

*Ch. P. Peguy*

*Rennes*

## OBSERVATIONS GLACIOLOGIQUES DANS LE MASSIF DES GRANDES ROUSSES (FRANCE)

### Sommaire

L'intérêt présenté par les glaciers ici étudiés repose: (a) sur l'existence d'un document de base assez ancien (carte au 1 : 10 000 levée en 1905 et 1906); (b) sur le voisinage de la ville universitaire de Grenoble et l'accès relativement aisés des divers glaciers. Au cours des dernières années des études ont été poursuivies sur deux glaciers du Massif; le Glacier de Sarennes, exposé plein Sud sur le versant dauphinois, et le Glacier de Saint-Sorlin exposé plein Nord sur le versant Savoyard. Le premier est suivi par le service compétent français des Eaux et Forêts depuis 1948 tandis que le Glacier de Saint-Sorlin a fait l'objet en 1957 d'une étude approfondie de la part d'un „stage” inter-universitaire français.

L'étude de la couverture neigeuse est effectuée à l'aide d'une sonde de pesée. L'ablation au détriment de la glace est étudiée grâce à un jeu de balises profondes implantées à la sonde thermique du Pf Kasser. Le bilan apparaît négatif pour les deux glaciers, avec une perte de substance beaucoup plus sensible pour le glacier de Sarennes que pour celui de Saint-Sorlin: l'abaissement topographique moyen pour le demi-siècle écoulé est de l'ordre d'un mètre part an pour le premier, de 50 à 60 cm seulement pour le second.

Les fronts de chacun de ces deux glaciers sont l'objet de campagnes topographiques détaillées qui se poursuivent. Une transformation très profonde — disparition d'une diffluence — est intervenue depuis 1906 pour le Glacier de Saint-Sorlin.

Un nouveau jeu de balises, implantées en septembre 1959 sur le glacier de Saint-Sorlin, permettra d'en poursuivre l'étude dans les trois années à venir.

### GENERALITES

Le Massif des Grandes Rousses se situe par  $45^{\circ} 10'$  lat. N. dans la zone des Alpes françaises que les géologues qualifient de „Massifs cristallins Centraux”. C'est à peu près le plus occidental des massifs alpins englacés. Les sommets (point culminant: pic de l'Etendard, 3 470 m) s'alignent le long d'une arête orientée Nord—Sud de part et d'autre de laquelle les glaciers se répartissent très inégalement. Sur le versant Ouest restent perchés des glaciers de plateau (glacier de la Barbarate et des Grandes Rousses) dont le total couvre aujourd'hui moins de  $3 \text{ km}^2$ . A l'Est de l'arête faîtière, une topographie plus diversifiée permet la subsistance de cinq glaciers de cirque (glaciers de Sarennes, du Grand-Sablat, de Malatres, des Quirlies et de Saint-Sorlin) totalisent près de  $8 \text{ km}^2$ .

Cet ensemble très diversifié, et d'accès aisés, ce qui ne gâte rien, constitue pour le glaciologue un site de choix. Dès 1905—1906 une carte au

1 : 10 000 du Massif était en effet levée par Flusin et divers chercheurs grenoblois; les glaciers s'y trouvent figurés avec le plus grand soin par des courbes équidistantes de 10 mètres. Nous disposons d'autre part d'une couverture photographique effectuée en 1952. Entre temps, le service des Eaux et Forêts, sur l'initiative de Monsieur le Conservateur Cherrey commençait en octobre 1949 une étude du Glacier de Sarennes selon une technique largement inspirée des réalisations scandinaves<sup>1</sup>. Depuis 1957 enfin une équipe inter-universitaire, sur l'initiative de l'auteur de la présente communication, a repris l'étude du glacier de Saint-Sorlin. L'intérêt qu'il y a à concentrer ainsi les recherches en cours sur ces deux derniers glaciers ressort évidemment du contraste total de leurs expositions.

Les observations que nous présentons au Congrès se situent donc sur deux plans: les unes, de caractère sommaire, intéressent l'ensemble du Massif; les autres, mettant en oeuvre des techniques plus complètes, portent uniquement sur les glaciers de Sarennes et de Saint Sorlin.

