

De l'exploration du Mont Blanc en 1787 aux théories actuelles sur la constitution de l'écorce terrestre¹

Par AUGUSTIN LOMBARD², Bruxelles

En consacrant une réunion aux problèmes de la géologie alpine, la Société des Arts honore un domaine important des sciences naturelles et souligne le grand rôle qu'il a joué dans l'histoire de la recherche scientifique à Genève.

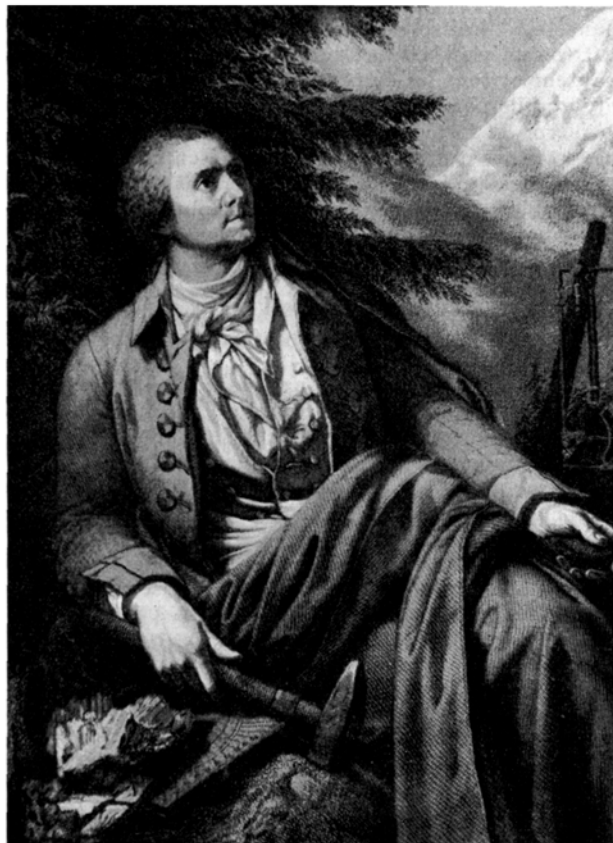


Fig. 1. - HORACE-BÉNÉDICT DE SAUSSURE (1740-1799).

Le fondateur de notre Société fut HORACE-BÉNÉDICT DE SAUSSURE (1740-99). Il a laissé une œuvre féconde et durable dont les *Voyages dans les Alpes*³ sont un des grands travaux. C'est en même temps la base de la géologie alpine, monument ancien mais qui n'a pas vieilli,

débordant largement le cadre d'une monographie locale pour s'étendre sur un vaste domaine de connaissances. C'est une grande fresque des sciences naturelles pendant la seconde moitié du XVIII^e siècle, dont elle porte le caractère éclectique et philosophique. On ne saurait, en une soirée, parcourir les nombreux chapitres de cet ouvrage ni en digérer tout le contenu. Il résulte du travail d'une vie entière. Leur auteur en effet précise qu'il a commencé à les rédiger en 1760, alors qu'il avait 20 ans; il datra le premier volume du 28 novembre 1779, le second en 1786 et les troisième et quatrième en 1796, trois ans avant sa mort.

« Dans cet espace de temps (soit de 1760 à la rédaction des *Voyages* en 1779) écrit DE SAUSSURE, j'ai traversé quatorze fois la chaîne entière des Alpes, par huit passages différents; j'ai fait seize autres excursions jusqu'au centre de cette chaîne; j'ai parcouru le Jura, les Vosges, les montagnes de la Suisse, d'une partie de l'Allemagne, celles de l'Angleterre, de l'Italie, de la Sicile et des îles adjacentes; j'ai visité les anciens volcans de l'Auvergne, une partie de ceux du Vivarais et plusieurs montagnes du Forez, du Dauphiné et de la Bourgogne.

« J'ai fait dans la seule vallée de Chamonix, située au centre de toutes ces montagnes, huit différents voyages, en 1760, 1761, 1764, 1767, 1770, deux en 1776 et le dernier en 1778.

« ... le tour du Mont Blanc par l'Allée Blanche, je l'ai fait trois fois: La première en 1767 avec quelques amis, la seconde en 1774 dans l'intention de l'écrire et de la publier dès mon retour; mais quand je vins à le rédiger, je trouvai encore bien des vides et des doutes. C'est pour remplir ces vides et lever ces doutes que je fis ce voyage pour la troisième fois, l'année dernière 1778. J'eus pour compagnon de voyage M. J. TREMBLEY qui s'est déjà fait connaître d'une manière très avantageuse dans la carrière de la philosophie et des mathématiques. »

Il suffit pour saisir l'essentiel, de se limiter aux pages consacrées à l'itinéraire de Genève au Mont Blanc par la vallée de l'Arve. La région est connue de chacun, de l'auteur en particulier qui semble avoir exprimé l'attachement qu'il lui porte, à travers les descriptions scientifiques de ces montagnes.

Son point de départ est Genève, d'une de ses demeures de la ville, des bords du Lac ou de l'Arve.

