

Les variations périodiques des Glaciers

Autor(en): **Forel, F.A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali**

Band (Jahr): **83 (1900)**

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-90083>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Les variations périodiques des Glaciers.

Par F. A. Forel.

Je viens de publier dans l'Annuaire du Club alpin mon vingtième rapport sur les Variations des glaciers des Alpes suisses.¹⁾ J'espère bien, avec la collaboration de mes jeunes amis MM. Lugeon et Muret, en continuer la série; mais ce numéro d'ordre, déjà élevé, m'autorise à essayer d'une généralisation.

Et d'abord quelques mots d'historique.

L'origine de ces rapports a été provoquée par l'énoncé d'une hypothèse de mon ami M. Henri de Saussure, de Genève, qui, dans sa *Question du lac*,²⁾ avait supposé que les eaux d'inondation du Léman, pendant les étés de 1876 à 1879, devaient être expliquées par la grande décrue des glaciers, que l'on constatait à cette époque. La fonte des glaciers était très active; ils donnaient beaucoup d'eau; de là, crue excessive des lacs. Nous étions alors en procès intercantonal devant le Tribunal fédéral au sujet des eaux du Léman; je tentai d'une réfutation d'avocat;³⁾ mais je ne me dissimulai pas combien cette réponse était insuffisante; nous n'avions ni une théorie des variations des glaciers, ni même une collection de faits qui permît d'en établir une.

¹⁾ Jahrbuch des Schweizer Alpenclub XXXV p. 203. Bern 1900.

²⁾ H. de Saussure. La question du lac. p. 30. Genève 1880.

³⁾ F. A. Forel. Romain à l'étude de la limnimétrie du Léman. VI. série XXXI. Bull. S. V. S. N. XVII. 338 Lausanne 1881.

J'estimai que notre devoir le plus immédiat était de combler cette lacune, et j'adressai un appel aux naturalistes et aux membres des Clubs alpins, en leur demandant de m'envoyer toutes les observations, passées et actuelles, sur la grandeur des glaciers et sur leurs variations. Ce sont ces matériaux, d'origine, et de valeur fort différentes, matériaux malheureusement encore trop peu nombreux, que j'ai rassemblés dans des rapports annuels, publiés d'abord dans l'*Echo des Alpes* de Genève ; puis, quand cette revue m'a trouvé trop encombrant, dans l'*Annuaire du Club alpin suisse*, où j'ai joui de la plus généreuse hospitalité. Le premier rapport a paru en 1881, renfermant la chronique des glaciers de 1880.¹⁾

J'ai pris seul la responsabilité des quinze premiers rapports. J'ai senti alors le besoin d'assurer la continuation de l'œuvre, pour le jour où je viendrais à manquer, et j'ai réclamé la collaboration du professeur Léon du Pasquier de Neuchâtel, avec lequel j'ai publié deux rapports, les XVI^e et XVII^e. Hélas ! c'est mon jeune collègue qui est parti le premier ! Après sa mort j'ai cherché de nouveaux appuis ; depuis trois ans, M. le professeur Dr M. Lugeon à Lausanne, et M. Ernest Muret, inspecteur-forestier à Berne, participent à ces rapports et me promettent la continuation de notre entreprise.

Entre temps je m'étais assuré d'une coopération efficace et puissante. A partir du XIII^e rapport, j'ai obtenu du gouvernement du Valais qu'il fit faire par les forestiers cantonaux, sous la direction de M. Antoine de Torrenté, inspecteur en chef des forêts du Valais, des observations régulières sur les glaciers de ce magnifique centre des alpes suisses. A partir du XIV^e rapport, appuyé par la Société helvétique des sciences naturelles, nous avons obtenu la même collaboration de l'Inspectorat fédéral des forêts, dirigé par M. J. Coaz. Cette administration qui a la surveillance générale des eaux et forêts de la Confédération, a compris l'importance d'observations sur les glaciers, dont les variations représentent l'un des éléments les plus actifs de la climatologie d'une part, des catastrophes d'autre part, dans la région alpine ; elle a demandé aux ins-

¹⁾ *Echo des Alpes*. Genève 1881. 1882. — *Jahrbuch des Schweizer Alpenclub*, Bern 1883—1900.

pections cantonales des forêts de prendre des mesures sur les principaux glaciers du territoire; 93 glaciers sont actuellement en observation.

