

MARC VUAGNAT

## LES BASALTES EN COUSSINS D'ACI CASTELLO ET DU VAL DI NOTO

La présente note s'inscrit dans une enquête comparative dont le but est une meilleure connaissance des laves en coussins, les pillow lavas des auteurs de langue anglaise, de leur structure, de leur composition, du mécanisme de leur formation et de leurs relations avec les spilites et kératophyres.

Les roches dont il va être question sont le résultat d'épanchements subaquatiques qui ont eu lieu aux alentours de la fin du Pliocène. Nous nous sommes rendus à deux reprises en Sicile, afin de récolter du matériel; lors de la première de ces visites, le regretté Professeur Fr. Stella Starabba a eu l'amabilité de nous guider et nous désirons rendre hommage à sa mémoire.

Les environs de Palagonia sont caractérisés par une série de buttes basaltiques dont certaines tout au moins présentent un superbe débit en coussins. Le Professeur G. PONTE les a décrites il y a près d'un demi-siècle, dans un mémoire intéressant (4). Nous avons étudié l'une des plus accessibles de ces buttes, dénommée « Poggio Raffo ». La base en est constituée par un « tuf » palagonitique beige assez tendre pour que les coulées en coussins qui le surmontent forment, parfois, un surplomb.

Les coussins sont très bien formés (Fig. 1); leur taille, variant d'un ou deux décimètres à quelques mètres, est généralement comprise entre 50 cm et 150 cm. Leur forme est très caractéristique, rarement sphérique, elle évoque plutôt des sacs à demi-pleins, empilés les uns sur les autres. Il est très facile de reconnaître le haut et le bas primitifs des individus en s'aidant des critères morphologiques utilisés par les géologues anglo-saxons (6). La surface des coussins présente très fréquemment des craquelures polygonales dues, sans doute, au retrait de la croûte vitreuse lors du refroidissement (Fig. 2). Les édifices présentent

souvent une structure radiale prononcée; dans les plus gros spécimens, on observe même des colonnes radiales. Très souvent, les coussins se touchent directement; par endroits, on note toutefois la présence de marne dans les interstices.

Avant d'aborder la micrographie de ces roches, nous pensons qu'il est opportun de rappeler très brièvement les caractères principaux des

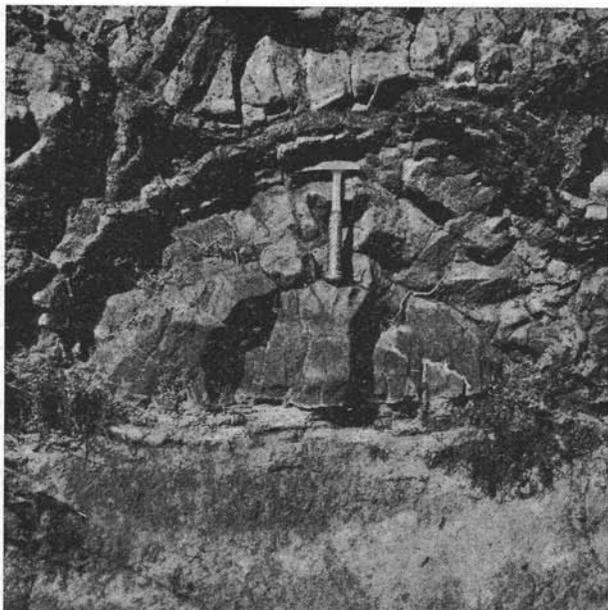


Fig. 1. — Coussin reposant sur « tuf » palagonitique. Base de la coulée du Poggio Raffa.

coussins alpins les plus typiques (5). Ces coussins, d'âge jurassique ou crétacé, présentent souvent un caractère spilitique plus ou moins prononcé. Ils révèlent une variation radiale de structure et de composition. Le centre possède une structure intersertale divergente, parfois presque intersertale dans les gros édifices, avec cristaux allongés d'albite et pyroxène ou chlorite interstitiels; les microlites d'albite deviennent de plus en plus minces au fur et à mesure qu'on se rapproche du bord, ils se disposent tout d'abord en gerbes et houppes (structure arbore-

scente), puis en sphérolites fibroradiés; en même temps, la proportion des minéraux ferromagnésiens diminue. Remarquons que le minéral important au point de vue structural, celui qui détermine la trame, est le feldspath. Au bord même, une substance chloriteuse s'introduit entre les sphérolites albitiques et la surstructure variolitique apparaît; les varioles deviennent de plus en plus rares dans la matrice es-



