

Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 21 (1968)
Heft: 3

Artikel: Étude pétrographique des ophiolites de la «zone du Versoyen» : Savoie (France), Province d'Aoste (Italie)
Autor: Loubat, Henri
Kapitel: 2: Un complexe éruptif métamorphique : la Pointe-du-Clapey
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-739408>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 24.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

DEUXIÈME PARTIE

UN COMPLEXE ÉRUPTIF MÉTAMORPHIQUE LA POINTE-DU-CLAPEY

La Pointe-du-Clapey, située en France près de Bourg-Saint-Maurice, présente des faciès dignes d'une attention spéciale, autant à cause de la nature primaire de ses roches que par le caractère particulier du métamorphisme qui les a affectées.

La situation générale de ce sommet, ainsi que celle de la zone du Versoyen, s'observe facilement à partir de la route qui monte au col du Petit-Saint-Bernard, quelques kilomètres avant celui-ci, à proximité du village de La Rosière: d'ici en effet, on embrasse du regard la zone briançonnaise dominée par le Mont-Pourri, sa limite avec le domaine subbriançonnais suivie par le torrent du Reclus, puis par l'Isère à partir de Bourg-Saint-Maurice, et, au loin, les contreforts des massifs du Rutor et du Grand-Paradis, ainsi que le Mont-Jovet et les sommets du massif de Belledonne.

A partir de ce point de vue, la Pointe-du-Clapey ne semble qu'un petit piton rocheux d'où descend un grand éboulis; elle déploie les vastes pentes boisées ou herbeuses de son versant sud vers les villages de Saint-Germain et du Mont-Villaret, ainsi que vers la petite ville touristique de Séez, bâtie sur le très beau cône de déjection du Reclus.

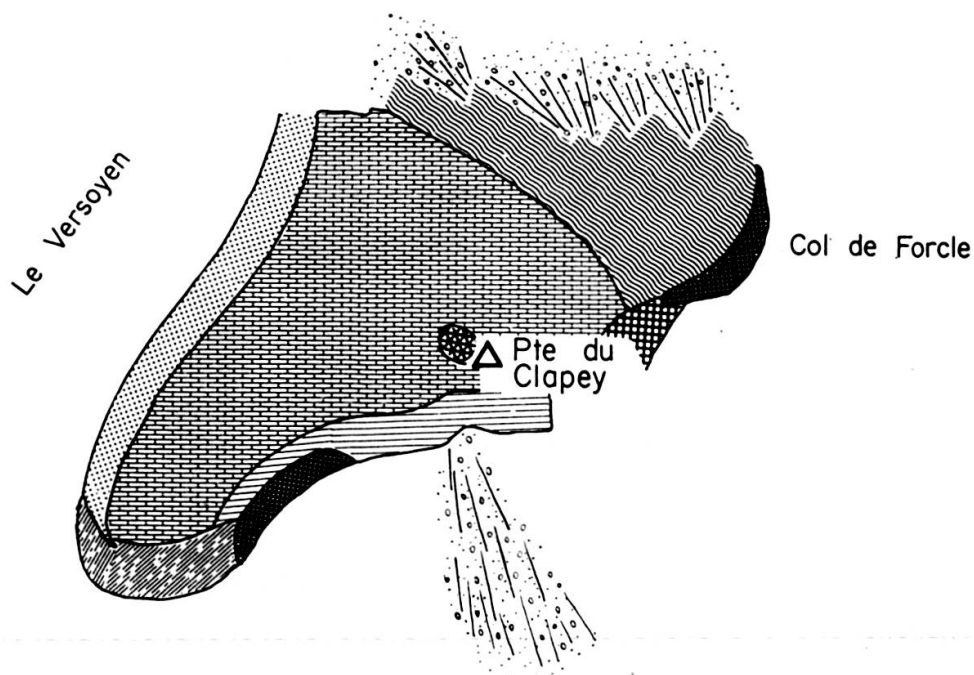
L'accès de ce versant sud peut se faire à partir de l'hospice en ruines du Saint-Bernard, soit en traversant à pied des pentes schisteuses et en gagnant le col de Forcle situé à l'E. du Clapey, soit en empruntant le très mauvais chemin carrossable qui conduit à la ferme du Prariond. Il est encore possible d'atteindre le sommet en passant par Séez, Saint-Germain et le Mont-Villaret jusqu'aux chalets de Plan-Méret; il faut alors continuer à pied à travers des alpages monotones en direction des fermes des Combettes.

Le versant nord de la Pointe-du-Clapey est tout autre. La profonde vallée du Versoyen est dominée au S. par une succession de terrasses escarpées et couvertes de broussailles, d'où surgit brusquement une paroi rocheuse presque verticale sur 450 m de hauteur. Cette paroi est entaillée de couloirs d'éboulis abrupts qui autorisent partiellement son exploration. L'accès de ce versant nord s'obtient soit en passant par Versoye-les-Granges, et les chalets Rullier et de « Beaupré-d'en-bas », soit en partant des Combettes, lieudit déjà mentionné, et en suivant une conduite forcée d'eau, abandonnée et très délabrée, qui constitue une voie d'accès assez directe au travers des broussailles hostiles, à une altitude proche de 2100 m.

Nous décrirons ce massif en nous aidant d'un plan; en effet, la Pointe-du-Clapey s'avère être une grande masse de forme lenticulaire dont une section principale

est à peu près horizontale, ce qui permet de cartographier en plan la répartition géométrique assez cohérente des différents faciès. (Plan 2)

De prime abord, soulignons la tendance que manifestent les parois à se diaclaser et à se déchiquter en grandes aiguilles qui s'écroulent: ces éboulis constituent une source inépuisable de très beaux échantillons, représentatifs de toutes les variétés. Nous avons pu découvrir « en place » tous les types de roches que nous passerons en revue ci-dessous, sauf un qui provient précisément de ces éboulis.



Plan 2. — Plan schématique du massif de la Pointe-du-Clapey.

- 1: Roche aphanitique et rubanée, de l'extrémité occidentale du Clapey (chap. VI).
- 2: « Glaucophanites », localement à belles structure porphyrique (chap. IV).
- 3: Roche grise massive, à grandes plages amphiboliques (chap. I).
- 4: Roche aphanitique semblable à 1, en contact avec une variété de « flysch ».
- 5: Roche verte subanée à niveaux tourmalinifères (chap. VII).
- 6: Roche leucocrate à grain fin, associée aux « glaucophanites ».
- 7: Schistes noirs (chap. VIII).
- 8: Enclaves de conglomérat à blocs calcaires (chap. IX).

La partie centrale, de loin la plus importante en volume, est constituée d'une roche très mélanocrate à structure fréquemment porphyrique où le « glaucophane » (*s. lato*), accompagné de grenat et de stilpnomélane, s'est développé à un degré spectaculaire. Vers l'E., le massif est constitué d'une roche claire, grise, à granulométrie moyenne, très compacte; puis, lorsqu'on se rapproche du col de Forcle, apparaissent des faciès de bordure tels que schistes noirs, roche verte, lambeaux de

conglomérat calcaire enclavés, etc. Nous avons découvert aussi à plusieurs reprises dans le grand éboulis orienté vers le N. et dans le lit du Versoyen, une roche pyroxénique vert foncé que nous n'avons pu retrouver « en place ». Il nous semble probable que ce gabbro très mélanocrate ait appartenu à un faciès situé en position intermédiaire entre la glaucophanite à structure porphyrique et les faciès cantonnés à l'E. de l'ensemble, et que nous venons d'évoquer brièvement.

Vers l'extrémité S.-W. de la masse rocheuse du Clapey, la glaucophanite franche passe à une variété de roche aphanitique verte ou jaune, finement rubanée, dont les lits sont fortement contournés et dont la cassure esquilleuse est caractéristique. Ce dernier genre pétrographique peut se suivre et se retrouver en niveaux épais au contact avec les schistes et bancs gréseux qui sont, au pied de la grande paroi nord, en relation probablement primaire avec l'ensemble éruptif.

Encore un peu plus au S.-W., au-dessus des Combettes, nous passons à des ensembles de schistes et de roches vertes dont le débit évoque vaguement des coussins, ensembles dont il n'est pas possible de dire s'ils sont en relation primaire ou tectonique avec la masse principale du Clapey.

Enfin, la paroi sud de celui-ci paraît enveloppée principalement de niveaux de schistes noirs qui épousent fidèlement la forme lenticulaire du massif plus ou moins dressé vers le ciel.

Nous grouperons les faciès que nous avons incomplètement passés en revue ci-dessus en deux familles : ceux du centre et ceux qui forment la bordure du massif. Ceci revient presque exactement à classer nos roches d'après leur structure primaire, telle qu'elle a pu être conservée au travers des phases de métamorphisme : d'une part les roches éruptives à grain grossier, d'autre part les types à grain fin. Nous associerons à la catégorie « bordière » à grain fin les roches sédimentaires adjacentes ou enclavées.

En réalité, nos observations indiquent un milieu éruptif relativement mobile jusqu'aux termes ultimes de la consolidation ; à ces caractères de mobilité s'est ajouté le cortège des phénomènes de métamorphisme, puis des écaillages tardifs de l'ensemble. Ceci nous interdit de considérer comme rigide la disposition géométrique qui nous guidera dans les paragraphes descriptifs. Par exemple, il est fréquent que des roches aphanitiques se présentent en filons ou masses informes au sein d'ensembles grossièrement grenus. Nous traiterons ce genre d'anomalie comme des caractères *significatifs* de détail, appartenant en propre au faciès environnant.

Avant d'entamer la partie descriptive, il nous faut ajouter que certains caractères pétrographiques de la Pointe-du-Clapey se trouvent en beaucoup d'autres points du Versoyen ; ce qui les rend remarquables ici est le degré d'évidence ou d'intensité avec lesquelles ils se manifestent. Cette constatation est vraie, par exemple, pour les niveaux à conglomérat calcaire inclus dans la roche ophiolitique, niveaux que l'on retrouve dans la même position au pied de la paroi sommitale de l'Ermite, sur le versant italien. Cette remarque est aussi justifiée pour les paragenèses à amphibole

bleue, grenat, stilpnomélane, ainsi que pour certains types à granulométrie primaire grossière, et à reliques de pyroxène; le rubanage très accentué, avec développement de niveaux clairs et finement grenus, d'épaisseur variant de l'ordre du centimètre à celui du mètre, est également un de ces caractères communs à la limite sud-est du Versoyen pris dans son ensemble et à la Pointe-du-Clapey proprement dite. Ceci nous invite à associer génétiquement le Clapey aux ophiolites du Versoyen en général, dans lesquelles du reste il s'intègre géographiquement. En revanche, comme nous le verrons dans un paragraphe final de synthèse, il sera fructueux de mettre en parallèle le caractère très accusé de certains phénomènes et les *différences* pétrographiques qui font l'individualité de ce sommet parmi tous les affleurements de la région.

A. Les roches de la partie centrale de la Pointe-du-Clapey

Toutes les variétés occupant la partie principale et médiane de la masse du Clapey possèdent une structure primitive assez grossière. Les variétés à grains fins sont souvent présentes, mais en quantité nettement subordonnée.

Nous allons décrire ces faciès en nous dirigeant d'E. en W., ce qui nous donne l'ordre suivant:

Chapitre I. La roche grise massive, à grandes plages amphiboliques.

Chapitre II. La roche verte massive.

Chapitre III. La roche très mélanocrate, à reliques de pyroxène abondantes.

Chapitre IV. Les glaucophanites, localement à structure porphyrique, et faciès associés.

Le plan 2 indiquera la répartition de ces faciès.

CHAPITRE I

LA ROCHE GRISE MASSIVE, A GRANDES PLAGES AMPHIBOLIQUES

Si l'on se hasarde à gravir le versant nord du Clapey en empruntant un des couloirs d'éboulis situés à peu près exactement à l'aplomb du sommet, ou si l'on parcourt l'arête E. de la montagne, beaucoup plus agréable, on rencontre sur de grandes surfaces une roche grise, *très* massive, dure, assez lourde et étonnamment claire pour cette région. En réalité, cette variété occupe *tout* l'espace N.-E., et une partie des

domaines N. et E. du massif du Clapey; elle règne particulièrement dans les corniches, éboulis et parois formant l'extrémité nord-orientale de l'ensemble, extrémité accessible assez facilement soit en descendant un peu depuis le col de Forcle, soit en montant à partir de la conduite forcée qui mène aux Combettes.

Nous aurons l'occasion de souligner plus loin combien ce type peut, par certains de ses termes extrêmes, se confondre avec des variétés de roches vertes authentiques. A ce sujet, l'itinéraire de la corniche N.-E. de la montagne s'avère très démonstratif, car il fait passer assez insensiblement du domaine périphérique des schistes noirs à celui de la roche verte, puis précisément à la roche grise (assez sombre ici), enfin aux « glaucophanites » fines.

Tenons-nous en à la description d'échantillons provenant de la paroi nord-est, et recueillis ainsi dans le domaine exclusif de cette roche grise, domaine qui demeure assez homogène tout en présentant de légères fluctuations structurales et paragénétiques que nous résumerons également.

Description macroscopique

La roche s'avère massive, sans orientation, très dure et lourde. Sa couleur est gris clair, tendant au verdâtre. Son grain semble assez fin, de l'ordre du millimètre. On peut y distinguer de petites taches vert sombre, des amas jaunâtres évoquant l'épidote, ainsi que des « mouches » rousses paraissant résulter de l'oxydation de quelque constituant métallifère. La patine des affleurements est souvent rougeâtre foncé.

Une caractéristique macroscopique curieuse, qui demande un examen général et attentif du spécimen sous un éclairage favorable, réside en la présence de plages trapues, longues de 1 ou 2 cm, se révélant à la cassure « fraîche » parce qu'elles sont assez fortement luisantes. Il semblerait qu'ainsi apparaissent des domaines minéralogiques d'assez grand volume, se surimposant d'ailleurs aux petites « mouches » sombres ou claires qui parsèment la roche. A l'œil nu, ces plages font penser à une variété du groupe tremolite-actinote; mais cette évocation n'a de valeur que descriptive, à dessein d'indiquer la coloration argentée et l'aspect un peu fibreux de ces grandes surfaces luisantes.

La roche qui nous occupe ici manifeste une tendance constante au « rubanage »; ce phénomène reste assez discret car les différents niveaux individualisés sont peu « tranchés ». Prenons par exemple l'échantillon 52 V: un côté du spécimen est plus grossièrement grenu (minéraux mélanocrates longs de quelques millimètres) et sombre. Des prismes allongés blancs, longs de 2 mm environ, y esquissent un type de structure plus ou moins diabasique. Puis, vient un niveau plus clair et plus fin, large de 2 cm; au milieu de celui-ci, notons un niveau subalterne, d'une couleur jaune-vert évoquant l'épidote, large de $\frac{1}{2}$ cm. L'autre extrémité de l'échantillon est à nouveau un peu plus sombre et plus verte, mais sensiblement plus fine que l'extrémité initiale. Cet exemple illustre le type et les proportions habituels de ce rubanage.

Nous avons rencontré quelquefois soit des filonnets d'épaisseur centimétrique, soit des poches à contours irréguliers atteignant un mètre de largeur, remplis d'une substance blanche à grain très fin. Ce phénomène pourrait être, partiellement au moins, indépendant du rubanage précité, car les épontes de ces ségrégations sont franches, à la différence des bords flous des lits et niveaux habituels.

Description microscopique

Nous décrirons successivement les caractéristiques de trois variantes de ce faciès gris clair.

1. La « roche grise » à grandes plages amphibolisées sans relique.
2. La « roche grise » à plages pyroxéniques amphibolisées, à grain plus fin.
3. Les variétés claires de remplissage de filonnets et des poches à contours irréguliers.

Ces trois termes descriptifs extrêmes définissent le « champ » pétrographique complet de cette roche intéressante.

1. LA « ROCHE GRISE » A GRANDES PLAGES AMPHIBOLISÉES SANS RELIQUE

On est surpris de constater à l'examen microscopique le manque d'homogénéité de la structure générale; les variations constatées dans une plaque mince pourraient n'être dues qu'à la grande dimension des différents domaines paragénétiques, ou encore à une forte tendance à la différenciation et au rubanage à toutes les échelles.

Le fait morphologique marquant, qui est certainement de nature primaire, réside dans la structure nettement pœcilitique associant de très grandes plages amphiboliques longues de plusieurs millimètres, à des formes prismatiques englobées, plus petites, et atteignant rarement un millimètre de longueur. Nous devons aussi porter notre intérêt vers le domaine environnant les cristaux d'amphibole, qui recèle quelques phénomènes significatifs (fig. 31).

Bien que présente sous forme de très grandes plages qui occupent tout le champ visuel, les amphiboles ont un habitus quasi fibreux, qui contribue à donner à leurs extrémités un aspect très déchiqueté. Indépendamment des prismes en inclusions pœcilitiques, les plages amphiboliques paraissent corrodées intérieurement, étant alors garnies d'albite, de chlorite, et, semble-t-il, de serpentine. L'amphibole elle-même est incolore à jaune-verdâtre et parfois un peu colorée en brun orangé, toujours légèrement pléochroïque, ces variations de coloration se faisant par taches à contours flous; elle s'avère, de plus, fréquemment maclée. Notons la présence de petits grains de sphène qui parsèment ces plages sans donner aucun contour de minéral antérieur, à la différence de ce qui se présente dans différents autres faciès du Clapey.

Les formes prismatiques qui sont englobées pœcilitiquement par l'amphibole sont remplies quasi exclusivement d'un minéral épidotique à biréfringence très basse, qui

possède la particularité curieuse d'être chargé et parfois fortement obscurci d'inclusions opaques très ténues. L'albite accompagne cette épidote.

La structure ainsi évoquée implique la présence initiale de prismes de plagioclase assez basique en inclusions pœcilitiques dans de grandes plages d'un minéral mafique; la nature primaire de ce dernier reste énigmatique dans ce type d'échantillons; cependant, la variété un peu plus finement grenue que nous examinerons ci-dessous est prodigue en belles reliques de pyroxène en voie de transformation en amphiboles identiques à celles-ci.



FIG. 31 (pl. m. 53 V). Lum. polarisée. — Roche grise de l'extrémité nord-est du Clapey. Un réseau de prismes aciculaires d'amphibole, incolores à vert pâle, parallèles sur de grandes surfaces, respecte partiellement une structure finement gabbroïque. Le fond est exclusivement albite-chloriteux, avec grains de sphène et d'épidote. La zoïsite garnit les formes prismatiques d'origine feldspathique. Absence de relique.

L'espace laissé libre par les grands cristaux décrits à l'instant est souvent occupé par des accumulations de fantômes d'origine plagioclastique, par de petits amas de fibres amphiboliques, et surtout par de nombreuses formes en nodules, plutôt allongées de tailles très variables, et constituées d'amas essentiellement chloriteux, incolores à biréfringence exceptionnellement basse, évoquant une variété de serpentine, obscurcies de poussières opaques très ténues qui restituent des jeux de fissures limpides, contournées, suggérant irrésistiblement des phénocristaux d'olivine. Ces amas semi-opaques sont également le lieu de développement de belles petites aiguilles d'amphibole nettement idiomorphes, dépourvues d'inclusions. Ces formes en nodules, lorsqu'elles sont assez grandes (2 ou 3 mm de long) semblent se disposer en lits. On les trouve,

par ailleurs, également, incluses dans les grandes plages amphiboliques décrites plus haut (fig. 32).

Il est permis de se demander, en passant, si les fines inclusions noires de ces nodules ne sont pas en relation avec les poussières du même genre, quoique beaucoup moins denses, qui obscurcissent certaines pseudomorphoses de plagioclase par le minéral épidotique; les deux phénomènes ici en conjonction, nodules de ce type et épidote chargée d'inclusions, sont inconnus ailleurs au Versoyen.

L'ilménite est présente et partiellement leucoxénisée, mais nous voudrions souligner surtout la présence, dans certains échantillons, de beaux prismes trapus de tourmaline de couleur olive clair (éch. 54 V, 55 V).



FIG. 32 (pl. m. 53 V). Lum. nat. — Les grands domaines d'amphibole fibreuse enclavent parfois des nodules constitués partiellement d'un minéral d'aspect serpentineux, très chargé d'inclusions opaques en poussière; pseudomorphoses de grains d'olivine possibles.

2. LA « ROCHE GRISE » A PLAGES PYROXÉNIQUES AMPHIBOLISÉES, A GRAIN PLUS FIN

La structure est ici déterminée par des archipels constitués de cristaux de pyroxène associés en petits groupes, garnissant un fond d'origine plagioclasiqque probable.

Les cristaux de pyroxène sont trapus, d'une taille dépassant rarement 1,5 mm, et ne sont pas idiomorphes. Ils se groupent en petits amas, en s'indentant grossièrement. Le pyroxène dégénère soit sous forme d'albite, de calcite et d'épidote le corrodant (éch. 56 V), soit plus souvent par une simple amphibolisation. L'amphibole est alors fibreuse, légèrement colorée en vert-bleu, jaune-vert ou brun-orange, et pléochroïque; de plus elle est criblée de grains de sphène.

Le « fond » dans lequel se répartissent ces îlots ne révèle que rarement des structures prismatiques de plagioclase. Néanmoins sa composition, partagée entre l'albite (souvent criblée d'aiguilles amphiboliques) et différents types d'épidote, laisse peu de doute quant à sa composition chimique initiale, proche d'un plagioclase intermédiaire si nous admettons une évolution isochimique.

L'ilménite en grands cristaux dépassant 2 mm de diamètre, corrodés et leucoxénisés, l'apatite assez fréquente en longues et fines aiguilles, complètent cette paragenèse.

Ajoutons pour finir que l'épidote nous a paru quelquefois pigmentée en rose-saumon, et que par ailleurs, nous avons pu noter un ou deux grains zonés d'allanite probable (éch. 57 V, 58 V, 59 V).

3. LES VARIÉTÉS CLAIRES DE REMPLISSAGE DE FILONNETS ET DES POCHES A CONTOURS IRRÉGULIERS

La plaque mince 60 V nous semble présenter un contact entre la roche normale et une zone leucocrate différenciée: on peut y voir de grandes et longues plages d'amphibole verdâtre, fibreuse et maclée, à petites inclusions d'apatite, se perdre dans un « fond » de plus en plus exclusivement albitique et épidotique. L'amphibole est souvent brisée, puis cicatrisée par l'albite et un peu d'épidote, tandis qu'elle se développe à nouveau sous forme de petits prismes « tapissant » une fissure.

Le domaine albitique et épidotique, assez grossièrement grenu, contient des grains d'ilménite leucoxénisés, du sphène qui lui semble partiellement associé tout en étant aussi lié morphologiquement à certains cristaux d'épidote; il contient aussi de très longues aiguilles d'apatite, un peu corrodées et très intimement liées à l'ilménite et aux grands prismes amphiboliques; enfin, des zonations de grains épidotiques avec allanite, s'avèrent présentes.

Considérons à présent l'échantillon 61 N, caractéristique du remplissage d'une poche très claire, au sein des roches grises massives. La structure, incertaine et variable d'un point à l'autre de la plaque mince, peut être qualifiée de micropegmatitique. On remarque immédiatement la pseudomorphose par l'albite et un minéral épidotique de grands prismes de plagioclase, longs de plusieurs millimètres; ils constituent le « fond » essentiel de cette variété. Très nombreux, de grands et beaux cristaux de sphène, subidiomorphes et paraissant nettement indépendants de cristaux d'ilménite peu apparents, garnissent abondamment la roche. Il en est de même de prismes amphiboliques incolores et idiomorphes. Notons aussi de longues aiguilles d'apatite.

Ces deux échantillons nous suggèrent une différenciation primaire ou bien une pegmatitisation tardive, mais magmatique d'origine; les grands cristaux d'apatite, d'ilménite et surtout de plagioclase nous en sont un indice. Le métamorphisme s'est évidemment surimposé en engendrant les phases qui lui sont spécifiques (épidote, albite, amphibole, sphène remobilisé, etc.) mais en respectant quelques reliques de structures.

L'échantillon 62 V, en revanche, nous montre une veinule qui est ultérieure à la consolidation de la roche, et probablement contemporaine d'une phase majeure du métamorphisme; large de 5 mm, ce filonnet sectionne très nettement les minéraux

(amphibole, sphène, ilménite) de ses épontes et est presque exclusivement rempli de zoïsite et d'albite, tous deux avec un habitus en colonne, transversal à la direction de la veinule; quelques fibres amphiboliques et un peu de sphène complètent ce remplissage, qui nous rappelle l'aspect microscopique des filonnets sillonnant le « liséré blanc » (adinole) situé au contact entre ophiolites et schistes noirs dans toute la région.

Il faut ajouter, pour mémoire, la présence de quelques types de roches gris clair très fines, à fantômes chloritisés d'amphiboles en gerbes, à petits grenats, à micas blancs très fins et poussières opaques diffuses, avec enclaves ou filonnets quartziques. Il ne nous paraît pas exclu que certaines de ces variétés ne soient des représentants de fragments sédimentaires en voie d'assimilation par le magma... (éch. 63 V, 64 V, 65 V).

Il nous faut ici faire une remarque qui nous paraît importante: s'il est indubitable qu'il y a analogie de situation géographique, de granulométrie, de couleur et de structure fine entre les spécimens que nous avons évoqués, il n'en reste pas moins vrai que le métamorphisme a pu masquer des différences paragénétiques majeures entre roches primaires; or, nous avons déjà signalé la tendance, dans ces roches gris clair, à la différenciation et au rubanage. Il serait donc à notre avis très possible, par exemple, que les plages d'amphibole secondaire aient tantôt pseudomorphosé vaguement des pyroxènes initiaux, tantôt des amphiboles magmatiques. Certains critères pétrographiques de détail, parfois un peu subjectifs, nous invitent à supposer la chose probable, particulièrement dans le cas de ce faciès gris clair. Par ailleurs, il ne nous faut pas oublier que le métamorphisme peut s'être exercé de façon sensiblement différente d'un point à l'autre d'une même roche.

Dans cet ordre d'idée, nous devons souligner aussi le passage insensible qui s'observe entre les variétés grises et les variétés vertes, que nous étudierons au paragraphe suivant. L'arête est de la Pointe-du-Clapey en est une bonne illustration.

Ces remarques étant faites, il est permis de considérer ce faciès gris clair, situé à l'E. et au N.-E. du sommet de la montagne, comme relativement homogène et bien individualisé dans l'ensemble des grandes unités pétrographiques du massif.

ANALYSE CHIMIQUE

Analyse 7: Echantillon de roche grise, claire, à grandes plages amphiboliques brillantes, recueilli dans la partie nord du Clapey, dans la falaise orientée vers le Versoyen et la cascade de Beaupré.

SiO ₂	46,44		
Al ₂ O ₃	17,49		
Fe ₂ O ₃	3,99	Paramètres de Niggli	
FeO	3,82	si	98,3
CaO	12,28	al	21,8
MgO	10,08	fm	44,9
Na ₂ O	2,58	c	27,8
K ₂ O	0,13	alk	5,2
MnO	0,16	ti	1,5
TiO ₂	0,97	k	0,02
P ₂ O ₅	0,08	mg	0,7
H ₂ O ⁻	0,02		
H ₂ O ⁺	2,64	qz	—22,5
<hr/>			
100,67			

Examen optique d'une amphibole (éch. 53 V, fig. 31 et 32)

Les grandes plages amphiboliques, d'aspect fibreux, bien que de propriétés optiques assez variables d'un point à l'autre, possèdent les caractères suivants :

Angle ng/c = 14° Biréfringence: 0,018 2 V (—): 60-65°.

Coloration: vert très pâle. Pléochroïsme peu sensible.

Nous pensons être en présence d'une amphibole intermédiaire entre l'*Actinote* et la *Ferroactinote*.

Quelquefois, cette amphibole passe insensiblement à des plages de couleur brun violacé clair, pléochroïque. Il pourrait s'agir de *Hornblende titanifère*.

CHAPITRE II

LA ROCHE VERTE MASSIVE

La roche que nous examinerons ici en utilisant des spécimens recueillis au Clapey, constitue à vrai dire la variété dominante d'une zone *entière* du Versoyen: la bordure sud-est de ce massif. Les roches que l'on peut recueillir aux bords sud et sud-est du vallon de Beaupré, sous l'Ermite et le Colet-des-Rousses (des côtés français et italien), ainsi que dans la partie sommitale de l'Aiguille-de-Beaupré, répondent fidèlement aux descriptions microscopiques qui vont suivre immédiatement. L'abondance de la tourmaline est peut-être cependant plus caractéristique à la Pointe-du-Clapey.

