

**Zeitschrift:** Eclogae Geologicae Helvetiae  
**Herausgeber:** Schweizerische Geologische Gesellschaft  
**Band:** 13 (1914-1915)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Ire partie, Minéralogie et pétrographie  
**Autor:** [s.n.]  
**Kapitel:** Pétrographie  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-157436>

### **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:** 09.02.2026

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

directement la position des plans d'élasticité, en se servant d'un dispositif spécial, qui consiste en une platine à trois axes de rotation perpendiculaires

### *Pétrographie.*

*Genèse des granites.* Dans le but d'élucider la question de la cristallisation des granites, M. A. BRUN (10) a fait les expériences suivantes :

Il a d'abord chauffé à 1000-1100° du verre de silice et a obtenu ainsi de petits cristaux fibreux, qu'il rapporte à la cristoballite. En poussant la chauffe à 1600° et en la prolongeant il a obtenu une autre forme de cristoballite avec une accentuation générale de la cristallinité.

En chauffant un verre de composition albitique, il a obtenu déjà à 750° des cristaux d'albite et en maintenant pendant 30 jours un verre de composition voulue à une température de 600° il a vu se développer une cristallisation d'anorthose.

En troisième lieu M. Brun a constaté que les micas se déshydratent et se détruisent déjà à des températures très peu élevées (240-540°) ; il en a conclu que ces minéraux ont dû se développer a posteriori au sein des roches granitiques et que leur eau de cristallisation doit avoir une origine externe.

M. Brun déduit de l'ensemble de ses observations, que le quartz et les feldspaths peuvent cristalliser par voie purement ignée et anhydre à des températures en somme peu élevées, toujours plus basses que les températures de fusion des verres, d'autant plus élevées que le magma est plus riche en calcium.

M. A. BRUN (11) a résumé ces observations dans une conférence faite à la Société helvétique des sciences naturelles.

*Métamorphisme.* Dans une notice d'une vingtaine de pages M. U. GRUBENMANN (13) a fait un exposé des idées modernes sur la **structure et la texture des roches métamorphiques**. Il a insisté d'abord sur la nécessité de distinguer ces deux notions, dont l'une, la structure, est déterminée surtout par des causes internes, constitution du magma, rapidité de la consolidation, tandis que l'autre, la texture, dépend des causes externes, en particulier de la pression.

M. Grubenmann définit ensuite la structure cristalloblastique, qui est typique pour les roches métamorphiques et qui est caractérisée soit par la cristallisation imparfaite des éléments, soit par l'absence d'un ordre régulier de cristallisation.

Il étudie les règles qui président au développement des divers minéraux pendant le métamorphisme et fait intervenir la notion de puissance de cristallisation, qui varie pour chaque minéral avec les conditions ambiantes et en particulier avec la nature de la solution qui le baigne. Le développement des porphyroblastes dans une roche métarmorphique dépend du degré de sursaturation de la solution qui imprègne le milieu ambiant et de la faculté de croissance du minéral en voie de formation. Quant au moment où se forment ces porphyroblastes, il paraît coïncider le plus souvent avec la recristallisation de la pâte de la roche.

M. Grubenmann traite aussi de la structure diablastique, qui équivaut dans les roches métamorphiques à ce qu'est dans les roches endogènes la structure micropegmatitique ; puis il cite comme caractères fréquents dans les roches métamorphiques l'absence de cristaux maclés et le fait que dans les feldspaths zonés l'élément calcique augmente de l'intérieur vers l'extérieur, à l'inverse de ce qui se passe dans les roches endogènes.

Enfin, après avoir parlé de l'uniformisation du grain des roches qui se produit souvent sous l'influence du métamorphisme, l'auteur consacre quelques pages à l'étude des textures schisteuses et fibreuses et de leur développement sous l'influence des pressions et des laminages.

Dans une seconde notice M. U. GRUBENMANN (15) a traité un sujet analogue, de façon à le mettre à la portée du grand public. Il commence par définir le métamorphisme en général, ses diverses formes et les facteurs variés dont il dérive, soit la composition chimique du milieu, les actions hydrochimiques, l'influence de la température et de la pression. Puis il décrit les principaux types de roches métamorphiques.

M. J. KOENIGSBERGER (21) a repris de son côté la question du métamorphisme des roches alpines conjointement avec celle de la genèse des gîtes minéraux.

L'auteur rappelle que dans les Alpes les gîtes minéraux ne comprennent que des éléments dérivant de la roche ambiante, qu'ils ne sont pas en relation avec des phénomènes intrusifs et qu'ils sont répartis assez également dans de vastes volumes. Ces gîtes se classent donc normalement en trois catégories fondamentales, suivant que la roche encaissante est formée de silicates acides et de silice, de silicates basiques ou de carbonates. L'auteur rappelle la paragenèse des minéraux, qui correspond à ces divers cas et qui est susceptible de quelques variations.

Passant ensuite à la question du métamorphisme subi par les formations alpines, M. Koenigsberger l'aborde par l'étude des phénomènes métamorphiques qu'on observe dans les sédiments mésozoïques. Il constate que la recristallisation subie par ces roches, pour ainsi dire nulle dans les nappes helvétiques, apparaît dans la couverture septentrionale du massif de l'Aar, puis s'accroît vers le sud jusque dans le massif du Gothard, où elle atteint un maximum et diminue ensuite progressivement jusqu'au sud du massif tessinois. Ce métamorphisme provoqué en partie par des actions dynamiques, en partie par l'intervention d'eaux ascendantes et acidulées, date des temps tertiaires et a dû commencer à se produire déjà avant la mise en place des grandes nappes alpines.

