

A la mémoire du Professeur Fritz Müller (1926–1980)

Un siècle d'observation des glaciers suisses (1881–1980)¹⁾

I. Introduction

Au cours de la première moitié du siècle passé, l'intérêt pour les glaciers se développa à la suite, vraisemblablement, de leur crue inquiétante et des catastrophes qu'ils produisirent. En 1817 et 1820, par exemple, la Société helvétique des sciences naturelles posa publiquement la question «de savoir si les glaciers ne changeaient pas?» Le concours qu'elle organisa alors consistait à «rassembler des faits exacts et bien observés sur l'accroissement et la diminution des glaciers dans les diverses parties des Alpes, sur la détérioration ou l'amélioration de leurs pâturages, sur l'état antérieur et actuel des forêts». Cette question essentielle allait induire les travaux, entre autres, d'IGNACE VENETZ²⁾ (1788–1859), de JEAN DE CHARPENTIER³⁾ (1786–1855) ainsi que le discours de LOUIS AGASSIZ (1807–1873) en 1837, à Neuchâtel. Ce fut le point de départ des campagnes héroïques, des *Excursions et séjours dans les glaciers et hautes régions des Alpes, de M. AGASSIZ et de ses compagnons de voyage*⁴⁾ ainsi que les remarquables études glaciologiques sur le glacier de l'Unteraar, de 1840 à 1845. Celles-ci posèrent les fondements de l'étude des glaciers et constituent un épisode glorieux de l'épopée alpine⁵⁾.

La question des fluctuations glaciaires allait prendre une importance particulière par le procès opposant, devant le Tribunal fédéral à Lausanne en 1880, les Etats de Vaud et de Genève à la suite des crues dévastatrices du Léman entre 1876 et 1879 (1908, p. 286)⁶⁾. C'est cet exhaussement qu'HENRI DE SAUSSURE «chercha à expliquer par les variations de grandeur des glaciers du Valais», par une fonte extraordinaire (1908, p. 287; 1912, p. 208). Cette interprétation fut réfutée par FOREL, le spécialiste du Léman, qui s'engagea dès lors dans l'étude systématique des fluctuations glaciaires.

La préoccupation de F.-A. FOREL apparaît dans le préambule de la première chronique régulière sur les variations des glaciers suisses (1881): «Il est un phénomène, dans l'histoire naturelle de nos Alpes, qui est constant et reconnu depuis bien des siècles, qui a frappé tout le monde..., mais qui est cependant encore insuffisamment étudié, insuffisamment expliqué. Je veux parler des variations périodiques de grandeur des glaciers... Je voudrais essayer d'intéresser les amis des Alpes à ce problème, et leur demander leur collaboration pour la récolte des matériaux qui

en prépareront la solution» (1956, p. 193). De 1881 à nos jours, un *Rapport sur les variations périodiques des glaciers des Alpes* a paru chaque année⁷⁾. Pour les observations, FOREL put compter d'emblée sur la collaboration de l'Inspectorat fédéral des forêts, dirigé durant 40 ans par JEAN G. F. COAZ (1923, pp. 267–268; 1924, p. 269). Des membres du Club alpin suisse, de la Société helvétique des sciences naturelles, ainsi que des forestiers assurèrent leur participation enthousiaste et dévouée. Il faut rappeler qu'en 1868 déjà une collaboration entre le Club alpin suisse et la Société helvétique des sciences naturelles avait été décidée à la suite de la proposition d'EUGÈNE RAMBERT (1830–1886). C'est alors qu'avait été créé le *Gletscher Collegium* (1869), remplacé dès 1893 par la *Commission des glaciers*⁸⁾, qui élaborait un programme de recherches sous la présidence d'EDOUARD DESOR (1811–1882). En 1891, l'observation portait sur les glaciers suisses, plus ceux du Mt-Blanc, du versant italien limitrophe du Valais ainsi que sur les glaciers de l'Engadine. Il s'agissait en fait du domaine alpin compris entre le col du Bonhomme, la Valteline, le Stelvio, les vallées du Haut-Adige, de Paznaun et Montafon. Actuellement, 107 langues glaciaires sont sous le contrôle de la Commission des glaciers (1977–78, p. 196).

L'observation des fluctuations glaciaires fut aussi organisée dans d'autres pays européens et, dès 1894, à l'échelle mondiale⁹⁾. Les travaux de la Commission internationale des glaciers furent poursuivis par l'Association internationale pour l'hydrologie scientifique (AIHS) et sa Commission pour la neige et la glace (ICSI); dès 1967, cette tâche fut assumée par le «Permanent Service on Fluctuations of Glaciers» dont le directeur fut tout d'abord P. KASSER et, dès 1976, F. MÜLLER, tous deux à Zurich¹⁰⁾.

II. Le contrôle des glaciers

En ce qui concerne l'observation des glaciers suisses, des directives furent promulguées sous la forme d'*Instructions aux touristes du CAS parcourant les glaciers*. On y proposa des mesures, la mise en place de repères, l'établissement de plans, la prise de photographies.

J.-P. Portmann, dr. ès sc., professeur, Institut de géographie de l'Université, Clos-Brochet 30, CH-2000 Neuchâtel.

