

**Zeitschrift:** Eclogae Geologicae Helvetiae  
**Herausgeber:** Schweizerische Geologische Gesellschaft  
**Band:** 10 (1908-1909)  
**Heft:** 5

**Artikel:** IIe partie, Géophysique  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-156877>

#### 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:** 19.01.2026

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

## II<sup>e</sup> PARTIE — GÉOPHYSIQUE

### *Erosion et corrosion.*

M. E. CHAIX (18) a cherché à intéresser des cercles de plus en plus étendus à la publication d'un *atlas de l'érosion* qu'il se propose d'entreprendre en collaboration avec M. J. Brunhes et qui aurait pour but de préciser le sens des termes employés de façons très dissemblables par les nombreuses personnes qui s'occupent de cette question.

M. G. RÖESSINGER (48) a fait quelques observations sur le travail des petits cours d'eau qui descendent des hauteurs de la Côte (Vaud), il a en particulier relevé le fait que les ravins les plus importants suivent toujours les lignes de plus grande pente.

M. L.-J. ROMAIN (50) a minutieusement étudié le détail de la topographie de *quelques ravins des environs de Fribourg* et des bassins de réception correspondants ou têtes de ravin. Il a partout relevé le fait que les ravins, encaissés entre des parois presque verticales et peu inclinées sur la plus grande partie de leur profil longitudinal, se terminent vers l'amont par un tronçon à pente forte qui en amènent assez brusquement le fond au niveau du bassin d'alimentation.

Au contact du ravin et de la tête de ravin qui lui correspond, la section transversale s'évase très rapidement et tout le bassin de réception, peu incliné, se divise en un système de cuvettes peu profondes et mal délimitées.

L'auteur a reproduit dans une série d'expériences des formes d'érosion comparables à ce qu'il a observé dans la nature, et, se basant sur l'ensemble des faits qu'il a pu ainsi établir, il a cherché à préciser la cause du contraste constaté entre le ravin et sa tête. Pour lui l'influence du niveau de base sur l'évolution d'un système torrentiel est purement négative ; l'influence positive, c'est la masse même des eaux courantes. Ceci étant admis, il existe pour chaque cours d'eau un point pour lequel la quantité d'eau fournie par le tronçon supérieur est exactement suffisante pour le travail d'érosion à effectuer dans le tronçon inférieur. Ce point marque le contact entre le bassin d'alimentation et le canal d'écoulement ; au-dessus de lui les eaux sauvages, en ruisselant de toutes les

directions, paralySENT réciproquement leur action et ne déterminent par conséquent pas de transformations importantes.

Dans un dernier chapitre M. Romain montre l'utilisation constante des têtes de ravin pour le passage des routes et d'autre part l'influence considérable qu'exerce sur l'hydrographie la construction de ces chaussées.

M. E. CHAIX a signalé à l'attention des géographes réunis en congrès à Genève en 1908 (19) quelques faits concernant l'érosion torrentielle et la corrosion. Comme beaux exemples d'érosion tourbillonnaire il a cité les gorges de la Valserine, la cluse du Fier et le canion du Malpertuis, tandis qu'il a indiqué comme régions typiques pour l'étude de la corrosion des calcaires la voûte du Parmelan et le Désert de Platé.

M. L.-W. COLLET (21) s'est attaché à démontrer que la plupart des phénomènes de dissolution ou de décomposition, attribués généralement à l'action de l'anhydrite carbonique dissout dans l'eau, sont dues en réalité à des acides organiques divers, produits par la décomposition de débris végétaux, en particulier à l'acide humique et à l'acide crénique. Par l'intervention de ces acides il se forme entre autres, aux dépens des silicates, des silico-azo-humates de fer, qui par oxydation donnent lieu à des précipitations d'oxyde ferreux.

*Erosion glaciaire.* — M. J. BRUNHES (16) a soumis à une nouvelle étude critique la question controversée de l'érosion glaciaire.

Il rappelle que les trois caractères fondamentaux des vallées glaciaires sont : 1<sup>o</sup> Leur section en U ; 2<sup>o</sup> Leur profil longitudinal en escalier ; 3<sup>o</sup> Les gradins de confluence au débouché des vallées latérales. Puis il montre par des exemples qu'aucun de ces trois caractères ne peut être considéré comme spécifiquement glaciaire, que tous trois se retrouvent au contraire dans le lit des cours d'eau relativement jeunes.

Ceci établi, l'auteur cherche quelles sont les données qu'on peut tirer de l'étude détaillée des territoires récemment abandonnés par les glaciers concernant le travail effectué par ceux-ci sur leur lit. Il remarque que ces laisses glaciaires sont très souvent bombées suivant leur axe en une échine médiane, qui d'une part se prolonge vers l'amont en une bosse médiane de la glace, qui d'autre part se retrouve vers l'aval dans les grandes vallées glaciaires sous la forme d'« Inselberge ». Il constate enfin que, dans les barres transversales qui coupent de nombreuses vallées glaciaires, il y a

presque toujours une saillie médiane bordée de deux sillons latéraux et conclut que l'érosion a dû être maximum là où la vitesse du glacier était la moins rapide, mais là par contre où la fusion était la plus abondante, que cette érosion ne peut pas par conséquent être purement glaciaire, mais doit être en grande partie le fait des eaux sous-glaciaires, qui tendent à suivre les deux zones marginales du glacier.

Pendant que les eaux sous-glaciaires creusent suivant la tactique habituelle des eaux courantes, la glace rabote et lime les aspérités de son lit, et ce travail de la glace pouvant se continuer longtemps après que les eaux ont cessé de creuser, les échines glaciaires peuvent finalement disparaître dans les vallées basses ; elles subsistent au contraire toujours dans les régions élevées, dont la pente favorise l'érosion torrentielle sous-glaciaire.

Ces mêmes idées ont été exposées plus brièvement par M. J. BRUNHES dans les *Eclogæ* (17).

M. P. GIRARDIN a de son côté développé des opinions toutes semblables, en se basant sur l'étude détaillée qu'il a faite de plusieurs laisses glaciaires des Alpes suisses et françaises (34). Puis, dans une note subséquente consacrée plus particulièrement aux **diffluences de glaciers** (35), il a cité plusieurs exemples de glaciers, qui alimentent à la fois deux torrents s'écoulant en sens inverse sur des versants opposés, et en a tiré la conclusion que la notion de la limite de partage des eaux ne doit pas conserver le caractère absolu qu'on lui a généralement donné. Il a montré en outre que le phénomène de la diffluence des eaux a subsisté jusqu'à nos jours dans maintes régions basses, envahies autrefois par des glaciers quaternaires et ayant conservé depuis lors leur relief à peu près intact.

### *Morphologie géophysique.*

M. J. FRÜH (28) a organisé pour les participants au congrès international de géographie à Genève une excursion destinée à étudier la **morphologie des régions alpines et subalpines** et a composé à cet effet un guide sommaire.

