

**Zeitschrift:** Eclogae Geologicae Helvetiae  
**Herausgeber:** Schweizerische Geologische Gesellschaft  
**Band:** 7 (1901-1903)  
**Heft:** 6

**Artikel:** IIIe partie, Géologie dynamique  
**Autor:** Sarasin, Ch.  
**Kapitel:** Actions et agents externes  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-155941>

#### Nutzungsbedingungen

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

#### Conditions d'utilisation

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

#### Terms of use

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

**Download PDF:** 22.02.2026

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

III<sup>e</sup> PARTIE. — GÉOLOGIE DYNAMIQUE.

par CH. SARASIN.

*Actions et agents externes.*

## SOURCES.

M. G. RITTER<sup>1</sup>, dans une intéressante étude hydrologique du canton de Neuchâtel, fait ressortir tout d'abord le rôle très important joué par les masses disloquées et fissurées du Jurassique supérieur, qui laissent filtrer la presque totalité de l'eau tombée sur leur surface. Ce complexe essentiellement perméable, qui comprend le Portlandien, le Kimmeridgien, et le Séquanien, est supporté par les marno-calcaires compactes de l'Argovien qui arrêtent la descente des eaux d'infiltration. D'autre part, au-dessus du Portlandien, le Purbeckien forme un second niveau imperméable qui est surmonté par les calcaires très poreux du Valangien; l'Hauterivien inférieur forme ensuite un troisième niveau imperméable qui est séparé par les calcaires aquifères de l'Hauterivien supérieur et de l'Urgonien des marnes et des argiles du Tertiaire. Quant aux dépôts quaternaires, étant formés en grande partie de graviers et de sables, ils sont perméables dans leur ensemble, mais ils renferment des intercalations argileuses qui donnent lieu à des nappes d'infiltration phréatiques.

En classant les sources d'après les formations imperméables qui en provoquent la sortie on peut distinguer :

1<sup>o</sup> Les sources argoviennes ou oxfordiennes parmi lesquelles il faut citer les belles sources du flanc NW de la montagne de Boudry et celles de Préladan et de Gänsbrunnen dans la cluse qui coupe la chaîne du Graity.

2<sup>o</sup> Les sources hauteriviennes dans lesquelles il faut classer toute une série de sources sortant du flanc SE de la première chaîne du Jura.

3<sup>o</sup> Les sources tertiaires qui jouent un rôle considérable dans certaines vallées synclinales, en particulier dans le Val de Ruz.

<sup>1</sup> G. RITTER. Sur l'Hydrologie neuchâteloise. — *Bull. Soc. neuch. des sc. nat.*, t. XXVIII, p. 158-179. 1900.

4<sup>o</sup> Les sources quaternaires. Les dépôts quaternaires, qui remplissent le fond de plusieurs des grandes vallées du Jura, se gorgent d'eau et, si des couches imperméables s'y intercalent, elles provoquent la formation de nappes phréatiques, qui ont été fréquemment exploitées, soit par des puits artésiens, soit par d'autres travaux de captage. Telle est l'origine des eaux qui alimentent Coffrane, les Geneveys, Boudevilliers, Valangin, etc....

La Société argovienne des sciences naturelles a entrepris par l'initiative et sous la direction générale de M. le prof. F. MUHLBERG<sup>1</sup> l'élaboration d'une carte au 1 : 25 000 des **sources du canton d'Argovie**. Dans ce travail, auquel ont participé plus de trente collaborateurs, il a été tenu compte de l'emplacement exact de la source, de son débit, de son emploi (eau potable, eau minérale, eau de lavage, etc...), du mode de captage, de la température, des conditions de constance ou de variabilité ; pour les puits, la profondeur et la nature des terrains encaissants ont été déterminés.

Renvoyant à plus tard le travail de synthèse à faire sur les très nombreuses observations recueillies, M. Mühlberg s'est contenté de présenter sur l'ensemble des recherches un rapport sommaire dans lequel il ne traite avec quelques détails que la région de Brugg qui doit servir d'exemple.

Dans les environs de la ville de Brugg les différents terrains peuvent être classés de la façon suivante :

1<sup>o</sup> Les alluvions récentes sont généralement perméables, mais il peut s'y mêler des couches non poreuses.

2<sup>o</sup> Les alluvions pleistocènes des terrains et les moraines à blocs (Blockmoränen) sont perméables, tandis que le Lœss ne l'est qu'imparfaitement et que les moraines de fond argileuses ne le sont pas du tout.

3<sup>o</sup> Le Tertiaire, formé en grande partie par les grès divers du système mollassique, est le plus souvent perméable ; pourtant des zones marneuses intercalées à divers niveaux et surtout abondantes dans la molasse d'eau douce inférieure, donnent lieu à des nappes d'infiltration locales. Le Sidérolithe, qui forme la base du Tertiaire, est constamment imperméable.

4<sup>o</sup> Dans le Malm, les calcaires de Wettingen laissent filtrer l'eau, qui est arrêtée au-dessous par les marnes de Baden ; les couches de Wangen, les calcaires à *Hem. crenu-*

<sup>1</sup> MÜHLBERG. Bericht über die Herstellung einer Quellenkarte des Kantons Aargau. *Mittheil. der aargauischen naturf. Ges.* H. IX.

*laris* et les couches du Geissberg forment un puissant complexe perméable et aquifère, dont la limite inférieure est marquée par les marno-calcaires d'Effingen et de Birmensdorf.

5<sup>o</sup> Dans le Dogger les niveaux perméables sont représentés essentiellement par le calcaire spathique de la partie supérieure et par le Hauptrogenstein, tandis que les marnes à *Parkinsonia Parkinsoni* et les couches sous-jacentes ne sont pas poreuses.

6<sup>o</sup> Le Lias est formé en grande partie de couches marneuses et imperméables, à la base seulement par le calcaire à gryphées, très favorable à l'infiltration.

