

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 9 (1906-1907)
Heft: 2

Artikel: Ile partie, Géophysique
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-156581>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.03.2025

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

des blocs épars d'une variolite, dont la masse, de couleur vert-clair et entièrement isotrope, semble formée par un verre semé de plages chloritiques.

L'auteur termine son étude par une discussion des résultats de ses analyses, suivant la méthode de MM. Ossan et Becke. Il admet pour l'ensemble des roches examinées une origine commune, dérivant d'un magma primordial ayant eu une teneur en silice d'environ 61 $\%$. L'intrusion du granite aurait précédé la venue des roches basiques, qui représenteraient une poussée basique postérieure. Quant aux schistes sériciteux, ils sont plus jeunes que le granite, mais plus anciens que les diabases, par lesquels ils ont été métamorphisés. Les dislocations qui ont affecté aussi bien la roche intrusive que les couches sédimentaires, sont dues manifestement à une poussée dirigée du SE au NW.

II^e PARTIE — GÉOPHYSIQUE

Actions et agents externes.

SOURCES ET EAUX D'INFILTRATION

Je me contente de citer une communication faite par M. H. SCHARDT (34) à la Société neuchâteloise des sciences naturelles sur les particularités qu'offrent les sources sortant des terrains calcaires et les dangers qui résultent, au point de vue de l'hygiène, de l'absence presque complète de filtration qu'ont subie ces eaux. Ce travail, présenté déjà en 1904 au congrès international d'hygiène de Bruxelles, a été analysé dans la *Revue* pour 1904.

M. H. SCHARDT (35) s'est occupé d'autre part de la question du retard apparent qui a été souvent constaté dans la propagation de la fluorescéine au milieu des eaux souterraines; il est arrivé à la certitude que, contrairement à une idée émise récemment, la fluorescéine se propage exactement comme toute autre substance contenue dans l'eau, et que, si sa réapparition semble souvent retardée, cela provient de la dilution, qui ne permet pas de constater les premières traces arrivant à l'observateur.

Le même auteur, dans une courte notice (36), insiste sur l'importance considérable que prend l'érosion souterraine,

quand elle s'attaque à des milieux favorables tels que les calcaires et surtout le gypse. Cette importance est mise en lumière dans une autre publication du même auteur (40) consacrée aux eaux jaillissant dans le tunnel du Simplon et d'après laquelle la quantité de sulfate de chaux emportée annuellement par ces eaux dépasserait 10 000 mètres cubes. Cette publication peut du reste n'être que citée ici, puisqu'elle est tirée des rapports faits par M. Schardt sur les eaux du Simplon, qui ont été analysés précédemment. (*Revue* p. 1903.)

M. M. LUGEON a fait une étude de la distribution des **sources thermales de Louèche (29)**, de laquelle il résulte que, tandis qu'en amont des bains un grand nombre de sources chaudes sortent de la roche en place au niveau de la Dala, autour de Louèche les eaux s'échappent entre 10 et 30 m. au-dessus du torrent d'un remplissage glaciaire qui comble un ancien lit. Ces sources, dont la plus chaude a une température de 51.06°, sont distribuées des deux côtés de la Dala suivant une ligne arquée longue de 2500 m. Comme cette ligne n'est marquée par aucune faille, il faut admettre une montée notable des degrés géothermiques dans la région.

M. E. BÄCHLER (18) s'est donné pour tâche d'explorer les **cavernes à minéraux de la chaîne du Säntis** et il vient de publier une première partie de cette étude, consacrée à deux grottes qui s'ouvrent dans le versant N de la vallée de Seealpsee.

La grotte de Dürschrennen se trouve au niveau de 1367 m., et est creusée dans les calcaires blancs du Valangien qui, formant le jambage S du premier anticlinal de la chaîne, plongent de 45° au S, tandis que plus au N, ils forment voûte sous l'Hauterivien et l'Urgonien du Zisler. Elle prend la forme d'une galerie à peu près rectiligne et non ramifiée, de 30 m. environ de profondeur et diminuant progressivement de largeur. Son seuil s'élève presque parallèlement à la surface des couches et sa section est ogivale avec une hauteur de 18.5 m. vers l'entrée. La quantité d'eau d'infiltration qui y pénètre est insignifiante, sauf pendant les périodes de grandes pluies; la désagrégation a donné naissance à une épaisse couche de cailloutis, tandis que, sur une partie de la longueur, la base des parois est incrustée de minéraux cristallisés, dont le plus abondant est la fluorine. L'origine première de cette caverne est incontestablement une fracture transversale avec décrochement horizontal, comme il en existe de

nombreux exemples dans le Sântis; un magnifique miroir de faille existant un peu au-dessous ne laisse aucun doute à ce sujet, et les stries qui y sont marquées indiquent un mouvement relatif au N et en bas avec une inclinaison de 16°. Les eaux d'infiltration ont bientôt suivi le chemin qui leur était ouvert ainsi, ont agrandi progressivement la fissure par corrosion, puis l'ont incrustée en y déposant certains de leurs éléments en solution; puis la caverne s'est ouverte vers la vallée et les eaux souterraines se sont presque complètement détournées dans une autre direction.

Le calcaire valangien encaissant montre à sa surface dans la grotte une sorte de croûte différenciée, dans laquelle se manifeste un commencement de décohésion, une oxydation des éléments ferreux et une imprégnation soit par de la fluorine, soit surtout par de petits éléments quartzeux tantôt agrégés, tantôt individualisés en cristaux réguliers.

La *fluorine* se développe toujours sous forme d'incrustation sur le calcaire plus ou moins modifié; elle forme des associations de cristaux, dont les dimensions peuvent atteindre exceptionnellement 10 cm. et dans lesquels prédomine de beaucoup, souvent exclusivement $\infty 0 \infty$; sur les petits individus $\infty 0$ prend parfois un développement important et l'on voit apparaître 202; la macle habituelle à la fluorine est extrêmement répandue ici. Les faces de l'hexaèdre sont très souvent enfoncées sur les grands cristaux et il s'y développe de petits cubes, ou des lamelles rectangulaires, régulièrement orientés, qui se superposent du reste aussi aux arêtes et qui correspondent aux subindividus de Sadebeck. De nombreux cristaux portent des figures de corrosion dont les faces en creux appartiennent aux mêmes formes cristallographiques que celles du cristal lui-même. La coloration est habituellement verte ou bleuâtre, mais l'on trouve aussi des échantillons violets, roses ou jaunâtres; la fluorescence est très faible; la transparence se réduit le plus souvent à une translucidité; l'éclat est oléagineux, ce qui provient de la présence à la surface d'innombrables subindividus et figures de corrosion.