L'auteur décrit successivement dans cette notice les terrasses qui dominent le lac de Zurich, les environs de Zug avec les restes de la pénéplaine préglaciaire qui subsistent à l'Albis, au Zugerberg sur le versant NW du Rigi, puis Lucerne et ses abords avec les moraines du stade de Bühl. Puis,

nous conduisant par la vallée d'Unterwalden et le Brunig, il nous montre dans le lac de Lungern un bassin creusé dans la roche en place par le glacier et dans le Brunig une large brèche de transfluence occupée et modelée longtemps par une digitation du glacier de l'Aar. Après nous avoir fait visiter en passant la barre calcaire du Kirchet et ses gorges glaciaires, il nous décrit les deux versants qui bordent le lac de Brienz et le panorama célèbre dont on jouit du haut de la Schynige Platte. A propos de ce dernier il fait ressortir le caractère juvénile de toute la topographie de la région et détaille le système des terrasses qui marquent dans les grandes vallées les phases successives de l'érosion.

Dans la vallée de Frutigen le thalweg préglaciaire se suit entre 1200 et 1300 m., tandis que plus haut de nombreux karrs descendant jusqu'à 1800 m. marquent l'extension des glaciers de Bühl. Entre Frutigen et Kandersteg le seuil rocheux de Bühl coupe la vallée en deux tronçons étagés, dont le plus bas, celui de Kandergrund, est couvert par un énorme éboulement. Le vallon d'Eschinien débouche sur la vallée principale par une rupture de pente élevée et son lac est barré par un éboulement postglaciaire. La vallée de la Gemmi, dont le seuil est de 600 m. plus élevé que le thalweg de Kandersteg, est tapissée d'énormes masses éboulées; on y trouve près du Daubensee des moraines du stade de Daun.

M. Früh cite ensuite la vallée de la Dala comme un trog typique, qui débouche dans la vallée du Rhône comme vallée suspendue au niveau de 900 m. environ et se raccorde là avec un ancien thalweg marqué par la terrasse de Louèche-Varen. La grande coupure rectiligne du Valais est par excellence une vallée glaciaire, que domine non seulement la terrasse Louèche-Varen, mais encore une seconde terrasse située entre 1300 et 1500 m. d'altitude.

Nous devons d'autre part à M. E. BRÜCKNER (12) une notice écrite dans le même esprit et en vue du même but que celle de M. Früh, qui nous donne une description de la vallée de l'Arve, du Valais, de la vallée supérieure de l'Aar et de l'Unterwald, envisagés spécialement au point de vue de l'érosion glaciaire.

L'auteur, après avoir fait ressortir les caractères particuliers du bassin de Genève, définit la vallée inférieure de l'Arve comme un tronçon nettement surcreusé, bordé par plusieurs terrasses qui représentent autant d'anciens thalwegs. Puis il montre dans la vallée supérieure de l'Arve ou vallée de Châ-

monix un trog typique, dont les versants abrupts s'élèvent jusqu'à 1800-1900 m. et dans lequel les vallées latérales débouchent toutes par des ruptures de pente. Il signale encore des moraines déposées pendant le stade de Daun, soit en amont des Tines, soit aux environs d'Argentière.

Passant par le Col des Montets, M. Brückner nous conduit dans la vallée de Valorcine, dont la topographie glaciaire est restée pour ainsi dire intacte, et dans laquelle se succèdent les bassins étagés et surcreusés de Châtelard, de Vouillez et de Leizettaz. À propos de la vallée du Rhône, il attire l'attention sur la section élargie et les bords abrupts, sur le caractère suspendu de toutes les vallées affluentes à l'exception de celles de la Dranse et de la Viège, et sur les deux terrasses, restes d'anciens thalbodens, qui se marquent sur les deux flancs au niveau de 1000-800 m. et de 1300-1000 mètres.

Après une description sommaire du glacier d'Aletsch et de la vallée supérieure du Rhône jusqu'à Gletsch, M. Brückner met en lumière le contraste qui existe entre la Furka qui, n'ayant jamais été franchie par un grand glacier, a conservé ses formes tranchantes, et la Grimsel, qui a servi de passage à l'un des bras du glacier du Rhône et dont les aspérités ont été de ce fait rabotées et arrondies. Puis, passant à la vallée supérieure de l'Aar, il montre comment le thalweg en est divisé en au moins dix bassins étagés, séparés par des seuils rocheux ; le dernier de ces seuils forme la fameuse barre calcaire du Kirchet. Enfin, M. Brückner expose les effets particuliers de l'érosion glaciaire au Brunig et dans la vallée d'Unterwald.

L'irruption d'eau et de matériaux détritiques dans le **Tunnel du Lœtschberg** qui s'est produite pendant l'été 1908 a paru à tous les partisans de l'érosion glaciaire la démonstration d'un surcreusement de la vallée de Gasteren par son glacier pléistocène jusqu'au-dessous du niveau de la galerie. M. ALB. HEIM (38) proteste contre cette manière de voir ; il cherche à établir que le seuil du Gasterenthal n'est pas rocheux, comme presque tout le monde l'a admis jusqu'ici, mais qu'il est formé par un éboulement qui, ayant créé un barrage, a provoqué l'alluvionnement vers l'amont d'un complexe de graviers épais de 200 à 300 m. Il admet de même que le fond de la vallée de Kandersteg a été d'abord à un niveau notablement plus bas et qu'il a été ensuite relevé par des alluvionnements déposés en arrière d'un barrage morainique.

M. Heim déduit de l'étude qu'il a pu faire des matériaux jetés dans le tunnel, qu'il s'agit essentiellement de sable et de graviers fluviatiles, auxquels se mêlent quelques débris d'anciens éboulis cimentés. Il constate d'autre part que le volume total de ces matériaux correspond presque exactement à l'entonnoir d'effondrement qui s'est formé au-dessus du lieu de l'accident, dans le Gasterenthal ; il remarque enfin que les venues d'eau abondantes ont été de très courte durée, qu'elles ne peuvent donc pas provenir d'une perte partielle de la Kander et qu'elles correspondent simplement à l'écoulement des eaux d'infiltration qui imprégnait la zone de graviers atteinte par le tunnel.

Il n'y a aucun doute que la galerie du tunnel a atteint une ancienne vallée de la Kander, comblée par des alluvions, après avoir été creusée exclusivement par l'érosion fluviale. L'absence de seuil rocheux enlève toute raison d'être à l'hypothèse d'un surcreusement glaciaire et le fait que les dépôts vaseux ne se mêlent pas en quantité appréciable aux graviers et au sable rend peu probable l'idée de l'existence prolongée d'un lac dans ce tronçon de vallée.

### Sources.

M. F.-A. FOREL (24), constatant que beaucoup de sources de Suisse sont en décroissance continue, attribue ce fait non à un déficit dans la quantité des précipitations atmosphériques tombées pendant ces dernières années, mais à une évolution normale de l'hydrographie souterraine, qui tend à abaisser constamment le niveau de sortie des eaux sur les flancs des coteaux.

MM. E. SARASIN, C.-E. GUYE et J. MICHELI (51) ont déterminé la radioactivité des sources de Lavey par la méthode d'Elster et Geitel modifiée par von Sury. En prenant la moyenne de cinq analyses ils ont obtenu, pour la radioactivité de ces eaux une valeur égale à 11 unités de Mache qui est, avec celle reconnue aux eaux de Dissentis, la plus élevée qui ait été constatée jusqu'ici en Suisse. L'action radioactive relativement forte des sources de Lavey est apparemment due à l'émanation du radium.

### Lacs.

A l'occasion du Congrès international de géographie réuni à Genève, M. F.-A. Forel (26) a donné un bref aperçu des

caractères généraux du **Léman**, au point de vue de sa morphologie, des dépôts qui s'y forment, de la composition, la transparence et la couleur de ses eaux, de son régime et de son émissaire, de sa faune et sa flore, etc....