Grâce à cet excellent matériel, pour le quel nous exprimons notre vive reconnaissance à tous ceux qui y participent, nos études sur les glaciers ont acquis une base parfaitement assurée, et elles pourront à l'avenir rendre toujours plus de grands et précieux services.

Nos recherches suisses ont d'abord été isolées. Mais bientôt nous avons obtenu des études analogues en Autriche, en Allemagne, en France, en Italie. Enfin en 1894, au congrès géologique de Zurich, la fondation de la *Commission internationale des glaciers* a étendu ces recherches sur l'ensemble du globe. Nous avons eu l'honneur, Léon du Pasquier et moi-même, d'être chargés d'organiser cette entreprise, et nous sommes arrivés à l'établir sur un pied tel qu'elle donne déjà des résultats importants et utiles.¹⁾

Qu'avons nous su tirer de ces matériaux?

Je pourrais rappeler dans quelle incertitude l'on était, il y a trente ans, sur les questions de fait et de théorie concernant les variations des glaciers. Je n'aurais qu'à ouvrir le livre d'Albert Mousson sur les glaciers actuels.²⁾ Nous y lisons que la variation annuelle est admise théoriquement, mais n'est pas appuyée sur une démonstration expérimentale; que des variations irrégulières de longue périodicité (nos variations cycliques), sont constatées, tantôt simultanées dans les différents glaciers, tantôt opposées chez quelques uns d'entr'eux. Il y avait déjà beaucoup de dates citées; „mais“ dit Mousson, „jusqu' à ce que quelqu'un se donne la tâche ingrate de les réunir, après en avoir fait une critique serrée, tous ces faits resteront absolument sans valeur et sans utilisation possible“.

Les conclusions théoriques que j'ai déduites, soit des dates historiques soit des observations actuelles rassemblées par nous, je les ai développées successivement dans des notes

¹⁾ Voir les rapports annuels de la Commission internationale des glaciers dans les Archives de Genève. 1895 sq.

²⁾ A. Mousson. Gletscher der Jetztzeit p. 168. Zurich 1854.

insérées dans mes divers rapports. Une première généralisation a été tentée dans mon „Essai sur les variations périodiques des glaciers“.¹⁾

Pour aujourd'hui je me bornerai de traiter les grandes lignes du phénomène, tel qu'il nous apparaît dans les faits d'observation; je renverrai pour les détails soit aux rapports eux mêmes soit aux notices explicatives qui les accompagnent.

I. Les variations que les glaciers subissent sont des changements de volume et non pas seulement des changements de forme. Quand le glacier s'allonge, il s'élargit et s'épaissit; ce n'est pas par ce que l'une des dimensions diminue que les autres augmentent; il y a modification dans le volume. Tantôt le glacier s'accroît, tantôt il décroît. Il suffit d'observer l'une des dimensions pour en déduire l'ensemble du phénomène. C'est le plus souvent la longueur relative du glacier qui est mesurée.

II. Au milieu de l'irrégularité des variations glaciaires, on constate parfois une certaine simultanéité d'allures. Il y a eu une grande phase de crue de 1816 à 1820; il y a eu un état de maximum, partout reconnu, en 1855; il y a eu décrue générale de 1856 à la fin du siècle; il y a eu petite crue, partielle celle-ci, de 1875 à 1892.

III. Cela étant nous pouvons décrire les allures générales des glaciers suisses dans le XIX^e siècle.

1800—1811	?
1811—1816—1822	Crue.
1818—1820—1826	Grand maximum.
1820—1830	Légère décrue; incertitude.
1830—1850	Mouvements contradictoires.
1855	Maximum.
1856—1900	Décrue générale.
1875—1892	Crue partielle de quelques glaciers suisses et savoyards.
1890—1900	Crue partielle de quelques glaciers autrichiens.

¹⁾ Archives de Genève 1881. VI. p. 5 et 448.

IV. De la contemplation générale du phénomène on conclut à ce que j'ai appelé *la loi de longue périodicité*. Je l'ai d'abord déduite, dans mon Essai sur les Variations des glaciers, des observations du glacier du Rhône de 1856 à 1880. Je puis aujourd'hui m'appuyer sur l'ensemble des observations du siècle.