Une douzaine de points à considérer sont mentionnés. En 1956, la *Commission des glaciers* publia de nouvelles instructions destinées à faciliter le travail des observateurs et à améliorer également la valeur des mensurations. Ainsi, on se mit dès lors à relever non seulement les variations de longueur mais aussi la cote d'altitude du portail glaciaire. Dès les années 60, on perfectionna le réseau d'observations et de mensurations en fixant des repères sous forme de boulons de bronze portant un numéro d'ordre et la lettre «G». Ces repères destinés à préciser la position des fronts glaciaires furent peu à peu rattachés, par leviers photogrammétriques, au réseau fédéral de triangulation. Les photographies aériennes des glaciers furent de plus en plus nombreuses.

Dès le début des mensurations, on recommanda aux observateurs de constater si un glacier est en progression ou en régression, de préciser la position du front glaciaire, le même mois de plusieurs années successives (1883, p. 302). Par la suite, on proposa de faire deux mesures annuelles d'un glacier en décrue: l'une dans l'arrière-automne, l'autre au premier printemps afin de saisir d'éventuelles fluctuations saisonnières. Le problème fondamental du dessin cartographique des glaciers fut abordé par FOREL en 1899 (p. 203). Il préconisa finalement que chaque glacier soit représenté dans ses deux dimensions extrêmes, opposées, en indiquant le maximum par un pointillé bleu (1899, p. 207). Dès 1962, il fut convenu de mentionner, sur les Cartes nationales, l'année où le front glaciaire avait été relevé; on envisagea même la possibilité d'en présenter les états antérieurs. La difficulté subsista, évidemment, dans la délimitation exacte des masses de glace inactives, recouvertes de moraines.

Tout le programme d'étude s'affina, au cours des années, par l'observation de l'enneigement (1885, p. 216). Cette dernière occupa tout spécialement l'attention de LÉON DU PASQUIER (1896), de MAURICE LUGEON (1899, p. 216), d'EMILE ARGAND (1907, p. 237) et de MARCEL KURZ (1920, p. 150). On invita les alpinistes à relever notamment la persistance de vieilles neiges et leur étendue approximative ainsi que l'apparition de nouveaux pointements rocheux et la disparition des névés (1900, p. 174)¹¹. Les observations portèrent aussi sur le volume des cônes d'avalanches, l'extension des névés, la date de l'inalpe et de la désalpe, sur les dégâts occasionnés par les avalanches (1910, p. 268; 1917).

Des nivomètres de parois, des balises nivométriques¹², des totalisateurs furent installés et relevés régulièrement¹³. Dans le val d'Entremont, des observations originales furent poursuivies le long de la route postale du Grand-St-Bernard. Entre Orsières et l'Hospice, le niveau de la neige fut relevé sur 17 poteaux, tous les quinze jours. Des comparaisons furent possibles avec les valeurs enregistrées aux stations pluviométriques installées dans la région par l'Observatoire de Genève (1919, p. 180) ainsi qu'avec celles du Säntis, entre 1889 et 1908 (1913, p. 239).

Selon MERCANTON, qui ici encore fut un pionnier, la grande innovation dans le contrôle des glaciers fut «l'emploi nivométrique de l'avion» (1920, pp. 145, 149; 1925, p. 220; 1926; 1927, pp. 222, 331). En 1926, les vols de reconnaissance eurent comme objectif initial «de contrôler l'allégation de la presse que la subite débâcle du torrent de St-Barthélémy du 20 septembre 1926 provenait de la rupture d'une poche d'eau au glacier de Plan Névé». Tel n'était pas le cas; il s'agissait bien d'un éboulement de l'arête de la Cime de l'Est. Mercanton ramena de ses différents vols de nombreuses photographies de glaciers.

Plus récemment, on installa des caméras automatiques, avec prises de vue quotidiennes, à l'Unteraar et au glacier d'Aletsch.

III. Les recherches glaciologiques

A côté de l'étude de phénomènes particuliers, chaque *Rapport* aborde un certain nombre de questions générales dont se dégagèrent, au cours des années, des connaissances glaciologiques fondamentales.

Dans le I^{er} et le IV^e Rapport (1881 et 1884), FOREL mentionne plusieurs lois considérées comme provisoires et déduites d'observations antérieures. Il retient que le facteur prédominant, dans les variations de grandeur des glaciers, est la vitesse d'écoulement de la glace¹⁴, déterminée au premier chef par l'épaisseur du glacier (1800, p. 28; 1881, p. 138; 1886, p. 222). FOREL avance que «les variations périodiques de grandeur des glaciers sont dues à des variations d'ordre climatique: variations dans les chutes de neige qui alimentent les névés, variations dans la chaleur estivale qui détruit l'extrémité terminale des glaciers» (1896, p. 282; 1907, pp. 310, 312; 1908, pp. 289, 295). Il admet le rôle des facteurs climatiques après avoir présenté, d'une façon systématique avec statistiques à l'appui, les observations météorologiques faites à Genève durant 80 ans (1907, p. 303). Quant à MAURER, directeur du Bureau météorologique fédéral, il mettra en évidence, lui, l'influence du soleil (1917, p. 169). Le comportement individuel des appareils glaciaires n'échappa pas à FOREL (1883, p. 301; 1896, p. 291). S'appuyant sur les mesures d'AGASSIZ au glacier de l'Unteraar, il se rendit compte, en outre, que les variations périodiques de la vitesse ont lieu dans le corps même du glacier et non seulement dans l'extrémité de la langue (1884, p. 296). Il constata, de plus, que les diverses dimensions d'un glacier varient dans un même sens et que, par conséquent, l'étude de l'une d'elles renseigne sur les autres (1883, p. 302). Ces considérations devaient tout naturellement amener FOREL à se préoccuper, à plusieurs reprises, du caractère périodique des fluctuations (1901, p. 194; 1920, p. 172).

