

Variolites et spilites : comparaison entre quelques pillow lavas britanniques et alpines

Autor(en): **Vuagnat, Marc**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences [1948-1980]**

Band (Jahr): **2 (1949)**

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-739737>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

VARIOLITES ET SPILITES

Comparaison entre quelques pillow lavas
britanniques et alpines ¹.

PAR

Marc VUAGNAT

(Avec 1 fig. et 1 planche)

I. INTRODUCTION.

Il est peu de roches aussi particulières que les spilites. En effet elles se situent à la limite des principaux groupes pétrographiques; essentiellement magmatiques, elles participent cependant à la nature des gîtes hydrothermaux du fait de leur basse température de cristallisation; à la nature des roches métamorphiques par leur liaison fréquente à des séries géosynclinales qui n'ont pu échapper complètement au métamorphisme régional; à la nature des roches sédimentaires enfin par leur mélange souvent intime avec les dépôts encore fluides tapissant le fond des mers où elles se sont épanchées. Il ne faut donc pas s'étonner si maintenant encore le vocable de spilite, rejeté par d'aucuns, ne correspond qu'à une réalité assez confuse; la ou plutôt les notions qu'il veut exprimer ont en effet passablement évolué depuis sa création et tout indique qu'elles n'ont pas encore atteint un état d'équilibre.

En 1890, Cole et Grégory établissaient dans une étude assez complète [2] l'analogie entre les roches vertes alpines du Mont-

¹ Cette note a fait l'objet d'un exposé à la XVIII^e session du Congrès géologique international à Londres en 1948.

Genèvre (Dauphiné) et les pillow lavas spilitiques des séries géosynclinales faisant partie des vieilles chaînes de la Grande-Bretagne. Il nous a paru intéressant de reprendre la comparaison, mais cette fois en sens inverse, maintenant qu'une série de travaux récents [5, 9, 10, 11] ont révélé la fréquence et les particularités des pillow lavas et des spilites dans les Alpes. Nous nous sommes donc adressé aux roches britanniques comme à une collection de référence dans le but d'éprouver certaines hypothèses et d'approfondir nos connaissances encore bien incomplètes sur les correspondances existant entre la composition chimique et minéralogique d'une part, et les structures (pillows, varioles, etc.) de l'autre. Aller d'une région mieux connue à une région moins bien connue, puis revenir au point de départ enrichi des résultats de cette première confrontation et des techniques nouvelles qu'entre temps la science a mis à notre disposition, tel nous semble être le mouvement de dialectique comparative nécessaire à l'édification de toute synthèse pétrographique durable.

II. SPILITES ET PILLOW LAVAS ALPINES.

Des travaux récents et des observations personnelles encore inédites laissent entrevoir qu'il existe dans les Alpes au moins deux séries de roches possédant des caractères spilitiques.

La première série se rencontre dans la couverture des massifs hercyniens externes (principalement Aar et Pelvoux). Elle comprend les mélaphyres et porphyrites du Verrucano glaronnais et grison, d'âge probablement permien, et les spilites de la région du Pelvoux, d'âge triasique tardif et peut-être liasique inférieur. Ces laves forment généralement des nappes d'épaisseur modérée intercalée dans des sédiments détritiques ou carbonatés de nature continentale ou épicontinentale. Suivant les cas elles ont un caractère volcanique ou subvolcanique.

La composition de ces roches est nettement spilitique : grande pauvreté en chaux, richesse en soude ; prédominance de l'albite, de la chlorite, parfois du carbonate et de l'hématite. Elles peuvent être accompagnées de roches moins spéciales, plus

riches en chaux et, dans certains cas (Verrucano) de quartz-porphyrès. On n'a jusqu'à présent signalé ni coussins, ni structures variolitiques ou arborescentes, bien que certaines variétés albito-chloritiques possèdent des structures foliacées assez curieuses.

En l'absence d'étude plus poussée, il est difficile de dire, pour le moment, si ces spilites représentent les premières manifestations de l'activité magmatique alpine ou, comme quelques indices le suggèrent plutôt, les derniers soubresauts de l'activité hercynienne.

