

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 9 (1906-1907)
Heft: 5

Artikel: Ile partie, Géophysique
Autor: [s.n.]
Kapitel: Actions et agents externes
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-156605>

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: 11.02.2026

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

II^e PARTIE — GÉOPHYSIQUE*Actions et agents externes.*

EROSION ET CORROSION

M. E. CHAIX (28), frappé du manque d'uniformité qui existe dans la terminologie concernant les phénomènes de l'érosion suivant les pays et les auteurs et de la difficulté qu'on a souvent à comprendre une forme, si on ne l'a pas vue directement ou indirectement par l'intermédiaire d'une bonne figure, voudrait susciter la publication d'un **atlas international de l'érosion**, basé sur un accord concernant une classification des phénomènes, les types normaux pour chaque classe et une nomenclature parallèle en diverses langues. Il propose un premier essai de classification des phénomènes de l'érosion et discute les questions des types normaux et de la nomenclature. Dans son idée, chaque figure de l'atlas projeté devrait être accompagnée de son explication complète et de l'indication des termes correspondants dans les diverses langues. L'édition photographique pourrait être doublée d'une édition diapositive sur verre.

M. ARN. HEIM (40) a entrepris d'étudier, en se basant plus particulièrement sur la carte du Sântis et les profils à travers cette chaîne publiés récemment par son père (*Beiträge zur geol. Karte, Lief. 16*), les rapports existant entre l'*intensité du plissement et celle de l'érosion*. Il établit pour cela les notions suivantes.

Sous le nom de *masse de plissement* l'auteur désigne le volume total compris entre un niveau de base déterminé et la surface d'une couche, celle du Gault dans le cas particulier; en déterminant ce volume suivant les plans de certains profils on obtient d'abord des *surfaces de plissement* et en divisant ces surfaces calculées en hectares par la longueur du niveau de base du profil (ici 1000 m.) on obtient le *niveau de plissement*, qui n'est autre chose que l'altitude moyenne au-dessus du niveau de base de la couche considérée.

La *surface de profil topographique* indique les dimensions du plan vertical délimité par le niveau de base et la ligne de surface et l'on obtient l'altitude moyenne du profil en divisant cette valeur par la longueur de la ligne de base.

La valeur de l'érosion peut être calculée en fixant d'une part la quantité de matières enlevées au-dessous de la couche servant de repère, de l'autre le volume total des formations plus jeunes qui subsistent au-dessus de cette même couche.

Quant au rapport existant entre la surface topographique et les dimensions du plan horizontal sur lequel elle se projette, il est évident qu'il variera dans des proportions considérables suivant que le relevé du détail du relief sera poussé plus ou moins loin et cela rend la comparaison presque impossible entre des chiffres obtenus par différents auteurs pour des régions diverses.

Enfin l'intensité du ridement peut être calculée d'une façon absolue en soustrayant la largeur d'une couche plissée de la largeur qu'elle prendrait étant développée, ou bien d'une façon relative, en divisant la seconde valeur par la première; et l'on comprendra facilement que les chiffres ainsi obtenus pour divers profils par ces 2 méthodes pourront varier d'une façon indépendante.

En appliquant ces principes de mensuration au Säntis, M. Heim a clairement montré que toutes les valeurs qui se rapportent à l'intensité de l'effort tangentiel, masses de plissement, niveau de plissement, degré du ridement, sont les plus fortes suivant un profil passant par la région médiane de la chaîne et coupant les sommets de l'Altmann et du Säntis, tandis qu'elles diminuent de là soit vers l'Est, soit vers l'W. C'est suivant à peu près la même ligne transversale qu'on rencontre le profil à altitude moyenne la plus forte. Quant à l'importance de l'érosion elle atteint son maximum dans la partie occidentale du massif vers l'extrémité W du Schafberg. Comme de juste la dénudation est beaucoup plus forte sur les anticlinaux que dans les synclinaux et pour les premiers sa valeur croit en proportion de l'élévation des plis; c'est ainsi que l'anticlinal III est le plus profondément entamé, puis l'anticlinal I.

M. H. SCHARDT (48) s'est occupé spécialement de l'érosion souterraine qu'effectuent les eaux d'infiltration, lorsqu'elles traversent des milieux solubles, plus particulièrement le sulfate de chaux et le carbonate de chaux. Après avoir rappelé que les eaux sortant dans le tunnel du Simplon enlèvent annuellement à la montagne plus de 10 000 m³ de sulfate de chaux, il décrit le cas de la source du Mehlbach qui sort au pied de l'Arvigrat (Unterwald). Ici il est facile de démontrer non seulement l'importance du phénomène de dissolution,

mais aussi la rapidité avec laquelle il s'opère; en effet sur un parcours souterrain dans du gypse qui correspond à une distance de 800 m. et qui s'effectue en une demi-heure à 2 heures, les eaux, antérieurement très peu gypseuses, se saturent en sulfate de chaux et se chargent des impuretés mêlées au gypse jusqu'à devenir laiteuses. On peut calculer que le Mehlbach enlève annuellement environ 3700 m³ de gypse et de limon à la montagne.

Les quantités de carbonate de chaux enlevées annuellement par les sources dans les régions calcaires sont considérables aussi. Ainsi 3 grandes sources du Jura neuchâtelois, celles de l'Areuse, de la Serrière et de la Noiraigue, dont la dureté est de 20°, enlèvent respectivement par an 9628 m³, 6015 m³ et 3609 m³.

M. Schardt développe en terminant quelques propositions concernant la régularisation par des travaux d'art du débit de certaines sources vaclusiennes.

M. P. EGLI (31) a traité à un point de vue un peu différent un sujet analogue lorsqu'il a décrit la **grotte du Höll-Loch** dans le Muottathal.

