

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 7 (1901-1903)
Heft: 1

Artikel: 2e partie, Minéralogie et pétrographie
Autor: Schardt, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-155905>

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: 22.02.2026

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

venant du Tertiaire qui supporte les tufs; ce sont parfois de véritables couches de passage qui semblent indiquer une contemporanéité au moins partielle des éruptions avec les dépôts Miocènes supérieurs. Cela paraît ressortir en particulier de la présence de coquilles terrestres dans certains tufs phonolitiques, en particulier d'une espèce de *Helix* déterminée comme *Helix sylvana*, bien que d'une manière non définitive.

L'auteur consacre encore un chapitre aux effets de l'invasion glaciaire et admet, d'après Penck, trois glaciations avec leurs moraines et leurs graviers fluvioglaciaires. Plusieurs cours d'eau ont subi à la suite d'obstructions morainiques ou glaciaires des dérivations temporaires ou définitives.

Enfin, il relate les recherches qui ont conduit à la constatation que la grande source de l'Aach est bien en relation avec des pertes du Danube entre Immendingen et Möhringen.

2^e PARTIE. — MINÉRALOGIE ET PÉTROGRAPHIE

par H. SCHARDT.

Minéralogie.

Minéraux. — La présence de **Brookite** (TiO_2) dans un schiste cristallin du Bristenstock a été constatée par MM. PEARCE et FORNARO¹. Ce minéral, en cristaux aplatis de 2-3 cm., sur 2 mm. d'épaisseur, est d'une couleur rouge brun. Les cristaux sont associés à du quartz, de l'albite et de l'adulaire. Malgré leurs petites dimensions, il a été possible de faire d'excellentes mesures cristallographiques.

M. BODMER-BEDER² a eu l'occasion d'étudier un groupe de **cristaux de quartz** du Val Somvix, dans les Grisons, qui doivent avoir subi une **déformation mécanique** par dislocation. Ils étaient contenus dans une fissure d'environ 7 cm. de large, remplie d'argile ferrugineuse et de brèche quartzreuse. L'examen microscopique a permis de constater que la pression a agi successivement dans deux directions. Elle a produit une sorte de clivage occulte indiqué par des vides, par des inclusions liquides et par des fissures disposés en séries. Ce sont

¹ Note sur la Brookite du Bristenstock. *Eclogae géol. helv.* VI, 1900, p. 501.

² BODMER-BEDER. Durch Gebirgsdruck gebogene Quarzkrystalle. *Centralblatt für Min. Geol. u. Pal.* 1900, p. 81-94. 4 fig.

les surfaces du rhomboèdre qui ont surtout fonctionné comme plans de glissement. La forme des vides et des inclusions atteste un état *d'agrégation plastique* au moment de la déformation. Il n'y a extérieurement aucune sorte de cassure visible. Les fissures qui se sont formées ont été cicatrisées ensuite par du quartz privé d'inclusions, en sorte que la « déformation sans cassure » n'est que relative.

M. HEIM¹ a constaté à Rothenbrunnen, dans une fente thermale, dans les schistes grisons, de la **calcite** concrétionnée et de l'**aragonite** bleu-verdâtre, en cristaux superbes.

M. SCHMIDT² a étudié les **minéraux du Trias** du flanc droit de la vallée de Baltschieder (Valais). Entre Raaf et Rothenkuh les terrains reposent en discordance sur des gneiss fortement inclinés. Mais au Steinbruchgraben, la base de ces sédiments est intercalée en forme de coin dans des gneiss avec lesquels ils sont concordants. Leur épaisseur est d'environ 35 m. et ils peuvent se poursuivre sur près de 500 m. Ce sont des calcaires bréchoïdes dolomitiques gris, en partie quartzeux, riches en traînées de séricite. Il y a à la base, en alternance avec la roche dolomitique grise, des cornieules et des schistes chloriteux remplis de pyrite cubique. Plus haut, vers le point 1991 m., la situation est plus nette, mais le contact avec le gneiss n'est pas très tranché à cause des sécrétions de quartz, autant dans le gneiss que dans le calcaire, et de la richesse de ce dernier en mica. Les fissures du calcaire dolomitique renferment de nombreux cristaux de dolomite, calcite, fluorite, célestine, quartz, barytine, adulaire, anatase, blende, galène et tétraèdrite.

Ce sont les cristaux de dolomite qui sont surtout remarquables par leur fréquence et leurs formes parfaites, puis ceux de célestine. La barytine est plus rare, de même que l'adulaire et l'anatase. Cette dernière est entourée d'adulaire et de quartz. Les minéraux métallifères sont particulièrement fréquents dans le voisinage du quartz. L'auteur donne de nombreux détails cristallographiques de ces minéraux et attribue leur formation aux influences dynamométamorphiques qui ont transformé le calcaire dolomitique, en le recristallisant et en l'injectant de quartz. Ce gisement est comparable

¹ C. R. Soc. helv. sc. nat. Thusis. 1900. Archives X, p. 401. *Eclogae geol.* VI, p. 493.