A l'instar des grandes enclaves de conglomérat calcaire que nous décrivons parmi les faciès périphériques du Clapey, nous avons donc ici une variété de roche *commune* à la bordure sud-est du Versoyen et au Clapey lui-même; ces analogies nous permettent de considérer cette dernière montagne comme appartenant aux ensembles ophiolitiques les plus massifs et apparemment les plus « internes » (dans le sens alpin du terme) du Versoyen.

Au cours de l'ascension du sommet de la Pointe-du-Clapey par les voies les plus faciles et les plus rapides, c'est-à-dire le long de l'arête nord-est ou du flanc sud-est, il est très fréquent de rencontrer des roches vertes à grain moyen, rappelant à l'œil nu les ophiolites métamorphiques omniprésentes dans le Versoyen. Ici, au Clapey, cette variété ne peut être définie avec beaucoup de précision: en effet, elle passe latéralement soit à la variété de glaucophanite fine que nous étudierons ci-dessous, soit à la roche grise que nous venons de décrire, soit encore à différentes variétés à grain fin que nous examinerons au paragraphe consacré aux « faciès de bordure ».

Tentons cependant de définir le genre de roche examiné ici par les critères macroscopiques suivants:

- a) Absence d'orientation et granulométrie moyenne (1 à 3 mm).
- b) Coloration nettement verte (composée du vert foncé propre aux amphiboles et à la chlorite, et du vert-jaune typique de l'épidote).
- c) Tendance très marquée au rubanage (l'épaisseur des lits pouvant aller du millimètre à plusieurs décimètres).

Les roches pourvues de ces critères un peu imprécis se situent cependant en une zone assez continue, que l'on rencontre souvent sur le flanc sud et sud-est du Clapey; cette zone peut se définir ainsi:

- a) elle est répartie en auréole autour de la masse centrale, fortement « glaucophanique »;
- b) elle passe rapidement aux différents faciès finement grenus « de bordure », précisément à la faveur de son intense rubanage. Ce rubanage sera aussi, du reste, un caractère spécifique de la principale variété périphérique à grain très fin.

Après une rapide description des échantillons, nous nous arrêterons un peu plus longtemps aux phénomènes marquants auxquels ce faciès donne lieu: le rubanage spectaculaire et le développement occasionnel de lits exceptionnellement riches en tourmaline.

Description macroscopique

La roche, massive et dure, dénuée d'orientation, est généralement constituée de petites plages millimétriques vert-jaune ou vert foncé; de l'importance prise par l'une

ou l'autre de ces phases colorées, dépend sa teinte générale, qui tend parfois encore vers le bleu-vert foncé. Le rubanage constitue finalement le caractère particulier de cette roche; il consiste en l'alternance de lits clairs (et en général finement grenus) et de lits foncés (plus ou moins grossiers), dont l'épaisseur varie de 2 ou 3 mm à une vingtaine de centimètres. Au contact entre deux lits un peu importants, on peut observer un rubanage secondaire, beaucoup plus fin et discret. Quelquefois enfin, à ce contact, apparaissent des « mouches » claires de quelques millimètres de diamètre, rappelant des « varioles » de coussins (« fausses varioles »), ou même ces petits grains blancs, en « tête d'épingle », que nous avons déjà rencontrés dans des amas chloriteux du Versoyen (éch. 66 V).

Enfin, participant à ce rubanage, on peut observer des lits très sombres où se sont accumulés des prismes noirs de tourmaline, longs parfois d'un centimètre.

Notons que sous l'Ermite (versant italien) le rubanage peut dépasser l'épaisseur de plusieurs décimètres et atteindre l'ordre du mètre.

Description microscopique de la roche verte proprement dite

Comme l'aspect macroscopique le laissait prévoir, la paragenèse est ici partagée entre minéraux d'origine mélanocrate et d'origine leucocrate, les premiers étant essentiellement des amphiboles vert-jaune, vertes ou vert-bleu, contenant des grains de sphène ou, plus rarement, de la chlorite, et les seconds étant de l'albite, de l'épidote et du grenat, les deux derniers minéraux figurant en assez gros cristaux. Les plages appartenant à l'un ou l'autre de ces deux groupes paragénétiques sont d'une taille de l'ordre du millimètre et elles ont des contours très diffus: il n'est pas possible d'identifier clairement ni pseudomorphoses de minéraux, ni structure relique. Tout au plus peut-on dire que les cristaux mélanocrates initiaux étaient assez trapus et que, lorsque l'on en devine un contour, les prismes de plagioclase étaient un peu plus fins et allongés, quoique du même ordre de dimension (le millimètre).

L'apatite et l'ilménite leucoxénisée parmi les minéraux primaires, le stilpnomélane et l'amphibole bleue parmi les secondaires, sont encore à mentionner pour compléter cette description de la paragenèse.

Terminons par quelques remarques pétrographiques glanées à la faveur de l'une ou l'autre plaque mince, et qui semblent malgré tout définir quelques caractères spécifiques de cette variété de roche assez indifférenciée:

- a) L'échantillon 67 V contient quelques petites reliques de pyroxène, au milieu de plages amphiboliques.
- b) Lorsqu'elle se présente, l'amphibole bleue a tendance à se développer à la périphérie des espaces mélanocrates.
- c) Bien qu'elle soit quelquefois maclée en grandes plages, et qu'il soit difficile de dire si cette macle est héritée du minéral mafique antérieur, l'amphibole s'avère « déchiquetée » à sa périphérie et envahie dans sa masse par l'albite

le plus souvent; en outre, ces plages d'amphibole, d'aspect fibreux, tendent à se superposer et à « s'imbriquer » les unes dans les autres, donnant alors l'aspect d'un treillis grossier.

- d) La tourmaline est rare, dans la variété verte, grenue, dont nous parlons ici.
- e) Une phase opaque, à altération périphérique occasionnelle rouge, est assez abondante dans certains spécimens (68 V).
- f) Le grenat, en cristaux plus ou moins brisés, à contour irréguliers, contient en inclusions des prismes amphiboliques bleus; ce minéral est fréquemment associé intimement aux cristaux épidotiques.

Examen microscopique du rubanage

Dans le cas général, les niveaux fins de couleur blanc-crème, révèlent sous le microscope un fond homogène constitué d'une mosaïque de petites plages d'albite aux contours indentés, d'une taille proche de 0,1 mm. Ce « fond » est criblé de grains appartenant au groupe de l'épidote d'une taille inférieure à 0,05 mm, de granules de sphène et de prismes amphiboliques très ténus, plus ou moins isolés ou disposés en faisceaux, et chloritisés à des degrés divers (éch. 68 V); nous n'avons décelé aucune structure « fantôme ».

Lorsque des « fausses varioles » apparaissent, dans les zones intermédiaires du rubanage, ceci correspond à une plus grande accumulation de mouches chloriteuses entourant des domaines principalement leucocrates, mais ce phénomène de différenciation est beaucoup moins marqué sous le microscope qu'à l'œil nu.

Les grains épidotiques peuvent devenir plus nombreux en certains niveaux, et participer ainsi au rubanage par leurs variations de densité.

Cependant, le phénomène le plus spectaculaire et sans doute le plus significatif reste l'accumulation, selon certains lits, d'un nombre exceptionnel de beaux prismes de tourmaline. De plus, à cette occasion, nous ne pouvons passer sous silence la répartition en lits que manifestent certaines phases métallifères opaques, plus ou moins en relation avec les niveaux à tourmaline.

Dans l'échantillon 69 V, nous voyons apparaître, entre deux niveaux conformes à la description du type leucocrate rubané banal (albite, épidote, amphibole, chlorite, sphène), un niveau, dont l'épaisseur est de 8 mm, constitué d'un « fond » presque exclusivement épidotique. L'albite n'y joue plus qu'un rôle accessoire de remplissage entre les grains. Le passage entre les niveaux classiques à albite et celui-ci se fait en moins de 0,2 mm. Dans ce « fond » de nature nouvelle, se sont développés de grands prismes de tourmaline, longs de plusieurs millimètres parfois, assez trapus et de section basale hexagonale. Les gros cristaux sont zonés assez irrégulièrement en vert olive dans leur partie centrale la plus étendue, en bleu plus clair à leur périphérie ou dans des taches irrégulièrement réparties. Parfois brisés, leurs extrémités étant alors déchiquetées, ces prismes s'avèrent aussi quelquefois légèrement pliés; leur croissance

semble s'être faite assez capricieusement quant aux directions, dimensions et lois d'associations entre individus, ce qui souvent nous donne finalement des amas aux contours anguleux mais non, à proprement parler, « idiomorphes ». La tourmaline est garnie de nombreuses inclusions opaques ou semi-opaques en petites mouches, qui nous paraissent de nature hétérogène, et parmi lesquelles nous croyons pouvoir identifier le sphène en très fins granules qui, du reste, accompagne aussi le « fond » essentiellement épidotique. A l'intérieur des grandes plages de tourmaline on remarque des sortes de petites « fenêtres » aux contours anguleux, rhombiques ou, le plus souvent, rectangulaires. Ces « fenêtres » sont partiellement envahies par la tourmaline *bleue*, celle-là même qui constitue la périphérie assez étroite des grands cristaux, et qui est sans doute de génération plus tardive ; mais ces petites lacunes semblent aussi occupées très souvent par de l'épidote ; il ne nous apparaît pas, cependant, que la forme de la « fenêtre » doive être attribuée à un cristal épidotique enclavé par la tourmaline. De toutes façons, tourmaline et épidote environnante se moulent trop étroitement pour que nous ne soyons pas incité à les considérer de genèse à *peu près* contemporaine. Tous au plus pourrions-nous considérer la période de genèse ou de remobilisation de l'épidote comme un peu plus longue, car elle cicatrise partiellement, en compagnie de l'albite et de mouches de chlorite, les cristaux brisés de tourmaline (fig. 33).

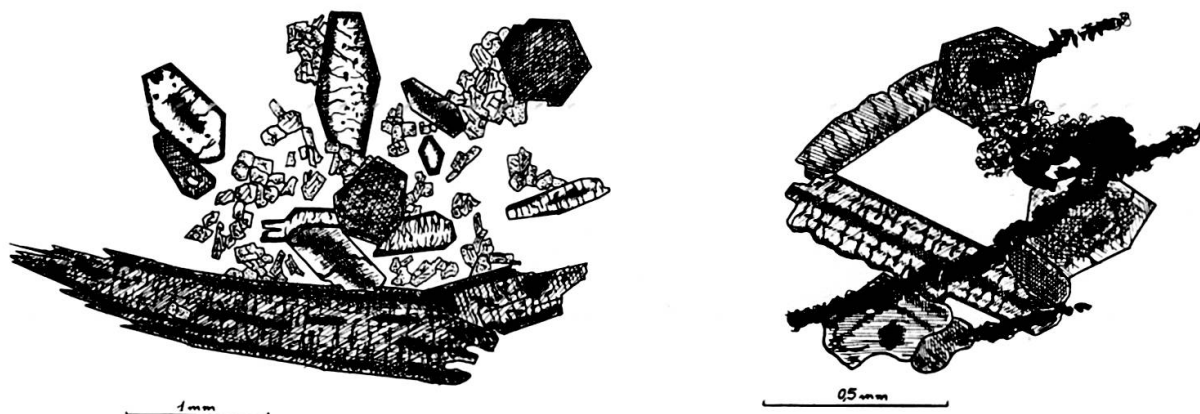


FIG. 33 (pl. m. 69 V). Lum. nat. — Variété de rubanage ; habitus de la tourmaline, zonée, plus ou moins brisées, criblée de petites inclusions semi-opaques, associée à l'épidote, au quartz et à l'albite formant le fond.

FIG. 34 (pl. m. 70 V). — Prismes de tourmaline dans fond d'albite, conservant, sous forme d'amas semi-opaques en inclusions, des traînées parallèles au rubanage général.

Considérons à présent le beau type de rubanage fin du spécimen 70 V. L'épaisseur de ses lits va de 5 mm à 1 cm :

- a) Nous trouvons un lit assez épais constitué d'une très grande accumulation de tourmaline en beaux prismes idiomorphes, de longueur moyenne légèrement inférieure au millimètre, à section basale hexagonale, très nettement et

finement zonés alternativement en vert foncé et vert olive autour d'un noyau central bleu foncé.

Les interstices entre ces cristaux varient en volume d'un niveau à l'autre de la roche et sont occupés par une albite criblée de fibres amphiboliques de couleur bleu-vert, pléochroïques. De gros grains épidotiques jaune citron accompagnent ces minéraux. Par ailleurs, on décèle d'innombrables granules de sphène qui ont tendance à se disperser en traînée très étroites, parallèles au rubanage que les autres minéraux, tourmaline comprise, ont englobées en cristallisant (fig. 34). Notons que l'on rencontre quelques plages albitiques interstitielles absolument limpides, dépourvues d'inclusions, qui peuvent être liées aux veinules transversales au rubanage dont nous parlerons un peu plus bas. Enfin, ces niveaux fortement tourmalinifères recèlent quelques plages opaques, sans liséré d'altération, paraissant plus tardives, si l'on en juge d'après leur relation structurale avec les minéraux précités.

- b) Puis, brusquement en contact avec le niveau décrit ci-dessus, vient une zone large d'un millimètre environ, quasi dépourvue de tourmaline; elle est constituée exclusivement de la mosaïque de plages albitiques à contours irréguliers, obscurcies par l'accumulation d'aiguilles amphiboliques vertes très ténues. A celles-ci s'ajoutent des primes d'apatite et des grains épidotiques jaunes.
- c) Le niveau suivant perpétue la variété b) précédente, mais se garnit de phases opaques correspondant, semble-t-il, à deux générations. La tourmaline, peu abondante, manifeste à nouveau sa présence. Les grains opaques les plus nombreux et volumineux, larges de quelques dixièmes de millimètres, sont rouges foncé en lumière transmise, au moins à leur périphérie; ils sont toujours accompagnés d'une sorte de poche remplie d'albite limpide, en forme de demi-lune, qui les enveloppe partiellement. Le minéral rouge foncé est nettement xénomorphe par rapport à la tourmaline, sur laquelle il se « moule » fidèlement. Soit associés aux grains semi-opaques rouges, soit isolés, des cristaux absolument opaques se notent en assez grand nombre dans ce niveau; ils sont de taille plus réduite que les précédents, jusqu'à n'être plus que des petits grains noirs. Cette dernière phase semble indépendante du « fond » translucide qu'elle crible indifféremment.
- d) Nous pourrions décrire ensuite un dernier lit, constitué à partir du niveau précédent à phases opaques et « lunules » albitiques, et auquel s'ajouterait une quantité nettement plus grande de cristaux de tourmaline.

Enfin nous noterons que l'échantillon est sillonné de quelques étroites veinules transversales garnies d'albite très limpide; la mise en place de cette phase tardive n'a occasionné *aucune* altération ni corrosion des minéraux décrits plus haut, en parti-

culier de la tourmaline et de l'épidote; les groupes de ceux-ci sont coupés à l'emporte-pièce par le filonnet, ou même subdivisés en îlots, sans aucune modification visible.

Dans différents faciès de la Pointe-du-Clapey, nous rencontrerons fréquemment la tourmaline, associée en général à l'épidote et au grenat, et apparaissant dans les espaces qui pseudomorphosent des minéraux leucocrates, plagioclases probables le plus souvent. Mais rarement la tourmaline se rencontrera en aussi grande densité que dans les petits lits examinés ci-dessus. La signification de ceux-ci est donc d'importance pour l'explication de la distribution de ce minéral, problème auquel nous reviendrons.

CHAPITRE III

LA ROCHE TRÈS MÉLANOCRATE, A RELIQUES DE PYROXÈNE ABONDANTES

Nous avons découvert des échantillons de ce type, assez nombreux, de très grande taille et bien arrondis, dans le lit du torrent du Versoyen, entre les altitudes de 1320 m et de 1545 m environ; en ce dernier point une ancienne et modeste installation minière, dont on croit reconnaître les ruines, a peut-être exploité les blocs de l'éboulis? (G. de Mortillet, 1858). Nous avons échoué dans notre tentative de trouver « en place » dans la paroi cette variété pétrographique très intéressante; cependant, un seul bloc, découvert dans le grand éboulis situé au N. de la Pointe-du-Clapey, nous a présenté un passage insensible, sur quelques décimètres, entre la variété examinée ici et le type « glaucophanique » à belle structure porphyrique étudié ci-dessous. Cette observation, ainsi que la localisation géographique des blocs éboulés dans le torrent, nous incite à situer ce genre de roche très mélanocrate à proximité, et vers l'E., de la masse centrale à développement marqué de glaucophane (*s. lato*).

Description macroscopique

A la cassure fraîche, la roche est de couleur vert très foncé; elle se teinte souvent de roux à la patine. Les spécimens sont massifs, très durs, et dénués d'orientation. Il est facile de reconnaître à leurs plans de clivage de grands cristaux pyroxéniques très sombres, d'une longueur oscillant entre 1 et 3 cm. Les représentants de phases métallifères sont aussi très visibles, soit en grandes plages centimétriques noires à éclat métallique, soit, moins nombreux, en grains jaunes à éclat pyriteux.

Certains échantillons s'avèrent un peu moins mélanocrates: le fond pyroxénique vert est localement envahi par des formes parallélipédiques blanchâtres ou jaunâtres, d'une longueur légèrement inférieure au centimètre, qui évoquent l'habitus de phénocristaux de plagioclase. Ceux-ci s'accumulent sans loi apparente en sortes de

« bouffées », et esquissent une structure subophitique, parfois un peu orientée, et évidemment d'autant plus marquée que leur nombre est plus grand.

Quelquefois enfin, cette roche fortement pyroxénique est sillonnée de filonnets de couleur blanc crème à granulométrie très fine.

Description microscopique

Attachons-nous d'abord un moment aux seuls témoins et reliques de la roche primaire: il s'agit d'une part de la structure subophitique, d'autre part de belles reliques pyroxéniques et de grands cristaux leucoxénisés d'ilménite.

La structure partiellement ophitique se voit à vrai dire beaucoup plus facilement à l'œil nu; les figures 35 et 36 montrent les relations géométriques entre phase mélanocrate (pyroxène, ilménite...) et phase leucocrate, telles que l'on peut les reconstituer dans leurs contours malgré les effets du métamorphisme. Nous avons eu quelque peine à reconstituer la structure des échantillons les plus mélanocrates.



FIG. 35. — Reconstitution de la structure d'un mélagabbro.



FIG. 36. — Reconstitution de la structure d'un mélagabbro avec accumulation *locale* de plagioclase.

Les plages pyroxéniques intactes peuvent atteindre plusieurs millimètres de diamètre. Soit incolores, soit rose saumon très pâle, elles sont bien clivées, assez fortement fissurées et fréquemment maclées. Le minéral dont dérivent les différentes reliques semble appartenir à la même variété de pyroxène, si l'on s'en réfère aux propriétés optiques générales. Il faut noter que la transformation métamorphique est suffisamment importante pour avoir peut-être fait disparaître électivement et complètement un ou deux autres types de minéraux mélanocrates.

Mentionnons encore pour mémoire quelques fines aiguilles d'apatite brisées, probablement primaires.

La paragenèse de métamorphisme est complexe: bien que les minéraux secondaires n'aient pas fidèlement pseudomorphosé les cristaux primitifs, et qu'ils se soient répandus d'un domaine à l'autre, nous subdiviserons les surfaces examinées en deux domaines: celui des minéraux initialement mélanocrates et celui des minéraux leucocrates.

En ce qui concerne le domaine initialement mélanocrate notons d'abord la leucoxénisation presque complète des grands cristaux d'ilménite (fig. 37).

Pour sa part, le pyroxène a donné lieu au développement d'une gamme étendue de minéraux secondaires, qui semblent respecter quelques lois que nous énoncerons en nous aidant de schémas (fig. 38, 39, 40).

Dans toutes les plaques minces, l'amphibole bleue apparaît de la façon la plus saisissante comme une auréole, large de quelques dixièmes de millimètres au moins, entourant des cristaux pyroxéniques, immédiatement à leur contact et exclusivement *extérieure* à ceux-ci. A ce contact, la plage pyroxénique est souvent elle-même transformée, comme nous le verrons plus bas, mais son contour est conservé par un



FIG. 37 (pl. m. 71 V). — Grande plage de pyroxène (avec clivages) amphibolisée et chloritisée englobant un grain d'ilménite leucoxénisée. (en noir)

alignement très régulier de petits granules de sphène; de plus, l'amphibole bleue suit ce contour avec une grande fidélité, sans le franchir vers l'intérieur, et contribue ainsi également à restituer la forme du pyroxène. Tout ceci revient à dire que le glaucophane s'est développé en réalité dans le domaine leucocrate sans doute initialement plagioclasiq, immédiatement limitrophe du pyroxène. L'auréole bleue, pléochroïque, est faite de plages allongées qui ne paraissent pas obéir à des lois géométriques particulières, lois qui auraient pu par exemple être inspirées par l'orientation des contours ou des clivages pyroxéniques: ces plages allongées sont indifféremment perpendiculaires, obliques ou parallèles aux contours du cristal mélanocrate primaire. Vers l'extérieur, domaine initialement leucocrate, l'auréole de « glaucophane » présente un profil déchiqueté (fig. 38 et 39).

L'amphibole bleue peut apparaître en d'autres circonstances: souvent par exemple en taches irrégulières, au milieu de l'enchevêtrement de prismes amphiboliques verts et d'amas chloriteux ayant plus ou moins complètement transformé les plages pyroxéniques. Dans ce cas, il nous a été donné de découvrir des prismes amphiboliques zonés, bleus au centre et verts à l'extérieur. Assez souvent aussi, l'amphibole bleue est présente, au travers des pyroxènes, à la faveur de petites fissures: le contact entre les minéraux, l'un primaire, l'autre secondaire, et limpides tous deux, est alors net, sans aucune phase interposée.



FIG. 38 (pl. m. 72 V). — Plage de pyroxène amphibolisée (avec apparition de petits grains de sphène) contenant poecilolithiquement un groupe d'anciens plagioclases. L'amphibole bleue (en blanc) se développe dans les plagioclases, remplacés en leur centre par de la chlorite, de l'amphibole et un grain de grenat.

Assez souvent enfin, les petites plages de glaucophane (*s. lato*) sont intimement associées à un minéral opaque en grains assez petits, dénué de toute altération périphérique.

Si nous considérons à présent l'intérieur même des cristaux de pyroxène, nous les voyons largement envahis par différents types d'amphiboles colorées, par de la chlorite verte, et accessoirement par des variétés de stilpnomélane (ou biotite verte, *pro parte*).

Les amphiboles secondaires, tantôt en habitus aciculaire, tantôt en plages à contours flous, sont vertes ou vert-bleu, bien pléochroïques. Un peu de « glaucophane » se joint souvent à elles. La chlorite est vivement colorée en vert, et ses amas sont intimement associés aux amphiboles vertes, sans loi apparente.

Ces domaines de minéraux dérivés du pyroxène sont criblés et parfois totalement obscurcis par des grains ténus de sphène disposés en petits « traits » parallèles et longs de 0,1 mm à peu près. L'orientation de ces petits « traits » est souvent plus ou moins transversale au clivage du pyroxène; parfois encore ces niveaux de granules de sphène esquissent une sorte de quadrillage très serré. Il est rare que ces grains ténus apparaissent dans le pyroxène frais: ce phénomène se présente tout au plus à proximité de domaines amphibolisés et chloritisés. Nous l'avons dit, le même type de granules conserve et restitue finalement, à travers toutes les altérations ultérieures, le contour des plages pyroxéniques.

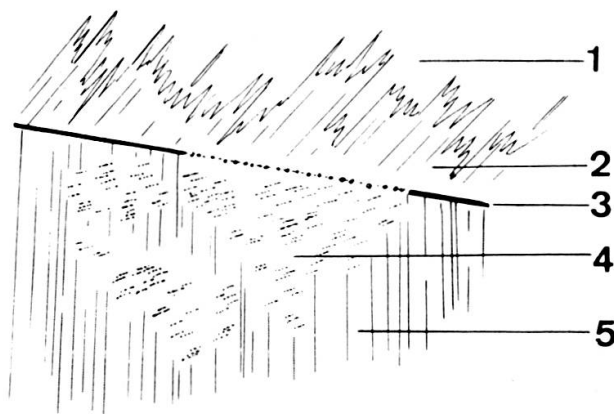


FIG. 39 (pl. m. 72 V):

- 1) Albite + épidote, chlorite, grenat, tourmaline;
- 2) Glaucophane (s. lato):
- 3) Contour de la plage pyroxénique avec sphène;
- 4) Zone chloritisée et amphibolisée, verte, + sphène;
- 5) Pyroxènes frais.

Les grains de sphène se développent parfois en un volume plus important pour donner de belles « gouttelettes » limpides.

Assez rarement, une autre amphibole, de couleur brun-jaune, pléochroïque, se présente en taches dans ces ensembles mélanocrates pseudomorphosant le pyroxène; elle semble électivement liée à un grain d'ilménite leucoxénisée voisin, et par ailleurs, elle paraît parfois être de genèse contemporaine au glaucophane, lorsque celui-ci figure à l'intérieur des plages pyroxéniques (éch. 71 V).

Enfin, également assez subordonné en quantité, apparaît un minéral de teinte vert olive brunâtre, pléochroïque, d'aspect micacé, disposé en houppes un peu fibreuses, qui pourrait appartenir à la famille du stilpnomélane. Ce minéral est en

contact immédiat avec les reliques à contours corrodés de pyroxène frais, séparant celles-ci des autres minéraux de métamorphisme¹ (fig. 40). Nous retrouverons ces petites plages entourant discrètement les fragments de grenat. Par ailleurs, le stilpnomélane brun orangé n'est pas absent au sein de quelques ensembles chloritisés et amphibolisés.

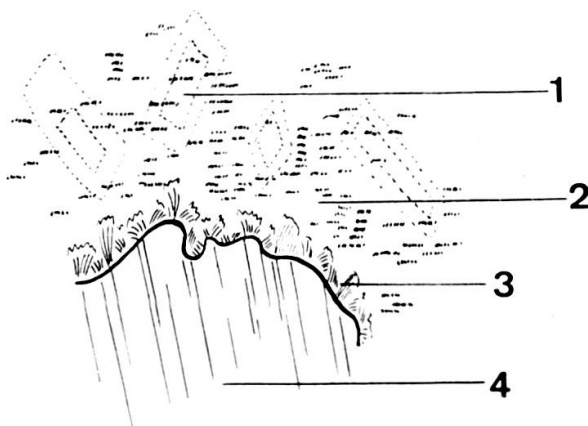


FIG. 40 :

- 1) « Glaucophane » zoné, passant au vert à la périphérie;
- 2) Zone à chlorite et amphiboles vertes;
- 3) Petit liséré de ferrostilpnomélane; (biotite verte possible)
- 4) Pyroxène frais.

Certains domaines de forme triangulaire participant à la structure ophitique, ou bien encore une zone latérale importante dans une grande plage initialement pyroxénique, sont intégralement chloritisés et amphibolisés, au point de nous faire penser à un minéral mafique primaire, plus vulnérable au métamorphisme, qui aurait été associé au pyroxène augitique qui nous est conservé en reliques. Nous pensons néanmoins que, dans ce cas, ce deuxième minéral était subordonné en quantité au type de pyroxène plus ou moins bien conservé.

Considérons à présent au microscope les domaines initialement leucocrates, probablement constitués au début de plagioclase.

Dans les variétés les plus mélanocrates de la roche que nous étudions ici, ces domaines sont remarquablement envahis par une chlorite verte. Ce minéral est accompagné d'albite limpide, d'aiguilles amphiboliques vertes ou bleuâtres, de gros grains de grenat à contours irréguliers, d'épidote, de tourmaline et de quelques paillettes phylliteuses incolores d'aspect micacé.

C'est donc évidemment dans les variétés un peu plus leucocrates, à structure ophitique assez satisfaisante, que nous pouvons mieux détailler l'organisation de ces phases de remplacement (fig. 36 et 41).

¹ Le professeur P. Bearth serait porté à identifier comme une biotite verte, dans certains cas, ce minéral ici attribué à la famille des stilpnomélanes.

Rappelons d'abord l'auréole de glaucophane (*s. lato*) qui, à partir du bord du pyroxène voisin, semble rayonner vers l'extérieur de celui-ci, occupant donc une partie du domaine d'origine leucocrate. Vers l'extérieur, cette auréole a un contour déchiqueté, les fibres amphiboliques bleues se terminant ainsi souvent au sein de plages d'albite limpide.



