

Guide d'excursion

Mer de glace (Chamonix - Mont-Blanc): du Petit âge glaciaire à nos jours

Walter Wildi

walter.wildi@unige.ch

**Section des sciences de la Terre et de
l'environnement**

Université de Genève

Rue des Maraîchers 13, CH-1205 Genève

Document disponible sur internet

<http://www.unige.ch/forel/Services/Guide/Chamonix.html>

Copyright 2014



Mer de Glace et Petit âge glaciaire: les bases scientifiques (1)

Au XIXe et au début du XXe siècle, les paysages glaciaires spectaculaires de la fin du Petit âge glaciaire attirent de nombreux visiteurs, peintres et photographes. Cette ruée est à l'origine d'une riche documentation iconographique, présentant les vallées de montagne avec leur végétation maigre et les langues glaciaires s'avancant dans les forêts et les pâturages. A cette époque, de nombreux scientifiques considèrent les fluctuations répétées des langues glaciaires alpines comme une possible annonce de la prochaine glaciation. C'est la principale motivation de la fondation de la "Commission des glaciers" (maintenant: «Commission de la cryosphère») de l'Académie suisse des sciences en 1893, un demi-siècle après qu'Agassiz (1837) et la communauté scientifique ont admis l'existence de périodes glaciaires pendant la dernière partie de l'histoire de la Terre. Depuis lors, les variations de longueur d'une centaine de langues glaciaires sont régulièrement suivies et mesurées ainsi que les variations de volume d'un plus petit nombre de glaciers.

Dans le débat actuel concernant l'impact humain sur le réchauffement climatique, les variations glaciaires et plus particulièrement la variation de la longueur des langues de glace sont reconnues comme des indicateurs sensibles des fluctuations de température. Selon Zemp et al. (2011), "les variations de position d'un front glaciaire représentent une réponse indirecte, temporisée, sélective et accentuée aux changements climatiques, avec un temps de réponse spécifique pour chaque glacier, pouvant aller jusqu'à plusieurs décennies . . . » (traduction).

La vallée de Chamonix et le massif du Mont-Blanc sont en quelque sorte un musée en plein air de l'impact du Petit âge glaciaire sur les paysages à partir du milieu du XVIe jusqu'à la fin du XIXe siècle, et du recul des glaciers dans les temps modernes, que ce soit pour des raisons naturelles ou résultant de l'activité humaine. Les observations de terrain sur l'extension des glaciers pendant le Petit âge glaciaire et les discussions sur l'impact de l'homme

moderne sont particulièrement aisées et instructives dans cette région.

C'est sur cette thématique que la SASEG (Association suisse des géoscientifiques de l'énergie) a choisi Chamonix et la Mer de Glace comme lieu de rencontre pour sa réunion annuelle 2013. Ce guide d'excursion a été rédigé et publié à cette occasion*. Il est repris et élaboré ici en langue française pour un public plus large.

Glaciers alpins, climat et géomorphologie

Le bilan d'un glacier dépend de trois paramètres principaux (*fig. 1*):

- de la *température atmosphérique*, capable de refroidir et de conserver la neige et la glace.
- des *précipitations* (principalement la neige), pour fournir le volume de glace nécessaire.
- du *flux géothermique*: le flux de chaleur terrestre assure un apport d'énergie suffisant à la base du glacier, et garantit les conditions d'une semelle de glacier humide.

La position du front du glacier dépend du mouvement et de la variation du volume de glace: les langues de glace avancent en glissant et par déformation interne. Une langue glaciaire se raccourcit lorsque la fusion du front du glacier est plus rapide que l'avancement par glissement et par déformation interne. Sur un glacier, les zones d'accumulation et d'ablation sont les zones de bilan respectivement positif et négatif du point de vue de la formation et de la fonte de la glace.

* Cette introduction suit dans une large mesure la publication suivante: Wildi, W., 2013, *Glaciers as indicators of changing climate from Little Ice Age to modern times: Swiss Bulletin für angewandte Geologie*, v. 18, no. 2, p. 77-82.

Mer de Glace et Petit âge glaciaire: les bases scientifiques (2)

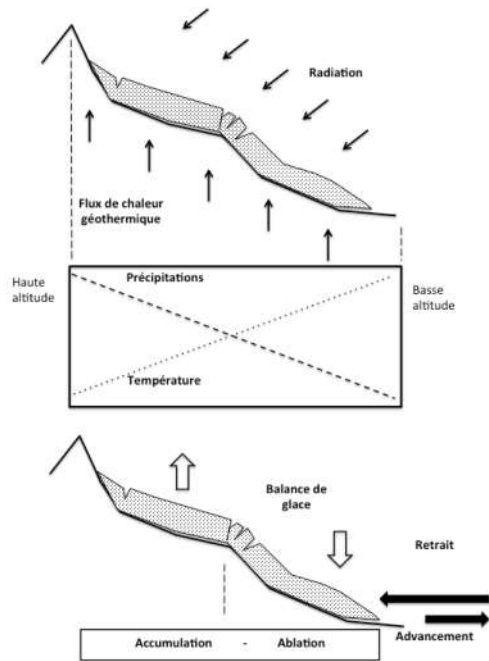


Figure 1: Paramètres principaux du bilan de la glace et de la position du front glaciaire: température, précipitations et flux géothermique.