² C. SCHMIDT. Mineralien aus dem Triasdolomit des Baltschiederthals. *N. Jahrb. für Min. Geol. u. Pal.* 1900. I, p. 16-21.

à ceux du Binnenthal et de Campo-lungo qui se trouvent également dans une dolomite d'âge triasique.

M. HUGI¹ a trouvé dans les dépôts détritiques, à la limite du Flysch et des couches de Wang, sur les pâturages de Jänzimatt et Fontana-alp (Klippes de Giswyl) des concrétions sphéroïdales de baryte. Il rappelle que M. BALZER² a décrit des formations analogues de Riedernalp (Oberland bernois). Elles sont sphériques, ovoïdes, quelquefois glandulaires, ayant 2-15 cm. de diamètre. Extérieurement, il y a quelquefois une couche corticale de 1-2 mm. d'épaisseur, elle est plus tendre ($H=1,5$) que l'intérieur ($H=3-3,5$) qui a un poids spécifique de 3,8-3,9.

Quelquefois il y a une couche extérieure à structure fibro-rayonnante qui se compose de cristaux prismatiques en majorité et d'autres cristaux à clivage rhomboïdal avec un remplissage sombre. Elle paraît composée de sulfate de baryte et de calcite.

Une couche plus profonde est formée par une masse homogène noire, qui a une structure cristalline enchevêtrée avec un remplissage foncé. Elle se compose aussi de baryte et de calcite; le reste serait de l'argile, indiqué par SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 . A l'intérieur des concrétions se trouve un noyau à ramifications rayonnantes en forme d'étoile; c'est évidemment une sécrétion ayant rempli des fissures de contraction. La composition est aussi formée de calcite et de baryte. Rien ne permet d'élucider pour le moment dans quelles conditions ces concrétions se sont formées.

M. J. ERB³ a constaté la présence de la **fuchsite** dans un marbre intercalé aux schistes des Grisons entre Buccarishuna et Luscharia (Grisons). Ce minéral forme des traînées vert foncé dans le marbre. La fuchsite forme des écailles ayant au plus 1 mm. sans délimitation cristallographique. Les paillettes sont souvent courbées et cassées par la pression que la roche a subie.

La couleur est franchement vert émeraude. a = bleu-verdâtre, b = vert-jaunâtre, c = vert-bleuâtre. $LE = 60-63^\circ$. L'analyse qualitative a permis de constater la présence de

¹ E. HUGI. Klippenregion von Giswyl, *loc. cit.*, p. 31.

² A. BALZER. Notiz über ein Mineralvorkommen im Berner oberland. *Mitteil. Naturf. Ges. Bern.* 1897.

³ J. ERB. Ein vorhommen von Fuchsit (Chromglimmer) in den Schweizer Alpen. *Vierteljahrsschr. naturf. Gesellsch. Zurich.* 1898, t. 43, 270-378.

chrome. C'est la première fois que la fuchsite a été constatée in loco dans une roche des Alpes suisses.

Météorites. — M. EDM. V. FELLEBERG ² a relaté l'histoire et la découverte d'une **météorite** près de Rafrütti, 1027 m., dans le ravin occidental du Mumpbach sur Langnau (canton de Berne). La découverte date de 1886, où dans un terrain en défriche on mit au jour, à une profondeur de 30 cm., un fragment d'une grande masse de fer de forme sphéroïdale, pesant 18 kg. 200. Le terrain appartient à une nappe glissante et le gisement ne correspond donc probablement pas à l'endroit où la météorite s'est enfoncée dans le sol. Cet objet fut considéré pendant longtemps comme un fragment d'un *projectile d'artillerie*, datant de la guerre du Sonderbund.

L'extérieur est brunâtre couvert de petites excavations; l'intérieur offre une couleur gris-blanc métallique. C'est bien une météorite, ainsi que le prouve déjà sa composition, dans laquelle une analyse qualitative a fait reconnaître, outre le fer qui en forme la majeure partie, une assez forte proportion de nickel, puis du cobalt, du phosphore et un peu de soufre.

La date de la chute doit remonter au mois d'octobre 1856, au dire de divers habitants de la région qui affirment en outre avoir eu connaissance d'une explosion qui se serait produite dans l'atmosphère dans la direction du Napf. L'auteur nous promet une étude plus complète sur cette intéressante trouvaille.

GITES MÉTALLIFÈRES

M. HEIM ³ a démontré que le **minerai de fer du Gonzen** sur Sargans ne gît nullement dans le Dogger (Blegi-oolith) comme on l'a cru jusqu'ici, mais appartient au Malm moyen (Séquanien) (voir 4^e partie de cette *Revue*).

C'est de l'hématite compacte mêlée d'une proportion variable de Magnétite et de parties manganésifères. La teneur en fer est de 50-60 % et n'offre pas de trace de structure oolithique. Il est donc très différent des autres minerais de fer des Alpes glaronnaises.

Il contient en outre comme formation accessoire : Baryte,

² Der Meteorit von Rafrütti. Vorläufige Mitteilung. *Centralblatt für Min. Geol. u. Pal.* 1900, u. Separatabdruck aus dem *Bund*, N^o 220. 10 août 1900.

