



Évolution des glaciers des Alpes

Le glacier de la Durance

François Poncelet

Octobre 2021

1 Table des matières

2	Introduction.....	1
3	Les glaciers : les forces en présence.....	1
3.1	Les précipitations de neige.....	2
3.2	L'énergie déposée par le soleil sur la glace	2
3.3	Altitude de l'isotherme 0°C	3
3.4	Autre paramètre plus inattendu	3
4	Les méthodes permettant l'étude des glaciers dans le temps.....	3
4.1	L'étude des moraines.....	3
4.2	La datation au Carbone 14.....	4
4.3	La datation aux éléments cosmogéniques.....	4
5	Évolution du glacier de la Durance depuis la dernière glaciation.....	4
6	Le Petit âge Glaciaire.....	7
7	Un paramètre d'influence parmi d'autres : le NAO	10
8	Conclusion	11

2 Introduction

Il est clair que les glaciers des Alpes sont en recul depuis plusieurs années. Mais est-ce un phénomène récent ? Qu'est-il arrivé dans le passé ? Et quels sont les facteurs d'influence ?

Dans cet article nous nous intéresserons principalement au cas du glacier de la Durance, aujourd'hui disparu. Glacier qui existait lors de la dernière glaciation il y a 11 000 ans environ et son évolution dans le temps jusqu'à l'époque actuelle. Son cas est intéressant car il a fait l'objet de plusieurs études qui permettent de reconstituer ce qui est arrivé par le passé.

3 Les glaciers : les forces en présence

De manière schématique un glacier est constitué d'un réservoir de neige en altitude où la neige s'accumule et se transforme en glace. Puis, sous l'effet de son poids, cette glace « coule » dans le sens de la pente. Arrivée dans des altitudes inférieures aux températures plus clémentes la glace fond.

En partie basse et dans les zones latérales la glace dépose les rochers et graviers arrachés à la montagne : ces amas de roches et graviers sont appelés les moraines.

Il faut noter que, en France, les glaciers ne se forment actuellement qu'aux altitudes supérieures à 3000m.

Nous ne ferons pas une présentation exhaustive de toutes les forces qui pilotent la taille des glaciers mais nous allons rappeler les principales. Ces paramètres, fort peu évalués dans le passé, font l'objet d'études récentes conjointes entre la France, la Suisse et l'Autriche.

3.1 Les précipitations de neige

Il est évident que la quantité de neige qui tombe en altitude au-dessus de 3 000m est un paramètre primordial pour l'alimentation des glaciers. Malheureusement pour les études il n'y a pas beaucoup de stations météo au-dessus de 3 000m et elles n'enregistrent pas les précipitations depuis bien longtemps.

Pour les spécialistes c'est sans doute le paramètre la plus important.

Contrairement aux idées reçues la quantité de neige qui tombe à haute altitude ne semble pas évoluer actuellement contrairement à l'enneigement à plus faible altitude qui diminue d'année en année comme le montre la figure suivante (unités arbitraires).