La fluorine est recouverte par de jolis scalenoèdres blancs de *calcite*, qui peuvent atteindre 5 cm. de longueur et appartiennent à une seconde phase de cristallisation; enfin le *quartz* forme de nombreux cristaux, toujours petits, dont la cristallisation semble s'être perpétuée pendant une longue durée.

Si l'origine de la calcite et du quartz se comprend facilement, ces deux minéraux existant dans les formations avoi-

sinantes, celle de la fluorine est beaucoup plus douteuse. Il est certain que le dépôt de cette dernière a été le fait des eaux d'infiltration en voie de refroidissement, mais d'où provenait le fluor, qui en est un des éléments? L'auteur, après avoir cité l'idée bien connue de l'origine éruptive de ce corps, admet pourtant comme plus probable que le fluor provient de l'une ou de l'autre des roches sédimentaires de la région, quoique du reste aucune constatation positive n'ait permis jusqu'ici d'y affirmer sa présence.

M. Bächler décrit ensuite un filon calcitique, découvert par M. O. Köberle, un peu à l'W de la grotte de Dürschrennen, qui traverse aussi le calcaire zoogène du Valangien et suit un plan de faille. Le rejet de la fracture est ici vertical et la roche est intensément broyée en une brèche dont les éléments sont fort décomposés. Dans les vides de cette formation ont cristallisé de la calcite et de la fluorine. Les cristaux de calcite sont tantôt gris, tantôt ocreux; ils possèdent toutes les dimensions jusqu'à 38 cm. de longueur et prennent toujours la forme de scalénoèdres ($2\bar{1}\bar{3}1$), très rarement tronqués par le rhomboèdre P. Il existe de nombreuses mâcles selon ($02\bar{2}1$), dans lesquelles les deux individus sont aplatis parallèlement au plan de mâcle, de façon à donner naissance à une forme en fer de lance fendu à la pointe. Certaines de ces mâcles atteignent de très grandes dimensions et montrent un amincissement graduel vers la base par incurvation des faces du scalénoèdre. D'autres mâcles se développent suivant ($10\bar{1}\bar{1}$) (0001) et ($01\bar{1}2$).

Dans le filon principal, la fluorine est fortement décomposée; par contre dans une roche située à une petite distance, on en trouve de beaux cristaux, du reste très semblables à ceux de Dürschrennen, mais avec des dimensions en général plus petites et une corrosion beaucoup moins accentuée.

M. H. SCHARDT (39) a repris en détail la question de l'origine des sources de l'Areuse et de la Noiraigue (Jura neuchâtois), et des relations existant entre celles-ci et les infiltrations qui se produisent dans les vallées synclinales des Verrières, de la Brévine et des Ponts.

Pour la source de l'Areuse ou de la Joux, qui sort près de Saint-Sulpice, au contact de l'Argovien marneux et du Séquanien calcaire, il a été démontré par des essais à la fluorescéine qu'elle communique soit avec les principaux entonnoirs de la vallée de la Brévine, soit avec ceux de la partie NE du

synclinal des Verrières et que les 2 courants venant de ces 2 bassins séparés ne se confondent pas assez complètement pour amener un mélange homogène, ce qui résulte évidemment de leur jonction tardive, à une petite distance de la sortie des eaux. Il est du reste certain que le champ d'alimentation de la source comprend non seulement le fond des 2 synclinaux crétaciques-tertiaires en question, mais encore les étendues considérables formées par les calcaires supra-jurassiques des plis correspondants; la limite N W en est formée par l'Argovien du jambage S de l'anticlinal de l'Harmont, au N de la vallée de la Brévine, depuis la ligne des Verrières jusqu'au N de la Chaux-du-Milieu. La limite S E coïncide avec l'axe de l'anticlinal de Monlési, depuis la ligne Verrières-Côte-aux-Fées jusqu'au N des Ponts. Cela donne une surface totale de 140 km.² qui, la hauteur annuelle d'eau météorique tombée étant de 1300 mm. et la proportion de l'eau perdue par évaporation étant évaluée à 30 ou 40 %, doit donner pour l'Areuse un débit annuel de 108 à 128 milliards de litres, soit un débit moyen de 3400 à 4100 litres-secondes; or, d'après les jaugeages faits très régulièrement, le débit moyen réel oscille suivant les années entre 3560 et 4000 litres-secondes.

Le régime de la source de l'Areuse est torrentiel au plus haut degré, avec des crues aussi subites que violentes qui peuvent occasionner un débit allant jusqu'à 40 000 litres-secondes, tandis que pendant certains étiages le débit est tombé jusqu'à 300 litres-secondes. Le fait s'explique du reste facilement par la largeur des canaux d'écoulement suivis par les eaux et par l'absence de filtration, et le seul remède qui pourrait agir efficacement serait un reboisement du terrain d'infiltration.

La source de la Noiraigue qui jaillit près de la localité du même nom du flanc gauche de la vallée de l'Areuse est alimentée par les eaux qui s'infiltrent dans le synclinal des Ponts et de la Sagne, et le bassin d'alimentation, qui comprend ici encore des terrains tertiaires, crétaciques et supra-jurassiques, s'étend depuis la voûte argovienne de l'anticlinal de Sonmartel, jusqu'à celle de l'anticlinal du Mont d'Amin, et cela jusqu'au-delà de la Sagne. La sortie de l'eau a lieu de nouveau au contact de l'Argovien et du Séquanien et le régime de la source est fortement torrentiel.

