

**Zeitschrift:** Eclogae Geologicae Helvetiae  
**Herausgeber:** Schweizerische Geologische Gesellschaft  
**Band:** 13 (1914-1915)  
**Heft:** 5

**Artikel:** IIme partie, Géophysique  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-157456>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 09.02.2026

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

la molasse, mais il se base pour cela surtout sur les observations déjà anciennes de Gilliéron et de M. Schardt sans apporter de fait nouveau et sans se prononcer sur les points discutables ; il réserve son opinion sur l'âge des gypses de la bordure externe des Préalpes.

M. de Girard cite quelques calcaires bitumineux des Préalpes, appartenant en particulier au Lias ou au Dogger à *Mytilus*. En terminant il rend compte brièvement de deux sondages exécutés en 1912 dans les environs de Chavornay et qui ont donné un résultat presque absolument négatif au point de vue spécial de la recherche du pétrole.

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

### *Hydrographie. Cours d'eau.*

Je signalais dans la *Revue* pour 1912 une courte notice consacrée aux relations existant entre le débit des cours d'eau, spécialement du Rhin, les conditions de température, les quantités des précipitations atmosphériques et l'extension des glaciers et des névés. Depuis lors, l'auteur de cette notice, M. L. HORWITZ (33), a continué à étudier les conditions de l'écoulement du Rhin, en se basant surtout sur les publications de l'Hydrographie nationale suisse. Il a prêté une attention particulière au fait que les jaugeages faits entre 1894 et 1905 ont permis de constater entre Rothenbrunnen et Felsberg une perte de débit qui, au moins pour les six dernières années, peut être évaluée à  $15 \text{ m}^3$  en moyenne à la seconde pour un débit moyen à Felsberg de  $102 \text{ m}^3$ .

Il cherche d'abord si cette anomalie peut s'expliquer par des erreurs d'observation dues à des remaniements du lit du fleuve non constatés, mais arrive à la conclusion que, si des erreurs de ce genre ne sont pas impossibles, elles ne constituerait pas une explication suffisante. Celle-ci se trouve d'après lui dans une intervention de l'infiltration, qui se produit en amont de Felsberg, dans les masses détritiques considérables qui couvrent le fond de la vallée. Ces masses doivent être traversées par une nappe d'eau, qui circule avec une vitesse d'environ  $1/12$  de mm. par seconde et qui est beaucoup plus considérable en été pendant les hautes eaux qu'en hiver.

M. Horwitz cherche d'autre part l'explication du fait que les variations de débit sont notablement plus fortes dans la région de Mastrils que dans les territoires du Rhin postérieur

et du Rhiu antérieur, quoique dans ces deux domaines la variabilité des précipitations soit plus accusée. Il attribue cette anomalie à une intervention plus active dans la région de Mastrils, soit de l'évaporation soit de l'infiltration.

En terminant, M. Horwitz reconnaît que le régime du Rhin est bien loin d'être exactement connu ; il considère donc que les idées qu'il a émises ont un caractère plus ou moins provisoire, et que de nouvelles séries d'observations sont nécessaires avant qu'on puisse définir sûrement le caractère des anomalies constatées.

M. L. HORWITZ (35) a, d'autre part, traité la question de l'écoulement des cours d'eau à un point de vue plus général, en se basant sur une série d'observations faites sur le Rhône, le Rhin, l'Elbe, la Veltava (Moldavie), la Tisza (Hongrie), la Morava, le Dniepr, le Dalelf (Suède).

L'auteur commence par définir les facteurs qui déterminent le débit des cours d'eau, la quantité des précipitations atmosphériques qui réagit directement sur ce débit, la température, la répartition des précipitations dans le temps et celle des températures, la proportion des précipitations accumulées sous forme de neige. Il montre ensuite que si l'on considère le débit des cours d'eau non pour une seule année mais pour une série d'années suffisamment longues, les deux seuls facteurs climatiques du débit qui restent essentiels sont la quantité des précipitations et la température. De ces deux facteurs, le premier est très fortement prédominant dans toutes les régions où les précipitations se font sous forme aqueuse, que l'auteur appelle, pour cela, « les régions de précipitations » ; le second, la température, deviendra prédominant dans les territoires sur lesquels les précipitations prennent la forme de neige et où les cours d'eau sont alimentés surtout par la fonte des névés. Dans les bassins d'alimentation comportant à la fois des régions de précipitations et des « régions de température », le débit des cours d'eau subira fréquemment des influences compensatrices, les périodes humides contribuant à accroître les cours d'eau des régions de précipitations, mais à diminuer ceux des régions de température, par le fait qu'elles sont généralement plus froides. Enfin, M. Horwitz montre que l'évaporation augmentant beaucoup moins que la quantité des précipitations pendant les périodes humides, le débit des cours d'eau augmente relativement plus que la quantité des précipitations.

Après avoir proposé une classification des régions d'écoulement d'après la part d'influence qu'exercent sur leur régime

les deux facteurs température et précipitations, M. HORWITZ aborde l'étude de quelques exemples. Il commence par le Rhône à Gletsch, cours d'eau alimenté presque exclusivement par la fusion du glacier, et, en comparant le débit moyen pendant les périodes sèches et les périodes humides, pendant les périodes froides et les périodes chaudes, il montre qu'ici la prédominance du facteur température est très nettement marquée.