La seconde série se trouve dans cette partie des ophiolites qui a échappé au métamorphisme dans une mesure suffisante pour permettre de reconnaître la nature primaire du matériel: diabases du Pennique supérieur et de diverses zones peut-être déjà austro-alpines (Aroserschuppenzone, nappes préalpines supérieures). Nous savons maintenant que beaucoup de ces ophiolites sont des coulées de pillow lavas intercalées dans des sédiments géosynclinaux: schistes gréseux et surtout calc-schistes accompagnés de cherts et de radiolarites. A côté de roches ultrabasiqes (serpentes) ou basiqes normales (gabbros, diabases ordinaires), il existe un cortège de roches de plus en plus spilitiqes aboutissant à des termes où la richesse en soude et la pauvreté en chaux sont frappantes. Au reste nous avons décrit ailleurs [10] les principales variétés intermédiaires qui permettent de passer graduellement des diabases augitiques saussuritisées aux diabases albito-chloritiques, albito-hématitiques ou albito-carbonatées. Cette série ne contient pas de termes acides.

Nous allons brièvement rappeler les variations caractéristiques existant entre le centre et le bord des coussins¹. Le centre de l'édifice est généralement une diabase intersertale ou intersertale divergente (pl. II, fig. *b*); au fur et à mesure que l'on s'en éloigne la taille du grain diminue, les feldspaths prennent un habitus plus acidulaire, forment des arborescences et on aboutit à une roche sphérolitique fibroradiée extrêmement

¹ Nous employons indifféremment les termes de coussin ou de pillow pour désigner la même structure.

riche en albite (pl. II, fig. *d*). Sur le pourtour des coussins, faisant suite à la roche précédente, on observe fréquemment une marge variolitique; une substance chloritique pénètre entre les sphérolites auparavant contigus et finit par les isoler complètement (pl. II, fig. *f*); la densité des varioles diminue progressivement lorsqu'on pénètre plus avant dans la masse qui remplit les interstices situés entre les pillows. Ces modifications ont tendance à être plus accentuées dans les grands que dans les petits coussins; elles semblent aussi plus nettes dans les variétés franchement spilitiques et paraissent relativement rares dans les diabases très calciques.

Remarquons que les structures sont d'autant plus belles, les minéraux d'autant plus frais que le caractère spilitique de la roche est plus marqué. Si paradoxal que cela puisse paraître, ce sont donc précisément les roches les plus riches en minéraux considérés d'habitude comme secondaires (albite, chlorite, carbonate, hématite) qui sont les plus fraîches. Au reste des observations complémentaires tendent à démontrer qu'une grande partie de l'albite, de la chlorite, de l'hématite et même du carbonate est d'origine primaire.

Par leurs deux séries de roches spilitiques les Alpes nous apprennent qu'un magma peut acquérir une composition spilitique dans des conditions générales assez différentes. Les phénomènes de convergence sont sans doute beaucoup plus communs en pétrogénèse qu'on ne le soupçonne généralement et nous devons nous méfier de la tendance à ramener des effets semblables à une cause unique.

III. PILLOW LAVAS SPILITIQUES DU COMPLEXE DE MONA.

Il est très probable que des spilites comparables aux spilites alpines de la première série ne font pas défaut dans les Iles britanniques, on pourrait penser ici à certaines laves du Carbonifère décrites par H. C. Sargent [8] ou à certaines laves de l'Old Red Sandstone d'Ecosse. Au cours de l'enquête comparative que nous avons menée en Ecosse, au Pays de Galles et

en Angleterre, nous nous sommes cependant concentré sur les gisements classiques de pillow lavas. Ces roches appartiennent, comme on le sait, à des étages fort différents: Complexe de Mona du Pays de Galles (Précambrien assez ancien), Dalradien des côtes de l'Argyll, Ordovicien du géosynclinal calédonien d'Ecosse particulièrement bien développé dans la région de Ballantrae (Ayrshire), Carbonifère ou Dévonien supérieur du Devon du Sud et de la Cornouailles, Tertiaire enfin dans l'île de Mull. Les pillows de l'île de Mull ont ceci de particulièrement intéressant qu'ils ne font pas partie d'une série géosynclinale mais bien des puissantes nappes de basaltes continentaux qui se sont localement épanchées dans des lacs [1].

Nous ne pouvons naturellement déjà donner les résultats finaux de cette enquête, de longs mois d'étude sont encore nécessaires pour cela. Toutefois nous voudrions relever un point d'intérêt général: tandis que nous avons très souvent rencontré des pillows qui, soit par leur forme, soit par la manière dont ils s'empilaient les uns sur les autres, rappelaient à s'y méprendre les pillows alpins, par contre, sauf dans un cas, nous n'avons pas rencontré de structures nettement variolitiques sur le pourtour de ces coussins. Certains auteurs avaient déjà signalé la rareté de ces structures dans les Iles britanniques [7, p. 165], mais une nomenclature ambiguë prêtait à confusion. Bien des pétrographes de langue anglaise emploient en effet le terme de variolitique pour désigner des structures arborescentes ou sphérolitiques fibroradiées, c'est-à-dire des structures où l'on soupçonne certes des formes globulaires, mais où il n'y a pas encore séparation de varioles feldspathiques par une matrice ultrabasique. L'exception annoncée ci-dessus concerne les pillows du Complexe de Mona qui présentent de belles variolites; nous allons examiner ces roches un peu plus longuement dans le but de mieux faire ressortir les analogies qui les apparentent aux ophiolites spilitiques des Alpes.