M. H. SCHARDT (52) a signalé la baisse extraordinaire que le lac des Brenets a subie en 1906 et décrit quelques particularités de ce lac, qui ont été rendues visibles par cette diminution exceptionnelle du volume d'eau.

M. E.-J. GARWOOD (31) a publié, déjà en 1906, une étude des lacs du canton du Tessin, qui contient de nombreuses planches, une série importante de mesures de profondeur, une carte de la région du Gothard, et des cartes spéciales avec isobathes des lacs Ritom, Tom, Cadagno, Scuro et Lucendro.

L'auteur divise les lacs qu'il a étudiés en :

I. *Lacs de barrage* : Lago Camoghe, L. Lisera, L. Pettano, L. d'Elio, L. di Murinascio, L. Lucomagno, L. Orsirora, L. Orsino et lacs du Gothard.

II. *Lacs au seuil rocheux*, formés les uns par dissolution de roches calcaires ou gypseuses : Lac Ritom, L. Tom, L. Cadagno, L. Tremorgio, les autres par érosion sélective : L. Scuro, L. Taneda, L. di Lucendro, L. della Sella.

Du reste l'auteur reconnaît que parmi les lacs de la première catégorie plus de la moitié possèdent, pour une partie de leur profondeur des fonds rocheux.

Pour expliquer les bassins rocheux, qu'il a ainsi constatés, M. Garwood se refuse à faire intervenir une érosion glaciaire ; il remarque que beaucoup des lacs de ce genre se trouvent au contact des schistes cristallins et des cornieules triasiques et admet une dissolution de ces dernières, qui aurait déterminé la formation d'une cuvette ; telle serait l'origine des lacs Ritom, Tom, Cadagno et Tremorgio. Quant aux quatre autres lacs au seuil rocheux, ils sont placés près du contact du gneiss et des micaschistes, ils peuvent donc avoir été creusés par une érosion plus énergique des micaschistes ; leur proximité à la ligne de faîte de la chaîne, paraît à l'auteur devoir exclure toute idée d'érosion glaciaire.

*Eaux et vases lacustres.* — Se fondant sur de nombreuses expériences, M. F.A. Forel (25) a cherché à établir les conditions dans lesquelles les eaux des lacs peuvent être utilisées comme eaux d'alimentation.

Il montre que, pour éviter les troubles provenant de l'attaque des beines par les vagues, il faut établir les prises d'eau à une certaine distance du rivage et que cette prise d'eau doit être à une profondeur de 30 à 40 m., pour éviter à la fois des variations de température trop fortes et les impuretés de la surface. Il montre ensuite que les eaux des lacs sont dans la plupart des cas suffisamment riches en gaz dissous, relativement pures de matières minérales et de matières organiques, ces dernières étant absorbées à mesure par la faune et la flore, et qu'elles ne contiennent qu'en quantité insignifiante des microbes pathogènes.

En résumé, M. Forel considère que l'eau des lacs est, dans la plupart des cas, une eau d'alimentation excellente, qu'elle peut être parfaitement purifiée par la décantation et que la meilleure position à donner à une bouche d'aspiration se trouve à une profondeur de 30-40 m., à 3 ou 4 m. au-dessus du fond et si possible sur une arête saillante entre deux ravins sous-lacustres.

M. J. ZENDER (53) a effectué une étude chimique des eaux et des vases des lacs de Genève, Neuchâtel, Biel, Thoune, Lucerne, Zurich, Constance, Lugano et du lac Majeur.

L'auteur commence par exposer la méthode qu'il a suivie, soit pour les prises d'eau et de vases, soit pour la partie chimique de son travail, méthode qui se rapproche du reste beaucoup de celle employée récemment par M. Bourcart. Pour l'interprétation des résultats de ses analyses il admet : 1<sup>o</sup> que le chlore est combiné à K et Na ; 2<sup>o</sup> que H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> est lié d'abord aux alcalis disponibles, puis à la magnésie et finalement à la chaux ; 3<sup>o</sup> que les soldes de chaux et éventuellement de magnésie sont liés à CO<sub>2</sub>. Le résidu sec a toujours été maintenu, pendant plusieurs heures, à une température de 170°, avant d'être pesé ; ces divers éléments ont ainsi perdu toute leur eau de cristallisation, mais aucun des carbonates n'a pu être décomposé en oxyde.

Les résultats obtenus par M. Zender sont les suivants :

1<sup>o</sup> **Lac de Genève.** L'eau de surface du lac, prise à Genève le 19 octobre 1905, a donné un résidu sec de 152.8 milligr. par litre, qui se décomposent en Si O<sub>2</sub> 1.7, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.4, MgSO<sub>4</sub> 29.7, Ca SO<sub>4</sub> 29.7, Ca CO<sub>3</sub> 88.2. Cette composition correspond à peu près à celle de l'eau de surface prise, en 1888, près de Morges, par M. Duparc, et à celle d'une autre prise faite aussi, à la surface de l'eau, près de Genève, par M. Freundler, en 1891 ; pourtant la quantité du résidu sec

est un peu plus petite et la teneur en Si O<sub>2</sub> est notablement moindre.

Une prise d'eau faite entre Ouchy et Evian, à 100 m. de profondeur, le 17 janvier 1906, a été analysée et a laissé un résidu sec de 162.2 mg. par litre comprenant : Si O<sub>2</sub> 1.5, Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> + Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 0.3, Na Cl 3.6, Na<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> 1.1, K<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> 3.1, Mg SO<sub>4</sub> 29.4, Ca SO<sub>4</sub> 29.6, Ca CO<sub>3</sub> 87.2.

Un échantillon de vase prélevé à 100 m. de la côte, près de Versoix, avait la composition suivante : Si O<sub>2</sub> 43.96 %, Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 2.98 %, Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 4.92 %, Ca O 23.26 %, Mg O 1.58 %, CO<sub>2</sub> 20.00 %, matières organiques 1.85 %.

**2<sup>e</sup> Lac de Lugano.** L'eau analysée de ce lac a été prise au large de Lugano, à environ 100 m. de profondeur ; son résidu sec, de 132.8 mg. par litre, contenait : Si O<sub>2</sub> 3.0, K Cl 3.8, Mg SO<sub>4</sub> 13.7, Mg CO<sub>3</sub> 18.3, Ca CO<sub>3</sub> 84.7. De la vase prise au même endroit avait la composition suivante : Si O<sub>2</sub> 52 %, Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> + Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 31.57 %, Ca O 2.58 %, Mg O 3.60 %, CO<sub>2</sub> 5.99 %, matières organiques + H<sub>2</sub> O 2.41 %.

**3<sup>e</sup> Lac Majeur.** Une prise d'eau, faite le 20 février 1906, au large de Locarno, a donné à l'analyse les résultats suivants : résidu sec 97.2 mg. par litre, Si O<sub>2</sub> 4.6, Na Cl 2.0, Na<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> 0.6, K<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> 1.8, Mg SO<sub>4</sub> 19.5, Ca SO<sub>4</sub> 17.4, Ca CO<sub>3</sub> 43.0. La vase prise au même endroit était composée de Si O<sub>2</sub> 62.31 %, Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 25.36 %, Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 17.97 %, Ca O 3.18 %, Mg O 3.74 %, CO<sub>2</sub> 2.50 %, matières organiques + H<sub>2</sub> O 3.29 %.