A l'occasion de la réfection de la tour de captage de la source de la Limmat à Baden (Argovie), M. FR. MÜHLBERG (31)

a pu étudier le point de sortie de l'eau, qui se trouve dans une fissure entamant le Keuper et comblée par des alluvions des Basses Terrasses. Cette fracture coïncide avec une faille, qui coupe longitudinalement le cœur triasique de l'anticlinal de la Lägern et détermine un chevauchement de la partie S de ce pli sur la partie N et la constatation évidente de cette dislocation à Baden vient confirmer l'interprétation tectonique donnée précédemment par M. Mühlberg pour la chaîne de la Lägern, qu'il considère comme un anticlinal déjeté et faillé, dont le cœur et le jambage S sont venus recouvrir en chevauchement le jambage N.

Les galets qui remplissent la fissure, en partie cimentés, ont été polis par les matériaux fins maintenus en suspension dans l'eau jaillissante; d'autre part l'acide carbonique contenu dans celle-ci ne paraît avoir exercé une action importante ni sur les calcaires ni sur les silicates.

Quant au débit de la source, il est déterminé non par le niveau de la Limmat, mais par la quantité d'eau météorique tombée dans la région, les variations se produisant avec un retard approximatif d'une année.

Il me paraît intéressant de signaler ici une petite notice de M. F. GERLIER (27) qui est consacrée au phénomène des **puits souffiants**. L'auteur a étudié pendant une série d'années l'émission et l'aspiration d'air qui se produisent dans certains puits des environs de Meyrin (canton de Genève) suivant les variations de la pression atmosphérique.

Ces puits sont rarement indifférents; ils soufflent quand le baromètre baisse et aspirent dans le cas contraire, l'intensité du courant d'air étant proportionnelle à l'importance de la variation barométrique; d'autre part l'activité d'un puits est d'autant plus grande qu'il est plus large et plus profond; elle est considérablement réduite par la proximité d'une excavation.

La cause de ce phénomène paraît du reste très simple; en effet tous les puits souffiants constatés par M. Gerlier sont creusés assez profondément (25-30 m.) dans une couche de graviers; ils contiennent peu d'eau et sont souvent à sec. On peut donc admettre que, lors des augmentations de la pression atmosphérique, l'air pénètre dans le sol poreux, tandis qu'il en ressort quand la pression diminue; cette entrée et cette sortie se font là où la couche relativement compacte de terre végétale a été enlevée, soit dans les puits, les caves, les carrières, etc..... Les variations de la pression atmosphérique

se propagent ainsi dans le sol et influent sur le niveau des nappes d'eau souterraines, pouvant occasionner des variations dans le régime des puits, des puits artésiens, des fontaines, etc.....

EROSION ET CORROSION

M. E. PITTARD (33) a décrit de jolis exemples de **marmites** creusées par les mouvements tourbillonnaires, qu'il a eu l'occasion d'observer dans le lit d'un petit ruisseau coulant sur la molasse, un peu au S W de Sézegnin, près de la frontière du canton de Genève et de la Savoie.

Pour étendre le champ des observations qu'il avait faites antérieurement dans le Désert de Platé (Hautes alpes calcaires de Savoie), M. E. CHAIX (21) a repris à nouveau l'étude des **champs lapiaires du Silber**n, rendus classiques déjà par le travail de M. A. Heim.

Le Silber, comparé au Désert de Platé, montre des formes lapiaires moins variées; l'auteur distingue les cas suivants :

1° Lorsque la roche est uniformément calcaire, elle présente des cannelures et des rigoles parallèles à la pente. Ces 2 formes se retrouvent au Silber comme à Platé.

2° Si le calcaire est inégalement siliceux ou gréseux, il se forme des quilles ou des bourrelets arrondis; lorsque la silice est répartie suivant certains lits, il se forme des bourrelets plats. De ces trois formes, observées à Platé, les deux premières ont été retrouvées au Silber.

3° Dans les roches traversées par des synclases, l'auteur distingue les briques, les dalles rectangulaires, les balafres, les trottoirs, les tabourets, les cubes isolés et les crevasses courtes, parallèles, indépendantes de la pente.

Ces formes sont imparfaitement représentées au Silber où l'on ne rencontre que les briques, les dalles et les balafres.

4° Enfin, lorsque la roche est fracturée, sa surface montre des entonnoirs et des dolines, des puits, des failles à faible rejet, des vallées sèches et des crevasses maîtresses qui peuvent traverser indifféremment des couches variées. Toutes ces formes, sauf les vallées sèches, ont été observées au Silber.

En résumé, sans être aussi riche en formes que le Désert de Platé, les lapiés du Silber le sont pourtant beaucoup plus que M. Heim ne l'avait admis et, dans leur formation, il faut faire intervenir, non seulement la corrosion par les eaux ruisselantes, mais aussi un phénomène interne de syn-

clase ou clivage et souvent encore un phénomène dynamique externe de fracture; quant à l'érosion mécanique, elle ne peut avoir joué aucun rôle dans la ciselure superficielle du lapié. Ces conclusions confirment exactement celles que M. Chaix avait tirées de son étude du Désert de Platé; la topographie générale de ces deux régions lapières a été établie pendant la période de dénudation, qui a suivi les grands plissements alpins et certains puits et abîmes qui s'ouvrent à la surface de ces lapiés sont les restes d'une corrosion due à une ancienne circulation souterraine. Le modelage de la surface a été créé ensuite par corrosion superficielle et les formes variées qui ont ainsi pris naissance sont attribuables à la nature des roches, tantôt homogènes, tantôt hétérogènes, ou bien à la présence au milieu des calcaires de synclases ou de fractures. Les grandes crevasses maîtresses, qui s'entrecroisent à Platé, paraissent devoir dériver de fractures pré-existantes, dues elles-mêmes à de puissantes torsions, et celles-ci s'expliquent facilement, si l'on songe que, dans cette région, les charnières des grands plis couchés sont obliques à la direction générale des chaînes, que, autrement dit, le plissement s'est fait en biais.

M. M. LUGEON (28) a constaté sur des grès liasiques du Torrenthorn (Valais) de curieux phénomènes de corrosion.

LACS

M. A. DELEBECQUE (23), dont je signalais l'an dernier une étude consacrée à l'origine des lacs de la Haute Engadine, est revenu sur ce même sujet. De nouvelles explorations effectuées entre la Maloja et Celerina lui ont montré d'abord que le seuil rocheux, qu'il avait admis continu à la Maloja au S W du lac de Sils, montre en réalité au pied du versant oriental de la vallée 3 petites gorges, remplies partiellement par des éboulis et du glaciaire, dont il est impossible de fixer la profondeur première, mais dont la largeur est au minimum de 10 m., et qui ont pu servir à un écoulement des eaux de la région de Sils de ce côté vers le Val Bregaglia.