Le Complexe de Mona est constitué par une série étonnamment variée de roches sédimentaires, éruptives et métamorphiques affleurant dans le Nord du Pays de Galles, soit dans l'île d'Anglesey, soit dans la péninsule de Lleyn. Cette série, certainement précambrienne, peut-être même l'équivalent du

Lewisien d'Ecosse [4, p. 240], représente les restes d'une très vieille chaîne de montagnes fort semblable à la chaîne alpine. Le degré de métamorphisme variable dont témoignent ces roches paraît, comme dans les Alpes, être sous la dépendance directe de la tectonique. Il est pratiquement nul dans certaines zones et les structures primaires sont alors intactes.

A l'intérieur du Complexe, les pillow lavas se répartissent en deux groupes appartenant à deux étages différents, le groupe des couches de New Harbour et celui des couches de Gwna. Nous nous limiterons à l'examen des laves de ce dernier groupe, plus importantes et mieux conservées. Les couches de Gwna sont une puissante série compréhensive qui s'est sans doute déposée près des bords d'un géosynclinal en voie de comblement. Les sédiments essentiellement détritiques qui la constituent rappellent le Flysch du Pennique supérieur ou celui des nappes préalpines de la Brèche et de la Simme. Les coulées en coussins ont été autrefois l'objet d'étude d'ensemble remarquables, tant dans l'île d'Anglesey [3] que dans la presqu'île de Lleyn [7].

L'examen de ces roches volcaniques nous convainc rapidement, déjà sur le terrain, que des variations importantes et rapides de leur constitution et de leurs structures sont un de leurs caractères essentiels. Laissant de côté les effets du métamorphisme régional, nous voyons que la principale variation conduit de roches relativement riches en chaux, à augite, épidote et plagioclase altéré à des roches de plus en plus pauvres en chaux où l'albite fraîche, la chlorite, l'hématite, les carbonates remplacent progressivement les minéraux précédents. Il est évident que cette variation traduit une tendance de la lave à devenir de plus en plus spilitique; au reste cette évolution semble aboutir à diverses variantes: spilites albito-chloritiques à carbonate, spilites albito-hématitiques, etc. Ces termes extrêmes paraissent présenter leur développement maximum dans la péninsule de Lleyn.

Cette évolution vers des spilites très pauvres en chaux est précisément un des traits caractéristiques des ophiolites alpines. Pour les variétés calciques on pourra comparer la spilite E 9895 (pl. I, analyse 1) décrite par E. Greenly [3] à la diabase du Piz-

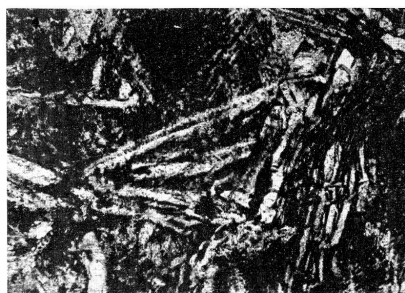


Fig. a.

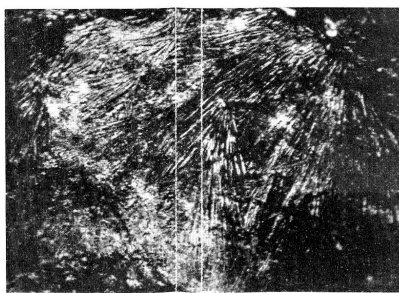


Fig. c.

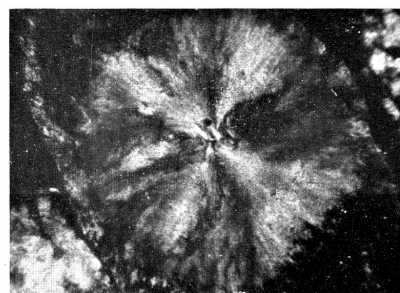


Fig. e.

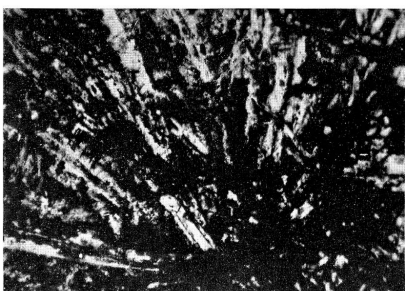


Fig. b.

