

**Zeitschrift:** Eclogae Geologicae Helvetiae  
**Herausgeber:** Schweizerische Geologische Gesellschaft  
**Band:** 8 (1903-1905)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Ile partie, Géophysique  
**Autor:** [s.n.]  
**Kapitel:** Actions et agents externes  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-156301>

### **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:** 14.01.2026

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

de pyroxène, mais qui se distinguent des précédentes par la suppression du contraste entre les porphyroblastes et la masse, puis par l'apparition autour des cristaux d'augite de grains de hornblende secondaire et de zoïsite. Parfois la quantité du pyroxène est extrêmement réduite et il ne reste plus comme éléments essentiels que de la hornblende avec de la zoïsite et un peu de biotite.

En résumé les saussurites de M. Bodmer-Beder sont plutôt des types intermédiaires entre les saussurites et les jadéites.

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

### *Actions et agents externes.*

#### SOURCES ET EAUX D'INFILTRATION

Le Congrès international d'hygiène et de démographie à Bruxelles ayant mis à son ordre du jour la question des exigences nécessaires pour les eaux potables, issues des terrains calcaires, notre compatriote, M. H. SCHARDT (35), s'est chargé de faire un rapport sur ce sujet dont j'extrais les idées suivantes :

Les terrains calcaires sont par excellence des terrains collecteurs des eaux et donnent lieu par conséquent aux sources les plus nombreuses et les plus volumineuses dans les régions montagneuses. Les grandes étendues d'affleurements calcaires absorbent non seulement les eaux de pluie qui y tombent, mais aussi, au moins en partie, les cours d'eau qui les traversent. Les eaux ainsi collectées s'amassent dans les formations calcaires et ressortent sur des points d'affleurement plus bas sous forme de *sources vaclusiennes* ou de résurgence, dont la source de l'Areuse, celle de la Noiraigue, celle de l'Orbe, etc..., sont des exemples typiques. Les eaux n'ayant pas été filtrées pendant leur voyage souterrain contiennent à leur sortie les mêmes éléments qu'à leur entrée et peuvent dans certains cas être dangereuses. Si pourtant les rochers calcaires sont couverts d'une couche de terre arable et de végétation, il y aura un commencement de filtration qui tendra à régulariser le débit des sources et à purifier les eaux. Si le calcaire est couvert par un revêtement un peu épais de terrain filtrable (grès tertiaire, dépôt de graviers pleïstocènes), la filtration étant plus accentuée, les eaux

pourront être, sinon absolument sûres, en tous cas relativement pures.

Si maintenant au lieu d'avoir un puissant massif calcaire uniformément perméable, nous admettons une lame calcaire intercalée entre des terrains médiocrement perméables et n'affleurant que sur une surface relativement petite, cette lame, fonctionnant comme un drain au milieu des formations encaissantes, attirera à elles les eaux qui sont contenues dans celles-ci; les eaux qu'elle débitera auront donc en très grande partie pu être filtrées dans les dépôts peu perméables et seront pures.

D'autre part, il arrive fort souvent que les eaux sortant d'un calcaire traversent, avant d'émerger à la surface, un revêtement d'éboulis, de moraines ou d'alluvions, et ce cheminement à travers un terrain filtrant les purifie en proportion de sa durée.

Enfin il est des cas où le calcaire est lui-même filtrant, ce sont ceux où il est disposé en bancs séparés par des lits marneux ou argileux, mais ce genre de formations n'alimente que des sources de faible débit.

Il résulte de ce qui précède, qu'à part le dernier cas cité, les eaux sortant des calcaires peuvent donner lieu à des contaminations si la surface collectrice est habitée. Les calcaires ne sont, pour ainsi dire, jamais filtrants, quels que soient leur structure tectonique ou leur âge. Aussi, si dans les Alpes les eaux sortant des calcaires sont pures, parce que les surfaces collectrices correspondantes sont peu ou pas habitées et que les revêtements de terrains filtrants sont en général importants, ces eaux deviennent suspectes dans le Jura et à plus forte raison dans les pays de plaine à population dense. Et si l'on veut protéger une source contre une infection possible, la zone de protection doit nécessairement comprendre toute la surface collectrice.

Je me contente ici de citer une courte note de M. H. GOLMEZ (32), dans laquelle il donne sommairement la description de quelques essais de coloration effectués par lui sur les eaux de l'écoulement souterrain du lac de Joux.

M. H. SCHARDT a exposé devant la Société vaudoise des sciences naturelles et devant la Société helvétique des sciences naturelles (38) les résultats de son étude des sources jaillissant dans le tunnel du Simplon; je ne reviens pas sur

ce sujet qui a été longuement traité dans la Revue pour 1903 (p. 258 et suivantes).

