



Contribution à l'étude des laves spilitiques du massif du Pelvoux

Jean Louis Tane

► To cite this version:

Jean Louis Tane. Contribution à l'étude des laves spilitiques du massif du Pelvoux. Pétrographie. Université de Grenoble, 1962. Français. NNT : . tel-00740954v1

HAL Id: tel-00740954

<https://theses.hal.science/tel-00740954v1>

Submitted on 11 Oct 2012 (v1), last revised 11 Oct 2012 (v2)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



CONTRIBUTION A L'ETUDE DES LAVES SPILITIQUES
DU PELVOUX

Thèse 3^e Cycle. Jean-Louis TANE. 1962

A Monsieur le doyen Moret

hommage respectueux

Paul.

T H E S E

présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble
pour obtenir le titre de Docteur de 3e Cycle.

Spécialité :

GEOLOGIE DES CHAINES DE MONTAGNES

par

Jean-Louis TANE

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES LAVES SPILITIQUES
DU MASSIF DU PELVOUX

Soutenue le 14 juin 1962 devant la Commission d'Examen. à 15 h.

Président : M. L. MORET, Membre de l'Institut

Examineurs { M. R. BARBIER, Professeur
{ M. R. MICHEL, Professeur

10146063

AVANT-PROPOS

Il m'est agréable de rappeler ici combien cette contribution à l'étude des laves spilitiques du Pelvoux doit à mes professeurs du Laboratoire de Géologie de Grenoble.

Ayant eu le double privilège de compter parmi leurs étudiants, puis parmi leurs assistants, j'ai pu aborder ce travail dans les meilleures conditions intellectuelles et matérielles.

Monsieur le Doyen MORET et Monsieur le Professeur MICHEL m'ont témoigné une grande confiance en m'orientant vers l'étude de ces roches un peu énigmatiques que sont les laves spilitiques. Ce faisant, ils n'ont cessé de me prodiguer leurs conseils autorisés de Géologue alpin et de Pétrographe.

J'ai pu entrevoir les aspects paléogéographique et géodynamique du problème grâce à de fructueux entretiens avec Messieurs les Professeurs BARBIER et DEBELMAS.

Monsieur SARROT-REYNAULD a suivi de très près les différentes étapes de mon travail. Son expérience m'a épargné bien des tâtonnements. C'est aussi à lui que je dois d'avoir pu connaître et utiliser abondamment les techniques des Rayons X.

En outre, l'atmosphère saine et amicale que j'ai rencontrée auprès de mes collègues plus jeunes a largement facilité l'élaboration de ce travail - j'ai nommé N. VATIN-PERIGNON, B. LIVEBARDON, H. DABROWSKI, C. KERCKHOVE, J.P. THIEULOY, P. VIALON sans oublier celui qui fut le premier de cette équipe : Daniel DONDEY.

Enfin, hors les murs de notre Laboratoire, l'étude des laves spilitiques du Pelvoux m'a valu des aides très précieuses. Je pense à Monsieur le Professeur BONNIER, de Grenoble, qui a mis à ma disposition son laboratoire d'analyses chimiques, à Monsieur le Professeur SABATIER, de la Sorbonne, qui m'a guidé dans son laboratoire des réactions hydrothermales et à Monsieur le Professeur VUAGNAT, de Genève qui, sur le terrain comme ailleurs n'a cessé

d'entourer ces recherches de sa bienveillante autorité.

Que tous ceux-là et bien d'autres que je ne peux citer présentement veuillent bien trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

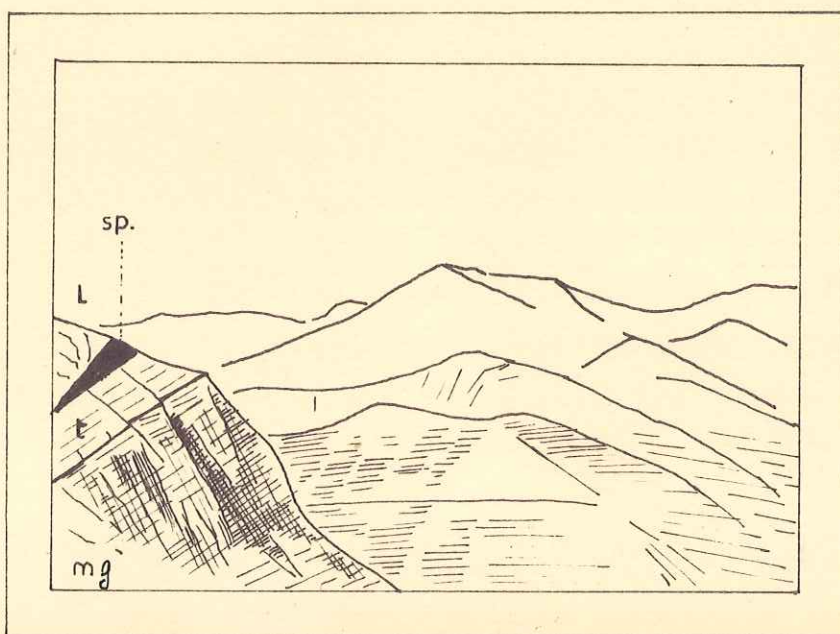


VUE DU ROCHAIL

VERS LES GRANDES ROUSSES

mg : migmatites et granite . t : trias

L : lias calcaire . sp : laves spilitiques





COULEES SPILITIQUES EN VALJOUFFREY

SOMMAIRE

25 AOÛT 2003

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
MAISON DES GEOSCIENCES
DOCUMENTATION
B.P. 53

F. 38041 GRENOBLE CEDEX
Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
Mail : platour@ujf-grenoble.fr

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I.- Le Contexte géologique des laves spilitiques du Pelvoux.....	3
Contexte géologique d'ensemble.....	4
Contexte géologique détaillé.....	6
Corrélations.....	13
CHAPITRE II.- Pétrographie des laves spilitiques du Pelvoux.....	20
Historique.....	21
Nécessité de nouvelles observations	25
Etude pétrographique des laves spilitiques dont le contexte détaillé a été donné au chapitre I.....	27
Etude pétrographique de quelques autres laves spilitiques des Alpes françaises.....	46
CHAPITRE III.- Interprétations.....	52
L'appartenance orogénique des laves spilitiques du Pelvoux.....	52 bis
Pétrogénèse des laves spilitiques du Pelvoux	58
Les voies d'ascension des laves spilitiques du Pelvoux.....	72
CONCLUSIONS GENERALES.....	82
BIBLIOGRAPHIE.....	86

INTRODUCTION

Bien qu'elle soit largement répandue dans la littérature géologique, l'expression de volcanisme spilitique peut être entendue dans des sens assez différents.

Je l'entendrai au départ dans son acception la plus élémentaire, celle où le volcanisme spilitique se distingue des autres types de volcanisme par l'anomalie pétrographique de ses laves. Il est, en effet, difficile de situer celles-ci dans les classifications usuelles des roches éruptives et un véritable problème géologique est né de cette constatation.

Comme tel, le volcanisme spilitique est représenté dans les Alpes Françaises, notamment par le groupe "spilites du Pelvoux" auquel est consacrée la présente étude.

Mais l'importance de ce volcanisme singulier s'étend probablement à l'échelle de notre planète. Il s'agirait d'un phénomène orogénique dont le mécanisme se répèterait identique à lui-même quel que soit l'orogène particulier auquel on se réfère. C'est pourquoi la notion de volcanisme spilitique a trouvé place dans le concept moderne d'orogène-type.

Sous sa forme actuelle, l'orogène-type ne résoud cependant pas le problème pétrographique des laves spilitiques. Mais, parce qu'il lui fournit un cadre orogénique unique, il laisse entendre qu'une solution unique puisse être recherchée.

C'est alors que les "spilites du Pelvoux" deviennent un matériau de choix, non pas tant en eux-mêmes, que grâce à leur contexte orogénique dont la connaissance est relativement avancée. En réalité il y a longtemps que les "spilites du Pelvoux" ont retenu l'attention des géologues et qu'au problème de leur genèse il a été répondu.

Mais au lieu d'une solution unique qu'on aurait aimé éprouver sur d'autres orogènes, il a été proposé, pour le moins, trois solutions.

L'objet de mon travail ne sera pas de rechercher laquelle des trois mériterait d'être exportée ; au contraire, il se limitera à l'aspect proprement alpin du problème.

Il me paraît alors nécessaire d'en rappeler et d'en augmenter les données : j'y consacrerai deux chapitres.

- Le chapitre I où sera précisé le contexte géologique des laves spilitiques du Pelvoux et les conclusions premières, qu'on peut en tirer.

- Le chapitre II où, sur des observations essentiellement nouvelles, seront exposés leurs caractères minéralogiques et pétrographiques. L'historique des travaux servira d'introduction à ce chapitre et donnera un bref aperçu des idées pétrogénétiques qui ont été successivement émises.

- Les données vulcanologiques inspirées de la notion d'orogène-type n'apparaîtront qu'au début du chapitre III ; ce sera le chapitre des interprétations où, avant d'aborder le problème de la genèse des laves spilitiques du Pelvoux et celui de leur nomenclature, j'essaierai de répondre à la question de leur appartenance orogénique (hercynienne ou alpine).

CHAPITRE I.

LE CONTEXTE GEOLOGIQUE DES LAVES SPILITIQUES DU PELVOUX.

- CONTEXTE GEOLOGIQUE D'ENSEMBLE
- CONTEXTE GEOLOGIQUE DETAILLE
- CORRELATIONS.

CONTEXTE GEOLOGIQUE D'ENSEMBLE

La carte hors texte au 1/200 000 rassemble les principaux affleurements de laves spilitiques connus dans les Alpes Françaises. On constate qu'ils sont consignés dans un cercle de 50 kilomètres de rayon, centré sur le hameau de la Bérarde, lui-même centre géographique et géologique du Massif cristallin du Pelvoux.

A l'intérieur de ce cercle, il convient de séparer deux ensembles volcaniques.

- A l'Est, et étroitement associés à la région de Montgenèvre, se sont épanchées des laves qui, bien que spilitiques, n'entrent pas dans le domaine des laves spilitiques du Pelvoux. Ce sont des laves de la grande fosse géosynclinale alpine¹, associées à des sédiments de cordillères et voisinant avec des gabbros et des serpentines. Leur mode de gisement laisse planer un doute quant à leur âge précis, probablement jurassique ou crétacé, mais qui est, en tout cas, largement antérieur aux grands plissements alpins.

- C'est à l'Ouest, mais réparties de manière beaucoup plus homogène, qu'affleurent les laves spilitiques dites du Pelvoux. Contrairement aux laves de Montgenèvre, elles se situent géologiquement parmi les formations d'avant-fosse du géosynclinal alpin.

Seul ce deuxième ensemble retiendra notre attention et plus particulièrement sa portion de plus forte densité volcanique : il s'agit de la bordure occidentale du Massif du Pelvoux, appelée plus couramment la région de l'Oisans.

Ainsi, ne considérerai-je qu'à titre d'éléments de comparaison les laves spilitiques de Maurienne, de Belledonne, des Gran-

¹. A ce type de laves correspondent encore un certain nombre d'affleurements situés pour la plupart en territoire italien.

des Rousses, des dômes de La Mure et de Remollon, dont l'étude a déjà fait l'objet de publications ou dont j'ai récolté quelques échantillons.

Pour l'Oisans lui-même et ses annexes, des travaux antérieurs m'ont fourni une base très solide, bien qu'ils n'aient jamais eu pour objet exclusif l'étude du volcanisme.

Peut-être conviendrait-il de les mentionner ici puisqu'aussi bien on leur doit la cartographie des laves. En fait, ils traitent davantage encore de leur pétrographie et, pour cette raison, je préfère leur réserver un paragraphe d'historique dans le second chapitre.

CONTEXTE GEOLOGIQUE DETAILLE.

Avertissement.

Le Trias alpin est célèbre en tant que niveau de décollement. Il se trouve intercalé en effet entre des formations sédimentaires à tectonique souple et des formations cristallines ou métamorphiques à tectonique cassante. Il apparaît ainsi, très souvent, sous la forme de lentilles extrêmement écrasées, impropres à fournir des indications autres que tectoniques.

J'ai évité systématiquement les affleurements de ce type et considéré au contraire ceux qui ne constituent pas, en eux-mêmes, une zone de discontinuité tectonique. Ces affleurements de bonne qualité hantent particulièrement les lignes de crête. Ils se présentent généralement comme l'indique la planche 1: sur une surface cristalline ou métamorphique régulière, Trias et Lias ont conservé le même pendage et l'érosion, très active, laisse à peine aux habituelles "patines" le loisir de s'imprimer.

Il est alors aisé de relever de très bonnes coupes et de récolter des échantillons de laves remarquablement frais. Ces derniers fourniront plus loin les jalons de la partie pétrographique, tandis que dans le présent chapitre, plus stratigraphique, ne figurera que leur environnement géologique. C'est donc une série de coupes qui va être décrite ci-après, chacune d'elles étant affectée d'un numéro qui permet de la situer sur la carte générale au 1/200 000. La planche 1 groupe d'autre part toutes ces coupes sous la forme d'une série de logs.

DESCRIPTIONS

RELEVÉS DE QUELQUES GISEMENTS :

- Crête Rochail - Grand Renaud (dite Crête des Rochers de Terre Rousse. 1 et 2.

Point de départ : Villard-Notre-Dame ou Chantelouve.

Une étude géologique récente [1960] du Massif du Rochail fournit, entre autres documents, une cartographie au 1/20 000 qui permet de bien situer les laves spilitiques dans le secteur considéré.

Je reprendrai ici le détail géologique de deux affleurements intéressants que j'avais décrits antérieurement [1961] et qui correspondent à deux des logs de la planche 1. Il s'agit respectivement des affleurements :

- du Grand Clot (coordonnées $x = 890,9$; $y = 305,3$, feuille de La Mure n° 3 au 1/20 000 ;
- du Col du Rochail (coordonnées $x = 890,5$; $y = 304,7$, même feuille).

1. Affleurement du Grand Clot¹.

Su Sud Ouest au Nord Est on observe, en série inverse :

- granite du Rochail
- arkose (1 à 2 m)
- gypse et anhydrite (5 m)
- dolomie siliceuse (2 m)
- laves (6 m)
- calcaire dolomitique (1,50 m).

1. Il existe dans cette coupe un contact tectonique à la base même du Lias, mais ce contact n'a pas eu pour effet d'écraser le Trias qui demeure au contraire bien visible.

Un accident tectonique arrête ici la série triasique contre laquelle viennent buter les schistes très plissotés du Lias.

Il semble que l'on puisse distinguer entre la dolomie siliceuse et le calcaire dolomitique trois coulées superposées. L'originalité de ces laves réside dans leur texture en pillows, texture d'autant plus nette que l'on approche davantage de la dolomie siliceuse.

Entre les pillows de deux coulées différentes, s'intercalent des schistes broyés verts et rouges. Entre les pillows d'une même coulée, se fauillent au contraire des produits détritiques.

Le diamètre des pillows est de l'ordre du mètre.

Il est impossible, à l'oeil nu, d'observer s'il y a variation de structure du bord au centre d'un pillow. On ne peut que constater une grande homogénéité d'ensemble qui disparaît seulement à l'extrême périphérie des pillows où s'étire une mince couche ferrugineuse.

2. Affleurement du Col du Rochail.

Au-dessus du granite du Rochail, on trouve 1 m d'arkose, 6 m d'une brèche à ciment d'abord noir, puis "café au lait et dont les éléments sont pour partie siliceux, pour partie calcaréo-dolomitiques, 5 m d'un calcaire dolomitique à patine jaune, 5 m enfin d'un niveau composite où l'on reconnaît du gypse (rose), des blocs d'un matériau identique au calcaire dolomitique sous-jacent et des passées schisteuses vertes ou rouges souvent mentionnées dans les écrits géologiques comme des argilites.

Puis viennent six coulées de laves régulièrement séparées par ces mêmes produits verts ou rouges, avec cette particularité que l'horizon vert précède toujours l'horizon rouge.

Les coulées proprement dites sont assez homogènes tant par leur couleur vert sombre, en cassure, que par leur épaisseur de 4 m environ ; il est remarquable que des pustules de calcite affectent spécialement leur base.

Recouvrant la sixième coulée, viennent les calcaires gris sombre du Lias, qui terminent l'affleurement.

Tout cet ensemble plonge de 30° vers l'Ouest.

3. Crête Rochail - Signal du Lauvitel. (Feuille au 1/20 000, La Mure n° 4).

Coordonnées des laves : x = 891,5 ; y = 302,3.

Point de départ : La Danchère ou Confolens.

Au-dessus du granite et des schistes cristallins affleurent successivement :

- une passée d'arkose assez mince ;
- 15 m de quartzites limités à la base et au sommet par des brèches ;
- 20 m de calcschistes gréseux plus tendres et donnant lieu de ce fait à une légère dépression ;
- 5 m de dolomie capucin ;
- 5 m d'un ensemble versicolore tourmenté ;
- 5 m de laves accumulées en une seule coulée ;
- 20 m de calcaires liasiques gris qui couronnent la série.

2 / Le contact de la lave avec le niveau versicolore comme avec le calcaire du Lias est net. La coulée elle-même n'est pas très homogène. Elle contient de petites boules de lave rouge dont le diamètre peut atteindre 20 cm, et qui sont emballées dans un matériau volcanique plus schisteux en même temps que plus sombre.

Il est difficile d'affirmer que ces boules sont des pillows. Peut-être ne s'agit-il que d'un fadès d'altération.

4. Crête Rocher de Paletas - Le Neyrarel.

Feuille au 1/20 000 La Mure n° 3 ;

Coordonnées des laves : $x = 890$; $y = 301,9$.

Point de départ : Confolens.

La disposition des lieux rend délicate l'évaluation de l'épaisseur de tous les niveaux. On observe ici, de bas en haut :

- granite du Rochail ;
- dolomie grise ;
- dolomie capucin ;
- dolomie enrobée d'un dépôt noir schisteux ;
- laves ;
- Lias calcaire entrelardé de filonnets de calcite ;
- Lias calcaire à grain fin, à patine gris clair et à cassure gris foncé.