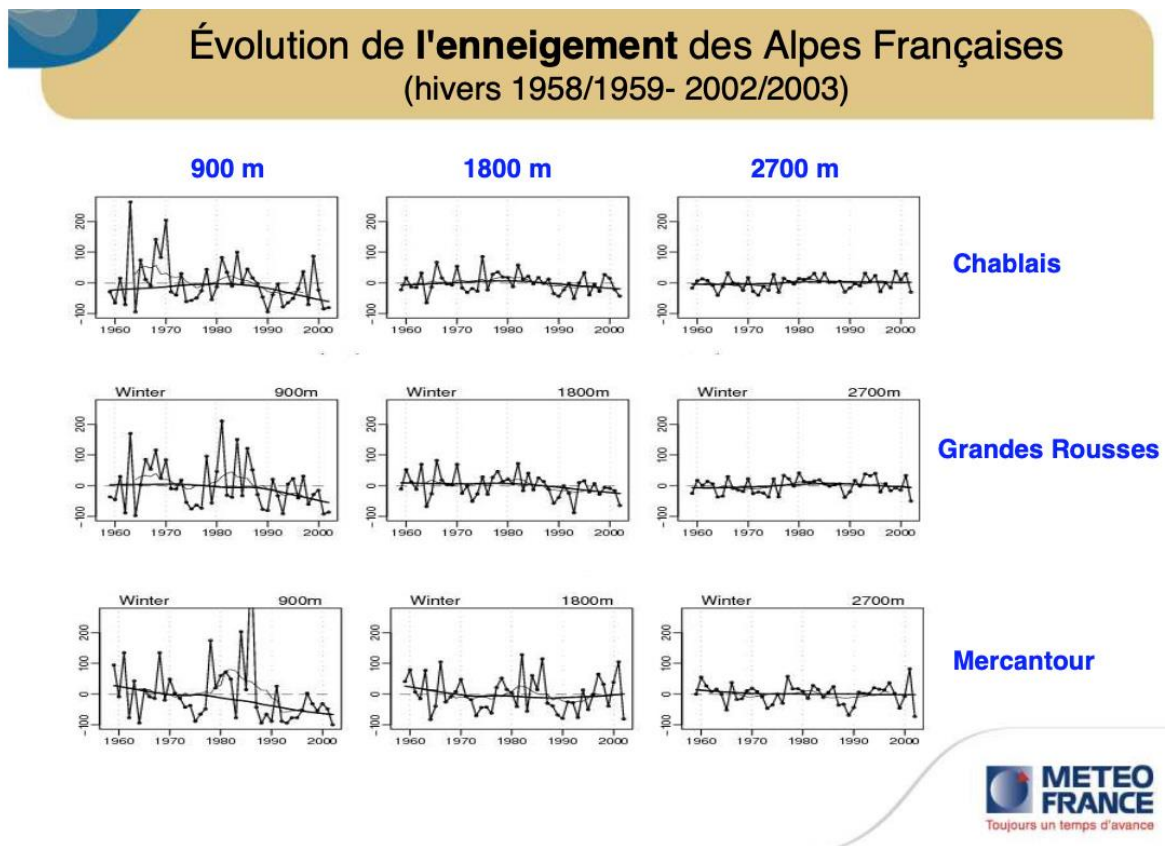


Figure 1 - Évolution de l'enneigement des Alpes Françaises de 1958 à 2003

3.2 L'énergie déposée par le soleil sur la glace

C'est volontairement que le terme de température n'est pas utilisé. En effet il est facile de constater que les glaciers qui se développent sur les versants nord des montagnes sont beaucoup plus longs que ceux des versants sud. La notion de température mesurée sous abri (à l'ombre) à 1 m du sol et à l'abri du vent (standard météorologique) n'est pas le bon paramètre quand on s'intéresse aux glaciers. La quantité de rayonnement reçue directement du soleil qui n'est pas réfléchi mais qui est absorbée par la glace est plus pertinente mais beaucoup plus difficile à mesurer.

Le flux solaire moyen parvenant au sol est de l'ordre de 200W/m². Une partie importante de ce flux est réfléchi, l'albédo de la glace étant de l'ordre de 0,6, le reste, soit 80W/m² étant absorbé. Mais l'albédo dépend beaucoup de la surface du glacier qui réfléchit beaucoup plus (albédo 0,9) s'il est couvert de neige fraîche et, dans ce cas, il n'absorbe que 20 W/m². De plus, la neige étant constituée à 90% d'air, elle est très isolante. Bien entendu, la neige se transforme, se tasse et se salit, ce qui réduit son albédo. D'autre

part, les nuages peuvent renvoyer le rayonnement et limiter le refroidissement, en particulier la nuit. Ce flux solaire est absorbé en surface du glacier mais, s'il fait fondre de la glace, l'eau s'écoule et trouve un chemin pour descendre vers le bas du glacier.

On peut noter par exemple que les étés frais avec développement sur les sommets de nuages en cours de journée voire d'épisodes neigeux en haute altitude sont très favorables à la conservation de la glace.

3.3 Altitude de l'isotherme 0°C

Les habitués des marches en haute montagne le savent bien : La nuit tout gèle en haute altitude même en été et le dégel ne se produit qu'en cours de journée. En conséquence, en été, si on veut marcher sur les glaciers, il faut le faire très tôt voire de nuit pour monter au sommet et être redescendu avant le dégel de jour pour ne pas faire céder un pont de neige et tomber dans une crevasse. De même le volume d'eau charrié par les torrents de fonte sortant des glaciers est bien plus important l'après-midi que le matin.

Le nombre d'heures annuel où l'isotherme zéro se situe au-dessus de l'altitude des glaciers est un paramètre important.

3.4 Autre paramètre plus inattendu

Ce paragraphe permet d'illustrer la complexité des phénomènes en jeux.

Les glaciers fondent quand il fait chaud en surface mais ils fondent aussi par le dessous sous l'effet des forces de frottement entre la glace qui descend et la roche, et sous l'effet de la chaleur du sol (géothermie). En dehors des zones volcaniques, le flux thermique en provenance du centre de la Terre est de l'ordre de 0,1W/m², ce qui est négligeable devant le flux solaire mais l'eau de fonte sous-glaciaire a pour effet de « lubrifier » l'écoulement de la glace vers le bas de la vallée et les zones de plus hautes températures ce qui contribue à la fonte des glaciers.

Une épaisseur de plusieurs mètres de glace constitue un isolant thermique, isolant vis-à-vis de la température extérieure très froide quand on se situe en altitude. Le glacier est lubrifié par le dessous même en altitude et même en hiver ce qui lui permet de glisser vers la vallée.

4 Les méthodes permettant l'étude des glaciers dans le temps

Il ne s'agit pas ici de lister toutes les méthodes utilisées pour étudier l'histoire des glaciers mais de citer quelques méthodes utilisées.

4.1 L'étude des moraines

La méthode la plus courante est l'étude des moraines glaciaires. Les glaciers déposent latéralement et sur leur front glaciaires les roches qu'ils charrient. Ces dépôts sont révélateurs de la hauteur des glaciers (moraines latérales) et de leur longueur (moraines frontales). La photo suivante illustre ce que peuvent révéler les positions des moraines : elle montre la position des moraines lors de la dernière période glaciaire dans la vallée de la Clarée (Névache près de Briançon) qui démontrent l'existence d'un glacier de plus de 900 m d'épaisseur. Les lignes blanches en pointillés montrent la position de moraines de part et d'autre de la vallée qui est actuellement libre de glaces.



