

**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:** 3: Conclusion générale  
**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:** 02.05.2026

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

## TROISIÈME PARTIE

### CONCLUSION GÉNÉRALE

Nous désirons regrouper ici les résultats de discussions ayant suivi différents chapitres, tels que ceux qui ont été consacrés au « liséré blanc », aux roches vertes prises dans leur ensemble, et à la Pointe-du-Clapey.

Le volcanisme du Versoyen semble appartenir à un genre particulier; toutefois il est bien possible qu'il soit plus commun qu'on ne le pense, parmi les ophiolites des Alpes, mais qu'il n'ait pas été reconnu comme tel, pour des raisons de géologie locale (tectonique, métamorphisme...)

Nous sommes probablement en présence d'intrusions dans des boues sous-marines plus ou moins humides et meubles; elles se sont opérées sous la forme de « sills » superposés, de puissance relativement faible quoique variable, et d'assez grande extension. Ces intrusions ont dû se produire à la même époque, et s'insinuer selon des plans très proches de l'horizontal. Les niveaux volcaniques supérieurs, proches du fond marin et peut-être même « effusif » sur ce fond, sont associés à des niveaux très semblables au faciès de type « flysch » (*s. lato*) de la zone des Brèches de Tarentaise qui limite le Versoyen vers le N.-W. et le N. Ces laves présentent des structures « en coussins » très légèrement laminées et métamorphiques, accompagnées de brèche volcanique. Les unités volcaniques les plus profondes sont volumineuses, dépourvues de structures en coussins et sensiblement rubanées. Elles enclavent des lambeaux d'un conglomérat à éléments carbonatés qui est peut-être apparenté aux séries sédimentaires de la zone du Petit-Saint-Bernard qui, vers le S.-E., sépare le Versoyen de la zone houillère briançonnaise. La Pointe-du-Clapey est l'une de ces masses très volumineuses: elle semble correspondre soit à une « poche » magmatique exceptionnellement vaste, soit à une partie importante d'un « conduit » d'arrivée du magma. Ce dernier massif de forme lenticulaire présente plusieurs variétés de roches basiques à structure grossière ou porphyrique, mais n'est cependant pas intrusif dans des couches plus profondes que les autres sills; il faut peut-être le situer dans une zone géographique un peu latérale par rapport à l'ensemble des petites intrusions superposées qui constituent l'essentiel du Versoyen.

Entre les niveaux à structure en coussins et les masses intrusives volumineuses légèrement plus profondes, nous rencontrons toute la série des sills intermédiaires, présentant des propriétés qui évoluent progressivement du N.-W. vers le S.-E. dans la partie centrale du massif. Parmi ceux-ci, il est quelquefois permis d'observer des sills massifs en leur partie centrale, mais pourvus de structures en coussins à leur contact extérieur avec des niveaux sédimentaires; cet intéressant phénomène doit sans doute confirmer le mode d'intrusion dans des sédiments gorgés d'eau. Les niveaux

ophiolitiques « intermédiaires » alternent régulièrement avec des niveaux schisteux noirs. Au contact entre les schistes et la roche verte, un genre d'adinole (le « liséré blanc ») garni parfois d'amphibole bleue, et de composition très alumineuse et calcique, augmente d'importance avec la profondeur des intrusions. Il semble finalement être relayé par le rubanage leucocrate qui caractérise les intrusions assez profondes.

La morphologie générale de l'ensemble ophiolitique nous semble se rapprocher du modèle qualifié par A. Harker (1909), à la suite de Holmes, de « laccolite composé à structure en cèdre », mais se développant ici, bien entendu, dans des sédiments sous-marins non solidifiés (fig. 63). La Pointe-du-Clapey pourrait appartenir à la partie la plus massive visible sur le schéma. Il serait possible que ce type d'intrusion volcanique caractérise la « second layer », décelée récemment par méthode géophysique dans les fonds océaniques (Menard, 1964). Les géologues anglo-saxons sont d'ailleurs assez familiarisés avec ce type d'appareil volcanique. (O.T. Jones et W. J. Pugh, 1949.)

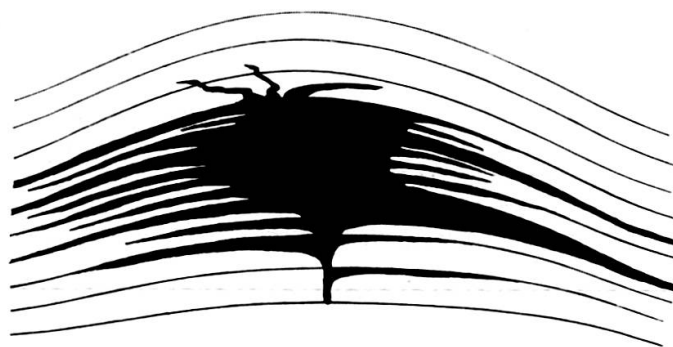


FIG. 63. — Profil d'un type d'intrusion en « cèdre » d'après A. Harker (1909) (à la suite de Holmes).

Le milieu sous-marin, plus ou moins gorgé d'eau, dans lequel les sills et laccolites se sont disposés, était sans doute *déjà* assez bouleversé et mal stratifié : chenaux, fosses remplies de sédiments différents, vastes écailles ayant glissé sous l'effet des « bombement » et mouvements tectoniques embryonnaires précédant de peu le volcanisme, ce milieu a sans doute permis tantôt l'accumulation de grandes quantités de magma continuellement injecté (le Clapey), tantôt la formation de sills minces et réguliers. La figure 64 résume très schématiquement ce processus. Notons qu'il résulte de ce schéma que le Versoyen est actuellement une vaste lentille (à l'échelle régionale) en position renversée, dont les structures planes plongent vers le S.-S.-E. (dans sa partie centrale et principale).

Les modifications secondaires qui ont affecté les roches du Versoyen pourraient résulter d'un métamorphisme régional de caractère classique, à faciès « schistes verts », avec « glaucophane » et stilpnomélane (Turner et Verhoogen, 1960; Ernst, 1963). L'examen des structures microscopiques suggérerait alors plusieurs phases succes-

sives, le glaucophane (*s. lato*) appartenant à l'une des premières et la rétro-morphose (chloritisation, et diverses remobilisations) à l'une des dernières (de Roever, 1947, 1955; v. d. Plas, 1959). Les épidotes, différentes variétés d'amphiboles et de stilpnomé-lane, sembleraient correspondre à des épisodes intermédiaires. La répartition assez capricieuse du « glaucophane », phénomène par ailleurs banal pour ce minéral particulier, pourrait être attribuée à quelque « catalyseur » discret: éléments en traces, structure primaire favorable, présence d'un équilibre physico-chimique local et particulier, etc.

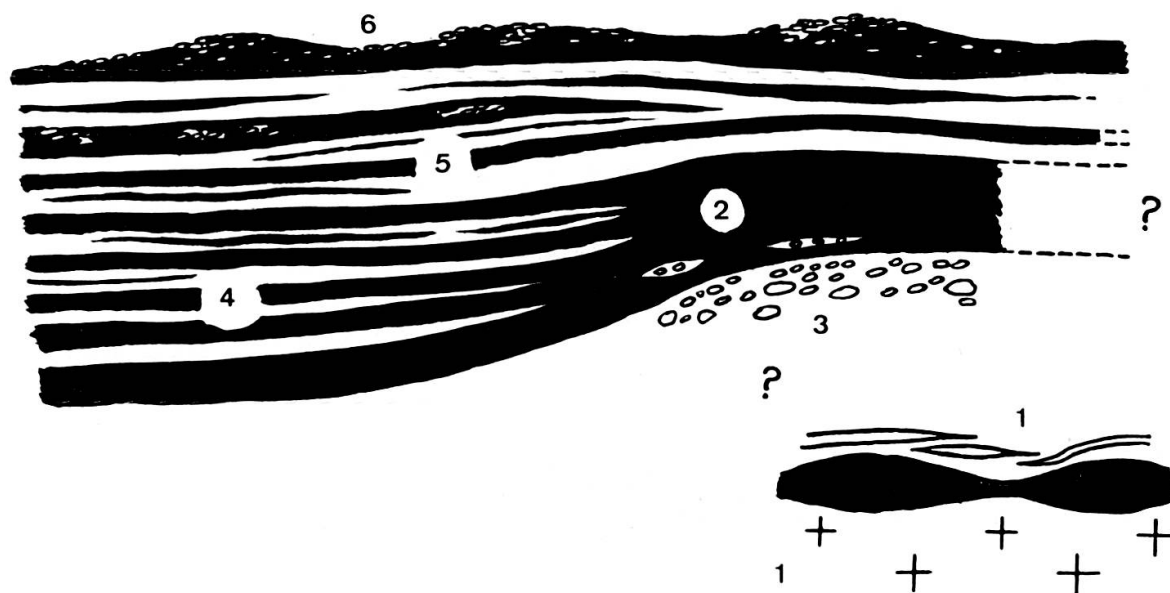


FIG. 64. — Profil initial (avant le renversement de l'ensemble) d'un type d'intrusion sous-marine en sills et laccolithes, qui pourrait être celui de la zone du Versoyen.

- 1) Gneiss aplitique de la Pointe-Rousse, avec quartzites et masses de serpentinites. Ces unités ont été probablement charriées au cours d'épisodes tectoniques mal identifiés. Leur rapport initial avec l'appareil volcanique supérieur n'est pas clair.
- 2) Pointe-du-Clapey.
- 3) Conglomérat à blocs calcaires du type « Colet-des-Rousses ».
- 4) Sills, dans sédiments argileux gorgés d'eau, de la partie centrale du Versoyen. Adinole marginales.
- 5) Sills, avec localement structures en coussins et brèche ophiolitique. Sédiments se rapprochant d'un type « flysch ».
- 6) Accumulation de laves en coussins sur le fond de la mer toujours associées à un sédiment de type « flysch ».

Le plus actif des facteurs ayant contribué à la genèse du glaucophane, et d'une partie des minéraux de métamorphisme, a, dans ce cas probablement, été la présence d'eau. A la suite des auteurs qui tendent actuellement à invoquer le potentiel chimique de l'eau dans les variations très locales des paragenèses secondaires, nous pensons que les phénomènes de la Pointe-du-Clapey peuvent être expliqués de la sorte dans le cadre d'un métamorphisme régional, le premier des épisodes correspondant à la

formation du « glaucophane ». Néanmoins, ce minéral associé au liséré blanc ne serait pas expliqué d'une façon très satisfaisante par ce schéma; faudrait-il voir alors le « liséré blanc » issu, en partie, de ce même épisode préliminaire du métamorphisme ?