³ A. HEIM. Ueber das Eisenerz am Gonzen, sein Alter u. seine Lagerung. *Vierteljahrssch. Naturf. Gesellsch. Zurich*. XLV. 1900, p. 183-198. 1 pl.

fer, oligiste, fluorite, chlorite, minerais et manganèse, soit hausmanite, rhodochrosite et wiserite (rhodochroïte).

Localement il y a 90 % de magnétite compacte; ailleurs c'est l'hématite compacte qui prédomine, souvent aussi le calcaire est fortement mélangé au minerai de fer. L'épaisseur de la couche peut atteindre 1 $\frac{1}{2}$ m.

Au point de vue tectonique, le Gonzen forme un pli renversé vers l'ouest. Le fer a été constaté soit dans le flanc supérieur normal, soit dans le flanc moyen renversé, entre les altitudes de 1250 et 1450 m. Le sommet du Gonzen coïncide avec le faite de l'anticlinal. Localement il y a chevauchement du flanc normal sur le flanc renversé, le long de la ligne de faite de l'anticlinal.

La surface du gîte métallifère peut être estimée à 400 000-500 000 m², soit environ 1 500 000 tonnes de minerai.

MM. TARNUZZER, NUSSBERGER et LORENZ¹ ont été chargés par le gouvernement des Grisons de rédiger une notice sur les **gisements métallifères du canton des Grisons**.

Cet opuscule est précédé d'une introduction historique de M. Lorenz. Les gisements métallifères grisons ont fait l'objet de nombreuses tentatives d'exploitation et leur étude au point de vue technique et géologique est fort avancée, ainsi que le prouve une liste bibliographique de 22 publications.

Le présent rapport constate que ces gisements se trouvent pour la plupart dans le *Trias moyen et supérieur*, ainsi que dans les *schistes grisons* (schistes lustrés) qui sont en grande partie liasiques. Il s'agit surtout de minerais de fer, de plomb et de manganèse, puis de zinc et d'argent. Le cuivre n'est que peu représenté. Une seule mine offre de l'or. La perspective de la reprise de leur exploitation se base surtout sur la construction de lignes de chemins de fer et la création de forces motrices hydrauliques.

Voici la liste des principaux gisements décrits :

1. La mine d'or, dite Goldene-Sonne au *Calanda* est située à 1312 m. et présente l'or natif dans des filons de quartz et de calcite traversant le Jurassique moyen. L'or se rencontre là parfois en petits octaèdres, mais le plus souvent en paillettes ou enduits. La proportion de l'or dans le minerai extrait est de 16,6 gr. par tonne. Il faut remarquer encore que la pyrite qui accompagne le filon ne contient point d'or,

¹ Notice sur quelques gisements métallifères du canton des Grisons. *Coire. Imprimerie Fiebig*, 1900. p. 47. 3 pl.

alors que dans d'autres gisements c'est précisément la pyrite qui est aurifère.

2. *Val Sourda*, entre Bonaduz et Versam (Rhin sup.). C'est un gisement de fer dans le Jurassique moyen, situé à 900 m. d'altitude. Le schiste brun-rouge est fortement imprégné d'hématite.

Le *Val Puntaiglas*, sur Truns, a encore fourni du minerai de fer magnétique.

3. Sur l'*Alpe Schmoras*, 2726 m., dans le val Nandro (Oberhalbstein), c'est dans les schistes des Grisons et dans les calcaires triasiques que se trouve du minerai de fer hématite et du fer oligiste spéculaire.

4. *Alpe Tisch*, 1860 m. (vallée de l'Albula), filons de fer oligiste spéculaire dans du calcaire triasique. Ces mêmes calcaires renferment aussi du fahlerz et de la chalcoppyrite. Sur l'autre versant de la montagne, au Val Platzbi, on a exploité jadis de la sidérose dans des conglomérats quartzeux du Verrucano.

5. Gisements de galène argentifère et de calamine au *Piz Madelein* et du *Val Scarl* (Engadine). Les anciens travaux s'étendent sur une grande partie de la montagne dans le Muschelkalk alpin (Virglorien) et dans la cornieule supérieure du Hauptdolomit, depuis 1900 m. jusqu'à 2100 m. au vallon sauvage appelé Val del Poch.

La gangue de ces minerais associés de limonite est de la barytine ; les filons sont nombreux et assez réguliers et ont donné lieu jadis à une exploitation des plus actives, ainsi le prouve l'extension des travaux souterrains et les vastes ruines des bâtiments métallurgiques. Le but était surtout l'extraction de l'argent.

6. Minerais manganésifère du *Val d'Err* (Oberhalbstein). C'est de la pyrolusite et du psilomélane qui se retrouvent soit au Val d'Err, soit à l'Alpe digl Platz. Le gisement de l'Alpe d'Err est à 2617 m. ; il se trouve dans les schistes avec rognons de silex.

7. Gisements de psilomélane de Falotta au-dessus de *Roffna*, dans des schistes verts et rouge-cerise avec rognons de silex (schistes à jaspes), altitude 2160 m. Ces gisements sont probablement en connexion avec les précédents.