Après avoir fait ressortir la localisation très nette des grandes grottes dans les régions où les formations calcaires prennent une extension importante, telles que le Jura et les Alpes calcaires, l'auteur donne en détail les résultats des nombreuses explorations qu'il a pratiquées dans le Höll-Loch. Celui-ci a la forme d'un long boyau étroit, qui comprend des galeries inclinées, séparées les unes des autres soit par des paliers abrupts, soit par des coudes brusques, et duquel partent en grand nombre des fissures, des cheminées, des conduits latéraux, etc.... Tandis que la section de la galerie a en général entre 2 et 4 m. de diamètre, elle s'élargit par places de façon à donner naissance à des salles (Rittersaal, Aquarium, Keller, etc....); elle est le plus souvent ogivale, rarement rectangulaire. Le plancher montre à divers endroits une surface corrodée et attaquée par l'érosion tourbillonnaire; ailleurs il est couvert par des amas de graviers provenant exclusivement des roches encaissantes et qui sont parfois cimentés. Les dépôts stalagmitiques sont en somme peu abondants; sur un point l'auteur a trouvé des cristaux de gypse dans une couche argileuse.

La grotte coupe successivement le Schrattenkalk, les grès verts du Gault et le Seewerkalk de la région occidentale du massif de Silber, et sa formation provient évidemment de la

présence au travers de ces couches de grandes fissures de dislocation, qui ont été aggrandies progressivement par les eaux d'infiltration. Des sources débouchent encore actuellement dans la galerie, dont la plus importante a un débit moyen de 150 litres-minute. Le réseau des veines d'eau paraît être assez compliqué et comporte plusieurs systèmes indépendants. La galerie est d'autre part le siège d'un courant d'air constant dirigé tantôt dans un sens tantôt dans l'autre suivant les conditions extérieures de la température; aussi la température à l'intérieur oscille-t-elle dans des limites étendues (-0.5 à $+8^{\circ}$).

Comme annexe à sa description M. Egli donne une liste alphabétique de toutes les grottes dont il connaît l'existence, avec l'indication de la bibliographie se rapportant à chacune d'elles.

M. E. UETRECHT (52) a effectué, d'avril 1904 à mars 1905, une étude du Rhône à la Porte-du-Scex, destinée à déterminer avant tout la quantité de matériaux transportés par le fleuve pendant une année. Dans son rapport il commence par donner un aperçu des caractères spéciaux du bassin d'alimentation du Rhône, en faisant ressortir sa diversité et en insistant particulièrement sur les relations existant entre la vallée principale et les vallées latérales. Il donne à ce propos un tableau des inclinaisons des divers tronçons de la vallée principale du glacier du Rhône au Bouveret et un tableau de la surface des bassins d'alimentation des différents affluents. Il fait ressortir le rôle prédominant que jouent dans l'alimentation du Rhône les torrents glaciaires et les eaux de fusion des neiges. Quant à la constitution géologique et lithologique du sol, le bassin du Rhône comprend d'une part les Alpes cristallines du Valais, de l'autre les Hautes-Alpes calcaires bernoises et vaudoises; les divers éléments lithologiques occupent respectivement les surfaces suivantes :

Roches granitiques et schistes cristallins	3893.7 km ² ,	74.54 %
Roches sédimentaires	1062.5 »	20.35 %
Terrains d'alluvion	263.9 »	5.05 %

Des 5220 km² que comprend le bassin d'alimentation 2408 correspondent à des niveaux inférieurs à 2100 m. et 721 à des niveaux supérieurs à 3000 m. soit à la limite des neiges persistantes. Quant aux conditions de végétation et de couverture du sol 932 km² (17.9 %) sont occupés par les

glaciers et névés, 829 km² sont occupés par des bois, 1343 km² correspondent à des sols rocheux ou à des éboulis.

La quantité annuelle des précipitations atmosphériques dans le bassin du Rhône peut être évaluée approximativement à 5.64 km³, chiffre probablement trop faible, mais il faut remarquer que, tandis que la vallée du Rhône même est remarquablement sèche, la quantité des précipitations augmente très rapidement avec l'altitude.

Le travail de M. Uetrecht a comporté d'une part des prises d'eau journalières et la détermination des quantités de matières transportées en solution et en suspension, d'autre part la fixation pour chaque jour de la quantité d'eau passant à la Porte-du-Scex. Cette deuxième opération a pu être effectuée avec une exactitude très satisfaisante grâce aux installations faites en cet endroit par le Bureau hydrométrique. Le débit du Rhône pendant l'année 1904-1905, obtenu de cette façon, paraît être absolument normal; d'autre part aucun accident ou aucun travail effectué sur le cours du fleuve en amont n'a pu influencer d'une façon importante sur la quantité des troubles transportés. Par contre il faut remarquer que les prises d'eau ont été faites à 3 h. de l'après-midi soit à un moment où, d'après l'expérience, le transport des matériaux en suspension paraît être minimum.

Vient ici le tableau des observations journalières que je résume en un tableau des données mensuelles :

Mois	Débit moyen en m ³ par seconde	Débit mensuel total en m ³	Matières dissoutes en grammes par litre	Matières en suspension en grammes par litre	Quantité totale de matière transportée en kg.	Température de l'eau en 0°C
Avril . . .	149.30	386 467 200	0.253	0.182	181 868 277	9.71
Mai	314.29	841 795 200	0.177	0.394	610 320 437	10.84
Juin	520.17	1 348 272 000	0.128	0.580	997 991 885	10.16
Juillet . .	491.55	1 316 563 200	0.123	0.690	1 108 409 840	11.29
Août . . .	378.13	1 012 780 800	0.106	0.523	740 576 222	9.57
Sept. . . .	181.00	469 152 000	0.178	0.139	155 656 512	8.82
Octobre . .	82.06	219 804 600	0.255	0.081	72 278 354	8.43
Nov. . . .	44.57	115 516 800	0.294	0.016	35 538 806	7.33
Déc. . . .	36.97	99 014 400	0.331	0.021	34 781 702	— 0.23 ?
Janvier . .	35.55	95 212 800	0.346	0.036	36 778 070	— 0.23 ?
Février . .	24.89	60 220 800	0.383	0.019	24 194 849	1.88
Mars . . .	32.87	88 041 600	0.374	0.058	40 617 676	6.35
TOTAL	—	6 052 838 400	—	—	4 039 012 330	—

Ces résultats montrent clairement comment à mesure que le débit augmente les eaux se troublent davantage, tandis que leur teneur en matières dissoutes diminue au contraire par dilution. Il en résulte que, tandis que la quantité des matières transportées en suspension est 836 fois plus forte en juillet qu'en février, les matières en solution transportées ne sont que 7 fois plus fortes en juillet qu'en février, et cela malgré que le débit du fleuve est 22 fois plus abondant. Il faut remarquer qu'à débit égal les eaux sont plus chargées, soit en troubles, soit en matières dissoutes au printemps qu'en automne, et que d'autre part l'augmentation de la quantité des matières en suspension, qui est très rapide pendant la première phase d'une crue, cesse souvent avant l'apogée de la crue et est même remplacée par une diminution.