Les allures de la variation cyclique ne sont pas rapides irrégulières, capricieuses; elles sont lentes et majestueuses; les deux phases dont la période est formée, phase de crue et phase de décrue, durent l'une et l'autre des séries d'années, disons des dizaines d'années.

Il n'y a pas dans le phénomène l'irrégularité imprévue qui caractérise la climatologie des années succesives; soit au point de vue thermique, soit au point de vue hygrométrique, qui sont les deux facteurs du climat intéressants pour les glaciers, deux années qui se suivent peuvent différer du tout au tout, et cela d'une manière très inattendue; il y a parfois quelque analogie générale dans une série d'années, mais cette ressemblance est bientôt interrompue par des divergences souvent considérables. Cette irrégularité fantaisiste, nous ne la retrouvons pas dans les variations des glaciers; les périodes s'y déroulent en longues séries d'années; dans chaque phase le changement de volume se continue longtemps, très longtemps dans le même sens; quand il y a renversement de signe c'est de nouveau pour une longue série d'années.

Cette lenteur d'allures de la périodicité dans les variations glaciaires, qui indique la prédominance d'un facteur à modifications longues et d'action lointaine, sera la base sur laquelle nous fonderons notre théorie du phénomène. Nous y reviendrons.

V. Quelle est la durée de cette périodicité? Tout d'abord constatons qu'il y a une double période:

a) Une période *annuelle*, mise en évidence d'une manière très intéressante par les mesures mensuelles faites au glacier du Rhône, à partir de 1887.¹⁾ Chez un glacier à l'état

¹⁾ Archives de la *Rhône-Gletscher-Vermessung*. „Oscillationen der Spitze der Gletscherzunge“.

stationnaire, dans les mois d'hiver la fonte de la glace est nulle et l'écoulement du glacier persistant, il y a crue temporaire d'octobre à avril ou mai; dans les mois d'été au contraire la fonte prédomine et la décrue l'emporte. Chez un glacier en état de grande crue ou de grande décrue, cette période annuelle se traduit alternativement par une accélération et un ralentissement temporaires de la variation générale dominante.

b) Une période *cyclique*, de longue périodicité. Quelle en est la durée?

Ce n'est pas une période de sept ans, comme le voulait la tradition populaire; la météorologie moderne ignore ce chiffre cabalistique et n'en trouve nullement l'application dans les faits de l'histoire naturelle, et spécialement dans celle des glaciers.

Ce n'est pas la période de onze ans des taches du soleil, comme le croyait H. Fritz de Zurich.¹⁾ La période des glaciers est beaucoup plus lente et prolongée. En 1889 j'ai fait une statistique des phases glaciaires alors suffisamment connues et je leur ai trouvé les valeurs moyennes:²⁾

Phase de crue	10,5 ans
Phase de décrue	27,4 „
Période entière	37,9 ans

Ces chiffres s'allongeraient notablement si j'y faisais entrer les observations des périodes terminées dans les dix dernières années. — Ni les observations isolées, ni les moyennes générales ne permettent de retrouver dans les variations des glaciers la période undécimale de Wolf.

VI. Pendant longtemps j'ai admis, d'accord avec E. Richter,³⁾ dans les variations des glaciers la période de 35 ans, $\frac{1}{3}$ de siècle, le cycle de Brückner. Voici les maximums

¹⁾ Die periodischen Längenänderungen der Gletscher. Petermann's geogr. Mitth. 1879 p. 381 — Beiträge zur Beziehung irdischer Erscheinungen zur Sonnenthätigkeit. IV. Jahresschr. der zürcher. natur. Ges. Zürich 1888.

²⁾ IX. rapport 1889.

³⁾ E. Richter. Geschichte der Schwankungen der Alpengletscher. Zeitschr. des D. u. Oe. Alpenvereins 1891.

que mon ami de Gratz croit avoir reconnus dans les siècles derniers.

