

**Zeitschrift:** Eclogae Geologicae Helvetiae  
**Herausgeber:** Schweizerische Geologische Gesellschaft  
**Band:** 15 (1918-1920)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Première partie, Minéralogie et pétrographie  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-247566>

#### 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:** 13.02.2026

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

fection des cartes et à la publication des volumes de texte explicatif.

Nous trouvons dans l'exposé de l'auteur un chapitre consacré à la comptabilité de la commission géologique, qui montre surtout la modicité des moyens financiers dont disposèrent les géologues suisses pour mener à bien une œuvre considérable, et par suite l'énorme part de travail désintéressé qui entre dans le développement de la géologie dans notre pays.

M. Aeppli fait en résumé l'historique de l'élaboration de la carte géologique au 1 : 100,000 par le travail d'un nombre, d'abord très restreint, puis toujours grandissant, de collaborateurs, et il rend compte de l'esprit qui présida à la publication des « Matériaux pour la carte », ces volumes ayant été consacrés au début chacun à la description d'une feuille de la carte au 1 : 100,000, tandis que plus tard et, surtout à partir de la 2<sup>e</sup> série, ils furent composés d'une façon beaucoup plus libre. Enfin l'auteur arrive à la dernière période d'activité de la commission géologique, pendant laquelle de nombreux collaborateurs ont repris un peu partout les levers détaillés sur la base des cartes au 1 : 25,000 et 1 : 50,000 et pendant laquelle 76 cartes géologiques à grande échelle ont pu être livrées au public.

Un chapitre est consacré à l'historique de notre carte d'ensemble au 1 : 500,000 et aux cartes générales d'A. Favre sur les dépôts erratiques, de Du Pasquier sur les dépôts fluvio-glaciaires de la Suisse septentrionale, de Schaad sur la Nagelfluh jurassienne, etc... Puis M. Aeppli signale l'activité de la commission des charbons et dans un dernier chapitre il donne un tableau des échanges de publications que fait la commission géologique suisse avec tous les pays civilisés et qui contribuent à enrichir la bibliothèque de l'Ecole polytechnique fédérale.

## PREMIÈRE PARTIE : MINÉRALOGIE ET PÉTROGRAPHIE.

M. R. STAUB (9), associé depuis plusieurs années à l'exploration géologique du massif de la Bernina, entreprise par M. U. Grubenmann, a consacré une importante notice à la description d'une part des roches granitiques du Piz Corvatsch, d'autre part des monzonites du Piz Sella ; les premières appartiennent à la nappe d'Err, les secondes à la nappe de Sella.

L'étude détaillée du Piz Corvatsch a montré que les roches

que Théobald avait désignées sous le nom de schistes talqueux sont en réalité des granites. Vers le S ces granites s'appuient avec une légère discordance sur des schistes métamorphiques, assimilés par l'auteur aux schistes de Casanna. Vers leur base, ils contiennent en grande quantité des filons d'aplates et de roches lamprophyriques, qui se retrouvent dans les schistes sous-jacents ; ils renferment d'autre part de nombreuses enclaves de ces schistes. Tout tend donc à prouver que le granite appartient à une intrusion dans les schistes et que les deux complexes font partie d'une même unité tectonique, intercalée tectoniquement entre la nappe rhétique et la nappe de la Bernina. L'intrusion a dû se faire vers la fin des temps paléozoïques, probablement pendant la période carboniférienne.

Le granite du Piz Corvatsch présente de multiples variétés ; sa composition varie sensiblement, ce qui a amené M. Staub à distinguer cinq types fondamentaux ; sa texture a, d'autre part, subi des altérations plus ou moins profondes du fait des phénomènes tectoniques et a été transformée dans certains cas en des types absolument mylonitisés.

M. Staub décrit comme premier type, sous le nom de granite du val Roseg, une roche abondamment représentée dans le fond du val Roseg et dans la région de l'Alp Surlej. Le granite est formé de gros grains de quartz, d'amas lenticulaires de feldspath et d'une quantité considérable de séricite, tantôt amassée en lentilles, tantôt répartie en feuillets ou en fibres fines. Parmi les feldspaths c'est une orthose micropertitique qui prédomine de beaucoup ; il s'y mêle une certaine quantité d'albite ; ces feldspaths ont du reste subi une profonde altération, qui a déterminé la cristallisation de quantités considérables de séricite et d'épidote, et d'une faible quantité de mouscovite. D'autre part, la décomposition des biotites primaires a donné naissance à des lamelles feuilletées de mouscovite toujours accompagnées d'oxydes de fer. Les minéraux accessoires sont l'apatite, le zircon et la magnétite ; la biotite n'est conservée que sous forme de petites inclusions dans le quartz ou le feldspath ; la hornblende est par places assez abondante ; l'orthite apparaît parfois. La structure primaire de ces granites était une structure granitique franche, mais elle a été en général profondément altérée par des actions cataclastiques et la texture est en général devenue plus ou moins lenticulaire. Quant à leur composition, ces roches sont des granites acides, riches en alcalis, pauvres en chaux, en magnésie et en fer.

A la suite de ces granites, M. Staub décrit une série de mylonites, qui en sont dérivées et qui, par aplatissement progressif des amas de quartz et de feldspath, par la cristallisation de plus en plus abondante de la séricite et par l'orientation parallèle de celle-ci en lits, passent à de véritables schistes séricitiques. Ces schistes ont été parfois repris dans une seconde phase de dislocation, de façon que leurs feuillets sont replissés en de multiples petits anticlinaux et synclinaux aigus. Entre ce type extrême de mylonitisation et les granites francs, l'auteur a constaté toute une succession de types intermédiaires, parmi lesquels il a distingué six types principaux ; ce sont :

1<sup>o</sup> Un granite mylonisé, dont les quartz, onduleux au centre sont complètement brisés à la périphérie ; les feldspaths sont écrasés et divisés en de multiples fragments entre lesquels ont cristallisé de l'albite, du quartz, de l'épidote et de la séricite ; la masse séricitique est tantôt amoncelée en paquets lenticulaires, tantôt écrasée entre les parties dures de la roche. La structure reste encore granitique, mais la texture est déjà lenticulaire.

2<sup>o</sup> Dans un second type, les quartz et les feldspaths sont entièrement brisés en petits fragments dont l'orientation optique a été déviée en tous sens, mais les amas séricitiques restent alternativement renflés et amincis, en sorte que la structure est porphyroclastique.

3<sup>o</sup> Ensuite, les éléments lenticulaires de la roche s'aplissent et la texture se rapproche ainsi du type schisteux ; il se forme des lits alternants de quartz et feldspath et de séricite.

4<sup>o</sup> Puis la pulvérisation des quartz et des feldspaths arrive au point que ces minéraux sont réduits à une pâte extrêmement fine qui, formant des lentilles très aplatis, alterne avec de larges feuillets de séricite, grossis par la séricitisation progressive des feldspaths.

5<sup>o</sup> La texture est devenue tout à fait parallèle et linéaire ; l'amphibole forme de fines gerbes dans le tissu séricitique ; il ne reste plus trace des minéraux primaires.

6<sup>o</sup> Dans ce dernier type, l'auteur fait rentrer les mylonites qui portent la trace de deux phases de dislocation, l'une déterminant l'écrasement des minéraux primaires et la formation de feuillets parallèles, l'autre ayant provoqué le replissement de ces feuillets.

Traitant ensuite la question de la séricitisation de ces

roches, M. Staub croit pouvoir dériver les masses pures de séricite des orthoses, tandis que les agrégats de séricite mêlée de zoïsite et d'épidote proviendraient des plagioclases. Il admet que la séricitisation a commencé avant la mylonitisation, à un moment auquel le granite s'était rapproché de la surface par l'intervention des érosions prétriasiques, mais qu'elle s'est continuée pendant la mylonitisation, la pulvérisation des éléments ayant alors favorisé la circulation des agents chimiques dans la roche. Cette transformation minéralogique s'est faite sans modification importante de la composition chimique ; les mylonites extrêmes ne se distinguent des granites dont elles dérivent que par une teneur un peu plus faible en alcalis et en chaux, ce qui détermine une proportion un peu plus forte des quantités de silice, de fer et de magnésie et un excédent légèrement accru d'alumine. Et encore les différences constatées sont-elles si petites qu'elles pourraient fort bien provenir de différences primaires ayant existé déjà dans le magma.