Le chiffre obtenu pour le débit total du Rhône d'avril 1904 à mars 1905, soit 6 052 838 400 m³, paraît fort, ce qui s'explique d'une part par une ablation particulièrement importante des glaciers pendant l'été 1905, de l'autre par le fait que la quantité des précipitations atmosphériques tombant sur les régions élevées du Valais doit être notablement plus forte qu'on ne l'a admis. La quantité de matières solides enlevées annuellement dans le bassin du Rhône correspond à la suppression d'une couche de 0.288 mm. d'épaisseur.

M. Uetrecht, dans son chapitre final, établit des comparaisons intéressantes entre ses résultats et d'autres travaux analogues, plus particulièrement l'étude faite par M. Baëff des eaux de l'Arve. Il donne en outre quelques renseignements chimiques sur les éléments en solution dans l'eau du Rhône et sur ceux qu'on trouve dans les eaux et les vases du lac d'Oeschinen.

M. E. BRÜCKNER (26) a, de son côté, collationné les observations faites sur les transports effectués par les cours d'eau. Au lac d'Oeschinen, où les expériences poursuivies depuis plusieurs années ont été continuées en 1904, on a constaté un dépôt sur le fond d'une couche de vase de 10-11 mm. entre le 23 mai et le 28 octobre.

M. Brückner donne ensuite un court aperçu du travail précité sur le Rhône, auquel il s'est lui-même intéressé.

Enfin il convient de citer ici brièvement une notice de M. J. FRÜH (38) qui traite à un point de vue, plutôt géographique que géologique, des obstacles qu'offre la surface du sol à la circulation et des **ponts naturels** qui permettent de les

franchir. Il distingue d'abord les zones de terrain mou (tourbières, marais) à travers lesquelles les passages ont presque toujours dû être édifiés artificiellement.

Les eaux courantes ont créé de grandes coupures linéaires plus ou moins profondes, et celles-ci ont été par places interrompues par des remblais récents, qui peuvent être ou bien des accumulations de neige, ou bien des amas de cendres volcaniques, ou bien un éboulement, ou bien encore des incrustations effectuées par des eaux minéralisées.

Dans le cas de coupures dues à des effondrements dans des cavités souterraines créées par les eaux d'infiltration, des ponts peuvent subsister ou bien par le non effondrement de zones plus ou moins larges, ou bien par le maintien entre les 2 lèvres de gros blocs.

Soit les cours d'eau, soit les avalanches sont capables, dans certaines conditions, de se creuser des passages en forme de canal, recouverts ainsi par un pont naturel.

Enfin, dans la catégorie des voies de communication naturelles au travers d'un obstacle il faut citer les fenêtres qui traversent parfois les arêtes rocheuses étroites d'un versant à l'autre.

Ce travail est complété par la description de nombreux exemples choisis en majeure partie dans les régions alpines et subalpines de la Suisse.

SOURCES ET EAUX D'INFILTRATION.

J'analysais dans la *Revue* pour 1904 un rapport de M. H. SCHARDT sur les dangers qu'offrent les **sources issues de terrains calcaires** à cause de leur filtration imparfaite. Le même auteur a reproduit depuis lors à peu près les mêmes conclusions dans une seconde publication (47). Il insiste à nouveau sur la nécessité de protéger, dans les régions calcaires, les territoires d'alimentation des sources servant à la consommation et d'élaborer des lois permettant d'éviter, dans l'avenir, de dangereuses infections.

Je puis me contenter de citer ici une nouvelle notice que M. H. SCHARDT a consacrée à l'origine des sources de l'Areuse et de la Noiraigue (49), notice qui reproduit exactement l'énoncé des observations, que le même auteur avait publiées précédemment sur le même sujet (voir *Revue* pour 1905).

Il suffit également de mentionner cette année la publication

des observations faites sur les **sources de Baden** par M. FR. MÜHLBERG (44), puisque cette nouvelle notice n'est que l'édition allemande de celle que je citais l'an dernier.

D'autre part, M. FR. MÜHLBERG, qui avait entrepris avec de nombreux collaborateurs l'étude d'ensemble des **eaux de source du canton d'Argovie** et qui comptait collationner les observations faites sur une carte des sources de cette région, a dû renoncer à ce projet faute d'appui dans les sphères officielles et se contenter d'un bref rapport sur le travail fait et restant à faire (45).

M. J. VON SURY (51) a examiné les eaux d'une série de sources minérales existant en Suisse au point de leur **radio-activité**. Dans ce travail il tient compte, au moins d'une façon générale, de la composition chimique des eaux et des conditions géologiques dans lesquelles elles apparaissent à la surface.

Les sources de Baden sont étudiées d'abord, soit au point de vue géologique, soit surtout au point de vue de la radio-activité des gaz qu'elles émettent, des boues qu'elles déposent et d'elles-mêmes. La radioactivité des gaz sortant à Verenahof, calculée en unités de Mache, est égale à 2.12; celle des eaux varie de 0.58 à 0.24.

Les eaux de Louèche, caractérisées par leur forte teneur en CaSO_4 , ont une radioactivité de 0.26 (source Lorenz) à 0.02 (source Ross).

Les eaux de Tarasp émettent de l'acide carbonique dont la radioactivité est égale à 0.59.

Une source sulfureuse sortant du pied de la Dent de Brenleires a une radioactivité de 0.72; les eaux de Bonn sur la Sarine ont une activité de 0.29; celles de Schwarzenburg (Berne) ont une activité de 0.16.

