

Contribution à l'étude du phénomène de spilitisation

par Jean-Louis TANE

« Es gibt nichtes praktischeres als
dic Theories *. »
(BOLTZMANN, Vorlesungen, Leipz.g.
1895).

I. Des caractères généraux du problème aux hypothèses qu'ils suscitent.

Le problème de la genèse des laves spilitiques comporte, dans son énoncé, deux données à valeur extrêmement générale, en ce sens qu'elles paraissent vérifiées quel que soit l'endroit où l'on récolte ce type de roche.

On peut les résumer ainsi :

1. A la différence des autres laves, et même à la différence des autres roches éruptives, les laves spilitiques sont constituées exclusivement de minéraux hydrothermaux.

2. L'environnement géologique des émissions spilitiques (qu'il soit immédiat ou simplement assez proche) a toujours un caractère géosynclinal.

La première de ces deux données implique nécessairement que la genèse des laves spilitiques se fait sous l'influence de l'eau et la seconde semble bien préciser, par surcroît, qu'il doit s'agir de l'eau de mer des fosses géosynclinales.

C'est pour cette raison que les premières explications relatives à la spilitisation situaient le phénomène dans la mer et au moment (ou juste après) l'émission d'une lave primitivement « normale » : le basalte.

Le basalte constituait ainsi un matériau « primaire » aux dépens duquel le spilite nouvellement formé recevait, entre autres qualificatifs, celui de « secondaire ».

L'école finlandaise d'Eskola [1937] a réalisé expérimentalement un des mécanismes de cette transformation.

Cependant, l'idée de la spilitisation secondaire d'un basalte initial a été pratiquement abandonnée,

tout d'abord parce que l'examen pétrographique détaillé d'un grand nombre de spilites [M. VUAGNAT, 1946, en particulier] ne révélait généralement aucune trace du basalte initial, et ne fournissait par conséquent aucune raison d'envisager son existence, ensuite parce que l'étude du volcanisme sous-marin actuel fait apparaître que les roches volcaniques émises consistent quelquefois en spilite « primaire » et beaucoup plus souvent encore en basalte également primaire, mais qui ne se spilitise pas.

Aussi bien, l'hypothèse de la spilitisation d'un basalte par l'eau de mer au niveau et au moment de l'émission semble bien devoir être définitivement rejetée. Mais cela ne rejette en rien les deux données énoncées au début de cet article, et que devra toujours satisfaire toute explication nouvelle proposée pour la genèse des spilites. Aussi, est-ce sur la base de ces deux données primordiales que nous avons abordé l'étude des spilites du Pelvoux, l'esprit non pas tout à fait libre, mais assez fortement imprégné au contraire de l'idée préconçue que voici :

1. Cette paragenèse hydrothermale qui constitue les spilites, outre qu'elle implique une action de l'eau dans le phénomène de spilitisation, implique aussi qu'à la manière des filons hydrothermaux bien connus des métallogénistes, les filons spilitiques doivent être remplis d'un matériau qui change de composition selon qu'on l'échantillonne à leur base ou à leur sommet.

2. Puisqu'il paraît établi que l'eau de mer n'intervient dans le phénomène de spilitisation ni

* « Il n'y a rien de plus pratique que la théorie. »

pendant, ni après l'émission de la lave, et puisque ce phénomène exige pourtant de l'eau, deux possibilités s'offrent à l'esprit. On peut tout d'abord envisager que l'eau de mer intervient avant l'émission, ou alors on peut envisager que ce n'est pas l'eau de mer qui intervient, mais une eau d'origine profonde.

Jugées séparément et à priori, ces deux hypothèses peuvent sembler étranges : la première parce qu'on voit mal ce qu'elle peut signifier en pratique, la seconde parce qu'il paraît impensable qu'un phénomène hydrothermal, se produisant toujours dans un contexte géosynclinal, puisse être sous la dépendance d'une eau qui ne soit pas marine.