FIG. 41 (pl. m. 72 V). — Gabbro à phénocristaux de plagioclase nombreux. La zone interstitielle triangulaire, entièrement chloritisée et amphibolisée, avec mica et stilpnomélane ou biotite (vert). Les phénocristaux de plagioclase sont transformés en albite, variété d'épidote, phyllite; présence de tourmaline et de deux petites aiguilles d'apatite. Grain d'ilménite déformé et altéré.

A ce propos, il faut signaler que cette auréole est évidemment bien visible dans le cas où un cristal pyroxénique avoisine une forme de plagioclase d'assez grande dimension (plusieurs millimètres), ce qui est fréquent. Souvent aussi, cependant, ce que nous supposons avoir été des cristaux de plagioclase de petite dimension sont inclus dans une plage de pyroxène, donnant naissance à une structure pœcilitique. Dans ce cas, l'espace dévolu au remplacement du plagioclase est entièrement occupé par l'amphibole bleue qui s'est développée vers l'extérieur des « frontières » du pyroxène, sans laisser de place, semble-t-il, au développement de la paragenèse dont nous allons

parler ici. Ce phénomène qui peut s'expliquer ainsi assez logiquement, conduit cependant parfois à l'idée de l'existence antérieure de deux phases pyroxéniques primaires différentes, intimement imbriquées en plages à contours très francs et dont l'une aurait été entièrement glaucophanisée. Des objections d'ordre chimique, de même que l'analyse minutieuse des contours morphologiques, écartent cette dernière idée.



FIG. 42 (pl. m. 73 V). — Grenat et amphibole; cette dernière est bleue à l'intérieur du grenat, et verte, associée à l'albite, à l'extérieur.

FIG. 43 (pl. m. 71 V). — Grenat englobant des prismes d'amphibole bleue.

FIG. 44 (pl. m. 73 V). — Epidote et prismes d'amphibole bleue.

Il semble en effet que les plagioclases figuraient en phénocristaux de tailles variables allant d'une longueur d'un millimètre à un centimètre environ. On peut douter dès lors que la composition de tous les grains plagioclasiques, petits et grands, ait été la même; si tel avait été le cas néanmoins, l'amphibole bleue, accompagnée d'un peu

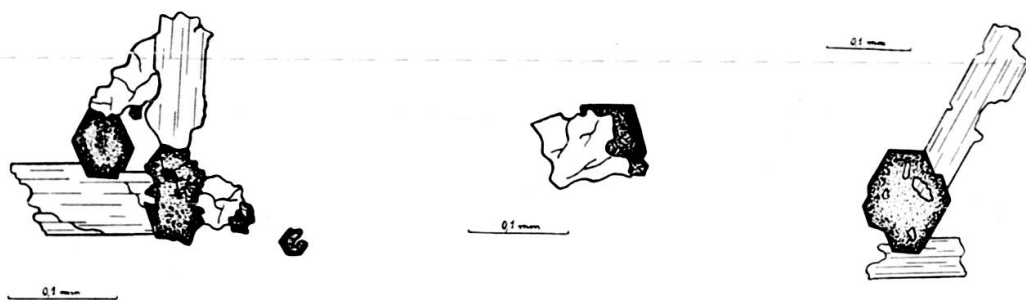


FIG. 45 (pl. m. 72 V). — Epidote et tourmaline, dans « fond » albite-chloritique garni de paillettes d'aspect micacé, à biréfringence basse.

FIG. 46. — Semblable à fig. 45.

FIG. 47. — Semblable à fig. 45.

d'albite, se serait développée et conservée de façon prioritaire dans les petits espaces, et la mobilité chimique aurait été suffisante pour « refouler » vers le centre des espaces leucocrates plus grands les constituants des autres minéraux tels qu'épidote, grenat, albite, chlorite; nous verrons qu'il faut rester réticent devant cette dernière hypothèse.

Prenons donc un espace leucocrate rectangulaire typique, de taille moyenne, long de 2 ou 3 mm, large d'un millimètre; il s'avère nettement zoné (fig. 41 à 49).

La partie centrale, grossièrement rectangulaire elle aussi, est partagée entre des représentants de différents membres de la famille de l'épidote d'une taille proche de 0,2 mm et qui sont en majorité, et des lamelles d'aspect micacé mais à biréfringence assez faible, associée à des facules d'albite. On trouve aussi quelques petites mouches chloriteuses, mais le fait d'observation le plus saisissant est l'abondance de prismes trapus de tourmaline verte à vert-jaune, plus ou moins zonés, d'une taille équivalente à celle des grains épidotiques, et très étroitement imbriqués avec ceux-ci.

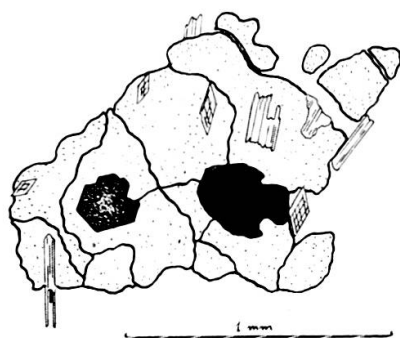


FIG. 48 (pl. m. 73 V). — Grenat avec prismes d'amphibole bleue, tourmaline et grain opaque en inclusions. Le long des fractures du grenat: pigmentation rousse.

FIG. 49 (pl. m. 73 V). — Grain du groupe de l'épidote, partiellement coloré en rouge-brun très sombre (allanite ?). Grain d'apatite, fibres amphiboliques bleues et vertes.

La partie marginale est presque exclusivement albitique, garnie, s'il y a lieu, du bord déchiqueté de l'auréole amphibolique bleue du pyroxène voisin (fig. 38 et 39).

Si nous considérons des espaces leucocrates dans un échantillon très foncé où ils sont peu nombreux, nous constatons l'absence de toute structure zonée: la chlorite, l'albite et l'épidote se partagent ce domaine, avec apparition et développement très important de grains de grenat (diamètre: 0,2 à 0,3 mm) à contours irréguliers, partiellement brisés en apparence. Ces grenats sont souvent intimement imbriqués avec des grains épidotiques. Par ailleurs, il arrive que la tourmaline idiomorphe, nettement moins abondante dans ces échantillons mélanocrates, soit incluse complètement dans le grenat (fig. 48); en outre, fréquemment, ce dernier minéral se développe d'une façon « dendritique » autour de petits prismes de « glaucophane », qui parfois se prolongent vers l'extérieur sous forme de fines fibres amphiboliques vertes, environnées d'albite (fig. 44). Disons immédiatement que ce phénomène de détail suggère une hypothèse: le grenat, partiellement postérieur à l'amphibole, ou tout au plus son contemporain, l'a soit amenée à cristalliser sous forme de « glaucophane » dans le domaine adjacent uniquement, soit plus probablement l'a partiellement protégée dans une phase suivante, de la dégradation en albite et fibres amphiboliques vertes.

Quelquefois nous avons découvert des grains d'épidote zonés et partiellement colorés en brun très foncé, substance rappelant une variété d'allanite (fig. 49).

La description de ces espaces d'origine feldspathique nous paraît pouvoir étayer l'hypothèse selon laquelle les plagioclases étaient assez nettement zonés, fortement sodiques vers les bords, et en outre, les individus de très petite taille étaient peut-être de l'albite à peu près pure; de plus nous avons remarqué que la partie centrale, épidotique, grenatifère et phylliteuse, semble avoir été plus favorable au développement de la tourmaline; ajoutons cependant que nous avons rencontré des amas de prismes de tourmaline accolés à un cristal d'ilménite leucoxénisé; il faut surtout insister sur le fait que nous n'avons *jamais* noté de tourmaline dans les plages d'origine manifestement mafique.¹ En ce qui concerne la « zonation » des plagioclases, nous ne pouvons pas écarter néanmoins la possibilité d'une réorganisation secondaire des éléments chimiques, peut-être favorisée par un apport pneumatolytique suggéré par la tourmaline, réorganisation secondaire qui aurait groupé les constituants des phases sodiques (albite et glaucophane) vers la périphérie des formes cristallines, et les phases calciques en leur centre, évoquant ainsi trompeusement une zonation feldspathique primaire.

Par ailleurs, il serait permis d'attribuer la disposition en auréole des aiguilles d'amphiboles bleues autour des plages pyroxéniques, à une corrosion des cristaux déjà formés de feldspaths par un résidu plus ou moins fluide résultant de la cristallisation du pyroxène, résidu refusé par ce dernier. Cette idée ne résiste pas, semble-t-il, à la présence d'amphibole bleue dans des fractures nettes de plages pyroxéniques fraîches.

Il est finalement de quelque intérêt d'examiner sous le microscope un des filonnets de couleur blanc crème qui sillonnent parfois ce gabbro pyroxénique. Nous y découvrons des grains épidotiques (1 mm de large) très abondant, du quartz et de la calcite en grandes plages, accompagnés de rares fibres amphiboliques de couleur pâle. De même que l'aspect macroscopique et la structure générale assez désordonnée, ces caractères nous rappellent des variétés du liséré blanc associé aux roches vertes et aux schistes noirs, ailleurs dans le Versoyen.

Il nous paraît préférable d'intégrer l'interprétation générale des phénomènes décrits ci-dessus dans le paragraphe final portant sur les roches grossièrement grenues de la Pointe-du-Clapey.

ANALYSE CHIMIQUE

Analyse 8 : Echantillon de mélagabbro à reliques de pyroxènes, recueilli dans un bloc arrondi, dans le lit du Versoyen, un peu en dessous du lieudit « ancienne mine ».

¹ Le B n'aura peut-être trouvé l'Al disponible pour la formation de tourmaline que dans les cristaux feldspathiques.

SiO ₂	42,39		
Al ₂ O ₃	13,32		
TiO ₂	4,45	Paramètres de Niggli	
FeO	12,58	si	95
Fe ₂ O ₃	4,09	al	17,5
CaO	9,75	fm	52,3
MgO	6,36	c	23,4
Na ₂ O	2,91	alk	6,7
K ₂ O	0,22	k	0,04
MnO	0,31	mg	0,4
P ₂ O ₅	0,13	ti	7,4
H ₂ O ⁺	3,11		
H ₂ O ⁻	(0,23)	qz	—31,8
S ⁻²	traces		
	<hr/> 99,62		

CHAPITRE IV

LES « GLAUCOPHANITES »
 LOCALEMENT A STRUCTURE PORPHYRIQUE
 ET FACIÈS ASSOCIÉS

La « glaucophanite » de la Pointe-du-Clapey est certainement une des roches les plus belles et les plus intéressantes de la région du Versoyen. Associée à différentes variétés, elle constitue la partie centrale et principale de la grande falaise nord, ainsi que la majeure partie de la zone ouest de la montagne. Les vastes éboulis du versant nord et, à un degré moindre, le bel éboulis orienté au sud et se dirigeant vers le chalet en ruine du Clapey, nous offrent un large choix d'échantillons représentatifs de ce faciès.

Dans la zone essentiellement « glaucophanique », à l'W. et sous le sommet du Clapey, la paroi terminale qui est absolument verticale s'avère constituée d'une roche de couleur très claire, verdâtre ou beige, finement grenue, que nous décrirons également dans ce paragraphe. Cet affleurement situé à l'altitude approximative de 2520 m, est haut d'une soixantaine de mètres, mais nous pensons que ce faciès leucocrate constitue en réalité un niveau de faible épaisseur (quelques mètres peut-être) dont on ne voit que la surface redressée.

En plusieurs points, et le plus souvent vers l'extérieur de la masse « glaucophanique », il est possible d'observer un passage entre celles-ci et une roche verte

ou vert-jaune, très finement grenue, que nous étudierons dans le paragraphe consacré aux faciès « de bordure ». Ce passage se fait en quelques décimètres, soit par diminution du grain et éclaircissement de la teinte de la roche, soit par l'intermédiaire de structures bréchiques.

Signalons enfin, sous le sommet de la Pointe-du-Clapey, vers le N.-W., au-dessus d'une « vire » herbeuse très escarpée, une petite crevasse qui entaille le pied de la paroi sommitale, vers l'altitude de 2500 m; cette crevasse est tapissée de croûtes constituées de minéraux cuprifères assez spectaculaires: malachite, azurite, etc.

Nous examinerons ici les deux faciès suivants:

1. La « glaucophanite » et ses variétés.
2. La roche de couleur blanc crème (très finement grenue).

1. LA « GLAUCOPHANITE » ET SES VARIÉTÉS

Description macroscopique

A l'œil nu la roche s'avère très massive et sans orientation; elle surprend par sa coloration bleue, presque noire. Ce fond très sombre est irrégulièrement garni de formes rectangulaires blanches à allure de plagioclase. La patine est souvent de coloration roux foncé.

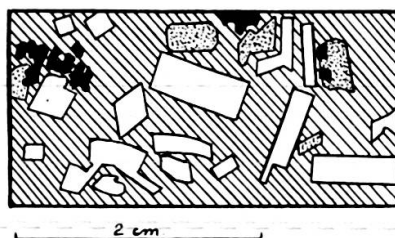


FIG. 50 (éch. 76 V). — Plagioclases, phénocristaux de pyroxène (pointillés), ilménite (en noir), sur fond fortement glaucophanique, de la roche à structure porphyrique. Le fond était soit très finement grenu, soit vitreux.

Les phénocristaux blancs ont une longueur qui varie entre 4 et 15 mm. et plus. Ils sont répartis en nuages irréguliers, mais ils ne s'accumulent presque jamais suffisamment pour donner une structure précise; néanmoins, dans les cas rares où leur densité est plus grande, ils s'orientent sensiblement, évoquant une structure vaguement ophitique et fluidale, très proche de la photo 3 A, présentée par Wager, Brown et Wadsworth (1960), mais les phénocristaux étant quatre fois plus gros. Le plus souvent, ils sont disposés sans aucune orientation privilégiée. Quelquefois ils se rapprochent pour former des petits groupes de quatre ou cinq éléments; cependant, le plus fréquemment, ils flottent isolément dans la pâte mélanocrate (fig. 50 à 52).

Les contours de ces formes rectangulaires ne sont pas toujours nets, et elles apparaissent alors comme des taches floues; cette modification conduit parfois à de

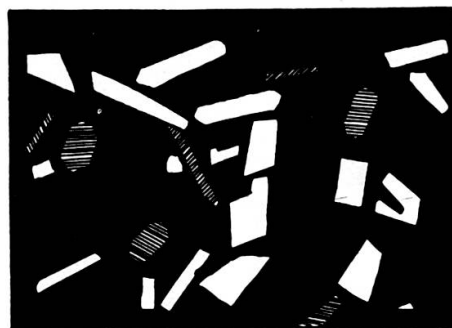
fâcheuses équivoques car, nous l'avons déjà vu, certains types de roches vertes se garnissent parfois de petites ocelles dont la signification n'est pas élucidée. Il faut noter encore que les phénocristaux peuvent être de taille différente dans le même spécimen.

L'examen de ces plages claires permet de remarquer des amas grenatifères rouge orangé, plus ou moins groupés vers le centre de la plage. On note aussi parfois dans ces plages d'éphémères reflets micacés, et quelques zones d'accumulation d'épidote.

La matrice sombre ne se résout pas facilement. Il est cependant possible d'y découvrir de grandes plages vertes très allongées, dérivant de cristaux pyroxéniques, et entourées d'une marge bleu foncé; leur longueur peut varier, dans le même échantillon, de quelques millimètres à plus de 2 cm. Ces formes prismatiques zonées sont éloignées les unes des autres, et indépendantes quant à leur orientation.



2 cm



1 cm

FIG. 51 (éch. 77 V). — Relation entre domaine d'origine leucocrate (plagioclase) et domaine mélanocrate, apparemment plus finement grenu ou vitreux dans son état initial.

FIG. 52 (éch. 78 V). — Fantôme de structure avec plagioclase (en blanc), pyroxène (ligné) et mésostase plus fine. Glaucophane, stilpnomélane et grenats abondants.

De même que les formes rectangulaires blanches, ces phénocristaux très allongés semblent baigner dans une substance finement cristallisée très sombre, un peu scintillante, où l'amphibole bleue sombre, le stilpnomélane en nids roux à éclat assez métallique, et l'ilménite peu évidente à l'œil nu malgré son abondance, jouent le rôle primordial; se joignent à cette paragenèse visible quelques petits grenats de couleur miel et de l'épidote.

Certaines zones d'affleurement, assez capricieusement réparties, sont remarquables par la densité des aiguilles d'apatite à habitus quasi fibreux, de couleur grise, et visibles à l'œil nu. Elles ont tendance à s'orienter parallèlement les unes aux autres.

Particulièrement dans la zone W. de l'ensemble « glaucophanique », un phénomène discret mérite d'être souligné: il s'agit de la présence de petits yeux de quartz limpide, de quelques millimètres de diamètre, disséminés parfois en assez grand

nombre au sein de la roche porphyrique; celle-ci est par ailleurs compacte en apparence, dénuée de fissures ou de minéralisation.

La « glaucophanite » peut se présenter sous un aspect plus finement grenu, dénué de formes suggérant des phénocristaux; dans ce cas, la granulométrie générale est de quelques millimètres au maximum, et la teinte des échantillons, très foncée, tend soit vers le gris-bleu, soit vers le gris-vert. Le sommet même du Clapey est constitué par une roche appartenant à cette variété. Il nous semble exister tous les termes de passage entre ce type à grains plus fin, non porphyrique, et la roche verte décrite au chapitre précédent.

Description microscopique

Les minéraux secondaires se sont développés sans respecter fidèlement la structure primaire de la roche. Il est donc difficile, et peut-être imprudent, de reconstituer la trame initiale de celle-ci. Pour tenter néanmoins cette reconstitution, il faut conjuguer les examens microscopique et macroscopique; ce dernier, en effet, révèle des formations minérales qui échappent dans la confusion paragenétique que l'on perçoit au microscope; ceci est vrai en particulier pour les grands fantômes clairs d'origine probablement feldspathique.

Il est presque certain que la structure primaire était essentiellement porphyrique, les familles des feldspaths et des pyroxènes constituant l'essentiel des phénocristaux, auxquels il faut joindre l'ilménite, l'apatite et peut-être le quartz. Les représentants de ces différentes espèces étaient de taille et surtout de densité d'accumulation très variables d'un point à l'autre de la roche. Les cristaux pyroxéniques possédaient des dimensions toujours inférieures à celles des prismes feldspathiques. Tous les grains cristallins primaires idiomorphes s'avèrent avoir été, au moment de la consolidation de la roche, éloignés et indépendants les uns des autres; tout au plus manifestaient-ils une légère tendance au groupement à trois ou autre individus plus ou moins accolés, sans jamais atteindre au faciès « léopard », décrit au Canada, par exemple, par Baragar (1960).

L'idiomorphie très nette et l'éloignement réciproque des phénocristaux primaires constituent les faits structuraux fondamentaux; ceux-ci impliquent évidemment l'existence d'un « ciment », sorte de mésostase, en quantité importante; il n'est pas possible de préjuger de sa nature car elle ne recèle aucune structure relique.

Quelques grains d'ilménite ou d'apatite brisés, quelques formes pyroxéniques ou feldspathiques très légèrement pliées ou laminées, indiquent qu'un certain effort mécanique a pu s'exercer sur la roche. Ces déformations sont locales et assez discrètes pour que nous négligions momentanément ce phénomène, car, par exemple, les prismes très allongés et assez fins de pyroxène nous sont conservés à peu près intacts dans leur morphologie.

Quelques schémas nous permettent de représenter la structure primaire de différents échantillons de la variété examinée ici dans la mesure où nous avons pu

la reconstituer à travers toutes les modifications dues au métamorphisme (fig. 53 et 54).

Nous décrirons successivement ci-dessous quatre éléments primaires ainsi que les modifications métamorphiques complexes que chacun d'entre eux semble avoir subies :

- a) Les phénocristaux de pyroxène (et leurs dérivés de métamorphisme).
- b) Les phénocristaux feldspathiques (et leurs dérivés).
- c) L'ilménite, l'apatite et les plages de quartz.
- d) La mésostase indifférenciée.

a) *Les phénocristaux de pyroxène* (et leurs dérivés de métamorphisme)

Les pyroxènes possèdent un habitus prismatique très allongé, d'une longueur variant entre le millimètre et le centimètre, mais toujours de taille sensiblement inférieure à celle des formes d'origine feldspathiques les plus proches. Les sections allongées ont souvent des extrémités d'apparence fuselée qui nous indiquent un développement important de faces hémipyramidales.

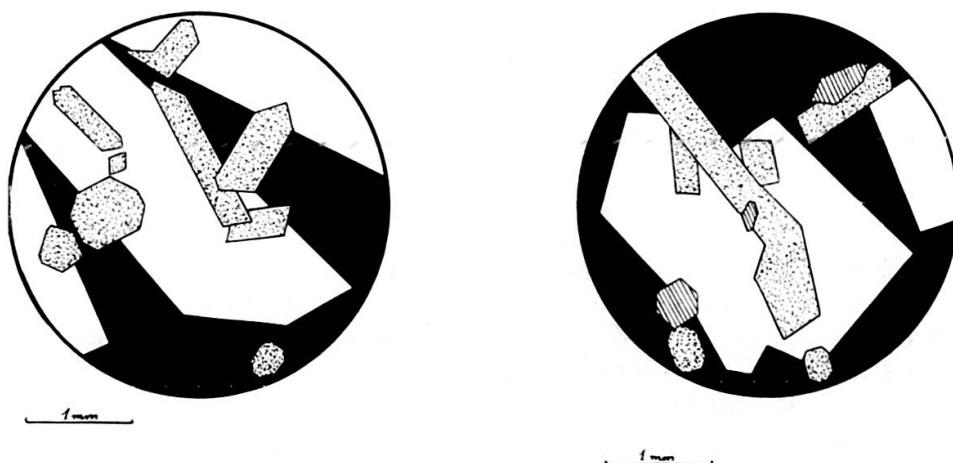


FIG. 53 (éch. 77 V). — Domaines d'origine plagioclasique (en blanc) et pyroxénique (pointillé).
En noir: domaine indifférencié (mésostase ?).

FIG. 54. — Semblable à fig. 53 avec cristaux d'apatite (lignés).

Dans quelques plaques minces, il nous a été donné d'identifier quelques reliques de ce pyroxène apparemment primaire. Ces fragments sont toujours très petits, abîmés et, semble-t-il, en voie de « résorption ». Ils sont pléochroïques, très colorés en vert ou en vert-jaune. Ces reliques s'avèrent fréquemment maclées, de même qu'elles montrent une forte tendance à une fissuration fine, transversale à l'allongement du prisme. Nous pouvons attribuer ce minéral à une variété ægyrinique, identification qui pourrait être encore confirmée par l'habitus allongé et fuselé attribuable au

développement de faces d'indices (461). La « résorption » de ce pyroxène s'effectue en une subdivision en très fins granules, ce qui conduit à une phase semi-opaque vert très foncé, d'autant plus obscure que s'y joignent de petites « gouttelettes » de sphène. Cette résorption, due à une phase de métamorphisme, s'accompagne d'un développement de belles plages de quartz d'une taille de 0,3 mm environ, parfois davantage. Ce quartz, en général très limpide, contient parfois en inclusions tantôt des granules verts de pyroxène, tantôt de beaux petits cristaux de sphène, tantôt enfin

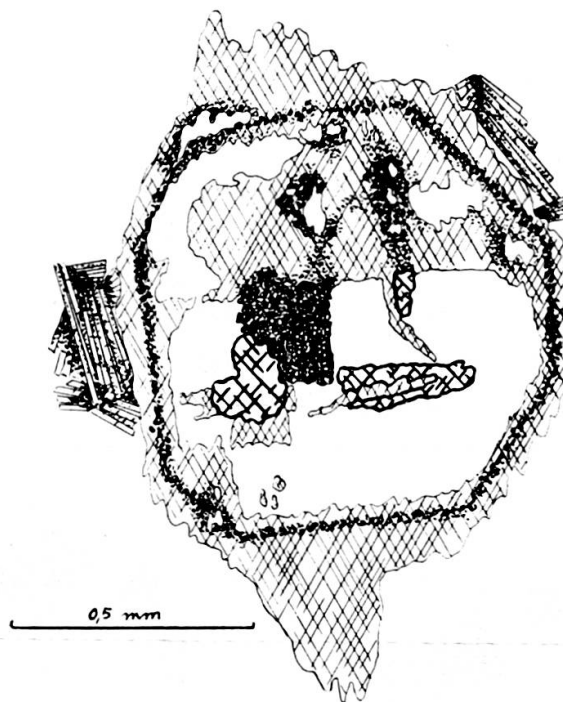


FIG. 55. — Fantôme de pyroxène (ægyrinique ?) avec quelques reliques conservées vers le centre. Grande plage d'amphibole bleue, bordée de quelques gerbes de stilpnomélane. Granules verts de résorption du pyroxène et grandes plages de quartz limpide. Le contour du pyroxène est transmis grâce à une ligne de grains de sphène et une coloration un peu plus intense de l'amphibole.

quelques aiguilles amphiboliques bleutées. Lorsque ces plages de quartz ont pris un volume important à l'intérieur de la pseudomorphose de pyroxène, la phase semi-opaque verte dont nous venons de parler se comporte d'une façon très spéciale: elle se dispose en sortes de canaux très étroits séparant les plages de quartz dont les contours sont souvent rectilignes. Le fantôme de pyroxène est ainsi transformé en une sorte de treillis à mailles larges dont les trous seraient occupés par le quartz. Dans les sections prismatiques allongées, nous voyons souvent la substance semi-opaque verte, dont la nature initiale est encore plus ou moins identifiable, alterner avec des plages de quartz, ces deux phases minérales étant disposées en niveaux allongés transversalement à l'axe du prisme, évoquant une peau tigrée (fig. 55, 56, 57 et photos 7 et 8).

En général, les sections « basales » du pyroxène nous permettent de voir en leur centre une plus grande accumulation de reliques primaires et de phase verte semi-opaque; cette dernière rayonne en fins canaux vers la périphérie de la forme, où elle s'épanouit à nouveau en quantité un peu plus grande, associée alors presque toujours à l'auréole amphibolique bleue dont nous allons parler. Ainsi, occupant l'espace



FIG. 56 (pl. m. 81 V). — Même phénomène que pour la fig. 55. Le centre de la forme pyroxénique est garni d'une sorte de couronne semi-opaque verte. Granule assez important de sphène. Stilpnomélane en gerbe.

entre ces fins canaux semi-opaques disposés en treillis et plus ou moins rayonnants, les plages de quartz limpide occupent une situation vaguement intermédiaire entre le centre et le bord des formes pyroxéniques; cette loi géométrique n'est jamais que très imparfaitement observée et souffre de nombreuses exceptions.

La partie intérieure de la forme pyroxénique est quelquefois garnie de petits archipels constitués de houppes de chlorite très verte, et il est encore possible de déceler parfois quelques grains d'épidote ou de grenat.

Nous avons été amenés à passer tout naturellement de la description des quelques plages reliques à celle du quartz et de la structure centrale des prismes pyroxéniques métamorphiques. Nous aurions pu aborder la description de ceux-ci en considérant tout d'abord leur zone périphérique.

Dans tous les cas, les contours des cristaux de pyroxène sont très fidèlement conservés par l'alignement de petits granules à indice de réfraction élevé, parmi lesquels le sphène semble jouer le plus grand rôle. Indifférentes le plus souvent à cette ligne de contour nette, se surimposent les différentes plages de minéraux secondaires.

Dans la plupart des cas, une amphibole bleu violacé, pléochroïque, constitue la zone marginale, *intérieure* et *extérieure*, de la forme pseudomorphosée (fig. 56).

Les plages de cette amphibole bleue, qui paraissent souvent n'être que des groupements de prismes aciculaires parallèles, s'avèrent posséder la même orientation optique et morphologique tout autour du cristal de pyroxène initial: ceci revient à dire que la plage amphibolique secondaire, malgré un contour assez irrégulier et déchiqueté et, malgré le fait qu'elle soit occupée en son centre par des phases différentes, ne correspond en réalité qu'à un seul et même cristal. L'orientation morphologique de ce cristal amphibolique est souvent parallèle à celle du cristal de pyroxène, mais quelquefois cependant, leurs allongements respectifs font un angle sensible.

