

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 11 (1910-1912)
Heft: 5: Paléontologie et stratigraphie

Artikel: Pour l'année 1910 : Partie II, Géophysique
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-157092>

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>

tives acides, granites, porphyres, syénites, pegmatites, aplites, sont fortement radioactives, que la plupart des autres roches éruptives ont une émanation moyenne, la radioactivité étant particulièrement faible dans les roches à plagioclase, mais dépendant probablement de la présence de certains minéraux accessoires.

Parmi les formations sédimentaires ce sont les argiles d'eau profonde qui montrent la plus forte émanation.

En terminant M. Gockel signale une émanation β assez forte dans certaines roches, qui doit provenir de la présence de radium, d'uranium ou de mésothorium.

II^{me} PARTIE — GÉOPHYSIQUE

Hydrographie.

M. E. CHAIX (19) a décrit un joli exemple de captage d'un cours d'eau à écoulement périphérique par un cours d'eau centripète à la suite du retrait définitif des glaciers du bassin de Genève. C'est par ce captage que l'Aire a acquis tout son tronçon supérieur en amont de Saint-Julien.

A côté de cette observation il suffira de citer quelques très brèves remarques qu'ont publiées MM. FR. JACCARD (32) et BIERMANN (12) sur l'hydrographie du Jorat.

Actions des Cours d'eau.

MM. E. CHUARD et R. MELLET (20) ont commencé une étude des sables charriés et déposés par le Rhône. Les premiers résultats de ce travail consistent d'une part dans la découverte d'une quantité appréciable de plomb mêlée aux sables du Rhône près de Saint-Maurice, d'autre part dans la constatation d'une quantité importante d'éléments magnétiques dans les sables accumulés un peu en aval de l'embouchure de la Dranse à Martigny. Ces éléments, qui forment jusqu'au 5.8 % de la masse totale du dépôt se composent de magnétite, de limonite et de silicates divers à base de fer.

M. G. ESCHER (22) a décrit en quelques lignes l'action érosive exercée par l'Albula sur le barrage établi pour le compte de la ville de Zurich. La roche dont a été construit ce barrage est un calcaire dolomitique du Trias ; elle a été soumise à l'action de l'eau d'août 1908 à octobre 1909 ; le débit de la rivière varie de 6 m³ par seconde en hiver à 300 m³ en été ;

la vitesse maximum du courant constatée a été de 10-15 m. à la seconde. Dans ces conditions l'eau a entamé le pied d'un pilier jusqu'à 25 cm. de profondeur et a, d'autre part, créé des sortes de marmites allongées, dont la plus importante atteint 2 m. de long, 1^m10 de large et 40 cm. de profondeur.

MM. H. WEGELIN et M. KOMADINITSCH (49) ont étudié la composition du dépôt laissé par la Murg après un débordement. Ils ont en particulier dosé tous les éléments organiques qui y étaient contenus et ont déterminé tout ce qui était déterminable. Ils ont ainsi reconnu la présence dans un litre de dépôt de 8357 débris végétaux, dont 3095 provenant de graminées, 3565 débris de coquilles de mollusques (*Hyalina*, *Patula*, *Helix* etc.) et 885 débris d'insectes plus quelques œufs de vers et de nombreux fragments indéterminables.

La prise de vase en vue de cette étude a été faite en mars 1910 à Espi au S de Frauenfeld.

M. CH. TARNUZZER (47) a consacré un petit article à l'étude des glissements de terrain qui se continuent depuis fort longtemps dans le bassin supérieur de la Nolla, affluent du Rhin postérieur. Ces glissements sont dus d'abord à la prédominance exclusive des Schistes lustrés dans ce bassin, ensuite à la forte inclinaison des divers bras de la Nolla, qui sont ainsi en pleine activité, enfin probablement aussi à des infiltrations provenant en particulier du petit lac de Lüschers.

Lacs.

Le rapport pour 1909-10 de la commission hydrologique suisse, rédigé par M. F. ZSCHOKKE (50), signale une série de recherches entreprises au sujet du plankton du lac des Quatre Cantons et du lac d'Arosa et au sujet de la faune et des conditions physiques des lacs de Baldegg et de Sempach. Il donne spécialement les résultats d'une étude poursuivie depuis 1908 par M. EPPER sur les dépôts de vase qui s'accumulent dans le lac de Brienz. Les observations en question ont fait ressortir l'amplitude des variations saisonnières qui se font sentir dans l'intensité de l'accumulation. L'analyse de la vase, effectuée par M. LIECHTI, a indiqué une composition, dans laquelle l'élément argileux prédomine fortement sur l'élément calcaire.

M. F. A. FOREL (24) a eu l'occasion de noter l'arrivée dans la rade de Genève en janvier 1909 d'eau remarquablement trouble ; il a attribué ce fait à une suite de pluies survenues

peu auparavant, qui ont contribué à troubler les eaux des affluents, puis à l'intervention de courants de fond dirigés de l'amont vers l'aval. Ces courants devaient en effet se manifester en sens inverse des courants superficiels, actionnés à ce moment-là par un vent du S W.

La question de la **répartition des températures dans les lacs** a fait l'objet de deux publications. D'une part M. W. HALBFASS (31) a insisté sur l'importance de la configuration du bassin pour la répartition des températures, importance qui n'a pas été suffisamment reconnue jusqu'ici. D'autre part M. E. BRÜCKNER (13) a montré dans quelle importante proportion la température superficielle d'un lac dépend du débit de l'émissaire. Celui-ci entraînant surtout des eaux superficielles, par conséquent exposées aux variations de température saisonnières, tend, lorsqu'il a un débit important, à diminuer l'amplitude de ces variations en proportion de son débit.