Mais peut-être ces deux hypothèses peuvent-elles se fondre en une seule qui serait alors la suivante :

Avant que les fissures s'ouvrant au fond de la mer atteignent les réservoirs magmatiques et permettent au magma de s'élever, elles atteignent des niveaux moins profonds où, nécessairement, de l'eau de mer descend et détermine peut-être des poches d'eau sous-marines. Et selon qu'au cours de son ascension le magma initial (vraisemblablement basaltique) traverse ou ne traverse pas de telles poches d'eau, il subit ou ne subit pas le phénomène de spilitisation et, s'il le subit de cette manière, c'est donc bien avant le stade de l'émission volcanique sur le fond de la mer et aux dépens de l'eau de mer, néanmoins.

De sorte que l'eau de mer interviendrait dans la genèse des roches spilitiques avant même que celles-ci viennent s'épancher sur le fond de la mer proprement dit.

En règle générale, les émissions spilitiques atteignent leur volume maximal dans la zone géosynclinale des orogènes. Mais si elles sont, en ce domaine, remarquables par leur quantité, elles ne le sont pas forcément par leur qualité, du moins par celle que peut souhaiter le pétrographe ; car si, en effet, elles fournissent des matériaux spilitiques en abondance, les zones géosynclinales ne leur épargnent généralement ni le métamorphisme, ni la tectonique, au point qu'en fin de compte il est parfois même difficile de les identifier.

Les échantillons récoltés dans de telles conditions se prêtent évidemment mal aux hypothèses de pétrogénèse et, au contraire, ceux que l'on peut récolter entre l'avant-pays et la zone axiale de l'orogène, même s'ils sortent un peu de la zone d'abondance, présentent cet avantage pétrographique que leurs caractères, comme ceux de leur contexte géologique, sont nets, parce que, précisément, la tectonique et le métamorphisme ont joué là de manière beaucoup plus négligeable.

II. Un contexte géologique susceptible de fournir une réponse : le Massif du Pelvoux.

Telles sont les qualités des spilites du Pelvoux, laves qui relèvent vraisemblablement de l'orogénèse alpine mais qui se sont épanchées un peu à l'Ouest de la grande fosse, sur un domaine à socle essentiellement hercynien et relativement stable par conséquent, vis-à-vis de la tectonique et du métamorphisme alpins.

La figure 1 a pour but de résumer cette position des spilites du Pelvoux par rapport aux deux

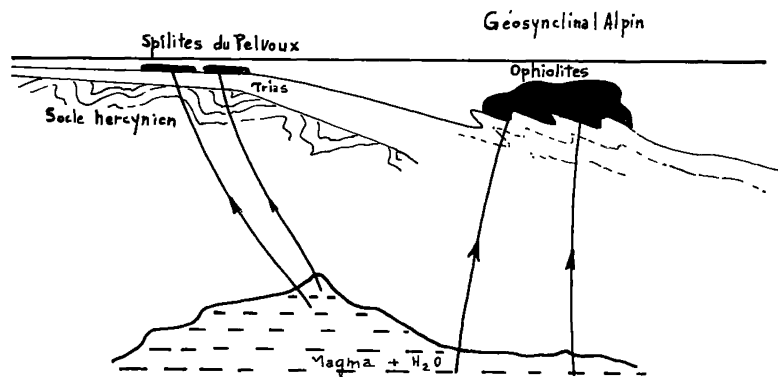


Fig. 1. — Schéma de position des spilites dans l'orogène alpin.

orogénèses hercynienne et alpine. La figure 2 rend compte de leur situation de détail dans le cadre local du massif du Pelvoux, il convient, à ce

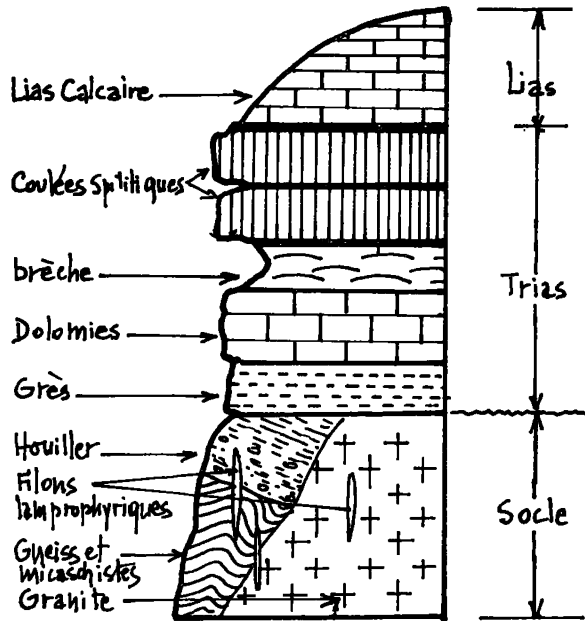


Fig. 2. — Position des spilites dans la série stratigraphique de la couverture du Pelvoux.

