements : il s'agit de la cristallisation de l'apatite. Toujours tôt formée, antérieure à la cristallisation des pyroxènes dans les dolérites ophitiques où ses prismes trapus témoignent d'une cristallisation lente, ou alors postérieurs à ceux-ci et en cristaux aciculaires traduisant une cristallisation plus rapide dans tous les autres faciès filoniens même spilitiques, elle n'apparaît nulle part dans les coulées. Son absence suggère un déficit originel en Ca au moment de leur mise en place.

• Les *feldspaths plagioclases* appartiennent à des séries BT. L'histogramme de fréquence des teneurs en An des plagioclases des dolérites montre une distribution très dissymétrique avec un maximum pour les teneurs voisines de An₅. La diminution des teneurs en Ca des plagioclases est progressive depuis les dolérites s. str. et ophitiques où les gros cristaux de labrador An₅₅ cohabitent avec des andésines plus petites An₄₀, en passant par les dolérites microcristallines à oligoclase et les dolérites à chlorite (albite An₅) jusqu'aux spilites à albite BT pure. Ce sont des lattes automorphes, parfois séricitisées ou masquées par la chlorite ou encore kaolinisées. Dans les filons spilitiques l'envahissement des péristérites par la calcite diffuse avec ou sans quartz est fréquent.

L'*orthose pure* (Or₉₅₋₁₀₀), en plages xénomorphes, présente des altérations identiques à celles des plagioclases.

• L'*augite basaltique titanifère* présente les mêmes caractéristiques que celles des laves (ph. 7) : cristaux pœcilitiques (englobant plagioclases et apatite) à altération périphérique complexe passant à la hornblende brune puis verte, aux trémolites-actinotes et enfin aux chlorites. L'altération directe en chlorite s'accompagne généralement de calcite. Sur les cristaux sains la composition chimique est invariante, sans zonation.

• L'amphibole primaire est une *hornblende brune basaltique* (ph. 8) particulièrement abondante dans certains faciès : prismes des dolérites s. str., fibres aciculaires des dolérites microcristallines. L'altération est identique à celle des hornblendes provenant des pyroxènes et aboutit, dans tous les cas, à la

chlorite ; la cristallisation intermédiaire de biotite est plus rare.

• Parmi les micas, la *biotite aautomorphe primaire* a une composition comprise entre celles des phlogopites et des biotites magrésiennes. Les *muscovites et phengites* sont issues de l'altération des plagioclases.

• Les *chlorites* ne prennent une réelle importance que dans les faciès spilitiques, mais partout où elles sont présentes leurs compositions, homogènes, sont centrées sur le domaine du *ripidolite*.

• Les *minéraux opaques, carbonates, quartz et épidotes* des filons ont les mêmes caractéristiques et habitus que dans les laves.

• Les *spinelles* (picotite, chromite) et la *limonite* sont présents dans les gros nodules de péridotites du dyke de la combe du Veyre, ainsi que dans ceux, plus petits, de Champoléon. Ils occupent les interstices laissés libres dans l'agrégat de fantômes d'olivine et de pyroxène pseudomorphosés par la calcite, le quartz et la chlorite (ph. 9).

Il se dégage de l'ensemble filonien une continuité dans l'évolution matérialisée par :

- les amas grenus de dolérites ophitiques représentant des poches magmatiques de produits déjà évolués et s'apparentant à un stade de différenciation précoce ;
- la grande masse des dolérites banales ou porphyriques et leurs bordures de refroidissement riches en amphibole (dolérites microcristallines), en chlorite ou franchement spilitiques (ainsi que les filons isolés et peu épais de même nature) individualisant un stade enrichi en éléments volatils ;
- le système volcanique de l'Aiguille Fourchée avec son appareil complet : cheminée bréchique et dykes issus d'elle se résolvant en un réseau filonien spilitique en rapport évident avec les épanchements laviques situés à proximité, représentant des termes plus différenciés sous l'action des phases hydrothermales.

Une évolution identique existe au niveau de l'ensemble effusif avec des faciès franchement doléritiques à structure subophitique ou intersertale et pyroxènes intacts passant à des faciès microlitiques fluidaux spilitiques (coulées du Valbonnais et de Beaufin).

Les critères de l'appartenance du cortège filonien au volcanisme spilitique peuvent se résumer de la manière suivante :

- Au niveau des dolérites du Sirac :
 - passage continu, sur le terrain, dans un même amas ou un même filon, d'un faciès doléritique classique au cœur à un faciès de bordure enrichi en minéraux hydrothermaux ;
 - passage continu, au point de vue minéralogique, d'une roche à labrador An_{55} - augite - hornblende - magnétite - apatite - orthose à des faciès possédant : oligoclase An_{20} - hornblende - biotite - apatite - orthose - magnétite, puis : albite An_5 - chlorite - magnétite - apatite - orthose, enfin : albite An_0 - chlorite - calcite - quartz - fantômes de périclites et oxydes de fer. C'est-à-dire qu'il y a remplacement progressif et visible d'une paragénoise HT par une paragénoise BT et apparition lente et continue du caractère spilitique.
- Au niveau du complexe volcanique de l'Aiguille Fourchée :
 - les faciès représentés dans la cheminée et dans les dykes possèdent les mêmes caractères que ceux des dolérites et spilites filoniens mais *le caractère spilitique est plus développé* parce que les structures sont surtout microlitiques, porphyriques ou fluidales, avec prépondérance de la mésostase chloriteuse et calcique, passage des microlites d'oligoclase à ceux d'albite et présence constante de périclites et pyroxènes chloritisés ;
 - présence de nodules de périclites inclus dans une matrice spilitique et remontés le long des parois du dyke adjacent de la cheminée principale.
- Au niveau des laves de la couverture :
 - *réalisation complète, dans toutes les structures, du caractère spilitique* avec ses quatre termes essentiels : feldspaths alcalins, chlorites, carbonates, minéraux opaques. Il existe encore des pyroxènes intacts dans les structures intersertales des cœurs de quelques coulées mais partout ailleurs la trame feldspathique est constituée d'albite pure et la mésostase chlorito-hématitique (verre dévitrifié) à calcite diffuse enserme des fantômes de périclites ;
 - position des gisements spilitiques alignés sur des décrochements NE-SW auxquels s'associe

un réseau de fissures d'extension NS cicatrisé par les filons basiques et mettant en relation étroite les dykes et coulées notamment entre l'Aiguille Fourchée et Morges, Champoléon et la Route.

Par ces critères successifs est bien mise en évidence *l'unicité du cortège intrusif et effusif des Ecrins-Pelvoux* comprenant :

- un réseau filonien basique essentiellement doléritique à caractère spilitique peu développé ;
- un ensemble cheminée-dykes dolérito-spilitique à caractère spilitique plus prononcé ;
- une série effusive où le caractère spilitique est toujours totalement réalisé.

La spilitisation se développe donc de manière continue et homogène et affecte progressivement tout l'ensemble du cortège intrusif et effusif basique des Ecrins-Pelvoux.

Par ailleurs, les laves spilitiques de la couverture sédimentaire aussi bien que les filons basiques inclus dans le socle et le socle lui-même sont affectés par des *recristallisations secondaires synchisteuses* sous des conditions équivalentes à celles du faciès schistes verts (limites anchizone - épizone). Elles sont indépendantes de certaines altérations anciennes (chlorite) visibles dans le socle et qui ne sont pas liées à la schistosité. L'intensité de cette altération récente à caractère hydrothermal *croît d'Ouest en Est*, des gisements les plus externes à ceux inclus dans le socle alors que *le caractère spilitique se développe en sens inverse*, des filons basiques du socle aux laves de la couverture. Il y a là *deux effets successifs d'une altération hydrothermale indépendants l'un de l'autre et d'origine différente.*

GÉOCHIMIE

L'étude géochimique du cortège dolérito-spilitique des Ecrins-Pelvoux repose sur le traitement de 215 analyses dont 121 sur des laves et 94 sur des filons, effectuées soit au Laboratoire de Quantométrie du C.R.P.G. de Nancy, soit au Laboratoire de Chimie de l'Institut Dolomieu, auxquelles s'ajoutent 73 dosages complémentaires par fluorescence X de K, Ca, Rb et Sr sur l'ensemble intrusif et effusif¹.

¹ En raison du volume des données analytiques, il n'a pas été possible de les reproduire *in extenso*.

TABLEAU II

Moyenne des éléments majeurs.

1 : Basaltes tholéitiques à olivine ; 2 : Basaltes alcalins à olivine ; 3 : Tous les basaltes mondiaux ; 4 : Tous les basaltes océaniques (données de MANSON, 1967) ; 5 : Coulées spilitiques des Ecrins Pelvoux ; 6 : Les dolérites ophitiques, porphyriques et banales ; 7 : Le cortège filonien dolérito-spilitique.

n : Nombre de données, (a) 131 échantillons, (b) 76 éch., (c) 157 éch.

n	1	2	3	4	5	6	7
	182	247	1513	460	121	44	94
SiO ₂	48.6	48.5	49.9	48.5	46.6	46.9	46.8
Al ₂ O ₃	15.5	16.3	16.2	15.0	15.4	15.5	15.1
Fe ₂ O ₃ tot	12.3	12.0	11.7	12.6	11.6	11.7	11.4
MgO	8.4	6.6	6.3	7.2	6.3	7.9	7.3
CaO	10.3	9.9	9.8	10.5	4.7 (a)	7.3 (b)	6.9 (c)
Na ₂ O	2.3	3.0	2.8	2.5	3.4	3.2	3.0
K ₂ O	0.6	1.0	1.1	0.8	2.7 (a)	1.4 (b)	1.6 (c)
TiO ₂	1.7	2.2	1.6	2.6	2.0	2.2	2.0
MnO	0.17	0.17	0.17	0.17	0.10	0.17	0.19
H ₂ O+	0.9	0.9	1.0	0.8	4.1	2.7	2.8
CO ₂					2.5	1.2	2.0

TABLEAU III

Répartition de quelques éléments en traces :

(a) données de PRINZ, 1967 ;

(b) données nouvelles sur le cortège dolérito-spilitique des Ecrins-Pelvoux.

n : Nombre de données ; G : Gamme des teneurs ; \bar{x} : Moyenne des teneurs.

éléments en ppm	basaltes tholéitiques à olivine (a)			basaltes alcalins à olivine (a)			coulées spilitiques (b)			filons dolérito-spilitiques (b)		
	n	G	\bar{x}	n	G	\bar{x}	n	G	\bar{x}	n	G	\bar{x}
Ba	32	10 1000	215	41	20 1000	359	61	10 1000	191	17	50 450	205
Co	31	20 75	43	40	20 20	43	61	5 100	44	17	25 50	37
Cu	22	3 200	75	24	16 300	126	61	5 270	44	17	50 400	109
Sr	31	57 1000	350	39	18 1000	566	145	50 750	233	128	80 650	310
V	32	60 450	183	40	37 500	266	61	70 250	188	17	110 210	170
Li	15	2 15	7	24	2 40	11	61	10 250	96	17	20 220	116
Rb	18	0 50	11	26	0 150	23	145	0 470	97	128	10 250	75

Les dolérites porphyriques et ophitiques ainsi que celles constituant le cœur des gros filons peuvent être considérées comme les termes les moins différenciés du cortège et leur composition moyenne (tabl. II) présente, de fait, beaucoup d'affinités avec les roches basaltiques notamment en ce qui concerne Al, Fe, Mg et Ti dont les teneurs sont bien centrées sur les médianes des basaltes. Quant aux variations de Ca, K et Na, elles sont corrélées au caractère spilitique et s'estompent au niveau des filons.

Les éléments majeurs et en traces (tabl. II et III) sont groupés sous deux rubriques : les éléments peu variants : ce sont les cations polyvalents Fe, Ti, V, Al et Co ainsi que Si ; les éléments variants : ce sont les cations alcalins K, Na, Rb, Li, Tl ainsi que Mg — les cations alcalino-terreux Ca, Sr, Ba ainsi que Mn et les éléments volatils principalement H et C.

1. Les éléments peu variants.

— FER (fig. 5).

Il présente une corrélation positive nette avec Ti et V et le groupe ainsi formé évolue indépendamment des autres éléments. La distribution de Fe, gaussienne pour les filons, est déformée au niveau des laves ; la dispersion des valeurs est également très sensible pour les filons spilitiques, néanmoins les valeurs moyennes, de même que les médianes de l'ensemble du cortège restent compatibles avec celles des *basaltes continentaux*.

— TITANE (fig. 6).

Contrairement à Fe la dispersion de Ti est plus forte dans les filons que dans les laves et extrême pour les dolérites s. str. et les dolérites à chlorite. Dans les coulées la distribution est gaussienne. Les deux médianes sont voisines de celle des *basaltes à olivine* normative ; l'ensemble du cortège serait donc à rapprocher de ces derniers, mais si l'on

cherche à préciser davantage cette comparaison, de nombreuses difficultés surgissent.

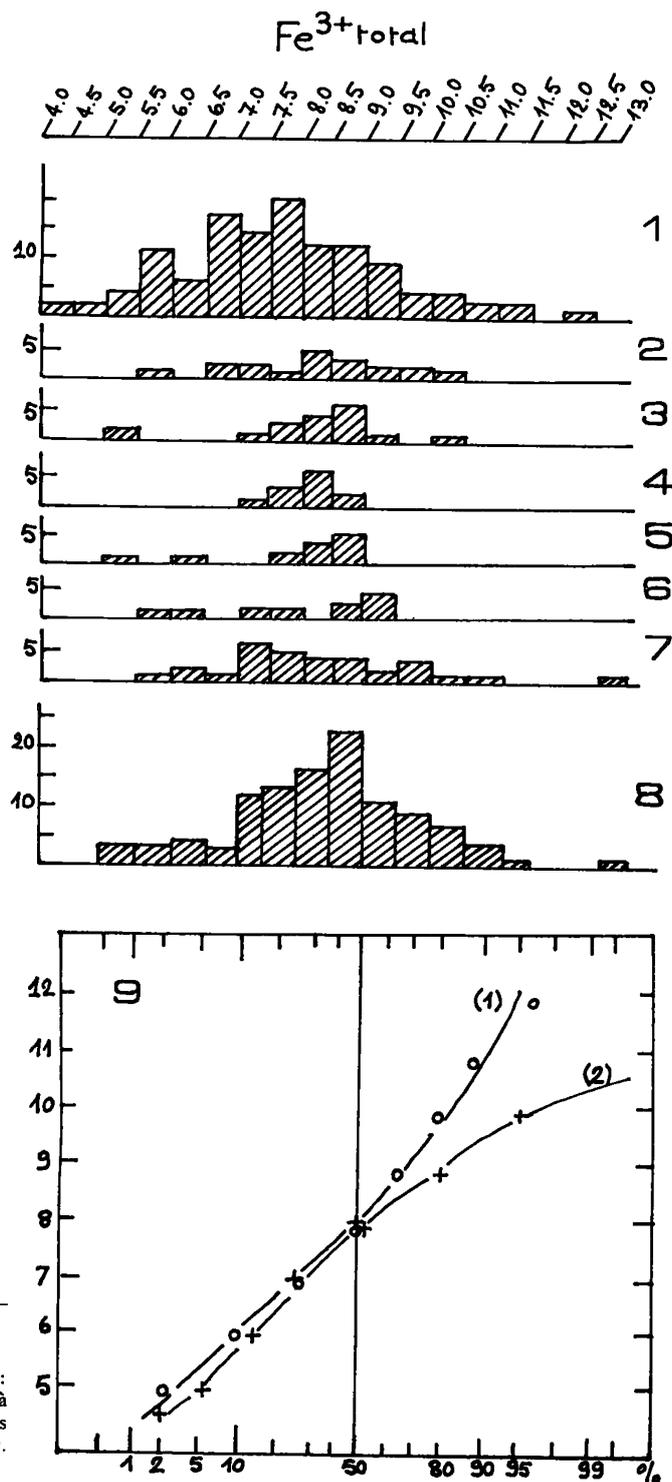


Fig. 5. — Fréquence du Fer (en g/100 g de roche).

1, Laves spilitiques (121 éch.) ; 2 à 8, Filons dolérito-spilitiques : ophitiques (18 éch.), s. str. (14 éch.), porphyriques (12 éch.), à amphibole (10 éch.), à chlorite (9 éch.), spilitiques (31 éch.), tous les filons (94 éch.) ; 9, Fréquences cumulées sur l'abaque de Henry. — (1) Laves spilitiques ; (2) Filons dolérito-spilitiques.