Les laves présentent une alternance de niveaux saillants et de niveaux rentrants qui, de la dolomie au Lias, se succèdent ainsi :

- 0,50 m : niveau saillant rouge à boules ;
- 0,50 m : niveau rentrant vert schisteux à boules ;
- 2 m : niveau saillant vert, finement granulé, à boules
- 0,50 m : niveau rentrant schisteux sans boules ;
- 1,50 m : niveau saillant sans boules ;
- 1,50 m : niveau rentrant sans boules ;
- niveau volcanique composite où réapparaissent de petites boules rouges emballées dans une pâte noirâtre.

5. Crête Pic-Vert - Tête des Chétives.

Feuille au 1/20 000 La Mure n° 3 ;

Coordonnées des laves : $x = 889,7$; $y = 296,8$;

Point de départ : Confolens ou Valsenestre.

La coupe débute encore avec le granite de type Rochail, sur lequel s'empilent :

- 5 m de dolomie bréchique ;
- 1 m de lave ;
- 5 m de dolomie siliceuse, légèrement rougeâtre ;
- 5 m de laves ;
- 6 m de dolomie capucin dont la partie centrale est versicolore ;
- 1,50 m de schistes et calcaires sombres ;
- 1 m de dolomie capucin ;
- 4 m d'une formation hétérogène contenant des passées de gypse, dolomie, schistes rouges et verts ;
- 6 m de calcaire dolomitique dont le dernier mètre est schisteux ;
- 10 m de laves ;
- 0,50 m d'une roche composite faite de dolomie et de schistes rouges et verts.

Cette série est surmontée par les calcaires gris du Lias.

On voit que la singularité vulcanologique de cette coupe réside dans la présence de trois niveaux de laves. Chacun d'eux a des limites nettes avec les formations sédimentaires entre lesquelles il se situe. De même, chacun d'eux paraît correspondre à une coulée de lave seulement. Toutefois, la coulée la plus élevée présente, à 3 m environ de sa partie supérieure, un petit banc plus dur de 0,20 m environ, formé d'une lave plus largement cristallisée que celle qui l'entoure de part et d'autre.

Ces coulées de laves présentent rarement un matériau en boules.

6. Crête Pied Mouttet - Petaurel.

Feuille au 1/20 000 Vizille n° (7) 8.

Coordonnées des laves : $x = 895$; $y = 308$.

Point de départ : l'Alpe de Venosc ou les Travers de Lans.

Le Trias repose ici sur des gneiss ; il donne lieu à la coupe suivante :

- 5 m de dolomie capucin dont la base est bréchique ;
- 3 m d'un niveau versicolore ;
- 15 m de calcaires dolomitiques à lentilles de cargneules ;
- 2 m d'un niveau versicolore ;
- 3 m de calcaire dolomitique ;
- 3 m de laves ;
- 1 m de calcaire dolomitique ;
- 2 m de laves

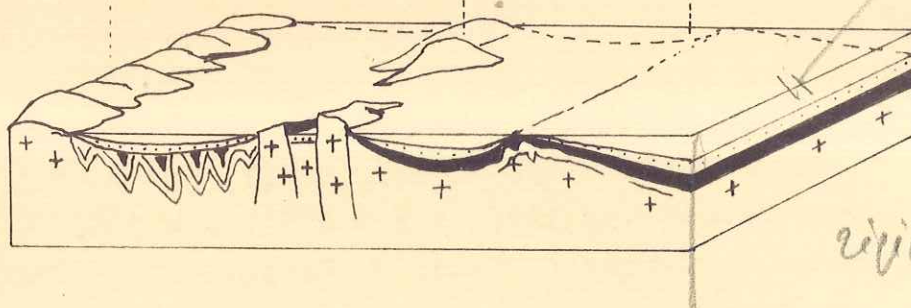
sur quoi reposent les calcaires du Lias.

A l'image de l'exemple précédent, on doit noter ici encore, la présence d'horizons volcaniques séparés par un horizon sédimentaire.

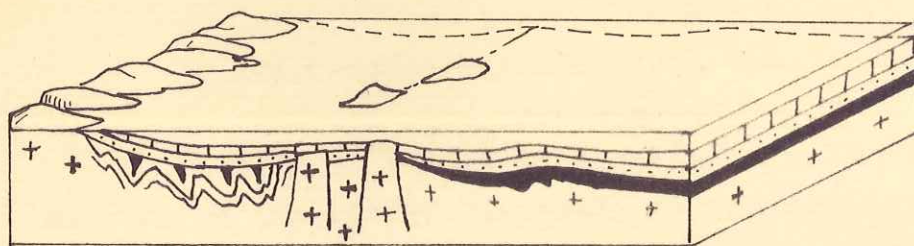
Massif Central

Pelvoux
=
seuil
vindélicien

Briançonnais

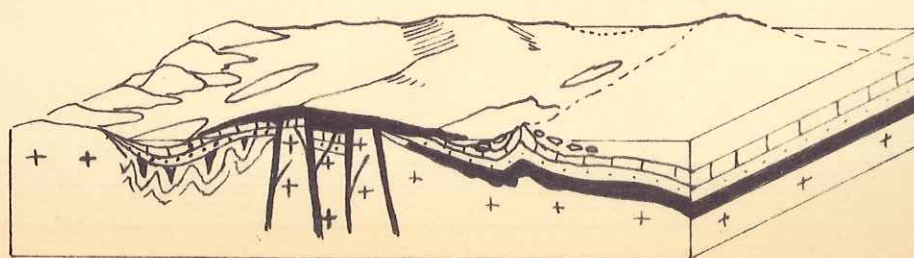


TRIAS INFÉRIEUR (grès)



TRIAS MOYEN (dolomies)

(arrivé de la mer
ou l'indication?)



TRIAS SUPÉRIEUR (laves)

d'après L. MORET

CORRELATIONS.

I. La couverture triasique du Pelvoux, et d'une façon plus générale le Trias alpin, ont servi de thème à de récentes études¹. De nombreuses coupes détaillées ont été relevées dont les différences ont quelquefois gêné l'établissement de leurs corrélations.

Dans les grandes lignes, n'en apparaissent pas moins des analogies indiscutables et l'on est en droit de se faire du Trias du Pelvoux l'image suivante, où se distinguent trois temps².

o Vient tout d'abord une phase de sédimentation siliceuse et ce, d'autant plus qu'on approche davantage les zones internes alpines (Ultra-dauphinois, Nappe des Brèches de Tarentaise, Briançonnais). Faute d'un moyen meilleur, c'est par analogie avec les épais quartzites briançonnais auxquels ils passent latéralement et progressivement qu'on peut rapporter au Werfénien l'ensemble de ces niveaux de base où la silice domine. Dans la terminologie employée pour la zone dauphinoise, ces mêmes niveaux correspondraient aux grès bigarrés.

o Vient ensuite une phase carbonatée où le calcium, puis le magnésium interviennent en quantités comparables. Dans

1. Voir bibliographie, notes : R. BARBIER, 1962. M. BORNUIAT 1961. J. REBOUL 1962 ; J.M. BUFFIERE et J.L. TANE 1962.

2. Le schéma de la page 12 illustre cette manière de voir.
bis

les zones internes, cette unité est datée du Virglorien et du Ladinien.

Dans la zone interne on attribue au Muschelkalk son faciès repère principal, à savoir un ou plusieurs bancs d'une dolomie dite capucin.

Jusqu'ici, la sédimentation présente donc une certaine homogénéité aussi bien dans les zones internes que dans les zones externes et que dans la région du Pelvoux qui les sépare.

o Au Trias supérieur, il n'en va plus de même. Des matériaux variés s'entassent (gypses, dolomies, brèches, coulées de laves) dont la répartition spatiale n'est précisément plus homogène : tandis que brèches et laves affectent le pays d'Oisans, gypses et dolomies s'en éloignent, cependant que des brèches sans laves s'accumulent dans la région de Briançon. Ainsi, entre les faciès dauphinois du Keuper et les faciès briançonnais du Carnien et du Norien, les faciès d'Oisans ont leur individualité propre.

C'est en fonction de ce découpage du Trias alpin, tout à fait classique, que j'établis (pl. 1 et 2)¹ les corrélations stratigraphiques des coupes qui avaient été exposées séparément plus haut.

II. On considère cette sédimentation triasique comme déterminée par la présence entre zones internes et externes, de l'héritage des temps primaires et plus particulièrement du granite hercynien. Celui-ci se situait à peu près sur l'emplacement du granite du Pelvoux actuel, dans lequel on ne voit d'ailleurs qu'une forme du précédent, rajeunie par la tectonique alpine.

Décapés par l'érosion dès avant le Trias, ces massifs hercyniens fournissaient alors l'essentiel de la sédimentation con-

1. Planche 1 hors texte
Planche 2 p. 12 bis

conglomérats et grès au Permien, quartzites au Werfénien, calcaires et dolomies au Muschelkalk, dolomies et gypses au Keuper, soit donc une succession conforme aux Séquences géologiques habituelles. Simplement, les séries se faisaient plus épaisses à l'Est (zones internes) qu'à l'Ouest (zones internes).

A cette dualité des épaisseurs et quelque peu aussi des faciès, correspond la distinction entre mer germanique et mer alpine.

Ce schéma est généralement adopté par tous les auteurs.

En revanche, l'accord fut plus malaisé à établir lorsqu'il s'est agi d'associer aux massifs hercyniens une expression qui puisse rendre compte de leur comportement géodynamique au Trias.

Si l'adjectif vindicélien a fait fortune, on l'a vu qualifier alternativement les termes de chaîne et de seuil. Il semble que cette dernière appellation jouisse présentement d'une plus grande faveur que la précédente.

Revenant alors aux coupes de la planche 1, je voudrais ici même aborder cette question, car elle sera d'un grand intérêt au chapitre III pour l'interprétation orogénique du volcanisme spilitique.

Les expressions "chaîne vindélicienne" ou "seuil vindélicien" contiennent respectivement l'idée d'une activité, ou au contraire d'une passivité orogénique. Le problème revient donc de savoir si les vestiges hercyniens qui séparaient au Trias les deux mers alpine et germanique ne faisaient que subir l'effet des agents externes, ou bien alors dépendaient par surcroît d'agents internes susceptibles de les animer.

On peut se demander également dans quelle mesure les mers germanique et alpine communiquaient au niveau du Pelvoux.

Il est aisé de relever, au moins sur certaines coupes de la planche 1, une continuité de sédimentation entre Permien (arkoses) et Werfénien (grès plus fins). Si les reliefs vindéliens avaient connu au cours du Werfénien une phase de rehaussement, on devrait observer dans les couches werféniennes quelques réapparitions d'éléments grossiers de type permien.

En l'absence de tels indices, on ne peut que conclure au calme tectonique des temps werfénien où la sédimentation ne dépend plus alors que du facteur érosion.

Le passage localement progressif (brèche du Pérrier) des grès werfénien à la dolomie du Muschelkalk plaide en faveur du prolongement de cette conclusion dans le temps. La succession grès, calcschistes gréseux, calcaires, calcaires dolomitiques est en effet conforme au jeu de l'érosion et de la sédimentation lorsque celle-ci nourrit une fosse bordée d'un massif cristallin où travaille celle-là.

Si donc il y avait eu quelque activité tectonique au Muschelkalk sur l'emplacement des reliefs vindéliens, on devrait en trouver l'écho sédimentaire dans les coupes de la planche 1, à savoir des conglomérats et plus encore des brèches dont une partie des éléments aurait ensuite empruntée précisément à ces massifs vindéliens.

Mais, de même que pour le Werfénien, ces témoignages manquent totalement, aussi est-on en droit de penser que le calme tectonique régnait encore au Muschelkalk.

Les conglomérats à matériel siliceux n'apparaissant pas davantage au Keuper, le calme orogénique paraît avoir été de règle pendant toute la période triasique, tout au moins sur l'emplacement de ces reliefs vindéliens (aujourd'hui reliefs d'Oisans), auxquels le nom de seuil conviendrait beaucoup mieux que celui de chaîne.

On relève néanmoins sur chacune des coupes, et plus particulièrement au Keuper, des niveaux importants de brèches qui, si elles ne contiennent pas d'éléments cristallins ou même gréseux, contiennent en revanche des éléments de Muschelkalk et surtout de Keuper.

Il existe dans les zones internes, près de Briançon notamment, des formations bréchiques tout aussi importantes et datées encore du Keuper (Carnien, Norien) mais, à la différence des brèches d'Oisans, on n'y observe jamais d'éléments volcaniques. Ces brèches briançonnaises, fini-triasiques, sont rapportées à une activité de cordillère, c'est-à-dire à une tendance à l'émersion que confirme d'ailleurs la lacune stratigraphique du Lias.

En Oisans, rien de tel. Les brèches du Keuper, formées essentiellement aux dépens du Keuper lui-même, rassemblent côte à côte des laves, des gypses, et jusqu'à des croûtes ferrugineuses. Enfin, le Lias marin vient ici couronner les séries triasiques dont il adopte le pendage.

Je crois alors qu'on peut interpréter ces brèches d'Oisans comme autant de vestiges d'une tectonique liée au volcanisme. Tectonique par failles verticales, qui jouaient à la fin du Trias, livrant passage aux laves, mais dont le rejet ne devait pas excéder quelques mètres ou dizaines de mètres.

Eu égard à l'amplitude des mouvements orogéniques, on ne peut considérer ceux-là comme tels et, somme toute, même au Keuper, l'expression de "seuil vindélicien" reste meilleure que celle de "chaîne".

A vrai dire, on observe sur les séries de la planche 1 et bien avant le Keuper, certaines irrégularités ou lacunes qui demandent à être éclaircies.

J'ai exposé ci-dessus les raisons pour lesquelles je n'en tiens pas pour responsables des phénomènes tectoniques d'âge werrénien ou muschelkalk. L'explication m'en paraît donnée, au con-

traire, par l'allure de la surface topographique héritée de l'ère primaire. On a insisté récemment sur la disposition en horst et graben du socle triasique dans le Dôme de La Mure et sur les répercussions qu'elle engendrait dans la sédimentation. Je pense que cette manière de voir peut s'étendre à l'Oisans : il suffit en effet d'imaginer une surface ondulée plutôt que plane pour qu'un certain nombre de phénomènes deviennent intelligibles, pour que la cause des irrégularités apparaisse simplement comme une inégalité dans le pouvoir de réceptivité sédimentaire des différents compartiments.

Les graben recueillent davantage que les horst et sont seuls représentatifs de la sédimentation d'ensemble. Ainsi, la brèche du Périer est sur un graben important où peuvent se concentrer les calcschistes gréseux qui marquent le passage continu des grès werfénien à la dolomie du Muschelkalk.

En revanche, Pied-Mouttet est un horst qui ne retient ni Permien, ni Werfénien et où le Muschelkalk recouvre directement les gneiss.

Entre ces deux cas extrêmes, il y a des graben moyens, remplis dès le Werfénien et incapables ensuite de loger les calcschistes gréseux.

Seuls les calcaires dolomitiques sont présents dans toutes les coupes, et si tant est qu'ils appartiennent intégralement au Muschelkalk, on peut avancer qu'à cette époque la mer a eu largement raison des graben comme des horst.

Autrement dit, les incohérences entre séries, au Werfénien et au Muschelkalk, n'impliquent pas de phase tectonique. Sans doute, quelques soubresauts précoces ont-ils engendré des brèches et des laves précoces (Tête des Chétives) de même que, plus tard, quelques soubresauts tardifs engendreront des laves tardives (Lias du Lautaret), mais la tectonique vraie, la seule qui ait fissuré le sol suffisamment pour que le volcanisme se manifeste

en abondance, se place au Keuper, exclusivement.

Mais il y a plus encore : dans la région du Mont Blanc, homologue nord de la région de l'Oisans sur le plan géologique, le Trias reste du même type, à ceci près qu'il devient infiniment moins bréchique et apparemment dépourvu de roches volcaniques.

La même remarque peut s'étendre au Massif de l'Argentera, homologue sud de l'Oisans.

Si donc les manifestations externes du volcanisme spilitique ont été tributaires de la tectonique fissurale, il n'est pas exclu que celle-ci ait elle-même été conditionnée par la présence en profondeur d'une poche magmatique.

La liaison du volcanisme spilitique et de la tectonique du Trias supérieur prend ainsi une signification assez étroite. Il semblerait que les deux phénomènes se soient accommodés des mêmes coordonnées spatio-temporelles et que l'un n'ait pu apparaître sans l'autre.

CHAPITRE II.

PETROGRAPHIE DES LAVES SPILITIQUES DU PELVOUX.

- HISTORIQUE
- NECESSITE DE NOUVELLES OBSERVATIONS
- ETUDE PETROGRAPHIQUE DES LAVES SPILITIQUES DONT LE CONTEXTE GEOLOGIQUE DETAILLE A ETE DONNE AU CHAPITRE I.
- ETUDE PETROGRAPHIQUE DE QUELQUES AUTRES LAVES SPILITIQUES DES ALPES FRANCAISES.

HISTORIQUE

De par leur mode de gisement en coulées interstratifiées, les laves spilitiques du Pelvoux ont eu la faveur d'une parenthèse dans de nombreux travaux de stratigraphie. Il ne saurait être question de les mentionner tous ici, mais leur somme est précieuse parce que de part et d'autre des coulées présentes dans les différentes coupes, apparaissent - on l'a vu - des formations très comparables.

A l'échelle du 1/80 000, les cartes géologiques régionales (Briançon, Saint-Jean-de-Maurienne, Vizille, Gap) résument cette régularité de position des laves par la présence d'une bande de couleur bistre, généralement intercalée entre le brun du Trias et le bleu du Lias. Ce travail de synthèse graphique est principalement l'oeuvre de P. TERMIER et P. LORY et les éditions nouvelles des feuilles au 1/80 000 reprennent très souvent leurs contours.

A l'échelle du 1/20 000, des précisions se dessinent. On voit les laves se concentrer au Keuper et le plus rarement s'intercaler dans les horizons du Muschelkalk ou du Lias. Cependant le tracé général exprimé par les cartes au 1/80 000 ne se trouve aucunement contesté.

J'en viendrai donc, sans plus attendre, aux travaux pétrographiques qui ont été publiés à propos des laves spilitiques du Pelvoux.