propos, de rappeler [J.-L. TANE, 1963] les faits suivants :

Les laves spilitiques du Pelvoux se présentent en coulées bien interstratifiées dans des niveaux sédimentaires d'âge triasique supérieur et de faciès subaérien (présence de gypses). Les gisements les plus orientaux, c'est-à-dire ceux qui approchent davantage la zone géosynclinale alpine, sont même d'âge liasique [R. BARBIER, 1954].

Ce sont ces âges (triasique supérieur ou liasique) qui permettent de rapporter le volcanisme spilitique du Pelvoux à l'orogénèse alpine car, dans la région considérée, la limite des temps hercynien et alpin est matérialisée par une grande discordance en position antétriasique. Et d'ailleurs, l'abondance des émissions spilitiques (celle dont nous avons souligné plus haut les inconvénients pétrographiques) dans la zone axiale de l'orogénèse alpine permet bien d'inclure dans la même grande phase volcanique celles du Pelvoux, compte tenu que, pour ces dernières, la mise en place s'est produite

un peu plus à l'Ouest, un peu plus tôt et dans des conditions beaucoup plus subaériennes que marines.

La constitution minéralogique est à peu près la même aussi, dans les deux cas, mais les cristaux généralement mieux formés et plus gros dans les échantillons provenant du Pelvoux.

Dans ceux-ci, on voit toujours très nettement des phénocristaux d'olivine pseudomorphosés en minéraux secondaires hydrothermaux (chlorite, iddingite) puis une prolifération de microlites feldspathiques (souvent riches en albite) et enfin, c'est-à-dire en dernier temps de cristallisation : des filonnets ou vacuoles contenant de la calcite, du quartz, des chlorites, des oxydes de fer.

En général, les coulées spilitiques du Pelvoux sont superposées en nombre variable (six pour le meilleur cas que nous connaissons) et séparées les unes des autres par une formation à grain très fin, toujours verte à sa base et rouge à son sommet. Ces formations paraissent relever du volcanisme au même titre que les coulées proprement dites, car elles accompagnent inmanquablement les coulées ; il semble même qu'on doive rapporter chacune d'elles à la coulée qui la supporte pour la double raison qu'on n'en trouve pas à la base de la première coulée (on trouve là une brèche) et qu'on en trouve au sommet de la dernière.

Aux rayons X, on constate que ces formations vertes et rouges sont constituées de calcite, chlorite, quartz, hématite (l'hématite étant plus abondante dans les produits rouges), c'est-à-dire de la même façon que les filonnets observés dans les coulées mais non pas de la même façon que les coulées. Dans ces dernières, en effet, le constituant principal est feldspathique, alors qu'il n'y a plus du tout de feldspath à l'intérieur des formations vertes et rouges.

Dans l'hypothèse que nous avons adoptée au départ, c'est-à-dire l'hypothèse que le phénomène de spilitisation pourrait être dû à la traversée d'une poche aquatique profonde (bien que d'origine marine) par un magma basaltique, ces faits d'observation pourraient alors s'interpréter comme suit :

La rencontre du magma basaltique et de l'eau se situerait entre le stade de la cristallisation de l'olivine et le stade de la cristallisation de l'albite ; elle semblerait empêcher une évolution basaltique normale et empêcher notamment la cristallisation d'intermédiaires tels que pyroxènes ou plagioclases basiques.

Le passage des coulées aux formations vertes et rouges qui les surmontent correspondrait, lui, à une séparation dans le temps, entre le moment où l'albite précipite, déterminant donc les coulées, et le moment où l'eau s'échappant de ces coulées laisse précipiter les derniers éléments qu'elle contient en solution, cette précipitation étant déterminée par la baisse finale de température en fin d'émission.