Dans les Grisons les sources suivantes ont donné les valeurs de radioactivité de :

Ragaz, 0.33.

Alvènu (Albula), 1.12.

Andeer, 0.51.

Fideris, 0.17.

Dissentis, 11.37.

La radioactivité particulièrement forte de la source de Dissentis existe non seulement dans l'eau, mais aussi dans les dégagements gazeux (surtout de l'azote) qu'elles émettent et dans les vases.

LACS.

M. E. BOURCART (24), dont je signalais il y a deux ans une courte publication préliminaire consacrée à l'étude physique et chimique des **eaux de quelques lacs alpins suisses**, a terminé récemment son travail.

La méthode suivie par l'auteur pour ses recherches est sensiblement la même que celle employée par M. Delebecque pour l'étude des lacs français. Elle a comporté d'une façon générale des mesures de profondeur, de température à des distances variées de la surface, de transparence, ainsi que des prises d'eau à différentes profondeurs et de vases. M. Bourcart a en outre tenu compte de l'époque de ses observations et du caractère général soit du bassin lacustre lui-même, soit de ses affluents. Toutes les précautions ont été prises pour éviter que les eaux ou les vases subissent une modification de composition avant le moment de l'analyse. Les analyses d'eau ont été faites après un filtrage très soigné, sans tenir compte par conséquent des matières en suspension.

Le résidu sec n'était dosé qu'après avoir été maintenu pendant 4 à 5 heures à une température de 170°, de façon à éliminer l'eau de cristallisation ou d'interposition, sans risquer de décomposer aucun carbonate. Venait ensuite l'analyse, dont l'auteur indique en détail les procédés. Les résultats ainsi obtenus, ne donnant naturellement que les teneurs en oxydes d'une part, en acides de l'autre, ne représentent pas directement la composition de l'eau; il faut les interpréter, et pour cela M. Bourcart a admis, en se basant sur les faits connus, que le chlore est combiné à Na et K, que l'acide sulfurique est lié d'abord aux Na et K restés libres, puis au Mg et finalement au Ca, et que l'excédent des substances se trouve à l'état de carbonates. Comme contrôle il faut alors que le poids total des substances dissoutes ainsi calculées soit approximativement égal à celui du résidu sec antérieurement dosé.

Les résultats obtenus pour les différents lacs sont les suivants :

Le **Lac Tanney** situé au-dessus de Vouvry, à 1411 m. d'altitude, dans un synclinal de Malm et de Couches rouges a un résidu sec de 126.8 milligr. par litre formé essentiellement de Ca CO_3 , 107.0 milligr. avec 4.6 milligr. de Mg CO_3 , 6.0 milligr. de Mg SO_4 , 3.0 milligr. de SiO_2 et de faibles quantités

d'alcalis liés soit au chlore, soit à l'acide sulfurique, de fer et d'alumine.

Le **Lac Champey** creusé dans les roches granitiques a tout naturellement un résidu sec très faible de 26.9 milligr., qui comprend 13.4 milligr. de Ca CO_3 , très peu de magnésie à l'état de sulfate et de carbonate, 4.1 milligr. de sulfates d'alcalis, 4.6 milligr. de Na Cl , 3.9 milligr. de SiO_2 .

Le **Lac Noir**, au contraire, reçoit ses eaux de régions où affleurent les calcaires jurassiques préalpins avec les corneules et les gypses du Trias; aussi le résidu sec est-il ici particulièrement fort, soit 270.5 milligr. par litre et formé essentiellement de Ca CO_3 , 120.0 milligr., Ca SO_4 , 106.3 milligr. et Mg SO_4 30.3 milligr.

Le **Lac d'Amsoldingen**, au-dessus de Thoune, est situé dans la Molasse, ainsi du reste que le cours de ses 4 petits affluents; ses eaux laissent un résidu sec de 201.7 milligr. formé de 165.0 milligr. de Ca CO_3 , de 10.8 milligr. de Mg CO_3 , de 2.0 milligr. de MgSO_4 , de 4.1 milligr. de K_2SO_4 , de 4.0 milligr. de Na_2SO_4 , de 5.8 milligr. de Na Cl , de 6.0 milligr. de SiO_2 et de traces de fer et d'alumine.

Le **Lac de Lauenen** au-dessus de Saanen est alimenté en partie par de nombreuses sources dont les eaux ont circulé dans les formations triasiques de la région. Aussi avons-nous ici un résidu sec très fort 304.8 milligr. avec une forte prédominance des sulfates soit Ca SO_4 140.9 m., Mg SO_4 39.6 m., K_2SO_4 2.7 m., Na_2SO_4 4.6 m.; le Ca CO_3 représente 105.0 mg. et la Si O_2 3.2 mg.

Le **Lac d'Arnon** au-dessus de Saanen est situé dans le Flysch; ses eaux, dont le résidu sec est de 145.8 milligr., sont surtout calcaires avec 127.3 mg. de Ca CO_3 et 7.3 mg. de Mg CO_3 ; elles sont en outre remarquables par le peu de SO_3 qu'elles contiennent et surtout par leur forte teneur en manganèse 0.9 mg. L'auteur a analysé pour ce lac, outre l'eau du fond dont il est tenu compte dans tous les cas, l'eau de surface et celle des 2 principaux affluents et il montre que l'eau de surface correspond à un mélange des eaux des affluents, tandis que sa concentration naturelle a donné l'eau plus minéralisée du fond.

Le **Lac d'Eschinen** sur Kandersteg est alimenté par des torrents glaciaires très courts qui y tombent en cascades; aussi le résidu sec est-il faible, 78.4 milligr.; les carbonates en font la plus grande partie soit 66.6 mg. de Ca CO_3 et 2.5 mg.

de Mg CO_3 ; l'acide sulfurique s'y trouve en quantité appréciable (11.2 mg. de Mg SO_4).