Malgré leur disposition "stratoïde", leur qualité de lave n'a jamais été mise en doute. Toutefois, le vocable "spilite" qui les a désignées dès l'origine des recherches, ne faisait état que de leur teinte verdâtre et de leur apparence altérée. C'étaient des "spilites" au sens de BRONGNIART [1827], telles que pouvaient les distinguer d'autres laves, un observateur ne disposant que de

ses yeux.

C'est également dans cette acception que Ch. LORY [1864], dans sa "Description géologique du Dauphiné", détaille plusieurs affleurements de spilites, et que D. MARTIN [1885] publie la "liste des gisements de spilites dans les Hautes-Alpes" en attendant, dit-il lui-même, que nous ayons la bonne fortune de posséder une monographie de la roche éruptive vulgairement appelée variolite¹ du Drac et que BRONGNIART a désigné sous le nom de "spilite".

Cette bonne fortune, la Géologie la connut avec Pierre TERNIER. Ses examens microscopiques et ses analyses chimiques nous valurent la première prise de conscience du problème pétrographique des spilites et, bien entendu, sa première explication [22 mars 1897].

Pierre TERNIER avait, en effet, relevé la présence simultanée, dans les spilites du Pelvoux, d'olivine et d'albite. Manifestement, c'était là une anomalie et il fallait considérer que l'un au moins de ces minéraux s'était introduit secondairement dans la roche. Quant à savoir lequel, on fut rapidement fixé : Pierre TERNIER découvrit des laves de moins en moins spilitiques parce que le feldspath y devenait de plus en plus calcique ; il attribua donc à l'albite le caractère de minéral insolite cristallisé secondairement. L'explication détaillée parut dans une note demeurée célèbre : "sur le graduel appauvrissement en chaux des roches éruptives basiques de la région du Pelvoux" où P. TERNIER accuse l'eau de pluie de déplacer la soude des granites pour aller la substituer ensuite à la chaux des roches basiques.

1. On avait appelé "variolite de la Durance" une lave des alluvions de la dite rivière dont la surface présentait des pustules. Postérieurement, on découvrit dans les alluvions du Drac une autre lave à pustules dont on fit la "variolite du Drac". Je reviendrai plus loin sur cette terminologie et sur l'équivoque qu'elle peut entraîner.

Parallèlement, le terme de mélaphyre se substituait, lui aussi, au terme de spilite. Il exprimait l'idée génétique selon laquelle la roche n'était plus une simple lave verdâtre et altérée, mais un ancien basalte décalcifié.

Au début de notre siècle, l'hypothèse de la transformation d'un basalte ne fut point ébranlée. Mais dans l'esprit des nouveaux géologues, l'eau de pluie n'y était pour rien, il s'agissait d'un phénomène de métamorphisme. L'idée ne vit d'ailleurs pas le jour en France, mais en Suède [N. SUNDIUS, 1915], en Angleterre [DEWEY & FLETT, 1912] et aux Etats-Unis [GILLULY-FLAHERTY, 1935] et elle apparut, dans notre géologie alpine, sous la plume de R. PERRIN et M. ROUBAULT [1941] à propos du gisement de Montvernier, en Maurienne.

A vrai dire, les laves de Montvernier ne sont pas celles du Pelvoux et l'hypothèse d'une spilitisation par métamorphisme ne concernait pas exactement les roches décrites auparavant par Pierre TERMIER.

A leur sujet, des hypothèses vraiment nouvelles furent introduites par P. BELLAIR et presque simultanément M. VUAGNAT les formula de façon affirmative et ordonnée. Les spilites n'étaient plus alors d'anciens basaltes transformés en surface ou par métamorphisme, mais, au contraire, ils avaient cristallisé directement et, par voie de conséquence, le problème de leur origine se trouvait reporté en profondeur.

Cependant, la pétrographie faisait naître des nuances de nomenclature à mesure qu'elle découvrait de nouveaux types de laves spilitiques. E. LEHMANN [1941] exposait ses vues sur les roches dites Weilburgites et il n'est pas exclu que ce terme convienne mieux que tout autre pour désigner une bonne part des laves triasiques d'Oisans.

Voilà qui laisse entendre une certaine diversité au sein même de ces laves et qui appelle des perspectives nouvelles.

Aussi fermerai-je ici le paragraphe d'historique, sans toutefois oublier C. ALSAC [1961] à qui l'on est redevable, entre autres choses, d'avoir remis en ordre une terminologie spilitique devenue passablement compliquée.

NECESSITE DE NOUVELLES OBSERVATIONS.

Ainsi que le laisse entrevoir ce rappel des principaux travaux, la genèse des laves spilitiques du Pelvoux a donné lieu à trois groupes d'hypothèses assez opposées. On est alors tenté de mieux connaître l'énoncé du problème pour se permettre ensuite de prendre position.

En réalité, il a été donné plusieurs énoncés du problème : les observations pétrographiques de P. TERMIER et celles de M. VUAGNAT sont loin d'être identiques et suivant que l'on admet les unes ou les autres, on admet presque aussi aisément les interprétations auxquelles elles ont conduit respectivement.

Aux observations de P. TERMIER, qui datent déjà de près d'un siècle, revient l'avantage de concerner tout spécialement les laves spilitiques d'Oisans.

Aux observations de M. VUAGNAT, qui portent sur des échantillons prélevés plus au Sud, revient l'avantage de reposer sur des moyens d'investigation plus modernes.

C'est dire que rien n'autorise d'emblée à préférer les unes aux autres, et les quelques pages qui suivent présentent essentiellement une nouvelle liste d'observations.

Une grande partie des échantillons considérés provient des séries décrites au premier chapitre. Un renvoi permet alors de les y replacer exactement.

D'autres échantillons, moins nombreux, ont été prélevés ailleurs. Leur utilité sera d'autoriser ou d'interdire certaines généralisations. Leur contexte géologique, forcément moins détaillé, apparaîtra tout au moins sur la carte au 1/200.000 déjà utilisée, et à l'intérieur de laquelle on sera guidé également par un système de renvoi.

D'une façon générale, les déterminations données ci-après reposent conjointement :

- sur des analyses au microscope polarisant ordinaire ou au microscope de Fedoroff ;
- sur des analyses par diffraction de Rayons X effectuées selon la méthode de Debye-Scherrer, en utilisant la radiation K_{α} du Cuivre ;
- auxquelles s'ajoutent dans quelques cas des analyses chimiques.

ETUDE PETROGRAPHIQUE
DES LAVES SPILITTIQUES DONT LE CONTEXTE GEOLOGIQUE DETAILLE
A ETE DONNE AU CHAPITRE Ier.

ETUDE PETROGRAPHIQUE DES LAVES DE LA SERIE
"CRETE ROCHAIL - GRAND RENAUD".

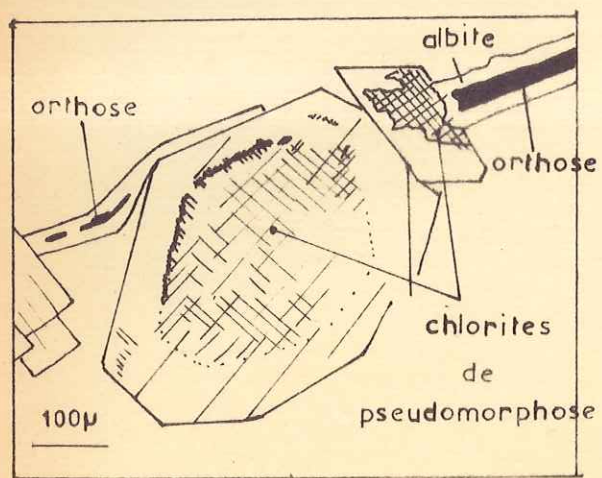
- Affleurement du Grand Clot.

Les laves de cet affleurement avaient révélé, pour la première fois dans la zone alpine externe, une texture en pillows¹. Chacune des trois coulées, reconnaissable à l'oeil nu, présente les particularités pétrographiques suivantes.

- La coulée basale est massive. En lame mince, on y observe une structure interstale faite d'une trame de gros microlites de feldspaths dont les interstices sont remplis d'hématite et de chlorite. Quelques phénocristaux, dont les formes rappellent celles de l'olivine, ont leurs bords soulignés d'oxydes de fer, tandis que toute leur partie centrale est chloritisée. Enfin, d'assez nombreuses vacuoles se montrent remplies de chlorite, de calcite et de quartz.

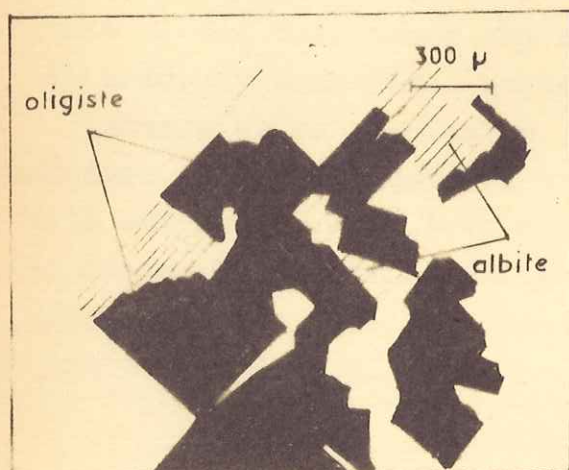
- La coulée médiane montre des empilements de coussins dont le diamètre varie entre 1 m et 1,50 m. La partie d'un coussin, dite pédoncule^{et q_w}, correspond au moulage du creux séparant deux coussins sous-jacents, est bien reconnaissable. Elle indique la base d'un coussin mais la série stratigraphi-

1. R. MICHEL et J.L. TANE, 1960.



lame n°

2799



lame n°

2992



que étant ici renversée, elle se trouve dirigée vers le haut.

Une coupe mince pratiquée au bord d'un coussin (lame n° 2 391) ¹ permet les observations suivantes :

Structure intersertale avec :

- Trame de microlites feldspathiques ;
- Phénocristaux d'olivine, pseudomorphosés en chlorite ;
- Chlorites de forme quelconque, qu'on peut considérer pour cette raison comme provenant de la dévitrification d'un verre préexistant ;
- Oxydes de fer en baguettes souvent alignées parallèlement au bord des feldspaths ou des phénocristaux.

La partie centrale d'un coussin donne lieu aux observations suivantes (lame n° 2 392) :

Structure intersertale.

- Microlites feldspathiques plus grands
- Chlorites de pseudomorphose, beaucoup plus importantes quantitativement, que les chlorites de dévitrification.

¹. Les numéros des lames minces sont ceux des collections du Laboratoire de Géologie de Grenoble, où ces lames sont déposées.

- Affleurement du Col du Rochail.

Six coulées de laves se trouvent ici superposées. J'ai prélevé dans chacune d'elles, à peu près suivant une même verticale, deux échantillons : l'un proche de la base, l'autre proche du sommet de la coulée. La sixième coulée ne sera caractérisée toutefois que par un seul échantillon prélevé à sa base.

Les produits schisteux verts et rouges qui, dans cet ordre, s'intercalent entre les coulées de laves, seront représentés ci-dessous par deux échantillons. Tous deux ont été recueillis, arbitrairement, entre la 2e et 3e coulée et ont fait l'objet d'analyses aux Rayons X. Les lames minces correspondantes ont été difficiles à réaliser et, par surcroît, l'extrême finesse des cristaux qu'elles contenaient les ont rendues à peu près illisibles.

Les résultats obtenus pour l'ensemble de cette série ont été les suivants :

- Base de la 1ère coulée :

1) Analyse en lame mince (n° 2 797).

Structure intersertale avec :

- . Trame de gros microlites d'orthose H T ;
- . phénocristaux d'olivine ou de pyroxènes pseudomorphosés en chlorites qui polarisent dans les tons verts ;
- . vacuoles de calcite à bords chloriteux ;
- . vacuoles de chlorites de dévitrification, polarisant dans les tons bleus.

Cet ensemble ne remplit pas l'espace, il ménage au contraire des vides importants où l'on observe :

- . des microlites feldspathiques extrêmement fins enchevêtrés ou rayonnants ;

- . des oxydes de fer en baguettes intercalées entre ces microlites ;
- . quelques concentrations d'hématite brune.

2) Analyse aux rayons X.

- . Minéraux présents en abondance :
orthose, chlorite quartz ;

- . Minéraux moyennement représentés :
calcite ;

Minéraux négligeables ou même absents ¹ :
albite ;

3) Corrélations des analyses aux Rayons X et en lame mince.

- . Les microlites extrêmement fins sont orthosiques ;
- . le quartz est présent sous forme de cristaux inobservables au microscope ;
- . l'olivine a cristallisé avant les microlites (de grande ou de petite taille) car ceux-ci la corrodent ;
- . les microlites de petite taille ont cristallisé immédiatement après les microlites de grande taille, car fréquemment ils prolongent ces derniers à leurs extrémités ;
- . l'ordre de cristallisation a donc été le suivant :
olivine, orthose de grande taille
orthose de petite taille.

A la lumière d'autres observations, ces notions seront développées de façon plus détaillée au chapitre suivant. Il sera intéressant notamment de situer dans le temps les phénomènes de chloritisation.

1. Je ne cite ici que les minéraux dont l'absence est remarquable parce qu'elle est inusuelle dans les laves spilitiques.

4) Analyse chimique

(Toutes les données d'analyses chimiques sont rassemblées p. 51 bis).

- Sommet de la 1ère coulée.

1) Analyse en lame mince (n° 2 798). (figure 1.31 bis)

Structure intersertale avec :

- . Trame de gros microlites d'orthose H.T. souvent ondulés et dont les bords ont quelquefois remarquablement limpides ;
- . phénocristaux d'olivine ou de pyroxènes partiellement pseudomorphosés en chlorite ou en talc, et dont les bords, quelquefois ondulés aussi, sont soulignés par des oxydes de fer ;
- . amas de calcite et de chlorite sans forme propre ;

Cet ensemble remplit l'espace : il n'y a pas ici de microlites extrêmement fins.

L'ordre de cristallisation reste le même que dans l'exemple précédent : olivine ou pyroxènes, puis orthose.

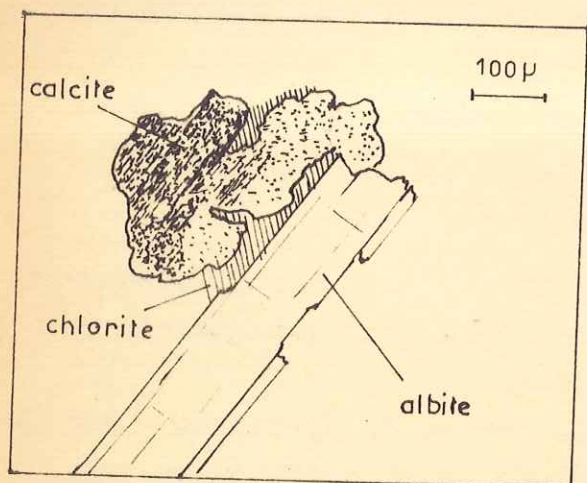
L'aspect ondulé observé en particulier sur les feldspaths démontre que la cristallisation était déjà avancée alors que la lave n'avait pas encore fini de s'écouler.

2) Analyse aux Rayons X.

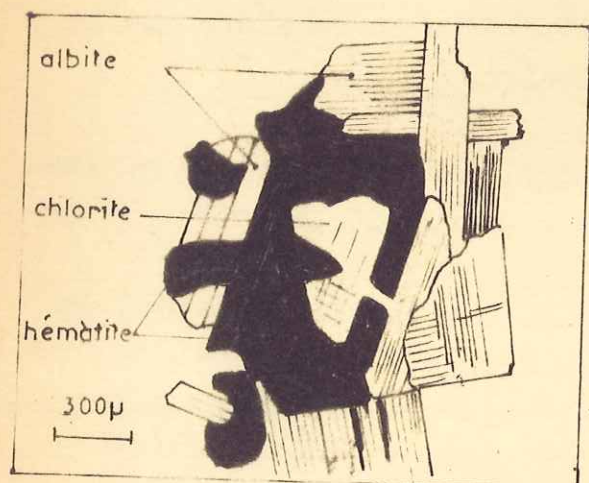
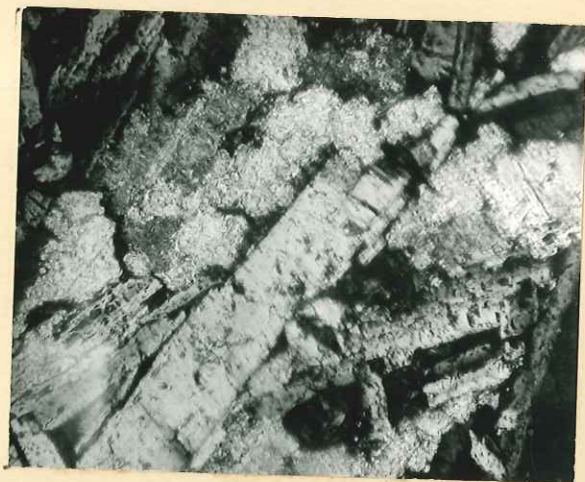
Elle confirme la présence des minéraux reconnus en lame mince. Elle permet en outre de déceler un peu d'albite B T et de quartz.

Je présume que l'albite correspond aux parties limpides reconnues au microscope sur le bord des cristaux d'orthose.

Quant au quartz, il pourrait représenter certaines plages homogènes observables également au microscope, à l'intérieur de quelques feldspaths.



lame n°
2798



lame n°
3094



- Base de la 2e coulée.

1) Analyse en lame mince (n° 2 799). (figure 1.27 bis)

Structure intersertale.

- . Trame de gros microlites d'albite B T ou d'oligoclase B T, rarement ondulés et d'aspect assez frais ;
- . phénocristaux d'olivine ou de pyroxènes pseudomorphosés en hématite sur les bords et en chlorite au centre ;
- . nombreuses plages de calcite dont la présence à l'intérieur de certaines olivines chloritisées laisse à penser qu'elle puisse être, comme la chlorite, une forme d'altération de ces minéraux ;
- . cristaux d'oligiste généralement allongés entre les feldspaths.