Figure 2 -Lignes de moraines dans la vallée de la Clarée/âges glaciaires - Névache

4.2 La datation au Carbone 14

Méthode classique, s'il en est, la datation au carbone 14 sur des objets organiques peut sembler peu adaptée à la glace mais les exemples donnés ci-dessous montrent tout l'intérêt de ce procédé.

L'exemple souvent cité est celui du Lac Fourchu situé dans le massif du Taillefer côtoyant les Écrins. Ce lac d'altitude situé actuellement au-dessus du développement maximum de la forêt recèle dans ses eaux des troncs d'arbres immergés et donc à l'abri de l'oxygène et de la dégradation du bois. La datation au C14 a permis de savoir à quelles dates le climat plus chaud qu'aujourd'hui avait permis à la forêt de s'établir à de telles altitudes.

De même les débris organiques tels que les bois (souvent de mélèze) incrustés dans les moraines permettent de dater les couches de dépôt de ces dernières mais encore faut-il trouver de tels débris organiques ce qui n'est pas toujours le cas surtout en altitude.

4.3 La datation aux éléments cosmogéniques

Moins connue cette méthode utilise le phénomène d'activation de certains atomes de l'atmosphère notamment l'azote par les rayons cosmiques. Par une chaîne relativement complexe d'interactions certains éléments chimiques contenus dans les roches, notamment le quartz, s'activent s'ils sont en contact avec l'atmosphère qui contient l'azote. Par contre ils ne s'activent pas s'ils sont enfouis dans le sol ou s'ils sont situés sous une épaisseur de glace protectrice. L'analyse des contenus de Beryllium10 (période 1,387 MA) et d'Aluminium26 (période 710 kA) permet de dater depuis quand le quartz a été mis à nu en contact avec l'air par érosion et/ou libération des glaces.

5 Évolution du glacier de la Durance depuis la dernière glaciation

Lors des périodes glaciaires les Alpes se couvrent de glaciers. La carte reconstituée ci-dessous montre à quoi pouvait ressembler les Alpes au développement maximum des glaciers qui s'est produite durant la glaciation du Riss qui précède la dernière glaciation dite de Würm.