« Genève, par sa situation, semble faite pour inspirer le goût de l'histoire naturelle. La nature s'y présente sous l'aspect le plus brillant: elle y étale une infinité de productions différentes, un lac rempli d'eau claire et azurée, un beau fleuve qui en sort, des collines charmantes

¹ Conférence prononcée devant la Société des Arts à Genève à l'occasion du 175^e anniversaire de sa fondation.

² Professeur de Géologie, Université libre de Bruxelles.

³ H.-B. DE SAUSSURE, *Voyages dans les Alpes*, Précédés d'un essai sur l'histoire naturelle des environs de Genève, 8 vol. (Neuchâtel. Ed. Fauche-Borel. 1803).

qui le bordent et qui forment le premier degré d'un amphithéâtre de montagnes, couronné par les cîmes majestueuses des Alpes; le Mont Blanc qui les domine toutes, revêtu d'un manteau de glaces et de neiges éternelles traînant jusqu'à ses pieds... ce grand spectacle ravit en admiration et inspire le plus vif désir d'étudier et de connaître ces merveilles.» (*Voyages*, tome 1, p. 1.)

A cette époque, le Salève n'est point encore connu dans la littérature géologique ni d'ailleurs la plupart des montagnes de Haute-Savoie et du Piémont. En Suisse, J. J. SCHEUCHZER a parcouru la Suisse centrale qu'il a décrite en 1710 déjà, mais il n'est pas arrivé dans nos contrées. La première description de DE SAUSSURE est très simple et tracée d'une main sûre:

«Les bancs de pierres calcaires, dont tout le corps du Mont Salève est composé, ont une inclinaison commune et générale du côté des Alpes vers lequel ils descendent.

«Dans quelques endroits et même presque partout, les couches descendent tout droit du haut de la montagne jusqu'à son pied.

«Ces deux inclinaisons ne sont pas les seules que l'on observe dans les bancs du Mont Salève; ils en ont encore une troisième: ils sont relevés vers le milieu de la longueur de la montagne et descendent vers ses extrémités.» (*Voyages*, chapitre VII, p. 260.)

Pour les fossiles:

«... le Mont Salève renferme dans l'intérieur de ses couches calcaires une grande variété de corps marins pétrifiés, des Peignes, des Térébratules, des Gryphites, des Entroques, des Coraux et plusieurs espèces de Madrépores, dont M. DE LUC le cadet a formé une collection très intéressante.

«Mais les pétrifications les plus singulières que renferme le Mont Salève sont deux coquillages bivalves, inconnus aux naturalistes et dont on doit la découverte au même M. DE LUC.» (*Voyages*, chapitre VII, p. 276.)

Enfin, l'auteur esquisse une explication sur la formation du pli du Salève dans laquelle on entrevoit les bases neptunistes des théories de l'époque sur la formation de la terre et des montagnes.

«... s'il était permis de hasarder quelques conjectures sur sa forme première, je dirais que je crois que cette montagne, formée comme toutes les montagnes calcaires, sous les eaux de l'ancien océan, a dû avoir anciennement des couches inclinées et descendant de notre côté, comme elle en a du côté opposé... que des révolutions, dont j'ignore la nature, ont détruit la partie descendante des couches, du côté du lac, en laissant à découvert leurs tranches escarpées; qu'enfin, les couches verticales se sont formées en s'appuyant contre le pied même de ces tranches.» (*Voyages*, chapitre VII, p. 268.)

La forme curieuse du col de Monnetier ne lui échappe pas, et l'explication qu'il en donne est à la base des hypothèses plus précises que donneront bien plus tard M. LUGEON, E. JOUKOWSKY et J. FAVRE¹:

«La gorge de Monnetier, où cette grande échancrure qui sépare le grand Salève du petit et dans le fond de la-

quelle est renfermé le joli vallon de Monnetier, paraît avoir été formée par un courant semblable, qui, descendant des Alpes par la vallée de l'Arve, venait se jeter dans notre grand courant: car les couches correspondantes du grand et du petit Salève indiquent une ancienne jonction et l'on ne comprend pas quel autre agent aurait pu détacher et emporter la pièce énorme qui manque en cet endroit de la montagne.» (*Voyages*, chapitre VII, p. 240.)

En poursuivant le voyage, DE SAUSSURE remonte la vallée de l'Arve. Les descriptions sont avant tout géologiques. La botanique et la géographie humaine occupent une seconde place. Il est frappé par la dissemblance qui existe entre les deux versants de la vallée, observation fondamentale qui prendra sa pleine valeur cent ans plus tard lorsque l'on découvrira la nature charriée des Préalpes.

«Quant à la structure des montagnes qui bordent cette vallée si l'on s'informe d'abord de leur correspondance, je dirai que le Môle et le Brezon placés à son entrée l'un vis-à-vis de l'autre sont à la vérité à la même hauteur et tous les deux calcaires mais que d'ailleurs il n'y a nulle parité entre eux. La couleur et la qualité de la pierre, la forme générale, la structure et la situation des couches sont absolument différentes. Les autres montagnes qui bordent cette vallée sont encore plus dissemblables, et l'on n'y observe non plus aucune correspondance entre les angles saillants et rentrants.» (*Voyages* chapitre II, p. 124.)

