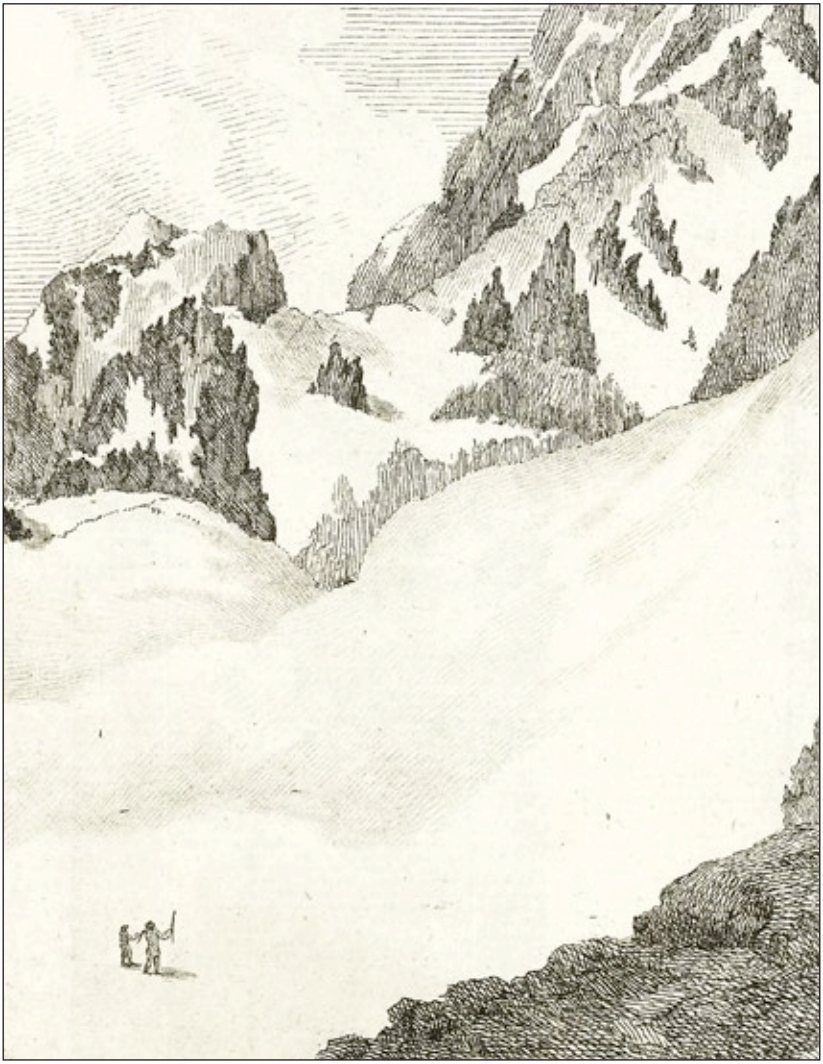
MUSÉE D'HISTOIRE DES SCIENCES
GENÈVE

Les petits carnets du Musée d'histoire des sciences n° 1

Sous le ciel du Mont-Blanc



Une institution Ville de Genève

www.museum-geneve.ch

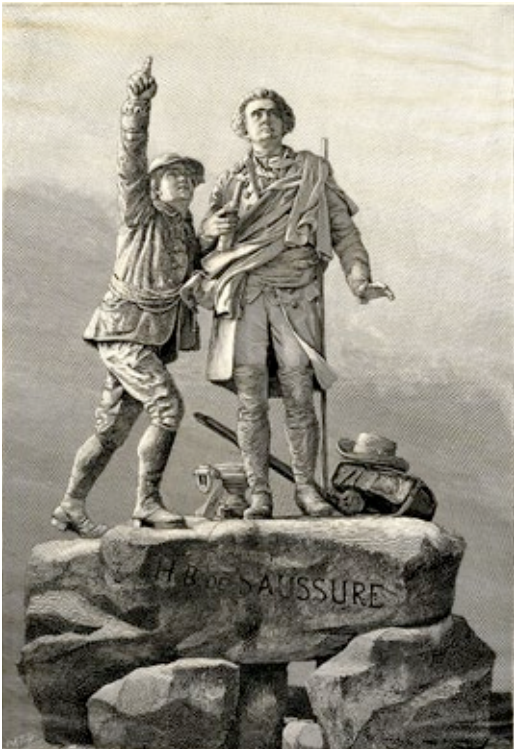
VILLE DE GENÈVE

Conception et rédaction : Stéphane Fischer, Musée d'histoire des sciences
Mise en page et relecture : Corinne Charvet, Muséum d'histoire naturelle
Impression : Centrale municipale d'achat et d'impression, Ville de Genève
©MHS février 2009, réédition 2020
ISSN 2673-6586

Couverture : *Horace-Bénédict de Saussure et son fils Nicolas-Théodore se livrant à des expériences scientifiques durant leur séjour au Col du Géant.*
Horace-Bénédict de Saussure, Voyages dans les Alpes, *Genève, Neuchâtel, 1779-1796*
Bibliothèque de Genève

Le séjour de Saussure au col du Géant en juillet 1788 : une campagne scientifique de quinze jours en haute montagne

Auteur de l'une des premières ascensions du Mont-Blanc (4887 m) en 1787, le naturaliste genevois Horace-Benedict de Saussure (1740-1799) est souvent perçu comme un des pères fondateurs de l'alpinisme moderne. A Chamonix, une statue érigée en 1887 à l'occasion des cent ans de son épopée victorieuse le représente accompagné de son guide qui pointe du doigt le haut sommet. Il est vrai que ses *Voyages dans les Alpes,* dans lesquels il relate son expédition au Mont-Blanc, ont constitué une formidable publicité pour la vallée de Chamonix.



Statue de H.-B. de Saussure et de son guide Jacques Balmat à Chamonix, érigée en 1887 à l'occasion du centenaire de leur ascension victorieuse du Mont-Blanc.
CIG / Bibiliothèque de Genève

On en oublierait presque que le Mont-Blanc ne constituait pour Saussure qu'une étape supplémentaire dans la quête qu'il a menée pendant plus de vingt ans dans les montagnes européennes pour mieux comprendre la nature qui l'entoure et pour tenter de trouver une explication géologique aux origines de la Terre.

Un an après son ascension au Mont-Blanc, Saussure poursuit ses investigations dans le massif alpin en réalisant une autre performance : l'établissement d'un observatoire atmosphérique et météorologique en très haute altitude. En compagnie de son fils Nicolas-Théodore (1767-1845) et de quelques guides et porteurs, il s'installe durant deux semaines au col du Géant, au-dessus de Chamonix à près de 3300 m d'altitude, pour une campagne continue d'observations atmosphériques et météorologiques. « Il m'a paru intéressant de travailler à remplir cette espèce de lacune dans

La montée au col du Géant par les Saussure et leurs guides en juillet 1788.
L'Evêque Henri, Genève, vers 1790
CIG / Bibliothèque de Genève

l'ordre de nos connaissances atmosphériques, en faisant sur une cime élevée un séjour assez long pour déterminer la marche journalière du baromètre, du thermomètre, de l'hygromètre, etc., d'épier les occasions, d'observer là l'origine des différents météores tels que les pluies, les vents et les orages », explique Saussure dans les pages qu'il consacre à son séjour au col du Géant. Frustré par le manque de temps passé au sommet du Mont-Blanc ainsi que par le mal des montagnes qui l'empêchait de pratiquer certaines mesures, le naturaliste genevois a le projet de répéter à nouveau diverses expériences en haute montagne dans de meilleures conditions.