Fig. 2. — Surface vitreuse polygonale d'un coussin. Poggio Raffo.

sentiellement chloriteuse qui cimente les coussins et dont la composition est ultrabasique. Notons encore, qu'il ne faut pas confondre, cette erreur étant malheureusement assez répandue, les varioles: sphérolites fibroradiés contemporains de la cristallisation du coussin et les amygdales, vacuoles remplies plus ou moins tardivement par des minéraux secondaires. Les deux textures peuvent fort bien coexister. Il existe, même dans les coussins alpins, de nombreuses variations sur le thème que nous venons de décrire, par exemple, l'enveloppe variolitique peut

ne pas exister ou être très réduite; la matrice séparant les coussins peut être assez hétérogène (mélange de chlorite, calcite, hématite, quartz, etc.)

Si nous examinons au microscope un coussin du Poggio Raffa de taille déjà respectable (env. 150 cm de diamètre), le centre nous révèle une structure faiblement porphyrique: petits phénocristaux de plagioclase et beaucoup plus rarement d'olivine, pris dans une pâte arborescente constituée de gerbes de microlites très allongés. Ces gerbes sont soit mixtes: alternance de plagioclase et d'augite, soit principalement augitiques. On note encore qu'il existe de nombreux termes de passage entre les petits phénocristaux de plagioclase et les microlites allongés des gerbes (Fig. 1, Pl. I). Les vacuoles sont abondantes et la pâte souvent opacisée à leur voisinage. La taille du grain varie considérablement d'un point à l'autre de la plaque mince et les phénocristaux ont tendance à former des essaims.

A une vingtaine de cm du bord, la structure présente deux variantes observables dans la même plaque mince. Par place, des groupes rayonnants de microlites allongés de plagioclase avec, en position intersticielle, des grains encore bien discernables d'augite, des granules semi-opaques et un peu de substance chloriteuse. La majeure partie de la roche est cependant formée de sphérolites houppés d'augite (Fig. 2, Pl. I) en fibres extrêmement fines avec de délicats alignements de granules opaques soulignant la structure. Au fur et à mesure que l'on se rapproche du bord, les sphérolites houppés augitiques prennent plus d'importance, au détriment des microlites de plagioclase, ils s'individualisent de plus en plus; leurs limites réciproques sont plus nettes et coïncident parfois avec une vacuole, en outre, ils se chargent d'un pigment d'oxyde de fer qui fait passer leur couleur de gris à rouge-brun. A quelques mm de la croûte vitreuse, le teneur en oxyde de fer augmente brusquement (limite tranchée) tout d'abord dans la partie centrale des sphérolites, puis dans leur ensemble, au point que la roche devient quasi-opaque.

La croûte vitreuse, noire et luisante à l'oeil nu, peut avoir jusqu'à plusieurs cm d'épaisseur. Les sphérolites augitiques quasi-opaques s'y détachent les uns des autres, entourés d'un verre jaunâtre (Fig. 3, Pl. I); ils ont fréquemment comme centre un microlite fourchu de plagioclase et deviennent de plus en plus petits et rares vers l'extérieur, parfois il ne s'agit que d'une fourrure de fibres augitiques entourant un microlite (Fig. 4, Pl. I). On observe donc un début de texture variolitique. Le

verre lui-même est isotrope, craquelé, plus réfringent que le baume du Canada, mais moins réfringent que l'olivine. La structure est en outre vitrophyrique, les gros microlites de plagioclase forment des sortes de groupements lâches ou essaims, on soupçonne une orientation préférentielle parallèle au bord du pillow, mais ce caractère est très peu marqué; les olivines forment des amas plus serrés où les individus se touchent. Il n'existe ni vacuoles, ni amygdales dans la croûte vitreuse.

