

Histoire des fluctuations des glaciers en remontant le Petit Age de Glace

The period of glacier extension named Little Ice AGE

Louis Reynaud et Christian Vincent

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement — CNRS
& Université Joseph Fourier (Grenoble 1)
Domaine Universitaire — BP 96 — 38402 Saint Martin d'Hères Cedex — France
tel : + 33 4 76 82 42 73 — Reynaud@glaciog.ujf-grenoble.fr

The period of glacier extension named Little Ice AGE is examined from the features given in the literature about its duration, distribution and climatic variation in order to have a reference for the present climate evolution.

I. ■ INTRODUCTION

Le petit Age de glace (PAG) constitue un épisode climatique d'une durée et ampleur suffisamment importantes pour en faire un élément majeur dans l'étude des variations du climat du quaternaire récent, comme référence pour l'appréciation des modifications climatiques passées ou actuelles.

Cependant, bien que ce soit le premier épisode historique de variation des glaciers, avec, au moins pour les pays alpins, de nombreuses descriptions et données qualitatives ou quantitatives, il reste encore de nombreux points à préciser et des questions se posent pratiquement pour chacune de ses caractéristiques :

— son *extension* est-elle limitée à quelques massifs ou bien globale ?

— sa *durée* est-elle de deux ou de cinq siècles ?

— y a-t-il réellement *simultanéité* ou *décalage* de l'événement dans les différents massifs glaciaires ?

— et enfin, quelles sont les *raisons* de cette avancée spectaculaire des glaciers pendant quelques siècles : quel refroidissement et quel changement de pluviosité ?

De toute façon une meilleure connaissance de l'apparition du PAG paraît indispensable pour nous aider à replacer le réchauffement actuel dans un contexte plus large et relativiser le retrait actuel des glaciers.

II. ■ L'EXTENSION DES GLACIERS AU PAG

Les traces de l'avancée maximale du PAG constituent l'une des caractéristiques marquantes du paysage glaciaire alpin. Grâce aux amples vallums morainiques, qui ensèrent

les langues actuelles et se développent quelquefois largement à l'aval, il est possible d'imaginer la taille des glaciers au maximum du PAG et ce tout le long des Alpes. Ces paysages confrontés à l'iconographie ancienne, lorsqu'elle existe, suggèrent même qu'en maints endroits, les moraines ne sont plus que des reliques diminuées par l'érosion et qu'autrefois elles connurent un développement plus important.

Mais ces cortèges morainiques ne sont pas seulement l'apanage des Alpes, on en retrouve des dispositions semblables dans la majorité des massifs du globe, depuis les émissions de la calotte groenlandaise jusqu'aux confins de la Patagonie, avec généralement des extensions plus réduites près de l'équateur. Typiquement, dans les Alpes, les moraines frontales du PAG se développent entre quelques centaines de mètres, pour les petits appareils, et quelques kilomètres à l'aval des fronts actuels [1].

Cette extension mondiale du PAG est maintenant bien acceptée et de nombreux travaux ont recensé les données historiques et les évidences de terrain.

III. ■ LA DURÉE DU PAG

Sur ce point, les propositions des auteurs divergent sur les dates, à la fois sur la fin, entre quelques décennies, jusqu'à quelques siècles pour l'entrée en PAG.

En ce qui concerne la fin, souvent proposée vers 1860, il est préférable de choisir l'extension maximale de la majorité des grands appareils vers 1820, qui semble avoir été aussi le *maxi maximorum*, comme le signale Lliboutry [2]. Il y eut bien une crue en 1860, mais elle s'apparenta plutôt à une de ces ré avancées mineures qui ont émaillé l'histoire moderne

des fluctuations des glaciers alpins comme en 1890, 1920, et finalement en 1980, autour d'une décroissance régulière depuis 1820.¹

Si cette date de sortie du PAG peut faire l'objet d'un consensus facile, les éléments en faveur d'une époque plus précise d'entrée sont moins nombreux et moins évidents.

D'une part, par manque de témoignages historiques directs et surtout par défaut de renseignements sur les extensions glaciaires antérieures aux années 1600, comme si, à cette époque-là les glaciers ne gênaient personne.

Leroy Ladurie [3], dans son analyse des faits historiques recensés, propose deux autres PAG : un premier vers 900 AD et un second vers 1250-1300, *bref mais intense*, c'est-à-dire un Moyen Age plus chaud mais coupé en deux par un PAG vers 1300.