7<sup>o</sup> Les marnes irrigées du Keuper ne laissent pas passer l'eau, tandis que le gypse de la base est perméable.

8<sup>o</sup> Quant au Muschelkalk, il est essentiellement poreux.

Dans l'ensemble du canton d'Argovie 8461 sources ont été constatées, dont 2977 avec un débit total de 186 500 litres-minutes ne sont pas utilisées encore.

#### COURS D'EAU ET VALLÉES

M. M. LUGEON<sup>1</sup>, dans son intéressante étude sur l'origine des vallées des Alpes occidentales, fait ressortir tout d'abord le fait, du reste connu, de la division de la plupart d'entre elles en un tronçon transversal dans la partie supérieure de leur cours, puis un tronçon longitudinal plus ou moins allongé, et enfin un nouveau tronçon transversal, par lequel elles sortent des chaînes à angle droit.

Il étudie ensuite l'origine de ce grand tronçon transversal inférieur qui coupe souvent toute une succession de chaînes anticliniales, et cherche à démontrer que, dans un grand nombre de cas, le cours d'eau suit dans cette partie de son cours une zone synclinale transversale, suivant laquelle les axes des plis subissent tous un abaissement marqué. La vallée du Chéran, celle du lac d'Annecy, la vallée morte de Chambéry, la grande coupure de l'Isère entre Grenoble et Moirans, que l'auteur décrit en détail, sont d'après lui des exemples frappants de ce fait.

Pour d'autres cas de vallées transversales, telles que celles du Chéran à travers l'anticlinal du Semnoz et du Fier à tra-

<sup>1</sup> M. LUGEON. Recherches sur l'origine des vallées des Alpes occidentales. *Annales de Géographie*, Paris, t. X, p. 295-317 et 401-428. — Voir aussi C. R. des séances de la Soc. vaud. des sc. nat. *Archives Genève*, t. XI, p. 412, 1901.

vers l'anticinal du Gros Foug, il ne paraît pas y avoir coïncidence entre l'emplacement du cours d'eau et une inflexion synclinale des plis. Il faut très probablement admettre ici une antécédence de l'établissement de la vallée par rapport à la formation des plis traversés. D'autre fois le cours des rivières paraît avoir été peu influencé par la forme des plis des terrains secondaires, qui étaient comme noyés dans une sorte de couverture épaisse de formations plus récentes (Mollasse ou surtout Flysch) à surface peu accidentée. Le squelette des plis n'a été mis à jour qu'après une érosion prolongée alors que la direction des principales vallées était fixée. C'est à une origine semblable que M. Lugeon attribue la forme des vallées des 2 Dranses (de Biot et d'Abondance), de la vallée du Giffre et de celle de l'Arve en amont de Cluse.

La vallée du Rhône entre Montreux et Saint-Triphon suit nettement une inflexion synclinale transversale aux plis, mais en amont de Saint-Triphon il n'en est plus de même et l'abaissement de l'axe des plis vers l'E, bien marqué dans les chaînes de la rive droite, se continue sur la rive gauche. Il est probable qu'ici, au moment où la direction de la vallée s'est fixée, la topographie de la région était très différente de ce qu'elle est actuellement et que les grands plis couchés, qui sont déjetés sur le pli de Morcles, recouvriraient ce dernier sur de beaucoup plus grandes étendues, donnant aux Alpes vaudoises une altitude moyenne beaucoup plus grande.

Quant au tronçon moyen longitudinal des grandes vallées, il faut le considérer comme étant le plus souvent de formation relativement récente. Il paraît avoir commencé par une courte vallée longitudinale, entamant des formations de faible résistance; grâce à ce fait et à une pente forte, l'affouillement a marché rapidement; par érosion régressive, la vallée s'est allongée, et a capté un nombre plus ou moins grand de cours d'eau transversaux, qui, générés dans leur travail de creusement par la traversée de massifs résistants, ne pouvaient pas effectuer avec la même rapidité l'abaissement de leur seuil. L'auteur base du reste cette manière de voir sur une étude détaillée de la vallée du Rhône et de celle du Grésivaudan entre Ugines et Grenoble.

Les tronçons transversaux supérieurs paraissent suivre fréquemment des ondulations synclinales; mais ceci n'est pas à beaucoup près une règle absolue et les cas sont nombreux où la direction du cours d'eau paraît avoir été donné par la surface structurale des formations superficielles (Mollasse ou Flysch) complètement enlevées aujourd'hui par l'érosion.

M. LUGEON<sup>1</sup> a constaté, dans ses excursions à travers les Alpes, de nombreux cas dans lesquels, le fond d'une vallée ayant été comblé par une accumulation importante de dépôts morainiques, le cours d'eau n'a pas retrouvé après le retrait des glaciers son ancien lit, mais, dirigé seulement dans son cours par la surface des formations glaciaires, s'est creusé un nouveau chenal à droite ou à gauche de la ligne qu'il suivait précédemment et a été amené de ce fait à entamer finalement la roche sous-jacente sur l'un des flancs de son ancienne vallée. La gorge ainsi formée, étant récente, est étroite avec des parois très abruptes. L'auteur décrit successivement plusieurs exemples de ces **tronçons épigénétiques**, ainsi la vallée de la Morge au-dessous de la Chappelle de Corbelin et celle de la Dranse de Biot en aval de Saint-Jean d'Aulph. Dans ce dernier cas, la rivière traverse la gorge excessivement resserrée de l'Ombre, tandis qu'à côté se montre une sorte de col formé entièrement d'alluvion et de moraine qui se trouve certainement sur l'emplacement de l'ancien lit comblé par des formations glaciaires.

De même, à l'endroit où le Chéran sort des Bauges pour pénétrer dans la région mollassique vers le Pont de l'Abîme, la vallée a été barrée par une puissante moraine frontale; le cours d'eau a été rejeté à droite où se trouvait le point le plus bas du barrage et a creusé suivant cette nouvelle ligne une gorge étroite dans les calcaires urgoniens. La Baye de Montreux a subi de nombreuses dérivations de son cours, sans du reste que l'écart entre les lits successifs soit jamais très grand.