Or, on sait maintenant par expérience [J.-T. ILYANA, 1961] que la silice est le dernier constituant d'un basalte à demeurer relativement soluble dans l'eau à basse température. C'est donc vraisemblablement en raison de cette solubilité dans l'eau supérieure à celle des autres constituants d'un basalte que la silice précipite en tout dernier lieu dans le volcanisme spilitique, en déterminant au-dessus des coulées de laves proprement dites, c'est-à-dire au-dessus des zones où le feldspath se trouve concentré, des zones où il n'y a plus de feldspath mais surtout du quartz.

Et selon que les émissions de spilites débouchent en milieu franchement marin ou au contraire subaérien, cette silice terminale déclenche ou ne déclenche pas une prolifération de radiolaires. Dans notre hypothèse, les radiolarites de la zone géosynclinale alpine sont donc aux ophiolites de cette même zone, ce que les formations vertes et rouges sont aux corps albitiques des coulées de spilites du massif du Pelvoux.

Est-ce à dire que les cheminées d'ascension du volcanisme spilitique doivent se présenter comme les filons hydrothermaux des métallogénistes, c'est-à-dire comme une fonction des seules solubilités elles-mêmes fonction de la température ?

Théoriquement, on peut penser que non, car il semble bien à priori improbable que tout le volume de roche vomé par un volcan spilitique arrive en surface (ou dans la mer) sous la seule forme d'une solution aqueuse. Il paraît au contraire bien plus plausible que ce matériau contienne deux fractions non miscibles : le magma basaltique d'une part et la solution d'autre part, cette dernière cependant très mobile et susceptible de provoquer en tous les points de l'autre des transformations hydrothermales.

Nous croyons en voir la preuve dans le fait déjà relaté plus haut, qu'on ne trouve généralement ni pyroxènes ni feldspaths basiques dans les roches spilitiques, mais toujours un feldspath très albi-

tique. Si l'évolution de la roche n'était pas influencée par un agent hydrothermal présent en tous points, on devrait bien trouver sur quelques-uns la matérialisation d'une évolution basaltique normale, c'est-à-dire la présence effective en ces points d'olivine, de pyroxènes et de labrador.

Or, de même qu'on ne trouve ni pyroxènes ni labrador, on constate que l'olivine est toujours pseudomorphosée en chlorite ou en iddingite, ce qui montre bien l'action précoce et générale de l'agent hydrothermal.

Cependant, la meilleure manière de savoir ce qui s'est réellement produit dans les cheminées spilitiques reste encore de les observer. Sur ce point, les gisements du Pelvoux présentent ce gros avantage que les coulées affleurant souvent à bonne altitude au-dessus de nombreuses vallées, on dispose, pour la recherche des cheminées, de très larges surfaces hercyniennes dont le développement vertical notamment n'a probablement pas d'équivalent en d'autres régions de France.

Lorsqu'on échantillonne ainsi tout ce que ces larges flancs de la vallée contiennent de filonien, on est frappé de constater ensuite sous le microscope que les matériaux récoltés sont souvent plus proches d'un lamprophyre que d'un spilite, en ce sens que la présence de biotite y est souvent plus remarquable que celle de l'albite. En fait, nous n'avons jamais découvert à l'affleurement un passage continu entre un tel filon et une coulée spilitique, mais nous avons pu observer sur un filon particulièrement long et continu, une différence manifeste entre les échantillons prélevés en haut et les échantillons prélevés en bas.

Le filon que nous indiquons ici est situé sur l'Aiguille Fourchée, l'un des sommets de l'arête montagneuse qui sépare le Valgaudemar de la vallée du Drac de Champoléon. On y accède de préférence par cette dernière en prenant le sentier des lacs de Crupillouze et on trouve le filon au point de coordonnées $x = 909,4$, $y = 284,2$ de la feuille I.G.N. au 1/20 000^e Orcières, n° 2.

Ce filon a été décrit antérieurement [R. MICHEL et J. VERNET, 1956] comme une cheminée spilitique. En effet, les échantillons de sa partie sommitale (celle qui a sans doute la préférence des géologues alpinistes) ont la même constitution minéralogique que les coulées spilitiques du Trias dont il existe d'ailleurs un gisement tout près de là, au col de Lauplat. On observe notamment,

dans ces échantillons sommitaux, d'abondants microlites d'albite.