Infiltrations et Sources.

M. H. SCHARDT (44) a rendu compte des expériences répétées qu'il a faites sur la **circulation des eaux souterraines** en se servant de colorations à la fluorescéïne. Par ce moyen il a pu arriver à déterminer exactement la proportion des eaux d'une source qui provenait d'un point d'infiltration connu ; il a pu reconnaître aussi l'influence exercée sur le régime de certaines sources par les variations climatiques, ceci en particulier dans la galerie du Simplon et dans la région d'Yverdon. Enfin M. Schardt a fait avec la fluorescéïne d'intéressantes expériences sur la lenteur avec laquelle les eaux d'infiltration traversent un milieu filtrant ; dans un cas donné, où il s'agissait d'une distance souterraine de 110 m. seulement l'effet de la coloration s'est prolongé pendant 18 mois.

M. F. A. FOREL (23) profitant des mesures de température qui sont effectuées régulièrement depuis 1907 par les soins de la société des eaux de Joux à la **source de l'Orbe**, a montré que les variations de température de ces eaux s'étendent d'un minimum de 3°.4 à un maximum de 18°. Ces conditions indiquent évidemment qu'une partie importante des eaux de l'Orbe lui arrivent directement des lacs de Joux, malgré les travaux qui ont été effectués dans ceux-ci pour réduire les pertes souterraines.

Les **sources de Pfäfers-Ragatz** ont fait l'objet d'une publication récente de M. Ch. TARNUZZER (48). D'après cet auteur les eaux de Pfäfers-Ragatz sortent d'un système de fractures,

qui coupent avec une direction NW-SE les sédiments du Flysch. Conformément à une idée développée par M. J. Früh et basée sur les variations que montrent ces sources soit dans leur débit, soit dans leur température, elles doivent provenir d'infiltrations se produisant en partie dans les régions élevées des Graue Hörner pendant la fonte des neiges, en partie des régions plus basses lors des périodes de pluie.

Pour expliquer la température élevée des eaux de Pfäfers (33° - 36°) M. Tarnuzzer suppose qu'elles doivent descendre jusqu'à 1000 m. environ au-dessous de leur point de sortie sans du reste atteindre la base des schistes du Flysch. Quant à la teneur minérale de ces eaux, elle doit résulter essentiellement de dissolutions effectuées pendant le mouvement de remontée.

M. A. SCHWEITZER, continuant ses recherches sur la radioactivité des sources minérales de Suisse (45), a opéré en dernier lieu sur les sources suivantes et obtenu les résultats indiqués ci-dessous :

Les deux sources d'Acquarossa, dans le Val Blenio, jaillissent à peu de distance l'une de l'autre du gneiss ; elles sont très abondantes, et contiennent du fer, du lithium, de l'arsenic ; la première, exploitée, a une température de $25^{\circ} 3$ et une émanation radioactive évaluée à 3.02 unités de Mache ; la seconde, dont la température varie de 20° à 24° , possède un pouvoir d'émanation de 5.17 unités de Mache.

La source ferrugineuse et gypsifère d'Andeer possède une température de $16^{\circ} 3$ et un pouvoir d'émanation de 3,26 unités de Mache.

La source sulfureuse de Clavadil est faiblement radioactive (1.72 u. de M.).

De nouvelles observations faites à la source Saint-Placidus à Disentis ont donné pour l'émanation radioactive la valeur de 48.4 unités de Mache, valeur un peu supérieure à celle obtenue antérieurement ; elles ont prouvé ensuite que l'émanation provient bien du radium. D'autre part M. Schweitzer a visité une autre source ferrugineuse, qui possède un pouvoir radioactif important et qui jaillit dans le Val Lumpegnia, à l'E du Val Saint-Placidus, dans des conditions géologiques analogues à celles de la source de Saint-Placidus.

La source de Baraigla, qui sort près de Fetan (Engadine) des Schistes lustrés, est très peu radioactive. Il en est de même des deux sources ferrugineuses et sodiques de Fideris, qui

sont aussi des Schistes lustrés, et des sources de Gadenstätt (vallée de Saint-Antonien), dont le caractère géologique est encore le même. Du reste ce caractère de faible émanation radioactive paraît être général pour les eaux sortant des Schistes lustrés, car M. Schweitzer l'a constaté pour les sources de Rhäzüns, de Schuls, de Serneus, de Tarasp et du Val Sinestra.

Deux sources jaillissant de la zone triasique qui forme la base de la masse chevauchante des chaînes jurassiennes dans le Jura bâlois, celles de Ramsach et de Ruch-Eptingen, n'ont montré que des pouvoirs radioactifs insignifiants. Par contre M. Schweitzer a constaté une émanation radioactive importante dans les eaux de Graenichen (Argovie), qui sortent à la base de la Molasse marine et sont terreuses et ferrugineuses. L'émanation a été évaluée à 7.56 unités de Mache.

Glaciers et Névés.

En tête de ce chapitre il convient de citer un article dans lequel M. Ch. RABOT (42) fait une revue de tous les travaux intéressant les différentes branches de la glaciologie et parus entre 1903 et 1907.