#### LE RECOL EN SURFACE

La carte de Flusin (1906) attribue à l'ensemble des glaciers des Grandes Rousses une surface totale de 1 307 ha<sup>2</sup>. Une carte plus ancienne, la carte française dite de l'Etat Major<sup>3</sup>, reposant sur des travaux sur le terrain effectués pour l'essentiel en 1853<sup>4</sup> accorde même aux glaciers du Massif une superficie de 1 912 ha. Mais on discute, dans le détail, sur la confiance qu'il convient d'accorder à ce document. Les photographies aériennes de 1952 donnent 1 117 ha, soit une diminution en surface de 4% (?) au cours d'un siècle, ou plus sûrement de 15% en 47 ans<sup>4</sup>. Mais ce recul n'est en fait ni homogène dans l'espace, ni constant dans le temps. Ainsi les glaciers du versant occidental, dont l'extension paraît limitée moins par des considérations d'ordre climatique que par la configuration de leur socle, et fort exposés d'autre part aux vents pluvieux de l'Ouest, ont peu perdu: 7% de leur surface entre 1906 et 1952 contre 17% entre les mêmes dates pour les autres glaciers du Massif. D'autre part, une crue momentanée, mais sur laquelle les renseignements sont insuffisants, paraît d'être produite

<sup>1</sup> Les observations du Glacier de Sarennes sont actuellement poursuivies sous la direction de Monsieur Garavel, de Grenoble.

<sup>2</sup> 1 km<sup>2</sup> = 0,386 square mile, 1 ha (hectare) = 0,01 km<sup>2</sup> = 93,025 square feet.

<sup>3</sup> 1862 seulement pour le glacier de Saint-Sorlin, situé en Savoie.

<sup>4</sup> Mesures effectués par P. Sitzmann, Institut de Géographie alpine, Grenoble.

autour de 1920. Ajoutons que le détail de la topographie est souvent déterminant: ainsi à Sarennes, le recul a-t-il surtout affecté la rive Ouest du glacier qui bénéficie d'une bien plus grande insolation.

Résumé des planimétrage (resultats en ha)

	1906	1952	1957
Glacier de Saint-Sorlin	432	361	355
Glacier de Sarennes	109	88	83
Ensemble du Massif	1 307	1 117	non levé

Les enseignements tirés du planimétrage des cartes peuvent être parfois complétés, au hasard des documents, par des indications éparses touchant la position des fronts. Selon le Prince Roland Bonaparte, le glacier des Quirlies aurait ainsi remonté de 400 m dans sa vallée, au dessus des chalets de ce nom, entre 1865 et 1892.

Etant donné la morphologie même du „glacier de cirque” celui-ci, dans son recul, vient occuper des „positions de repli” situées de plus en plus à l'amont de son bassin. Le recul du glacier de cirque entraîne donc une remontée de son altitude moyenne. Cette remontée a atteint 21 m pour le glacier de Saint-Sorlin entre 1906 et 1957.

#### LE RECOL EN VOLUME

La perte de substance que subit le glacier au cours de son recul contemporain peut être soit mesurée directement par des levés successifs au théodolite, soit considérée comme résultant d'une série de bilans déficitaires que l'on cherchera à évaluer à l'aide de balises.

Sur le glacier de Sarennes, le profil en long s'est partout abaissé entre 1906 et 1956. La différence est de 11 m pour la partie supérieure du glacier et de 57 m à son extrémité aval. La valeur moyenne de l'abaissement du niveau paraît s'établir à 30,5 m, soit environ 60 cm par an.

Les bilans annuels sont étudiés sur ce glacier depuis l'année budgétaire 1949—1950 (cf: ci-dessous, p. 282). Au cours des 10 années qui ont suivi la perte de substance s'est révélée équivaloir à une épaisseur moyenne de glace de 10 m, soit un abaissement moyen de 1 mètre par an.