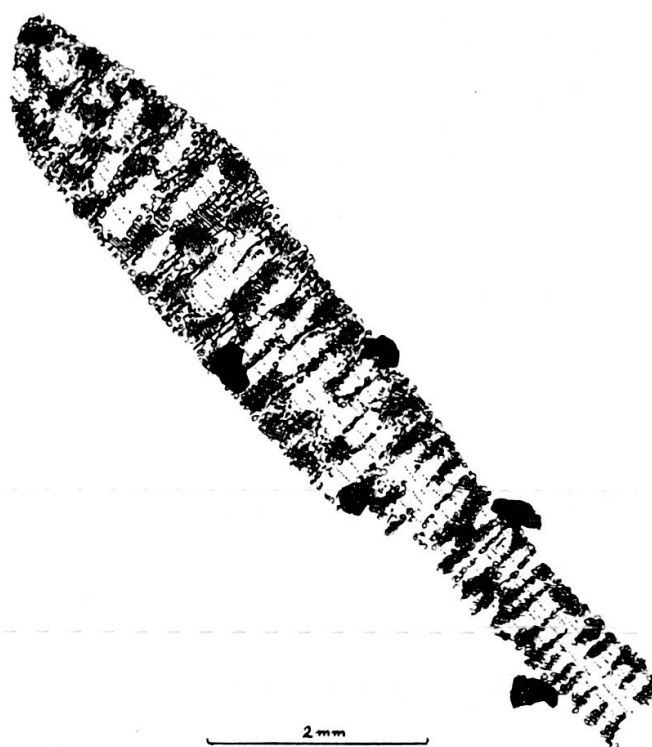


FIG. 57 (pl. m. 78 V). — Section allongée de pyroxène altéré; le pyroxène est résorbé en granules verts très ténus, et envahi de quartz assez limpide. Grains semi-opaques de nature titanifère. Le tout dans un fond albito-chloritique, très chargé de grains d'épidote et de fibres amphiboliques.

Cette auréole amphibolique bleue nous rappelle un caractère particulier de la roche très pyroxénique à structure ophitique décrite au paragraphe précédent. Ici néanmoins, l'amphibole secondaire se développe bien davantage, et pénètre largement à l'intérieur des plages initialement pyroxéniques, où elle rejoint le domaine des fins granules verts et du quartz limpide. De plus, très souvent, l'amphibole bleue s'est développée, semble-t-il, indépendamment de l'auréole périphérique, dans la zone centrale du fantôme de pyroxène.

Il nous faut ajouter que dans l'auréole bleue le contour du prisme primaire, déjà esquissé par les grains à « relief » élevé (sphène), est souligné par une intensification de la couleur de l'amphibole (fig. 58).

Le stilpnomélane, omniprésent dans les différents domaines de la roche que nous étudions, apparaît en faisceaux de belles lamelles jaune orangé, longs de plusieurs dixièmes de millimètres. Il lui arrive d'envahir presque totalement des domaines d'origine pyroxénique (éch. 79 V). En général cependant, ces faisceaux semblent prendre naissance soit le long du contact entre deux phases minérales secondaires différentes, soit à la faveur de petites fissures.

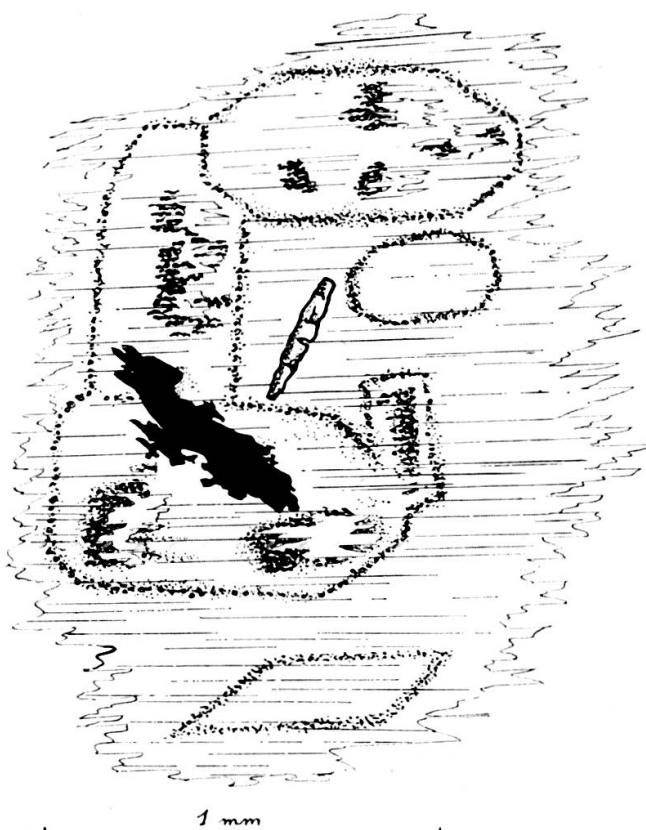


FIG. 58 (pl. m. 82 V). — Une seule grande plage d'amphibole bleue englobe plusieurs fantômes de pyroxènes, aux contours soulignés par le sphène et par une intensification de la couleur. Une aiguille d'apatite et un grain d'ilménite leucoxénisée.

b) *Les phénocristaux feldspathiques* (et leurs dérivés de métamorphisme)

La forme des prismes d'origine feldspathique probable est trapue et nettement parallélipédique. Le microscope nous révèle que les fantômes de ce type sont presque toujours vaguement zonés. Lorsque les plages sont de surface suffisante, on peut en effet observer à partir du bord vers le centre la succession suivante: une marge étroite constituée d'albite et d'un peu de quartz en mosaïque, puis une auréole épousant fidèlement le contour du cristal initial, constituée de grains appartenant au groupe de l'épidote, incolores, à biréfringence basse, et enfin une zone centrale

partagée entre de petites plages d'albite, de très nombreuses paillettes incolores d'aspect micacé quoique à biréfringence relativement modérée, et de gros phénocristaux épidotiques, souvent colorés en jaune citron, à biréfringence et dispersion fortes. Des cristaux de grenats, fissurés et à contours irréguliers, accompagnent généralement les grains épidotiques avec lesquels ils semblent en étroite association, quoique légèrement antérieurs. De tous les minéraux secondaires de ce domaine d'origine leucocrate, le grenat et l'épidote jaunâtre semblent les moins respectueux de la zonation géométrique que nous schématisons. Les grenats, par exemple, ont parfois tendance à s'amasser en ensembles de forme allongée, sortes de courts filonnets assez larges et informes. De même que les grains épidotiques, les grenats enclavent de petits prismes amphiboliques et quelques mouches chloriteuses.

Les cristaux d'épidote jaune citron sont généralement zonés de façon spectaculaire. Quelquefois, le domaine central du grain est coloré en rouge-brun et son pléochroïsme le conduit jusqu'au brun-noir; nous pourrions assimiler cette variété à un genre d'allanite.

Pour compléter cette revue des minéraux paraissant dériver des plages de nature feldspathique, mentionnons le stilpnomélane dans ses variétés jaune orangé et verte, quelques amas chloriteux verts ainsi que quelques prismes de tourmaline bleu-vert, beaucoup moins abondante que dans la roche examinée au chapitre précédent.

L'échantillon 60 V nous montre pour les plages d'origine plagioclasique qui sont ici accumulées en assez grand nombre, une zone quartzo-feldspathique assez différente de ce qui existe dans le cas habituel ici: des petites facules à macles polysynthétiques sont réparties assez irrégulièrement dans un fond feldspathique non maclé dont elles ne se distinguent pas par une différence d'indice. Le quartz en petites gouttes de forme irrégulière crible ces plages.

c) *L'ilménite, l'apatite et les plages de quartz*

L'ilménite presque entièrement leucoxénisée figure sous forme de grains de taille variable, certains atteignent le centimètre de longueur. Il est difficile de dire si les fragments plus petits sont dus au bris de grains grossiers; certains cristaux en effet ont des relations avec leur entourage (amphibole bleue ou chlorite par exemple), telles que l'on pourrait penser à des mouvements du cristal dans un milieu en voie de cristallisation et mécaniquement disponible. Nous notons en outre pour l'ilménite des contours en général plus trapus et arrondis qu'on ne le voit dans les autres roches du Versoyen.

L'apatite est omniprésente et souvent exceptionnellement abondante. Ses relations avec l'ilménite et avec les pseudomorphoses de pyroxènes suggèrent une origine primaire. Ce minéral apparaît parfois au microscope en prismes longs de plusieurs millimètres et larges de 0,1 mm. En d'autres cas, il s'agit de prismes très trapus. Ces cristaux sont souvent légèrement brisés, leurs fragments n'étant jamais très dispersés. Deux observations de détail nous ont arrêté: quelques cristaux d'apatite s'avèrent

corrodés par des représentants ténus d'amphibole, de chlorite, etc. Il est peu probable que le minéral primaire se soit développé initialement sous des formes donnant ces sections en « atolls ». Par ailleurs, nous avons noté la structure zonée de certains prismes d'apatite qui se chargent en leur partie centrale de poussières opaques ténues paraissant parfois en relation avec de petites fissures transversales. Ces observations pourraient suggérer une zonation discrète de l'apatite.

Le quartz est présent d'une façon bien distincte et indépendante de son développement en pseudomorphoses de pyroxène. Il s'agit alors de grandes plages limpides, de plusieurs millimètres de diamètre, qui ne paraissent ni correspondre à des réseaux de filonnets ni accompagner quelque minéralisation métallifère. Il est seulement permis de remarquer parfois une « efflorescence » de lames de stilpnomélane sur le pourtour de la plage quartzique. Bien plutôt qu'un apport siliceux tardif, nous serions porté à voir ce quartz comme tout au plus recristallisé *in situ*, et correspondant donc à un quartz exprimé dans la roche primaire. La question demeure de savoir si, étant donné le caractère porphyrique de la roche, nous avons un quartz de remplissage de vacuoles dans une roche à structure effusive vacuolaire ou s'il existait des phénocristaux quartziques.

d) *La mésostase indifférenciée*

Tous les minéraux de métamorphisme que nous avons passés en revue à propos de ce type de roche se retrouvent dans les espaces assez vastes qui « cimentent » les phénocristaux pseudomorphosés ou à l'état de relique.

Il y a cependant une nette prédominance de l'amphibole bleue, puis du stilpnomélane, de la chlorite et de fibres amphiboliques vertes. Les amphiboles sont ici remarquablement ténues en comparaison du volumes qu'elles occupent lorsqu'elles se sont développées à la périphérie ou dans des phénocristaux primaires. Le stilpnomélane, les grenats, l'épidote (plus ou moins jaune, quelquefois avec zones d'allanite) sont présents en cristaux de grande taille (0,2-2,5 mm) à l'instar de ce qu'ils sont dans des domaines pseudomorphosés.

L'hypothèse qui se présente spontanément à l'esprit au sujet de cette mésostase est qu'il s'agissait à l'origine d'un domaine finement grenu et peut-être partiellement vitreux. Dans ce dernier cas, nous aurions pu nous attendre à y voir se développer les plages les plus vastes de minéraux de métamorphisme, d'amphibole bleue en particulier.

Pour résoudre cette contradiction nous serions prêt à faire intervenir les légères déformations mécaniques dont semblent témoigner partiellement certains phénocristaux ainsi que certaines structures vaguement fluidales dans le « ciment »; une certaine disponibilité mécanique, sorte de viscosité, se serait manifestée grâce même à la fine granulométrie initiale de la mésostase au moment d'une des premières phases de transformation, correspondant sans doute à une grande activité chimique en son sein. Les phénocristaux offraient alors le support le plus stable au développement

de grandes plages amphiboliques. Le stade final de cette phase aurait vu enfin un développement de ces minéraux dans la matrice, mais, évidemment, développés en moins grand volume et en désordre, suivis ultérieurement du développement partout égal des grenats, d'épidote, du stilpnomélane, etc. Ces derniers minéraux s'avèrent en effet presque toujours postérieurs aux amphiboles bleues, si l'on se réfère aux relations structurales. Nous verrons que la nature minéralogique de la mésostase de cette roche porphyrique pourrait être en relation avec des phénomènes magmatiques tardifs, ayant peut-être joué un grand rôle dans un épisode initial, et inattendu, de métamorphisme.

ANALYSE CHIMIQUE

Analyse 9 : Spécimen de glaucophanite à structure porphyrique recueilli à l'aplomb du sommet de la Pointe-du-Clapey, dans la falaise orientée vers le N.-W., à environ 90 m sous le sommet.

SiO ₂	51,80	Paramètres de Niggli	
Al ₂ O ₃	15,28		
TiO ₂	1,02		
FeO	7,90		
Fe ₂ O ₃	6,95		
CaO	7,10		
MgO	2,62		
Na ₂ O	4,13		
K ₂ O	0,55		
MnO	0,24		
P ₂ O ₅	0,72	si	141
H ₂ O ⁺	1,60	al	24,5
H ₂ O ⁻	(0,07)	fm	43,1
CO ₂	0,21	c	20,7
		alk	11,6
		ti	2,1
		k	0,07
		mg	0,24
		qz	—5,4
	100,12		

Un variété : La glaucophanite fine, dénuée de structure porphyrique

Les observations de terrain nous invitent à individualiser une catégorie de roche mélanocrate dont aussi bien la coloration bleu-vert foncé que la répartition géographique indiquent la proche parenté avec les glaucophanites décrites ci-dessus. Le sommet même de la Pointe-du-Clapey est constitué par ce faciès. Disons ici que ce sommet se présente comme un amoncellement de gros blocs mal consolidés; on peut déduire de cet amoncellement inusité sur un sommet aussi abrupt que des aiguilles rocheuses devaient l'environner et le dominer et qu'elles se sont éboulées il y a peu.

Cette variété de roche bleu-vert à grain moyen ou fin se rapproche par son aspect macroscopique de certains types de roche verte à grain moyen du Clapey, que nous avons décrits précédemment; ces derniers, déjà représentés massivement sur le flanc S.-E. et l'arête E., se rencontrent ailleurs assez fréquemment à titre de faciès intermédiaire entre les représentants de grandes familles pétrographiques aux traits bien affirmés. L'oeil nu est impuissant à les différencier les uns des autres avec exactitude, ces roches très mélanocrates à nuance et structure changeant très localement et insensiblement, lorsqu'elles ont une granulométrie plutôt fine.

Description macroscopique

La roche est très massive, sans aucune orientation, d'une couleur bleu-vert très sombre, pigmentée en certains points de vert-jaune plus clair. Son grain est assez fin, atteignant au maximum 2 ou 3 mm. On peut distinguer à l'œil nu une phase bleu-noir, des grains à éclat métallique ainsi que des formes allongées plus claires, blanchâtres ou jaunâtres, qui esquissent de fines structures d'un type diabasique. La loupe permet de reconnaître quelques grenats couleur de miel et quelques petits yeux de quartz.

Description microscopique

La structure est déterminée par la très grande accumulation de plages amphiboliques, dont l'habitus tend souvent vers des prismes trapus, longs d'un peu moins d'un millimètre. Une phase d'origine plus leucocrate constitue soit une sorte de fond, soit un remplissage d'interstices, soit enfin des formes vaguement prismatiques suggérant l'habitus de plagioclase. Ces plages sont de même taille ou très légèrement plus grandes, que les formes amphiboliques. Il n'est pas possible de qualifier clairement la structure régissant cet ensemble, aucun contour primitif n'ayant été conservé; il est tout au plus permis d'hésiter entre une structure primaire finement porphyrique à mésostase peu abondante et une variété holocristalline non porphyrique, assez finement grenue.

Les plages mélanocrates sont partagées entre des variétés vertes et bleues d'amphiboles pléochroïques, assez intimement associées, du stilpnomélane, de la chlorite et de fins granules de sphène. Ces amphiboles sont disposées de telle sorte que les plages colorées ont des contours d'apparence fibreuse qui tendent souvent à s'enchevêtrer avec les fibres voisines en une sorte de treillis; de plus les plages à clivage basal ont des contours flous et irréguliers. Ces observations nous indiquent la nature secondaire de ces amphiboles, au sein desquelles nous n'avons décelé en général aucune forme fantôme.

Les espaces d'origine leucocrate, ne possédant que rarement des contours évocateurs de prismes plagioclasiques, sont garnis d'albite et surtout de grands cristaux d'épidote et de grenats.

L'ilménite abondante, corrodée et leucoxénisée, en grains de 0,5 à 2 mm de dimension, l'apatite en petits prismes fréquents et la tourmaline assez rare, complètent cette paragenèse.

L'échantillon 83 V, recueilli à proximité des belles glaucophanites de la zone W. du Clapey a retenu notre attention pour deux raisons : la présence de belles reliques de pyroxène et celle d'un petit filonnet microscopique intéressant.

La description générale de cette roche est conforme à celle que nous avons donnée ci-dessus, à ces différences près que la phase d'origine leucocrate prend en quantité une importance au moins égale aux phases mélanocrates et qu'elle donne lieu au développement de fines paillettes micacées.

Les reliques pyroxéniques sont incolores à jaune-rose très clair et entourées d'auréoles successives d'amphiboles verte et bleue, avec chlorite en taches et stilpnomélane en « efflorescences » apparemment plus tardives.

Le filonnet microscopique est en certains points entièrement garni d'amphibole bleu violacé très pâle, légèrement coloré en vert à sa périphérie; en d'autres points, l'épidote, le stilpnomélane, l'albite et la chlorite remplissent cette fissure, paraissant selon leur relation réciproque s'être formés dans l'ordre énoncé ici, avec contemporanéité apparente pour l'albite et la chlorite.

L'échantillon 84 V provient du sommet même du Clapey. Sa structure microscopique répond exactement à celle du prototype décrit précédemment, mais l'absence d'amphibole franchement bleue y est un fait surprenant, si l'on considère la teinte bleu sombre des échantillons macroscopiques. L'amphibole s'y révèle pléochroïque entre les teintes vert-bleu clair et jaunâtre.

Les caractères structuraux, la paragenèse de métamorphisme, la nature augitique du pyroxène en reliques, ainsi que la position géographique des échantillons rapportés à cette variété nous incitent à voir en elle un genre pétrographique, chimique et structural intermédiaire entre le gabbro pyroxénique à structure ophitique (2^{me} partie, chapitre III) et la glaucophanite sensu stricto, à belle structure porphyrique.

Rappelons que nous n'avions pas pu trouver « en place » le type gabbroïque à grandes plages pyroxéniques. Nous restons donc devant la possibilité pour cette dernière roche, d'une intrusion ultérieure à la consolidation de l'ensemble éruptif; dilemme d'autant plus inévitable que le métamorphisme aurait probablement dilué les phénomènes marginaux d'une intrusion, au cas où nous aurions pu examiner un contact. Or, la variété que nous avons qualifiée ici de « glaucophanite fine » nous semble fournir un faciès intermédiaire entre la glaucophanite grossière, porphyrique, et la roche fortement pyroxénique (2^e partie, chapitre III). Les affleurements de glaucophanite fine sont suffisamment vastes et répandus aux abords des types grossiers pour pouvoir étayer partiellement l'idée d'une appartenance du gabbro très mélanocrate, grossier, à un ensemble *différencié* cohérent. Nous reviendrons sur ce point d'une manière plus synthétique, dans le paragraphe final.

2. LA ROCHE DE COULEUR BLANC CRÈME

(très finement grenue)

Nous avons évoqué, dans l'introduction du chapitre, un vaste affleurement d'une roche claire à grain très fin qui se présente au milieu du domaine des glaucophanites porphyriques. L'accès de cet affleurement est relativement périlleux: il peut se faire soit par la difficile escalade d'un couloir d'éboulis, à partir de la conduite d'eau du versant N. du Clapey, soit, ce qui est plus court et facile, en gagnant l'arête W. du Clapey à partir des « Combettes »; il faut alors descendre sur 150 m environ le couloir d'éboulis situé immédiatement à l'aplomb du sommet du Clapey vers l'W. et se dirigeant vers le Versoyen. Grâce à cette descente très difficile, l'accès s'ouvre à un certain moment sur des pentes herbeuses très escarpées, garnissant le bord E. du couloir, pentes herbeuses que l'on remontera un peu plus aisément jusqu'à l'altitude de 2530 m environ, au pied de la falaise verticale menant au sommet. L'orientation vers le N. de cette paroi de la Pointe-du-Clapey rend plus pénibles et dangereuses ces investigations. On est néanmoins récompensé ici par la vue des plus belles glaucophanites à nette structure porphyrique, par la découverte d'infractuosités aux parois tapissées de carbonates de cuivre multicolores et, finalement, par l'examen « en place » du faciès qui nous intéresse ici.

Description macroscopique

Le contact avec l'ensemble « glaucophanique » encaissant est assez franc, se faisant en quelques centimètres par l'intermédiaire d'une roche à grain fin, différenciée en parties vert clair et vert foncé, qui sont disposées selon une structure mi-bréchique, mi-fluidale; cette structure se retrouvera d'ailleurs bien développée à la périphérie S.-W., W. et N.-W. de l'ensemble éruptif du Clapey et nous le décrirons plus loin.

L'essentiel de l'affleurement est constitué d'une variété à grain très fin de couleur beige, crème ou verdâtre clair, plus rarement blanche, à cassure anguleuse et présentant à l'œil nu un mouchetage très léger.

Description microscopique

D'un point à l'autre de la plaque mince, la structure générale, d'ailleurs incertaine, et la répartition des constituants, varient sans loi apparente. Les minéraux, de taille variant entre 0,02 et 0,2 mm, sont groupés en îlots et archipels aux contours très irréguliers; ces îlots ont un diamètre de l'ordre du millimètre.

La paragenèse est constituée par du grenat, une variété d'épidote, du quartz en quantité variable et, accessoirement, de la calcite.

Dans le cas général, une sorte de « fond » limpide est formé par de petites plages de quartz en mosaïque. Groupés en îlots, l'épidote et le grenat s'avèrent intimement associés. L'épidote tend à un habitus prismatique (longueur des prismes: 0,1 à

0,2 mm) et esquissent très souvent de belles rosettes très typiques (fig. 59). Les grenats, subidiomorphes, sont de petite taille (diamètre proches de 0,02 mm) mais groupés en très grand nombre.

Il arrive au quartz de s'amenuiser et de disparaître. L'aspect microscopique est alors microbréchique; des îlots millimétriques constitués d'épidote et de grenat un peu plus grossièrement grenus (atteignant 0,1 mm de diamètre) sont répartis en désordre dans un fond très finement et quelquefois exclusivement épidotique, de très petits grenats y étant néanmoins dispersés.

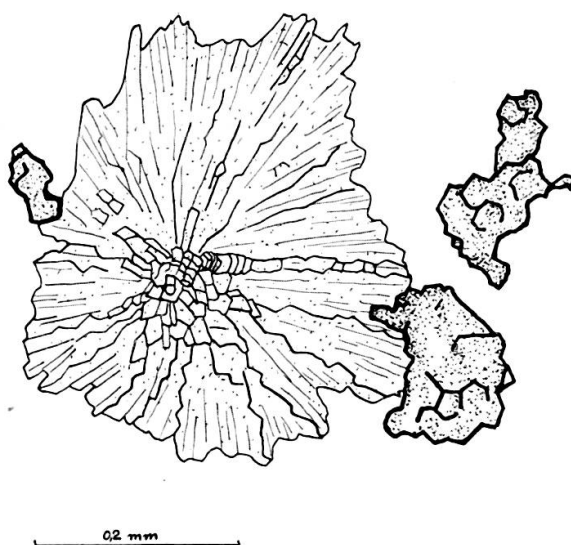


FIG. 59. — « Rosette » constituée d'une variété jaune très pâle d'épidote, avec grains de grenat à « relief » plus marqué, dans un fond limpide constitué d'une mosaïque de plages de quartz (roche blanche, finement grenue, en « poche » au milieu des glaucophanites de la Pointe-du-Clapey).

Soulignons l'absence remarquable de phase opaque, de chlorite, d'amphibole et, apparemment d'albite.

Nous avons déjà eu l'occasion, à propos des roches vertes du Clapey, et nous la retrouverons à propos des faciès fins, de « bordure », de rencontrer certains de ces types de roches à grain fin, à structure indécise, et à paragenèse variable selon les cas. Le paragraphe final tentera de synthétiser ces observations, avec l'appui des analyses chimiques considérées dans leur ensemble.

ANALYSE CHIMIQUE

Analyse 10 : Roche aphanitique, de couleur crème, à cassure anguleuse, provenant de la poche leucocrate se trouvant à l'aplomb du sommet de la Pointe-du-Clapey, au milieu des glaucophanites porphyriques, dans la paroi nord-ouest, à environ 70 m sous le sommet.

SiO ₂	45,28		
Al ₂ O ₃	12,62		
TiO ₂	1,0	Paramètres de Niggli	
Fe ₂ O ₃	2,95	si	86,6
FeO	2,68	al	14,2
CaO	28,02	fm	26,7
MgO	6,07	c	57,3
Na ₂ O	0,85	alk	1,6
K ₂ O	(<0,1)	ti	1,5
MnO	0,66	mg	0,64
P ₂ O ₅	0,09		
H ₂ O ⁻	0,01	qz	—19,8
H ₂ O ⁺	0,36		
	<hr/>		
	100,58		

B. Les faciès « de bordure » de la Pointe-du-Clapey

Les faciès de roches à structure primaire grossière que nous venons de décrire ne constituent qu'un vaste domaine central, sorte de volumineux noyau du massif. Dans la plupart des directions, on passe vers l'extérieur à des variétés pétrographiques qui, elles-mêmes, sont souvent en association avec des types de roches sédimentaires. Ainsi les broussailles et les alpages ont respecté une zone marginale large de 10 à 50 m, continue, tout autour de la Pointe-du-Clapey, sauf vers les bases N. et N.-E. de la grande falaise septentrionale, qui sont recouvertes d'éboulis.

Les critères géométriques tels que rubanage, schistosité, allongement de lentilles enclavées, stratification de niveaux sédimentaires, que l'on observe partout à la périphérie du massif, sont en dernière analyse les seuls indices, mais nombreux et très concordants, qui nous permettent de supposer la forme lenticulaire de l'ensemble, dressant vers le ciel, en direction du N.-W., un de ses axes principaux.

Les faciès bordiers que nous allons examiner ici varient considérablement lorsque l'on se déplace tout autour du Clapey. A l'instar des grandes unités pétrographiques du centre, les roches périphériques changent lorsque l'on passe de l'E. à l'W., ne se distribuant selon aucune régularité concentrique ni même aucune symétrie. Aussi pouvons-nous subdiviser ce domaine bordier en deux ensembles très différents l'un de l'autre: celui qui est orienté à l'W. et au N.-W. et celui du S., S.-E. et E. (voir plan 2).

LA ZONE PÉRIPHÉRIQUE W. ET N.-W.

L'accès normal des affleurements intéressants se fait par les fermes des Combettes. A leur approche, on aura pu examiner les calcschistes du « flysch », à l'altitude de 1860 m, au lieudit « Le Combottier », « flysch » auquel succède ici, très rapidement, la gamme des schistes du Petit-Saint-Bernard s. lato, garnissant tout le flanc S.-E. du Clapey, extrêmement recouvert. A partir des Combettes, on peut emprunter une conduite forcée abandonnée, dont nous avons parlé auparavant. Cette conduite forcée, émergeant enfin de la végétation, atteint à un certain moment (1,5 km après les Combettes à peu près) la base du grand mur rocheux du Clapey, ici à son maximum de hauteur. En cet endroit, il est loisible d'examiner un beau contact entre la roche éruptive très fine, rubanée, et les schistes et petits bancs gréseux qui semblent l'envelopper vers le N.-W. Un peu plus haut dans les buissons et un peu avant d'arriver à ce point, on constaterait que des roches vertes du type banal dans le Versoyen, ayant souvent une vague apparence de débit en coussins, sont associées à ces niveaux sédimentaires; ces ophiolites sont disposées tout au long et sous la paroi du Clapey, toujours séparées de celle-ci par quelques mètres de sédiments au moins; il n'est du reste pas possible de préciser le rôle de la tectonique dans ces relations. Cependant, le point précité et situé le long de la conduite d'eau semble bien être, pour sa part, un authentique contact primaire entre les roches éruptive et sédimentaire.

Si, plutôt que d'emprunter la conduite d'eau on s'élève dans les alpages qui dominent les Combettes en direction du sommet du Clapey, on rencontrera tout d'abord un modeste affleurement de cargneules, à l'altitude de 2150 m. Un peu plus haut vers l'E.-N.-E. (à 2270 m environ) des petits entonnoirs de dissolution se multiplient sur la crête herbeuse, suggérant peut-être la présence de cargneules dans le sous-sol. Un peu au N. du premier affleurement dont nous venons de parler, vers 2215 m, on atteint le bord d'une falaise assez abrupte, constituée d'ophiolites banales au Versoyen, minant souvent une structure de pillow-lavas laminées, accompagnées de schistes noirs et gris. On peut suivre vers le haut cet affleurement presque jusqu'à l'éperon rocheux annonçant le début des faciès du Clapey proprement dit. Les ophiolites et sédiments dont nous parlons ici ne sont que la prolongation des schistes gris et roches vertes que l'on aurait rencontrés en empruntant, plus bas, la conduite d'eau.