L'érosion glaciaire est le processus le plus important dans la sculpture des paysages des Alpes et de leur avant-pays. Trois actions différentes peuvent être distinguées (fig. 2):

- **Abrasion** par frottement des débris de roche à l'interface entre les masses de glace et le rocher. Ce processus produit du sable et du limon fin qui est ensuite évacué sous forme de "lait glaciaire" par l'eau de fonte de la rivière sous-glaciaire. Les taux d'érosion mesurés et calculés sont le plus souvent de 1 – 2 mm/année. Le «poli glaciaire» à la surface du substrat rocheux forme des stries et des morphologies bosselées facilement reconnaissables («roches moutonnées») qui peuvent résister pendant des centaines d'années à l'altération et à l'érosion.

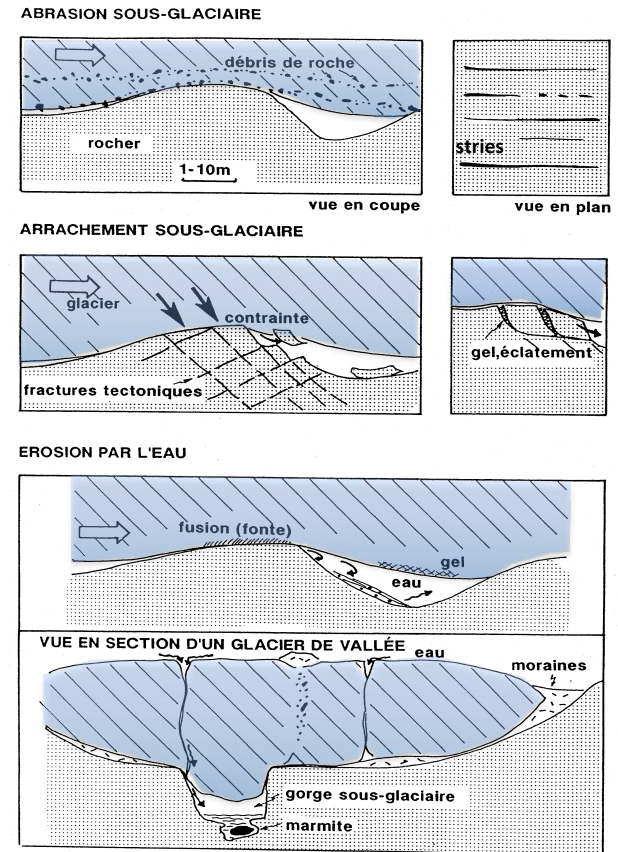


Figure 2: Processus d'érosion et morphologies glaciaires

- **L'arrachement** résulte de la contrainte de la charge glaciaire sur le substrat rocheux. Le long de failles et de fractures préexistantes, ce processus produit des débris de roche et des blocs de différentes formes.

- **La cavitation** de la roche par l'eau sous-glaciaire sculpte des gorges à falaises verticales et des «marmites».

Mer de Glace et Petit âge glaciaire: les bases scientifiques (3)



Figure 3: Morphologies de gélifraction, Aiguille verte sur la rive droite de la Mer de Glace, 4'122 m d'altitude.

La gélifraction est responsable de reliefs en «ruines» au-dessus de la surface glaciaire (fig. 3 et 4).

En dehors des torrents, les produits d'érosion des glaciers, surtout des limons, sables et blocs, peuvent être déposés sur place, sans tri, en particulier sous forme de placages (couches) de moraines ou de vallums, de *drumlins* et autres monticules. Les moraines latérales et frontales des glaciers contiennent également du matériel provenant de dépôts de pente (éboulis et éboulements), transportés sur le dos des glaciers et du sable éolien (*loess*).

Histoire récente de la Mer de Glace

Avec une altitude de 4810.45 m, le Mont-Blanc est le sommet le plus élevé des Alpes. Il donne naissance à un certain nombre de glaciers, aussi bien en Italie, sur son versant sud, qu'au nord, sur le versant français. La ville de Chamonix est située à 1'050 m. Le glacier de la Mer de Glace est localisé dans une vallée latérale de l'Arve, sur le versant nord du massif du Mont-Blanc; c'est le glacier le plus long sur territoire français.

La dernière période glaciaire, appelée Würm, a commencé il y a quelques 115'000 ans, et les glaciers étaient de retour dans leur position actuelle il y a 10'800 ans. Au cours du Würm, une première avancée majeure des glaciers de l'Arve et du Rhône a atteint la région lyonnaise. Au cours du «dernier maximum glaciaire» (LGM), environ 23'000 ans avant notre ère (Wildi et al. 2014), le glacier du Rhône ne va pas plus loin que le bassin genevois (stade de Laconnex). A Chamonix, l'extension maximale des glaciers du Mont-Blanc est bien marquée des deux côtés de la Mer de Glace et de la vallée de l'Arve par la limite supérieure du poli glaciaire (fig. 4). Sur les pentes du Mont-Blanc et du massif des Aiguilles Rouges, au sud et au nord de la ville de Chamonix, la surface du glacier de l'Arve atteint alors une altitude d'environ 2'200 à 2'300m.