L'objectif essentiel resta, certes, l'étude des variations glaciaires, mais l'intérêt pour le métabolisme même des glaciers ne cessa d'augmenter (1914 et 1915, p. 237). Au début du siècle, on s'efforça de préciser le débit du torrent; le débit étant considéré comme une sorte

Société helvétique des sciences naturelles

Baron 8 août 1881

Variations périodiques des glaciers.

Les variations de longueur des glaciers dépendent des variations de la vitesse d'écoulement. — Celle-ci dépend des variations de l'épaisseur du glacier. — Les variations d'épaisseur proviennent.

- a des variations d'alimentation par des neiges plus ou moins épaisses
- b des variations dans la valeur de la fusion par suite de séries d'étés plus ou moins chauds.

Ainsi que je l'ai montré dans mon Essai, les variations d'épaisseur s'exagèrent dans la longueur du glacier; or les variations d'alimentation, qui se font sentir dès le névé, subissent cet effet d'exagération beaucoup plus longtemps que les variations dépendant de la fusion, laquelle n'a d'action effective que dans les régions inférieures. Le facteur le plus important est donc l'alimentation du glacier.

Lorsque le facteur d'alimentation et le facteur de la fusion combinent et additionnent leurs effets, la variation de longueur est énorme (variation positive de 1817, variation négative de 1873).

Lorsque les deux facteurs se neutralisent les variations sont beaucoup plus faibles et les glaciers restent stationnaires

Prof. F. A. Forel:

Fig. 1: Texte d'une communication présentée en 1881 à la Société helvétique des sciences naturelles par F.-A. FOREL (1841-1912) qui fut le premier à observer systématiquement les variations des glaciers suisses. (Archives de la Commission des glaciers de la Société helvétique des sciences naturelles). Rapport Forel, No. 82, 1960-1961.

d'intégration de divers facteurs énumérés, d'ailleurs systématiquement, en 1903 (pp. 209-301).

L'établissement du bilan glaciaire allait prendre toute sa signification par les études du groupe de P. KASSER. En été 1965, on put établir le bilan thermique sur un terrain d'expérience de 4500 m² au glacier d'Aletsch. On chercha aussi à préciser le bilan de masse de 4 glaciers (Gries, Aletsch, Limmerner de Plattalva, Sil-

vretta) en représentant cartographiquement les isolignes du bilan de masse spécifique en 10 kgm⁻².

Au début de ce siècle, on commença aussi à s'intéresser à la constitution de la neige et de la glace. Pour effectuer les premiers sondages, on utilisa la sonde de Church, baptisée «perce-neige», et dont ALFRED DE QUERVAIN (1879-1927) fut le parrain dans les Alpes suisses (1918, p. 210; 1920, p. 156). La Commission zurichoise

des glaciers constata, entre autres, les variations de densité du névé avec la profondeur. Quant à P.-L. MERCANTON, il fit des observations sur le grain du glacier et détermina la densité et la pression gazeuse de la glace du glacier de Saleinaz, à 1600 m d'altitude. Un autre objectif fut de déterminer l'épaisseur des glaciers par les moyens les plus divers. On recourut à des essais sismiques avec détonation d'explosifs, ainsi qu'à l'utilisation, infructueuse d'ailleurs, d'ultra-sons (1926, pp. 169-173; 1928, p. 175; 1938, p. 193). A la suite de certains essais, on estima à 200 m environ l'épaisseur du glacier du Rhône, dans sa partie axiale entre les profils jaune et rouge (1935, p. 192). A l'Unteraar, l'épaisseur fut supposée être de 250, voire 400 m (1939, p. 235). Ce glacier est l'un des mieux connus au monde par les recherches d'AGASSIZ au siècle dernier et par celles, récentes, des Forces motrices de l'Oberhasli et de leur géomètre, M. FLOTRON de Meiringen.

Dès 1972, l'utilisation d'une sonde hydrothermique, mise au point par le VAWE de Zurich, permit, en recourant à un brûleur à mazout, des forages rapides des glaciers.

Le déplacement des masses de glace d'amont en aval donna lieu aussi à de nombreuses observations et essais. La migration de blocs erratiques (1925, p. 232) ainsi que des vestiges disloqués de la cabane de HUGI (1922, p. 283; 1924, p. 273) et de l'*Hôtel des Neuchâtelois* au glacier de l'Unteraar (PORTMANN, 1973) fut suivie avec minutie; de même que le parcours de l'épave de l'hydravion Savoia Sg, naufragé au pied du Piz Urlaun le 7 septembre 1920, près de la rimaye du glacier de Gliems (1920, p. 171). Au front des glaciers de Grindel-

wald, le cryocimètre ou «montre glaciaire» permit de mesurer la progression de la langue glaciaire (1924, p. 269; 1926, p. 167). En 1919, la *Commission des glaciers* de la Société helvétique des sciences naturelles visita les lieux et put voir «quasi d'heure en heure la progression de l'envahisseur» (1919, p. 189). ALFRED DE QUERVAIN comprit le profit, pour la glaciologie, d'un film cinématographique qu'il commença à tourner au glacier de Grindelwald.