A Cluses, l'auteur décrit le fameux pli anticlinal en termes qui nous paraissent parfois compliqués:

«La ville de Cluses est bâtie sur le pied d'une montagne dont la structure est très extraordinaire; on en juge mieux à une certaine distance que de la ville même.

«Cette montagne, de forme conique émousée ou plutôt parabolique, est pour ainsi dire coiffée d'une bande de rochers qui, du haut de sa tête descendent à droite et à gauche jusqu'à son pied.

«On pourrait soupçonner que cette bande n'est que le reste d'une espèce de calotte, qui, vraisemblablement couvrirait autrefois toute la montagne.» (*Voyages*, chapitre II, p. 128.)

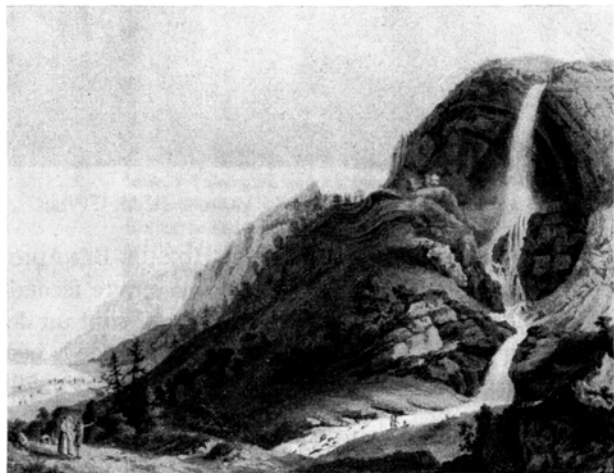


Fig. 2. – La cascade d'Arpenaz, d'après A. LINCK. Les couches claires du synclinal sont en calcaires massifs du Malm. Le cœur du pli est en schistes calcaires du Berriasien. A gauche, l'Arve vue vers l'aval.

¹ E. JOUKOWSKY et J. FAVRE, *Monographie géologique et paléontologique du Salève (Haute-Savoie, France)*, Mém. Soc. Phys. Hist. nat. Genève 37, fasc. 4 (1913).

Le vocabulaire technique qui s'est créé depuis dispose de termes précis pour ces divers types de plis. Ce que l'on était loin de soupçonner dans ce domaine à la fin du XVIII^e siècle, ce sont les plis couchés et leur origine. Si d'ailleurs leur connaissance géométrique est parvenue à maturité, le mécanisme de leur formation est encore l'objet d'hypothèses.

C'est à partir du défilé de Cluses que l'on entre dans le domaine des plis couchés, ce que ne manque pas d'observer DE SAUSSURE :

« Dès que l'on est sorti de la ville de Cluses, on voit, en se retournant sur la droite, les rochers en surplomb sous lesquels on a passé avant de traverser l'Arve. On distingue ici le profil des couches de ces rochers et on reconnaît qu'elles sont presque perpendiculaires à l'horizon... On dirait qu'une force inconnue a ployé à angles droits, l'extrémité de ces couches et les a ainsi contraintes à prendre une situation verticale. » (*Voyages*, chapitre IV, p. 145.)

Il n'est pas de caravane de géologues ou d'excursion d'étudiants qui ne s'arrête avant Sallanches, devant le pli d'Arpenaz.

Cette formation est classique depuis la description DE SAUSSURE et la belle gravure qu'en a laissé A. LINCK dans son *Album du Mont Blanc*.

« A une petite lieue de Maglan, une jolie cascade, formée par un ruisseau nommé le Nant d'Arpenaz, présente un spectacle aussi nouveau qu'agréable pour ceux que de fréquents voyages dans la montagne n'ont pas accoutumés à ce genre de plaisir.

« ... Les couches de cette montagne sont la continuité des couches supérieures du rocher de la cascade et forment des arcs concentriques tournés en sens contraire ; en sorte que la totalité de ces couches a la forme d'un S dont la partie supérieure se recourbe fort en arrière.

« Le rocher de la cascade est tout calcaire... Ici donc c'est le roc gris qui est renfermé entre deux bancs de roc brun, au lieu qu'auprès de la caverne c'était le roc brun qui était resserré entre deux bancs de roc gris. » (*Voyages*, chapitre IV, p. 164.)

DE SAUSSURE tente d'expliquer l'origine de ces plis. C'est avec un vif intérêt qu'on lira une citation de ses *Voyages* à ce sujet. Il est un des premiers géologues de son temps qui se trouve en face de déformations à une échelle pareille. Il ne dispose d'aucun module de comparaison hors des Alpes, et le problème est absolument nouveau. Ce n'est que plus tard qu'ELIE DE BEAUMONT traversera les Alpes françaises (1830-33) et qu'ESCHER DE LA LINTH analysera les plis de Glaris (1840-53). Il hésite entre quelques solutions mais aura la sagesse de ne point conclure.

« Il s'agirait à présent de dire quelle force a pu donner à ces couches cette situation ; comment elles ont pu être retroussées de façon que les plus basses soient devenues les plus élevées ? La première idée qui se présente, est celle de feux souterrains... J'ai observé dans plus d'une montagne des couches ainsi retroussées, auprès desquelles on voit le vide qu'elles paraissent avoir laissé en se repliant sur elles-mêmes (Oberhasli, Lac de Lucerne dans le canton de Uri)...