Passant aux trois bras du Rhin, le Rhin postérieur, le Rhin antérieur et le Glenner, M. Horwitz commence par établir que les variations périodiques de la quantité de précipitations atmosphériques sont sensiblement concordantes pour tout le territoire des Grisons, ce qui permet de fonder sur une base relativement sûre la détermination de l'influence de ce facteur sur le débit de l'écoulement. Or, en se basant sur les séries d'observations dirigées par le Service hydrographique suisse à Ilanz et Rothenbrunnen, on peut constater que pour les trois bras du Rhin ce sont les périodes humides et froides qui ont donné des débits supérieurs à la normale, qu'ici donc c'est déjà le facteur précipitations qui prédomine.

Je ne puis suivre l'auteur dans son étude des cours d'eau situés en dehors de nos frontières ; je dirai simplement que M. Horwitz a trouvé dans cette étude la confirmation des idées résumées dans ce compte rendu. — Les mêmes idées ont été exposées en abrégé par M. L. HORWITZ (34) devant la Société vaudoise des Sciences naturelles.

Pour compléter leur mémoire publié en 1911 sur les **bassins fermés des Alpes suisses**, M. M. LUGEON et M<sup>me</sup> E. JÉRÉMINE (36) ont fait paraître une carte au 1 : 250 000, sur laquelle sont indiqués les 258 bassins fermés, dont ils ont relevé l'existence, et ils ont accompagné cette carte d'un court texte explicatif.

Les bassins se répartissent en gros comme suit :

Dans les Préalpes . . . . .	84 bassins.
» Hautes Alpes calcaires . .	126 »
» Alpes du Valais . . . . .	11 »
» Alpes du Tessin . . . . .	7 »
» Alpes des Grisons . . . . .	30 »

Cette répartition montre clairement l'influence qu'exercent les roches calcaires sur le développement des écoulements souterrains. Les bassins fermés dus à des barrages de moraines ou d'éboulements sont l'exception (52 en tout) ; on les trouve surtout dans le Valais, le Tessin et les Grisons.

D'autre part, les bassins fermés diminuent en nombre et en dimensions dès que la pente augmente et, d'une façon générale, les bassins fermés se développent surtout à mi-chemin entre les lignes de faîte et les vallées profondes.

Les auteurs ont distingué d'une part les bassins pourvus d'un lac et ceux dans lesquels il n'y a pas d'eau stagnante. Je ne puis citer ici que les principaux bassins fermés, qui se trouvent tous dans le territoire des Hautes Alpes calcaires ; ce sont le bassin du versant S du Wildstrubel, qui s'étend jusqu'à la Gemmi et au Daubensee, le bassin du versant N du Doldenhorn et de la Blümlisalp, qui comprend le lac d'Oeschinen, le bassin du Glattensee et de la Karrenalp, qui s'étend entre la vallée de la Muotta, l'Urnerboden et la vallée de la Linth, le bassin de l'Obersee, qui s'étend depuis les arêtes de Räderten et de Wiggis jusque près de Näfels, le bassin du Voralpsee, qui se développe sur le versant N des Churfirsten.

### *Lacs.*

Le regretté F.-A. FOREL avait projeté de publier une bibliographie des travaux scientifiques concernant les lacs de Suisse ; la maladie, puis la mort, l'ont empêché de terminer son œuvre, qui, fort heureusement, a été achevée par MM. H. WALSER et L.-W. COLLET (29).

L'index bibliographique qui a été ainsi récemment publié comprend les chapitres suivants : programmes d'études, la cuvette des lacs et les déterminations de profondeur, forme et volume des cuvettes lacustres, le sol des lacs, les mouvements du sol des lacs, la formation et la disparition des bassins lacustres, le régime des lacs, les corrections des lacs et les régularisations des émissaires, les seiches, les vagues et les courants, les trombes, vents et précipitations atmosphériques, la chimie de l'eau des lacs, l'eau des lacs comme eau d'alimentation, la température dans les lacs, la congélation des lacs, la transparence et la couleur des lacs, les mirages, les iris et autres phénomènes optiques, la faune des lacs, le plancton, la flore des lacs, les phénomènes dus à la vie végétale.

M. S. DE PERROT (40) a continué ses observations sur les variations de niveau des lacs de Neuchâtel, Biénné et Morat, et a publié une suite de tableaux de ces variations pendant les années 1905 à 1913.

M. le Dr TANNER (51) a entrepris entre les années 1909 et

1912 une étude détaillée du **Lac de Hüttwil** ou de Steinegg, situé dans la région N W du canton de Thurgovie.

Ce lac a une superficie de 36 hectares, il est relié par des canaux aux deux lacs voisins de Nussbaum et de Hasen et reçoit en outre deux affluents, dont le débit est soumis à des variations extrêmes ; son émissaire, le Seebach, se jette dans la Thur et coule d'abord avec une pente de 1 % seulement.

Le lac de Hüttwil est le reste d'un lac beaucoup plus étendu, né en arrière des moraines frontales de la dernière glaciation ; dans sa vallée la direction de l'écoulement des eaux est nettement inverse. Le lac est allongé du NW au S E et s'élargit assez brusquement vers le S E ; sa profondeur est faible, son fond est presque plat sur la plus grande partie de sa surface et se relève brusquement près des bords. Ce fond est tapissé de boue, dans laquelle abondent les débris de diatomées. L'eau est peu transparente et possède une couleur comprise entre les degrés VI et VII de l'échelle de Forel ; elle contient en solution par litre 232 mgr. de sels, parmi lesquels les carbonates, en particulier le  $\text{Ca CO}_3$ , prédominant de beaucoup, le reste étant représenté par un peu de sulfate de chaux. Le lac de Hüttwil se distingue pourtant de tous les autres lacs connus du plateau suisse par sa teneur remarquablement forte en  $\text{Mg CO}_3$  (41.8 mgr.) et en  $\text{Ca SO}_4$  (19.5 mgr.).