A côté des types relativement communs précités, M. Staub en décrit d'autres beaucoup plus localisés ; ainsi une mylonite porphyroblastique à pâte granulitique qui existe à la Furt-schella et qui résulte probablement d'une recristallisation après la mylonitisation sous l'influence d'un élément intrusif voisin, puis une mylonite riche en leucoxène et en hornblende du Piz Corvatsch, puis une mylonite pauvre en quartz, très riche en feldspath (micropéthite, albite), dans laquelle la séricite est partiellement remplacée par de la chlorite, et qui paraît dériver d'un granite riche en biotite ou d'une syénite.

Après le type granitique du Val Roseg et les mylonites qui en dérivent, M. Staub décrit, comme second type, un granite qui est localisé dans l'arête dirigée du Piz Mortèl vers le NW, aux abords du glacier de Corvatsch et dans la paroi occidentale du Piz Corvatsch. Ces roches, dénommées type du Crap Margun, se distinguent macroscopiquement des précédents par leur teinte grise et non verte ; l'étude microscopique montre en outre que la proportion des plagioclases relativement à l'orthose est ici plus forte ; ces plagioclases devaient être primairement des oligoclases, mais ils ont été transformés en grande partie en séricite, epidote, zoïsite et albite ; d'autre part, une chlorite, voisine de la pennine, est ici abondante ; il s'agit évidemment du produit de décomposition le plus abondant de la biotite, mais celle-ci a été partiellement transformée aussi en mouscovite et en epidote ; elle n'a été conservée intacte que sous forme de petites inclu-

sions dans le quartz. La structure de la roche est granitique, parfois porphyroïde ; sa texture n'a été que faiblement influencée par des déformations cataclastiques. La composition chimique, avec seulement 64 % de silice, correspond à celle d'une diorite quartzifère, en sorte qu'il faut voir dans ce type le produit d'une ségrégation basique du magma granitique.

A côté de la forme habituelle, granitoïde de ces granites, M. Staub a distingué une forme porphyroïde, qui contient de gros individus de microperthite ; l'altération des plagioclases est ici moins avancée que dans la forme habituelle ; la mouscovite s'est formée en plus grande quantité au dépens de la biotite et on rencontre une quantité considérable de strahlstein. Les actions cataclastiques sont ici plus accentuées que dans la forme granitoïde, ce qui semble indiquer que la mylonitisation affecte plus tôt les roches largement cristallisées.

Dans la région du Crap Alv, M. Staub a trouvé une série de roches qui établissent une transition entre le type du val Roseg et celui du Crap Margun. Ces roches sont toujours mylonitisées ; elles sont caractérisées par l'absence de feldspaths potassiques ; l'orthose a été complètement transformée en amas séricitiques, tandis que la microperthite paraît avoir fait défaut. Le quartz forme de beaux porphyroblastes ; la chlorite reste abondante sous forme de paquets allongés parallèlement au plan de schistosité ; elle contient de nombreuses inclusions de leucoxène, d'apatite et de zircon. La roche, initialement porphyroïde, a pris une texture lenticulaire. Lorsque la mylonitisation est très accentuée, il se développe finalement un schiste brun compact, dans lequel on ne distingue au microscope plus que du quartz et de la limonite parsemés dans une pâte extrêmement fine. Ces schistes n'existent du reste que là où la digitation inférieure de la nappe d'Err s'est enfoncée dans les formations sous-jacentes de la nappe rhétique.

Enfin M. Staub décrit ici une roche provenant de l'arête S du Piz Corvatsch et qui se distingue du granite du val Roseg par son enrichissement en chlorite.

Le troisième type que décrit M. Staub, sous le nom de type du Corvatsch, prend un grand développement dans la région culminante du Piz Corvatsch et du Piz Mortèl. Ces roches ont en général une structure largement porphyroïde, exceptionnellement une structure granitique. Dans leur variété porphyroïde elles sont formées de gros éléments fusiformes de feldspath, qui peuvent atteindre plusieurs centi-

mètres de longueur et se révèlent sous le microscope comme des associations microperthitiques d'orthose et d'albite, de plagioclases complètement saussuritisés, de quartz, abondant et très riche en inclusions, et de grandes lamelles de mouscovite, qui proviennent évidemment de la décomposition d'une biotite et contiennent en quantité importante de la titanite, du zircon et de l'apatite. Parfois, la décomposition de la biotite a donné naissance à une grande quantité d'épidote, qui se mêle à la mouscovite, et il faut admettre que cette réaction s'est produite sous l'influence de fortes pressions. Parmi les minéraux accessoires, l'orthite est particulièrement caractéristique. La structure primaire n'a pas été profondément altérée par les phénomènes cataclastiques et la texture est restée massive. La composition chimique diffère de celle du type du val Roseg par une teneur un peu plus faible en silice, en alcalis et en magnésie, plus forte en chaux et en fer. La mylonitisation de ces roches est beaucoup moins avancée que celle des granites du val Roseg, ce qui s'explique par le fait que les granites du Piz Corvatsch occupent une position axiale dans la nappe d'Err ; pourtant, les phénomènes cataclastiques sont ici encore très développés et la saussuritisation des plagioclases a certainement été provoquée par leur écrasement.

A côté de la variété porphyroïde décrite ci-dessus, M. Staub a étudié une variété granitique se rattachant au même magma, mais se distinguant de la roche précitée par la disparition presque complète des microperthites et par la teneur beaucoup moindre en mouscovite, qui est remplacée par de la chlorite. Ici, l'albite est abondante et accompagnée d'une quantité en général considérable de plagioclase.

Comme quatrième type, l'auteur décrit une roche qui n'existe qu'aux environs du Chastelet et qui passe latéralement à des granites des deuxième et troisième types. Le type du Chastelet est caractérisé par sa pauvreté relative en quartz ; la microperthite s'y trouve en gros éléments, qui donnent à la roche un aspect porphyroïde ; l'albite est abondante, tandis qu'on ne trouve qu'en très petite quantité les plagioclases saussuritisés, si fréquents dans le type du Corvatsch ; la mouscovite et l'épidote sont remplacés par la chlorite, qui forme de grandes lamelles fortement polychroïques. La structure est profondément cataclastique ; la texture est litée ou lenticulaire ; par places se développent de véritables mylonites. La composition de la roche, avec 65 % de silice, se rapproche de celle du type du Margum, mais avec une teneur

plus forte en alcalis ; elle correspond à peu près à celle d'une syénite.

Le cinquième type décrit par M. Staub sous le nom de type du Crap Alp Ota se trouve sous forme de lentilles ou de traînées dans les granites du Val Rosegg au Crap Alp Ota à l'E du Piz Mortèl ; il se distingue des granites du Val Roseg par l'absence de microperthite, par la présence assez abondante de hornblende et de chlorite et par leur enrichissement marqué en titanite. Parmi les feldspaths l'ablite est seule conservée, tandis que les plagioclases ont été transformés en partie en séricite, en partie en saussurite. La hornblende est largement cristallisée, en général zonée, souvent en partie chloritisée. La titanite paraît dérivée de l'ilménite. La roche peut être ainsi définie comme un granite à amphibole mylonitisé.