Pour la dernière fois en 1910 le fidèle rapporteur de la commission suisse des glaciers, M. E. HAGENBACH-BISCHOFF (30) a rendu compte des observations faites sur la marche et les variations du **glacier du Rhône**. D'après les mesures qu'a effectuées M. LEUPIN, le front du glacier s'est encore retiré en 1909, tandis que la vitesse de marche et l'ablation sont restées à peu près ce qu'elles avaient été pendant les années précédentes.

Le rapport qui est publié annuellement sur les **variations des glaciers des Alpes suisses** a été rédigé pour l'année 1909 par MM. F. A. FOREL, E. MURET et P. L. MERCANTON (27). Il débute par un chapitre dans lequel M. Forel insiste sur l'influence prépondérante exercée par les variations dans la vitesse du mouvement des glaciers sur les variations de longueur de ceux-ci et cherche à provoquer de plus nombreuses observations sur la vitesse d'écoulement de différents glaciers.

Le second chapitre de ce rapport, rédigé par M. P. L. Mercanton, concerne spécialement l'enneigement en 1909. Il montre que d'une part les chutes hivernales de neige ont été en général moins abondantes en 1908-09 qu'en 1907-08, mais que par contre la fonte du printemps et de l'été a été ralen-

tie par des périodes de jours froids et même partiellement compensée par des chutes de neige répétées sur les hauteurs. Il en résulte qu'aux grandes altitudes l'enneigement a été plutôt progressif, tandis qu'il a été en général régressif aux altitudes moindres.

L'auteur se plaint du peu d'attention que prêtent les ascensionnistes aux nivomètres d'Orny et des Diablerets.

La chronique des glaciers, que nous devons à MM. Muret et Forel, nous montre que la décrue des glaciers a continué en 1909, puisque sur soixante-et-un cas examinés, deux glaciers seulement, ceux d'Unter Grindelwald et du Scex Rouge, ont subi une crue certaine et neuf ont légèrement progressé.

Enfin le rapport se termine par un graphique établi par M. Hans Dübi et indiquant les variations de longueur de 25 glaciers des différentes régions des Alpes suisses et savoisiennes pendant le XIX^e siècle.

Les observations faites sur les glaciers suisses en 1908 sont reproduites en résumé dans le rapport de MM. E. BRÜCKNER et E. MURET (14) concernant les variations des glaciers en général. Cette publication montre du reste que la décrue des glaciers a été pour ainsi dire générale dans les Alpes en 1908, tandis que l'enneigement a présenté des signes de crues locales, en particulier dans le massif du Mont-Blanc.

Dans les Pyrénées l'enneigement était alors progressif et d'assez nombreux glaciers furent trouvés en crue. En Scandinavie l'on a constaté des variations dans les deux sens suivant les districts. Au Canada et aux Etats-Unis la majorité des glaciers ont été trouvés en décrue ou stationnaires.

M. P.-L. MERCANTON s'intéresse depuis plusieurs années aux variations de l'enneigement et cherche à y intéresser un public aussi étendu que possible. Dans ce but il a insisté dans une publication récente (38) sur les services que pourraient rendre les clubistes en fournissant des rapports précis sur ce sujet. Dans une seconde notice il a proposé à l'attention des amateurs de montagne les sujets suivants (39) : 1^o étude précise des névés collecteurs, 2^o étude des conditions de température et d'humidité à proximité des langues glaciaires, 3^c levés exacts des laisses glaciaires mises à nu par la décrue à tuelle, 4^o examen nouveau de la question de la stratification des névés et des glaciers. Enfin dans un troisième article M. Mercanton (36) a reproduit séparément ses propres observations sur l'enneigement en 1909, qui sont résumées ci-dessus.

M. J.-Y. BUCHANAN (17) s'est occupé de la transformation de la glace bleue compacte en glace poreuse et blanche sous l'action du rayonnement solaire. Il a étudié en particulier à ce point de vue le glacier du Morteratsch, cherchant s'il trouverait dans l'intérieur de la glace des veines poreuses et blanches et est arrivé, sur ce point, à un résultat purement négatif.

M. P.-L. MERCANTON (37) a effectué une série de mesures sur la vitesse de marche du glacier inférieur d'Arolla ; il a ainsi constaté que le mouvement de la masse principale du glacier n'est influencé que d'une façon insignifiante par la présence sur ses deux flancs de zones latérales inertes. Il a observé en second lieu que le glacier comprend à gauche une partie formée de glace pure et animée d'un mouvement rapide, à droite une partie couverte de moraine et n'avancant que lentement.

M. P. GIRARDIN (29), après avoir rappelé la fréquence des cas de *diffluence glaciaire* pendant les grandes crues quaternaires, montre que des cas analogues sont encore actuellement plus fréquents qu'on ne l'admet en général, la diffluence se réduisant il est vrai souvent à l'écoulement des eaux émises. Ainsi les lignes de partage des eaux dans les régions glaciées n'ont pas nécessairement le caractère absolu qu'on leur attribue, elles sont susceptibles de variations, exactement du reste comme les lignes de partage qui existent dans les régions basses au modèle glaciaire, là où certaines dépressions possèdent un double écoulement.