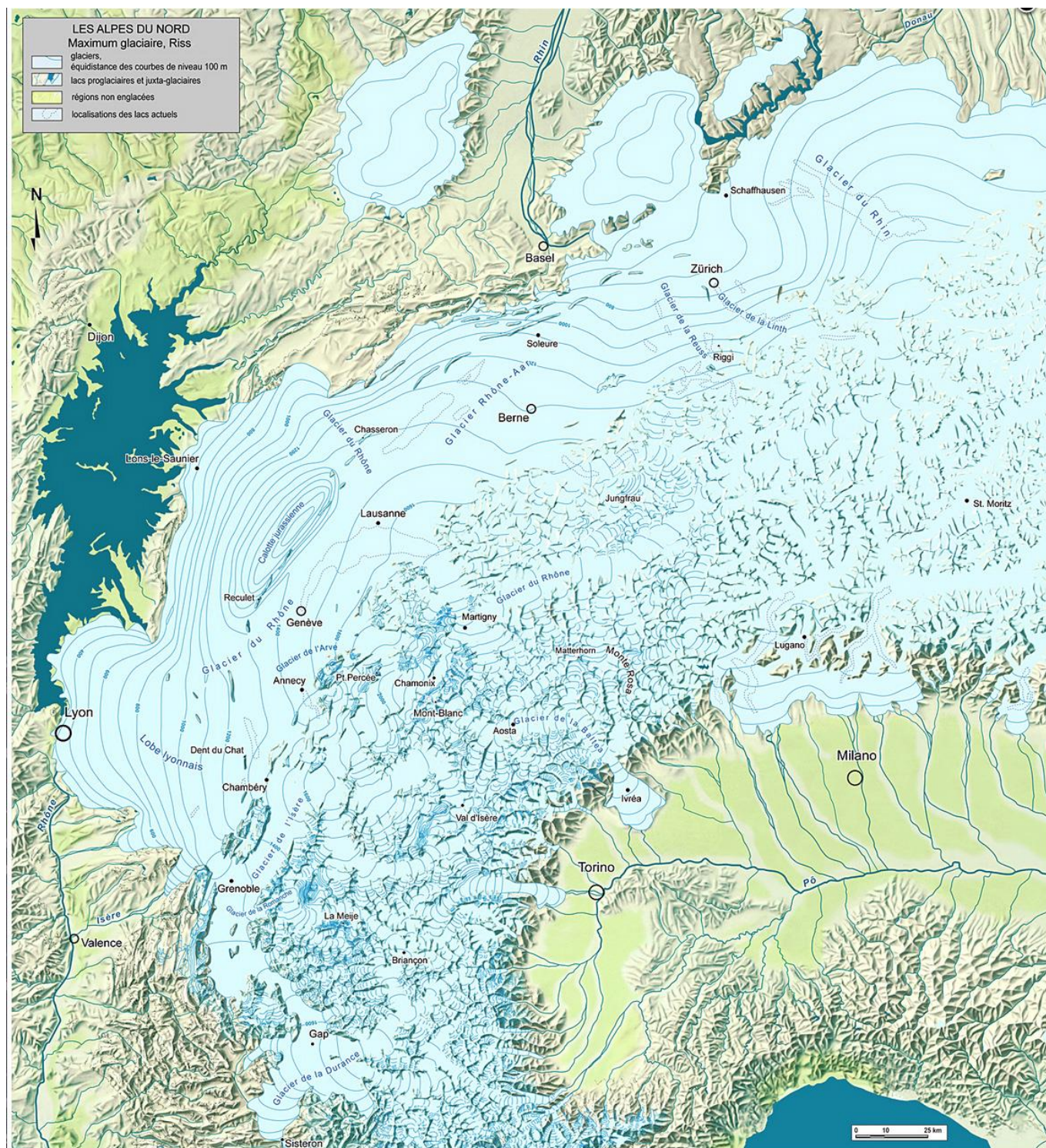


Figure 3 – Englacement des Alpes au Maximum de Développement Glaciaire

Comme le montrent les figures ci-dessous, le glacier de la Durance comprend principalement la vallée de la Guisane jusqu'au col du Lautaret, la vallée de la Clarée (Névache), le col de Montgenèvre, la vallée de la Cerveyrette (col d'Izoard), la confluence de ces vallées à Briançon, la vallée de la Gyrone qui vient de Vallouise, du Pelvoux et de la Barre des Écrins, la vallée du Guil et l'ensemble du Queyras et plus au sud la confluence avec la vallée de l'Ubaye.

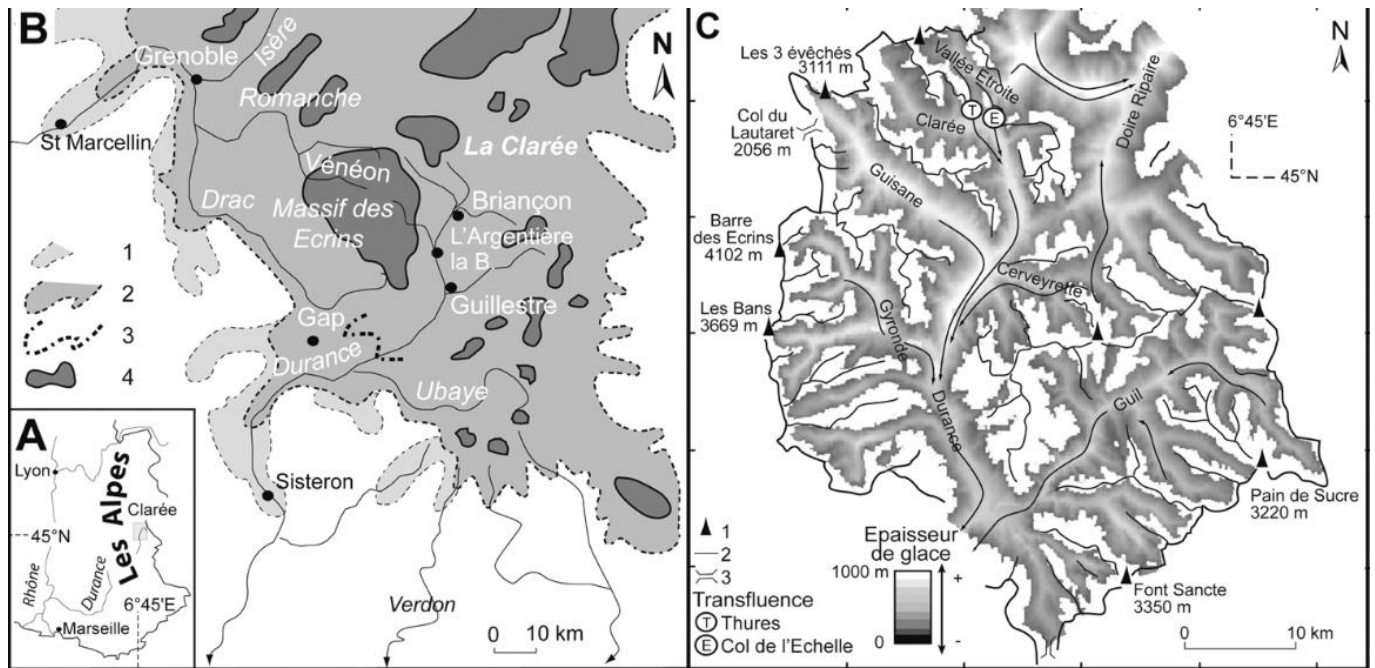


Figure 4 – Glacier de la Durance/âges glaciaires

Le maximum glaciaire du Riss du glacier de la Durance (planB-rep1) amenait les glaces jusqu'au verrou de Sisteron. Le maximum de la dernière glaciation de Würm (planB-rep2) était un peu moins important. Les périodes glaciaires ne sont pas uniformes dans le temps et, par exemple, il s'est produit une période importante appelée étape de Gap (planB-rep3) il y a 18 000 ans où le glacier s'arrêtait un peu avant la position actuelle de Gap.