M. Tanner donne ensuite une description assez détaillée de la flore des abords du lac et de leur faune ; il donne également la liste des espèces de poissons connues dans le lac lui-même et un aperçu de la faune lacustre en général. Enfin, il consacre un chapitre spécial à l'étude du plancton, à laquelle il a tout spécialement prêté son attention. Par son plancton, le lac de Hüttwil se rapproche surtout de celui de Lützel ; il est caractérisé par sa pauvreté en Chlorophycées et Schizophycées et par sa richesse en *Asterionella*, *Ceratium* et *Dinobryon* ; il contient quelques formes, qui sont généralement considérées comme localisées dans les grands lacs ; ce fait vient à l'appui de beaucoup d'autres, pour réduire de plus en plus l'importance de l'influence des dimensions d'un lac sur sa faune planctonique, qui dépend beaucoup plutôt des conditions de température et des conditions climatiques en général.

M. E. BAUMANN (24) a défini dans une intéressante notice le rôle joué par les algues dans la formation des **sédiments calcaires du lac de Constance**. Il a décrit d'abord un dépôt formé de grains de quartz enveloppés chacun d'une croûte

calcaire due essentiellement à l'intervention de certaines Rivularia, Calothrix, etc... Ces formations ont été constatées dans la règle sur le passage de courants bien marqués.

Dans un autre dépôt décrit par M. Baumann, les centres d'incrustation sont non plus des grains de quartz, mais des fragments de coquilles de mollusques ; les algues incrustantes appartiennent à divers genres, qui sont mêlés ; l'incrustation peut se faire dans l'eau en été, hors de l'eau en hiver, et il résulte de ce fait une structure zonée très caractéristique. Ces formations prennent un développement considérable sur de nombreux points du lac et ne sont pas liées au passage de courants. L'île de Langenrain, près de Gottlieben, est couverte en grande partie par un calcaire de cette sorte, dont l'épaisseur atteint par places deux mètres ; on retrouve un dépôt analogue, qui tapisse la moraine, aux abords de Constance.

Ces calcaires organogènes sont, d'après M. Baumann, souvent remaniés et triturés par les vagues et fournissent ainsi aux eaux du lac un trouble, qui se dépose lentement sur le fond et contribue pour une part importante à la formation de la vase de fond.

Dans un rapport qu'il a rédigé pour la commission hydrographique de la Société helvétique des Sciences naturelles, M. F. ZSCHOKKE (53) a rendu compte sommairement des recherches entreprises par M. G. Burkhardt sur le plancton des lacs de la Haute-Engadine et du lac d'Arosa.

### *Infiltrations et sources.*

M. J. ENGELI (27) a entrepris sous l'impulsion de la Société thurgovienne des sciences naturelles de relever toutes les sources connues dans ce canton, en notant autant que possible leurs particularités de débit, de température, de composition, etc. Ce travail, pour lequel il s'est assuré la collaboration de près de 150 membres du corps enseignant, a duré neuf années. Son résultat a été l'établissement d'une carte générale des **sources du canton de Thurgovie** et la publication d'une brochure, dans laquelle ces sources sont décrites par district, avec quatre cartes permettant de se rendre compte très exactement de la richesse en eau de chaque région.

Après une courte introduction, dans laquelle M. Engeli rappelle les caractères généraux de la géologie de la Thurgovie, l'auteur consacre la plus grande partie de son exposé

à définir les conditions dans lesquelles les eaux surgissent dans chaque district. Il nous est impossible de le suivre dans ce fouillis de renseignements et je me contenterai de résumer son chapitre de conclusions.

M. Engeli montre le rôle de la molasse au point de vue de l'infiltration, faisant ressortir le fait que l'infiltration étant en général peu abondante et très diffuse sur les surfaces molassiques, les sources qui sortent de ces terrains sont toujours de débit limité, mais en général nombreuses. Parmi les formations quaternaires le Deckenschotter, très favorable à l'infiltration, donne lieu à de belles sources. De nombreuses et importantes sources sortent aussi des moraines superficielles, qui prennent une grande importance dans la Thurgovie. À côté des sources, les populations utilisent les nappes phréatiques des fonds de vallée et dans certaines communes aussi l'eau du lac de Constance ; enfin dans les régions où la moraine de fond prédomine, les puits sont nombreux.

L'auteur termine son exposé par quelques conseils pratiques pour l'établissement des prises d'eau et des puits et pour le maintien dans les unes et dans les autres de la propreté nécessaire.

M. E. GAGNEBIN (31) a donné une brève description des sources boueuses de la plaine de Bière (Vaud) ; il a rappelé qu'il s'agit ici de la ressurgence d'eaux qui, au printemps, imprègnent les cailloutis glaciaires et interglaciaires de la plaine et qui se trouvent emprisonnées entre des niveaux imperméables. Ces eaux, étant sous pression, s'ouvrent des cheminées aux points de moindre résistance ; elles déterminent des effondrements autour de ces cheminées et contribuent à former des dépressions crateriformes, qui vont en s'élargissant.

Dans une courte notice, M. L. COLLOT (26), a défini les conditions de sortie des eaux abondantes qui, dès le 13 décembre 1912, ont surgi dans la galerie S du tunnel du Mont d'Or, à l'endroit où celle-ci coupe les calcaires suprajurassiques. Il établit la relation entre cette sortie d'eau et l'assèchement du Bief Rouge. Il donne en outre une coupe géologique du Mont-d'Or, d'après les observations faites pendant le forage du tunnel.