Alors que pour d'autres, comme Broecker [4], les reconstitutions de températures à partir de celles mesurées dans les forages profonds du Groenland et l'existence d'événements historiques comme la destruction du *bisse*² issu du glacier

1. Cette confusion entre le maxi de 1820 et celui de 1860 est probablement attribuable aux relevés de longueur des glaciers qui justement débutent à ce moment-là, suite à l'intérêt suscité par la naissance et la diffusion de la théorie des grandes glaciations.

d'Aletsch justement vers 1300 [5], justifient une large extension du PAG de 1300 à 1860.

Cependant ceci contredit un certain nombre de données sur l'occupation des vallées alpines jusque vers 1600, comme celle de Zermatt (Suisse) ou de Chamonix (France).

En ce qui concerne les variations des grands glaciers de la face nord du Mont-Blanc (Argentière, Mer de Glace et Bossons), on doit à Mougin [6] une recherche de données et une analyse qui soulignent une irruption des glaciers sur les alpages et sur quelques hameaux (*Fig. n° 1*).

Pour cet auteur, la destruction de villages permanents par les glaciers, la ruine d'alpages³ témoignent d'installation de l'homme dans ces lieux sur d'assez longues périodes et il conclut : « *au XVI^e siècle au moins, les appareils glaciaires de Chamonix n'ont eu qu'un faible développement* ».

De même en Suisse, Røthlisberger [7] a recensé des archives attestant de passages de cols d'altitude aujourd'hui englacés, où ne s'aventurent que des alpinistes bien équipés.

2. Canaux d'irrigation pour l'agriculture, en pays de faibles précipitations, amenant l'eau de fort loin quelquefois et qu'on retrouve notamment dans tous les pays où l'agriculture utilise l'eau des glaciers.

