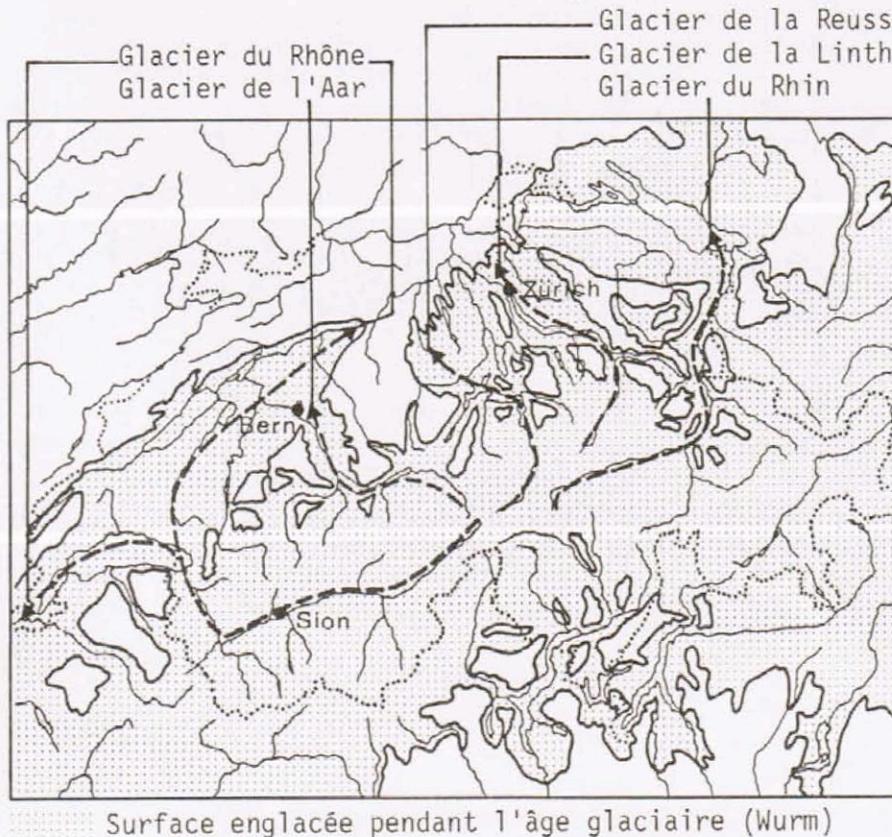


## 1. Introduction

Beaucoup de courses de montagne sont autant d'excursions glaciologiques. L'alpiniste peut observer nombre de phénomènes qui lui laissent deviner quels processus forgent et ont forgé le paysage alpin.