« Mais malgré ces observations, ce n'est pas sans peine que j'ai recouru à ces agents presque surnaturels, sur-

tout quand je n'aperçois aucun de leurs vestiges ; car cette montagne et celles d'alentour ne laissent apercevoir aucune trace du feu. » (*Voyages*, chapitre IV, p. 167.)

Les grandes régions plissées du domaine alpin sont encore ignorées et n'ont pas été l'objet de théories d'ensemble. Les idées neptunistes de WERNER sont encore en vogue ; elles sont pourtant loin de suffire à expliquer les chaînes de montagnes des Alpes et d'Ecosse. Revenant sur le problème, DE SAUSSURE écrit plus loin :

« ... j'ai peine à croire qu'elles aient été formées dans une situation horizontale et qu'ensuite des bouleversements leur aient donné ces positions bizarres. Déjà il faudrait supposer que ces bouleversements se sont faits dans un temps où ces couches étaient encore molles et parfaitement flexibles ; car on n'y voit rien de rompu : leurs courbures, même les plus angulaires, sont absolument entières.

« ... La cristallisation peut seule, à mon avis, rendre raison à ces bizarreries... Je ne répugnerais donc pas à croire que le rocher de la cascade a pu être formé dans la situation dans laquelle il se présente. » (*Voyages*, chapitre IV, p. 171.)

Le problème se reposera en entier à l'auteur lorsqu'il montera au Buet :

« ... si l'on peut trouver une clef de la théorie de la terre, relativement à la direction des courants de l'ancien océan, dans lequel les montagnes ont été formées, il faut la chercher dans la direction des plans des couches inclinées, en faisant abstraction des cas rares et particuliers, dans lesquels on voit ces couches s'écarter du parallélisme qu'elles observent généralement avec les chaînes de montagnes qui résultent de leur assemblage. Et je crois être le premier qui ait observé la généralité et l'importance de ce phénomène. » (*Voyages*, chapitre X, p. 340.)

Passant ensuite le col de la Seigne et le col des Fours, l'auteur des *Voyages* découvre le conglomerat de base du Trias sur le socle du massif du Mont Blanc. Il retrouve alors des points de comparaison avec les théories wernériennes pour expliquer leur formation et les décrit admirablement :

« J'ai donné à cette sommité, qui n'avait point de nom, celui de la Cime des Fours, à cause du passage qu'elle domine...

« Je traversai d'abord des couches de grès qui étaient la continuation de celles dont je viens de parler. Je trouvai ensuite des bancs d'une espèce de poudingue grossier, dont le fond était ce même grès rempli de cailloux arrondis. Quelques-uns de ces bancs se sont décomposés.

« Il était si étrange de marcher à cette hauteur sur des cailloux roulés que PIERRE BALME en témoigna son étonnement, même avant que j'en parlasse...

« Quoique depuis longtemps je ne doute plus que les eaux n'aient couvert et même formé ces montagnes et qu'il y en ait même des preuves plus fortes que l'existence de ces cailloux roulés, cependant leur accumulation sur cette cime avait quelque chose de si extraordinaire et qui parlait aux sens un langage si persuasif, que je ne pouvais pas revenir de mon étonnement.

« ... Je me représentais alors, avec une extrême vivacité, les eaux remplissant toutes ces profondeurs et venant battre et arrondir à mes pieds ces cailloux sur lesquels je marchais tandis que ces hautes aiguilles for-

maient seules des îles au-dessus de cette mer immense: je me demandais ensuite quand et comment ces eaux s'étaient retirées.» (*Voyages*, chapitre XXVII, p. 268.)

Le récit du passage de la Seigne et de la traversée sur Courmayeur sont par ailleurs d'une lecture attrayante. Rien n'échappe au savant et son âme d'artiste s'émeut bien souvent au grand spectacle qui se renouvelle constamment devant ses yeux.

Au départ de Chamonix, il rappelle ce que beaucoup remarqueront à sa suite:

«Le voyageur qui a passé le Bon-Homme croit avoir traversé les Alpes et n'avoir plus qu'à descendre pour entrer dans les plaines d'Italie; mais il se trompe beaucoup, il est encore séparé des plaines par des chaînes de montagnes très élevées, il faut qu'il traverse ou le Petit Saint-Bernard ou le col de la Seigne.» (*Voyages*, chapitre XXIX, p. 390.)



Fig. 3. – La vallée de Courmayeur vue du col du Géant. Vue sur les nappes pennines. Au premier plan à droite, le Mont Chétif, coin cristallin granitique.

Il faut descendre au Chapieux, puis remonter au col de la Seigne pour avoir une première échappée sur le versant sud du Mont Blanc et de l'Allée Blanche.

«Nous jouîmes là, par le temps le plus clair et le plus net, du beau spectacle que présente ce site élevé de 1263 toises au-dessus de la mer: on a sous ses pieds l'Allée Blanche et dans la même direction la vallée de Ferret, terminée par le col du même nom.