8. Galène et blende du *Silberberg* sur le versant gauche de la *vallée de la Landwasser de Davos*. Ces gisements sont

dans le Muschelkalk alpin et dans les calcaires inférieures du Trias, à l'altitude de 1680 m.

9. Galène argentifère et Fahlerz de l'*Alpe Taspin* sur Zillis (Schams). C'est dans la roche bréchiforme, dite Taspinite, considérée par les uns comme une brèche sédimentaire, par d'autres comme un Gneis ou un granite laminé. Altitude des gisements 2160 m. Les minerais sont accompagnés d'une gangue de barytine, peu de chalcoppyrite et malachite.

La troisième partie de cette publication donne une série d'analyses dont voici les principaux résultats.

Minerais de fer : Val Sourda, teneur en fer métallique 18,15 % — Alpe Schmorras, 24,17 % — Alpe Tisch, 59,61 % — Val Platzbi, 67,19 % — Canicul (Val Ferrera), 44,45 % en moyenne.

Minerais de plomb et de zinc : Silberberg, Plomb 70-80 % ; zinc, 4-9 % ; argent, traces. — Alpe Taspin, plomb 33-38 % ; argent 0,21 % en moyenne.

Minerais de manganèse : Psilomélane de l'Alpe Digl Platz : Manganèse 55,55 % ; fer 1,20 %.

Fahlerz de l'Alpe d'Ursera : Cuivre 1-3,30 % ; argent 0,35-0,935 %.

M. HEIM¹ a étudié plusieurs gisements de **minerais des Grisons** (vallée d'Oberhalbstein et d'Avers).

1. *Siderose*, formant des lentilles ou nids dans un schiste porphyroïde. L'éparpillement des gisements en rend l'exploitation difficile.

2. *L'hématite* forme un schiste lustré ferrifère dans les calcaires triasiques marmorisés. Tous les gisements sont malheureusement peu riches.

3. *Mineral de manganèse* en lentilles aplaties, nids et coincements au milieu des schistes grisons. Un des plus riches est celui de Roffna (Oberhalbstein) ; malheureusement il ne saurait fournir un volume constant capable d'alimenter une industrie suivie.

Les **mines d'or d'Antrona** (Val d'Ossola), ont fait l'objet d'un rapport de M. SCHMIDT², constatant que ces exploita-

¹ C. R. Soc. helv. sc. nat. *Thusis*. 1900. *Archives* X. p. 160-161. *Eclogæ* VI, 491-493.

² C. SCHMIDT. Geologisches Gutachten über die Golderzgänge von Antrona. *Basel* 1899.

tions ont pour objet près de 15 filons de pyrite aurifère (20 grammes d'or par tonne) intercalés dans du Gneiss du type Gneiss du Tessin, avec un plongement W-SW de 40-60° et une direction S-SE—N-NW.

Le Gneiss est recouvert de schistes amphiboliques formant probablement un synclinal dirigé sensiblement N—S. Une couche de marbre s'intercale localement entre les amphibolites et le Gneiss.

Pétrographie.

Tufs volcaniques. — Les matériaux éjectifs détritiques des **volcans éteints du Höhgau** ont été étudiés par M. J. ERB¹. Les matériaux effusifs des volcans forment le plus souvent l'objet des études de prédilection des pétrographes, tandis que les tufs ont été passablement négligés. C'est pour combler cette lacune pour ce qui concerne la région volcanique du Höhgau que l'auteur a consacré plusieurs années de travail à l'étude des dépôts détritiques d'origine volcaniques qui accompagnent ces éruptions tertiaires, tant basaltiques que phonolithiques.

En raison de la décomposition souvent très profonde et complète de ces roches si poreuses, l'étude des tufs volcaniques présente bien des difficultés.

La première partie est relative aux *tufs dépendant des effusions basaltiques*, au nombre de quatre : Hohenhöwen, Hohenstoffeln, Osterbühl et Höwenegg.

Ce sont tantôt des agglomérats de nodules basaltiques, de lapillis, avec des débris scoriacés, tantôt des agglomérats de cendres volcaniques. Outre les matériaux éjectifs volcaniques, il y a çà et là des blocs arrachés aux terrains traversés (granite, Jurassique, Tertiaire).

La stratification est parfois très nette, indiquant des éruptions successives. D'autres fois le tuf est entrecoupé de filons basaltiques.

L'âge de l'éruption est indiqué par les fragments de poudingue miocène à matériaux jurassiens et par l'existence au Höwenegg dans une couche de tuf à débris calcaires de mollusques terrestres du Tertiaire supérieur (*Clausilia antiqua*, *Hyalina cristallina*).

Les dépôts de tuf reposent souvent sur le poudingue mio-

¹ J. ERB. Die Vulkanischen Auswurfsmassen des Högaus. *Vierteljahrsschr. Naturf. Gesellsch. Zürich*. XLV, 1900. 59. p. 1 pl.

cène qui a également fourni la plupart des inclusions étrangères.