Dans son rapport d'expertise sur le projet de tunnel Soleure-Gänsbrunnen, M. C. SCHMIDT ( ) attire l'attention sur la probabilité de venues d'eau abondantes, d'abord dans la partie sud, au contact du Sidérolithique et du Malm, au-dessus des couches à *Ter. humeralis*, au-dessus des couches d'Effingen, dans les couches de Birmensdorf et dans le Hauptrogenstein, puis dans la partie centrale du tunnel où le Trias pourrait fort bien contenir des infiltrations chaudes et gypsifères venant de la profondeur; enfin dans le tronçon nord, soit dans le Hauptrogenstein, soit dans les calcaires suprajurassiques, soit dans le Tertiaire.

#### HYDROLOGIE ET LIMNOLOGIE

Le **drainage de la vallée de la Brévine** (Jura neuchâtelois) ayant été projeté et une forte opposition s'étant manifestée contre cette intention, MM. H. SCHARDT et A. HOTZ (37) ont été chargés d'un rapport sur les effets possibles de ce travail.

Les auteurs montrent d'abord que le drainage d'un terrain gorgé d'eau a comme effet de régulariser le débit des eaux qui en sortent, puisqu'en temps de sécheresse le terrain superficiel se vide lentement de son eau dans les drains, et, qu'en temps de pluie, il absorbe comme une éponge la plus grande partie de l'eau tombée à sa surface; ce même terrain, au contraire, s'il n'est pas drainé, s'inonde à la première pluie un peu forte, donnant lieu à un écoulement superficiel violent, mais qui cesse presque aussitôt après la fin de la pluie.

On ne peut donc pas accuser les travaux de drainage effectués dans le Jura de l'accentuation constatée du régime torrentiel de la plupart des cours d'eau et sources vaudoises de cette région. Ce fait regrettable a, en réalité, trois causes, dont une géologique, les deux autres dues à l'intervention de l'homme; ce sont : 1<sup>o</sup> l'augmentation constante de la corrosion des calcaires, qui tend à accroître l'infiltration aux dépens de l'écoulement superficiel; 2<sup>o</sup> le déboisement qui amène la diminution de l'épaisseur de la couche de terre arable, et, en tous cas, en arrête la formation; 3<sup>o</sup> le détournement d'une quantité de sources importantes qui a enlevé aux cours d'eau leurs affluents les plus constants.

Les auteurs montrent ensuite que l'introduction des eaux



de drainage dans les différents emposieux de la région ne modifiera pas le régime de la source de l'Areuse, puisque toutes les eaux de ces emposieux convergent vers cette source. La surface collectrice de celle-ci est du reste considérable; elle comprend tout le versant NE. de l'anticlinal Monlési-Malmont depuis le mont des Verrières jusqu'au-dessus du Quartier, tout le synclinal de la Brévine et le jambage SW. de l'anticlinal de l'Harmont, enfin le vallon des Verrières jusque dans la région de la frontière franco-suisse; cette étendue atteint 137.5 km.<sup>2</sup> avec 25 km. de longueur et une largeur moyenne de 5.5 km.; et cette évaluation, combinée avec la quantité moyenne de pluie tombée dans la région, correspond exactement avec le débit moyen de la source de l'Areuse (3500-4000 litres-secondes).

A ce rapport est jointe une carte géologique au 1 : 100 000, dans laquelle sont indiquées les surfaces collectrices des sources de l'Areuse et de la Noiraigue.

A l'aide de la coloration à la fluorescine M. H. SCHARDT (36) a démontré l'existence d'une communication souterraine entre les emposieux de la Scierie des Verrières et du Moulinet près du Petit Cachot dans le synclinal de la Brévine et la source de l'Areuse près de Saint-Sulpice. Ces expériences ajoutées à d'autres faits antérieurement montrent que le champ collecteur de la source de l'Areuse s'étend sur tout le synclinal de la Brévine et celui des Verrières ainsi que sur les plateaux voisins.

#### LACS

M. E. BOURCART (18) a commencé une étude d'ensemble sur les eaux et les vases des lacs alpins suisses, et a publié les résultats d'une première série de recherches qui ont porté exclusivement sur les eaux de huit lacs, envisagées au point de vue de leur composition, de leur température et de leur transparence. Dans cette première notice, l'auteur donne une description détaillée des méthodes qu'il a suivies, soit pour récolter ses matériaux, soit pour faire ses analyses, qui ont toutes été effectuées sur des eaux filtrées.

Les lacs étudiés sont : le lac Taney, le lac Champey, le lac Noir (Préalpes fribourgeoises), le lac d'Amsoldingen, le lac de Lauenen, le lac d'Arnon, le lac d'Eschinen, le lac Bleu. Les résultats obtenus par les analyses d'eau sont réunis dans un tableau et permettent de tirer les déductions suivantes :

La composition des eaux des lacs alpins, dépendant essentiellement de la composition du sol dans un bassin d'alimentation limité, est beaucoup plus variable que celle des grands lacs de plaine. On peut admettre d'autre part comme certain que les phénomènes de dissolution dans l'intérieur de la cuvette lacustre sont nuls, tandis qu'au contraire une précipitation partielle doit avoir lieu dans certains cas. La concentration de l'eau par suite de la congélation superficielle semble démontrée par le fait que la teneur en matières dissoutes est toujours plus faible à la surface qu'en profondeur.