Par simplification, on peut affirmer qu'un glacier conserve son volume, pour autant qu'il reste dans la zone climatique où la température annuelle moyenne est égale ou inférieure à environ 0° C. Dans nos régions, cela signifie que les températures atmosphériques pendant l'extension maximale des glaciers au cours de la dernière période glaciaire étaient d'environ 10° C inférieures aux températures actuelles. Au cours de l'Holocène, donc de la période post-glaciaire, les glaciers alpins ont fluctué entre des situations de forte fusion, avec des surfaces englacées fortement réduites, à des situations avec des langues glaciaires plus étendues que de nos jours, soit jusqu'à environ 1.5 à 2 km plus longues qu'actuellement. Ces résultats découlent principalement de l'analyse de l'âge de troncs d'arbres et de tourbes qui apparaissent aujourd'hui sous les langues glaciaires en fonte, ou qui sont expulsés par les cours d'eau sous-glaciaires.

Mer de Glace et Petit âge glaciaire: les bases scientifiques (4)

Ces restes organiques indiquent que, depuis la fin de la dernière ère glaciaire, pendant plus de 5'400 ans, les langues de glace étaient nettement plus courtes qu'aujourd'hui (tableau 1 ; Schlüchter & Jorin 2004).

La dernière période de progression des glaciers se produit au Petit âge glaciaire (Matthes 1939) qui suit la période chaude du Moyen-Age. Dans les Alpes, cette période froide commence avec les avancées des glaciers à la fin du XVI^e siècle. Selon Zemp et al. (2011), les longueurs maximales sont atteintes à la Mer de Glace en 1600 et 1640, et d'autres avancées se produisent autours de 1720, 1780, 1820 et 1850 AD.

L'histoire des fluctuations de la Mer de Glace a été reconstruite en détail par Nussbaumer et al. (2007). Comme le montre la figure 5, la croissance est très rapide entre les années 1550 et 1600, avec une avancée d'à peu près 1'000 m (environ 20 m/an). De 1600 à 1850, trois fluctuations font varier le front glaciaire de 600 à 700 m.

Après le dernier maximum en 1852, la langue du glacier s'effondre sur une longueur d'environ 1'200 m en 30 ans (40 m/an). Une langue glaciaire assez stable avec des fluctuations mineures est rapportée d'environ 1880 à 1930. La phase de fusion rapide suivante, entre 1930 et 1970, correspond à un recul de 800 m (20 m/an). Le plateau suivant dure d'environ 1970 à 1995. Dans la phase actuelle de fonte rapide, la langue de la Mer de Glace est en train de perdre un moyenne env. 35 m de longueur par an. Depuis le maximum de 1820, la réduction de l'épaisseur de la Mer de Glace dans la vallée à la hauteur de la station de chemin de fer du Montenvers est de 180m (fig. 4, 7).

Périodes de longueur réduite des langues glaciaires (arbres et tourbe)	Années calendaires (avant 1950)	Durée (années)
10	9900-9550	350
9	9000-8050	950
8	7700-7500	200
7	7350-6500	850
6	6150-6000	150
5	5700-5500	200
4	5200-3400	1' 800
3	Ca. 2700	100
2	2300-1800	500
1	1450-1150	300
	Total	5' 400

Tableau 1: Périodes de glaciers alpins réduits, déduites de l'âge des arbres et de la tourbe qui apparaissent sous les langues glaciaires en fonte (adapté de Schlüchter & Jorin 2004).

Mer de Glace et Petit âge glaciaire: les bases scientifiques (5)



Figure 4: Le glacier de la Mer de Glace et le Mont-Blanc; vue depuis le sommet du Moine (en regardant vers l'ouest); les limites de la glace au cours du dernier âge glaciaire (Würm) et l'extension maximale de la glace au cours du Petit âge glaciaire sont indiquées par le poli glaciaire sur le substrat rocheux, respectivement par une limite de végétation (algues et lichen). Photo: Jean-François Hagenmuller, interprétation: Luc Moreau *.

* J.F.H: info@lumieresdaltitude.com; L.M.: Observatoire du Mont-Blanc, 69 lacets du Benlédères, F-74400 Chamonix

Mer de Glace et Petit âge glaciaire: les bases scientifiques (6)

Discussion

L'histoire du climat au cours du Petit âge glaciaire a été étudiée par plusieurs auteurs, dont un des premiers était Le Roy Ladurie (1967). Cet auteur énumère un certain nombre d'événements climatiques historiques exceptionnels, à l'origine de famines, troubles sociaux, etc. Une activité solaire réduite et de l'activité volcanique à répétition ont été avancées comme explication de cette crise climatique longue de 350 années.

En ce qui concerne la fonte des glaciers, les taux de réduction de la langue du glacier de la Mer de Glace de la fin du dernier maximum du Petit âge glaciaire jusqu'à nos jours peuvent être comparés à ceux du glacier du Rhône et d'autres glaciers alpins à la fin du dernier âge de glace: le glacier du Rhône stationne près de la ville de Genève en 20'500 BC (Moscariello et al., 1998). En 8'800 BC, le front du glacier est dans sa position actuelle à Gletsch, à environ 180 km de Genève. Ces données indiquent un taux moyen de raccourcissement du front du glacier d'un peu moins d'une vingtaine de mètres par an, incluant des phases d'accélération et des périodes de ralentissement. Le taux actuel de 35 m/an pour la Mer de Glace est plus élevé, mais toujours dans le même ordre de grandeur et comparable aux taux de 1850 à 1880. Par conséquent, dans l'ensemble, la vitesse actuelle de fonte de la Mer de Glace n'est pas un événement exceptionnel au cours de l'histoire récente des Alpes.