Chute dans une crevasse

L'emplacement au col du Géant lui est indiqué par son ami Charles-François Exchaquet (1746-1792), ingénieur d'origine vaudoise, directeur des mines de Servoz et grand connaisseur de la région du Mont-Blanc. Le col est situé sur une nouvelle voie de passage alpine qui relie durant l'été Chamonix à Courmayeur. Une année après son ascension victorieuse du Mont-Blanc, Saussure, accompagné de son fils, retourne à Chamonix en juin 1788 pour mettre en route sa nouvelle expédition. Il prépare son matériel, recrute des guides et envoie certains d'entre eux construire une cabane en pierre au col du Géant qui devra servir de laboratoire de terrain. Le départ est fixé au 1er juillet 1788. La caravane campe une première nuit au Tacul. Durant le second jour, un guide, qui porte le matelas de Saussure, chute dans une crevasse. Heureusement, il est retenu par un bloc de neige à 10 m de profondeur. Ses collègues parviennent à le remonter sain et sauf à la surface.

Parvenu à destination, Saussure ne peut masquer sa déception. La cabane qu'il avait commandée est trop petite. Impossible de s'y tenir debout. De plus, les pierres disjointes des murs ont laissé entrer des paquets de neige. Les tentes sont dressées sur une zone de roche plane entourée par des glaciers et bordée de rochers si raides que l'on pourrait presque les qualifier de « précipices », ajoute Saussure qui souligne avec philosophie que « pour une habitation de plusieurs jours, cet emplacement ne présentait pas une perspective agréable, mais pour un belvédère, la situation était vraiment magnifique ».

La caravane de porteurs retourne le jour même à Chamonix, à l'exception du domestique personnel de Saussure et de quatre guides qui doivent assister les deux Genevois dans leurs mesures. Ils sont également chargés du ravitaillement en nourriture et en charbon à Courmayeur.

La première journée est consacrée à l'installation du matériel et à la mise en fonction des instruments. En déballant ses deux baromètres, Saussure constate que les robinets qui bloquaient le mercure dans la cuvette durant le transport ne sont pas restés étanches. Le liège qui sert de joint s'est contracté à cause du temps sec, laissant fuir le mercure. Heureusement, il parvient tant bien que mal à réparer l'un deux en l'entourant d'un linge mouillé pour humidifier et faire gonfler le liège à nouveau.
Le magnétomètre et la boussole de déclinaison sont installés sur des piédestaux en pierre pendant que Saussure fils trace une méridienne sur un plateau pour servir de référence à la boussole de déclinaison.

Le campement dans l'orage

Durant la seconde nuit, le campement est frappé par un orage très violent. Réfugiés dans la cabane en pierre, Saussure subit les assauts du vent qui s'engouffre à travers les fissures des murs. Sous son matelas, il sent la montagne qui s'ébranle. Au petit matin, transis de froid, ils se réfugient dans les tentes. Les guides sont obligés de soutenir continuellement les piquets des tentes pour que celles-ci ne s'envolent pas avec le vent. L'orage et la grêle reprennent de plus belle. La foudre ne tombe pas loin de la tente. « L'air était tellement rempli d'électricité, que dès que je laissais sortir hors de la tente seulement la pointe du conducteur de

Maniement de l'électromètre
Horace-Bénédict de Saussure, Voyages dans les Alpes, *Genève, Neuchâtel, 1796-1803*
Bibliothèque du Musée d'histoire des sciences

mon électromètre, les boules divergeaient autant que les fils pouvaient le permettre ; et presqu'à chaque explosion du tonnerre, l'électricité devenait de positive à négative », écrit Saussure.

Après cette nuit dantesque, le reste du séjour se déroule dans de relativement bonnes conditions météorologiques, à part un vent froid qui se lève le soir et fait beaucoup souffrir l'équipe. Les deux naturalistes entament alors une série de mesures ininterrompues de deux heures en deux heures jusqu'à la fin de leur séjour. Le fils se réveille vers les 4h du matin pour commencer les mesures. Saussure prend le relai à 7h. Les deux hommes poursuivent leurs observations et leurs expériences jusqu'à minuit.
Très occupés, les deux savants ne voient pas le temps passer, jusqu'à la dernière soirée du 16 juillet où Saussure se laisse aller à la contemplation. Le vent froid qui soufflait sur le campement de manière presque continue avait enfin cessé. « Il semblait que ces hautes sommités voulaient que nous ne les quittassions pas sans regret », écrit Saussure qui poursuit, lyrique : « L'air autour de nous avait cette pureté et cette limpidité parfaite qu'Homère attribue à celui de l'Olympe ».

Le campement au col du Géant
Horace-Bénédict de Saussure, Voyages dans les Alpes, *Genève, Neuchâtel, 1796-1803*
Bibliothèque du Musée d'histoire des sciences

La nuit qui suit est encore plus belle. « La lune versait les flots de sa lumière argentée sur la vaste enceinte des neiges et des rochers qui entouraient la cabane… Quel moment pour la méditation ! De combien de peines et de privations de semblables moments ne dédommagent-ils pas ! L'âme s'élève, les vues de l'esprit semblent s'agrandir, et au milieu de ce majestueux silence, on croit entendre la voix de la Nature, et devenir le confident de ses opérations les plus secrètes. »

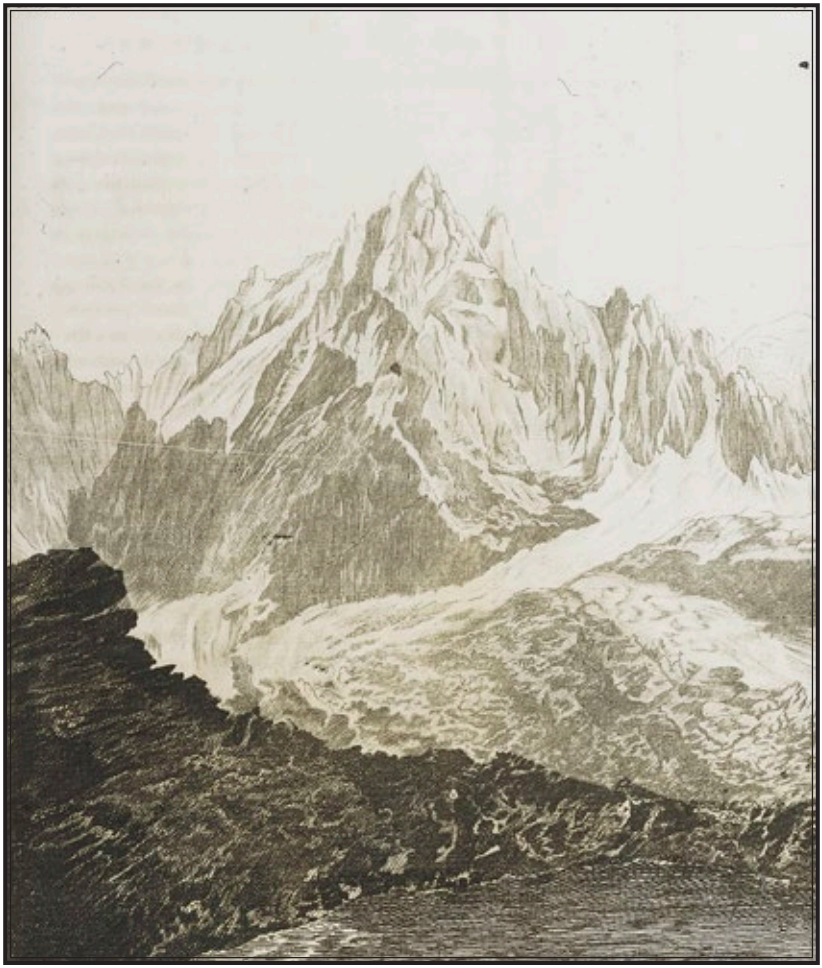
Le lendemain, le campement est levé. Saussure et ses guides retournent à Courmayeur. En redescendant en plaine, Saussure souffre de la chaleur et de la… faim. En effet, la caravane n'a plus rien à se mettre sous la dent. Les provisions ont disparu. Saussure soupçonne ses guides de les avoir volées, moins pour en profiter que pour contraindre les Saussure à redescendre dans la vallée. « Ils s'ennuyaient mortellement sur le col du Géant et notre admiration pour la dernière soirée, quelques regrets qu'avait témoignés mon fils, leur avait fait craindre que nous voulussions prolonger notre séjour ».
Après un jour de repos à Courmayeur, les Saussure retournent à Chamonix via le col Ferret et Martigny. Après s'être livrés à quelques expériences comparatives, ils rentrent à Genève à la fin juillet 1788.