Un des exemples les plus intéressants de ce genre de phénomènes nous est fourni par le passage de l'Aar au travers de la colline transversale du Kirchet entre Meiringen et Innertkirchen. Le contraste est frappant entre la vallée très large d'Innertkirchen où le fleuve traverse une vaste plaine d'alluvions et la gorge étroite par laquelle il coupe la barre calcaire du Kirchet. Celui-ci est formé par les calcaires durs du Malm; il est recouvert d'une quantité considérable de dépôts morainiques; enfin il est traversé par 5 coupures profondes comblées par de la moraine et qu'il faut considérer comme des gorges creusées successivement puis abandonnées par l'Aar. L'explication des faits paraît être la suivante: en amont du Kirchet la rivière, travaillant dans les schistes cris-

<sup>1</sup> M. LUGEON. Sur la fréquence dans les Alpes de gorges épigénétiques et sur l'existence de barres calcaires de quelques vallées suisses. *Bull. de la Soc. vaud. des sc. nat.*, t. XXXVII, p. 423-454.

tallins, a donné naissance à une vallée largement ouverte en V ; dans la barre calcaire, par suite d'une résistance beaucoup plus grande des roches, il s'est formé une gorge étroite, tandis que vers l'aval la vallée, se creusant dans les formations plus tendres du Jurassique [moyen, a repris une section large. Ensuite le glacier de l'Aar, ayant pris possession de la région, a obstrué de ses moraines la gorge resserrée de la partie moyenne en même temps qu'il aurait, d'après l'auteur, comblé de sa moraine de fond la cuvette du Hasle jusqu'au niveau du barrage calcaire. Le torrent sous-glaciaire dont le cours aurait été ainsi exhaussé progressivement, aurait finalement choisi le point le plus bas du barrage et s'y serait creusé un chemin. Après le retrait du glacier, son émissaire, profitant du travail déjà effectué, aurait suivi le même cours et aurait approfondi la tranchée commencée. Puis un retour du glacier aurait provoqué la répétition des mêmes phénomènes et 5 alternatives successives de progression et de recul des glaces auraient amené la formation des 5 gorges que M. Lugeon a constatées. L'auteur croit devoir préférer cette hypothèse d'un remblayage répété de la plaine du Hasle à celle de l'établissement d'un lac de barrage en amont du Kirchet à cause de l'absence complète de deltas ou de terrasses lacustres au-dessus du niveau de la plaine d'alluvions actuelle.

#### LACS

*Sédimentation.* — M. HEIM<sup>1</sup> a continué son étude du dépôt des vases dans le lac des Quatre-Cantons ; à l'aide d'une caisse placée au fond du lac à une certaine distance de l'embouchure de la Muotta, il a constaté que, du 12 septembre 1899 au 10 mars 1901, il s'est déposé en ce point une couche de 8,5 cm. de vase humide, ce qui correspond à 13,2 gr. de vase humide et 7 gr. de vase sèche par cm<sup>2</sup>. La sédimentation particulièrement intense qui s'était produite sur ce point pendant la période 1897-1898 paraît donc être un phénomène constant et non pas un fait exceptionnel comme M. Heim l'avait admis.

D'autre part, M. BRÜCKNER<sup>2</sup> a fait une étude préliminaire du lac d'Oeschinen près de Kandersteg qui, étant alimenté essentiellement par les eaux troublées des torrents glaciaires

<sup>1</sup> HEIM, A. *Bericht an Herrn Prof. Brückner, Präs. der Flussgeschiebe-Kommission.* Verh. der Schweiz. naturf. Ges. 84. Jahresvers. in Zofingen, 1901.

<sup>2</sup> *Bericht der Flusskommission für 1900-1901,* par le Prof. BRÜCKNER. Verh. der Schweiz. naturf. Gesell. 84. Jahresversamml. in Zofingen, 1901.

et ne présentant pas d'écoulement superficiel, se trouve dans des conditions spécialement intéressantes. Par des sondages, l'auteur a constaté que, depuis que M. Gosset avait en 1874 déterminé la profondeur du plafond du lac, celui-ci s'est élevé de 7 m. ce qui correspond à un exhaussement annuel moyen de 27 cm.

Nous devons à M. FOREL<sup>1</sup> un court aperçu sur les matières organiques contenues dans les eaux des lacs. Ces matières proviennent d'une part, de sources assez diverses, elles sont d'autre part, enlevées à l'eau par des procédés variés dont les deux plus importants sont: 1<sup>o</sup> les dégagements gazeux, 2<sup>o</sup> la dissolution et l'entraînement par les eaux de l'émissaire.

*Thermique.* — M. FOREL<sup>2</sup> a opéré pendant l'année 1900 quatre séries de sondages thermométriques devant Ouchy en mars, mai, août et novembre et a pu se convaincre que la chaleur estivale pénètre dans les couches supérieures de l'eau jusqu'à une profondeur de 50 m. en mars, 60 m. en mai, 80 m. en août et 100 m. en novembre. Au-dessous de 100 m. il subsiste toute l'année une nappe d'eau froide qui a une température de 5,1° à 5,8° et qui paraît être formée par l'accumulation au fond du lac des eaux littorales, surreffroidies pendant l'hiver.

En comparant ces résultats avec d'autres obtenus par différents auteurs qui ont opérés des sondages analogues sur divers lacs de Scandinavie, de Russie et d'Ecosse, M. FOREL<sup>3</sup> est arrivé aux déductions suivantes: l'amplitude de la variation thermique annuelle d'un lac est d'autant plus marquée que ce lac est situé plus près du pôle. D'autre part, les variations de température de l'eau, qui s'atténuent assez rapidement avec la profondeur, se font sentir d'autant plus loin de la surface que le lac est plus septentrional; tandis que dans le lac Léman elles ne sont plus sensibles au delà de 120 m. elles sont encore marquées dans le lac de Ladoga au-dessous de 220 m.