**4<sup>e</sup> Lac de Neuchâtel.** La prise d'eau a été faite le 23 mai 1906, au large de Neuchâtel ; l'eau analysée a laissé un résidu sec de 154.2 mg. par litre avec : Si O<sub>2</sub> 3.2, Na Cl 1.5, K Cl 2.8, Mg SO<sub>4</sub> 12.5, Mg CO<sub>3</sub> 11.3, Ca CO<sub>3</sub> 113.2. L'analyse d'un échantillon de vase, prélevé au même endroit, a donné : Si O<sub>2</sub> 20.03 %, Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 2.18 %, Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 5.36 %, Ca O 37.31 %, Mg O 1.12 %, CO<sub>2</sub> 30.58 %, matières organiques + H<sub>2</sub> O 3.05 %.

**5<sup>e</sup> Lac de Morat.** L'eau de ce lac, prise à 40 m. de profondeur, a laissé un résidu sec de 119.0 mg. par litre ; elle est notablement plus riche en carbonates que celle du lac de Neuchâtel.

**6<sup>e</sup> Lac de Biel.** L'analyse d'une prise d'eau, effectuée au large de Neuveville, le 15 juin 1906, a donné : résidu sec 162.2 mg. par litre, Si O<sub>2</sub> 2.6, Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 0.2, Na Cl 3.5, K<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> 2.2, Mg SO<sub>4</sub> 24.0, Mg CO<sub>3</sub> 2.1, Ca CO<sub>3</sub> 130.2. La vase prélevée au même endroit avait la composition suivante : Si O<sub>2</sub> 35.23 %, Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 3.04 %, Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 8.07 %, Ca O 25.56 %,

$Mg\ O\ 2.14\ %$ ,  $CO_2\ 22.43\ %$ , matières organiques +  $H_2\ O\ 3.67\ %$ .

7<sup>e</sup> **Lac de Thoune.** L'eau a été prise devant Scherzlingen, à une profondeur de 40 m., en juillet 1906; elle a laissé un résidu sec de 154.4 mg. par litre, se décomposant comme suit :  $Si\ O_2\ 3.3$ ,  $Fe_2\ O_3 + Al_2\ O_3\ 0.4$ ,  $Na\ Cl\ 1.1$ ,  $Na_2\ SO_4\ 1.9$ ,  $K_2\ SO_4\ 2.8$ ,  $Mg\ SO_4\ 24.3$ ,  $Ca\ SO_4\ 19.6$ ,  $Ca\ CO_3\ 102.1$ . La vase provenant du même point se composait de :  $Si\ O_2\ 37.70\ %$ ,  $Fe_2\ O_3\ 5.56\ %$ ,  $Al_2\ O_3\ 7.44\ %$ ,  $Ca\ O\ 25.44\ %$ ,  $Mg\ O\ 2.07\ %$ ,  $CO_2\ 22.24\ %$ , matières organiques +  $H_2\ O\ 2.54\ %$ .

8<sup>e</sup> **Lac de Brienz.** Le résidu sec pour l'eau de ce lac, prise devant Brienz, a été de 79.8 mg. par litre seulement et comprenait :  $Si\ O_2\ 2.2$ ,  $Mg\ SO_4\ 11.1$ ,  $Ca\ SO_4\ 0.7$ ,  $Ca\ CO_3\ 66.0$

9<sup>e</sup> **Lac de Zoug.** Ici, le résidu sec, de 122.8 mg. par litre, se décompose en :  $Si\ O_2\ 2.4$ ,  $Mg\ SO_4\ 8.3$ ,  $Mg\ CO_3\ 18.0$ ,  $Ca\ CO_3\ 97.0$ .

10<sup>e</sup> **Lac des Quatre-Cantons.** L'eau prélevée devant Brunnen, en août 1906, a laissé un résidu sec de 122.8 mg. par litre comprenant :  $Si\ O_2\ 2.8$ ,  $Fe_2\ O_3 + Al_2\ O_3\ 0.5$ ,  $Na\ Cl\ 1.9$ ,  $Na_2\ SO_4\ 1.2$ ,  $K_2\ SO_4\ 1.8$ ,  $Mg\ SO_4\ 12.4$ ,  $Ca\ CO_3\ 104.4$ . La vase, au même endroit, a donné à l'analyse :  $Si\ O_2\ 39.52\ %$ ,  $Fe_2\ O_3 + Al_2\ O_3\ 15.38\ %$ ,  $Ca\ O\ 22.42\ %$ ,  $Mg\ O\ 2.43\ %$ ,  $CO_2\ 17.62\ %$ , matières organiques +  $H_2\ O\ 2.48\ %$ .

11<sup>e</sup> **Lac de Zurich.** L'eau de lac, prise près de Thalwyl, le 26 septembre 1906, a donné un résidu sec de 113.4 mg. par litre avec :  $Si\ O_2\ 1.2$ ,  $Na\ Cl\ 0.9$ ,  $K\ Cl\ 1.2$ ,  $Mg\ SO_4\ 9.3$ ,  $Mg\ CO_3\ 10.9$ ,  $Ca\ CO_3\ 89.8$ . La vase, au même endroit, avait la composition suivante :  $Si\ O_2\ 27.65\ %$ ,  $Fe_2\ O_3\ 4.98\ %$ ,  $Al_2\ O_3\ 4.96\ %$ ,  $Ca\ O\ 27.20\ %$ ,  $Mg\ O\ 2.26\ %$ ,  $CO_2\ 23.86\ %$ , matières organiques +  $H_2\ O\ 7.95\ %$ .

12<sup>e</sup> **Lac de Côme.** Le résidu sec d'une prise d'eau faite au large de Côme, le 27 octobre 1906, n'a été que de 90.0 mg. par litre et a montré la composition suivante :  $Si\ O_2\ 1.6$ ,  $Mg\ SO_4\ 23.7$ ,  $Mg\ CO_3\ 2.4$ ,  $Ca\ CO_3\ 58.5$ .

13<sup>e</sup> **Lac de Constance.** Pour l'eau de ce lac le résidu sec a été de 168.0 mg. par litre, et comprenait :  $Si\ O_2\ 4.6$ ,  $Na\ Cl\ 2.7$ ,  $K_2\ SO_4\ 1.3$ ,  $Mg\ SO_4\ 37.5$ ,  $Ca\ SO_4\ 1.7$ ,  $Ca\ CO_3\ 116.6$ .

M. Zender tire des résultats de ses analyses un certain nombre de conclusions ; il remarque d'abord que la composition de l'eau des grands lacs subalpins doit être à peu près constante pour chacun d'eux et que d'un lac à l'autre elle varie beaucoup moins que pour les petits lacs alpins. Il établit

ensuite une classification des lacs en lacs calcaires (lacs de Bièvre, Neuchâtel et Morat), lacs mixtes (lacs de Genève, Constance, Zurich, Thoune, etc....), lacs silicatés (lacs de Côme, Lugano, Majeur); il montre comment les eaux de lacs riches en sulfates dérivent toujours, en partie, de régions où affleurent des gypses triasiques et comment la richesse relativement grande en magnésie des eaux des lacs du versant S doit s'expliquer par le développement que prennent, dans les bassins d'alimentation de ces lacs, les calcaires dolomitiques.