Après avoir décrit quelques cas de métamorphisme de contact proprement dit, observés soit dans les Alpes soit en dehors, M. Koenigsberger cherche à définir la genèse de la grande phase métamorphique, qui a marqué la fin des temps paléozoïques et qui est liée à d'énormes intrusions de magmas granitiques. En se basant surtout sur des observations faites en Bavière et dans la Forêt Noire, il admet qu'une intrusion comporte normalement trois phases : d'abord le magma endogène ne pénètre que lentement par imprégnation progressive dans les roches, qu'il métamorphise ainsi sur de vastes étendues à la fois par injection et par réchauffement, de cette façon se forment de véritables massifs gneissiques, dont la cristallinité diminue avec le degré du métamorphisme subi de l'intérieur vers l'extérieur. Puis, grâce au ramollissement provoqué dans les roches par cette injection, un voussoir peut se produire, dans lequel le magma pénètre en masse et plus ou moins brusquement et il se forme un massif batholithique ; enfin cette intrusion est suivie d'une phase pneumatolithique plus ou moins prolongée.

Cette conception s'applique, d'après l'auteur, fort bien aux massifs de l'Aar, du Gothard et du Tessin.

M. J. KOENIGSBERGER (18) a traité d'autre part cette question du métamorphisme à propos d'une étude d'ensemble des **schistes cristallins des massifs de l'Aar et du Gothard**.

L'auteur distingue trois grandes catégories dans les schistes cristallins du massif de l'Aar :

1° Les gneiss et micaschistes prestéphanien de la zone septentrionale.

2° Les gneiss qui forment la zone marginale du massif granitique principal du côté du S.



3<sup>o</sup> Les sédiments suprapaléozoïques et mésozoïques métamorphisés.

Il admet qu'avec des venues de roches dioritiques, gabbroïdes et porphyritiques est survenue, entre le Dévonien supérieur et le Carboniférien inférieur, l'intrusion des orthogneiss d'Erstfeld ; puis le Carboniférien supérieur a été marqué à la fois par le bombement du massif et l'intrusion du granite de l'Aar, qui ont été suivis pendant le Permien par des épanchements porphyriques. Enfin pendant le Tertiaire s'est produit le grand plissement des Alpes.

Dans le massif du Gothard le granite est d'âge carboniférien et n'a pu agir que sur les schistes anciens ; par contre les schistes mésozoïques ont subi un métamorphisme plus intense que dans le massif de l'Aar du fait soit des intrusions de roches basiques survenues pendant le Crétacique, soit des plissements tertiaires. Le métamorphisme tertiaire a été plus intense encore dans le massif tessinois.

En résumé M. Kœnigsberger distingue dans les Alpes deux grandes phases de métamorphisme, l'une carboniférienne, l'autre tertiaire, qui ont donné naissance chacune à un groupe de schistes cristallins ; pour lui les schistes de la zone de grande profondeur de MM. Becke et Grubenmann sont des schistes métamorphisés surtout par des phénomènes d'intrusion à l'époque carboniférienne, tandis que les schistes de la zone de moindre profondeur sont des roches métamorphisées surtout par des forces dynamiques pendant le Tertiaire.

Par divers exemples choisis dans des régions variées, M. Kœnigsberger cherche à démontrer le fait que la formation de schistes cristallins riches en minéraux de contact a perdu beaucoup de son importance à partir du Carboniférien, à cause du refroidissement progressif de la terre, mais que les phénomènes métamorphiques ont pu cependant reprendre à certains moments une grande ampleur à la suite de l'intrusion lente de magmas endogènes. Ce métamorphisme-là n'aurait rien de commun avec le métamorphisme régional de certains géologues.

L'auteur ne croit pas qu'aucun schiste cristallin actuellement superficiel puisse devoir sa cristallinité à son enfouissement antérieur à de grandes profondeurs ; par contre il admet comme les deux causes déterminantes du métamorphisme, les phénomènes d'intrusion d'une part, de l'autre les grandes pressions orogéniques.

En se basant sur ces diverses considérations, M. Kœnigs-

berger propose une nouvelle classification des schistes cristallins, basée sur une notion spécialement géologique.

Il distingue :

I. *Schistes dus à un métamorphisme de contact.*

A. Paraschistes à métamorphisme exomorphe.

1<sup>o</sup> Schistes peu métamorphisés, ayant conservé en grande partie leur structure primaire et ne contenant qu'un petit nombre de minéraux cristallisés.

2<sup>o</sup> Schistes au métamorphisme moyen, provoqué soit par simple réchauffement, soit par pneumatolyse.

3<sup>o</sup> Schistes complètement recristallisés.

B. Orthoschistes à métamorphisme exomorphe ou roches éruptives modifiées par un apport en relation avec des mouvements fluidaux.