3. La langue terminale actuelle de la Mer de glace recouvrirait encore l'alpage d'avant 1600, dit du *Val à bailler*.

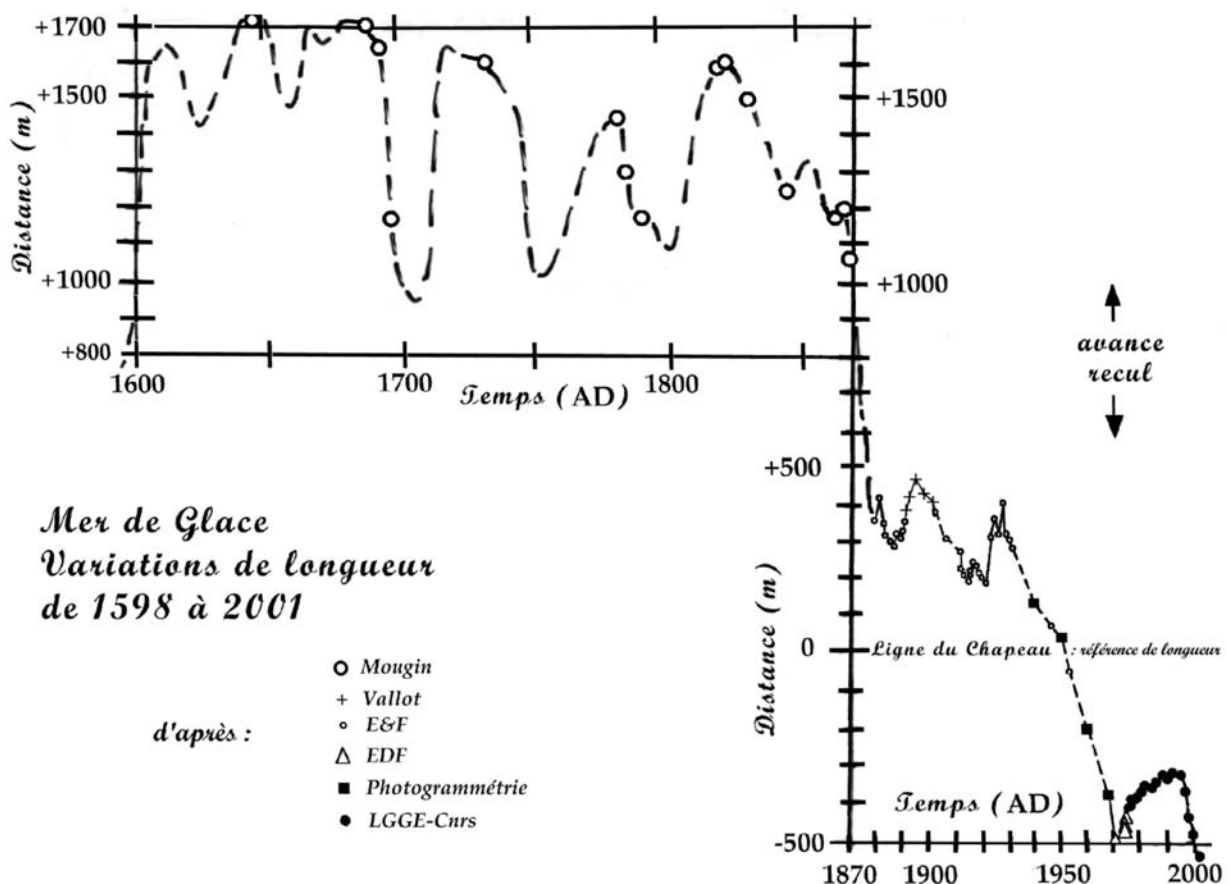


Figure n° 1 : Ce graphique rassemble les variations de longueur historiques collectées par Mougin (1598 à 1870) et celles plus récentes, issues des mesures de différents organismes. Mougin a bien tenu à mettre en évidence les points de sources sûres en opposition avec ceux moins certains, représentés en pointillés.

On note : l'allongement rapide du glacier dans les années 1600, les variations importantes tout au long des 2 siècles du Petit Age, une décroissance quasiment continue depuis 1820, interrompue par de brèves ré-avancées comme en 1850, 1890, 1920 et 1980.

Selon ces archives, la langue actuelle du glacier de Z'mutt, vallée de Zermatt recouvrirait encore le village médiéval de Tiefenmatten, à une altitude de 2 200 m.

Dans les Ecrins, on peut citer la destruction partielle du Pré de Mme Carle par les glaciers Blanc et Noir, réunis jusque vers 1860.

Dans l'Oisans : « des ruines existent dans la vallée de La Lavey à des altitudes surprenantes et nous savons par P. Paquet qu'elles sont fort anciennes » [8].

Dans ce contexte, on ne peut pas s'empêcher de songer à la disparition inexplicable de la colonie nordique au Groenland, celle entamée par Eric Le Rouge en 965, et qui se passe silencieusement dans les années 1500. Les récentes analyses isotopiques des ossements de sépulture montreraient une évolution de l'alimentation vers une consommation exclusive de poisson, comme si le refroidissement ne permettait plus ni la culture ni l'élevage, même dans le sud du Groenland

IV. ■ SIMULTANÉITÉ DE L'ÉVOLUTION DU PAG SUR LE GLOBE

Ainsi, au vu des différentes séries de variations de longueur et aux relations historiques disponibles sur les Alpes,

il apparaît qu'on peut proposer un PAG s'étendant entre 1600 et 1820. Dans le détail, ces deux siècles ont été caractérisés par des phases d'avancée et de recul, avec un étiage marqué vers 1760.

Qu'en est-il dans les autres régions du globe, là où les données sont encore plus floues ou même totalement absentes ?

Roethlisberger [9] a parcouru différents massifs glaciaires du monde pour recueillir des échantillons de sol fossiles dans les moraines successives des nombreux PAG au cours de l'Holocène, événements d'ailleurs assez semblables en extensions maximales.

Avec la précision caractéristique des datations au ¹⁴C, il propose une simultanéité de ces événements sur l'ensemble des sites étudiés (Fig n° 2). En ce qui concerne le début du PAG dans les Andes, on peut citer l'exemple des mines polychromes mises en exploitation par les Conquistadores avec la participation forcée des populations locales dans la cordillère Apolabamba, sud du Pérou, au cours du XVI^e siècle. Une partie de ces mines, qui disparurent sous l'avance du PAG, réapparaissent actuellement par suite du recul général des glaciers andins (site du *Paso Español*).