Cet ensemble remplit l'espace : la cristallisation de l'olivine a précédé celle des feldspaths.

2) Analyse aux Rayons X.

Elle confirme l'observation au microscope, mais témoigne de la présence d'un peu d'orthose H T et de quartz. Il est vraisemblable que ces minéraux existent en petite quantité à l'intérieur des cristaux d'albite.

- Sommet de la 2e coulée.

1) Analyse en lame mince (n° 2 700). (figure 1.34 bis)

Structure intersertale rappelant par la forme ondulée des microlites feldspathiques l'échantillon du sommet de la première coulée.

- . Ces mêmes microlites présentent une partie centrale orthosique H T et une bordure probablement albitique particulièrement développée.

- . Nombreuses sont les plages chloriteuses sont les formes quelconques l'emportent sur les formes définies. Il est donc probable qu'avant la dévitrification, le verre volcanique ait été ici assez largement représenté.
- . La calcite se voit peu, les oxydes de fer se voient bien.

2) Analyse aux Rayons X.

Confirmation des résultats microscopiques.

Etablissement du fait que l'albite domine l'orthose et que du quartz est présent en petite quantité.

- Produits schisteux séparant les coulées n° 2 et 3.

1) Produit vert :

- lame mince (n° 2 393): structure aphanitique.
- Rayons X : le quartz domine la calcite, qui domine la chlorite. Le rayonnement de fond continu est peu intense.

2) Produit rouge :

- lame mince (n° 2 394): structure aphanitique
- Rayons X : le quartz domine la calcite qui domine la chlorite. Le rayonnement de fond continu est plus intense. Il est dû sans doute à une composante ferrugineuse, elle-même responsable de la couleur rouge de l'échantillon.

- Remarque: Ces schistes verts et rouges sont célèbres dans tout le Trias alpin où ils sont considérés comme des argilites.

Il est possible qu'une fraction argileuse peu importante échappe à l'analyse aux Rayons X. Elle ne saurait suffire toutefois à qualifier d'argilite la roche qui la contient.

Dans le cas évoqué ici, les principaux constituants de la roche sont le quartz, la calcite et les chlorites. L'impossibilité dans laquelle on se trouve de déchiffrer la lame mince démontre pour le moins l'extrême finesse des cristaux qu'elle renferme. Je serais donc porté à considérer ces niveaux verts et rouges comme des cendres volcaniques. Si, en effet, tous les minéraux présents dans les coulées de lave ne sont pas présents ici, l'inverse se réalise et constitue un argument favorable à cette idée.

Je reviendrai sur ce point au chapitre III.

- Base de la 3e coulée.

1) Analyse en lame mince (n° 2 301).

Structure intersertale.

- . Trame de microlites de grande taille, d'allure fraîche et de nature généralement albitique (B T). L'oligoclase n'est pas rare ;
- . phénocristaux d'olivine moins bien conservés que dans les lames minces précédentes ;
- . calcite diffuse, largement disséminée.

2) Analyse aux Rayons X.

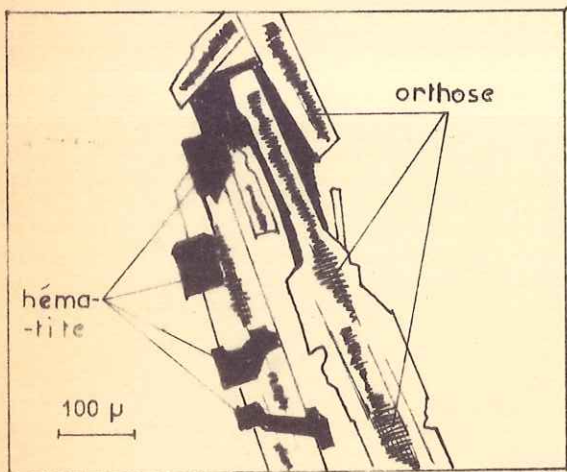
Elle vérifie ces résultats qu'elle précise comme suit :
Orthose et quartz sont rares.

- Sommet de la 5e coulée.

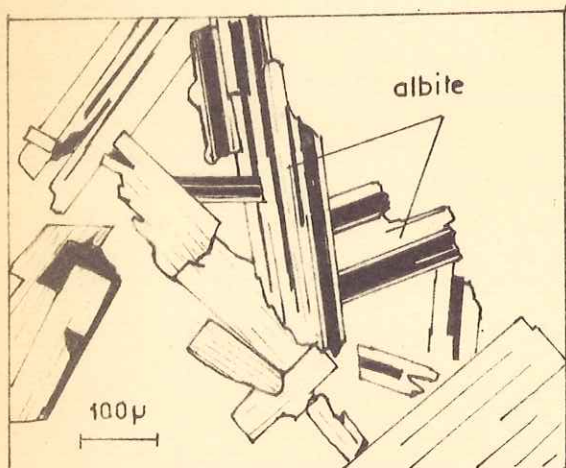
1) Analyse en lame mince (n° 2 992). (Figure 1.27 bis)

Structure intersertale.

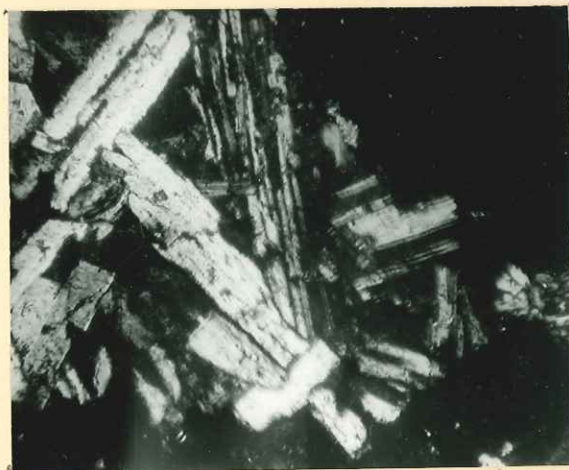
- . Trame de microlites de grande taille où réapparaît la distinction entre partie centrale orthosique et partie périphérique albitique ;
- . phénocristaux pseudomorphosés en chlorite et calcite au centre, et en hématite sur les bords ;



lame n°
2700



lame n°
2993



2) Analyse aux Rayons X.

Elle indique que l'orthose n'est pas négligeable bien qu'elle reste quantitativement inférieure à l'albite. Elle indique également que la roche contient un peu de quartz.

3) Analyse chimique.

(voir page 51 bis).

- Base de la 4e coulée.

1) Analyse en lame mince (n° 2 993). (figure 4.34 bis)

Structure intersertale.

- . Trame de gros microlites d'albite très frais ;
- . plages de calcite envahie par l'albite ;
- . phénocristaux d'olivine pseudomorphosée en hématite (bords) et chlorite (centre).
- . chlorites de dévitrification très rares.

Cette lame semble montrer que la calcite a quelquefois cristallisé avant l'albite.

2) Analyse aux Rayons X.

Les identifications restent les mêmes que sous le microscope. Le quartz et l'orthose sont absents.

- Sommet de la 4e coulée.

1) Analyse en lame mince (n° 2 995).

Structure intersertale.

- . Trame de gros microlites mouchetés ;
- . phénocristaux peu reconnaissables ;
- . chlorite abondante entourant souvent de la calcite. Il n'est pas impossible que de telles associations chlorite-calcite dérivent d'anciens minéraux ferromagnésiens (olivine ou pyroxènes).

2) Analyse aux Rayons X.

Elle démontre notamment la nature orthosique des microlites de feldspaths.

- Base de la 5e coulée.

1) Analyse en lame mince (n° 2 996).

- . structure intersertale
- . trame de microlites mouchetés
- . quelques phénocristaux à contours d'olivine
- . calcite et chlorite assez abondantes.

2) Analyse aux Rayons X.

Elle démontre une large prédominance de l'orthose sur l'albite.

- Sommet de la 5e coulée.

1) Analyse en lame mince (n° 2 997).

- . structure intersertale.
- . trame de microlites d'orthose frangés d'albite ;
- . phénocristaux d'olivine ou de pyroxènes pseudo-morphosés en chlorite habituelle sauf sur les bords où apparaît également l'habituelle hématite ;
- . nombreuses plages de chlorite et de calcite. Les contours de cette chlorite permettent de l'interpréter comme le résultat d'une dévitrification, d'un verre volcanique originel.

2) Analyse aux Rayons X.

- . Elle décèle un peu de mica et du quartz en quantité non négligeable ;
- . elle confirme le fait que l'orthose (HT) domine largement l'albite (BT).

- Base de la 6e coulée.

1) Analyse en lame mince (n° 2 998).

Structure intersertale

- . Quelques gros microlites d'orthose apparaissent çà et là sans orientation préférentielle ;
- . les chlorites de grande taille ont des contours arrondis :
- . la structure intersertale se réalise ici sur des cristaux plus petits, dont l'ensemble constitue l'essentiel de la roche ; on y observe :
 - . des microlites feldspathiques indéterminables ;
 - . des pseudomorphoses chloriteuses.

Cette roche n'est pas sans rappeler l'échantillon prélevé à la base de la 1ère coulée.

2) Analyse aux Rayons X.

Elle rend compte de la présence d'orthose (HT) en grande quantité de quartz, de calcite et de chlorite .

Les petits microlites de feldspaths sont donc principalement orthosiques.

ETUDE MINÉRALOGIQUE ET PÉTROGRAPHIQUE DES LAVES DE LA SÉRIE
"CRÊTE ROCHAIL-SIGNAL DU LAUVITEL".

L'unique coulée de lave rencontrée dans cette coupe présentait - on s'en souvient - des sortes de boules emballées dans une matrice schisteuse sombre.

- l'étude de l'une de ces boules a conduit aux résultats suivants :

1) Analyse en lame mince (n° 2 395).

Structure intersertale.

- . De gros cristaux d'orthose forment la trame ;
- . les ferromagnésiens sont transformés en une chlorite dont les teintes de polarisation et de lumière naturelle sont autres que celles qu'on pouvait observer jusqu'ici ;
- . nombreux sont les amas d'hématite et les bâtonnets d'oligiste ;
- . nombreuses sont les chlorites de dévitrification ;
- . la calcite est exceptionnelle.

2) Analyse aux Rayons X.

Elle confirme la présence de feldspaths exclusivement orthosiques HT et la nature inusuelle de la chlorite.

- Un échantillon de la matrice schisteuse sombre se présente en lame mince (n° 2396) comme suit :

Structure intersertale.

- . Trame de grands microlites d'orthose très peu limpide ;
- . phénocristaux ferromagnésiens pseudomorphosés en une chlorite analogue à celle de l'échantillon précédent ;
- . énorme accumulation des oxydes de fer.

Cet échantillon n'a pas été soumis à l'analyse aux Rayons X, car il aurait donné lieu à un rayonnement de fond continu trop intense pour que le diagramme soit utilisable.

ETUDE MINÉRALOGIQUE ET PETROGRAPHIQUE DES LAVES DE LA SERIE
"PIC VERT-TETE des CHETIVES".

Les trois coulées de laves qui affleurent sur cette coupe et qui, je le rappelle, sont séparées les unes des autres par des niveaux sédimentaires, ont donné lieu aux observations suivantes :

- Première coulée.

1) Analyse en lame mince (n° 3 103).

Structure intersertale tendant vers le type fluidal.

- . Trame de microlites de feldspaths non déterminables optiquement ;
- . phénocristaux d'olivine transformés en chlorite bordée d'hématite ;
- . innombrables mouchetures de chlorite se développant jusqu'au sein même des feldspaths.

2) Analyse aux Rayons X.

Elle indique la nature exclusivement orthosique (HT) des feldspaths et la présence d'un peu de quartz.

- Echantillon prélevé plus haut.

1) Analyse en lame mince (n° 3 102).

Structure intersertale.

- . Trame de microlites orthosiques qui respectent les phénocristaux au lieu de les corroder ;
- . phénocristaux d'olivine transformés en chlorite et parfois en calcite. La calcite se montre alors en position généralement plus centrale que la chlorite. Les limites de ces phénocristaux restent fortement soulignées par de l'hématite ;
- . de la calcite parseme encore la lame par place, ou s'y

présente sous forme de filonnets.

2) Analyse aux Rayons X.

Le diagramme confirme la nature orthosique du feldspath.

- Deuxième coulée.

- Echantillon prélevé à la base.

1) Analyse en lame mince (n° 3 104).

Structure intersertale.

Enorme accumulation d'oxydes de fer.

- . Trame de microlites d'orthose dont le centre est altéré ;
- . phénocristaux d'olivine pseudomorphosés en chlorite et calcite et souvent corrodés par les feldspaths ;
- . calcite essentiellement filonienne.

Par suite de l'importance quantitative des oxydes de fer, il n'a pas été confectionné de diagramme aux Rayons X.

- Echantillon prélevé dans la partie moyenne de la coulée.

1) Analyse en lame mince (n° 3096).

Structure intersertale.

- . Trame de microlites d'orthose très altérés ;
- . phénocristaux d'olivine fortement corrodés par les feldspaths et transformés en chlorite et hématite ;
- . chlorite de dévitrification très aisée à distinguer de la chlorite ci-dessus, grâce à ses teintes de lumière naturelle et de polarisation qui en diffèrent ;
- . calcite essentiellement diffuse.

2) Analyse aux Rayons X.

Elle confirme la nature orthosique (HT) des feldspaths et témoigne de la présence d'un peu de quartz et de mica.

- Echantillon prélevé dans la partie supérieure de la coulée.

1) Analyse en lame mince (n° 3095).

Structure intersertale.

- . Trame de microlites d'orthose peu limpides ;
- . phénocristaux d'olivine pseudomorphosés en chlorite et calcite, et bordés d'hématite ;
- . calcite largement disséminée ;
- . chlorites de dévitrification.

2) Analyse aux Rayons X.

Elle confirme notamment la présence d'orthose (HT), de calcite, de chlorite et d'un peu de quartz.

- Troisième coulée

1) Analyse en lame mince (n° 3094).

Structure intersertale.

- . Trame de microlites limpides d'albite et d'oligoclase ;
- . phénocristaux d'olivine pseudomorphosée en chlorite et hématite ;
- . pas de calcite ;
- . chlorites de dévitrification parfois parsemées d'hématite et polarisant alors dans les tons verts, alors que les chlorites sans hématite polarisent dans les tons bleus, quelle que soit leur origine (dévitrification ou pseudomorphose).

2) Analyse aux Rayons X.

Elle confirme la présence d'albite-oligoclase et l'absence d'orthose, de calcite et de quartz.

3) Analyse chimique (voir page 51 bis).

- Echantillon prélevé près du sommet.

1) Analyse en lame mince (n° 3093).

Structure instersertale.

- . Trame de microlites limpides d'albite et d'oligoclase ;
- . phénocristaux d'olivine pseudomorphosée en chlorite et hématite ;
- . nombreuses concentrations d'hématite ;
- . chlorites de dévitrification ;
- . peu de calcite.

2) Analyse aux Rayons X.

Elle confirme la présence d'albite (BT)- oligoclase, l'absence d'orthose et de quartz.

ETUDE MINÉRALOGIQUE ET PETROGRAPHIQUE SOMMAIRE DES LAVES DE
LA CRETE "ROCHER DU PALETAS-LE NEYRAREL"
ET DE LA CRETE "PIED MOUTET-PETAUREL".

- Crête Rocher du Paletas-Le Neyrarel.

Un échantillon ~~prélevé à l'endroit marqué d'une croix sur la~~
~~coupe géologique de la page 9~~ montré en lame mince (n° 3570) la
composition suivante :

- D'une part : Structure intersertale

- . Trame de microlites d'orthose ;
- . phénocristaux d'olivine pseudomorphosée en chlorite ;
- . chlorite de dévitrification ;

D'autre part : Structure pyroclastique.

- . Microéléments probablement feldspathiques ;
- . matrice chloriteuse et calciteuse.

- Crête Pied Moutet- Petaurel.

Les deux niveaux reconnus à l'oeil nu comme des laves sont
en réalité et au moins partiellement des tufs volvaniques.

Le niveau inférieur a fourni une lame mince (n° 3282) ainsi
constituée :

- . éléments souvent quartzeux
- . matrice ferrugineuse.

Il semble que le quartz ait ici recristallisé à l'intérieur
de domaines dont les contours rappellent beaucoup les contours
des phénocristaux observés dans les laves.

La matrice ferrugineuse rend compte de la teinte rouge de
l'échantillon en masse.

Le niveau supérieur a fourni une lame mince où l'on peut distinguer :

- . quelques concentrations chloriteuses ou quartzieuses
- . une matrice intersticielle chloriteuse.

Cette prédominance de la chlorite rend compte de la teinte verte de l'échantillon en masse.

ETUDE PETROGRAPHIQUE DE QUELQUES AUTRES LAVES SPILITIQUES
DES ALPES FRANCAISES 1.

Après l'étude pétrographique de quelques laves spilitiques d'Oisans, dont le contexte géologique a été donné plus haut sous forme détaillée, j'esquisse à présent l'étude d'autres laves spilitiques des Alpes françaises.

Ces roches proviennent du Rocheray (Savoie), de Belledonne, des Grandes Rousses, des Dômes de La Mure et de Remollon, ou simplement de certains secteurs du Pelvoux qui ne font pas partie de l'Oisans. Elles permettront de se faire une idée plus large de ce que sont les "spilites du Pelvoux", puisque cette appellation s'applique encore à elles.

Comme je l'ai signalé au début du chapitre Pétrographie, les échantillons considérés ici seront replacés dans un contexte géologique sommaire, leur rôle devant être essentiellement d'autoriser ou d'interdire certaines généralisations dont la substance apparaîtra au chapitre III. (les numéros portés en regard de chaque description renvoient, comme précédemment, à la carte générale).

On ne trouvera donc ci-après qu'une seconde série de déterminations dont le classement sera établi par régions.

Ces régions, on s'en souvient, relèvent de la zone alpine externe au sens géologique.

- Maurienne : Massif du Rocheray (ou Grand Châtelard) Alpes de Savoie.² (7)

Les laves spilitiques de ce massif ont fait l'objet d'une étude pétrographique récente [1961] qui complète une étude plus ancienne [1941].