La température de l'eau en profondeur tend toujours à se rapprocher de + 4° et à rester constante, quoiqu'aucun des lacs étudiés ne dépasse 60 m. de fond. La transparence, très variable d'un lac à l'autre, est particulièrement faible en général dans les lacs glaciaires. La couleur de l'eau, qui est indépendante de la transparence, varie notablement; outre les causes de variations déjà déterminées par M. Forel, il semble que certaines substances en solution agissent sur la coloration; ainsi les eaux très bleues sont toujours riches en sels magnésiens, tandis que les eaux verdâtres contiennent dans la règle une forte proportion de matières organiques.

Les divers lacs étudiés se distinguent au point de vue de leurs eaux par les caractères suivants :

Le lac Taney, dont le bassin d'alimentation est essentiellement calcaire (Lias, Dogger et Malm préalpins, Couches rouges) a un résidu sec abondant, dont les  $\frac{5}{6}$  sont du  $\text{CaCO}_3$ . Le résidu sec est de 126.8 mg. par litre avec 107.0 mg. de  $\text{CaCO}_3$ , 4.6 mg. de  $\text{MgCO}_3$ , 6.0 mg. de  $\text{MgSO}_4$ , 3.0 mg. de  $\text{SiO}_2$ .

Le lac Champey, situé dans une région granitique n'a que 28.0 mg. par litre de résidu sec avec 13.4 mg. de  $\text{CaCO}_3$ , 4.6 mg. de  $\text{NaCl}$ , 3.9 mg. de  $\text{SiO}_2$ , 2.5 mg. de  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 1.6 mg. de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 1.1 mg. de  $\text{MgSO}_4$  et de faibles quantités de fer, d'alumine, de carbonate de magnésie.

Le lac Noir, dont le bassin d'alimentation comprend surtout du Jurassique et du Trias, a un résidu sec de 267.0 mg. par litre avec 120.0 mg. de  $\text{CaCO}_3$ , 106.3 mg. de  $\text{CaSO}_4$ , 30.3 mg. de  $\text{MgSO}_4$ , 2.9 mg. de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 2.3 mg. de  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 2.0 mg. de  $\text{NaCl}$ .

Le lac d'Amsoldingen a un résidu sec de 198.2 mg. par litre avec 165.0 mg. de  $\text{CaCO}_3$ , 10.8 mg. de  $\text{MgCO}_3$ , 6.0 mg. de silice, 5.8 mg. de  $\text{NaCl}$ , 4.1 mg. de  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 4.0 mg. de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 2.0 mg. de  $\text{MgSO}_4$ .

Le lac de Lauenen a un résidu sec de 296.9 mg. par litre avec 140.9 mg. de  $\text{CaSO}_4$ , 105.0 mg. de  $\text{CaCO}_3$ , 39.6 mg. de  $\text{MgSO}_4$ , 4.6 mg. de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 2.7 mg. de  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 3.2 mg. de  $\text{SiO}_2$ <sup>1</sup>.

Le lac d'Arnon a un résidu sec de 150.6 mg. par litre avec 127.3 mg. de  $\text{CaCO}_3$ , 7.3 mg. de  $\text{MgCO}_3$ , 7.7 mg. de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 4.5 mg. de  $\text{SiO}_2$ , 2.4 mg. de  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , 0.9 mg. de  $\text{MnO}$ . Le fait le plus remarquable est l'abondance du manganèse dans les eaux profondes probablement sous forme de carbonate. Cette substance provient évidemment des brèches cristallines et des grès du Flysch dans lesquels tout le bassin d'alimentation est compris.

Le lac d'Eschinen est alimenté essentiellement par des cascades tombant directement des névés qui se trouvent au-dessus. Aussi le résidu sec est-il faible avec 88.1 mg. par litre dont 66.6 mg. de  $\text{CaCO}_3$ , 11.2 mg. de  $\text{MgSO}_4$ , 3.6 mg. de  $\text{KCl}$ , 2.5 mg. de  $\text{MgCO}_3$ , 2.0 mg. de silice, 1.5 mg. de  $\text{NaCl}$ .

Le lac Bleu a comme affluent unique une source, ce qui explique sa pureté et l'absence de matières organiques dans ses eaux. Il a un résidu sec de 176.6 mg. par litre avec 118.9 de  $\text{CaCO}_3$ , 30.5 mg. de  $\text{MgSO}_4$ , 15.8 mg. de  $\text{MgCO}_3$ , 4.2 mg. de  $\text{SiO}_2$ , 3.8 mg. de  $\text{NaSO}_4$ , 2.8 mg. de  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ; c'est un lac calcaire bien caractérisé.