«... Cette longue vallée était bordée à notre gauche ou au Nord-Ouest par la chaîne du Mont Blanc qui domine toujours majestueusement les hautes aiguilles qui l'environnent. Les flancs escarpés de ces montagnes entrecoupés de grands glaciers, leur sommités qui se terminent tantôt en croupes arrondies, couvertes de neige, tantôt en roches nues, élancées jusqu'au ciel, forment un tableau magnifique.» (*Voyages*, chapitre XXIX, p. 399.)

La structure géologique du Mont Blanc est bien exposée sur son côté méridional. Les versants y sont abrupts et les glaciers plus encaissés que du côté de Chamonix. DE SAUSSURE cherche, au-dessus de Courmayeur, un sommet qui se présente face au Mont Blanc, d'où la vue soit dégagée sur l'ensemble du massif.

Il monte alors en deux jours au Cramont en s'arrêtant une nuit au village d'Eleva sur Pré-Saint-Didier. Son sens du pittoresque est toujours en éveil et il note au passage:

«Nous logeâmes chez A.-J. PERROT, au village d'Eleva sur Pré-Saint-Didier, paysan riche pour son état. Il nous reçut dans une petite chambre assez propre qui est celle de M. l'abbé son frère: il voulait même nous donner son lit mais nous aimâmes mieux dormir dans la grange sur de la paille fraîche. Notre hôte était un très bel homme et portait une physionomie gaie, franche et honnête. Il traitait de folie notre goût pour les montagnes: nous lui demandâmes s'il croyait que nous eussions beau temps le lendemain et lui qui aurait désiré de la pluie pour ses pâturages, frappa sur l'épaule de l'un de nous, en disant: il ne fera que trop beau temps pour des fols comme vous.» (*Voyages*, chapitre XXXIV, p. 34.)

La description géologique du Mont Blanc reste encore la base des connaissances générales de la chaîne. Les grands traits sont exactement dépeints dans ce chapitre qui est l'un des plus captivants des *Voyages*.

«On voit très bien du haut du Cramont que cette partie de la base n'est point du granite; sa couleur est d'un brun rougeâtre, elle ne se termine point par des arêtes vives et nettes, n'est point composée de grandes tables planes.

«... On peut donc conclure que le corps entier du Mont Blanc et même ses bases avancées du côté de l'Italie sont toutes de granite, excepté la base de l'arête extérieure du côté Sud-Ouest.» (*Voyages*, chapitre XXXIV, p. 34.)

DE SAUSSURE poursuivra son itinéraire autour du Mont Blanc et rentrera par le val Ferret, Martigny, Saint-Maurice pour finalement regagner Genève.

En été de 1787, il monte au Mont Blanc qu'il atteint le 9 août après avoir bivouaqué deux nuits en route, la première fois à la limite inférieure des glaciers, à la Montagne de la Côte et la seconde fois dans une caverne creusée dans la neige sur le Grand Plateau.

La caravane comprend outre son chef, son domestique accompagnés de 18 guides. Cordes et échelles faciliteront la longue ascension à travers de vastes glaciers très inclinés et crevassés. Les visages sont recouverts de voiles noirs et chacun souffre du mal de montagne. DE SAUSSURE est très incommodé par la raréfaction de l'air qui oblige à limiter ses gestes et ses mouvements au strict minimum même lorsqu'il s'agit de lire les instruments, car:

«... mon but n'était pas seulement d'atteindre le point le plus élevé, il fallait surtout y faire des observations et les expériences qui seules donnaient quelques prix à ce voyage.» (*Voyages*, chapitre II, vol. IV, p. 284.)

La vue, ce jour-là, est étendue et le temps serein. On voit les détails de maintes aiguilles et sommets environnants dont DE SAUSSURE donne une description détaillée soulignant la présence de grandes lignes de fractures, la limite du granite et de nombreux détails tectoniques. A propos de cette ascension et d'autres excursions au pied de la montagne, il décrit minutieusement les roches situées entre les glaciers de Tacconnaz et des Bossons, cherchant le contact du granite et des schistes cristallins.

Au retour du Mont Blanc, il songe déjà à de nouvelles recherches orientées cette fois-ci sur l'atmosphère en altitude.

Il a établi un programme complet d'études qui doivent s'effectuer sur une certaine durée et qui porteront avant tout sur la vérification de la formule d'emploi du baromètre à mercure et le calcul des altitudes. Il faut trouver un endroit élevé, d'où l'on voit un sommet trigonométrique mesuré exactement et qui serve de référence.

Monsieur EXCHAQUET, rencontré à Chamonix, conseille un col qui se trouve sur le nouvel itinéraire qu'il vient de parcourir entre Chamonix et Courmayeur par le Tacul. H.-B. DE SAUSSURE appellera ce lieu: Col du Géant à cause de l'Aiguille du Géant toute proche.

En juin 1788, il s'établit à Chamonix et commence les préparatifs de l'expédition. On envoie à l'avance des hommes pour construire une cabane. Le gros de l'expédition suit la tête deux semaines plus tard, avec baromètres, thermomètres, électromètres, magnétomètres et des vivres. Laissons de côté les études météorologiques qui pourtant furent fructueuses et retenons la somme d'observations géologiques que nous vaut ce célèbre séjour à 3200 mètres. L'explorateur distingue plusieurs sortes de granites et de gneiss et confirme la structure du massif en couches très redressées. La neige et les névés, les glaciers sont également observés avec le plus grand soin.