Erosion glaciaire. M. E. DE MARTONNE a consacré deux notes à l'action des glaciers et aux formes qui en découlent. Dans la première de ces publications (34) il montre que, si l'usure du lit des glaciers est indéniable, elle ne s'effectue qu'avec une extrême lenteur, et qu'elle varie amplement avec la vitesse du glacier, son épaisseur, le périmètre du lit et le cosinus de la pente. En terminant il constate qu'au delà d'une certaine pente l'érosion glaciaire diminue, quand la pente augmente, que l'érosion est maximale en amont et en aval des gradins et des étranglements, que l'érosion devient presque nulle soit sous le front des glaciers, soit sous les parties supérieures des névés.

Dans une seconde note (35) M. DE MARTONNE part des principes énoncés ci-dessus pour expliquer les particularités des vallées glaciaires par l'intervention inégale de l'érosion suivant

les tronçons. Il suppose que ces vallées, lorsqu'elles ont été envahies par les glaciers, avaient le caractère de vallées fluviales juvéniles avec de nombreuses ruptures de pentes et des étranglements, et qu'elles ont dû, par ce fait même, être érodées très inégalement dans leur différentes parties. Ceci l'amène à attribuer une importance fondamentale à la nature des roches et aux dislocations tectoniques dans la genèse des formes glaciaires et en particulier des ruptures de pente, qui lui paraît beaucoup plus complexe qu'on ne l'admet généralement. Il suppose des mouvements tectoniques prolongés jusqu'à la fin du Pliocène dans les Alpes et des vallées qui, restées ainsi jusqu'aux grandes glaciations dans un stade juvénile, ont été ensuite modelées en conséquence par les glaciers.

M. F.-A. FOREL (25) s'est appliqué à exposer les arguments tirés de l'étude des glaciers actuels qui sont contraires à l'idée d'une **excavation des grands bassins lacustres subalpins par les glaciers**.

Il reconnaît, en commençant, que les glaciers érodent en entraînant sous eux des blocs, des galets, des sables et en les pressant contre les roches du lit glaciaire ; mais il admet que cette érosion ne peut avoir que des effets limités. D'abord la moraine de fond, dès qu'elle atteint une certaine épaisseur reste immobile en grande partie et fait cesser toute érosion ; ensuite l'usure opérée par les glaciers est très lente, même là où elle s'effectue dans des conditions favorables. Quant à la désagrégation des roches par des alternatives de fonte et de regel se produisant sous le glacier, M. Forel n'a pu jamais en constater le moindre indice ; il ne peut donc pas lui attribuer d'importance.

La moraine de fond, formée, dans l'esprit de M. Forel, en grande partie de matériaux venus de la surface et non arrachés au fond, est mise en mouvement surtout par les eaux sous-glaciaires, qui doivent forcément tendre à les accumuler sur les parties à faible pente et, à plus forte raison, dans des cuvettes. Quant à un transport en masse de la moraine de fond par le glacier qui presse sur elle, l'auteur est convaincu que, même dans le cas des grands glaciers pléistocènes, il a été toujours limité à la partie superficielle. M. Forel ne peut pas admettre d'autre part que des cuvettes se soient formées sous le glacier par un refoulement latéral de la moraine de fond, parce que celle-ci ne possède pas la fluidité nécessaire pour de semblables mouvements. Enfin toutes les observations faites par M. Forel sont contraires à l'idée d'une incorpo-

ration de la moraine inférieure et d'un transport des éléments morainiques en grande quantité de cette façon. Si un phénomène semblable intervient parfois, il doit toujours être limité à de très faibles proportions.

De ce qui précède, M. Forel conclut que rien dans ce que nous connaissons de l'action des glaciers actuels ne nous permet d'entrevoir les forces érosives qui auraient dû agir, pour créer les grands bassins lacustres subalpins, même en supposant des épaisseurs de glace considérables et de très longues durées.

Ces idées ont été brièvement résumées d'autre part par leur auteur (26).

Sédimentation.

M. L.-W. COLLET (21) a consacré un petit article à définir les conditions dans lesquelles se développent soit les **concrétions phosphatées**, soit la **glaucophanie**; il a insisté sur la nécessité de tenir compte de ces conditions dans l'interprétation des formations semblables comprises dans les sédiments anciens et a montré du reste combien la connaissance de l'océanographie est indispensable pour une bonne compréhension de la stratigraphie.

Eboulements et Glissements.

L'année 1909, avec ses fortes chutes de pluie a été favorable aux glissements de terrain. Deux d'entre eux ont été signalés spécialement dans nos régions. C'est d'abord M. CH. SARASIN (43), qui a décrit une forte coulée de boue survenue en novembre 1909 sur le versant N des Voirons, au dessus de Machilly, et ayant affecté une couche détritique recouvrant la Molasse. En second lieu M. FR. LEUTHARDT (33) a signalé des mouvements assez importants, qui se sont produits en deux fois, le 10 juillet 1909 et le 20 janvier 1910, au Murenberg, sur le versant droit de la vallée de la Hintere Frenke (Jura bâlois). La cause de ces mouvements réside en première ligne dans les suintements d'eau qui, sortant de la surface des couches d'Effingen, ramollissaient la couche détritique superficielle. Mais il paraît certain que cette action des eaux a été accentuée et facilitée par des déboisements récents.