Etant donné la petitesse de la taille de la majorité des cristaux, il n'est pas toujours possible de déterminer très exactement leurs propriétés optiques. L'augite gris-brunâtre ne présente pas de caractères particuliers (angle d'extinction  $ng/c$   $44^\circ$ ), il ne semble pas que sa teneur en titane soit anormalement élevée. Le plagioclase est un labrador, souvent assez basique; quant à l'olivine, son angle des axes et sa biréfringence indiquent une teneur en fayalite de 15 à 20%.

Le « tuf » palagonitique a déjà fait l'objet de plusieurs études, en particulier d'investigations chimiques très intéressantes de H. S. Hoppe (2). Nous désirons simplement noter que ce tuf contient des morceaux de lave de forme souvent très curieuse qui sont en fait des fragments de coussins (même microstructure). D'autres observations, en Islande et dans les basaltes de la Snake-Columbia (Etats-Unis), nous ont convaincu que le matériel de la majorité des « tufs » palagonitiques provient de l'éclatement des coussins, que cet éclatement soit dû à la pression de la lave « gonflant » des coussins à enveloppe déjà trop rigide, comme le pense A. Rittmann, ou simplement au refroidissement extrêmement brusque de la lave entrant en contact avec l'eau et déterminant une sorte de granulation, ou encore à la pression exercée par les éléments volatils qui ne pouvaient s'échapper à travers la croûte déjà consolidée.

En ce qui concerne la composition chimique des laves de la région de Palagonia, nous disposons de deux analyses de G. PONTE, se rapportant à la partie interne et à la croûte vitreuse externe d'un coussin de la Collina di Serravalle. Il y a quelques années, J. JAKOB, alors Professeur à l'École Polytechnique Fédérale, a bien voulu nous faire deux analyses de la partie interne et de la croûte vitreuse d'un coussin de plus de 2 m de diamètre, provenant du Poggio Raffa. On trouvera ci-dessous les résultats pondéraux de ces quatre analyses et les paramètres de Niggli qui leur correspondent (Table I). Les paires d'analyses

TABLE I.

	I	II	III	IV
SiO <sub>2</sub>	47.18	47.16	50.87	52.74
TiO <sub>2</sub>	1.09	1.01	1.59	1.87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.21	15.05	12.79	13.16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.07	0.87	3.52	3.09
FeO	7.26	11.00	6.53	7.36
MnO	0.02	0.02	0.10	0.13
MgO	6.64	6.34	7.49	7.13
CaO	8.86	9.11	9.66	9.48
Na <sub>2</sub> O	7.61	7.73	2.90	2.76
K <sub>2</sub> O	1.41	1.32	0.12	0.17
H <sub>2</sub> O+	0.72	0.42	3.00	2.31
H <sub>2</sub> O—			1.32	0.04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.08	0.06	0.21	0.00
Total	100.14	100.09	100.10	100.24

<i>si</i>	103	102	127	132
<i>al</i>	19.5	19	19	19.5
<i>fm</i>	41.5	42	48.5	48
<i>c</i>	21	21	25.5	25.5
<i>alk</i>	18	18	7	7
<i>k</i>	.11	.10	.03	.04
<i>mg</i>	.52	.49	.58	.55

Anal. G. PONTE G. PONTE J. JAKOB J. JAKOB

I: Coussin basaltique, Collina di Serravalle (Palagonia). Partie interne. II: Ibidem. Masse vitreuse externe. III: Coussin basaltique, Poggio Raffo (Palagonia). Partie interne. II: Ibidem. Croûte vitreuse. Rem.: les chiffres des analyses de G. PONTE ont été réduits à deux décimales.

concordent en ce qu'elles n'indiquent pas de différence significative entre le centre et la croûte de l'édifice, tandis que cette différence est extrêmement nette dans les coussins spilitiques alpins : la matrice chloritique ayant un caractère ultrabasique prononcé. En revanche, les deux paires d'analyses présentent certains points de discordance, dont le principal est le pourcentage des alcalis. Tandis que le coussin du Poggio Raffo ne contient pas plus de soude que la moyenne des basaltes, celui de la Collina di Serravalle, malgré son caractère un peu plus basique, en contient autant, sinon plus que beaucoup de téphrites. De même la teneur en potasse, négligeable dans le premier coussin, devient notable dans le second. Il est toujours très difficile d'interpréter de telles discordances. Il n'est évidemment pas exclu que ces deux coulées voisines, soient en fait très différentes. On peut aussi envisager une erreur d'analyse, en effet la composition du coussin de Serravalle s'accorde mal avec le mode que lui attribue PONTE (labrador, olivine, base jaune). On voit que de nouvelles investigations seront nécessaires pour résoudre ces questions.