MM. G. NUSSBERGER et H. HIS (39) ont publié les résultats d'une série d'analyses d'eau effectuées pour diverses sources du canton des Grisons. Dans l'interprétation de leurs résultats, les auteurs, tenant compte du fait qu'en solution aqueuse

les sels sont presque toujours, les acides et les bases souvent, dissociés en ions, n'ont pas cru devoir suivre la méthode fréquemment employée de donner directement les résultats par sel ; il les donnent par ions. D'autre part, à côté des quantités en grammes par litre, ils ont calculé pour chaque élément ce qu'ils appellent les millimols, soit les quantités  $\times 1000$  : poids moléculaire, et les équivalents en milligrammes, qui permettent de déterminer la concentration.

Les sources analysées sont les suivantes :

1<sup>o</sup> La source subthermale, ferrugineuse et riche en sulfates d'Andeer, qui sort des schistes lustrés et qui a tiré les sulfates qu'elle contient des gypses triasiques.

2<sup>o</sup> La source de Rhäzüns, subthermale, riche en  $\text{CO}_2$  et en carbonates, avec une teneur relativement forte en sulfate, surtout en  $\text{SO}_4 \text{Na}_2$  et une proportion importante de fer, de chlore et d'iode.

3<sup>o</sup> La source de Rothenbrunnen, voisine de la précédente, montre une composition analogue, mais avec une concentration beaucoup plus faible.

4<sup>o</sup> Une source sortant dans le tunnel de Magnacum près d'Ardez, caractérisée par la forte prédominance des sulfates et par une teneur relativement importante en fer.

5<sup>o</sup> La source de Fideris, caractérisée par sa richesse en soude, en chaux et en  $\text{CO}_2$  dont une portion importante se trouve à l'état libre. Cette eau contient en outre de la potasse, de la magnésie, de la lithine et du fer, et d'autre part, une quantité importante de  $\text{SO}_4 \text{H}_2$ .

6<sup>o</sup> Les sources de Saint-Moritz. Ici les auteurs ont fait de nouvelles analyses à la suite de travaux importants, qui ont été exécutés dans le but d'augmenter d'une part le rendement des sources et d'autre part de protéger celles-ci contre l'im-mixtion d'eaux étrangères. Ils ont analysé les eaux de la source Maurizius et de la source Paracelsus, qui du reste ne diffèrent guère l'une de l'autre que par une plus grande richesse en soude et en  $\text{CO}_2$  de la source Maurizius, en fer de la source Paracelsus.

### *Corrosion.*

M. P. ARBENZ (23) a consacré un court article à la description du **phénomène lapiaire**, en se basant surtout sur les observations qu'il a faites dans les Alpes d'Unterwalden. Il commence par décrire différents types de lapiatz, en complétant ses descriptions par de bonnes photographies, puis il rappelle le fait bien connu que le phénomène lapiaire est dû

essentiellement à l'action corrosive des eaux ruisselant sur les surfaces nues des calcaires. Ensuite, il fait ressortir l'influence qu'exercent sur le développement des lapiaz le degré de la pente, l'hétérogénéité de la roche, le caractère plus ou moins fissuré ou lité de celle-ci, etc....

M. Arbenz montre aussi comment les glaciers, en mettant à nu les surfaces de rochers et en les polissant, ont souvent préparé le travail des eaux de ruissellement et favorisé le développement des lapiaz, sans y contribuer pourtant directement. Il décrit, d'autre part, l'invasion des lapiaz par la végétation et l'action souterraine des eaux dans les paysages karstiques. Enfin il donne un aperçu de la bibliographie concernant cette question.

M. B.-G. ESCHER (28) s'est occupé de l'origine des figures de corrosion qu'on observe fréquemment sur la surface des cailloux épars, en particulier dans les régions désertiques, mais souvent aussi dans d'autres conditions. A ce propos il a étudié et décrit des fragments éboulés de « Rötidolomit » provenant de la Rötialp dans le massif du Tödi et qui montrent des figures de corrosion très accusées. Ces figures sont d'une part des cupules de dimensions très diverses et de forme tantôt irrégulière, tantôt régulièrement circulaire, qui contribuent à donner à toute la surface une rugosité très marquée, d'autre part des entailles linéaires souvent très profondes, mais étroites, en général rectilignes ou à peu près. Contrairement à l'opinion émise par M. Haug pour les cailloux désertiques, M. Escher soutient l'idée que l'agent essentiel de la formation de ces figures est l'eau acidulée, agissant chimiquement ; qu'il s'agit donc d'un phénomène de corrosion typique. La corrosion s'est attaquée aux parties les plus solubles de la surface, de façon à former les cupules ; elle a été particulièrement active dans les fissures capillaires, qu'elle a élargies en entailles. Cette conclusion paraît certaine pour les échantillons considérés de dolomie de la Röti Alp ; l'auteur croit pouvoir l'étendre aux cailloux vermiculés des régions désertiques.

### *Glaciers.*

Pour la première fois, en 1913, le rapport annuel sur les **variations périodiques des glaciers des Alpes suisses** (38) a paru sans que M. F.-A. Forel y apportât sa précieuse contribution ; aussi ce rapport commence-t-il par quelques pages destinées à rappeler sommairement l'influence qu'exerça cet observateur de génie sur le développement de la glaciologie.

Les auteurs, MM. E. MURET et P.-L. MERCANTON, se sont réparti le travail comme précédemment, le premier collationnant les renseignements concernant les glaciers, le second ceux qui se rapportent aux névés.

