

Zeitschrift: Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 3 (1929-1930)
Heft: 6

Artikel: Granite et Gabbro de la Sila de Calabre
Autor: Lugeon, Maurice / Jérémime, Elisabeth
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-249681>

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: 11.02.2026

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

Granite et Gabbro de la Sila de Calabre

PAR

M. Maurice LUGEON et Mme Elisabeth JÉRÉMINE

Sommaire. — I. — Introduction. II. — Généralités. III. — Région étudiée. IV. — Description pétrographique. V. — Analyses chimiques. VI. — La désagrégation accumulante.

I. — Introduction.

On sait que l'ossature profonde de la Calabre est constituée par un massif ancien, lui-même subdivisible en cinq masses séparées par des dépressions envahies par les dépôts du Tertiaire. Le géologue italien E. Cortese a donné une description classique de ces immenses territoires¹, dont il a, presque à lui seul, levé la carte géologique au 1:100 000, aidé toutefois, localement, par ses collaborateurs Aichino, Novarese et Viola.

L'un de nous a, en automne 1926, parcouru très rapidement les hautes vallées de l'Ampollino et de l'Arvo qui sillonnent la Sila, ce massif granitique de la Calabre antérieure.

Durant ces quelques jours, nous avons été à même de vérifier l'exactitude des cartes géologiques levées par nos devanciers, et il nous est particulièrement agréable de témoigner ici notre admiration profonde pour ces hommes qui, en quelques années, ont pu exécuter un travail aussi grandiose. Quand on voit s'étendre devant soi ces monts si inhospitaliers, ces territoires perdus, loin de tout centre habité en permanence, traversés par de rares routes carrossables, et encore n'existaient-

E. CORTESE. — Descrizione geologica della Calabria, *Memorie descrittive della Carta geologica d'Italia*, Vol. IX, année 1893.

elles pas toutes lorsqu'ils exécutèrent leurs recherches, on reste confondu devant l'énergie qu'ils ont dû déployer pour arriver à arracher tant de détails à un sol où les affleurements sont parcimonieusement étendus.

Cortese n'a donné dans son mémoire aucun examen microscopique de roche. Géologue des masses, préoccupé de la tâche immense qu'il avait à accomplir, il s'est peu soucié de ces détails intimes: « La geologia pura non si fa col microscopio, e siccome qui perliamo di geologia, mi perdonera, chi mi legge, se l'autorità del microscopio non è mai invocata¹ ».

Si Cortese n'a pas invoqué l'autorité du microscope pour les roches de la Calabre, d'autres l'ont fait; mais ces études ne sont toutefois pas nombreuses.

Peu de temps après la publication du mémoire de Cortese, G. de Lorenzo² a fait paraître une volumineuse étude d'ensemble sur l'Apennin méridional, où il décrit la plupart des roches de la région. Mais ses descriptions sont vagues comme si elles étaient tirées d'un traité de pétrographie générale; la plupart du temps, il ne précise pas l'échantillon décrit et l'érudition que l'auteur étale avec certain plaisir n'éclaircit pas les questions traitées.

D'autres naturalistes, comme I. Chelussi³ et L. Bucca⁴ ont décrit des échantillons de collections diverses ou récoltées à la demande du premier par des instituteurs.

R. Ugolini⁵ a étudié les kinzigites de Monteleone, et si nous citons encore V. Novarese⁶, qui a donné un important travail très précis et très fouillé sur les marbres si remarquablement minéralisés que l'on voit, ici et là, formant de grandes lentilles dans les schistes micacés, nous croyons avoir épuisé la liste des auteurs modernes qui ont étudié les roches de ce beau pays avec l'aide du microscope ou de l'analyse chimique.

On peut attribuer la rareté de tels travaux, en partie à deux

¹ E. CORTESI, p. 81.

² G. DE LORENZO. — Studi di Geologia nell'Appennino meridionale, *Atti. R. Acc. de Sc. fisiche et matematiche*, série 2 a, VIII, Napoli, année 1896.

³ I. CHELUSSI. — Alcune roccie cristalline della Calabria, *Boll. Soc. geol. it.*, Vol. XXXIII, p. 177-196, Rome, 1914.

⁴ L. BUCCA. — Sopra alcune roccie della serie cristallina di Calabre, *Boll. R. Comm. geol.*, série 2, année V., Rome, 1884.

⁵ R. UGOLINI. — Kinzigite di Monteleone Calabro. *Atti. Soc. tosc.*, Mem. Vol. XXVII, p. 55-62, Pisa, 1910.

⁶ V. NOVARESE. — Calcarei cristallini e calciferi dell'Arcairo calabrese, *Boll. R. Comm. Geol.*, Vol. XXIX, Roma, 1893.

faits. D'abord la région est difficile d'accès, bien que toutefois des carrières se trouvent près de localités importantes, ensuite parce que les affleurements de roches saines sont rares, clairsemés. Il est fort difficile de voir les relations réciproques des roches ignées et de leurs encaissants.

II. — Généralités.

Le vieux massif cristallin de la Calabre est aujourd'hui disjoint par de vastes fractures dont le jeu actuel est la cause de terribles tremblements de terre. Il paraît nettement établi que la vieille chaîne de fond appartient aux Altaïdes; les vieux plis sont encore méconnus. Par place, le granite surmonte les schistes cristallins et ces superpositions n'ont pas échappé à Cortese. Ces vieilles séries rappellent parfois celles des Alpes pennines. Il y a une série dite kinzigitique, qui fait penser à celles de la Valteline; il y a une série de phyllades qui simule les schistes lustrés, mais tout cela paraît plus ancien que dans les Alpes, car, sur les masses profondes, le Trias repose en discordance.

La vieille chaîne pénéplainée avant le Trias, remaniée par les mouvements alpins, a été, ainsi que l'a montré Gignoux dans un mémoire très remarquable¹, pénéplainée à nouveau avant le Miocène. Le niveau de base de la mer néogène a été soulevé jusque dans les environs de 1000 mètres d'altitude. Aussi, lorsqu'on atteint ces hauteurs, après s'être élevé sur des territoires très ravinés, on a devant soi un paysage fait de collines adoucies dont les crêtes dominant d'immenses vallées planes, où l'eau circule avec peine, où souvent elle forme de vastes marécages. Il en est ainsi des hautes vallées de l'Ampollino, de l'Arvo.