M. CH. TARNUZZER (46) a fourni quelques renseignements sur un éboulement, qui s'est produit les 5 et 6 mars 1910 sur les pentes de Valdätscha, au dessus de Trimmis, au N de

Coire. La niche d'arrachement, située à 1500-1600 m. d'altitude, avait la forme d'un grand couloir, large de 70 m, long de 120 m. ; la masse éboulée est descendue sur une pente très inclinée jusqu'au niveau de 1120-1200 m., puis s'est étalée. La rupture des couches a affecté les Schistes lustrés plongeant ici vers la montagne ; elle avait été préparée par l'action désagrégeante des eaux et, cette action se propageant très profondément, d'autres chutes sont probables dans un avenir rapproché.

Géothermie.

M. G. NIETHAMMER (40) a entrepris une révision critique des résultats d'observation publiés concernant la **répartition des températures dans le tunnel du Simplon et au dessus**. Dans un premier chapitre il cherche à déduire la courbe des températures superficielles moyennes des observations très incomplètes qui ont été faites. Il arrive à établir la formule $T = t^\circ - \frac{h}{100} \alpha$, dans laquelle T est la température moyenne d'un point situé à l'altitude h , tandis que t° et α sont des constantes dont la première a été trouvée égale à 11.8, la seconde égale à 0.457 ; t° représente en outre la température du lieu supposé situé à l'altitude O.

L'auteur donne ensuite un tableau des températures observées dans le tunnel, en faisant à une partie des valeurs obtenues les corrections nécessaires ; puis, partant de ces températures en profondeur et des températures superficielles, il dessine dans le plan vertical du tunnel les courbes isothermes, qu'il suppose équidistantes suivant une même verticale et pour une même différence de température de 5°.

Pour tenir compte de l'influence du relief des régions ambiantes, M. Niethammer remplace la ligne de profil simple du plan vertical du tunnel par une ligne de profil égalisée d'après le relief du territoire ambiant compris dans un cercle de 1000 m. de rayon. En partant de cette ligne égalisée et en se basant sur la différence de température de chacun de ses points avec le point sous-jacent dans le tunnel, il arrive à une valeur moyenne du degré géothermique de 40 m., qui tombe à 37 m. si l'on fait abstraction du tronçon fortement influencé par les venues d'eaux froides.

La grande différence qui existe entre le degré géothermique du Simplon (37 m.) et celui du Gothard (47 m.) est due, semble-t-il, à trois causes : 1^o la position des couches très inclinée au Gothard, presque parallèles à la surface au Simplon,

2^o les venues d'eau plus également réparties au Gothard, localisées au Simplon, 3^o le niveau plus bas du tunnel du Simplon, niveau qui tend à le rapprocher des conditions géothermiques de la plaine.

Parlant pour finir des variations du degré géothermique dans les différentes parties du plan du tunnel du Simplon, M. Niethammer montre qu'on peut toujours les expliquer par l'influence du plongement des couches; de leur nature et de leur état de sécheresse ou d'humidité; les plus fortes anomalies se produisent naturellement là où interviennent les grosses venues d'eau.

Volcanisme.

M. ALB. BRUN, dont j'ai analysé plusieurs fois ici-même les travaux sur l'**exhalaison volcanique**, a réuni en un élégant volume tous les résultats qu'il a acquis sur ce sujet par ses voyages étendus et ses multiples expériences (15).

Il définit d'abord le volcan comme « un point de la surface du globe, dont la température peut atteindre, d'une façon rythmique ou permanente, un très grand excès sur la température des points immédiatement voisins », et qui représente une fonction algébrique à trois variables : température, magma, climat.

Ceci établi, M. Brun passe à l'examen de la question température. Après avoir décrit ses méthodes d'expériences et les appareils dont il s'est servi, pour opérer aux hautes températures, il montre comment, tandis que chaque minéral a un point de fusion bien net, facile à préciser, la fusion des verres se fait d'une façon si progressive que le point de fusion prend un caractère imprécis; il faut alors déterminer la température minimum de la déformation. L'auteur explique ensuite l'importance qu'il y a à déterminer la température à laquelle les laves commencent à émettre des gaz.

Se basant sur ces principes généraux, M. Brun a établi les points de fusion d'une série de silicates et de quelques minéraux divers, en tenant compte du fait que le point de fusion ne coïncide pas toujours avec le point de destruction du réseau du cristal. Il a d'autre part déterminé pour un grand nombre de laves, provenant des régions les plus diverses et appartenant à des époques très variées, le point de déformation, le point de fusion, le point explosif c'est-à-dire la température à laquelle commence l'exhalaison, et la capacité calorifique.

En déterminant ainsi dans une série de cas particuliers, la température de fusion des laves et leur température explosive, qui du reste coïncide en général à peu près avec la première, d'autre part le point de fusion des minéraux de première consolidation que ces laves contiennent, l'auteur arrive à établir avec une assez grande précision quelle devait être la température des laves à l'émission dans chaque cas particulier. Il termine ce chapitre consacré aux températures en montrant les mouvements d'ascension et de descente plus ou moins rythmiques que subissent les isogéothermes autour des centres volcaniques. Quant aux températures des laves au moment de leur sortie du cratère, elles oscillent dans la plupart des cas entre 1000° et 1200°.

M. Brun aborde ensuite la question des propriétés volcaniques des magmas. Il commence par définir parmi les roches éruptives consolidées un type actif, auquel appartiennent, semble-t-il, toutes les roches volcaniques proprement dites et qui se distingue par le fait qu'au moment même où les roches sont ramenées artificiellement à leur température de fusion, elles émettent des gaz en quantité considérable, puis un type mort, représenté par les granites et les roches semblables qui, une fois réchauffées suffisamment, fondent tranquillement sans aucune émission violente.