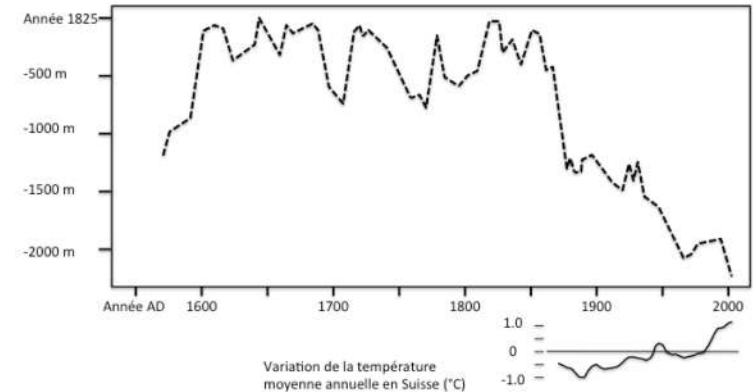


Figure 5: Fluctuations de la langue Mer de Glace 1550-2001 AD (Nussbaumer et al. 2007); courbe interpolée. Le point de référence de 1825 correspond à un bloc erratique. Variations de la température moyenne (mesures instrumentales; moyenne glissante sur 20 ans) pour la Suisse 1864 – 2012; période de référence: 1961-1990.

Remerciements: L'auteur tient à remercier Jean-François Hagenmuller et Luc Moreau pour l'autorisation de reproduction de la fig. 4 dans Wildi (2013). Georges Gorin a révisé avec soin le manuscrit publié dans la revue de la SASEG.

Excursion (1)

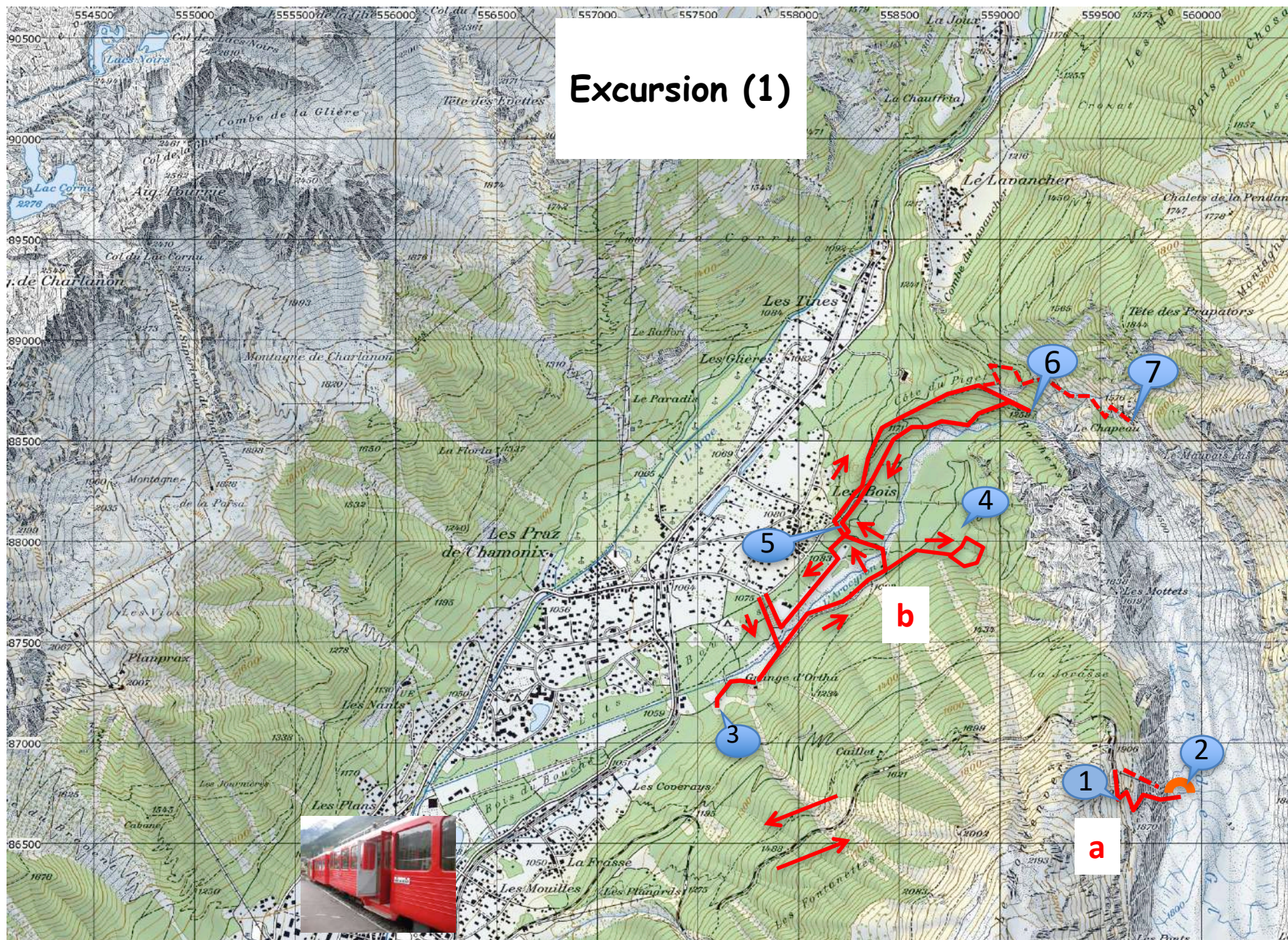


Figure 6: Itinéraires (a) et (b) de l'excursion, 1 – 7: arrêts (© 2014 swisstopo, BA14069)