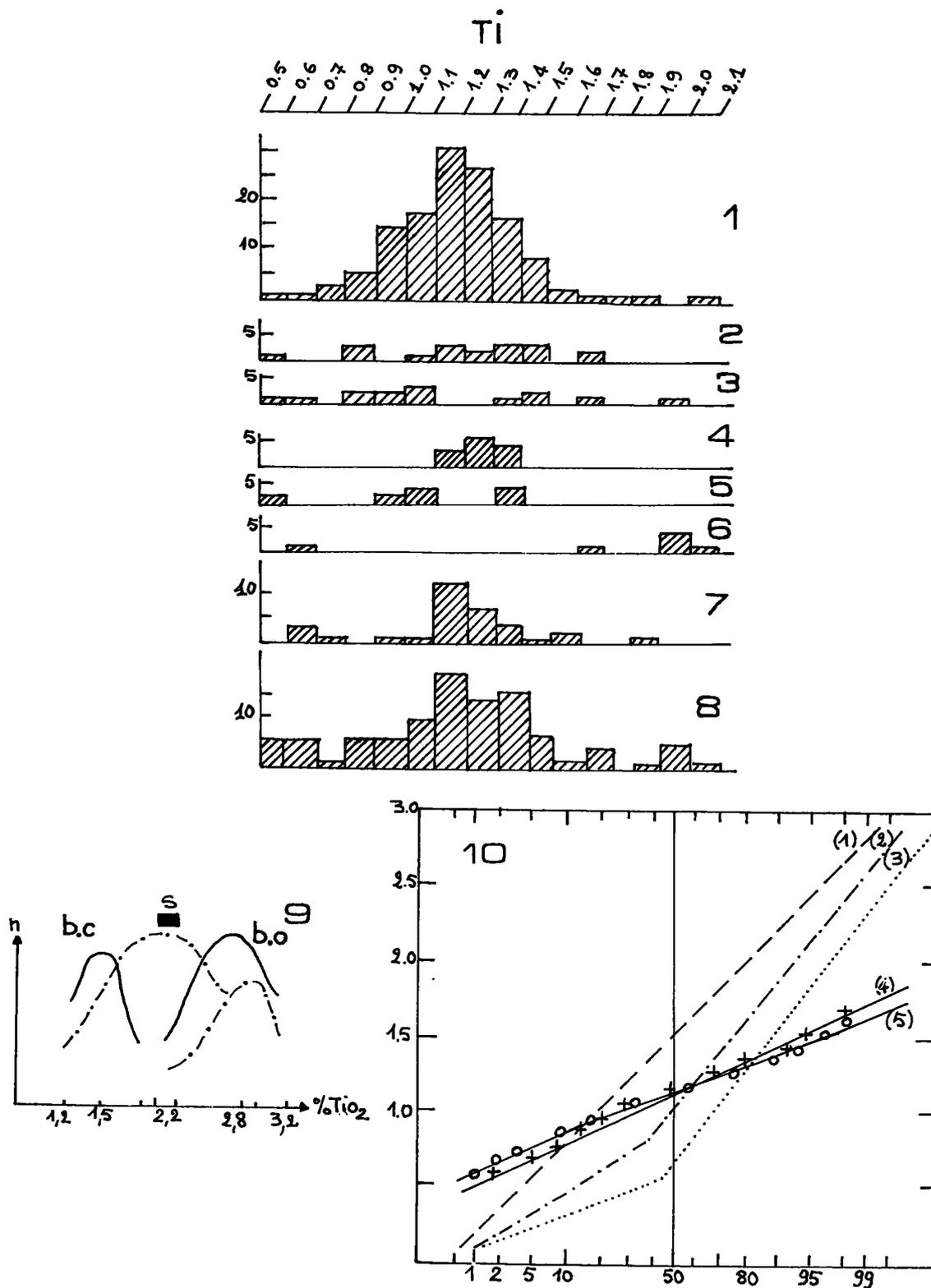


Fig. 6. — Fréquence du Titane (en g/100 g de roche).

1 à 8, Même légende que fig. 5; 9, Séparations des basaltes continentaux et océaniques d'après les données de CHAYES, 1965 (traits pleins) et de MANSON, 1967 (tiretés) : S, Spilites des Ecrins-Pelvoux; bc, Basaltes continentaux; bo, Basaltes océaniques; 10, Fréquences cumulées : (1) Basaltes à quartz normatif; (2) Basaltes à olivine et hypersthène normatifs; (3) Basaltes à néphéline normative (d'après MANSON, 1967); (4) Cortège filonien doléritospilitique; (5) Cortège effusif spilitique.

En effet, pour CHAYES (1965) il existe une coupure fondamentale à 1,75 % TiO_2 entre le maximum de fréquence des basaltes océaniques (2,8) et des basaltes circumpacifiques (1,5). Etant donné que le cortège étudié présente un maximum à 2,1 % TiO_2 , identique à celui des spilites riches en Ti de la Brévenne (FONTEILLES, 1968), il serait à rapprocher des *basaltes océaniques* (bien que les valeurs soient étalées sur les deux domaines). Cependant dans l'hypothèse d'une parenté du cortège doléritico-spilitique avec des basaltes alcalins, les histogrammes extrapolés à partir des données de CHAYES et de MANSON (1967) permettraient plutôt de conclure à une similitude avec une *série de type continental particulièrement titaniifère* ; alors qu'en se référant aux données de NOCKOLDS (1954) pour qui les basaltes tholéitiques à 2,0 % TiO_2 en moyenne s'opposent aux basaltes alcalins (2,6 %), cette parenté ne se confirme plus.

Ti apparaît donc peu discriminant au niveau de l'ensemble du cortège doléritico-spilitique, car quelle que soit la partition basaltique considérée il apparaît intermédiaire entre les valeurs moyennes des différents domaines. Cependant les dolérites, les plus voisines chimiquement des basaltes, sont enrichies en Ti de même que les laves spilitiques considérées

depuis les gisements les plus externes (Aspres : 1,65 % TiO_2 ; Hurtières et Prés-Clos : 1,9 %) jusqu'aux plus internes (Vallon long : 2,09 % ; Morges : 2,35 %). Il y a donc une richesse en Ti, donc une tendance plus marquée à se rapprocher des basaltes alcalins pour les filons et les laves inclus dans le cristallin que pour les épanchements qui en sont éloignés. Ceci laisse supposer que *l'ensemble volcanique des Ecrins-Pelvoux s'est peut-être mis en place à la charnière d'un domaine océanique et d'un domaine continental* avec cependant une tendance continentale dominante vers le cœur du massif.

— VANADIUM (fig. 7).

La teneur moyenne de V est très légèrement supérieure dans les laves (188 ppm) que dans les filons (170 ppm), et cet enrichissement n'est pas en contradiction avec les caractères d'une évolution alcaline. La distribution reste gaussienne dans les deux cas et les médianes respectives (200 ppm environ) sont proches de celles des *partitions basaltiques en général*. On constate également, au niveau de l'ensemble du cortège, que les faciès doléritiques sont plus riches en V que les faciès microlitiques, ce qui traduit bien l'association V-Fe

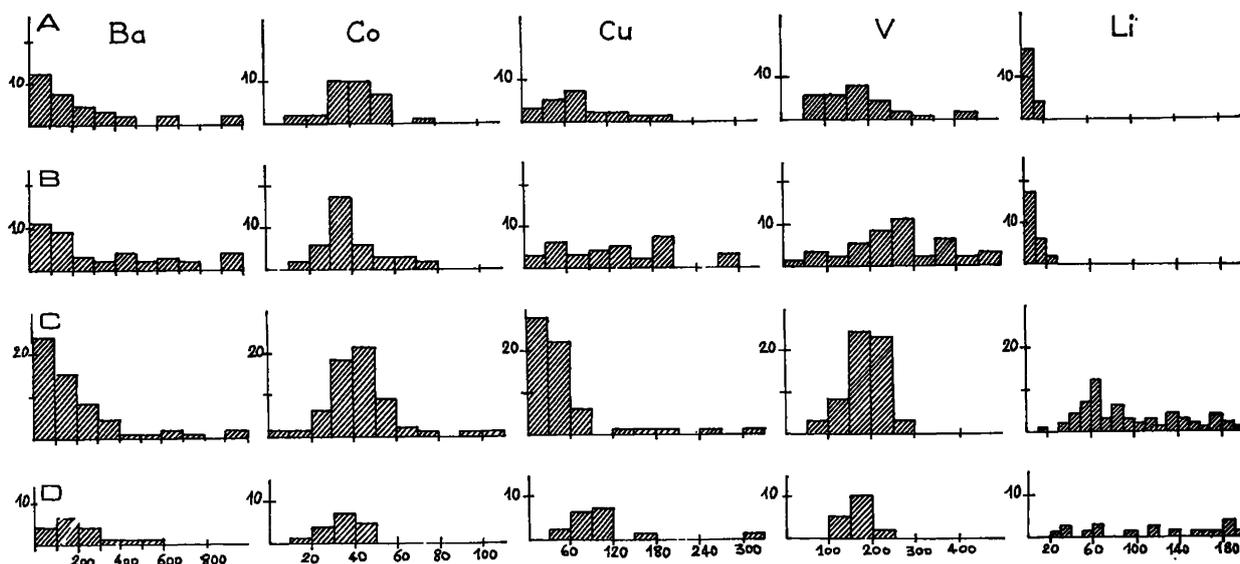


Fig. 7. — Fréquence de quelques éléments en traces (en ppm).

A, Tholéites à olivine normative ; B, Basaltes alcalins à olivine normative (d'après les données de PRINZ, 1967) ; C, Coulées spilitiques (61 éch.) ; D, Filons doléritico-spilitiques (17 éch.).

rencontrée dans la magnétite, les pyroxènes, les amphiboles et les micas (EVANS, 1969).

— ALUMINIUM (fig. 8).

Al est, dans l'ensemble, peu variant, avec une distribution gaussienne et des valeurs moyennes plus élevées pour les laves que pour les filons, mais cependant proches de celles des *basaltes tholéitiques* et des *basaltes océaniques*. Sa distribution est intéressante à suivre dans les filons où les moyennes décroissent régulièrement des dolérites ophitiques aux spilites, c'est-à-dire des cœurs aux bordures filoniennes, avec les valeurs les plus faibles pour les dolérites à chlorite. Les variations enregistrées traduisent la corrélation positive Si-Al-Na des spilites filoniens ; en effet, la courbe de répartition de ces trois éléments est bimodale avec de faibles teneurs correspondant aux dykes de la cheminée éruptive de l'Aiguille Fourchée.

— COBALT (fig. 7).

La distribution de Co est identique à celle de V avec une moyenne légèrement plus forte pour les laves (44 ppm) que pour les filons (37 ppm). Ces valeurs sont compatibles avec l'abondance de Co dans les *roches basaltiques à olivine* (43 ppm) et sont un bon indicateur de la non-différenciation de l'ensemble du cortège dolérito-spilitique.

— SILICIUM (fig. 9).

Les valeurs de Si décroissent des dolérites à chlorite aux spilites pour lesquelles la dispersion est extrême et la répartition bimodale (coulées et filons). Au niveau des laves le premier maximum correspond aux structures dévitrifiées ou à mésostase chlorito-calcique abondante et vacuoles de calcite, sans position préférentielle de la lave au sein du gisement. Le deuxième maximum reflète les structures fines entièrement cristallisées et à mésostase pratiquement inexistante, souvent sans calcite décelable. Pour les filons le premier mode est celui des dykes de l'Aiguille Fourchée où la calcite est toujours abondante, alors que le deuxième représente surtout des bordures filoniennes altérées, proches des dolérites à chlorite.

L'opposition des faciès siliceux et calciques, en d'autres termes de Si et Ca, s'exprime donc claire-

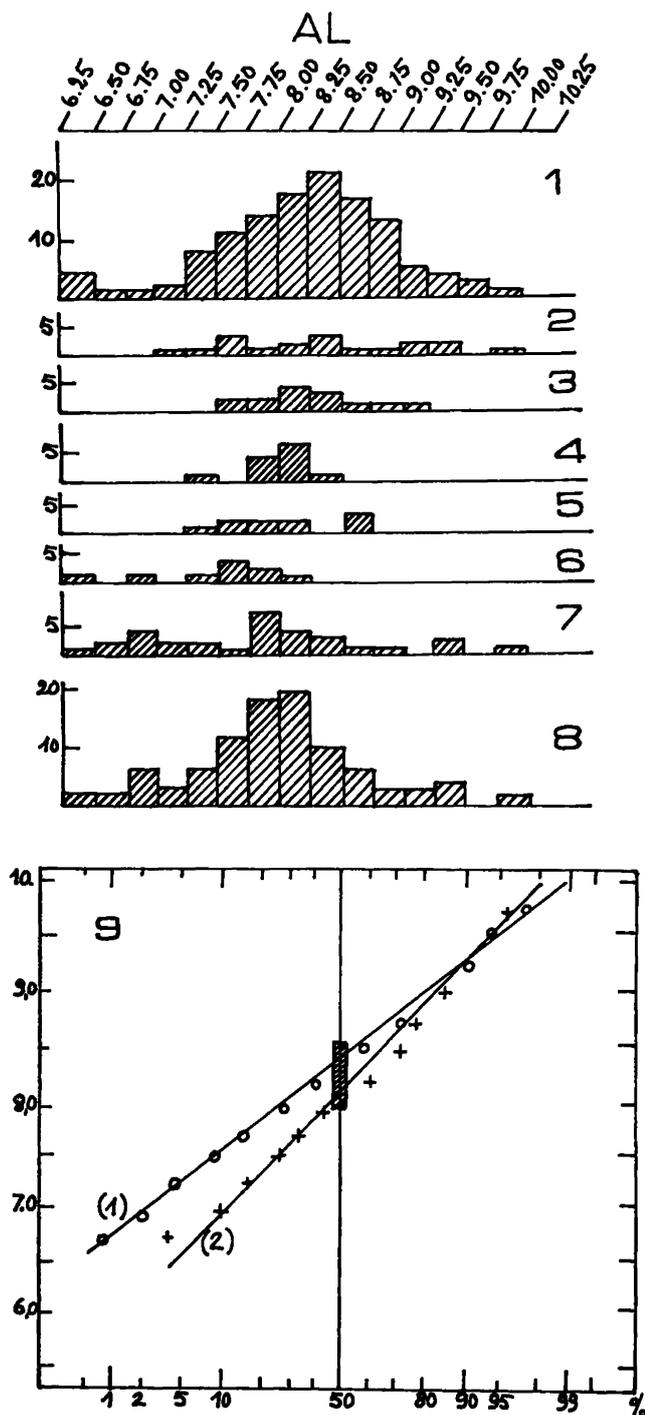


Fig. 8. — Fréquence de l'Aluminium (en g/100 g de roche).
1 à 9, Même légende que fig. 5 ; 9, En grisé, lieu des médianes des basaltes (MANSON, 1967).

ment tout au long du cortège et représente l'une des caractéristiques de la spilitisation. Par ailleurs, une très bonne corrélation positive entre Si, Na et Al est particulièrement bien mise en évidence au niveau des spilites filoniens, donnant plus d'importance aux variations qualitatives d'albite qu'à celles du quartz.

La médiane de l'ensemble filonien est voisine de celle des *basaltes à olivine*, mais dans les coulées, même lorsqu'elles sont doléritiques (46,9 % SiO₂), les teneurs en Si sont toujours trop faibles pour s'accorder avec une partition basaltique quelle qu'elle soit. *La perte en Si est générale et identique pour tous les termes du cortège dolérito-spilitique*, car mis à part les variations locales dues à l'opposition Si-Ca ou à la corrélation Si-Na, Si reste peu variant sur l'ensemble filons-laves.

Quelques constatations peuvent être faites au sujet des éléments peu variants au cours de la spilitisation :

- leur distribution est compatible avec celle des *roches basaltiques* sans toutefois que se dégage un critère de répartition déterminant pour remonter au magma original ;
- le comportement de V et Co, dont les concentrations invariantes ne montrent pas de tendance à l'appauvrissement, est un argument supplémentaire en faveur de la *non-différenciation du cortège dolérito-spilitique* ;
- les variations de Ti observables suivant la position des gisements par rapport au socle cristallin laissent supposer une mise en place du cortège à la *charnière des domaines océanique et continental*.

2. Les éléments variants.

A) Les alcalins K, Na, Rb, Li ainsi que Ti et Mg.

— POTASSIUM (fig. 10).

La répartition de K est différente au niveau des coulées et des filons.