Ayant remarqué combien une interprétation sommaire des structures volcaniques initiales peut tromper sur le rôle réel du métamorphisme (en invoquant, pour les sills, une induration différentielle des coussins sous l'effet du métamorphisme régional), il nous a paru intéressant de chercher dans le même sens une explication à la répartition inégale des faciès métamorphiques,

Nous pourrions alors envisager d'une façon très audacieuse la possibilité d'une genèse primaire pour le glaucophane et certains autres minéraux, sous l'effet d'une « autoaltération » de la roche éruptive dans ses phases ultimes de différenciation et de refroidissement. Ces phénomènes deutériques pourraient être en relation avec la genèse du liséré de type « adinole ». Soulignons au passage que, dès l'apparition d'un épisode deutérique, il est difficile de distinguer la paragenèse en résultant, de celle qui correspond à un métamorphisme ultérieur. Dans la région considérée, nous pourrions, par exemple, n'attribuer au métamorphisme régional que la phase de rétro-morphose, si, comme au Versoyen, ce métamorphisme régional se voyait rendu à un rôle plus modeste, mais peut-être dès lors plus légitime dans cette région des Alpes.

Si l'on accepte de suivre cette hypothèse, certains faits d'observation nous invitent à nous demander si des mouvements tectoniques n'ont pas accompagné cet épisode d'autoaltération, et si, également, les serpentinites (et leur formation) n'ont pas joué un rôle (chimique et physique) dans la suite des phénomènes évoqués ci-dessus.

Il ne semble pas qu'il existe des exemples clairs de roches volcaniques pourvues de glaucophane, et éloignées de tout métamorphisme régional. Sans vouloir éluder cette objection grave, nous nous demandons si des lois géologiques très générales ne condamnent pas un genre particulier d'intrusions volcaniques à subir *inévitablement* un métamorphisme régional ultérieur, de type « schistes verts » par exemple. Certaines zones géosynclinales pourraient peut-être illustrer cette idée, déjà suggérée brièvement par M. Vuagnat (1949). Dans ce cas, nous devons prévoir des convergences de faciès difficiles à « débrouiller »; seules des régions marginales forcément assez rares (le Versoyen en est peut-être une) pourraient alors nous restituer en partie la paragenèse de transformation initiale des roches. Dans cet ordre d'idée, nous ne pouvons manquer de souligner la difficulté que l'on éprouve à expliquer d'une manière simple l'abondance de spécimens métamorphiques dragués sur certains fonds océaniques (Melson, et al., 1966). Par ailleurs, nous devons admettre la propension du glaucophane à apparaître dans des circonstances très diverses (rétromorphose d'éclogites, apparition dans roches acides ou basiques, schisteuses ou massives...) et ceci contribue encore à compliquer le problème.

Nous n'avons formulé ici cette dernière hypothèse qu'avec une extrême réserve, et dans un simple but d'objectivité scientifique, car si cette vue des choses pourrait convenir au cadre étroit et exclusif du Versoyen, elle s'oppose en revanche à toutes les notions admises actuellement sur le métamorphisme et en particulier sur le glaucophane. Nous noterons cependant qu'une certaine analogie existe entre l'interprétation de P. Bearth, invoquant un rôle important de phases aqueuses locales dans un métamorphisme régional, et l'idée d'une sorte de propylitisation qui, elle aussi, invoque de la même façon des phases fluides. Vues d'une manière extrêmement générale, ces deux hypothèses, en apparence radicalement opposées, ne se distinguent que par le *moment* auquel les modifications surviennent.

Le long de la transversale médiane de la zone du Versoyen, la tectonique alpine semble avoir faiblement dérangé l'ordre des unités intrusives. Les plus profondes (*initialement*) sont situées vers l'E. et le S.-E.; à l'extrémité opposée, les laves proches du fond sous-marin semblent reposer, en position *renversée*, sur les grands replis du « flysch » de la zone des Brèches de Tarentaise. Le complexe volcanique serait donc actuellement en position renversée comme nous l'avons indiqué déjà; des observations de surface (F. Hermann, P. et G. Elter) et des résultats d'un travail souterrain (Gidon, 1961) on retire l'impression d'une forme de grande écaille ne s'élargissant pas en profondeur.

Malgré les découvertes de Zulauf (1963) et de P. Antoine (1965) qui permettent d'envisager une prolongation de la zone du Versoyen sous forme d'une bande étroite tout au long du domaine subbriançonnais, nous sommes impressionné par l'absence d'ensembles éruptifs assez importants pour être mis en relation avec le complexe étudié ici; cette absence est également remarquable dans les zones limitrophes, externes et internes; or, le genre d'intrusion que nous avons décrite semble impliquer de vastes et nombreux appareils volcaniques latéraux.

Loin d'être élucidée entièrement, la pétrographie des ophiolites de la « zone du Versoyen » demande à présent, nous semble-t-il, à être confrontée avec les études paléogéographiques et tectoniques régionales qui sont actuellement en cours. De cette confrontation ressortiront de nombreux raffinements et corrections.

De plus, un examen exclusivement minéralogique de certaines paragenèses nous paraît digne d'un travail méthodique. Cet examen demandait cependant, à notre avis, le cadre pétrographique général que nous avons tenté de donner au cours de ce travail.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS, T. D., J. R. HAYNES and C. T. WALKER (1965). Boron in holocene illites of the Dover Estuary Wales, and its relationship to paleodality in cyclotherms. *Sedimentology, Netherl.*, 4, No. 3, pp. 189-195.
- AGRELL, S. O. (1939). The adinoles of Dinas Head, Cornwall. *Min. Mag.*, Vol. 25, pp. 305-37.
- (1941). Dravite bearing rocks from Dinas Head, Cornwall. *The Min. Mag.*, Vol. 26.

- AMBROSE, J. W. (1936). Progressive kinetic metamorphism in Missi series near Flinton, Manitoba. *Am. Journ. Sc.*, No. 32 (187), pp. 257-286.
- AMSTUTZ, Chr. (1949). Kupfererze in spilitischen Laven des Glarner Verrucano. *B.S.M.P.*, Bd. XXIX/2, p. 548.
- 1957 *Spilitization — The Missing Link in Ore and Rock Genesis*. Heft 18, S. 490, 44. Jahrgang.
- (1958). Spilitic Rocks and Mineral Deposits. *Bull. Missouri School of Mines*, No. 96.
- (1959). The Genesis of the Lake Superior Copper Deposits. *Missouri School of Mines and Metall.*, Rolla, 1959.
- ANDERSON, Tempest (1910). The volcano of Matavanu in Savaii. *Geol. Soc. London Quart. Journ.*, No. 66, pp. 621-639.
- ANTOINE, P. (1965). Observations nouvelles sur la terminaison méridionale des zones du Versoyen et du Petit-Saint-Bernard. *C. R. Acad. Sc.*, t. 260.
- BAILEY, E. B. (1905). On the occurrence of two spherulitic (variolitic) basalt dykes in Ardmucknish, Argyll. *Trans. Edin. Geol. Soc.*, No. 8, pp. 363-371.
- and others (1924). The tertiary and post-tertiary geology of Mull. *Mem. Geol. Surv.*
- and W. J. Mc CALLIEN (1952). Ballantrae igneous problems. Historical review. *Trans. Edin. Geol. Soc.*, No. 15, pp. 14-38.
- and W. J. Mc CALLIEN (1952). Serpentine lavas, the Ankara melange and the Anatolian thrust. *Trans. Roy. Soc. Edin.*, No. 62, pp. 403-442.
- and W. J. Mc CALLIEN (1954). External metasomatism associated with serpentine. *Nature*, No. 174, p. 836.
- and W. J. Mc CALLIEN (1960). Some aspects of the Steinmann trinity mainly chemical. *Quarterly Journ. Geol. Soc. London*, Vol. CXVI, pp. 365-395.
- BAILEY, E. H. (1961). Metamorphic facies of the Franciscan formation of Calif. and their geologic significance. *Geol. Soc. America*, Special Paper 68, 4-5 abstract.
- BALSILLIE, D. (1932). The Ballantrae igneous complex, South Ayrshire. *Geol. Mag.*, No. 69, pp. 107-131.
- (1937). Further observations on the Ballantrae igneous complex. *Geol. Mag.*, No. 74, pp. 20-33.
- BANNO, S. (1958). Glaucofane, schists and associated rocks in the Omi district, Japan. *Jap. J. Geol. and Geogr.*, No. 29, pp. 29-44.
- BANNO, S. and K. KANEHIRA (1961). Sulfide and oxide minerals in schists of the Sanbagawa and central Abukuma metamorphic terrasses. *Jap. J. Geol. and Geogr.*, No. 32, pp. 331-348.
- BARAGAR, Robert A. (1960). Petrology of basaltic Rocks in part of the Labrador through. *Bull. of the Geol. Soc. Amer.*, Vol. 71, pp. 1589-1644.
- BARBIER, R. (1948). Les zones ultradauphinoise et subbriançonnaise entre l'Arc et l'Isère. *Mém. carte géol. France*.
- (1951). La prolongation de la zone subbriançonnaise de France en Italie et en Suisse. Ses conséquences pour une corrélation d'ensemble des zones penniques de ces trois pays. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. 29.
- BARTH, Tom (1962). *Theoretical Petrology*. John Wiley, New-York.
- BARTRUM, J. A. (1930). Pillow-lavas and columnar fan structures at Muriwai, Auckland, New Zealand. *Journ. Geol.*, No. 38, pp. 447-455, 8 fig.
- (1936). Spilitic rocks in New Zealand. *Geol. Mag.*, No. 73, pp. 414-423.
- BATTEY, M. H. (1956). The petrogenesis of a spilitic rock series from New Zealand. *Geol. Mag.*, No. 93, pp. 89-110.
- BAYLES, R. W. (1959). A metamorphosed differentiated sill in Northern Michigan. *Am. Journ. of Sc.*, June, Vol. 257.
- BEARTH, P. (1959). Über Eklogite, Glaukophanschiefer und metamorphe Pillowlaven. *Ext. Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, Bd. 39, 1-2, pp. 267-86.
- (1963). Chloritoid und Paragonit aus der Ophiolith-Zone von Zermatt-Saas Fee. *Bull. suisse Min. et Pétrogr.*, Band 43, Heft 1, Festschrift R. L. Parker.
- (1966). Zur mineralfaziellen Stellung des Glaukophangesteine der Westalpen. *Bull. suisse Min. Pétrogr.*, Band 46, Heft 1.