En 1927, on procéda au relevé du front du glacier du Rhône dont l'avance fut de 12 cm par jour (1926, pp. 190-191), en employant la méthode du rayonnement avec théodolite stadia et un télémètre à superposition de Leitz de 40 cm de base (1927, p. 232).

Des essais intéressants furent entrepris afin de préciser les mouvements des glaciers en profondeur. Le 20 septembre 1891, on déposa une lame de plomb sous le sommet du Mt-Blanc. En 1920, on a enfoui un document, scellé dans un tube de laiton au fond de la crevasse du col de Crast Aguzza où trois touristes zurichois avaient disparu sur le glacier de Morteratsch (1920, p. 171). Un autre essai est en cours; en 1928, on immergea, au rebord extrême du collecteur du glacier du Rhône, 19 obus de 75 mm portant chacun un numéro d'ordre et un document. D'après MERCANTON, ils devraient réapparaître au front du glacier du Rhône vers les années 2110-2170 (1928, p. 174).

En outre, le pouvoir érosif des glaciers donna lieu à plusieurs observations nouvelles, justement lors de la crue rapide du glacier Inférieur de Grindelwald (26 cm par jour en avril 1920). Des photographies prises à ce moment-là montrent comment le glacier plissa une

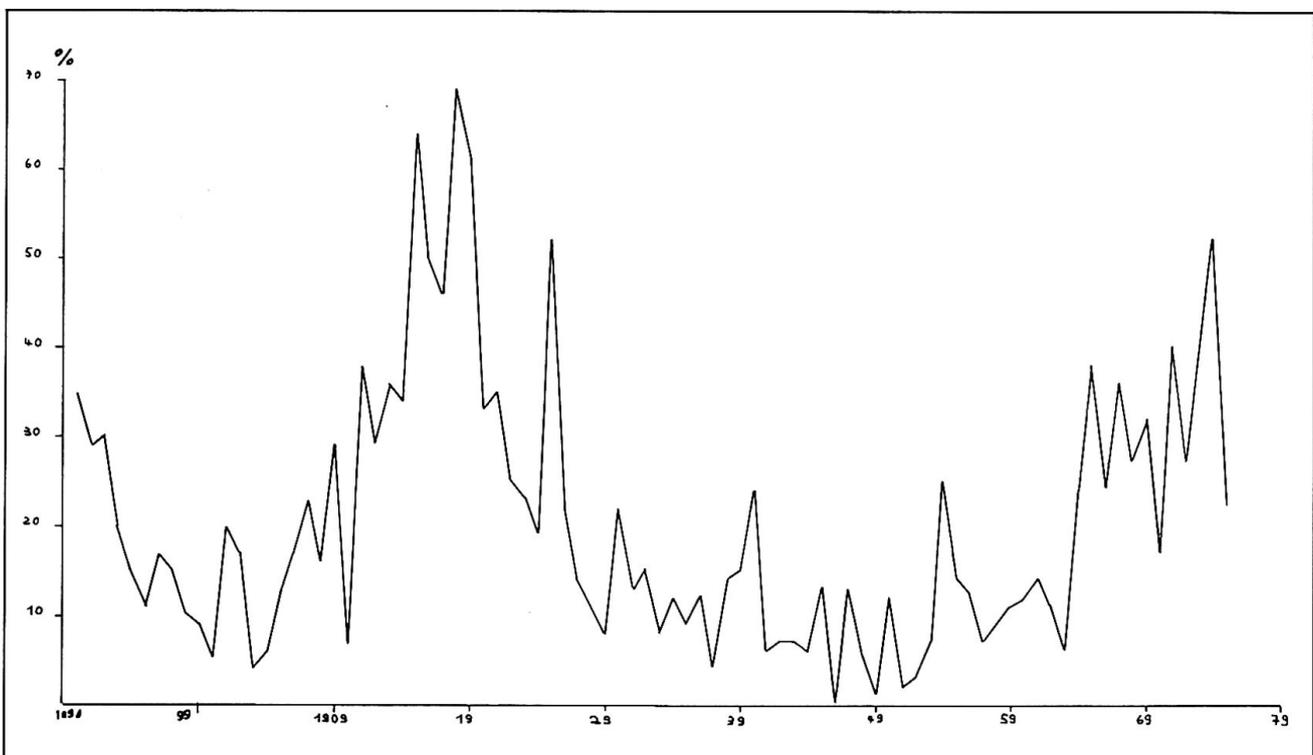


Fig. 2: Pourcentage des glaciers suisses en crue, dès 1891. (*Rapport Forel, No. 91, 1969-1970 et suivants.*)

couche de vieille neige en la roulant en plusieurs cylindres (1908, p. 228 bis; 1919, pp. 187 et 188; 1920, p. 160 bis, p. 168). On reprit alors l'initiative de BALTZER, de 1892, de contrôler l'érosion en creusant plusieurs trous de 12 cm de profondeur (DE QUERVAIN, A. *Vierteljahrschr. Naturf. Gesell. Zürich*, 1919). Cette roche semble avoir été érodée à raison de 1 mm en moyenne par an entre 1921 et 1924 (1933, p. 194). Rappelons que dans les années 50, sous l'impulsion d'ANDRÉ RENAUD surtout, et avec le concours de physiciens de l'Université de Berne, des recherches toutes nouvelles à l'époque portèrent sur les isotopes radioactifs, les datations au carbone 14, au tritium (1960 et 1961). La découverte de troncs et de sols enfouis dans les moraines allait récemment susciter une belle collaboration interdisciplinaire aboutissant à la chronologie glaciaire et postglaciaire (PORTMANN, 1977). Dès 1970, on intensifia les investigations hydrologiques, spécialement sur les eaux intra- et sous-glaciaires, ainsi que sur la nappe phréatique de l'Ewigschneefeld. Au glacier du Gorner, on détermina aussi la pression de l'eau au niveau du lit rocheux.