C. Gneiss injectés.

D. Orthoschistes des zones marginales des masses intrusives.

II. *Schistes métamorphisés par dislocation.*

A. Mylonites.

B. Schistes métamorphisés par pression et laminage en corrélation avec des actions dues à des gaz ou des eaux thermales.

III. *Schistes ayant subi plusieurs phases distinctes de métamorphisme.*

Dans une troisième publication M. J. KÖNIGSBERGER (19) a cherché à étendre à une zone considérable, s'étendant de la Turquie d'Asie jusque dans le Plateau central français, la notion d'une importante phase de métamorphisme carboniférienne, déterminée par une intense pénétration de magmas gneissiques et ayant transformé tous les sédiments précambriens en schistes cristallins. Les schistes cristallins de cette zone seraient ainsi en grande partie paléozoïques et non archéens. Les intrusions batholithiques des magmas granitiques auraient suivi l'injection gneissique et n'auraient provoqué que des phénomènes métamorphiques très localisés.

Dans une quatrième notice M. J. KÖNIGSBERGER (20) a relevé les analogies que présentent les massifs centraux des Alpes avec les Vosges et la Forêt Noire, ainsi que les différences qui existent entre ces diverses régions. Il a repris la question du clivage, que montrent la plupart des roches dans

les massifs centraux et a expliqué cette schistosité secondaire par des mouvements de la masse parallèlement à la schistosité primaire des gneiss sous l'influence de l'effort orogénique alpin.

*Schistes cristallins du Tessin.* M. U. GRUBENMANN (14) a consacré une brève notice à la description de divers types de roches, qu'il a observés dans le massif tessinois, plus particulièrement dans les environs de Bellinzone et de Locarno, ainsi que dans les vallées de Maggia et de Verzasca. Il décrit ainsi d'abord des schistes injectés, tantôt rubanés, ou feuilletés, tantôt œillés, tels qu'ils existent en très grande quantité. Puis il parle des roches qui se développent sur la périphérie des massifs granitiques par le fait de l'absorption plus ou moins abondante des roches encaissantes. En résumé il considère que le massif tessinois est formé pour la plus grande partie de roches injectées et de roches de rebrassement, que l'injection y a pris un caractère essentiellement pneumatolytique et qu'elle a affecté surtout des roches principalement schisteuses.

Dans les massifs du Gothard et de l'Aar la proportion des roches injectées est beaucoup moindre, sauf dans la zone d'Erstfeld, où les phénomènes d'injection reprennent une très grande importance ; mais ici l'injection est surtout aplitique.

M. EM. GUTZWILLER (16) a eu l'occasion d'étudier deux types de **roches cornéennes** qu'il a trouvés en contact avec des calcaires dans la zone de roches injectées, qui passe par Locarno, le Centovalli et le Val Onsernone.

La première de ces roches se trouve dans la carrière de Castione près de Bellinzona, où elle est désignée comme « granito scuro » ; elle est en général massive avec une structure porphyroblastique ; elle se compose de quartz granitique, d'un plagioclase voisin de l'anorthite en gros individus, d'orthose en petits éléments, de scapolithe, de calcite incontestablement primaire, de biotite, de mouscovite et de phlogopite, de hornblende commune et d'augite toutes deux en cristaux macroscopiques, de grenat en grains très irréguliers, de tourmaline au contraire bien cristallisée et de titanite. Ces divers éléments se pénètrent réciproquement, de façon à prendre un développement absolument xénoblastique. Il s'agit évidemment d'une roche calcaréo-siliceuse, dans laquelle l'influence d'un métamorphisme de contact est évidente.

L'autre roche étudiée se trouve sur la route de Contra à Mergoscia (Val Verzasca) entre des calcaires et des gneiss d'injection. Les deux éléments constituant principaux sont

le quartz et l'orthose-microcline ; le plagioclase est notablement moins abondant ; l'augite et la hornblende forment des trainées foncées ; la calcite est assez abondante ; le grenat, la zoïsite, la titanite forment les principaux minéraux accessoires. La structure de la roche est encore xénoblastique avec une tendance granoblastique ; elle est nettement caractérisée par les associations micropegmatitiques de quartz et de feldspath. Il s'agit évidemment ici d'un produit d'injection dans une roche calcaire.

Dans une seconde publication M. E. GUTZWILLER (17) a donné une description pétrographique de la zone **méridionale du massif cristallin tessinois entre le Val Verzasca et Bellinzona**. Cette zone comprend des gneiss rubanés de composition diverse, associés à des paragneiss, à des roches augitiques et périclitiques variées et à quelques bancs de marbre ; elle est surtout caractérisée par l'abondance des roches filoniennes aplitiques et pegmatitiques qu'elle comporte et par l'intensité de l'injection qu'ont subie ses divers éléments.

Les **pegmatites filoniennes** forment les plus gros filons ; les feldspaths y sont surtout l'orthose et le microcline, auxquels se mêlent en moindre quantité des oligoclases variant de l'albite à l'andésine. Les micas appartiennent en proportions très diverses à la biotite et à la mouscovite ; la tourmaline se trouve dans presque tous les filons ; le grenat est fréquent ; la structure est caractérisée par la pénétration réciproque des éléments les uns dans les autres.

Les **aplitites** sont reliées aux pegmatites par une série continue de termes de transition, aussi bien au point de vue de la composition minéralogique, qu'à celui de la structure ; de nombreux filons montrent une pénétration micropegmatitique du quartz et du feldspath.

Les **gneiss injectés** offrent des types assez variés de texture, parmi lesquels le plus fréquent est celui des gneiss rubanés, caractérisés par leurs alternances de lits aplitiques et de minces feuilletés micacés ; d'autres fois les filonets d'aplite, au lieu d'être parallèles, se croisent en tous sens, donnant lieu à des roches veinées ou artérites ; enfin on trouve encore des gneiss œillés et des gneiss tachetés.