* Dans les coulées la distribution des fréquences est bimodale. Les fortes teneurs (supérieures à 7 %

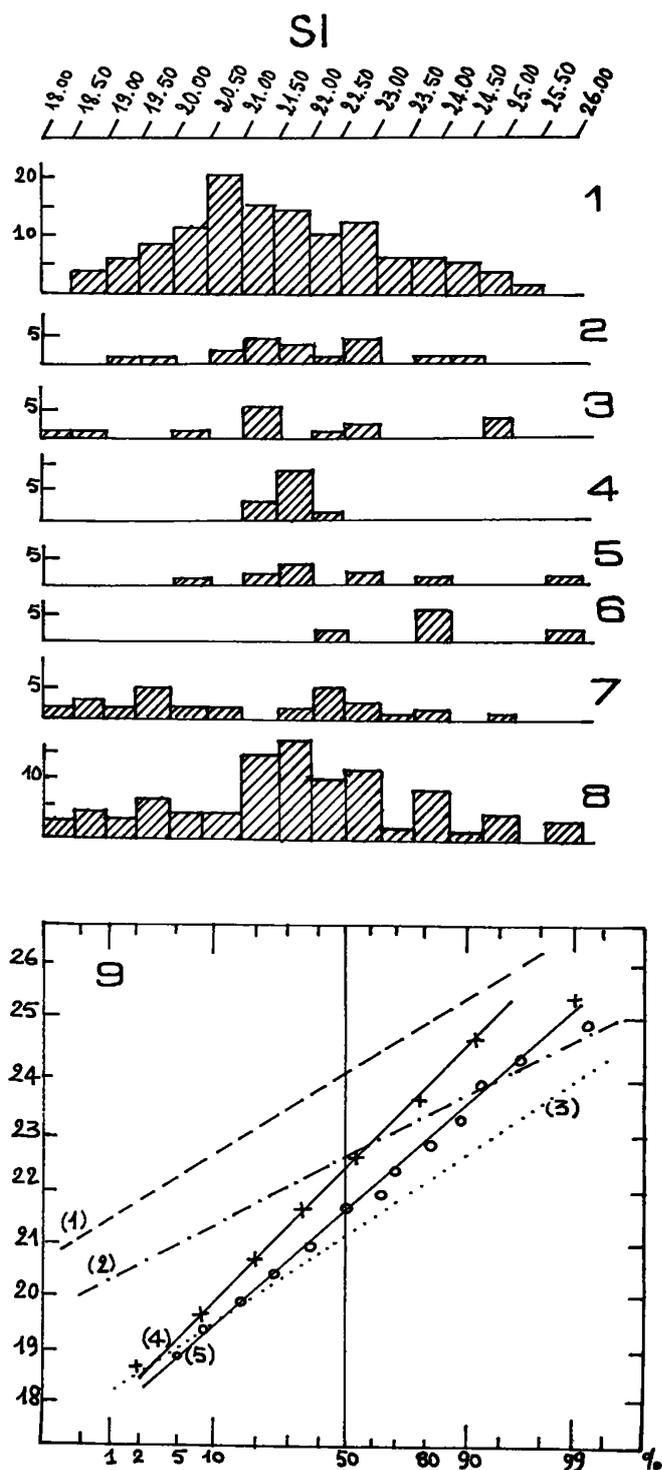
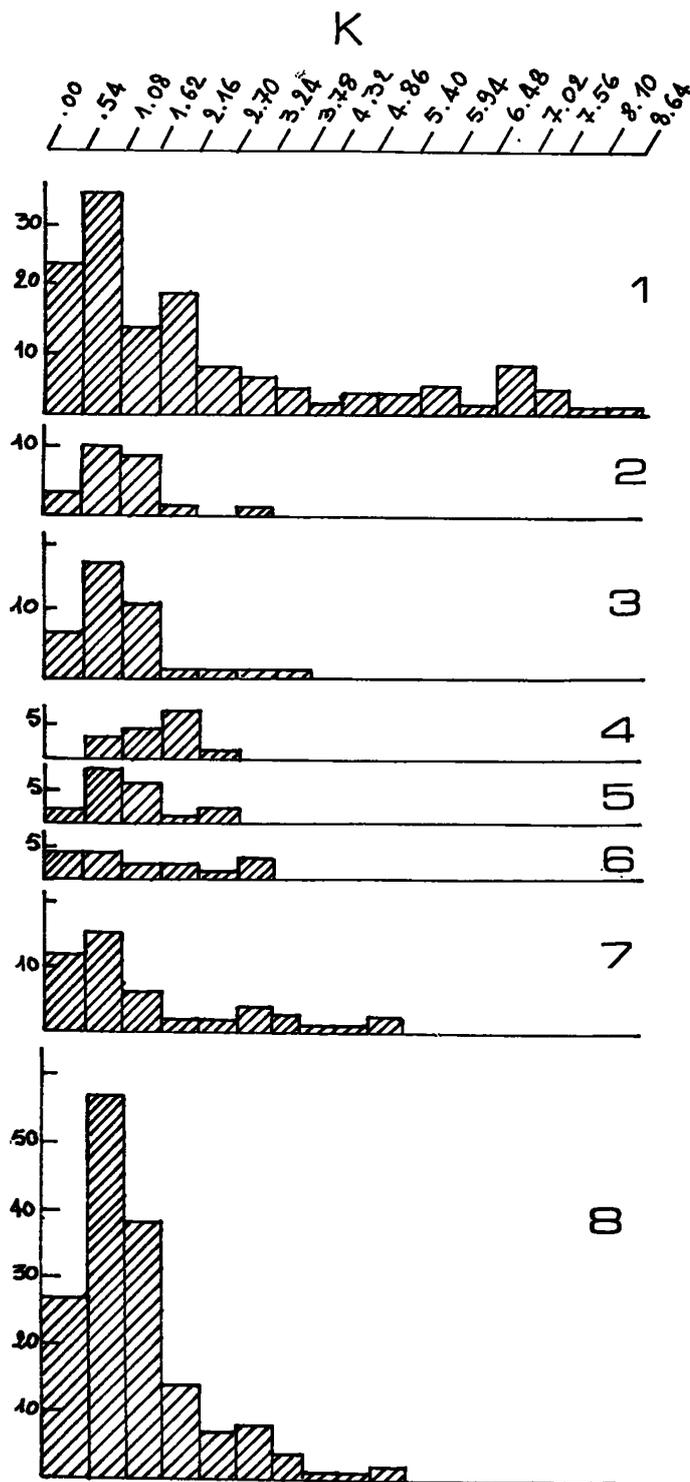


Fig. 9. — Fréquence du Silicium (en g/100 g de roche).
1 à 8, Même légende que fig. 5 ; 9, Fréquences cumulées : (1) à (5), même légende que fig. 6.

K₂O) représentent seulement 10 % de l'ensemble effusif et correspondent à un excès de K distribué



de manière aléatoire dans les coulées d'un même secteur : Valbonnais - lac du Vallon en liaison probable (bien que non prouvée) avec les filons de minettes du socle et de manière progressive, du S au N, le long du linéament Morges - Rochail. Si donc l'on fait abstraction, pour l'étude de la spilitisation, de cette surconcentration locale, la distribution de K se rapproche d'une courbe lognormale avec une médiane (0,8 % K) voisine de celle des *basaltes alcalins à olivine* (0,87 % K).

* Dans les filons la répartition de K est lognormale et les surconcentrations sont bien localisées. Elles correspondent :

- pour les *dolérites à chlorite* à un seul filon isolé (Glacier Noir), très éloigné géographiquement du cortège du secteur Sirac - Selle - Champoléon et qui peut ne pas appartenir au même système mais à des intrusions contemporaines de la mise en place des lamprophyres ;
- pour les *dolérites porphyriques* à une accumulation d'orthose à côté de la biotite et de la séricite. Cette abondance de feldspath potassique est contemporaine de la cristallisation de la roche et correspond à des phénomènes tardimagmatiques, car ces venues recoupent tous les autres filons doléritiques et présentent seules, à l'exclusion de toute autre, des teneurs deux à trois fois supérieures à celles des filons recoupés. D'autre part la cristallisation d'orthose n'est pas envisageable au cours des réactions à basse température dont l'ensemble du cortège a postérieurement été le siège et qui ont donné naissance à des minéraux apparaissant dans des conditions analogues à celles de l'anchizone-épizone. Ces filons représenteraient plutôt les *voies de cheminement de liquides magmatiques résiduels riches en K*, ou de solutions hydrothermales liées à l'activité magmatique. Ces surconcentrations apparaissent également liées aux structures porphyriques car seul ce type doléritique en est affecté ;

Fig. 10. — Fréquence du Potassium (en g/100 g de roche).

1, Laves spilitiques (131 éch.) ; 2 à 8, Filons dolérito spilitiques, ophitiques (23 éch.), s. str. (38 éch.), porphyriques (15 éch.), à amphibole (19 éch.), à chlorite (16 éch.), spilitiques (46 éch.), tout le cortège filonien (157 éch.).

— pour les *spilites filoniennes* aux intrusions proches d'un réseau lamprophyrique ainsi qu'aux dykes d'alimentation de l'ensemble éruptif de l'Aiguille Fourchée.

Pour les autres filons doléritiques les moyennes des valeurs de K (1,2 à 1,3 % K_2O) présentent un très faible enrichissement par rapport à celles des *basaltes alcalins* et des *basaltes continentaux* (1,0 et 1,1 % K_2O).

— SODIUM (fig. 11).

Comme pour K la distribution de Na est différente dans les coulées et dans les filons : à tendance gaussienne dans le cortège intrusif, elle devient trimodale au niveau des laves. Ceci est la conséquence de trois constatations importantes :

- Na est toujours très bien corrélé négativement à K ;
- la corrélation positive entre (Na + K) et K fait apparaître que la somme des alcalins est une fonction croissante de K ;
- Na se concentre préférentiellement dans les structures intersertales porphyriques (laves et filons).

Pour les laves les valeurs extrêmes de Na, faibles ou fortes, correspondent aux gisements potassiques cités précédemment ; la répartition de K n'étant pas homogène, chaque fois que K décroît, Na augmente. Le cortège filonien, pour sa part, présente les caractéristiques suivantes :

- la médiane de l'ensemble n'est que légèrement supérieure à celle des basaltes alcalins à olivine ;
- les dolérites ophitiques, banales, porphyriques et à amphibole ont des teneurs moyennes en Na assez constantes (voisines de 3,2 % Na_2O) alors que celles de K fluctuent plus largement (1,2 - 1,9 % K_2O). La somme des moyennes des alcalins ($K_2O + Na_2O$) passe progressivement de 4,4 % (dolérites s. str.) à 4,6 % (dolérites porphyriques), 4,9 % (dolérites à amphibole) et jusqu'à 5,0 % (dolérites porphyriques) ;

— le groupe des dolérites à chlorite et des spilites filoniennes présentent de plus grandes varia-

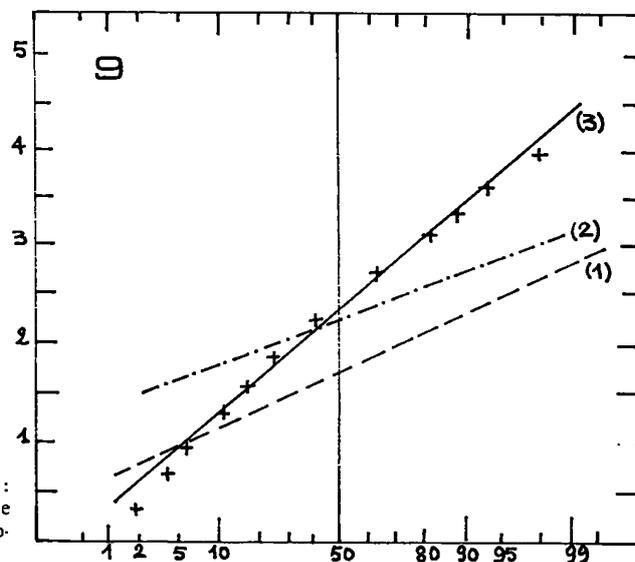
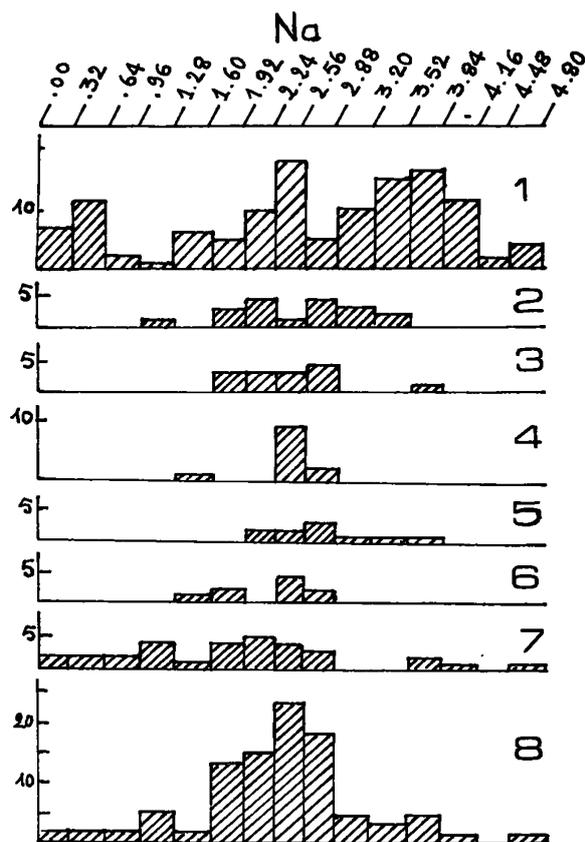


Fig. 11. — Fréquence du Sodium (en g/100 g de roche).

1 à 8, Même légende que fig. 5 ; 9, Fréquence cumulée pour : (1) les basaltes tholéitiques à olivine, (2) les basaltes alcalins à olivine (données de MANSON, 1967), (3) tout le cortège filonien doléritospilitique.

tions dans la répartition des alcalins. Suivant la prédominance de l'un ou l'autre élément, la moyenne de K_2O passe de 0,9 à 1,1 % pour les échantillons riches en Na, de 2,9 à 3,2 % pour les échantillons riches en K ; de même la moyenne de Na_2O passe de 3,2 à 3,6 % pour les échantillons riches en Na et de 1,9 à 2,6 % pour les échantillons riches en K ; et la somme des moyennes des alcalins de 3,8 à 6,1 % et de 4,6 à 5,1 % suivant que la dolérite ou la spilitite s'enrichissent en K. En se basant sur la somme globale des alcalins des partitions basaltiques les plus alcalines : 4 % pour les basaltes alcalins à olivine, 3,9 % pour les basaltes continentaux, on note donc un *enrichissement progressif en alcalins du cortège dolérito-spilitique* : 4,4 à

4,9 % lorsque K n'est pas concerné et une *sur-concentration très nette en alcalins* : 5,0 à 6,1 % lorsque K est concerné, c'est-à-dire dans les structures porphyriques, dans certains filons spilitiques voisins d'un réseau lamprophyrique et dans les dolérites à chlorite du Glacier Noir. Le caractère alcalin, spécifique de la spilitisation, se développe donc lentement et l'alcalinité peu marquée des faciès doléritiques filoniens du début de la lignée dolérites-spilites est compatible avec une origine de *basalte alcalin à olivine*.

L'utilisation d'un diagramme chimique particulièrement bien discriminant des différenciations basaltiques (DE LA ROCHE et LETERRIER, 1973) permet également de suivre l'évolution du cortège dolérito-spilitique et d'en préciser l'origine.

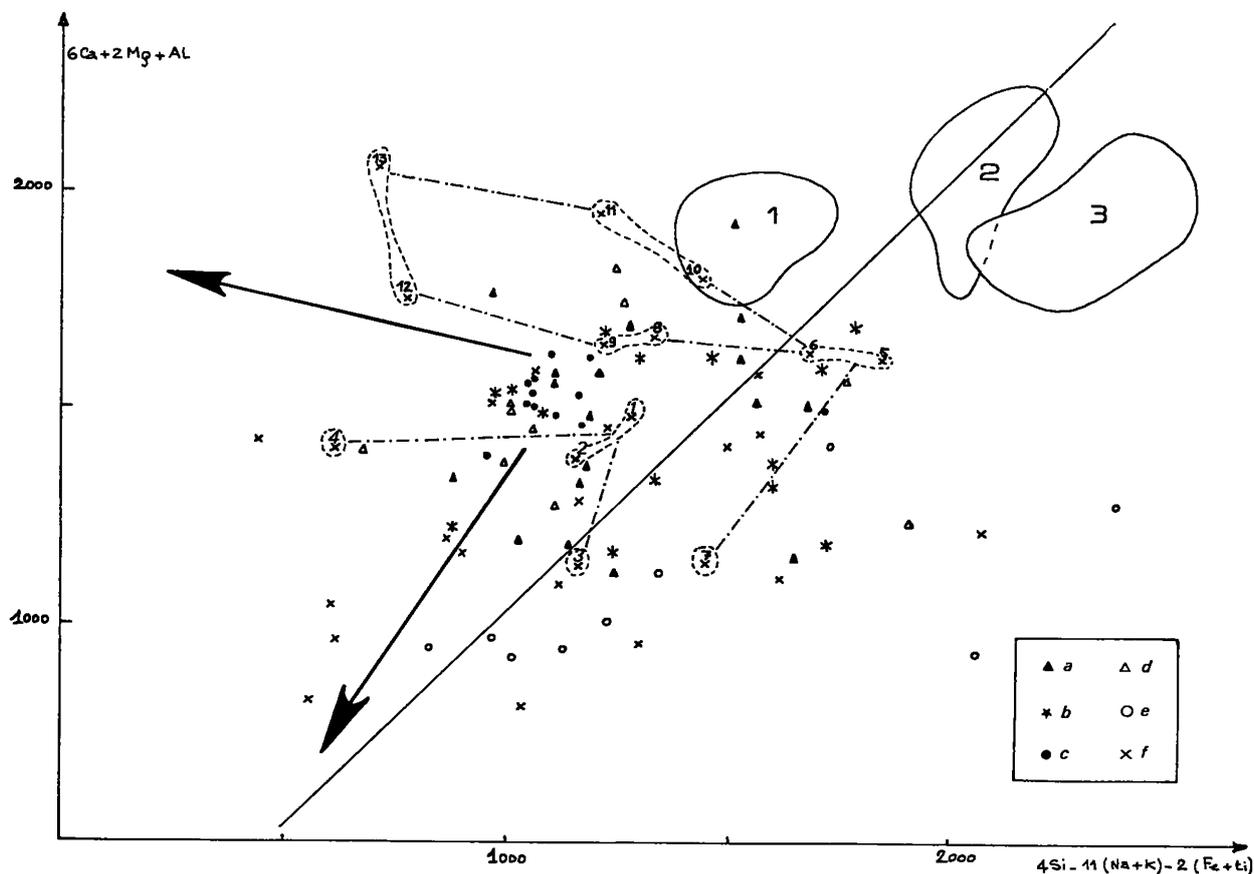


Fig. 12. — Le cortège filonien basique des Ecrins-Pelvoux dans le diagramme chimique de classification des roches basaltiques (de LA ROCHE et LETERRIER, 1973).

Aire de répartition des basaltes : 1, Alcalins ; 2, riches en alumine ; 3, Tholéitiques.

a, Dolérites ophitiques (18 éch.) ; b, Dolérites s. str. (14 éch.) ; c, Dolérites porphyriques (12 éch.) ; d, Dolérites microgrenues à amphibole (10 éch.) ; e, Dolérites à chlorite (9 éch.) ; f, Spilites (31 éch.).

Variations observables dans les dykes spilitiques de la combe du Veyre (1 à 4) et de Crupillouse (5 à 13).