A propos du contrôle des glaciers, signalons la contribution de la Suisse à l'Année géophysique internationale, qui débuta le 1er juillet 1957, sous la forme de la *Carte du glacier d'Aletsch* à l'échelle de 1:10 000 à l'équidistance de 10 m (Les Alpes, 1962). Six feuilles parurent de 1957 à 1964¹⁵.

Enfin, il y a quelques années, on commença à dresser, à l'Institut de géographie de l'École polytechnique de Zurich, un *Inventaire des glaciers suisses*, avec l'appui du Service de reconnaissances aériennes de Dübendorf. L'ensemble des glaciers a été photographié, à la verticale, entre le 6 et le 14 septembre 1973. Il en résulta, en 1976, l'ouvrage de F. MÜLLER, T. CAFLISCH et G. MÜLLER: *Firn und Eis der Schweizer Alpen*.

IV. Les fluctuations glaciaires de 1881 à 1980

Les observations sur les variations de longueur des glaciers, instituées par F.-A. FOREL et réalisées par des dizaines de collaborateurs, ont permis de saisir sur le vif les péripéties des crues et décrues. FOREL en a donné un aperçu général dans l'Annuaire de 1881-1882 (*Jahrb. d. Schw. Alpenclub*, Berne 1882, p. 325).

Avant de poser les lois de ces fluctuations, avant d'en déceler les causes, les connaissances sur le comportement des glaciers se constituèrent progressivement.

On se préoccupa tout d'abord de la durée des différentes phases d'avance ou de recul, de leur éventuelle périodicité et on signala la difficulté de fixer les limites entre les périodes de crue et de décrue (1885, p. 369). En 1890, FOREL énuméra quatre catégories de variations qu'on peut constater: variations de courte ou de longue périodicité, variations accidentelles ou saisonnières. Le comportement individuel des glaciers (glaciers voisins, petits ou grands appareils glaciaires, etc., 1907 et 1908, 1910) est signalé aussi. Dans le Rapport de 1894,

on aborda systématiquement, après un rappel historique, les causes des variations, en mettant en évidence les facteurs climatiques¹⁶ (*Rapport* 1894; 1896; 1908, p. 258).

Les fluctuations glaciaires furent consignées dans chaque *Rapport FOREL* sous la forme d'un tableau récapitulatif indiquant le nombre de glaciers en progression, en régression et ceux restés stationnaires.

D'autres tableaux synthétisent les résultats à certains moments (1884; 1885, p. 367; 1899; 1900, p. 189). Afin d'obtenir une vue d'ensemble sur les variations des glaciers suisses, FOREL élabora quatre cartes qui furent présentées à la Société vaudoise des sciences naturelles le 2 mars 1891. Ces cartes, reproduites dans le *Rapport* de 1892, mettaient en évidence les glaciers en crue, toujours plus nombreux, en 1875, en 1880, 1885 et 1890 (1891; 1892). En 1897, fut établie une cinquième carte montrant les glaciers accusant la crue de la fin du XIXe siècle et qui se trouvaient encore en crue ou déjà en décrue. De son côté, MERCANTON publia quelques graphiques sur la variation de longueur de quelques glaciers entre 1896 et 1938 (1938, p. 188 bis). Les variations de certains glaciers furent minutieusement suivies dès le début de la période séculaire considérée ici. Les observations très minutieuses de M. HELD, chef du Bureau topographique fédéral, montrèrent que le maximum du glacier du Rhône eut lieu en 1856, le recul de 1856 à 1880 avec un retrait minimum en 1891 et 1892 (1894, p. 272); on parla même de la petite crue de 1890, 1891, 1892 (1895, p. 250). Une carte du glacier du Rhône, accompagnée de profils, fut présentée par le CAS à l'Exposition nationale de Genève, en 1896 (1902; 1904, p. 231; 1913, p. 251; 1917, p. 164); sans oublier l'ouvrage fondamental, *Mensurations au glacier du Rhône - 1874-1915 -* de MERCANTON. Les variations précises des glaciers de Tsidjiore (1886, p. 241) et de Grindelwald (1891, p. 305) furent précisées, avec indications d'observations anciennes.

En effet, les glaciers de Grindelwald tinrent la vedette et furent l'objet d'un contrôle minutieux, avec la participation du Gletscherpfarrer, *parochus glacialis*, M. NIL, beau-fils d'ALFRED DE QUERVAIN. Facilement observables et accessibles, ils devinrent non seulement une véritable attraction touristique, mais aussi l'objet d'observations et de recherches glaciologiques fondamentales.