Quant à la composition des vases elle dépend, plus étroitement encore que celle de l'eau, de la nature des roches qui forment le bassin d'alimentation; aussi peut-elle varier beaucoup d'un point à l'autre d'un même lac, si celui-ci reçoit plusieurs affluents de caractère très différent. La composition moyenne des vases d'un lac n'est du reste pas identique à la composition moyenne des roches du bassin d'alimentation; elle ne comprend jamais de sulfates et elle comporte souvent un enrichissement relatif en silice, un appauvrissement en chaux.

*Dénudation sous-lacustre et sous-marine.* — M. ARNHEIM (42) a étudié, dans son ensemble, le phénomène des glissements de vases sous-aquatiques, qu'il considère comme une forme étendue de dénudation sous-lacustre ou sous-marine.

Il prend comme point de départ de son étude les glissements successifs qui se sont produits à Zoug en 1435, en 1593 et en 1887, et qui ont affecté d'anciens limons déposés par la Lorze au moment où le niveau du lac était plus élevé. Ici les dépôts vaseux mis en mouvement ont été entraînés jusque sur la plaine centrale, quoique la pente moyenne ne fût que de 4.4 %.

Lors du glissement sous-lacustre qui s'est produit à Horgen (lac de Zurich) en 1875, la couche détritique qui couvrait le talus rocheux sous-lacustre a été en grande partie entraînée et ses éléments se sont répandus fort avant dans le lac.

Le phénomène des glissements sous-lacustres paraît du reste avoir une importance beaucoup plus grande qu'on ne lui en attribue généralement, et, une fois que ce fait est admis pour les lacs, il faut forcément supposer que les côtes de la mer doivent être affectées par des glissements semblables, qui doivent être particulièrement fréquents dans la zone de forte déclivité bordant le plateau continental, et qui

doivent y prendre une ampleur incomparablement plus grande que sur les talus sous-lacustres.

M. Heim décrit ensuite une couche du calcaire d'eau douce d'Oeningen qui, étant intercalée entre deux zones non disloquées, comporte de nombreux replis reproduits avec une concordance très régulière par ses lits fins. Il voit, dans cette curieuse formation, le résultat de la coulée sur un talus sous-lacustre d'un sédiment non encore consolidé. C'est à un glissement analogue, mais ayant affecté cette fois un calcaire déjà durci, que l'auteur attribue le recouvrement inexplicable du Flysch par le Nummulitique près de Loch, au SW de la Fliegenspitz (massif des Churfirsten). Ici, la roche qui a glissé, ayant été consolidée déjà antérieurement, s'est morcelée en blocs de toutes dimensions et a formé par places une sorte de brèche.

M. Heim croit aussi que dans plusieurs cas les replis compliqués qui se montrent dans le Wildflysch et dans le Crétacique supérieur de la région de Habkern et qui ont été signalés déjà par Kaufmann, sont attribuables à des glissements sub-aquatiques, car ils sont trop localisés pour être dus à des dislocations tectoniques, et ils n'ont rien de commun avec les phénomènes de foisonnement.

Lorsqu'un glissement sous-aquatique se produit, la masse mise en mouvement pourra, suivant sa nature, se plisser, se disloquer, ou couler, ses éléments conservant toute leur mobilité relative ; ainsi pourront se former des brèches, semblables à ces intercalations bréchiformes que l'on trouve parfois au milieu d'une série de sédiments fins.

Par le fait même de ces glissements qui, dans les régions côtières de la mer, peuvent prendre une très vaste ampleur, il devra se produire d'une part des lacunes stratigraphiques dans la zone de départ des glissements, soit donc dans la zone de forte déclivité, d'autre part des recouvrements de sédiments plus jeunes par des dépôts plus anciens dans la zone d'amoncellement de ces glissements. De plus, les dépôts littoraux pourront être transportés par ces mouvements sous-aquatiques loin de leur zone de sédimentation et donner lieu ainsi à des anomalies stratigraphiques apparentes dans la région où ils seront accumulés en gisement secondaire.

Il y a donc dans le phénomène des glissements sous-aquatiques une cause de nombreuses irrégularités dans la sédimentation et la superposition des dépôts marins, aussi l'étude de ce phénomène mérite-t-elle d'attirer l'attention des géologues et des océanographes.

### *Glaciers et névés.*

*Variations des glaciers.* — M. P.-L. MERCANTON (45) a fait ressortir les imperfections des méthodes employées jusqu'ici pour déterminer la marche des variations à longues périodes des glaciers, et a montré que, pour arriver à de meilleurs résultats, il est nécessaire d'entreprendre une étude suivie des variations de l'enneigement.

M. F.-A. FOREL a cherché à reconnaître les relations qui ont existé de 1826 à nos jours entre les variations climatiques, telles qu'elles ont été constatées à l'observatoire de Genève et les variations de longueur des glaciers alpins. Il a pu établir, par ce travail de comparaison, l'existence d'un rapport très net entre les phases de décrue des glaciers et les périodes présentant un excès de chaleur estivale, et il a insisté sur l'utilité qu'il y aurait à multiplier les observations sur ce sujet (22).

Dans le même ordre d'idées, M. R. GAUTIER (32) a signalé le fait que, d'après les observations faites au Saint-Bernard, depuis 1856, les quantités de précipitations atmosphériques tombées sur ce massif ont été plus faibles que pendant la première moitié du dix-neuvième siècle, sauf pour les années 1880-1890 qui présentent un léger excédent relativement à la moyenne. Il y a eu d'autre part déficit de température estivale de 1840 à 1860, excès de 1865 à 1883, puis de nouveau déficit, suivi en dernier lieu d'un excédent qui persiste encore.

La relation entre ces faits d'ordre climatique et les variations des glaciers paraît évidente.

Le rapport général sur les variations des glaciers pendant la période 1905-1906, rédigé par MM. E. BRÜCKNER et E. MURET (13), a paru avec un sérieux retard. Il résume les observations faites en Suisse (voir Revue pour 1907) puis celles concernant les autres régions des Alpes, les Pyrénées, la Scandinavie, la Boukharie, le Thiane-Chane, l'Altaï et l'Himalaya. Un important chapitre, rédigé par M. H. FIELDING REID, est consacré à l'étude des glaciers de l'Amérique du Nord.

Ce rapport montre le développement rapide de la glaciologie dans les pays les plus divers. Il prouve que dans l'ensemble des Alpes tous les glaciers sont ou bien en décrue ou tout au moins stationnaires, en stade de minimum, que les conditions sont à peu près les mêmes dans les Pyrénées,

tandis qu'en Norvège une tendance manifeste à la crue se dessine.

En Asie centrale ainsi que dans l'Amérique du Nord c'est encore la tendance à la décrue qui prédomine fortement.

Un résumé de cette publication a été fait par M. F.-A. FOREL (23) pour les Archives des Sciences de Genève.

Dans le rapport que MM. F.-A. FOREL, E. MURET, P.-L. MERCANTON et E. ARGAND (27) ont consacré aux variations des glaciers des Alpes suisses pendant la période 1906-1907, M. Forel commence par reprendre en détail la question des variations climatiques que les observations faites à Genève depuis 1826 permettent de reconnaître. En additionnant les quantités annuelles de chutes d'eau par décades, M. Forel a constaté un déficit de pluie à Genève pour les décades allant de 1826-1835 à 1833-1842, puis un excès pour les décades de 1834-1843 à 1844-1853, un déficit pour la décennie de 1845-1854, un excès pour les décades de 1846-1855 et 1847-1856, un déficit pour les décades de 1848-1857 à 1869-1878, et un excès pour les décades de 1870-1879 à 1897-1906. Il y a donc dans les allures des chutes de pluie un phénomène de longue périodicité, exactement comme dans les variations de longueur des glaciers.