D'autre part le seuil du lac Campfer du côté NE n'est pas non plus formé d'une façon continue par des roches; vers l'aval l'Inn coule dans une gorge, large d'une trentaine de mètres, dont le fond est tapissé de galets et de terrains morainiques, sans roche en place apparente; de plus, un peu à l'E des gorges de l'Inn, une dépression relie le bassin de Campfer avec celui de Saint-Moritz; elle est encombrée de

débris et même dans sa partie amont, où elle est le plus resserrée, la solution de continuité de la roche en place est d'au moins 10 mètres.

Enfin, en ce qui concerne le lac de S^t Moritz, M. Delebecque a constaté 3 écoulements normaux possibles, l'un, à peu près sur l'emplacement du cours actuel de l'Inn, aurait emprunté sur presque toute sa longueur les gorges de la Charnadura; en effet ces gorges sont tapissées au fond de terrains détritiques et n'ont pas les parois verticales caractéristiques des gorges post-glaciaires; une autre voie a pu exister par la dépression du Statzersee, où les pointements rocheux ne sont nulle part absolument continus, pour aboutir à Celerina; enfin il serait possible aussi que l'Inn eût coulé depuis la coupure du Statzersee dans la direction de Pontresina.

Il est donc possible que le lac de Saint-Moritz et la cuvette primitivement unique des lacs de Sils, Silvaplana et Campfer soient entièrement dans la roche en place, comme M. Delebecque l'avait admis antérieurement, mais il est possible aussi que les eaux de cette vallée se soient écoulées primitivement suivant une pente continue depuis la Maloja jusqu'à la Basse Engadine, en utilisant des gorges étroites, comblées ensuite par les moraines du glacier de la Bernina. Enfin il est possible, mais moins probable, que l'écoulement se soit fait au S W par le Col de la Maloja au moyen de gorges comblées de la même manière. Pour justifier la seconde hypothèse il suffirait de démontrer la présence d'un colmatage épais de 85 m. dans la gorge de Campfer et de 80 m. dans celle de la Chardanura; la troisième alternative nécessiterait la présence d'une épaisseur de 120 à 150 m. de moraines remplissant les gorges de la Maloja.

L'auteur examine ensuite la question de l'origine des 4 lacs de la Bernina, lac Pitschen, lac Noir, lac Blanc et lac della Scala, dont les 2 premiers sont au N, les deux autres au S de la ligne de séparation des bassins de l'Inn et de l'Adda. Le lac della Scala seul est limité par un seuil rocheux continu; il semble pourtant que le lac Blanc est en grande partie creusé dans la roche en place. Quant aux seuils qui séparent les lacs Blanc, Noir et Pitschen, ils sont formés surtout par des formations détritiques, ainsi que celui qui délimite au N le lac Pitschen. On peut donc admettre que, si les lacs de la Bernina ne sont pas dans la roche en place, ce qu'il est impossible d'affirmer, la ligne de partage des

eaux devait se trouver autrefois au S du lac della Scala et que le régime actuel a été établi à la suite de la formation d'une série de barrages morainiques. Il serait possible aussi que l'ensemble de ces lacs constitue un seul bassin rocheux coupé en quatre par des moraines.

Dans une note inframarginale, M. Delebecque explique comme suit l'origine de quelques autres lacs alpins bien connus :

Le **lac de Davos** est dû à un barrage morainique effectué par les glaciers de la Fluela et de la Dischma.

Le **lac de Poschiavo** a été créé par un énorme éboulement détaché du versant gauche de la vallée.

Les **lacs de la Fluela** sont des types parfaits de lacs de cols; il est impossible de savoir s'ils sont dans la roche en place ou dans la moraine.

Les **lacs du Julier et de l'Albula** sont probablement dus à des dépôts morainiques.

Le **Todtensee** (Grimsel) est entièrement dans la roche en place.

M. H. SCHARDT (37) a fait une étude du **lac des Brenets** (Jura neuchâtelois sur la frontière franco-suisse), au point de vue de son origine et de son régime. Le bassin de ce lac représente un tronçon à peine différencié d'une vallée fluviale encaissée, dont la pente se fait régulièrement vers l'aval jusque tout près du barrage, et dont la forme sinueuse et étroite est très caractéristique. L'alimentation se fait en partie par 2 affluents, le Doubs et le Bied du Locle, en partie par des sources sous-lacustres; le débit s'effectue d'une part par le canal du Doubs, de l'autre par des fuites souterraines, utilisant en partie de beaux entonnoirs et aboutissant pour la plupart à des sources qui jaillissent vers l'aval près du Saut du Doubs. Le régime du lac montre une extrême variabilité et son niveau présente des oscillations de plus de 17 m. pour une profondeur moyenne au plus grand fond de 27 m. Or il suffit d'un abaissement de 1.65 m. au-dessous du niveau moyen pour que tout écoulement superficiel cesse.

L'origine du lac ne peut à première vue être attribuée qu'à un barrage au travers d'une vallée primitivement normale, ou bien à une obstruction au moins partielle d'anciens écoulements souterrains. Cette seconde hypothèse, développée par M. Delebecque qui considérait le seuil du lac comme formé

par de la roche en place, ne peut être conservée, et le lac est en réalité limité par un puissant barrage d'éboulement.

Sur la rive droite du Doubs, immédiatement à l'aval du lac, s'élève une colline séparée du versant de la vallée par un vallon et constituée par un amoncellement de blocs de tous volumes, qui s'est évidemment éboulé des rochers dominant ce versant. Cette masse se superpose visiblement vers l'W sur des bancs horizontaux de calcaire kimmeridgien, qui forment le seuil même du lac et qui, malgré leur apparente continuité, représentent certainement un éboulement inférieur, car ils sont intensément fissurés et leur plongement au N W est tout à fait anormal. Le lac des Brenets est donc bien un lac de barrage, créé par deux éboulements successifs; le Doubs a d'abord miné par le pied les rochers de sa rive gauche et en a provoqué la chute depuis une hauteur du reste peu considérable; puis, rejeté contre le versant droit, il a déterminé par son affouillement un second éboulement.