Des observations de longue durée ainsi que la reconstitution des variations au cours de la période historique ont été faites pour les glaciers mentionnés ci-dessous. La liste en est établie par bassin hydrographique, ainsi qu'il est coutume de le faire dans les *Rapports*.

La crue générale dont le maximum eut lieu en 1818, 1820 ou 1825 fut suivie d'une décrue mal marquée. Puis apparut, tout d'abord d'une façon indécise, la crue de 1840, 1850 voire 1860 (1882, p. 148). Dès ce maximum, une décrue générale, très nette, très intense se manifesta de sorte qu'en 1870 tous les glaciers des Alpes sont en retrait. Dès 1875, une nouvelle crue s'amorça dans la partie occidentale des Alpes (1884, p. 313; 1894).

Bassin hydrogr.	Glacier	Période	Référence
Rhône	Rhône	dès 1602; mensurations dès 1874	Rapport Forel 1954 Mercanton, Mém. Soc. helv. sc. nat. 1916
	Allalin	1954-1970	Rapport Forel 1969/70 (esquisses cartogr.)
	Trient	1845-1973	Rapport Forel 1968/69 (cartes et plans)
		1878-1928	Guex J. Rapport Forel, 1929, pp. 34-39; cf. aussi 1943, p. 220
	Région de Zermatt, Ferpècle, Arolla	8000 ans	Röthlisberger F., 1973 (Portmann J.-P., 1977)
Val-de-Bagnes	8000 ans	Schneebeli W., 1974 (Portmann J.-P., 1977)	
Aar	Grindelwald	1590-1970	Zumbühl H.-J., 1976, 1980 (Portmann J.-P., 1977)
	Schmadri, Breithorn, Tschingel	1927-1960	Rapport Forel 1968
Limmat	Biferten, Glärnisch	dès 1620	Streiff-Becker R. in Rapport Forel 1957 cf. aussi Mitt. Naturf. Gesell. Kant. Glarus 1939; Viertelj. Naturf. Gesell. Zürich, 1949.
Rhin	Paradies	1er siècle	Juvalta F. (manuscrit) Rapport Forel 1969/70

L'année 1900 correspondit à un recul considérable (1903. p. 307), puis les glaciers progressèrent à nouveau (petit maximum de 1920). Depuis 1947, année marquée par la décrue accentuée de presque tous les glaciers, le régime a considérablement changé (1955). Au cours de l'année 1974-1975, pour la première fois depuis 1925-1926, plus de la moitié des glaciers observés furent en crue.

En 1958, il fut possible à P.-L. MERCANTON de fournir de nouvelles valeurs sur la surface de chaque bassin hydrographique. En comparant l'*Atlas topographique de la Suisse* (Atlas Siegfried) établi vers 1876, à la *Carte nationale de la Suisse* de 1934 environ, il a montré que les glaciers suisses avaient perdu durant cette période une surface totale de 275,47 km², soit près de 15% (PORTMANN, 1980, p. 38). Dans un article de 1976, KASSER et AELLEN ont publié un tableau récapitulatif donnant les variations de longueur en mètres ainsi que des paramètres morphologiques des glaciers contrôlés (surface du glacier, pente moyenne, altitude du front, exposition). Les relations entre les variations de longueur et quelques-uns de ces paramètres sont analysées. Les courbes de températures (moyenne journalière) et des précipitations sont données pour quelques stations ainsi que l'altitude de l'isotherme 0 °C pour Payerne (radiosondage de 13 h). Une carte localise les glaciers et précise les observations qui y sont faites (bilans de masse, bilans annuels); elle indique aussi les glaciers qui sont survolés chaque année, de même que ceux, réputés dangereux, qui font l'objet d'observations spéciales.

V. Evénements particuliers

Les *Rapports FOREL* constituent aussi une véritable chronique des événements particuliers survenus dans le domaine alpin, durant un siècle. Des catastrophes naturelles sont relatées: avalanches, ruptures et chutes de masses de glace, vidanges de poches glaciaires et de lacs bordiers, inondations. Ces phénomènes furent souvent liés, semble-t-il, aux phases de maximum glaciaire (1884, p. 292). Quelques-uns de ces événements sont mentionnés dans les *Notices glaciologiques*, parues dans *Les Alpes* (Revue du CAS) ces dernières années (PORTMANN, 1975, 1976, 1978, 1980). On peut y lire l'histoire du lac de Märjelen (1977 et 1978, p. 212), les inondations répétées de la vallée de Saas, les craintes des habitants de Randa, ou encore la rupture des digues du Rhône en aval de Sion et d'Aigle en 1935 (p. 188) ainsi que les gels dévastateurs du 5 au 10 mai 1957. On y apprend l'éboulement des glaces frontales du glacier du Rhône, le 23 août 1941, ensevelissant six élèves de l'Ecole de mécanique de Neuchâtel, victimes de leur curiosité. On y rappelle aussi les effets tragiques de l'avalanche de Reckingen (vallée de Conches) de février 1970, surprenant 30 officiers dans leur sommeil. Les avalanches tiennent une place importante dans ces chroniques. Signalons que le premier fascicule (numéroté de 1 à 10) de l'*Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches* au Weissfluhjoch sur Davos se rapporte aux avalanches de 1936 à 1946. On constate que les hivers pauvres en neige sont les plus dangereux pour les skieurs. Fait exceptionnel,

une avalanche se produisit en 1924, en Covatannaz sur la ligne Yverdon-Sainte-Croix.