Les vieilles surfaces, exposées aux actions du temps depuis le Miocène, ne sont pas assez inclinées pour que le ruissellement entraîne au fur et à mesure les produits de la décomposition superficielle des roches. La chaîne s'ensevelit sous un linceul tiré d'elle-même, et les auteurs signalent l'épaisseur extraordinaire de cette couverture.

¹ M. GIGNOUX. — La Calabre, *Ann. de Géographie*, T. XVIII, p. 141, Paris, 1909.

V. Novarese¹, à ce propos, a publié une courte note, où, reprenant un terme dû à de Richthofen, il parle de cette désagrégation météorique accumulative (degradation meteorica cummulative). Sabatini² a fait de même, ainsi que C. Crema³, en parlant du granite de Cardinale près de Catanzano.

Novarese dit que ce phénomène se voit aussi bien sur la Sila que sur la Serra, d'où la rareté des affleurements de roches saines. Il dit aussi que la puissance de la croûte éluviale est supérieure à plusieurs dizaines de mètres et au-dessous, ajoute-t-il, la roche est altérée sur une profondeur ignorée.

Nous apportons ici-même une contribution à l'étude de ce phénomène.

II. — Région étudiée.

Nous n'avions nullement l'intention de nous occuper de ces roches calabraises lorsque nous avons ramassé, pour nos collections, quelques échantillons. En cherchant à connaître ce qui pouvait avoir été dit sur ces roches, nous nous sommes aperçus que l'on connaissait bien peu de choses précises. Comme nous avons eu la bonne fortune de récolter des roches très fraîches, grâce à d'importants travaux souterrains qui s'exécutent actuellement pour l'aménagement hydro-électrique des tributaires supérieurs du Neto, nous avons alors pensé qu'il serait utile, pour nos confrères italiens, qui reprendront tôt ou tard l'étude détaillée des roches ignées calabraises, de leur livrer les résultats de notre modeste contribution.

Notre travail n'intéresse que la région occidentale d'un grand massif granitique parcouru par les hautes vallées de l'Ampolino et de l'Arvo. On voudra bien se rapporter à la carte géologique au 1:100 000, feuille 237, S. Giovanni in Fiore.

A l'est, la limite naturelle du granite est inconnue. La vieille roche va se perdre sous les masses transgressives du Miocène, qui forment une couverture continue dans les bas et qui se frangent, se déchirent et ne laissent plus que des lambeaux, des témoins épars sur les hauteurs, spectacle grandiose lorsqu'on peut, par un jour clair, l'envisager d'un seul

¹ NOVARESE, *Boll. Soc. Geol. Ital.* Vol. XXVII, p. XLI, année 1908.

² SABATINI, *id.* p. XXIX.

³ C. CREMA, *id.* p. XXXVIII.

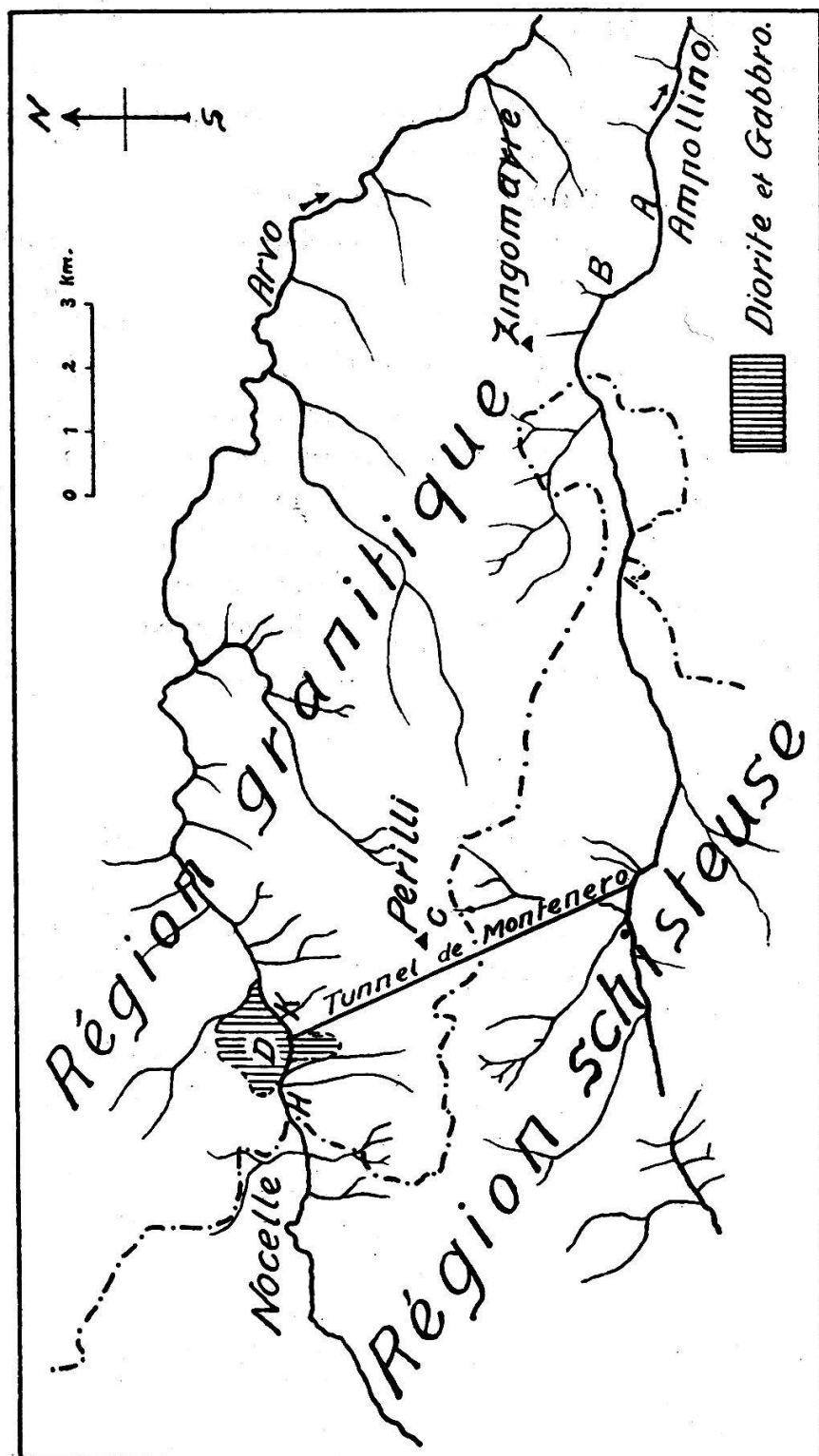


FIG. 1. — Région supérieure de l'Ampollino et de l'Arvo.
A, B, C, D, K, H, situation des échantillons étudiés.

coup d'œil des hauteurs de la Sila. Il semble que l'on assiste à la surélévation du vaste pli de fond, cependant que l'érosion débite peu à peu, morcelle les sédiments fossiles de la mer miocène.