M. S. DE PERROT (32) a attiré l'attention sur la diminution considérable des grèves qui s'est produite au bord du lac de Neuchâtel, vers l'embouchure de l'Areuse, depuis l'époque de l'abaissement du niveau de l'eau. En 21 ans 40 338 m² de terre se répartissant sur une longueur de 2109 m. ont disparu et ce travail semble se continuer avec un redoublement de vigueur; il est du incontestablement à l'action des vagues s'effectuant sur des graviers déposés sous l'eau et n'ayant par suite ni la courbe de surface, ni la distribution nécessaire pour pouvoir résister.

GLACIERS

Nous devons à M. P. MERCANTON (30) une notice sur la question des forages glaciaires, traitant des divers moyens employés dans ce but et des résultats scientifiques obtenus. L'auteur commence par refaire l'historique des essais de ce genre entrepris successivement par Agassiz en 1840, 1841 et 1842, puis par lui-même et par M. Dutoit en 1900 et enfin par MM. Blümcke et Hess de 1895 à 1904. Les forages effectués par ces derniers sur le Hintereisferner dans le massif de l'Oetzthal sont d'autant plus intéressants, qu'ils ont abouti à plusieurs reprises à la perforation complète de la couche de glace, dont l'épaisseur atteignait jusqu'à 214 m.

Les glaciéristes autrichiens se sont servi d'une tarière hélicoïdale, placée à l'extrémité d'une sonde tubulaire, qui se compose de rallonges de 2 m. chacune, et curaient le trou à

mesure de son approfondissement par une injection d'eau sous pression descendant dans le corps de la sonde. L'avancement moyen a été ainsi de 6 m. à l'heure, l'avancement maximum de 9 m. à l'heure. Les difficultés rencontrées résident toujours dans les coïncements résultant des mouvements de la glace, qui se produisent surtout dans les couches supérieures et qu'on peut éviter en élargissant l'ouverture, puis dans la rencontre de blocs englobés dans la glace qui peuvent du reste parfois être traversés par le foret, enfin et surtout dans les crevasses qui, coupant le trou, drainent l'eau de curage, de sorte qu'il se forme bientôt un tampon de farine de forage.

Après avoir décrit la méthode adoptée par M. Mongin au glacier de Tête Rousse et consistant dans l'emploi de barres à mine chauffées au rouge et changées toutes les cinq minutes, M. Mercanton signale quelques perfectionnements, qui pourraient à son avis améliorer les résultats obtenus par MM. Blümcke et Hess; il propose : 1^o d'utiliser un foret permettant d'injecter directement l'eau sur le point d'attaque, 2^o de modifier la forme de cet instrument de façon à pouvoir l'utiliser momentanément comme un trépan, pour attaquer les pierres, 3^o d'utiliser pour mettre en mouvement la sonde et la pompe d'injection un moteur à essence. A propos des forages à effectuer dans les régions de glaciers ou de névés dépourvues d'eau de fusion, l'auteur rappelle les travaux de ce genre exécutés par l'expédition antarctique allemande, qui nécessitèrent un forage à sec de 11 jours pour arriver à un trou de 30 m. seulement de profondeur.

En terminant, l'auteur insiste sur l'importance des données que pourraient nous fournir des forages nombreux, soit sur la température de la glace, soit sur l'ablation, soit sur les mouvements des diverses parties d'un glacier et sur leurs déformations.

Le rapport annuel sur les **variations des glaciers des Alpes suisses** a été rédigé encore en 1905 par MM. F.-A. FOREL, M. LUGEON et E. MURET (25). Dans une partie introductive, M. Forel adresse un chaleureux appel aux naturalistes, pour les pousser à multiplier autant que possible les observations sur les variations des névés et des petits glaciers; c'est ici en effet que se manifestent d'abord les effets d'un surcroît de précipitations neigeuses; les observations qui y sont faites peuvent servir de point de départ à une série d'autres, effectuées sur des glaciers toujours plus longs et l'on arriverait

ainsi le plus sûrement à reconstituer le mécanisme complet d'une crue générale.

M. Forel consacre ensuite quelques lignes à la mémoire d'Ed. Richter, le géographe éminent, qui, à côté d'une longue série d'autres travaux, a puissamment contribué à développer l'étude des phénomènes glaciaires dans les Alpes.

M. M. Lugeon a continué, avec l'aide de M. P. Mercanton, ses observations sur les variations de l'enneigement. Au nivomètre d'Orny (3119 m.) l'épaisseur de neige fondue en 1904, de la fin de mai à la fin de septembre, a été d'environ 15 m., contre 11 m. en 1903, et l'enneigement paraît avoir été partout fortement régressif dans le massif du Mont-Blanc pendant la même année. Des observations concordantes ont été faites par divers observateurs dans les Alpes de Salvan, dans les massifs des Diablerets et du Wildstrubel et dans la partie orientale du massif de l'Aar.

La chronique des glaciers des Alpes suisses est rédigée par MM. Forel et Muret; les observations ont porté en 1904 sur 73 glaciers et ont montré les variations suivantes :

Dans les **Alpes valaisannes**, sur 20 glaciers 19 sont en décrue plus ou moins accusée, un seul, celui de Gasenried, a légèrement progressé. Le glacier du Rhône a montré, d'après les levés de M. Held, un recul moyen de sa langue de 11.5 m. de 1902 à 1903, mettant à nu une surface de 4900 m², par contre il présente un gonflement notable de sa partie supérieure.

Dans les **Alpes vaudoises**, sur 7 glaciers observés, 4 sont en décrue certaine; les 3 autres, ceux des Martinets, du Petit Plan Névé et du Dard semblent être à peu près stationnaires; peut-être le dernier est-il en crue.

Dans les **Alpes bernoises**, la décrue paraît être générale sauf des cas accidentels; ainsi le glacier de Grindelwald supérieur progresse sur une partie de son front, qui est protégée par de la moraine, tandis qu'il recule partout ailleurs; d'autre part le front du glacier de Blümlisalp a faiblement progressé par suite d'un glissement local, tandis que son épaisseur a beaucoup diminué.