Mais la constitution observée n'est plus du tout la même dans les échantillons prélevés plus bas. Certaines lames minces montrent en particulier, outre des phénocristaux d'olivine pseudomorphes en quartz et iddingite, deux générations de feldspaths : de petits microlites d'oligoclase d'une part et de grands cristaux de labrador. A l'image de l'olivine, le labrador est assez peu stable, ce qui se traduit pour lui par une séricitisation intense. Enfin, si l'on échantillonne ce grand filon beaucoup plus bas encore, l'olivine y est presque méconnaissable, mais la disposition des autres minéraux rappelle cependant son existence préalable. Ces autres minéraux qui, en l'occurrence, sont souvent des biotites, s'avèrent en effet disposés de telle manière qu'ils ménagent entre eux des espaces polygonaux occupés par un matériau à grain très fin, riche en calcite et en séricite. Il est évident que si les rassemblements de calcite et séricite prennent des formes géométriques, ils ne le doivent pas à eux seuls, mais bien au fait qu'ils pseudomorphosent des minéraux préexistants. Et il est tentant de qualifier ces derniers d'olivine, puisque l'olivine se reconnaît sans aucun doute possible un peu plus haut dans le filon, et que les formes polygonales observées ici lui paraissent d'autant mieux convenir qu'au moment où les cristaux de biotite se sont déposés, ils ont été contraints de les respecter.

En résumé, nous avons observé dans cette cheminée, comme dans les coulées, l'omniprésence de l'olivine ; il semble bien, en outre, que cette olivine représente dans la partie basale de la cheminée une fraction volumétriquement plus importante que dans la partie sommitale ou que dans les coulées spilites du Trias.

Après la cristallisation de l'olivine, le labrador s'est quelquefois formé en cristaux de grande taille (comme d'ailleurs l'olivine). Par conséquent, la roche à laquelle aurait abouti cette évolution, sans rencontrer d'eau, eût été vraisemblablement une périclase ou un gabbro. S'il est fréquent de constater l'association en un même secteur de périclases, de gabbros et de spilites, c'est peut-être parce que le magma initial en est le même et qu'il ne conduit au faciès spilite que si son évolution se trouve modifiée en cours d'ascension par la traversée d'une poche d'eau.

Ce qui demeure en tout cas certain, puisqu'on le voit sur la cheminée de l'Aiguille Fourchée, c'est que l'eau qui est intervenue après la cristallisation de l'olivine, et même après celle du labrador, a affecté tous les cristaux d'olivine et tous les cristaux de labrador puisque aucun d'entre eux n'a pu conserver intactes et entières ses propriétés caractéristiques.

Cela paraît bien prouver pour cette eau une action à la fois précoce et généralisée plutôt que tardive et périphérique comme cela se produit — on le sait maintenant — quand du basalte s'épanche dans une mer qui ne change finalement rien à ses qualités de basalte, si ce n'est sur une zone tout à fait marginale.

Mais très probablement cette eau qui agit dès la profondeur, puisqu'elle agit précocement, agit cependant en chaque point en fonction des solutés qu'en ce point elle contient. Or, dans une cheminée volcanique, la pression et la température ne sont pas les mêmes au centre et aux épontes, pas les mêmes non plus en haut ou en bas. De sorte que la nature et la concentration des solutés peut varier d'un point à un autre et rendre compte de ce que l'action hydrothermale ne conduit pas en tous les points à des résultats parfaitement identiques.

En ce qui concerne par exemple la soude, Na_2O , étant donné qu'elle abonde dans les coulées spilites et qu'elle n'apparaît pratiquement plus dans les formations vertes et rouges, cela signifie, semble-t-il, qu'elle a presque entièrement précipité et ne se trouve donc plus sous forme de soluté lorsque, en fin d'émission, l'eau se dégage des coulées.