Considérant ensuite les variations de la chaleur estivale, soit celle des mois de juin, juillet et août, et prenant chaque fois la moyenne de cinq années consécutives, M. Forel remarque un excès de chaleur pour les pentades se terminant entre 1826 et 1839, un déficit pour les pentades de 1840 à 1859, un excès pour les pentades de 1860 à 1881, un déficit pour les pentades 1882 à 1885, un excès pour les pentades de 1886 à 1906. La concordance des périodes ainsi établies avec les phases des variations des glaciers est très nette, et en particulier la relation entre l'excès de chaleur presque continu de 1855-1859 à 1902-1906 et le retrait presque ininterrompu des glaciers, pendant la même durée, est évidente.

Le second chapitre de ce rapport est rédigé par M. Mercanton et consacré aux variations de l'enneigement. Il contient des renseignements sur les massifs du Mont Blanc et du Gothard, résume les données fournies sur le nouveau nivomètre établi vers la station Eismeer du chemin de fer de la Jungfrau et signale l'installation d'un autre nivomètre sur le glacier des Diablerets, à 3030 m. d'altitude. Il conclut à un état stationnaire ou légèrement progressif de l'enneigement en 1907.

MM. Förel et Muret ont collationné les renseignements concernant les 66 glaciers mesurés en 1907. Ils ont constaté la persistance de la décrue générale, quoique pour 12 glaciers une légère progression du front, due probablement à des phénomènes accidentels ou à de simples changements de forme, se soit produite. Parmi les glaciers en crue douteuse, la plupart appartiennent aux Alpes vaudoises et bernoises.

Dans un dernier chapitre, M. E. Argand résume les observations qu'il a faites, de 1905 à 1907, dans le massif de la Dent Blanche; il signale le recul important du front des glaciers depuis l'époque où furent établies les cartes correspondantes de l'Atlas Siegfried et l'apparition de nombreux pointements de rochers récemment encore enfouis sous la glace. Il décrit plus spécialement les glaciers d'Arolla et du Mont Collon qui se confondaient encore, il n'y a pas longtemps, dans leur partie frontale et qui, aujourd'hui, sont complètement indépendants, et fournit quelques renseignements sur les modifications de forme subies par les glaciers de Ferrière, de Turtmann et de Zmutt.

Les observations faites, en août 1906, sur le glacier du Rhône, dont les résultats ont été collationnés par M. E. HAGENBACH-BISCHOFF (36) ont montré que la surface du glacier s'était notablement abaissée depuis l'année précédente. La vitesse de marche de la glace a été moindre en 1905-1906 que pendant les années précédentes. Le front s'est retiré en moyenne de 15<sup>m</sup>7, découvrant une surface de 6100 m<sup>2</sup>. L'ablation, qui a varié de 0<sup>m</sup>33 sur le Grossfirn à 11<sup>m</sup>85 sur le glacier inférieur, a été un peu supérieure à celle de 1905.

Pendant l'année 1906-1907 le glacier du Rhône a continué à décroître, comme l'indique un nouveau rapport de M. E. HAGENBACH-BISCHOFF (37); sa vitesse a été un peu plus rapide que pendant l'année 1905-1906 dans la région des névés, tandis que plus bas elle a été au contraire moindre. Le retrait de front a été plus grand, soit de 24<sup>m</sup>7 en moyenne, découvrant une surface de 6950 m<sup>2</sup>. L'ablation a été plus faible en 1907 qu'en 1906.

M. E. CHAIX (20) a reconnu quelques faits nouveaux concernant la diminution d'épaisseur de la Mer de glace dans sa partie frontale pendant la phase de décrue actuelle. Il a d'autre part décrit et figuré un tronçon de la vallée du glacier d'Argentière, qui est nettement surcreusé dans une ancienne vallée glaciaire. Enfin, il a cité un cas de mouve-

ment latéral dans la bordure du glacier avec rabotage énergique de la roche sous-jacente.

*Avalanches.* — Parlant des avalanches et des dévastations qu'elles produisent, M. P.-L. MERCANTON (44) a insisté sur l'influence prépondérante du coup de vent, qui prend le plus souvent une allure tourbillonnaire.

### *Transports éoliens.*

Je puis me contenter de citer ici une note que M. L. ROLLIER (49) a consacrée à une chute de petites pierres jetées par le vent, qui est survenue le 29 février 1907, à Trélex (Vaud).

### *Eboulements.*

M. A. BALTZER a reproduit, dans les *Eclogæ* (11), le résumé de ses observations sur l'éboulement survenu, en mai 1907, à Kienthal, observations dont il avait déjà rendu compte antérieurement (voir Revue pour 1907).

### *Plasticité des roches.*

Répondant à une publication de M. C. Schmidt, parue l'an dernier (voir revue pour 1907), M. ALB. HEIM (39) a repris la question de la propagation de la pression en profondeur et des déformations qui peuvent être déterminées par ces pressions.

Dans un premier chapitre il s'efforce de démontrer l'impossibilité qu'il y a de supposer avec M. Schmidt, que le phénomène des éclatements de roche dans les galeries est tout à fait indépendant d'une déformation. Les éclatements sont dus uniquement à la propagation de la pression en profondeur, par conséquent à la même cause qui provoque ailleurs des déformations considérables; du reste, si les déformations ne sont généralement pas appréciables dans les galeries où se produisent des éclatements, c'est-à-dire dans les parties où la roche offre le maximum de résistance à la pression, cela ne veut pas dire qu'elles ne se produisent pas; on peut au contraire admettre comme à peu près certain qu'elles interviennent lentement mais constamment.

Parlant ensuite de la notion de la plasticité latente, M. Heim remarque qu'aucune galerie n'a été creusée jusqu'ici assez profondément pour atteindre la zone dans laquelle on peut

supposer la pression assez forte pour vaincre la résistance de toutes les roches. De plus, pour réaliser l'effet de la pression hydrostatique sur les roches profondes, il faudrait laisser les galeries ouvertes beaucoup plus longtemps que cela n'a jamais été fait. En troisième lieu, le creusement même d'une galerie, en déterminant la suppression locale de la contre-pression, doit diminuer sinon supprimer la plasticité de la roche ambiante sur une épaisseur qui doit aller longtemps en augmentant.

Malgré cela, les expériences faites dans les tunnels, en particulier les poussées fréquemment observées, soit des parois latérales, soit du plancher des galeries, indiquent inéluctablement l'existence, dans les roches profondes, d'une sorte de pression hydrostatique, limitée et surtout ralentie par des frottements internes beaucoup plus énergiques que ceux qui peuvent se développer dans un liquide. Ce ralentissement par les frottements internes suffit pour expliquer la persistance dans les roches de cavités, surtout si celles-ci sont orientées verticalement c'est-à-dire parallèlement à l'effet de la surcharge.

M. Heim constate que sa théorie de la pression hydrostatique régnant dans les roches en profondeur est confirmée non seulement par les mouvements qui se sont produits dans tous les tunnels non voûtés, mais en particulier par les déformations et dislocations qui se sont manifestées avec une rapidité tout à fait inattendue dans la galerie parallèle du Simplon. Il considère comme démontré que la surcharge exercée par les régions susjacentes peut, dans les grands tunnels de montagne, vaincre la résistance offerte par les roches et créer des poussées qui, sous des formes diverses, devraient arriver avec le temps à boucher entièrement la galerie. Il faut donc, dans ces cas-là, employer le tunnel tubulaire.