Dans les **bassins de la Reuss, du Rhin, de l'Inn et de l'Adda**, où les observations ont porté respectivement sur 8, 13, 4 et 2 glaciers, aucun cas de crue certaine n'a été constaté. Dans le **bassin du Tessin** le glacier de Sassonero paraît avoir notablement progressé, mais cette apparence provient seulement

d'une accumulation de neige et de glace, qui a fait corps avec le glacier.

En résumé la tendance à une crue, qui semblait ressortir des observations de 1903, ne s'est pas confirmée en 1904, puisque sur les 73 glaciers observés 5 seulement ont montré des signes de crue, du reste toujours douteux ou accidentels.

Les observations collationnées par MM. Forel, Lugeon et Muret ont été publiées à nouveau dans un rapport général sur les variations des glaciers rédigé par MM. H. FIELDING REID et E. MURET (24), avec beaucoup d'autres données du même ordre concernant les régions les plus diverses. Nous notons d'après cette dernière publication que la décrue générale, constatée en Suisse, est tout aussi marquée en Autriche dans les groupes de la Silvretta, de l'Ortler, de l'Oetzthal, du Stubai, du Zillertal, du Venediger, du Glockner et de l'Ankogel. Dans les Alpes italiennes, la décrue est surtout accusée dans les Alpes Graïes, tandis que sur le versant S du Mont-Rose plusieurs glaciers avancent et que les glaciers italiens du Mont-Blanc ont cessé de reculer, quelques-uns ayant même poussé en avant leur front, et l'enneigement sur les hauts plateaux étant considérable. En France, les observations collationnées par M. W. Kilian font croire à une décrue presque générale aussi nette dans les Pyrénées que dans les Alpes.

SÉDIMENTATION

M. L.-W. COLLET (22) a résumé devant la Société helvétique des sciences naturelles un travail publié déjà dans les Proceedings de la R. Soc. d'Edimbourg, et consacré à l'étude de l'origine des **concrétions phosphatées** se formant dans les mers actuelles.

Le matériel d'étude a été récolté sur l'Agulhas Bank (Cap de Bonne Espérance) ; les concrétions sont de forme irrégulière et composées de plusieurs nodules phosphatés, liés entre eux par un ciment phosphaté également ; les nodules renferment soit des éléments détritiques, soit des débris organiques, dont les quantités relatives varient beaucoup ; ils sont plus ou moins glauconieux et colorés par de l'hydroxyde de fer, la teneur en limonite pouvant aller jusqu'à 21 %.

Les dépôts sous-marins de phosphate connus sont tous répandus suivant les lignes de rencontre de deux courants à température très différente et leur formation est due évidem-

ment à la destruction particulièrement importante d'organismes qui doit forcément avoir lieu dans ces conditions. Les corps organisés en voie de décomposition produisent de l'ammoniaque avec du phosphate de chaux et indirectement du phosphate d'ammonium. Dans le cas des nodules riches en coquilles, celles-ci ont été pseudomorphosées par la réaction du phosphate d'ammonium sur leur substance calcaire, puis elles sont devenues le centre de phénomènes concrétionnaires. Dans le cas des nodules sans coquilles, on doit admettre une simple précipitation chimique du phosphate de chaux.

La glauconie apparaît dans les nodules soit comme grains roulés et probablement détritiques, soit sous forme de pigment évidemment secondaire.

L'auteur fait ressortir en terminant la remarquable analogie, qui existe entre les dépôts phosphatés actuels de l'Agulhas Bank et les couches à phosphate fossiles, en particulier les formations classiques de l'Albien de la Perte du Rhône à Bellegarde.

ÉBOULEMENTS ET GLISSEMENTS

M. H. SCHARDT (38) a cherché à établir par de nouveaux exemples que le phénomène des amas de marnes hauteriviennes dans des poches du calcaire valangien, tels qu'il en existe de nombreux cas le long du pied du Jura, n'est qu'une forme de glissements de terrain, les marnes ayant pu, grâce à leur plasticité, pénétrer pendant leur mouvement de descente dans des fissures ou des cavités de la roche sous-jacente. Ces glissements ont dû probablement commencer bientôt après le dernier plissement du Jura et se sont continués jusque peu avant la période glaciaire.

M. SCHARDT commence par décrire une poche creusée dans l'Hauterivien supérieur et mise au jour par les travaux d'agrandissement de la gare de Neuchâtel; le remplissage est formé surtout de marnes albiennes fossilifères, auxquelles se mêlent des blocs de calcaire cénomancien fossilifère également. Ces matériaux, qui n'ont subi aucun triage mécanique, sont tombés sans intervention essentielle de l'eau dans une poche préalablement creusée, peut-être un emposieux, mais ils avaient subi auparavant une érosion et une corrosion importantes. Contre les parois du calcaire encaissant et dans les fissures de celui-ci sont accumulées des marnes vertes, résidu de la corrosion de la roche hauterivienne, fortement glauco-

nieuse, et quelques fragments de cette dernière sont englobés dans la bordure du remplissage.

Près de Prêles, dans le vallon de Diesse, c'est un paquet de calcaire roux du Valangien supérieur qui est tombé de la même façon dans une cavité du Valangien inférieur, mais ici le plongement très faible des couches, de 5° à 10° seulement, ne permet pas de supposer un simple glissement parallèle à la stratification.

Près de Gléresse, vers la carrière dite du Dépôt de Bois, on peut observer l'intercalation concordante, entre deux bancs de Valangien inférieur, d'une couche de marne hauterivienne fortement triturée. Celle-ci coupe un peu plus bas le banc calcaire supérieur et forme entre lui et un troisième banc de la même roche une sorte de poche en forme d'entonnoir. Il doit y avoir eu ici un double glissement de couches.

Plus loin, entre Gléresse et Bienne, M. Schardt a constaté en divers endroits des exemples de glissements analogues, où des paquets de Valangien supérieur et de marne hauterivienne ont coulé sur la surface érodée du Marbre bâtard sous-jacent, en ont rempli les dépressions, puis ont été recouverts par des bancs glissés de ce même Marbre bâtard, de façon à constituer des poches fermées. Les carrières de Im Rusel et de au Pasquart, près de Bienne, sont particulièrement instructives à cet égard.

Actions et agents interneae.