L'étude pétrographique a permis de reconnaître dans ces tufs les minéraux suivants : Magnétite souvent en beaux octaèdres, bien visibles, en deux générations, à l'intérieur des lapillis vitreux. Spinelles, indéterminables spécifiquement à l'intérieur des cristaux d'olivine, avec de la pérowskite. La présence de l'apatite est incertaine, puis la biotite, l'amphibole et l'olivine ; ce dernier minéral est souvent pseudo-morphosé en serpentine. Il y a de l'augite en cristaux isolés de 2-3 cm., mais le plus souvent en très petits cristaux, dans les lapillis vitreux. La mélilite est toujours décomposée par pseudomorphose et contient souvent des microlites d'augite. La néphéline, contient comme la mélilite souvent de l'augite et de la magnétite.

L'étude pétrographique porte autant sur les tufs que sur les lapillis et les bombes volcaniques des divers gisements. La composition chimique et minéralogique de ces dernières se rapproche beaucoup de celle du basalte lui-même. Dans les débris à structure poreuse et scoriacée la décomposition est beaucoup plus avancée. A l'exception de l'augite, de la magnétite et de la pérowskite, tous les minéraux sont pseudo-morphosés.

Il n'est pas possible de fixer l'âge relatif des minéraux les plus anciens qui sont la magnétite, la pérowskite et les spinelles. La biotite leur est postérieure ; ensuite vient l'olivine, suivie de la mélilite, de l'augite et de la néphéline. La cristallisation de la mélilite n'était pas encore achevée au moment de la déflagration et n'avait peut-être pas encore commencé. Quant à l'augite, elle doit avoir en partie préexisté dans le magma (les grands cristaux trouvés isolés) ; les petits cristaux ne se sont formés qu'après l'éjection. Il y a passage insensible entre les minéraux d'origine intratellurique et ceux datant de la phase éjective, parce que probablement la cristallisation a continué pendant l'ascension dans la cheminée pour s'achever pendant l'éruption, tandis que certains cristaux de formation intratellurique ont subi une active résorption magmatique, tels l'olivine, la mélilite, l'amphibole et la biotite qui ont même en partie entièrement disparu. La structure vitreuse ne se trouve que chez les petits lapillis, les bombes sont ordinairement holocristallines.

La décomposition et la cimentation des matériaux de déflagration sont deux actes qui s'enchaînent. La mélilite, la néphéline et l'olivine se détruisent les premières. L'augite résiste

le plus longtemps avec la magnétite, les spinelles et la matière vitreuse. La décomposition amène la formation de carbonates, de limonite et d'opale. La calcite prédomine dans le ciment.

La seconde partie de l'étude de M. Erb traite des *tufs des effusions phonolitiques*. Leur extension horizontale est plus grande que celles des tufs basaltiques; ils forment une véritable nappe autour des points d'éruption. Leur consistance est aussi plus grande, si bien qu'on peut en utiliser certaines variétés comme pierre de construction.

Leur disposition montre une stratification grossière, irrégulière indiquée par les variations dans le grain. Leur couleur se meut dans les teintes du gris. Des inclusions étrangères sont fréquentes. L'étude porte essentiellement sur les gisements du Hohentwiel, du Heilsberg, du Rosenegg, etc.

Les lapillis et les bombes ont permis d'y reconnaître les minéraux suivants: magnétite, pérowskite, pyrite, apatite, néphéline, mélilite, olivine, amphibole brune, augite, biotite brune; plus rarement de la noséane, du quartz et du feldspath (orthose et plagioclase); ces derniers sont évidemment étrangers.

La structure est toujours holocristalline, les restes de matière vitreux, s'il y en a, sont toujours décomposés. Le même fait se reproduit chez les *bombes à augite et amphibole*, dont l'analogie de composition avec les bombes basaltiques est frappante.

On trouve aussi dans les tufs des fragments de phonolite identique à celle des coulées et qui ne sont conséquemment pas des bombes proprement dites.

Le ciment renferme toujours en prédominance de la calcite et quelquefois de l'opale.

La composition avec les basaltes conduit à établir le tableau suivant des composants (p. 31):

La composition des bombes se rapproche davantage de celle du basalte à mélilite que de celle de la phonolite qui en est pourtant le berceau; ce n'est que la présence d'augite et de biotite en grands cristaux qui constitue une différence. Les matériaux de déflagration pourraient donc être attribués à des éruptions différentes de celles des laves phonolitiques, en admettant une marche ascensionnelle plus rapide ayant précédé celle des phonolites. On pourrait de ce chef considérer les phonolites et les basaltes à mélilite comme résultant par différenciation d'un seul et même magma.

Phonolites du Höhgau.	Petite bombes des Tufs phonolitiques.	Basalte à mélilite du Höhgau.
Magnétite	Magnétite	Magnétite
—	Perowskite (Spinell?)	Perowskite et Spinell
Mélanite	—	—
Noséane et Hanyu	?	—
Leucite	—	—
Zircone	—	—
—	Mélilite	Mélilite
Apatite	Apatite	Apatite
Néphéline	Néphéline (rare)	Néphéline
—	Olivine (rare)	Olivine
Diopside	—	—
Augite-Aegirine	Augite-Aegirine	—
Aegirine	—	—
—	Augite basaltique	Augite basaltique
Amphibole (rare)	Amphibole	Amphibole (rare)
Biotite	Biotite	Biotite
Titanite	Titanite (seulement dans les nodules augitiques).	—

Un grand intérêt réside dans la détermination des innombrables débris de roches cristallines énallogènes, en raison des indications qui en découlent sur la composition de l'épaisseur de l'écorce terrestre traversées par les cheminées éruptives.