Dans un second chapitre, M. Staub donne la description d'une série de gneiss albitiques et séricitiques, qu'il considère comme résultant d'un faciès marginal des granites précités, et qui se trouvent près du contact avec les schistes de Casanna, ainsi que dans ces schistes mêmes sous forme de filons. Ces gneiss ont été constatés d'abord aux environs de la cabane de Mortèl, où ils se présentent sous la forme de schistes à grain fin, constitués par une masse granoblastique d'albite et de quartz et par de la séricite. À ces éléments essentiels se mêlent de la mouscovite en grandes lamelles et de longues aiguilles de hornblende. La texture est litée ou linéaire ; la composition chimique est peu différente de celle des granites voisins du Corvatsch avec pourtant une teneur plus faible en fer, plus forte en magnésie. Il ressort de ces caractères que le gneiss de Mortèl doit dériver d'un faciès latéral du granite, ayant possédé un grain fin et ayant subi de ce fait une recristallisation plus facile et plus complète que ce granite, beaucoup plus grossier.

Dans le soubassement du Piz Aguagliouls et près du Piz Lej Alv, M. Staub a rencontré un autre exemple de ces gneiss, qui diffèrent ici des gneiss de Mortèl par la présence, au milieu de la masse granoblastique, de porphyroblastes de quartz, d'orthose et de microperthite, ce qui donne à la structure un aspect blastoporphyrique. La composition chimique est nettement celle d'un produit de différenciation acide de roche granitique. Ce gneiss doit dériver d'un graniteporphyre, transformé par recristallisation, tandis que l'écrasement des minéraux primaires, qui a si fort contribué au métamorphisme des granites voisins, n'entre ici presque pas en ligne de compte à cause de la finesse du grain.

M. Staub a constaté la présence, soit dans les granites, sous forme de filons, d'amas ou de traînées, soit dans les schistes de Casanna, de roches aplitiques. Ces roches filoniennes, surtout abondantes dans la partie S du massif, ne coupent que rarement la schistosité ; elles sont souvent intensément laminées et déchirées. Leur masse granoblastique, formée de quartz, d'orthose, de microcline et d'albite, est semée de séricite, à laquelle se mêlent de la mouscovite, de l'orthite, de l'épidote ; la hornblende existe presque toujours sous forme de longues aiguilles. La texture est devenue schisteuse par pression. L'auteur décrit successivement divers affleurements de ces roches aplitiques, qui diffèrent assez notablement entre eux, soit par suite de différences primaires, soit par suite d'actions métamorphiques plus ou moins intenses. Dans le versant oriental du val Roseg, sous la masse chevauchante de la Bernina, il a trouvé des aplites, qui ont été profondément mylonitisées.

A la suite de ces roches, l'auteur décrit un quartzporphyre à pâte brune, qu'il a constaté au Crap Alp Ota. Dans une masse très fine, formée de quartz, d'albite et d'orthose séricitisée, apparaissent des porphyroblastes de quartz, d'orthose, d'albite et de biotite transformée en mouscovite. La structure primaire a été profondément modifiée par cataclase, en sorte que la texture est lenticulaire. Enfin, M. Staub a rencontré encore, parmi les roches filoniennes acides qui recourent les granites, deux types différents d'alsbachites : l'un existe dans le versant occidental du Piz Corvatsch ; il est constitué par une masse granoblastique, fine, de quartz, microperthite et albite, dans laquelle sont semés de l'épidote en quantité importante et de la séricite accompagnée de titanite, et au milieu de laquelle se détachent des porphyroblastes de quartz et de microperthite ; sa composition chimique montre qu'il représente un produit de différenciation aplitique du granite du Corvatsch. Le second type d'alsbachite a été trouvé au S du Piz Corvatsch et à l'W du Piz Aguagliouls ; il se distingue du précédent par une forte prédominance du quartz parmi les porphyroblastes et par la disparition presque complète de l'épidote et de la titanite, tandis que la séricite est plus abondante.

A côté des roches filoniennes aplitiques il existe, surtout dans la partie S du massif, une grande abondance de roches lamprophyriques. Celles-ci ont subi une altération si profonde que leur détermination précise est souvent impossible ; il est pourtant facile de distinguer un type contenant tou-

jours des amphiboles relativement intactes, qui dérive probablement de roches du groupe vogésites-spessartites et un type sans amphibole, très riche en chlorite et passant souvent au schiste chloriteux pur, qui provient vraisemblablement de roches du groupe minettes-kersantites.

Parmi les roches amphiboliques on peut de nouveau distinguer 2 types dont l'un se rattache aux vogésites, l'autre aux spessartites. Le premier comprend des roches grises, verdâtres ou violacées, schisteuses, formées d'une masse fine, lépidoblastique, de séricite et de hornblende, au milieu de laquelle se détachent des porphyroblastes d'amphibole ; ceux-ci sont formés de hornblende plus ou moins transformée en strahlstein ; l'épidote est fréquent soit dans l'intérieur des amphiboles, soit dans la masse séricitique ; la biotite, l'albite, le quartz se trouvent en petite quantité dans cette dernière. La structure primaire de la roche était porphyroblastique ; elle a été profondément altérée par les phénomènes dynamiques, en sorte que la texture est devenue schisteuse. La composition minéralogique primaire devait comporter comme éléments essentiels l'amphibole, l'orthose et la biotite avec peut-être un plagioclase. La composition chimique, avec 49,37 % de silice, est caractérisée en première ligne par l'abondance de l'alumine (19,57 %) et par la prédominance très forte de la potasse (7,44 %) sur la soude (0,36 %). A propos de ces roches M. Staub décrit spécialement les déformations et transformations subies par l'amphibole sous l'action du stress.

Les roches rattachées par l'auteur aux spessartites sont des roches foncées, vertes, schisteuses, comprenant une masse fine de saussurite, d'albite, d'ilménite, de titanite, de chlorite, d'épidote, de biotite et d'apatite et des porphyroblastes de hornblende et d'épidote. L'amphibole est ici une hornblende brune, en général assez intacte ; elle est souvent accompagnée d'une quantité importante de biotite, mais celle-ci a été en grande partie transformée en chlorite et en epidote ; l'ilménite primaire a passé en partie à l'état de titanite. Quant aux transformations subies par ces roches, il faut admettre qu'elles ont consisté d'abord en une phase de recristallisation, puis en une phase de mylonitisation. La composition chimique de la roche, avec 49,83 % de silice, se distingue de celle des vogésites précitées par la forte teneur en titane (3,48 %), par une teneur plus faible en alumine (11,53 %) et plus forte en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (6,39 %), enfin par une proportion toute différente des alcalis (2,64 % de  $\text{K}_2\text{O}$  et 3,46 % de  $\text{Na}_2\text{O}$ ) ;

elle correspond à une composition minéralogique primaire comprenant comme minéraux essentiels l'amphibole, la biotite, des plagioclases et un feldspath potassique.

Comme dernier type de roches lamprophyriques amphiboliques M. Staub, décrit un schiste chloriteux très riche en epidote et en ilménite, avec une petite quantité seulement d'amphibole, qu'il a constaté dans le versant E du Val Roseg.

Les roches lamprophyriques dépourvues de hornblende sont à l'état de schistes verts, satinés, formés essentiellement de chlorite et d'albite et contenant en général des amas d'ilménite, de l'épidote disséminé en assez grande quantité, de la pyrite et de l'apatite. Il y reste en général une petite portion de biotite. L'albite forme parfois de gros grains clairs. La structure est lépidoblastique, la texture finement schisteuse. La composition chimique correspond assez exactement avec celle des kersantites. Ces roches se trouvent soit dans le versant oriental du Val Roseg, soit dans la région de l'Alp Ota, du Crap Margun et du Crap Alv, sous forme de filons.

D'autres roches filoniennes, associées aux schistes verts vers l'Alp Ota, sont plus foncées et ont une schistosité très effacée ; elles se composent d'un mélange granoblastique d'albite, de chlorite, d'épidote, de calcite et d'ilménite plus ou moins transformée en titanite. Dans la composition chimique l'auteur relève surtout la richesse en titane, la forte teneur en chaux, l'absence d'aucun excédent d'alumine ; il fait ressortir l'analogie avec la composition des spessartites.

Enfin M. Staub signale encore des schistes verts foncés, se distinguant des schistes verts précités par l'absence d'épidote et par la présence plus abondante de la micropertite et qui dérivent probablement d'une minette.