Maximums des glaciers	1600
d'après Richter	1630—1640
	1680
	1715
	1740
	1770
	1820
	1840—1850

La valeur moyenne que j'obtenais pour mes périodes de glaciers du XIX^e siècle s'élevant à 33 à 35 ans, j'étais disposé à y retrouver le cycle de Brückner.

Mon opinion actuelle est un peu plus compliquée. Je constate, que du commencement à la fin du XIX^e siècle, nous avons eu dans les Alpes suisses :

des glaciers à une seule période : glacier de l'Aar ; maximum vers 1870 ; durée environ cent ans ;

des glaciers à deux périodes : glacier du Rhône ; maximums 1820, 1855 ; durée environ cinquante ans ;

des glaciers à trois périodes : glaciers du Trient, des Bossons, de Zigiorenova ; maximums 1820, 1855, 1893 ; durée environ trente-trois ans.

Ce qui peut s'interpréter de deux manières différentes :

Ou bien la période des glaciers dépasse de beaucoup les 35 ans du cycle de Brückner ; la moyenne serait peut-être une période de quelque cinquante ans, un demi siècle au lieu d'un tiers de siècle.

Ou bien la période est d'un tiers de siècle, comme la plupart des périodes climatiques ; mais tous les glaciers ne réagissent pas à chaque retour de période ; à quelques uns manquent une ou plusieurs périodes. — C'est cette dernière interprétation que je crois la plus plausible ; c'est celle que j'adopte jusqu' à meilleur avis.

Que la période ne se traduise pas toujours par un changement de signe dans l'allongement du glacier, c'est ce qui résulte de certains faits incontestablement observés. Voici par exemple pour le glacier du Rhône les allures de la dé-

crue, dont la valeur a été en diminuant lentement jusqu' en 1892, où nous avons été tout près de voir apparaître une crue, et qui a repris son activité à partir de 1893. Les chiffres suivants donnent la superficie de la moraine profonde mise à découvert chaque année par la décrue du glacier :

1882	24500 m ²	1891	3100 m ²
1883	11400	1892	520
1884	13850	1893	8050
1885	5675	1894	14800
1886	6300	1895	8230
1887	7125	1896	4900
1888	6950	1897	3480
1889	6800	1898	2280
1890	4110	1899	2220

VIII. Deux facteurs président aux variations de volume des glaciers :

a) Le débit du courant qui amène incessamment de nouvelles masses de glaces, tombées jadis sous forme de neige sur les névés, ou acquises sous forme de neige ou de givre dans le cours du voyage de glacier. C'est le facteur de l'alimentation qui tend à augmenter le volume du glacier ; c'est une action de valeur positive.

b) La destruction de la glace par la fusion, qui la transforme en eau, laquelle, cessant de faire corps avec le glacier, s'écoule rapidement. C'est une action négative.

Laquelle de ces actions est dominante dans les variations des glaciers ?

Ces deux facteurs d'action opposées, donnent une résultante qui est le volume actuel du glacier.

Voyons nous le glacier à l'état stable, $A A'$ fig. 1, présenter une *variation négative* par le fait d'une destruction extraordinaire de la glace par une fusion d'intensité extraordi-

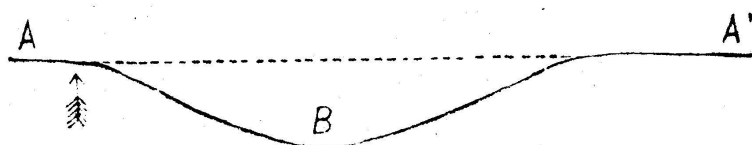


fig. 1. Variation négative du glacier.

naire aussi? Le glacier après s'être raccourci jusqu' en *B* reviendrait ultérieurement à ses dimensions primitives.¹⁾

Voyons nous le glacier, à l'état stable ou stationnaire, présenter une *variation positive* sous la forme d'une poussée en avant *C*. de la glace, amenée en quantités extraordinaires par une crue du fleuve glacé, fig. 2.

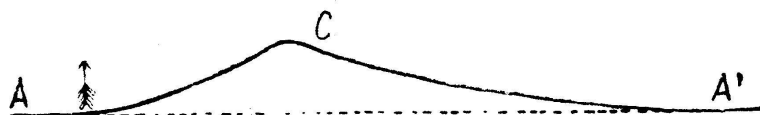


fig. 2. Variation positive du glacier.