Excursion (2)

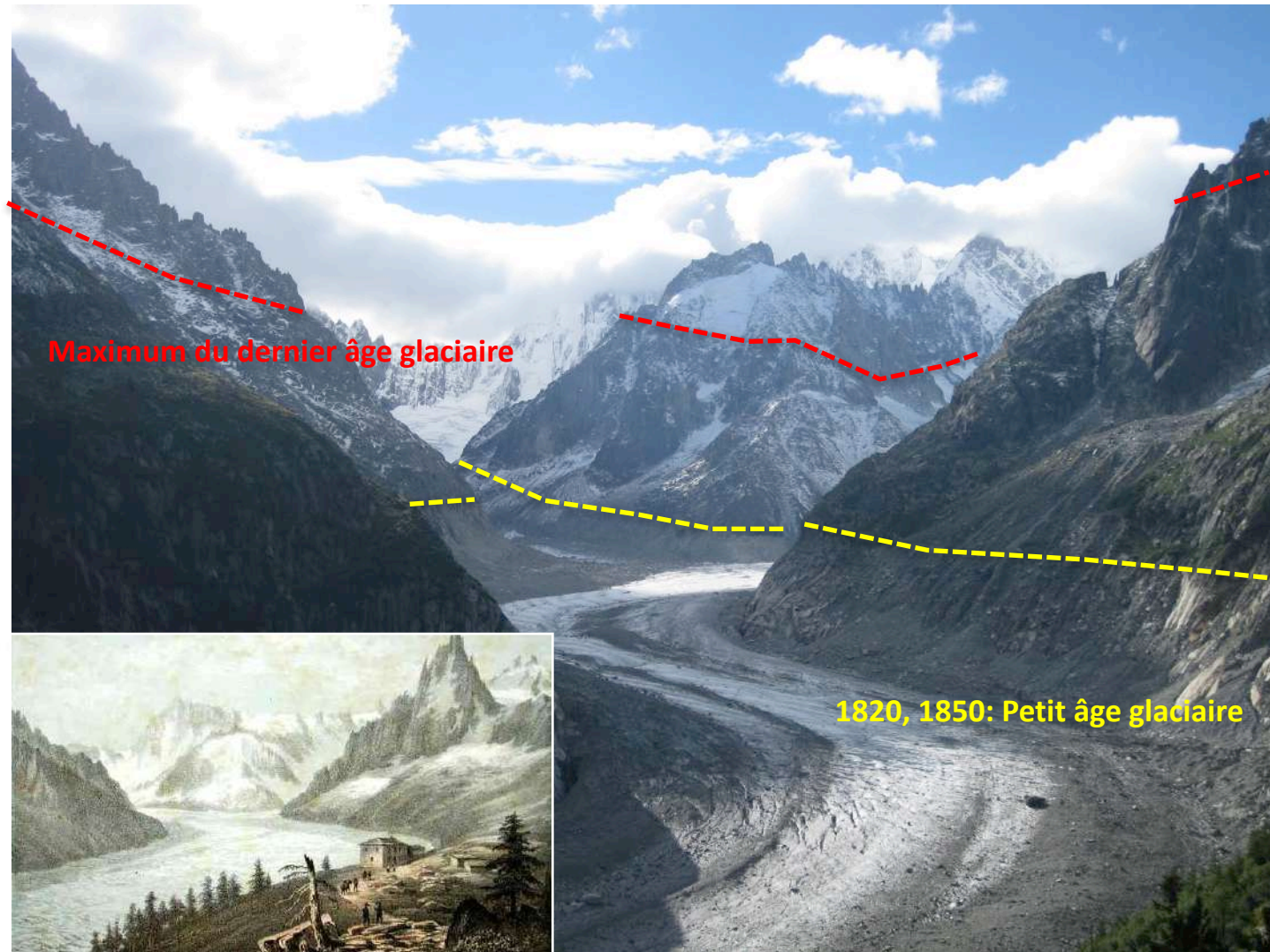


Figure 7: Vue sur la Mer de Glace depuis la terrasse de la station de train du Montenvers. Niveaux atteints par le glacier au maximum du Petit âge glaciaire (1820, 1850) et au maximum du dernier âge glaciaire (Würm). Médaillon: Montenvers et Mer de Glace pendant le Petit âge glaciaire. http://www.glaciers-climat.fr/Mer_de_glace/La_Mer_de_glace.html

Excursion (3)

L'excursion est subdivisée en deux parties:

Partie a: Montenvers et visite du glacier de la Mer de Glace

Partie b: Le front glaciaire et son avant-pays pendant le Petit âge glaciaire; recul des glaciers du Petit âge glaciaire jusqu'à l'époque moderne

a) Montenvers – Mer de Glace

Voyage d'environ 25 minutes avec le train à crémaillère Chamonix - Montenvers, d'une altitude de 1035 à 1913 m (fig. 6).

Arrêt 1, Montenvers : Depuis la terrasse de la gare de Montenvers, une belle vue s'offre sur la Mer de Glace et les sommets des montagnes environnantes (photo de couverture de ce guide et fig. 7). Le niveau maximal de la glace au cours de la dernière période glaciaire correspond à la limite supérieure du poli glaciaire sur les pentes rocheuses. La limite supérieure du glacier au Petit âge glaciaire (années 1820, 1850) correspond à une limite de végétation. En-dessous de celle-ci, les roches ne sont pas encore entièrement couvertes par les lichens, algues et autres végétaux et montrent une patine de couleur claire.