Le planC montre les épaisseurs estimées des glaciers et on peut voir qu'ils pouvaient dépasser 1 000 m d'épaisseur.

Il est également intéressant de noter que cette calotte glaciaire ne s'est pas développée avec autant d'ampleur plus au sud vers la Méditerranée pourtant peu éloignée en distance. Certaines hypothèses privilégient plus l'abondance des précipitations venues de l'ouest pendant les âges glaciaires que le froid lui-même pour expliquer la formation de ces glaciers (n'oublions pas qu'il ne faut pas qu'il fasse trop froid ni trop sec pour que la neige tombe). Une modification du Gulf Stream dévié par les glaces situées sur les pays scandinaves y est certainement pour quelque chose.

Vers la fin de la période glaciaire il y a 20 000 ans environ le climat a changé pour devenir d'abord plus sec tout en restant froid puis d'un coup plus chaud vers 11 000 ans. Les glaciers ont régressé rapidement, les glaciers de vallée disparaissant, seuls les glaciers de cirque subsistant aux sommets. Vers -10 000 à -8 000 ans on estime que cette évolution est terminée. La période post glaciaire qui suit est appelée optimum de l'Holocène. Elle se caractérise par un optimum climatique plus chaud et plus sec qu'aujourd'hui entre -8 000 et -4 000 ans avant les temps présents et des glaciers moins développés qu'aujourd'hui.

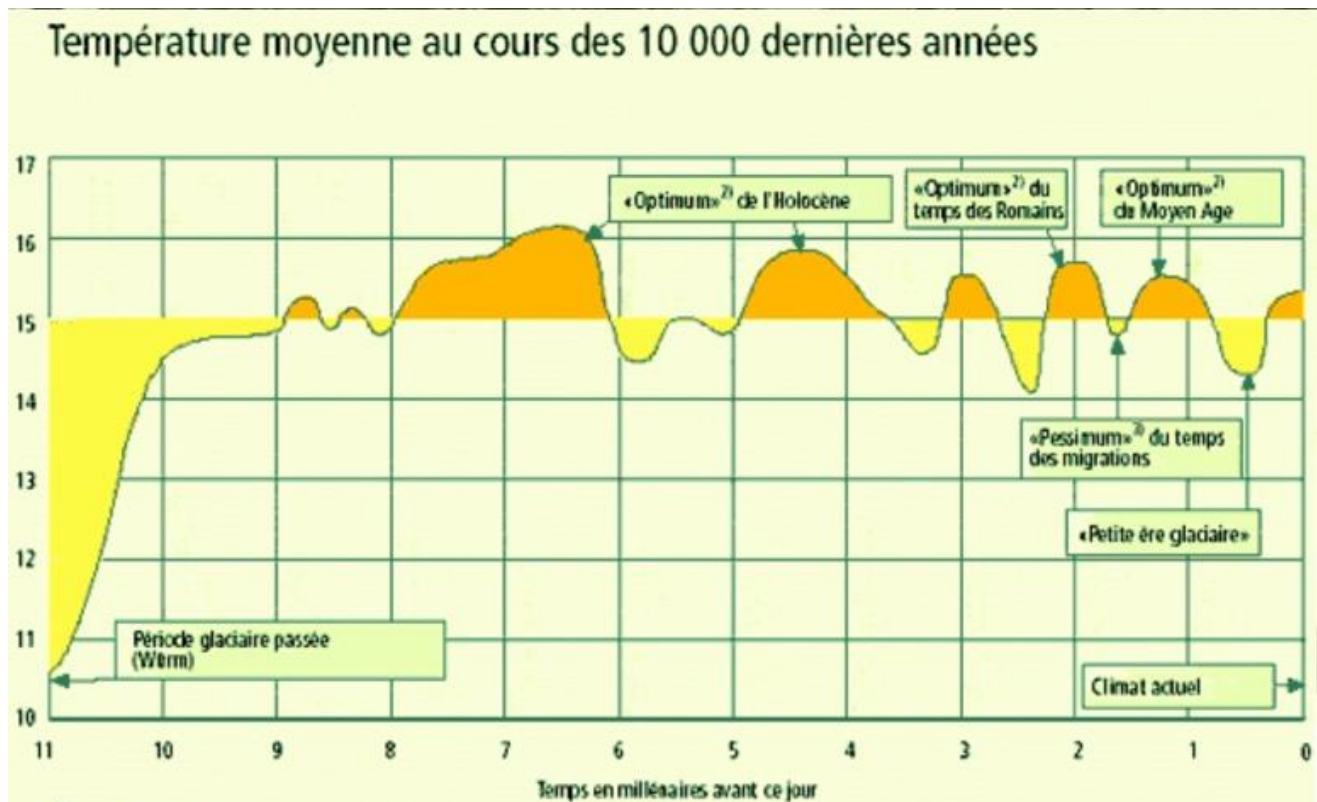


Figure 5 – Températures moyennes au cours des 10 000 dernières années

Depuis il se produit une succession d'optimum climatiques comme sous les Romains (Hannibal en aurait peut-être profité lors de sa traversée des Alpes avec ses éléphants ?) et au Moyen-âge et de pessimum comme récemment le Petit Âge Glaciaire. A chaque optimum les glaciers ont régressé fortement et à chaque pessimum ils ont augmenté fortement.