La montagne, laboratoire naturel de Saussure

C'est en géologue que Saussure a toujours arpenté les Alpes, à la recherche de massifs granitiques, de failles, de plissements de roches qui pourraient lui servir d'indices pour reconstituer l'histoire de la Terre. Les hautes montagnes sont un lieu idéal qui « présentent au grand jour des coupes naturelles d'une très grande étendue où l'on observe avec la plus grande clarté, et où l'on embrasse d'un coup d'œil, l'ordre, la situation, la direction, l'épaisseur et même la nature des assises dont elles sont composées », explique Saussure dans son discours préliminaire à ses *Voyages dans les Alpes*.
Cette quête à la recherche des origines du monde ne l'a pas empêché d'aborder les Alpes dans une approche multidisciplinaire. Géologue, Saussure est aussi géographe, botaniste météorologue, chimiste et physicien. Il a fait du massif alpin un véritable laboratoire naturel de mesures et d'expériences pour lesquelles il invente des instruments spécialement adaptés à ses besoins : hygromètre, cyanomètre, électromètre, magnétomètre, etc.

Dans le cadre de ses recherches atmosphériques et météorologiques, il est un des premiers savants à avoir mené des mesures comparatives à différentes altitudes : Méditerranée, Genève (360 m), Chamonix (1300 m), col du Géant (3300 m) et Mont-Blanc (4807 m).

Cette méthodologie comparative et cette approche multidisciplinaire seront reprises par le célèbre explorateur Alexander Von Humboldt (1769-1859) lors de son expédition en Amérique du Sud et dans les Andes au tout début du 19e siècle. Le géographe et naturaliste allemand avait d'ailleurs emporté dans ses bagages un cyanomètre et un hygromètre de Saussure.

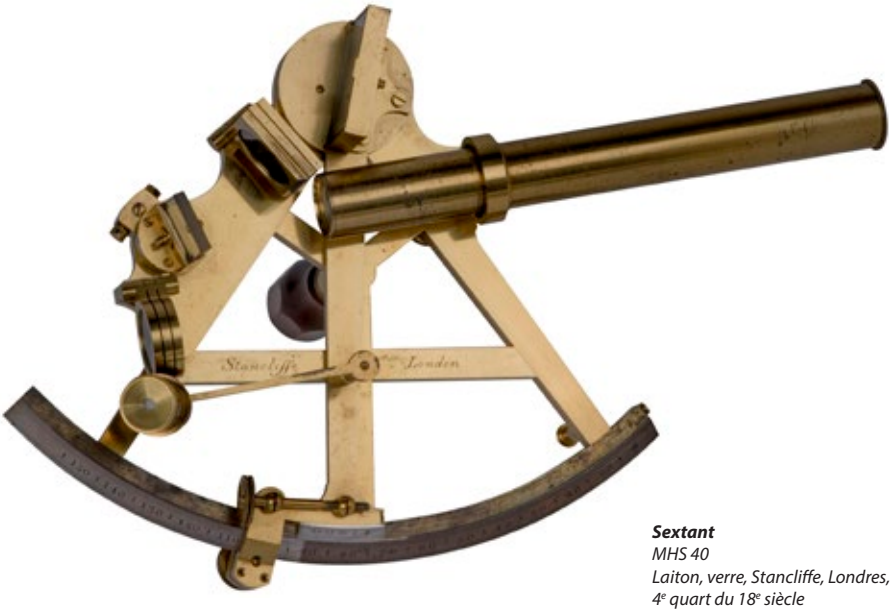


L'aiguille du Midi
Horace-Bénédict de Saussure, Bourrit, Voyage dans les Alpes, *t.2, Fauche, Neuchâtel, 1803*
Bibliothèque du Musée d'histoire des sciences

Exemples de quelques mesures et observations menées par Saussure et son fils au col du Géant.

Altitude et position

Saussure raconte que son fils a relevé par deux fois la hauteur méridienne (passage au méridien du lieu) pour déterminer leur latitude, sans préciser toutefois quel instrument il avait utilisé. Nicolas-Théodore de Saussure a certainement employé un sextant – un instrument de réflexion en vogue à l'époque – et un miroir comme horizon artificiel. Pour la longitude, les mesures ont été plus compliquées. La montre (calée sur l'heure de Genève ?) qu'ils prévoyaient d'utiliser étant tombée en panne, les Saussure ont été obligés de déterminer leur position par triangulation à partir d'objets de référence (la cime du Mont-Blanc, le Prieuré de Chamonix, la cime de l'aiguille du Géant et le village de Courmayeur).



Sextant
MHS 40
Laiton, verre, Stancliffe, Londres, 4e quart du 18e siècle

Quant à l'altitude, elle est tout d'abord calculée par triangulation par la mesure de la hauteur de l'aiguille du Midi, visible à la fois depuis le campement au col du Géant et depuis Chamonix (mesures prises à leur retour). Les résultats donnent une hauteur de 1763 toises au-dessus de la Méditerranée, soit 3437,85 m. Cette mesure devait servir de référence aux mesures de hauteur barométriques établies selon la formule de Trembley (3406 m) et celle de De Luc (3350 m).

Cercle entier
MHS 102
Laiton, verre, Hurter, Londres, 2e moitié du 18e siècle

Botanique et zoologie

Trente ans plus tôt, au début de sa carrière, Saussure avait découvert la vallée de Chamonix en tant que botaniste, envoyé par le médecin bernois Albert de Haller (1708-1777) qui souhaitait réaliser un inventaire de la flore alpine suisse. Durant son séjour au col du Géant, la botanique n'intéresse presque plus Saussure. C'est tout juste s'il mentionne brièvement la présence autour du campement de « petites fleurs blanches et purpurines extrêmement jolies » nommées *Aretia helvetica L.* (ou androsace de Suisse).

Androsace de Suisse
Wikipedia

Il procède tout de même à des collectes de lichen sur les rochers pour les faire examiner par un certain M. Daval, « gentilhomme anglais établi à Orbe et amateur passionné de l'étude des plantes ». Ce dernier a envoyé les échantillons à Londres auprès d'un botaniste réputé qui a identifié deux nouvelles espèces.

Quant à la zoologie, les observations sont encore plus lacunaires. Le seul animal qui semble résider de manière constante sur le col du Géant est une araignée toute noire. Saussure souligne la visite de trois chamois de passage ainsi que trois espèces d'oiseaux : un pic de muraille, un moineau des neiges et des choucas dont les vols égayaient un peu leur sauvage solitude.