Descendre à pied ou en téléphérique (le prix du voyage est inclus dans le billet de train Chamonix – Montenvers), puis effectuer à pied les derniers 50m environ de dénivellé. Le long du sentier rocheux et des escaliers on observe la position du glacier en retrait depuis 1850, marquée par des indications écrites. En s'approchant du glacier, les algues et lichens qui recouvrent les roches, en particulier le lichen de couleur vert fluorescent *Rhizocarpon geographicum* (fig. 8) deviennent de plus en plus rares. Ce lichen s'installe en effet sur des roches siliceuses environ 25 ans après que la surface ait été exposée à la lumière suite à la fonte du glacier. Le diamètre des colonies de lichens se développe alors avec une vitesse constante pendant plusieurs décennies. Ainsi, ce lichen constitue un bon indicateur pour la datation de la fusion récente du glacier. Dans la vallée au niveau du Montenvers, l'épaisseur de la glace a diminué de 180 m depuis 1850.



Figure 8: Lichen *Rhizocarpon geographicum* à la surface d'une roche granitique. Ce lichen montre un taux de croissance constant, mais différent selon la région, et peut être utilisé pour la datation des retraits glaciaires.

Arrêt 2, Mer de Glace, tunnel de glace: Un nouveau tunnel de glace est creusé chaque printemps (fig. 9) et parfois adapté à nouveau pendant l'été, en fonction de l'avancement de la langue du glacier par flux et glissement sur la roche. La structure de la glace dans la zone du tunnel montre une stratification, soulignée par de nombreuses inclusions de gaz, formant des bandes blanches (fig. 10). Cependant, il faut être conscient que ces couches ne représentent pas les caractéristiques d'un dépôt, mais sont le résultat de la reconstitution et recristallisation de la glace en aval des zones de perturbation, chutes de séracs ou avalanches. Les inclusions de débris rocheux (fig. 11) sont rares, et la glace est généralement très pure. Cela peut en partie s'expliquer par la recristallisation et la formation de cristaux de glace purs de plus grand diamètre, mais également par le fait que le glacier ne reçoit ni débris, ni poussières dans sa zone de formation, sur le névé sommital. Le matériel rocheux transporté sur le dos du glacier plus en aval provient des éboulis et éboulements depuis les flancs de montagne qui entourent la langue de glace.

Excursion (4)

La descente au glacier, la visite du tunnel de glace et le retour au Montenvers durent normalement environ 1 ½ heures, mais dépendent bien évidemment de la condition physique du visiteur et du temps passé à admirer le paysage. Nous recommandons de compter une demi-journée pour la partie (a) de cette excursion.



Figure 9 a) et b): entrée du tunnel de glace en 2013 et entrées précédentes (à gauche de l'entrée 2013). La distance entre les entrées permet d'évaluer la vitesse d'avancement du glacier.

Figure 11 (droite) :
Débris de roche piégés dans la glace. Longueur maximale du débris principal: env. 10 cm.

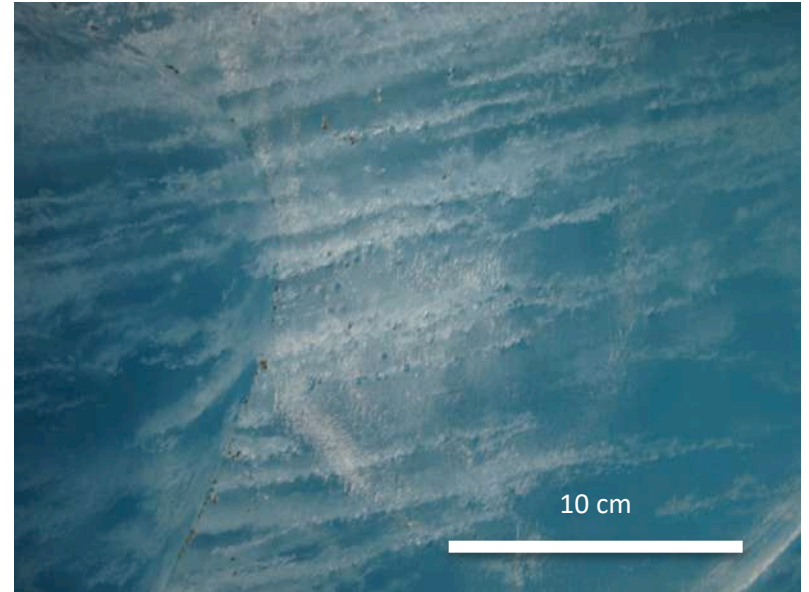


Figure 10: Bulles d'air formant des bandes blanches dans la glace du tunnel.



Excursion (5)

b) Le front glaciaire et son avant-pays pendant le Petit âge glaciaire; recul des glaciers du Petit âge glaciaire jusqu'à l'époque moderne

Cette partie de l'excursion commence près de l'héliport de Chamonix - Les Praz , environ 15 min. à pied depuis la gare des Praz (fig. 6). De bonnes chaussures de marche et la capacité de monter un dénivelé de 200 m (arrêt 6) ou 500 m (arrêt 7) sur des sentiers en partie assez raides et caillouteux sont recommandées. Cette balade permettra de découvrir la plaine alluviale proglaciaire, les crêtes morainiques, le canyon sous-glaciaire et la Mer de Glace du Petit âge glaciaire à nos jours ainsi que la vue sur le front glaciaire actuel.