Quant à la prétention de M. Schmidt d'avoir réfuté la théorie de la plasticité latente, M. Heim fait observer que les exemples toujours plus nombreux, constatés par des savants de tous pays, de roches déformées sans fracture donnent à cette théorie une base de plus en plus solide ; ils démontrent que la surcharge donne aux roches la capacité de se déformer sous l'effort des dislocations orogéniques. Si le plus souvent les roches déformées montrent des signes d'écrasement et ont été affectées par des recristallisations hydrochimiques, il existe aussi des cas où la déformation n'a été accompagnée ni de l'un ni de l'autre de ces phénomènes, et où la roche s'est modifiée exactement suivant le même principe que les

échantillons comprimés artificiellement, à sec et à des températures de 300° à 400°, par MM. Adams et Nicolson, c'est-à-dire par la déformation pure et simple de ses éléments. Enfin, les expériences de M. Tammann ont clairement prouvé que les corps cristallisés acquièrent, sous l'influence de fortes pressions, la propriété de fluer et par conséquent de se déformer sans l'intervention d'aucune quantité d'eau.

Le phénomène hydrochimique intervient donc souvent dans la déformation des roches, mais pour prouver qu'il n'en est pas une condition nécessaire il suffit de rappeler encore les cas de sédiments laminés, dont tous les éléments ont été aplatis sans aucune recristallisation ; de plus on doit considérer comme très probable que des recristallisations ont pu fréquemment se produire sans l'intervention de l'eau et par le seul effet de la pression.

M. Heim invoque en faveur de la plasticité latente des roches, fonction de la surcharge, le contraste qui existe entre la tectonique des nappes inférieures formées à une grande profondeur, et celle des nappes supérieures, dans lesquelles l'influence de la surcharge ne s'est que peu manifestée. Il invoque également la transformation dynamique de la structure granitoïde en structure schisteuse ou fibreuse telle qu'on l'observe si souvent. A propos de cette forme de dynamométamorphisme, il montre que l'apparition de cataclases dans certains éléments des roches n'exclut en aucune façon une véritable plasticité de l'ensemble, et il distingue différents degrés dans les déformations orogéniques.

Pour conclure, M. Heim constate que, d'une part, l'étude des régions disloquées de l'écorce terrestre, activement poursuivie dans ces dernières années, n'a fait que confirmer l'idée que les plissements et les déformations orogéniques ont été produits, sous l'action combinée de deux facteurs essentiels, la surcharge et l'effort tangentiel, et n'ont été qu'influencés secondairement et d'une façon très variable par le processus hydrochimique, par les hautes températures, par les transformations moléculaires. Il remarque que d'autre part une série d'expériences de laboratoire ont prouvé la possibilité de déformer des roches, à la façon de corps plastiques, en faisant intervenir simplement de hautes pressions. Enfin, il répond aux adversaires de la théorie de la plasticité latente que, pour réfuter cette idée, ils lui ont donné une forme rigide que lui, son auteur, ne lui a jamais supposée ; il a toujours admis, pour la plasticité des roches d'innombrables variations de degré et de forme.

M. ALB. HEIM (40) a traité le même sujet devant la société géologique de Vienne et a insisté, à cette occasion, sur la nécessité de supposer l'existence d'une pression hydrostatique en profondeur, et de tenir compte de la différence considérable qu'il y a entre la résistance à l'écrasement d'un échantillon sain, choisi dans une roche, pour une expérience, et celle de la roche dans son ensemble avec tous les défauts de cohésion qu'elle présente forcément.

Il a montré que pour les tunnels profonds il faut donc forcément admettre l'existence de poussées vers le vide, qui détermineront tantôt des déformations, tantôt des éclatements détonants, comme effets immédiats, et qui avec le temps devront amener l'obturation complète de la galerie. Ces conclusions imposent l'idée de la nécessité de revêtements tubulaires solides pour tous les tunnels profonds.

Ensuite, M. Heim a parlé des prévisions possibles pour la détermination des venues d'eau dans un tunnel et pour l'évaluation des températures en profondeur, en se basant spécialement sur les expériences faites au Simplon.

### *Variations de la gravité.*

M. TH. NIETHAMMER (46) a été chargé, par la commission géodésique suisse de faire une série de mesures de la **gravité dans le Valais**. Dans un compte rendu de ses observations il a commencé par expliquer les multiples corrections qu'il faut faire aux valeurs obtenues pour pouvoir les comparer entre elles et à celles constatées dans d'autres régions.

Dans tout le territoire considéré la valeur de la gravité reste au-dessous de ce que théoriquement elle devrait être, mais le déficit maximum se trouve suivant une zone qui longe la vallée du Rhône depuis le territoire au S de Brigue jusqu'à la vallée de Bagne, et qui s'incurve ensuite au SW de façon à passer au S du Mont Dolent. Depuis cette zone de gravité minimale, le défaut de masse diminue progressivement soit vers le S soit vers le N.

M. Niethammer rappelle que, d'après une théorie de Pratt, les régions à gravité minimale devraient être celles qui ont subi un exhaussement particulièrement important, et il fait remarquer la concordance de la zone à gravité minimale du Valais avec la zone des racines préalpines admise par la plupart des géologues.

A propos de cette communication, M. ALB. HEIM (41) a attiré l'attention sur l'importance des résultats obtenus et a

émis l'idée que la gravité doit augmenter dans les régions de plis autochtones, tandis qu'elle doit diminuer dans les pays de nappes.

### *Géothermie.*

M. J. KOENIGSBERGER (43) a fait, avec l'aide de MM. E. THOMA et E. GÖLZ, une nouvelle série de recherches sur les divers facteurs susceptibles de produire des variations du degré géothermique dans le cas particulier des tunnels alpins.

Il a pu ainsi constater, en premier lieu, que si la conductibilité des roches varie, ces variations ne sont pourtant pas suffisantes pour influer, d'une façon appréciable, sur le degré géothermique, sauf dans le cas de masses considérables de schistes qui tendent à augmenter ce degré. Dans les roches humides, par contre, le degré géothermique diminue de 4 à 8 % relativement à sa valeur dans les mêmes roches sèches.

Quant à la position des couches, elle peut influer d'une façon sensible sur la valeur du degré géothermique; c'est ainsi que la longueur de celui-ci est normalement de 35-37 m. dans des gneiss ou des schistes verticaux, tandis qu'elle n'est plus que de 28-29 m. dans des gneis en position horizontale, et de 24-27 m. dans des schistes argileux ou des micaschistes horizontaux.