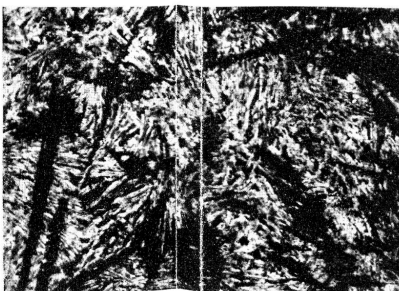


Fig. d.

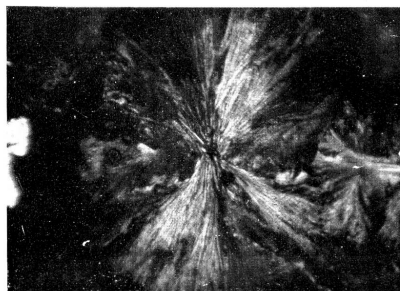


Fig. f.

Fig. a). — Diabase albité-hématitique intersertale divergente (centre de pillow), Porth Oer (Lley). Lum. nat. Gross.: 85 ×.

Fig. b). — Diabase albité-hématitique intersertale divergente (région intérieure de pillow), Hörnli d'Arosa (Grisons). Lum. nat. Gross.: 85 ×.

Fig. c). — Diabase albité-hématitique fibroradiée (bord de pillow), Porth Oer (Lley). Lum. nat. Gross.: 85 ×.

Fig. d). — Diabase albité-chloritique à hématite, fibroradiée (petit pillow), Hörnli d'Arosa (Grisons). Lum. nat. Gross.: 85 ×.

Fig. e). — Variole de variolite, Porth Oer (Lley). Nicols croisés Gross.: 60 ×.

Fig. f). — Variole de variolite, Les Fenils (Vaud). Nicols croisés Gross.: 60 ×.

Mondin (Basse-Engadine, Grisons) (pl. 1, analyse 5); leurs compositions chimiques sont presque identiques. De même certaines variétés albito-hématitiques très spilitiques de Porth Oer (Lleyn) doivent posséder une composition très proche de celle de la diabase de Tarasp (Basse-Engadine, Grisons) [10, p. 195]. Malheureusement les deux analyses données par C.-A. Raisin [7, p. 148] sont trop incomplètes pour que l'on ose pousser cette comparaison.

A côté de la variation plus générale dont nous venons de parler, on observe des variations locales, très circonscrites et extrêmement rapides, liées aux pillows. Ces modifications affectent non seulement la structure, mais encore la composition chimique et minéralogique de la lave; susceptibles de présenter certaines variantes, elles n'en révèlent pas moins des analogies suffisantes pour que l'on puisse dégager certaines règles générales. Toutefois, il nous paraît intéressant de donner auparavant, à titre d'exemple, les résultats sommaires d'une étude assez fouillée faite sur un pillow typique récolté dans les dunes de Newborough (Anglesey). Nous avons disposé pour cette étude de plusieurs plaques minces, de trois analyses chimiques et de trois analyses radiocristallographiques. Il s'agit d'un coussin d'assez grande taille (diamètre supérieur à 50 cm), de couleur verte.

La partie centrale de l'édifice est une diabase intersertale ou intersertale divergente. Un plagioclase acide (albite très probable) farci de poussières constitue la trame; l'augite en position interstitielle est accompagnée de chlorite; des granules de sphène-leucoxène gris-beige sont disséminés un peu partout. On rencontre plus rarement des grains d'épidote et de pyrite. La taille maxima des prismes feldspathiques oscille autour de $0,1 \times 0,4$ mm. Les lignes du diagramme de poudre (procédé Debye-Scherrer) correspondent à celles de l'albite, de l'augite et de la chlorite. L'analyse chimique révèle une composition encore peu spilitique avec CaO assez abondant (pl. I, analyse 2), nous la comparerons soit à la diabase augitique de l'Alp Champatsch (Basse-Engadine, Grisons) (pl. I, analyse 6), bien que cette dernière soit un peu moins acide, soit à la diabase du Piz-Mondin (pl. I, analyse 5).