Au niveau même des coulées, la prolifération de l'albite implique une abondante précipitation de soude qui implique elle-même une abondance de soude en solution a priori, puis une diminution de la température, tout cela successivement et au même endroit. Mais, précisément, une coulée est pour une lave un stade final, où tout mouvement finit par s'arrêter. Si donc la température initiale en est élevée et permet à l'eau volcanique de contenir là beaucoup de soude, par refroidissement cette soude précipite, mais elle le fait au même endroit puisque la lave n'est déjà plus en mouvement.

Au niveau des cheminées volcaniques, les choses sont assez différentes puisque la majeure

partie de la lave ne fait en quelque sorte que passer. Si une portion déterminée de lave se trouve momentanément dans des conditions favorables à la formation d'une espèce minérale donnée, il est probable que pendant le temps matériel nécessaire à la réalisation de cette espèce, la lave se sera suffisamment déplacée vers le haut pour que les conditions primitives ne se trouvent plus requises dans cette nouvelle position.

Mais à la fin d'une émission, le magma cristallise dans la cheminée pratiquement sans se déplacer, de sorte que les paragénèses qu'on y observe peuvent rendre compte des conditions qui ont effectivement régné à cet endroit, lors de l'arrêt des éruptions.

Nous avons vu à ce propos que la cheminée de l'Aiguille Fourchée contient, dans sa partie basale, de la biotite et du labrador séricitisé, alors que la partie sommitale est principalement albitique. Certes les conditions de température et de pression ne sont probablement pas les mêmes en fin d'émission au sommet et à la base d'une cheminée, mais c'est nécessairement à travers l'eau qu'elles doivent jouer, faute de quoi elles devraient jouer tout autant sur une lave relativement pauvre en eau que riche en eau, c'est-à-dire tout autant sur les basaltes que les spilites.

Or on n'observe pas, croyons-nous, entre un point haut et un point bas d'une cheminée basal-

tique des différences de constitution minéralogiques et chimiques aussi marquées que pour les cheminées spilitiques.

Il paraît donc logique de rapporter ces différences à l'action de l'eau et, pour ce qui est en particulier des différences chimiques, de les rapporter plus précisément aux inégalités de solubilité dans l'eau.

Quoi qu'il en soit, un fait demeure d'ores et déjà établi : le faciès lamprophyrique peut fort bien apparaître dans une cheminée spilitique et ne passer au faciès proprement spilitique que dans la partie la plus élevée de la cheminée.

III. Conclusions.

Il est fort probable qu'on ne sera définitivement renseigné sur le mécanisme de la spilitisation que lorsqu'on aura pu ajouter aux observations de terrain un support expérimental. Sur ce point, notre intention est d'exposer, en autoclave, un mélange d'eau et de basalte aux différentes conditions de notre hypothèse.

Une hypothèse encore bien incomplète d'ailleurs, et que nous avons voulu soumettre à l'impression avant de la soumettre à l'autoclave, pour pouvoir, le cas échéant, la reforger à la lumière de la critique avant de mesurer plus précisément sa résistance à l'expérimentation.

IV. BIBLIOGRAPHIE

- BARBIER (R.) (1954). — L'âge des spilites du versant sud du Pic des Trois Evêchés près du col du Lautaret (Hautes-Alpes) (*C.R. Soc. Géol. Fr.*, p. 147).
- IYAMA (J.T.) (1961). — Etude préliminaire de la solubilité d'un basalte dans l'eau à haute température (*Bull. Soc. franç. Min. Crist.*, t. 84, n° 2, p. 187).
- MICHEL (R.) et VERNET (J.) (1956). — Une cheminée volcanique triasico-liasique en Dauphiné : l'Aiguille Fourchée, secteur sud du Pelvoux (Hautes-Alpes).
- TANE (J.-L.) (1963). — Sur la genèse des laves spilitiques du Massif du Pelvoux (*C.R. 88^e Congr. des Sociétés savantes*, Clermont-Ferrand, p. 191-199).
- VUAGNAT (M.) (1946). — Sur quelques diabases suisses, contributions à l'étude du problème des spilites et des pillow-lavas (*Bull. suisse Min. Pétr.*, t. 26, p. 116-298).

Laboratoire de Géologie,
Minéralogie et Pétrographie
de la Faculté des Sciences de Grenoble
(Laboratoire de Géologie alpine associé au C.N.R.S.)

Manuscrit déposé le 30 mars 1967.