TREMBLEMENTS DE TERRE

M. E. BÜHRER (20) a réuni quelques renseignements sur le tremblement de terre qui, le 29 avril 1905, a affecté plus particulièrement la Haute-Savoie et la région de Genève, Vaud et Valais. Outre la secousse principale, des mouvements moins forts se sont succédé, depuis le 29 avril à 2 h. du matin jusqu'au 4 mai à 11 h. 55 du soir, dont la plupart n'ont été ressentis que dans les environs de Martigny. La secousse principale, qui s'est produite le 29 avril à 2 h. 48 du matin, a eu ses effets les plus violents entre Chamonix et Argentières, où de nombreux édifices ont été lézardés, puis dans la vallée du Rhône entre Martigny et Sion. Sur la ligne de Genève, Morges, Lausanne, elle a été ressentie d'une façon générale et a montré l'intensité 3-4 de l'échelle Forel-Rossi. Son

centre, qui semblerait, d'après la répartition des intensités, avoir été dans la vallée de Chamonix, paraît plutôt devoir être recherché dans le Haut-Valais d'après la direction de la percussion, qui à Martigny venait nettement du N E.

D'après le rapport annuel rédigé par M. J. FRÜH (26), et consacré aux tremblements de terre survenus en Suisse en 1903, 20 seïsmes distincts ont été perçus pendant cette année dans notre pays. De ce nombre 17 ont affecté les territoires alpins et plus particulièrement le Valais avec le bassin supérieur du lac de Genève d'une part, les Grisons de l'autre. Dans la première région les seïsmes se sont répartis comme suit :

Les environs de Zermatt ont subi 3 secousses légères au début de l'année, soit le 20 février à 5 h. 45 ap. m., le 21 février à 6 h. av. m. et le 19 avril à 11 h. 30 ap. m. Puis le 13 juin un tremblement était ressenti à Pramont près Granges à 10 h. 29 du soir, tandis que Zermatt était de nouveau faiblement ébranlé le lendemain 14 juin à 1 h. 12 du matin. Le 17 septembre vers 7 h. $\frac{1}{2}$ du soir un seïsmes s'est manifesté dans la vallée du Rhône entre Sierre et Brieg. Le 26 du même mois, à 11 h. 20 du soir, un mouvement très net s'est propagé suivant une ligne dirigée SE-NW de Clarens jusqu'à Bercher sur Moudon. Le 26 octobre à 1 h. 30 ap. m. nouvelle secousse à Zermatt, et enfin le 3 novembre 3 ébranlements successifs ont été perçus dans les environs de Clarens; le premier à 11 h. 29 av. m. a eu la plus grande extension et a été constaté suivant une ligne s'étendant d'Orsières et Martigny à Vevey; les 2 autres à 11 h. 48 av. m. et 0 h. 18 ap. m. paraissent avoir été tout à fait localisés à Clarens.

Dans la Suisse orientale 5 seïsmes ont été enregistrés; le premier s'est produit le 3 janvier à 4 h. 57 av. m. et a affecté le territoire compris entre la Linth et le Rhin et délimité par Glaris, Wallenstadt, Ragatz et Coire. Le second survenu le 19 janvier à 2 h. 23 ap. m. a pris la forme d'un choc localisé à Davos. Le troisième a été éprouvé dans la région de Parpan et de la Lenzer Haide le 11 juin à 4 h. 45 av. m. Enfin les 2 derniers se sont produits le 9 septembre à 4 h. 38 et à 4 h. 57 du matin dans la Haute Engadine à Sils, Silvaplana et Pontresina.

VOLCANISME

A la suite d'une visite au Stromboli en mars 1901 et d'une série d'observations faites pendant l'éruption du Vésuve en septembre 1904, M. A. BRUN (19) s'est efforcé d'éclaircir par des expériences de laboratoire certains faits particuliers du volcanisme.

A propos de la température de fusion des laves à leur émission, l'auteur remarque que, tandis que le point de fusion diffère notablement d'un minéral à l'autre, il varie beaucoup moins pour les verres correspondants; or le point de fusion des verres nous donne un minimum pour la température des laves à l'émission, tandis que celui des cristaux flottant dans la roche fondue nous indique un maximum. En fait cette température paraît osciller le plus souvent autour de 1100°.

M. Brun a établi ensuite que la fusion artificielle d'une lave est toujours accompagnée d'une abondante émission de gaz, et il en conclut que ceux-ci sont produits par la liquéfaction de la roche aux dépens de certains corps chimiques contenus dans celle-ci. Quant à la température de fusion, qui a été déterminée pour 18 échantillons de laves diverses, anciennes ou récentes, d'obsidiennes, de ponces, de scories, de liparites, etc....., elle oscille entre 1210° pour une lave ancienne, très cristalline, de l'Etna, et 874° pour une obsidienne noire de Lipari. Des expériences faites en vue d'éclaircir le phénomène des fumerolles ont montré que le chlorure de sodium, très fluide à 825°, émet à 936° de fortes fumées filtrant à travers des pierres; un mélange de Na Cl et de K Cl fume déjà intensément à 876°. La réapparition de fumées de chlorures autour de la cheminée d'un volcan éteint doit donc être considérée comme un signe de l'imminence d'une explosion.

Le fait que les gaz naissent au sein même de la roche volcanique ressort déjà de la structure des coulées, qui sont toujours semées de grosses bulles, dont le nombre et les dimensions augmentent rapidement de l'intérieur vers la surface, les gaz charriés dans la lave tendant toujours à s'élever au travers de celle-ci, pour s'échapper finalement en grande partie de sa surface. D'autre part l'explosion en l'air de gros blocs projetés, qui s'observe bien souvent, est due certainement à l'expansion des gaz qui font partie intégrante de ces fragments de lave.

La faculté d'émettre des gaz est particulièrement accusée dans les obsidiennes qui, une fois fondues artificiellement, se transforment en ponces en augmentant énormément de volume; pourtant, même ici, l'émission des gaz ne prend pas la forme d'une explosion momentanée; elle se manifeste avec une intensité proportionnelle à la température et se prolonge fort longtemps. Il est donc évident que les gaz ne sont pas dissouts tels quels dans la roche fondue, dans un état pneumatolytique, mais qu'ils sont produits par des réactions intervenant entre certains éléments constitutifs non volatiles.