Une plaque assez mince passant à travers la partie marginale du coussin montre une diabase à grain très fin et à structure diffuse légèrement subporphyrique. Des microlithes allongés, de taille variable, forment une trame lâche intersertale divergente. Ces cristaux complètement criblés d'inclusions (principalement chlorite) sont du plagioclase acide. Les mailles de la trame sont occupées par des agrégats très fins indéterminables et par des houppes fibroradiées, peut-être constituées par des fibres d'amphibole. On note encore d'innombrables granules beiges semi-opaques de sphène-leucoxène. La taille des microlites de plagioclase atteint rarement $0,02 \times 0,25$ mm; la longueur des fibres constituant les houppes fibroradiées est de l'ordre de 0,03 mm, leur largeur est submicroscopique. Le diagramme de poudre permet de confirmer et de préciser cette diagnose. On y reconnaît les lignes très nombreuses d'un plagioclase acide, celles plus rares de la chlorite et de l'actinote, deux ou trois lignes enfin sembleraient indiquer la présence d'augite en quantité peu importante, tandis que dans la partie centrale ce minéral était relativement abondant.

L'analyse chimique révèle des variations encore modérées mais assez nettes: faible augmentation de la silice et des alcalis, diminution marquée de la chaux; dans le diagramme Q-M-L (fig. 1) cette roche est plus loin du sommet M que la partie centrale. On observe une tendance analogue dans le bord du pillow de l'Alp Champatsch (pl. I, analyses 3 et 7).

La matrice, une substance schisteuse vert foncé, se présente sous le microscope comme une masse de fond vert pâle, presque isotrope (teintes bleues de dispersion), où sont disséminés de nombreux amas réniformes ou vermiculés constitués par des cristaux submicroscopiques de sphène-leucoxène. Le radiogramme de poudre révèle la plupart des lignes d'une chlorite s'apparentant à certaines ripidolites; de rares lignes s'expliquent par le sphène; de ce fait ce diagramme est presque complètement superposable à celui des matrices de variolites alpines. Le caractère ultrabasique, la pauvreté en chaux et surtout en alcalis, l'étonnante richesse en alumine et en eau, confirment la nature chloritique de cette matrice. Bien que plus pauvre en titane et moins potassique (rapport k !) elle est comparable

à la matrice du pillow de l'Alp-Champatsch (pl. I, analyses 4 et 8); tout comme cette roche elle se situe près du sommet M du triangle Q-M-L (fig. 1).

D'assez nombreuses observations, tant sur le terrain que sous microscope, permettent de dire que dans un grand nombre de