On pense qu'en moyenne, depuis la sortie de l'âge glaciaire, les glaciers étaient moins importants qu'actuellement.

6 Le Petit Âge Glaciaire

Ce nom, adopté pour un épisode climatique d'abord étudié dans les Alpes est pourtant né en Amérique. Au début du XXe siècle le topographe américain François Emile Matthes (1874-1948) étudia en profondeur les dépôts glaciaires de la Sierra Nevada et s'intéressant aux petits glaciers encore existants, il identifia en aval de ceux-ci, une série de moraines bien conservées. Il baptisa cet épisode Little Ice Age ou Petit Âge Glaciaire.

Le Petit Âge Glaciaire (1350-1850 apr. J.-C.), en abrégé PAG, a été caractérisé par la plus importante récurrence des âges postglaciaires, avec quatre maxima : vers 1350, 1640, 1820 et 1850. Il est maintenant admis que les débuts du PAG correspondent à la dégradation climatique du XIVe siècle et cette période, d'une durée de cinq siècles, prend fin vers 1850-1860.

Cependant certains auteurs comme le glaciologue Louis Reynaud, le font commencer au milieu du XVIe siècle, avec la crue glaciaire catastrophique qui commence vers 1550. Si l'on suit ce dernier, le refroidissement du XIVe siècle serait un mini Petit Âge glaciaire indépendant.

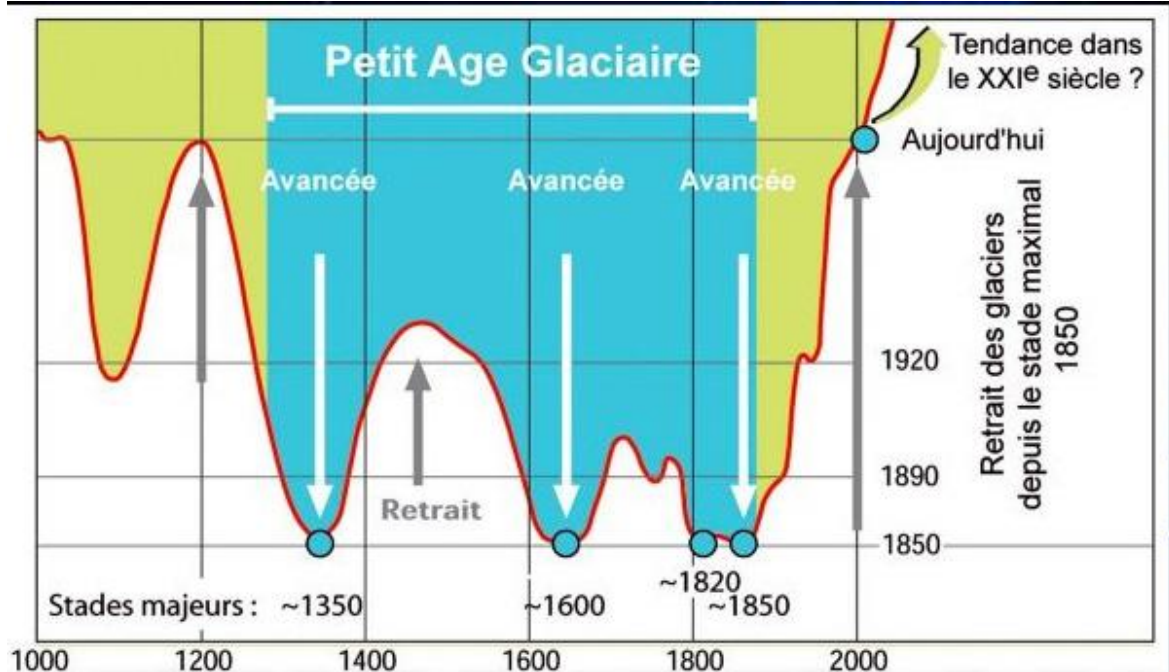


Figure 6 – Évolution des glaciers pendant le Petit Âge Glaciaire

Le PAG, période climatique froide qui a touché l'ensemble du globe, se caractérise par des avancées successives des glaciers, auxquelles correspondent plusieurs minima des températures moyennes très nets (1 à 1,5°C de moins qu'aujourd'hui). Le PAG succède à l'optimum climatique médiéval et se caractérise par des séries d'hivers froids et d'étés frais. Ce refroidissement général est probablement la conséquence d'une période de faible activité solaire, appelée minimum de Maunder. Les études récentes du Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement de Grenoble (LGGE) et de l'École Polytechnique Fédérale de Zurich (ETHZ) nous éclairent sur les causes de ces avancées glaciaires. Elles suggèrent qu'elles seraient plutôt dues à une augmentation notable des précipitations qu'à une baisse des températures. Ainsi les crues glaciaires seraient dues à une hausse de plus de 25% des chutes de neige, tout particulièrement durant la première partie du PAG. Cette situation a généré des bilans de masse positifs et, en conséquence une importante progression des langues glaciaires.