La seconde partie de la thèse de M. Staub est consacrée à l'étude des roches monzonitiques, qui prennent un grand développement dans le massif de Sella-Chapütschin et se continuent de là vers l'E jusqu'au Val Poschiavo. Ces roches forment un ou plusieurs amas laccolithiques au milieu d'une masse schisteuse de gneiss, phyllites et quartzites (Schistes de Casanna). Ces deux complexes sont pour ainsi dire reliés par une zone de transition comprenant un faciès marginal de la roche intrusive et un faciès métamorphisé par contact des schistes ambients ; ils forment ensemble la nappe de Sella, sous-jacente à la nappe d'Err. L'intrusion date probablement de la fin du Carboniférien ; elle a été suivie d'une importante érosion, qui a précédé la sédimentation du Trias.

Les roches intrusives en question se répartissent normalement en deux types, les monzonites et les banatites, ces deux termes étant employés ici dans le sens que leur ont donné Brögger et Romberg ; entre deux existe un terme transitoire, les banatites amphiboliques. Ces roches ont en général une teinte gris-bleu très caractéristique ; elles ont subi toujours une mylonitisation profonde, qui en a fait des schistes cristallins.

Les monzonites sont formées par une masse de plagioclase bleuâtre, parsemée de cristaux, en partie assez gros, de hornblende, au milieu de laquelle apparaissent en petite quantité du quartz et de l'orthose ; la chlorite y est disséminée en fines lamelles ; l'épidote s'y trouve sous forme de petits grains. A l'exception de la microperthite et de l'albite, encore déterminables, les feldspaths ont subi une transformation complète, l'orthose ayant donné naissance à des agrégats de séricite, les plagioclases ayant été réduits à un tissu fin de saussurite, séricite et quartz. La hornblende est toujours bien développée en prismes fins, souvent maclés suivant (100) ; elle est riche en inclusions d'apatite, de magnétite, de zircon et de titanite ; périphériquement elle a souvent subi une actinolitisation plus ou moins profonde avec cristallisation de chlorite, ou bien une simple chloritisation ; d'autres fois elle passe à l'épidote. Cette hornblende, du type de la hornblende commune, est certainement primaire ; elle est accompagnée en petite quantité d'une autre amphibole bleuâtre, et d'une biotite presque complètement chloritisée. Parmi les minéraux accessoires il faut citer en particulier l'orthite, qui forme de gros grains, et la titanite qui est très commune. La structure est souvent encore massive ; la texture est lenticulaire, mais de façon peu prononcée. La composition chimique, déterminée d'après deux analyses, correspond bien à celle des monzonites avec 60,06-68,1 % de silice, 15,64-10,23 % d'alumine, 6,67-6,0 d'oxydes de fer, 4,95-5,9 de chaux, 2,68-1,9 de potasse, 2,77-3,0 % de soude. Une variété très commune, caractérisée par sa teinte grise, contient du graphite, à l'état de pigment très fin. En résumé les roches en question sont des monzonites à amphibole, quartzifères, qui se rapprochent beaucoup des roches de même catégorie du Tyrol méridional.

Aux abords du plan de chevauchement des nappes susjacentes d'Err et de la Bernina la monzonite est profondément mylonitisée ; elle prend une texture schisteuse et une apparence de gneiss amphibolique. Il se développe ainsi d'abord

un type porphyroclastique, dans lequel, au milieu d'une masse fine formée surtout de saussurite et de séricite, se détachent des grains de quartz pulvérisés dans les bords et des cristaux d'amphibole, passés en partie à l'état d'actinolithe et orientés parallèlement au plan de schistorité. Puis, le laminage de la roche s'accentuant, les parties saussuritiques s'aplatissent, les hornblendes se tordent et se brisent, en même temps qu'une quantité plus grande d'actinolithe se développe. Dans les cas extrêmes le quartz et l'amphibole sont écrasés en des amas lenticulaires, les parties saussuritiques sont laminées en des lits minces, qui montrent souvent des traces de microplissement ; mais ce qui frappe ici c'est la part insignifiante qu'ont prise les réactions chimiques à la transformation de la roche, qui se réduit à une pure déformation mécanique.

Les banatites se distinguent des monzonites par leur teneur beaucoup plus riche en quartz et par le remplacement de la plus grande partie de l'amphibole par de la biotite. Elles sont formées par un agrégat grenu et massif de quartz, d'un feldspath blanc, d'un plagioclase saussuritisé gris-bleuâtre, de biotite et de hornblende. Ces roches sont développées dans les parois du Chapütschin et de la Muongia.

Sous le microscope les éléments des banatites présentent les mêmes caractères que ceux des monzonites ; la biotite, très abondante, apparaît en cristaux tabulaires hexagonaux, bruns, très riches en inclusions, et forme souvent des tissus sagénitiques ; elle est souvent transformée en chlorite, parfois elle a donné lieu à d'intéressantes pseudomorphoses de mouscovite, d'épidote, de titanite ou même à des pseudomorphoses de quartz par élimination de toutes les bases. La structure de ces roches est granitique-cataclastique ; leur composition chimique avec 62,47 % de silice et 16,25 % d'alumine, comporte une teneur plus faible en fer et en chaux, plus forte en alcalis, surtout en potasse, que celle des monzonites.

Les banatites ont aussi été en partie mylonitisées ; les types métamorphiques ainsi obtenus diffèrent de ceux dérivés des monzonites par l'abondance du quartz, dont les gros grains ont donné lieu par places à des textures bréchoïdes et qui a été soumis sur une grande échelle à des phénomènes de dissolution, translation et recristallisation sous l'influence des variations de pression d'un point à l'autre de la roche.

Entre les banatites et les monzonites se placent des roches qui se rapprochent des premières par leur richesse en quartz,

des secondes par l'abondance de la hornblende, dont la quantité peut devenir plus considérable que celle de la biotite. Ce sont des banatites amphiboliques ayant une structure hypidiomorphe-porphyroïde et une texture massive.

En terminant ce chapitre, M. Staub discute brièvement la question des relations qui pourraient exister entre les intrusions monzonitiques de la Haute-Engadine, celles de l'Adamello et celles du Banat.

Sur l'arête de la Punta Marinelli M. Staub a trouvé, en relation avec la monzonite, une roche grise-bleuâtre, à grain fin, fortement mylonitisée, formée essentiellement par de minces lits alternant de quartz et d'un agrégat de saussurite et de séricite, dans lesquels sont semés de petits cristaux d'actinolithe, des lamelles de chlorite, des grains d'épidote, d'orthite et de titanite ; l'albite y est en général mêlée à la saussurite et forme ainsi de beaux cristaux secondaires. La structure de cette roche est ultramylonitique, la texture est linéaire. Il s'agit évidemment d'un faciès marginal de la monzonite.

Les banatites du Chapütschin sont bordées par un faciès marginal, caractérisé par sa couleur grise, foncée, et par sa texture schisteuse. Le quartz y apparaît en petits grains réunis en amas lenticulaires, en traînées ou en lits. Parmi les feldspaths la microperthite et l'albite sont seules conservées à peu près intactes, tandis que les plagioclases sont transformés en saussurite et séricite. La hornblende est très pâle et souvent corrodée ; la biotite est foncée et fortement polychroïque, en général entourée de chlorite. La structure est cristalloblastique, sans cataclase prononcée et sans mylonitisation. Il y a du reste transition graduelle entre ces roches et la banatite franche, et leur composition chimique, qui ne diffère de celle des banatites que par une quantité un peu plus grande de silice, un peu plus petite de fer, de magnésie et de chaux, montre qu'il ne s'agit que d'un produit de différenciation marginale. Il y a d'autre part une intéressante analogie entre la composition chimique de ce faciès marginal et celle du granite du Crap Margun, en sorte qu'on pourrait admettre que les roches intrusives des nappes austro-alpines inférieures dérivent toutes d'un même foyer magmatique.