Reprenant l'examen de la question de l'origine des lacs de la Haute-Engadine, M. A. DELEBECQUE (23) discute l'idée émise par M. Heim, d'après laquelle les lacs de Sils, de Silvaplana et de Campfer seraient dus d'une part à l'accumulation en travers de la vallée des cônes de déjection de l'Ova da Fex, de l'Ova del Vallun et de la Suvretta de Saint-Moritz, d'autre part au captage par la Maira d'une partie importante des eaux de l'Inn, qui aurait enlevé à celle-ci la force nécessaire pour entraîner les matériaux de ces cônes de déjection. Cette hypothèse paraît peu probable à cause de la grande profondeur des lacs de Sils (71 m.) et de Silvaplana (77 m.). Il semble beaucoup plutôt que nous ayons ici un ancien lac continu s'étendant sur environ 12 km. de longueur qui aurait été coupé ensuite en 3 parties par les

<sup>1</sup> L'auteur s'étonne de la teneur remarquablement forte en sulfates des eaux de ce lac parce qu'il admet un bassin d'alimentation formé de Nummulitique et de Lias; en réalité les travaux récents, en particulier la thèse de M. Rössinger analysée plus loin, ont montré que le gypse triasique est très abondant dans le bassin d'alimentation du lac de Lauenen.

cônes de déjection mentionnés. L'origine de ce grand bassin, taillé entièrement dans le roc, n'est certainement pas tectonique et doit être due à une excavation par les glaciers.

D'autre part M. A. DELEBECQUE (24) a exploré et sondé les lacs du Grimsel et ceux du massif du Saint-Gothard, ce sont :

	Altitude	Profondeur
Lac du Grimsel d'amont . . . . .	1871 m.	18.50 m.
Lac du Grimsel d'aval . . . . .	1871 »	12.60 »
Lac de l'Oberalp . . . . .	2028 »	9.50 »
Lac de Lucendro . . . . .	2083 »	36.20 »
Lac de l'Hospice du St-Gothard d'amont	2093 »	5.20 »
Lac de l'Hospice du St-Gothard d'aval.	2091 »	16.60 »
Lac Ritom . . . . .	1829 »	44.60 »
Lac Tom . . . . .	2023 »	11.50 »
Lac Cadagno . . . . .	1921 »	17.90 »

Le lac Ritom (2 km. de longueur et 500 m. de largeur) a ceci de particulier que la température de l'eau s'abaisse de la surface (13°2) jusqu'à 10 m. de profondeur (5°1) puis se relève progressivement jusqu'au fond, où elle atteint 6°6. D'autre part la teneur en substances dissoutes est presque vingt fois plus forte au fond, où elle atteint 2.406 gr. par litre, qu'à la surface, et l'eau en profondeur est chargée en hydrogène sulfuré, tandis que celui-ci manque à la surface. Il faut admettre que le lac comprend deux nappes, l'une supérieure formée par les affluents superficiels, l'autre inférieure alimentée par des sources sous-lacustres fortement minéralisées.

Le lac voisin de Cadagno ne présente pas d'anomalie quant à la température qui s'abaisse progressivement de la surface (15°6) au fond (5°7), ce qui s'explique par sa faible profondeur; par contre les couches d'eau inférieures sont sulfureuses.

Le lac Tom, également voisin du lac Ritom et situé dans des conditions géologiques analogues, ne présente aucune anomalie de température et ne contient que des eaux non sulfureuses et peu minéralisées.

Les lacs du Grimsel ont des eaux remarquablement pures avec un résidu sec de 8.5 mg. par litre seulement, ce qui provient évidemment de leur position au milieu des terrains cristallins.

Quant à l'origine de ces différents bassins on peut admettre



comme causes déterminantes pour les lacs Ritom, Tom et Cadagno des effondrements dus à la dissolution du gypse en profondeur, pour le lac de l'Oberalp un barrage formé d'éboulis et de moraines, pour les lacs Lucendro, du Saint-Gothard et du Grimsel une excavation par les glaciers.

### EROSION ET CORROSION

M. J. BRUNHES (20) a étendu ses observations sur l'action des tourbillons et la genèse des marmites de géants à de nouvelles régions (Pyrénées, Alpes autrichiennes, montagnes de la Thuringe).

Dans une nouvelle publication il montre que l'érosion tourbillonnaire joue un rôle important dans le travail des eaux souterraines, et peut donner lieu à des gouffres considérables. La même action intervient d'une façon très efficace dans l'attaque des falaises par les vagues de la mer.

Dans les cours d'eau, si l'on fait abstraction des tourbillons provoqués par un obstacle émergeant de la surface, plus du 90 % des mouvements tourbillonnaires sont inverses du mouvement des aiguilles de la montre, un fait qui semble devoir être rattaché à l'influence de la force centrifuge composée.

L'eau tourbillonnante se meut pour ainsi dire tout d'une pièce, de sorte que la vitesse s'accroît avec la distance au centre ; ce sont donc les parties périphériques d'une marmite qui devront subir l'usure la plus rapide.