Traverser le pont sur la rivière Arveyron et tourner à droite. À la Ferme d'Ortha, la route traverse le canal d'eau provenant des centrales hydroélectriques qui turbinent une partie de l'eau du torrent sous-glaciaire de la Mer de Glace. Environ 500m après le pont:

Arrêt 3, Pierre d'Ortha : Il s'agit d'un bloc de granite provenant de la partie centrale du massif du Mont-Blanc. Ce bloc erratique a été déposé par la langue de la Mer de Glace à la fin de la dernière ère glaciaire, pendant la phase Dryas III (env. 10'700 - 9'700 ans BC). Par sa position il constitue l'un des arguments pour prouver l'extension des glaciers au cours de la dernière période glaciaire. Il a longtemps été exploité à des fins de construction, comme en témoignent les traces laissées par burins et marteaux (réf. <http://www.geologie-montblanc.fr/itineraire.html>).

De la Pierre d'Ortha on suit la petite route («Chemin des carrières») qui remonte le long de la rive gauche de la rivière Arveyron. Après 1.5 km prendre le sentier à droite (« Montée du Pépé », fig. 13). Un panneau indique les «carrières».

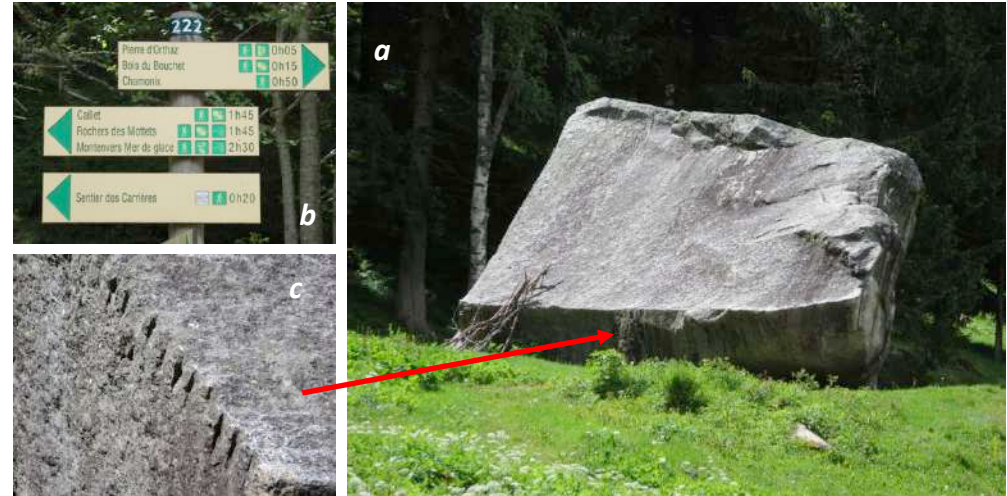


Figure 12 a, arrêt 3: Pierre d'Ortha; b: indicateurs rive gauche du pont sur l'Arveyron; c: marques de ciseaux provenant de l'exploitation du bloc.



Figure 13, arrêt 4: «Carrières»: roches sculptées et panneau explicatif

Excursion (6)

Arrêt 4, «carrières» : Les «carrières» correspondent à des ateliers de travail, situés sur une moraine de la Mer de Glace déposée au cours du XVII^e siècle. Les habitants de Chamonix y ont taillé des blocs de granite, destinés à la construction des bâtiments de la ville de Chamonix . Les blocs ont d'abord reçu une forme provisoire, avant leur transport dans la ville. Ce travail est expliqué sur des panneaux le long d'un itinéraire dans la forêt (fig. 13, 14). La visite dure environ une demi-heure .

Depuis les «carrières» revenir en arrière et traverser la rivière Arveyron par un petit pont.

Arrêt 5, front du glacier au maximum du Petit âge glaciaire: la plaine alluviale pro-glaciaire de la Mer de Glace pendant cette même période s'étend de l'héliport jusqu'à la limite de la forêt fig. 15), où les crêtes de gros



Figure 15: Cours tressé (et endigué) de l'Arveyron et plaine alluviale du Petit âge glaciaire.

blocs de granite marquent l'extension maximale de la Mer de Glace pendant le Petit âge glaciaire (fig. 16, 17 et 18). La morphologie de ces crêtes est de style chaotique; une jeune forêt recouvre aujourd'hui l'ensemble de la zone .

Monter l'un des sentiers bien indiqués pour les «Gorges de l' Arveyron» . Le chemin le plus instructif suit la crête de la moraine de l'extension maximale du flux de glace de la Mer de Glace («Côte du Piget» , fig. 16).



Figure 14: Constructions en granite sculpté et base du mémorial à l'honneur du scientifique H.B. De Saussure dans la ville de Chamonix.