- BEARTH, P. (1967). Die Ophiolithe der Zone von Zermatt-Saas Fee. *Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse*, livraison 132.
- BENSON, W. N. (1915). The geology and petrology of the Great Serpentine Belt of New South Wales. Part IV: The Dolerites, spilites and keratophyres of the Nundle district. *Proc. Linn. Soc. N.S.W.*, No. 40, pp. 121-173.
- BERTOLANI, M., S. CAPEDE e G. LIGABUE (1963). Le ofioliti della Valle dello Scoltena (Appenino Modenese). *Memorie della Soc. Geol. Ital.*, vol. IV.
- BHATTACHARJI, Somdev (1965). Experimental seale-model studies on flowage differentiation in sills. *Geol. Soc. Am. — Ann. Meet.*, Kansas City.
- BLOXAM, T. W. (1956). Jadeite bearing Metagraywackes in California. *Am. Min.*, No. 41, pp. 488-496.
- (1958). Pumpellyite from South Ayrshire. *Min. Mag.*, No. 31, pp. 811-813, No. 240.
- (1959). Glaucophane, schists and associated rocks near Valley Ford, Calif. *Am. Journ. of Sc.*, feb., Vol. 257.
- (1960). Jadeite-rocks and Glaucophane-schists from Angel Island, San Francisco Bay, Calif. *Am. Journ. of Sc.*, Vol. 258, Oct., pp. 555-573 (Jadeite).
- (1966). Jadeite-rocks and blueschists in California. *Geol. Soc. of America Bull.*, July, Vol. 77, pp. 781-786 (Jadeite).
- BORG, Iris Y. (1956). Glaucophane schists and eclogites near Healdsburg, Cal. *Bull. of the Geol. Soc. of Am.*, Dec.
- BOSTROM, K. and M. N. A. PETERSON (1966). Precipitates from hydrothermal exhalations on the east Pacific Rise. *Econ. Geology*, Vol. 61, pp. 1258-1265.
- BROTHERS, R. N. (1954). Glaucophane schists from the North Berkeley Hills, Calif. *Am. Journ. of Sc.*, Vol. 252, p. 614.
- BROUWER, H. A. and C. G. EGELER (1952). The glaucophane facies metamorphism in the schistes lustrés nappe of Corsina. *K. Akad. van Wetenschap. Afd. Nat. Verk.*, No. 48, pp. 1-71.
- BUDDINGTON, A. F. (1926). Submarine pillow-lavas of Southeastern Alaska. *Journ. Geology*, Vol. 34, pp. 824-828.
- BURLING, L. D. (1916). Ellipsoïdal lavas in the Glacier National Park, Montana. *Journ. Geology*, No. 24, pp. 235-237.
- BURRI, C. (1964). *Petrochemical Calculations*. Israel Prog. for Sc. Translations, Jerusalem.
- und P. NIGGLI (1945). *Die jungen Eruptivgesteine des mediterranen Orogens I*. Publ. herausgeg. v. d. Stiftung « Vulkaninstitut Immanuel Friedlaender » 3, Zürich.
- CAPPS, S. R. (1915). Some ellipsoïdal lavas on Prince William Sound, Alaska, *Journ. Geol.*, No. 23, pp. 45-51.
- CARLISLE, Donald (1963). Pillow breccias and their aquagene tuffs, Quadra Island, British Columbia. *The Journ. of Geol.*, Vo. 71, pp. 48-71.
- and Wayne A. ZECK (1960). Pillow breccias in the Vancouver volcanic rocks and their origin (Abstract). *Bull. of the Geol. Soc. of America*, Dec., Vol. 71, No. 12, Part. 2.
- CARMAN, Max F. Jr. (1965). Nature of Chlorite in Some Low-Grade Metavolcanic Rocks in South Island, New Zealand. *Geol. Soc. Am. — Ann. Meet.*, Kansas City.
- CHAPMAN, C. A. (1955). Pillow breccia and its significance, Mt Desert Island, Maine (Abst.). *Geol. Soc. Am. Bull.*, Vol. 66, p. 1541.
- CHATTERJEE, N. D. (1966). On the Widespread Occurrence of Oxidized Chlorites in the Pennine Zone of the Western Italian Alps. *Contrib. to Mineralogy and Petrology*, Vol. 12, No. 4.
- CHAYES, Felix (1966). Alkaline and Subalkaline Basalts. *Am. Journ. of Science*, Vol. 264, No. 2.
- CHRISTIE, O. J. H. (1959). Note on the equilibrium between plagioclase and epidote. *Nersk. Geol. Tidskr.*, 1959, No. 39, pp. 268-271; *Ref. Zentr. Mineral*, 1961, No. 69.
- (1962). Discussion. — Feldspar structure and the equilibrium between plagioclase and epidote. (A Reply by Rutland R.W.R.) *Am. Journ. Sc.*, Vol. 260, pp. 149-157.
- CHRISTIE, R. L. (1964). Diabase — Gabbro Sills and related Rocks of Banks and Victoria Islands, Arctic Archipelago. *Geol. Surv. of Canada*, Bull. 105 — Dept. of Mines and Technical Surv. Canada.
- CHUDOBA, Karl und K. OBENAUER (1931). Über die Metamorphen Gesteine bei Winterburg im Hunsrück. *Neu In. Min.*, Beil., Bd. I XIII A, pp. 77-80.

- CISSARZ, Arnold (1927). Über einige metamorphe Gesteine bei Winterburg im Hunsrück und die mit ihnen verknüpften Eisenerzlagestätten. *Zeit. für praktische Geol.*, Juni 1927, 35 Jahrgang.
- CLEMENTS, Morgan J. (1899). A contribution to the Study Contact Metamorphism. *The Am. Journ. of Sc.*, Vol. VII, No. 38.
- CLOUGH, C. T. and A. HARKER (1899). On a coarsely spherulitic (variolitic) basalt in Skye. *Trans. Edin. Geol. Soc.*, No. 7, pp. 381-389.
- COATS, R. R. (1940). Propylitization and related types of alteration on the Comstock Lode, Nevada. *Econ. Geol.*, No. 35, pp. 1-16.
- COLE, G. A. G. and J. W. GREGORY (1890). On the variolitic rocks of Mont Genevre. *Geol. Soc. London, Quart. Journ.*, No. 46, pp. 295-332.
- COLEMAN, R. G. and D. E. LEE (1963). Glaucofane-bearing Metamorphid Rock Types of the Cazaredo Area, Calif. *Journ. of Petrol.*, Vol. 4, Part. 2, pp. 260-301.
- COLES, J. L. and J. A. WHELAN (1965). A study of some synthetic apatites. *Geol. Soc. Am. — Ann. Meet.*, Kansas City.
- COOMBS, O. (1953). The Pumpellyite mineral series. *Min. Mag.*, No. 30, pp. 113-135.
- CORNWALL, Henry, R. (1952). Ilmenite, Magnetite, Hematite and Copper in lavas of the Kerveenawan series. *Economic Geology*, Vol. 46.
- (1951). Differentiation in lavas of the Kerveenawan series and the Origin of the copper deposits of Michigan. *Geol. Soc. of Am.*, Feb., Vol. 62, pp. 159-202.
- (1951). Differentiation in magmas of the Kerveenawan Series. *Journ. of Geology*, March, Vol. 59, pp. 151-172.
- and H. J. ROSE Jr. (1957). Elements mineurs in Kerveenawan lava (Michigan). *Geoch. and Cosmoch. Acta*, Vol. 12, pp. 209-224.
- CORTEMIGLIA, G. C. (1963). Esempio di ofiolitismo Cretaceo-Superiore presente nei calcari marnosi ad elmintoidi e fucoidi della Val d'Aveto (Foglio Rapallo). *Atti dell' Ist. da Geol. della Univ. di Genova*, Vol. I, Fasc. II.
- CURTIS, C. D. (1964). Studies on the use of boron as a paleoenvironmental indicator. *Geoch. and Cosmoch. Acta*, Vol. 28, pp. 1125 to 1137.
- DAVIS, Gregory A. (1960). Lawsonite and Pumpellyite in Glaucofane schist, North Berkeley Hills, Calif. *Ann. Journ. of Sc.*, Dec, Vol. 258, pp. 689-704.
- DELALOYE, M. et H. LOUBAT (1967). Premiers résultats de dosages géochimiques sur des laves en coussins métamorphiques. *C. R. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève*, vol. 2, fasc. 3.
- DEER, W. A., R. A. HOWIE and J. ZUZMAN (1963). *Rock-forming Minerals*. Longmans, London.
- DEVERIN, L. (1934). Sur la tourmaline authigène dans les roches sédimentaires. *Bull. suisse de Minéral. et Pétrogr.*, n° XIV, pp. 528-529.
- DEWEY, H. (1910). In the geology of the country around Padstow and Camelford. *Mem. Geol. Surv.*
- and J. S. FLETT (1911). On some British pillow-lavas and the rocks associated with them. *Geol. Mag.* (5) 8, pp. 202-9/241-8.
- DOE, B. R., C. E. HEDGE and D. E. WHITE (1966). Preliminary Investigations of the Source of Lead and Strontium in Deep Geothermal Brines Underlying the Salton Sea Geothermal Area. *Econ. Geol.*, May, Vol. 61, No. 3.
- EHLERS, E. G. (1953). An investigation of the stability relations of the Al-Fe members of the epidote group. *J. Geol.*, No. 61 (3), pp. 231-251.
- ELLENBERGER, F. (1958). Etude géologique du Pays de Vanoise. *Mém. Carte géol. France*.
- (1960). Sur une paragenèse éphémère à Lawsonite et Glaucofane dans le métamorphisme alpin en Haute-Maurienne (Savoie). *Bull. de la Soc. Géol. de France*, t. 2 (7), pp. 190-194.
- ELTER, G. (1960). La zona pennidica dell'alta e media Valle d'Aosta e le unità limitrofe. *Mem. Ist. Geol. Mineral. Univ. di Padova*, 22.
- ELTER P. (1954). *Etudes géologiques dans le val Veni et le vallon du Breuil (Petit-Saint-Bernard)*. Thèse n° 1200, Genève.
- ELTER, Giulio e Piero (1965). *Carta geologica della regione del Piccolo San-Bernardo*, Padova. Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- EMERSON, B. K. (1897). Diabase pitchstone and mud enclosures of the triassic trap of New England. *Bull. of the geological society of America*, Vol. 8, pp. 59-86.