Géologie

L'examen minéralogique des environs du col de Géant ne révèle aucune surprise. Comme au Mont-Blanc, les roches sont presque entièrement constituées de granit, gneiss, schistes. Saussure ramène quelques échantillons en plaine qu'il soumet à l'action du chalumeau pour voir comment ils se transforment par de fortes températures ou à des tests de dureté en les rayant avec une pointe en acier. Le savant mentionne la présence d'une roche calcaire gris bleuâtre découverte en redescendant du col du Géant à Courmayeur, qui se dissout avec « vive effervescence en dans l'acide nitreux ».

Enfin, Saussure ne manque pas d'être impressionné par le spectacle géologique que lui offre le Mont-Blanc depuis le col du Géant, notamment par ses diverses couches verticales de granit dont il est composé. « On voit jusque sous la cime les coupes des tranches verticales de granit dont cette masse énorme est composée… Ces couches se répètent jusqu'au pied méridional du Mont-Blanc, qui repose sur l'Allée blanche ; mais comme je l'ai observé ailleurs, ces couches deviennent graduellement moins inclinées à mesure qu'elles s'éloignent du milieu de l'épaisseur de la montagne. On peut les comparer à des planches appuyées contre un mur, auxquelles on donne plus de pied à mesure qu'elles en sont plus éloignées ». Saussure avait été un des premiers à évoquer l'hypothèse de « refoulements horizontaux en sens contraires » pour expliquer la formation des couches verticales dans les Alpes.

Echantillon de la collection de minéraux de Saussure
Muséum d'histoire naturelle de Genève

Relevés barométriques

Malgré la panne d'un baromètre, Saussure parvient à effectuer 85 mesures barométriques durant son séjour en haute montagne. Il utilise ces mesures non seulement pour calculer la hauteur du campement, mais aussi pour effectuer des comparaisons avec deux autres stations de mesures, Chamonix et Genève, où deux de ses collègues procèdent à des relevés similaires.

En comparant les mesures, Saussure constate qu'au col du Géant, le baromètre est au plus bas le matin, avant de grimper jusqu'à 14 h, de redescendre un peu jusqu'à 16 h et de grimper à nouveau. A Genève et à Chamonix, c'est le contraire : le baromètre est plus haut le matin avant de descendre jusqu'à 16 h où il est au plus bas, puis de s'élever à nouveau. Saussure explique justement ce phénomène par le fait que le réchauffement diurne (provoqué par le Soleil) dilate l'air de la plaine (d'où une baisse barométrique) qui s'élève jusqu'en altitude en y entraînant une hausse barométrique.

Baromètre portatif
MHS 967
Bois, verre, laiton, Paul, Genève, 1763

Table des variations moyennes du barometre pendant le jour.

Heures du jour.	VIII. h. m.	X.	XII.	II h. f.	IV.	VI.	VIII.	Moyenne.
Col du Géant.	0,000.	1,609	2,551.	3,473.	2,494	2,773.	4,087.	2,427.
Chamouni.	6,972.	5,607.	3,008.	1,214.	0,000	2,493.	6,586	3,696.
Geneve.	5,343.	4,693.	3,222.	1,308.	0,000.	1,050.	3,736.	2,765.

Relevés barométriques comparatifs
Horace-Bénédict de Saussure, Voyages dans les Alpes, *Genève, Neuchâtel, 1796-1803*
Bibliothèque du Musée d'histoire des sciences

Thermomètres, température de l'air et de la neige

Comme pour le baromètre, Saussure se livre à de nombreux relevés thermométriques de l'air qu'il compare avec ceux de Chamonix et de Genève. Les températures moyennes mesurées (à l'ombre) au col du Géant sont de 4,5 °C, à Chamonix de 21,61 °C et à Genève de 24,98 °C.

Au col du Géant, les températures sont relevées toutes les deux heures avec deux thermomètres à alcool étalonnés en degrés Réaumur. Les résultats obtenus montrent que le moment le plus froid de la journée se situe, en montagne comme en plaine, juste avant le lever du Soleil. La chaleur maximale se situe quant à elle autour de 14 h au col du Géant et à Genève, mais vers midi à Chamonix, à cause de la réverbération thermique sur le flanc des montagnes, explique Saussure. Les mesures thermométriques indiquent aussi que le Soleil réchauffe moins en montagne qu'en plaine, ce qui paraît être une évidence aujourd'hui, mais qui ne l'était pas au temps de Saussure à cause de la méconnaissance des conditions climatiques en haute montagne. Ses mesures indiquent également une diminution de l'amplitude thermique diurne en été avec l'altitude. La différence de température entre le moment le plus froid et le plus chaud de la journée est de 4,257 °R (5,32 °C) au col du Géant, de 10,092 °R (12,615 °C) à Chamonix et de 11,035 °R (13,794 °C) à Genève. Enfin, sur la base de ces précédentes observations et mesures, Saussure en déduit qu'en été la température en montagne décroît de 1 °R (1,25 °C) toutes les 100 toises (195 m) d'altitude. Ce qui correspond parfaitement au gradient thermique admis aujourd'hui qui est de 0,6 °C par 100 m (jusqu'à 10'000 m).

Thermomètre à alcool
MHS 185
Verre, Paul, Genève, 4e quart du 18e siècle

Table des hauteurs moyennes du thermometre de R. à différentes heures.

Heures	Min.	II.h m	IV.	VI.	VIII.	X.	Midi.	II h. f.	IV.	VI.	VIII.	X.	Moy.
Col du Géant.	0 821	0,639	0,457	1,936	2,886	3,743	4,507	4,714	3,729	2,364	1,386	1,107	2,021
Chamouni.	11,186	10,307	9,444	10,186	14,786	17,450	19,536	19,064	17,921	15,979	14,907	12,986	14,363
Genev.	14,886	13,379	11,929	14,321	16,371	18,807	20,807	21,964	20,743	19,486	18,236	16,481	17,285

Relevés thermométriques comparatifs
Horace-Bénédict de Saussure, Voyages dans les Alpes, *Genève, Neuchâtel, 1796-1803*
Bibliothèque du Musée d'histoire des sciences

Saussure se penche encore sur la méthodologie des relevés de température de l'air en altitude, facteur très important qui entre dans la formule permettant de calculer la hauteur d'un lieu d'après la pression barométrique. En comparant plusieurs séries de mesures réalisées à l'ombre et au soleil, Saussure est convaincu qu'un thermomètre exposé au soleil en altitude se réchauffe moins par la chaleur de l'air que par l'action directe des rayons solaires. Les mesures thermométriques entrant dans la correction des relevés barométriques doivent donc être prises à l'ombre.

Saussure effectue des mesures de température des neiges environnantes. Après avoir effectué différents sondages à des profondeurs différentes, il est persuadé que la neige ne gèle qu'en surface et que la croûte glacée n'excède pas 3 m de profondeur. Au-delà de cette profondeur, la neige demeure tendre. Ce qui confirme ce qu'il avait déjà avancé, à savoir que le fond des calottes neigeuses des hautes cimes est chargé de neige et non de glace. Mais il peut y avoir de la glace sur les bords des escarpements et des crevasses où l'air peut pénétrer. « J'en ai vu la preuve en allant au Mont-Blanc. Les neiges épaisses qui reposent sur des pentes médiocrement rapides contractent des fentes qui se coupent à angle droit et qui divisent les neiges en de grands blocs de forme rectangulaire. Souvent ces blocs sont si réguliers qu'on les dirait taillés au ciseau. Les gens de Chamonix les nomment alors des sérés ou séracs, du nom d'une espèce de fromage compact, que l'on retire du petit lait (sérum), auquel on donne aussi une forme rectangulaire ».