## 2. Epoque glaciaire

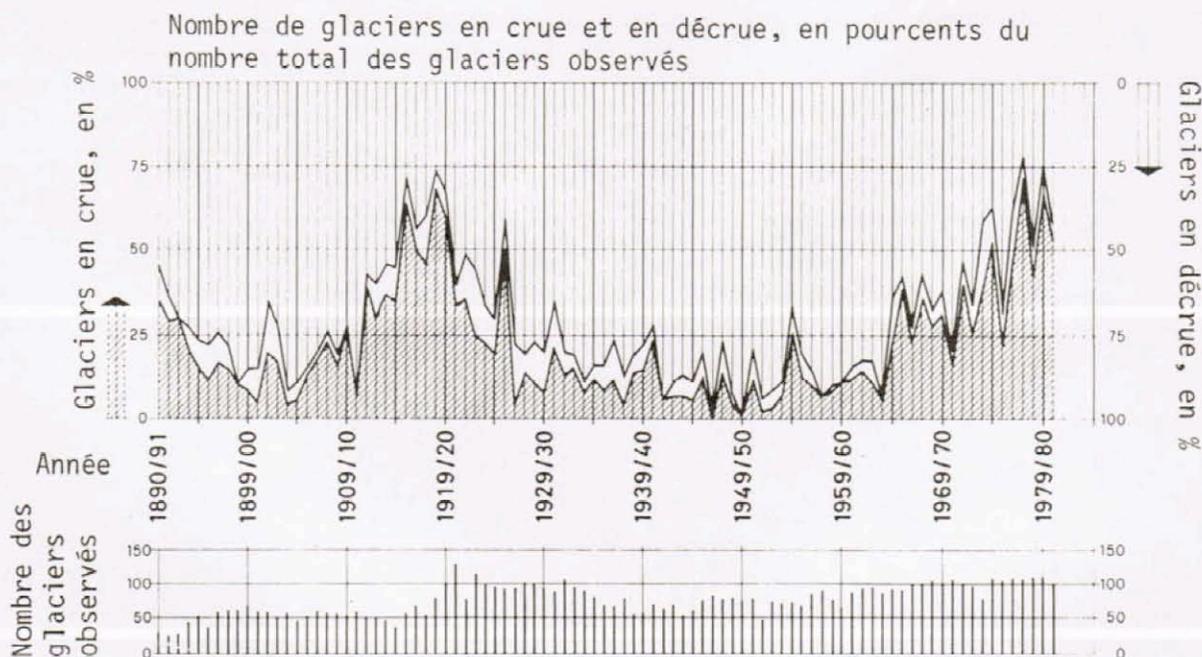
La route vers les montagnes est souvent un voyage de l'époque glaciaire vers le présent. Des paysages morainiques typiques permettent de reconstituer jusqu'où les glaciers s'étendaient lors du dernier âge glaciaire (Wurm), il y a environ 20'000 ans, comme par exemple à Wangen an der Aare (glacier du Rhône), Schoetz/Wauwil et Mellingen (glacier de la Reuss), Killwangen/Würenlos et Bülach (glacier de la Linth) ou Schaffouse/chutes du Rhin (glacier du Rhin). En dehors des régions glaciaires, le sol était perpétuellement gelé (permafrost) et recouvert d'une steppe aride (tundra). Par des températures inférieures de 15 degrés à celles d'aujourd'hui et une sécheresse désertique, les vents froids descendants de la carapace glaciaire (vent des glaciers) transportèrent de grandes quantités de poussières des champs de moraines aux plaines avoisinantes, déposant ainsi des sols de loess fertiles (par ex. Alsace). Lors de leur recul, les glaciers firent plusieurs "pauces" (par ex. Zurich, Hurden/Rapperswill). Un dernier coup de froid, il y a environ 10'000 ans, façonna encore une fois de superbes paysages morainiques dans les vallées alpines (par ex. Schürlialp/Duerrboden dans le Dischmatal, forêt d'Aletsch: "Oberer Moraenenweg", Petit et Grand Toit près de Tortin dans le val de Nendaz), avant que les glaciers reculent définitivement vers leur stade actuel. Leur extension fluctue depuis 10'000 ans dans le même ordre de grandeur que pendant la période mieux connue des derniers siècles. L'époque glaciaire nous a laissé les beaux lacs, les champs fertiles sur des moraines riches en minéraux et les gravières nanties (matériau de construction, porteur des nappes phréatiques).



### 3. Fluctuations des glaciers

Beaucoup de sentiers de cabanne conduisent le long d'imposantes moraines latérales (par ex. Boval, Mountet). Ces moraines ont été constituées par les crues répétées des glaciers et dernièrement atteintes et recouvertes lors du "petit âge glaciaire" entre 1600 et 1850 après J.C. De vieilles chroniques, les récits et observations des premiers alpinistes et scientifiques ainsi que de nombreux tableaux et gravures nous relatent de ce temps. Le glacier du Rhône atteignit alors presque Gletsch, le glacier inférieur de Grindelwald étendait sa langue en forme de panache tout près du village et les Jésuites conjurèrent le glacier d'Aletsch de ne pas continuer à croître. Dans les années 40 du dernier siècle, L. Agassiz entreprit au glacier d'Unteraar un long programme de mesures, faisant ainsi la première étude de la glaciologie expérimentale moderne. Des noms de lieux aux alentours de ce glacier rappellent quelques pionniers de la recherche alpine (par ex. Studerhorn, Scheuchzerhorn, Agassizhorn, Hugisattel). Les variations des glaciers suisses sont observées systématiquement depuis 1880. Les spécialistes et organismes intéressés ont ainsi établi la plus longue et complète série de mesures de cette sorte. Ces observations documentent l'important retrait des glaciers depuis le maximum de 1850, qui est encore représenté sur les premières feuilles de l'atlas Sigfried, jusqu'aux années extrêmement chaudes du milieu de notre siècle. Des petites périodes de crue, autour de 1890 et 1920, constituèrent de petites moraines que l'on peut observer dans de nombreuses zones délaissées par les glaciers. Depuis le milieu des années 60, suite à un abaissement des températures estivales d'environ un demi degré et une augmentation des précipitations sous forme de neige, beaucoup de glaciers sont devenus plus épais et sont actuellement en crue. Ils sont reconnaissables à leur langue voûtée et libre de débris (par ex. glaciers de Trient, de Stein, de Cambrenal).