Là, comme au pied du Cervin, il se pose le problème de la progression des glaciers, de la formation des moraines et du transport de leurs débris. Partisan de l'avance de la glace, il n'a pas entrevu son pouvoir de transport lors des grandes glaciations. C'est un modeste forestier valaisan, VENETZ, qui trouvera la clé de la théorie définitive du transport des blocs erratiques bien des années plus tard.

Le séjour au col du Géant commencera très mal. H.-B. DE SAUSSURE, auprès duquel sont restés son fils, un domestique et quatre guides, subissent un orage d'une violence rare.

Chacun passera de longues heures sous le grésil, la pluie et les éclairs, à se cramponner aux cordes des tentes presque emportées par les vents déchaînés. Après quoi, le beau temps revient et persiste pendant les deux semaines qui restent. L'expédition se replie finalement chassée par la faim. Les guides sont fortement soupçonnés d'avoir subtilisé les dernières provisions, non pour calmer leur faim mais pour obliger leur grand patron à descendre, car ils s'ennuient trop.

Ces récits se trouvent dans l'appendice des *Voyages* où H.-B. DE SAUSSURE, dans un *Coup d'œil sur les Alpes* cherche à donner une conclusion à la somme considérable d'observations qu'il a accumulées. En voici un des points importants:

«Nous voyons donc dans les Alpes la preuve certaine de la catastrophe de la dernière scène du grand drame des révolutions de notre globe.

Mais nous ne voyons que des indices fugitifs et problématiques des actes précédents, excepté les preuves de cristallisations tranquilles dans les temps les plus anciens qui ont précédé la création des animaux; et de dépôts de sédiments dans ceux qui ont suivi cette époque et quelques preuves de mouvements violents...» (*Coup d'œil sur les Alpes*, § 2303, p. 242.)

Son souci d'observer et de décrire sans mêler les théories ou les «systèmes» à ses études est constant. Après chaque groupe d'observations, il tente de donner une explication, mais il ne l'étend jamais très loin.

Dans l'introduction des *Voyages*, il expose son projet d'arriver à une explication d'ensemble, mais il la remet à plus tard, «... ce n'est que partie remise». Toutefois, certaines remarques laissent à penser qu'il n'attachait pas une importance décisive à des conclusions générales, tout au moins à de longs développements. BUFFON le lui a reproché. Mais on peut comprendre les réticences qu'avait ce grand esprit à englober dans un système si souple soit-il, les formations complexes et hétérogènes des nombreuses régions qu'il a parcourues.

Il semble, à lire son œuvre, qu'il sentait que ses observations étaient en avance sur les théories de son temps. Elles n'avaient pas de place dans les constructions existantes. Trop absorbé lui-même dans l'exploration des Alpes, dans des études très variées s'étendant à la flore et à l'atmosphère, il n'a jamais cherché à penser une théorie à lui qui se limite au seul domaine alpin.

Ceci n'est point pour diminuer cette illustre figure de savant encyclopédiste, mais elle le pose plutôt en exception parmi les chercheurs de son temps.

La publication des *Voyages dans les Alpes* connaît dès le début une grande vogue dans le monde cultivé. Leur auteur sera qualifié de «vainqueur du Mont Blanc» dont il a effectivement accompli la seconde ascension.

Cette épithète lui vaut une célébrité bien méritée dans un vaste public qui, sans cela, resterait insensible à la géologie des Alpes.

Parmi les géologues et les naturalistes, l'impression laissée par le maître genevois est profonde. DE SAUSSURE a débarrassé la géologie d'une certaine mystique en partie religieuse, en partie mythologique et imaginative. Autour de lui, le dogme biblique du déluge et celui de la création de la terre en sept jours cessent de compter dans les explications ainsi que Vulcain, ses forges et la fureur de forces profondes.

Il subsiste encore dans son œuvre l'idée des grandes catastrophes, et de déluges qui sans être ceux de la Genèse, expliqueraient ce monde alpin aux phénomènes exceptionnels qui remontent certainement à des causes violentes.

Dix-sept années de travaux sur le terrain remplacent désormais bien des philosophies! DE SAUSSURE remet les sciences géologiques sur leur unique voie qui est l'observation des faits sur place. Cette science, il l'ap-

pelle «géologie», terme qui supplantera les mots déshués de «géognosie» et même de «cosmogonie». Une «glacière» devient un «glacier». Les mots locaux de moraine, sérac et molasse prennent rang dans le vocabulaire scientifique. Il crée le terme de «roches moutonnées».

Pionnier dans son domaine, il est seul à le connaître et l'on cherche en vain autour de lui des géologues qui puissent partager ses découvertes en connaissance de cause.

Il lui faudrait un ELIE DE BEAUMONT pour comparer leurs résultats et les coordonner, malgré certaines divergences de vue sur les origines des plissements. Or, ce n'est qu'en 1833 que le savant académicien publiera sa note sur le refroidissement de la terre et la contraction de l'écorce, origine des forces génératrices de plissements.