Evaporation de l'air

Dans son *Essai sur l'hygrométrie*, ouvrage de référence en matière d'hygrométrie paru en 1783, Saussure avait démontré en laboratoire que dans de l'air raréfié, l'eau s'évapore à une température plus basse qu'à pression ambiante. Au sommet du Mont-Blanc, il était parvenu à vérifier expérimentalement que l'eau bout à 85 °C au lieu des 100 °C comme c'est le cas au bord de la mer.

Au col du Géant, il se livre à de nouvelles expériences hygrométriques visant cette fois-ci à comparer l'évaporation en montagne avec celle de la plaine à des conditions atmosphériques normales. A l'abri du vent dans une tente, il tend une petite toile à un cadre et attache le tout au fléau d'une balance. Après avoir humecté la toile avec une éponge et noté son poids initial, il pèse la toile à intervalles de temps régulier pour connaître la quantité d'eau évaporée. En parallèle, il relève la température et l'humidité ambiante. Il observe qu'en montagne, une légère augmentation de la température exerce plus d'influence sur l'évaporation qu'une hausse de la sécheresse, alors qu'en plaine c'est le contraire qui se produit.

Dans le cadre de ses mesures hygrométriques, Saussure se livre aussi à des manipulations plus intrigantes. Désireux de quantifier le froid résultant d'une évaporation rapide, Saussure place la boule d'un thermomètre au cœur d'un linge mouillé, le relie avec une ficelle et fait tourner le tout dans l'air à grande vitesse jusqu'à ce que le thermomètre indique la température la plus basse. Saussure ne parvient pas à distinguer qui de la température ou de la sécheresse de l'air ambiant joue un rôle prédominant dans le refroidissement du thermomètre.

Hygromètre et humidité de l'air

Au cours de ses précédentes expéditions, Saussure avait déjà mené des investigations approfondies sur l'évolution comparée de l'humidité atmosphérique en plaine et en montagne. Il avait notamment montré qu'en plaine, l'humidité est minimale à midi à cause de l'augmentation de la température et maximale en altitude à cause de « l'ascension des vapeurs soulevées par leur propre légèreté et les vents verticaux produits par le Soleil ». Durant son séjour au col du Géant, il poursuit ses relevés hygrométriques et observe que pendant les nuits de beau temps, l'hygrométrie de l'air est moins élevée que pendant la journée. « On voyait dans la soirée les vapeurs et les exhalaisons, tant humides que sèches, se condenser et descendre, à mesure que la chaleur du Soleil cessait de les tenir soulevées dans les hautes régions de l'air. Elles s'abaissaient d'abord et produisait en passant la rosée ou l'humidité du soir, ensuite elles continuaient à descendre et à s'entasser dans le fond des vallées, et pendant ce temps, l'air que l'on respirait s'épurait et se desséchait de plus en plus, comme je l'avais déjà observé en haute montagne ».

Quant à l'humidité totale de l'air, Saussure confirme ce qu'il avait déjà observé lors de son ascension au Mont-Blanc, à savoir qu'elle est beaucoup moins élevée en montagne qu'en plaine.

Hygromètre à cheveu
MHS 153
Laiton, Paul, Genève, 4e quart du 18e siècle

Eudiomètre et teneur en oxygène

Durant son séjour en haute altitude, Nicolas-Théodore de Saussure en profite aussi pour procéder à des mesures de « salubrité de l'air », autrement dit à quantifier sa teneur en oxygène. Inspirée d'un procédé mis au point par le chimiste écossais Joseph Priestley (1733-1804) en 1772, l'analyse consiste à mesurer la fraction contenue dans l'air en mélangeant un échantillon d'air environnant avec de l'air nitreux (monoxyde d'azote NO). Le mélange des deux gaz aboutit à la formation de vapeurs rutilantes avec contraction du volume total. Plus l'échantillon d'air contient de l'oxygène, plus la contraction est grande. Pour réaliser cette expérience, Saussure répète un protocole expérimental mis au point quelques années plus tôt lors de mesures similaires réalisées au sommet du Buet. Au lieu de se doter d'un appareillage de laboratoire en verre très fragile, il recourt à un matériel beaucoup plus rudimentaire, mais qui a l'avantage d'être solide. L'air nitreux et l'air ambiant sont introduits à l'aide d'un entonnoir dans

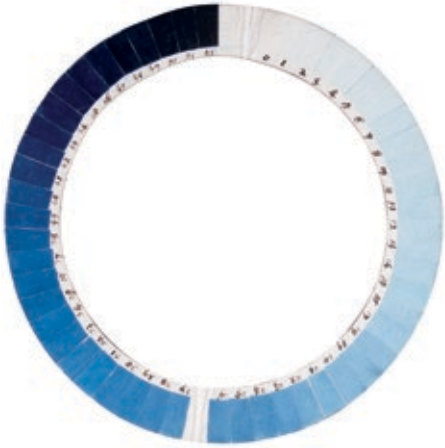
Boîte de réactifs pour expériences en montagne
MHS 11
Bois, verre, 18e siècle

une petite fiole en verre renversée dans un seau rempli d'eau. Suite à la contraction des gaz, de l'eau s'introduit dans le flacon en verre. La mesure du poids de cette eau donne une indication directe sur le volume d'oxygène présent dans l'échantillon d'air analysé. Les résultats montrent que l'air de Genève et celui de Chamonix contiennent plus d'oxygène que celui du col du Géant.

Les Saussure répètent aussi l'expérience, déjà menée au sommet du Mont-Blanc, visant à vérifier chimiquement la présence de gaz carbonique dans l'atmosphère avec de l'eau de chaux. Cette dernière, diluée avec de l'eau distillée, est versée dans un récipient et mise au contact de l'air ambiant. Au bout de quelques heures, l'eau de chaux, initialement transparente, est recouverte d'une fine pellicule indiquant la présence de gaz carbonique atmosphérique. Vue l'absence de végétation, de feu ou de fermentation à cette altitude, Saussure en avait déduit que ce gaz n'est pas produit en haute montagne, mais qu'il provient des vallées et des plaines.

Le cyanomètre ou la mesure de la couleur bleue du ciel

Pour Saussure, la mesure du bleu du ciel est une indication météorologique très importante qui permet de quantifier la quantité de vapeurs opaques ou d'exhalaisons suspendues dans l'air. Selon lui, un air parfaitement transparent et entièrement dépourvu de ses vapeurs opaques serait noir. Mais l'air n'est jamais parfaitement transparent. Il contient des éléments en dissolution qui lui sont propres, qui réfléchissent en particulier la lumière bleue et qui sont responsables de la couleur bleue du ciel. Plus l'air est pur, plus la masse de cet air est profonde, et plus la couleur bleue paraît foncée. Mais les vapeurs opaques et les exhalaisons qui s'y mêlent – celles qui ne sont pas dissoutes – réfléchissent des couleurs différentes. Ce sont ces couleurs mêlées avec le bleu naturel de l'air qui produiraient toutes les nuances colorées entre le bleu le plus foncé (ciel pur) et le gris ou le blanc (ciel chargé en vapeurs). Si le ciel paraît plus pâle à l'horizon qu'au zénith, c'est que les vapeurs y sont plus abondantes. L'explication est un peu simpliste. Saussure ignorait tout à l'époque des mécanismes de diffusion de la lumière par les molécules et les aérosols de l'atmosphère qui ne seront découverts que durant la seconde moitié du 19e siècle.