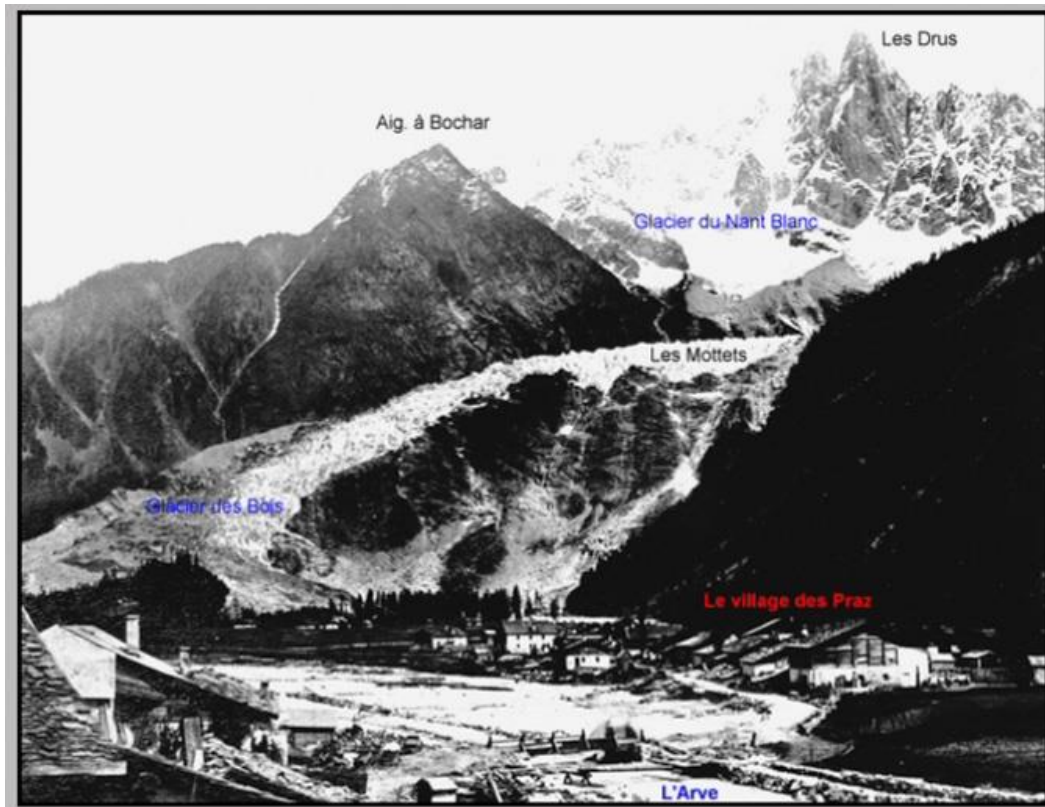


Figure 7 – Mer de Glace – Chamonix 1862

Dans l'histoire des glaciers le PAG revêt une importance exceptionnelle. D'une part étant la plus récente, elle est de loin la mieux documentée. Mais c'est vraisemblablement la plus importante avancée des glaciers depuis le début des temps postglaciaires.

Depuis le PAG la température augmente, le climat est plus sec et les glaciers reculent. La figure suivante montre l'évolution des glaciers dans les Écrins de 1900 à 2002. On voit bien que les deux glaciers principaux que sont le Glacier Blanc et le Glacier Noir qui se rejoignaient et recouvraient le Pré de Madame Carle au XIXe siècle se sont retirés chacun dans sa vallée respective

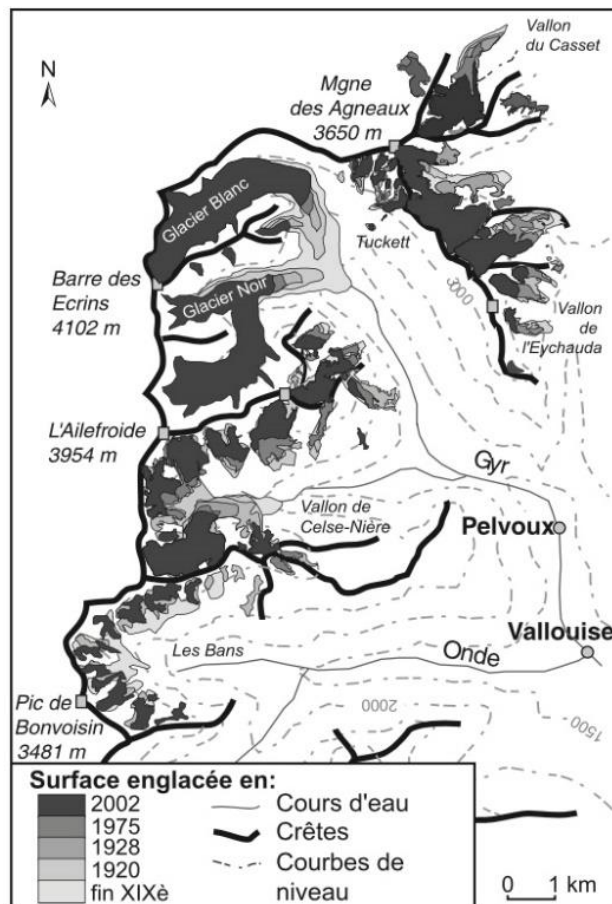


Figure 8 – Évolution des glaciers de l'Est des Écrins de 1900 à 2002

7 Un paramètre d'influence parmi d'autres : le NAO

Le NAO ou Northern Atlantic Oscillation est un phénomène météorologique qui touche la position respective de la dépression d'Islande et de l'anticyclone des Açores dans l'Atlantique Nord. De manière schématique le couple anticyclone/dépression peut prendre deux positions types : NAO en phase positive ou NAO en phase négative comme indiqué sur la figure. Le NAO est dit positif quand la différence de pression est grande entre l'Islande et les Açores et négatif quand la différence de pression est faible.