- 46 -

1. Je tiens à remercier vivement ici toutes les personnes qui m'ont communiqué des échantillons.

2. Tous les échantillons provenant du Rocheray m'ont été communiqués, ainsi que les lames minces correspondantes, par N. PARJADIS de LARIVIERE. On en trouvera une étude approfondie dans N. PARJADIS de LARIVIERE, "Quelques précisions sur les formations spilitiques de la couverture triasique du Massif cristallin du Grand Châtelard (Savoie) B.S.G.F. [7], t. II, 1960, pp. 108 à 112.

1) Echantillon prélevé près de Montvernier.

Cet échantillon représente une passée franchement volcanique sise dans un ensemble de cinérites et tufs volcaniques où se mêlent des éléments sédimentaires.

Il peut être interprété comme suit :

- Analyse en lame mince (n° 2509).

- . Résidus d'une trame de microlites feldspathiques ;
- . phénocristaux d'olivine ou de pyroxènes pseudomorphosés en chlorite ;
- . altération sériciteuse intense.

Cette lame, qui est la moins altérée du groupe de Montvernier, l'est cependant davantage que la plus altérée des lames décrites plus haut à propos de l'Oisans.

2) Echantillon prélevé près de Loulla.

- Analyse en lame mince (n° 1291).

Structure intersertale.

- . Trame de microlites de feldspaths ;
- . pseudomorphoses d'olivine en chlorite ;
- . vacuoles de chlorite avec calcite ou quartz au centre ;
- . vacuoles de calcite seule.

Comparée aux laves d'Oisans, cette lave s'en distingue par deux caractères :

- En bordure des phénocristaux pseudomorphosés on observe non pas de l'hématite, mais du quartz) extinction roulante.
- D'innombrables petits cristaux de sphène sont ici présents.

Massif de Belledonne. (§)

1) Echantillon prélevé près du Col de Bariot¹

- Analyse aux Rayons X.

Le diagramme de Rayons X obtenu sur cette roche est en tous points comparable aux diagrammes habituels, il indique en

1. Cet échantillon provient des Collections du Laboratoire de Géologie de Grenoble.

particulier la présence d'albite BT, de calcite et chlorite.

- Echantillons prélevés aux lacs Robert, près de Chamrousse¹.

Tous se présentent de la manière suivante :

Structure intersertale.

- . Trame de microlites d'albite ;
- . chlorites ;
- . calcite et quartz.

Massif des Grandes Rousses. (9)

1) Echantillon prélevé à Combe Gillarde, près d'Auris.²

- Analyse en lame mince.

Structure intersertale mal conservée.

- . Résidus d'une trame de microlites orthosiques ;
- . nombreux amas chloriteux dont il n'est pas possible de préciser s'ils dérivent ou non d'anciennes olivines ou d'anciens pyroxènes ;
- . calcite diffuse.

1. Ces échantillons sont décrits dans E. den TEX : Les roches basiques et ultrabasiques des lacs Robert et le Trias de Chamrousse, Leide, 1949.

2. Cet échantillon m'a été communiqué par M. BORNUIAT ainsi que la lame mince qui lui correspond. On trouvera une description détaillée de son contenu géologique dans M. BORNUIAT, Etude de la couverture sédimentaire de la Bordure ouest des Grandes Rousses, Thèse 3e cycle, Grenoble, 1961.

Dôme de La Mure¹ (10)

- Echantillon prélevé sous le château de La Motte-les-Bains.

1) Analyse en lame mince.

Structure intersertale.

- . Trame de microlites d'albite ;
- . chlorite de dévitrification ;
- . pustules de calcite ;
- . hématite.

S'il y a eu de l'olivine dans cette roche, elle est aujourd'hui complètement transformée et n'apparaît même pas sous forme de fantômes.

- Echantillon prélevé au Thaud, près de Mens.

1) Analyse en lame mince.

Structure intersertale.

- . Trame de microlites albitiques de très grande taille, légèrement séricitisés ou chloritisés ;
- . cristaux de chlorite pseudomorphosant d'anciens pyroxènes ;
- . nombreuses baguettes d'oxydes de fer, postérieures à l'albite ;
- . quartz et calcite largement représentés, sous forme diffuse en particulier.

2) Analyse aux Rayons X.

1. Tous les échantillons provenant du Dôme de La Mure m'ont été communiqués, ainsi que les lames minces correspondantes, par J. SARRÔT-REYNAULD. Cet auteur leur consacre plusieurs pages dans son "Etude géologique du Dôme de La Mure et des Régions annexes", Thèse, Grenoble, 1961.

- Echantillon prélevé sur le chemin du Col de Mayres, flanc E du Seneppy.

1) Analyse en lame mince .

Structure intersertale.

- . Trame de microlites albitiques très frais ;
- . Chlorite de dévitrification ;
- . quelques amas d'hématite.

Massif du Pelvoux. (11)

Ce sont les laves spilitiques du Massif du Pelvoux proprement dit qui ont servi de base aux déterminations et aux interprétations assez divergentes relatées au paragraphe d'Histoire. Il ressortait de ce paragraphe que de nouvelles déterminations paraissaient nécessaires et, avant même d'en finir avec celles-ci, on peut avancer qu'elles ressemblent davantage aux déterminations récentes de P. BELLAIR ou M. VUAGNAT qu'aux déterminations plus anciennes de P. TERMIER.

C'est dire que les interprétations dont sera essentiellement constitué le troisièmèrchapitre s'éloigneront de l'idée de P. TERMIER d'une spilitisation en surface et se rangeront au contraire à l'idée de P. BELLAIR et M. VUAGNAT d'une spilitisation en profondeur.

J'essaierai alors d'en saisir le processus, mais auparavant, achevons le tour d'horizon que nous avons commencé.

- Echantillon prélevé à la Rouite (Vallée de Champoléon)¹. (12)

1) Analyse en lame mince.

1. Cet échantillon et la lame mince correspondante proviennent de la collection P. GIDON (Lab. Géol. Grenoble).

Structure intersertale.

- . Trame de microlites d'albite souvent très frais ;
- . pyroxènes pseudomorphosés en hématite et chlorite ;
- . calcite largement disséminée et postérieure à l'albite ;
- . oligiste en cristaux allongés.

2) Analyse aux Rayons X.

Elle confirme notamment la présence d'albite, chlorite, calcite, ainsi que l'absence d'orthose et de quartz.

Dôme de Remollon. (13)

Une étude récente¹ a été spécialement consacrée aux laves spilitiques du Dôme de Remollon. Elle met en évidence leur caractère de parenté pétrographique qui peut se résumer ainsi :

- Structure générale intersertale
- Minéraux principalement représentés : albite de basse température, chlorite, calcite.
- Minéraux plus rarement représentés : orthose.
- Caractères chimiques essentiels : pauvreté en calcium, richesse en eau de constitution et en titane.

Cette étude des laves spilitiques du Dôme de Remollon servira d'ailleurs de référence au cours du chapitre prochain.

Elle contient, en effet, d'importants développements d'ordre pétrogénétique comparables à ceux qui vont suivre et qui concernent somme toute, des laves à peu près identiques à celles du Dôme de Remollon.

1. C. ALSAC, Contribution à l'étude des albitophyres et orthoalbitophyres du Dôme de Remollon. T.L.G., t. 3^e 6, 1960.

ANALYSES CHIMIQUES¹

	Col du Ro- chail - Ba- se de la 1ère coulée	Col du Rochail sommet de la 3e coulée	Crête Pic Vert Tête des Chéti- ves - 3e coulée	Filon versant sud de la Monta- gne du Vet
SiO ₂	54,8	45,18	47,62	42,5
Al ₂ O ₃	17,13	21,2	13,97	15,32
Fe ₂ O ₃	4,87	3,6	11,46	1,92
FeO	3,95	3,8	5,20	5,74
MgO	4,4	4,36	5,51	4,71
CaO	1,9	3,44	1,68	17,35
Na ₂ O	2,6	1,35	4,92	2,3
K ₂ O	4,8	7,2	2,02	2,85
TiO ₂	1,9	2,37	2,45	1,1
P ₂ O ₅	0,4	0,4	0,21	0,48
MnO	0,03	0,05	0,02	0,21
H ₂ O+	3,7	6,3	3,88	11,23
H ₂ O-	0,45	0,7	0,46	0,07
	<u>100,93</u>	<u>100,37</u>	<u>99,48</u>	<u>99,78</u>

1. Ces analyses ont été effectuées au laboratoire municipal et départemental d'analyses de Chambéry, sous la direction de R. DEBIARD.

CHAPITRE III.

INTERPRETATIONS

- L'APPARTENANCE OROGENIQUE DES LAVES SPILITIQUES
DU PELVOUX.
- LEUR PETROGENESE
- LES VOIES D'ASCENSION
- LE PROBLEME DE LA NOMENCLATURE DES LAVES SPILITIQUES.

L'APPARTENANCE OROGENIQUE DES LAVES SPILITIQUES DU PELVOUX.

A la notion d'orogène-type, on peut emprunter les quelques idées suivantes :

- BASALTE FONDAMENTAL.

D'une manière assez générale, on tend à considérer le basalte comme le meilleur représentant d'un magma fondamental supposé concentré au niveau de la discontinuité de Mohorovicic.

Partant de ce principe, toute roche volcanique non basaltique demande à être explicitée et le problème de sa genèse peut être tenu pour résolu, lorsque, partant de la-dite roche, on parvient à remonter à sa nature (basaltique) et à sa position (discontinuité de Mohorovicic) initiales, en lui ôtant par la pensée les traces de phénomènes dont on a prouvé l'action.

Pratiquement, on fait souvent abstraction du critère de position et la seule considération pétrographique de "remontée" au basalte est retenue.

Je m'en tiendrai à cette manière de voir, étant entendu que ce retour au basalte ne résoud le problème de la genèse d'une roche^{volcanique} dans la mesure où l'on admet le précédent principe.

VOLCANISME DES REGIONS NON OROGENIQUES ET VOLCANISME DES REGIONS OROGENIQUES.

Cette distinction est désormais classique. Elle repose sur le fait que des relations ont été mises en évidence entre le volcanisme et l'orogénèse. La notion d'orogène-type rend compte de ces relations de la façon suivante :

Le volcanisme ophiolitique (Laves spilittiques) est le mieux situé parmi les phénomènes orogéniques.

- dans l'espace, il se manifeste préférentiellement sur

l'emplacement de la grande fosse géosynclinale ;

- dans le temps, il se manifeste après la période de creusement de cette grande fosse, mais avant la période de son remplissage sédimentaire et de son charriage.

Les ophiolites se trouvent souvent associées à des radiolarites et tufs sous-marins.

Après les ophiolites, s'épanchent des laves pétrographiquement variées :

- d'abord plus acides que du basalte ;
 - . volcanisme de cordillères,
 - . volcanisme lié aux massifs granitiques ;
- ensuite essentiellement basaltiques,
 - . volcanisme des plateaux.

Les coordonnées d'espace et de temps restent ici beaucoup moins précises que pour le volcanisme ophiolitique.

Quant aux éruptions qui ont précédé le volcanisme ophiolitique, elles laissent subsister quelques équivoques.

Selon P. ROUTHIER (Encyclopédie française), le volcanisme débute avec les ophiolites.

Au contraire, selon H. et G. TERMIER (l'Evolution de la lithosphère : Pétrogénèse), le volcanisme ophiolitique est précédé d'un volcanisme principalement basaltique.

Cette divergence provient de ce que certaines émissions basaltiques sont considérées par certains auteurs seulement (ici H. et G. TERMIER), comme relevant de l'orogénèse.

Il ne m'appartient pas de traiter ici cette question et je retiendrai provisoirement, comme base de discussion, pour la suite du texte, le simple schéma suivant :

- 1er volcanisme : Volcanisme antéophiolitique ;
- . rôle orogénique contestable
 - . coordonnées d'espace et de temps mal délimitées ;
 - . nature essentiellement basaltique.

2e volcanisme: Volcanisme ophiolitique;

- . rôle orogénique reconnu;
- . coordonnées dans l'espace : emplacement de la grande fosse ;
- . coordonnées dans le temps : stade géosynclinal ;
- . nature : essentiellement spilitique.

3e volcanisme : Volcanisme postophiolitique.

- . rôle orogénique reconnu en partie ;
- . coordonnées d'espace et de temps variables ;
- . nature : d'abord mixte, ensuite basaltique.

Au moyen de ces quelques données, il devient possible de se prononcer sur l'appartenance orogénique des laves spilitiques du Trias du Pelvoux. Cette question se pose en effet, puisque les Alpes ont vécu au moins deux drames - hercynien et alpin - et que l'époque triasique se place précisément entre les deux.

Chaque orogène pouvant connaître, on l'a vu, trois épisodes volcaniques principaux, on peut, en toute rigueur, considérer que six possibilités sont offertes :

	antéophiolitique	A
Hercynien.....	ophiolitique	B
	postophiolitique	C
	antéophiolitique	A'
Alpin.....	ophiolitique	B'
	postophiolitique	C'

Pratiquement, le débat reste ouvert entre C et A' seulement, les cas A-B-B'-C' étant écartés pour les raisons suivantes :
A et B parce que le Trias du Pelvoux ne représente ni le stade anté géosynclinal, ni même le stade géosynclinal hercynien.

B' et C' parce que ce même Trias du Pelvoux ne représente pas davantage l'un des stades géosynclinal ou post géosynclinal alpins.

Au surplus, B' est connu sans aucune contestation, il correspond aux laves spilitiques de Montgenèvre et d'Italie, citées p.4

Restent donc C et A' et chacun d'eux a ses partisans. Sont favorables à A' les auteurs pour qui un volcanisme antéophiolitique précède le volcanisme ophiolitique géosynclinal : en l'occurrence H. et G. TERMIER classent les laves spilitiques du Pelvoux (en A') dans l'orogénèse alpine.

Sont favorables à C les auteurs pour qui le volcanisme ophiolitique marque les premières manifestations volcaniques d'une orogénèse. M. VUAGNAT préfère cette hypothèse, puisqu'il attribue les laves du Trias alpin au dernier volcanisme de l'orogénèse hercynienne, en notant toutefois que "nous nous trouvons ici en présence d'un de ces cas limites bien faits pour embarrasser ceux que séduit l'allure simple et logique des grands schémas géologiques".

Ce qui laisserait présumer que C pourrait égaler A' ou, en termes orogéniques, que le volcanisme fini-hercynien serait aussi le premier volcanisme alpin.

Somme toute, l'état actuel de la notion d'orogène-type ne permet pas de bien trancher cette question et peut-être faudra-t-il attendre qu'on adopte ou qu'on rejette définitivement le volcanisme de type A. Mais pour qu'une telle décision puisse être prise à l'échelle de l'orogène-type, il faut au préalable que sur le plus grand nombre possible d'orogènes particuliers, on voie autant d'occasions de prendre position.

Reprenant alors les conclusions du Chapitre I qui affirmaient la liaison étroite du volcanisme spilitique et de la tectonique du Keuper, on peut être tenté par l'idée suivante :

Pour délimiter les orogénèses hercynienne et alpine, les géologues ont convenu de choisir un critère tectonique : la discordance (ou pénéplaine) antétriasique. C'était également convenir que toute tectonique triasique participe déjà de l'orogénèse alpine et rien ne laisse entendre que la tectonique du Keuper puisse échapper à cette règle. Elle est donc à ranger dans l'orogénèse alpine et je rangerai avec elle le volcanisme spilitique du Pelvoux puisque les deux phénomènes paraissent indissociables.

Cependant, une autre hypothèse a été avancée récemment¹ selon laquelle le volcanisme spilitique du Pelvoux serait indépendant à la fois de l'orogénèse hercynienne et de l'orogénèse alpine et serait au contraire à rapprocher d'un volcanisme de type intracontinental. Cette hypothèse implique que des émissions de laves analogues à celles qui caractérisent les régions non orogéniques peuvent fort bien se produire en pays de montagnes et se surajouter aux émissions proprement orogéniques.

A vrai dire, le seul critère qui distingue aujourd'hui le volcanisme ^{non} orogénique ^{du volcanisme proétnique} est un critère de lieu : aux aires continentales on attribue le premier type, aux zones géosynclinales le second.

Il est possible que des caractéristiques d'un autre ordre soient plus tard découvertes et que l'on puisse alors démontrer le caractère non orogénique de certaines laves des zones géosynclinales. L'hypothèse de J. DEBELMAS s'inspirant de cette manière de voir, ~~est~~ ^{est} ~~convient~~ ^{convient} de la maintenir en puissance mais en regard de nos connaissances présentes elle demeure assez théorique.

On peut donc considérer, au moins provisoirement, que l'orogénèse alpine a commencé là où on a convenu que l'orogénèse hercynienne s'est achevée, ou, pour s'en tenir à une optique de géologie de terrain, que la pénéplaine antétriasique représente leur limite commune.

Conclusion.

Compte tenu des principes géologiques actuels, le volcanisme spilitique du Pelvoux a nécessairement un caractère orogénique.

Compte tenu de ses relations étroites avec la tectonique du Keuper (et de la notion de limite orogénique qu'on reconnaît à

1. J. DEBELMAS, Cours professé à la Faculté des Sciences de Grenoble.

la discordance antétriasique) le volcanisme spilitique du Pelvoux est nécessairement alpin.

Il représente ainsi - quoique d'une manière largement conventionnelle - le volcanisme initial de l'orogénèse alpine. Mais alors sa nature spilitique est orogéniquement anormale et le moment est venu d'en rechercher les causes : ce sera l'objet du chapitre suivant.

PETROGENESE DES LAVES SPILITIQUES DU PELVOUX.

AVERTISSEMENT.

Puisque le volcanisme initial, tel qu'il apparaît dans la notion d'orogène-type, est un volcanisme basaltique, le problème auquel on est conduit à présent consiste à expliquer comment dans la région du Pelvoux, des basaltes ont pu être remplacés par des laves spilitiques.

Cependant, le volcanisme terminal tel qu'il apparaît lui aussi dans la notion d'orogène-type est encore un volcanisme basaltique. Le problème pétrogénétique à résoudre se pose ainsi dans les mêmes termes, quelle que soit finalement l'orogénèse (hercynienne ou alpine à laquelle on peut convenir de rapporter les laves spilitiques du Pelvoux.