Sur le glacier de Saint-Sorlin, nous retrouvons un abaissement topographique fonction de l'altitude. Il n'est même pas impossible que certaines sections du névé se soient „gonflées” au cours du dernier demi-siècle. Plus bas, nous évaluons l'abaissement topographique à 30 m vers

2 800 m d'altitude et à 80 m vers 2 600. A altitudes égales cet abaissement est donc moins prononcé à Saint-Sorlin qu'à Sarennes, ce qui est une conséquence normale des différences d'exposition entre les deux appareils.

Il est relativement aisé de traduire en volumes bruts les effets de cette perte de substance:

	glacier de Sarennes	glacier de Saint-Sorlin
	en milliers de m <sup>3</sup>	
Perte de volume correspondant à la disparition complète d'une partie du glacier existant en 1906		
	8 600	49 000
Perte de volume correspondant à la disparition partielle de la partie du glacier subsistant en 1957 (ou 1958)	25 300	75 000
	33 900	124 000

On notera que la part prise par le recul de la langue dans la perte totale de substance est plus grand sur le glacier d'ubac que sur celui d'adret: fait normal, puisque la langue tient de toute façon très peu de place dans ce dernier.

Il serait certainement plus expressif de substituer à ces données brutes des valeurs relatives, en rapportant la perte de substance à la surface du glacier, opération qui conduit au calcul d'un abaissement moyen du glacier. Mais cette notion, que nous avons déjà évoquée, introduit des conventions d'ordre terminologique:

(a) si l'on se borne à considérer l'évolution du glacier dans les limites de sa surface actuelle, l'abaissement moyen nous en est déjà connu: 30,5 m en 51 ans à Sarennes, soit en moyenne 60 cm/an; 21 m en 52 ans à Saint-Sorlin, soit en moyenne 40 cm/an. Notons au passage que cet abaissement de la surface topographique du glacier est égal en valeur absolue, et de signe contraire à la remontée de l'altitude moyenne consécutive au retrait;

(b) mais il peut paraître plus rationnel de tenir compte de la partie de la langue actuellement disparue et de rapporter la perte de substance totale à la surface initiale au mieux — croyons nous — à la moyenne arithmétique des surfaces englacées planimétrées aux dates extrêmes de la période considérée. Des calculs effectués selon cette méthode donnent:

pour Sarennes:

$$\frac{33,900 \times 10^3 \text{ m}^3}{1/2 (109 + 83) 10^4 \text{ m}^2} = 35,3 \text{ m soit environ } 70 \text{ cm/an}$$

pour Saint-Sorlin:

$$\frac{124,000 \times 10^3 \text{ m}^3}{1/2 (432 + 357) 10^4 \text{ m}^2} = 31,4 \text{ m soit environ } 60 \text{ cm/an}$$

Entre autres avantages, ce type d'évaluation peut s'intégrer directement dans le bilan hydrologique de l'émissaire. A Saint-Sorlin, nous avons été ainsi amenés à estimer que l'apport de la dilapidation du capital glaciaire a représenté, au cours du dernier demi-siècle, le tiers des débits totaux de l'émissaire du glacier.

#### LES BILANS ANNUELS

Depuis 1950 pour le glacier de Sarennes et 1957 pour celui de Saint-Sorlin l'implantation de balises profondes à la sonde thermique permet de suivre l'alimentation et l'ablation dans le cadre de chacune des „années budgétaires“ successives. La valeur en eau de la couverture neigeuse est estimée à l'aide de „sondes de pesées“ type E.D.F.<sup>5</sup>. Sans revenir sur les principes de la détermination du „bilan“ d'un glacier on se doit d'indiquer ici que la transposition pure et simple aux glaciers alpestres d'une méthode conçue par W:son Ahlmann et ses élèves pour les glaciers scandinaves ne va pas sans rencontrer certaines difficultés:

(a) une première tient à l'ampleur des pentes dominant les cirques: celles-ci assurent pour une part l'alimentation du glacier par le jeu des avalanches qui s'y produisent, mais cette part est malheureusement difficile à évaluer;