- EMERSON B. K. (1905). Plumose diabase and palagonite from the Holyoke trap sheet. *Bull. of the geol. Soc. of America*, March, Vol. 16.
- ERNST, W. G. (1958). Alkali amphiboles. *Carnegie Inst. Wash. Year Book* 57, pp. 199-204.
- (1960). Stability relations of magnesioriebeckite. *Geochim. and Cosmoch. Acta*, No. 19, pp. 10-40.
- (1961). Stability relations of Glaucophane. *Am. Journ. of Sc.*, Vol. 259, pp. 735-765.
- (1962). Synthesis, stability relations and occurrence of riebeckite and riebeckite-arfvedsonite solid solutions. *Journ. Geol.*, No. 70, pp. 689-736.
- (1963 a). Petrogenesis of Glaucophane Schists. *Journ. of Petrol.*, Vol. 4, Part. 1, pp. 1-30.
- (1963 b). Polymorphism in alkali amphiboles. *Am. Min.*, Nos. 3 and 4, Vol. 48.
- (1964). Petrochemical study of coexisting minerals from low-grade schists Eastern Shikoku, Japan. *Geochim. and Cosmoch. Acta*, Vol. 28, pp. 1631 to 1668).
- ESKOLA, P. (1939). *Die Entstehung der Gesteine*. Berlin: Julius Springer.
- , U. VUORISTO and K. RANKAMA (1937). An experimental illustration of the spilite reaction. *Soc. Geol. Finl.*, 1935, No. 9, pp. 1-8 and *Bull. Comm. géol. Finlande*, No. 119, pp. 61-68.
- ESSENE, E. J. (1965). Soda Pyroxenes in the Glaucophane Schist Facies, California. *Geol. Soc. Am. — Ann. Meeting*, Kansas City.
- , W. S. FYFE and F. J. TURNER (1965). Petrogenesis of Franciscan Glaucophane Schists and Associated Metamorphic Rocks, California. *Beitr. zur Min. u. Petr.*, No. 11, pp. 695-704.
- FERNEKES, Gustave (1907). Precipitation of Copper from chloride solutions by means of ferrous chloride. *Econ. Geol.*, Vol. 2.
- FLETT, J. S. (1912). In The geology of the Lizard and Meneage. *Mem. Geol. Surv.*, 1912 and The geology of the Lizard and Meneages. *Mem. Geol. Surv.*, 1946.
- FLUGEL-KAHLER, E. und H. MEIXNER (1963). Pumpellyit (Lotrit) von der Lieserschluft bei Spittal a.d. Drau, Kärnten. *Tschermacks min. u. petr. Mitteil.*, Band 8, Heft 3.
- FOYE, William G. (1924). Pillow structure in the Triassic basalts of Connecticut. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, Vol. 35, pp. 329-346.
- FRANCHI, S. (1902). Contribuzione allo studio delle rocce a glaucofane o del metamorfismo onde ebbero origine nella regione ligure-alpina occidentale. *Boll. del R. Comitato geol. d'It.*, ser. IV, vol. III, fasc. 4.
- (1929). Sul confine franco-italiano tra il colle del Piccolo San Bernado ed il Colle della Seigne, a sud del Monte Bianco. *Rendic. R. Ac. Naz. d. Lincei*, vol. X, fasc. 12.
- FRONDEL, Clifford and R. L. COLLETTE (1957). Synthesis of Tourmaline by reaction of mineral grains with NaCl — H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> solution, and its implications in rock metamorphism. *The Am. Mineral*, Vol. 42.
- FULLER, Richard E. (1931). The aqueous chilling of basaltic on the Columbia River Plateau. *Am. Journ. Sc.*, 5th ser., Vol. 21, pp. 291-300.
- (1934) Structural features in the Columbia River lavas of central Washington, a criticism. *Journ. Geol.*, Vol. 42.
- (1938). Deuteric alteration controlled by the jointing of lavas. *Am. Journ. of Sc.*, March, p. 161.
- (1940). Ellipsoidal structures as the gigantic dispense phase of an emulsion (abs). *Geol. Soc. Am. Bull.*, Vol. 51, p. 2022.
- (1950). Structural features in the Columbia River basalts. *Northwest Sc.*, No. 2, Vol. 24, pp. 65-72.
- FYFE, W. S., F. J. TURNER and R. A. ZARDINI (1965). Franciscan metaconglomerates. *Geol. Soc. America and Ann. Gen. Meet.*, Kansas City, Miss.
- and F. J. TURNER (1966). Reappraisal of the Metamorphic Facies concept. *Contrib. to Mineral. and Petrology*, Vol. 12, No. 4.
- GALLI, Mario (1964). Le Ofioliti dell'Appennino Ligure. *Annali del Museo Civ. di Storia Naturale da Genova*, vol. LXXIV.
- GEES, R. A. (1956). Ein Beitrag zum Ophiolith-Problem. *Schw. Min. Petr. Mitt.*, Nr. 36, pp. 454-488.
- GHEENT, Edward D. (1965). Glaucophane-Schist facies Metamorphism in the Black Butte Area, Northern Coast Ranges, California. *Amer. Journ. of Science*, No. 5, Vol. 263.

- GIDON, P. (1961). « Contribution à l'étude de la tectonique du Lias dans la zone du Petit-Saint-Bernard. » Colloque sur le Lias français, *Mémoires du B.R.G.M.*, Paris.
- GIGNOUX, M. (1927). La réunion de la Société géologique italienne en 1927, dans la vallée d'Aoste. *C.R.S.S.F.G.*, p. 201, Séance du 5 déc.
- GILLULY, J. (1835). Keratophyres of eastern Oregon and the spilite problem. *Am. Journ. Sc.* (5), No. 29, pp. 225-252.
- GOLDSCHMIDT, V. M. (1954). *Geochemistry*. Oxford, At the Clarendon Press, 1954.
- GRATON, L. C. (1940). Nature of the Ore-forming fluid. *Econ. Geol.*, March-April, Vol. XXXV.
- GREENLAND, L. and J. F. LOVERING (1966). Fractionation of fluorine, chlorine and other trace elements during differentiation of a tholeritic magma. *Geoch. and Cosmoch. Acta*, Vol. 30, No. 9.
- GWINN, V. E. and T. A. MUTCH (1965). Intertongued Upper Cretaceous volcanic and nonvolcanic rocks, central-western Montana. *Geol. Soc. America Bull*, Vol. 76, Oct. 65, No. 10.
- HALFERDAHL, L. B. (1961). Chloritoid: Its Composition X-ray and Optical Properties Stability, and Occurrence. *Journ. of Petrol.*, Feb. 1961, Part. 1, pp. 49-135, Vol. 2.
- HAMILTON, Edwin L. (1959). Thickness and consolidation of deep-sea sediments. *Bull. of the geol. soc. of America*, Nov., Vol. 70, pp. 1399-1424.
- HAMILTON, Warren and W. MOUNTJOY (1965). Alkali content of Alpine ultramafic rocks. *Geoch. and Cosmoch. Acta*, No. 29, pp. 661-671, 1 fig.
- HARKER, A. (1909). *The Natural History of igneous rocks*. Londres, Methuen.
- (1960). *Metamorphism*. Londres, Methuen.
- HARRIS, P. G. (1962). Increase of temperature in ascending basalt magma. *Am. Journ. of Sc.*, Vol. 260, pp. 783-786.
- HEITMAN, Bohuslav (1954). Ordovician pillow-lavas at Zebrak in western Bohemia. *Acta Univ. Carol.*, 9, Geol., pp. 30-32.
- HENDERSON, J. F. (1953). On the formation of pillow-lavas and breccias. *Roy. Soc. Canada*, 3d Ser., Sec. 4, Vol. 47, pp. 23-32.
- HERITSCH, H. (1965). Der Natrium-Amphibol aus dem Glasbachgraben bei Schlaining Burgenland. Ein Beitrag zur Kristallchemie der Alkaliamphibole. *Tschermaks Mineral. und Petrogr. Mitt.*, 3F, Band X.
- HERMANN, F. (1937). *Carta geologica delle Alpi nord occidentali al 1/200 000*. Ufficio cart., Milano.
- (1938). *Note illustrative per la carta geologica delle Alpi nord-occidentali*. Milano 1938-XVI; Tipografia U. Allegretti di Campi.
- HOPGOOD, A. M. (1912). Radial distribution of soda in a pillow of spilitic lava from the Franciscan, California. *Am. Journ. of Sc.*, Vol. 260, pp. 383-396.
- HSU, K. Jingdwa (1955). Monometamorphism, polymetamorphism and retrograde metamorphism. *Am. Journ. of Sc.*, Vol. 253, pp. 237-239.
- HUTTON, C. O. (1937). An occurrence of the mineral Pumpellyite in the Lake Wakatipu region, Western Otago, New Zealand. *Min. Mag.*, No. 24, pp. 529-533
- (1938). The stilpnomelane group of minerals. *Min. Mag.*, No. 25, pp. 172-206.
- (1940). Metamorphism in the Lake Wakatipu region, Western Otago, New Zealand. *New Zealand Dep. sc. industr. Res. — Geol. Mem.*, No. 5, p. 90.
- (1956). Further data on the Stilpnomelane mineral group. *Am. Min.*, No. 41, pp. 608-615.
- IRVING, J., M. VONSEN and F. A. GONYER (1932). Pumpellyite from California. *Am. Mineral.*, No. 17, pp. 338-342.
- IWASAKI, M. (1960). Colorless glaucophane and associated minerals in quartzose schists from eastern Shikoku, Japan. *Journ. Geol. Soc. Jap.*, No. 66, pp. 566-574.
- JÆGER, Emilie, E. KEMPTER, E. NIGGLI and M. WUTHRICH (1961). Biotit-Varietäten und Stilpnomelan im alpin metamorph überprägten Mittagfluh-Granit (Aarmassiv). *Bull. suisse de Minéralogie et Pétrographie*, Band 41.
- JOHANNSEN, A. (1931). *A descriptive petrography of the igneous rocks*, 4 vol. The Univ. of Chicago Press.
- JONES, O. T. and W. J. PUGH. (1949). The laccolithic series. *Amer. Journ. Sc.*, 47, pp. 353-371.