A l'ouest, la carte géologique montre que sur son bord occidental, ou au voisinage de sa marge, le granite franc, avec ses filons d'aplite ou de pegmatite, fait place, localement, à un granite à amphibole, selon la légende de la carte. En outre, il existe encore, frangeant de granite, des masses de roches désignées comme diorite. Au delà s'étendent de vastes étendues de schistes kinzigitiques¹. Ce qui fait l'intérêt de l'étude des échantillons de roche que nous avons récoltés ou qui nous ont été donnés, c'est qu'ils proviennent d'un territoire assez restreint, comprenant à la fois le cœur du massif granitique et sa frange. Frappés par la variation progressive de composition chimique et pétrographique de ces roches, il nous a paru utile, à ce point de vue, de signaler ce nouvel exemple digne d'être mis en parallèle avec les exemples classiques bien connus.

* * *

Voici la position exacte des échantillons étudiés:

L'échantillon A provient du tunnel qui amènera les eaux du haut Neto dans la vallée de l'Ampollino, à environ 400 mètres du portail aval de la galerie qui se trouve à l'est du Mont Zingomarre (1506 m.).

L'échantillon est donc prélevé à environ 2 kilomètres du point le plus rapproché des schistes kinzigitiques. On peut le considérer comme le granite type du massif.

L'échantillon B a été prélevé à l'ouest du précédent, non loin de l'usine électrique supérieure de l'Ampollino, soit dans

¹ Nous n'avons pas étudié ces « schistes » parce qu'en général ces roches sont très décomposées en surface. Nous avons récolté quelques échantillons très frais prélevés près de l'entrée aval (côté Ampollino) du tunnel qui amènera l'eau de la vallée de l'Arvo dans celle de l'Ampollino.

La roche est plaquetée, gris verdâtre sur la surface. Sur la tranche, on voit des zones très quartzueuses, formant des bandes sur le fond coloré en brun.

L'examen en plaques minces montre qu'il s'agit d'un schiste très riche en quartz, pauvre en feldspaths (orthose) avec un peu de biotite et de muscovite en paillettes allongées suivant la schistosité, quelques aiguilles de silimanite et quelques zircons. Les grenats existent, mais sont rares et leur quantité n'est pas suffisante pour que cette roche soit appelée schiste kinzigitique. Mais il se peut qu'ailleurs il y ait une richesse assez grande en grenats ayant autorisé le terme de schistes kinzigitiques.

une région éloignée d'environ 1 km. des schistes kinzigitiques.

L'échantillon C a été récolté dans un affleurement à la surface du sol, entre la vallée de l'Arvo et celle de l'Ampollino, sur la haute croupe du Mont Perilli (1770 m.), un peu à l'ouest du sommet. C'est dans cette région que la carte de Cortese indique un gros amas de granite amphibolitique, la masse du Montenero (1881 m.). Tout près du sommet du Mont Perilli, affleurent les schistes micacés de la série kinzigitique. On peut voir qu'au voisinage du granite, ils se transforment en cornéenne, sur le versant sud de la croupe. Cette cornéenne était très décomposée en surface, nous ne l'avons pas récoltée; et c'est par chance que nous avons pu trouver, à 150 m. au nord-est du sommet, une « boule » de granite en roche très saine. Tout le versant nord de la montagne serait constitué, d'après Cortese, par son granite à amphibole. Malheureusement, nous n'avons pas pu récolter un seul échantillon digne d'être étudié.

Mais il était particulièrement intéressant de posséder les roches basiques signalées par la carte de Cortese, celles formant les faciès bordier de la masse éruptive. Or, comme on a creusé, à Nocelle, en 1927 et 1928, une galerie de dérivation de l'Arvo, nous avons pu, grâce à l'obligeance de M. Brodowski, directeur de la Société Motor-Columbus, et à celle de M. Ezio Peduzzi, entrepreneur à Olgiate-Cosmaco, obtenir quelques échantillons de la zone de passage, désignés par les lettres E. F. G. H. I.

L'échantillon D a été prélevé par nous au voisinage de la route nationale, non loin de Nocelle, près de Rovale, sur le versant gauche de l'Arvo. La carte de Cortese indique dans cette région, en marge du massif granitique, un gros amas de roche sombre qu'elle désigne comme diorite. En général, cette roche est recouverte par une argile rouge de décomposition très typique. Heureusement qu'à l'endroit indiqué existe une vieille carrière qui nous a permis de prélever des échantillons très francs.

L'échantillon K a été également récolté par nous, à 1500 mètres de distance à l'est, sur la rive droite de l'Arvo, près de l'entrée de la grande galerie transversale qui conduit les eaux de l'Arvo dans celles de l'Ampollino. On se trouve là dans la marge interne du massif dioritique par rapport au massif granitique.

IV. — Description pétrographique.

La description qui suit va montrer une série de roches qui présentent le passage insensible du granite monzonitique du centre du massif aux diorites et même aux gabbro.

La roche (échantillon analysé A) du cœur du massif granitique, celle qui est le plus éloignée du contact avec les schistes kinzigitiques, montre un granite à faible teneur en éléments colorés (5% d'après le calcul de l'analyse chimique). Elle est en même temps la plus riche de toutes nos roches en silice et en quartz. Sa composition minéralogique, vue au microscope, est assez banale. La biotite brune contient des cristaux de zircon avec auréoles polychroïques et des inclusions d'apatite. La muscovite, en lamelles bien développées, moule les autres éléments ou englobe le feldspath, la biotite et l'apatite. Le plagioclase est zoné avec le centre oligoclasique à 17 % d'anorthite (12° d'extinction sur g^1 perpendiculaire à ng , indice de réfraction \geq que celui du baume du Canada) et des bords albitiques. Le microline à macles quadrillées très fines englobe ou moule les plagioclases, montrant ainsi qu'il est postérieur aux feldspaths calcoalcalins. Le plagioclase, très frais en général, se transforme à partir du centre en zoisite et en séricite. Le quartz, en assez grandes plages, a tendance à devenir granulitique.