Dans leur travail de creusement les tourbillons agissent indépendamment, ils s'alignent généralement en plusieurs séries parallèles, donnant naissance d'abord à une chaîne de marmites, puis par la fusion de celles-ci à un chenal. Celui des goullets ainsi formés qui s'approfondit le plus vite devient le lit principal du cours d'eau, tandis que les autres ne se remplissent bientôt plus que pendant les crues. De beaux exemples de phénomènes semblables s'observent sur le lit de la Valserine en amont de Bellegarde et dans les gorges du Fier. Il serait permis d'admettre d'autre part que le seuil calcaire du Kirchet, qui barre la vallée de l'Aar en amont de Meiringen, a été traversé à un moment donné par plusieurs bras du fleuve, qui ont creusé indépendamment et simultanément les différentes gorges qui coupent le Kirchet, jusqu'à ce que les eaux se fussent concentrées dans celle des gorges qui s'approfondissait le plus vite.

La notice de M. Brunhes est suivie de la description de

quelques observations faites par MM. S. Squinabol et G. Dal Piaz dans les Préalpes bellunoises. M. Squinabol montre que dans un rapide les mouvements tourbillonnaires sont dus en grande partie à l'obliquité des chutes successives par rapport à la direction générale du lit et que le mouvement est dextrorsum si l'obliquité de la chute supérieure est à gauche et inversement. L'on a ainsi alternativement des tourbillons dextrorsum et sinistrorsum.

M. Dal Piaz fournit un nouvel exemple de la rapidité du travail tourbillonnaire dans les milieux molassiques, soit à cause de la faible résistance du grès, soit à cause de l'abondance du sable que fournit sa désagrégation.

MM. B. BRUNHES et J. BRUNHES travaillant dans le même domaine (19) ont repris la question de la **dévi**ation des **ri**vières **vers la droite** dans l'hémisphère Nord et recherché s'il n'existait pas une liaison entre cette déviation et le fait constaté par eux de la prédominance dans notre hémisphère des tourbillons dits directs ou sinistrorsum, dirigés en sens inverse du mouvement des aiguilles de la montre sur les tourbillons dits inverses ou dextrorsum.

Les auteurs montrent que la loi de Bær, qui cherche à expliquer la déviation des rivières par l'intervention directe de la rotation de la terre, est insuffisante. Ils insistent ensuite à nouveau sur l'importance de l'érosion tourbillonnaire et rappellent que, la vitesse de l'eau tourbillonnante augmentant avec la distance à l'axe de rotation et sa force vive s'accroissant comme le cube de sa vitesse, l'action érosive atteindra son maximum à la périphérie des tourbillons.

Or, à côté des tourbillons qui sont dus à des causes locales, telles que l'écoulement d'une nappe d'eau le long d'une rive ou d'une autre nappe coulant moins vite, ou bien la chute oblique de l'eau dans les rapides, il en existe un grand nombre, qui paraissent dus à une cause générale et qui sont en très grande majorité directs. Il paraît justifié de rapprocher ces mouvements tourbillonnaires de l'eau des mouvements analogues bien connus de l'atmosphère, les tornades, les trombes et les cyclones, pour lesquels on a depuis longtemps reconnu la prédominance des mouvements directs dans l'hémisphère Nord et expliqué cette prédominance par l'intervention de la rotation de la terre. Aucune objection plausible ne s'oppose à ce qu'on admette cette même explication en ce qui concerne les tourbillons aqueux, et la prédomi-



nance parmi eux aussi des mouvements directs dans l'hémisphère Nord.

Du moment que les mouvements tourbillonnaires directs prédominent dans nos régions, il en résulte forcément que la rive droite des cours d'eau subira dans la règle et abstraction faite des autres causes une érosion plus rapide que la rive gauche et tendra par conséquent à reculer. En effet la vitesse maximum de l'eau et par suite sa plus grande énergie se trouve toujours dans le cadran tourné vers la droite et l'aval pour un mouvement direct, et inversement dans le cadran tourné vers la gauche et l'aval pour un mouvement inverse. La loi de Bær se trouverait ainsi complètement modifiée et complétée en ce sens que la déviation des rivières dans l'hémisphère boréal vers la droite serait due non pas à l'intervention directe de la rotation terrestre, mais à la prédominance des tourbillons directs déterminée par cette rotation.

M. J. BRUNHES est revenu dans un article publié par les *Archives* de Genève (21) sur ce même sujet. Il a fait une nouvelle série d'observations sur le sens des mouvements tourbillonnaires dans différents cours d'eau de l'Europe centrale et occidentale et a été confirmé ainsi dans la conviction que, si l'on fait abstraction des cas dus à une cause toute locale, par exemple à la présence d'un obstacle émergeant de la surface de l'eau (pile de pont, pierre, etc.), les tourbillons tournent en très grande majorité dans le sens inverse de celui des aiguilles d'une montre, qu'ils sont *sinistrorsum*. Dans les rapides de la Sarine entre le barrage de Maigrauge et le ruisseau de Pérolles la proportion est de 25 tourbillons *sinistrorsum* sur 27, dans les rapides du Neckar en amont d'Heidelberg elle est de 25 sur 26, dans les rapides de la Salzach en face de Kuchl elle est de 55 sur 59, dans les rapides de l'Adige en aval du pont de Mori elle est de 16 sur 17, dans les rapides de la Mur à Graz elle est de 23 sur 25, dans les rapides du Tessin dans la grotte de Piottino près de Faïdo elle est de 8 sur 8, dans la partie supérieure des rapides de Laufenbourg sur le Rhin elle paraît être presque de 100 sur 100.