Le **Lac Bleu** au-dessus de Frutigen est alimenté par une source émergeant à une courte distance; le résidu sec est surtout calcaire avec 118.9 milligr. de Ca CO_3 et 15.8 mg. de Mg CO_3 ; il est en outre remarquable par sa forte teneur en SO_3 , soit 30.5 mg. de Mg SO_4 , 3.8 mg. de $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ et 2.8 mg. de $\text{K}_2 \text{SO}_4$. Ce fait semble indiquer la présence du Trias dans le voisinage.

Le **Lac de Mergelen**, barré par le glacier d'Aletsch, a le caractère d'un lac de col, qui se déverse à la fois vers l'Aletsch par un écoulement sous-lacustre et vers la vallée de Fiesch par un écoulement superficiel. Ces eaux, qui sont essentiellement des eaux de névés, contiennent peu de matières dissoutes, 12.9 milligr. par litre; les alcalis y sont relativement abondants et y sont liés essentiellement à l'acide sulfurique; Ca CO_3 y représente 6.1 mg.

Le **Lac du Grimsel** creusé dans le granite a des eaux particulièrement peu minéralisées avec un résidu sec de 8.5 milligr. formé essentiellement de sulfates d'alcalis ($\text{Na}_2 \text{SO}_4$ 2.6 mg., $\text{K}_2 \text{SO}_4$ 2.0 mg.) et de carbonate de chaux (3.9 mg.) avec peu de silice (1,1 mg.).

Le **Lac d'Engstlen**, sur Innertkirchen, est situé au contact du Flysch et du Dogger qui le chevauche. Ses eaux, qui proviennent probablement en partie de sources sous-lacustres sont fortement influencées par la prédominance des roches calcaires aux alentours; leur teneur relativement forte en magnésie et en acide sulfurique provient évidemment de la présence du Trias au S du lac. Pour un résidu sec de 97.5 milligr. M. Bourcart calcule 76.3 mg. de Ca CO_3 , 8.2 mg. de Ca SO_4 , 9.3 mg. de Mg SO_4 , 2.3 mg. de $\text{K}_2 \text{SO}_4$, 0.9 mg. de $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ et 3.0 mg. de Si O_2 .

Le **Lac de Melch** (Unterwald) est situé dans un terrain d'éboulis et dominé par des parois de calcaires jurassiques. Les eaux avec un résidu sec de 83.7 milligr. sont essentiellement calcaires (72.6 mg. de Ca CO_3) et contiennent des quantités peu importantes de sulfates de magnésie, de soude et de potasse et peu de silice; le manganèse y est relativement abondant (0.2 mg.)

Le **Lac de Lungern** est situé au milieu des calcaires crétaciques aussi ses eaux sont-elles très riches en Ca CO_3 (153.1 mg.); par un des affluents, le Dundelbach, qui descend d'un terri-

toire où existe du Trias, elles reçoivent une forte proportion de magnésie et d'acide sulfurique (10.3 mg. de Mg CO_3 , 18.9 mg. de Mg SO_4 , 3.3 mg. de $\text{K}_2 \text{SO}_4$, 6.2 mg. de $\text{Na}_2 \text{SO}_4$); elles contiennent en outre 2.0 mg. de Na Cl et 4.5 mg. de Si O_2 .

Le **Lac de Kloenthal** (Glaris) est alimenté par une région formée surtout de terrains jurassiques et crétaciques, en petite partie de Trias; le fait que ses eaux proviennent en bonne partie de névés explique une minéralisation modérée (Ca CO_3 111.1 milligr., Mg CO_3 7.0, Mg SO_4 11.9, $\text{K}_2 \text{SO}_4$ 2.1, $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ 4.9, Si O_2 3.0).

Le **Lac de Murg** (Saint-Gall) est situé dans le Verrucano; ses eaux, très riches en acide sulfurique (Ca SO_4 17.2, Mg SO_4 21.9, $\text{K}_2 \text{SO}_4$ 1.8, $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ 3.3), proviennent évidemment en partie de territoires comprenant du Trias; le Ca CO_3 représente seulement 47.4 mg.; la silice est relativement abondante (8.5 mg.).

Le **Lac de Greppelen**, situé dans le synclinal de Flysch du Toggenbourg entre les chaînes crétaciques du Säntis et des Churfürsten, est un lac calcique typique; pour un résidu sec total de 116.1 milligr., la quantité de Ca CO_3 atteint 105.6. Les **Lacs de Schönenboden, de Seealp et de Fählen**, qui sont alimentés par les chaînes essentiellement calcaires du Säntis, sont tout trois caractérisés aussi par le rôle fortement prépondérant que joue le Ca CO_3 parmi les matières dissoutes dans leurs eaux.

Le **Lac de Davos** est un lac de col typique; ses eaux, qui proviennent en partie de régions où existent du Trias et des serpentines, sont remarquables par leur très forte teneur en magnésie; leur résidu sec se compose en effet de Ca CO_3 24.2 mg., Mg CO_3 21.0 mg., Mg SO_4 4.5 mg., $\text{K}_2 \text{SO}_4$ 2.6 mg., $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ 3.3 mg., Na Cl 1.5 mg., Si O_2 7.1 mg.

Le **Lac Schotten**, à la Fluela, est aussi un lac de col alimenté par un territoire très restreint formé essentiellement de gneiss; ses eaux sont peu minéralisées (résidu sec 30.0 milligr.) avec 17.8 de Ca CO_3 , 0.7 de Mg CO_3 , 5.9 de Mg SO_4 , 3.0 de $\text{K}_2 \text{SO}_4$, 0.6 de K Cl , 1.5 de Na Cl , 1.4 de Si O_2 .

Le **Lac Bianco**, au col de la Bernina, a aussi des eaux très faiblement minéralisées (résidu sec 18.6 milligr., Ca CO_3 8.4, Ca SO_4 0.2, Mg SO_4 3.6, $\text{K}_2 \text{SO}_4$ 1.8, $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ 2.2, Si O_2 2.3).