Dans le granite de l'usine électrique (échantillon analysé B), la muscovite n'existe pas, la biotite est plus abondante que dans la roche de la galerie, le microline est plus rare, le plagioclase est une andésine à 25-30 % d'anorthite. La biotite de cette roche, ainsi que le feldspath, contiennent parfois des inclusions de sillimanite en fin feutrage ou en cristaux bien développés que l'on peut regarder comme conséquence de l'excès d'alumine dû à l'assimilation du gneiss riche en micas¹.

Dans la roche du Mont Perilli (échantillon analysé C), la quantité de quartz est sensiblement moindre que dans les roches précédentes, ainsi que la teneur en silice libre virtuelle, calculée d'après l'analyse chimique. Les éléments ferro-magnésiens, représentés par la biotite, prennent assez d'importance. Nous considérons cette roche comme un passage de la gra-

¹ Voir microphotographie, Pl. I, lumière naturelle, gross. 100.

nodiorite à la diorite, ainsi qu'on peut le voir d'après le paramètre magmatique de cette roche (II. (4) 5.3 (3) 4).

La parenté avec la diorite est d'autant plus grande que la roche ne contient aucun feldspath alcalin en cristaux indépendants. En plaque mince, on ne trouve le microline que sous forme de petites taches irrégulières, noyées dans les plagioclases. On distingue facilement, en lumière naturelle¹, les facules de microline, grâce à la différence des indices de réfraction des deux feldspaths, le plagioclase étant une andésine à 36-45 % d'anorthite. En lumière polarisée parallèle², le microline est parfaitement reconnaissable grâce à ses belles macles quadrillées.

C'est le phénomène peu fréquent de l'*antiperthite*, c'est-à-dire de l'association d'un plagioclase avec un feldspath sodi-potassique, où le plagioclase joue le rôle d'hôte. M. Alling³, dans son récent ouvrage sur les feldspaths, reproduit une photographie d'*antiperthite* qui ressemble exactement à ce que nous avons trouvé dans la roche calabraise (voir la microphotographie).

Cet auteur, comme plusieurs autres qui se sont préoccupés dernièrement de la question des perthites dans les feldspaths, considère la perthite comme une solution solide. Le cas ordinaire et fréquent est la pénétration d'un feldspath alcalin par les facules d'albite ou plus rarement d'un plagioclase acide. Cependant, les analyses chimiques montrent que les plagioclases, qu'on est habitué à considérer comme les synonymes des feldspaths calcosodiques, contiennent en moyenne 6 % (maximum 10-12) de feldspath potassique. Dans le cas où l'on peut constater que le feldspath alcalin est triclinique (microline), cette association peut être considérée comme une solution solide d'un mélange isomorphe des trois composants: calcique, sodique et potassique. Si le feldspath alcalin, dont la présence est ainsi constatée par l'analyse chimique, n'est pas isolé dans l'*antiperthite*, le plagioclase est naturellement plus riche en feldspath à six molécules de SiO_2 ; si l'*antiperthite* s'est formée, le plagioclase est plus basique.

L'*antiperthite* est très fréquente dans les roches des environs

¹ Voir microphotographie, Pl. II, lumière naturelle, gross. 65.

² Voir microphotographie, Pl. III, lumière polarisée parallèle, gross. 200.

³ HÉROLD L. ALLING. — The mineralogy of the feldspaths, *Journ. of Geol.*, 1921, V. XXIX, p. 193; *idem* 1923, V. XXXI, p. 282.

de Nocelle. On la voit même en présence de cristaux isolés du microline. On ne peut chercher l'explication de ce phénomène que dans des conditions physico-chimiques particulières que nous ignorons.

* * *

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, il nous a été remis une série d'échantillons prélevés dans une galerie de dérivation de l'Arvo (voir le croquis, fig. 2), échantillons que nous désirions examiner uniquement pour essayer de nous faire une idée sur la désagrégation remarquable dont sont victimes les roches du pays, mais ils nous ont donné d'autres renseignements intéressants.

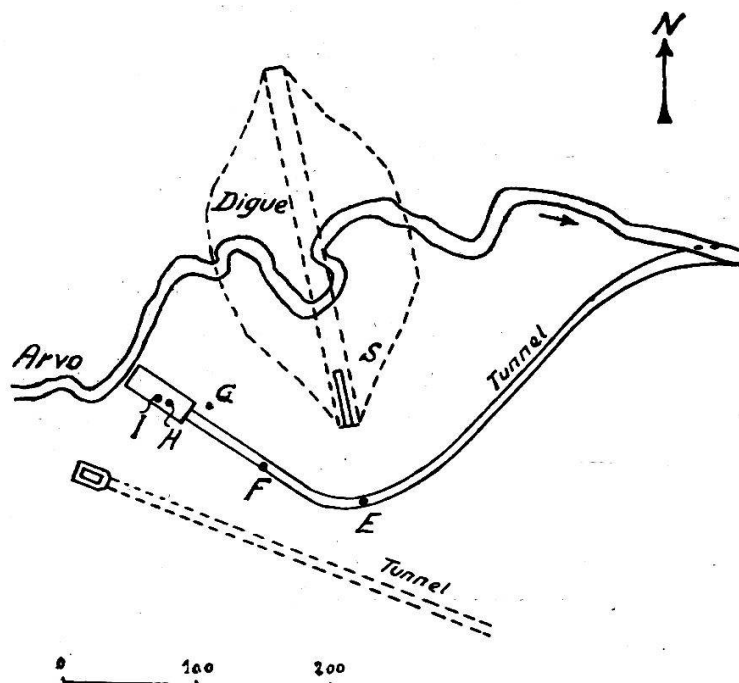


FIG. 2. — Plan de la digue de l'Arvo.

S. Galerie de sondage où furent prélevés les deux échantillons de la roche décomposée. — E, F, G, H, I, situation des échantillons de roches étudiés.

En effet, sur un court espace de 180 mètres, nous avons pu constater les mêmes variations de composition minéralogique que celles qui existent sur plusieurs kilomètres entre les vallées de l'Arvo et de l'Ampollino. On se trouve là dans une zone de passage entre les roches granitiques et les roches basiques qui forment le grand amas de Nocelle.

En E, parmi les échantillons récoltés dans le tunnel sur un espace de quelques mètres, nous retrouvons les granites analogues aux roches analysées A et B, mais moins quartzeux.

Ces roches sont très désagrégées. Etant donné qu'elles se trouvent au-dessous de l'argile, nous en avons fait analyser une. (Echantillon analysé E.) On trouvera sa description plus loin.