(b) à la latitude des Alpes, les échanges thermiques directs entre l'atmosphère, et la glace paraissent tenir, dans les conditions générales de l'ablation, une place relativement plus grande que pour les glaciers de latitudes plus élevées. Par contre, le rôle propre de l'insolation y est relativement plus faible. Nous avons noté ailleurs qu'au Hofsjökull, étudié par nous en 1954, l'ablation en août n'atteignait, pour des journées d'une même température moyenne, que la moitié de celle relevée en juillet (Peguy 1957; Peguy et Blanchet 1959). Dans les Alpes, des périodes chaudes tardives peuvent provoquer une fusion abondante alors que les jours raccourcissent déjà. D'autre part, l'amplitude diurne de la

<sup>5</sup> E. D. F. — „Electricité de France“.

température est plus forte dans les Alpes que sous le cercle polaire, ce qui autorise le jour une ablation non négligeable fort tard en saison alors qu'il gèle déjà chaque nuit. Doit-on dans ces conditions établir le bilan d'un glacier alpin en distinguant uniformément une saison chaude allant de juin à septembre qui serait celle de la fusion, et une saison froide — octobre—mai — qui verrait la reconstitution du stock? On pourrait souhaiter la mise au point de méthodes, *a priori* plus appropriées au domaine alpestre, reposant sur la détermination préalable, année par année, du début et de la fin de la période chaude. L'examen théorique de cette question ne pourra sans doute être abordé qu'après une plus longue poursuite des opérations actuellement en cours. Nous nous bornerons donc ici à résumer les résultats acquis dans le cadre traditionnel d'un „bilan” où la fusion est traditionnellement limitée à la période 1<sup>er</sup> juin—30 septembre.

L'examen des bilans laisse tout de suite apparaître avec netteté la succession de deux groupes d'années assez dissemblables.

Les années 1949—1953 ont été très favorables à la conservation des masses glaciaires; double effet de précipitations solides déficitaires et de températures estivales plus élevées. Au cours de ces cinq premières années, une accumulation moyenne de 1 690 mm et une ablation moyenne de 3 040 mm déterminent, à Sarennes, un déficit moyen de 1 350 mm. Au cours des cinq années suivantes, la situation s'améliore, de façon d'ailleurs complexe: si l'accumulation s'abaisse à la moyenne très basse de 1 400 mm l'ablation de son côté, ne dépasse pas 1 860 mm ce qui chiffre le déficit du bilan moyen, pour cette période à 460 mm<sup>6</sup>.

Etudié seulement depuis 1957, le bilan du glacier de Saint-Sorlin traduit d'abord les conditions climatiques plus favorables, ou du moins défavorables de ces toutes dernières années. Pour le cycle 1956—1957, le bilan s'établit comme suit:

	accumulation (1)	ablation (2)	régime (1 + 2)	bilan (1—2)
Sarennes	1 270	1 990	3 260	— 720
Saint-Sorlin	1 680	1 970	3 650	— 290

Pour 1958 et 1959 il nous est impossible de donner des valeurs exactes de l'accumulation et de l'ablation sur le glacier de Saint-Sorlin en raison de circonstances ayant retardé notre venue sur le glacier jusqu'au début

<sup>6</sup> Rappelons que les données numériques exprimées en millimètres d'eau („lame de fusion”) sont équivalentes au stock global exprimé en milliers de m<sup>3</sup> par km<sup>2</sup>.

du mois d'août. Mais les quatres balises subsistant sur le glacier ont été relevées plusieurs fois, et notamment à date fixe: le 7 septembre de chaque année. Ces lectures ont donné les résultats bruts suivants:

altitude moyenne des 4 balises: 2 780 m	émergence moyenne des balises en cm	lame de fusion en mm
7 septembre 1957 au 7 septembre 1958	125	1 125
7 septembre 1958 au 7 septembre 1959	223	2 000