Il a été constaté : Un fragment de syénite éléolitique, des granites à deux micas, granite à biotite et amphibole, aplites, syénites micacées, diorites, kersantites, gneiss à biotite et micaschistes, amphibolite grenue.

Toutes ces roches appartiennent au groupe de roches granito-dioritiques analogues à celles qui forment le massif de la Forêt-Noire. Elles présentent souvent les traces de l'effet de la compression qui caractérisent également les roches de ce massif. Elles offrent des traces de métamorphisme de contact analogues à ce qui se voit sur des roches en place au contact avec d'autres roches éruptives basiques.

Roches métamorphiques. — M. SAUER¹ a entrepris des études sur les **Gneiss et leurs origines** en vue d'élucider la question du **Gneiss d'Innertkirchen**. L'auteur fait précéder une série de considérations sur la présence de la structure cristalline chez des roches d'origine clastique d'âge archéique, de même aussi de la structure schisteuse chez des roches d'origine ignée. Il est possible de distinguer les gneiss en *gneiss sédimentaires* et en *gneiss éruptifs*, en éliminant natu-

rellement les roches sédimentaires auxquelles le métamorphisme de contact a pu imprimer une structure cristalline tout à fait semblable. Mais d'autre part, on ne peut pas mettre en doute que des sédiments qui se trouvent à une grande profondeur, soumis à la chaleur souterraine, en présence d'eau surchauffée, et sous une surcharge considérable doivent subir une recristallisation, une métamorphose statique, tout à fait semblable à celle du métamorphisme de contact. La structure cornéenne (Hornfelsstruktur) doit donc se rencontrer aussi là d'une manière plus ou moins analogue, bien que l'action fût moins violente, moins intense et plutôt calme, mais d'autant plus prolongée. La structure cornéenne des roches de contact est plutôt massive allant jusqu'à la vitrification, tandis que celle des roches de la seconde catégorie est plus grenue, schisteuse-onduleuse ou schisteuse-écaillée. La présence d'alternances de quartzites, de calcaires, de matières charbonneuses est, chez les deux, aussi très significative.

Les *gneiss éruptifs* n'offrent précisément pas cette structure cornéenne, ni les intercalations citées ; leur structure est plutôt hypidiomorphe grenue et ils ont une composition plus uniforme passant souvent à des variétés tout à fait granitoïdes. Mais il faut distinguer ici trois influences tout à fait indépendantes qui peuvent avoir produit la structure parallèle. Beaucoup de roches éruptives à structure gneissoïde ont eu une structure parallèle primaire (structure fluidale) ; d'autres l'ont acquise par une compression à l'état de consolidation incomplète (protoclase) produisant aussi une sorte de structure fluidale, d'autres enfin ont subi un écrasement après solidification complète (cataclase).

Avec ces données et les moyens de les reconnaître la classification des gneiss alpins se fera bien plus sûrement que jusqu'ici.

Le gneiss d'Innertkirchen est une roche éruptive et nullement un sédiment ; cela ressort en particulier de la structure souvent granitoïde, même porphyroïde et de la présence d'*inclusions étrangères*. Même la cataclase très intense, accompagnant la structure schisteuse des gneiss d'Innertkirchen, n'a pas détruit ce caractère. Les inclusions sont soit du quartz, des fragments anguleux de schistes à biotite ou à grenats, de marbre et cornéennes à silicates de chaux (gre-

¹ Prof. Dr A. SAUER. Geologische Beobachtungen im Aarmassiv. *Sitzungsber. k. preuss. Akad. d. Wissensch. Berlin*, XXXIV. 5. Juli 1900. 43 p.

nats, augite, amphibole, scapolite, calcite, titanite, avec quartz et plagioclase). Au col de Susten il y a même une roche à wollastonite avec idocrase, pyroxène brunâtre et grenat. Si la roche encaissante est peu modifiée par la compression, l'entraînement des fragments étrangers dans le magma éruptif est hors de doute, comme par exemple près de Aussere Urweid. Dans le granite d'Innertkirchen, où la roche ambiante a subi une forte compression, de même aussi les inclusions, M. Baltzer voit dans ces inclusions le résultat d'un entraînement mécanique par dislocation, tandis que M. Sauer les considère comme des fragments englobés par le magma encore fluide et ensuite soumis à la compression.

M. L. DUPARC¹ a étudié plusieurs types de **schistes cristallins des Alpes**, en particulier les schistes de Casanna, dont plusieurs variétés sont caractérisées par la présence de chloritoïde en grands cristaux maclés.