Dans la zone marginale des monzonites, au contact avec les schistes de Casanna, on trouve des roches analogues à celles décrites ci-dessus, mais dans lesquelles la biotite est presque complètement remplacée par l'amphibole, et la quantité de la saussurite a augmenté. La structure est cristallo-

blastique sans cataclase prononcée ; la texture est linéaire ou schisteuse. La composition chimique comporte une teneur notablement plus forte en silice (64,44 %) que celle de la monzonite franche et une teneur plus faible en fer, chaux et soude ; elle correspond donc à un produit de différenciation acide.

Dans l'intérieur de la masse monzonitique ou banatitique apparaissent de nombreux amas ou traînées de produits de ségrégation basique, qui se distinguent de la roche ambiante par l'absence de quartz et la prédominance des plagioclases saussuritisés, de la hornblende et de la biotite, les deux derniers apparaissant sous forme de porphyroblastes.

Dans la dernière partie de son étude M. Staub a décrit les roches filoniennes, qui recoupent soit les roches monzonitiques, soit les schistes de Casanna encaissants. Ce sont d'abord des aplites, qui recoupent les banatites du Piz Chäpütschin et qui sont formées par un agrégat très fin d'albite, de microcline, de micropertite et de quartz avec comme minéraux accessoires de l'orthite, en partie transformée en epidote, de la titanite, de l'apatite. La structure est panidiomorphe, la texture massive. La composition chimique, avec 74,37 % de silice et 13,51 % d'alumine, est caractérisée par la forte quantité des alcalis ( $K_2O : 3,06\%$ ,  $Na_2O : 5,74\%$ ). Dans les monzonites on trouve des aplites filoniennes, qui diffèrent des précédentes par la fréquence plus grande de l'orthite et la présence de la hornblende.

A côté des aplites franches M. Staub a trouvé des alsbachites, formées d'une masse microgranulitique de quartz, micropertite et microcline et de porphyroblastes de quartz, micropertite et biotite, qui recoupent probablement les banatites. D'autres alsbachites, comprises dans les monzonites de la Punta Marinelli, sont caractérisées par leurs gros porphyroblastes de quartz, micropertite et albite et se rapprochent beaucoup des alsbachites du Piz Corvatsch.

Dans les schistes de Casanna l'on trouve d'une part, à la Punta di Marinelli des alsbachites, très semblables à celles qui coupent la monzonite, mais plus cataclastiques, d'autre part, au Chäpütschin et à la Fuorcla Lej Alv, des aplites ayant pris l'aspect de gneiss.

A côté de ces roches leucocrates M. Staub a trouvé en petite quantité des lamprophyres soit dans les monzonites, soit dans les schistes de Casanna voisins, sous deux formes il est vrai assez différentes. Parmi les lamprophyres qui coupent les monzonites, l'auteur distingue un type basique et

un type relativement acide. Le premier comprend des roches vert-foncé, formées de très petits cristaux d'une hornblende secondaire et d'un tissu très fin de saussurite, séricite, albite et quartz avec, comme minéraux accessoires, de la titanite et de l'ilménite, de l'épidote, de la chlorite et de la magnétite. La composition chimique et minéralogique permet de considérer ces lamprophyres comme dérivées de camptonites amphiboliques. Le second type se distingue du premier par un appauvrissement en hornblende et en saussurite et un enrichissement en albite; il dérive certainement d'une roche du groupe des vogésites-spessartites; parfois par suite d'une augmentation de la quantité de la chlorite, la texture devient finement schisteuse.

Ces lamprophyres riches en chlorite établissent la transition avec celles qu'on trouve dans les schistes de Casanna, et parmi lesquelles on peut distinguer aussi deux types principaux. D'un côté certaines d'entre ces roches sont formées essentiellement de chlorite, d'albite et d'épidote avec de la magnétite, de la titanite et de l'ilménite; elles prennent l'apparence de schistes chloriteux à epidote, ce dernier se trouvant du reste en quantité très variable, et dérivent vraisemblablement d'une kersantite. D'un autre côté les lamprophyres des schistes de Casanna s'enrichissent en hornblende au point de n'être plus formées que de hornblende, d'albite et de micropertite avec très peu de saussurite; ce second type doit être considéré comme provenant de roches de la série des vogésites-spessartites.

Dans un chapitre final M. Staub tire un certain nombre de conclusions générales de son étude. Il montre d'abord que les roches granitiques de la nappe d'Err d'une part, les roches monzonitiques de la nappe de Sella de l'autre, ainsi que les roches filoniennes qui accompagnent les unes et les autres doivent se rattacher à un même foyer magmatique, dont le magma différait peu de celui des monzonites. Les granites de la nappe d'Err seraient ainsi un produit de différenciation acide, auquel font probablement pendant, comme produit de différenciation basique, les roches dioritiques de la nappe de la Bernina.

Après leur intrusion, probablement carboniférienne, ces roches intrusives ont été soulevées par des efforts orogéniques et rapprochées de la surface par une érosion profonde des schistes encaissants, à la suite de quoi elles ont été transformées conformément à ce qui se passe dans la zone supérieure de l'écorce (saussurisation, séricitisation, chloritisation).

Enfin roches intrusives et schistes de Casanna ont été englobés dans les nappes de recouvrement alpines ; ils ont été laminés et mylonitisés sous la poussée de la nappe de la Bernina. Le degré atteint par la mylonitisation a varié beaucoup avec la force de l'écrasement subi ; le processus du phénomène a varié avec la composition minéralogique préexistante des roches, se bornant à une pulvérisation et à un laminage purement mécaniques, sans modifications chimiques dans les milieux acides, déterminant au contraire une destruction complète des minéraux préexistants dans les roches basiques. Ainsi la région occidentale du massif de la Bernina peut être considérée comme une région absolument classique pour l'étude de la mylonitisation des roches intrusives.

L'étude que je viens d'analyser, publiée comme thèse de doctorat par M. Staub, a été incorporée d'autre part dans une publication plus étendue, qui concerne en outre les ophiolites de la nappe rhétique, les schistes de la Maloja, les schistes de Casanna et diverses roches métamorphisées au contact des ophiolites (10).

Les ophiolites de la nappe rhétique, apparaissent depuis le lac de Silvaplana et les environs de Surlej par l'Alp Mortél et Grialetsch jusqu'au Lej Sgrischus. Elles comprennent surtout des schistes verts avec des amas lenticulaires espacés de serpentine, de diabase et de porphyrites.

Dans ce complexe les diabases sont particulièrement rares ; M. Staub n'en connaît qu'un seul affleurement, situé sur le bord du lac de Silvaplana près de Paludetta. La roche qui apparaît ici est un diabase typique formé essentiellement d'une augite brune violacée et d'un feldspath saussurisé, disposés de façon à déterminer une structure ophitique franche. L'augite est en général ouralitisée périphériquement ; elle donne par places naissance à des amas de chlorite. L'ilménite et la titanite sont particulièrement communes parmi les minéraux accessoires. La composition chimique correspond à celle d'un diabase pauvre en chaux.

Les porphyrites diabasiques sont beaucoup plus communes ; elles existent en particulier en quantité importante entre Grialetsch et la Fuorcla Furtschellas, où elles se présentent sous deux formes différentes.

Le premier type est une roche porphyrique et massive, dans laquelle des porphyroblastes prismatiques d'un plagioclase profondément altéré se détachent au milieu d'une pâte fine de plagioclase et d'amphibole. Les gros cristaux de plagioclase possèdent toujours un noyau de zoïsite et d'épidote,

tandis que périphériquement ils ont donné naissance à de l'albite secondaire et que dans une zone moyenne est conservée une partie maclée d'un oligoclase-andésine; d'une façon générale la saussurisation s'est faite avec une cristallisation large de la zoïsite et de l'épidote, aussi bien dans les plagioclases de la pâte que dans les phénocristaux. La pâte comprend des plagioclases du groupe albite-oligoclase, saussuritisés, puis des amphiboles très riches en inclusions, xénomorphes, se présentant sous trois formes, une brune, une verte, une bleuâtre, puis, en moindre quantité, des augites transformées en partie en chlorite, en partie en ouralite. Lilménite et la titanite sont des éléments accessoires très abondants. La composition chimique avec 47,95 % de silice, 11,74 % d'alumine, 14,03 % d'oxydes de fer, 9,73 % de chaux, 5,45 % de magnésie, 0,44 % de potasse et 4,71 % de soude, correspond à un magma diabasique, relativement pauvre en chaux. A côté des roches les plus caractéristiques de ce premier type on peut distinguer des variétés, qui en diffèrent soit par une plus grande finesse du grain, soit par des quantités relatives différentes de l'augite et de la hornblende.