*Limnimétrie.* — M. S. DE PERROT<sup>4</sup> a collationné pendant l'année 1899 un nombre important de données concernant le

<sup>1</sup> F.-A. Forel. Les matières organiques dans les eaux du lac. *Bull. soc. vaud. des sc. nat.*, t. XXXVII, p. 479-481.

<sup>2</sup> F.-A. FOREL. La thermique du lac. C. R. des séances de la Soc. vaud. des sc. nat. *Archives Genève*, tome XI, p. 410, 411, 1901.

<sup>3</sup> F.-A. FOREL. Etude thermique des lacs du nord de l'Europe. *Archives Genève*, tome XII, p. 35-55, 1901.

<sup>4</sup> S. DE PERROT. Données hydrologiques dans le canton de Neuchâtel. *Bull. de la Soc. neuch. des sc. nat.*, tome XXVIII, p. 222-232.

**niveau relatif des lacs** de Neuchâtel, Bienné et Morat. Il ressort de ses observations que le niveau du lac de Bienné a été à 10 reprises plus élevé que celui du lac de Neuchâtel, soit 4 fois pendant des périodes de 5 jours consécutifs et 6 fois pendant des durées plus courtes. Le lac de Morat a été 5 fois à un niveau plus bas que le lac de Bienné et 1 fois, le 31 août, plus bas que celui de Neuchâtel.

De 1898 à 1899, le volume du lac de Bienné a diminué par suite d'un abaissement du niveau moyen de 5 cm., de près de 2 millions de m<sup>3</sup>, celui du lac de Neuchâtel a diminué de 2 159 000 m<sup>3</sup> par suite d'un abaissement du niveau moyen de 1 cm., celui du lac de Morat a augmenté de 547 200 m<sup>3</sup> par suite d'un exhaussement du niveau moyen de 2,4 cm.

M. de Perrot donne du reste une série de tableaux des variations du niveau des 3 lacs pendant l'année 1899 et des débits des principaux cours d'eau affluents du lac de Neuchâtel pendant la même période. Il termine son travail par un résumé des observations pluviométriques faites dans diverses stations du canton de Neuchâtel. Il résulte de l'ensemble de ces observations que l'année 1899 a présenté un déficit important dans la quantité de pluie tombée, que par suite le débit des cours d'eau a été relativement très faible et qu'en automne il s'est produit une forte disette d'eau dans la montagne.

M. E. SARASIN<sup>1</sup> a résumé les résultats des **observations limnimétriques** qu'il a faites pendant les années 1897-1900 sur le lac des Quatre-Cantons à l'aide de limnographes placés successivement à Lucerne, à Fluelen, à l'Obere Nase, à Küssnacht et à Stansstad. Il a pu constater que le lac ainsi étudié subit tout d'abord un mouvement pendulaire uninodal Fluelen-Lucerne, dont le nœud correspond avec le détroit des Nasen et dont la période est de 44'12"; ce mouvement est particulièrement net et régulier à Fluelen. Une 2<sup>e</sup> oscillation, binodale, a une période de 24'15" soit un peu plus longue que la moitié de celle de l'uninodale; elle est très marquée au détroit des Nasen ainsi qu'à Lucerne. Il se produit en outre entre Küssnacht et Stansstad un mouvement pendulaire transversal uninodal avec une période de 18'8" auquel s'ajoute parfois une oscillation binodale dont la durée est un peu plus longue que la moitié de celle de l'uninodale.

<sup>1</sup> ED. SARASIN. Les oscillations du lac des Quatre-Cantons. *Archives Genève*, tome XI, p. 161-171, 3 planches.

## GLACIERS ET AVALANCHES

*Glaciers.*

La commission des glaciers de la Société helvétique des Sciences naturelles, dont le rapport pour 1900 a été rédigé par M. le Prof. HAGENBACH-BISCHOFF<sup>1</sup>, a continué ses observations sur le glacier du Rhône. Il ressort de ce document que l'ablation a été spécialement intense sur toute la longueur du glacier pendant l'année 1899-1900. D'autre part, le ralentissement du mouvement de la glace de l'amont vers l'aval a été constaté d'une façon particulièrement nette. La marche des névés paraît se faire avec une vitesse très régulière, qui est de 94 m. par an pour le névé inférieur.

Le front du glacier a subi un recul moyen de 10,8 m. du 28 août 1899 au 25 août 1900; il s'est avancé comme pour les autres années pendant les mois d'hiver (décembre à mai) et a reculé pendant les 7 autres mois. La ligne frontale du glacier a du reste été considérablement modifiée par une avalanche de glace qui s'est détachée le 25 août 1900 du bord droit de la cascade du glacier et qui s'est amoncelée en avant du front à droite du Rhône.

La fusion superficielle de la neige a commencé tard au printemps 1900, mais a été ensuite rapide. Quant aux chutes de neige les observations ont démontré une fois de plus qu'elles sont notablement plus abondantes sur les névés supérieurs que sur les névés inférieurs.

Le rapport annuel sur les variations des glaciers des Alpes suisses pendant l'année 1900 a été rédigé par MM. FOREL, LUGEON et MURET<sup>2</sup>. M. Forel relève le fait que, tandis que l'ensemble des glaciers d'un massif est en pleine décrue, un d'entre eux peut marquer une crue petite et courte pendant 1 ou 2 ans. Ces crues de faible amplitude peuvent s'expliquer ou bien par l'influence d'un ou deux été froids et humides sur un glacier en état d'équilibre approximatif, ou bien par le fait qu'une crue de glacier a été brusquement interrompue par un été particulièrement chaud.

Dans le même rapport nous trouvons de nombreuses données recueillies par M. LUGEON sur l'enneigement en 1900

<sup>1</sup> HAGENBACH-BISCHOFF. *Bericht der Gletscherkommission für das Jahr 1900-1901.* Verh. der Schweiz. naturf. Gesells. 1901, p. 277.