Au même point E, on a trouvé en bloc, à la surface du sol, un gabbro fortement altéré. L'étude au microscope montre qu'il est pauvre en quartz, que la biotite est chloritisée, le plagioclase saussuritisé. Ce gabbro n'est intéressant que par une curiosité minéralogique. Il contient quelques prismes du diallage en voie de transformation en amphibole fibreuse. Le clivage habituel mm' du diallage est coupé transversalement par un plan de séparation d'une extrême netteté suivant p (001). On attribue généralement l'apparition de ce clivage aux actions mécaniques.

A 80 m. à l'ouest, au point F, ainsi qu'à la surface au point G, c'est une grano-diorite passant à la diorite, rappelant la roche analysée C.

A 30 mètres de distance de la roche F, on entre dans la série des roches sans quartz. Il s'y trouve d'abord un beau gabbro mélanocrate, riche en minéraux lourds variés: l'hypersthène en larges plages allongées, la hornblende brune maculée suivant h' , l'augite incolore, la biotite brune et enfin quelques rares cristaux arrondis d'olivine, inclus dans les autres minéraux. Le plagioclase basique (bytownite) est rare, souvent zoné. Tous ces éléments sont capricieusement poecilites les uns avec les autres, le plagioclase cependant paraît être le dernier dans l'ordre de cristallisation. Cette roche est analysée (H). La quantité des éléments blancs calculés d'après l'analyse chimique est trois fois plus petite que celle des éléments colorés, ce qui conduit à un gabbro mélanocrate du groupe des *pyroxénolites* feldspathiques à amphibole et biotite, ayant les paramètres IV. 5. 4. 3.

A 10 mètres au N. W. de cette roche, soit vers l'extérieur du massif, se trouve déjà la roche (point I) qui caractérise le grand amas basique de Nocelle de la carte géologique.

La roche de Nocelle (D), d'un vert sombre, est un gabbro amphibolique à bytownite. La hornblende est légèrement colorée en brun. Le polychroïsme est $ng = nm$ brun pâle $>$, np jaune pâle. La face g' est riche en inclusions opaques, brunes, faiblement translucides; ces inclusions sont situées, de préférence, dans les plans du clivage prismatique. La biréfringence est faible. Cette hornblende se transforme par épigénie

en deux autres hornblendes, une vert pâle plus biréfringente que la hornblende brune et riche en macles polysynthétiques et l'autre incolore. La hornblende primaire est souvent poecilitique; elle englobe le feldspath et l'ilménite. La bytownite en larges plaques allongées est fraîche. Il faut signaler que l'ilménite est entourée du leucoxène et qu'il y a un peu d'apatite.

* * *

Nous avons jugé intéressant d'analyser encore la roche K, qui forme passage entre les granites à biotite et le gabbro amphibolique. C'est une roche à biotite et hornblende, pauvre en quartz, avec le labrador à 55 % an. Les paramètres magmatiques (II. 5. 3.3 (4)) conduisent à une diorite un peu plus potassique que les diorites normales. Cette potasse se trouve uniquement dans la biotite parce que la roche ne contient qu'un peu de microline en antiperthite dans le labrador.

V. — Analyses chimiques.

Les analyses suivantes ont été faites par M. Raoult:

	A	B	C	E	K	H	D
<i>SiO₂</i>	69,62	66,68	59,56	55,30	55,38	47,46	41,84
<i>Al₂O₃</i>	16,21	17,08	18,05	22,41	17,18	9,83	21,10
<i>Fe²O₃</i>	0,21	0,38	1,23	3,27	1,42	2,76	2,93
<i>FeO</i>	2,08	3,15	5,59	1,90	6,40	6,01	8,64
<i>MgO</i>	0,10	0,64	2,19	1,05	3,86	17,35	5,86
<i>CaO</i>	1,48	2,90	4,72	6,60	6,84	8,92	12,26
<i>Na²O</i>	3,67	3,49	3,82	2,88	2,93	0,84	1,74
<i>K²O</i>	4,45	4,05	3,09	1,85	2,78	1,00	0,70
<i>TiO₂</i>	0,46	0,62	1,00	0,80	1,61	0,84	3,04
<i>P²O₃</i>	0,23	0,21	0,30	0,12	0,29	0,20	0,36
<i>H²O</i>	1,19	0,54	0,38	2,86	0,51	0,72	0,79
(au-dessus de 105°)							
<i>H²O</i> (à 105°)	1,17	0,08	0,14	0,96	0,26	0,19	0,78
<i>MnO</i>	0,10	0,09	0,13	0,07	0,19	0,15	0,21
	99,93	99,91	100,20	100,07	100,04 ¹	99,92 ²	100,25
An	17 %	31 %	44 %	56 %	50 %	72 %	79 %

¹ CO₂ 0,39.

² CO₂.

Composition minéralogique calculée d'après l'analyse chimique :

	A	B	C	E	K	H	D
Quartz	26,70	21,78	9,54	15,84	6,18	—	—
Orthose	26,69	24,46	18,35	11,12	16,68	6,12	3,89
Albite	30,92	29,34	31,96	24,63	24,63	7,34	12,18
Anorthite	6,67	13,62	21,68	31,97	25,58	19,74	47,82
Néphéline	—	—	—	—	—	—	1,35
Alumine libre	2,86	1,94	0,51	3,88	—	—	—
Diopside	—	—	—	—	3,43	14,55	8,34
Hypersthène	3,24	6,09	13,29	2,60	16,22	29,71	—
Olivine	—	—	—	—	—	12,80	14,11
Magnétite	0,23	0,70	1,86	3,94	2,09	4,18	4,18
Ilménite	0,91	1,22	1,98	1,52	3,04	1,52	5,78
Hématite	—	—	—	0,64	—	0,77	—
Apatite	0,34	0,34	0,67	0,34	0,67	0,34	1,01
Calcite	—	—	—	—	0,90	0,91	—

- A. Granite monzonitique à 2 micas. I. 4.2.3. Zingomarre, à 2 km. des schistes.
- B. Granite monzonitique à biotite I'. 4.2.3. Zingomarre, à 1 km. des schistes.
- C. Diorite à biotite. 'II. (4) 5.3.(3) 4. Mte. Perilli, à 3 km. des schistes.
- D. Gabbro bytownitique à amphibole. II'. 5.4'4. [2 (3) 4. '3.3] Nocelle, au voisinage des schistes, loin du granite.
- H. Pyroxénolite à hypersthène, amphibole et biotite. 'IV. 5.4.3.
- H. Pyroxénolite à hypersthène, amphibole et biotite. 'IV. 5.4.3. 1 (2) 2.1. (2). 2. Nocelle, au voisinage des schistes, près du granite.
- E. Diorite quartzitique labradorique à biotite I'. 4. (3) 4.4. Nocelle.
- K Diorite à biotite et hornblende II. '5.3.3. (4) [2.1.1. (2). 3] Nocelle.