Deux exemples peuvent être pris *au niveau des filons* (fig. 12).

1° *Le dyke de la combe du Veyre*. Le cœur déjà spilitique (1 et 2), mais avec oligoclase et augite, passe en bordure d'abord à des laves encore augitiques et à mésostase peu développée, puis à des laves franchement spilitiques à trame feldspathique alcaline, mésostase chlorito-ilménitique abondante et vacuoles de calcite. Dans le premier cas le déplacement des points se fait vers le bas (1 et 2 vers 3); dans le deuxième cas le faciès spilitique est totalement réalisé et les points se déplacent vers la gauche (1 et 2 vers 4).

2° *Le dyke de Crupillouse* présente une variation identique. Les faciès 5 et 6 correspondent au cœur

du dyke dans sa partie la plus épaisse (2 m environ) : la structure est intersertale porphyrique à oligoclase et hornblende. Pour une structure identique le développement des vacuoles de calcite aux épontes de ce dyke déplace les points vers le bas (en 7) alors que l'accroissement des feldspaths alcalins, ainsi que de la mésostase chlorito-hématitique et calcique déplace les points soit en 8 et 9, soit en 10 et 11. *Lorsque le caractère spilitique spécifique est atteint*, c'est-à-dire dans le cas des épontes ou lorsque le filon présente un rétrécissement net (80 cm d'épaisseur), *la structure intersertale porphyrique disparaît au profit d'une structure microlitique fluidale* à mésostase chlorito-hématitique abondante, trame feldspathique (albite et orthose) et vacuoles de calcite. Les points corres-

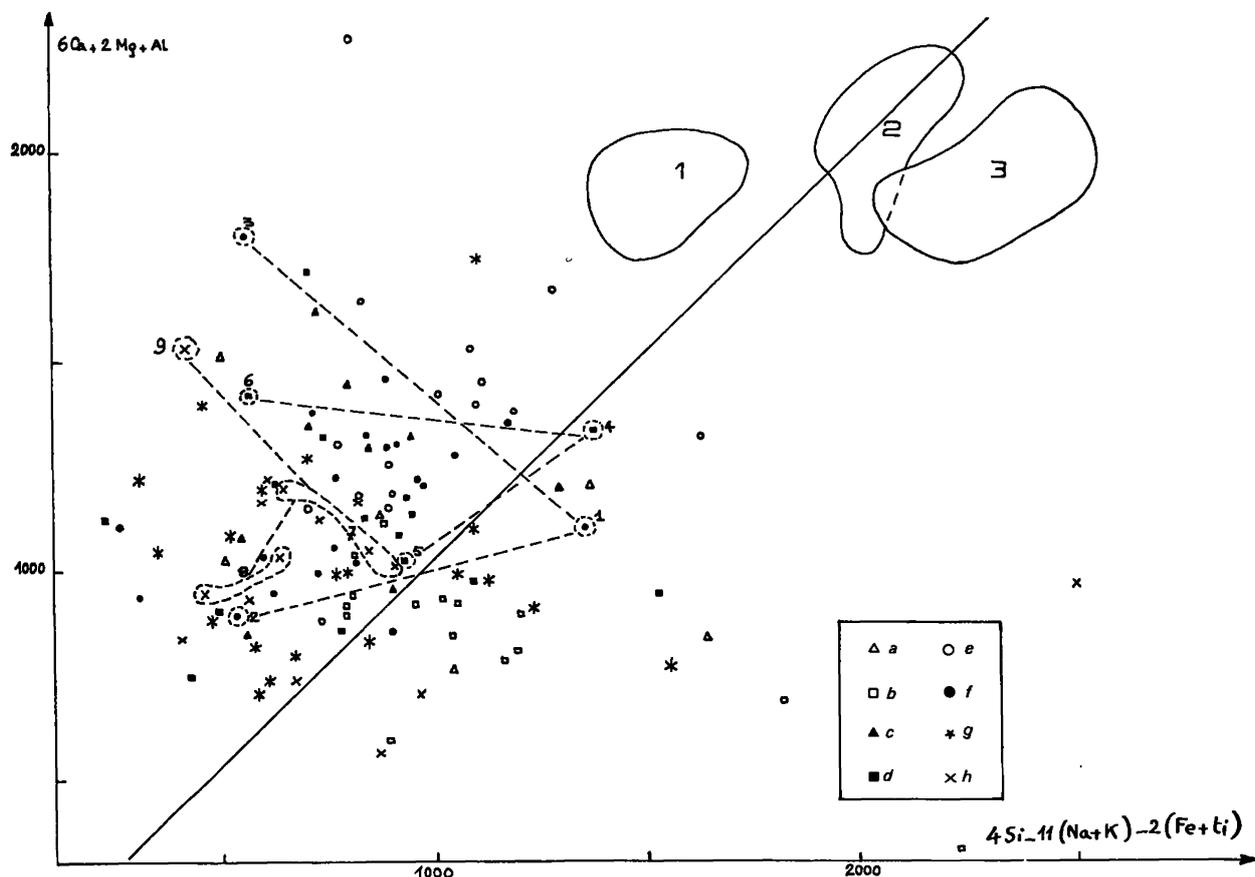


Fig. 13. — Le cortège spilitique triasique des Ecrins-Pelvoux (dans le même diagramme que fig. 12).

Secteurs spilitiques : a, Oris (6 éch.), Beaumont ; b, Hurtières (15 éch.) ; c, Prés-Clos (9 éch.) ; d, Aspres (15 éch.) ; e, La Route (16 éch.) ; f, Morges (23 éch.) ; g, Valbonnais (20 éch.) ; h, Lac du Vallon (16 éch.).

Variations observables dans les coulées du Vallon long (1 à 3), du col d'Aspres (4 à 6) et du lac du Vallon (7 à 9).

pondants à ces faciès (12 et 13) se déplacent alors latéralement vers la gauche.

Des observations identiques peuvent être faites pour les amas de dolérites ophitiques : les points représentatifs des cœurs de ces amas à pyroxène et amphibole se situent à droite du plan critique, alors que ceux représentant les bordures enrichies en minéraux hydrothermaux sont rejetés vers la gauche et le haut du diagramme. De même les dolérites microgrenues à amphiboles situées à gauche représentent les faciès de bordure des dolérites banales situées à droite. La spilitisation, dans le cas du complexe filonien, déplace donc les points soit vers le pôle feldspaths alcalins, soit vers le pôle calcite ; la composante des deux tendances étant une translation horizontale de droite à gauche.

Les dolérites sont déjà des roches différenciées par rapport à la souche basaltique quelle qu'elle soit dont elles sont issues, mais si l'on admet que les dolérites ophitiques représentent les termes les moins évolués de ce cortège, elles apparaissent comme dérivant d'une *souche basaltique alcaline* par action conjuguée ou indépendante de l'une ou l'autre tendance : alcalinisation - calcitisation. Remarque qui serait en bon accord avec l'observation faite de la présence de nodules de périclites dans les dykes de la combe du Veyre et de Champoléon : nodules caractéristiques, selon BABKINE *et al.* (1966), de fragments remontés du manteau supérieur.

Au niveau des coulées spilitiques elles-mêmes (fig. 13) on constate le décalage vers le pôle albite - orthose de l'ensemble des gisements par rapport aux amas doléritiques, aux cœurs filoniens et aux dykes dolérito-spilitiques ; ainsi que leur regroupement dans l'aire de répartition des dolérites à chlorite et des spilitites filoniennes. Suivant la structure dominante des laves, donc de leur minéralogie, les gisements se scindent également : ainsi celui de la Rouite, à caractère doléritique marqué et riche en augite s'écarte-t-il de celui d'Hurtières à caractère microlitique fluidal et riche en feldspaths alcalins. Au sein d'un même gisement il y a déplacement latéral des points de droite à gauche aussi bien des premières coulées émises aux dernières, que des bases aux sommets des coulées. *La deuxième coulée du Vallon long* est un bon exemple ; la base (1) assez vitreuse a une mésostase ferrugineuse importante alors que le cœur (2) présente une belle structure intersertale porphyrique à orthose-albite

et le sommet (3) de nombreuses vacuoles de calcite et une trame carbonatée. Une observation identique peut être faite sur *la deuxième coulée du col d'Aspres*, mais ici la structure doléritique intersertale est généralisée dans toute la coulée, ce qui concentre les points et les situe plus près de l'aire des dolérites. La base de cette coulée (4), très chloriteuse, s'oppose au cœur (5) riche en phénocristaux d'orthose et au sommet (6) à trame chlorito-calcique.

En règle générale le caractère spilitique des coulées évolue des bases vitreuses dont l'aire de répartition est fréquemment à droite du plan critique, aux cœurs à cristallisation lente et abondance de feldspaths alcalins, jusqu'aux sommets bulleux. Le sens du déplacement des points est identique à celui que l'on observe sur le cortège intrusif.

— RUDIDIUM et le rapport K/Rb (fig. 14).

La très bonne corrélation K/Rb, voisine de 0,9, ressort nettement de l'allure des distributions de ces éléments, en tous points comparables, et se traduit donc par une grande constance des rapports K/Rb (tabl. IV). La moyenne (K/Rb) = 317 pour les coulées, 162 pour les filons. Prenant pour référence le rapport K/Rb = 240, caractéristique des différenciations ultrabasiques (SCHROLL, 1968), les différents gisements spilitiques s'étirent préférentiellement selon des droites d'isorange depuis une tendance ultrabasique : secteur d'Oris (1) jusque vers un pôle alcalin : secteurs du Valbonnais et du Vallon (7 à 10) ; les séries de Morges (6) représentent un terme moyen recouvrant presque toute la différenciation.

Par ailleurs une discrimination nette s'établit entre les gisements au niveau du rapport K/Rb = 400. Les secteurs spilitiques ayant des valeurs supérieures à 400 : Oris, Beaumont et Aspres (1 à 4) sont les plus éloignés du socle cristallin et présentent une tendance nettement océanique en se regroupant dans l'aire des basaltes alcalins océaniques (D) avec pour Oris (1), gisement le plus externe, la tendance océanique la plus marquée. Les secteurs spilitiques ayant des valeurs inférieures à 400 : Rouite, Morges, Valbonnais et Vallon (5 à 10), sont étroitement dépendants du socle cristallin et présentent une tendance nettement continentale avec un caractère continental plus marqué pour le gisement de la Rouite (5) situé dans l'aire des basaltes alcalins à olivine continentaux.

TABLEAU IV
Teneurs moyennes en K, Rb, Ca, Sr et rapports K/Rb et Ca/Sr
du cortège dolérito-spilitique des Ecrins-Pelvoux.

n : Nombre de données.

	n	K%	Rb ppm	K/Rb	Ca%	Sr ppm	Ca/Sr
<u>coulées spilitiques</u>							
1 Gris	6	0.54	10	560	2.74	272	102
2 Hurtières	15	0.87	17	785	1.11	374	34
3 Pres-Clos	9	1.44	30	518	4.42	394	126
4 Aspres	13	1.46	25	450	2.98	303	114
5 Rouite	16	1.11	77	168	4.72	144	348
6 Morges	21	2.06	97	286	3.88	202	248
7 Pic Vert	16	4.52	198	225	3.50	215	255
8 le Vêt	4	4.00	177	245	2.55	237	145
9 Le Vallon	13	4.25	182	231	3.28	127	256
10 Neyrarel	3	5.93	266	223	1.28	76	185
<u>filons</u>							
ophitiques	17	0.94	52	194	5.30	387	142
s.str.	33	0.87	65	150	5.05	321	166
porphyriques	14	1.60	113	154	5.47	349	158
à amphibole	17	1.02	83	159	5.20	333	179
à chlorite	13	1.40	72	171	3.72	253	175
spilites	32	1.41	88	154	5.23	251	251
dykes Aig. Four	13				7.14	284	362
autres spilites	19				3.92	229	176

Le centrage de l'ensemble du cortège dolérito-spilitique sur la valeur $K/Rb = 240$ est encore plus nette en considérant le matériel filonien comme complémentaire du matériel lavique. L'ensemble des partitions filoniennes coïncide avec le domaine des basaltes alcalins continentaux et le caractère le plus typiquement continental appartient aux filons spilitiques de Champoléon dont le point représentatif est le plus proche de celui des spilites de la Rouite (5) et qui, sur des critères de terrain, peuvent être considérés comme les dykes nourriciers de ce volcanisme effusif. Il est à remarquer qu'il n'apparaît aucune tendance des laves ou filons spilitiques vers les basaltes riches en Na malgré l'existence d'une paragenèse albitophyrique développée.

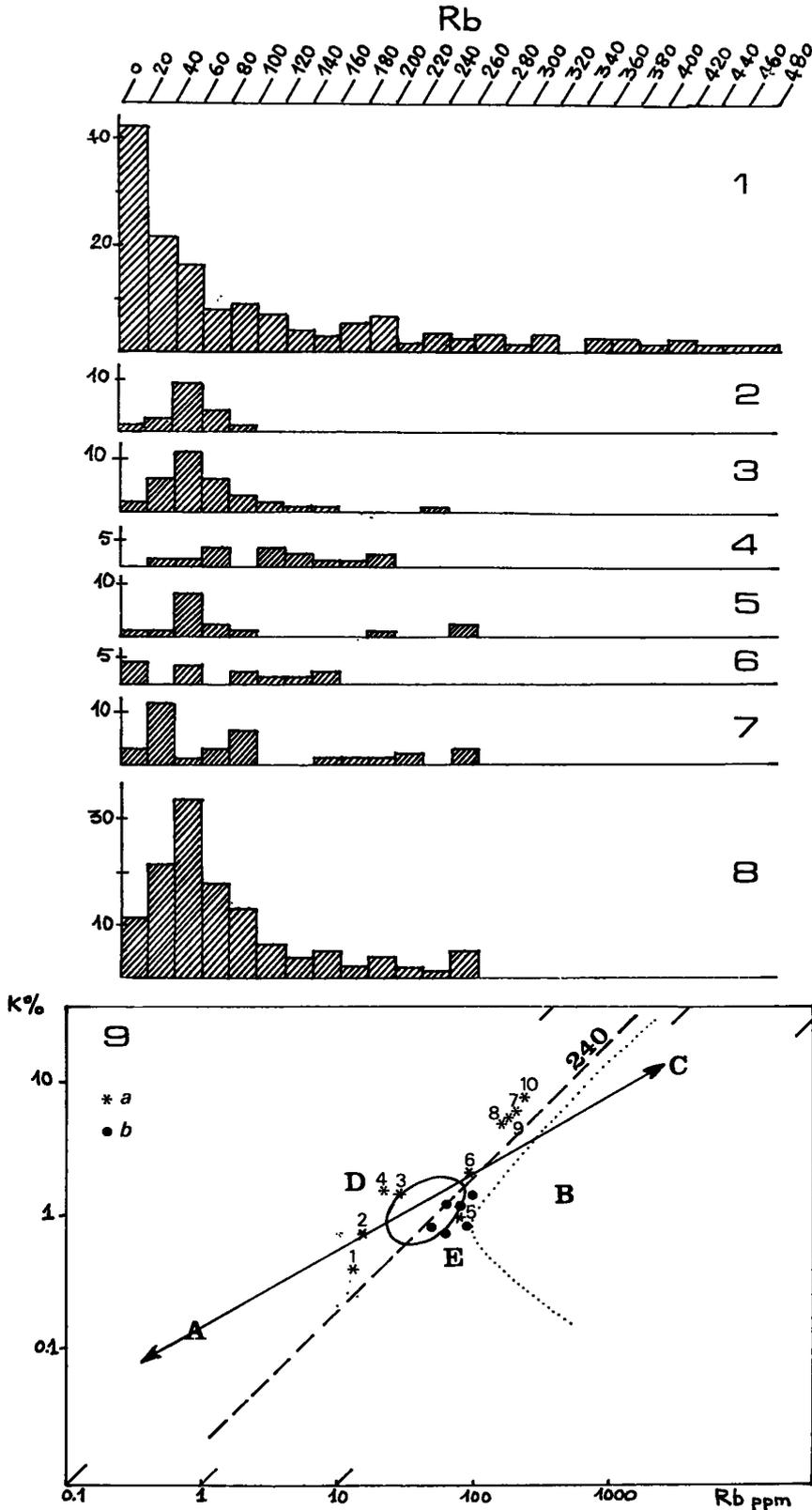
La répartition de l'ensemble du cortège dolérito-spilitique dans le diagramme K/Rb fait donc ressortir son appartenance globale au domaine des basaltes alcalins ainsi que la dualité entre les gise-

ments externes au massif et à tendance océanique et les gisements internes, en relation plus étroite avec le cortège filonien, et qui sont à tendance continentale marquée. Dualité déjà mise en évidence par les variations de Ti dans les différentes partitions géographiques envisagées.

— LITHIUM (fig. 7).

Les concentrations en Li de l'ensemble du cortège sont huit à dix fois supérieures à celles des basaltes mondiaux (moyenne : 11 ppm, médiane : 10 ppm, PRINZ, 1967) avec des moyennes de 96 ppm (61 laves spilitiques) et 116 (17 filons) et des médianes à 80 et 115 ppm.

Le rôle de Li apparaît complexe tant au niveau du groupement spilitique : corrélation Li-C, qu'au niveau du gisement : corrélations Li-K et Li-H. La corrélation Li-C suggère l'apparition d'un carbonate de Li. $LiHCO_3$ pourrait entraîner le même effet



de sel que NaCl (même en concentrations nettement inférieures) dans l'état du système CO₂-H₂O (MARSHALL *et al.*, 1964), c'est-à-dire relever les conditions critiques de l'eau et donc intervenir dans l'augmentation des températures de cristallisation dans les systèmes hydrothermaux et favoriser la précipitation de calcite. Il n'est donc pas exclu que Li soit intervenu pour donner aux carbonates leur caractère de haute température.