Variation de la position des fronts glaciaires dans les Alpes suisses  
1890/91 - 1890/81

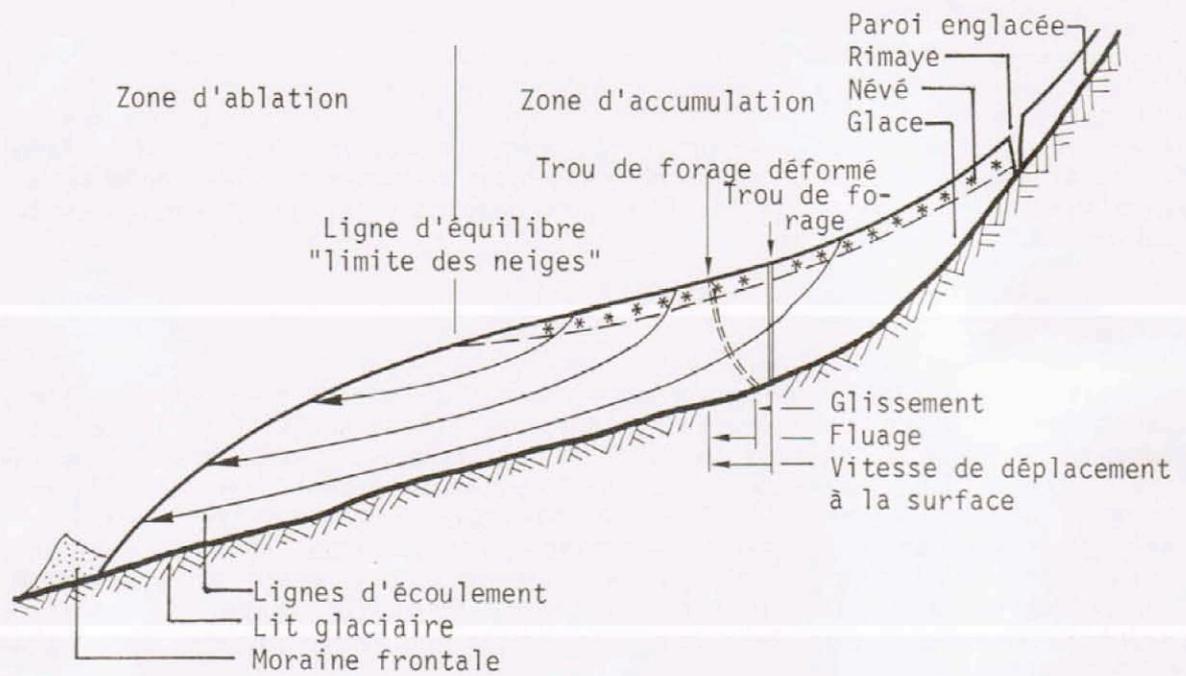


#### 4. Neige, névé - glace

La glace des glaciers alpins se constitue dans les régions froides en haute altitude, où la neige s'accumule et se métamorphose lentement en névé puis en glace. L'alpiniste qui remonte un glacier rencontre donc la suite des processus de transformation dans l'ordre inverse.