<sup>2</sup> F.-A. FOREL, M. LUGEON et E. MURET. Les variations périodiques des glaciers des Alpes. *Annuaire du S. A. C.*, XXXVI<sup>e</sup> année, 1901.

comparé à celui des années précédentes. Tout autour du Massif du Mont-Blanc, la limite des neiges a subi en 1900 un recul très marqué; dans les Alpes valaisannes il y a eu désenneigement général au-dessous de 4000 m., tandis que dans les altitudes supérieures la couche de neige paraît au contraire avoir augmenté d'épaisseur. Dans les Alpes vaudoises et bernoises les névés ont diminué dans des proportions considérables; il en est de même plus à l'E dans le massif du Sentis. En somme la limite des névés qui est en moyenne en Suisse à 2700 m. s'est considérablement élevée et se trouve actuellement dans le massif du Mont Blanc et les Alpes valaisannes entre 3100 et 3300 m. La couche de neige dans les régions élevées a presque partout diminué beaucoup d'épaisseur; il faut donc s'attendre à un recul prononcé des glaciers pendant les années qui vont venir.

L'étude des variations de longueur des glaciers, dont les résultats ont été collationnés par MM. FOREL et LUGEON, ont porté pour 1900 sur 82 glaciers. Dans les Alpes valaisannes sur 30 glaciers observés, 25 sont en décrue certaine, 2 en décrue probable, 2 en crue probable et 1 seul en crue certaine (le glacier de Boveyre). Dans les Alpes vaudoises les 7 glaciers observés sont tous en décrue; dans les Alpes bernoises, sur 12 glaciers observés, 2 seulement paraissent marquer une crue, ceux de Stein et du Grindelwald supérieur, tandis que plusieurs autres ont beaucoup diminué d'épaisseur. Les 8 glaciers du bassin de la Reuss observés sont tous en décrue; il en est de même des 14 glaciers étudiés dans le bassin du Rhin, des 4 glaciers observés dans le bassin de l'Inn et des 2 glaciers observés dans le bassin de l'Adda. Dans le bassin du Tessin sur 5 glaciers observés, 2, ceux de Brexiana et de Muccia paraissent être en légère crue.

En résumé sur 82 glaciers, 1 seul, celui de Boveyre a marqué une crue certaine, il s'est allongé de 113 m. depuis 1892.

Les glaciers de Lötschen, de Zanfleuron et de Stein qui paraissent presque stationnaires, étaient en 1899 en crue certaine. Ces derniers exceptés, la phase de recul non seulement se continue mais s'accentue chaque année.

Les mêmes résultats sont publiés d'autre part dans le Rapport sur les variations périodiques des glaciers rédigé par MM. FINSTERWALDER et MURET<sup>1</sup> au nom de la Commission internationale des glaciers.

<sup>1</sup> S. FINSTERWALDER et E. MURET. Les variations périodiques des glaciers. VI<sup>e</sup> Rapport 1900, rédigé au nom de la Com. intern. des glaciers. *Archives Genève*, 1901, tome XII, p. 56-69 et 118-131.

M. FOREL<sup>1</sup> a constaté que, à mesure que le glacier du Rhône se retire, la cascade qu'il forme s'incline davantage et la couche de glace y diminue d'épaisseur. Le 21 juillet 1900, il s'est formé sur le côté droit de la cataracte une fenêtre mettant à découvert le torrent sous-glaciaire qui du reste a pris dès le commencement d'août un autre cours. Le 25 août la bande de glace qui séparait cette fenêtre de la rive droite du glacier s'est effondrée en une vaste avalanche et il s'est formé ainsi une large échancrure dans la glace de 100 m. de longueur sur 130 de largeur.

### *Avalanches.*

M. F.-W. SPRECHER<sup>2</sup> a réuni dans un intéressant article les observations qu'il a pu faire pendant de longues années sur les **avalanches dans le val Tamina**. Il a reconnu sur les flancs de cette vallée de Pfäfers au glacier de Sardona 90 couloirs d'avalanches principaux.

Le couloir de la Vidameida aboutit dans la vallée près du village de Vättis ; ses nombreuses ramifications se continuent au-dessus de la zone des forêts sur le flanc occidental du sommet le plus élevé du Calanda, et aboutissent à des sortes de vallons très inclinés où la neige s'accumule en hiver et d'où elle part pour s'élancer dans la vallée ; ce sont les bassins de réception ou les cirques de détachement (Abrissgebiete) multiples des avalanches qui convergent toutes vers le même canal d'écoulement final. Le couloir de chute varie dans sa pente et dans sa forme suivant la nature plus ou moins dure du terrain, ainsi l'inclinaison est moins forte sur le Lias, le Dogger, les schistes de Balfries, le Néocomien, le Gault, tandis que les calcaires du Malm, de l'Urgonien et des couches de Seewen forment des à-pic surmontés généralement par une terrasse étroite. Ces inégalités influent fortement sur la marche des avalanches sèches et pulvérulentes de l'hiver qui, réduites en partie en poussière et arrêtées d'autre part sur les terrasses ou dans les entonnoirs, ne descendent généralement pas dans la vallée, mais nivellent les irrégularités de l'inclinaison et préparent ainsi le chemin aux avalanches postérieures. Celles-ci peuvent donc descendre toujours plus bas et atteindre finalement la base du couloir

<sup>1</sup> F.-A. FOREL. Sur le glacier du Rhône. C. R. des Séances de la Soc. vaud. des sc. nat. *Archives Genève*, tome XI, p. 209.

<sup>2</sup> F.-W. SPRECHER. *Grundlawinenstudien. Jahrb. des Schweiz. Alpen-clubs*, tome XXXV (1899-1900), p. 268-292.

où elles forment un grand cône à pourtour circulaire dont la pente peut atteindre 40° à 45°. Mais les grandes avalanches ne se contentent pas d'arriver au pied des pentes abruptes, elles s'engagent encore fort avant dans un ravin creusé plus bas par un torrent, dont les eaux suivent en été les mêmes couloirs que parcourent les avalanches au printemps.