La corrélation Li-K est très nette pour les dykes de la cheminée de l'Aiguille Fourchée, beaucoup plus discrète pour les gisements laviques, mais elle

met bien en évidence le rôle joué par les phases fluides dans les différenciations du magma basique des Ecrins-Pelvoux.

La corrélation Li-H (fig. 15) fait apparaître une concentration considérable en Li, déjà nette à l'échelle du gisement (VATIN-PÉRIGNON et SHAW, 1972) dès que l'on atteint des teneurs en eau proches de la saturation des magmas basaltiques. L'interpénétration d'une partie du domaine basaltique et de certaines laves spilitiques et des amas ophitiques considérés comme les dolérites les moins différenciées suggère une évolution à partir d'une

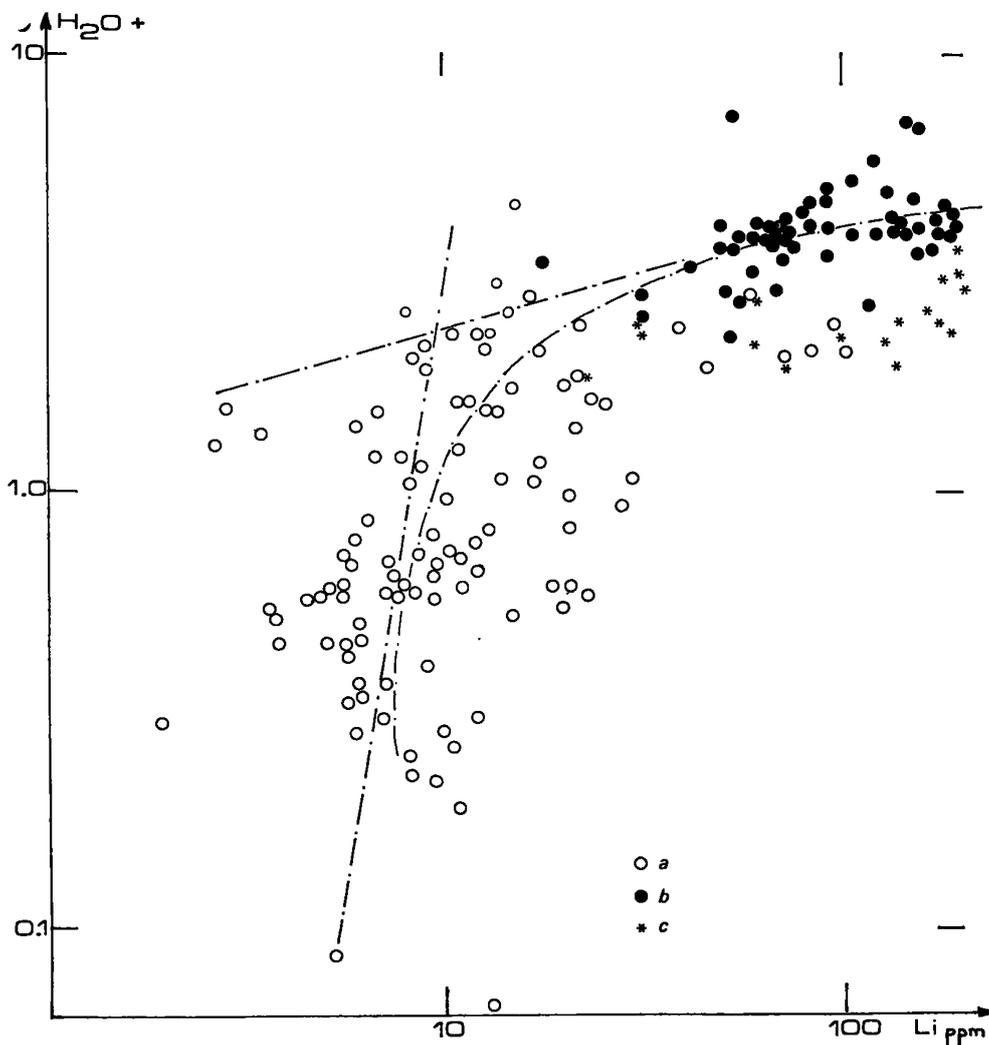


Fig. 15. — Corrélation Li/H₂O+.

a, Basaltes mondiaux (données de SHAW) ; b, 61 coulées spilitiques triasiques des Ecrins-Pelvoux ; c, 17 filons dolérito-spilitiques.

origine commune. Outre la possibilité de contamination par un matériel sialique, cette surconcentration pourrait suivre les mêmes lois que celles aboutissant à la formation des pegmatites lithinifères où Li se concentre dans les minéraux hydratés ou d'origine hydrothermale. Li pourrait également être assez abondant dès les premiers stades de cristallisation des minéraux ferromagnésiens et se concentrer, en même temps que Mn, par altération des roches sous forte pression de fluides, principalement P_{H_2O} (PEACOR, 1972).

— THALLIUM et le rapport Rb/Tl (fig. 16).

Les teneurs en Tl (dosées au laboratoire de Mc Master) n'ont pas été recherchées sur l'ensemble du cortège mais uniquement sur quelques coulées du Beaumont, de Morges et d'Oris, ainsi que sur les dykes du système intrusif de l'Aiguille Four-

chée. Elles montrent néanmoins une très bonne corrélation positive entre Rb et Tl avec Rb/Tl situé entre 65-400, centré sur le domaine des *intrusions plutoniques continentales*. Cependant il apparaît également que la dispersion des points du gisement d'Oris, le plus externe au massif, se situe dans l'aire des basaltes océaniques, alors que celle des gisements bordiers (Prés-Clos, Hurtières) chevauche les deux domaines : continental et océanique, et que celle des gisements les plus internes : Morges, Aiguille Fourchée, correspondent aux intrusions continentales avec le caractère le plus prononcé pour le système intrusif (dykes dolérito-spilitiques), s'opposant ainsi au caractère le plus océanique d'Oris. Cette remarque est importante et rejoint celle, déjà formulée, au sujet du rapport K/Rb, c'est-à-dire que *selon la proximité des gisements du socle cristallin, les coulées auront*

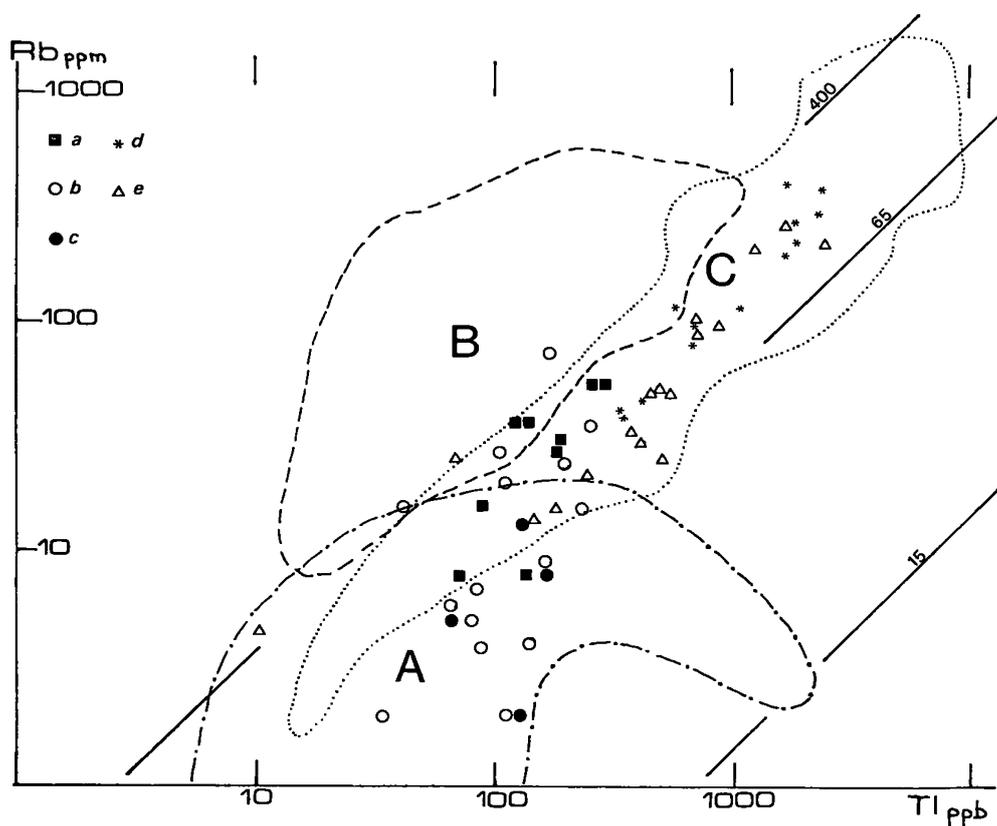


Fig. 16. — Corrélation Rb/Tl.

A, 47 basaltes océaniques ; B, 109 roches volcaniques alcalines ; C, Domaine des intrusions plutoniques continentales (données de SHAW).

a, Prés-Clos ; b, Hurtières ; c, Oris ; d, Crupillouse-Aiguille Fourchée ; e, Vallon long (Morges)

soit un caractère océanique marqué pour les gisements les plus externes, soit un caractère continental marqué pour les gisements les plus internes. Ainsi se confirme la présomption de la mise en place du cortège doléritico-spilitique des Ecrins-Pelvoux à la limite des domaines océanique et continental.

— MAGNÉSIUM (fig. 17).

Il y a perte sensible de Mg (7,9 - 6,3 % MgO) lorsque l'on passe des dolérites aux spilites, donc cet élément est affecté par les transformations aboutissant au caractère spilitique, cependant sa distribution reste bimodale pour les laves, comme pour les filons, et n'est compatible avec aucune partition basaltique.

Pour les laves, les deux modes (2,5 - 4,0 Mg) ne correspondent pas à des gisements particuliers, mais d'une part à des structures intersertales riches en pyroxène magnésien et d'autre part à des laves riches en chlorite de composition variable mais à tendance ferrifère.

Pour les filons, Mg est invariant dans les dolérites banales et porphyriques, déjà plus dispersé dans les dolérites à amphibole. Pour ce groupe doléritique déjà différencié mais proche d'une souche basaltique, les teneurs en Mg sont élevées (4,5 à 5,5 Mg) et correspondent à leurs hautes teneurs en pyroxène alors que le premier mode (3,0 - 4,0 Mg) regroupe les spilites filoniennes et les dolérites à chlorite : deux formes de bordure des dolérites précédentes. Quant aux dolérites ophitiques, la dispersion de Mg est extrême. Il y a donc concentration en Mg (pyroxène) au cœur des filons et appauvrissement en Mg (chlorites ferrifères) en bordure. Cette dispersion paraît étroitement liée aux phases fluides.

B) Les alcalino-terreux : Ca, Sr, Ba ainsi que Mn.

— CALCIUM (fig. 18).

Les faibles teneurs en Ca sont une des caractéristiques des roches spilitiques. Pour l'ensemble du cortège cette perte en Ca augmente de 25 à 30 puis à 50 % par rapport aux teneurs en Ca des basaltes alcalins et des basaltes continentaux lorsque l'on passe des dolérites aux laves spilitiques. La distribution de Ca est bimodale dans les laves, gaussienne dans les filons ; cependant elle reste assez voisine de Mg.

Dans les filons les teneurs en Ca les plus élevées correspondent aux dolérites les mieux cristallisées, c'est-à-dire aux cœurs des filons, et les plus faibles aux dolérites à chlorite et aux spilites, c'est-à-dire

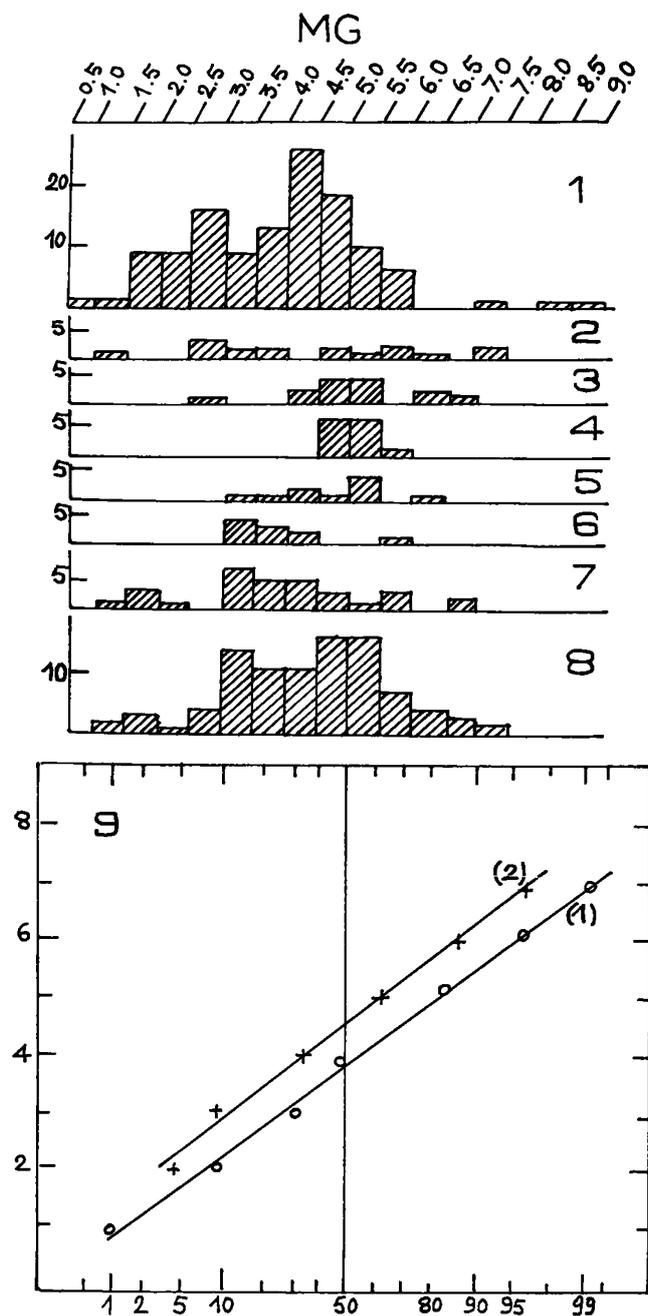
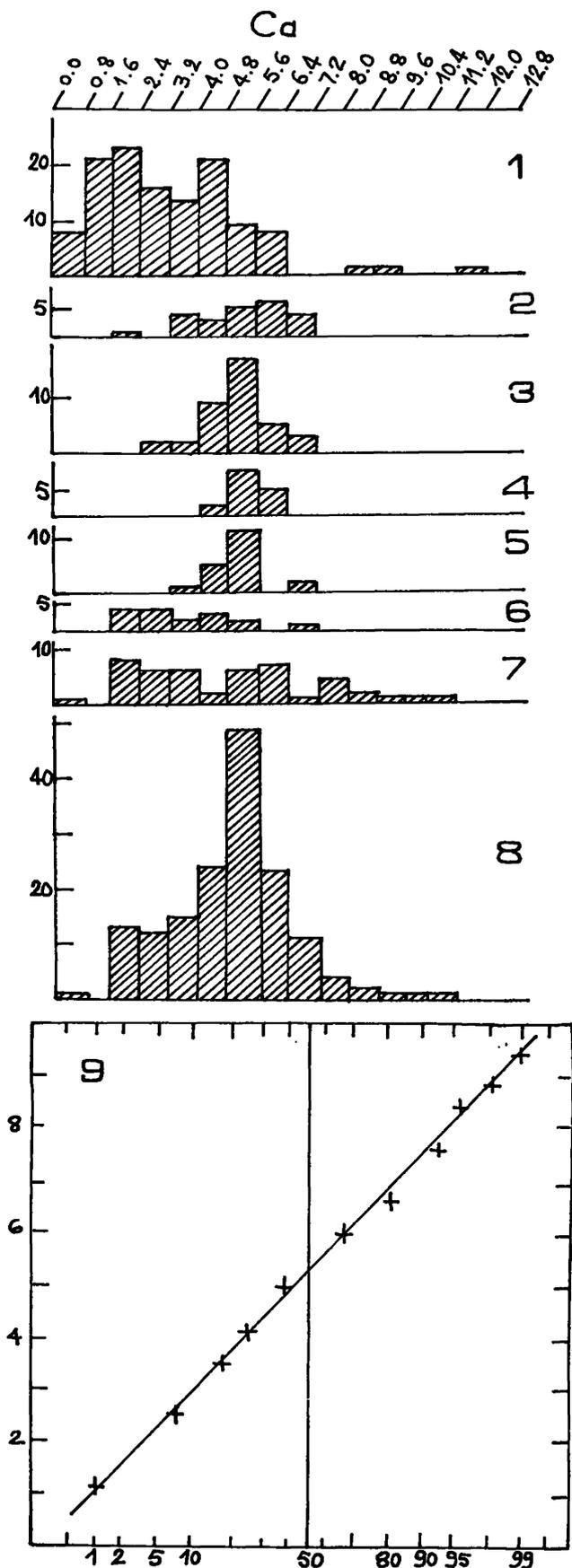


Fig. 17. — Fréquence du Magnésium (en g/100 g de roche).
1 à 9, Même légende que fig. 5.



aux épointes filoniennes. La constance de Ca des dolérites banales, porphyriques et microcristallines traduit la présence conjointe du pyroxène et de plagioclase basique. La diminution de Ca des dolérites à chlorite et spilites correspond à la présence d'une trame feldspathique alcaline et de chlorites abondantes. L'augmentation de Ca des dolérites ophitiques et des dykes de l'Aiguille Fourchée correspond soit à une plus grande basicité du plagioclase, soit à une concentration de calcite. Celle-ci est présente dans tout le réseau filonien basique en quantité plus ou moins importante ; elle est probablement manganésifère, traduisant ainsi la bonne corrélation C-Ca-Mn. Le groupe C-Ca est également assez bien corrélié à H, cependant dans le détail des phénomènes locaux rendent très variants et d'une manière indépendante ces deux éléments. Pour les dolérites ophitiques du Gouiran (Sirac), Ca est principalement mobilisé dans les labradors du cœur des filons alors qu'aux épointes la structure ophitique devient microlitique avec forte diminution de Ca mobilisé uniquement sous forme de calcite. Le comportement différentiel des deux dykes latéraux de l'Aiguille Fourchée est intéressant à observer :

- le dyke E de la combe du Veyre présente un phénomène identique à celui du Gouiran ; Ca entre dans la calcite lorsqu'il s'agit des épointes du dyke, alors qu'il est retenu dans les feldspaths au cœur de ce même dyke ;
- le dyke W de Crupillouse, où la phase fluide est essentiellement CO_2 , présente une grande richesse en Ca traduite par la présence d'une trame carbonatée se résolvant en filonnets pouvant pénétrer dans l'encaissant gneissique, mais également recoupés par le matériel spilitique. *La mise en place de ces carbonates est manifestement synchrone de l'intrusion basique.* On peut supposer que ces dykes ont fonctionné, l'un en système ouvert, l'autre en système fermé, vis-à-vis des migrations de Ca : dans le premier cas il y a perte sensible de Ca, dans l'autre mobilisation de Ca sur place. On observe par ailleurs que le comportement de Ca est voisin de celui de Mg : concentration aux cœurs des filons et diminution aux épointes, en corrélation avec les teneurs en éléments volatils (essentiellement H_2O).