C'est à la suite de la catastrophe du 30 août 1965 à Mattmark, provoquant la mort de 87 occupants du chantier que R. HÄFELI proposa la constitution d'un groupe de travail pour l'étude des glaciers dangereux (93ème Rapport). Il était nécessaire de prendre conscience de la menace latente que constituent certains glaciers et d'élaborer des mesures de sécurité. Actuellement, le comportement des glaciers réputés dangereux est suivi avec attention et avec des moyens parfois très sophistiqués.

Parmi les événements particuliers mentionnés dans les *Rapports FOREL*, il en fut de miraculeux comme le sauvetage, en février 1943, du cibarre de Morcles resté enseveli cinq heures dans une avalanche; ou encore, dans l'Oberland bernois, durant l'hiver 1969-1970 de sinistre mémoire, la libération, par des chiens d'avalanche, d'un homme de 70 ans, enfoui pendant sept heures et demie sous 3,5 m de neige. Ce dernier siècle connut aussi des événements dramatiques comme l'agression dont fut victime l'instituteur JORIS, gardien de la cabane d'Orny, le 8 septembre 1910; ou encore le meurtre du gardien de l'Observatoire du Säntis, HEINRICH HAAS, et de sa femme, le 22 février 1922.

En rappelant ici la richesse et la valeur des informations des *Rapports FOREL*, nous tenions à rendre hommage à leurs auteurs, aux nombreux observateurs ainsi que, surtout, à l'initiative combien féconde de F. A. FOREL. Nous aimerions aussi que cela soit un hommage à la mémoire des pionniers héroïques de la glaciologie (HUGI, GUYOT, AGASSIZ et d'autres) et de leurs brillants continuateurs, en particulier de FRITZ MÜLLER (1926-1980).

VI. Bibliographie succincte

FOREL, F.-A. (1895): Les variations périodiques des glaciers (Commission internationale des glaciers. Discours préliminaire). Arch. des sc. phys. et nat. XXXIV, p. 209, Genève.

KASSER, P. (1970): Remarques sur les variations des glaciers suisses et le réseau d'observation. Zeitschrift f. Gletscherkunde und Glazialgeol., VI/1-2.

KASSER, P. et AELLEN, M. (1976): Les variations des glaciers suisses en 1974 et 1975 et quelques indications sur les résultats récoltés pendant la Décennie hydrologique internationale de 1964/1965 à 1973/1974. La Houille Blanche, No 6 et 7.

MERCANTON, P.-L. (1916): Vermessungen am Rhonegletscher, 1874-1915. Nouveaux Mémoires de la Soc. helv. sc. nat., L II.

PORTMANN, J.-P. (1973): LOUIS AGASSIZ (1807-1873) et l'étude des glaciers. Nouveaux Mémoires de la Soc. helv. sc. nat. LXXXIX, p. 115-142, 1 pl.

PORTMANN, J.-P. (1977): Variations glaciaires, historiques et préhistoriques dans les Alpes suisses. Les Alpes (Rev. du CAS), 53-4, pp. 145-172.

Notices glaciologiques. Aperçu historique I (1880-1900). Les Alpes (Rev. du CAS), sept. 1975, p. 182 à 188... II (1901-1920) Ibid., déc. 1976, p. 157-164... III (1921-1940) Ibid., sept. 1978, p. 123-130... IV (1941-1960) Ibid. mars 1980, p. 36-42... V (1961-1980) Ibid. juin 1980, p. 66-72.

RÜTIMEYER, L. (1881): Ein Blick auf die Geschichte der Gletscherstudien in der Schweiz. Jahrb. schw. Alpenclub., 16, p. 377-418.

Notes infrapaginales

1) Cette notice historique a été élaborée à partir des *Rapports FOREL*. Les deux premiers *Rapports* ont paru dans l'*Echo des Alpes* (vol. XVII et XVIII), Genève 1881, 1882; les numéros 3 à 44 dans l'*Annuaire du Club alpin suisse* (vol. XVIII à LVIII), Berne 1883 à 1924. Par la suite, ils ont été inclus dans *Les Alpes* (Revue du Club alpin suisse), tout d'abord *in extenso* puis, dès 1971, sous une forme condensée, le *Rapport* lui-même étant publié à part.

Les titres successifs en furent jusqu'en 1949 y compris: *Rapport sur Les variations périodiques des glaciers des Alpes suisses*; de 1950 à 1954: *Les variations des glaciers des Alpes suisses*; dès 1955: *Les variations des glaciers suisses*, puis: *Les glaciers des Alpes suisses*. Ici, l'année indiquée entre parenthèses correspond à celle du *Rapport*...

2) VENETZ, I. Mémoire sur les variations de la température des Alpes de la Suisse (datant de 1821 mais publié en 1833).

3) CHARPENTIER DE, J. Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône. Lausanne 1841.

4) DESOR, ED Excursions et séjours... Neuchâtel et Paris, 1844; - Nouvelles excursions et séjours... Neuchâtel et Paris, 1845.

5) AGASSIZ, L. Etudes sur les glaciers. Neuchâtel, 1840. - Système glaciaire. Nouvelles études et expériences sur les glaciers. Paris 1847.

6) Actes Soc. helv. sc. nat. 1912, p. 120.