Cette prédominance étant démontrée, la cause la plus probable de ce fait paraît ne pouvoir être que l'influence de la force centrifuge composée provenant de la rotation terrestre.

M. Brunhes a, d'autre part, observé sur un même tronçon de cours d'eau les modifications introduites dans le régime

tourbillonnaire par les crues et les décrues. Il a constaté ainsi que plus les eaux sont basses, plus les tourbillons visibles à la surface sont nombreux et plus aussi le sens de leur mouvement est indifféremment dextrorsum ou sinistrorsum, parce qu'il est déterminé par des causes locales agissant dans un sens ou dans l'autre. A mesure que la profondeur de l'eau augmente, le nombre des tourbillons visibles diminue, tandis qu'ils deviennent plus nets et que la prédominance des mouvements sinistrorsum s'accroît. Puis, lorsque la profondeur atteint un certain degré, les tourbillons sont comme noyés dans le courant et deviennent indistincts à la surface. En outre, les tronçons resserrés des cours d'eau et les rapides trop accentués ne se prêtent pas à des observations exactes de ce genre, parce que les tourbillons s'y heurtent et s'y confondent et que de plus, dans les tronçons à pente trop forte, les causes locales de tourbillonnement prennent une importance toute particulière.

On peut dire que l'influence de la rotation terrestre détermine le sens du mouvement d'un tourbillon lorsque n'intervient pas une cause locale plus puissante. La prédominance des mouvements sinistrorsum devra, d'après ce qui précède, être particulièrement marquée dans les cas de profondeur d'eau moyenne et de pente pas trop forte ; or ces conditions se rencontrent surtout dans les parties moyennes des cours d'eau.

#### GLACIERS

Le 24<sup>e</sup> rapport sur les variations périodiques des glaciers des Alpes suisses, rédigé par MM. F. A. FOREL, M. LUGEON et E. MURET (26) débute par un chapitre consacré par M. FOREL à l'étude du débit des torrents glaciaires. L'eau d'un torrent glaciaire a évidemment des origines diverses et comprend l'eau de pluie tombée récemment dans le bassin d'alimentation, l'eau de fusion de la neige tombée au dessous de la limite des neiges persistantes pendant l'hiver précédent, et l'eau de fusion de la glace du glacier. Il en résulte que le débit du torrent dépendra 1<sup>o</sup> de la quantité de pluie tombée pendant l'été, 2<sup>o</sup> de la quantité de neige tombée pendant l'hiver précédent, 3<sup>o</sup> de la température de l'été qui détermine la fusion de la glace. Pour pouvoir déduire la quantité moyenne de précipitations atmosphériques tombées dans un bassin d'alimentation déterminé du débit de torrent glaciaire qui en sort, il faudra mesurer ce débit pendant une série d'années au moins égale à la durée du cycle de BRÜCKNER (35 ans). Il

faudra de plus tenir compte du fait que la fusion du glacier dépend de sa longueur et poursuivre par conséquent les observations sur toute la durée d'une période entière du glacier: En opérant suivant ces principes on pourra considérer que le débit annuel moyen d'un torrent glaciaire est égal à la quantité d'eau moyenne tombée pendant une année sous forme de pluie ou de neige dans son bassin d'alimentation. Des mesures de débit ont été commencées par M. J. EPPER sur le torrent du Rhône et sur la Massa à la sortie du glacier de l'Aletsch; elles méritent d'être poursuivies pendant une période prolongée.

M. M. Lugeon a réuni quelques documents sur l'enneigement en 1903. Le nivomètre d'ORNY a montré que dans ce massif l'enneigement a été sensiblement stationnaire de 1902 à 1903 et que la fusion a enlevé de février à fin septembre une couche de neige de 5,5 m. représentant la quantité tombée en hiver.

Au Luisin il semble y avoir eu une réduction notable des névés. Dans la région du Val Giuf (Suisse centrale), au S. de la vallée du Rhin supérieur, dans le Val Maigels, au Badus, au Lucendro et à la Fibbia l'enneigement est nettement progressif.

Ainsi les névés paraissent être à peu près stationnaires dans la Suisse occidentale, tandis qu'ils abaissent leur limite dans la Suisse centrale et orientale.

MM. FOREL et MURET donnent la chronique des glaciers suisses pendant la période 1902-1903:

Dans les Alpes valaisannes, sur 19 glaciers observés 15 sont en décrue, 3 sont stationnaires et 1 seul, celui de Kaltwasser, a montré une crue. Dans les Alpes vaudoises, sur 7 glaciers observés 4 sont en décrue, 1 est stationnaire et 2, ceux de Prapioz et du Scex Rouge sont en crue. La crue de 1902 paraît donc presque arrêtée.