En se limitant aux années pour lesquelles on dispose d'observations comparables il apparaît ainsi que le glacier de Saint-Sorlin se „defendé” mieux que celui de Sarennes contre la débâcle glaciaire contemporaine. On fixerait notre pensée en disant — mais ce n'est là qu'une image — que des conditions climatiques qui impliqueraient par hypothèse une disparition complète du glacier de Sarennes en quelques 60 ou 70 ans laisseraient vraisemblablement encore deux siècles de vieillesse à celui de Saint-Sorlin. Mais de telles supputations restent très aléatoires parce que la durée réelle de la période d'ablation varie considérablement d'une année à l'autre. En 1957 nous vîmes se succéder ainsi une période de fusion exorbitante (800 mm de valeur en eau en 27 jours du 20 juin au 16 juillet) et une période d'ablation presque nulle (66 mm en 17 jours du 17 juillet au 2 août). Vers le 20 juillet, de la neige fraîche était tombée vers 2 100 m d'altitude seulement. C'est semble-t-il à l'existence de semblables retours offensifs du mauvais temps en pleine période estivale que les petits glaciers alpins doivent de prolonger leur agonie. On voit dans ces conditions combien risquerait d'être inexacte une analyse de l'englacement actuel des Alpes qui ne reposerait que sur la considération de moyennes annuelles.

#### Bibliographie

- Cherrey, M. 1951 — Glacier de Sarennes. Année 1949—1950. La houille Blanche, Grenoble.
- Flusin, G., Jacob, C. 1909 — Carte au 1 : 10 000 du Massif des Grandes Rousses. Ministère de l'Agriculture. Etudes glaciologiques, t. 1.
- Huin, Garavel, M. 1959 — Dix années d'observations au glacier de Sarennes. Communication à la Sous-section de glaciologie de la Société Hydrotechnique de France, Séance du 20 février.

- Bibliographie des travaux publiés à la suite du Stage de Glaciologie de 1957:*
- Cailleux, A. 1958 — Des filons aux galets de quartz. *Revue Géogr. Alpine*, t. 46; pp. 415—421.
- Daveau, S. 1958 — Cône central d'éboulis de l'aiguille Rousse. *Revue Géogr. Alpine*, t. 46; pp. 423—428.
- Durand-Dastes, F. 1958 — Mesures d'orientation des blocs sur une moraine du glacier de Saint-Sorlin. *Revue Géogr. Alpine*, t. 46; pp. 447—449.
- Hamelin, L. E. 1957 — Le stage glaciologique de Saint-Sorlin. *Revue Canadienne Géogr.*; pp. 234—237.
- Hamelin, L. E. 1958 — Le talus oriental d'éboulis de l'Aiguille Rousse (Alpes Occidentales). *Revue Géogr. Alpine*, t. 46; pp. 429—439.
- Hamelin, L. E. 1959 — Quelques enseignements des stages glacio-morphologiques de Saint-Sorlin (Alpes françaises). *Cahiers Géogr. de Québec*, No 5; pp. 140—143.
- Léger, M. 1958 — Observations sur les stries glaciaires (glacier de Saint-Sorlin). *Revue Géogr. Alpine*, t. 46; pp. 441—446.
- Lliboutry, L. 1958 — Etude préliminaire du glacier de Saint-Sorlin (Alpes françaises). *Assoc. Intern. Hydrologie, Symposium de Chamonix*; pp. 45—55.
- Peguy, Ch. P. 1958a — Compte-rendu du stage de glaciologie de Saint-Sorlin (juin—octobre 1957). *Information Géographique*; pp. 125—128.
- Peguy, Ch. P. 1958b — Quelques enseignements de l'analyse morphométrique du glacier de Saint-Sorlin. *Revue Géogr. Alpine*, t. 46; pp. 405—413.
- Peguy, Ch. P., Blanchet, G. 1959 — Les conditions météorologiques de l'ablation sur le glacier de Saint-Sorlin (été 1957). *Berichte des Deutschen Wetterdienstes*, Nr 54; pp. 14—17.
- Rudolph, A. H., 1958 — Remarques sur une forme de détail de la moraine du Rieu Blanc (glacier de Saint-Sorlin). *Revue Géogr. Alpine*, t. 46; pp. 451—454.
- Shaw, E. M., Ahmad, M., Cailleux, A. 1958 — Le cône torrentiel du lac Tournant. *Revue Géogr. Alpine*, t. 46; pp. 455—462.