L'intensité de l'injection dans les schistes cristallins varie dans des limites très étendues et M. Gutzwiller a choisi, pour les décrire en détail, divers types de schistes correspondant à des degrés successifs de l'injection. Il signale d'abord un micaschiste qu'il a rencontré entre Riveo et Visletto dans le Val Maggia au milieu de roches gneissiques et qu'il considère



comme une roche métamorphique franche, sans injection ; il décrit ensuite un gneiss à biotite des environs de Losone, près de Locarno, qui se distingue déjà par les formes moins allongées des quartz et des feldspaths, par la structure zonée des derniers, par l'apparition de quartz microgranulitique et par l'aspect corrodé des biotites ; il considère cette roche comme un paragneiss.

Comme roches à injection évidente, M. Gutzwiller commence par citer deux gneiss à biotite et hornblende, qu'il a trouvés l'un un peu à l'E de Locarno, l'autre au-dessus de cette ville, vers la Madonna del Sasso, et dans lesquels il a pu observer soit la pénétration réciproque du quartz et du feldspath, soit la pénétration de l'un et l'autre dans les biotites et les hornblendes, qui ont pris par suite des formes extrêmement déchiquetées. La structure qui résulte de ces faits ne peut être due qu'à une injection pneumatolytique et mérite le nom de *pneumatomorphe*. Vers le pont sur le Tessin de Bellinzone, M. Gutzwiller a observé des gneiss à mica noir, dans lesquels le quartz forme aussi des apophyses dans les autres éléments, en particulier dans les feldspaths ; l'orientation parallèle ne se marque ici nettement que dans les micas, qui sont fortement déchiquetés ; ces roches sont associées à des gneiss rubanés, dans lesquels les lits aplitiques prennent un grand développement ; le quartz y est en partie en gros grains, en partie en filonets microgranulitiques, en partie associé au plagioclase, de façon à former des myrmékites ; les orthoses y montrent une curieuse extinction onduleuse réticulée, due très probablement à une action pneumatolytique. Plus au S, dans les carrières de Palasio et Pedevilla, affleurent des gneiss rubanés du même type.

Le tunnel de l'entreprise électrique de Verzasca traverse entre autres un gneiss à biotite et hornblende, très riche en feldspath, dans lequel les éléments blancs présentent une structure rappelant d'une part celle des aplites, de l'autre celle des micropegmatites, tandis que la biotite y est presque constamment corrodée. Cette roche dont la structure primaire cristalloblastique est encore conservée par places, doit sa structure secondaire à une intense injection aplitique.

A l'entrée supérieure du même tunnel, vers Gorippo, ainsi qu'au Ponte Brolla, affleurent des gneiss rubanés, au grain extrêmement fin, dans lesquels les lits de minéraux blancs montrent une structure mixte aplitique-micropegmatitique et qui doivent, contrairement à l'opinion de M. Klemm, être considérés aussi comme des schistes injectés.



A ces roches se rattachent des gneiss aplitiques, qui s'en distinguent seulement par leur faible teneur en biotite et se composent essentiellement de quartz, d'orthose, de microcline, de plagioclases acides et de mouscovite avec très peu de mica noir. Ces roches affleurent à Intragna, au Ponte Brolla et vers la gare de Bellinzone.

Ainsi dans cette zone de schistes injectés on rencontre deux éléments, l'un, sédimentaire, qui est conservé à peu près pur dans les micaschistes métamorphiques de Riveo-Visletto, l'autre, éruptif, qui forme les filons aplitiques-micropegmatitiques de la région. Ces deux éléments se sont mélangés par injection et ont donné une série de roches mixtes.

M. Gutzwiller décrit en outre deux types de roches un peu spéciaux, dont il a constaté la présence dans la carrière du pont de Bellinzone sur le Tessin. L'une de ces roches est un gneiss amphibolique à scapolithe, qui se rattache aux roches déjà décrites du même gisement par le développement de ses feldspaths et de ses micas, mais qui, outre sa teneur en hornblende commune et en scapolithe, est caractérisé par les nombreux filonets de quartz qui le traversent. La seconde roche décrite est une aplitite, au sein de laquelle se développent par places de la hornblende et de l'augite; l'apparition de ces deux minéraux est évidemment due à une absorption par le magma éruptif d'éléments amphiboliques provenant de la roche voisine, qui ont été à la fois corrodés et partiellement transformés en augite.

Près de Corcapolo dans le Centovalli l'auteur a trouvé un gneiss formé surtout de quartz, d'orthose, de microcline et de biotite avec peu de plagioclase, qui apparaît à proximité d'un filon de micropegmatite et dans lequel on peut facilement distinguer une portion primaire granoblastique-lépidoblastique et une portion résultant d'une injection de caractère aplitique-pegmatitique. Enfin, M. Gutzwiller décrit un gneiss biotitique très acide, qu'il a trouvé dans la carrière de Reazino et dans lequel l'élément aplitique-pegmatitique devient fortement prédominant.

Après avoir étudié ainsi une série de schistes injectés divers, M. Gutzwiller établit une comparaison entre ces roches et les orthogneiss et granites, qui affleurent directement au N de la zone considérée dans la région d'Osogna. Ces gneiss et granites correspondent à un magma très acide, voisin de la composition des aplites, riche en alcalis avec prédominance de la soude; leur structure ne varie que faiblement entre les

types granitique et blastogranitique ; par places ils contiennent des enclaves schisteuses.