A 2300 m enfin, on prend pied sur la masse rocheuse de la Pointe-du-Clapey. Le faciès que l'on rencontre ici, de couleur vert-jaune, très rubané, passe rapidement aux roches vertes et glaucophanites grossières, il constitue néanmoins une variété intéressante, qui jalonne continuellement, vers l'W. et le N.-W., le contact entre l'ensemble éruptif et le complexe sédimentaire et ophiolitique encaissant.

Nous passerons ci-dessous en revue les deux unités pétrographiques suivantes:

1. Les sédiments accompagnés de roches vertes encaissant le Clapey.
2. La roche aphanitique et rubanée, de l'extrémité occidentale du Clapey.

CHAPITRE V

LES SÉDIMENTS ACCOMPAGNÉS DE ROCHES VERTES
ENCAISSANT LE CLAPEY

Nous ne nous attarderons pas aux roches vertes: étroitement associées aux « schistes gris », sous forme de lambeaux de quelques mètres d'épaisseur ou de niveaux un peu plus puissants (au-dessus des Combettes), elles possèdent tous les caractères classiques des roches vertes massives du Versoyen, évoquant parfois un débit grossièrement boudiné qui pourrait indiquer une nature primaire effusive. Elles sont toujours séparées de la masse principale de la Pointe-du-Clapey par quelques mètres au moins de roches sédimentaires, et elles s'individualisent nettement dans leurs caractères pétrographiques, par rapport au faciès bordier de cette masse, ici finement grenu, gris et rubané. Cette différence mérite d'être soulignée car elle se manifeste dans deux roches certainement éruptives, et que l'on peut supposer finement grenues au début.

Comme nous l'avons déjà dit, la conduite d'eau qui mène du vallon de Beaupré aux Combettes passe en un point où le contact entre les roches éruptives du Clapey et les sédiments encaissants semble primaire. En ce point, la zone intermédiaire entre roche manifestement sédimentaire et roche magmatique est large de 8 m environ. Immédiatement au-dessus du sentier que simule la « conduite forcée », nous avons la roche finement grenue, de teinte grise ou vert clair, très dure et sans aucune schistosité, rubanée, possédant parfois une structure bréchique ou garnie de grandes ocelles claires, de mouches vertes sur fond blanc ou inversement, etc. Il s'agit des caractères que nous détaillons au paragraphe suivant. Immédiatement sous le « sentier », les faciès à affinités sédimentaires apparaissent, gris, schisteux, réagissant à l'acide. Il nous suffit de descendre de quelque 10 m pour nous trouver dans le domaine des « schistes gris » grésocalcaires, avec petits bancs microbréchiques. Ces schistes tendent quelquefois vers un faciès foncé, micacé, d'aspect un peu graphiteux. Il est assez difficile de tracer un contact précis entre roches volcaniques et sédimentaires, à cause d'apparentes « récurrences »: entre des niveaux schisteux se situent des bancs gris, très compacts, semblables, pour l'œil nu, à la roche éruptive très fine. Néanmoins, la réaction à l'acide permet d'évaluer sur le terrain la quantité relativement grande de calcaire dans ces niveaux durs, et ainsi de les distinguer des roches purement magmatiques qui sont ici pauvres en calcite exprimée. De toute façon, une métasomatose primaire, aux effets sans doute multipliés par le métamorphisme, a contribué à indurer la roche sédimentaire et, au contact, à l'assimiler partiellement au magma, tout en la minéralisant sensiblement.

Examen microscopique

Décrivons d'abord l'échantillon 85 V, type banal de « schiste noir » appartenant à l'ensemble des « schistes gris » de la bordure N.-W. du Versoyen. Ici, l'échantillon provient d'un point situé quelques mètres sous la zone « intermédiaire » du contact.

Nous constatons déjà à l'œil nu les niveaux de nature différente que recèle un seul petit échantillon de ce schiste. La partie la plus sombre possède une structure classique de schiste micacé à chloritoïde. En effet, la schistosité est soulignée par d'épaisses traînées constituées de grains opaques parmi lesquels nous décelons des aiguilles de rutile; les lamelles micacées, relativement grandes (0,1 à 0,2 mm de long) participent à ce litage. Ces lits sont ondulés et engendrent une structure amygdalaire; les amygdales sont garnies en général de grands amas chloriteux (diamètre de 0,8 à 1 mm environ) incolores et quasi isotropes. Le chloritoïde est abondant; il se présente en formes rectangulaires longues de 0,2 mm à peu près, ne respectant pas d'orientation privilégiée. Le fait de se trouver intact nous paraît d'autant plus important que nous nous souvenons de l'abondance des pseudomorphoses pouvant évoquer le chloritoïde (mais en plages de plus grande dimension) dans les schistes noirs accompagnant les ophiolites, ailleurs au Versoyen.

La partie un peu plus claire de ce schiste correspond à la réduction très sensible de la quantité des minéraux opaques, du mica et du chloritoïde, et à un développement intense de calcite. Les amygdales de chlorite demeurent présentes.

Dans les deux variétés, le quartz est peu abondant et l'albite nous a paru absente. Signalons quelques rares cristaux très ténus de tourmaline verte.

L'échantillon 86 V a été recueilli quelques décimètres au-dessus du précédent, un peu plus près donc (à 3 ou 4 m) de la zone de contact, que nous situons approximativement à l'endroit où passe la conduite d'eau. Son aspect est corné, brillant: il est lité en zones vert clair et noires, très schisteux quoique compact.

La structure microscopique générale, très peu homogène d'un lit à l'autre, est tantôt celle d'un schiste légèrement micacé et fortement albitique, tantôt celle d'une microbrèche. Les poussières opaques extrêmement diffuses garnissent toute la plaque mince, mais avec des densités variables d'un lit à l'autre. Ces poussières sont groupées par les grains d'albite (0,1 mm de diamètre) de telle façon que la plage a une marge étroite absolument limpide. Certains lits sont fortement pigmentés en brun orangé, en particulier les lits les plus micacés. De grands prismes (1 ou 2 mm de long), entièrement chloritisés, d'origine probablement amphibolique, sont disposés dans la roche, sans respecter ni son litage ni son orientation. Signalons aussi l'apparition de grenats très petits (0,05 mm), limpides, assez nombreux. Le sphène, en beaux cristaux fuselés, joue un grand rôle dans le litage, en s'accumulant selon certains niveaux.

Mentionnons certains lits minéralisés, paraissant correspondre à une densité légèrement plus grande de l'albite.

Récolté encore un peu plus près du contact, quoique encore séparé de lui par des niveaux nettement schisteux, le spécimen 87 V, qui semble, par son poids, son grain, sa dureté et sa couleur gris clair, appartenir à un type éruptif, s'avère être un assemblage panidiomorphe de plages de calcite et d'albite. Ces deux minéraux sont garnis de fines aiguilles amphiboliques, de petits granules épidotiques et de nombreux grenats microscopiques assez bien formés.

Les échantillons récoltés quelques décimètres plus haut donnent lieu à un développement extrêmement abondant de grenats et surtout de grains épidotiques. L'amphibole en fibres fines, la calcite et l'albite en des habitus très variables d'un échantillon à l'autre sont associées dans cette paragenèse, de même que de gros amas de minéraux opaques. Nous voyons ici apparaître des phénomènes morphologiques d'extrême détail, que nous retrouverons dans les affleurements de bordure à l'extrémité diamétralement opposée du Clapey, vers le col de Forcle et le versant sud-est (éch. 88 V, 89 V).

Nous le voyons, passer en revue les critères microscopiques de ces spécimens reviendrait à décrire séparément chacun d'entre eux, lit par lit, centimètre par centimètre. Cette *diversité* même est un critère important et *spécifique* de tous les faciès de bordure du massif du Clapey.

Bien que les caractères macroscopiques soient assez différents entre ophiolites et schistes noirs du Versoyen d'une part, et le grand complexe éruptif que nous parcourons ici d'autre part, les paragenèses que nous avons évoquées à l'instant nous suggèrent un rapprochement entre le « liséré blanc » qui nous a longtemps retenus auparavant et la zone intermédiaire où nous nous trouvons à présent.

CHAPITRE VI.

LA ROCHE APHANITIQUE ET RUBANÉE, DE L'EXTRÉMITÉ OCCIDENTALE DU CLAPEY

Le type de roche auquel nous consacrons ce chapitre constitue l'éperon sud-ouest du massif du Clapey et se présente également au contact entre schistes et ensemble éruptif sur le versant nord-ouest, jusqu'à la disparition de ce contact sous les éboulis; il se trouve encore accessoirement en beaux blocs éboulés sur le flanc sud de la montagne. De plus, cette variété est assez fréquente dans la masse centrale elle-même, surtout vers l'W., en remplissage de poches, de filonnets ou d'interstices entre fragments apparemment bréchiques et constitués de variétés différentes.

Le caractère macroscopique le plus visible et le plus frappant de ce faciès est sa structure d'aspect hétérogène, à l'échelle du centimètre ou du décimètre. Que ce

soit par l'intermédiaire de litage contourné d'épaisseur centimétrique, de structures rappelant un aspect bréchique, ou de différents types de mouches et d'ocelles, on passe très rapidement d'une variété à l'autre, réparties sans loi générale dans un même bloc.

Un aspect très répandu est celui d'une roche aphanitique assez lourde et très dure, compacte, à cassure fréquemment « esquilleuse », dont la couleur peut varier dans toute la gamme des verts clairs et foncés, jusqu'à une teinte crème, jaune ou blanchâtre. Ces différentes zones colorées sont réparties de façon à évoquer un milieu visqueux, différencié en volumes centimétriques, qui se serait figé en plein mouvement; en effet la roche se présente comme rubanée à échelle assez fine et ses lits sont vivement contournés, plissés ou interrompus. Les contacts entre les lits sont parfois assez nets, mais en général ce contact « se fond » très doucement. Souvent aussi, nous pouvons observer des sortes de plages aux contours émoussés, longues de quelques centimètres, *zonées*, et paraissant « flotter » dans un milieu fluide tout aussi finement grenu, mais d'une autre teinte. Quelquefois encore, de petites ocelles marbrent les échantillons.

Souvent, plutôt qu'un litage contourné, la structure macroscopique suggère une subdivision en brèche, dont les éléments, de taille décimétrique en moyenne, seraient cimentés dans une pâte également fine, mais de couleur différente. Les contours des éléments, quoique marqués, semblent légèrement fondus et évoquent une proche parenté physico-chimique et génétique avec leur « ciment ».

Rappelons que la finesse du grain, la dureté et la compacité provoquant une cassure anguleuse très effilée, sont les caractères spécifiques immédiats de cette roche.

Néanmoins, il se présente assez souvent des variétés au grain un peu plus grossier, jouant leur rôle dans ces rubanages et subdivisions en brèches ou en îlots. Dans ce cas, les surfaces fraîches s'avèrent légèrement plus rugueuses et la couleur tend en général vers un gris-bleu ou un gris-vert assez foncé, bien qu'elle puisse aussi parfois être presque blanche.

On peut se remémorer ici la description des « roches vertes massives » à grain moyen que nous avons incorporées aux variétés pétrographiques situées plutôt vers le centre du massif. Le rubanage ainsi que les variations de granulométrie et de couleur en étaient déjà des caractères marquants. Nous pouvons dire qu'il semble y avoir passage progressif, aussi bien sur le plan descriptif que sur celui de la localisation géométrique, entre la variété verte à grain fin ou moyen, rubanée, et les roches que nous examinons en ce moment. Il en est de même, du reste, avec la « glaucophanite fine », mais d'une façon moins évidente.

La roche grise légèrement plus grenue, appartenant au faciès périphérique qui fait l'objet de cette description, peut être le siège de deux genres de phénomènes très visibles à l'oeil nu; tout d'abord des mouches très vaguement arrondies, claires, sortes de fausses varioles d'un diamètre proche d'un demi-centimètre, peuvent la garnir en nombre plus ou moins grand; les contours de ces mouches, qui s'avèrent

parfois zonées avec un centre plus sombre, sont un peu flous; la densité de ces taches peut s'accroître à tel point qu'elles se touchent et miment des sortes de lits assez réguliers, plus ou moins épais, d'aspect moucheté.

Par ailleurs, ces roches grises, parfois même blanchâtres, montrent très souvent de belles aiguilles amphiboliques, atteignant parfois un centimètre de longueur; or, et il s'agit là d'un caractère très spécifique, ces aiguilles sont nettement disposées en beaux faisceaux; l'amphibole, d'un reflet bleu très foncé, peut être entièrement pseudomorphosée en une chlorite vert pâle.

Signalons pour ces roches à surface un peu plus rugueuse, la tendance occasionnelle à une légère schistosité, en particulier à proximité de la périphérie schisteuse du massif (fréquente sur le versant sud).

Nous rencontrerons beaucoup des caractères structuraux et paragenétiques décrits ici dans des roches périphériques situées au bord est du massif du Clapey; mais en cet endroit, ce faciès révélera en outre des structures et des minéralisations si spéciales que celles-ci en deviennent les critères fondamentaux. C'est surtout la variété grise ou verte à grain un peu moins fin que nous venons de considérer qui se retrouvera alors, enrichie de caractères nouveaux très affirmés.

A présent, après une description microscopique des variétés vertes absolument aphanitique, et grises à surface plus rugueuse, dont nous donnons plus bas des analyses chimiques, nous détaillerons quelques phénomènes remarquables exhibés par un beau bloc éboulé appartenant à ce faciès.

1. LA VARIÉTÉ APHANITIQUE, VERTE, RUBANÉE

Description microscopique

La taille des grains ne dépasse pas ici 0,03 mm; elle est souvent beaucoup plus petite, sauf dans quelques rares veinules favorables à un développement un peu plus large. Aucune structure microscopique particulière ne se remarque, si ce ne sont les variations correspondant aux lits ou aux petites ocelles visibles à l'oeil nu; ces variations se matérialisent soit par l'importance accrue prise par l'une ou l'autre phase minérale, soit par le changement de la granulométrie qui peut conduire, par sa finesse, à une semi-opacité en plaque mince.

La paragenèse est la suivante en ce qui concerne les minéraux essentiels: amphibole vert-jaune ou vert-bleuté, très pâle, en aiguilles ténues ou en petites plages trapues, selon l'échantillon; grains épidotiques qui peuvent être de composition différente dans le même spécimen; albite en petites plages contenant en fines inclusions les deux premiers minéraux; sphène en granules submicroscopiques, assemblés en petits nuages ou en fines traînées.

La chlorite peut être présente, mais en quantité secondaire; elle apparaît en petits îlots ne pseudomorphosant apparemment aucun minéral antérieur.

La calcite en petites mouches diffuses et quelques petits grenats sont très occasionnels.

ANALYSE CHIMIQUE

Analyse 11 : Roche verte, aphanitique, à dessins d'aspect fluidal, à cassure « esquilleuse », recueillie à l'extrémité sud-ouest de la Pointe-du-Clapey, à l'aplomb supérieur des Combettes.

SiO ₂	53,25		
Al ₂ O ₃	16,03		
TiO ₂	0,68	Paramètres de Niggli	
FeO	2,70	si	134,8
Fe ₂ O ₃	3,43	al	23,8
CaO	14,06	fm	27,7
MgO	3,80	c	38,0
Na ₂ O	4,17	alk	10,3
K ₂ O	(< 0,1)	ti	1,3
MnO	0,48	mg	0,51
P ₂ O ₅	0,06		
H ₂ O ⁺	1,53	qz	—6,4
H ₂ O ⁻	0,03	ω	0,52
<hr/>			
100,22			

2. LA VARIÉTÉ GRISE, A SURFACE PLUS RUGUEUSE

Nous retrouvons la paragenèse de la variété précédente, mais avec des proportions entre minéraux différentes; la taille des cristaux varie de 0,1 à 1 mm. L'albite a pris une plus grande importance, soit en plages indentées les unes dans les autres et enclavant les autres minéraux plus fins, soit en îlots limpides isolés dans une matrice à grains plus ténus. L'amphibole, chloritisée le plus souvent, est abondante, soit en inclusions fines dans les plages albitiques, soit en prismes plus grands, longs de 2 mm parfois, ayant alors une nette tendance à se grouper en faisceaux divergents. La chlorite s'avère donc elle aussi plus abondante. Le sphène figure en cristaux plus grands et idiomorphes.

L'épidote, quoique omniprésente, ne se manifeste qu'en quantité relativement restreinte. Accessoirement se notent des grains fins, apparemment micacés et des cristaux ténus de tourmaline (éch. 90 V, 91 V).

Les « fausses varioles », ou mouches claires à contours un peu flous, qui semblent s'amasser selon certains niveaux, sont beaucoup moins marquées sous le microscope qu'à l'oeil nu. Signalons au passage un bel affleurement de ce type, se trouvant

à l'altitude de 2388 m, sur le flanc sud-est de l'échine rocheuse descendant du sommet du Clapey en direction des Combettes. Cet affleurement est situé approximativement au S.-W. sous le sommet intermédiaire « Le Signal du Mont », appelé « L'Homme » par les bergers de la région.

Les fausses varioles correspondent à des domaines albito-chloriteux très finement grenus, chargés de sphène, de grains opaques et de cristaux de tourmaline assez nombreux. Entourant ces domaines, nous trouvons la même paragenèse en plages nettement plus grandes, avec une chlorite verte assez abondante, pseudomorphosant par endroits, très nettement, des gerbes ou des faisceaux de prismes amphiboliques. Ce dernier caractère est d'ailleurs visible à l'œil nu.

Il serait hasardeux de trancher la question de l'origine des « mouches claires » : il pourrait s'agir d'un mode local de différenciation dû au métamorphisme ; nous avons rencontré quelquefois, dans le Versoyen, des phénoblastes assez semblables. Néanmoins, la tendance à se disposer en lits rubanés, larges de plusieurs décimètres, avec des densités variables, nous suggérerait plutôt la pseudomorphose vague de cristaux (feldspathiques) s'étant accumulés selon certains niveaux dans un milieu plus ou moins visqueux ; d'ailleurs les contours de ces taches, quoique plus flous, sont rectangulaires plutôt que circulaires.

Nous avons déjà mentionné à diverses reprises la tendance des prismes d'amphibole à se disposer en faisceaux divergeants, dans le cas de ces roches à grains assez fins.

En général, ces grands faisceaux allongés, dont les éléments prismatiques à extrémité effilée peuvent atteindre 1 cm de long, garnissent sans aucune orientation particulière un « fond » particulièrement riche en albite, constitué de plages de ce minéral, d'une taille proche de 0,2 mm de diamètre, en relation panidiomorphe. Correspondant, semble-t-il, à ce développement des amphiboles (très souvent rétro-morphosées en chlorite) nous notons la présence assez marquée de la tourmaline et de phases micacées, disposées parfois en lits d'aspect un peu sédimentaire, visibles au microscope seulement (éch. 92 V). Certains échantillons pourvus de ces beaux prismes glaucophaniques révèlent une structure apparemment microbréchique, tous les éléments étant largement silicifiés, albitisés et dépourvus de structure relique. L'échantillon 93 V, dont nous donnons l'analyse chimique (A.C.12), appartient à ce dernier type : sa structure gréseuse est bien conservée ; à la paragenèse banale citée plus haut, s'ajoutent alors quelques amas carbonatés à oxydation rousse semi-opaque (fig. 60). Nous donnons une deuxième analyse d'une roche semblable, à phase micacée importante et à très belles gerbes d'amphiboles chloritisées, à la fin du paragraphe particulier consacré à la zone du Clapey où nous avons récolté ce deuxième spécimen (analyse 13, chapitre VIII) ; celui-ci indique la continuité des roches caractérisées par ces faisceaux d'amphibole, sur toute la longueur du versant sud-est de la montagne.

Sans que cela soit une règle absolue, disons que ce développement des prismes amphiboliques bleus en faisceaux paraît se faire :

- a) dans des faciès à grain initial fin, d'origine inconnue;
- b) dans des faciès évoquant une nature initiale détritique, peut-être partiellement sédimentaire.

Soulignons la grande aptitude de cette amphibole disposée en faisceaux à être rétromorphosée en chlorite. Dans les « schistes noirs » du Versoyen, nous avons déjà remarqué cet habitus et cette rétromorphose. Les plages glaucophaniques des faciès « internes » du massif du Clapey ne manifestent presque jamais de tendance semblable.

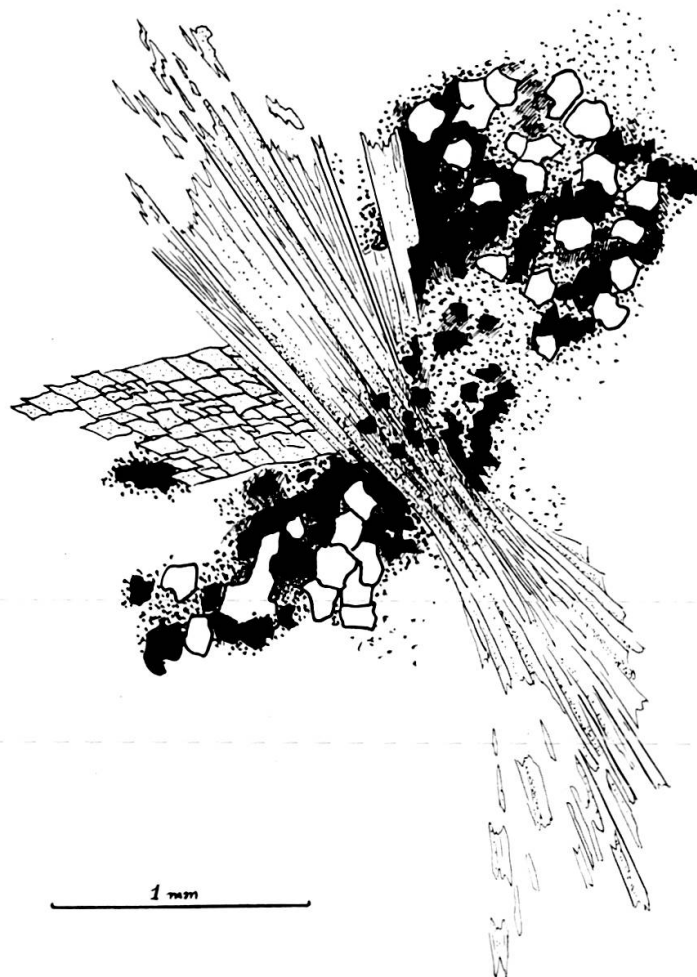


FIG 60 (pl. m. 93 V). — Faisceau de longs prismes d'amphibole de couleur bleu-violet pâle, se développant dans un fond gréseux et microbréchique. Localement, forte pigmentation rousse et opaque.

En portant notre attention sur le mode de chloritisation des gerbes d'amphibole, nous constatons vite, si nous imaginons les contours primaires, que les domaines chloritisés sont fortement *corrodés* par l'albite environnante. Nous en déduisons naturellement l'antériorité marquée du développement glaucophanitique par rapport à des phases de chloritisation et d'albitisation, mais aussi l'*importance* de ces processus chimiques *ultérieurs* qui parviennent, sans déformation mécanique, à masquer

presque totalement l'habitus pourtant très caractéristique de ces faisceaux. Or, cette « rétomorphose » s'avère en général très faible dans les faciès à structure plus grossière vers le centre du massif.

ANALYSE CHIMIQUE

Analyse 12 : Echantillon 93 V décrit ci-dessus. Roche gris foncé, légèrement schisteuse, d'origine gréseuse et microbréchique probable, finement grenue, à faisceaux de prismes amphiboliques bleus. Echantillon recueilli le long de l'arête ouest du Clapey, entre le « Signal du Mont » et le sommet proprement dit.

SiO ₂	57,78		
Al ₂ O ₃	18,85		
TiO ₂	0,66	Paramètres de Niggli	
FeO	2,75	si	194
Fe ₂ O ₃	2,20	al	37,1
CaO	2,07	fm	27
MgO	2,63	c	7,2
Na ₂ O	8,66	alk	28,4
K ₂ O	0,22	ti	1,6
MnO	0,33	k	0,01
P ₂ O ₅	0,07	mg	0,47
H ₂ O ⁺	1,90		
H ₂ O ⁻	0,03	qz	-19,6
CO ₂	1,63		
S ⁻²	0,25		
	<hr/>		
	100,03		

*Un beau phénomène de rubanage, de différenciation ou d'injection
dans un milieu visqueux*

Si on longe le versant sud-est de l'échine rocheuse descendant du sommet du Clapey vers les Combettes, on arrive assez vite au point de départ du principal éboulis de ce versant, qui aboutit à la ferme en ruine « du Clapey ». Cette grande « coulée » de roches nous offre une collection très variée d'échantillons représentatifs des variétés centrales et méridionales du massif. En particulier, dans la zone la plus élevée de cet éboulis, à l'altitude approximative de 2410 m, se dresse un bloc de grande taille, émergeant un peu des énormes rochers environnants, et tournant vers le S. une surface verticale et fraîche qui montre un très beau phénomène structural évoquant soit un rubanage, soit une sorte de dike.

Un niveau régulier de couleur crème, très finement grenu, épais de 70 cm environ, semble intercalé entre deux ensembles massifs constitués de variétés fines, quoique à surface rugueuse, gris foncé ou gris-vert. Les bords de ce niveau clair sont francs. Néanmoins, vers l'extérieur du niveau, ce contact s'accompagne d'un rubanage en lits très étroits, clairs et foncés, qui lui est parallèle, tout en s'*ondulant* et même en se *plissant* en divers points. De petites mouches claires de quelques millimètres de diamètre, variété de fausses varioles, se joignent à ce rubanage secondaire très fin (fig. 61).

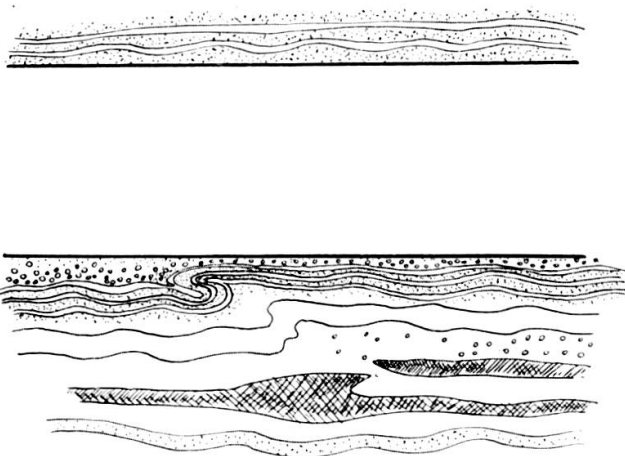


FIG. 61. — Niveau leucocrate à grain très fin, régulier et large de 70 cm, bordés d'un fin rubanage faisant alterner niveaux blancs, vert-jaune, bleutés. Ces derniers niveaux très fins sont ondulés et plissés. Le tout suggère un rubanage entre des milieux visqueux, de nature et de viscosité différentes, en mouvement lent. Notons la présence de « fausses varioles » dans certains lits.

L'examen microscopique nous indique, dans le niveau leucocrate, la très grande abondance de minéraux épidotiques très ténus, groupés en archipels; l'albite y est interstitielle. Nous notons en quantité très accessoire, les poussières de sphène, les mouches de calcite, des grenats et quelques plages amphiboliques de très petite taille. Les minéraux de cette paragenèse se répartissent assez uniformément, en manifestant quelquefois la tendance à une structure microbréchique ou ocellaire par suite de légères variations dans les proportions et la taille des différents composants. Un réseau de filonnets recoupent ce niveau; ils sont garnis exclusivement de belles plages d'albite, de minéraux épidotiques à habitus en colonnes transversales à l'allongement du filonnet, de ramification interstitielles de calcite et de fibres amphiboliques incluses dans les autres minéraux.

La masse encaissante est de nature assez variée, oscillant localement entre les variétés vertes très fines et les variétés grises à surface un peu plus rugueuse. Le microscope nous permet d'y constater un développement important de l'albite, de l'amphibole en aiguilles fines et du sphène en petits nuages semi-opaques; l'épidote est évidemment représentée, ainsi que des grenats assez nombreux; la granulométrie est de l'ordre de 0,1 mm.