Cette distinction établie l'auteur, démontre facilement par de multiples expériences que les dégagements de gaz auxquels donnent lieu les roches actives comportent des pressions largement suffisantes pour expliquer l'ascension des laves dans n'importe quelle cheminée de volcan. Les gaz s'échappent du reste en quantité très variable des différentes parties d'un même magma, d'une même coulée, comme si les générateurs de ces gaz, introduits dans le magma, n'y avaient subi qu'un brassage incomplet.

Après avoir expliqué la méthode qu'il a suivie pour recueillir d'une part sur le terrain les gaz des fumerolles, d'autre part les gaz dont il provoquait le dégagement au laboratoire en chauffant des fragments de lave jusqu'à leur température explosive, M. Brun établit comme suit la liste des éléments constituants de ces dégagements gazeux : N, NH₃; Cl₂, HCl; C, Hm Cn, CO, CO₂; S, SO₂, H₂S, SO₄ H₂; H Fl, Si Fl₄; NH₄ Cl, NH₄ Fl, Na Cl, K Cl, Ca Cl₂, Fe Cl₂.

Vient ensuite l'exposé des résultats donnés par des analyses de gaz effectuées sur 21 échantillons de laves d'Europe ou des îles méditerranéennes, 11 de l'Atlantique, 9 d'Amérique, 11 du Pacifique y compris le Japon et les Indes néer-

landaises, 2 d'Arménie, 1 d'Abyssinie, 1 du Mont Erebus (Antarctique). Il est impossible d'analyser ici ces résultats et je dois me contenter de citer les conclusions que l'auteur en tire :

L'explosion volcanique n'est pas provoquée par l'eau, elle ne comporte pas de vapeur d'eau et, lorsqu'on opère sur des roches hydratées, l'eau contenue dans celle-ci s'échappe à des températures bien inférieures à la température explosive. Les gaz dégagés par les volcans sont indépendants de la nature du magma ; ils restent semblables à eux-mêmes d'un volcan à un autre et ne sont influencés essentiellement ni par la position géographique ni par l'âge du foyer actif. Les gaz volcaniques et les sels volatilisés qui se mêlent à eux se trouvent à une haute densité ; chimiquement ces produits gazeux se composent essentiellement de chlore avec ses composés H Cl, NH₄ Cl, NaCl, K Cl etc., d'ammoniaque, de carbone avec ses composés Cm Hn, CO₂, CO, de soufre avec divers sulfates ; ils ne comprennent pas d'eau.

A la suite de ces expériences de laboratoire, M. Brun rend compte d'analyses faites sur des cendres de différents volcans, qui ont toutes prouvé l'existence dans ces cendres des mêmes sels qui ont été extraits des laves par réchauffement artificiel, et qui doivent être considérés comme le résultat de la distillation sèche du magma. Il expose d'autre part que ce sont encore les mêmes sels qu'on retrouve dans les fumerolles et dans le panache blanc du paroxysme des éruptions, fumerolles et panache étant nettement anhydres.

M. Brun consacre un intéressant chapitre à ce qu'il appelle l'exhalaison secondaire, phénomène qui comprend les dégagements gazeux s'effectuant à des températures inférieures à la température explosive, soit en particulier le départ des composés hydrogénés. Cette exhalaison se continue longtemps par exemple sur les surfaces de lapillis ; elle est le plus souvent compliquée par une intervention de l'oxygène de l'air, qui détermine une combustion complète du carbone et une oxydation du magma, ou encore par l'action de fumerolles aqueuses, qui produisent un effet semblable. M. Brun a du reste démontré par une série d'expériences l'importance de cette combustion du carbone des laves mis en contact à une température élevée (500°-600°) avec l'air et il conclut de la présence même dans les laves de cette quantité considérable de carbone non encore oxydé à l'impossibilité d'admettre l'existence d'eau dans le magma originel.

La quatrième partie du livre de M. Brun est consacrée à la

question de la genèse et des réactions des gaz volcaniques ; elle commence par une étude des générateurs de ces gaz qui doivent, d'après l'auteur, faire partie intégrante du magma. Parlant d'abord du chlore, M. Brun, expose comment il est arrivé à la conviction que cet élément ne peut dériver que d'un composé insoluble dans l'eau, fusible dans les laves fondues, stable jusqu'à une température de 1100° et que ce composé doit être un siliciochlorure ; il montre du reste qu'un mélange artificiel de siliciochlorure de calcium avec un silicate polybasique ferrique chauffé à 1000°-1100° donne des dégagements tous semblables à ceux des fumerolles. L'auteur rappelle en second lieu ses expériences concernant l'origine de l'ammoniaque et la conclusion qu'il a pu en tirer, d'après laquelle l'azote de NH_3 dériverait d'un ou de plusieurs azotures, en particulier de l'azoture de silicium. Quant à l'hydrogène de l'exhalaison volcanique, M. Brun le dérive d'hydrocarbures, dont il a constaté la présence dans tous les magmas actifs, si bien qu'il arrive à envisager le pétrole comme « une roche de la cosmogénie primitive ». La possibilité des réactions supposées entre les trois générateurs azotures, siliciochlorures et hydrocarbures est du reste largement démontrée par de multiples expériences synthétiques. Quant au soufre, il est supposé distiller du magma en nature et donner lieu dans le cratère et ses environs à de multiples réactions avec l'eau et l'air.