Dans le but de déterminer la nature de ces réactions, M. Brun a cherché à fixer, par des expériences soit analytiques, soit synthétiques, la composition des émanations gazeuses et celles de leurs générateurs. En opérant sur des laves du Stromboli et de Lipari, il a reconnu que les dégagements gazeux peuvent toujours se ramener à 3 catégories fondamentales, d'abord l'azote et l'ammoniaque, ensuite le chlore et l'acide chlorhydrique, enfin les hydrocarbures.

1° L'azote qui se dégage à l'état pur ou bien comme ammoniaque ou comme chlorhydrate d'ammoniaque, provient de la décomposition d'azotures de fer ou de silicium, dont la présence dans les laves a été constatée directement pour l'azoture de fer, indirectement pour l'azoture de silicium, auquel l'auteur donne le nom de **Marignacite**.

Le chlore qui se dégage tantôt pur, tantôt sous forme d'acide chlorhydrique, de chlorures alcalins ou de chlorhydrate d'ammoniaque, provient de la destruction d'une combinaison non soluble dans l'eau, qui doit être le silicio-chlorure de calcium. En chauffant jusqu'à 1050° une obsidienne de Lipari, M. Brun a obtenu un dégagement d'acide chlorhydrique, dont le volume ramené à 0° et 760 mm. est sensiblement double de celui de la roche, et la ponce restant après la chauffe était teinte par un pigment charbonneux, résultant évidemment de la décomposition d'un hydrocarbure par le chlore naissant.

En traitant par le chloroforme différents échantillons de lave préalablement pulvérisés, M. Brun en a extrait un hydrocarbure ayant la consistance de la vaseline; en chauffant d'autre part des laves diverses dans un courant d'oxygène, il a toujours obtenu un dégagement de CO_2 et de H_2O . Les hydrocarbures doivent donc exister dans la plupart des roches volcaniques.

Le chlorhydrate d'ammoniaque ne doit pas préexister dans les laves, il s'y forme par réaction pyrogénée.

Les essais synthétiques entrepris par M. Brun sont basés sur le principe que les 3 générateurs de gaz supposés dans les laves doivent être des réducteurs puissants en même temps qu'intervient une double décomposition avec les silicates polybasiques. En effet les volcans sont réducteurs.

En projetant un peu d'azoture de silicium dans un silicate polybasique contenant Fe_2O_3 préalablement fondu, l'auteur a obtenu d'abord un fort dégagement d'azote, puis une réduction de l'oxyde ferrique; par contre aucun dégagement d'azote ne s'est produit, lorsqu'on a opéré de même sur un silicate ne contenant pas de Fe_2O_3 .

En humectant de pétrole divers échantillons de roches volcaniques et en chauffant ensuite, M. Brun a constaté qu'une partie du pétrole restait fixé jusqu'au moment de la fusion, qu'un violent dégagement d'acide carbonique se produisait alors, et qu'après l'expérience l'oxyde ferrique était de nouveau réduit en proportion importante.

En fondant du silicio-chlorure de calcium avec une lave ferrique ou un trachyte, M. Brun a observé d'abord un dégagement de chlorures d'alcalis et de fer, puis une réduction de l'oxyde ferrique.

Pour obtenir des dégagements d'ammoniaque il suffit de chauffer au rouge un mélange d'azoture de silicium et de quartz imbibé de pétrole, tandis qu'en chauffant un mélange de quartz et de siliciochlorure de calcium également imprégné de pétrole on obtient un dégagement d'acide chlorhydrique et un dépôt de charbon, et qu'en opérant de même sur un mélange d'azoture, de siliciochlorure et d'hydrocarbure on provoque la formation de chlorhydrate d'ammoniaque.

La présence dûment constatée d'azotures, de silicio-chlorures et d'hydrocarbures dans des laves contenant d'autre part des silicates ferriques suffit donc à expliquer tous les dégagements qui accompagnent les épanchements volcaniques, à la condition que la température de la roche soit plus élevée que son point de fusion; il est évident d'autre part que la force explosive de ces émanations doit être énorme. Quant aux vapeurs d'eau, auxquelles beaucoup d'auteurs attribuent un rôle essentiel, M. Brun n'en a constaté la présence au milieu des émanations produites par les laves ni dans le cours

de ses expériences de laboratoire, ni sur le terrain lors d'excursions répétées au Stromboli et au Vésuve; il admet donc que ces vapeurs, lorsqu'elles existent, ne sont pas volcaniques, mais proviennent de la volatilisation des eaux d'infiltration qui avant l'éruption imprégnaient les abords de la cheminée. Les phases d'une éruption peuvent donc être définies comme suit :

- 1° Jusqu'à 825°, volatilisation des eaux telluriques.
- 2° A 825°, début des fumées de chlorures.
- 3° Entre 875° et 1100°, températures explosives variant avec les laves.
- 4° A 1100°, température moyenne des laves coulantes.

Une fois le paroxysme passé, les mêmes phases se suivent en sens inverse et, tant que le volcan émet des fumées de chlorures, il faut admettre que la température de son foyer reste voisine du point explosif.

III^e PARTIE — TECTONIQUE

Alpes.

Tectonique générale, nappes de charriage. — Je puis me contenter de citer brièvement ici une conférence faite par M. H. DOUXAMI (45), dans laquelle l'auteur, après un exposé historique du développement de la tectonique, indique les grandes lignes de la structure générale des Alpes en adoptant la notion des grandes nappes de charriage, telle qu'elle ressort des travaux de MM. M. Bertrand, H. Schardt, M. Lugeon, E. Haug et P. Termier.

M. P. TERMIER (70) continuant les études qu'il poursuit depuis plusieurs années sur la tectonique des Alpes orientales s'est occupé plus spécialement en dernier lieu de la région comprise entre la ligne du Brenner et le territoire de la Val-teline et du Val Camonica.

Le long de la **ligne du Brenner**, de Matrei au N à Sterzing au S, on peut suivre constamment un profil restant semblable à lui-même et dont le caractère se résume comme suit :

- 1° A la base affleure un complexe de schistes calcaires qui semblent correspondre aux schistes lustrés et qui, vers l'E,