A propos de la Vidameida, M. Sprecher donne une série d'indications précises sur la marche des avalanches de fond (*Grundlawinen*), sur l'influence des inégalités du sol, sur la rapidité accélérée des couches supérieures de la neige qui glissent sur les couches inférieures, sur la formation des boules de neige qui roulent souvent en quantité considérable devant le front de l'avalanche, etc....

Après avoir fait une description sommaire d'une série de couloirs d'avalanche de la même vallée, l'auteur examine un type d'avalanche qui est intermédiaire entre les avalanches pulvérulentes de la neige d'hiver et les avalanches de fond lourdes et formées de neige plus ou moins fondante. Ce phénomène, auquel il donne le nom de *Grund-Staublawine*, se produit lors des chutes prolongées de neige floconneuse. Les amoncellements de neige fraîche formés parfois en quelques heures glissent sur les fortes pentes; au début, grâce au mouvement relativement lent, elles se comportent comme des avalanches de fond puis, la marche s'accélérant, des particules toujours plus nombreuses de neige sont arrachées à la surface par la résistance de l'air et il se forme un nuage de neige qui s'engouffre vers la plaine, mais une grande partie de l'avalanche reste en paquet et, forme, comme dans les avalanches de fond, les boules de neige caractéristiques. La marche est ici beaucoup plus rapide que dans les avalanches pulvérulentes proprement dites.

Les principales conclusions que M. Sprecher tire de ses observations sont les suivantes:

1<sup>o</sup> Plus le bassin d'alimentation des avalanches est découpé et irrégulier, plus les chutes sont fréquentes et moins elles sont volumineuses.

2<sup>o</sup> Une avalanche emploie une partie de sa masse à se frayer son propre chemin en comblant les dépressions qui le coupent, et nombre de petites avalanches s'arrêtent avant d'avoir atteint le bas des pentes, parce que toute leur masse a été absorbée par ce travail.

3<sup>o</sup> Une avalanche prépare en outre la voie à celles qui suivront le même chemin pendant la même saison.

M. F.-A. FOREL<sup>1</sup> a eu l'occasion d'étudier l'**avalanche du glacier du Rossboden** (Fletschhorn), survenu le 19 mars 1901 à 6 h. 30 du matin, qui a été causé par la chute d'une masse de rochers des parois du Fletschhorn sur le glacier de Rossboden. L'avalanche de pierres, passant sur le glacier a entraîné avec elle neige, seracs et moraines en quantité énorme et le tout s'est jeté sur la vallée du Krummbach qu'il a recouverte jusque près de Simpeln. La hauteur de chute est de 2300 m., la longueur de l'éboulement de 7 km., la superficie de 2,3 km<sup>2</sup> et le volume de 2,5 à 3 millions de m<sup>3</sup>. L'éboulement de glacier doit être attribué à une chute de rocher, parce que les éboulements de glaciers spontanés sont des phénomènes à répétition et qu'aucun fait semblable à celui qui s'est produit en 1901 n'est signalé dans les annales de la région.

M. SCHARDT<sup>2</sup> considère l'explication donnée par M. Forel comme probable mais non pas comme absolument démontrée, personne n'ayant pu relever jusqu'ici (1901) d'une façon précise une niche d'arrachement dans le rocher sousjacent au glacier. Il donne des détails sur le chemin parcouru par l'avalanche qui a subi plusieurs changements de direction. Après avoir suivi la cataracte du glacier, l'avalanche s'est heurtée contre la moraine latérale, elle a débordé par dessus se répandant sur le pâturage de Griseren, puis s'est engagée dans un couloir étroit pour s'étaler plus bas dans le pâturage de Rossboden. Cette avalanche est d'autre part caractérisée par le faible bruit et le courant d'air relativement peu détructeur qui l'ont accompagnée.

### TOURBIÈRES

Nous devons à M. E. NEUWEILER<sup>3</sup> une importante monographie des **tourbières de la Suisse**, qui ont été étudiées par l'auteur au point de vue de la composition botanique de la tourbe, des relations entre le combustible et le sous-sol, et des divers types de structure. Ce travail traite successivement des tourbières du plateau mollassique, spécialement dans les cantons de Zurich, Thurgovie et Lucerne, des Préalpes de

<sup>1</sup> F.-A. FOREL. L'éboulement du Fletschhorn. C. R. des séances de la section de géologie de la Soc. Helv. des sc. nat., *Ecl. geol. Helv.*, p. 147, vol. VII, 2 et *Archives*, tome XII.

<sup>2</sup> H. SCHARDT. L'éboulement du Fletschhorn, *ibid.*

<sup>3</sup> E. NEUWEILER. Beiträge zur Kenntniss der Schweizerischen Torfmoore. — *Vierteljahrsschr. der naturf. Gesell. Zürich*, 1901.

Schwyz et de Zug, du Jura bernois et neuchâtelois et des Hautes Alpes grisonnes.

La dépression de Krutzelried au N de Schwerzenbach (canton de Zurich) est occupée par une petite tourbière qui repose sur l'argile glaciaire. La couche charbonneuse, très mince sur les bords, s'épaissit progressivement vers l'intérieur : à 45 m. du bord l'auteur a relevé la coupe suivante de bas en haut :

- 1<sup>o</sup> Tourbe compacte (Lebertorf 90 cm.).
- 2<sup>o</sup> Tourbe formée de débris accumulés par les eaux (Schwemmtorf 20 cm.).
- 3<sup>o</sup> Tourbe fibreuse (10 à 15 cm.).
- 4<sup>o</sup> Tourbe mousseuse (50 à 100 cm.).