Les deux manières de voir ont, d'ailleurs, ceci de commun, qu'elles mettent en évidence l'anomalie orogénique de ces laves. Dans l'esprit "orogène-type", seules en effet sont orogéniquement normales, dans notre région, les laves spilitiques de Montgenèvre, puisque seules elles se sont mises en place dans une grande fosse géosynclinale.

Cependant, si l'on abandonne ce point de vue orogénique pour un point de vue purement pétrogénétique, toutes les laves spilitiques deviennent anormales.

Nous avons admis, en effet, qu'une lave avait subi des transformations dès l'instant où elle n'était plus basaltique¹, ainsi en est-il notamment de toutes les laves spilitiques, qu'elles soient ou ne soient pas normales, orogéniquement parlant.

1. Voir p. 52 bis.

Le problème pétrogénétique que j'aborde à présent est donc assez indépendant dans ses données des conclusions orogéniques formulées précédemment. En d'autres termes, c'est le problème très général du volcanisme spilitique que, sur l'exemple particulier du Massif du Pelvoux, il importe désormais de considérer.

L'ENONCE DU PROBLEME DE LA GENESE DES LAVES SPILITTIQUES DU PELVOUX.

Ce problème a été esquissé au chapitre Historique, mais la diversité des énoncés successivement donnés m'avait paru grandement responsable de la diversité des solutions successivement proposées.

Les déterminations pétrographiques nouvelles données au chapitre II avaient pour objet de lever cette indétermination initiale et de dégager - si possible - un type moyen de lave spilitique pour le Pelvoux.

Effectivement, ces déterminations présentent un bon nombre de caractères communs. Cependant, ce n'est pas un seul type de lave qui se dégage, mais deux, et qui sont les suivants :

- petite
de principe* {
- le type échantillon frais où le feldspath se trouve être albitique (Albite BT) ;
 - le type échantillon altéré où le feldspath se trouve être orthosique (Orthose HT généralement).

Il paraît logique de considérer le second comme dérivant du premier, d'autant plus que les témoins intermédiaires (orthosialbitiques), qui sont nombreux rendent presque manifeste une telle interprétation.

La genèse des laves spilitiques du Pelvoux est alors décomposable en deux temps, selon le schéma :

. magma basaltique $\xrightarrow{1}$ lave spilitique albitique $\xrightarrow{2}$ lave spilitique orthosique.

J'envisagerai séparément les transformations 1 et 2.

LE PASSAGE D'UN MAGMA BASALTIQUE AUX LAVES SPILITTIQUES DU PELVOUX
DE TYPE ALBITIQUE : TRANSFORMATION N° 1.

Deux solutions peuvent être envisagées¹ :

- ou (
- A - La lave s'est épanchée en surface à l'état de basalte et la spilitisation est postérieure à l'épanchement.
 - B - La lave s'est épanchée à l'état de spilite et la spilitisation est antérieure à l'épanchement.

Envisageons successivement chacune de ces solutions.

SOLUTION A.

A₁ - Spilitisation d'un basalte par des agents externes.

Cette solution fut celle de P. TERMIER [22 mars 1897] pour qui les laves triasiques du Pelvoux se sont épanchées à l'état de basaltes dans les lagunes sursalées, elles-mêmes responsables de la spilitisation.

Tandis que l'olivine et les pyroxènes se transformaient en chlorite, les plagioclases (labrador) subissaient une transformation du type

plagioclases calciques + Na → plagioclases sodiques + Ca.
(labrador) (albite)

Na provenait du granite du Pelvoux par l'intermédiaire des eaux de pluie et Ca apparaissait sous forme de calcite.

Cette hypothèse était étayée par le fait que P. TERMIER avait attribué à certains mélaphyres en place la composition mi-

1. Une troisième solution a été envisagée par M. PERRIN et R. ROUBAULT [1941] à propos des laves spilitiques de Montvernier. Selon ces auteurs, la roche originelle ne serait pas un basalte, mais un calcaire (ce qui est contraire au principe de base de la page 52 bis) dont le faciès spilitique aurait été acquis par métamorphisme.

Le fait de l'hypothèse, l'hydrothermalisme, la chlorite de pyroxène ?

néralogique d'authentiques basaltes et avait observé tous les intermédiaires entre ces basaltes (conservés) et les véritables laves spilitiques (altérées) qui en dérivait.

Un tel processus pouvait effectivement rendre compte de la teneur exceptionnellement forte des laves spilitiques en Na. En revanche, il n'expliquait pas leur teneur exceptionnellement faible en Ca.

P. TERMIER, qui avait observé cette seconde anomalie, l'expliquait par une disparition partielle de la calcite formée.

Critiques.

Cette hypothèse se heurte cependant à plusieurs objections : comme l'a fait remarquer M. VUAGNAT, "il est difficile d'imaginer que des eaux enrichies en soude... aient pu altérer d'une manière aussi uniforme les coulées de mélaphyres" ; à quoi on pourrait ajouter : surtout lorsqu'il s'agit, comme au Col du Rochail, de six coulées superposées.

Et M. VUAGNAT précisait : "Comment admettre que des roches ayant subi une telle altération ne soient pas complètement décomposées ? qu'elles aient gardé leur cohésion et leur structure ?"

Je crois qu'il faut aller plus loin et mettre en doute l'existence même des conditions lagunaires. Il est significatif, par exemple, que beaucoup de niveaux calcaréo-dolomitiques du Trias de l'Oisans sont enrichis d'une croûte ferrugineuse dont l'origine n'est probablement pas volcanique, mais climatique, car cette croûte apparaît là même où il n'y a pas de laves. Dès lors, plutôt que des conditions lagunaires, ce sont des conditions franchement continentales qui me paraissent avoir régné lors de la mise en place des laves. Cette idée rejoint celle de la page 47 selon laquelle les produits schisteux verts et rouges ne sont pas des argilites (déposées en milieu lacustre) mais des produits dont l'origine est essentiellement volcanique.

La coupe du Grand Clot (p. 7) ferait évidemment exception

V. Dalt
not
Tane

à cette règle, puisque les coulées de laves s'y débitent en coussins. On peut alors l'interpréter comme un graben effectivement rempli d'eau.

Mais l'hypothèse s'une spilitisation par l'eau des lagunes n'est plus soutenable puisque là même où les laves se sont épanchées à l'air libre, leur faciès est également spilitique.

Il est par ailleurs remarquable que les échantillons décrits récemment présentent - sauf rarissimes exceptions - des feldspaths de laves spilitiques (albite, orthose) et non des feldspaths de laves basaltiques (labrador). C'est en cela que l'énoncé du problème est différent aujourd'hui de ce qu'il était pour P. TERMIER.

M. VUAGNAT a d'ailleurs introduit et justifié sa propre hypothèse beaucoup plus par l'exploitation de cette différence des données que par la difficulté d'imaginer une spilitisation dans les lagunes.

Pour nous, la nécessité de remplacer l'hypothèse de P. TERMIER proviendra de ce que les laves spilitiques ont pu naître quand bien même il n'y avait pas de lagunes.

A₂ - Spilitisation d'un basalte par métamorphisme.

Cette idée a pu être appliquée en Amérique et en Scandinavie mais elle ne peut être retenue ici.

En effet, on ne connaît pas de métamorphisme régional ou simplement de contact dont les effets se soient fait sentir dans la région alpine externe, postérieurement au métamorphisme hercynien. Sans doute quelques rares cristaux d'Albite s'observent parfois dans le Trias, mais cet indice de métamorphisme demeure beaucoup trop léger pour qu'on puisse envisager une spilitisation des laves par métamorphisme.

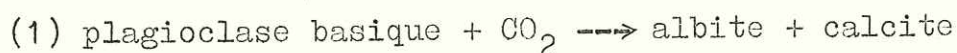
SOLUTION B.

Devant l'impossibilité d'admettre que la spilitisation des laves triasiques du Pelvoux a suivi leur épanchement, force est, évidemment, d'admettre qu'elle l'a précédé.

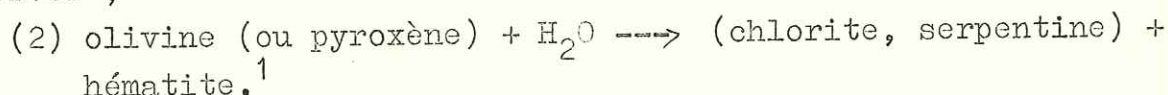
La genèse de ces laves prend alors le caractère d'un phénomène purement profond, qu'il est impossible d'analyser de la manière suivante.

La plupart des lames minces décrites au chapitre II ont montré que certaines chlorites, en particulier, pseudomorphosaient d'anciennes olivines ou d'anciens pyroxènes. Olivine (ou pyroxènes) ont donc effectivement été présents à l'origine dans le magma qui a donné naissance aux laves triasiques du Pelvoux.

Parallèlement avaient peut-être cristallisé des plagioclases basiques de type labrador ; il est cependant difficile de l'affirmer, car aucune preuve n'en est donnée. On aurait pu tenir pour preuve de la présence initiale de plagioclases basiques le fait, par exemple, qu'albite et calcite aient coexisté sous le même cristal à l'intérieur duquel se serait alors opérée une transformation de la forme



c'est-à-dire comparable à la transformation réellement observée ;



Cette transformation (2) qui est prouvée, fournit d'ailleurs quelques indications intéressantes :

Si la température du magma s'était abaissée progressivement, la loi des suites réactionnelles aurait prévalu, c'est-à-dire que

1. (1) et (2) sont en effet comparables, en ce sens qu'elles s'accroissent des mêmes conditions thermiques. Il est donc normal de les envisager l'une et l'autre dans la genèse d'une même roche.

. l'olivine se serait dissoute dans le liquide résiduel et que ses contours auraient disparu définitivement. Puisqu'au contraire ses contours demeurent visibles et que dans quelques cas extrêmes ses propriétés optiques sont conservées, l'olivine ne s'est pas dissoute dans le liquide résiduel mais s'est comportée, vis-à-vis de lui, comme un minéral réactionnel.

Ce qui indique que la température du magma s'est abaissée brusquement après la cristallisation de l'olivine.

Considérons alors les autres minéraux observés en lame mince. Il s'agit essentiellement :

- d'albite
- de calcite
- de chlorite
- d'hématite.

Ces minéraux présentent un caractère commun : tous peuvent se former dans des conditions hydrothermales. On est conduit par conséquent à cette idée que de l'eau s'est introduite dans le magma, entraînant l'apparition des minéraux ci-dessus. A ces conditions magmatiques aurait succédé brusquement des conditions hydrothermales.

Le problème se pose maintenant de savoir d'où venait cette eau. Venait-elle de l'intérieur de l'écorce terrestre ou venait-elle de la surface ?

C'est encore la transformation (2) qui paraît orienter la réponse : puisque la présence d'olivine réactionnelle démontre un brusque abaissement de la température du magma, coïncidant elle-même avec l'arrivée de l'eau, on peut penser que cette eau se trouvait à une température nettement inférieure à la température du magma. Il se pourrait alors qu'elle soit venue de la surface.

Cette manière de voir s'éloigne incontestablement des conceptions actuelles qui prêtent à l'eau "spilitique" une origine profonde. Cependant, si l'on écarte délibérément l'idée d'une intervention au moins indirecte de l'eau de surface, il devient très

difficile d'expliquer cette association si troublante sur notre planète, des laves spilitiques et des fosses marines.

Est-ce à dire que l'eau qui est intervenue dans la genèse des laves spilitiques du Pelvoux ait été préalablement contenue dans la grande fosse alpine ? Non, pas nécessairement, puisque sur le Pelvoux lui-même la mer s'étendait au Muschelkalk. On peut alors envisager plus simplement le processus suivant :

- infiltration d'une partie de cette eau de mer à la faveur des failles qui ont découpé le Pelvoux en menus quartiers dès la fin du Muschelkalk ;

- accumulation de cette eau en profondeur ;

- puis ascension du magma basaltique qui devient spilitique lorsqu'il rencontre la zone imbibée d'eau et donne naissance aux coulées que nous connaissons, alors même que les conditions de surface étaient devenues proprement continentales.

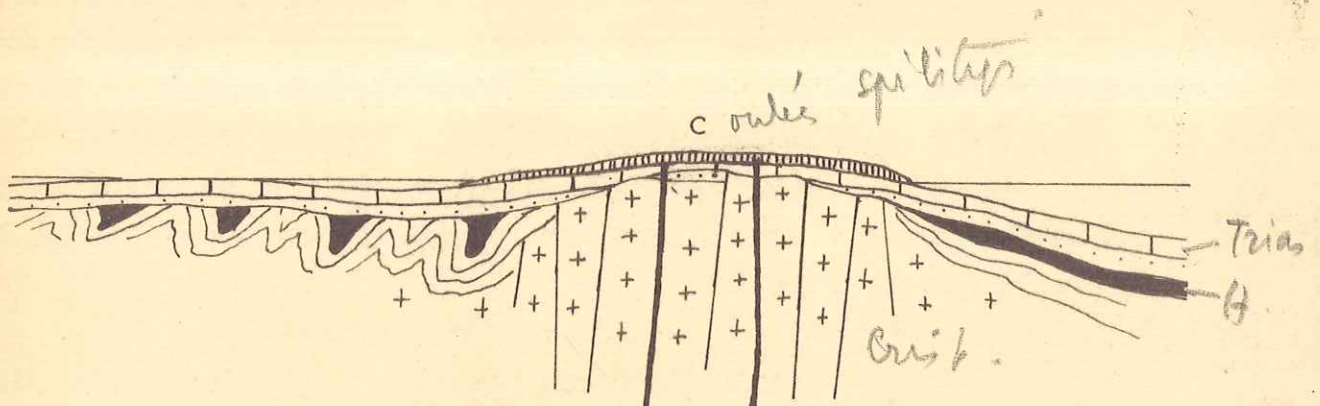
Néanmoins, le simple passage d'un magma basaltique dans un niveau imbibé d'eau froide ne saurait rendre compte ipso facto de l'augmentation de la teneur en soude et de la diminution de la teneur en chaux qui caractérisent la spilitisation.

Et c'est peut-être pour cette raison que beaucoup d'auteurs modernes en appellent à des venues hydrothermales d'origine profonde, supposées riches en soude. Cependant, s'il est exact que certaines venues hydrothermales sont riches en soude, il ne semble pas aussi exact qu'elles soient concentrées préférentiellement dans les régions géosynclinales, comme le sont généralement les laves spilitiques.

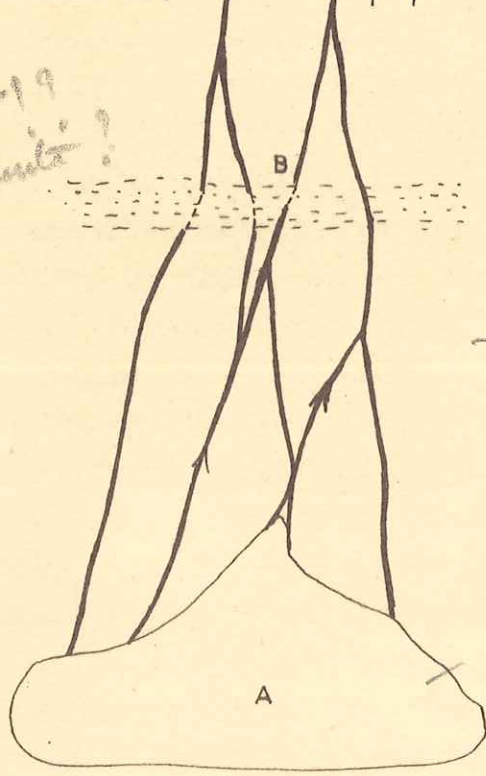
C'est alors qu'intervient peut-être le critère de position dont il a été question p. 33 . Sans vouloir reprendre le problème au niveau de la discontinuité de Mohorovicic, il faut tenir compte du cheminement des laves et des conséquences pétrogénétiques qui lui sont imputables.

Des indications importantes peuvent être fournies sur ce sujet grâce aux expériences récentes de J.T. IIYAMA ¹.

1. J.T. IIYAMA, Etude préliminaire de la solubilité du basalte dans l'eau à haute température. Bul. Soc. fr. Min. et Crist., 1961, t. LXXXIV, pp. 128-130.



de la lave
après t^{te} ex^{tr} formation
peut-elle pas se transformer ?



eau salée et riche en
sels, d'origine
marine
- peut-elle subir t^{te}
à cette prop. ?

Magmas
basaltiques

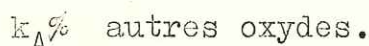
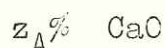
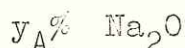
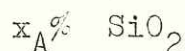
Un même basalte a été chauffé, d'une part en présence d'eau pure, et d'autre part en présence d'eau chargée de CO_2 , ce qui a permis les observations suivantes :

- la silice et la soude sont les oxydes les plus solubles dans l'eau pure aux basses températures ;

- en ce qui concerne la chaux, la solubilité augmente quand la température s'abaisse, du moins en présence de CO_2 .

Appliquons ces données aux laves triasiques du Pelvoux, en utilisant le schéma ci-contre.

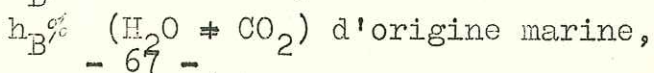
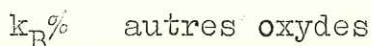
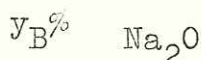
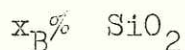
Le magma basaltique profond se trouve en A, aucun cristal n'y est encore formé, sa composition peut s'écrire :



Ce magma monte de A vers B à la faveur d'une ou de plusieurs fissures. Au cours de cette ascension, la température diminue progressivement : l'olivite précipite une partie au moins de ses cristaux étant entraînés par le liquide résiduel.

En B, le magma rencontre l'eau d'origine marine vraisemblablement chargée en CO_2 . La température diminue brusquement de sorte que l'olivine se comporte, au moins partiellement, comme un minéral réactionnel : elle est pseudomorphosée en chlorite, mais non totalement détruite.

Le milieu est devenu hydrothermal et sa composition chimique peut s'écrire :



où x_B , y_B , z_B ont diminué proportionnellement à leurs valeurs respectives initiales x_A , y_A , z_A .