En-dessous de la limite de neige, dans la zone d'ablation, dominent des processus qui diminuent la masse glaciaire (ablation). Une grande quantité de glace est fondue par le rayonnement solaire intensif et les températures de l'air élevées, et s'écoule sur la langue libre de neige en d'impétueux torrents qui disparaissent çà et là dans le glacier par des moulins pour chercher sur le lit leur chemin vers le portail glaciaire. Le grand glacier d'Aletsch perd ainsi par ablation environ 10 m de glace par an sur sa langue. De gros blocs protègent la glace du rayonnement solaire, empêchent sa fonte et forment ainsi des tables glaciaires. Le sable fin se réchauffe et s'enfonce dans la glace pour former des trous orientés vers la position zénithale du soleil.

La position la plus élevée de la limite des neiges en automne s'appelle en glaciologie ligne d'équilibre. Elle représente le lieu où, sur une année, ablation et accumulation sont en équilibre. Dans la zone d'alimentation, en-dessus de la ligne, la fonte ne suffit pas à enlever toute la neige. On observe l'accroissement maximal d'un névé vers 3500 m d'altitude (par ex. Jungfraufirn): environ 6 mètres par année, ce qui correspond à 3 mètres d'eau. Jusqu'à cette altitude, l'eau de fonte s'infiltré dans le névé épais d'environ 30 mètres et le réchauffe progressivement jusqu'à 0 degré. La transformation de la neige en glace bleue, pauvre en bulles d'air, prend ainsi moins de 10 ans. Dans la zone des sommets de 4000 m, la fonte est rare et la forte érosion éolienne réduit l'accumulation à 1-2 mètres de neige par année. La température moyenne du névé est de -10 à -15 degrés (Mont Rose) et la métamorphose de la neige en glace blanche, riche en bulles d'air, prend des dizaines d'années. Ainsi, les précipitations des derniers siècles sont conservées comme dans un congélateur et sont à disposition des chercheurs. Dans les carottes de forages du Colle Gnifetti, Mt Rose, on ne peut pas seulement reconnaître les fortes augmentations de la concentration en tritium suite aux explosions expérimentales dans l'atmosphère des bombes H des Américains (1953/54), des Russes (1958/59), des Chinois et des Français (1962/63), mais aussi l'abaissement du pH de la neige depuis les années 60 (précipitations acides) suite à l'émission de SO<sub>2</sub> par la combustion des hydrocarbures fossiles. On peut souvent remarquer des couches rougeâtres aux bords de crevasses ou aux fronts de glaciers suspendus (par ex. Lyskamm, Piz Palü). Il s'agit-là de sables du Sahara qui sont transportés, principalement pendant le semestre estival, par les forts vents d'altitude, à 5 - 10'000 mètres, soit par-dessus l'Italie, soit par-dessus le Portugal et l'Espagne selon la situation météorologique (basse ou haute pression sur la Méditerranée).