En matière de conclusion, M. Gutzwiller considère comme démontré le caractère de schistes injectés des gneiss de la zone Bellinzona-Locarno, puisqu'il a pu établir tous les termes de passage entre la pénétration filonienne des roches apliques-pegmatitiques et l'injection la plus fine et trouver tous les degrés d'injection. Ces schistes sont caractérisés minéralogiquement par l'abondance d'un feldspath intermédiaire entre l'orthose et le microcline, puis par les formes corrodées qu'y prennent le mica noir et la hornblende. L'injection est ici en relation intime avec la pénétration filonienne des aplites-pegmatites et ces roches elles-mêmes dérivent du même magma que les orthogneiss de la zone voisine des gneiss tessinois.

*Roches cristallines des nappes rhétiques et austro-alpines.*  
M. H.-P. CORNELIUS (12) a entrepris, pendant les années 1910 et 1911, une étude géologique du massif montagneux qu'encadrent la Haute Engadine, la route du Julier et celle du Septimer. Il a publié récemment la partie pétrographique de son travail.

L'auteur fait précéder son exposé pétrographique d'un court aperçu tectonique, montrant que dans son champ d'étude trois nappes se superposent ; ce sont de haut en bas :

1<sup>o</sup> La nappe du Julier formée essentiellement de roches granitiques, qui constitue la région du Piz Lagrev, du Piz Polaschin et du Piz dellas Colonnas et se prolonge en une klippe jusqu'au Piz Gravasalvas ;

2<sup>o</sup> La nappe d'Err, qui comprend des granites, des schistes prétriasiques, des quartzporphyres métamorphisés et des sédiments du Trias, du Lias et du Malm. Cette nappe, qui est surtout développée au N de la route du Julier, est, dans le territoire considéré, intensément laminée et disloquée ;

3<sup>o</sup> La nappe rhétique, qui se compose d'un complexe inférieur cristallophyllien et prétriasique, d'une série moyenne de roches ophiolithiques et de schistes verts, et d'un complexe supérieur de calcaires dolomitiques du Trias, de schistes liasiques du type des Schistes lustrés, enfin de radiolarites et de marbres suprajurassiques. Cette nappe forme essentiellement la partie S et W de la région considérée ; elle comporte de multiples complications et montre en particulier un plissement des deux termes supérieurs remarquablement indépendant de celui de la série cristallophyllienne.

Les roches sédimentaires des deux nappes inférieures ont été le plus souvent profondément métamorphisées, les schistes argileux ayant passé à l'état de calcphyllites et les calcaires ayant été plus ou moins marmorisés avec formation de mica blanc. Avec les radiolarites M. Cornelius a trouvé, à divers endroits, des amas noduleux de fer et de manganèse, qu'il compare aux nodules de manganèse qui se développent actuellement dans les argiles rouges des grands fonds.

Dans son étude pétrographique M. Cornelius envisage d'abord les schistes cristallins de la nappe rhétique, auxquels il applique le nom général de série de la Maloja et qui sont puissamment développés depuis le lac de Sils et la Maloja jusqu'au S du Septimer.

La roche la plus typique de la série de la Maloja est un gneiss schisteux formé de lits minces de quartz et d'albite alternant avec de fines couches de mouscovite (Phengite); aux minéraux blancs précités se mêle une certaine quantité de microcline soit en petits éléments dans la pâte, soit en porphyroblastes. Le zircon, l'apatite, la magnétite et la pyrite sont les minéraux accessoires. Parfois la schistosité devient moins régulière. D'autres fois les gneiss passent à des mica-schistes, dans lesquels le microcline n'existe plus, tandis qu'une chlorite fortement polychroïque s'y développe à côté de la mouscovite.

Parmi ces schistes l'auteur décrit spécialement des schistes foncés, dans lesquels le feldspath est en quantité très réduite et qui contiennent à côté de la mouscovite et la chlorite un pigment foncé formé par le graphite. La structure de ces roches oscille entre celle des phyllites à séricite et celle des quartzites.

Dans leur ensemble les schistes de la Maloja paraissent être d'origine sédimentaire; ils correspondent à la zone de cristallisation supérieure de M. Grubenmann, sauf les types porphyroblastiques, qui ont déjà un caractère transitoire aux roches de la zone de cristallisation moyenne.

Dans un chapitre spécial M. Cornelius décrit une puissante lame de granite, qui apparaît dans les versants N et W de la Roccabella entre des quartzporphyres de la nappe d'Err sous-jacents et des schistes jurassiques de la nappe rhétique sus-jacents et se trouve ainsi dans une position tectonique des plus compliquées. La roche se rapproche beaucoup du granite du Julier, elle est formée en majeure partie par un plagioclase verdâtre, presque complètement transformé en séricite avec formation d'albite secondaire; elle comprend en outre très peu

d'orthose, du quartz en gros grains gris et de la biotite chloritisée en petite quantité; la texture est massive avec un grain de grosseur assez variable.

Mais ce granite a été dans une grande partie de sa masse complètement transformé par les laminages qu'il a subis et a passé à l'état de mylonite. Les quartz y sont pulvérisés; les feldspaths y ont plus ou moins complètement disparu, en donnant naissance à des amas feuilletés ou fibreux de séricite; la texture est devenue schisteuse; quant à la composition chimique, elle s'est modifiée dans le sens d'un léger enrichissement en alumine, d'un enrichissement plus marqué en fer et surtout en potasse et d'un appauvrissement en soude.