Cyanomètre circulaire
Papier, carton, Saussure, 4e quart du 18e siècle
Bibliothèque de Genève

Saussure emporte avec lui au col du Géant un nouveau type de cyanomètre circulaire à 52 nuances colorées (du blanc au noir) bien plus perfectionné que le modèle rectangulaire à 16 tons qu'il avait utilisé au Mont-Blanc. Il laisse deux autres modèles similaires à ses collègues demeurés à Chamonix et à Genève pour mener des mesures comparatives. Selon son nouvel instrument, le bleu du col du Géant correspond au degré 37, celui de Chamonix au 27, celui de Genève au 26,5 alors que celui du Mont-Blanc observé une année plus tôt valait 39.

Les observations révèlent que, tôt le matin, l'air du col du Géant contient autant de vapeurs qu'en plaine. Mais en cours de journée, il surpasse de loin l'air de plaine et de Chamonix par la profondeur de son bleu. Saussure attribue la cause de ce phénomène à l'évaporation par les rayons du Soleil des vapeurs opaques qui se sont élevées en altitude et qui se retrouvent dans l'air moins dense des hautes montagnes.

Saussure tente également de refaire une mesure de la transparence de l'air qu'il avait dû renoncer à mener au Mont-Blanc à cause du mal des montagnes. Pour Saussure, la transparence de l'air est une des raisons pour lesquelles l'air des montagnes est froid, car les rayons du Soleil ne peuvent le réchauffer. Pour mesurer cette transparence, il utilise un diaphanomètre de son invention – une espèce de mire en carton sur laquelle est dessinée une suite de cercles noirs concentriques. La mesure consiste à déterminer la distance à partir de laquelle les cercles noirs cessent d'être distinguables les uns des autres. Saussure et son fils tentent l'expérience dans un champ de neige de 400 m de long. L'échec est complet. Les deux hommes s'enfoncent dans la neige profonde et sont horriblement éblouis par la réflexion des rayons du Soleil sur la neige.

Boussole de déclinaison et variation magnétique

Durant son séjour au col du Géant, Saussure s'intéresse au magnétisme, et en particulier aux variations diurnes de la déclinaison magnétique (l'angle entre le Nord magnétique et le Nord géographique), un sujet qui intriguait passablement de naturalistes à cette époque. Pour cela, il emporte avec lui une boussole de déclinaison qu'il avait achetée en Angleterre et qu'il avait spécialement préparée pour ces mesures. Pour rendre l'instrument plus sensible, il suspend l'aiguille magnétique au bout d'un fil plutôt que de la laisser reposer sur son pivot.
A leur arrivée au col du Géant, Nicolas-Théodore Saussure trace une méridienne pour obtenir le Nord géographique et caler leur boussole qui indique une déclinaison magnétique de 19°.

Boussole de déclinaison
MHS 16
Acier, bois, laiton, Adams, Londres, 3e quart du 18e siècle

Magnétomètre
MHS 108
Bois, acier, laiton, Paul, Genève, 4e quart du 18e siècle

Après avoir installé la boussole sur un support en pierre à l'intérieur d'une tente, Saussure observe les variations de la déclinaison magnétique pendant neuf jours en continu. Il constate que l'aiguille dévie quotidiennement à l'ouest jusque vers les 14 h avant de revenir progressivement à l'est. Les mesures réalisées à Chamonix et à Genève indiquent le même phénomène. Saussure suggère que ces variations pourraient provenir de « l'action d'une matière fluide, susceptible de grandes ondulations. Cette matière, sans être le fluide magnétique, a pourtant sur ce fluide une certaine influence et elle est elle-même soumise à l'action du calorique ou de la lumière ».

Saussure précise encore que les observations réalisées par d'autres savants ont prouvé que les variations diurnes ont un rapport constant, soit avec les heures du jour, soit avec les saisons, rapport qui paraît dépendre du « calorique » ou de la lumière, ou du « balancement général des vapeurs ou des exhalaisons », plutôt que de la gravitation. On sait aujourd'hui que ces variations journalières sont provoquées par le rayonnement électromagnétique du Soleil sur la face exposée de la Terre. Les interactions entre le vent solaire et les hautes régions de l'atmosphère engendrent des variations périodiques de 24 h du champ magnétique externe de la Terre. Saussure tente en vain de mettre en évidence ces variations magnétiques avec un magnétomètre, un instrument qu'il a inventé pour mesurer la force attractive d'un aimant. Il parvient tout de même à établir, grâce à cet appareil, que la force attractive d'un aimant diminue avec le froid et augmente avec la chaleur.

Physiologie et mal des montagnes

Saussure profite aussi de ce long séjour en haute montagne pour se livrer à quelques expériences physiologiques pour tenter de mieux cerner les effets de l'air raréfié sur le corps humain. Sur la base d'un protocole fourni par un médecin, il procède à de régulières observations sur sa personne : température, pouls, quantité d'urine excrétée, nombre d'inspirations et expirations.

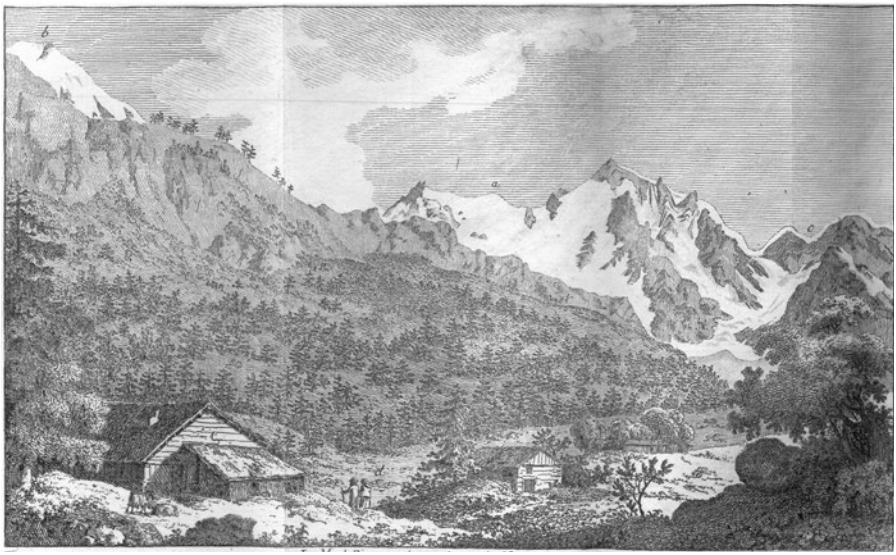
Saussure décrit minutieusement les sensations ressenties en arrivant au col du Géant. Les essoufflements, la difficulté à soutenir des effets physiques répétés. Il mentionne aussi que l'altitude les rendait plus irritables, plus impatients et même sujets à des mouvements de colère. « La faim paraissait plus impérieuse ; mais nous étions aussi plus faciles à rassasier et mes digestions paraissaient se faire plus promptement qu'en plaine ». Par contre, durant leurs travaux et leurs observations, ils avaient « l'esprit sensiblement plus libre, plus actifs et moins facile à fatiguer, je dirai même plus inventif que dans la plaine », souligne Saussure.

Le col du Théodule

Après son campement au col du Géant, Saussure entreprend encore deux autres expéditions dans les Alpes, à chaque fois accompagné par son fils aîné. La première se déroule durant l'été 1789 autour du Mont-Rose, une montagne que Saussure n'avait vue jusqu'ici que de loin et qu'il souhaitait mieux connaître. Durant près de trois semaines, les Saussure, accompagnés de leurs guides chamoniards et de mulets pour porter les bagages et le matériel scientifique, voyagent autour de ce massif montagneux à la frontière entre le Valais et l'Italie. Leur itinéraire passe par le Valais, le col du Simplon, les hauteurs du val Anzasca dans le Piémont, Breuil, Zermatt et finalement Viège. Durant la partie italienne de leur expédition, Saussure et son fils prennent le temps de visiter plusieurs mines d'or et de cuivre.