La tourbe compacte de la base est séparée des formations sous-jacentes par une couche sableuse qui renferme de nombreux débris végétaux et en particulier beaucoup de graines de *Potamogeton*; elle est brun-rougeâtre à sa partie inférieure et devient noirâtre au-dessus. L'étude des restes végétaux qui y sont inclus a montré que le pin était prédominant au moment de sa formation, les bouleaux étaient moins abondants, le platane, le tilleul, le noisetier prospéraient; quand au chêne il est devenu de plus en plus répandu et a fini par constituer la principale essence. D'autre part, la présence dans la tourbe de débris de plantes de marais indique que la localité était couverte d'une faible couche d'eau.

La tourbe d'alluvion est formée par une accumulation de débris d'écorces, de branchages, de feuilles et de graines parmi lesquels prédominent les restes de chêne et de plantes de marais; le *Potamogeton fragilis* ne s'y trouve plus. La couleur de cette couche varie du noir au brun rougeâtre.

La tourbe fibreuse est constituée exclusivement par l'*Eriophorum vaginatum*, ce qui indique l'établissement de tourbières profondes sans forêts. La tourbe mousseuse est une tourbe fibreuse, brune-jaunâtre, formée à la base surtout de sphaignes auxquels se mêlent quelques *Hypnum*, tandis qu'à la partie supérieure les *Hypnum* deviennent de plus en plus nombreux; il s'y ajoute une proportion de plus en plus importante de Graminées et de Cyperacées.

Il résulte de ces observations que, au début de la formation de la tourbe c'étaient le pin et le bouleau qui jouaient le rôle prépondérant; puis les pins ont cédé la place aux chênes qui ont prédominé à leur tour, tandis que les noisetiers, les tilleuls, les platanes se développaient plus modestement. Les

arbres divers, dont les restes sont contenus dans la tourbe ont certainement vécu sur place ou sur les moraines avoisinantes; le marais primitif a été transformé d'abord en une tourbière à *Eriophorum* puis en une tourbière à sphaignes et enfin en une tourbière à Graminées.

Les tourbières d'Egelsee près de Niederwyl (Thurgovie) occupent l'emplacement d'un ancien lac et sont superposées à de la craie lacustre surmontant des dépôts glaciaires: La tourbe débute à la base par une couche compacte formée en grande partie d'algues (Diatomées et Desmidiacées) et ne renfermant en fait de restes de végétaux arborescents que des graines et des grains de pollen. Au-dessus repose une couche de tourbe mousseuse qui renferme de l'eau en abondance et est formée essentiellement par des *Hypnum*.

Dans les environs de Hirzel entre le lac de Zurich et la vallée de la Linth, le sol est couvert par une couche en général peu épaisse de tourbe, qui est constituée presque exclusivement par des mousses avec prédominance des *Hypnum* à la base, des *Sphagnum* à la partie supérieure. A l'W du Mauensee (canton de Lucerne), entre ce lac et le village de Schötz une vaste tourbière s'est formée dans le bassin d'un ancien lac tapissé de craie lacustre et d'argile. La tourbe y présente une structure uniforme; elle est herbeuse brune et friable et se compose d'un mélange de mousses, de Graminées et de Cypéracées. Les tourbières du Hudelmoos entre Zielschlacht et Hagenwyl, vers la frontière des cantons de Thurgovie et de Saint-Gall, sont situées sur un plateau boisé. La couche de combustible, épaisse de 1 à 3 m., repose sur une argile glaciaire sablonneuse et renferme à sa base une forte proportion d'éléments inorganiques; elle est formée essentiellement par des graminées et des mousses, mais renferme d'abondants débris de plantes arborescentes provenant des bois voisins. A peu près les mêmes conditions se retrouvent dans les tourbières du Heldwilermoos entre Heldswyl et Hohentannen (canton de Thurgovie). Le Weinmoos entre Ried et Sulgen (canton de Thurgovie) occupe au contraire un ancien bassin lacustre; la tourbe y repose sur du calcaire d'eau douce et renferme dans sa partie inférieure des débris d'algues et de mollusques lacustres; la couche de combustible est formée en grande partie par une tourbe herbeuse dont les éléments essentiels sont les Graminées et les Cyperacées.

Dans les pâturages de Geissboden au SE de Zug et à une altitude de 930 m. existent sur des moraines sablonneuses des tourbières peu étendues, dont la couche charbonneuse est

constituée par des Graminées et des Cyperacées, mais renferme dans certaines zones d'abondants éléments ligneux.

La haute vallée de la Biber, entre Rothenthurm et Altmatt (canton de Schwyz), est occupée par des tourbières très étendues couvertes par places et bordées par des bois de sapin. Ce sont les *Hypnum* qui prédominent à la base, tandis qu'une couche moyenne est caractérisée par l'abondance des *Carex* et que la partie supérieure est formée presque exclusivement de *Sphagnum* et d'*Eriophorum*. Sur le plateau d'Einsiedeln (880-920 m.) où les tourbières prennent aussi une grande extension, la couche de combustible, qui repose sur des argiles ou des cailloutis glaciaires, débute à la base par une zone de tourbe d'alluvion ; ensuite vient une épaisseur importante de tourbe herbeuse dont les principaux éléments sont des *Carex*, des *Eriophorum*, diverses Graminées et des Renoncules et qui renferme d'assez abondants débris ligneux ; enfin la partie superficielle est un Hochmoor typique avec prédominance des sphaignes.

Dans le Jura M. Neuweiler a étudié spécialement les environs de Tramelan et la vallée des Ponts. A 3 kilomètres au N de Tramelan existent de vastes tourbières couvertes en partie par un bois clairsemé de pins. La couche de tourbe, dont on n'a jamais encore atteint le fond, paraît être très épaisse ; elle se compose en grande partie de tourbe fibreuse brune, surmontée par une zone peu épaisse de couleur plus foncée et très riche en débris ligneux ; dans la couche fibreuse on distingue un niveau inférieur à Sphaignes, un niveau moyen à *Eriophorum* et un niveau supérieur à Sphaignes. Les tourbières qui couvrent le fond de la vallée des Ponts, offrent une couche de combustible de 4 à 6 m. d'épaisseur, qui repose sur la moraine de fond du glacier local avec rares matériaux du glacier du Rhône ; ce sont les *Carex*, auxquels se mêlent de nombreux débris de légumineuses, qui prédominent à la base, tandis que les *Sphagnum* et les *Eriophorum* forment le principal élément de la partie moyenne et que les *Sphagnum* forment presque seuls la partie supérieure.