Les laves en coussins de la base de l'Etna affleurent dans la localité classique d'Aci Castello où elles constituent le soubassement du château ; il est aisé de les étudier au bord de la mer. Comme nous n'apportons pas de données chimiques nouvelles sur ces laves, nous serons assez bref. Remarquons qu'elles ont déjà fait l'objet des investigations de G. PLATANIA (3) au siècle dernier qui les considère comme le résultat d'une injection de lave dans des sédiments boueux. Plus près de nous F. BERNAUER (1) les a comparées aux basaltes en coussins d'Islande dans un article remarquable sur la genèse de ces formations.

L'affleurement montre qu'il s'agit d'un complexe de coulées en coussins et de « tufs » palagonitiques interstratifiés (au minimum deux couches de coussins et deux couches de « tuf »). L'ensemble est subvertical, comme l'avaient déjà noté les auteurs anciens, et même légèrement renversé ainsi qu'il ressort d'un examen critique du haut et du bas des coussins. La taille de ces édifices est très variable, les individus petits sont peu fréquents, les diamètres les plus courants oscillent autour du mètre, cependant des édifices atteignant plusieurs m. ne sont pas rares. Les coussins de taille moyenne se sont moulés les uns sur les autres et montrent admirablement bien où se trouvent leur base et leur sommet primitifs ; ceux de très grande taille ont en revanche tendance à affecter la forme de gros ballons. La majorité des individus présent-

tent une structure interne, les plus grands révèlent souvent des colonnes d'une largeur de 10 cm environ, orientées radialement. Un autre type de structure, rencontré dans les individus de taille modeste, est caractérisé par des diaclases concentriques, en « pelure d'oignon », assez serrées; enfin, on observe parfois une structure en bourrelets qui n'est peut-être qu'un développement de la structure colonnaire, l'altération attaquant plus rapidement le bord des colonnes que le centre. Les vacuoles et amygdales remplies de zéolites sont généralement très abondantes; elles s'ordonnent concentriquement en zones plus ou moins riches, leur densité est souvent maxima au centre du coussin où elles peuvent se réunir en une grosse cavité (« hollow pillow »). La partie la plus superficielle des coussins est formée par une croûte vitreuse noire qui est généralement plus mince que celle des coussins de Palagonia qui parfois semble faire défaut.

Tandis qu'au Poggio Raffo la matière située entre les coussins était quasi inexistante, il en va autrement à Aci Castello. Certes, on rencontre aussi des amas où les coussins se touchent, mais en de nombreux points les individus sont séparés par une marne blanc-jaunâtre à laquelle s'ajoutent fréquemment des zéolites et des morceaux de verre provenant de l'écaillage de la croûte externe. Cette même substance marneuse se retrouve parfois à l'intérieur du coussin, formant des sortes d'enclaves ou remplissant la cavité des « hollow pillow », elle pénètre même jusque dans les vacuoles. Il sied de noter que de tels phénomènes se rencontrent dans de nombreuses autres coulées en coussins en contact avec des sédiments, en particulier en Islande.

Comme au Poggio Raffo le « tuf » palagonitique apparaît très nettement comme le résultat de l'écaillage et de l'éclatement des coussins dont on retrouve des fragments (même microstructure) déchiquetés.