Dans la dernière partie de son livre M. Brun cherche à définir quel est le rôle véritable de l'eau dans les phénomènes volcaniques. Après avoir exposé les méthodes qui lui ont servi pour établir sur le terrain la quantité relative de vapeur d'eau entrant dans la composition d'une fumerolle, il examine successivement la répartition de l'eau dans l'exhalaison d'un grand nombre de volcans qu'il a personnellement étudiés à ce point de vue. Au Vésuve, que l'auteur a visité à plusieurs reprises, il a constaté des fumerolles de chlorures absolument sèches ; il put remarquer d'autre part que les condensations formées autour du cratère comprenaient surtout des chlorures, parfois un enduit huileux d'hydrocarbure, jamais elles ne comportaient de l'eau. De même les cendres sont absolument sèches si elles tombent à proximité du cratère, et ne sont humectées que si elles ont fait un trajet prolongé dans une atmosphère à peu près normale. Enfin l'existence même parmi les produits fumeroliens de Fe Cl_2 , Mg Cl_2 , Al_2Cl_6 , Si Fl_4 etc... exclut la possibilité d'une quantité appréciable de vapeur d'eau mêlée à ces sels. Quant aux chu-

tes de pluie accompagnant une éruption ou les coulées de boues volcaniques, qu'on cite toujours comme des arguments péremptoires en faveur de l'idée d'une eau volcanique abondante, les unes et les autres s'expliquent par de simples condensations de vapeur d'eau atmosphérique, favorisées souvent par de brusques changements de température.

Au Stromboli et à l'Etna, M. Brun n'a constaté que des fumerolles sèches. Aux Iles Canaries la solfatare du Pic de Teyde n'émet comme eau que celle qu'elle reçoit par les chutes de pluie et n'arrive pas à saturer en eau les gaz qu'elle émet, le Timanfaya n'émet pas d'eau dans ses parties encore chaudes, le Chinyero et le Chahorra n'ont présenté que des émanations sèches.

A Java M. Brun a visité le Semeroe, qui se trouve en phase paroxysmale et sur lequel il a pu faire une distinction absolument nette entre l'exhalaison purement volcanique et l'exhalaison aqueuse ; la première se produit par explosions séparées dans deux petits cratères voisins et est parfaitement sèche ; la seconde se manifeste d'une façon tout à fait indépendante à la bordure de la zone des cendres humides, sans variations d'intensité, et est exclusivement alimentée par les eaux de pluie. Au Brama, volcan en voie de refroidissement, les explosions se réduisent à de simples poufs capables de soulever seulement des cendres ; l'exhalaison contient juste assez d'eau pour humecter les cendres qui sont imprégnées de sels hygroscopiques, pas assez pour changer le degré hygrométrique de l'athmosphère. Au Merapi M. Brun a constaté il est vrai quelques fumerolles aqueuses sur l'ancien rim du volcan, mais à proximité du cratère récent l'exhalaison s'est montrée de nouveau quasi anhydre. Au Papandajan, vaste solfatare qui reçoit une quantité de pluie considérable et dont le cratère est profondément raviné par ces eaux, les fumerolles aqueuses sont réparties d'une façon régulièrement concentrique, leur température s'élevant progressivement de 80° à 270° dans la direction du centre craterien ; or la pression de ces fumerolles et la quantité d'eau qu'elles émettent augmentent avec la température de 80° à 120°, puis décroissent entre 120° et 270°, ce qui n'est pas compatible avec l'idée d'une eau émise par un même foyer volcanique, ce qui s'explique par contre fort bien, si l'on admet pour la vapeur d'eau des fumerolles une origine atmosphérique. Au Tjividey, au Patocha et au Tang-Koeban-Praboe, trois solfatares froides, l'auteur a pu réaliser clairement les réactions qui sont produites

par la rencontre des eaux froides superficielles et des gaz chauds volcaniques. Enfin à propos du Krakatau, M. Brun démontre indirectement, en se basant sur l'état non oxydé des ponces et des cendres de ce volcan et sur l'abondance de chlore libre que contiennent ses laves, que la formidable explosion qui détruisit en 1883 l'ancien cône volcanique fut déterminée par une exhalaison anhydre dérivant directement du magma.

M. Brun a terminé ses explorations volcanologiques par une visite au Kilauea dans les Iles Sandwitch. Ce volcan, en pleine phase paroxysmale, est intéressant par le lac de lave qui remplit son cratère et est traversé par un fort courant continu. La lave y correspond à un type basaltique, caractérisé par sa richesse en chaux et en titane. L'énorme émanation gazeuse qui sort du cratère et de ses environs immédiats a fait l'objet d'une étude particulièrement approfondie; constamment elle s'est montrée sèche, exerçant même grâce aux sels hygroscopiques qu'elle contient une action déshydratante sur l'atmosphère ; elle est constituée essentiellement de chlorures, de HCl , de CO_2 et contraste d'une façon absolue avec les fumerolles aqueuses qu'on rencontre dans des zones plus excentriques. Ce contraste est du reste rendu particulièrement frappant par la disparition aux abords du cratère, soit là où règne l'exhalaison volcanique pure, de la coloration rouge des roches due à une altération de celles-ci par les eaux chaudes et acides des fumerolles aqueuses. En outre ces dernières varient beaucoup de force, présentant des maxima après la pluie et diminuant progressivement ensuite.