Mais toutes ces roches du premier type se distinguent de celles du second type par la transformation beaucoup moins profonde qu'elles ont subie. Dans ces dernières les grands éléments de plagioclase sont saussuritisés de façon beaucoup plus fine, et surtout la pâte est transformée en un tissu granoblastique ou lépidoblastique de chlorite, epidote, albite, titanite et zoïsite, dans laquelle apparaît encore avec une fraîcheur remarquable une amphibole brune. Il paraît probable que ces roches dérivent d'un faciès marginal à grain fin des porphyrites du premier type.

A côté de ces roches, dont la structure primaire diabasique est encore plus ou moins reconnaissable on rencontre une série de roches amphiboliques profondément recristallisées, mais qui sont reliées aux diabases ou aux porphyrites par des termes de transition. Ce sont d'abord des roches vertes, compactes, dans lesquelles les feldspaths sont complètement décomposés en albite d'une part, en amas de zoïsite et d'épidote de l'autre; la hornblende, toujours xénoblastique, est surtout de la hornblende verte; la structure est granoblastique, la texture massive; génétiquement ces roches sont des diabases amphiboliques transformés en amphibolites albitiques. Ce sont en second lieu des roches analogues mais contenant encore des restes d'augite. Ce sont encore

des amphibolites, dans lesquelles la hornblende verte est en grande partie remplacée par de l'ouralite fibreuse et de couleur claire, l'amphibole foncée étant en général entourée de chlorite ; il s'agit ici de diabases profondément altérés. Enfin dans certains cas la chlorite devient l'élément principal, formant une masse lépidoblastique, dans laquelle sont semés de gros éléments d'ouralite et des grains d'albite. Ces roches établissent la transition avec les suivantes.

Les schistes verts se trouvent dans tout le domaine des roches ophiolithiques ; M. Staub a distingué parmi eux les types suivants :

1<sup>o</sup> Des schistes formés essentiellement de chlorite, d'augite et d'albite. L'augite est ici la même augite titanifère qu'on trouve toujours dans les roches diabasiques de la nappe rhétique ; elle est fortement déformée par cataclase et partiellement transformée en chlorite ; ses gros grains informes représentent des reliques restées au milieu de la masse lépidoblastique de chlorite, d'albite et d'épidote qui constitue le fond de la roche. La chlorite est en partie de la pennine, en partie du clinochlore ; elle est parfois accompagnée de séricite. Ces roches dérivent vraisemblablement de diabases à gros grain.

2<sup>o</sup> Des schistes formés en majeure partie par de l'albite et de la chlorite, qui se distinguent des précédents par la fréquence de l'épidote, en quantité du reste très variable, et par l'absence de l'augite. L'albite existe en partie en petits grains, en partie en macrocristaux maclés ; la chlorite est tantôt disséminée, tantôt accumulée ; elle se répartit entre des types très divers ; l'épidote apparaît dans la règle en petits grains informes. La magnétite, l'ilménite et l'apatite sont les principaux minéraux accessoires. La calcite est parfois assez abondante et la hornblende se trouve souvent sous forme de relique.

La composition minéralogique de ces schistes varie du reste dans des limites étendues quant aux quantités relatives de la chlorite, de l'épidote, de l'albite et de la calcite, ce qui a amené M. Staub à distinguer différentes variétés, mais, malgré ces différences, toutes ces roches peuvent être dérivées d'un magma diabasique. Ce type de schiste vert est particulièrement commun dans la nappe rhétique.

3<sup>o</sup> Des schistes constitués par un tissu lépidoblastique d'albite et de chlorite, dans lequel sont semés des porphyroblastes d'ilménite. La titanite, l'épidote, la séricite et l'apatite s'y trouvent en petite quantité ; la calcite y apparaît en quan-

tité très variable. Ces roches, qui n'ont été constatées jusqu'ici que localement, près de Grialetsch et au S de Surlej, doivent être considérées comme des produits de différenciation d'un magma diabasique, profondément métamorphisés.

4<sup>o</sup> Des schistes à peu près purement chloriteux avec seulement une faible teneur en epidote, titanite et ilménite et des porphyroblastes de magnétite, qui proviennent certainement par métamorphisme de ségrégations particulièrement riches en magnésie et en fer nées au sein d'un magma gabbroïde-diabasique.

Au milieu des schistes verts de l'Alp Mortèl, M. Staub a découvert une variolite foncée, comprenant une masse fine de chlorite, d'épidote, d'actinolithe et de titanite, qui englobe des amas lenticulaires d'albite et d'épidote évidemment dérivés d'un plagioclase.

Les serpentines, particulièrement communes parmi les roches ophiolithiques de la nappe rhétique, ont été étudiées par M. Staub avec une attention spéciale. Ce sont des roches foncées, vertes, violacées par places, presque toujours massives, présentant un réseau serré de veines remplies de chrysotile avec parfois de l'asbest. La serpentine se trouve presque toujours sous forme d'antigorite; elle contient toujours de la magnétite avec, en général en petite quantité, une substance amorphe. A ces éléments essentiels se mêlent, en proportions très diverses suivant les gisements, d'abord des restes de diallage et d'augite qui se prêtent fort bien à l'étude de la marche de la serpentinitisation, puis de la hornblende secondaire, de la chlorite en général rare, de la titanite, de l'ilménite, de la pyrite et de la magnétite. L'olivine ne se trouve plus dans ces roches, mais, d'après la structure de l'antigorite, on peut considérer comme certain que celle-ci est dérivée de l'olivine et que les roches en question sont des péridotites à diallage métamorphisées. L'analyse chimique a permis de constater l'absence complète d'alcalis, la pauvreté en alumine (0,43 %) et en chaux (0,81 %) et l'extrême richesse en magnésie (37,09 %).

Au milieu des serpentines au S de l'Alp Surlej, M. Staub a trouvé une roche formée à peu près exclusivement d'amphibole. Celle-ci comprend d'une part une hornblende brune plus largement cristallisée, d'autre part une hornblende verte en petits cristaux; elle a subi un commencement de décomposition en chlorite et actinolithe. L'épidote et l'ilménite se trouvent en petite quantité.

C'est dans la serpentine aussi que M. Staub a observé,

près de la Fuorcla Furtschellas, des lentilles d'une roche verte, grise ou bleuâtre, qu'il a reconnue ensuite pour de la néphrite. Au microscope on observe un tissu feutré très fin d'antigorite; à l'analyse la composition chimique se révèle comme exactement conforme à celle des néphrites typiques. Par leur origine ces roches se rattachent certainement à des schistes à actinolithe, qui eux-mêmes dérivent d'un produit de différenciation marginale de roches périclinales-pyroxéniques, ou bien proviennent d'une injection siliceuse dans des calcaires ou au contraire d'une réaction de solutions calcaires sur des serpentines, ou bien encore représentent d'anciens filons ou traînées pyroxénitiques. La transformation des schistes à actinolithe a dû se faire sous une pression très forte, et dans le cas particulier des néphrites de la nappe rhétique, il est logique de rattacher cette pression au développement des nappes de charriage, de façon à considérer ces néphrites comme un véritable produit de mylonitisation.

Par places, M. Staub a constaté le passage des serpentines à des schistes talqueux, qui représentent le produit ultime de la transformation des roches périclinales, mais qui ne prennent qu'un développement très limité.