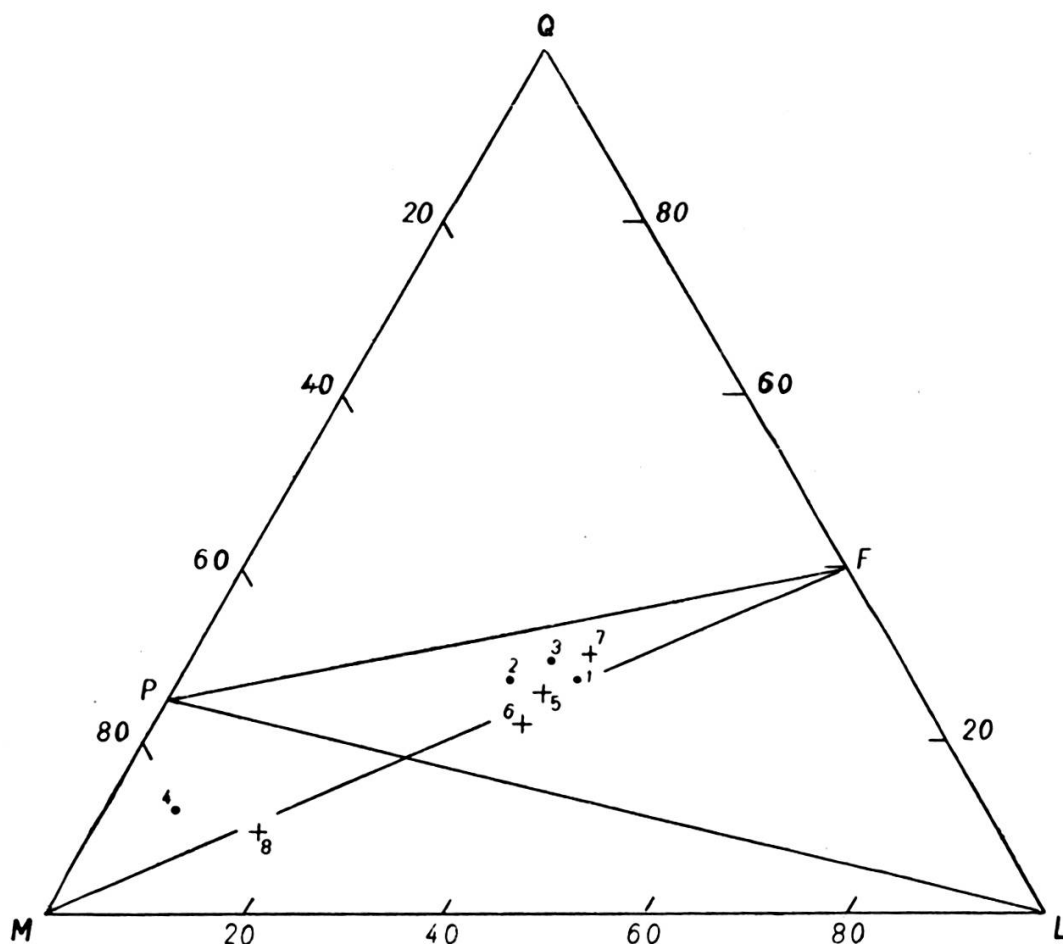


Fig. 1.

Diagramme Q-M-L.

Les croix représentent les roches alpines, les ronds noirs
les roches du Complexe de Mona.

cas les variations présentées par les pillows des couches de Gwna paraissent obéir aux règles générales suivantes :

Variation structurale. — On observe une triple modification de la structure lorsqu'on passe du centre au bord de ce que nous appellerons la partie principale du coussin, par opposition à

son enveloppe ou matrice. La taille du grain diminue considérablement, les cristaux de plagioclase (éventuellement d'augite) s'allongent: les prismes devenant aiguilles, puis fibres; la disposition de ces individus varie: la trame intersertale ou intersertale divergente au centre (pl. II, fig. *a*) devenant peu à peu arborescente, puis, dans certains cas, sphérolitique fibroradiée (pl. II, fig. *c*). Une structure plus ou moins porphyrique peut du reste se surimposer à ces structures particulières. La matrice du pillow présente une structure désordonnée, généralement un peu schisteuse, et souvent chorismatique [6, p. 109]. En se fondant sur les rapports existant entre la matrice et la partie principale il est possible de distinguer deux sorte de pillows: les uns non variolitiques, les autres variolitiques. Dans les premiers (dont fait partie le coussin décrit ci-dessus en détail) il y a limite tranchée ou tout au moins passage brusque d'une partie à l'autre. Dans les seconds, par contre, la matrice s'insinue entre les sphérolites formant la marge de la partie principale et les isole: la surstructure variolitique apparaît [10, p. 165]; vers l'extérieur la matrice se développe au dépens des varioles qui se raréfient. Ce faciès bordier variolitique, particulièrement bien représenté dans la péninsule de Lleyrn (pl. II, fig. *e*), rappelle en tout point celui des pillows variolitiques alpins. Remarquons que ces variations structurales prennent d'autant plus d'ampleur que le coussin est plus gros, elles paraissent souvent plus marquées dans les variétés franchement spilitiques.

Variation minéralogique. — Dans la partie principale de l'édifice les variations d'ordre minéralogique sont moins frappantes que celles affectant la structure. On observe néanmoins une augmentation de la proportion de plagioclase et parfois l'apparition d'actinote remplaçant l'augite de certaines variétés augitiques. La matrice, rarement homogène, est en général radicalement différente de la partie principale: ce n'est plus une spilite ou une diabase, mais une substance chloritique presque isotrope englobant des grains de sphène-leucoxène. Fréquemment d'autres minéraux épithermaux tels que quartz, épidote, carbonate, hématite s'associent à la chlorite et deviennent parfois tout à fait prépondérants. Plus rarement

enfin, il y a eu adjonction de matériel sédimentaire. Notons que les varioles peuvent à leur tour présenter des variations concentriques qui se superposent à leur structure radiée typique: le cœur de certaines d'entre elles est parfois plus riche en hématite que leur périphérie.

Variations chimiques. — Dans la partie principale, les zones externes, un peu plus leucocrates que la région centrale, paraissent aussi plus riches en alcali et plus pauvres en chaux. Au reste l'ampleur de cette variation dépend sans doute passablement de la composition globale du pillow. L'opposition entre la partie principale et la matrice est naturellement très grande; cette dernière, pour autant qu'il s'agit de la substance chloritique, est ultrabasique, ultraféminique, très riche en alumine et en eau de constitution; les alcalis font presque défaut.

Ainsi un examen attentif de ces coussins révèle une opposition frappante entre une partie principale où les variations, du centre vers le bord, sont graduelles et principalement d'ordre structural, et une matrice externe de constitution tout autre. Entre ces deux parties il peut exister une zone vario-litique. Il faut bien noter, que tout comme dans les pillows alpins les plus caractéristiques, c'est le centre de l'édifice qui possède une constitution chimique intermédiaire entre le bord et la matrice (voir notamment fig. 1).