M. Koenigsberger rappelle ensuite le rôle considérable que peuvent jouer, au point de vue géothermique, les infiltrations abondantes et la nécessité de se rendre compte, pour toute expertise de ce genre, de l'importance des venues d'eau qui peuvent se produire sur un point ou un autre d'un tunnel. Puis, il montre les causes de variation de la température du sol près de la surface, et les causes d'erreur dans la détermination de cette température; il croit pouvoir établir les données suivantes pour les régions alpines :

A	500 m. d'alt., expos. N,	la temp. moyenne du sol	=	8.9°
1000	»      »      N,	»      »	=	7.2°
»      »      S,	»      »	»	=	8.8°
1500	»      »      N,	»      »	=	5.1°
»      »      S,	»      »	»	=	6.1°
2000	»      »      N,	»      »	=	3.0°
»      »      S,	»      »	»	=	3.7°
2500	»      »      N,	»      »	=	0.8°
»      »      S,	»      »	»	=	1.0°
2670	»      »      quelque	»      »	=	0°

Pour contrôler ses données théoriques et expérimentales sur les causes de variation du degré géothermique, M. Koenigsberger les a appliquées au cas des tunnels de l'Albula, de l'Arlberg, du Simplon, du Tauern, du Ricken, du Bosruck et est arrivé à une concordance très satisfaisante de ses résultats avec ceux obtenus directement par l'observation, sauf en ce qui concerne le tunnel du Bosruck, où la quantité particulièrement forte des venues d'eau détermine un abaissement de la température de la roche, impossible à déterminer théoriquement. Du reste, l'auteur propose une formule de correction à appliquer aux cas où les infiltrations sont considérables.

En terminant, M. Koenigsberger se résume en constatant que l'influence prépondérante en géothermie, celle de la forme du relief, peut être calculée à l'aide d'une formule précise, que la nature minéralogique des roches influe peu, mais que la position des couches dans des milieux schisteux détermine des variations notables et du reste faciles à apprécier du degré géothermique, que les infiltrations abaissent la température de la roche dans une proportion qui se calcule en tenant compte, d'une part, de la quantité d'eau, d'autre part de la distance du point de passage de ces eaux à la surface.

Pour une expertise il faut commencer par établir un profil moyen des altitudes en tenant compte d'une zone d'une largeur double de la hauteur de la montagne au-dessus de la ligne à considérer, puis déterminer l'isotherme de 5°, calculer la valeur du degré géothermique en tenant compte de l'influence du relief et de la constitution géologique, enfin évaluer l'influence possible des infiltrations.

### *Tremblements de terre.*

Dans deux rapports successifs (29 et 30) M. FRÜH a mentionné le projet d'installation d'une station seismologique à Zurich ; il a fourni quelques renseignements sur les tremblements de terre ressentis récemment en Suisse.

M. A. DE QUERVAIN (47) a collationné, comme pour les années antérieures, les renseignements qu'il a pu recueillir sur les tremblements de terre ressentis en Suisse pendant l'année 1907. Le nombre des séismes s'élève à 40 ; la région particulièrement affectée a été, comme pendant les années précédentes, celle des Grisons.

Après 2 faibles secousses ressenties l'une le 12 janvier, à Payerne, l'autre le 14 janvier, à Zurich, un fort ébranlement

a affecté, le 21 janvier, les environs de Flims, puis un autre s'est produit, le 17 février, dans le Schanfigg, le Prättigau et la vallée de Davos.

Plus tard, 2 séismes légers ont affecté la Suisse centrale, l'un Weggis, le 21 février, l'autre Unterägeri (Zug) le 11 mars, et ce dernier a été suivi, le même jour, à 12 heures de distance, par un tremblement de terre ressenti à Aigle (Vaud) et décomposé en 4 ébranlements séparés mais rapprochés. Dans la nuit du 11 au 12 mars on a en outre signalé un faible tremblement de terre à Constance.

Le 15 mars, 2 secousses se sont produites dans le canton d'Appenzell à 17 heures d'intervalle, l'une à Urnäsch, l'autre à Waldstatt. Le 23 mars, le village de Gutannen, dans l'Oberland bernois, a été faiblement secoué, puis, le 30 mars, un choc brusque, assez fort et accompagné de bruit souterrain, a été ressenti à Neuchâtel, Boudry, Valangin.

En avril, les tremblements de terre suivants ont été signalés : un choc peu important, le 1<sup>er</sup> avril, à Coire, une très légère secousse à Berne, le 7 avril, une autre plus forte, le 20 avril, dans le Münsterthal, le Vintschgau, l'Ultenthal, le Suldenthal et les environs de Bormio, suivie, le 25, d'un séisme qui a affecté, avec l'E des Grisons, tout le Tyrol méridional et un territoire étendu en Vénétie et en Lombardie, enfin 2 tremblements de terre distincts qui ont été ressentis, le matin du 27 avril, à 2 heures de distance, l'un à Uzwil (Saint-Gall). l'autre à Schaffhouse, et qui paraissent tous deux avoir été déterminés par une baisse barométrique tout à fait exceptionnelle.

Pendant le mois de mai, un seul séisme a été enregistré, qui s'est produit le 2 à Oron (Vaud); de même, en juin, une seule secousse a affecté légèrement Ardez, dans la Basse-Engadine.

En juillet, 4 séismes ont été constatés : le 11, dans la vallée du Rhin entre Coire et Malans, le 12, dans le même territoire, le 25 et le 26 à Payerne.

Août a eu 3 tremblements de terre, dont l'un comprend plusieurs chocs successifs ressentis dans le massif de l'Albula, le 22, dont le second est un phénomène tout à fait local produit près de la source de la Veveyse (préalpes fribourgeoises) le 28, et le troisième, datant du même jour, a été constaté à Arenenberg (Thurgovie). En septembre on a signalé 2 ébranlements, l'un assez fort, dans le Bergell, la Haute-Engadine et la vallée de Poschiavo le 18, l'autre, beaucoup plus faible, à Sarnen le 25. Pendant le mois d'oc-

tobre, la séismité s'est concentrée dans la Suisse occidentale avec une légère trépidation, le 9, à Vevey et Tour-de-Peilz, un choc peu marqué, le 12, dans la région de Fribourg et Guin, et une faible secousse le 23, à Lausanne-Yverdon. En novembre, un séisme a été ressenti le 8 à Coire, un autre, très faible, à Genève, le 15 ; en décembre, une seule secousse a été ressentie, très faible aussi, à Prilly près Lausanne.

### *Plissements. Orogénie.*

M. R. DE GIRARD (33) a entrepris de reproduire les principales formes de plis, en se servant d'une mince lame de plomb, à laquelle il fait subir un effort tangentiel avec d'autres efforts variés. Il a établi ainsi une série de figures schématiques de plissements ; il a d'autre part reconstitué artificiellement des images à petite échelle de massifs plissés existant, en particulier du Plateau Central français et du massif armoricain.

### *Volcanisme*

M. A. BRUN (14 et 15), dont j'ai cité déjà plusieurs fois les travaux concernant le phénomène volcanique et le rôle qu'y joue l'eau, a eu la satisfaction de trouver, lors d'une exploration récente du Picco de Teyde et du Timanfaya, 2 volcans des îles Canaries, la confirmation évidente de la notion du caractère anhydre des émanations purement volcaniques. Il n'a jamais constaté, dans les fumerolles du Picco de Teyde, qu'une quantité d'eau très faible dérivée directement de la pluie tombée autour du cratère, et au Timanfaya, il a constaté des fumerolles absolument sèches.

## III<sup>me</sup> PARTIE — TECTONIQUE. DESCRIPTIONS RÉGIONALES

### *Tectonique alpine en général.*

En tête de ce chapitre il convient de citer la carte géologique au 1 : 400 000 des Alpes occidentales que le service géologique italien a publiée (104) en 1908.

Le territoire figuré sur cette carte s'étend de la Méditerranée entre Nice et Savone jusqu'au lac Majeur, au Gothard et au Mont-Blanc. L'on obtient ainsi une image d'ensemble fort