Fig. 18. — Fréquence du Calcium (en g/100 g de roche).

1 à 8 : Même légende que fig. 10. — 9 : Fréquence cumulée pour tout le cortège filonien.

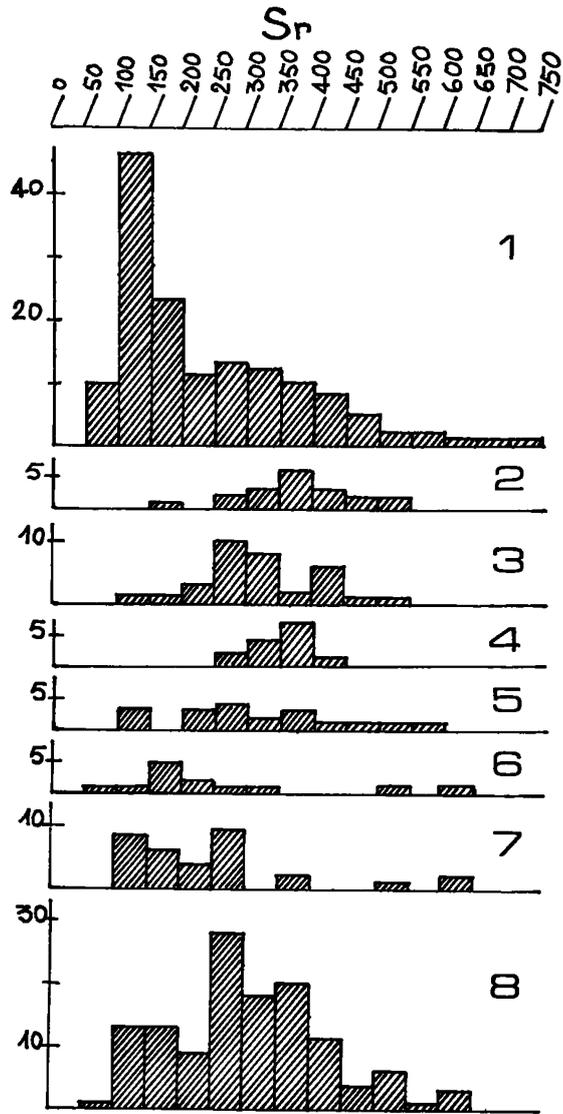


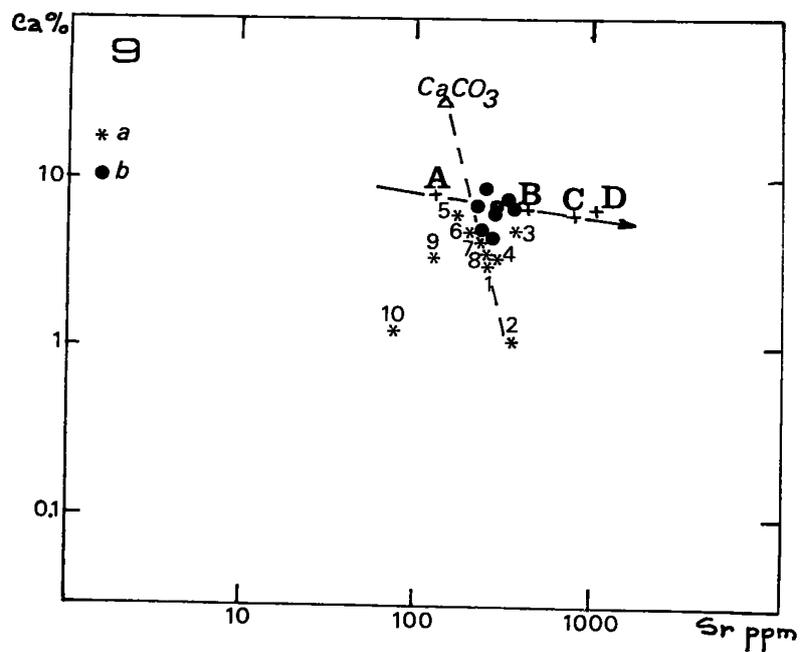
Fig. 19. — Fréquence du Strontium
(en ppm).

1 à 8, Même légende que fig. 14 ;

9, Diagramme Ca/Sr : A, Tholéïtes océaniques ; B, Basaltes ; C, Basaltes alcalins océaniques ; D, Basaltes alcalins à olivine continentaux (d'après SCHROLL, 1968).

a, Coulées spilitiques par secteurs ;

b, Cortège filonien par groupements minéralogiques (cf. tabl. IV).



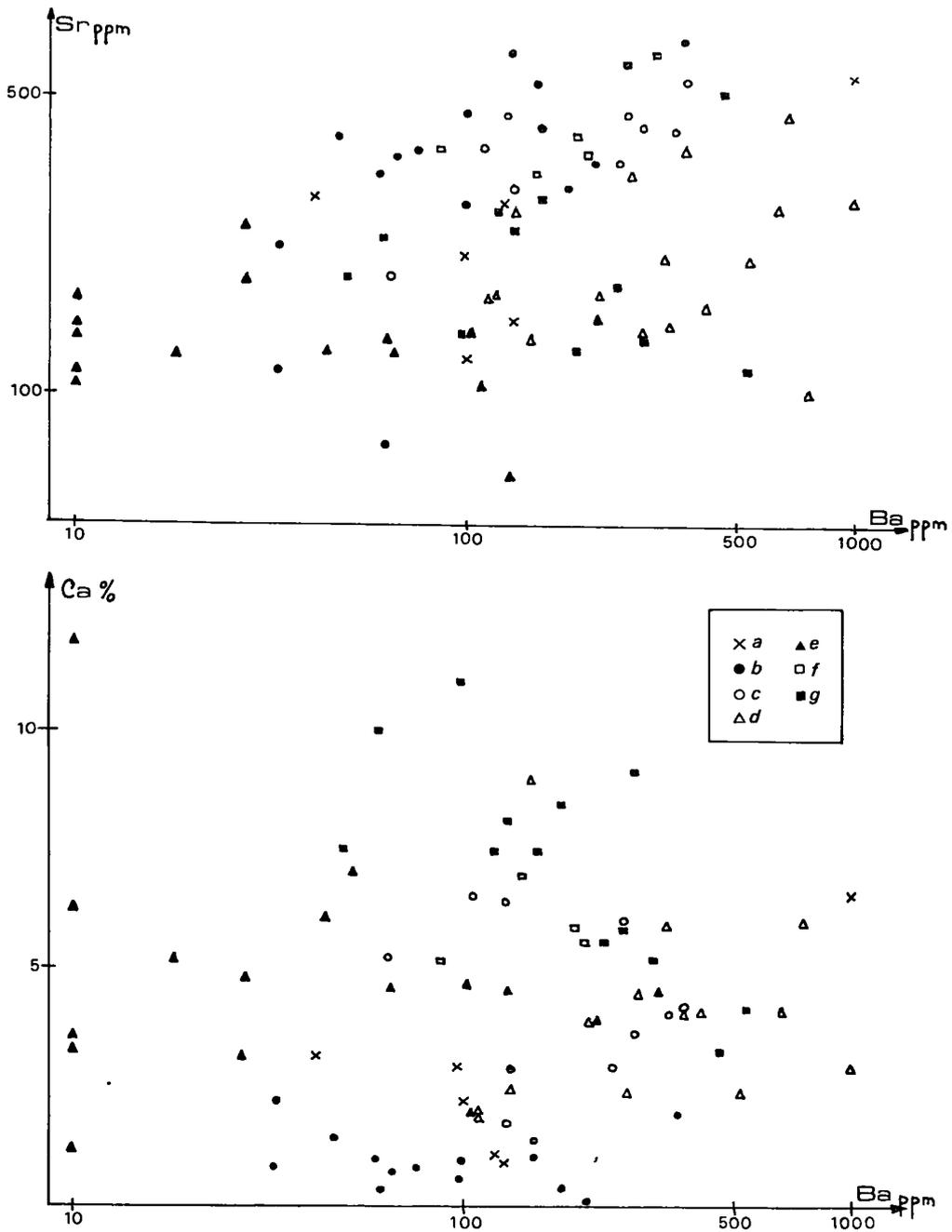


Fig. 20. — Rapports Ba/Sr et Ba/Ca.

Coulées spilitiques : a, Oris ; b, Hurtières ; c, Prés-Clos ; d, Vallon long ; e, Route.

Filons : f, Dolérites ophitiques ; g, Spilites de l'Aiguille Fourchée.

Dans les laves le rôle de Ca est plus complexe ; la calcite se disperse dans l'ensemble des coulées, sans site préférentiel, remplissant les vacuoles, constituant un film intergranulaire ou diffusant dans la matrice vitreuse en affectant tout le cortège effusif même pauvre en Ca. Comme pour le réseau filonien dans son ensemble, la probabilité d'une migration de carbonates en système ouvert est grande et il est possible alors de parler de perte en Ca.

— STRONTIUM et le rapport Ca/Sr (fig. 19).

La distribution de fréquence de Sr est très nettement différente de celle de Ca ; elle est lognormale dans les coulées, bimodale dans les filons. La teneur moyenne en Sr diminue du cortège filonien (310 ppm) aux épanchements laviques (233 ppm, tabl. IV) et reste toujours très inférieure à celle de toutes les partitions basaltiques envisagées, même les plus pauvres en Sr (basaltes tholéitiques).

La variation de Sr est extrême au niveau des laves (76-394 ppm), plus faible au niveau des filons (229-387 ppm), ce qui se manifeste par une corrélation inverse entre Ca et Sr, nette pour les coulées, plus atténuée pour les filons où elle apparaît voisine de celle des roches basaltiques. Les dolérites se regroupent dans l'aire des basaltes alors que les laves et les filons spilitiques se dispersent entre les champs des teneurs basaltiques et granitiques, avec une orientation nette vers les faibles concentrations représentées par le point CaCO_3 .

Le maximum de concentration ($\text{Sr} > 300$ ppm) appartient aux dolérites riches en plagioclases basiques, amphibole et apatite, ainsi qu'aux coulées spilitiques (Prés-Clos, Hurtières) ayant les faciès les plus doléritiques, donc qui sont les plus proches, minéralogiquement, du cortège filonien. Les faibles teneurs ($\text{Sr} < 150$ ppm) caractérisent plus spécialement les gisements potassiques du secteur du Vallon. On constate l'appauvrissement sensible de Sr par rapport à Ca des épanchements laviques périphériques vers ceux situés au cœur du massif, se traduisant par une forte augmentation de Ca/Sr (34-348), alors que la diminution de Sr au niveau du cortège filonien reste faible (hormis pour les dykes de l'Aiguille Fourchée) et le rapport Ca/Sr peu variant (142-179). A l'échelle du gisement de laves la variation quantitative des carbonates en fin de cristallisation paraît n'avoir aucune influence sur les teneurs en Sr. En suivant l'évolution du cortège

dolérito-spilitique à partir de la précipitation des feldspaths calciques dans lesquels Sr est lié à Ca, on peut supposer qu'une même phase de transformation libérera sélectivement plus de Ca que de Sr. Une telle différenciation hydrothermale peut être réalisée, notamment, au cours d'une altération deutérique.

— BARYUM et les rapports Ba/Sr et Ba/Ca (fig. 7 et 20).

Ba ayant été dosé sur quelques coulées seulement, les renseignements apportés par sa distribution ne peuvent donc être que fragmentaires ; il apparaît, dans l'ensemble, peu variant malgré une légère diminution des filons aux laves (205-191 ppm) et sa concentration reste toujours inférieure à celle des basaltes. Aucune liaison Ba-K n'apparaît, bien qu'à l'échelle du gisement les coulées potassiques (Vallon Long) soient en général légèrement plus riches en Ba que les coulées sodiques (Hurtières - Oris). Quant aux relations Ba/Sr et Ba/Ca elles sont strictement inexistantes. L'étude de Ba n'apporte donc rien de significatif dans le cas de la spilitisation.

— MANGANÈSE (fig. 21).

Les teneurs en Mn diminuent sensiblement lorsque l'on passe des filons aux laves et les médianes (0,13-0,07) restent toujours inférieures à celles des partitions basaltiques. La distribution est dissymétrique, à tendance lognormale et le maximum de dispersion caractérise les filons spilitiques avec de fortes teneurs appartenant aux dykes de l'Aiguille Fourchée. En cela Mn suit Ca et ses variations, liées aux migrations des carbonates, traduisent bien la bonne corrélation C-Ca-Mn et suggèrent la présence d'une calcite manganésifère.

C) Les éléments volatils : H et C (fig. 22 et tabl. V).

Ces éléments sont toujours très abondants et leurs teneurs moyennes croissent des filons aux laves mais leurs fréquences de distribution sont totalement différentes. Les faibles teneurs de H appartiennent au système filonien avec un maximum de dispersion pour les dolérites à chlorite et les spilites alors que les fortes teneurs sont réparties de manière aléatoire entre les coulées avec cependant

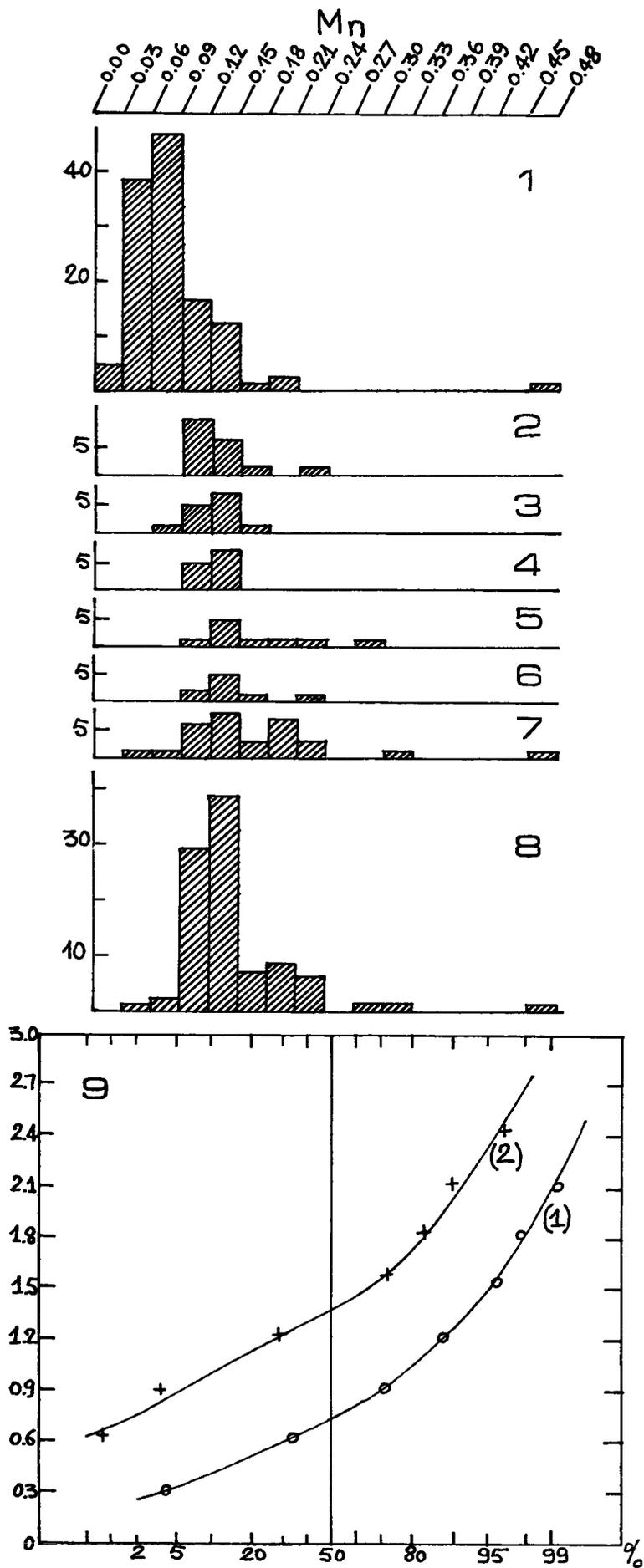


Fig. 21. — Fréquence du Manganèse
(en g/100 g de roche).