Le **Lac de Poschiavo** doit à la présence du Trias, dans le bassin qui l'alimente, une richesse relativement grande de ses eaux en magnésie et en acide sulfurique (Ca CO_3 33.8 milligr.,

Mg CO₃ 0.8 mg., Mg SO₄ 16.9 mg., K₂ SO₄ 2.7 mg., Na₂ SO₄ 2.4 mg., Na Cl 1.3 mg., Si O₂ 4.0 mg.). Le **Lac de Saint-Moritz** se trouve dans des conditions assez analogues et la composition de ses eaux est voisine, quoique plus riche en acide sulfurique et plus fortement minéralisée (Ca CO₃ 44.5, Ca SO₄ 13.1, Mg SO₄ 19.2, K₂ SO₄ 3.2, Na₂ SO₄ 3.1, Si O₂ 3.4). Le **Lac de Campfer**, dont les eaux se jettent dans le lac de Saint-Moritz, montre une minéralisation moins accentuée (Ca CO₃ 36.7, Ca SO₄ 0.5, Mg SO₄ 14.1, K₂ SO₄ 3.3, Na₂ SO₄ 1.7, Si O₂ 2.2). Quant au **Lac de Silvaplana**, qui n'est séparé du précédent que par un simple étranglement, ses eaux sont un peu plus calcaires (Ca CO₃ 42.7, Mg CO₃ 0.8, Mg SO₄ 15.9, K₂ SO₄ 2.6, Na₂ SO₄ 2.6, Si O₂ 2.6). Enfin le **Lac de Sils**, le plus élevé des lacs de la Haute-Engadine a des eaux de nouveau plus pauvres en matières dissoutes (Ca CO₃ 36.0, Mg CO₃ 0.9, Mg SO₄ 10.7, K₂ SO₄ 3.4, Na₂ SO₄ 3.0, Si O₂ 1.8).

Le **Lac Ritom**, sur Airolo, est situé dans un synclinal de Trias et de Schistes lustrés et est alimenté en partie par divers affluents, dont deux descendent des lacs Tom et Cadenazzo, en partie par des sources. Il présente cette particularité très frappante que, tandis que ses eaux de surface jusqu'à une profondeur de 13 m. ont une minéralisation normale, ses eaux profondes contiennent au contraire une quantité énorme de matières dissoutes et une proportion de H₂S qui va jusqu'à 17 milligr. par litre. Le résidu sec de l'eau de surface comprend : Ca CO₃ 40.8, Ca SO₄ 36.6, Mg SO₄ 33.3, K₂ SO₄ 4.4, Na₂ SO₄ 4.6, Si O₂ 2.8; il correspond à des eaux provenant de territoires triasiques, mais diluées par d'autres ayant circulé surtout sur le cristalin. Cette composition concorde du reste exactement avec une composition moyenne obtenue en additionnant les résultats fournis par les eaux des 3 principaux affluents; elle se retrouve d'autre part presque sans changement dans les eaux de l'émissaire. L'eau du fond par contre a fourni un résidu sec composé de : Ca CO₃ 90.9, Ca SO₄ 1668.0, Mg SO₄ 588.6, K₂ SO₄ 7.8, Na₂ SO₄ 6.1, Si O₂ 10.0, auquel il faut ajouter 17.6 de H₂S. Ces faits indiquent clairement l'existence dans le lac Ritom de 2 nappes superposées et d'origines distinctes : la nappe supérieure alimentée par les cours d'eau superficiels et se débitant par l'émissaire, dont l'eau peu minéralisée montre, pendant les mois d'été, un abaissement régulier de la température de la surface jusqu'à une profondeur de 13 m. environ, puis une nappe profonde, dont l'eau, très riche en sulfates et en hydrogène sulfuré, conserve sur toute sa hauteur une température re-

marquablement constante de 6.6° et qui est évidemment en relation avec un système souterrain, soit une nappe, soit un réseau de conduits les uns afférants les autres déférants.

Les **Lacs** voisins **Tom** et **Cadagno** ont des eaux influencées par les gisements voisins de Trias. Le résidu sec du premier comprend : Ca CO_3 27.8, Mg CO_3 13,2, $\text{K}_2 \text{SO}_4$ 6.6, $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ 5.7, Si O_2 5.7 ; celui du second comprend : Ca CO_3 39.3, Ca SO_4 5.1, Mg SO_4 32.4, $\text{K}_2 \text{SO}_4$ 5.4, $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ 4.3, Si O_2 2.6. Le lac Cadagno, dont l'eau profonde est très riche en sulfates et contient aussi de l'hydrogène sulfuré, paraît comprendre aussi 2 couches d'eau de composition bien différente, dont la plus basse doit être alimentée par des sources sous-lacustres.

Les **Lacs du Saint-Gothard**, vrais lacs de col situés au milieu d'une région cristalline ont des eaux remarquablement pauvres en matières dissoutes ; le plus grand d'entre eux a un résidu sec comprenant : Ca CO_3 1.78, Mg CO_3 0.15, $\text{K}_2 \text{CO}_3$ 1.30, $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ 1.28, $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ 0,85, Si O_2 0.8. Le **Lac de Lucendro** qui se trouve un peu au-dessous sur le versant tessinois a aussi des eaux presque pures avec un résidu sec de : Ca CO_3 3.20, Mg CO_3 0.38, $\text{K}_2 \text{CO}_3$ 1.57, $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ 2.91, Si O_2 0.9. Le **Lac d'Oberalp** dans le voisinage duquel affleurent des calcschistes et des calcaires a des eaux notablement plus riches en carbonates et en sulfates avec un résidu sec de : Ca CO_3 17.8, Mg CO_3 0.5, Mg SO_4 1.4, $\text{K}_2 \text{SO}_4$ 3.3, $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ 3.7, Si O_2 1.6.

Après cette partie descriptive, M. E. Bourcart fait une synthèse de ses divers résultats et un examen critique des données qu'il a recueillies sur la profondeur, les variations de niveau, les affluents et les émissaires des lacs étudiés. Il remarque que le fond du bassin lacustre est presque toujours tapissé par une vase fine, dont les éléments proviennent en partie de précipitations détritiques, en partie de précipitations chimiques, en partie d'organismes. Les algues sont particulièrement abondantes dans la vase profonde de certains lacs. A propos de la couleur de l'eau des lacs, l'auteur soutient l'opinion que celle-ci n'est due ni aux matières en suspension, ni aux sels inorganiques (calciques et magnésiens) en solution, mais bien aux matières organiques dissoutes, qui par leur coloration brune font passer au vert la couleur bleue de l'eau pure ; il se base pour cela sur l'indépendance qu'il a clairement constatée entre la couleur et la transparence d'une part, la couleur et la minéralisation de l'autre. Quant aux conditions de température des lacs, elles varient immensé-

ment suivant le climat et l'altitude, suivant la nature des affluents, la profondeur, etc....