«Le 17 décembre 1884 fut signée une convention intercantonale au sujet de la régularisation de l'écoulement des eaux du lac Léman. A l'article 8 du Règlement d'application de 1892 concernant la manœuvre des barrages et écluses, il est indiqué qu'à la fin de l'hiver de chaque année bisextile, les eaux seront abaissées, entre le 15 mars et le 15 avril, jusqu'à la cote 371,5».

7) F.-A. FOREL fut seul rédacteur des quinze premiers *Rapports*, puis y collaborèrent, durant des périodes plus ou moins longues, L. DUPASQUIER, M. LUGEON, E. MURET, P.-L. MERCANTON, E. ARGAND. Par la suite, l'élaboration des *Rapports FOREL* fut assumée par

P.-L. MERCANTON (de 1912 à 1954), par ANDRÉ RENAUD (de 1950 à 1962), puis dès 1963 par P. KASSER, assisté par M. AELLEN à partir de 1969. Peu à peu, plusieurs innovations ont été introduites. Les *Rapports FOREL* se distinguent actuellement par des tableaux synoptiques, une rubrique bibliographique et des photographies plus nombreuses. Des données météorologiques y figurent ainsi que des indications sur l'enneigement (sept valeurs) pour un certain nombre de stations.

Une biographie de F.-A. FOREL a été publiée in *Les Alpes (Revue du CAS)*, 38-9, 1962; *Bull. Soc. vaud. sc. nat.* 68-5, 1963, p. 189-193.

- 8) Règlement de la Commission helv. des glaciers: Actes de la Soc. helv. sc. nat. 2. VII. 1916; 1942, p. 172.
En 1872, sur la proposition de la Commission glaciologique, l'Assemblée des délégués du CAS décida l'élaboration d'un *Grand livre des glaciers (Das Gletscherbuch*, cf. PORTMANN 1975, p. 182, note 4). On se préoccupa aussi de la diffusion d'*Instructions à l'usage des touristes du CAS parcourant les glaciers*.
- 9) C'est lors du VI e Congrès internat. de géologie, à Zurich en 1894, que fut prise la décision, sur la proposition de MARSHALL HALL, de constituer une Commission internationale. F.-A. FOREL en fut le premier président et LÉON DUPASQUIER le secrétaire.
- 10) KASSER, P. *Zeitschr. f. Gletscherkunde u. Glazialgeol.* 1970, VI/1-2.
- 11) *Echo des Alpes*, 1900, pp. 232.

12) La Commission des glaciers de la Société de physique de Zurich (ZGC) fit des observations très suivies aux abords de la cabane des Clarides.

13) Le totalisateur le plus haut placé fut celui du col de la Jungfrau. Il s'agissait de totalisateurs Mougin munis de l'écran tronconique de NIPHER (1913, p. 243). L'emploi des totalisateurs, les méthodes de vidange et de mesure du contenu ainsi que les faiblesses de ces appareils sont exposés en détails dans plusieurs *Rapports*.

La surveillance des appareils d'Orny (nivomètre de paroi installé en 1902, balise dès 1911, puis totalisateur) donna lieu à de joyeuses randonnées du *Groupe nivométrique vaudois*, dans des conditions pas toujours faciles, on s'en doute. On observa et photographia aussi régulièrement la fameuse «soufflure» (congère) d'Orny (autrefois cabane Julien Dupuis).

14) *Écoulement continu et non intermittent* (1896, p. 290; 1904, p. 226).

15) Cette carte résulta de la collaboration du Service topographique fédéral, du Laboratoire de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques (ETH., Zurich), de l'École polytechnique fédérale de Zurich, de la Station de recherches du Jungfraujoch ainsi que du Fonds national suisse de la recherche scientifique.

16) Le rôle des facteurs climatiques avait été signalé en 1870 déjà par LOUIS DUFOUR (*Bull. Soc. vaud. sc. nat.* X, 1870, p. 359).

Literaturbesprechung

SHOTSKI Vladimir Porfirevich: *Agro-industrial complexes and types of agriculture in Eastern Siberia (Geography of world agriculture 8)*: 131 S., 9 Krt., 14 Tab. 1979, Akadémiai Kiadó Budapest, \$ 11.50.

Die im Zusammenhang mit dem amerikanischen Getreide-Embargo interessanteste Statistik aus diesem Werk ist die Tabelle, welche den Selbstversorgungsgrad des Agro-Industrie-Komplexes Mittel Angara angibt. Für Getreide liegt er bei 80 Prozent, für Gemüse bei 10 Prozent, bei Fleisch werden 30 Prozent des Verbrauchs in der eigenen Region produziert. Im übrigen hält sich auch dieses aus dem Russischen übersetzte Werk

an die sowjetische Gewohnheit, relative Zahlen zu liefern, so dass es einiger Interpretationskünste bedarf, um die Angaben auszuwerten. Immerhin ist die vom Leiter des Departements für Regionale Geographie am Institut für Sibirien und dem Fernen Osten in Irkutsk verfasste Übersicht geeignet, unser Sibirien-Bild realistischer zu gestalten. Die Absicht der Sowjetregierung, das Nahrungsproblem im industriellen Wachstumsgebiet Ost-Sibirien zu lösen, hat im Transbaikalgebiet intensive Innenkolonisationspläne ausgelöst.

GH 1/81

Walter Kyburz, Zürich