En examinant le tableau de ces sept analyses, classées du centre du massif igné (A) vers sa frange occidentale (D), on est tenté de chercher une interprétation de cette différenciation si remarquablement régulière. Deux hypothèses se présentent. Ou bien c'est une liquation du magma avec la séparation des éléments lourds dans les parties froides du massif, vers son

contact avec les masses gneissiques, ou bien la basicité croissante des roches est due au fait que le magma aurait, dans cette région, digéré les schistes kinzigitiques et un de ces noyaux calcaires que l'on voit, ici et là, dans la région des schistes cristallins, noyaux calcaires que nous savons, par la belle étude de V. Novarese, être chargés de minéraux divers.

VI. — La désagrégation accumulante.

Nous avons rappelé que plusieurs naturalistes, parcourant les hauteurs de la vieille pénéplaine, avaient été frappés par la présence d'une épaisse couverture de roches décomposées. Ce phénomène est, on le sait, bien loin d'être propre à la Calabre. Il est commun dans bien des régions d'anciens pays.

L'action désagrégeante est très complexe; elle dépend de la puissance de l'humidité, puis du facteur temps et d'un facteur spécial qui est génétique, dépendant de la composition de la roche. Il se peut aussi que près de la surface des actions organiques se fassent sentir.

La désagrégation accumulante a un adversaire puissant, c'est le ruissellement.

Il est évident que sur une surface verticale, la désagrégation ne pourrait accumuler ses déchets. Inversement, sur une surface horizontale, aucun produit, sauf ceux solubles dans l'eau, ne pourra s'échapper. Plus la pente sera faible, plus l'accumulation sera grande. C'est la raison pour laquelle on ne trouvera pas de linéol de décomposition dans les régions jeunes à relief heurté.

L'un de nous a eu plusieurs fois l'occasion de faire faire des galeries horizontales dans des versants pour y découvrir la roche saine. En moyenne, la règle du versant que nous venons d'indiquer se vérifie.

Ici, en Calabre, dans la haute vallée de l'Arvo, à l'altitude de 1270 m., on a pratiqué plusieurs sondages horizontaux dans les versants.

Sous une faible épaisseur de terre végétale, les deux galeries que nous avons pu visiter sont entrées dans une matière désagregée, relativement peu plastique, se maintenant presque sans boisage et devenant de plus en plus arénacée, grossière en profondeur.

Voici la longueur de ces tunnels, mesurée sur la semelle de la galerie et l'épaisseur de la calotte de roche décomposée au-dessus du fonds de la galerie, épaisseur mesurée normalement au versant.

	Cote.	Longueur.	Epaisseur.
Galerie rive gauche	1270	35	10
Galerie rive droite	1270	36	13

Les pentes moyennes des deux versants, sur le plan vertical, sont semblables l'une à l'autre, soit de 32 % (environ 18°).

Dans la galerie du versant gauche, on se trouve dans la région du gabbro; au fond de la galerie, soit sous une épaisseur perpendiculaire au versant qui est donc de 10 mètres, on peut déjà reconnaître la roche, mais elle y est encore taillable à la pioche. La partie tout à fait altérée forme une argile plastique à tel point qu'elle sera utilisée pour former le noyau étanche d'une haute digue.

Dans le versant droit, la masse argileuse est jaunâtre près de la surface; en pénétrant sous terre, elle devient plus grise. Au fond, on est dans la roche, mais tout à fait désagrégée, taillable au couteau et la pioche y entre comme dans de la terre compacte. C'est à peu près sous 8 mètres d'épaisseur que l'on quitte la masse éluviale pour entrer dans la roche désagrégée.

Jusqu'à quelle profondeur se prolonge cette désagrégation?

Au droit de la galerie de sondage du versant droit, on a exécuté deux galeries. L'une de forme arquée a été faite pour dériver les eaux de l'Arvo pendant la construction de la digue. C'est de cette galerie qu'ont été prélevés les échantillons dont il est fait mention plus haut. La deuxième, plus profonde, dite galerie pariétale (parce qu'elle longe le versant), est faite pour diriger l'eau de la retenue de l'Arvo dans celle de l'Ampollino.

La galerie de dérivation, qui est à la cote 1264, passe à 58 mètres (axe de la galerie) en distance horizontale de l'extrémité profonde de la galerie de sondage (cote 1270), sous une épaisseur, mesurée perpendiculairement au versant, de 32 mètres environ.

L'épaulement horizontal de la galerie de dérivation est de 112 mètres.

La galerie pariétale passe à 130 mètres (axe de la galerie), en distance horizontale de l'extrémité profonde de la ga-

lerie de sondage, sous une épaisseur mesurée également perpendiculairement au versant de 55 mètres environ. L'épaule-ment horizontal de la galerie, en ce point, est d'environ 185 mètres.

Or, à ces grandes profondeurs, ce n'est pas encore la roche saine qui est atteinte. C'est de la roche localement pulvérisée; à 32 mètres, la partie la plus dure de la roche est friable; ses morceaux extraits au marteau se divisent à la main même pour des échantillons ayant plus d'un centimètre d'épaisseur, mais la roche, quoique friable, est absolument saine.

A 55 mètres, on peut encore localement travailler à la pioche, mais déjà se présentent des noyaux de 1 à 4 mètres de roche très dure, non friable, et également très saine.

C'est donc peut-être à plus de 60 mètres, perpendiculairement au versant, que par places la roche entièrement saine, entièrement débitable en moellons, se trouverait. On reste étonné devant des actions superficielles aussi pénétrantes!