## 5. Mouvement des glaciers

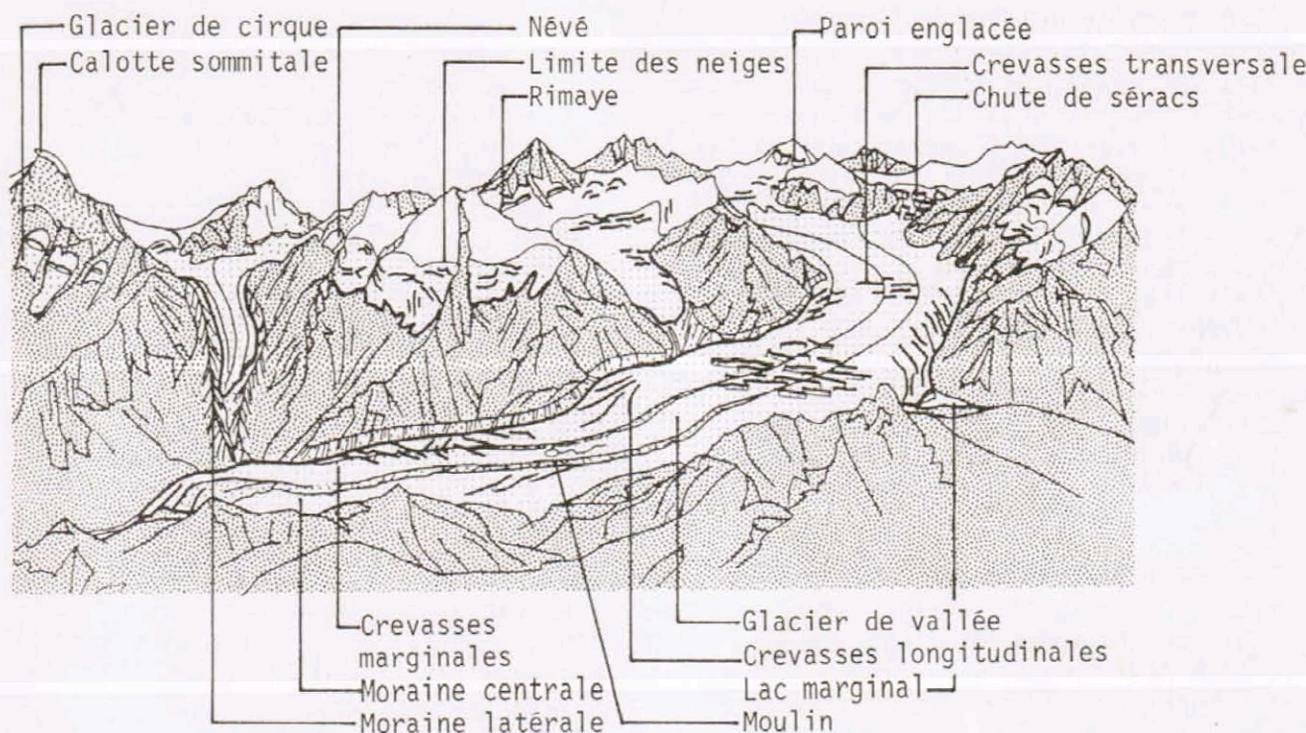
Les crevasses sont plus menaçantes lors du retour de course dans la neige devenue molle que lors de la montée à l'aube.

Les crevasses résultent du mouvement glaciaire. Celui-ci transporte le surplus de masse de la zone d'accumulation vers la zone d'ablation. Un glacier réagit à un écart par rapport à son bilan de masse moyen par une modification de son mouvement, ce qui provoque une avance ou un recul de la langue.

On observe dans des forages que la glace flue comme un liquide visqueux et glisse simultanément sur le sol si la glace n'est pas gelée au lit du glacier. Le multiple de l'épaisseur par l'inclinaison de la surface est pour un glacier, comme pour un torrent, environ une constante. Un glacier est donc le plus mince dans une forte pente (rimaye, chute de séracs) et le plus épais dans des cuvettes plates (par ex. le glacier d'Aletsch atteint presque 1000 m au Konkordiaplatz!). La vitesse d'écoulement d'un glacier alpin peut atteindre 200 mètres par an (glacier d'Aletsch au niveau de la cabanne Konkordia). La part du glissement est en moyenne sur l'année plus petite que celle du fluage de la glace. Mais avec un gros apport d'eau, par fonte ou suite à un orage, le frottement entre le lit et le glacier peut momentanément diminuer et la vitesse de glissement doubler. Là où le glacier est accéléré par un changement de pente, apparaît un effort de traction dans la glace. Perpendiculairement à la direction de la traction principale se forment des crevasses:

- A la rimaye, où le glacier devient rapidement plus épais et le glissement prend naissance.
- Au bord du glacier (orientées environ 45 degrés vers l'amont), où la vitesse augmente à cause du frottement entre les flancs de la vallée et le glacier.
- Perpendiculairement à la direction d'écoulement, quand le glacier devient plus pentu.
- Parallèlement à la direction d'écoulement, quand la glace peut s'écouler latéralement.

Si des crevasses transversales et longitudinales se recoupent, il se forme des blocs de glace isolés (séracs). Le transport de masse de la zone d'accumulation à la zone d'ablation se fait par rotation autour de la ligne d'équilibre: ce qui tombe dans une crevasse peu en-dessus de la ligne, réapparaît par fonte en quelques années peu en-dessous de la ligne. Par contre, le névé froid du sommet du Mt Rose prend plusieurs siècles pour réapparaître après un long parcours au fond du glacier, comme glace blanche et riche en bulles d'air, dans les langues du Grenzgletscher et du Silbersattelgletscher.