Sous le microscope, les coussins d'Aci Castello diffèrent notablement de ceux de Palagonia. La partie centrale des édifices est légèrement porphyrique: petits phénocristaux d'augite, d'olivine plus ou moins serpentinisée et, rarement, de plagioclase calcique. La pâte est intergranulaire, les microlites de plagioclase étant séparés par des granules d'augite et par de la substance chloriteuse; par places, on observe une tendance à la structure micro-ophitique (microlites de plagioclase moulés par des cristaux de pyroxène nettement plus grands). Les vacuoles sont extrêmement abondantes, petites, irrégulières et tapissées, parfois

même remplies, d'une substance chloriteuse. Il semble que le grain de la roche est d'autant plus fin que le diamètre du coussin est plus petit. Les variations en direction du bord ne sont pas très importantes : légère diminution de la taille des microlites, augmentation de la teneur en substance chloriteuse et en granules semi-opaques. Au bord même, la pâte est en grande partie une masse plus ou moins opaque, contenant de petits phénocristaux d'augite et d'olivine, des microlites de plagioclase, des granules d'augite et des vacuoles parfois remplies de zéolites. La croûte vitreuse est constituée d'un verre jaunâtre à fort indice de réfraction, contenant des cristaux d'augite et d'olivine et de nombreux petits microlites de plagioclase.

Ainsi les coussins d'Aci Castello ne présentent pas les structures arborescentes, sphérolitiques, variolitiques des coussins de Palagonia, l'augite y joue un rôle beaucoup moins important. Il serait intéressant de savoir si, à cette différence minéralogique, correspond une différence de composition chimique.

On observe, au-dessus du complexe des coussins et « tufs » palagonitiques, une coulée basaltique plus sombre ; il s'agit d'une lave étnéenne ancienne. Cette coulée présente, par places, un débit en colonnes ; on remarque, à la base de la coulée, des bourrelets et des sacs de teinte rousse, de 20 à 50 cm. de diamètre qui évoquent des coussins ; toutefois, cette formation qui n'a guère plus d'un m. d'épaisseur, diffère des vrais coussins par l'absence de toute substance entre les sacs, par l'aspect scoriacé de la lave et surtout par le manque de structure variant radialement, en particulier, l'absence de croûte vitreuse.

### **Conclusions.**

On aura remarqué que les coussins décrits ci-dessus diffèrent plus ou moins des coussins spilitiques alpins.

1. Les sacs et bourrelets à la base de la coulée étnéenne d'Aci Castello ne présentent guère des « pillows » que la forme externe et d'une manière rudimentaire, il leur manque en particulier une structure interne, une croûte vitreuse et les microstructures caractéristiques ; aussi hésitons-nous à les qualifier du terme de coussins. La coulée en question est certainement subaérienne, sans doute s'est-elle avancée

sur un soubassement humide ou marécageux, ce qui aurait déterminé ces ébauches de coussins.

2. Les coussins pré-étnéens ont en revanche les formes typiques des coussins, ils possèdent une structure interne très nette en relation avec leur refroidissement, la croûte vitreuse sans être particulièrement belle n'est pas absente. En revanche, il leur manque les microstructures caractéristiques des coussins (structures arborescentes, etc.).

3. Les coussins des environs de Palagonia (Poggio Raffo) tout en présentant aussi des formes magnifiques, une structure interne et une croûte vitreuse souvent fort épaisse, nous montrent en outre les structures intersertales divergentes, arborescentes, sphérolitiques fibroradiées et (dans une certaine mesure) variolitiques des coussins alpins. Cependant, tandis que dans ces derniers l'élément de la trame est le feldspath (albite), c'est l'augite qui joue ce rôle dans les laves de Palagonia. D'autre part, ils ne présentent pas les différences chimiques entre centre, bord et matrice qui sont si frappantes dans les coussins spilitiques alpins.

On peut se demander d'où proviennent ces différences. De nombreux facteurs doivent certainement jouer. L'un des plus importants est sans doute la profondeur de l'eau qui correspond à une pression plus ou moins grande du milieu où la lave s'est épanchée. Laissant de côté les structures de la base de la coulée étnéenne d'Aci Castello, il nous paraît que les coussins pré-étnéens de cette dernière localité ont dû se mettre en place sous une faible profondeur d'eau; la profondeur était sans doute un peu plus grande aux environs de Palagonia; quant aux structures caractéristiques des coussins spilitiques liés au géosynclinal alpin, elles correspondent sans doute à des profondeurs beaucoup plus considérables de centaines, peut-être de milliers de m.