- JOPLIN, G. A. An interesting occurrence of Lawsonite in Glaucofan-bearing rocks from New Caledonia. *The Min. Mag.*, T. 24, 1935-1937.
- JUNG, Jean (1958). *Précis de Pétrographie*. Masson, Paris.
- KANIA, Joseph T. A. (1929). Precipitation of limestone by submarine vents, fumeroles and lava flows. *Amer. Journ. Sc.*, No. 218, pp. 347-359, 1 fig.
- KAYSER (1870). *Zeits. Dents. Geol. Ges.*, vol. XXII.
- KILIAN, W. et P. TERMIER (1895). Sur quelques roches éruptives des Alpes françaises. *Bull. Soc. Géol. France*, n° 1.
- KJARTANSSON, Gudmundur (1955). Bolstraberg, pillow lava in Iceland: *Naturufruæðingurinn*, Vol. 25, pp. 227-240, Reykjavik Mus. *Nat. Hist. Misc. Papers*, 13.
- KORSHINSKY, D. S. (1963). Das Spilitproblem und die Transvaporisationshypothese im Lichte neuer ozeanologischer und vulcanologischer Ergebnisse. *Ber. geol. Ges. DDR — Sdh*, 1, pp. 89-96.
- KUSHIRO, J. and H. KUNO (1963). Origin of Primary Basalt Magmas and Classification of Basaltic Rocks. *Journ. of Petrol.*, Vol. 4, Part. 1, pp. 75-89.
- LABERGE, Gene L. (1966). Altered Pyroclastic Rocks in Iron — Formation in the Hamersley Range Western Australia. *Econ. Geol.*, Vol. 61, No. 1.
- LARSEN, E. S. Jr. (1938). Some new variation diagrams for groups of igneous rocks. *Journ. Geol.*, Vol. 46, pp. 505-515.
- LAUNAY, L. DE (1906). La métallogénie de l'Italie et des régions avoisinantes. *C. R. Congrès de Mexico, 1096*, publié en 1907.
- LAWSON, A. C. (1895). Sketch of the geology of the San Francisco peninsula. *U. S. Geol. Surv. Ann. Repr.*, No. 15, pp. 399-476.
- (1912). Origin of pillow lavas — a review. *Min. Soc. Press.*, Vol. 104, pp. 199-201.
- LEE, D. E., R. G. COLEMAN and R. C. ERD. (1963) Garnet types from the Cazadero Area, California. *Journ. of Petrol.*, Vol. 4, Part. 3, pp. 460-492.
- LEHMANN, E. (1952). The significance of the hydrothermal stage in the formation of igneous rocks. *Geol. Mag.*, No. 89, pp. 61-69.
- (1963). Diabasgesteine S.W. Englands und damit verbundene Probleme. *Zeits. deutsch. Geol. Gesell.*, No. 115, pp. 228-276, 7 fig.
- (1965). Zur « Anchimetamorphose » von Eruptivgesteinen insbesondere Diabasen. *N. Jb. Miner. Mh.*, No. 6, pp. 184-190, Stuttgart.
- (1965). Non-metasomatic chlorite in igneous rocks. *Geol. Mag.*, No. 102, pp. 24-35, 2 fig., 2...)
- LEVINSON, A. A. and J. C. LUDWICK (1916). Speculation on the incorporation of boron into argillaceous sediments. *Geoch. and Cosmoch. A.*, Vol. 30, No. 9.
- LEWIS, J. Volney (1914). Origin of pillow lavas. *Geol. Soc. Am. Bull.*, Vol. 25, pp. 591-634.
- LOMBARD, A. (1956). *Géologie sédimentaire*. Masson, Paris.
- LOUBAT, H. (1965). Sur la présence de laves en coussins dans les ophiolites du Versoyen (Savoie). *Arch. Sc. Genève*, vol. 18, fasc. 1.
- (1967). *Un type particulier de volcanisme et de métamorphisme: le Versoyen*.
- et P. ANTOINE (1945). Sur l'extension des laves en coussins dans la région du Petit-Saint-Bernard. *Arch. Sc. Genève*, vol. 18, fasc. 3.
- Mc BIRNEY, R. Alexander (1963). Factors governing the nature of submarine volcanism. *Bull. volc.*, Tome XXVI, 1963.
- MACDONALD, Gordon A. (1949). Petrography of the island of Hawaii. *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper.*, No. 214-D, pp. 51-96.
- (1953). Pahoehoe, aa, and block lavas. *Am. Journ. Sc.*, Vol. 251, pp. 169-191.
- Mc DOUGALL, I. (1958). A note on the petrography of the Great Lake dolerite sill. Convenor, Dolerite, a symposium. *Geol. Dept. Univ. Tasmania*, pp. 52-60, in Carey S.W.
- (1962). Differentiation of the Tasmania dolerite Red Hill dolerite-granophyre association. *Bull. Geol. Soc. Am.*, No. 73, pp. 279-316.
- (1964). Differentiation of the Great Lake dolerite sheet, Tasmania. *J. Geol. Soc. Aust.*, No. 2, pp. 107-132.
- and J. F. LOVERING. Fractionation of chromium, nickel, cobalt and copper in a differentiated dolerite-granophyre sequence at Red Hill, Tasmania. *J. Geol. Soc. Aust.*, No. 10, pp. 325-338.

- Mc KEE, Bates (1962). Widespread occurrence of Jadeite, Lawsonite and Glaucophane in Central California. *Am. Journ. of Sc.*, Vol. 260, pp. 596-610.
- MADDOCK, M. E. (1955). *Geology of the Mount Boardman Quadrangle, California*. Unpubl. Ph. D. thesis, Univ. Calif., pp. 72-83, 92-113.
- MANSON, U. and A. POLDERVAART (1964). *Geochemistry of basalts and dolerites*. Geol. Soc. Amer. — Paleontol. Soc. — Mineral Soc. — Soc. econ. Geologists — geochem. Soc. — Nation. Ass. Geol. Teachers ann. Meetg. Miami Beach. Florida.
- MELSON, W. G. and T. H. VAN ANDEL (1966). Metamorphism in the Mid-Atlantic ridge, 22° N latitude. *Marine Geol.*, 4, pp. 165-186.
- V. T. BOVEN, T. H. VAN ANDEL, and R. SIEVER (1966). Greenstones from the central valley of the Mid-Atlantic Ridge. *Nature*, 209.
- MENARD, H. W. (1964). *Marine Geology of the Pacific*. Mc Graw-Hill Book.
- MERRIN, S. (1962). *Experimental investigations of epidote paragenesis*. Ph. D. thesis, Div. of Min. Industries. Pennsylv. St. Univ.
- MICHOT, Jean (1955). Genèse du chloritoïde en milieu statique. *Ann. Soc. géol. Belgique*, t. LXXVIII.
- MIGLIORINI, C. (1945). Sull'origine delle breccie ofolite della regione appenninica settentrionale. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, vol. LXIV, pp. 23-25.
- MILCH, L. (1928). Über einige Diabaskontaktgesteine. *Neues Jahrb. Min. Geol. u-Paläont. Beil.*, Bd. A 57, pp. 841-994.
- MIYASHIRO, Akiko (1957). Chlorite of crystalline schists. *J. Geol. Soc. Japan*, No. 63, pp. 1-8.
- (1957). The chemistry, optics and genesis of the alkali-amphiboles. *J. Fac. Sc., Tokyo-Univ.*, Sect. II, 11, pt. 1, pp. 57-83.
- (1961). Evolution of Metamorphic Belts. *Journ. of Petrology*, Vol. 2, Part. 3, pp. 277-311.
- (1964). Oxidation and reduction in the Earth's crust with special reference to the role of graphite. *Geoch. and Cosmoch. A*, Vol. 28, pp. 717-729.
- and S. BANNO (1958). Nature of Glaucophanitic Metamorphism. *Am. J. Sc.*, Vol. 256.
- and M. IWASAKI (1957). Magnesioribeckite in crystalline schists of Bizan in Shikoku, Japan. *J. Geol. Soc. Japan*, No. 63, pp. 698-703.
- and Yotaro SEKI (1958). Mineral assemblages and subfacies of the glaucophane-schist facies. *Jap. J. Geol. Geogr.*, No. 29, pp. 199-208.
- and Yotaro SEKI (1958). Enlargement of the Composition field of Epidote and Piemontite with rising temperature. *Am. Journ. of Sc.*, Vol. 256, pp. 423-430.
- MOORE, James G. (1965). Petrology of deep-sea basalt near Hawaii. *Am. Journ. of Science*, Vol. 263, pp. 40-52.
- MORTILLET, G. DE (1858). Géologie et Minéralogie de la Savoie. *Ann. Chambre roy. Afri. et Commerce Savoie*, IV.
- MYER, George H. (1966). New data on zoisite and epidote. *Am. Journ. of Sc.*, Vol. 264, No. 5.
- NAHA, K. (1963). Evolution of Metamorphic Belts de Miyashiro. A discussion with a reply. *Journ. of Petrol.*, Vol. 4, pp. 170-174.
- NEUMANN, Henrich (1948): On hydrothermal differentiation. *Econ. Geol.*, Vol. XLIII, No. 2.
- NEWTON, Robert C. (1965). The thermal stability of zoisite. *J. Geol. U.S.A.*, Vol. 73, No. 3, pp. 431-441.
- NEWTON, Robert C. (1966). Some Calc-Silicate Equilibrium Relations. *Am. Journ. of Sc.*, Vol. 264, No. 3.
- NICHOLIS, G. D. (1958). Autometasomatism in the lower spilites of the Bulth volcanic series. *Quart. J. Geol. Soc. London*, 1956-58, CXIV, Part. 2, pp. 137-162.
- NICOLAS, A. et Cl. GAGNY (1964). Données minéralogiques sur l'omphacite et la glaucophane d'un schiste à glaucophane des Alpes piémontaises. *Bull. Soc. Franç. Min. Crist.*, n° 1, t. LXXXVII.
- NIGGLI, E. (1960). Mineral-Zonen der Alpinen Metamorphose in der Schweizer Alpen. *Inst. Geol. Congress. Rep. of the 21. Sess.*, Part. XIII, Copenhagen.
- BRUCKNER, W. and E. JAGER (1956). Über Vorkommen von Stilpnomelan und Alkali-Amphibol als Neubildungen der alpidischen Metamorphose in nordhelvetische Sedimenten am Ostende des Aarmassivs (östliche Zentralschweiz.) *Ecl. geol. Helv.*, Nr. 49, pp. 469-480.