A ce propos M. Cornelius décrit quelques échantillons de mylonites qu'il a observés à la base de la nappe granitique du Julier, et parmi lesquels il distingue un type presque exclusivement formé de séricite et de quartz en gros grains cataclastiques avec un peu de chlorite et de mica blanc, et un second type, dans lequel de beaux cristaux maclés d'albite sont conservés et la structure granitique primaire est moins profondément altérée. D'autre part M. Cornelius a étudié un gneiss, qui est compris dans la masse granitique du Julier près du sommet de l'Is Crutscharöls; cette roche se distingue par son grain fin et sa fine schistosité.

Le chapitre suivant de la thèse de M. Cornelius est consacré à l'étude d'un quartzporphyre métamorphique, qui prend une grande extension au S. W. du col du Julier jusque près du Pian Canfer. Cette roche appartient à une nappe d'épanchement contemporaine du Verrucano supérieur et faisant partie de la nappe d'Err; elle se compose d'une pâte fine verdâtre, au milieu de laquelle se détachent des grains de quartz, des prismes de feldspath et des lamelles de biotite chloritisée. Sous le microscope on peut voir que les quartz sont complètement brisés et que la pâte a subi une modification absolue de sa structure primaire et est devenue un fin agrégat de quartz et de séricite. Par sa composition chimique cette roche est un quartzporphyre et se rapproche beaucoup du porphyre de la Rofna. Lorsque le laminage a été particulièrement intense la roche passe à l'état de schiste à séricite.

En relation avec le porphyre de Nair, M. Cornelius décrit une curieuse roche, qui forme des lentilles dans la base du porphyre et qui se compose pour les  $\frac{3}{4}$  de quartz, pour  $\frac{1}{4}$  de pyrite, le premier de ces minéraux formant des auréoles autour des cristaux du second; la cataclase est peu accusée.



L'origine de cette formation est énigmatique, mais elle est certainement en relation avec l'épanchement du porphyre, d'autant plus que des roches analogues se retrouvent en relation avec des roches porphyriques près d'Ardez dans la Basse Engadine.

L'auteur a prêté une attention particulière aux roches ophiolithiques, qui constituent l'élément le plus caractéristique de la nappe rhétique et qui comprennent des gabbros, des diabases, des serpentines et des schistes verts. Ces diverses roches sont associées en proportion très diverses suivant les régions et sans qu'on puisse trouver aucune règle à leur répartition.

Quant à leur genèse les formations ophiolithiques doivent être considérées comme intrusives à cause du métamorphisme de contact qu'on constate dans les milieux encaissants. Cette intrusion, d'après ce qu'on sait des roches ophiolithiques de la nappe rhétique en général, a dû être en tout cas postcénomaniennne; d'autre part le fait que ces roches ne se trouvent nulle part dans les synclinaux écrasés du cœur gneissique de la Maloja, tandis qu'en général elles s'intercalent entre les schistes cristallins et leur revêtement mésozoïque, fait supposer à l'auteur que leur intrusion a été postérieure à la formation de ces synclinaux, par conséquent à la première phase des plissements alpins, et qu'elle a été provoquée par la profonde dislocation, qui est devenue le chevauchement de la nappe austro-alpine.

Au point de vue pétrographique ces roches se répartissent entre les types suivants :

a) Les **gabbros** ne sont connus que sur deux points, d'abord près du Septimer Pass, où un petit affleurement de roche extrêmement décomposée a déjà été signalé par Théobald, ensuite près de Gravasalvas, au-dessus du lac de Sils, où le gabbro apparaît en bancs discontinus et en petits amas au milieu d'une masse de schistes verts. La roche a subi ici un laminage d'intensité variable; les feldspaths y sont complètement séricitisés et les augites y restent seules reconnaissables à l'œil nu. L'examen microscopique révèle la présence à côté de l'augite d'une hornblende primaire et permet de constater l'existence dans la pâte de restes pulvérisés d'andésine au milieu d'un fouillis de séricite. Le métamorphisme a transformé partiellement ces gabbros en de véritables schistes sériciteux, dans lesquels, à côté de la séricite on trouve de l'albite, de l'épidote, de la chlorite et souvent des aiguilles de trémolithe; cette transformation peut du reste facilement se



suivre grâce à une succession de termes transitoires, tandis qu'on ne peut constater aucun passage du gabbro aux schistes verts encaissants, qui doivent dériver d'un magma diabasique. Il semble donc que la roche gabbroïde a été traversée et recoupée après sa consolidation par une venue importante de diabase.

Au point de vue chimique le gabbro de Gravasalvas se distingue par sa richesse en alcalis (2.28 % de  $K_2O$  et 4.28 % de  $Na_2O$ ) qui est peut-être en partie due à des apports secondaires.

b) Les **roches diabasiques** appartiennent à des types très divers suivant leur structure primaire et surtout suivant leur degré de métamorphisme. Parmi les roches peu métamorphisées on peut distinguer des diabases francs entièrement formés d'une fine pâte de plagioclase et d'augite, et des porphyrites diabasiques avec macrocristaux de plagioclase. Les types métamorphiques ou schistes verts sont beaucoup plus abondants ; ils comprennent : 1° des schistes chloriteux avec porphyroblastes d'augite et parfois de plagioclase, qui peuvent être envisagés comme des porphyrites augitiques métamorphisées et cataclastiques ; 2° des schistes chloriteux à épidote, riches en albite qui sont de beaucoup les plus abondants ; ce sont des roches au grain très fin et à la schistosité peu prononcée, sans porphyroblastes, qui possèdent presque exactement la même composition chimique que les précitées et se rattachent au type Oroville d'Ossan ; 3° des schistes chloriteux à épidote qui se distinguent des précédents par l'absence de l'albite et la présence de petits porphyroblastes de hornblende. Ces dernières roches présentent dans leur composition chimique des anomalies, qui tendent à les faire dériver d'une péridotite altérée dans sa composition par une absorption de roche calcaire.

c) Les **serpentes** sont des serpentines normales à antigorite, qui contiennent encore des grains d'enstatite et de pyroxène monoclinique et, comme minéral secondaire, de la magnétite en très grande quantité.