Passant à la composition chimique des eaux des lacs, M. Bourcart commence par discuter la question de l'origine des matières dissoutes et montre que, tandis que les unes ont été l'objet d'une simple dissolution aqueuse (substances organiques, chlorures, sulfates, etc.), d'autres résultent de réactions plus compliquées, parmi lesquelles il convient de citer les oxydations, l'action du CO_2 sur les carbonates, la réaction de la chaux sur les sels de fer et les substances organiques, etc.... La composition des eaux est d'autre part fortement influencée par des phénomènes de dilution et de concentration, qui se font sentir de façons très diverses suivant les lacs et pour chacun d'eux suivant les saisons. Les effets des dilutions étant surtout sensibles dans les couches supérieures, tandis que les concentrations agissent plus particulièrement sur les couches profondes, ces interventions contraires tendront presque toujours à accentuer l'écart dans le degré de minéralisation de l'eau en profondeur et à la surface. Quant à une décalcification des lacs alpins par les organismes il ne semble pas qu'elle prenne jamais une grande importance et d'autre part des précipitations chimiques ne paraissent se former qu'en très petite quantité et dans des conditions spéciales.

Les lacs alpins se répartissent très naturellement d'après la nature de leur bassin d'alimentation en lacs de régions aux roches silicatées et en lacs de régions aux roches calcaires; dans les premiers les eaux sont toujours beaucoup moins riches en matières dissoutes que dans les seconds et les lacs les plus minéralisés sont ceux qui sont situés à proximité de territoires triasiques riches en gypse. Pour des bassins d'alimentation de même nature géologique les eaux des lacs seront dans la règle d'autant plus minéralisées que le bassin d'alimentation est plus étendu et que la proportion des eaux de source parmi les eaux affluentes sera plus forte. Les quantités dissoutes de SiO_2 de Fe_2O_3 et de Al_2O_3 ne dépendent pas de la nature du sol; celles de la chaux au contraire en dépendent essentiellement et varient dans des proportions énormes, de 1.0 à 737.0 milligr. par litre. La magnésie dont l'origine triasique paraît évidente, se rencontre souvent en grande quantité dans le bassin d'alimentation calcaire. Le manganèse n'existe en quantité appréciable que dans les lacs d'Arnon, de Taney et de Melch. Les alcalis se trouvent dans les lacs toujours en très petite quantité et proviennent soit

de la décomposition des silicates soit d'eaux fécales. L'acide sulfurique comme la magnésie dérive manifestement de gisements triasiques; aussi ces 2 substances se trouvent-elles presque toujours en quantité corrélatives. L'hydrogène sulfuré, qui n'existe que dans les eaux particulièrement riches en sulfates, provient de la décomposition de ceux-ci sous l'influence de certains organismes.

En résumé, l'auteur conclut que la qualité chimique de l'eau des lacs alpins dépend en très grande partie de la nature géologique du bassin d'alimentation, en petite partie seulement, spécialement en ce qui concerne les substances organiques, des caractères du bassin lacustre même et de ses abords immédiats.

MM. L. DUPARC et ZEHNDER (30) ont fait une brève communication préliminaire sur les résultats généraux qu'ils ont obtenus en analysant les **eaux du lac Léman**, prises à différentes époques de l'année et dans des conditions diverses pendant une période s'étendant de 1888 à 1906. Ils ont constaté ainsi que, abstraction faite des éléments en suspension, les eaux du lac ont une composition remarquablement constante, et qu'elles contiennent outre le carbonate de chaux une proportion notable de sulfates, se distinguant ainsi nettement de celles du lac de Neuchâtel.

Dans les lacs de Lugano et Majeur la teneur des eaux en sulfate est beaucoup moins forte.

M. S. DE PERROT (46) continue la publication de son rapport annuel sur les **variations des lacs de Bienne, Neuchâtel et Morat**. Il indique ainsi qu'en 1904 le niveau du lac de Bienne a été à 9 reprises et pendant 31 jours plus élevé que celui du lac de Neuchâtel, que la différence entre les niveaux maximum et minimum pour le lac de Bienne a été de 1 m. 70 et que le niveau moyen a été de 0.2 m. plus élevé qu'en 1903.

Pour le lac de Neuchâtel le niveau moyen a été de 0.17 m. plus élevé qu'en 1903 et la différence entre le maximum et le minimum a été de 1.5 m.

Pour le lac de Morat le niveau moyen a été de 0.15 m. plus haut qu'en 1903 et la différence entre le maximum et le minimum a été de 1.475 m.

GLACIERS ET NÉVÉS

Variations des glaciers. Le rapport annuel de MM. F.-A. FOREL, M. LUGEON et E. MURET (34) sur les variations des

glaciers suisses débute cette année par un examen rétrospectif sur les résultats obtenus par les observations poursuivies de 1895 à 1904. De cette récapitulation il résulte que, sur 96 glaciers observés pendant cette période, 50 ont été en décrue continue et 25 en décrue interrompue pendant un an seulement par un mouvement inverse. Les autres glaciers ont donné des signes de crue pendant au moins 2 ans, mais pour 16 seulement d'entre eux la crue paraît certaine, et il est à remarquer que de ces 16 glaciers 12 appartiennent au bassin du Rhône.

Dans les Alpes autrichiennes les conditions sont à peu près les mêmes, puisque, sur 115 glaciers observés, 63 ont été constamment en décrue de 1895 à 1904, 28 ont été en décrue interrompue pendant une seule année et 24 ont montré des crues plus ou moins prolongées.