- NIGGLI, Paul (1912). Die chloritoïdschiefer und die sedimentäre Zone am Nordostrande des Gotthardmassives. *Matériaux pour la carte géol. suisse*.
- (1929). *Ore Deposits of Magnetic origin (New York)*.
- NOCKOLDS, S. R. and R. ALLEN (1953-1956). The geochemistry of some igneous rocks series. *Geoch. Cosmoch. Acta.*, 1953-1956, Vol. 4, pp. 105-156, Vol. 5, pp. 245-300, Vol. 9, pp. 1-104.
- NOE-NYGAARD, Arne (1940). Subglacial volcanic activity in ancient and recent times. *Folia Geographica Danica*, Vol. 1, No. 2, 67 p.
- OSBORN, E. F. and P. L. RÆDER (1960). Effect of Oxygen pressure on crystallisation in simplified basalt systems. *Intern. Geol. Congress, Report of the 21<sup>e</sup> session. Part XIII, Copenhagen*.
- PABST, A. (1931). The garnets in the glaucophane schists of California. *Amer. Min.*, No. 16, pp. 327-337.
- (1955). Manganese contents of garnets from the Franciscan schists. *Amer. min.*, No. 40, pp. 919-923.
- PALACHE, C. and H. VASSAR (1925). Some minerals of the Keweenawan copper deposits: pumpellyite, a new mineral; sericite, saponite. *Amer. Min.*, No. 10, 412-418, *Journ. of Min. Soc. Am.*
- PETERSON, M. N. A. and E.D. GOLDBERG (1962). Feldspar distributions in South Pacific pelagic sediments. *Journ. Geoph. Res.*, No. 67, pp. 3477-3492.
- PHILLIPS, F. Coles (1928). Metamorphism in the Upper Devonian of N. Cornwall. *The Geologreaf Magazine*, Dec., No. 774, Vol. LXV.
- PISTORIUS, Carl. W.F.T., Geoge C. KENNEDY and S. SOURURAJAN (1862). Some relations between the phases Anorthite, Zoisite and Lawsonite at high temperatures and pressures. *Am. Journ. of Sc.*, Vol. 260, pp. 44-56.
- PITCHER and FLINN (1965). Controls of Metamorphism. *Liverpool geol. Soc.*, Oliver and Boyd, London.
- PLAS, L. van der (1959). Petrology of the northern Adula region, Switzerland. *Leid. geol. Meded.*, No. 24, pp. 418-598.
- POLDERVAART, A. and Jack GREEN (1965): Chemical analyses of submarine basalts. *The am. min.*, Vol. 50, No. 10, Kerr volume.
- and H. H. HESS (1951). Pyroxenes in the crystallisation of basaltic magna. *The Journ. of Geology*, T. 59.
- and William TAVBENECK (1960). *Layered intrusions*. Inst. Geol. Congress. Rep. of the 21<sup>e</sup> Session, Part. XIII, Copenhagen.
- RAMBERG, H. (1952). *The origin of metamorphic and metasomatic rocks, a treatise on recrystallization and replacement in the earth's crust*. Univ. Chicago Press.
- RAMSAY, John G. (1967). *Folding and Fracturing of Rocks*. Mc Graw Hill, London.
- REID, Clement and H. DEWEY. (1908). *The origin of the pillow lava near Port Isaac in Cornwall*. Geol. Soc. London, 1908, Vol. 64, pp. 264-272.
- RICHMOND, W. E. Jr. (1937). Paragenesis of the minerals from Blueberry Mountain, Woburn, Mass. *Am Min.*, Vol. 22, p. 290.
- RIITMANN, A. (1963). *Les volcans et leur activité*. Paris, Masson.
- ROEVER, W. P. DE (1947). *Igneous and metamorphic rocks in eastern central Celebes*, pp. 65-173 from Geological exploration in the Island of Celebes. Amsterdam, North Holland Publishing Co, 346 p.
- (1950). Preliminary notes on glaucophane-bearing and other crystalline schists from south-east Celebes and on the origin of glaucophane-bearing rocks. *Proc. Kon. Ned. Ak. Wet.*, No. 53, pp. 1455-1465.
- (1955). Genesis of Jadeite by low-grade Metamorphism. *Am. Journ. of Sc.*, Vol. 253, pp. 283-298.
- (1956). Some additional data on the crystalline schists of the Rumbia and Mendoke Mountains, south-east Celebes. *Ver. Kon. Ned. Geol. Mijn. Gen.*, 16, pp. 385-393.
- ROUTHIER, P. (1944). Essai sur la chronologie des « Roches vertes » mésozoïques des Alpes occidentales. *Bull. de la Soc. géol. de France*, p. 117.
- (1946). Un type particulier de gîte cuprifère associé à des roches vertes: le gîte de Saint-Véran (Hautes-Alpes). *Bull. Soc. franç. Minér.*, n° 69, pp. 99-150.

- ROUTHIER, P. (1953). Etude géologique du versant occidental de la Nouvelle-Calédonie. *Soc. Géol. de France*, Mém. 67, 271 p.
- (1963). *Les gisements métallifères*. Masson, Paris.
- SAHAMA, T. G. (1961). Thermal metamorphism of the volcanic rocks of Mont Nyiaragongo (East Congo). *Bull. Commiss. géol. Finl.*, No. 196.
- SATTERLY, J. (1941). Pillow lavas from the Dryden Wabigoon area, Kenora district, Ontario. *Univ. Toronto Studies, Geol. ser.*, No. 46, pp. 119-136.
- SCHERP, A. (1957). *Über die Anchimetamorphose der Diabase von Ramsbeck im Sauerland*. Neues Jahr Min. Petr. Festbd Schneiderhöhn, Stuttgart.
- SCHNEIDER, A. (1890). *La miniera cuprifera di Montecatini*. Firenze, tipografia di Barbera, tiré à part Inst. Min. Genève.
- SCHÖELLER, Henri (1929). La Nappe de l'Embrunais au nord de l'Isère. *Bull. des Serv. de la Carte géol. de France*, Bull. 175, vol. 33.
- SCHURMANN, H. M. E. (1950). Glaucohangesteine aus Venezuela. *N. Jb. Min. Monatsschv.*, pp. 145-156.
- SCHURMANN, H. M. W. (1953). Beiträge zur Glaucophanfrage (2). *N. Jb. Min. Monatsschv.*, 85 ?, pp. 303-394.
- (1956). *Beiträge zur Glaucophanfrage* (3), 89, pp. 41-85.
- SCHWARTZ, G. M. (1939). Hydrothermal alteration of igneous rocks. *Bull. G.S.A.*, 50, pp. 195-197.
- SEKI, Yotaro (1958). Glaucophanitic regional metamorphism in the Kanto Mountains, Central Japan. *Jap. J. Geol. Geogr.*, 29, pp. 233-258.
- (1961). Geology and metamorphism of Sanbagawa crystalline schists in the Tenryu district, central Japan. *Sc. Rept. Saitama Univ.*, ser. B, pp. 75-92.
- (1961). Pumpellyite in Low-grade metamorphism. *Journ. of Petr.*, Vol. 2, Part. 3, pp. 407-423.
- SEN, Sisir K. (1963). Some consequences of ordering and unmixing in Sodic Plagioclases of Epidote-Plagioclase Equilibrium in regionally Metamorphosed Rocks. *Am. Journ. Sc.*, Vol. 261, No. 8.
- SERDYUCHENKO, D. P. (1956). The minerals of boron and titanium in certain sedimentary-metamorphic rocks. *Trans. geol. Inst. Acad. Sc. URSS*, No. 5, p. 53 (M.A. 13-344).
- SHAGAM, R. (1960). The geology of central Aragua, Venezuela. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, pp. 249-302.
- SIMMONS, W. P. (1946). Note on pillow lavas at Port Isaac, Cornwall. *Roy. Geol. Soc. Cornwall, Trans.*, v. 17, pp. 192-219.
- SNYDER, J. L. (1959). Distribution of certain elements in the Duluth complex. *Geochim. and Cosmochim. Acta*, No. 16, pp. 243-277.
- SPRY, Alan (1963). The origin and significance of Snowball Structure in Garnet. *Journ. of Petrol.*, Vol. 4, pp. 211-222.
- STARK, J. R. (1938). Vesicular dikes and subaerial pillow lavas of Borabora, Soc. Islands. *Journ. Geol.*, 1938, Vol. 46, pp. 225-238.
- (1939). Discussion: Pillow lavas. *Journ. Geol.*, 1939, Vol. 47, pp. 205-209.
- STEARNS, Harold T. (1937). Pillow lavas in Hawaii (abs), *Geol. Soc. Amer. Proc.*, 1937, pp. 252-253; The significance of pillow lavas in Pacific Islands (abs), *Pacific. Sc. Congress*, 1956, Proc. v. 2, p. 207.
- STEHLI, F. G., C. R. ALLEN and L. T. SILVER (1958). Geology and age relations of rocks of Baga California, Mexico (abst). *Am. Ass. Petr. Geol. Bull.*, Vol. 42, pp. 215-216.
- STEINMANN, G. (1926). Die Ophiolitischen Zonen in den Mediterranen Kettengebirgen. *C. R. Intern. Geol. Congr.*, 14, Madrid, 2, pp. 637-67.
- STRENS, R. G. J. (1965). Stability and relations of the Al-Fe epidotes. *Min. Mag.*, Vol. 35, Sept..
- (1966). Properties of the Al-Fe-Mn epidotes. *Min. Mag.*, Vol. 35.
- STURT, Brian A. (1962). The Composition of Garnets from Pelitic Schists in relation to the Grade of Regional Metamorphism. *Journ. of Petr.*, Vol. 3, pp. 181-191.
- SUNDIUS, N. (1912). Pillow lavas from the Kiruna district. *Geol. Foren. Forkand*, Vol. 34, pp. 317-333.
- (1930). On the spilitic rocks. *Geol. Mag.*, 1930, Vol. 67, pp. 1-17.
- SUZUKI, J. and Y. SUZUKI (1959). Petrological study of the Kamuikotan metamorphic complex in Hokkaido, Japan. *Journ. Fac. Sc. Hokkaido, Imp. Univ.*, No. 10, pp. 349-446.