Voyons nous le glacier présenter des *variations symétriques* autour d'une valeur moyenne qui serait l'état normal? Tantôt s'allonger au delà, tantôt se raccourcir en deça de cet état moyen, fig. 3.

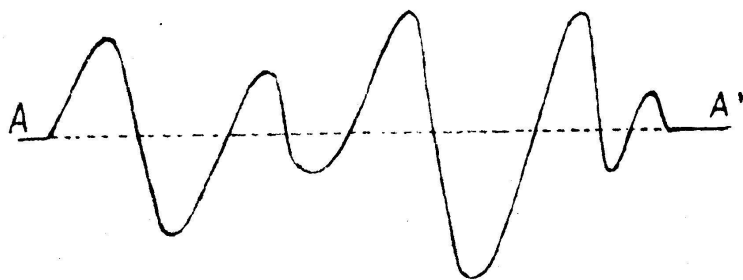


fig. 3. Variations symétriques du glacier.

Tous les faits d'observation concourent à nous montrer que c'est la seconde alternative qui est représentée dans les variations des glaciers. La variation est de signification positive; la phase de crue est courte, la phase de décrue prolongée; le glacier fait une poussée en avant, puis il fond sur place. — Ainsi les fleuves de l'Atlas qui, grossis par les pluies de l'hiver s'écoulent dans les *Oueds* desséchés du Sahara; ils font une crue qui les pousse aussi loin que le permettent les actions destructives de la rivière: l'évaporation qui disperse l'eau dans l'atmosphère, l'imbibition qui la fait s'absorber dans le sable. Puis l'alimentation cesse d'être dominante, le fleuve cesse de s'allonger; l'absorption et l'évapo-

¹⁾ Dans ces dessins la variation de longueur du glacier se développe de A en A'. La flèche indique la direction de l'écoulement du glacier, ou, si l'on veut, de son allongement, de la crue.

ration de l'eau l'emportent et le fleuve se raccourcit en revenant à ses dimensions primitives.

IX. Quant aux allures des périodes et des phases, voici ce que je puis en dire d'après les observations du XIX^e siècle.

La *phase de crue* se développe successivement chez les divers glaciers. Elle commence par certains d'entr'eux, s'empare d'un nombre toujours plus grand et finit par se généraliser. C'est ainsi que petite crue de la fin du XIX^e siècle a apparu dans les glaciers de Suisse et de Savoie :

1875 Glacier des Bossons.

1878 Brenva.

1879 Trient, Zigiorenove.

1880 Fée, Grindelwald supérieur, Rosenlaui.

1884 Argentière, les Grands.

1889 Les Bois.

1890 Allalin.

1892 Arolla, Ferpècle.

Cette succession dans l'apparition de la crue provient de ce qu'un excès de neige, dont la chute peut avoir été simultanée sur les divers névés, n'est apportée par l'écoulement des fleuves de glace jusqu'au front terminal des glaciers qu'à des époques différentes, résultant de la différence de longueur du „voyage du glacier“.

L'apparition de la crue n'étant pas simultanée, l'opposition de mouvements que présentent parfois certains glaciers s'explique facilement: les plus hâtifs sont déjà en phase de crue; les plus tardifs ne s'y mettront que plus tard.

La *phase de décrue* commence, le plus souvent, simultanément dans l'ensemble des glaciers de la région. Ainsi en 1856 tous les glaciers des Alpes savoyardes, suisses et tyroliennes se sont mis en retraite. Ainsi en 1893, arrêt général de tous les glaciers en crue de fin du XIX^e siècle.

Cet arrêt simultané de la crue est dû à la prédominance du facteur fusion de la glace, sous l'action d'un été très chaud et très sec. Le glacier diminue fortement de longueur, ce qui explique l'arrêt de la crue; il diminue aussi d'épaisseur, d'où la persistance de la décrue dans les étés suivants, alors même que ceux-ci ne sont pas extraordinairement chauds.

Ce que je traduis ainsi: Le début de la crue, est dû à l'arrivée au front du glacier d'un excès de neiges accumulées sur les hauts névés; c'est une action positive. Le début de la décrue est causé par la prédominance de la fusion, laquelle agit simultanément sur le front de divers glaciers; c'est une action négative.