Enfin le dernier et principal chapitre de la thèse de M. Cornelius est consacré à l'étude des roches métamorphisées par contact, qui se présentent soit dans la série gneissique de la Maloja, soit parmi les calcaires triasiques et les schistes jurassiques.

Parmi les types métamorphiques de la série de la Maloja l'auteur décrit d'abord un schiste, dont la pâte est formée essentiellement de quartz et d'albite et pigmentée en gris ver-

dâtre par de très fines particules de graphite mêlées à de petits éléments de biotite, de hornblende et probablement d'un composé de titane. Au milieu de cette masse se détachent des porphyroblastes d'une hornblende bleue, voisine de la Riebeckite. Cette roche se trouve soit au contact des phyllites foncées avec de la serpentine, soit comme inclusion dans des schistes verts ; elle représente évidemment une phyllite métamorphisée par les roches basiques voisines. Un autre schiste semblable se trouve sous forme de banc englobé dans la serpentine ; il se distingue du précédent surtout par le fait que les porphyroblastes de hornblende sont ici zonés avec un cœur d'actinolithe et une auréole périphérique de Riebeckite et que la pâte y est plus riche en graphite et surtout en biotite.

En relation avec ces schistes amphiboliques, M. Cornelius décrit un micaschiste, trouvé aussi intercalé dans la serpentine, dont la pâte est formée comme dans les cas précédents d'un fin agrégat de quartz et d'albite et qui contient la même biotite d'un brun doré, mais ici la hornblende a disparu, tandis que le mica est devenu très abondant ; le graphite paraît faire défaut.

L'auteur a pu étudier un profil complet à travers une zone de contact entre la serpentine et les gneiss de la Maloja, qu'il a découverte au N du lac de Sils entre les ravins de l'Ova della Roda et de l'Ova del Crot. Il a trouvé là à partir de la serpentine :

1° Une roche formée essentiellement de diopside (10 cm. à 2 m.).

2° Une roche formée d'épidote en grains fins, qui passe vers le haut à :

3° Une roche rubanée, formée de lits alternatifs d'épidote d'une part, de quartz et d'albite de l'autre ; on trouve dans cette zone des porphyroblastes de diopside.

4° Une roche dans laquelle la masse microgrenue de quartz et d'albite prend de plus en plus d'importance, dans laquelle l'albite forme en outre d'assez gros porphyroblastes maclés et dans laquelle apparaissent soit des agrégats fasciculés d'une hornblende bleuâtre, soit de petits amas de biotite brune.

5° Un schiste gueissique, qui ne se distingue guère des schistes normaux de la Maloja que par leur teneur du reste peu considérable en épidote.

Il est évident que les termes 1 et 2 de cette coupe sont dus à l'action de la roche intrusive sur des sédiments cal-

caires ; quant aux termes suivants leur richesse progressivement décroissante en épidote s'explique par la pénétration d'une certaine quantité de chaux, empruntée aux sédiments calcaires sous-jacents sous l'influence du métamorphisme de contact.

Les roches calcaires métamorphisées par contact se trouvent soit englobées dans les serpentines, soit entre les serpentines et les gneiss dans des conditions rendues le plus souvent obscures par les complications tectoniques. Ces roches contiennent comme minéraux les plus fréquents ou les plus caractéristiques, en proportions très diverses du reste : des diopsides le plus souvent verts, parfois blancs, des hornblendes, en particulier de la gramatite, de la clinozoïsite et un épidote incolore très pauvre en fer, un grenat rouge, du vésuviane, des feldspaths riches en CaO, de l'antigorite, des chlorites et des micas divers, de la titanite, de la calcite et du graphite. Suivant la prédominance des uns ou des autres de ces éléments les roches prennent le caractère d'ophicalcites, de marbres ou de roches à silicates calciques.

Les ophicalcites se trouvent très fréquemment sous forme de bancs englobés dans la serpentine ; elles sont formées d'agré-gats de calcite enchevêtrés avec d'autres formés de serpentine, l'association de ces deux éléments comme la grosseur du grain étant susceptibles d'amples variations, et la texture, en général massive, pouvant devenir schisteuse. La trémolite, la magnétite et la pyrite y sont les minéraux accessoires les plus fréquents ; en outre on voit souvent dans les agrégats de calcite un pigment rouge intense, qui doit être ou de l'hématite ou un silicate de fer.

Les marbres sont tantôt formés de calcite presque pure, tantôt plus ou moins riches en quartz, ou en micas divers (séricite, mouscovite, biotite brune), ou en chlorite, ou en diopside.