M. M. Lugeon rend ensuite compte des observations qu'il poursuit avec M. P. Mercanton sur l'enneigement et montre que la régression a continué à se manifester dans l'enneigement du massif d'Orny en 1905, le retrait de la ligne des neiges a été très rapide pendant la première partie de l'été, mais il s'est tant ralenti à partir du 15 août que le résultat final a été peu différent de celui de 1904. Dans les massifs des Diablerets, du Wildstrubel et du Saint-Gothard la réduction des névés a été extrêmement forte.

Quand aux variations des glaciers en 1905, dont la chronique est rédigée par MM. Forel et Muret, elles ont été presque exclusivement négatives. Dans le bassin du Rhône les retraits sont souvent considérables aucun cas de crue n'a été observé; pourtant dans les Alpes vaudoises l'état stationnaire paraît subsister pour plusieurs glaciers. Dans les bassins de l'Aar et de la Reuss on a constaté partout des reculs plus ou moins accentués. Dans le bassin du Rhin les glaciers des Grisons paraissent reculer tous, tandis que dans les Alpes de Saint-Gall les 2 petits glaciers de Piz Sol et de Sardona ont avancé de quelques mètres. Dans le bassin de l'Inn, le glacier de Picuogl a seul montré des signes de crue. Dans le bassin de l'Adda et du Tessin la décrue est générale et même par places très forte.

Ces résultats ont été résumés par MM. F.-A. FOREL et E. MURET (35) dans un petit rapport spécial et incorporés dans le rapport général sur les variations des glaciers en 1905, qui est rédigé par MM. FIELDING-REID et E. MURET (32).

D'autre part les observations faites en 1904 sur le **glacier du Rhône** ont montré, d'après un rapport publié par M. HAGENBACH-BISCHOFF (39) que la surface de ce glacier a subi de 1903 à 1904 un abaissement général qui atteint les chiffres moyens de 4.23 m. dans la partie frontale et de 0.2 à 1 m. dans la région supérieure. La surface des névés du champ d'alimentation s'est aussi abaissée contrairement à ce qui s'était passé l'année précédente, en même temps que la vitesse du mouvement de ces névés a été moins grande en 1904-05 qu'en 1903-04. Par contre la vitesse maximale du glacier lui-même, égale à 92 m. pour l'année entière, a été un peu supérieure à celle de la période précédente, ce qui s'explique par le fait que le niveau bas des névés et du glacier n'a été amené qu'en juillet par une ablation particulièrement forte.

Le front du glacier avait reculé sur toute sa partie droite et médiane ; il avait un peu avancé par contre sur sa partie gauche, ce qui donne en définitive un recul moyen de 8 m., découvrant une surface de 3380 — 180, soit 3200 m².

Au point de vue météorologique on peut dire que la période 1903-04 a été caractérisée dans la région du glacier du Rhône par des chutes de neige relativement peu abondantes en hiver et surtout par une très forte ablation en juin et juillet.

M. P.-L. MERCANTON (43) a installé une nouvelle **échelle nivométrique** au Grindelwaldner Viescherfirn à l'altitude de 3100 m., et la signale à l'attention des touristes en en donnant une brève description.

En réponse à une notice antérieure de M. G.-A. Voskule, consacrée à l'altitude moyenne du glacier de Hüfi et au niveau de la limite des neiges dans son bassin d'alimentation, M. E. BRÜCKNER (25) a montré que le désaccord existant entre les résultats publiés par M. Voskule et la théorie de M. Kurowsky n'est qu'apparent et résulte d'un emploi fautif de la méthode de M. Kurowsky. En réalité l'altitude moyenne du glacier et des névés qui l'alimentent est de 2670 m., tandis que la limite des neiges est à 2650 m. ; les 2 chiffres sont donc remarquablement concordants pour le glacier de Hüfi comme pour tous les autres.

La théorie de M. Buckowsky n'a du reste pas seulement une base empirique, comme beaucoup semblent le croire ; elle se justifie facilement par un raisonnement mathématique, que M. Brückner développe à nouveau.

Structure rubannée. — A la suite d'une conférence, dans laquelle M. Fieldig-Reid a voulu démontrer que la structure rubannée des glaciers dérive de la stratification des névés, M. F.-A. Forel (33) a cité le glacier du Rhône comme un exemple dans lequel cette théorie ne peut pas se vérifier. Ici en effet, la grande épaisseur du glacier supérieur est réduite dans la cataracte à presque rien, 4 m. sur une largeur importante, 10 m. peut-être dans la région médiane; puis la glace s'amoncelle de nouveau en bas de la chute en une masse puissante; il y a donc d'abord distension, étirement, ensuite entassement et soudure, et il semble impossible qu'aucune trace de stratification primaire ait pu subsister. Pourtant la structure rubannée est très particulièrement nette dans la coquille frontale du glacier du Rhône.

SÉDIMENTATION

M. L.-W. COLLET (29) a fait un nouvel exposé de son travail sur les **concrétions phosphatées** et la **glaucomie** dans les sédiments marins, que je citais dans la *Revue* pour 1905, et a reproduit les mêmes conclusions.

Action et Agents internes.

TREMBLEMENTS DE TERRE

L'étude séismologique de l'année 1904 pour le territoire de la Suisse a été faite encore cette fois par M. J. Fröh; ses résultats ont été publiés d'abord d'une façon sommaire par MM. A. HEIM et J. FRÖH (41), puis avec plus de détails par M. J. FRÖH (37). D'après cette dernière publication nous voyons que cette année a été pauvre en phénomènes sismiques en ce qui concerne notre pays. Les séismes se répartissent comme suit :

Le 11 janvier à 11 h. 23-25 m. av. m. un ébranlement s'est fait sentir dans l'E des Grisons, dans un territoire elliptique, dont le grand axe est dirigé d'Alvaschein à Ardetz, le petit axe de Coire à Bevers. Intensité IV-V de l'échelle Rossi-Forel.

Le 5 février à 1 h. 40 m. ap. m. une très légère secousse s'est produite à Lohn (Schafhouse).

Le 10 mars entre 9 h. 47 m. et 10 h. du soir plusieurs secousses ont été ressenties dans la Basse-Engadine entre Martinsbruck et Remüs, et de légers mouvements ont été perçus à peu près au même moment à Ilanz et à Coire.