Schistosité et déformation des roches. — M. HEIM² a étudié des phénomènes particuliers de **schistosité** secondaire du **gneiss** qui se fend en grandes plaques obliquement ou transversalement à la structure parallèle ordinaire. Ces plans de séparation correspondent à des zones d'écrasement et de lamination coupant les multiples replis du gneiss, toujours sur le même parcours par un écrasement manifeste du flanc moyen, d'où résultent des plans parallèles de moindre cohésion et la division du gneiss en plaques. Il en découle en outre que ces plans de séparation coïncident naturellement toujours avec les points où le plissement du gneiss subit un changement de courbure, où un contour convexe passe à un contour concave. Lorsque la pression est dirigée symétriquement par rapport aux ondulations du gneiss, alors il peut se former des plans de glissement sur chaque point, où un changement de courbure a lieu, sinon cela ne se produit qu'alternativement. Les replis se développent alors d'après le sens de la poussée en forme de plis déjetés ou couchés, avec flanc moyen laminé, amenant en petit à de véritables chevauchements.

Ces mêmes phénomènes se retrouvent aussi chez le **calcaire dolomitique** (Rötidolomit) et les schistes bariolés (Quartenschiefer) du Trias.

¹ C. R. Soc. phys. et hist. nat. Genève. Séance du 15 mars 1900. Archives, IX, p. 486.

² A. HEIM. Gneissfältungen in alpinem Centralmassiv. Ein Beitrag zur Kenntniss der Stauungsmetamorphose. Vierteljahrssch Naturf. Ges. Zurich. XLV. 1900, p. 205-220, 2 pl.

On constate en outre que l'intensité de la déformation mécanique de la structure n'est pas toujours en rapport avec l'intensité de la transposition moléculaire. Des roches fortement déformées ne sont souvent que peu recristallisées. Cette transformation de la structure et des minéraux est indépendante de la roche, mais elle est liée à l'endroit où le phénomène se produit. Point très important à relever: la métamorphose par compression et lamination est une action indépendante de la métamorphose par recristallisation.

La simple déformation structurelle se produit, d'après d'innombrables exemples, surtout dans les régions où la masse rocheuse a subi un travail intérieur — écrasement, lamination, etc. La recristallisation est plus fréquente là où les roches ont supporté pendant longtemps une pression statique sans déformation, par exemple, à l'intérieur de noyaux synclinaux. Alors le travail métamorphosant s'est traduit par une recristallisation. La roche prend une structure plus massive, alors que dans l'autre cas elle devient plutôt schisteuse !

Dans le cas de recristallisation par pression statique, il se produit des minéraux denses, saussurite, zoïsité, grenat, rutile, sillimanite, disthène, staurolite, etc.; dans l'autre ce sont des minéraux qui par leur forme facilitent le mouvement, tels que séricite, chlorite, talc, etc.

La pression statique peut agir aussi par suite de la simple surcharge croissante, donc la métamorphose par recristallisation ne doit pas se rencontrer exclusivement dans des contrées très disloquées.

L'influence des eaux souterraines, de l'eau de carrière, est évidente, puisque nombre des minéraux régénérés sont hydratés. Cependant M. Heim ne croit pas à la nécessité absolue de l'eau dans ces phénomènes; c'est cependant un agent facilitant les transformations moléculaires. La pression énorme qui existe dans les grandes profondeurs et qui doit produire la plasticité latente, peut aussi amener une recristallisation sans l'intervention de l'eau.

Un supplément à cette étude, dû à M. ALLENSPACH¹, décrit plusieurs tranches minces de **dolomite** et de **schistes triasiques**, dont il indique la composition minéralogique. Le schiste argileux micacé se compose surtout de mica incolore à verdâtre (muscovite); il y a en outre du quartz, comme sécrétion, formant des remplissages, du rutile et des oxydes de fer (héma-

¹ G. ALLENSPACH. Dünnschliffe von gefältelten Röthidolomit-Quartenschiefer am Piz Urlaun, *ibid.* p. 227-237.

tite, limonite) et de la pyrite. La roche présente d'innombrables petits replis. Le quartz présente souvent une extinction onduleuse, donc il s'est formé pendant la compression et en a subi l'influence.

Le calcaire dolomitique a une structure microscopique panidiomorphe grenue qui donne évidemment aux éléments de la roche une certaine mobilité. Dans les parties fortement laminées se montre une structure parallèle ; les grains cristallins s'allongent et s'applatissent sans se briser — ils n'ont fait que changer de forme. Il y a en outre de l'hématite qui s'accumule surtout dans les parties laminées. Au contact des sécrétions de quartz il y a des cristaux de dolomite.

L'auteur a prêté une attention spéciale aux sécrétions de quartz qui remplissent les espaces entre les feuillets schisteux, surtout aux parties recourbées, tandis qu'il n'y a pas de quartz dans les zones de lamination. Ce quartz est composé d'éléments cristallins, dont l'allongement dans le sens de l'axe *c* est ordinairement dirigé dans le sens de la moindre pression. Ces cristaux sont aussi recourbés et cela d'une manière asymétrique des deux côtés d'un même repli. L'extinction onduleuse est fréquente. En conclusion l'auteur constate que le refoulement horizontal n'a été éteint que très lentement par les divers phénomènes, tant mécaniques que chimiques, influencés par la composition de la matière en jeu. Des fissures béantes ne pouvaient pas se former, elles furent comblées au fur et à mesure par des sécrétions.