D'après les données réunies par M. Mercanton, nous constatons que l'enneigement a été généralement progressif dans les Alpes suisses en 1912; les observations ont porté sur le Rhaeticon, le massif du Gothard, le massif de l'Eiger et de la Jungfrau, la chaîne des Dents du Midi et celle de la Tour Saillère, le massif du Mont-Blanc; partout elles ont montré un épaississement notable des névés, qui atteint 4 à 5 m. dans les massifs de la Jungfrau et du Mont-Blanc. Cet épaississement a été dû surtout à un déficit de chaleur estivale.

Quant aux variations des glaciers, la tendance à la crue, qui s'était manifestée en 1910 et qui avait été arrêtée par l'été très chaud de 1911, a repris sous une forme accentuée en 1912, en sorte que, sur 52 glaciers, 23 ont progressé d'une façon plus ou moins sensible, 2 sont restés stationnaires et 27 ont continué à diminuer. La décrue persiste d'une façon presque générale dans les Alpes valaisannes; dans les Grisons les cas de crue et de décrue s'équilibrent à peu près; les cas de crue sont surtout fréquents dans les Alpes d'Obwalden, de Berne et de Vaud.

Dans un supplément au rapport concernant les variations des glaciers en 1911, rédigé par MM. CH. RABOT et E. MURET (45), nous trouvons quelques renseignements qui intéressent les Alpes françaises. D'après cette publication, une tendance à la crue s'est dessinée très nettement dans le massif du Mont-Blanc au commencement de l'été 1911, mais elle a été en grande partie neutralisée ensuite par l'excès de chaleur qui s'est produit alors; dans les autres régions des Alpes françaises le recul s'est considérablement ralenti et les cas de crue sont devenus assez fréquents.

Ce même rapport contient quelques données concernant les glaciers du Caucase et de l'Altaï et ceux de l'Alaska.

Dans le dix-huitième rapport sur les variations des glaciers, de MM. CH. RABOT et P.-L. MERCANTON (44), consacré à l'année 1912, nous trouvons d'abord un résumé des observations faites dans les Alpes suisses, puis une série d'observations concernant les Alpes autrichiennes, lombardes, piémontaises et françaises. De ces divers comptes rendus nous pouvons déduire qu'en 1912 l'enneigement a été progressif partout dans les hautes régions des Alpes. Quant aux glaciers ils marquent dans leur ensemble une décrue assez générale,

mais ralentie dans les Alpes d'Autriche et d'Italie, tandis qu'en Savoie c'est plutôt un état d'équilibre qui s'est établi.

Le rapport de MM. Rabot et Mercanton réunit en outre quelques données sur les glaciers du Gave de Pau (Pyrénées) qui accusent une tendance à la crue, sur ceux du N de la Suède qui continuent à croître, sur ceux de Norvège, qui au contraire, sont en phase de décrue presque générale, enfin sur divers glaciers de l'Amérique du Nord et des terres polaires.

Il suffit de citer un rapport purement administratif que M. ALB. HEIM (32) a consacré à l'activité, en 1912-1913, de la commission des glaciers de la Société helvétique des sciences naturelles.

Je signalerai brièvement ici quelques observations faites spécialement sur les glaciers des environs de Chamonix et d'Argentières par M. P. MORIN (37). L'auteur s'est attaché à définir les actions géologiques attribuables à ces glaciers ; il arrive à attribuer à l'érosion glaciaire une importance considérable et envisage comme facteur principal de cette érosion le glacier lui-même et non les eaux sous-glaciaires. Il estime qu'on n'apprécie généralement pas à sa juste valeur la puissance des frictions exercées sur le lit du glacier par les matériaux morainiques qui s'amassent entre la glace et les roches encaissantes.

En terminant, M. Morin cherche une explication pour les vallées emboîtées et les gradins de confluence. Pour lui les replats qui dominent latéralement les auge glaciaires ne représentent pas les restes d'un fond de vallée antérieur au surcreusement ; ils sont le fait de l'érosion effectuée par des glaciers latéraux bordant le glacier principal. Quant aux gradins de confluence, M. Morin les explique par une prolongation de l'érosion glaciaire dans les vallées principales, à un moment auquel les glaciers des vallées latérales, réduits en volume et barrés vers l'aval, n'étaient plus aptes qu'à exercer une érosion diminuée, s'ils n'étaient pas réduits à l'impuissance complète.

### Séismes.

Dans le rapport qu'il a rédigé sur l'activité de la commission séismologique suisse, M. J. FRÜH (30) a fait ressortir le danger des conclusions trop hâtives sur l'origine des séismes que beaucoup d'auteurs tirent d'observations partielles. Il cite en particulier les opinions diverses qui ont été émises, en général sans justification suffisante, sur l'origine du tremble-

ment de terre qui a affecté, le 16 novembre 1911, le sud de l'Allemagne et le nord de la Suisse.

Par suite du voyage de M. A. DE QUERVAIN au Groenland, le rapport concernant les séismes ressentis en Suisse en 1911 n'a paru qu'avec un retard de deux ans (41).