Les roches à silicates calciques forment le groupe le plus intéressant et le plus varié. Parmi elles il faut distinguer d'abord celles dans lesquelles le diopside ou bien existe exclusivement, ou bien prédomine fortement sur tous les autres éléments ; au diopside se mêle fréquemment dans ce cas surtout l'épidote et la clinozoïsite et en faible quantité des grenats, du vésuviane, des plagioclases, de la calcite, de la chlorite, etc.... A côté des gros amas rocheux le diopside forme aussi par places des filons irréguliers pénétrant profondément dans l'intérieur des schistes liasiques.

D'autres fois ce sont l'épidote et la clinozoïsite qui devien-

nent les éléments essentiels de la roche, tandis que le diopside ne s'y trouve plus qu'en petite quantité avec l'albite, la chlorite et la calcite.

Très localement on trouve aussi des roches formées essentiellement de vésuviane avec un peu de diopside. Enfin, M. Cornelius décrit encore une roche formée par des agrégats rayonnés d'un minéral serpentino-chloriteux, dans lequel se détachent des fibres de chrysotile, des grains de vésuviane et de petits cristaux de grenat. Ce type très caractéristique a été découvert sur la route du Septimer en aval du Pian Canfer.

Le fait que ces roches dans leur ensemble doivent leur origine à un métamorphisme de contact, découle avec certitude, pour M. Cornelius, soit de leur composition minéralogique, soit de leur structure comme aussi de leur répartition, qui implique une liaison intime avec les roches ophiolithiques.

Il est probable que les opicalcites et les marbres dérivent tous des calcschistes jurassiques, ainsi qu'une partie des roches épidotiques, tandis que les roches à diopside doivent se rattacher surtout aux calcaires dolomitiques du Trias. Dans leur composition minéralogique ces roches présentent toutes cette particularité que l'anorthite y est remplacée par l'épidote et et la clinozoïsite et que la wollastonite fait complètement défaut. L'ordre de cristallisation des éléments constitutifs est en général le suivant : 1° diopside et épidote ; 2° grenat ; 3° vésuviane ; 4° albite ; 5° chlorite ; 6° calcite. Pour expliquer la composition définitive de ces divers produits métamorphiques, il faut supposer un apport important d'origine éruptive qui a consisté surtout en  $\text{Si O}_2$  et pour une moindre part en  $\text{Na}_2\text{O}$ , en chrome, en  $\text{Ti O}_2$  et pour une faible part en  $\text{Fe O}$ . Quant aux opicalcites, il semble que leur teneur en serpentine soit due à la pénétration dans le sédiment calcaire de vapeurs de  $\text{Si Cl}_4$  et de  $\text{Mg Cl}_2$ , grâce auxquelles a pu se former de l'olivine, qui a été transformé subséquemment en serpentine.

En terminant, M. Cornelius attire l'attention sur certains caractères généraux, qui se manifestent dans l'ensemble des roches qu'il a étudiées ; ce sont d'abord le développement d'un pigment vert de chlorite et de phengite formé aux dépens des feldspaths, dont l'albite seule a subsisté ; c'est ensuite l'extension de la structure cataclastique et en général des formes de texture qui se développent dans les cas de métamorphisme superficiel ; ce n'est que dans le cœur de la nappe rhétique qu'on



constate des traces d'un métamorphisme plus profond. Du reste l'auteur insiste sur le fait que ces distinctions n'ont pas une valeur générale dans le système des nappes grisonnes et il croit pouvoir admettre que dans chaque nappe le métamorphisme correspond à une zone de profondeur de plus en plus grande à mesure qu'on l'étudie plus au S.

## II<sup>me</sup> PARTIE. — GÉOPHYSIQUE

### *Cours d'eau.*

M. L. HORWITZ (28) a entrepris l'étude des relations qui se manifestent entre les conditions de température et les quantités des précipitations atmosphériques d'une part, d'autre part l'extension de la glaciation dans les bassins secondaires et le débit des cours d'eau. Il a publié sur ce sujet une très courte notice préliminaire.

### *Glaciers.*

Le 32<sup>e</sup> rapport sur les variations des glaciers des Alpes suisses, rédigé par MM. F.-A. FOREL, E. MURET et P.-L. MERCANTON (23) est consacré à la période 1910-11. Il débute par une chronique des glaciers, dont s'est chargé M. Muret et qui met clairement en lumière l'effet de l'été extraordinairement chaud de 1911. En effet sur 67 glaciers observés 63 ont été trouvés en décrue, 1 a été trouvé stationnaire et 3 seulement, soit le glacier de l'Eiger et les 2 glaciers de Firnälpele dans les Alpes d'Unterwalden ont marqué de légères crues. Ainsi la tendance à la crue, qui se manifestait sur différents petits glaciers pendant les années antérieures, a été interrompue par un excès d'ablation.

C'est M. Mercanton qui s'est chargé de collationner les observations concernant les névés qui ont été faites avec une exactitude spéciale à Orny, sur le flanc de l'Eiger, et aux Diablerets grâce aux nivomètres installés en ces trois endroits. L'ensemble de ces observations montre que l'enneigement a été généralement régressif dans les Alpes suisses en 1911. D'autre part elles ont permis de constater que les rimaies ont eu la tendance à s'ouvrir particulièrement pendant ce même été et que souvent des rimaies supplémentaires se sont ouvertes au-dessus des rimaies habituelles. M. Mercanton explique ce fait par une augmentation d'épaisseur de la gencive glaciaire déterminée elle-même par l'enneigement progressif de 1910.