Après cette description des ophiolites de la nappe rhétique, M. Staub aborde celle des roches qui forment le cœur de cette même nappe dans le Val Fex et qu'il dénomme, comme l'a fait M. Cornelius, série de la Maloja; il tient compte plus particulièrement des faciès schisteux qui se trouvent à l'état de grandes écailles et parmi lesquels on peut distinguer un type dépourvu de chlorite et un type chloriteux.

Les schistes sans chlorite sont surtout des gneiss finement lités, formés de zones minces de quartz et de feldspath, séparées par des feuillets de mica blanc. Le quartz est à l'état microgranulitique; le feldspath est représenté surtout par l'albite en petits grains mêlés au quartz; mais on trouve souvent aussi de l'orthose en cristaux mieux formés et du microcline. Le mica est une mouscovite verdâtre, voisine de la phengite, cristallisée en lamelles idioblastiques et riche en inclusions de zircon. L'épidote et la titanite sont fréquents; la pyrite existe souvent et forme des éléments assez gros; le grenat n'apparaît que dans les zones les plus profondes. La structure de ces gneiss est nettement cristalloblastique, avec une tendance tantôt granoblastique, tantôt lépidoblastique, tantôt porphyroblastique, suivant la proportion et la distribution du mica d'une part, du quartz et du feldspath de l'autre. La texture est schisteuse; la cataclase est pour ainsi

dire nulle dans les zones profondes ; elle apparaît de façon de plus en plus accusée dans les zones supérieures, qui ont été soumises au laminage et à l'imbrication.

Les schistes chloriteux forment la majeure partie des schistes de la Maloja à l'E du Fextal. Ils se distinguent par leur couleur foncée, qui les fait ressembler aux schistes verts. La chlorite, de teinte verte vive, devient l'élément prédominant, auquel se mêlent encore de la mouscovite, de l'albite et du quartz. La tourmaline et l'ilmenite sont les minéraux accessoires habituels. La structure est lépidoblastique.

En outre, M. Staub a constaté la présence dans la série de la Maloja, en divers endroits, de schistes phylliteux, foncés, d'aspect assez varié.

L'ensemble de ces gneiss, schistes chloriteux et phyllites, représente certainement une série sédimentaire métamorphique, dont les divers termes sont reliés par des transitions. La recristallisation de ces schistes devait être achevée avant les plissements alpins ; elle a dû être facilitée par la finesse du matériel primaire et a conduit à un résultat totalement différent des produits de la transformation des granites du Corvatsch.

M. Staub a étudié également les schistes prétriasiques des nappes austro-alpines inférieures, pour lesquels il a conservé le nom de Schistes de Casanna. Les roches qui enveloppent les massifs intrusifs de la Haute-Engadine et forment des inclusions à l'intérieur de ceux-ci, sont particulièrement bien développées dans la paroi S de la Sella et aux abords du Refuge Marinelli, mais on les retrouve plus au N dans le massif du Corvatsch et autour de l'Aguagliouls ; elles restent assez semblables à elles-mêmes dans les deux nappes d'Err et de Sella. Les types les plus habituels sont des schistes quartzitiques ou phyllitiques en alternances fréquentes ; aux abords des roches intrusives on trouve des roches plus ou moins profondément modifiées.

Les schistes de Casanna rappellent d'une façon générale les schistes de la Maloja ; ils sont en général caractérisés par une teneur assez riche en graphite, qui leur vaut une teinte grise et presque noire. Les éléments constituants habituels de ces roches sont les suivants : d'abord le quartz en éléments très fins et irréguliers, puis l'albite, qui ne forme aussi que de très petits grains et manque complètement dans certains schistes, puis la mouscovite, qui forme en général de larges feuillets parallèles, et la séricite qui est au contraire disséminée dans le quartz en petites lamelles. La chlorite se

mèle souvent à la mouscovite et peut devenir abondante. Comme éléments accessoires on trouve surtout la magnétite, le zircon, l'apatite et, plus rarement, la titanite et l'ilmenite. La structure est tantôt cristalloblastique, tantôt blastopsammique ou blastopélitique; le degré de la cataclase varie extrêmement.

D'après les quantités relatives des éléments constituants, on peut distinguer parmi ces schistes des gneiss albitiques riches en séricite, ou bien en chlorite, des gneiss pauvres en feldspath et passant à des quartzites, des quartzites à séricite ou à chlorite, des phyllites, tantôt riches en séricite, tantôt contenant une portion importante de graphite, enfin un gneiss riche en graphite.

A côté de ces schistes de Casanna normaux M. Staub distingue les schistes métamorphisés par contact. Ce métamorphisme se manifeste parfois simplement par l'apparition plus ou moins abondante de la tourmaline et par la cristallisation plus large de la mouscovite et de la chlorite. D'autres fois on voit la teneur de la roche en ilmenite et titanite augmenter considérablement, en même temps qu'apparaît de l'orthose. Dans certains cas c'est la clinzoïsite qui forme de gros prismes courts, jouant le rôle de porphyroblastes, tandis que la roche est semée de petits éléments de hornblende; l'épidote peut alors accompagner la clinzoïsite et, parfois, il finit par la remplacer complètement. Ces dernières roches se trouvent surtout à proximité des monzonites, où elles sont certainement le fait d'un métamorphisme de contact agissant sur des quartzites. Pourtant il existe aussi au Piz Corvatsch des schistes à zoïsite et epidote qui résultent très probablement d'une injection aplitique dans une roche gneissique.

A côté de ces modifications dans leur composition minéralogique, les schistes de Casanna ont souvent subi de simples modifications de structure; ils sont alors plus largement cristallisés, en particulier la mouscovite forme de larges paillettes orientées de façon irrégulière.

Dans un dernier chapitre M. Staub donne une description des roches métamorphisées au contact des ophiolites de la nappe rhétique, roches parmi lesquelles il a retrouvé les mêmes types que ceux signalés par M. Cornelius au N du lac de Sils, mais en quantité beaucoup moindre.

Au sein de la série de la Maloja, dans le fond du Fextal, on trouve des gneiss de structure franchement cristalloblastique, avec des mouscovites largement cristallisées, qui ont été évidemment régénérés par l'intrusion périclitique, au

point de faire disparaître complètement les signes de cataclase si répandus dans les schistes ambiants.

Mais, à côté de ces modifications purement structurelles, les schistes de la Maloja ont subi par places des modifications substantielles importantes. Parfois ils s'enrichissent considérablement en ilménite et titanite, auxquels s'ajoute souvent l'épidote, de telle façon qu'il faut admettre une pénétration microfilonienne, parallèle à la schistosité; d'autres fois l'épidote est associé à de l'actinolithe. Dans les environs de Grialetsch M. Staub a trouvé une roche caractérisée par une cristallisation abondante et large d'une amphibole bleufoncé, formant des porphyroblastes au milieu d'une masse finement grenue de quartz, orthose, albite, chlorite et épидote. Cette formation rappelle les schistes amphiboliques de Gravasalvas. Enfin aux environs de la Bocchetta delle Forbici on rencontre tous les termes de passage entre les schistes de la Maloja normaux et des schistes à clinozoïsite, à amphibole et à diopside.

Dans le complexe serpentineux de la nappe rhétique M. Staub a constaté, depuis le versant ouest du Piz Corvatsch, jusque près du lac de Sils, des lentilles d'ophicalcites. Ces roches se distinguent des formations semblables de Gravasalvas par leur structure beaucoup plus fine et leur imprégnation plus intime par la masse serpentineuse, ce qui fait qu'elles prennent une teinte générale verte, passant au brun par oxydation.

L'étude microscopique a permis de distinguer facilement deux types d'ophicalcites. Dans le premier l'antigorite forme des amas de formes diverses et de dimensions variées au milieu d'une masse granoblastique de calcite; d'après sa structure elle dérive certainement d'un périclase. Dans la masse calcitique on trouve en outre de fines lamelles disséminées d'antigorite, des porphyroblastes de chlorite, tantôt isolés, tantôt réunis en agrégrats feuillettés, de gros octaèdres de magnétite et de nombreuses aiguilles fines de trémolite ou d'actinolithe; enfin à la calcite se mêle souvent une quantité importante de dolomie. La structure est ainsi porphyroblastique; la texture est massive; les traces de cataclase font presque toujours défaut.