* * *

La masse arénacée de la galerie supérieure, rive droite, possède la composition chimique suivante (analyses de M. Raoult):

Profondeur :	1 m. 50	8 m.
SiO_2	45,56	47,84
Al_2O_3	26,30	20,74
Fe_2O_3	1,92	3,15
FeO	2,18	3,86
MgO	4,86	7,15
CaO	2,52	4,48
Na_2O	1,06	1,20
K_2O	0,57	0,74
TiO_2	0,54	0,59
P_2O_5	0,05	0,12
Perte au rouge	9,19	6,31
Perte à 105°	5,04	3,77
MnO	0,13	0,09
	<hr/> 99,94	<hr/> 100,04

L'examen microscopique de ces produits de décomposition nous a révélé les faits suivants:

A 1 m. 50 de profondeur, la masse qui est absolument

pulvérulente forme, lorsqu'elle est humidifiée, une pâte peu plastique comparable à une argile maigre.

En place mince, elle est constituée principalement par de l'amphibole incolore en prismes ou en fibres; on y voit de la biotite brune et de la chlorite. Elle est plutôt pauvre en débris de quartz, contenant souvent de fines aiguilles de rutil. Le feldspath est substitué par de la léverrierite¹. Ce dernier minéral à biréfringence très faible se présente sous sa forme habituelle de rubans ondulés à structure fibreuse.

A 8 mètres de profondeur, la masse est toujours pulvérulente, toutefois il reste des amas pierreux de quelques centimètres de diamètre. Au microscope, on y voit beaucoup de biotite en grandes lamelles, de l'amphibolite incolore, nombreux débris de plagioclase souvent d'assez grandes dimensions et très frais. Le quartz est plus abondant qu'à 1 m. 50; il est anguleux, à cassures fraîches; il contient des aiguilles de rutil. Il n'y a pas de léverrierite. Ce qui frappe dans les deux préparations est la prédominance très nette des éléments colorés sur les éléments incolores. Le rapport de ces éléments est inverse à ce qu'on voit dans les granites étudiés.

A 32 mètres de profondeur, tout change. Si la roche est dans un état de légère désagrégation; si elle donne à l'œil nu l'impression d'une altération avancée, tous ses éléments minéralogiques se montrent, au contraire, sous le microscope, presque toujours d'une grande fraîcheur. On reconnaît que c'est d'une des roches du tunnel que proviennent l'arène et l'argile de la surface du sol parce que l'on y retrouve les mêmes plagioclases, le quartz avec rutil, l'amphibole incolore, la biotite.

Les roches sont toutes légèrement concassées, traversées par de nombreuses fissures d'écrasement.

Désireux de savoir si l'une d'elles n'était pas la matière première des masses argileuses, nous en avons choisi une pour analyse (échantillon analysé E). C'est une roche qui, en plaque mince, est légèrement broyée, très fissurée. Elle contient relativement peu de quartz et comme feldspath uniquement du labrador à 57 % d'an. La biotite brun rougeâtre, très poly-

¹ P. TERMIER. Étude sur la Léverrierite. *Annales des Mines*, 1890, série 8, tome XVII, p. 372.

— Sur la composition chimique et les propriétés optiques de la Léverrierite. *Bull. Soc. franç. de minéralogie*, 1899.

chroïque est en lamelles déchiquetées par l'écrasement et associées aux produits d'altération rouges ferrugineux. Suivant les fissures, dont la roche est parcourue, les feldspaths sont disloqués et souvent tordus. Dans les fissures pénètrent les petites lamelles de biotite et de muscovite, ainsi que l'épidote. Les feldspaths sont sales. Ils se transforment en séricite, en zoisite, mais principalement en une fine poussière indéterminable.

Cette roche n'est que le granite (B) désagrégé et ce n'est pas elle qui a donné naissance aux argiles, parce qu'elle est sensiblement plus pauvre en magnésie et en silice, et plus riche en alumine que l'argile à 8 mètres de profondeur. Nous pouvons supposer seulement que les masses argileuses proviennent d'une roche mésocrate ou mélanocrate semblable à *H* ou à *D* désagrégée et lavée. Si l'on calcule la composition des argiles en feldspaths, métasilicates et rutile, il nous reste un silicate de fer et d'alumine, se rapprochant le plus de la kaolinite ou de l'halloisite. En effet, le rapport du fer à la silice dans ces minéraux est 3:4; dans les argiles de la Calabre, il est 3:4,5.

* * *

Ces faits que nous avons ainsi recueillis dans la haute vallée de l'Arvo guideront le naturaliste qui viendra à nouveau résoudre ce problème déjà bien souvent discuté de la désagrégation des roches ignées à feldspath. Nous ne pouvons songer, avec des renseignements aussi restreints, traiter la question dans son ensemble, car elle entraîne avec elle tout ce qui concerne le problème si vaste de la naissance des argiles. Toutefois, du peu que nous possédons, il nous paraît utile de dire ce que l'on peut penser du cas particulier.

Nous avons dit plus haut que l'épaisseur du manteau désagrégé était facteur de la pente à égalité de temps et de roche.

Il y a également à faire intervenir le facteur pétrographique. Ainsi, en Calabre elle-même, tout comme ailleurs, fait déjà signalé par Cortèse et Crema, les filons de pegmatites ou d'aplite qui traversent la masse granitique paraissent en être victime avec un grand retard. Ils se mettent en saillie, ce qui est du reste un phénomène tout à fait normal et bien connu. Non loin de la ferme de Nocelle, sur le versant gauche de l'Arvo, à l'altitude de 1250 mètres environ, on a ou-

vert le versant pour étudier l'appui d'un barrage. On y voit un granite s'effritant en sable grossier avec des sphéroïdes moins attaqués que le reste, parcouru par de nombreux filons de pegmatite dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à plus d'un mètre. Il y a en particulier une superbe pegmatite avec muscovite palmée, semblable à celle de Luchon (Pyrénées). Or tous ces filons ont conservé leur belle couleur blanche tranchant sur la couleur sombre de la roche dans laquelle ils s'anastomosent. Quelques-uns d'entre eux sont cependant déjà pulvérulents, mais les éléments minéralogiques y sont d'une admirable fraîcheur. Il est certain que ces pegmatites, ces aplites sont plus jeunes que la roche encaissante, mais c'est là une jeunesse relative, en ce sens qu'elles ont subi l'attaque du temps aussi longuement que ce qui les enveloppe. Ainsi la composition minéralogique, la grosseur du grain et la structure en particulier jouent un rôle certain dans la désagrégation.

* * *

C'est un fait certain aussi que, généralement, une action mécanique antérieure facilite cette désagrégation.

Ici, dans l'Arvo, les roches concassées récoltées à 32 mètres de profondeur ont été certainement ébranlées par des actions tectoniques, ce qui n'a rien d'étonnant, quand on se rappelle combien de fois ces roches anciennes ont été remuées par des mouvements orogéniques.