Comme il l'avait déjà montré au cours de précédents voyages, il s'intéresse aux habitants de ces vallées reculées qui parlent allemand, français et italien. Il est impressionné par la force physique des femmes qui remplacent les hommes, expatriés dans les villes, aux travaux des champs. La caravane séjourne pendant 11 jours dans une auberge à Macugnaga, au fond du val Anzasca sur les flancs sud du Mont-Rose. Saussure constate, étonné, que le massif du Mont-Rose est constitué presque entièrement de couches géologiques horizontales et non verticales comme c'est le cas au Mont-Blanc. Il en profite pour mesurer la hauteur de la montagne, ou plutôt de celles de ses sommets les plus élevés, par trigonométrie et barométrie. Il trouve une hauteur de 4738,5 m (contre 4634 m actuels) pour la pointe Dufour et de 4676,1 m (4612 m actuels) pour le Nordend. Nicolas-Théodore procède à plusieurs mesures de densité de l'air en pesant à différentes altitudes un ballon en verre rempli d'air. Les résultats indiquent que les variations observées sont proportionnelles à celles de la pression atmosphérique indiquées par le baromètre.

De vallée en vallée, Saussure et son équipe parviennent dans le Val d'Aoste, puis remontent la vallée de Valtournenche jusqu'à Breuil avant d'emprunter le col du Théodule à plus de 3300 m pour gagner Zermatt et Viège. Durant la montée au col, les mulets s'enfoncent dans la neige molle, obligeant les guides à porter les charges à leur place. Arrivé au col, où subsiste une fortification militaire, Saussure jouit d'une vue superbe sur les montagnes



Le massif du Mont-Rose vu depuis les environs de Macugnaga (Piémont italien)
Horace-Bénédict de Saussure, Voyages dans les Alpes, *Genève, Neuchâtel, 1796-1803*
Bibliothèque du Musée d'histoire des sciences

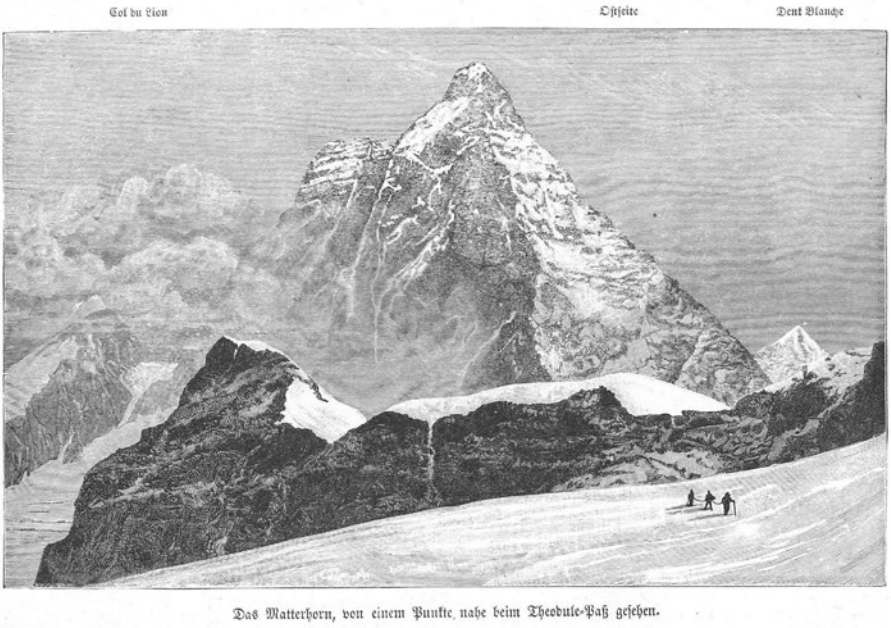
environnantes et surtout sur le Cervin « qui s'élève à une hauteur énorme sous la forme d'un obélisque triangulaire d'un roc vif et qui semble taillé au ciseau ». Il avoue que « si j'avais connu ce poste d'un accès si facile, en comparaison du col du Géant, beaucoup moins éloigné des lieux habités et qui n'est que de 27 toises moins haut, je l'aurais certainement choisi pour mes observations météorologiques et nous y aurions bien moins eu à souffrir ».

Fasciné par le Cervin, Saussure retourne au col du Théodule en août 1794, dans ce qui sera sa dernière expédition dans les Alpes. Toujours accompagné de son fils et d'une petite caravane de guides porteurs, il gagne le Val d'Aoste en passant par le col du Bonhomme et celui du Petit-Saint-Bernard. De là, il se rend à Breuil, puis au col du Théodule où il séjourne durant trois jours sous tente.

Une de ses premières tâches consiste à mesurer l'altitude du Cervin. Les mesures se font à partir de deux points distincts dont la distance entre eux est déterminée par une chaîne d'arpentage. Les relevés se font à l'aide

d'un sextant et d'un miroir qui sert d'horizon artificiel. La hauteur des deux points de relèvement est définie par le baromètre. Saussure obtient ainsi une altitude de 4505 m (4478 m réel) pour le Cervin.

Durant ce séjour de trois jours au col du Théodule, les Saussure effectuent leurs habituelles mesures météorologiques : bleu du ciel, électricité atmosphérique, température, pression, etc. En plus de la température de l'air, Saussure procède aussi à des mesures de la température de la terre à l'aide d'un nouveau dispositif qu'il a mis au point. Un thermomètre est enfermé dans un cylindre en bois d'une quinzaine de centimètres de diamètre. Après avoir creusé un trou dans le sol gelé avec une tarière, Saussure y introduit le cylindre en bois contenant le thermomètre.



Le Cervin vu depuis le col du Théodule
Berg und Gletscherfahrten in den Alpen in den Jahren 1860 bis 1869
Edward Whymper, Friederch Steger, Braunschweig, 1872
Viatimages / Médiathèque Valais

En digne naturaliste, Saussure en profite aussi pour se livrer à une « riche et charmante récolte de plantes rares ». Au cours d'une excursion au Breithorn, il demeure fasciné par la présence de petits insectes noirs, poilus, recouverts d'écailles pointues et munis de longues antennes recourbées qui semblent habiter avec plaisir les plaques de neige qui subsistent à cette altitude. En plus ces insectes – des podures – exécutent des bonds dans la neige lorsque l'on veut les saisir, comme s'ils possédaient un « ressort » sous le ventre.

Le reste du séjour est essentiellement consacré à la géologie et à des prélèvements de minéraux. Devant le spectacle des roches tourmentées de ces différentes couches géologiques entremêlées et devant la difficulté à trouver une explication cohérente à la formation de ces montagnes à partir des fonds d'un océan primitif, Saussure semble un peu désabusé : « Ces agitations périodiques tiennent peut-être à des causes astronomiques. Dont il serait bien intéressant de déterminer les époques. En effet ni les orages, ni les marées ordinaires n'agitent le fond des mers, au point de produire de tels effets. Mais qui pourrait, du moins par des conjectures probables, pénétrer dans cette nuit des temps. Placés sur cette planète depuis hier, et seulement pour un jour, nous ne pouvons que désirer des connaissances que vraisemblablement nous n'atteindrons jamais... ». Un aveu d'impuissance quant à sa théorie de la Terre qu'il n'achèvera jamais ?

Pour en savoir plus

Fischer Stéphane. *Horace-Bénédict de Saussure, naturaliste des Alpes,* OSL, Zurich, 2014.

Freshfield Douglas Wiliam. *Horace-Bénédict de Saussure,* Atar, Genève, 1924.