Dans le bassin de l'Aar, sur 7 glaciers observés 3 sont en décrue, 2 sont stationnaires, et 2 sont en crue; celui de Blümlisalp n'a avancé que très faiblement, tandis que celui de Ob. Grindelwald a poussé son front de 18<sup>m</sup> 5 vers l'aval, cette crue étant due sans aucun doute à l'importance très grande qu'à prise depuis quelque temps le revêtement morainique qui couvre ce glacier.

Dans le bassin de la Reuss, sur 4 glaciers observés 3 sont en décrue lente, 1, celui de Firnälpli est en faible crue.

Dans le bassin du Rhin, sur 7 glaciers observés 2 sont en décrue, tandis que 5 ont faiblement augmenté ; ce sont les glaciers de Zapport, Paradies, Tambo, Scaletta, Schwarzhorn.

Dans le bassin de l'Inn, sur 4 glaciers observés 3 sont en décrue, 1, celui de Picnogl, est en crue.

Dans le bassin de l'Adda, 2 glaciers observés sont en décrue, tandis que, dans le bassin du Tessin, sur 5 glaciers observés 2 sont en décrue et 3, ceux de Muccia, Cavagnoli, Sassonero, sont en crue.

En résumé la décrue prédomine toujours, mais le nombre des glaciers tendant à s'accroître augmente depuis 2 ans et un changement dans le régime semble s'annoncer.

Du rapport général sur les variations des glaciers en 1903, rédigé par MM. H. FIELDING REID et E. MURET (25) avec l'aide de divers collaborateurs, j'extrais les renseignements suivants intéressant les régions alpines.

En Suisse, sur 58 glaciers observés, 43 sont en décrue ou stationnaires ; la tendance à une poussée en avant semble pourtant se maintenir pour certains petits glaciers des Alpes vaudoises et pour celui de Kaltwasser.

Dans les Alpes autrichiennes, les glaciers du groupe de la Silvretta sont généralement en retrait, tandis que le Suldenerferner, dans le groupe de l'Ortler, a subi entre 1895 et 1903 une crue notable. Dans les groupes de l'Oetzthal, du Stubai, du Zillertal, du Venediger, du Glockner, la tendance à la décrue prédomine fortement, quoique quelques glaciers aient faiblement augmenté.

En Italie, dans les Alpes vénitiennes, les Alpes Grées et les Alpes pennines, la plupart des glaciers montrent une diminution plus ou moins importante ; par contre, l'enneigement a augmenté dans plusieurs massifs.

En France, dans les massifs du Pelvoux et des Grandes-Rousses, en Maurienne et en Tarentaise, c'est encore le recul presque général et parfois très accentué pour les petits glaciers qui se manifeste.

D'après le rapport annuel de M. HAGENBACH-BISCHOFF (33), nous savons que les mesures faites sur le glacier du Rhône en 1903 ont montré la continuation de l'affaissement du dos du glacier et du recul de son front.

M. L. COLLET (22) a eu l'occasion de faire pendant les étés des années 1900, 1901, 1902 et 1903, plus spécialement entre le 20 et le 25 septembre, c'est-à-dire au moment le plus



favorable pour l'étude de la vieille neige, quelques observations sur l'enneigement dans la chaîne de la Tour Sallière. De ces observations, il résulte que l'enneigement a augmenté progressivement de 1900 à 1903 soit dans les parties élevées au niveau des petits glaciers de la Tour Sallière, soit plus bas dans les névés du fond du vallon de Barberine.

### TOURBIÈRES

MM. J. FRÜH et C. SCHRÖTER ont terminé l'année dernière leur étude monographique des **Tourbières de la Suisse** (31), un travail entrepris dès 1890 sous l'impulsion de la Société helvétique des sciences naturelles.

Dans une introduction étendue, les auteurs refont l'histoire de l'étude des tourbières en général et spécialement en Suisse, depuis Scheuchzer et Lesquereux. Ils divisent ensuite leur monographie en deux parties : l'une est consacrée à la connaissance générale des tourbières de notre pays ; l'autre comprend des descriptions locales de cas nombreux et variés, parmi lesquels 17 appartiennent au Jura, 22 à l'avant-pays des Alpes, 24 aux Préalpes et 1, l'Isenriet, à la vallée du Rhin.

MM. Früh et Schröter ont été forcément amenés à examiner la question des tourbières dans son ensemble, dans le but soit d'éclaircir un certain nombre de questions controversées, soit de mettre un peu d'ordre dans la terminologie rendue très compliquée par la dissémination de la littérature.

Sous le nom de tourbière (Moor), les auteurs comprennent les surfaces de formation généralement quaternaire sur lesquelles sont développés, par l'intervention de certains végétaux, des dépôts riches en charbon. Dans ces dépôts, la décomposition de la substance végétale a pu se faire ou bien par oxydation (milder humus, Mull), ou bien par réduction (saurer humus, tourbe).