Dans le second type d'ophicalcites le mélange de l'antigorite et de la calcite est intime et la teneur en chlorite et en hornblende peut être considérablement réduite.

Quant à l'origine de ces ophicalcites, la seule explication satisfaisante consiste à admettre une action pneumatolytique

partie des magmas périclithiques voisins et ayant agi sur des calcaires probablement liasiques.

M. Staub a étudié également un banc de marbre qu'il a trouvé intercalé dans les schistes métamorphisés du Lias aux environs du Lej Sgrischus. Il s'agit d'une roche formée de gros grains de calcite mêlés à des éléments, grossièrement cristallisés aussi, de quartz et d'albite avec un peu d'orthose, au milieu desquels se développent de larges feuillets de mouscovite et de chlorite. De la titanite, de l'épidote, de la hornblende en plusieurs variétés sont semés dans la roche. La structure est granoblastique, lépidoblastique par places ; la texture est schisteuse. Quant à l'origine de ce marbre, M. Staub est tenté d'y voir un calcaire métamorphisé par contact.

D'autre part M. Staub a eu l'occasion d'étudier divers types de marbres, en général intimement liés à des schistes calcaréo-siliceux et caractérisés par la présence de diopside, d'épidote, de clinozoisite ou de hornblende, qui rentrent aussi dans la catégorie des calcaires métamorphisés par contact.

En dernier lieu M. Staub décrit une série de schistes métamorphiques qu'il a rencontrés à proximité des ophiolites, au-dessous de l'Alp Mortels. Ce sont d'abord des roches pyroxéniques, massives, formées essentiellement par du diopside, auquel se mêlent en petites quantités de la chlorite, de l'épidote, de la clinozoisite et de la titanite ; parfois on y trouve encore de l'albite et de la calcite. Il existe dans les mêmes parages aussi des roches massives, violacées, formées d'un tissu feutré de diopside, au milieu duquel se détachent de gros grenats bruns, sans formes cristallographiques, très riches en inclusions de magnétite et contenant presque toujours de petites aiguilles de diopside, qui appartiennent à l'andradite. La titanite est un élément accessoire abondant. Dans d'autres roches on trouve à côté du diopside de l'idocrase, qui apparaît soit en éléments isolés ou en agrégats disséminés dans la masse pyroxénique, soit comme remplissage d'un réseau de fissures coupant la roche en tous sens ; à côté de ces deux éléments essentiels apparaissent du grenat, de la titanite, de la magnétite et souvent un peu de chlorite. Chimiquement ces pyroxénites à idocrase se distinguent des pyroxénites à grenat par le remplacement d'une portion importante du  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  par  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . On rencontre, toujours dans le même complexe, des roches constituées essentiellement par du grenat et de l'idocrase, avec de faibles quantités de diopside. Le grenat est ici une variété verte voisine du gros-

sulaire ; il est imprégné d'une poudre de leucoxène et contient toujours des inclusions de diopside. L'idocrase joue ici le même rôle que dans les roches précitées ; la chlorite apparaît en général comme élément peu abondant, cristallisé en dernier ; la roche contient en outre des traînées formées d'un agrégat extrêmement fin de calcite ou de dolomie, qui sont évidemment un résidu du sédiment primaire.

Enfin M. Staub a étudié une roche existant à l'Alp Mortels et constituée essentiellement d'épidote et de clinzoïsite ; l'épidote, qui est fortement prédominant, a une teinte pâle et a cristallisé en prismes courts. La clinzoïsite forme des prismes beaucoup plus longs, orientés en tous sens. Des roches analogues existent à la Bocchetta delle Forbici, mais ici c'est la clinzoïsite qui prédomine.

De l'étude qu'a faite M. Staub des roches riches en silicate de chaux, trouvées dans l'entourage des ophiolitesil résulte à l'évidence que ces roches dérivent de calcaires métamorphisés par contact, comme l'a admis M. Cornelius pour les formations analogues au N. du lac de Sils. A l'appui de cette déduction l'auteur cite une série d'arguments tirés soit de la structure ou de la composition des roches en question, soit de leur position tectonique. Les roches à epidote et clinzoïsite doivent se rattacher plus particulièrement aux schistes pauvres en magnésie du Lias, tandis que les roches à diopside proviennent des dolomies du Trias. La transformation des formations liasiques a pu se faire presque exclusivement par simple recristallisation, tandis que pour celle des dolomies il faut nécessairement supposer un apport de Si O<sub>2</sub>, avec de moindres quantités de Na<sub>2</sub>O, Ti O<sub>2</sub> et Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Suivant les quantités de Ca O, Mg O, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, en présence dans les sédiments dolomitiques au moment de la recristallisation il s'est développé une roche formée purement de diopside, ou d'un mélange de diopside, de grenat et d'idocrase ; ainsi les roches à idocrase et diopside doivent provenir de calcaires dolomiques contenant une certaine quantité d'argile, les roches à idocrase et grenat de schistes calcaréo-argileux.

Enfin la structure massive, sans cataclase prononcée, que présentent toutes ces roches métamorphiques, montre que celles-ci n'ont plus subi après leur recristallisation de métamorphisme dynamique important.

M. A. HUGI (8) a fait sur les roches gneissiques de la vallée de Lauterbrunnen une série d'observations qui viennent en con-

firmation de l'idée assez généralement admise de l'origine endogène des gneiss de la zone septentrionale du massif de l'Aar.

Ces observations ont porté plus spécialement sur les enclaves sédimentaires contenues dans le gneiss, qui sont en grand nombre et de dimensions très diverses, mais qui présentent toutes des marques évidentes d'injection et de métamorphisme de contact, qu'elles soient calcaires, calcaréo-siliceuses ou formées de schistes cristallins, micacés ou amphiboliques.

M. Hugi décrit plus particulièrement d'abord 3 grosses enclaves de calcaire marmorisé, dans lesquelles il a pu constater très nettement la pénétration filonienne aplitique, tandis que le métamorphisme n'y atteint qu'un degré peu élevé. Il étudie ensuite 2 inclusions formées d'un mélange de calcaire et de roche calcaréo-siliceuse, pour lesquelles il faut admettre d'une part une dislocation de la masse sédimentaire, d'autre part une refusion assez profonde. En troisième lieu M. Hugi a examiné des enclaves formées de schistes micacés ou amphiboliques, dans lesquelles la pénétration microfilonienne, très abondante, a généralement suivi le plan de schistosité, mais l'a fréquemment aussi coupé, et les phénomènes de refusion prennent une grande importance.

L'auteur traite finalement la question des relations entre les orthogneiss de Lauterbrunnen-Innertkirchen et le granite de Gasteren. Il montre que les premiers ont subi une abondante injection aplitique et pegmatitique, qui ne peut être rattachée qu'au massif intrusif de Gasteren, et que cette injection s'est effectuée dans des roches complètement consolidées. Il cite comme région particulièrement démonstrative à cet égard celle qui entoure le front du glacier de Tschingel.

Il faut donc admettre qu'il y a eu dans la zone externe du massif de l'Aar 3 phases d'intrusion successives : celle des gneiss d'Erstfeld, puis celle des gneiss d'Innertkirchen-Lauterbrunnen, enfin celle du granite de Gasteren.

M. A. BRUN (7) a fait, dans le but de réfuter l'assertion de MM. Day et Shepherd, que la vapeur d'eau n'a pas d'action sur les laves à haute température, une nouvelle série d'expériences et a pu prouver ainsi que la vapeur d'eau mise en contact avec de la lave fondu ou même suffisamment échauffée se décompose et détermine une oxydation profonde de la lave, en même temps qu'il se dégage divers gaz, d'abord du CO et du CO<sub>2</sub>, puis surtout de l'hydrogène. Les affirmations antérieures de M. Brun sur le caractère anhydre des laves se trouvent ainsi absolument confirmées.