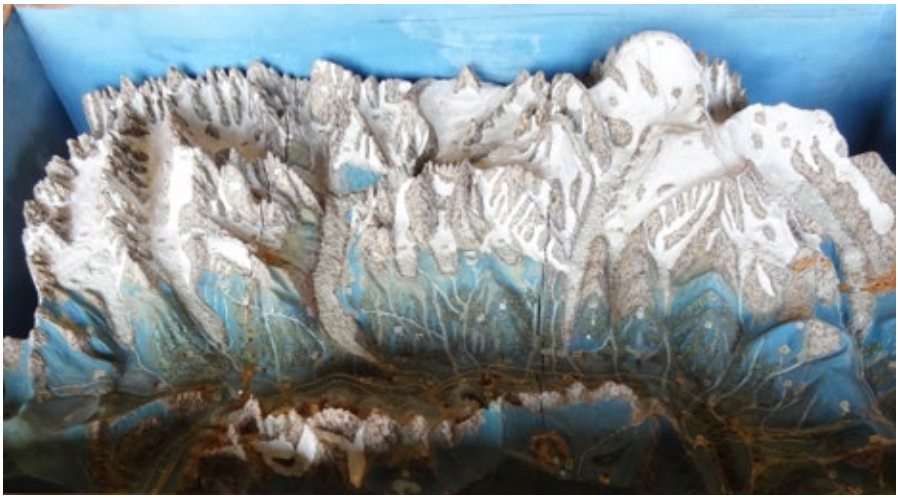
Grenon Michel, in Linon-Chipon et Vaj, *Relations savantes,* Pups, Paris, 2006.

Saussure Horace-Bénédict. *Voyages dans les Alpes,* Neuchâtel, 1796-1803.

Saussure Horace-Bénédict. *Description d'un cyanomètre ou d'un appareil destiné à mesurer l'intensité de la couleur bleue du ciel.* Mémoires de l'Académie royale des sciences de Turin de 1788-1789. Turin.

Sigrist René. *H.B. de Saussure, un regard sur la terre,* Georg, Genève, 2001.

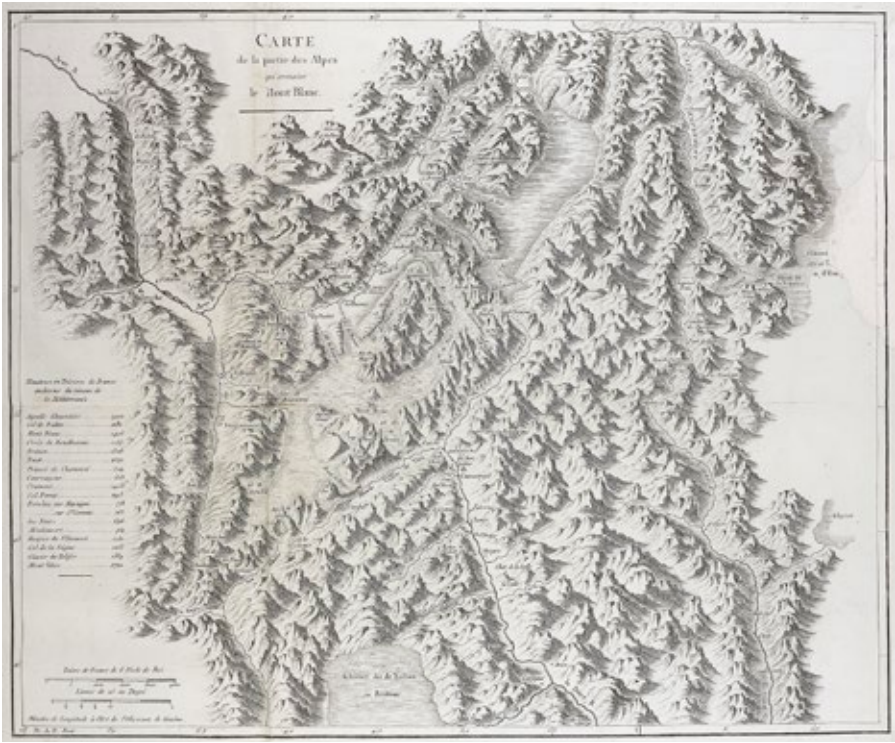
Saussure, son fils et ses guides redescendant le glacier du Tacul. En arrière-plan, on distingue la tente et la cabane du campement au Col du Géant.
L'Evêque Henri, Genève, 1790
CIG / Bibliothèque de Genève



Relief du Massif du Mont-Blanc
Bois, vers 1788
Collection de la section genevoise du club alpin suisse

Suite aux expéditions de Saussure dans les Alpes, notamment son ascension au Mont-Blanc en 1787, l'ingénieur vaudois Charles-François Exchaquet fabrique dès 1788 des reliefs en bois en trois dimensions du massif du Mont-Blanc qu'il commercialise.

Vue de la vallée de Chamonix et du massif du Mont-Blanc
Gravure aquarellée représentant le Mont-Blanc publiée par Chrétien de Méchel à Bâle en 1790.
La gravure a été réalisée d'après le relief exécuté par l'ingénieur vaudois Charles-François Exchaquet.
CIG / Bibliothèque de Genève



Carte du massif du Mont-Blanc
H.-B. de Saussure, Voyages dans les Alpes, *Genève, Neuchâtel, 1796-1803.*
Bibliothèque du Musée d'histoire des sciences

Carte dressée par le physicien genevois Marc-Auguste Pictet qui a accompagné H.-B. de Saussure lors d'une expédition autour du Mont-Blanc en 1778.

Les petits carnets du Musée d'histoire des sciences

Les collections du Musée racontées par des petits carnets thématiques.
Les parutions à ce jour:

1 Sous le ciel du Mont-Blanc: Sur les traces de Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799), pionnier de la météorologie alpine. Juillet 2006, réédition 2020

2 Il était une fois l'électricité : Une histoire de l'électricité racontée par les instruments du Musée d'histoire des sciences. Octobre 2007, réédition 2020

3 L'heure au soleil : Description et usage des principaux types de cadrans solaires exposés au Musée d'histoire des sciences. Février 2008, réédition 2020

4 Voir l'infiniment petit : Des instruments du Musée d'histoire des sciences retracent les grandes étapes de la microscopie. Octobre 2008, réédition 2020

5 L'univers modélisé : Survol de quelques instruments du Musée d'histoire des sciences qui représentent le ciel et la terre. février 2009, réédition 2020

6 Scruter le ciel : Brève initiation à l'astronomie et présentation de quelques instruments du premier Observatoire de Genève. Février 2009, réédition 2020

7 Le cabinet Pictet : l'art d'enseigner la science par l'expérience. Août 2009, réédition 2020

8 Jean-Daniel Colladon, savant et industriel genevois. Février 2010.

9 Du pied au mètre, du marc au kilo : L'histoire des unités des poids et mesures évoquée par quelques objets emblématiques des collections du Musée d'histoire des sciences. Juin 2010, réédition 2020

10 Les débuts de la météorologie moderne. A paraître 2020.

11 Les tubes (et ampoules) du Musée d'histoire des sciences. A paraître 2020

Téléchargeables sur le site http://institutions.ville-geneve.ch/fr/mhn/votre-visite/site-du-musee-dhistoire-des-sciences/parcours-permanent/visite-des-collections/

MUSÉE
D'HISTOIRE
DES SCIENCES
GENÈVE

Villa Bartholoni
Parc de la Perle du Lac
Rue de Lausanne 128
1202 Genève
Tél : + 41 22 418 50 60
Ouvert tous les jours de 10h à 17h sauf le mardi
www.museum-geneve.ch
info@museum-geneve.ch

UN SITE DU
muséum genève

ISSN 2673-6586