1 à 9, Même légende que fig. 5.

une tendance à l'hydratation pour quelques gisements. A l'inverse C a une dispersion lognormale et si les fortes teneurs des laves ne correspondent à

aucune localisation précise, celles des filons n'appartiennent qu'à la bordure de l'amas doléritique ophitique et au système éruptif de l'Aiguille Fourchée.

TABLEAU V
Teneurs moyennes en CO₂ et H₂O +
du cortège dolérito-spilitique des Ecrins-Pelvoux.
n : Nombre de données.

	n	CO ₂	H ₂ O
<u>filons</u>			
1 dolérites s.str.	9	1.17	2.82
2 dol. porphyriques	12	1.41	2.39
3 dol. ophitiques	12	1.18	2.35
4 dol. à amphibole	8	1.40	2.64
5 spilitiques	7	1.08	3.62
6 dykes Aig. Four.	14	5.95	2.66
<u>coulées</u>			
7 Oris	6	2.80	4.69
8 Hurtières	15	1.08	5.17
9 Prés-Clos	9	2.52	3.62
10 Aspres	14	1.79	4.18
11 Rouite	16	5.04	4.00
12 Morges	23	2.27	3.82
13 Valbonnais	18	2.93	3.80
14 Lac du Vallon	9	1.36	4.74
★ filons dolérito-spilitiques	48	1.26	2.68
★ coulées spilitiques	110	2.53	4.13

Sur le diagramme CO₂/H₂O le groupement doléritique dans son ensemble est homogène et aucune tendance particulière ne se manifeste, même pour les dolérites à amphibole. Il faut atteindre les bordures filoniennes, c'est-à-dire les faciès microlitiques pour que se manifestent deux tendances principales de la spilitisation : hydratation, carbonatation. Celles-ci sont bien marquées au niveau du cortège intrusif, que ce soit pour les dykes de l'Aiguille Fourchée (6) où la carbonatation domine seule, ou pour les filons spilitiques (5) où l'hydratation croît sans variation de la carbonatation. Ces deux groupes filoniens représentent donc les termes extrêmes entre lesquels se manifestera la spilitisation.

Au niveau des coulées il est intéressant de remarquer que les deux tendances très évoluées existent également : hydratation seule pour Hurtières (8), carbonatation dominante pour la Rouite (11), mais dans le cas le plus fréquent la spilitisation de l'ensemble effusif sera une composante des deux. Aucun critère ne permet alors de discriminer des groupements laviques plus spécialement riches en carbonates d'autres plutôt riches en minéraux hydratés, car des gisements voisins, jalonnant un même système de dislocation et ayant par ailleurs des coulées à structure similaire : Prés-Clos (9) et Hurtières (8), par exemple, peuvent avoir des variations très importantes dans leurs teneurs en H₂O et CO₂. Le

rôle de ces deux éléments paraît donc complexe et aucune relation simple ne s'établit entre eux. Il faut donc les considérer comme indépendants l'un de l'autre. Paradoxalement Li présente des affinités aussi bien avec l'un que l'autre de ces éléments.

L'étude des éléments variants au cours de la spilitisation permet quelques remarques intéressantes :

— L'alcalinité se développe de manière continue tout au long de l'évolution du cortège dolérito-spilitique. K, Rb, Na présentent globalement les mêmes répartitions que dans les différenciations alcalines et leurs teneurs moyennes au sein des épanchements laviques permettent d'envisager une dispersion aboutissant principalement à une sur-concentration en K accompagnée d'une migration de carbonates. Dans l'ensemble intrusif les fortes teneurs en K sont bien localisées et appartiennent aux structures porphyriques (c'est-à-dire à des venues tardives), aux intrusions proches d'un réseau lamprophyrique et aux dykes d'alimentation de l'ensemble éruptif de l'Aiguille Fourchée.

— K et Rb sont bien discriminants des groupes pétrographiques individualisés et la valeur moyenne $K/Rb = 240$ permet d'envisager une différenciation à partir d'intrusions ultrabasiques.

— Les variations simultanées de Ti, K, Rb et Tl suggèrent une mise en place du cortège à la charnière de milieux continental et océanique (avec un caractère continental dominant).

BILAN DE LA SPILITISATION

Les données pétrographiques et géochimiques du cortège dolérito-spilitique des Ecrins-Pelvoux permettent de tenter de répondre à quelques questions fondamentales concernant la souche dont il est issu et sa mise en place, ainsi que le caractère spécifique de la spilitisation et la genèse de ces roches.

1. Souche originelle.

La présence de *fantômes de péridots* indubitables et nombreux dans les épanchements laviques et celle de *nodules de péridotites* dans les dykes de l'Aiguille Fourchée et de Champoléon : nodules considérés comme des fragments du manteau supérieur rencontrés essentiellement dans les *basaltes*

alcalins et très exceptionnellement dans les séries tholéitiques (KUNO, 1960) laissent supposer que le magma originel devait avoir une composition probable de basalte alcalin.

Les éléments peu variants, essentiellement les *cations polyvalents*, ont des teneurs analogues à celles des *roches basaltiques*.

La fonction discriminante des différenciations basaltiques met en évidence le *développement progressif du caractère alcalin* de la lignée dolérites-spilites et fait apparaître, pour les dolérites ophiatiques (termes les moins évolués de cette lignée), une alcalinité compatible avec une origine de *basalte alcalin à olivine*.

La répartition du cortège dans le diagramme K/Rb fait ressortir son appartenance globale au domaine des *basaltes alcalins* et sa dispersion autour des valeurs $K/Rb = 240$ permet de supposer une différenciation à partir d'intrusions ultrabasiques.

L'origine du cortège dolérito-spilitique à partir d'une souche basaltique est indiscutable et de fortes présomptions existent en faveur d'une composition de basalte alcalin à olivine.

2. Mise en place.

Les discriminations établies entre les différentes partitions des ensembles intrusif et effusif au niveau des valeurs de Ti et des rapports K/Rb et Rb/Tl offrent entre elles une analogie frappante : selon la proximité des gisements du socle cristallin, ceux-ci présenteront une tendance soit océanique, soit continentale marquée. Cette remarque suggère *une mise en place du cortège dolérito-spilitique à la charnière des milieux océanique et continental*. Elle n'est pas sans rappeler l'hypothèse émise récemment (ANTOINE *et al.*, 1973) au sujet du volcanisme du Versoyen : réplique crétacée dans le domaine valaisan du volcanisme spilitique triasique dauphinois et pour lequel est envisagée une mise en place le long d'un étirement de la croûte sialique, en bordure d'une marge continentale.

3. Caractères de la spilitisation.

Partant d'une souche basaltique alcaline, l'analyse globale du comportement des éléments chimiques au cours de l'évolution dolérito-spilitique met en évi-

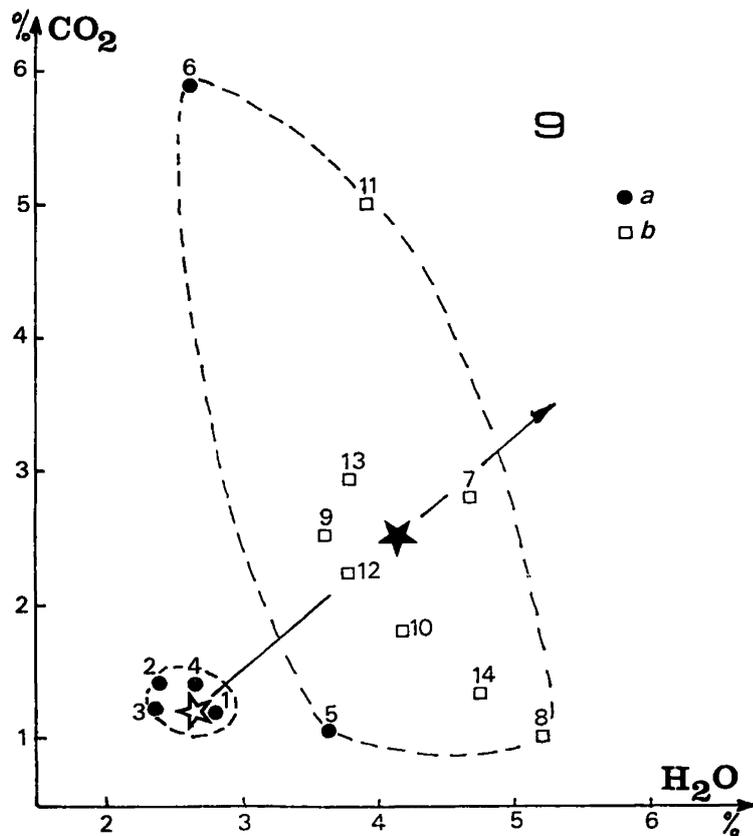
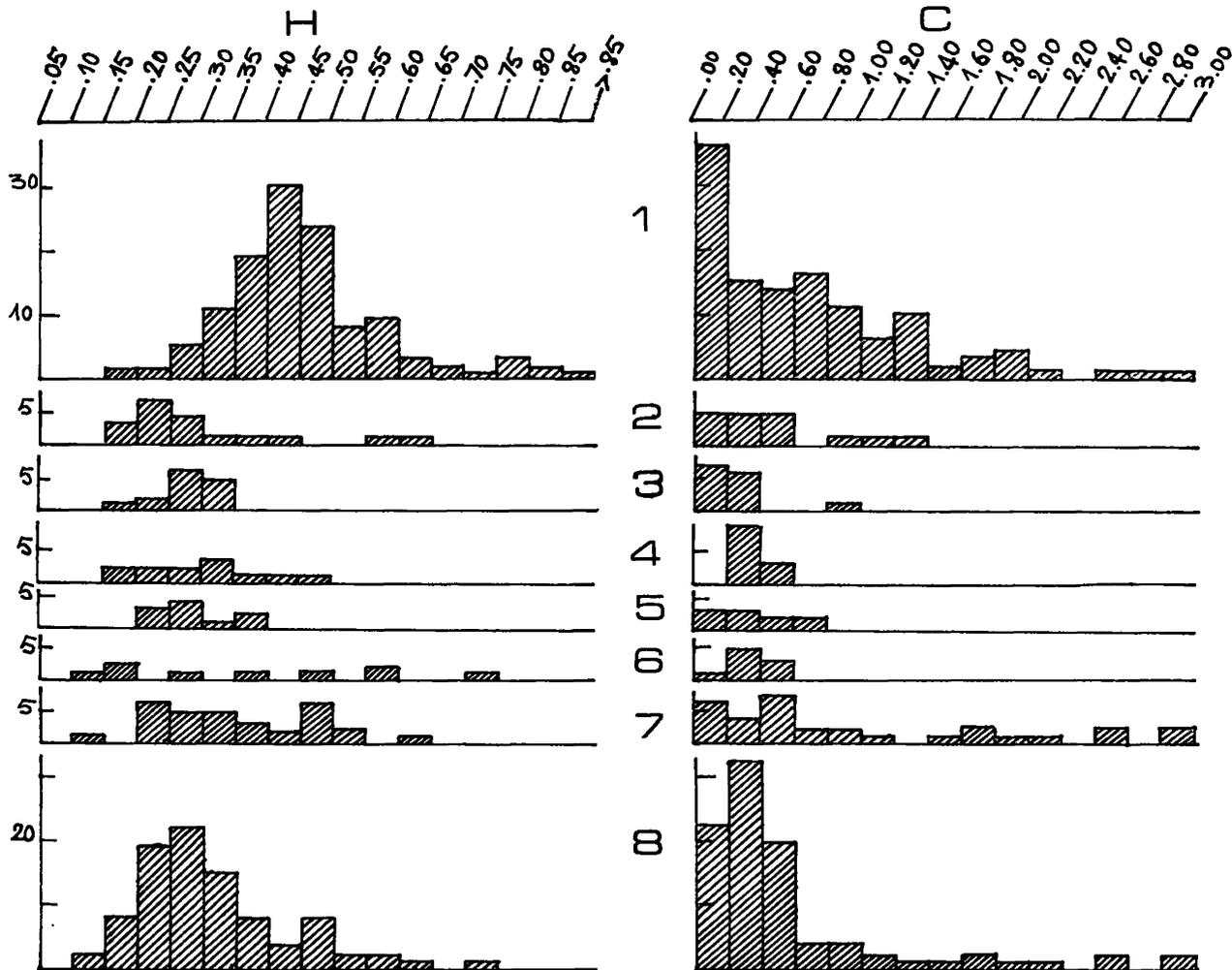


Fig. 22. — Fréquence de l'Hydrogène et du Carbone (en g/100 g de roche).

1 à 8, Même légende que fig. 5 ; 9, Diagramme $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$; a, Filons dolérito-spilitiques par groupements minéralogiques (1 à 6) ; b, Coulées spilitiques par gisements (7 à 14) (cf. tabl. V).

dence les caractéristiques bien connues de la spilitisation, à savoir :

- le peu de variance des cations polyvalents ;
- la perte mais l'invariance de Si ;
- le gain variable d'alcalins et d'éléments volatils ainsi que la variation extrême des cations liés à ces derniers : Mg, Ca et Mn notamment ;
- la perte énorme (jusqu'à 50 %) d'alcalino-terreux.

Quant aux informations apportées par l'analyse statistique multivariable (AUMAÎTRE et BUFFET, 1973) elles soulignent que *le caractère spilitique le plus discriminant de l'ensemble étudié, et totalement indépendant des différenciations basaltiques classiques, est l'opposition albite-calcite*. Ce facteur, seul élément vraiment stable dans toutes les analyses en composantes principales effectuées, et spécifique de l'état spilitique, ne semble pas pouvoir s'interpréter comme une seule transformation au cours d'une altération à caractère hydrothermal sous les conditions analogues à celles du faciès schistes verts. Le rôle qu'y joue Al suggère la possibilité d'une cristallisation primaire d'un feldspath peu calcique à partir d'un bain silicaté résiduel s'enrichissant en éléments volatils (et éventuellement en carbonates). En effet, si la bonne corrélation Si-Na et C-Ca peut être explicitée en interprétant la spilitisation comme la transformation non isochimique d'un basalte par un mécanisme de substitution anorthite-albite, il n'en est plus de même au niveau de la bonne corrélation positive de Al avec Si et Na. Celle-ci implique obligatoirement qu'au cours de la transformation non seulement la totalité d'Al reste figée dans le système (mobilisé dans la chlorite, par exemple), mais qu'il y ait également un apport d'Al puisque celui-ci est corrélé positivement à deux éléments qui sont d'autant plus abondants que l'état spilitique est plus développé. Le modèle adopté par FONTEILLES (1968) expliquerait la fixation de Al, mais l'abondance des constituants inertes initiaux : Si, Al, Fe et Mg, étant prédéterminés, il faudrait donc pour que le caractère spilitique soit totalement réalisé qu'il s'applique à des faciès primitifs peu différenciés ou de type cumulat feldspathique. Or, les observations faites sur le cortège doléritico-spilitique vont à l'encontre de ces deux possibilités et montrent bien, par ailleurs, le développement progressif et continu du caractère spilitique tout au long de son évolution.

4. Genèse.

Etant donné la diversité des associations spilitiques et des contextes où elles se rencontrent (VALLANCE, 1960), les hypothèses formulées à leur sujet sont variées mais toutes ont un point commun : elles reconnaissent le rôle essentiel des éléments volatils. Les différences portent donc sur leur origine et sur le moment de leur intervention car la probabilité d'une cristallisation primaire d'albite à partir d'un liquide basaltique même hydraté étant pratiquement nulle, depuis les travaux expérimentaux de YODER et TILLEY (1962), cette théorie n'est donc plus retenue.

Les arguments principaux, liés au contexte géologique, dégageables de la revue complète des hypothèses émises au sujet de la genèse des roches spilitiques (VALLANCE, 1969 ; AMSTUTZ, 1968), révèlent deux grandes tendances : la spilitisation est une altération hydrothermale de laves produite :

- soit au cours de leur refroidissement par les fluides magmatiques eux-mêmes (SAUPE, 1973) ;
- soit postérieurement à leur mise en place par des fluides de diverses origines : eaux thermales (NABOKO, 1963), eaux marines remobilisées au cours d'un réchauffement local (CANN, 1969), eaux diagénétiques (VALLANCE, 1960).

En ce qui concerne le cortège intrusif et effusif basique des Ecrins-Pelvoux, les données sont les suivantes :

- C'est une *association dolérites-spilites liée à une série épicontinentale* et constituant une série *non différenciée* (invariance de nombreux éléments tels V, Co et Si) pour laquelle :
 - *le caractère alcalin est acquis progressivement* aussi bien au niveau des partitions pétrographiques, par une évolution continue des faciès en rapport avec leur vitesse de cristallisation, qu'au niveau des partitions géographiques, par une augmentation régulière de leur alcalinité liée à la position des laves par rapport au socle cristallin ;
 - *la migration de Ca et Mg est également progressive* et corrélée aux teneurs croissantes en éléments volatils.
- *Il n'y a pas de solution de continuité entre les faciès grenus doléritiques à labrador, pyroxène et amphibole, et les faciès microlitiques spilitiques à*

feldspaths alcalins, chlorites, carbonates et fantômes de périclites.