Les 15 macroséismes enregistrés par ce rapport se répartissent géographiquement comme suit : 7 ont été ressentis dans les Grisons, 4 dans la région NE de la Suisse, 2, très faibles du reste, à Lausanne, 1, peu important, dans les environs de Sierre, et 1, à peine sensible, à Lyss. Les séismes ressentis à Sierre le 31 janvier, à Lausanne les 12 et 17 mars, à Lyss le 24 janvier, ont consisté en de faibles secousses locales. Les séismes qui ont affecté le territoire des Grisons ont conservé un caractère local et n'ont eu qu'une ampleur modérée ; ils se sont répartis sur les mois de février, avril, mai, octobre, novembre et décembre. Quant à la région NE de la Suisse, elle a été au contraire ébranlée par plusieurs séismes de grande extension et d'ampleur considérable. Le 6 septembre, à 5 h. 31 m. du matin, un tremblement de terre a été ressenti dans la région de Schaffhouse et Frauenfeld ainsi que dans le territoire voisin de l'Allemagne, dans les bassins du lac de Zurich et la vallée de la Glatt et aux alentours de Saint-Gall ; son intensité n'a nulle part dépassé le degré 4 et la direction du mouvement paraît avoir été N-S.

Le 21 septembre, à 2 h. 34' après-midi, un important séisme a ébranlé la région comprise entre l'Untersee au N et la partie supérieure du lac de Zurich au S, et limitée par la ligne Constance, Steckborn, Frauenfeld, Utznach, Säntis, Saint-Gall. L'épicentre de cet ébranlement paraît avoir été dans le triangle Weinfelden-Wil-Bischofzell, dans lequel l'intensité a atteint le degré 5. Le séisme a été enregistré par la station de Zurich et M. de Quervain expose et discute les données qu'il a ainsi obtenues au point de vue de la détermination de la distance à l'épicentre et de la profondeur de l'hypocentre.

Enfin, le 16 novembre, à 10 h. 26 m. du soir, survint le grand séisme qui fut ressenti dans une grande partie de l'Europe centrale et dont l'épicentre était dans la Schwäbische Alp, mais dont plusieurs centres secondaires d'ébranlement se sont développés, soit au S de la Forêt Noire, soit dans le bassin du lac de Constance.

Le rapport consacré par M. A. DE QUERVAIN aux observations séismologiques faites en Suisse pendant l'année 1912 (42) commence par une énumération de 20 séismes distincts

observés pendant cette année. Sur ce nombre, 9 tremblements de terre ont affecté le NE de la Suisse entre Limmat et Rhin, 4 ont été ressentis dans les Grisons, 4 dans les Alpes méridionales du Tessin et du Valais, 2 dans les environs de Bex, 1 sur presque toute la surface du plateau molassique suisse. Les plus importants parmi ces séismes sont les suivants :

1<sup>o</sup> Un tremblement de terre de faible intensité, mais de grande extension, qui, le 31 mars, à 4 h. 52 m. du matin, a été ressenti entre Alpes et Jura, depuis le haut Léman jusqu'à Schaffhouse et au Bodan, et dont l'épicentre a dû être dans les environs de Zofingue.

2<sup>o</sup> Un séisme assez fort, dont l'épicentre devait se trouver dans la Schwäbische Alp et qui a été ressenti le 4 mai, à 5 h. 49 du soir dans le N E de la Suisse jusqu'à Koblenz, Lucerne, Glaris et Coire.

3<sup>o</sup> Un tremblement de terre qui a été, le 31 mai, à 9 h. 38 m. du soir, ressenti dans tout le territoire du Tessin et du Valais, dans le bassin supérieur de la Reuss et dans les régions voisines du Piémont et de la Lombardie.

4<sup>o</sup> Une secousse brusque qui, le 13 août, à 11 h. 51 m. du soir, a ébranlé le territoire du Tessin.

En terminant son rapport, M. de Quervain résume les données fournies par la station séismographique de Zurich pendant l'année 1912; il discute en particulier les observations faites à la fois à Zurich, Strasbourg et Hohenheim, sur huit microséismes qui doivent être considérés comme des répliques du grand tremblement de terre du 16 novembre 1911.

Enfin, M. de Quervain examine les méthodes employées pour la détermination de la profondeur des centres d'ébranlement et fait ressortir les difficultés d'application de ces méthodes et le caractère incertain des résultats obtenus.

M. A. DE QUERVAIN (43) a publié en outre un court aperçu de l'activité de la station séismographique de Zurich, dont l'attention s'est portée tout spécialement sur l'observation des séismes rapprochés. Pour ceux-ci on a cherché à déterminer exactement le sens, l'intensité et le moment initial de l'ébranlement. Des comparaisons intéressantes ont pu être faites entre les observations séismographiques et les observations directes à propos de certains tremblements de terre.

M. BÜHRER (25) a signalé deux chocs séismiques qui ont été ressentis à Bex et environs le 8 novembre 1912, à 8 h. 39 m. avant midi et le 10 novembre à 3 heures avant midi; ces deux séismes ont été accompagnés de bruits souterrains;

ils doivent être en relation ou bien avec des mouvements orogéniques, ou bien avec des affaissements dans des cavernes de dissolution.

M. CH. TARNUZZER (52) a consacré une courte notice à rendre compte du développement de la séismologie en Suisse, en se basant spécialement sur les publications de la commission séismologique suisse.

Après avoir donné un aperçu de l'activité de cette commission, l'auteur cherche à donner une idée du caractère de la Suisse au point de vue séismologique ; il cite les principaux tremblements de terre qui ont affecté notre pays ; il montre que les séismes de nos régions sont en grande majorité d'origine tectonique. Puis il s'attache plus spécialement au canton des Grisons, dans lequel il distingue deux lignes séismiques principales : celle qui se suit depuis le Splügen par le Hinterhein et la vallée du Rhin jusqu'au lac de Constance, avec la région de Coire comme épicentre principal, puis la ligne de l'Engadine, le long de laquelle le territoire de Tarasp-Zernetz est le moins stable. Comme autres lignes séismiques de moindre importance, M. Tarnuzzer signale le Bergell, la vallée de Poschiavo, le Prättigau, le Münstertal, le Val Livigno ; il constate par contre la séismité faible de la partie occidentale du canton.