Il serait cependant erroné de vouloir tout ramener à des différences de profondeurs; il reste que les structures les plus « caractéristiques » se rencontrent dans des coussins à tendance spilitique très prononcée et il est difficile d'expliquer la composition spilitique seulement par des modifications tardives. On peut, certes, concevoir que, par suite de transformations secondaires, le verre de la croûte des cou-

sins se transforme en matrice chloriteuse et que les plagioclases calciques soient albitisés, il n'en reste pas moins que dans les coussins spilitiques, les gerbes des arborescences, les fibres des houppes et des sphérolites sont le feldspath et non l'augite et que les varioles sont constituées essentiellement d'albite. On est donc contraint d'admettre des différences de composition des laves antérieures à leur cristallisation.

#### BIBLIOGRAPHIE

- (1) HOPPE H. J., *Untersuchungen an Palagonittuffen und über ihre Bildungsbedingungen*. Chemie d. Erde Bd. 13, p. 484, 1940-41.
- (2) BERNAUER P., *Kugelbasalte und ihre Begleitgesteine*. Zeitschr. d. Deutschen Geol. Gesellschaft, Bd. 95, p. 77, 1943.
- (3) PLATANIA G., *Geological notes on Acireale* in: JOHNSTON-LAVIS H. J., *The South Italian Volcanoes*. Napoli, 1891.
- (4) PONTE G., *I basalti globulari ed i tufi palagonitici in Val di Noto*. Atti d. Ac. Gioenia di Sc. naturali in Catania, Anno LXXXVII, ser. 5, Mem. X, 1910.
- (5) VUAGNAT M., *Sur quelques diabases suisses. Contribution à l'étude du problème des spilités et des pillow lavas*. Bull. suisse Minér. Péetrogr. vol. 26, p. 116, 1946.
- (6) WILSON M. E., *Structural features of the Keewatin volcanic rocks of Western Quebec*. Bull. Geol. Soc. of America, vol. 53, p. 53, 1942.

*Addendum*: Ce travail était en cours d'impression lorsque nous est parvenue la note de A. RITTMANN: Il meccanismo di formazione delle lave a pillows e dei cosiddetti tufi palagonitici. Boll. d. Ac. Gioenia di Sc. Naturali in Catania, Ser. IV, vol. IV, p. 311, 1958.

LEGENDE DE LA PLANCHE I.

*Microphotographies de plaques minces.*

- Fig. 1. — Centre d'un gros coussin (env. 250 cm. de diamètre), Poggio Raffo. Structure intersertale divergente.  
Lum. nat., gross. env. 85 ×.
- Fig. 2. — Zone intermédiaire (env. 10 cm. du bord) d'un coussin, Poggio Raffo. Structure arborescente.  
Nicols croisés, gross. env. 85 ×.
- Fig. 3. — Bord d'un coussin, Poggio Raffo. Petits sphérolites d'augite (sombres) dans matrice vitreuse (claire).  
Lum. nat., gross. env. 85 ×.
- Fig. 4. — Extrême bord d'un coussin (croûte vitreuse), Poggio Raffo. Petits phéno-cristaux d'olivine, gros microlites allongés de plagioclase, revêtus d'une « fourrure » d'augite fibreuse; le tout dans une matrice vitreuse abondante.  
Lum. nat., gross. env. 85 ×.



Fig. 1

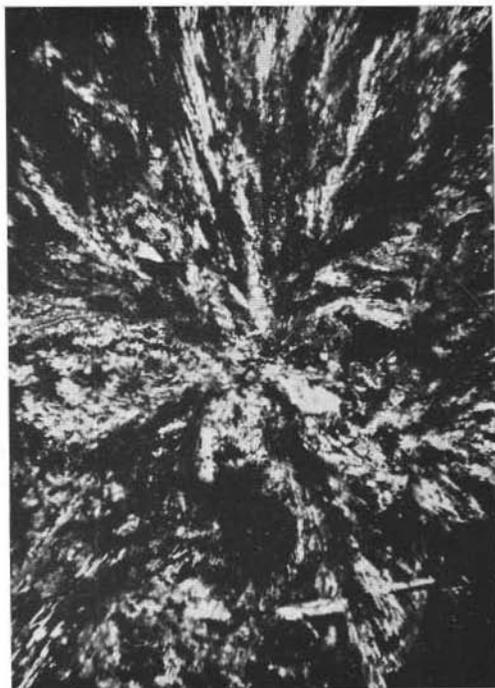


Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4