IV. CONCLUSIONS.

En résumant ce cours travail de confrontation, nous désirons insister sur quelques conclusions d'ordre pétrographique et géologique.

1° Les observations sur le terrain, les analyses microscopiques, chimiques et radiocristallographiques montrent que par leurs formes, leurs structures, leurs minéraux et leurs compositions chimiques, les pillows spilitiques du complexe de Mona sont très proches de ceux des Alpes (spilites de la seconde série, cf. § 2). L'examen des quelques photos, diagrammes et

résultats d'analyse accompagnant cette note, ainsi que la lecture des publications où nous avons décrit les diabases alpines, seront plus convaincantes que de longues phrases.

2° Les idées générales auxquelles nous avaient conduit l'étude des diabases alpines [10] se confirment. On reconnaît notamment l'existence de deux sortes de variations: une *évolution* vers des roches de plus en plus spilitiques, non seulement plus riches en soude et plus pauvres en chaux que les diabases ou basaltes communs, mais encore caractérisés par une association de minéraux épithermaux en grande partie primaire; une *scission* du magma en deux parties dont l'une a donné la partie principale du coussin, relativement feldspathique, et l'autre la matrice chloriteuse ultrabasique. Cette scission a sans doute été favorisée par des causes « internes » (composition spilitique de la lave) et par des causes « externes » (consolidation dans un milieu très humide); elle atteint son expression la plus caractéristique dans les coussins variolitiques.

3° Certaines spilites du Complexe (dunes de Newborough, Porth Oer) sont aussi bien conservées que les moins métamorphiques des diabases alpines. Cela nous montre à quel point l'action du métamorphisme est capricieuse et permet de se rendre compte que l'activité magmatique dans la chaîne monienne au Précambrien ancien était déjà identique à l'activité magmatique alpine de la fin du Mésozoïque.

4° Comme les spilites alpines, celles du Complexe de Mona accompagnent une série géosynclinale. Il est intéressant de relever que de toutes les chaînes anciennes dont les restes forment l'infrastructure des Îles britanniques, c'est, peut-être, la chaîne monienne qui par son style tectonique (grands plis couchés charriés sur des distances dépassant 50 km), ressemble le plus à la partie pennique des Alpes.

Je désire remercier ici M. le professeur J. Jakob qui a bien voulu me faire les trois analyses chimiques du pillow des dunes de Newborough et M. le professeur E. Brandenberger auquel je dois les diagrammes radiocristallographiques.

TABLEAU I.

Composition chimique, paramètres de Niggli et base.

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	47,45	48,38	50,40	30,24	49,58	45,22	51,14	29,46
TiO ₂	—	1,21	1,55	0,58	1,54	1,96	2,15	3,01
Al ₂ O ₃	17,54	12,73	14,16	16,83	13,84	14,38	15,88	16,95
Fe ₂ O ₃	2,04	3,17	1,63	3,95	6,21	6,75	2,39	5,23
FeO	7,44	6,52	8,54	18,72	3,56	5,00	5,15	15,53
MnO	—	0,17	0,16	0,28	—	—	0,09	0,10
MgO	6,72	7,96	8,58	16,73	6,74	6,58	6,02	16,08
CaO	10,96	9,48	5,90	1,92	10,59	11,13	9,16	2,97
Na ₂ O	3,93	3,92	4,28	0,27	4,40	4,43	4,50	0,84
K ₂ O	traces	0,08	0,16	0,02	0,92	0,63	0,62	0,51
H ₂ O	2,67	6,14	4,49	10,18	2,77	1,92	3,01	9,64
H ₂ O	0,23	0,16	0,13	0,27	0,01	0,25	0,12	0,11
P ₂ O ₅	—	0,15	0,00	0,11	—	—	0,26	traces
CO ₂	0,55	0,00	0,00	0,08	—	1,78	0,00	0,00
Total	99,53	100,07	99,98	100,18	100,16	100,03	100,49	100,43
si	109	117	126	54	118	103	131	53
al	23,5	18,0	20,5	18,0	19,5	19,0	24,0	18,0
fm	41,0	48,0	53,0	78,0	42,0	43,5	39,0	74,0
c	26,5	24,5	16,0	3,5	27,0	27,0	25,0	6,0
alk	9,0	9,5	10,5	0,5	11,5	10,5	12,0	2,0
ti	—	2,2	3,0	1,0	2,8	3,5	4,1	4,0
h ₂ O	20,0	49,5	37,5	60,5	22,0	14,5	26,0	58,0
k	0,00	0,02	0,02	0,05	0,12	0,08	0,08	0,28
mg	0,56	0,60	0,60	0,58	0,57	0,52	0,59	0,59
Q	27,0	27,0	29,0	12,1	25,6	21,9	30,0	9,8
Kp	—	0,4	0,5	0,1	3,4	2,2	2,2	2,0
Ne	21,6	22,4	23,9	1,7	24,2	24,2	24,6	5,0
Cal	18,4	10,7	11,8	5,4	9,4	10,6	13,1	9,7
Sp	—	—	—	24,4	—	—	—	17,4
Cs	6,5	9,3	3,2	—	11,2	8,1	6,8	—
Fs	2,2	3,5	1,7	4,6	6,6	7,2	2,5	5,9
Fa	8,8	8,2	10,5	24,5	4,3	5,9	12,7	19,9
Fo	14,2	17,4	18,4	26,3	14,3	13,9	6,2	27,9
Ru	—	0,9	1,1	0,4	1,1	1,4	1,5	2,3
Cp	—	0,3	—	0,3	—	—	0,6	—
Cc	1,3	—	—	0,2	—	4,5	—	—
Total	100,0	100,1	100,1	100,0	100,1	99,9	100,2	99,9