Il en résulte que, dans l'histoire rétrospective et actuelle des glaciers, la date du maximum est la plus facile à reconnaître et à préciser. Elle a peut-être moins d'importance essentielle que la date du début de la crue pour la compréhension du phénomène des variations des glaciers; mais elle est très utile en nous aidant à déterminer la date des maximums du cycle de Brückner. Dans les années de grande chaleur estivale la fonte des glaciers est énorme et les glaciers qui ne sont pas entraînés par une trop forte poussée en avant se mettent en décrue.

X. Cependant le commencement de la décrue n'est pas toujours d'apparition simultanée dans les divers glaciers. C'est le cas quand il y a défaut d'étés très chauds exagérant notablement le facteur fusion. C'est ainsi que nous devons établir de 1818 à 1826 l'époque du maximum des glaciers suivants :¹⁾

- 1818 Glaciers du Rhône, Giétroz, Bossons, la Brenva, le Gornier, Schwarzberg, Puntaiglas, Langtaufers, Sulden.
- 1819 Grindelwald supérieur, le Tour, Argentièrre, Bies.
- 1820 Allalin, Breney.
- 1821 Zessetta.
- 1822 Vernagt.
- 1824 Hüfi, Fée, Rosenlaui.
- 1826 les Bois.

Dans un cas comme celui-ci, la fin de la crue a lieu par extinction de la poussée, et non par prédominance de l'action négative de la fonte de la glace.

XI. La crue semble avoir de la tendance à se développer à peu près simultanément dans les glaciers du même groupe. Ainsi la petite crue de la fin du XIX^e siècle s'est

¹⁾ L'incertitude des faits du passé donne à ces dates un manque de précision regrettable.

manifestée de 1875 pour le plus hâtif, à 1892 pour les plus tardifs, chez tous les glaciers du Montblanc et chez quelques glaciers du Valais et de Berne; la même crue se développe successivement de 1890 à 1900 chez les glaciers des Alpes autrichiennes.

XII. Malgré la similitude d'allures qui apparaît parfois chez les divers glaciers d'un même groupe, le caractère individuel de chaque glacier reste manifeste. Chaque glacier est un individu dont l'histoire est spéciale et lui est propre.

Je m'arrête ici. Au milieu des très nombreux faits de détail que j'ai rassemblés dans mes rapports, au milieu des nombreuses conclusions partielles que j'en ai tirées, j'ai choisi quelques déductions générales qui me suffiront pour étayer la théorie du phénomène. Cette théorie sera le sujet d'une autre étude.

Pour faciliter à mes lecteurs la compréhension de ces déductions déjà assez serrées, je condenserai encore mon résumé dans les formules suivantes :

1. Les variations des glaciers sont des changements de volume, non de forme.
2. Il y a deux types de variations:
 - a) L'une, de période annuelle, est due à l'action négative de la fusion de la glace, pendant l'été.
 - b) L'autre, de période cyclique, de durée probable d'un tiers de siècle (comme le cycle climatique de Brückner), est due à une poussée en avant, à un débordement du fleuve glacé. Cette crue est la conséquence d'un excès d'alimentation; c'est donc une action positive de surproduction de glace.
3. Le début de la crue apparaît successivement chez les divers glaciers par le fait de l'arrivée au bout de temps différents, à l'extrémité terminale de glaciers de différentes longueurs, des masses de neige tombées en excès, peut-être simultanément, sur les névés-réservoirs.
4. Quant à la fin de la crue (époque du maximum), elle est due :

Dans certains cas, à l'action négative d'un été très chaud qui agit simultanément sur l'extrémité terminale des divers glaciers; le maximum a lieu alors la même année chez tous les glaciers: maximums de 1855 et de 1892.

Dans d'autres cas, à l'extinction de la poussée en avant par arrêt de l'excès d'alimentation, extinction qui se manifeste, comme le début de la crue, successivement chez les divers glaciers: ainsi le maximum de 1818, qui s'est étendu, suivant les glaciers, de 1818 à 1826.

5. L'état de maximum représente la grandeur normale du glacier. Les poussées en avant, les crues sont des accidents.