- SWITZER, George (1950). Mineralogy of the Calif. glaucophane schists. *Dept. Nat. resources Bull.*, No. 161, pp. 51-70.
- TABORSZKY, F. K. (1962). Geochemie des Apatits in Tiefengesteinen am Beispiel des Odenwaldes. *Beitr. Min. Petr.*, No. 8, pp. 354-392.
- TAKUBO, Hiroshi (1965). Geochem. study of the Sambagawa Metamorphis System in the Besshi District, Central Shikoku, Japan (Part. III A Chemical Characteristics of the Schists in the Conformable Cupriferous Pyritic Ore Deposits). *Mem. of the Coll. of Sc. Univ. of Kyoto*, Serie B, Vol. XXXII, No. 2.
- TALIAFERRO, N. L. (1943). Franciscan-Knoxville problem. *Am. Ass. Petr. Geol. Bull.*, No. 27, pp. 109-219.
- THOMAS, Godfrey and Trevor THOMAS (1956). The volcanic rocks of the Area between Fishguard and Strumble Head, Pembrokeshire. *The Q. J. Geol. Soc. London*, No. 447, Vol. 447, Part. 3.
- THOMPSON, J. B. (1955). The thermodynamic basis for the mineral facies concept. *Amer. J. Sc.* No. 253, pp. 65-103.
- TILLER, K. G. (1959). The distribution of trace elements during differentiation of the Mt. Wellington dolerite sill. *Rap. and Proc. R. Soc. Tasmania*, No. 93, pp. 153-158.
- TILLEY, C. E. (1954). The Gabbro-Limestone contact zone of Camas Mor, Muck, Inverness-shire. *Bull. de la Comm. géol. de Finl.*, No. XXIV, pp. 136-140.
- TRÖGER, W. E. (1959a). Die Granatgruppe: Beziehungen zwischen Mineralchemismus und Gesteinsart. *Neues Jb. Miner. Abh.*, 1959, No. 93, Vol. 1, pp. 1-44, Stuttgart, Mai 1959.
- (1959b). Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale (Teil 1) Stuttgart, E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung.
- TRÜMPY, R. (1955 a). La zone de Sion-Courmayeur dans le haut val Ferret valaisan. *Eclogae Geol. Helv.*, vol. 47.
- (1955 b). Remarques sur la corrélation des unités penniques externes entre la Savoie et le Valais et sur l'origine des nappes préalpines. *Bull. Soc. géol. France*, série 6, t. 5, pp. 217-231.
- (1957). Quelques problèmes de paléogéologie alpine. *Bull. Soc. géol. France*, t. VII.
- (1960). Paleotectonic evolution of the central and western Alps. *Bull. Geol. Soc. Am.*, Vol. 71, No. 6.
- TURNER, F. J. and J. VERHOOGEN (1960). *Igneous and Metamorphic Petrology*. Mc Graw Hill.
- TURNOCK, A. C. (1960). The stability of iron chlorites. *Carnegie Inst. Wash. Year Book*, No. 59, pp. 98-103.
- VALLANCE, T. G. (1965). On the chemistry of pillow lavas and the origin of spilites. *Mineralogical Mag.*, Tilley volume, Vol. 34.
- Van HISE, C. R. and C. K. LEITH (1911). The geology of the Lake Superior region. *U. S. Geol. Survey Mon.*, 52.
- VERHOOGEN, John (1962). Distribution of Titanium between silicates and oxides in igneous rocks. *Am. Journ. of Sc.*, Vol. 260, pp. 211-220.
- VIERSCHILLING, A. (1910). Die Eisen- und Manganes lagerstätten in Hunsrück und im Soonwald. *Zeits. f. pakt. Geol.*, Nr. 18, S. 393-431.
- VILLIERS, J. E. DE (1951). Optical properties and crystallography of zoned Pumpellyite from the Witwatersrand. *Am. Min.*, Vol. 26, No. 4.
- VINCENT, E. A. (1953). Hornblende, lamprophyre dykes of basaltic carentage from the Skaergaard area, East Greenland. *Q.J.G.S.*, No. 109, pp. 21-47.
- VUAGNAT, M. (1946). Sur quelques diabases suisses. Contribution à l'étude du problème des spilites et pillow lavas. *Bull. suisse de Min. et Pétrogr.*, XXVI.
- (1949 a). Variolites et Spilites-Comparaison entre quelques pillow lavas britanniques et alpines. *Arch. Sc. Genève*, vol. 2, fasc. 2.
- (1949 b). Sur les pillow lavas dalradiennes de la péninsule de Tayvallich (Argyllshire). *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, t. XXIX.
- (1951). Le rôle des roches basiques dans les Alpes. *Bull. suisse Min. et Pétrogr.*, t. 31, 1951.
- (1952). Le rôle des coulées volcaniques sous-marines dans les chaînes de montagne. *C. R. 19<sup>e</sup> session Congrès géol. intern. Alger*.
- (1956 a). Sur les roches à stilpnomélane du Versoyen (Savoie). *Arch. Sc. Genève*, vol. 9, fasc. 3.

- VUAGNAT, M. (1956 *b*). Observations sur les basaltes en coussins de Moses Coulee, Wash. U.S.A. *Arch. Sc. Genève*, vol. 9, fasc. 2.
- (1960). Sur les laves en coussins des environs de Las Palmas, Grande-Canarie (note prélim.). *Arch. Sc. Genève*, vol. 13, fasc. 1.
- (1963). Remarque sur la trilogie serpentinite-gabbro-diabases dans le bassin de la Méditerranée occidentale. *Geol. Rundschau*, Bd. 53, pp. 336-358.
- WAGER, L. R., G. M. BROWN and W. J. WADSWORTH (1960). Types of igneous Cumulates. *Journ. of Petr.*, Vol. 1, Part. 1, pp. 73-85.
- and R. L. MITCHELL (1951). The distribution of rare elements during strong fractionation of basic magma. A further study of the Skaergaard intrusion. East Greenland. *Geoch. Cosmoch. Acta*, Vol. 1, pp. 129-208.
- WALDMANN, L. (1934). Pumpellyit aus Steiermark und Finnisch Lappland. *Tschermak*, Band 45.
- WASHINGTON, Henry S. (1901). A Chemical study of the Glaucophan Schists. *The American Journ. of Sc.*, No. 11-12.
- WATSON, Thomas L. (1923). Native copper deposits of the south Atlantic states compared with those of Michigan. *Econ. Geol.* Vol. 18.
- WATSON, K. D. (1942). Zoisite-prehnite alteration of gabbro. *Am. Min.*, No. 27 (9), pp. 638-645.
- WEGMANN, C. E. (1928). Über das Bornitvorkommen von Saint-Véran, Hautes-Alpes. *Z. prakt. Geol.*, Bd 36, pp. 19-28, 36-43.
- WELLS, A. K. (1923). The nomenclature of the spilitic suite; Part II: the problem of spilites. *Geol. Mag.*, No. 60, pp. 62-74.
- (1925). The Geology of the Rhobell Fawr District (Merioneth.). *The Q.J.G. Soc.*, No. 324.
- WELLS, Francis G. and Aaron C. WATERS (1935). Basaltic rocks in the Umpqua formation. *Geol. Soc. Am. Bull.*, No. 46, pp. 961-972.
- WHITE, D. E. and L. J. P. MUFFLER (1964). Metamorphism of upper cenozoic sediments to greenschist mineral assemblages. *Salton Sea geothermal area, California*. (Geol. Soc. Amer.-Paleontol. Soc. min. Soc. Amer. Soc. econ. Geol. geoch. Soc. Nation. Ass. Geol. Teachers ann. Meetg. Miami, Beach, Florida.)
- WILLIAMSON, D. H. (1953): Petrology of Chloritoid and Staurolite Rocks North of Stonehaven, Kincardineshire. *Geol. Mag.*, Vol. XC, No. 5.
- WILSHIRE, H. G. (1957). Propylitization of Tertiary volcanic rocks near Ebbetts Pass, Alpine Country, California, *Univ. Calif. Publ. Geol. Sc.*, Vol. 32, No. 4, pp. 243-272.
- WILSON, M. E. (1960). Origin of pillow structure in early precambrian lavas of Western Quebec. *The Journ. of Geol.*, Vol. 68, No. 1.
- WINCHELL, Horace (1958). The composition and physical properties of Garnet. *The Am. Min.*, Vol. 43, May-June.
- WINKLER, H. G. F. (1965). *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. Berlin, New-York, Springer Verlag.
- WISEMAN, J. D. H. (1934). The central and south-west Highland epidorites: a study in progressive metamorphism. *Quart. J. Geol. Soc. Lon.*, 90, pp. 354-417.
- WISSER, E. (1954). Geology and ore deposits of Baja California, Mexico. *Econ. Geol.*, Vol. 49, pp. 44-76.
- WOOD, D. S. (1964). Some Structures in the Dalradian Pillow Lavas of the Tayvallich Peninsula, Argyll. *Geol. Mag.*, Vol. 101, No. 6, pp. 481-487.
- WYLLIE, P. J., K. G. COX and G. M. BIGGAR (1962). The Habit of Apatite in Synthetic Syst. and Igneous Rocks. *Journ. of Petrol.*, Vol. 3, Part.2, pp. 238-243.
- YODER, H. S. and G. A. CHINNER (1960). Grossularite-pyroxene-water system at 10,000 bars. Almandite-pyroxene-water at 10,000 bars. *Carnegie Inst. Wash. Year Book*, No. 59, pp. 78-84.
- YODER, H. S. Jr. and C. E. TILLEY (1962). Origin of Basalt Magmas: An Experimental Study of Natural and Synthetic Rock System. *Journ. of Petrology*, Vol. 3, Part. 3, pp. 342-532.
- ZEN, E.-An (1960). Metamorphism of Lower Paleozoic rocks in the vicinity of the Taconic Range in west-central Vermont. *Am. Min.*, No. 45, pp. 129-175.
- ZIES, E. G. (1962). A Titaniferous Basalt from the Island of Pantelleria. *Journ. of Petrology*, Vol. 3, Part. 2, pp. 177-180.
- ZULAUF, Rudolf (1963). Zur Geologie der Tiefpenninischen Zonen nördlich der Dora Baltea im oberen Val d'Aosta (Italien). *Prom. Nr.* 3350.

## PLANCHES

Photo 1. — Région du Pertuis-Plan André (flancs de l'Aiguille-de-Prainan). Laves en coussins laminées, mais ayant conservé les détails des structures macroscopiques.

Photo 2. — Coussins fortement indurés, au contact avec schistes. La forme isolée d'un coussin est bien visible vers le bas; vers le haut: sill, avec fissures de forme ovale, évoquant un coussin très induré. (Lac de Tormotta).

Photo 3. — Parois N.-W. de l'Aiguille-de-Beaupré. Sills ophiolitiques, d'épaisseur variable, s'élargissant localement en formes lenticulaires; les niveaux intermédiaires surcreusés et un peu plus sombres sont constitués de schistes noirs.

Photo 4. — Parois N.-W. menant de l'Aiguille-de-Beaupré (à droite) au Mont-Miravidi (vers la gauche). Sills ophiolitiques, à structures en coussins (invisibles ici) à leurs bords, alternant avec des schistes noirs. Adinoles localement présentes.

Photo 5. — « Schistes moirs » (X 50). Pseudomorphoses par de la chlorite et d'autres phyllites de cristaux ayant groupé des inclusions en poussière en forme de sablier. (Chloritoïde, ou peut-être andalousite ?)

Photo 6. — « Schistes noirs » (x 50). Identique à fig. 4, mais formes plus trapues.

Photo 7. — Glaucophanite à structure porphyrique de la Pointe-du-Clapey (x 30). La roche est ici essentiellement composée d'amphiboles bleues. La forme du pyroxène initial ne nous est restituée que par une poussière de grains de sphère. Le centre du pyroxène transformé est constitué de quartz limpide, d'amphibole bleue (en gris) et de reliques résorbées, très vertes, du pyroxène initial (en gris très foncé). Mouches de stilpnomélane occasionnelles.

Photo 8. — Glaucophanite à structure porphyrique de la Pointe-du-Clapey (x 30). Des cristaux d'origine probablement feldspathiques étaient inclus partiellement dans un gros grain pyroxénique. Ces cristaux sont envahis par l'amphibole bleue (domaine gris clair, avec taches limpides de phases micacées et d'épidote).

Le grain de pyroxène, résorbé en une purée vert foncé (en gris foncé) avec apparition de poussières de sphère alignées en petits « traits », est en plus « corrodé » en son centre par du quartz (très limpide, à droite). Lamelle noire de stilpnomélane au centre-droit de la photo.