Comme botaniste, M. Schröter s'est préoccupé spécialement des formations tourbeuses actuelles, soit des tourbières de plaine, soit des tourbières de montagne ou de type mixte ; il a étudié leur processus de développement, leurs éléments constitutants dans les différents cas et suivant les différentes conditions géographiques. Il a examiné l'assèchement progressif des terrains marécageux et le phénomène des îles flottantes.

Le phénomène de l'établissement et du développement des tourbières est traité d'une façon particulièrement détaillée en

tenant compte des conditions de température, de l'action des bactéries, de la pression, des conditions climatériques, etc.... Les auteurs décrivent ici les produits successifs de la décomposition des divers éléments organiques inclus dans la tourbe et étudient l'action exercée par un revêtement tourbeux sur son sous-sol.

Pour l'étude stratigraphique des tourbières, les auteurs ont établi un grand nombre de profils basés sur des observations microscopiques et sur des réactions microchimiques. Ils ont cherché à établir les relations qui existent entre l'origine spéciale de chaque tourbière et la structure particulière de la tourbe (tourbe boueuse, tourbe compacte, tourbe amorphe, tourbe autochtone, tourbe allochtone, etc.); puis ils ont fait une étude comparative des tourbières et des couches de charbon.

L'étude de la répartition géographique des tourbières en Suisse est au fond un texte explicatif à la carte des tourbières publiée récemment (30); elle montre que notre pays contient 2083 tourbières actuellement existantes et 3381 tourbières éteintes, qui sont réparties inégalement en tourbières de plaine, de montagne et de bassins lacustres. C'est le plateau molassique qui fournit le plus grand nombre de tourbières (4067); le Jura en possède 488, et les régions alpines 909. A propos de cette répartition des tourbières de différents types dans notre pays, les auteurs essaient d'en établir une classification générale d'après leurs caractères géomorphologiques.

MM. Früh et Schröter n'ont pas négligé non plus le côté économique de la question; d'une part, ils ont montré le rôle qu'ont joué les tourbières dans le passé au point de vue du développement de la colonisation, d'autre part ils ont envisagé l'avenir et discuté en particulier la question controversée de la régénération des tourbières; ils concluent sur ce dernier point à la nécessité de la transformation progressive des tourbières en terrains cultivables.

Dans un chapitre spécial, M. Schröter aborde la question de l'histoire de la flore dans la Suisse septentrionale après le retrait des glaciers et montre l'importance des documents fournis sur ce sujet par les tourbières, qui constituent comme qui dirait les archives de cette histoire. A ce propos, il fait une revision critique et comparative des flores des dernières périodes glaciaires et interglaciaires et des flores plus récentes de nos régions; puis il compare les données fournies au point de vue climatérique d'un côté par la faune, de l'autre par la



flore. Les déductions qu'il tire de cet examen d'ensemble sont :

Après le retrait des glaciers commence la période de dépôt du Löss (Dryasformation); en même temps les marais tourbeux commencent à se développer dans les régions humides; d'autre part, les populations paléolithiques s'établissent en Suisse (Schweizersbild) et dans la faune abondent les petits rongeurs des steppes. Ensuite, la tundra a été remplacée peu à peu par la forêt, le trifarietum a cédé la place au cariceto-arundinetium. Puis sont venus les palafites agriculteurs, la forêt a pris un grand développement dans tous le pays, tandis que la surface occupée par les éléments xérothermes était de plus en plus morcelée, que les tourbières passaient au type Scheuchzerietum et que se produisait l'immigration des éléments des tourbières de montagne. Dans la période historique, les Allemanes ont dévasté le pays; la destruction d'une grande partie des forêts s'est effectuée entre le VI<sup>e</sup> et le XIV<sup>e</sup> siècle de l'ère chrétienne; à la même époque, beaucoup de tourbières ont été asséchées. Enfin l'époque actuelle est marquée par la réduction progressive des lacs et des tourbières activée par le développement de la culture.

L'auteur n'a constaté aucun parallélisme avec les alternatives de périodes sèches et chaudes et de périodes froides et humides telles qu'elles existent dans les tourbières des régions baltiques.

M. Schröter donne enfin un tableau montrant la répartition de 472 espèces végétales différentes contribuant à la formation des tourbières.

### *Actions et agents internes.*

#### TREMBLEMENTS DE TERRE

Chaque année, M. J. FRÜH collationne les renseignements sur les tremblements de terre en Suisse et les publie dans un rapport spécial. Le rapport concernant l'année 1900 (27) indique pour cette durée relativement peu de séismes qui se répartissent comme suit :

1<sup>o</sup> Le 25 janvier, à 7 h. 50 min. av. m., une secousse suivie de roulement à Glaris et Bilten. Ce séisme a été cause d'un éboulement.

2<sup>o</sup> Le 18 mai, à 1 h. 24 min. av. m., un mouvement ondulatoire assez fort, mais très nettement localisé, a été éprouvé