L'auteur traite en outre diverses questions d'ordre général se rattachant à la séismologie.

En se basant sur les observations qui ont été faites sur les tremblements de terre qui ont affecté dans ces dernières années le sud de l'Allemagne, M. W. von SEIDLITZ (50) a cherché à préciser les relations qui existent entre la séismité de ces régions et les grandes lignes de dislocation qui les traversent.

Dans la Revue pour 1912, j'ai cité déjà une courte notice consacrée par M. G. RÜETSCHI au tremblement de terre qui, le 16 novembre 1911, a violemment ébranlé la région du lac de Constance. Depuis lors, le même auteur a continué à collationner de nombreux documents sur ce séisme et ses effets et il a rendu compte, dans une intéressante publication, des renseignements qu'il a ainsi obtenus (47).

Il a commencé par rappeler les nombreuses déformations de la surface du sol, qui ont été provoquées par le tremblement de terre, surtout le long des rives méridionales de l'Untersee et qui ont pris la forme d'enfoncements sous-lacustres en entonnoirs ou en cuvettes, d'affaissements de la plage, de fractures avec bâillement ou avec rejet, etc... Il a cité en-

suite un grand nombre d'observations faites par des personnes très diverses, depuis Bregenz et Saint-Gall au SE jusqu'à Stockach et Schaffhouse au NW, et qui donnent une idée de l'intensité de l'ébranlement, de la direction des chocs perçus et des phénomènes qui ont accompagné le séisme. Ces données sont du reste synthétisées sur une carte qui nous montre que l'ébranlement le plus violent a été ressenti suivant une zone s'étendant de Constance à Stein, par la partie méridionale de l'Untersee et que de là l'intensité a décrue rapidement dans la direction du S, tandis qu'elle est restée forte dans la direction du SE jusqu'à Arbon, dans la direction de l'W jusqu'à Ossingen et Andelfingen, dans la direction du N jusqu'à la ligne de Stockach-Friedrichshafen.

Quoique la détermination de la direction du mouvement séismique soit souvent difficile, il semble démontré que cette direction a varié, soit dans l'espace, soit aussi dans le temps, c'est-à-dire avec les chocs successifs. Elle a été E-W dans la région comprise entre le Rhin et la Thur, à l'W d'une ligne reliant Kreuzlingen à Marstätten, tandis qu'à l'E de celle-ci elle a été NE-SW ; entre le bassin de Stein et celui de Radolfzell elle a été SE-NW, tandis que sur la presqu'île du Bodan elle a été NE-SW. Il semble donc que dans son ébranlement général la région du lac de Constance a subi des mouvements complexes variant d'un compartiment à un autre, suivant la distribution des failles qui délimitaient ceux-ci.

Ces fractures, en partie déjà reconnues par d'autres auteurs, sont réparties comme suit : 1<sup>o</sup> Une faille qui de Constance à Steckborn suit la rive méridionale de l'Untersee. 2<sup>o</sup> Deux failles qui, l'une au S, l'autre au N et à l'E délimitent le Schienerberg. 3<sup>o</sup> Une faille dirigée de Schaffhouse vers l'E jusqu'à près de Steckborn. 4<sup>o</sup> Une faille qui passe entre les hauteurs du Bodan et l'Untersee. 5<sup>o</sup> La grande ligne de dislocation qui de Ludwigshafen à Meersburg suit la rive septentrionale du lac d'Ueberlingen. 6<sup>o</sup> Une fracture passant par Marstätten et Münsterlingen et croisant 7<sup>o</sup> l'importante ligne de dislocation qui se suit depuis Andelfingen jusqu'au S de Romanshorn. En résumé, ces fractures se distribuent suivant un système à trois directions, l'une presque exactement E-W, la seconde SW-NE, la troisième SE-NW. Là où les failles se croisent, on constate soit une exagération de l'ébranlement séismique, soit des irrégularités multiples dans la direction du mouvement, soit des mouvements de torsion ; tel est le cas en particulier pour les environs de Constance et pour ceux de Steckborn.

Presque partout la secousse principale a été précédée de mouvements légers avec bruits souterrains et de curieux effets lumineux surtout visibles au-dessus du lac. Les mouvements microsismiques paraissent même avoir commencé longtemps avant les secousses perceptibles. En outre on a pu constater pendant une durée prolongée des dégagements gazeux très abondants traversant les eaux du lac.

M. Rüetschi a prêté une attention particulière à ces dégagements, dont il dérive directement les sortes d'éclairs, qui ont été signalés par de nombreux observateurs, et auxquels il attribue une action très importante dans les mouvements des dépôts sous-lacustres et littoraux. A ce propos il rappelle que les formations détritiques de surface sont imprégnées de gaz, qui y subissent des mouvements constants et complexes suivant les pressions auxquelles ils sont soumis. Ces gaz doivent donc d'une part être expulsés, lorsqu'ils sont comprimés par des mouvements séismiques, d'autre part rompre par leur pression l'équilibre des formations instables de la surface et provoquer dans ce milieu de multiples déformations.