Excursion (7)

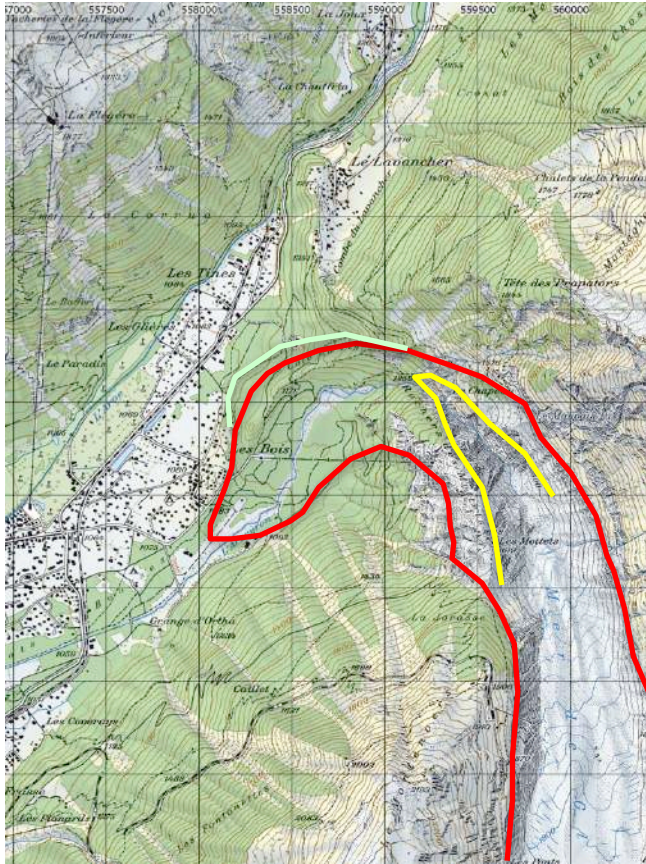


Figure 16: Trois périodes d'extension de la mer de Glace: Rouge année 1821; Vert 1864; Jaune 1895. D'après S. Nussbaumer (div. sources internet). © 2014 swisstopo (BA14069).

Arrêt 6, Gorges de l'Arveyron: Après 30 à 40 minutes on arrive à la plateforme rocheuse des «Gorges de l' Arveyron». De ce promontoire, on profite d'une belle vue sur la gorge érodée par le torrent sous-glaciaire lors de la dernière glaciation (*fig. 19*). On identifie également clairement dans le paysage la différence dans les processus d'érosion entre l'érosion fluviale de la gorge, le poli glaciaire sur les épaules rocheuses de la vallée et la gélifraction sur les falaises des sommets plus élevés .

Retour en arrière sur le sentier plus ou moins plat et s'engager à droite en direction du «Chapeau». Ce chemin est escarpé et la marche dure environ 1 heure.

Arrêt 7, Le Chapeau: Depuis la terrasse de ce lieu de repos à 1576 m d'altitude, la vue s'ouvre sur le front du glacier de la Mer de Glace , environ 200 m en contrebas dans la vallée glaciaire (*fig. 20*).



Figure 17: Mer de Glace – Les Praz
Gravure S. Birmann 1826

Figure 18, arrêt 5: Moraines frontales
du maximum du Petit âge glaciaire.

Excursion (8)

Bibliographie



Figure 19, arrêt 6: Vue sur la gorge glaciaire depuis la plate-forme des Sources de l'Arveyron.



Figure 20, arrêt 7: Vue sur le front de la Mer de glace et les lacs pro-glaciaires depuis le Chapeau.

- Agassiz, L. 1837: Discours prononcé a l'ouverture des séances de la Société Helvétique des sciences naturelles, a Neuchâtel le 24 Juillet 1837. Actes Soc. Helv. Scie. Nat. 22, 5-32.
- Coutterand, S. 2010: Etude géomorphologique des flux glaciaires dans les Alpes nord-occidentales au Pléistocène récent. Thèse Univ. Savoie, Chambéry, 471 p.
- Zemp, M., Zumbühl H.J., Nussbaumer S.U., Masiokas M.H., Espizua L.E. & Pitte 2011: Extending glacier monitoring into the Little Ice Age and beyond. PAGES news 19/2, 67-69.
- Le Roy Ladurie, E. 1967: Histoire du climat depuis l'an mil, Flammarion, 1967.
- Matthes, F.E. 1939: Report of the committee on glaciers. Transactions of the American Geophysical Union, 518 –23.
- Moscariello, A., Pugin, A., Wildi, W., Beck, Ch., Chapron, E., De Batist, M., Girardclos, S., Ivy Ochs, S., Rachoud- Schneider, A.-M., Signer, C. & van Clauwenberghe, T. 1998: Déglaciation würmienne dans des conditions lacustres à la terminaison occidentale du bassin lémanique (Suisse occidentale et France). Eclogae geol. Helv. 91, p. 185-201.
- Nussbaumer, S.U., Zumbühl, H.J. & Steiner, D. 2007: Fluctuations of the Mer de Glace (Mont-Blanc area, France) AD 1500–2050: an interdisciplinary approach using new historical data and neural network simulations, Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie 40(2005/2006): 1-183.
- Wildi, W., 2013: Glaciers as indicators of changing climate from Little Ice Age to modern times: Swiss Bulletin für angewandte Geologie, v. 18, no. 2, p. 77-82.
- Wildi, W., Corboud, P., Girardclos, S. & Gorin, G. 2014: Visite géologique et archéologique de Genève. <http://www.unige.ch/forel/Services>.
- Schlüchter, Ch. & Jorin, U. 2004: Les Alpes sans glaciers? Le bois et la tourbe: des indicateurs de climat. Les Alpes 6, 34 – 47.