Les deux phases se caractérisent par des zones plus humides, d'autres plus sèches, des zones plus chaudes comme indiqué sur la figure. Ces deux régimes influencent évidemment les glaciers des Alpes mais aussi ceux du Groenland (dans sa partie Est comme dans sa partie Ouest), d'Islande et de Norvège. Pour les Alpes et le Groenland, un NAO positif est sec et un NAO négatif humide, donc favorable aux glaciers.

Or les observations météorologiques montrent que depuis les années 80 la fréquence de NAO positif est beaucoup plus élevée que précédemment.

Les études ne disent pas si cette évolution est dictée par le réchauffement climatique mais il influence fortement les glaciers des Alpes qui sont sensibles aux précipitations tout comme aux températures ou à l'ensoleillement comme indiqué au paragraphe 3.

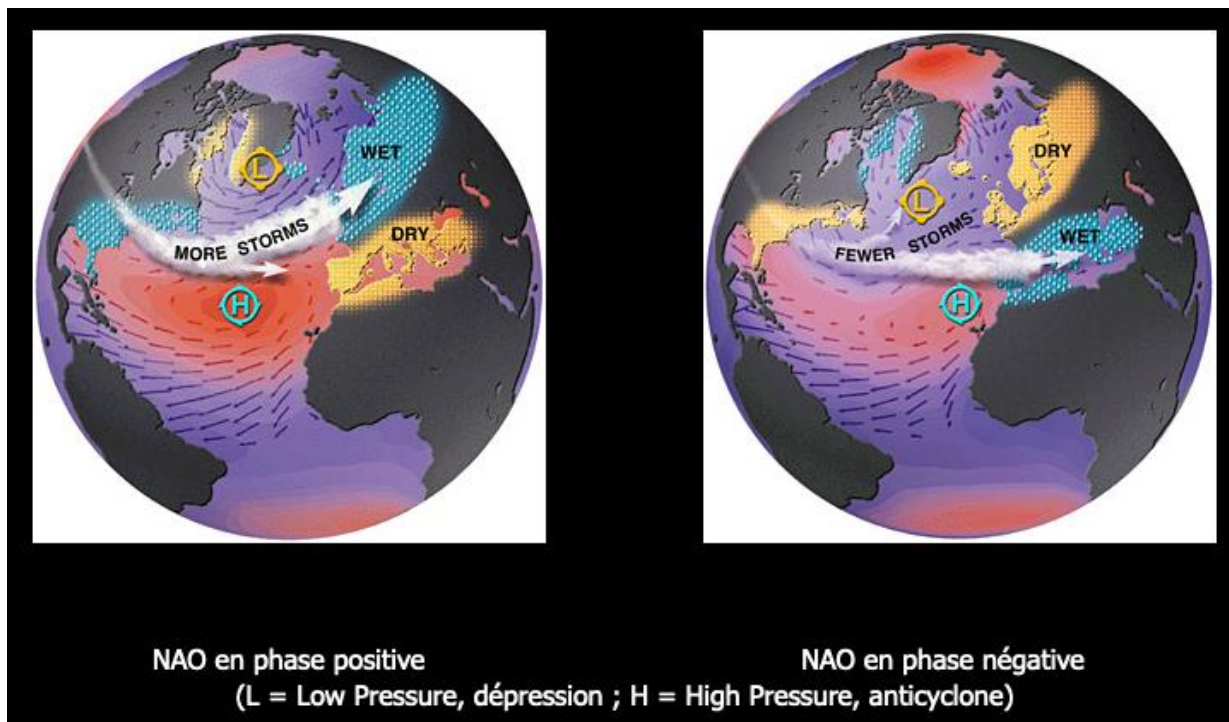


Figure 9 – Northern Atlantic Oscillation (NAO)/ Météorologie

8 Conclusion

Les glaciers des Alpes reculent, c'est un fait.

Ils ont fait le yo-yo depuis la dernière période glaciaire et encore récemment lors du Petit Âge Glaciaire entre 1350 et 1850. Depuis la dernière glaciation, ils ont été, en moyenne, moins importants qu'aujourd'hui. Leur grande sensibilité aux conditions de précipitation et d'ensoleillement en été rend leurs fluctuations d'amplitude importantes à la hausse comme à la baisse.

Ces fluctuations sont naturelles jusqu'à un passé récent. Un réchauffement supplémentaire lié au CO₂ ne peut pas aider les glaciers des Alpes à se reconstituer sauf si les phénomènes météorologiques conduisaient à plus de précipitations sur nos montagnes dans l'avenir.