## 6. Types de glaciers

Dès les premières excursions, l'alpiniste connaît les principaux types de glacier:

- Les petits névés sans crevasses et les parois englacées (Lenzspitze, Ebeneflue, Piz Roseg).
- Les glaciers de parois (Blumlisalphorn, Aletschhorn jusqu'au Sattelhorn, Weisshorn versant Mattertal).
- Les calottes sommitales et d'arêtes (Blancograt, Galenstock, Grand Combin).
- Les glaciers de cirques, dans des combes protégées (glacier de la Bella Tola, Joerigletscher).
- Les glaciers suspendus de diverses sortes (dans le groupe des Mischabels, région de la Junfgrau).
- Les grands glaciers de vallée (Aletsch, Fiesch, Morteratsch).

Il existe dans la nature toutes les combinaisons possibles. Dans les régions périphériques des Alpes, riches en précipitations (par ex. Titlis, Saentis), il faut beaucoup de chaleur pour éliminer toute la neige et la ligne d'équilibre descend jusqu'au niveau des pâturages, où la température moyenne annuelle se situe à environ 0 degré. Au contraire, la ligne d'équilibre monte dans les régions sèches des Alpes centrales (vallées sud du Valais, Engadine) jusqu'à de hautes altitudes.

Les langues des glaciers se situent dans ces régions, malgré des températures moyennes annuelles basses, dans l'étage d'éboulis en-dessus des alpages. Nous y trouvons aussi une manifestation particulière du permafrost: en-dessus de 2500 m, des éboulis gelés en permanence fluent de quelques décimètres par année vers la vallée. Ces masses d'éboulis et de glace, ressemblant à une coulée de lave, s'appellent des glaciers rocheux (exemples superbes au Val Muragl, Engadine, et au Gornergrat).

## 7. Dangers et utilité

Dans les Alpes, le contact entre l'homme et les glaciers est étroit et historiquement long. Les utilités et dangers ne sont pas seulement à considérer par rapport aux activités touristiques (par ex. ski d'été) ou aux problèmes d'alpinisme (crevasses, avalanches de glace). De grandes avalanches glaciaires ont, comme par exemple à l'Altels, au Weisshorn (Mattertal) ou au Fletschhorn, fait à maintes reprises des victimes et causés d'importants dégâts dans les régions habitées. Les ruptures de lacs marginaux, comme dans la vallée de Saas (lac de Mattmark/glacier d'Allalin) ou dans le val de Bagnes (Mauvoisin/Glacier de Giétro) provoquent souvent des catastrophes. Même si certains des cas historiques ne peuvent plus se reproduire suite au recul des glaciers et à la construction de barrages, ce problème reste actuel. Preuve en sont les crues dévastatrices dans le Gadmertal (Steingletscher 1956), dans le Val Roseg (Vadrec da Roseg 1954), dans la vallée de Saas (Rottalglletscher 1953, Grubengletscher 1968, 1970) et dans le Mattertal (Kingletscher 1978) et par ailleurs l'avalanche de glace du glacier d'Allalin (1965, 88 morts).

En été, l'eau de fonte des glaciers alimente le réseau fort développé de l'irrigation des terrains alpins (bisses du Valais) ou est stockée dans des lacs de barrage pour produire de l'énergie (chère) de pointe. Ainsi, les glaciers participent encore quand nous allumons le projecteur de diapositives pour nous rappeler nos aventures de montagne et nous faire rêver de nouvelles courses.

## Bibliographie

- La Suisse et ses glaciers: Livre d'après l'exposition du même nom, existe aussi en allemand, anglais et italien. Aperçu sur la recherche glaciologique en Suisse. Edité en 1980 par l'Office national suisse du tourisme et les éditions Kiemmerli et Frey en collaboration avec les spécialistes suisses. Beaucoup d'illustrations en couleur et de diagrammes, bibliographie, 191 pages.
- Gletscher und Klima: Recueil de publications sur les recherches glaciologiques actuelles dans les Alpes. Importante bibliographie. Jahrbuch der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 1978, Birkhäuser Verlag, Bâle 1981. En allemand, avec des résumés en français.
- Les glaciers des Alpes suisses, en ...: Rapport annuel sur les observations des variations des glaciers des Alpes suisses. "Les Alpes", cahiers trimestriels.