Ces observations suggèrent, d'une façon subjective il est vrai, un milieu plastique différencié selon des niveaux plus ou moins épais. Ce milieu semble avoir été très largement mobile au moment de sa consolidation, ce qui nous donne les structures les plus évocatrices. Les phases variées réparties en niveaux, et de plasticité sensiblement différente, paraissent s'être mues un peu indépendamment les unes les autres, dans la limite autorisée par une fluidité très faible, et immédiatement avant de se figer. Les plissements (fig. 61) qui affectent les petits lits secondaires adjacents au niveau principal non plissé, nous incitent à renoncer à l'hypothèse d'un dyke ou d'une différenciation uniquement métamorphique pour expliquer ce niveau principal. Le métamorphisme, notons-le, a évidemment affecté l'ensemble; il a peut-être, par exemple, induit les petites « fausses varioles ». Mais il est possible encore d'envisager des injections de caractère plus ou moins aplitique dans le milieu plastique, assez visqueux, qui rendraient assez bien compte également des plissements des petits lits adjacents.

Quelques décimètres au-dessous de ce phénomène spectaculaire, la surface de ce gros bloc éboulé montre un gros nodule très sombre, de couleur bleu-noir, fortement minéralisé, de forme vaguement ovale et dont le diamètre est proche d'une trentaine de centimètres. Cet îlot mélanocrate est entouré d'une marge finement grenue de couleur crème, semblable à celle du niveau différencié précédemment décrit. On note aussi, dans la zone périphérique du nodule, une tendance au rubanage secondaire fin à circonvolutions, ainsi que l'accumulation locale de la substance blanche en petites poches.

L'étude microscopique du nodule mélanocrate est très fructueuse: dans un fond constitué presque exclusivement de plages millimétriques de carbonate, accompagné de quelques petits grains quartzeux, d'innombrables prismes d'amphibole bleue et des lamelles de stilpnomélane vert et brun colorent vivement presque toute la plaque mince. Les cristaux d'amphibole et de stilpnomélane ont une taille de 0,1 mm environ. La coexistence dans un même échantillon de variétés de ferro- et ferristilpnomélane, très bien développés tous les deux, est intéressante; elle se fait sous forme de zones réparties dans la plaque mince sans loi apparente, à prédominance de l'un ou l'autre type.¹ Par ailleurs, la densité des minéraux colorés, toujours très grande, varie d'un point à l'autre, parfois libérant un peu plus le fond carbonaté, parfois le remplaçant totalement. Amphibole et stilpnomélane semblent étroitement associés, le second minéral paraissant parfois dériver du premier, un peu à la façon d'une altération.

Un minéral opaque, en grains isométriques d'une taille de plusieurs millimètres, dépourvu de marge altérée et entouré parfois d'un mince liséré carbonaté ou quartzeux limpide, crible les spécimens.

¹ La présence de biotite verte reste possible, au lieu de ferrostilpnomélane. (Prof. P. Bearth, comm. orale.)

Le sphène idiomorphe est assez abondant en très petites formes fuselées. Nous n'avons pas remarqué de représentant des familles de l'épidote, de la chlorite ou du grenat.

La composition minéralogique de la marge leucocrate de ce nodule explique assez fidèlement sa ressemblance macroscopique avec la substance du large niveau leucocrate différencié appartenant au même bloc: développement assez appréciable de grains épidotiques très ténus, groupés en petites baguettes longues de 0,2 mm, albite formant un « fond », fibres amphiboliques vertes plus ou moins chloritisées, grenats et calcite.

La forme du nodule sombre évoque assez bien une enclave flottant dans le milieu visqueux que nous imaginions ci-dessus. Il pourrait cependant s'agir d'une section d'une sorte de « conduit » allongé. Néanmoins, si nous nous arrêtons à la première possibilité, la structure marginale semble nous indiquer à nouveau un phénomène de différenciation magmatique, périphérique à une enclave. Nous ne trancherons pas au sujet de la nature de cette enclave, mais le fond carbonaté, le développement de stilpnomélane qui semble se faire à la place de la chlorite en présence de quartz exprimé pourrait nous inciter à y voir une enclave d'origine sédimentaire. Le cas ne serait pas très étonnant car, dans la zone est du Clapey, se multiplieront les indices d'une intrusion ou d'un épanchement volcanique avec assimilation de lambeaux sédimentaires et mélange assez intime entre les deux catégories de roches. De plus, le développement de l'amphibole bleue et la minéralisation du nodule, au sein d'une masse dépourvue de ces caractères, pourraient nous fournir quelques indices au sujet de la genèse du glaucophane. Nous reviendrons sur ce problème au terme de l'étude.

LA ZONE PÉRIPHÉRIQUE SUD-EST ET EST

La morphologie du versant sud-est de la Pointe-du-Clapey est assez particulière et favorise l'exploration d'un domaine périphérique très intéressant; suivons d'W. en E. le pied de la paroi assez abrupte, au niveau où elle disparaît sous les pentes herbeuses et les éboulis. Après avoir longé l'éperon rocheux qui domine les « Combettes » et qui est constitué des variétés pétrographiques décrites ci-dessus, on remarque en montant encore vers le « Signal du Mont » que la masse éruptive s'enveloppe d'une sorte de carapace schisteuse noire; celle-ci épouse la forme d'une portion de très grande coupole dont la concavité est tournée vers le N.-W.; nous avons là un des phénomènes morphologiques suggérant, pour le Clapey, une forme lenticulaire. Sur l'arête, on peut noter deux beaux filons de quartz avec de gros « nids » chloriteux.

A l'approche de l'aplomb du sommet principal, la « carapace » schisteuse livre de plus en plus souvent accès à des zones périphériques un peu plus internes, grâce à des « ouvertures » béantes; l'une d'entre elles est le point de départ d'un très grand

éboulis descendant vers la ferme en ruines « du Clapey »; nous avons déjà signalé l'intérêt des blocs qui le constituent. Disons au passage que les bergers tentent parfois de capter une source qui se situerait sous la partie haute de ces éboulis.

Les incursions que nous pouvons faire dans la paroi déchiquetée nous permettent d'observer dans la roche verte à grain fin un développement fréquent et très dense de petits prismes de tourmaline, répartis soit en lits étroits à la faveur d'un rubanage bien régulier de la roche, soit en veinules ramifiées.

Un peu plus loin et un peu plus haut sous le sommet du Clapey, vers le S.-E. de celui-ci, nous entrons dans un domaine apparemment ophiolitique et exceptionnellement minéralisé par la pyrite qui se manifeste en nombreux nodules d'un diamètre pouvant atteindre le décimètre. Cette roche révèle à l'examen attentif de fréquentes enclaves calcitiques, sortes de galets garnis d'une auréole fortement pyritisée. Le ciment, dont l'aspect général est celui de la roche verte à grain fin, très minéralisé, fait aussi généralement effervescence à l'acide chlorhydrique.

A ce point de notre itinéraire s'ouvre une petite combe creusée entre la masse de roches éruptives et une corniche qui, restant parallèle à la paroi principale, aboutira au col de Forcle après avoir décrit un arc de cercle. Cette corniche est constituée de roches calcaro-schisteuses appartenant à la série du Petit-Saint-Bernard (*s. lato*). La cuvette ainsi ménagée en forme de croissant, semble à vrai dire résulter de l'érosion de roches particulièrement friables qui auraient été, dans cette zone, intermédiaires entre le Clapey et la série du Petit-Saint-Bernard. En effet, comme en témoignent les éboulis qui comblent en partie la combe, la falaise du Clapey est ici constituée d'ensembles éruptifs et sédimentaires étroitement associés et très fortement minéralisés; un conglomérat à gros éléments calcaires, minéralisé puis oxydé et altéré au point de montrer une surface scoriacée, en est l'élément le plus frappant. On peut escalader la zone des lambeaux conglomératiques minéralisés jusqu'à l'épaulement situé au N.-E. du Clapey.

Ces lames conglomératiques calcaires, d'étroits rubanages, ainsi que la schistosité générale (assez peu marquée) complètent l'image que nous faisons de la longue paroi méridionale du massif, sorte de dôme partiel tournant sa concavité vers le N.-W.

La description des grands lambeaux de conglomérat calcaire mérite un intérêt spécial, et fera l'objet d'une publication séparée; en effet, nous sommes en présence d'un faciès sédimentaire analogue à celui qui prend une grande importance dans la ligne des crêtes reliant le colet des Rousses, le « Sommet des Rousses » et la « Pointe du lac sans fond » jusqu'aux approches du Clapey; il s'agit de la série provisoirement appelée « série du Colet-des-Rousses » (P. Antoine), constituant les confins orientaux de la série du Petit-Saint-Bernard et paraissant constamment en contact avec le bord est du massif ophiolitique du Versoyen. Or, au Clapey d'abord, comme nous le voyons ici, mais aussi sur le versant italien de l'aiguille de l'Ermite, à l'altitude de 2760 m, ce genre de conglomérat à blocs calcaires plus ou moins laminés se présente en grandes enclaves *intimement associées* aux roches vertes massives.

Nous avons là une des observations qui, d'une part, confirme la parenté entre les faciès éruptifs spéciaux du Clapey et l'ensemble des ophiolites du Versoyen, d'autre part, nous permet d'associer d'une façon assez précise sur le plan paléogéographique les roches volcaniques de la région et les séries sédimentaires situées en direction du col du Petit-Saint-Bernard. Jusqu'à présent, cette association allait de soi sur le plan général pour les géologues alpins, mais elle ne paraissait pas autrement étayée que par la proximité géographique et par une quantité égale de caractères énigmatiques.

Lorsque le moment sera venu, nous résumerons donc les caractéristiques de ce conglomérat calcaire minéralisé en *utilisant également* des échantillons provenant du vallon de Beaupré, au fond duquel s'abattent les roches constituant les falaises verticales à l'E., zone de contact entre les ophiolites et la « série du Colet-des-Rousses ».

Poursuivant notre itinéraire, nous arrivons enfin au col de Forcle, où se situe un contact entre une importante marge schisteuse noire à surface oxydée, et les niveaux sédimentaires de la série du Petit-Saint-Bernard (*s. lato*). En suivant le bord du massif éruptif, il nous suffit de descendre de quelques dizaines de mètres vers la vallée du Versoyen pour pouvoir examiner des schistes noirs à brèches diabasiques, dont la structure ne peut être reconnue que sur quelques rares surfaces fraîches et bien orientées.

Les chapitres qui suivent vont nous permettre de détailler les faciès périphériques de la zone sud-est et est du Clapey, que nous venons d'arpenter.

Chapitre VII. La roche verte rubanée à niveaux tourmalinifères.

Chapitre VIII. Les faciès sombres et plus ou moins schisteux, minéralisés, à éléments sédimentaires et possibilité de structures volcaniques effusives variées et intimement associées.

Chapitre IX. Le conglomérat à gros blocs calcaires, plus ou moins minéralisé, avec tourmaline abondante

Dans une « conclusion partielle » nous ferons quelques déductions tirées des caractères particuliers de la zone périphérique tout entière.

CHAPITRE VII

LA ROCHE VERTE RUBANÉE A NIVEAUX TOURMALINIFÈRES

Nous ne nous attarderons pas à cette variété qui s'apparente aux roches vertes massives plus ou moins grossières et possédant une tendance au « rubanage », que nous avons décrites ci-dessus (partie 2, chapitre II). Le rubanage en niveaux d'épaisseur variant du millimètre au décimètre, alternativement beige et vert clair ou vert et

gris plus foncé, est un caractère à peu près constant des ophiolites massives à structure plutôt fine situées à la périphérie de la masse du Clapey. Ce rubanage est le plus souvent orienté selon des plans parallèles aux contours, apparemment lenticulaires, de l'ensemble éruptif.

C'est après l'aplomb du « Signal du Mont », dans la partie où des ouvertures échancrent la « carapace » périphérique constituée de schistes noirs, au niveau d'origine du grand éboulis descendant au S.-E. vers la ferme du Clapey, que l'on peut trouver de ces roches vertes ou grises, plus ou moins rubanées, à grain plutôt fin, garnies de petites ramifications ou de lits étroits, sombres, constitués d'aiguilles noires de tourmaline d'une longueur d'un demi-centimètre à peu près.

Le microscope nous révèle un « fond » constitué de petites plages d'albite et d'îlots chloriteux, tous deux criblés d'aiguilles amphiboliques, de petits cristaux épidotiques et de sphène en nuages semi-opaques. Le grenat et la tourmaline sont accessoires dans cette paragenèse « moyenne ». Or, selon certaines bandes larges d'un centimètre environ, cette paragenèse voit ses proportions se modifier : tantôt la chlorite pigmentée de roux, une phase opaque et les grains épidotiques s'accroissent au point d'occuper tout le volume ; tantôt une phase micacée incolore mais parfois pigmentée également en brun-roux, prend une importance primordiale et constitue un « fond » dans lequel se développent abondamment les petites plages isolées et subidiomorphes d'albite, l'épidote et la tourmaline ; tantôt enfin, et de la façon la plus marquée, la tourmaline prédomine dans un fond albite-chloriteux micacé, accompagnée de petits cristaux d'épidote. Cette tourmaline zonée, bleu clair au centre, vert olive à la périphérie, possède une belle section basale hexagonale. Les prismes sont souvent déchiquetés en apparence et sont, en outre, quelquefois, accolés assez étroitement à des grains épidotiques ; ils se surimposent aux petites traînées de sphène en nuages sans en déranger l'orientation ; l'albite est xénomorphe par rapport à la tourmaline.

La tourmaline se trouve assez fréquemment dans différents faciès du Versoyen et du Clapey en particulier. Il est cependant un point sur lequel nous pouvons déjà insister : la fréquence de plus en plus grande de la tourmaline en prismes isolés ou amassés en lits, à mesure que nous nous rapprochons des bords sud-est et est de la masse ophiolitique du Clapey.

CHAPITRE VIII

LES FACIÈS SOMBRES ET PLUS OU MOINS SCHISTEUX, MINÉRALISÉS, A ÉLÉMENTS SÉDIMENTAIRES, ET AVEC POSSIBILITÉ DE STRUCTURES VOLCANIQUES EFFUSIVES VARIÉES ET INTIMEMENT ASSOCIÉES

Le domaine que nous abordons ici vers le S.-E. est le plus externe de la Pointe-du-Clapey. Réduite à une fine « carapace » de schistes noirs sous le « Signal-du-Mont »,

on voit cette zone prendre de l'importance lorsqu'on se déplace vers le col de Forcle où elle atteint une puissance de plusieurs dizaines de mètres, pour se prolonger sur le versant N. avant de se noyer sous les éboulis.

La caractéristique générale de ce domaine périphérique est l'association intime entre des faciès sédimentaires variés et des roches à caractères effusifs occasionnels et incertains, au point d'aboutir assez souvent à des variétés de nature originelle douteuse, sorte de faciès hybride.

Nous subdivisons ces roches selon le schéma suivant :

1. Schistes noirs du type « Versoyen » (s.stricto)
2. Schistes grés-micacés, gris foncé, à beaux faisceaux amphiboliques chloritisés (une analyse chimique).
3. Schistes noirs à éléments bréchiques, d'origine ophiolitique probable.
4. Schistes noirs à petites amygdales minéralisées.
5. Roche grise à structure microscopique évoquant la possibilité d'une origine *effusive*.
6. Roches grise et verte à structures macroscopiques évoquant des roches effusives (avec enclaves calcaires).

1. SCHISTES NOIRS DU TYPE « VERSOYEN » (S. STRICTO)

Cette variété affleure tout le long de l'éperon rocheux qui domine les Combettes et se prolonge jusqu'à la zone d'« échancrure » où apparaissent des faciès un peu plus internes et d'où descend le grand éboulis sud-est.

Par l'aspect tant macroscopique que microscopique, ce schiste se rapproche fort des variétés de schistes noirs que nous avons décrites dans les paragraphes consacrés au Versoyen pris dans son ensemble (97 V et 98 V). Les pseudomorphoses en chlorite sont moins variées et moins évocatrices que, par exemple, dans les échantillons provenant de la Pointe-Rousse, en partie sans doute à cause de légers mouvements mécaniques et redistributions chimiques tardifs, mais nous reconnaissons encore ici de beaux faisceaux d'amphiboles rétro-morphosées.

Nous notons qu'il n'y a pas de « liséré blanc » ici, entre le niveau schisteux et la masse éruptive ; cette observation vaut pour toute la périphérie du Clapey. Cependant, on peut se demander si la nette tendance au rubanage (clair et foncé) des faciès marginaux ne tient pas lieu de « liséré », ceci considéré d'un certain point de vue. L'idée d'un lien génétique entre rubanage (au Clapey) et liséré blanc (au bord des sills ou des niveaux de « coussins ») pourrait être étayée partiellement par des constatations que nous avons déjà évoquées dans la conclusion de la première partie, portant sur l'ensemble ophiolitique du Versoyen.

2. SCHISTES GRÉSO-MICACÉS, GRIS FONCÉ, A BEAUX FAISCEAUX AMPHIBOLIQUES CHLORITISÉS

Il s'agit ici des faciès les plus répandus au bord est du massif du Clapey. La roche est le plus souvent noire ou gris foncé, un peu schisteuse quoique compacte. Assez souvent, on décèle des niveaux plus clairs, ayant alors un aspect gréseux. Dans les variétés sombres, les faisceaux divergents de prismes amphiboliques sont bien visibles à l'œil nu, teintés de vert clair lorsqu'ils sont chloritisés comme c'est le cas le plus fréquent. L'arête nord-est, à proximité du col de Forcle, présente une grande variété de ces roches sombres, plus ou moins schisteuses, exceptionnellement oxydées en surface; la coloration rouge foncé de la patine s'accroît en certains points qui correspondent sans doute à des zones plus fissurées ou plus schisteuses. Les alternances de niveaux un peu plus clairs, d'aspect gréseux, et un peu plus foncés, évoquent parfois un rubanage, mais ici nous nous trouvons probablement en présence d'un litage d'origine sédimentaire, de stratifications fines.

En examinant la collection d'échantillons recueillis dans ces zones, tous les intermédiaires pétrographiques nous ont paru être représentés entre les schistes noirs s. stricto évoqués ci-dessus et une variété un peu spéciale, un peu micacée, à petites plages isolées d'albite et à grands et très beaux faisceaux amphiboliques chloritisés. Passons en revue quelques uns de ces types intermédiaires.

Examen microscopique

Les échantillons 99 V et 100 V sont très semblables aux schistes noirs classiques du Versoyen; à l'examen microscopique, ils s'éloignent un peu de ceux-ci, néanmoins, par une quantité plus grande de mica et par l'apparition d'une structure vaguement microbréchique, avec de petits noyaux lenticulaires de quartz finement grenu. Les poussières opaques restent très abondantes et leurs traînées soulignent une schistosité très marquée. Les pseudomorphoses par la chlorite sont innombrables; cependant ici nous hésiterions à voir des formes de chloritoïde ou d'andalousite dans ces rectangles très allongés et chloritisés, mais dépourvus de figures géométriques dessinées par les poussières noires. La tourmaline est assez fréquente, de même que quelquefois les grenats (éch. 100 V).

Le « fond » de la majorité des échantillons est partagé entre l'albite et le mica blanc, tous deux légèrement obscurcis par des poussières noires, orientées en traînées, *beaucoup moins* nombreuses que dans la variété de schistes noirs s. stricto. Le quartz est parfois abondant. Ces trois minéraux fondamentaux varient localement en quantité, et il y a des niveaux presque exclusivement micacés ou exclusivement albitiques, le quartz ne prenant jamais pour sa part une proportion aussi marquée. Dans ce fond, la calcite en mouches plus ou moins abondantes, le sphène souvent en beaux cristaux fuselés, des grains opaques partiellement de nature titanifère (leucoxène) et la tour-

maline, sont omniprésents; le sphène et les grains opaques soulignent parfois l'orientation de la roche. Tous ces minéraux ont une taille qui reste inférieure au dixième de millimètre, mais parfois leurs plages se groupent en îlots (cf le quartz) à contours vagues, qui évoquent une structure microbréchique plus ou moins laminées et recristallisées. La structure de la roche en alternance de lits millimétriques est un caractère évident dans certains échantillons. Ce qui précède n'est que la description d'un « fond » ! En effet, cet ensemble albite-chloriteux micacé, lité, est criblé de plages chloriteuses pseudomorphosant très fidèlement des minéraux antérieurs; parmi ceux-ci des faisceaux divergents de prismes amphiboliques (dont la nature initiale est indiquée par des sections basales) sont les plus spectaculaires; les prismes très fins, à extrémités effilées, sont souvent d'une longueur variable, selon les échantillons et qui peut atteindre 5 ou 6 mm. D'autres minéraux de formes rectangulaires allongées, sont pseudomorphosés en chlorite; il pourrait s'agir d'un autre habitus de la même amphibole, ou peut-être de chloritoïde. La chlorite des pseudomorphoses est verte, à biréfringence très basse, sa dispersion étant assez sensible (éch. 101 V à 106 V).

L'échantillon 107 V est particulièrement intéressant; il a été recueilli à l'aplomb de la petite combe située vers l'E. de la Pointe-du-Clapey, sur le flanc même de celle-ci, au-dessus de l'éboulis riche en conglomérats calcaires à surface d'aspect scoriacé. La roche, un peu schisteuse, très sombre, est finement minéralisée et oxydée. L'examen microscopique nous permet, sur une seule plaque mince, d'examiner plusieurs caractères spécifiques et intéressants de ce faciès périphérique:

La structure d'ensemble est litée à l'échelle du millimètre et apparemment microbréchique: les lits et petits éléments anguleux s'individualisent soit par la prédominance marquée de l'un ou l'autre des constituants essentiels (albite, mica blanc et chlorite), soit par de légères variations de taille de leurs représentants; le mica figure en fines lames parallèles, l'albite et la chlorite en petites plages (0,1 mm de diamètre au plus), groupées en archipels. La calcite est dispersée en « mouches » très ramifiées.

Les poussières opaques extrêmement fines et diffuses obscurcissent très légèrement ce « fond », tandis que des grains opaques ou semi-opaques (leucoxène) un peu plus gros et des traînées faiblement pigmentées de roux soulignent l'orientation de la roche.

De très belles gerbes d'amphibole violet pâle, longues de plusieurs millimètres garnissent ce canevas; le matériel initial a été, ici, préservé d'une rétro-morphose complète. Ce dernier phénomène s'est cependant exercé partiellement, engendrant la chloritisation, l'albitisation et la calcitisation de certaines parties des grandes gerbes; cette paragenèse ultérieure pseudomorphose vaguement les contours des prismes allongés ou leur reste indifférente. Les très fines poussières diffuses contribuent aussi à nous conserver la silhouette de l'amphibole.

Quelques rares grains corrodés d'un minéral que nous rattacherions à la famille de l'épidote, jouent le même rôle que l'amphibole bleue par rapport à la structure générale et aux autres phases.

La roche est sillonnée de veinules microscopiques opaques, décrivant des courbes et des ramifications compliquées, en général *étrangères* à l'orientation générale du « fond ». Ces veinules semblent liées à de nombreuses « poches », d'un diamètre moyen d'un millimètre, garnies, d'albite, de quartz, de carbonate et de phases opaques et semi-opaques; les grains représentatifs de ces dernières sont souvent pourvus d'une marge périphérique rouge foncé et passent à un carbonate semi-opaque pigmenté de brun foncé, lui-même en relation intime avec un carbonate limpide. Le quartz et l'albite garnissent également ces « poches » en plages assez grandes et dépourvues d'inclusions; dans ce cas, un beau prisme d'amphibole bleue se joint à eux.

Dans cette plaque mince, les relations entre l'amphibole violet pâle et les traînées et filonnets opaques sont extrêmement suggestives en ce qui concerne la chronologie des cristallisations; en effet, il apparaît assez nettement que les prismes amphiboliques ont eu la tendance à réorganiser géométriquement et regrouper les poussières les plus ténues qu'ils englobaient. Cette disposition se conserve dans la rétro-morphose. Si l'on se réfère à cette observation, il semble bien que les gerbes d'amphiboles soient ultérieures, non seulement au litage général, mais encore aux déplacements de phases métallifères suggérés par les filonnets et les ramifications. Si l'on considère les nodules opaques ou semi-opaques accompagnés de quartz, albite et carbonates plus ou moins ferri-fères, la question importante de leur genèse reste assez délicate à résoudre; si nous nous référons à la « forme » de quelques-uns de ces nodules, nous pouvons déduire de leur allongement en ellipse ou en lentilles une formation antérieure à la phase principale de lamination engendrant la schistosité, qui est une des phases initiales de la vie de la roche. Si cette vue des phénomènes est conforme à la réalité, les ramifications opaques seraient *issues* de ces nodules, au cours d'une phase de remobilisation chimique de la matière de ceux-ci; l'albite, le quartz et la calcite limpides qui garnissent ces nodules, le plus souvent le long du contour extérieur, pourraient remplacer un vide créé progressivement.

Voici la succession d'événements dont la structure de ce schiste semble témoigner :

1. Sédimentation en niveaux fins, plus ou moins argileux et microbréchiques;
2. Induration, schistification et premières cristallisations (parmi lesquelles celle de minéraux plus ou moins titanifères).
3. Remobilisation de certaines phases métallifères; formation des veinules raminifiées;
4. Développement de belles gerbes d'amphibole violette. La genèse de l'albite, du quartz et de la calcite environnant les nodules opaques peut coïncider avec cette période, et se prolonger un peu plus longtemps.
5. Rétromorphose partielle des amphiboles. Remobilisation ou poursuite de la cristallisation des minéraux disponibles à ce stade: albite, chlorite, quartz, calcite, grains métallisés ténus.
6. Oxydation et altération finales.

Nous n'avons pas inséré dans cette chronologie le moment de formation des nodules minéralisés; les observations d'ordre structural ne nous apportent qu'une forte présomption en faveur d'une genèse *antérieure* à la phase 4, tout en admettant la possibilité de remobilisation ultérieure très locale des éléments. Il est donc logique d'envisager, pour ces nodules, la possibilité d'une formation contemporaine de la mise en place de la masse ophiolitique, plutôt qu'une genèse due à une phase importante du métamorphisme. Nous avons même vu qu'il est permis de se demander si la phase 4 appartient à un métamorphisme régional, question que nous discuterons à nouveau dans les conclusions ci-dessous.

Deux remarques doivent encore être ajoutées:

- a) Les observations structurales microscopiques ne nous permettent d'avoir que des présomptions au sujet de cette succession chronologique.
- b) La durée relative de chacune de ces phases, l'éloignement dans le temps entre chacune d'elles et leur coïncidence partielle sont des questions que nous ne pouvons trancher avec certitude.

Les schistes noirs classiques dans tout le Versoyen constituent le premier terme descriptif « extrême » du faciès schisteux gris foncé que l'on observe dans la partie E. du Clapey. Nous venons de considérer un terme intermédiaire finement lité et d'apparence microbréchique.

Examinons le deuxième terme structural extrême, qui délimitera le « champ » pétrographique entièrement représenté par la gamme des échantillons.

À l'œil nu, cette variété est en général compacte et non orientée; de couleur gris foncé, finement grenue, la roche est criblée d'aiguilles ou de faisceaux fins de couleur vert clair, qui sont des pseudomorphoses par la chlorite de cristaux amphiboliques, longs parfois d'un centimètre.

La structure microscopique est assez simple et caractéristique. Dans un « fond » séricitique, où quelquefois et très localement le mica blanc se développe en lamelles un peu plus grandes, d'innombrables plages isolées d'albite, d'une taille moyenne de 0,1 mm, isométriques, à contours irréguliers, esquissent une structure microscopique ocellée. De très grands faisceaux divergents de prismes effilés, pseudomorphosés par la chlorite accompagnée quelquefois d'albite, sont disposés assez régulièrement et sans orientation dans tout le volume de la roche. Ces prismes sont des rétromorphoses d'amphiboles comme en témoignent de fréquentes sections « basales »; nous n'avons pas rencontré de relique dans ce « terme descriptif extrême ».

Les ocelles microscopiques d'albite sont très légèrement garnies de poussières opaques discrètes, qu'elles groupent, semble-t-il, en ménageant une très étroite marge limpide; ces plages albitiques s'accumulent parfois en grand nombre, se soudent même, et limitent alors le volume imparti aux paillettes micacées fines qui les environne. Les minéraux titanifères, presque toujours présents en quantité appréciable,

sont soit du sphène en beaux cristaux d'une taille proche de 0,1 mm, soit du rutile, dont les aiguilles groupées en petits nids très nombreux figurent en inclusions semi-opaques dans les minéraux du « fond ». Le grenat et la tourmaline sont parfois présents comme minéraux accessoires.