L'origine des **schistes ardoisiers** a été définie par M. ALB. HEIM¹. Les argiles qui sont le point de départ des schistes, contiennent ordinairement SiO_2 45-75 %, Al_2O_3 12-25 % plus une proportion variable d'autres substances. Les argiles primitives se composent de débris de minéraux ; ce sont des roches détritiques dont les éléments n'adhèrent que par suite de leur petitesse. Le degré de transformation en roches schisteuses permet d'établir la série suivante : argiles, argiles schisteuses, schistes argileux micacés (phyllades), schistes micacés. La transformation se fait par rapprochement croissant des particules et par recristallisation, en suite de quoi le poids spécifique s'élève jusqu'à 2,95 ; en même temps la dureté devient aussi plus grande.

L'auteur met en évidence les circonstances qui peuvent donner aux roches une structure feuilletée.

¹ A. HEIM. Die Entstehung u. die Struktur der Tonschiefer. *Mitteil. Materialprüf. Anstalt. Zurich*, I. 3^e édition, 1899.

Ce sont :

I. *La stratification plaquetée* (fausse schistosité).

II. *Vraie schistosité*, a) *Schistosité primitive* par sédimentation de limons argileux riches en éléments écailleux. b) *Schistosité par surcharge*, produite pendant la consolidation par l'épaisseur croissante des sédiments superposés. Elle est nécessairement parallèle à la stratification. c) *Schistosité par compression et par écrasement* (clivage). La direction est indépendante de la stratification ; elle peut traverser sans déviation des couches repliées (schistosité transversale). L'étirement linéaire produit une seconde fissilité (longrain) qui conduit parfois à la formation de prismes quadrangulaires. Il est évident qu'une roche avec longrain prononcé ne fournira pas de bons schistes ardoisiers. Deux pressions successives dans deux directions différentes auront le même résultat.

III. *Schistosités combinées*. Les diverses causes de la schistosité peuvent naturellement agir isolément ou se combiner. Dans ce dernier cas leur action peut *se superposer parallèlement*, alors on ne peut guère distinguer ce qui en revient à chacune dans la production de la schistosité. Ce seront les meilleurs schistes ardoisiers. Ou bien les deux schistosités *sont orientées différemment* ; dans ce cas, le produit n'est qu'une mauvaise ardoise, excepté le cas peut-être que la seconde action, bien plus intense que la première, a complètement effacé l'effet de celle-ci.

L'auteur cite des exemples à l'appui de chacune de ces catégories.

Mentionnons une étude de M. ROTHPLETZ¹ qui décrit un phénomène très fréquent dans les roches de nos Alpes, la présence de veinules zigzagüées traversant les calcaires et dont le parcours est marqué par une pellicule argileuse ou ferrugineuse. Il les nomme **sutures de compression** (Drucksuturen) et les attribue à la compression ayant produit sur un certain plan traversant une roche une dissolution de matière sous l'influence de l'eau de carrière. Le carbonate a été enlevé et s'est sécrété sur un point à pression moindre, tandis que la matière argileuse est restée sur place. La démonstration de ce phénomène est admirablement fournie lorsque les

¹ A. ROTHPLETZ. Ueber eigenthümliche Deformation jurassicher Ammoniten durch Drucksuturen und deren Beziehungen zu den Styloliten. *Sitzungsber. Math. phys. Cl. Bayr. Akad. d. Wiss.* XXX. 1900. p. 3-32.

sutures de compression traversent un fossile ; alors on constate que la forme de celui-ci semble modifiée, non pas par étirement, comme cela est si fréquent dans des couches laminées, mais par *disparition* d'une partie du fossile dont la matière a été dissoute de part et d'autre de la suture. Les sutures de compression n'ont rien de commun avec les stylolites qui sont un phénomène purement mécanique, ayant atteint les roches avant leur consolidation complète, même dans les régions les moins disloquées. *Les sutures de compressions sont propres aux roches calcaires fortement bouleversées, donc comprimées.*

Composition du sol arable. — M. CHUARD¹ a fait une étude sur la composition du **sol des pâturages du Jura**. Il constate en particulier que ces terres arables se distinguent par l'absence souvent totale du carbonate de chaux dans la couche superficielle et la très forte proportion de matières organiques, en majeure partie non encore humifiées. Voici l'analyse d'un terreau du coteau de Bullet (flanc du Chasseron) :

Calcaire au calcimètre	zéro.
Matières organiques totales.	10.70
» » solubles	3.84
Azote total	0.840
Chaux combinée	2.490
Magnésie.	1.110
Potasse	0.063
Acide phosphorique	0.210

La proportion assez forte de chaux combinée montre que ces terres renferment l'humus à l'état normal, combiné à la chaux et non acide. De telles terres pourraient s'améliorer notablement en y ajoutant de la marne.

¹ *Bull. Soc. vaud. sc. nat.* XXXVI, 1900. *Proc. verb.* p. XXXIV.