MICHELL, à Cambridge, a déjà décrit les plissements dans les couches sédimentaires, mais il prend des exemples aux Andes (1760), basés sur des observations fragiles et lointaines. Le seul géologue de grande classe qui vive à ce moment en Angleterre est J. HUTTON² (1726-97), qui publiera en 1795 la *Theory of the Earth*. Elle va peu à peu supplanter celle de A. G. WERNER (1750-1817). Ces deux conceptions sont très différentes l'une de l'autre et divisent en deux camps irréductibles les naturalistes de cette fin du XVIII^e siècle: les neptunistes et les plutonistes.

Pour A. G. WERNER, la conception neptuniste de l'origine de l'écorce terrestre est basée sur un océan primitif. Cette masse d'eau a entouré la terre; il s'y est déposé des sédiments en masses épaisses car l'océan était profond, plus profond encore que les sédiments les plus élevés connus actuellement. A un moment donné, la terre s'est fissurée et les eaux se sont engouffrées dans d'immenses ouvertures très profondes. Ce retrait violent et massif a provoqué plusieurs catastrophes diluviennes qui expliquent le creusement des grandes vallées, la présence d'alluvions grossières à toutes les altitudes y compris les blocs torrentiels et les blocs erratiques.

DE SAUSSURE est très influencé par la conception neptuniste comme d'ailleurs beaucoup de ses illustres contemporains.

«Les eaux de l'océan, dans lequel nos montagnes ont été formées, couvraient encore une partie de ces montagnes, lorsqu'une violente secousse du globe ouvrit tout à coup de grandes cavités qui étaient vides auparavant et causa la rupture d'un grand nombre de rochers.

«Les eaux se portèrent vers ces abîmes avec une violence extrême, proportionnée à la hauteur qu'elles avaient alors, creusèrent de profondes vallées et entraînent des quantités immenses de terres, de sables et de fragments de toutes sortes de rochers. Ces amas à demi-liquides, chassés par le poids des eaux s'accumulèrent, jusqu'à la hauteur où nous voyons encore plusieurs de ces fragments épars.»

Il l'adopte à plusieurs occasions, notamment pour expliquer les blocs de granite que l'on trouve en groupes isolés à la périphérie du massif alpin, blocs que VENETZ et CHARPENTIER, avons-nous vu, mettront sur le compte du transport par les glaciers. Il n'est guère de disciple spirituel de H.-B. DE SAUSSURE qui ne regrette que ce savant qui connaissait si bien la question glaciaire, n'ait entrevu le rôle des glaciers comme agents de transport et n'ait ajouté à ses théories originales l'une des plus élégantes de la géologie physique alpine.

JAMES HUTTON, auteur de la *Theory of the Earth*, entrevoit l'histoire de l'écorce terrestre sous un angle très différent. Il cherche d'abord à expliquer les phénomènes suivants:

La présence à des altitudes diverses, sur des sommets et dans les vallées de roches déposées au fond des mers ou de matériaux roulés alluvionnaires qui tous sont formés dans l'eau selon la plus grande évidence. Puis la consolidation de ces matériaux hétérogènes. Cette consolidation est très variable d'un terrain à l'autre. En outre le fait que ce matériel consolidé est toujours cassé et coupé de veines et de fissures. Enfin, la provenance du remplissage de ces fissures et de ces veines par des matières étrangères.

Ayant expliqué ce premier groupe de phénomènes, il faut alors chercher les causes d'autres phénomènes de première importance, notamment l'élévation, le plissement et les déformations de roches qui originairement sont à peu près planes et horizontales.

Quelle est la forme d'énergie qui libère des forces pareilles? HUTTON a recours à la chaleur interne du globe et ce qu'il appelle le feu souterrain. Les volcans en sont une manifestation. Indépendamment, l'activité des pluies et du gel démantèle les sommets; les eaux courantes en transportent les débris vers les océans si bien que les terres avancent lentement en gagnant sur le domaine marin.

La théorie plutonienne va rencontrer de nombreux partisans, surtout dans la première moitié du XIX^e siècle et L. VON BUCH (1774-1852) ainsi que F. VON HUMBOLDT (1769-1859) vont lui donner une force très grande en découvrant l'importance des massifs centraux de granite. Tout autour d'eux les couches sont plissées et redressées. Les massifs granitiques sont assimilés à des cratères de soulèvement. DE SAUSSURE n'aura pas connaissance de ces vues car elles ne seront publiées que bien après sa mort. Il s'est parfois approché de cette conception sans toutefois la formuler; ainsi lorsqu'il écrit à propos du géologue:

«Il étudie leur structure; il démêle au milieu des ravages du temps les indices de leur forme première; il observe les liaisons de ces anciennes montagnes avec celles d'une formation postérieure; il voit les nouvelles reposer sur les primitives, il distingue leurs couches très inclinées dans le voisinage de ces primitives...; et la connaissance de ces gradations le conduit à soulever un coin du voile qui couvre le mystère de leur origine.» (*Voyages, Discours préliminaire*, p. XVI.)