La roche est très peu minéralisée, tout au plus remarque-t-on par places une fine traînée opaque (éch. 108 V à 111 V).

Nous donnons ci-dessous l'analyse chimique de l'échantillon 112 V, représentant typique de cette variété pétrographique. (A.C.13)

Il nous faut cependant signaler, avant de poursuivre plus avant dans les descriptions, quelques observations particulières.

L'échantillon 113 V est, *au microscope*, assez représentatif du faciès qui vient d'être décrit; il semble légèrement lité, et on peut distinguer des niveaux assez riches en carbonate et en quartz; il est de plus exceptionnellement bien pourvu de petits grenats; or, son aspect macroscopique *gris clair* et compact est très proche d'une variété classée dans les faciès du centre du Clapey, développé vers le N.-E. et décrite à la page 84; précisément c'est à la frontière des faciès, à l'approche du contact avec des schistes noirs bien marqués, que nous avons recueilli ce spécimen. Ceci confirme notre remarque, faite à la faveur de la description de ce type central de roche gris clair, selon laquelle quelques spécimens représentatifs évoquent une structure microscopique inattendue, à caractère sédimentaire. Ici aussi donc, entre roches aussi différentes d'aspect que les « schistes noirs » et la roche gris clair à grandes plages amphiboliques trapues, il y a des indices de passage assez progressif, et même une sorte de mimétisme macroscopique.

Un autre phénomène de mimétisme, microscopique celui-ci, est présenté par l'échantillon 114 V, provenant de la zone schisteuse noire de l'arête nord-est de la montagne. L'échantillon est gris très clair, garni de toutes petites mouches vertes et partiellement minéralisé. La structure microscopique est très proche du faciès examiné à l'instant mais l'albite occupe la totalité du « fond », le mica étant absent. Or, les pseudomorphoses chloritisées, qui ne sont pas disposées en faisceaux, ont une forme rectangulaire allongée et se groupent de façon telle qu'elles miment une belle structure diabasique plus ou moins intersertale...! La tourmaline et le rutile sont abondants dans ce spécimen.

Enfin, considérons l'échantillon 115 V, recueilli à l'E. du sommet du Clapey, au-dessus de la petite combe: en quelques centimètres nous avons les passages (francs) de schistes noirs très micacés à un lambeau de roche verte puis à un nodule calcaire dont malheureusement on ne peut connaître l'origine, primaire (en enclave, ce qui est fréquent) ou tardive. La schistosité est nettement oblique par rapport aux plans de contact. Le microscope révèle un fin niveau abondamment garni de tourmaline, au contact entre roche verte et rognon calcaire. Les chapitres descriptifs qui suivront nous confirmeront d'ailleurs la relation apparemment étroite ici entre la tourmaline d'une part et l'imbrication intime entre faciès éruptifs et sédimentaires d'autre part.

ANALYSE CHIMIQUE

Analyse 13 (éch. 112 V) : Roche grise, finement grenue, légèrement schisteuse, à faisceaux d'amphibole chloritisée, de couleur verdâtre clair. Echantillon recueilli le long de l'arête est (à est-nord-est) de la Pointe-du-Clapey, à une centaine de mètres du col de Forcle.

SiO ₂	53,20		
Al ₂ O ₃	22,02		
TiO ₂	0,53	Paramètres de Niggli	
FeO	6,09	si	165
Fe ₂ O ₃	1,21	al	40,2
CaO	0,37	fm	36
MgO	3,72	c	1,1
Na ₂ O	5,41	alk	22,5
K ₂ O	3,19	ti	1,1
MnO	0,13	k	0,28
P ₂ O ₅	0,16	mg	0,4
H ₂ O ⁺	3,75		
H ₂ O ⁻	0,08	qz	— 25
<hr/>			
Total	99,86		

3. SCHISTES NOIRS A ÉLÉMENTS BRÉCHIQUES, D'ORIGINE OPHIOLITIQUE PROBABLE

A partir du col de Forcle, descendons de quelques mètres en direction du torrent du Versoyen, pour examiner le bord schisteux nord-est de la masse du Clapey. Lorsqu'on est favorisé par une surface fraîche et bien éclairée on peut, malgré la compacité de la roche, constater sa nature bréchique assez spéciale; on retrouve cette structure, toujours assez peu visible, dans les schistes noirs qui « emballent » les grands lambeaux de conglomérat calcaire minéralisé garnissant le flanc est du Clapey.

La surface polie des échantillons nous permet de remarquer une superposition très serrée d'écailles, d'une couleur gris-vert foncé, ayant une forme lenticulaire allongée dont le grand diamètre oscille entre 3 et 10 cm. Ces « écailles » sont séparées les unes des autres par des niveaux noirs, ondulés, très minces, qui s'effilent et se ramifient entre les « écailles »; parmi ces dernières se trouvent quelques éléments moins laminés ainsi que quelques nodules isométriques aux contours un peu anguleux, de couleur jaunâtre, entourés d'une auréole brune d'oxydation; ces derniers éléments pourraient être des sortes de petits galets calcaires minéralisés.

Sous le microscope, on constate que, tant le domaine intermédiaire étroit et noir, que la masse même des petites écailles, se rattachent à des variétés décrites au paragraphe précédent: prédominance marquée du mica, sphène abondant et quelques

fantômes chloritisés assez mal formés dans la partie schisteuse sombre; au contraire abondance prépondérante de l'albite, pseudomorphoses chloriteuses très nombreuses et très belles dans le domaine de l'« écaille verte » (éch. 116 V).

Les structures microscopiques et macroscopiques nous indiquent ici la probabilité d'une brèche ophiolitique très compacte, à ciment d'origine argileuse assez peu important avec la présence possible de petits rognons minéralisés.

4. SCHISTE NOIR A PETITES AMYGDALES MINÉRALISÉES

Nous n'avons pas découvert cette variété « en place ». C'est au bord du Versoyen, à l'altitude de 1545 m, près des ruines du bâtiment mentionné comme « ancienne mine » sur la carte au 1/20 000 qu'un ou deux blocs représentatifs avoisinent le petit pont qui franchit le torrent.

Les spécimens représentatifs de ce faciès sont de couleur gris foncé, légèrement schisteux quoique très compacts et durs, à patine brun foncé ou rousse. La roche est criblée de formes ovales d'un centimètre de grand diamètre moyen; constituées essentiellement de minéraux à éclat pyriteux. Or, ces petits nodules minéralisés sont entourés d'une auréole partielle dont la section plane est une sorte de « croissant », de couleur blanche et d'éclat vitreux. Aussi bien l'allongement des ovales que la position de l'auréole en « croissant » semblent respecter un certain parallélisme. Parfois, deux petites auréoles partielles en « croissant » entourent diamétralement un nodule minéralisé à section ovale.

Le microscope nous présente ici à nouveau une des variétés de schistes noirs *s. lato* décrites plus haut: nous notons la structure vaguement microbréchique, localement litée, avec de fines traînées opaques ondulées ainsi que la paragenèse habituelle d'albite, muscovite, calcite, chlorite, quartz, minéraux titanifères, grenats (nombreux ici) et quelques prismes ténus de tourmaline.

Le domaine qui entoure l'amas opaque proprement dit d'une enveloppe partielle dont la section évoque un « croissant » est constitué de quartz en plages absolument limpides, allongées et légèrement divergentes à partir du centre du nodule; vers ce centre s'amassent les gros grains opaques associés à de l'albite, de la calcite, du quartz et de la chlorite, cette dernière se présentant sous la forme de petits rectangles allongés en inclusions garnissant surtout la calcite. Si l'on se réfère à un ou deux indices structuraux, il semblerait qu'une partie de la phase opaque au moins est xénomorphe et postérieure à une partie des petits phénoblastes d'albite (éch. 117 V).

5. ROCHE GRISE A STRUCTURE MICROSCOPIQUE ÉVOQUANT LA POSSIBILITÉ D'UNE ORIGINE EFFUSIVE

Les échantillons représentatifs de ce type proviennent tous du grand éboulis qui descend de la paroi sud-est du Clapey, jusqu'au chalet en ruines du même nom.

L'intérêt de la paragenèse et des structures nous incite à consacrer une publication séparée à cette variété. Disons seulement ici que ces roches semblent la plus parfaite manifestation du faciès hybride, mi-sédimentaire et mi-éruptif, qui constitue la zone est du Clapey. La tourmaline est un des constituants importants de cette variété et nous avons cru y reconnaître des structures intersertales fines.

6. ROCHE GRISE ET VERTE A STRUCTURES MACROSCOPIQUES ÉVOQUANT DES ROCHES EFFUSIVES (AVEC ENCLAVES CALCAIRES)

Entre 2300 et 2400 m, le grand éboulis du versant sud du Clapey permet de récolter un bon nombre d'échantillons à structure macroscopique inattendue. Nous sommes parvenus à localiser un affleurement de ces variétés « *in situ* », exactement au S.-S.-E. du sommet du Clapey, au niveau où la falaise terminale abrupte émerge de l'éboulis à blocs moyens, éboulis lui-même ici en pente très forte. Les structures intéressantes ne sont pas très apparentes et, pour être remarquées, elles demandent des surfaces planes et partiellement altérées, convenablement éclairées.

Nous croyons pouvoir distinguer deux variétés de roches pourvues de structures évoquant des sortes de laves en coussins; une variété gris-vert à petits ovoïdes assez espacés et une autre, gris bleuté, à ovoïdes de dimension moyenne, tantôt isolés, tantôt se moulant les uns sur les autres.

a. Les petits ovoïdes espacés (éch. 118 V et 119 V)

La roche est, à la cassure, de couleur gris-vert assez foncé, colorée localement en espèces de flammes roses ou brunes, ces dernières pigmentations semblant dues à un carbonate ferrique. Si l'altération s'est manifestée de façon favorable, on peut remarquer, sur une surface plane altérée et patinée des formes ovales (de taille moyenne: 5 cm sur 2 cm) teintées en vert-jaune, qui ressortent légèrement en relief dans un « fond » vert plus foncé moucheté de jaune et très finement grumeleux. Sur une surface très fraîche, les formes ovales se remarquent faiblement grâce à leur teinte grise un peu plus claire que celle de leur matrice. Ces formes sont espacées les unes des autres de quelques centimètres, d'un décimètre parfois, mais peuvent se rapprocher sans jamais cependant donner l'impression de se mouler les unes sur les autres.

L'ensemble de la roche semble légèrement orienté et les ovoïdes paraissent plus ou moins aplatis.

Dans de nombreux cas, le contour de ces éléments est accentué par une altération différentielle qui se manifeste par un tracé de très petites cavités réparties comme en pointillé tout autour de la forme ovale.

Signalons que les échantillons font en général légèrement effervescence à l'acide chlorhydrique froid, mais que l'effervescence est très vive exactement le long du contour des sphères aplaties.

Examen microscopique

L'examen microscopique nous conduit à décrire séparément les domaines intérieur et extérieur des petits ovoïdes, domaines isolés l'un de l'autre par un niveau presque exclusivement calcitique large de 1 ou 2 mm. Cette marge calcitique constituée de grandes plages limpides, semble, dans sa cristallisation finale, avoir été postérieure à la formation de quelques petits cristaux d'albite et lamelles de chlorite qu'elle englobe, la chlorite pseudomorphosant peut-être un minéral antérieur.

La matrice des formes ovales est de nature proche des schistes noirs du Clapey (*s. lato*) : l'albite en petits grains à contours nets, le mica abondant, les belles pseudomorphoses de gerbes par la chlorite et un peu de calcite. Notons cependant la faible quantité de ce dernier minéral dans ce domaine.

L'intérieur de la forme est curieux : le plagioclase y prédomine, accompagné de nombreuses mouches de calcite limpide. La chlorite y est très rare, de même que les pseudomorphoses. En revanche, le plagioclase figure en toutes petites facules ou en nuages confus, extrêmement dentelés et engrenés les uns dans les autres ; cet habitus est très *différent* des petites plages nettes d'albite dans la matrice extérieure ; de plus, cette phase leucocrate nous paraît restituer, mais ceci est très difficile à confirmer, des formes rectangulaires longues d'environ 1,5 mm, qui pourraient témoigner d'une structure antérieure intersertale grossière. Ce sont les domaines rectangulaires allongés constitués soit de très petits grains (association quartzo-feldspathique ?), soit de plages albitiques un peu plus grandes et nettes, quelques alignements vagues de poussières opaques et enfin quelques minces contours chloriteux qui, par leur disposition réciproque, nous suggèrent cette structure diabasique.

Nous devons nous souvenir ici que, parmi les éléments *blancs* de petite taille qui appartiennent à la brèche intercalés dans les schistes noirs proches du Mont-Miravidi, nous avons déjà cru déceler une structure intersertale ou ophitique grossière. Mais les plaques minces sont encore moins évocatrices ici.

Ajoutons que certains échantillons représentatifs de cette variété sont assez abondamment garnis de mouches brunes, quasi opaques, paraissant correspondre à l'altération de carbonates ferrifères.

b) *Les ovoïdes de taille moyenne* (éch. 120 V)

Nous avons découvert au bord est du grand éboulis sud du Clapey, à l'altitude approximative de 2350 m, des blocs de taille moyenne et de couleur gris foncé, qui présentaient des figures ovales assez proches de structures macroscopiques de laves en coussins.

La roche, de grain fin, s'avère d'une compacité et d'une dureté exceptionnelles ; elle est de couleur gris-bleu assez foncé à la cassure fraîche, et gris brunâtre à la patine. Les surfaces légèrement altérées sont criblées de très petits trous ; la densité de ceux-ci s'accroît nettement le long de certaines lignes, au point de creuser finalement un sillon profond qui souligne les formes ovales nous intéressant ici. Ces petites

masses ont entre 10 et 20 cm de grand diamètre et entre 3 et 10 cm de petit diamètre. La forme ovale est souvent parfaite mais néanmoins, comme ses contours sont adjacents, certains de ces volumes semblent se mouler fidèlement sur les masses voisines. A la cassure fraîche il n'est pas possible de distinguer ces ovaloïdes, qui ne nous sont conservés que grâce à l'altération des contours. Il semble que ces volumes aient été sensiblement allongés ou aplatis. La roche fait partout vivement effervescence à l'acide chlorhydrique froid.

Ajoutons que le centre de la section ovale est parfois, lui aussi, surcreusé et que, quelquefois, dans certaines roches grises apparemment massives, une forme de ce genre se présente isolément.

Examen microscopique

L'examen microscopique nous révèle une structure nettement orientée et finement « œillée ». Le « fond » est albito-chloritique, l'allongement des petites plages d'albite et lamelles de chlorite contribuent au canevas orienté, de même que les fines traînées de grains de sphène et de poussières semi-opaques, de nature titanifère partielle probable. Ces traînées noires, en s'écartant, soulignent tout particulièrement des sortes d'yeux, formes ovales très nombreuses, aux extrémités effilées, et longues de 1 à 2 mm, garnies presque exclusivement de plages calcitiques assez limpides. Quelques petites plages d'albite se joignent à cette calcite, de même que de petites lamelles de chlorite, aux contours rectangulaires très francs, qui ressortent nettement à cause de leur quasi isotropie sur le fond lenticulaire de calcite.

L'albite, la chlorite et la calcite englobent indifféremment les traînées opaques ondulées, et semblent dès lors de recristallisation assez tardive.

Les structures macroscopiques que nous avons décrites dans ce paragraphe suggèrent fortement un débit volcanique en coussins ou coussinets, ou encore parfois une lave en coussins bréchifiés puis assez fortement laminée. Cependant la petite taille des éléments, leur répartition apparemment très locale, l'absence de structures macroscopiques fines (zonation, varioles, etc.) et enfin leurs caractères microscopiques, nous incitent à la réserve. Nous pouvons cependant formuler deux conclusions assez sûres :

- a) Les formes en ovaloïdes sont la conséquence de phénomènes antérieurs aux phases principales de métamorphisme.

En effet, la paragenèse de métamorphisme (même d'épisodes discutables et intermédiaires, tel que celui de la genèse des gerbes amphiboliques) ne se manifeste qu'en plages minérales de petite taille, réparties assez uniformément, et ne paraissent pas capable de collaborer à la genèse de volumes aussi grands et aussi marqués que ces ovaloïdes; ces derniers ne semblent pouvoir être attribués qu'à un épisode essentiel et sans doute génétique dont l'échelle est celui de la structure générale de tout l'affleurement.

- b) Ces ovaloïdes semblent appartenir exclusivement à la zone périphérique sud-est et sud du Clapey, zone proche des faciès sédimentaires bordiers ou enclavés dans les ophiolites.

Nous concluons donc provisoirement ce paragraphe en interprétant ces structures macroscopiques comme une manifestation assez semblable à la formation de pillow-lavas, localisés à la bordure d'une grande masse intrusive plus ou moins différenciée et en association avec différents faciès sédimentaires encaissants ou en voie d'assimilation par le magma. Le métamorphisme et la tectonique ont oblitéré ces structures, interdisant toute explication plus complète; mais il est possible au contraire que quelques légers phénomènes métamorphiques de métasomatose, de minéralisation et d'altération aient *souligné* des structures qui, dans la roche primaire, étaient encore plus discrètes.

CHAPITRE IX

LE CONGLOMÉRAT A GROS BLOCS CALCAIRES, PLUS OU MOINS MINÉRALISÉ, AVEC TOURMALINE ABONDANTE

Ce chapitre va nous permettre de sortir du cadre exclusif des faciès de la Pointe-du-Clapey, et d'élargir notre champ d'investigations à une bande de terrain allant du Clapey lui-même jusqu'au versant italien de l'Ermite et de la Pointe-des-Glaciers.

En effet, il existe aux confins nord-ouest de la zone des schistes du Petit-Saint-Bernard un niveau de conglomérat à éléments calcaires, très laminé et replissé, brièvement évoqué par H. Schœller, que l'on peut désigner provisoirement sous le nom de « série du Colet-des-Rousses » (P. Antoine, communication orale). Il s'agit du faciès qui avoisine constamment les roches vertes du Versoyen, et qui, à notre avis, pourrait répondre aussi de certaines structures sédimentaires laminées que l'on observe au-dessus des « Balmettes » et au sud de la Pointe-Rousse. Nous retrouvons aussi ce conglomérat peu laminé, au pied sud-est de la Pointe-des-Glaciers, sous l'Aiguille-de-l'Ermite et au « Sommet-des-Rousses » où il se développe fortement; finalement on peut l'observer au mieux dans la combe sinistre du « Lac sans fond »; vers le S.-W., cette variété diminue de puissance.

Au Colet-des-Rousses et sous le sommet de l'Ermite, du côté italien, à l'endroit où les parois presque verticales émergent des éboulés (alt. 2700 m), il est permis d'accéder à la zone de contact entre roches vertes massives, parfois largement rubanées, et série du « Colet-des-Rousses »; or, près de ce contact, on peut observer des niveaux conglomératiques lenticulaires, longs de quelques dizaines de mètres et de puissance très variable, enclavés dans les masses de roches vertes, et disposés parallèlement au rubanage lorsque celui-ci se manifeste.

Le contact entre la série du Colet-des-Rousses et les roches vertes se prolonge dans la paroi sud-est du vallon de Beaupré, très haut, et nous n'avons pu observer s'il y avait là également des alternances entre lentilles sédimentaires conglomératiques et ophiolites; de nombreux blocs du conglomérat laminé sont tombés dans le vallon de Beaupré. Enfin, à l'extrémité de cette ligne de contact, la Pointe-du-Clapey où nous nous trouvons offre à son tour une association très intime entre ce conglomérat et les roches éruptives.

Ces grandes lentilles de conglomérat à gros blocs, enclavées dans les ophiolites, ne s'observent jamais ailleurs qu'à la bordure sud-est du massif de roches vertes, à proximité immédiate de la série si caractéristique du Colet-des-Rousses; assumer la parenté entre les enclaves sédimentaires et cette série détritique nous paraît donc raisonnable.

Ces constatations ont une grande importance sur les plans paléogéographiques et tectonique, auxquels nous reviendrons.

Il faut étudier ce faciès non pas en tant que roche exclusivement localisée au Clapey, mais comme une variété spéciale de contact et d'enclaves appartenant à toute la bordure sud-est et est de l'ensemble ophiolitique du Versoyen; en outre nous avons déjà vu ailleurs, avec l'étude de différents genres de schistes noirs, combien le volcanisme a, dans le Versoyen, mêlé étroitement ses produits aux sédiments.

A l'aplomb de la petite combe qui se trouve située vers l'E. du Clapey et dont nous avons déjà parlé, l'ensemble ophiolitique offre l'aspect d'un mur légèrement convexe plongeant fort vers le S.-E., constitué des schistes noirs très oxydés que nous avons décrits. Le phénomène qui nous concerne ici est la présence de grands lambeaux de conglomérat calcaire, plus ou moins laminés, pincés entre des niveaux de schistes noirs compacts. L'éboulis qui tend à combler la petite cuvette est essentiellement constitué d'éléments appartenant à ce type et la combe elle-même est peut-être due à l'érosion très active des roches de ce faciès, particulièrement friables. Vers le haut de l'affleurement, c'est-à-dire sur l'arête nord-est conduisant au sommet, vers 2618 m, le conglomérat s'avère très intéressant car il y est constitué de blocs de taille très différentes, les plus grands atteignant 3 m de long, ainsi que de quelques éléments évoquant des bancs calcaires brisés, le tout, matrice grise d'apparence scoriacée et éléments, étant emballé dans des niveaux de schistes noirs à brèche probablement ophiolitique.

L'aspect macroscopique de ce conglomérat est très curieux: les éléments, de forme et de dimension très variable (de quelques centimètres à plusieurs mètres de diamètre), constitués d'un calcaire blanc à la patine et gris foncé à la cassure fraîche, se « déchaussent » de leur matrice dont le caractère superficiel apparemment scoriacé est très impressionnant, de même que sa couleur rouge due à une oxydation.

La plupart des échantillons appartenant à ce conglomérat et provenant d'affleurements très proches des ophiolites, ou enclavés au sein de celles-ci, présentent ce phénomène d'intense altération; la nature presque spongieuse du ciment de ce

conglomérat n'est que superficielle sur une profondeur de 0,5 à 2 cm; le comportement différent de la matrice et des éléments est un fait assez significatif sur lequel nous reviendrons.

M. Pierre Antoine, assistant à l'Institut Dolomieu de Grenoble, a bien voulu me confier une douzaine d'échantillons et de plaques minces provenant de la zone du Colet-des-Rousses, appartenant à la série de ce nom. Il m'est ainsi permis de compléter la collection de spécimens recueillis soit à la Pointe-du-Clapey, soit dans le vallon de Beaupré, où s'éboulent les blocs appartenant aux parois sud-est.

Ajoutons une dernière remarque: les termes de « conglomérat » ou de « brèche » ne peuvent être utilisés qu'avec une légère réserve: en effet, en certains cas, il est permis de se demander si nous ne sommes pas en présence d'un « faux-conglomérat », résultant de l'intense boudinage, puis de la lamination et du plissement d'alternance de bancs plus ou moins calcaires, et peu compétents. Néanmoins, au sein des roches vertes, le faciès s'avère toujours moins laminé que dans la série du « Colet-des-Rousses », et l'apparence est alors celle d'un conglomérat authentique; nous pouvons supposer que la gangue ophiolitique l'a protégé de certains plissements et laminages ultérieurs.

L'étude microscopique détaillée de ces roches fera l'objet d'une publication séparée. Résumons-en les points importants.

Il nous a paru possible de subdiviser cet ensemble métasédimentaire en deux catégories:

- a) Un conglomérat à éléments carbonatés clairs à la patine et gris foncé à la cassure fraîche, à matrice d'aspect plus ou moins scoriacée en surface. Les éléments, d'une taille allant de l'ordre du décimètre à celui du mètre, ne révèlent au microscope qu'une minéralisation faible.

La matrice témoigne d'une activité métasomatique beaucoup plus intense, et elle se rapproche parfois de certains types schisteux de la périphérie du Clapey. Elle est enrichie en albite plutôt automorphe, en sphène, en chlorite, en épidote, mica blanc, tourmaline, grenats et grains opaques, cette paragenèse étant disposée selon des traînées ondulées. Quelquefois, des gerbes de prismes d'amphibole chloritisée recoupent cette orientation (fig. 62).

- b) Une variété conglomératique, ou pseudo-conglomératique, recueillie en éboulis dans le vallon de Beaupré, caractérisée par des éléments carbonatés laminés inclus dans une matrice de couleur vert clair à la cassure fraîche.

Sous le microscope, cette variété témoigne d'une minéralisation moins intense mais, malgré cela, la pumpellyite et la tourmaline s'y présentent en grande abondance, partiellement calcitisées. La tourmaline et les plages moins visibles de pumpellyite dépassant parfois le millimètre de diamètre.

G. et P. Elter (1965) ont récemment eu l'occasion d'évoquer les analogies existant, à leur avis, entre ces variétés de conglomérat prises dans leur ensemble (c'est-à-dire

en envisageant également la série dite « Colet-des-Rousses »), et les olistostromes décrits dans les Apennins.

Nos observations confirment un comportement physicochimique très différent entre les éléments, volumétriquement mal classés, et leur ciment très abondant à l'occasion de l'intrusion magmatique. Cette observation n'implique pas obligatoirement le grand bouleversement et broyage mécanique qu'évoque l'idée des olistostromes, mais peut s'expliquer plus simplement par un ciment encore imbibé d'eau,



FIG. 62. — Matrice du conglomérat à blocs calcaires: la roche est actuellement constituée ici de plages de quartz, d'albite, de calcite et de chlorite, avec grains opaques et de sphène. Cette ultime cristallisation a été précédée *a*) par un litage initial (sédimentaire probable), évoqué par les lits semi-opaque doucement ondulés; *b*) par une cristallisation de faisceaux d'amphibole, aujourd'hui disparue, mais évoquée par des contours formés de fins granules de sphène et leucoxène.

enrobant une brèche (falaise éboulée) très grossière, ces faciès étant en somme banal dans la zone subbriançonnaise (bien que souvent la question de la genèse de ces faciès détritiques doive à présent être reposée, à la lumière des recherches dans les Apennins).

Il nous paraît certain, ici, aux confins du Versoyen et de la zone du Petit-Saint-Bernard, que la structure conglomératique (ou bréchique) grossière était préétablie par rapport à l'intrusion volcanique; or, selon le schéma paléogéographique que nous pressentons personnellement pour le Versoyen, l'intrusion volcanique associée au conglomérat calcaire se serait faite à une certaine profondeur au sein des sédiments plus ou moins meubles et aquifères, à une certaine profondeur sous le fond immergé. Ceci impliquerait l'enfouissement antérieur des faciès associés aux ophiolites et

enclavés en partie par elles. Mais il serait alors possible de considérer la brèche à gros blocs calcaires comme le résultat de dislocations et de bouleversements à une certaine profondeur au sein des sédiments calcaires enfouis (à quelques centaines de mètres de profondeur par exemple), bouleversements annonciateurs d'un mouvement tectonique (peut-être l'amorce d'un charriage) et dislocations ouvrant l'accès au magma; nous nous rapprocherions dès lors en partie de la notion d'olistolites.

Nous pensons que s'il y a eu un phénomène apparenté à celui des olistostromes, il pourrait avoir été non seulement antérieur (de peu) au volcanisme, lié aux stades préparatoires de celui-ci, mais à une échelle différente de celle des blocs constitutifs de la brèche, à l'échelle de vastes lentilles tectoniques, glissantes, charriées, engendrant un désordre au sein duquel les laves se seront livré un passage.

De toutes façons, soulignons qu'il nous semble que la structure réelle du conglomérat est restituée avec plus de fidélité par les grandes enclaves dans les roches vertes plutôt qu'à l'extérieur de celles-ci, où de multiples phases de plissements tardifs semblent s'être manifestées.