En revanche, par suite de la précipitation de l'olivine dont une partie a pu ne pas être entraînée par le liquide jusqu'en B, k_A a pu diminuer d'une quantité $k_A - k_B$ que la seule arrivée de l'eau d'origine marine ne suffirait pas à justifier.

Entre B et C, point d'épanchement à l'air libre), la température s'abaisse progressivement et les données de J.T. IYAMA doivent être prises en considération, puisque le milieu est maintenant hydrothermal. On peut alors écrire qu'en C :

SiO_2 , Na_2O , et CaO qui sont les oxydes les plus solubles se trouvent relativement abondants en regard d'oxydes qui, moins solubles, ont cristallisé en cours d'ascension et n'ont été que partiellement entraînés par le liquide. Nous verrons dans un prochain paragraphe ce qu'on peut formuler à leur sujet.

A partir de C, l'évolution de la lave est observable puisqu'elle a déterminé les différentes coulées décrites plus haut.

Cette évolution paraît être la suivante :

1) Précipitation d'albite par suite du brusque refroidissement de la lave au contact de l'atmosphère et l'aspect ondulé de certains individus prouve bien que cette cristallisation a été contemporaine de l'écoulement en surface.

2) Précipitation de calcite, chlorite et quartz en deux temps :

- d'abord à l'intérieur même de la coulée, dans les vides ménagés par l'ensemble phénocristaux ferromagnésiens - albite ;
- ensuite et surtout, au-dessus de la coulée proprement dite et par condensation des dernières vapeurs d'eau carbonique.

Cette dernière précipitation serait alors à l'origine des formations vertes et rouges microcristallines qui accompagnent inmanquablement les coulées.

25 AOÛT 2003

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
MAISON DES GEOSCIENCES
DOCUMENTATION

B.P. 53
F. 38041 GRENOBLE CEDEX
Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
Mail : pialour@ujf-grenoble.fr

Ainsi, après un début d'évolution orthomagmatique, interrompu après la précipitation de l'olivine par une brusque intervention d'eau carbonique, les conditions seraient devenues hydrothermales.

La nouvelle lave ainsi formée serait parvenue à l'air libre enrichie en soude, en chaux et en silice ; l'écoulement aurait été accompagné par la précipitation totale de l'albite, cependant que la silice et la chaux, plus solubles, auraient précipité en tout dernier lieu à partir de la vapeur d'eau.

Ce qui expliquerait le remplacement d'une lave en principe basaltique, par une lave spilitique albitique et par les énigmatiques "argilites" vertes et rouges de la région du Pelvoux.

LE PASSAGE D'UNE LAVE SPILITIQUE ALBITIQUE A UNE LAVE SPILITIQUE
ORTHOSSIQUE : TRANSFORMATION 2.

Contradiction?
L'idée d'une telle transformation provient - je le rappelle - de ce que les échantillons orthosiques sont altérés, tandis que les échantillons albitiques sont frais.

Plus exactement, il n'est pas rare d'observer dans une même coulée (ex. p. 34) une partie albitique à structure intersertale nette et une partie orthosique ou orthosi-albitique où la structure intersertale est déformée.

Mais précisément parce que ces deux cas se rencontrent dans une même coulée et que - on vient de le voir - la cristallisation de l'albite a été contemporaine de l'épanchement, il devient évident que l'altération orthosique a succédé à l'épanchement.

Toutefois, pas plus que pour l'albitisation, il ne faut chercher la cause de l'orthosification dans l'action d'un milieu lagunaire riche en K_2O ou dans l'action d'un métamorphisme régional, puisque ces conditions, -on l'a vu -, n'ont pas été remplies.

Il faut donc en appeler encore à une intervention hydrothermale dont on aura quelques chances de découvrir le mécanisme en revoyant les échantillons orthosi-albitiques et en tenant compte de travaux de Laboratoire effectués à ce propos.

De tels travaux ont été menés récemment par J. WYART et G. SABATIER¹ et ont conduit ces auteurs aux résultats suivants :

entre 400 et 700° et en présence d'eau

Albite + K $\rightarrow$ adulaire + Na (1)

B.T.

H.T.

entre 600 et 700° et en l'absence d'eau

Albite + K $\rightarrow$ microcline + Na (2)

B.T.

H.T.

1. J. WYART et G. SABATIER, Transformations mutuelles des feldspaths alcalins. Reproduction du microcline et de l'albite. Bull. Soc. Fr. Min. et Crist., 1956, t. LXXIX, pp. 574-581.

Il semble que la transformation (1) puisse être envisagée pour les laves spilitiques du Pelvoux où le feldspath potassique formé a pu être déterminé aux Rayons X comme de l'adulaire (HT).

D'autre part, on a pu observer au microscope que les cristaux sodi-potassiques sont formés d'adulaire au centre et d'albite sur les bords.

Cette dernière remarque paraît d'ailleurs préciser de la manière suivante un point que l'expérience de J. WIART et G. SABATIER n'a pas pu préciser parce que la réaction y était complète : la transformation s'amorce au centre du cristal dont elle gagne les bords de proche en proche et par conséquent, l'eau pénètre à l'intérieur du cristal.

La question se pose enfin de savoir quel a été le cheminement de ces venues hydrothermales. Ont-elles traversé les coulées de laves parce que celles-ci se sont trouvées par hasard sur leur chemin ou ont-elles, au contraire, repris purement et simplement le chemin même que ces coulées avaient emprunté préalablement ?

La première hypothèse serait vérifiée si, dans les sédiments où s'intercalent les laves, on trouvait également des traces de cette altération hydrothermale. Or, si l'on y observe effectivement de très nombreux filons de calcite, en revanche on n'y voit jamais la moindre concentration de potassium.

La seconde hypothèse paraît, pour cette raison, plus plausible et introduira un bref paragraphe relatif aux voies d'ascension des laves spilitiques du Pelvoux.

LES VOIES D'ASCENSION DES LAVES SPILITTIQUES DU PELVOUX.

S'il est courant de rencontrer dans la région du Pelvoux de magnifiques coulées de laves spilitiques, on ne peut pas en dire autant des cheminées.

Les seules qui, jusqu'ici, aient été reconnues et décrites affleurent d'une part dans le Massif de Parières¹, Haute-Vallée de Champoléon, où elle traverse des gneiss et, d'autre part, dans le Massif du Tabor de la Matheysine².

En revanche, d'innombrables filons de rhyolites, diabases, lamprophyres, minettes ont été signalés.

Selon P. BELLAIR, la répartition géographique des filons serait la suivante :

- . Diabases et lamprophyres au centre du Massif du Pelvoux ;
- . minettes au Sud et à l'Ouest ;
- . orthophyres au Nord.

Si l'on se reporte à la carte générale au 1/200 000, on constate que les affleurements de laves spilitiques sont également dominants au Sud et à l'Ouest. Par conséquent, on peut être tenté de voir une relation possible entre les laves et les minettes.

Il faut remarquer toutefois que si les laves spilitiques sont abondantes au Sud et à l'Ouest du massif, cela doit être dû principalement au jeu de l'érosion qui a relégué le Trias tout entier (et pas seulement les laves) dans ce secteur.

De sorte que la répartition géolgraphique des dolomies capucin par exemple, est également calquée sur la répartition géographique des filons de minettes. Aussi bien ne faut-il pas axer la recherche d'éventuelles cheminées spilitiques dans les seules mi-

1. R. MICHEL et J. VERNET, 1956.

2. G. VEROLLET, 1961 ; J. SARROT-REYNAULD, 1961.

nettes et laisser délibérément à l'écart les lamprophyres et les diabases.

Et ce, d'autant plus, que, comme le souligne encore P. BELLAIR, ces distinctions dans la nomenclature des filons sont peut-être exagérées en regard des différences pétrographiques réelles qui les séparent : une richesse exceptionnelle en biotite, notamment, est commune à beaucoup d'entre eux.

Ce qui paraît plus significatif en revanche, c'est que dans le Massif du Mont Blanc où aucune coulée spilitique n'a jamais été signalée, le nombre des filons du type Pelvoux, c'est-à-dire des filons riches en biotite, semble également beaucoup plus faible. Il est possible qu'à cette échelle de telles coïncidences traduisent des relations effectives entre les coulées et les filons

Plusieurs auteurs se sont d'ailleurs engagés dans cette voie¹ et cependant, aucun d'entre eux n'a jamais affirmé que les filons biotitiques ~~pouvaient~~ représenter les cheminées des laves spilitiques.

Effectivement, si l'on compare leurs compositions chimiques et minéralogiques respectives, on n'arrive jamais à des résultats identiques. Mais cela ne pourrait-il s'expliquer par les considérations suivantes :

Supposons que les filons aujourd'hui biotitiques aient effectivement livré passage aux futures laves spilitiques, puis aux venues hydrothermales qui les ont altérées.

Plus exactement, supposons que ces filons se soient trouvés à l'époque triasique entre le point B et le point C de la figure p.66 b : leur remplissage représenterait alors, vis-à-vis du volcanisme un résidu qui ne s'est pas épanché en surface et dont la composition minéralogique pourrait s'interpréter comme suit :

1. P. TERMIER, 1897; P. BELLAIR, 1943.

FeO ayant cristallisé primitivement et partiellement sous forme d'olivine, elle-même entraînée par le liquide, CaO et Na₂O ayant migré très haut grâce à leur solubilité encore élevée aux basses températures, le résidu ^{laissé} dans les filons s'est trouvé relativement riche en K₂O et MgO et ces oxydes ont pu cristalliser sur place sous forme de biotite.

De sorte que ces filons pourraient fort bien matérialiser les voies d'ascension des laves spilitiques, malgré le peu de ressemblance minéralogique qu'on peut trouver entre les deux.

Enfin, si des venues hydrothermales viennent à remonter les filons postérieurement au volcanisme, elles vont y rencontrer les biotites et redissoudre une partie du potassium.

En arrivant au niveau des coulées, elles pourront donc opérer la transformation (1) de la page 70,



et entraîner le sodium ainsi redissout vers la surface, ce qui rendrait compte de l'altération hydrothermale potassique des laves spilitiques albitiques.

Mais revenons à la cheminée volcanique du Massif de Parières par exemple, et considérons sa composition : elle est en tous points comparable à celle des coulées de laves spilitiques et fort différente par conséquent de celle des filons biotitiques.

Elle témoigne, en particulier, de la présence d'albite. Or, ainsi que l'ont montré certaines descriptions de lames minces au chapitre I, la cristallisation de l'albite s'est effectuée au niveau de l'épanchement, par conséquent le fragment de cheminée du Massif de Parières représenterait la partie sommitale d'une cheminée dont la partie inférieure biotitique n'aurait peut-être pas été mise à jour par l'érosion.

Seraient, au contraire, représentatifs de cette partie inférieure des cheminées, un certain nombre de filons effectivement riches en biotite.

Je donnerai ci-dessous quelques indications pétrographiques relatives à deux d'entre eux.

Filon Entraigues - Le Périer¹.

Ce filon affleure au bord de la route reliant les deux localités nommées.

On peut y distinguer à l'oeil nu :

- des parties brunes ;
- des parties vertes.

Les parties brunes sont constituées minéralogiquement par les principaux minéraux suivants :

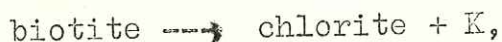
- biotite
- feldspath potassique
- apatite
- zircon.

Les parties vertes montrent, en revanche :

- chlorite
- feldspath potassique.

Sur le terrain, il semble que l'on puisse interpréter les parties vertes comme ayant été formées postérieurement aux parties brunes.

Plus précisément, et dans l'optique définie plus haut, j'interprète ces parties vertes comme une forme d'altération de la partie brune primitive, c'est-à-dire comme la marque du passage d'une solution hydrothermale responsable de la réaction :



lequel K pourrait avoir été entraîné jusque dans les coulées de laves où il se serait substitué au Na des feldspaths albitiques, conformément à ce qui a été observé plus haut.

1. Ce filon a été décrit par J. SARROT-REYNAULD, "Etude géologique du socle cristallin et de la couverture sédimentaire paléozoïque du Dôme de La Mure (Isère) et des régions annexes. Thèse, Grenoble, 1961, p. 88.

Filon versant S de la Montagne du Vet.

Pour atteindre ce filon, il faut monter à pied en direction du Vet, à partir de Gragnolet (localité du Valjouffrey).

Une analyse aux rayons X a permis d'y déceler :

- quartz
- chlorite
- calcite
- feldspath potassique.

Une analyse en lame mince a par ailleurs établi l'origine biotitique d'une partie de la chlorite.

Ce filon serait donc à rapprocher pétrographiquement et pétrogénétiquement des parties vertes observées dans le filon précédent.

Si l'on admet ainsi que certains filons biotitiques sont des résidus de cheminées des venues spilitiques albitiques, et que leurs parties chloritisées témoignent du passage de solutions hydrothermales elles-mêmes responsables de l'orthosification des coulées, la question se pose de savoir s'il existe un terme général qui rende compte de la filiation de toutes ces roches.

On touche là au problème de la nomenclature des laves spilitiques.

LE PROBLEME DE LA NOMENCLATURE DES LAVES SPILITQUES.

Une abondante terminologie gravite autour de la notion de volcanisme spilitique, elle est souvent complexe et quelquefois énigmatique.

Peut-être le paragraphe d'Historique a-t-il laissé entrevoir ce problème auquel - je le rappelle - C. ALSAC [1961] a consacré une analyse critique.

Cet auteur a insisté notamment sur la duplicité des termes qui, souvent, désignent une même roche mais dont l'un repose sur des considérations de genèse quand l'autre repose sur des considérations de constitution seulement.

En réalité, ce sont souvent cinq ou six termes qui se sont succédé pour désigner un même type de roche sans qu'aucun d'eux n'ait vraiment perdu droit de cité lorsque le suivant est apparu.

Un même vocable a d'ailleurs été introduit deux fois, mais avec des sens différents : il s'agit malheureusement du vocable spilite qui, bien sûr, est le plus fréquemment usité dans la littérature spilitique. Et parce que la seconde acception n'a pas fait oublier la première, il se trouve actuellement que certains spilites ne sont pas des spilites : il n'est donc pas exagéré de dire que la nomenclature spilitique est quelquefois énigmatique.

Tout cela n'est cependant qu'un jeu de mots dont est né un problème un peu artificiel à ne pas trop confondre avec le problème vraiment géologique que soulèvent les laves spilitiques. J'ai traité de celui-ci jusqu'ici en évitant autant que possible un usage abusif de la nomenclature, je propose maintenant de résumer celui-là sous forme d'un tableau au sortir duquel on pourra voir s'il est opportun de donner un nom précis à chacun des types de laves spilitiques qu'on sait à présent devoir distinguer dans la région du Pelvoux.

NO ENCLATURE CLASSIQUE DES LAVES

A - Création d'un terme général.

Elle a suivi la découverte de ces laves dont furent tenus pour caractéristiques d'

B - Subdivisions.

a) fondées sur des observations à l'oeil nu :

spilite à vacuoles.....	100
spilite sans vacuoles.....	100

b) fondées sur des observations au microscope et à l'oeil nu.

spilite à feldspath albitique.....

spilite à feldspath orthosi-albitique

c) fondées sur des considérations de genèse :

- spilite formé secondairement à partir
- spilite formé directement à partir

SPILITIQUES DU PELVOUX.

l'aspect altéré et la couleur verdâtre
un type volcanique spécial. Terme proposé : SPILITE (1)

..... Terme proposé : SPILITE VACUOLAIRE ou VARIOLITE
..... Terme proposé : SPILITE NON VACUOLAIRE

	[composition chimique	[
	[proche basalte	[SPILITE (2)
	[donc teinte sombre	[
	[	
	[	
.....	Terme proposé : ALBITOPHYRE	
	[composition chimique	
	[proche trachyte	KERATOPHYRE
	[donc teinte claire	

Terme proposé :	ORTHO-ALBITOPHYRE	[	teinte claire	[	ORTHO-KERATHOPHYRE
		[	teinte sombre	[	pas de nom particulier

d'un basalte { par adduction de sodium $\rightarrow$ MELAPHYRE
par adduction de potassium $\rightarrow$ POENEITE
d'un magma spilitique
(froid)..... WEILBURGITE

Ce tableau permet effectivement de donner plusieurs noms à quelques-unes des roches décrites au chapitre II.

Ainsi, l'échantillon prélevé à la base de la quatrième coulée du Col du Rochail peut être dénommé conjointement :

- spilite parce que c'est le terme général ;
- spilite non vacuolaire parce qu'il ne présente pas de vacuoles ;
- albitophyre puisque le seul feldspath présent y est l'albite ;
- kératophyre parce que la teinte d'ensemble est claire ;
- weilburgite parce que le magma qui lui a donné naissance s'est trouvé froid lorsqu'il s'est gorgé d'eau.

En revanche, pour d'autres roches décrites au chapitre II, les possibilités de désignation sont limitées.

Ainsi l'échantillon prélevé à la base de la première coulée du Col du Rochail ne peut être qualifié

- ni par un terme du groupe b) car le feldspath y est exclusivement orthosique,
- ni par un terme du groupe c) si l'on admet (quoique la preuve n'en soit pas absolument donnée) que l'orthosification s'est faite secondairement et aux dépens d'un albitophyre primitif .

Donc seul le terme général de spilite (auquel s'ajoute dans ce cas le terme de variolite) peut être retenu.

Mais, à n'en pas douter, le lecteur spécialiste prêterait ici au mot spilite son sens actuel, alors que je l'entendrais au sens ancien.

Ce sont là deux exemples choisis parce que particulièrement significatifs. Cependant, et d'une manière très générale, lorsque l'on veut savoir exactement ce qu'un auteur a décrit sous le nom de spilite, de mélaphyre, de poenéite... il faut, sous peine d'erreurs graves, examiner très en détail les considérations pétrographiques et pétrogénétiques qu'il a avancées.

De sorte que l'usage d'une terminologie spécialisée n'est peut-être pas indispensable et demeure, en tout cas, dangereux.

Pour éviter, ici même, de provoquer de telles confusions, je ne donnerai aucun nom particulier aux roches décrites au chapitre II.