Nacheiszeitliche Gletscherschwankungen zwischen Nord- und Südhemisphäre

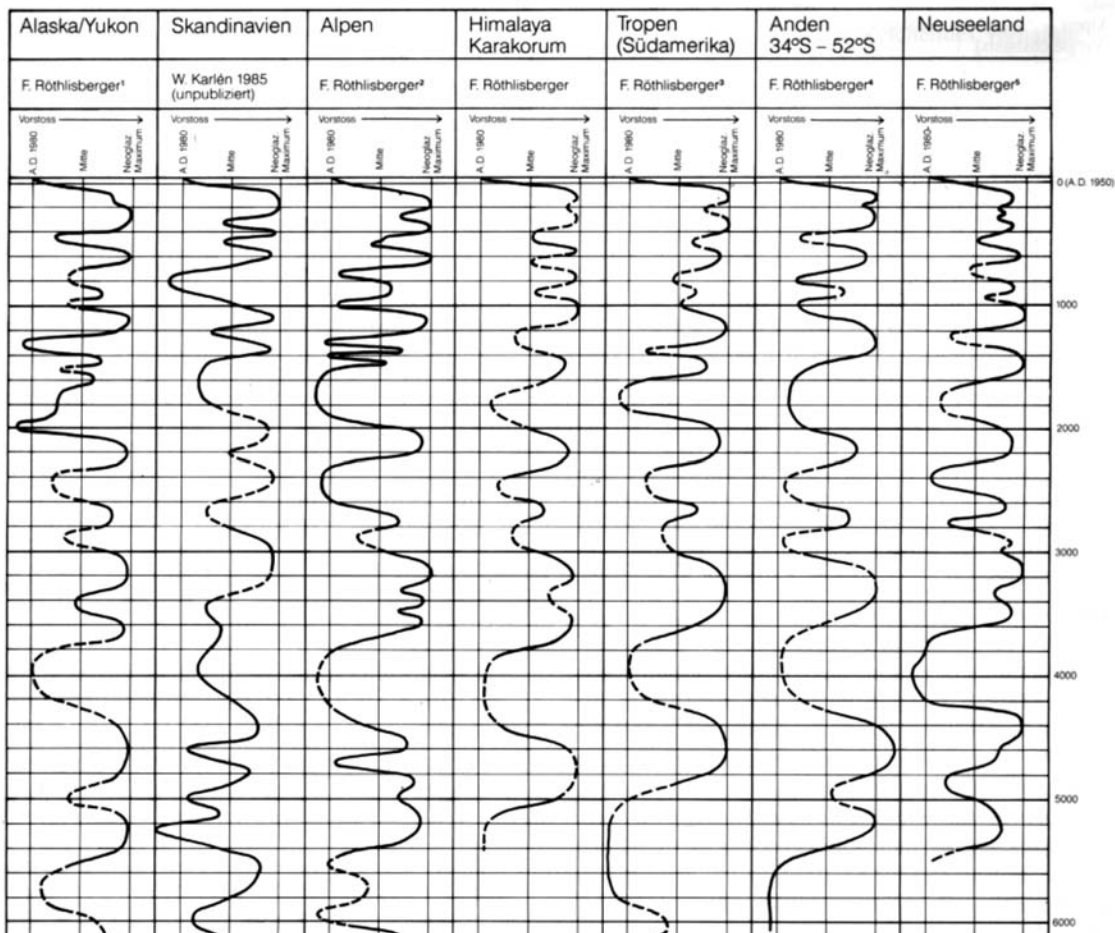


Figure n° 2 : D'après les résultats de F. Röthlisberger (1986) représentant « les variations glaciaires depuis le dernier grand âge de glace pour les deux hémisphères », en se limitant aux 6 000 dernières années. Il en résulte une forte variabilité naturelle du climat tout au long de l'interglaciaire, avec de nombreux événements semblables un Petit Age de Glace.

V. ■ AMPLITUDE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE AU COURS DU PAG

À la vue des développements des langues terminales au cours du PAG, on pourrait imaginer une forte détérioration du climat avec un abaissement de température notable. Longtemps estimé à -1°C pour les Alpes, ce n'est qu'avec la reconstitution des anomalies de température de surface à partir de celles relevées dans les trous de forages terrestres ou glaciaires ou bien encore avec les changements d'altitude de la ligne de neige permanente sur glacier qu'on peut atteindre des ordres de grandeur de ces modifications du climat pendant le PAG.

Ainsi Dahl-Jenssen [10], avec deux forages profonds dans l'inlandsis groenlandais (GRIP et Dye 3) nous propose un seul PAG s'étendant des années 1300 à 1850, précédé d'un Optimum climatique pendant le reste de l'Holocène. Cependant la déconvolution d'un tel signal mesuré conduit à différentes solutions et la plus probable permet seulement la reconstitution des basses fréquences, c'est-à-dire des événements majeurs comme ceux du réchauffement médiéval, sans possibilité de distinguer réellement les événements aussi brefs et tenus que ceux des différents PAG.

En calculant une remontée de la ligne de neige de 90 m en altitude depuis le maximum des années 1820 et en reportant sur la température seule la responsabilité, à raison d'un gradient altitudinal moyen de $-0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, Maisch [11] a obtenu un écart d'un demi degré (Variation de surface et application de la règle de l'AAR).

Dans un ordre d'idée semblable, Sicart [12], en recherchant le changement de bilan de masse glaciaire assurant l'équilibre d'une extension comme celles maximales du PAG, obtient une valeur supérieure de quelques 50 cm d'équivalent en eau. Avec un gradient de bilan moyen près des lignes d'équilibre de $+0,6\text{ m d'eau/hm}$, cette évaluation conduit aussi à une température inférieure d'un demi degré à celle actuelle.