TABLEAU I (suite).

	1	2	3	4	5	6	7	8
Q	27,0	27,0	29,0	12,1	25,6	21,9	30,0	9,8
L	40,0	33,5	36,2	7,2	37,0	37,0	39,9	16,7
M	33,0	39,6	34,9	80,7	37,5	41,0	30,3	73,4
μ	0,46	0,32	0,33	0,75	0,25	0,29	0,33	0,58
γ	0,20	0,24	0,09	0,00	0,31	0,23	0,26	0,00

1. Spilite, dunes de Newborough (Anglesey), voir [3, p. 74]. Analyste J. O. Hughes.
2. Centre de pillow, dunes de Newborough. Analyste: J. Jakob.
3. Bord de pillow, dunes de Newborough. Analyste: J. Jakob.
4. Matrice de pillow, dunes de Newborough. Analyste: J. Jakob.
5. Diabase, Piz Mondin (Basse-Engadine, Grisons). Analyste: L. Hezner.
6. Diabase comparable à celle formant la partie centrale de pillow, Sudriff de l'Alp Champatsch (Basse-Engadine, Grisons). Analyste: L. Hezner.
7. Bord de pillow, Sudriff de l'Alp Champatsch. Analyste: M. Vuagnat.
8. Matrice de pillow, Sudriff de l'Alp Champatsch. Analyste: M. Vuagnat.

En ce qui concerne la calcul de la base selon Niggli, on pourra s'en référer à l'aperçu que nous en donnons ailleurs [10, p. 185].

BIBLIOGRAPHIE

1. BAILEY, E. B. et collaborateurs, « The Tertiary and Post-Tertiary geology of Mull, Loch Aline and Oban », *Memoir Geological Survey, Great Britain*, 1924.
2. COLE, G. and J. W. GREGORY, « The variolitic rocks of Mont Genève », *Quart. Jour. Geol. Soc. London*, 46, 295, 1890.
3. GREENLY, E., « The geology of Anglesey », *Memoir Geological Survey, Great Britain*, 1919.
4. — « The Monio-Cambrian interval », *Geol. Mag.*, 83, 237, 1946.
5. NIGGLI, E., « Das westliche Tavetscher Zwischenmassiv und der angrenzende Nordrand des Gotthardmassivs », *Bull. suisse Minér. et Pétr.*, 24, 58, 1944.
6. NIGGLI, P., *Gesteine und Minerallagerstätten*, Bd. I: « Allgemeine Lehre von den Gesteinen und Minerallagerstätten », Birkhäuser, Basel, 1948.
7. RAISIN, C. A., « Variolite of the Lleyn and associated volcanic rocks », *Quart. Jour. Geol. Soc.*, London, 49, 145, 1893.
8. SARGENT, H. C., « On a spilitic facies of Lower Carboniferous Lava-Flows in Derbyshire », *Quart. Jour. Geol. Soc. London*, 73, 11, 1917.
9. SCHROEDER, W. J., « La Brèche du Chablais entre Giffre et Drance et les roches éruptives des Gêts », *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, 58, 77, 1939.
10. VUAGNAT, M., « Sur quelques diabases suisses. Contribution à l'étude du problème des spilites et des pillow lavas », *Bull. suisse Minér. et Pétr.*, 26, 116, 1946.
11. VUAGNAT, M., « Sur le caractère spilitique des mélaphyres de la région du Pelvoux », *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève*, 64, 43, 1947.