En revanche, j'ai remplacé le terme général de "spilite" par celui de lave spilitique, étant entendu que sa signification n'est pas celle du "spilite" (1) donnée dans le tableau ci-dessus, mais bien celle de "lave spilitique" telle que je l'ai donnée en introduction.

Quand bien même elle demeure un peu élémentaire, cette désignation paraît plus en rapport avec les moyens d'investigation de notre époque, en même temps qu'elle lève l'indétermination qui pesait sur le mot spilite.

Enfin, s'il est exact que certains filons biotitiques sont des résidus de cheminées du volcanisme spilitique, il n'est pas faux de leur étendre l'expression de lave spilitique définie en Introduction, car la place de ces roches dans les classifications en usage est également sujette à caution.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Existe-t-il d'étroites relations entre le problème de la genèse des laves spilitiques et le problème de la genèse des lamprophyres ? C'est du moins l'idée qui se dégage de cette brève étude des laves du Pelvoux.

Depuis quelques années d'ailleurs, beaucoup d'auteurs traitant des lamprophyres s'accordent à voir leur origine dans un magma basaltique, et expliquent l'évolution lamprophyrisque de ce magma par des emprunts d'éléments chimiques (K, Mg) au matériel traversé. Cependant, comme le fait remarquer D. METAIS¹ si cet emprunt peut rendre compte de la transformation d'un milieu basaltique en un milieu lamprophyrique, il ne rend pas compte des différenciations qu'on observe à l'intérieur même de ce dernier milieu.

On aurait pu faire la même remarque au sujet des coulées spilitiques du Pelvoux après l'explication qu'avait donnée P. TERMIER de leur enrichissement en sodium. Cette explication n'aurait pu répondre des différenciations qu'on observe à l'intérieur d'une coulée entre les parties sodiques et les parties silico-calciques vertes et rouges.

D'ailleurs, sans même détenir cet argument, P. BELLAIR, puis M. VUAGNAT ont pu démontrer que l'origine de ce sodium n'était pas à rechercher au niveau des coulées, mais plus bas.

De la même manière, sans avoir étudié suffisamment les filons lamprophyriques du Pelvoux pour posséder l'argument d'une différenciation proprement intrafilonienne, je retiendrai cependant de ces filons la netteté de leur contact avec les migmatites et

1. D. METAIS [1962], Bull. Soc. Géol. France, [7], t. III, n° 4 pp. 387-396.

granites encaissants. Cette netteté éloigne l'idée qu'il puisse s'agir là d'une zone d'échanges chimiques. Aussi bien, je serais tenté de situer à un niveau encore inférieur à celui des filons visibles non seulement l'origine du sodium qui est parvenu jusqu'aux coulées, mais également l'origine du potassium qui se trouve concentré dans les filons.

Et, à cette suite pétrogénétique qu'on voit s'étager depuis les filons jusqu'à l'extrémité des coulées, c'est-à-dire jusqu'aux formations vertes et rouges, je ne vois pour l'instant qu'une explication : admettre que le magma basaltique initial s'est trouvé contaminé, puis véhiculé par un fluide dans lequel l'inégale solubilité des différents ions en fonction de la température, a été déterminante.

Compte tenu de l'extrême richesse des laves spilitiques en minéraux hydrothermaux, il paraît normal d'attribuer ce rôle à l'eau. Il faut alors envisager que la rencontre de cette eau et du magma basaltique s'est opérée avant le stade filonien ou du moins avant la partie lamprophyrique du stade filonien.

A ce point de vue, il est significatif que les laves spilitiques s'épanchent préférentiellement dans les zones orogéniques, donc dans des régions où le sol se fissure. Comme souvent, dans ces régions, la mer précède la montagne, il est probable qu'une partie de l'eau de mer s'infiltré assez profondément dans l'écorce où elle détermine des niveaux aquifères. De sorte que les fissures s'approfondissant encore à mesure que l'orogénèse se précise, si une poche magmatique est atteinte, le basalte qui s'en échappe traverse nécessairement les niveaux aquifères et son évolution ultérieure est commandée par l'eau conformément à ce que nous avons observé.

Sans doute est-il regrettable que personne n'ait encore pu voir en Pelvoux la jonction matérielle entre filons lamprophy-

riques et coulées spilitiques, mais par une série de moyens indirects, il semble que cette jonction ait été suffisamment prouvée.

Plus grave pourrait sembler l'absence de coulées spilitiques dans les régions telles que la Bretagne ou les Vosges, où on connaît en revanche de nombreux filons lamprophyriques. On pourrait même se demander s'il n'y a pas là matière à rejeter l'idée d'une relation entre les deux types de roches.

Je ne le pense pas pourtant, car il existe entre le groupe Alpes-Pyrénées d'une part et le groupe Vosges-Bretagne d'autre part, une différence géologique majeure : deux orogénèses consécutives d'un côté contre une seule orogénèse de l'autre. Si les filons finihercyniens, c'est-à-dire finiorogéniques, des Vosges et de Bretagne se présentent en somme comme des volcans spilitiques avortés, puisqu'ils n'ont pratiquement pas déversé de sodium, de calcium et de silicium en surface, la cause en est probablement profonde. On peut envisager que ces éléments manquaient déjà dans le réservoir magmatique au moment de son percement, en d'autres termes, qu'ils étaient déjà passés à l'état de granite.

Dans les Alpes et les Pyrénées, au contraire, les granites hercyniens n'auraient pas épuisé les réserves de sodium et calcium, de sorte que ceux-ci auraient pu apparaître encore à l'extrémité des filons lamprophyriques, c'est-à-dire sous la forme de coulées spilitiques. Et peut-être que se dissimule sous cette idée encore très floue la signification géologique réelle de la limite hercynien-alpin.

Pour en revenir au domaine propre des laves spilitiques du Pelvoux, il faut encore signaler que, à l'exemple de la plupart des venues volcaniques des Alpes occidentales, c'est sur une marge de cinquante kilomètres de part et d'autre du parallèle de Grenoble, qu'elles se sont épanchées.

mi
Ce secteur correspond au maximum de courbure de la chaîne alpine. Y a-t-il uniquement sous ce secteur une poche magnétique ou bien la fissuration du sol a-t-elle été plus profonde dans ce secteur qu'ailleurs ? c'est là un des nombreux problèmes qui restent à résoudre et qui relèveront de l'étude générale du volcanisme alpin.

Dans cette étude générale, je crois qu'il ne faudra pas cataloguer les laves spilitiques du Pelvoux comme des roches riches en soude, mais pauvres en silice et en chaux. Cette conception serait valable si les laves spilitiques étaient uniquement formées de parties albitiques, mais elles comportent aussi ces parties silico-calciques que sont les niveaux verts et rouges, ces parties potassiques que sont les cheminées lamprophyriques, sans compter tout ce qui peut être encore plus bas et que nous ne voyons pas.

Dans quelles proportions faudrait-il mélanger ces diverses parties pour connaître le chimisme moyen du volcanisme spilitique ? il est impossible de le dire. Aussi bien, nous ne savons pas si entre le stade basaltique initial et le stade lamprophyrique filonien il y a eu d'autres contaminations de la lave que sa contamination par l'eau.

BIBLIOGRAPHIE.

1. ALSAC (C.) 1960 - Nature pétrographique et origine des albitophyres du Dôme de Remollon (Hautes-Alpes). C.R.A.S. t. 250, p. 1681.

 --- 1961 - Contribution à l'étude des albitophyres et orthoalbitophyres du Dôme de Remollon, Hautes-Alpes.
2. ALSAC (C.) et MICHEL (R.) 1961 - Contact discordant entre Trias et Lias dans la partie centrale du Dôme de Remollon (Hautes-Alpes). Congrès de Stratigraphie du Lias, Chambéry, in Mém. B.R.G.M., n° 4, p. 695.
3. AMSTUTZ (G.C.) 1954 - Geologie und petrographie der Ergusgesteine im Verrucano des glarner Freigeberges. Mém. Inst. Vulcanol. Im. Friedlaender, n° 5.
4. BARBIER (R.) 1962 - Quelques réflexions sur le Trias des zones externes des Alpes françaises. A paraître Mém. BRGM.

 --- 1954 - L'âge des spilites du versant sud du Pic des Trois-Evêchés (Hautes-Alpes) (près du Col du Lautaret). C.R.S.G.F., p. 148.
5. BATTEY (M.H.) 1956 - The Petrogenesis of a Spilite serie from New-Zealand. Geol. Mag., vol. XCIII, p. 89-110.
6. BELLAIR (P.) 1946 - Caractères magmatiques des roches d'épanchement de la couverture des massifs centraux dauphinois. Mém. Serv. Carte Géol. France.
7. BORNUAT (M.) 1962 - Etude de la couverture sédimentaire de la bordure ouest du Massif des Grandes Rousses. A paraître : Trav. Lab. Géol. Grenoble, t. 38.
8. BUFFIERE (J.M.) et TANE (J.L.) 1962 - Sur le Trias de la couverture sud ouest du Massif du Pelvoux. A paraître : Mém. B.R.G.M.
9. BURRI (C.) et NIGGLI (P.) 1945 - Die Jungen Eruptivgesteine der Mediterranen Orogens. Die Spilitassociationen : T.I, chap. 2, p. 490. Mém. Inst. Vulcanol. Im. Friedlaender n° 5.
10. DALY (R.A.) 1933 - Igneous rocks and the depth of the earth.
11. DAUVILLIER (A.) 1958 - Le volcanisme lunaire et terrestre. Coll. Sciences d'aujourd'hui, Albin Michel, Paris.

12. DEWEY (H.) et FLETT (J.S.) 1911 - On some British pillows-lavas and the rocks associated with them (Geol.Mag. vol. 8, p. 202-209 et p. 241-248.
13. ESKOLA (P.), VUORISTO (U.) et RANKAMA (K.) 1955 - An experimental illustration of the spilite reaction. C.R. Soc. Géol. Finlande, n° 9, p. 2.
14. GAPEEVA (G.M.) 1960 - Origin of the Lamprophyres and their position in the Genetic classification of rocks. Mém. Soc. russe minér., vol. 89, n° 5, p. 542-554.
15. GIDON (P.) 1953 - Les rapports des terrains cristallins et de leur couverture sédimentaire dans les région orientale et méridionale du Massif du Pelvoux. Trav. Lab. Géol. Grenoble, p. 1-202.
16. GIGNOUX (M.) et MORET (L.) 1952 - Géologie dauphinoise.
17. GILLULY (J.) 1935 - Keratophyres of Eastern Oregon and the spilite problem. Amer. Journal Sci., t. 29, p. 225-236.
18. GLANCEAUD (L.) 1946 - Introduction à l'étude thermodynamique de la pétrogénèse profonde. B.S.G.F.[5], XVI, p.563.
19. --- 1950 - Thermodynamique de la pétrogénèse profonde (métamorphisme et volcanisme). Congrès géologique international, Londres, p. 53.
20. HAUDOUR (J.), SARROT-REYNAULD (J.) 1955 - Les assises supérieures du Trias dans le Dôme de La Mure et les régions annexes (note préliminaire). C.R.S.G.F., p. 53.
21. IIYAMA (J.T.) 1961 - Etude préliminaire de la solubilité d'un basalte dans l'eau à haute température. Bull. Soc. fr. minér. crist., T. LXXXIV, n° 2, p. 187.
22. JUNG (J.) 1958 - Précis de Pétrographie.
23. LEHMANN (E.) 19 - Eruptivgesteine und Eisenerze im Mittel - und Ober - Devon der Lahnmitte Techn. Pädag. Verlag. Scharfes Druckereien, K.G. Wetzlar.

24. L O R Y (Ch.) 1864 - Description géologique du Dauphiné (Isère, Drôme et Hautes-Alpes).
25. MARTIN (D.) 1886 - Liste des gisements de Spilite dans les Hautes-Alpes. 18e Bull. de la Soc. d'Etudes des Hautes-Alpes.
26. METAIS (D.) 1962 - Les roches filoniennes basiques de la rade de Brest. Kersantites et dolérites. B.S.G.F. [7], t. 3, n° 4, p. 387.
27. MICHEL (R.), MORET (L.), TANE (J.L.) 1960 - Sur la présence de spilites potassiques dans la couverture triasique du Massif du Pelvoux. C.R.A.S., t. 251, p. 184.
28. MICHEL(R) et VERNET (J.) 1956 -Une cheminée triasico-liasique en Dauphiné. L'aiguille fourchée (secteur sud du Pelvoux, Hautes-Alpes). C.R.A.S., t. 242 3096
29. MICHEL (R.) , TANE (J.L.) 1960 - Découverte de laves en cous-sins (pillows-lavas) dans le Trias de la zone dauphinoise (Massif du Pelvoux). C.R.A.S., t. 250, p. 2735-2737.
30. MORET (L.) 1958 - Sur une roche à faciès variolique, mais orthosique, provenant des conglomérats miocènes de St Offenge (Savoie). Trav. Lab. Géol. Grenoble, t. 34, p. 31-33.
31. MORET (L.), MICHEL (R.) 1958 - Observations sur un spilite triasique du Massif d'Allevard (Isère). C.R.S.G.F., p. 335-337.
32. MORRE (N.), THIEBAUT (J.) 1962 - Sur la nature des laves permotriasiques de la région de Niort (Aude). C.R.A.S. t. 254, p. 1846-1847.
33. NIGGLI (E.) 1944 - Das Westliche tavetscher Zwischenmassiv und der Augrenzende des Gotthardmassivs. Bull. suisse Min. Pétr., t. 24, p. 58-302.
34. PARJADIS de LARIVIERE (N.) 1960 - Quelques précisions sur les formations spilittiques de la couverture triasique du massif cristallin du Grand Châtelars (Savoie) B.S.G.F. [7], t. II, p. 108-112.
35. PERRIN R. et ROUBAULT (M.) 1941 - Quelques observations sur la spilite de Montvernier (Savoie). Bull. Soc. Hist. Nat. de Toulouse, t. 76, p. 161-171.

36. RAGUIN (E.) 1957 - Géologie du Granite. Masson, Paris (lamprophyres p. 131 à 134.
37. REBOUL (J.) 1962 - Le Trias des bordures du synclinal jurassique de Bourg d'Oisans (Isère). A paraître Mém. B.R.G.M.
38. ROEVER (W.P. de) 1942 - Olivin-basalts and their alkaline differentiates in the Permian of Timor. Geol. Exp. Lesser Sunda Islands, Amsterdam, vol. 4, p. 209-299.
39. ROUTHIER (P.) - La formation des matériaux de l'écorce. Encyclopédie française, t. III : Le Ciel et la Terre.
40. SARROT-REYNAULD (J.) 1961 - Etude géologique du socle cristallin et de la couverture paléozoïque du Dôme de La Mure (Isère) et des régions annexes. Mém. Trav. Lab. Géol. Grenoble, n° 2.
41. SUNDIUS (N.) 1930 - On the spilitic rocks. Geol. Mag., vol. 68, p. 1-17.
42. SZADECZKY-KARDOSS (E.) 1958 - On the Petrology of the volcanic rocks and the interaction of magma and water. Acta geol. Acad. Sci. Hungar. Budapest, t. 5, p. 197-223.
43. T A N E (J.L.) 1961 - Contribution à l'étude des laves d'âge triasique de la zone alpine externe. Trav. Lab. Géol. Grenoble, t. 37, p. 157-166.
- 1962 - Sur l'origine de certains niveaux versicolores du Trias de la zone alpine externe. C.R.A.S., t. 254, n° 19, p. 3391.
44. TERMIER (H. et G.) 1958 - Pétrogénèse. Masson, Paris.
45. TERMIER (P.) 1897 - Sur le graduel appauvrissement en chaux des roches éruptives de la région du Pelvoux. C.R.A.S., t. 124, p. 633.
- 1898 - Sur l'élimination de la chaux par métasomatose dans les roches basiques de la région du Pelvoux. B.S.G.F. [31], t. 25, p. 165-192.
- 1893 - Sur les roches de la série porphyrique dans les Alpes françaises. C.R.A.S. t. 116, p. 900-902.
46. TURNER (J.F.) 1948 - Mineralogical and geological evolution of the metamorphic rocks.

47. VEROLLET (G.) 1961 - Etude des schistes cristallins de la bordure orientale du Tabor et de la Matheysine. Mémoire dactylographié déposé au Laboratoire de Géologie de Grenoble.
48. VUAGNAT (M.) 1946 - Sur quelques diabases suisses. Contribution à l'étude du problème des spilites et des pillow-lavas. (Bull. suisse Min. Pétr., t. 26, p. 116-298.
- 1947 - Sur le caractère spilitique des mélaphyres de la région du Pelvoux. C.R. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève, vol. 64, p. 63-65.
- 1948 - Problèmes de Géologie dauphinoise. C.R. Ass. Prosp. Univ. Genève, n° 7, p. 1-8.
- 1951 - Le rôle des roches basiques dans les Alpes. Bull. Soc. suisse Min. Pétr., t. 31, p. 309.
49. WEGMAN (C.E.) 1950 - Transformations métasomatiques et analyse tectonique. Congrès géologique international, Londres 1950, p. 45.
50. WELLS (A.K.) 1922-1923 - The nomenclature of spilite : suite
1) The keratophyre rocks. Geol. Mag., t. 59, p. 346-354 ; 2) The problem of the spilites. Geol. Mag., t. 60, p. 63-74.
51. WYART (J.) et SABATIER (G.) 1956 - Mobilité des ions alcalins et alcalino-terreux dans les feldspaths. B.S.Fr. Min. Crist., t. 79, p. 444-448.
- 1956 - Transformation mutuelle des feldspaths alcalins. Reproduction du microcline et de l'albite. Ibid., t. 79, p. 574-581.
- 1958 - Mobilité des ions silicium et aluminium dans les cristaux de feldspath. Ibid. t. 81, p. 223-226.
- 1959 - Nouvelles observations sur la mobilité des ions silicium et aluminium dans les cristaux de feldspaths. Ibid., t. 82, p. 216.

VU,

Grenoble le

Le Président de la Thèse

VU,

Grenoble le

L. MORET

Le Doyen de la Faculté des
Sciences

L. WEIL

VU et permis d'imprimer,

Le Recteur de l'Académie de Grenoble

R. TREHIN