Par ailleurs les *recristallisations secondaires synchronistes* à caractère hydrothermal subies par l'ensemble volcanique et les formations où elles sont incluses (dolomies triasiques - migmatites du socle) dans des conditions équivalentes à celles du faciès schistes verts *sont de faible intensité* (limite anchi-zone-épizone), *d'importance croissante de la périphérie au cœur du massif* et toujours considérées comme *pratiquement isochimiques*. Or les transformations à caractère *spilitique, non isochimiques et sélectives, en sont totalement indépendantes*. Il est, en effet, bien démontré que les surconcentrations en alcalins sont liées aux structures porphyriques (filons), aux structures intersertales (laves), à la position des gisements effusifs (le long du linéament sédimentaire ou à proximité de lamprophyres) et à la nature des appareils (cheminée explosive). Les variations en Ca sont liées au développement des feldspaths alcalins (plus la roche est albitique, moins elle sera riche en calcite) et aux phases fluides (calcite concentrée dans les centres éruptifs et sur le pourtour des poches magmatiques). On constate, en outre, que le cortège filonien du Sirac est affecté d'une décalcification qui ne touche nullement les amphibolites à composition gabbroïque (LE FORT, 1973) qu'il traverse. Les nodules de périclites des dykes de l'Aiguille Fourchée et de Champoléon, ainsi que tous les cristaux de périclites de l'ensemble éruptif, montrent des pseudomorphoses complètes en chlorite et calcite habituelles dans la paragenèse spilitique, alors que les amas périclitiques anté-triasiques inclus dans le socle et proches de ces ensembles ne sont affectés, hormis l'hydratation, que par des transformations isochimiques (périclites partiellement serpentinisées).

Pour ces différentes raisons *il ne semble pas qu'il y ait de lien entre l'altération hydrothermale responsable des recristallisations secondaires récentes et synchronistes qui affectent l'ensemble du massif des Ecrins-Pelvoux (socle, couverture sédimentaire et volcanisme triasique) et celle qui est tenue pour responsable de l'acquisition progressive des caractères spilitiques par l'ensemble volcanique et hypovolcanique décrit ici*. Toutefois le caractère hydrothermal de ces recristallisations, exprimé par la présence de filonnets de quartz - calcite - albite, peut expliquer la transformation plus poussée des laves de la cou-

verture par rapport au réseau filonien du socle si l'on suppose que l'eau provient de la déshydratation des minéraux argileux au cours de leur transformation en micas et chlorites. Ce nouvel état d'équilibre a pu être atteint au cours d'un réchauffement estimé à 250-300° (POTY *et al.*, 1973 ; GRATIER *et al.*, 1973 ; BARTOLI, 1973) et l'eau ainsi libérée, susceptible de dissoudre et de transporter des alcalins, a pu être piégée avec eux dans le réseau basique. Mais si de telles transformations expriment partiellement des divergences minimales, elles sont impuissantes à expliquer le développement progressif et continu du caractère spilitique dans son ensemble. C'est pourquoi l'influence de l'altération hydrothermale responsable de telles recristallisations doit-elle se limiter à une homogénéisation, pratiquement isochimique, de l'ensemble volcanique dans le faciès schistes verts et peut être taxée de récente par rapport à l'altération hydrothermale ancienne responsable, elle, de la spilitisation.

Revenant aux hypothèses générales sur la genèse des spilites, il apparaît qu'une fois le rôle des altérations hydrothermales récentes bien défini dans le cas du volcanisme basique des Ecrins-Pelvoux, *le développement des caractères spilitiques paraît donc en grande partie attribuable à une altération deutérique* identique à la propylitisation (SAUPE, 1973). La phase deutérique est tenue pour responsable de la transformation progressive des minéraux des dolérites filoniennes ou effusives : plagioclases basiques passant à des oligoclases puis à des albites ; augites se résolvant en hornblendes brunes et vertes, puis en actinote ou biotite et enfin en chlorite. La chlorite apparaît d'ailleurs dans les séries basaltiques comme minéral deutérique caractéristique de la réaction entre les liquides résiduels et les minéraux ferromagnésiens dans les derniers stades magmatiques (FAWCETT, 1965), au même titre que l'actinote produite dans les dolérites, même à faible profondeur, et le remplacement plus ou moins complet des plagioclases basiques par l'albite. De même, l'abondance des fluides aux épontes des filons, sur le pourtour des amas hypovolcaniques et dans les centres explosifs explique la migration des éléments les plus solubles et le remplacement progressif d'une paragenèse HT par une paragenèse BT conjointement à la modification des structures de doléritiques à microlitiques fluidales.

Un schéma identique peut être dressé dans le cas du volcanisme effusif aussi bien à l'échelle du gisement : des cœurs doléritiques à pyroxène intact aux épontes filoniennes franchement spilitisées, qu'à l'échelle de l'ensemble des secteurs volcaniques dont certains, plus pauvres en fluides et à cristallisation plus lente et préférentiellement situés sur le pourtour du massif, ont une alcalinité moins élevée que d'autres situés le long de linéaments sédimentaires et où l'abondance des fluides développe progressivement du S au N des structures microlitiques albito-orthosiques à orthosiques pures.

Rien n'interdit de penser d'ailleurs que cette phase deutérique n'ait commencé d'agir précocement, prenant le relais du stade orthomagmatique. Les pressions de fluides pourraient être en partie responsables de l'inversion de l'ordre de cristallisation pyroxènes-plagioclases dans les dolérites ophitiques, leur conférant ainsi un caractère pegmatitique. De même, les dolérites porphyriques avec leurs micas automorphes peuvent être considérées comme traceur d'un stade pneumatolytique surimposé aux structures orthomagmatiques. Dans un tel

schéma les lamprophyres micacés du Valbonnais s'intégreraient alors parfaitement dans le cortège dolérito-spilitique en représentant un stade pneumatolytique véritable caractérisé par un enrichissement considérable en K, lequel est d'ailleurs exprimé dans les laves sus-jacentes.

Si donc l'action des eaux deutériques apparaît d'emblée primordiale dans l'ensemble du processus de spilitisation du volcanisme basique des Ecrins-Pelvoux, il n'en reste pas moins que l'étude détaillée de cette série laisse entrevoir une action plus complexe dans l'acquisition des caractères spilitiques. En effet, le comportement de certains éléments laisse soupçonner pour ce volcanisme une mise en place telle que se pose la question de la nature du fond de la fosse où il s'est produit. L'acquisition des caractères spilitiques par ce cortège peut être rapprochée de certains spilites dérivés d'empilements basaltiques océaniques (dolérites et tufs) : laves à faciès schistes verts pouvant être particulièrement abondantes dans la croûte océanique et pour lesquelles est suggéré un métamorphisme post-épanchement (MELSON et VAN ANDEL, 1966).

CONCLUSION

Le volcanisme basique des Ecrins-Pelvoux constitue une série non différenciée et homogène représentée par :

- un réseau filonien principalement doléritique et un complexe éruptif dolérito-spilitique inclus dans un socle métamorphisé. La minéralogie de ces filons est totalement indépendante de la nature des roches encaissantes et leur intrusion y occasionne localement des transformations de contact ;
- des laves et tufs triasiques mis en place dans une zone de hauts-fonds à sédimentation carbonatée ou détritique.

Les différents termes de ce cortège se succèdent du cœur aux épontes d'un même filon et des diverticules spilitiques s'individualisent des masses doléritiques montrant bien que dolérites et spilites ne sont que des stades particuliers d'une différenciation continue aboutissant à la succession de deux paragenèses, l'une de type basaltique hydraté, l'autre spilitique.

L'ensemble volcanique et les formations qui l'environnent sont affectées postérieurement de recristallisations secondaires synchistesuses à caractère hydrothermal de faible intensité.

La présence de fantômes d'olivine dans les épanchements laviques et celle de nodules de péridotites dans plusieurs dykes sont des arguments en faveur d'une composition de basalte à olivine du magma originel.

Le chimisme de ce cortège se caractérise par la dispersion importante de certains éléments : alcalins, alcalino-terreux et composés volatils, très sensible au niveau des faciès spilitiques intrusifs et effusifs et qui s'amenuise dans les faciès doléritiques hypovolcaniques. L'invariance de Fe, Ti, V, Al et Co confère à ces éléments des valeurs analogues à celles des partitions basaltiques. Les alcalins présentent, globalement, la même répartition que dans les différenciations alcalines et les surconcentrations en K, accompagnées de migrations de carbonates, caractérisent les structures porphyriques et inter-

sertales et sont liées à la position des gisements et à la nature des appareils. Les variations simultanées de Ti, K, Rb et Tl suggèrent une mise en place du cortège à la limite entre un milieu océanique et continental (caractère continental dominant). Les éléments volatils, H et C, évoluent indépendamment. H₂O intervient de manière significative au niveau de chaque transformation envisageable et Li se concentre dès que l'on atteint des teneurs en eau proches de la saturation.

L'acquisition progressive et continue du caractère spilitique est difficilement interprétable par le seul mécanisme d'altération hydrothermale récente mesurable sur l'ensemble du massif. L'évolution du cortège montre, à partir d'une origine basaltique, tous les stades intermédiaires jusqu'à l'aboutissement du processus de spilitisation. Les dolérites banales, déjà différenciées, mais cependant proches d'une souche basaltique, évoluent par enrichissement progressif du magma en phases fluides, en dolérites à amphibole, puis à chlorite et enfin en spilites. Il existe, à l'échelle des groupes pétrographiques, la même évolution que celle décrite à l'échelle du cristal de clinopyroxène. Parallèlement, et en fonction d'une concentration particulière des

éléments volatils inclus dans le magma, s'individualisent des dolérites ophitiques à cristallisation synchrone feldspaths-pyroxènes, et des dolérites porphyriques à lattes feldspathiques issues d'un liquide riche en alcalins. Ces deux termes évoluent ensuite, comme précédemment, en dolérites à chlorite, puis en spilites. L'évolution des laves présente un schéma identique avec des surconcentrations locales en alcalins et des secteurs essentiellement doléritiques, mais l'individualisation des carbonates se réalise différemment dans les deux types de volcanisme.

Les caractères spilitiques de cet ensemble sont attribuables en majorité à l'action d'une phase deutérique débutant dès la cristallisation des clinopyroxènes, mais il n'est pas exclu, en raison des particularités soupçonnées pour la mise en place de ce cortège, que cette action n'ait été renforcée par un mécanisme voisin de celui aboutissant à la spilitisation des basaltes des fonds océaniques. Le rôle de l'altération hydrothermale secondaire, récente et générale pour tout le massif, se limitant alors à une homogénéisation de la paragenèse spilitique acquise précédemment, entraînant des migrations chimiques mineures.

BIBLIOGRAPHIE

- AMSTUTZ (G.C.) (1968). — Spilites and spilitic rocks. Basalts, vol. 2, p. 737-753. Hess and Poldervaart Ed. ; Interscience, New York.
- ANTOINE (P.), LOUBAT (H.) et VATIN-PÉRIGNON (N.) (1973). — Hypothèses nouvelles sur l'origine et la signification des « ophiolites » du domaine pennique externe (Savoie - Valais) (*Géol. Alpine*, 49, p. 21-39).
- AUMAÎTRE (R.) et BUFFET (G.) (1973). — Minéralogie, Pétrographie et Géochimie des laves spilitiques et des filons basiques associés du Massif des Ecrins-Pelvoux (Alpes françaises occidentales) (*Thèses 3^e cycle*, Grenoble, 301 p.).
- BABKINE (F.), CONQUÈRE (F.) et VILMINOT (J.-C.) (1966). — Nodules de périclites et cumulats d'olivine (*Bull. Soc. Franç. Min. Crist.*, 89, p. 262-268).
- BARTOLI (F.) (1973). — Etude pétrologique et structurale du Haut-Vénéon (Massif du Pelvoux) (*Thèse 3^e cycle*, Grenoble).
- CANN (J.R.) (1969). — Spilites from the Carlsberg Ridge, Indian ocean (*Journ. Petr.*, 10, 1, p. 1-19).
- CHAYES (F.) (1965). — Titania and alumina content of oceanic and circumoceanic basalts (*Min. Mag.*, 34, p. 126-131).
- ESQUEVIN (J.) (1969). — Influence de la composition chimique des illites sur leur cristallinité (*Bull. Centre Rech. Pau*, 3/1, p. 147-153).
- EVANS (H.T.) (1969). — Handbook of Geochemistry 23 A. 1, Springer Verlag, Berlin.
- FAWCETT (J.J.) (1965). — Alteration products of olivine and pyroxene from basalts lavas from the isle of Mull. (*Min. Mag.*, 35, p. 55-68).
- FONTEILLES (M.) (1968). — Séries volcaniques paléozoïques de la Bruche (Vosges) et de la Brévenne (Massif central français). Etude de la spilitisation (*Bur. Rech. géol. min.*, II, 3, p. 1-54).

- FOSTER (M.D.) (1962). — Interprétation of the composition and a classification of the chlorites (*U.S.G.S., Prof. paper*, 414-A, p. 33).
- GRATIER (J.-P.), LEJEUNE (B.) et VERGNE (J. L.) (1973). — Etude des déformations de la couverture et des bordures sédimentaires des massifs cristallins externes de Belledonne, des Grandes-Rousses et du Pelvoux (depuis les Aravis jusqu'à la région de Remollon) (*Thèses 3^e cycle*, Grenoble, 227 p.).
- HEY (M.H.) (1954). — A new review of the chlorites (*Min. Mag.*, 30, p. 227-292).
- KUNO (H.) (1960). — High alumina basalt (*Journ. Petr.*, 1, p. 121-145).
- LA ROCHE (H. de) et LETERRIER (J.) (1973). — Transposition du tétraèdre minéralogique de Yoder et Tilley dans un diagramme chimique de classification des roches basaltiques (*C. R. Acad. Sc.*, 276, D, p. 3115-3118).
- LE FORT (P.) (1973). — Géologie du haut Dauphiné cristallin (Alpes françaises). Etude pétrographique et structurale de la partie occidentale (*Sc. de la Terre*, 25, 373 p.).
- LE FORT (P.) et PÊCHER (A.) (1971). — Présentation d'un schéma structural du haut Dauphiné cristallin (*C. R. Acad. Sc.*, 273, D, p. 3-5).
- MANSON (V.) (1967). — Geochemistry of basaltic rocks : major elements, in *Basalts*, 1, p. 215-269. Wiley and sons, Ed.
- MARSHALL (W.L.), SLUSHER (P.) et JONES (E.V.) (1964). — Aqueous systems at high temperature and thermodynamic relationships for CaSO_4 in $\text{NaCl} - \text{H}_2\text{O}$ solutions from 40° to 200° C, 0 to 4 modal NaCl (*Journ. Chem. Eng. data*, 9, p. 187-191).
- MELSON (W.G.) and VAN ANDEL (T.H.) (1966). — Metamorphism in the mid-atlantic ridge, 22° N latitude (*Marine Geol.*, 4, p. 165-186).
- MICHEL (R.) et VERNET (J.) (1956). — Une cheminée volcanique triasico-liasique en Dauphiné : l'Aiguille Fourchée (secteur S du Pelvoux) (*C. R. Acad. Sc.*, 242, D, p. 3096-3098).
- NABOKO (S.I.) (1963). — Conditions of the present-day hydrothermal metamorphism of volcanic rocks (*Inter. Geol. Rev.*, 5 (7), p. 850-858).
- NOCKOLDS (S.R.) et ALLEN (R.) (1963). — The geochemistry of some igneous rocks series (*Geoch. Cosm. Acta*, 4, p. 105-142).
- PEACOR (J.) (1972). — Manganese. Handbook of Geochemistry. 25.A.9.
- POTY (B.), WEISBROD (A.) et STALDER (H.-A.) (1973). — Température et pression de croissance des cristaux de quartz des fentes alpines dans les Alpes françaises et suisses (*Réun. ann. Sc. de la Terre*, Paris, p. 343).
- SAUPE (F.) (1973). — La géologie du gisement de Mercure d'Almaden (Prov. de Ciudad Real, Espagne) (*Thèse Doc. Etat*, Nancy, 268 p.).
- SCHROLL (E.) (1968). — Abundances of the chemical elements in the main rocks types of the Lithosphere in relation to a system of correlations. In *Origin and Distribution of the elements (Inter. Ser. of Monographs in Earths Sciences*, 30, p. 599-617).
- TANE (J.-L.) (1967). — Contribution à l'étude du phénomène de spilitisation (*Trav. Lab. Géol. Grenoble*, 43, p. 187-192).
- VALLANCE (T.G.) (1960). — Concerning spilites (*Proc. Linnean Soc.*, New South Wales, 85, 1, p. 8-51).
— (1969). — Spilites again : some consequences of the degradation of basalts (*Ibid.*, 94, 1, p. 8-51).
- VATIN-PÉRIGNON (N.) et SHAW (D.M.) (1972). — Comportement du Li et d'autres éléments en traces dans quelques coulées triasiques de l'Aiguille de Morges (Alpes françaises méridionales). Une contribution au problème de l'origine des roches spilitiques (*Géol. Alpine*, 48, p. 201-206).
- VATIN-PÉRIGNON (N.), JUTEAU (T.) et LE FORT (P.) (1972). — Les filons du Massif du Pelvoux (Alpes occidentales françaises) (*Ibid.*, 48, p. 207-227).
- WESTPHAL (M.) (1973). — Etudes paléomagnétiques de quelques formations permienes et triasiques dans les Alpes occidentales, France (*Tectonophysics*, 17, p. 323-335).

Manuscrit remis le 8 avril 1974.