L'existence de nombreuses cassures dans ces roches massives calabraises est démontrée par le fait de nombreuses sources que l'on découvre quand on perce des tunnels. Une intense circulation d'eau existe par places, particulièrement où se montrent des pegmatites.

Voici un exemple vraiment émouvant. Quand le grand tunnel transversal, dit galerie de Montenero, dont la longueur sera de 4412 mètres, et qui conduira les eaux de l'Arvo dans le haut bassin de l'Ampollino, a été attaqué du côté Arvo, le tracé s'est trouvé, par pur hasard, dans un très gros filon de pegmatite. Une masse énorme d'eau a été mise en liberté; le débit a atteint momentanément jusqu'à 200 litres à la seconde.

En admettant une régularisation de ce débit à 100 litres-seconde, cela représenterait un volume annuel de

$$31,5 \times 10^6 = 3\,150\,000 \text{ m}^3$$

soit pour 10 km.² une tranche d'eau d'infiltration de 0,30 m. (sensiblement le tiers de la pluie annuelle).

On ne peut guère admettre qu'un pareil bassin de réception de 10 km² localise, en un seul point, son exutoire souterrain.

Il semble donc que les mineurs ont libéré une eau emprisonnée dans un vaste réseau de filons de pegmatite. Mais cette eau s'est-elle directement infiltrée dans les pegmatites à la surface du sol, ou bien provient-elle de l'eau d'imbibition du granite, qui peu à peu s'est localisée dans les masses pegmatitiques parce que celles-ci étaient plus diaclasées? Nous croyons que les deux hypothèses sont admissibles et que certainement existe une circulation dans le granite qui prépare, en grande profondeur, sa décomposition.

Notons que ces eaux étaient peu minéralisées au moment où nous les avons examinées (fin février 1928). Elles avaient 6 à 7 degrés hydrotimétriques français (Arvo 4 à 5 degrés).

* * *

Dans les roches concassées à 32 m. de profondeur, les plagioclases sont à peine attaqués, légèrement saussuritisés. La hornblende brune s'ouralitise, la biotite se transforme partiellement en chlorite. Malgré le concassage et la désagrégation, il ne paraît pas que la roche s'appauvrisse par un départ quelconque.

A 8 mètres, il y a un changement. Plusieurs plagioclases sont plus profondément attaqués par la saussuritisation. Il ne reste rien de la hornblende brune, la hornblende incolore, souvent fibreuse, est nettement secondaire, la biotite, quand elle n'est pas chloritisée, se disloque suivant les clivages. On a le sentiment que l'hydratation de l'ensemble produit une augmentation de volume. Cela correspond bien à ce qu'observent les ingénieurs. Dans ces masses très décomposées, il s'exerce souvent une forte poussée qui nécessite un renforcement du revêtement des tunnels.

A 1 m. 50 de profondeur, tous les feldspaths ont disparu; la léverriérite est assez abondante. L'amphibole, la biotite et la chlorite sont pulvérisées. La masse se transforme en une argile maigre.

Le phénomène dont nous parlons ici est souvent désigné par l'expression de kaolinisation, terme que nous n'avons pas

voulu employer, parce que le produit final que nous avons examiné, toujours riche en éléments lourds, n'est pas un kaolin dans le sens strict, c'est-à-dire minéralogique, de ce mot.

Et cependant, ces produits désagrégés si fréquents mériteraient qu'on les désigne par un terme qui ne ferait pas intervenir ni le processus de formation, ni la composition du produit final. Dans le massif central français, les terrassiers, et avec eux les ingénieurs, appellent le *gore*, ce produit de désagrégation du granite.

Nous pensions pouvoir suivre de plus près cette transformation de la roche mère de la profondeur vers la surface du sol. Mais notre espoir a été déçu étant donné la grande variété de roches que l'on a rencontrées dans les deux tunnels immédiatement au large et en contre-bas des deux points où nous avons récolté les produits désagrégés. Nous ne pouvons savoir exactement laquelle des roches a été atteinte par les agents atmosphériques, et nous ne pouvons, en conséquence, tirer les conclusions que nous espérions. Il semble que cette masse décomposée paraît provenir de la transformation collective de toutes ces variétés profondes.

Tels sont les quelques renseignements que nous pouvons apporter pour la connaissance de ce phénomène, si complexe, et si répandu sur les vieilles pénéplaines, de la désagrégation superficielles des roches silicatées. Ce phénomène grandiose sur ces hauteurs de la Calabre continuera toujours à plonger le naturaliste dans l'étonnement, tout comme l'ont été nos devanciers et nous-mêmes.

Lausanne et Paris, 16 avril 1929.

EXPLICATION DES PLANCHES

- Pl. 1. Sillimanite en cristaux prismatiques et en fibres, incluse dans le feldspath et dans la biotite (partie sombre de la préparation). Lum. nat. gross. 100.
- Pl. 2. Antiperthite. On distingue les petits cristaux de microline, entourés par la frange lumineuse de Becke, dispersés en grand nombre dans une plage de plagioclase. Lum. nat. gross. 65.
- Pl. 3. Antiperthite. Quelques cristaux de microline avec ses macles caractéristiques; ils sont tous orientés de même façon et englobés dans un seul cristal de plagioclase maculé suivant la loi de l'albite. Nic. gross. 1200.
- Pl. 4. fig. 1. Haute vallée de l'Arvo, en amont de Nocelle. 21. XI. 1926.
- Pl. 4. fig. 2. Haute vallée de l'Arvo, en amont de Nocelle. 21. XI. 1926.
- Pl. 5. fig. 1. Haute vallée de l'Arvo, à Nocelle; à gauche, entrée d'une galerie pour l'étude de l'épaisseur de la roche décomposée. 21. XI. 1926.
- Pl. 5. fig. 2. Haute vallée de l'Ampollino. Région des schistes kinzigitiques. Au fond, à droite, hauteurs du Montenero et du Mont Perilli. 22, XI. 1926.
-









Haute vallée de l'Arvo, en amont de Nocelle. 21.XI.1926.



Haute vallée de l'Arvo, en amont de Nocelle. 21.XI.1926.



Haute vallée de l'Arvo, à Nocelle; à gauche, entrée d'une galerie pour l'étude de l'épaisseur de la roche décomposée. 21. XI. 1926.



Haute vallée de l'Ampollino. Région des schistes kinzigitiques. Au fond, à droite, hauteurs du Montenero et du Mont Pevilli. 22. XI. 1926.