Après l'exposé des multiples observations qu'il a pu faire sur les volcans les plus divers, M. Brun cherche à établir les lois générales qui découlent de ces observations. Il conclut en première ligne que le paroxysme volcanique est anhydre, les gaz exhalés restant toujours et partout les mêmes, soit Cl_2 , HCl , SO_2 , CO_2 , CH_4 , H_2 , N_2 , auxquels se mêlent des fumées de différents chlorures et fluorures, l'action chimique de l'exhalaison étant réductrice et non oxydante. La seconde conclusion, qui découle de la première, est que le phénomène fumerollien aqueux se réduit à un épiphénomène ; son intensité est directement proportionnelle à la quantité des chutes de pluie annuelles, dépendant donc directement du climat ; elle varie beaucoup aussi suivant que la forme d'un volcan se prête plus ou moins bien à retenir et collecter les eaux pluviales ; enfin le phénomène fumerollien aqueux est localisé dans les volcans et les régions d'un volcan dont la tempéra-

ture superficielle ne dépasse pas 270° ; il atteint son maximum dans des zones de température de 110° à 120° et s'éteint progressivement avec l'élévation de température. La nature même de ces variations et des causes qui les font naître impliquent nécessairement le caractère d'épiphénomène pour l'ensemble des exhalaisons aqueuses : les eaux de pluie reçues par un volcan pénètrent dans le corps de celui-ci jusqu'aux surfaces isogéothermiques de 300° à 340° au maximum et sont rendues à l'atmosphère par une évaporation tantôt lente, tantôt violente.

Si, en partant de ces conclusions, on cherche à établir ce qui se passera dans un volcan en voie de refroidissement, on devra nécessairement admettre d'abord que, les surfaces isogéothermiques s'enfonçant, les eaux errantes pénétreront toujours plus profondément et capteront par dissolution une portion toujours plus importante de l'exhalaison, ne laissant arriver à la surface que les gaz insolubles. D'autre part le magma, se refroidissant, exhalera de moins en moins, mais l'expérience prouve qu'une émission peut se produire, sous une forme lente, à une température très inférieure à la température explosive, jusqu'à 500°, en même temps que s'effectue une cristallisation et que la densité de la masse augmente. Finalement les magmas anhydres et incomplètement oxydés, en se refroidissant encore, devront commencer à absorber l'eau et l'oxygène d'origine superficielle ; ils subiront alors une transformation, qui comprendra la cristallisation des minéraux hydratés en particulier des micas. L'eau que contiennent les roches mortes a donc été introduite *a posteriori* dans le magma ; il est ainsi facile de comprendre pourquoi la vapeur d'eau qu'on obtient en réchauffant les roches mortes se dégage de celles-ci dans des conditions de température et avec un cortège de produits gazeux, qui diffèrent absolument des conditions de l'exhalaison proprement volcanique.

En terminant ce bref résumé, il est permis de constater que le volume de M. Brun représente un document unique en son genre, se rapportant à l'une des questions les plus intéressantes du volcanisme, qu'il apporte en faveur de la notion du caractère anhydre de l'exhalaison volcanique des arguments multiples et péremptoires et qu'il est destiné à détruire de nombreuses idées préconçues étayées sur des observations superficielles.

M. A. BRUN (16) a consacré encore une courte notice aux dégagements de CO₂, qui sortent souvent pendant de longues durées de la surface des coulées de lave ; se basant sur

diverses expériences, il croit que l'oxyde carbonique qui se dégage ainsi provient d'une lente oxydation du carbone inclus dans les laves.

Séismes.

Le rapport annuel que M. A. de QUERVAIN (41) consacre aux tremblements de terre ressentis en Suisse a révélé pour l'année 1909 une séismité relativement grande, puisque 39 secousses ont été constatées. Cette séismité est du reste concentrée en majeure partie sur le début de l'année, puisque, sur les 39 secousses, 7 se sont produites en janvier et 14 en février.

Quant à la répartition géographique il faut remarquer ce qui suit :

Parmi les séismes ressentis en Suisse en 1909 un seul paraît avoir eu une vaste aire d'extension ; c'est celui qui le 13 janvier à 1 h. 45 du matin a affecté la Vénétie et la Lombardie avec le sud des Grisons et le Tessin.

Les secousses locales ont affecté d'une façon toute spéciale le pied du Jura neuchâtelois entre Neuchâtel et Bevaix ; en effet 20 secousses ont été enrégistrées dans ce territoire et ceci particulièrement pendant les mois de janvier, février, mars, avril et juin. Les autres séismes se répartissent entre les Grisons (7), le Haut Valais (3), le bassin supérieur du Léman (3), les environs de Bâle (2), le Jura bernois (1), les environs de Lyss (1) et le canton d'Unterwalden, où un ébranlement assez fort a été ressenti le 20 août à 5 h. du matin.

Le rapport de M. de Quervain est résumé dans celui de la commission séismologique suisse, rédigé par M. J. FRÜH (28). Cette notice contient en outre des renseignements sur le nouvel observatoire séismologique installé à Zurich.

M. C. BUHRER (18) a réuni quelques renseignements sur un séisme qui a affecté le 5 juin 1910 à minuit 20 minutes la rive du Léman entre Territet et Vevey. La secousse, quoique peu étendue, a pourtant atteint le degré d'intensité V de l'échelle Forel-Rossi ; elle a pris la forme d'un choc vertical ; elle a donné lieu à une vague très marquée sur la surface du lac.