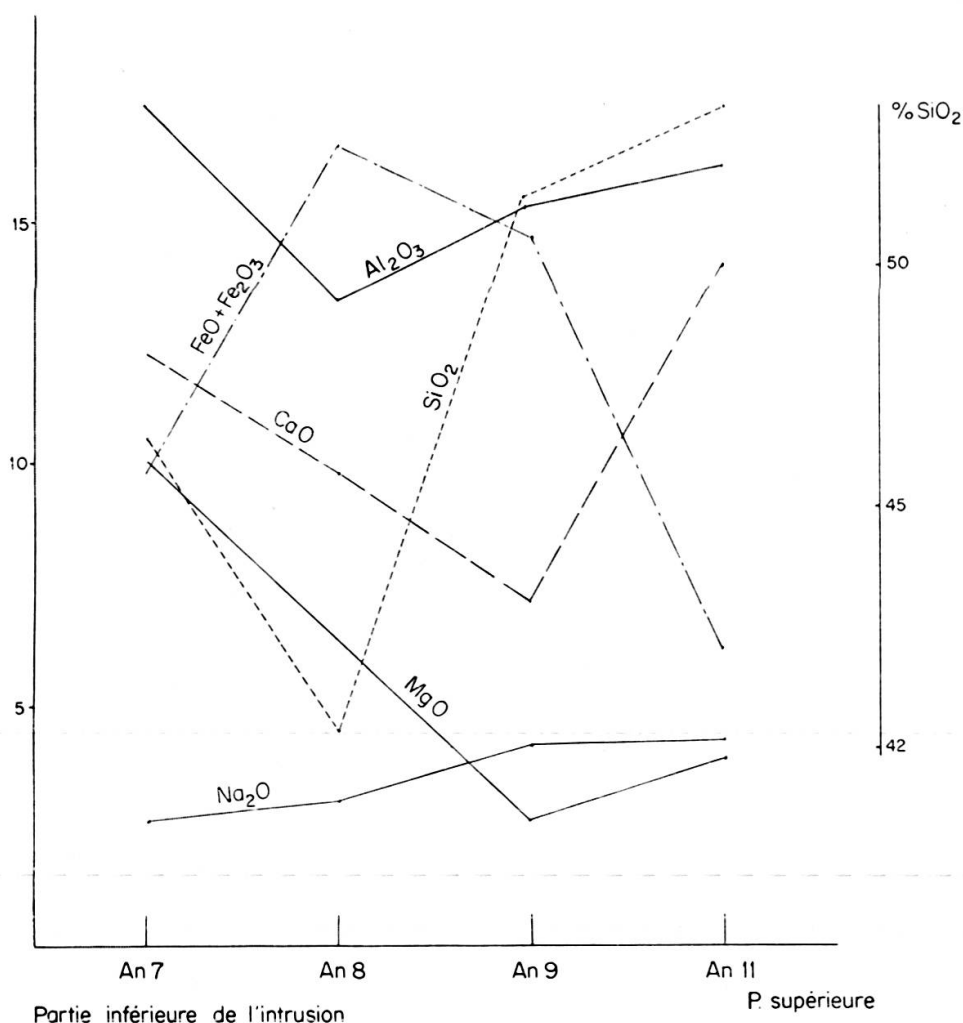
CHAPITRE X

CONCLUSION DE LA DEUXIÈME PARTIE

Après la description quelque peu détaillée des roches de la Pointe-du-Clapey, il nous semble nécessaire de souligner quelques observations d'ordre général qui peuvent contribuer à élucider les modes de mise en place et de métamorphisme de ce massif intéressant.

- a) Bien que d'un volume beaucoup plus important que les autres niveaux ophiolitiques du Versoyen, le Clapey appartient bien génétiquement à cet ensemble volcanique, comme en témoignent les différents sédiments adjacents et enclavés, ainsi que les faciès analogues aux siens, quoique se présentant d'une manière moins spectaculaire, et qui se retrouvent ailleurs dans la région.
- b) Les roches sédimentaires entourant le Clapey appartiennent aux unités géographiquement opposées du Versoyen: le conglomérat du type « Colet-des-Rousses » de la bordure est et sud-est, et les schistes gris et petits bancs de la bordure nord-ouest. L'une de ces unités nous semble avoir été proche du fond océanique au moment des éruptions, l'autre (le conglomérat) enfouie un peu plus profondément. Cette dernière est accompagnée apparemment au Clapey d'un développement important de tourmaline et d'une forte minéralisation cuprifère et ferrière.

- c) La périphérie du massif du Clapey présente soit des faciès fins et rubanés, soit des faciès hybrides témoignant d'association intime entre le magma et des sédiments; l'absence de « liséré blanc » à un contact extérieur autant au Clapey que dans les autres grandes masses de la zone E. du Versoyen, doit être soulignée; une sorte de rubanage leucocrate semble ici en tenir lieu.



Graphique 3

Graphique 3: Relations entre les variétés pétrographiques importantes de la Pointe-du-Clapey. Les analyses chimiques (An) sont celles qui sont données dans le texte.

- d) Les structures primaires des roches du Clapey sont soit relativement grossières soit porphyriques. Ces différentes variétés basiques passent progressivement l'une à l'autre: ce passage, parfois assez rapide, n'est jamais franc. Le graphique 3 résume les relations géochimiques entre les variétés pétrographiques essentielles de ce massif. La comparaison avec quelques graphiques identiques concernant des sills « classiques » (Mont-Wellington, Tasmanie, Palisades, New-Jersey; cf TURNER et VERHOOGEN, 1960) confirme l'orientation

initiale que nous pressentions pour l'intrusion que nous étudions, en nous appuyant jusqu'à présent sur des observations pétrographiques structurales: les zones E. et N.-E. actuelles du Clapey doivent correspondre à la partie inférieure de l'intrusion; la zone ouest à la partie supérieure. Cette image coïncide parfaitement avec la paléogéographie du Versoyen, qui comporte la série « Colet-des-Rousses » proche des intrusions apparemment plus profondes, et les schistes gris associées aux structures franchement effusives.

- e) L'individualisation de roches leucocrates à grain fin, en poches à contours irréguliers ou sous la forme de rubanage, est un phénomène caractéristique de tous les domaines pétrographiques du Clapey. Il en est de même des masses situées aux confins est du Versoyen.
- f) Semblant correspondre aux différents traits particuliers précédents, le métamorphisme revêt, au Clapey, un caractère également très spécial: développement spectaculaire du glaucophane *s. lato*, soit en auréole entourant des cristaux de pyroxène, soit dans les interstices entre les phénocristaux de la roche porphyrique, soit encore sous forme de gerbes de prismes dans les faciès à grains fins de la bordure du massif. De plus, nous avons noté un développement très important d'amphibole verte, de chlorite, de stilpnomélane, d'épidote et de grenat. La tourmaline est quelquefois associée à ces deux derniers minéraux, et elle ne se présente jamais que dans les formes reliques initialement feldspathiques. L'antériorité du « glaucophane » et de la tourmaline par rapport au reste de la paragenèse de métamorphisme est structuralement bien évidente; cependant nous n'avons pu observer aucun lieu direct entre ces deux minéraux.

Comme dans toute interprétation au Versoyen, il faut ici porter notre attention sur deux épisodes successifs: la mise en place des roches, puis leurs transformations ultérieures.

A la lumière des observations résumées ci-dessus, nous pouvons postuler pour le Clapey une mise en place du magma à profondeur assez grande *en comparaison* de celle des ophiolites des zones occidentales du Versoyen. L'hypothèse de la présence possible de laves subaériennes ne résiste pas à l'examen détaillé des structures fines de la périphérie du massif, correspondant à des « chilled edge » ou à des zones d'assimilation partielle de sédiments, peut-être encore meubles, par le magma. Dans cette vaste « poche » de forme lenticulaire probable, dont le volume peut du reste avoir varié sous l'effet d'injections magmatiques successives, différents types pétrographiques ont pu cristalliser assez lentement.

Une question précise peut être posée: si le « toit » de l'intrusion que nous examinons ici est constitué par des schistes gris qui accompagnent ailleurs les niveaux de laves en coussins, et si son « mur » est formé par la série grossièrement conglomératique du type « Colet-des-Rousses », que sont devenus les niveaux de schistes noirs,

paraissant ailleurs au Versoyen constituer le faciès sédimentaire intermédiaire ? Ils ne sont certes pas absents au Clapey (arête nord-est, façade sud-est), mais leur puissance totale reste inférieure à celle qu'ils possèdent ailleurs. Il est possible que la disposition si curieuse, au Versoyen, des sills peu puissants, superposés et alternant avec les schistes noirs, soit en fait due à une accumulation exceptionnelle et très locale de boues argileuses, très meubles et humides. La structure générale massive du Clapey pourrait alors correspondre à l'amincissement de cette couche sédimentaire particulière; autrement dit, le fond sous-marin n'aurait pas été régulièrement stratifié, mais constitué de fosses, de chenaux, comblés de sédiments différents, et au milieu desquels la lave se serait frayé un passage. Rappelons la possibilité d'écailles de vaste dimension, charriées et compliquant encore ce milieu (leur charriage répondant peut-être à des bouleversements préluant au volcanisme).

On peut à présent se demander si les différentes variétés pétrographiques de la zone centrale du Clapey résultent d'une différenciation magmatique opérée *in situ* ou, au contraire, d'une succession d'injections de magmas légèrement différents, de provenance lointaine. (Ce qui, dans notre esprit, ne ferait qu'éloigner dans l'espace le lieu de différenciation).

Cette question reste encore très controversée dans des cas d'intrusions basiques dénuées de métamorphisme. En ce qui concerne le Clapey, nous pouvons dire que, s'il y a eu injections de provenance éloignée, celles-ci se sont effectuées selon une succession assez rapide pour prévenir toute consolidation définitive des masses déjà en place: la forme générale de l'intrusion, la répartition régulière des différents types pétrographiques, l'absence de contact franc entre eux, nous en apportent des témoignages assez concordants.

Il n'est en revanche pas impossible que nous soyons en présence d'une partie, ou du tout, d'une grande poche où la différenciation a pu partiellement s'opérer. Les rubanages, le passage rapide mais progressif entre le mélagabbro (roche verte pyroxénique) et la glaucophanite porphyrique, et enfin certaines considérations d'ordre géochimique nous invitent à ne pas écarter cette hypothèse; notons par exemple la richesse exceptionnelle en calcium de la roche blanche aphanitique récoltée au cœur des masses porphyriques à glaucophane qui, elles, s'avèrent les plus pauvres en cet élément.

Toujours dans cet ordre d'idée, considérons un moment la structure de la roche porphyrique à fort développement de « glaucophane »: nous y trouvons une répartition des phénocristaux en sortes de « bouffées » irrégulières; cette structure évoque irrésistiblement un milieu agité et « en ébullition »; cette image doit peut-être être prise au sens propre. En effet, si nous étudions les différents diagrammes proposés par P. NIGGLI (1929) concernant le comportement physico-chimique de mélanges magmatiques simplifiés, nous notons que, de toutes façons, un abaissement de la pression ambiante entraîne un épisode d'ébullition. Dans le contexte paléogéographique du volcanisme au Versoyen, nous pouvons admettre des pressions « intermédiaires » ou

faibles pour le milieu où s'est produite l'intrusion qui nous intéresse. La structure porphyrique avec mésostase primitivement très fine ou vitreuse de la glaucophanite nous semble résulter logiquement d'un épisode rapide, et assez tumultueux, de dégazéification. Etant donnée l'orientation initiale de l'intrusion, nous ne devons pas être surpris de trouver exclusivement des faciès grenus assez grossiers dans les zones E. et N.-E. du Clapey: ils correspondent à des variétés se figeant pour leur part sous, peut-être, plusieurs centaines de mètres de roches en cours de refroidissement.

Le métamorphisme du Clapey, qui confère son originalité à ce massif est caractérisé par un grand développement d'amphiboles vertes, stilpnomélane, chlorite, épidote, grenat, mais surtout par l'abondance exceptionnelle du « glaucophane » (s. lato), dans certaines variétés pétrographiques. Ce minéral secondaire croît en auréole autour des cristaux pyroxéniques. Notons que C. E. Wegmann (1928) a observé également des amas fibreux d'amphibole bleue entourant les pyroxènes et les pénétrant, dans des spécimens provenant de la mine de Saint-Véran, gisement auquel nous avons en l'occasion de faire allusion. Au Clapey, l'amphibole bleue s'insinue aussi dans les cristaux mélanocrates à la faveur de rares fissures microscopiques, il occupe la plus grande partie de l'espace dévolu à la mésostase de la roche porphyrique, et il se développe dans le faciès à grains fins selon un habitus spécial, en espèces de gerbes ou de faisceaux de prismes.

Il faut souligner que la présence de l'amphibole bleue est de moins en moins marquante, lorsque nous nous rapprochons des faciès « gris », massifs de l'extrémité est du Clapey, correspondant aux parties inférieures de l'intrusion. La raréfaction, puis la disparition de ce minéral sodique spectaculaire ne nous paraissent pas pouvoir être expliquées uniquement par des variations chimiques, et cette remarque est valable non seulement en ce qui concerne le Clapey mais aussi pour l'ensemble du Versoyen.

Si nous voulons expliquer la présence du « glaucophane » en certaines zones du Clapey, par un phénomène de métamorphisme régional classique, nous devrions chercher les agents « catalyseurs » pour la formation locale de ce minéral: il pourrait s'agir de quelque élément chimique à l'état de traces, ou de la présence initiale d'un minéral particulier, ou encore de l'existence locale d'une structure primaire favorable. Sans éliminer ces possibilités, nous devons dire que les résultats d'une étude structurale ne nous portent pas à chercher dans ce sens.

Toujours dans le cadre d'un métamorphisme assez classique, nous pourrions aussi par contre envisager la « glaucophanisation » comme la conséquence d'apports minéralisateurs, à la faveur de fissures ou de zones « schistifiées ». Or, nous n'avons jamais observé, sur les plans macroscopiques ou microscopiques, d'indices en faveur de cette hypothèse: les faciès glaucophaniques sont répartis en volumes de forme massive, n'obéissant approximativement qu'aux tendances structurales et paragénétiques primaires des roches.

Le « glaucophane » est communément considéré comme un minéral sensible à la pression. Il semble correspondre, selon de nombreuses interprétations admises, à

une nette élévation de celle-ci, coïncidant avec une augmentation relativement faible de la température. Or, dans les roches du Clapey, nous devons noter, non seulement l'isotropie parfaite des structures macroscopiques et microscopiques, mais aussi l'absence totale d'orientation privilégiée pour les aiguilles et plages d'amphiboles bleues. Si quelquefois, dans le « liséré blanc » du Versoyen, le glaucophane semble orienté parallèlement à ce liséré, au Clapey, le rôle d'une pression dirigée semble avoir été mineur. Il faut cependant envisager la possibilité de pressions hydrostatiques, peu susceptibles de déformer les roches, mais dans ce dernier cas, le rôle de phases fluides est sans doute déterminant, et nous rejoindrions ainsi l'explication proposée un peu plus loin.

De son côté, la chloritisation (ainsi qu'une forte remobilisation de l'albite, de la calcite et du quartz) nous a très souvent paru liée à des zones de fissures, de broyage ou de lamination des roches, autant dans le massif principal du Clapey qu'à sa périphérie, et dans le reste du Versoyen; nous pensons par exemple aux pseudomorphoses des amphiboles et du chloritoïde ou de l'andalousite (?). En bref, si la chloritisation nous a semblé liée à une large possibilité de circulation tardive de solutions minéralisantes, il n'en a jamais été de même pour le « glaucophane » qui nous a toujours paru beaucoup plus *intimement lié à la genèse de la roche*.

Parmi les facteurs entrant en jeu dans le métamorphisme régional, la teneur en eau des roches semble retenir l'attention des auteurs récents; le « potentiel chimique » de l'eau, ou de phases telles que CO_2 , est aujourd'hui communément invoqué pour expliquer la formation et les variations de paragenèses métamorphiques de faible degré (J. B. Thompson, 1955). Or, une des caractéristiques des roches à glaucophane est un rapide et inexplicable changement de paragenèse sur de petites distances; ces variations pourraient être en relation avec des modifications très locales de la teneur en eau (P. Bearth, 1959, 1966).

Si nous considérons les roches de la Pointe-du-Clapey, il est possible que la mésostase (peut-être partiellement vitreuse) de la roche porphyrique, riche en eau, ait favorisé le développement local du « glaucophane », étant donné un milieu chimiquement favorable. Les roches grenues voisines, qui sont beaucoup moins pourvues de ce minéral, peuvent avoir été plus ou moins influencées à distance par ces conditions particulières. Quant aux unités pétrographiques de la périphérie, leur voisinage avec des sédiments riches en eau pourrait répondre des phases aqueuses ayant contribué à engendrer les gerbes de « glaucophane » fréquentes. Dans le cadre exclusif de la Pointe-du-Clapey, cette genèse des amphiboles sodiques, correspondant d'ailleurs à un développement plus large des paragenèses secondaires, nous paraît satisfaisante et elle correspondrait ainsi à un épisode initial du métamorphisme régional. Il y aurait donc eu une période d'existence de roches grenues et porphyriques fraîches, dénuées de paragenèse d'altération; en a-t-il été de même, alors, pour les niveaux ophiolitiques de la région prise dans son ensemble? La présence de l'adinole, si nous admettons pour cette roche une formation magmatique tardive, ne nous incite pas à

penser que les niveaux ophiolitiques aient pu être absolument exempts d'autoaltération initiale. Donc, en ce qui concerne le « glaucophane » associé au « liséré blanc » (mais absent de la matrice chloriteuse des coussins), une genèse secondaire attribuable à un rôle de la phase aqueuse, nous semble moins facile à invoquer. Malgré cette difficulté, à la suite des publications de P. Bearth portant d'ailleurs sur des roches alpines du Valais (à chloritoïde !), nous considérons l'hypothèse d'un métamorphisme régional avec une action différentielle de phases aqueuses, comme assez satisfaisante pour la région du Versoyen, et surtout pour la Pointe-du-Clapey.

Les obstacles auxquels nous nous heurtions en confrontant les observations microscopiques et de terrain avec ce que l'on pourrait attendre logiquement d'un métamorphisme régional, nous ont poussé à rechercher d'autres genres d'explication. Si, par exemple, nous désirons mettre en évidence la genèse du « glaucophane » en auréole autour des pyroxènes et envahissant d'ailleurs plutôt les minéraux environnants, nous sommes frappés par l'analogie *structurale* qui existe entre ce mode de mise en place et les phénomènes de « corrosion », classiques pour d'autres familles minérales et dans, apparemment, d'autres circonstances. Or, si nous revenons aux différents diagrammes de P. Niggli (1929), nous voyons qu'après un refroidissement sensible, les laves sous pression faible ou moyenne connaissent un stade de « corrosion magmatique », correspondant à une remobilisation d'une partie des substances déjà cristallisées. L'ouralitisation de certains pyroxènes, la chloritisation de certaines biotites, sont souvent considérées comme le résultat d'un processus semblable. Ici, il nous faut rappeler que dans la conclusion partielle du chapitre consacré au « liséré blanc », nous avons très audacieusement envisagé la possibilité pour le « glaucophane » de se former au cours d'un épisode final de la consolidation du magma, à l'instar de la formation des adinoles selon les vues généralement admises.

Ne serait-il pas permis d'envisager, au Clapey, un développement d'amphibole sodique lié à son apparition dans certains « lisérés », au cours d'un épisode tardif de refroidissement du magma ?

Rappelons que, toujours, l'amphibole bleue nous a paru appartenir à un stade initial de métamorphisme : structuralement ce minéral semble constamment antérieur aux autres minéraux secondaires (seule la tourmaline ne nous a pas révélé de lien structural et chronologique avec l'amphibole sodique, et cette absence de contact à l'échelle microscopique est peut-être significative). Ensuite, soulignons que quelques auteurs admettent la possibilité, au moins théorique, d'une genèse magmatique primaire pour le glaucophane (Ernst, 1961 ; H. Washington, 1901). Enfin, une analyse attentive de la littérature portant sur les massifs basiques métamorphiques (dans le faciès « schistes verts » particulièrement) nous invite à nuancer considérablement la subdivision trop systématique entre métamorphismes régional et de contact. Etudions par exemple les intéressantes publications de R. Coats (1940) et de G. M. Schwartz (1939), passant en revue les différentes théories au sujet des altérations hydrothermales, de la propylitisation et autres actions deutériques. Bien que le « glaucophane »

ne semble pas particulièrement en cause, nous notons que de très nombreux auteurs, en particulier les pétrographes européens intéressés à la géologie des gîtes, ont, dans des cas précis bien entendu, envisagé très souvent une « autoaltération » du magma dans ses phases de consolidation ultimes. Seuls varient, pour ces différents auteurs, le mode et le moment exacts de ces phénomènes deutériques. Des auteurs plus récents sont encore amenés à admettre des actions de ce type, dans le cas de sills semblables à ceux qui nous concernent ici, phénomènes qu'ils ne peuvent aisément distinguer d'un métamorphisme régional ultérieur. Nous ne pouvons non plus passer sous silence les conclusions auxquelles est amené G. C. Amstutz, (1957, 1958) à la suite de ses propres travaux sur la minéralisation spilitique et de ceux d'Eskola (1934) et de P. Niggli (1952): « We know today that the aforementioned minerals (chlorite, calcite, épidote, prehnite, etc.) form as syngenetic primary crystallization products as a normal sequence following the conventional crystallization of basaltic lavas. From transitions of epidotes, albites, quartz and calcite into the sediments in many spilite areas we know that this spilitic mineral assemblage bridges the temperature pressure gap completely or almost completely. . . » Le hiatus qu'évoque l'auteur est défini par lui: « This gap is the temperature hiatus from conventional lava or magma temperatures to temperatures of formation for sedimentary rocks and low temperature metamorphism ».

Par ailleurs, nous reviendrons dans la conclusion générale de ce travail sur les curieuses découvertes de très nombreux spécimens de roches vertes métamorphiques dans des fonds sous-marins volcaniques, où il est toujours assez difficile d'envisager l'érosion de niveaux ayant subi un métamorphisme régional suffisant, de caractère classique. (Melson, W. G., et al. 1966)

Ne pourrait-on pas envisager l'hypothèse d'une parenté très proche entre la mésostase (essentiellement glaucophanique, avec stilpnomélane) de la roche porphyrique du Clapey et les substances génératrices du glaucophane qui accompagne le « liséré blanc » en certains de ses points. Cette idée pourrait être partiellement étayée par la constatation selon laquelle, au milieu du massif porphyrique et glaucophanique, se présentent de vastes poches de roche aphanitique blanche, très riche en calcium, et qui, elle, pourrait être apparentée au liséré blanc s. stricto; nous pourrions envisager une sorte de différenciation, assez tardive, de la mésostase encore fluide des magmas porphyriques; l'équilibre des analyses chimiques, pour le calcium, nous suggérerait ce mécanisme. Les agrégats de « glaucophane » en faisceaux dans les faciès bordiers fins et sédimentaires limitrophes, la corrosion des *plagioclases au contact des pyroxènes*, par le « glaucophane », puis, si les substances interstitielles sont en suffisance, l'hydratation des pyroxènes eux-mêmes, peuvent à notre avis s'expliquer par une minéralisation et une autoaltération tardive du magma solidifié lui-même. A la suite des auteurs qui voient dans certains types de propylites les indices d'une action deutérique, nous serions même porté à envisager une genèse identique pour certaines amphiboles vertes, et pour les minéraux du groupe de l'épidote ainsi que les grenats. Les variétés de

stilpnomélane qui nous ont toujours paru de formation ultérieure aux minéraux précités, peuvent correspondre à un stade tout à fait tardif de cette suite de phénomènes, tout comme à un épisode d'authentique métamorphisme régional. Mais il s'agit dans ce qui précède d'une hypothèse extrême que nous n'avancons qu'avec grande prudence.

Dans ce schéma général pour le métamorphisme, assez difficile à défendre en l'absence de précédents clairs, nous serions portés à attribuer à un métamorphisme régional classique ce que, dans l'étude microscopique, nous étions entraînés à qualifier de « rétromorphose ». Nous pensons à la chloritisation des paragenèse, très générale dans toute la région, mais ralentie ou même interdite dans des masses rocheuses particulièrement compactes et réfractaires à l'écrasement (le Clapey), ainsi qu'à une remobilisation bien évidente du quartz et de la calcite, et probablement aussi de l'albite, telle qu'en témoignent les liens structuraux constants entre phénoblastes d'albite et plages chloritisées.

Ici encore, comme dans notre explication portant sur les différents types de sills du Versoyen, on mesurera combien une juste appréciation des phénomènes primaires pourrait éliminer des énigmes (degré élevé de métamorphisme dans une région des Alpes relativement externe, variation rapide de ce degré d'un point à l'autre) apparemment posées lorsqu'on ne fait intervenir que le métamorphisme régional.

Nous devons ouvrir un paragraphe particulier pour considérer le cas de la tourmaline vers l'E. et le S.-E. du massif du Clapey. Ce minéral paraît s'accroître en quantité à proximité des enclaves carbonatées du conglomérat de type « Colet-des-Rousses »; il a cristallisé au sein même des roches éruptives à grains grossiers, sans paraître en général lié à quelque fissure, mais il ne s'est développé exclusivement que dans les domaines cristallins initialement feldspathiques, en étroite association structurale avec les grenats et les épidotes, paraissant tout au plus légèrement antérieur à ces deux minéraux. De plus, assez souvent, la tourmaline semble participer au rubanage leucocrate assez fin que garnit les faciès « bordiers » du Clapey vers le S.-E. Aucun lien clair n'est apparu entre la tourmaline et les amphiboles bleues, l'abondance de l'un ne paraissant pas forcément liée à celle de l'autre.

Trois hypothèses sont possibles pour expliquer la présence de ce minéral: tout d'abord vient à l'esprit l'idée d'une minéralisation étrangère au volcanisme du Versoyen. En ce cas, la tourmaline apparaîtrait aussi bien au sein de minéraux basiques que dans les domaines leucocrates, et l'on pourrait sans doute assez souvent déceler des indices de minéralisation d'origine lointaine (fissures minéralisées, minéraux opaques ou quartz associés, etc.). Des indices manquent presque toujours.

A l'autre extrémité de la période de « vie » des roches considérées, c'est-à-dire au moment de leur formation, on pourrait admettre la cristallisation initiale de la tourmaline, rapidement incluse ensuite dans les prismes feldspathiques. Il n'est aucune observation qui interdise a priori ce point de vue, si ce n'est, ici aussi, l'absence de précédent dans la littérature.

Ne pourrait-on pas plus simplement, adoptant l'idée d'une « propylitisation » d'origine magmatique tardive, associer la genèse de la tourmaline à la formation de grenat, d'épidote, de « glaucophane » même, c'est-à-dire en somme à la destruction, ou plutôt à la corrosion, selon des lois géométriques d'ailleurs, des prismes de plagioclase. Cette explication rendrait compte du lien qui semble exister entre la tourmaline et un certain type de rubanage fin leucocrate, si on admet la possibilité, pour ce rubanage, d'une genèse plutôt tardive elle aussi.

D'où proviendraient en ce cas les éléments volatils, le bore en particulier, qui répondent de la formation de ce minéral ? Il n'est a priori pas exclu que certaines roches basiques ne produisent des résidus de différenciation riches en bore, quoique cela soit peu courant. Nous proposons donc l'idée d'un enrichissement en bore dû à l'assimilation partielle de sédiments (de la série « Colet-des-Rousses », exceptionnellement riche en tourmaline au Clapey, et de faciès associés, très proches du Trias salifère). Les études de Goldschmidt et Peters (1932), Déverin (1934), Serdyuchenko (1956) tendent à confirmer la possibilité de genèse authigène pour ce minéral, en particulier dans des séries associées aux évaporites riches en bore. L'important serait donc ici pour nous la présence relativement abondante de bore dans les substances sédimentaires. Dans le cas qui nous intéresse ici, les associations entre la roche carbonatée en enclave dans la roche éruptive et un fort développement de tourmaline (avec pumpellyite quelquefois) nous invite à considérer attentivement cette possibilité. Ainsi, l'introduction dans le magma, par assimilation de sédiments, d'éléments très volatils a pu, en plus, jouer un rôle particulièrement actif dans les phases successives (en particulier celles qui ont correspondu à la modification des feldspaths) d'auto-altération des roches. Nous noterons que certains chercheurs localisent le bore dans l'eau de mer retenue par adsorption dans les sédiments ; or, ceci concordait assez bien avec l'image d'un milieu encore très humide au moment de l'intrusion (Fron del et Collette, 1957). Ajoutons qu'une assimilation de sédiments carbonatés impliquerait aussi l'introduction de CO_2 en assez grande abondance dans une partie du magma, et ce radical est susceptible d'accroître le rôle des fluides minéralisateurs, rôle que nous envisageons comme très important dans l'autoaltération et dans la formation des adinoles.

Nous venons de formuler quelques idées sur le métamorphisme assez difficiles à soutenir, en particulier à cause du manque de descriptions classiques venant les corroborer. Cependant, comme nous pouvons le résumer dans la brève conclusion synthétique sur les ophiolites du Versoyen qui va suivre, certaines de ces idées rendent compte de façon harmonieuse et assez logique des faits d'observations dans cette région, qui mettaient en défaut les théories plus classiques et schématiques à propos du métamorphisme alpin.