Dans les Hautes Alpes les tourbières sont aussi fréquentes, l'auteur en a étudié 2 cas distincts situés à plus de 2000 m. d'altitude et qui sont caractérisés tous deux par la prédominance très marquée des *Carex*.

Les nombreuses observations de M. Neuweiler lui ont permis d'établir les faits suivants : Les formations sous-jacentes de la tourbe sont variées, ce sont tantôt des argiles ou des cailloutis glaciaires, tantôt de la craie lacustre, tan-

tôt des argiles et des marnes à coquillages. Le passage de ces couches à la tourbe est plus souvent progressif ; il peut aussi être subit ; la zone inférieure de la tourbe est par conséquent souvent très mélangée d'éléments inorganiques. La nature chimique des formations sous-jacentes influe fortement sur la composition botanique de la base de la tourbe ; sur les sols calcaires ce sont les *Carex* qui se développent d'abord, tandis que les sphaignes ne s'établissent que sur les sols pauvres en carbonate de chaux ; aussi les tourbes à sphaignes n'existent-elles ni sur les fonds d'anciens lacs tapissés de craie, ni sur les points où le sol est imprégné d'eau d'infiltration calcaire. Par contre les formations glaciaires argileuses ou sablonneuses renferment toujours suffisamment de carbonate de chaux pour permettre le développement des *Carex* et l'on peut considérer comme la règle que ceux-ci forment la base de la couche de tourbe, même-là où les sphaignes deviennent plus tard les éléments essentiels des couches supérieures. Du reste il est rare que la tourbe présente dans toute son épaisseur la même composition ; après une zone inférieure, où prédominent en général les *Carex* ou les *Hypnum*, vient dans la règle une zone moyenne riche en *Eriophorum* et en sphaignes, qui supporte une couche superficielle dont l'élément principal habituel est le *Sphagnum*. Mais cet ordre de superposition n'est nullement constant, les tourbières de la Suisse ne présentent pas la succession régulière de niveaux à flore déterminée et l'auteur explique le fait en admettant que beaucoup d'entre elles se sont formées dans des eaux stagnantes.

A propos de la tourbe compacte (Lebertorf) qui se distingue de la tourbe proprement dite fibreuse par sa structure, par sa couleur grise-brunâtre et par les nombreux débris organiques et inorganiques qu'elle renferme, M. Neuweiler croit devoir, avec M. Früh, attribuer sa formation à la décomposition partielle de petits crustacés, d'animaux inférieurs et d'algues. Il se mêle du reste souvent à ces éléments essentiels des débris ligneux qui, s'ils deviennent abondants, donnent à la tourbe une teinte plus foncée.

#### EBOULEMENTS

M. SCHARDT<sup>1</sup> attribue les mouvements qui se sont produits le 5 février 1901 au **Rocher de la Clusette** près Noirraigüe à

<sup>1</sup> H. SCHARDT. Les mouvements du Rocher de la Clusette. C. R. des séances de la Soc. neuch. des sc. nat. *Archives*, tome XII, p. 183.

un tassement de la dalle nacrée et de l'Argovien, qui reposent sur les marnes hydrauliques du Bathonien en exploitation. Ces mouvements ont été accompagnés d'une fissuration intense des roches et le seul moyen d'éviter un éboulement qui serait une catastrophe, serait l'ablation de la partie disloquée en surcharge.

M. A. GREMAUD<sup>1</sup> a fait à la Société fribourgeoise des Sciences une communication préliminaire dans laquelle il expose les principes qui lui serviront de base pour l'étude qu'il vient d'entreprendre sur les **mouvements de terrain** (éboulements, glissements, effondrements) qui se sont produits à une époque récente en Suisse.

### *Actions et agents internes.*

#### TREMBLEMENTS DE TERRE.

D'après le **rapport annuel** de M. J. FRÜH<sup>2</sup> sur les tremblements de terre en Suisse, l'année 1899 a été caractérisée par le peu d'importance qu'y ont pris les phénomènes sismiques. L'on n'a en effet enregistré que 6 secousses qui se répartissent comme suit :

1<sup>o</sup> Le 9 février, à 3 h. 55 m. du matin, 3 chocs successifs ont été ressentis à Martigny, Saxon, Liddes, Bourg Saint-Pierre et les Vallettes.

2<sup>o</sup> Le 14 février à 4 h. 56 m. après-midi, une personne a perçu à Niederschöntal près Liestal une ondulation dirigée NE-SW qui paraît être un contre coup d'un tremblement de terre violent ressenti au même moment dans le Kaiserstuhl.

3<sup>o</sup> Un ébranlement léger a été constaté le 3 juillet à minuit 15 m. dans une région circonscrite par Unter-Hallau, Dozwil, Aathal près d'Uster et Zurich, et présentant la forme d'une ellipse allongée du SSE au NNW.

4<sup>o</sup> Le 13 septembre à minuit 25 m. un séisme local s'est produit à Grandson et Champagne.

5<sup>o</sup> Le 26 septembre à 3 h. du matin, une oscillation assez forte accompagnée de grondements a été constatée à Leysin.

6<sup>o</sup> Le 7 novembre à 1 h. 10 après-midi, un tremblement

<sup>1</sup> A. GREMAUD. Les mouvements de terrain. *Bull. Soc. frib. des sc. nat.*, vol. IX, p. 47.

<sup>2</sup> J. FRÜH. Die Erdbeben der Schweiz im Jahre 1899. *Annal. der schweiz. meteorol. Centralanstalt*. Jahrg. 1899.