Enfin l'auteur a établi que le séisme du 16 novembre 1911 a suivi une forte chute de la pression atmosphérique et s'est produit à un moment où le niveau du lac était bas, de sorte que le fond du lac et les dépôts perméables ambients se trouvaient sous une pression anormalement faible. Ce fait semble, comme dans beaucoup d'autres cas, avoir déterminé la rupture de l'équilibre instable, dans lequel se trouvait la région du lac de Constance à la suite de l'intervention progressive de forces tectoniques. Il semble donc que le tremblement de terre du 16 novembre 1911 soit en relation d'abord avec les conditions tectoniques locales, ensuite avec les conditions momentanées de la pression atmosphérique et de la pression des eaux lacustres et phréatiques.

M. G. RÜETSCHI a publié les mêmes observations sous une forme plus résumée à l'occasion d'une réunion de la Société helvétique des Sciences naturelles (48) et du 17<sup>e</sup> congrès des Sociétés suisses de Géographie (49).

### *Plissements.*

M. N. REICHLIN (46) a, sous la direction de M. R. de Girard, continué les expériences de **Tectonique expérimentale**, que celui-ci avait commencées il y a plusieurs années. Dans l'exposé de son travail l'auteur commence par rappeler les expériences analogues faites par d'autres et les dispositifs em-

ployés. Il décrit ensuite l'appareil dont il s'est servi, qui consiste en une presse mue par un système de vis, permettant des mouvements extrêmement lents. Les couches à plisser reposent sur un parquetage de 18 blocs, qu'on peut éléver ou abaisser séparément. La presse est pourvue d'un coordinatographe, permettant d'estimer avec une grande précision les valeurs des déformations subies. Quant à la matière comprimée et déformée, M. Reichlin a opéré le plus souvent avec des lames de plomb carrées de 40 cm. de côté; il a fait des essais, en étendant sur la lame de plomb une couche d'argile humide.

Un des principaux buts poursuivis dans ces expériences était de déterminer la valeur de l'élévation d'un pli relativement à celle du refoulement déterminant. Cette élévation dépend d'abord de la largeur de la zone plissée et croît avec celle-ci pour un refoulement de même valeur; elle dépend aussi de l'épaisseur de la couche plissée, en ce sens que plus la couche est épaisse, plus sera forte l'augmentation de hauteur et plus sera grande la hauteur absolue du pli.

M. Reichlin a étudié en second lieu le déplacement de la ligne de faîte d'un pli pendant les phases successives du développement de celui-ci. La première phase comprend le développement d'un pli droit ou déjeté, mais sans renversement du jambage médian; la seconde phase commence dès que le pli se couche. Pendant la première phase la ligne de faîte montre un exhaussement constant; pendant la seconde phase la ligne de faîte commence par s'abaisser en se couchant, puis un nouveau bombement se reproduit plus en arrière dans le jambage supérieur, une nouvelle ligne de faîte s'élève jusqu'à un second maximum; après quoi la ligne de faîte s'abaisse de nouveau à mesure que le pli se couche davantage.

En relation avec ce déplacement de la ligne de faîte M. Reichlin a étudié la formation des fractures dans les charnières qui correspondent aux lignes de faîte successives et leur fermeture à mesure qu'elles passent dans le flanc médian.

Enfin M. Reichlin a varié encore ses expériences, en faisant intervenir le refoulement successivement sur les diverses parties d'une des faces de sa lame de plomb, ou bien en produisant, au lieu d'un refoulement très lent, au contraire un refoulement brusque sous forme de choc, ou bien en faisant agir un refoulement oblique sur le plan du butoir.

Les refoulements brusques déterminent un déversement

rapide des plis dans la direction d'où vient le choc. Les refoulements obliques font naître des plis, dont la direction est intermédiaire entre celle de la masse refoulante et celle de la masse résistante.

Le travail de M. Reichlin se termine par une suite de tableaux numériques donnant les résultats géométriques détaillés des expériences, et par quelques planches photographiques.

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

#### *Jura.*

Pendant une série d'années MM. E. JOUKOWSKY et J. FAVRE (56) ont exploré méthodiquement dans tous les détails la chaîne du Salève qui, prolongeant la grande zone anticlinale du plateau molassique suisse, s'élève entre le bassin de Genève et la zone de La Roche Annecy. Le fruit de leur travail a été une importante monographie, complétée par de nombreuses planches et par deux cartes l'une purement topographique, refaite sur des bases complètement nouvelles, l'autre coloriée géologiquement.

La description monographique de MM. Joukowsky et Favre commence par une étude détaillée du Kimmeridgien et du Portlandien, des étages infracrétaïques et des formations tertiaires.

Le Kimmeridgien débute par un calcaire gris clair, brunâtre, contenant *Zeil. humeralis* Roem., *Terebr. insignis* Schübler, *T. bauhini* Et. et *Rhynch. pinguis* Roem. ; ensuite vient une zone bréchiforme avec débris de polypiers et de mollusques, qui se termine vers le haut par une couche à *Thiollericrinus heberti* de Lor. et *Cidaris glandifera* Münster.

Le niveau suivant est formé par un complexe de 40 m. environ de calcaires gris à rognons de silex, qui est divisé en deux parties inégales par un banc dolomitique. Sur ces couches reposent des microbrèches zoogènes, gris clair, avec *Z. humeralis*, épaisses de 30 cm. environ, à la base desquelles s'intercale un nouveau banc dolomitique. Ces brèches passent insensiblement vers le haut à un calcaire récifal, blanc, dans lequel abondent les coraux et qui contient en outre divers Diceras, *Spondylopecten globosus* Qu. et *Rhynch. astieriana* d'Orb. Ces calcaires atteignent près de 150 m. d'épaisseur.

Le Portlandien débute par une brèche corallienne blanche très riche en fossiles ; les nérinées y sont particulièrement abon-