Pour Nicolussi [13], par dendrochronologie, les variations des 2 plus grands glaciers autrichiens, Pasterze et Gepatschferner, sont nombreuses au cours de la période médiévale et moderne, tout en étant assez en accord avec celles du Mont-Blanc. Toutefois, pour ces deux glaciers, les avancées du PAG sont exceptionnelles par leurs amplitudes et durées en comparaison du reste de l'Holocène.

VI. ■ CONCLUSION

Le PAG apparaît bien comme un événement climatique s'exerçant sur la quasi totalité de la planète (Antarctique mise à part selon Broecker [4]), d'une ampleur qui va bien au-delà des différences mineures qui, sur quelques décennies, peuvent placer deux massifs glaciaires en opposition, comme actuellement les Alpes et la Scandinavie [14].

Des arguments d'ordre historiques militent en faveur d'un PAG débutant vers les années 1600 que ce soit dans les Alpes ou dans les Andes et se terminant vers le début du XIX^e siècle. Ce qui en ferait une oscillation distincte de celle des années 1250 à 1300 et donnerait aux PAG successifs une possibilité de répétition plus élevée.

Quant à l'intensité de la modification du climat, évaluée en terme de température, elle serait d'un ordre de grandeur voisine d'un demi degré uniquement, ce qui rend sa détection délicate par les moyens classiques d'observation des variations du milieu naturel ou d'un effet difficilement quantifiable dans les changements de conditions de vie à basse altitude.

En revanche, dans les vallées alpines aux limites ou sur les glaciers eux-mêmes on peut espérer recueillir directement les effets d'un changement du climat, principalement ceux dus aux modifications de température, de précipitation et d'échange d'énergie, sous des latitudes et des longitudes variées avec des climats moyens très différents.

Finalement, le PAG s'est terminé récemment et la diminution actuelle des glaciers est probablement due en partie à un retour à des conditions climatiques plus moyennes sur l'Holocène, comme celles qui régnaient vraisemblablement avant les années 1600.

RÉFÉRENCES

- [1] GROVE J.M. (1988) — *The Little Ice Age*, Methuen, London, 498 p.
- [2] LLIBOUTRY L. (1965) — *Traité de Glaciologie*, Tome II, Masson, Paris, 570 p.
- [3] LEROY LADURIE E. (1967) — *Le climat depuis l'an Mil*, Flammarion, Paris, 376 p.
- [4] BROECKER W.S. (2001) — *Was the Medieval Warm Period Global ?* Science, 291, 1497-99 et sa traduction : *La fonte des glaces au Moyen Age*, La Recherche, 343, 34-38.
- [5] HOLZHAUSER H. (1997) — *Paläoklimaforschung*, Frenzel et al. Eds, Verlag, Stuttgart.
- [6] MOUGIN P. (1912) — *Renseignements historiques sur les glaciers*, Etudes Glaciologiques tome III, p. 4, Imprimerie Nationale, Paris.
- [7] RÖTHLISBERGER F. (1974) — *Etude des variations climatiques d'après les cols glaciaires, le col d'Hérens (Valais, Suisse)*, Bollettino Comitato Glaciologico Italiano, 22, p. 9-32
- [8] COUTEAUX M. (1983) — *Déboisement d'altitude par les charbonniers de l'Oisans : Contribution Pollenanalytique*, 108^e congrès national des sociétés savantes, Grenoble, 1983, Philol. Et Hist., p. 69 à 87.
- [9] RÖTHLISBERGER F. (1986) — *10 000 Jahre Gletschergeschichte der Erde*, Sauerländer, Aarau, 416 p.
- [10] DAHL-JENSSSEN D. et al. (1998) — *Past temperatures directly from the Greenland Ice sheet*, Science, 282,268-271.
- [11] MAISCH M. et al (1999) — *Die Gletscher der Schweizer Alpen*, Hochschulverlag, ETH, Zürich.
- [12] SICART J.E. (1997) — *Bilans de masse glaciaires au cours du Petit Age de Glace*, Mémoire de DEA-MMGE, Université de Grenoble, 70 p.
- [13] VON NICOLUSI K. und PATZELT G. (2000) — *Untersuchungen zur Holozänen Gletscherentwicklung von Pasterze und Gepatschferner (Ostalpen)*, Zeitschrift für G. und G., Band 36, S. 1-87.
- [14] SIX D. (2000) — *Analyse statistique des distributions spatiales et temporelles des séries de bilans de masse des glaciers et des calottes polaires de l'hémisphère nord*. Thèse de l'Université Joseph Fourier, Grenoble I, décembre 2000, 302 p.