Photo. 1



Photo. 2



Photo. 3

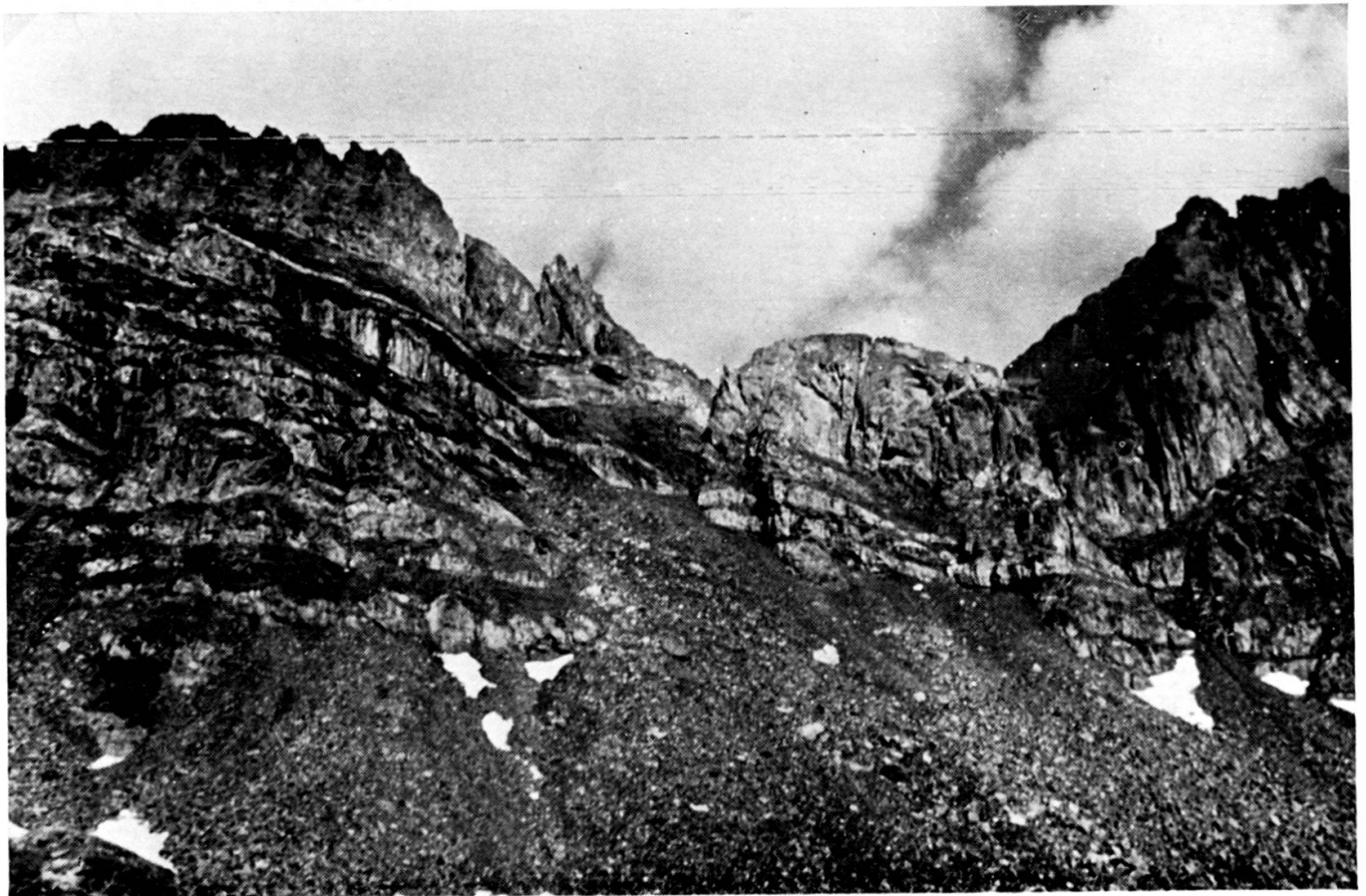


Photo. 4

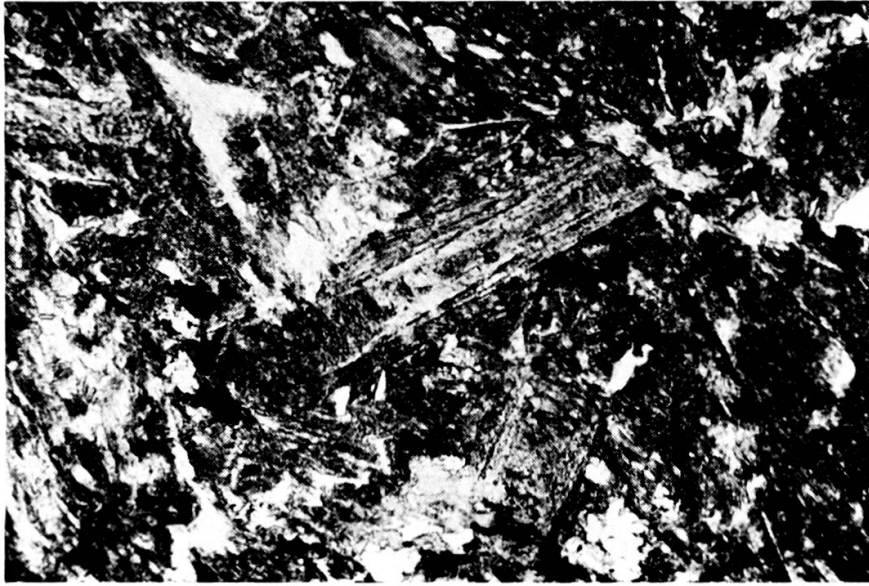


Photo. 5

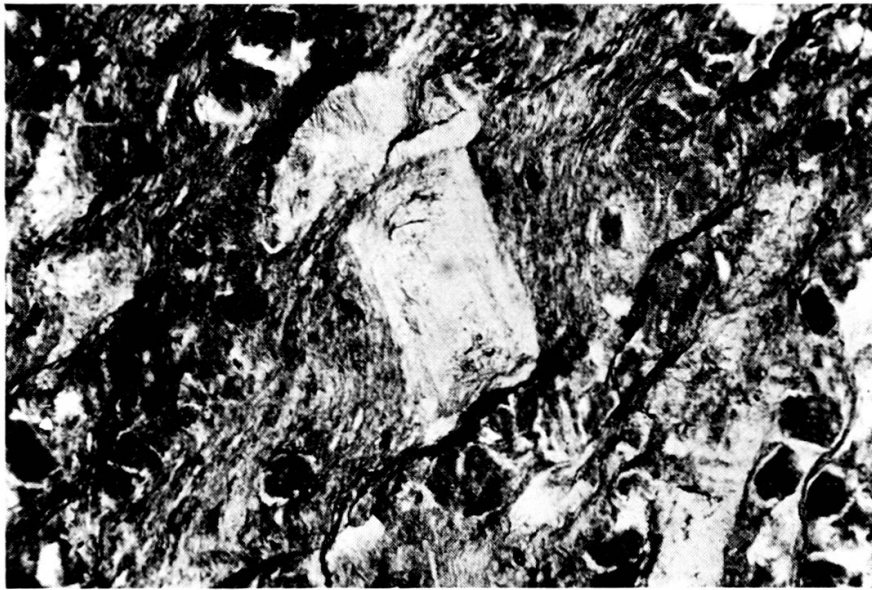


Photo. 6

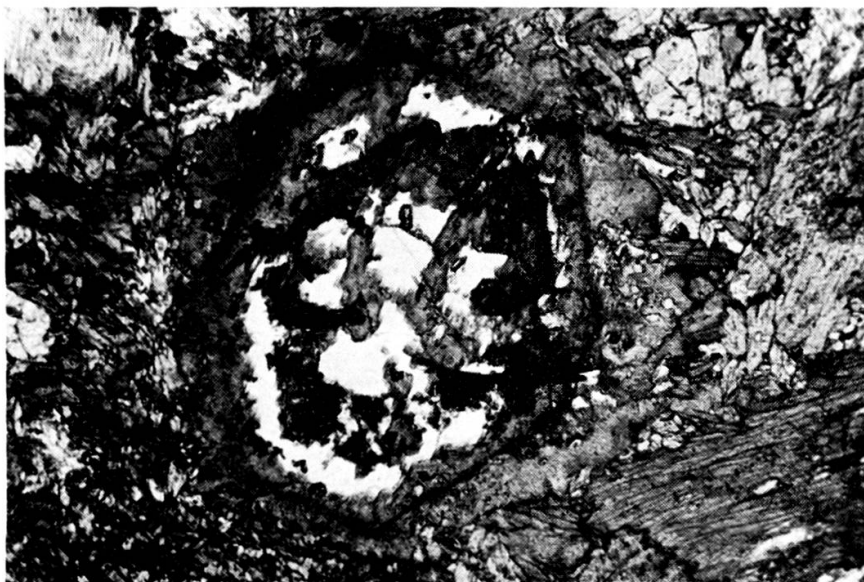


Photo. 7

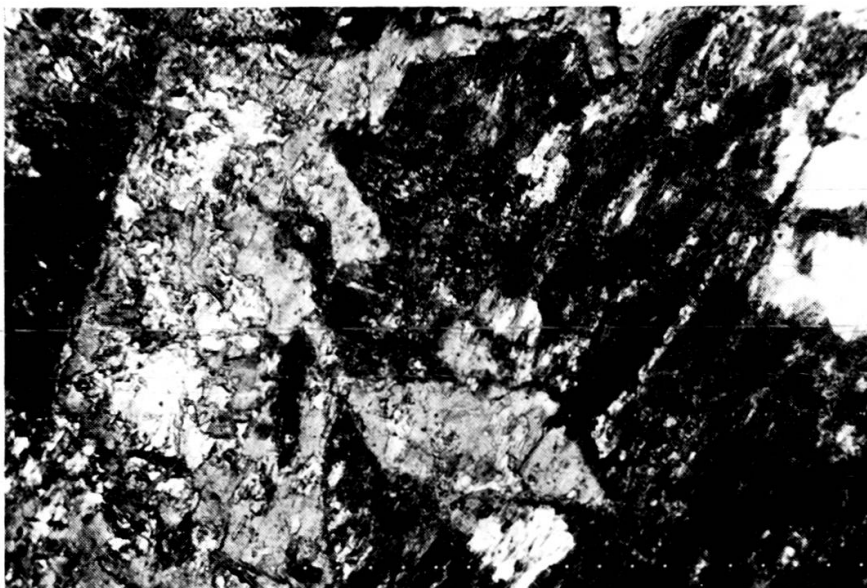


Photo. 8