HUTTON¹, au soir de sa vie, suit avec impatience la parution des derniers volumes des *Voyages*. Il les recevra en 1796, quelques mois avant sa mort (printemps 1797). Ces ouvrages, d'après PLAYFAIR :

«... become the last study of one eminent geologist, as they were the last work of another.»

Il consacre un chapitre entier de son troisième volume aux observations DE SAUSSURE sur le granite et ses relations avec les schistes environnants. Des lignes élogieuses marquent le début du chapitre, admirant la faculté de DE SAUSSURE de se dégager des théories et de ne regarder les faits que pour eux-mêmes, ... en dehors de toute autre considération.

Il s'agit de savoir si le granite est monté à l'état de magma ou si, suivant WERNER, il est un précipité chimique dans l'océan primitif. Les descriptions de DE SAUSSURE au pied de l'Aiguille de Blaitière, du Plan et du Lac du Plan de l'Aiguille, sont assez précises pour permettre à HUTTON de retrouver dans le granite du Mont Blanc, des textures et des contacts rappelant ceux du granite d'Ecosse et par là d'y voir un phénomène intrusif, de matière fluide fondue puis refroidie et cristallisée. (*Voyages*, tome II, p. 67 et suivantes, notamment les §§ 659 et suivants.) Il est assez piquant de remarquer que, partant des mêmes observations, DE SAUSSURE continue à considérer le granite comme étant déposé en milieu aqueux ainsi que les schistes qui l'entourent (HUTTON, annoté par A. GEIKIE, p. 110) alors qu'HUTTON y voit une montée de matière ignée fondue.

L'école de HUTTON insistera en outre sur l'originalité et l'indépendance du granite, partie autonome de la terre et que recouvrent toutes les autres couches.

Pour achever ce tableau des connaissances de la constitution de l'écorce, il convient de dire quelques mots des autres contemporains de H.-B. DE SAUSSURE. Il connaîtra peut-être celui qui, de Grande Bretagne, va jeter les bases durables et étendues de la stratigraphie, WILLIAM SMITH (1769-1839). Il publie en 1799 la première carte géologique du comté de Somerset et une carte des environs de Bath; elles seront suivies de travaux d'élèves tels que J. FAREY (1766-1826) et J. BILLINGSLEY (1797) et c'est de cet ensemble que part toute la stratigraphie moderne.

En France, BUFFON publie en 1785 son Histoire naturelle des Animaux, Végétaux et Minéraux avec une «Théorie de la Terre», ouvrage encyclopédique mais imprécis, dans lequel des considérations théoriques et déductives jouent un grand rôle. Le chapitre sur les glaciers renferme plusieurs erreurs venant de renseignements inexacts et l'on est étonné d'apprendre qu'il les tient de BOURRIT alors qu'H.-B. DE SAUSSURE eût

donné des observations bien plus sûres. Citons encore N. DESMARETS (1725-1815) qui est l'auteur de travaux sur les volcans d'Auvergne et GETTARD (1715-86) qui peut être considéré comme un des meilleurs géologues de terrain de son époque. Tous deux tenaient H.-B. DE SAUSSURE en haute estime.

Le grand pionnier de la géologie des Alpes occupe ainsi une place en vue dans la science de son temps et son œuvre reflète bien les tendances scientifiques du moment. C'est l'âge des précurseurs qui cessera vers le milieu du XIX^e siècle. On passe alors à la période suivante, celle des premières théories générales basées sur une stratigraphie chronologique certaine et une tectonique reposant sur des connaissances bien plus complète des chaînes de montagnes et de leur géométrie.

Il faut penser que ce n'est qu'à cette époque que commencent à paraître des cartes topographiques plus précises. Jusqu'alors, il manquait des moyens d'expression les plus courants pour le géologue de terrain. Avec de meilleures cartes, les travaux gagnent en précision.

Le but de ces lignes n'est point de suivre l'évolution de la géologie contemporaine mais de faire un bref inventaire de nos connaissances à ce jour. Pour rester dans l'esprit de cet exposé et dans son cadre, nous nous limiterons aux régions comprises entre le Léman et le Mont Blanc.

Depuis H.-B. DE SAUSSURE, les géologues n'ont pas cessé de se passionner pour ces régions. Près de nous Lausanne, Grenoble et Genève ont été d'actives écoles de recherches, stimulées par l'intérêt du sujet et la beauté du terrain. On fêtera certainement un jour leurs découvertes et leurs œuvres. L'un des disciples d'H.-B. DE SAUSSURE les plus distingués, dont on parlera à ce propos, sera ALPHONSE FAVRE (1815-90). L'auteur des *Recherches géologiques*¹ a plus d'un point commun avec H.-B. DE SAUSSURE; on retrouve chez lui le souci de l'observation précise et la très grande réserve en face des théories. Il a parcouru avec une inlassable énergie des régions semblables à celles de DE SAUSSURE.

La liste s'allonge des noms de E. RENEVIER, H. SCHARDT, L. DUPARC, P. TERMIER, E. HAUG et W. KILIAN, E. ARGAND, pour ne citer que les principaux parmi les disparus².

Que savons-nous actuellement de notre région ?

Le Mont Blanc domine le paysage. Sa puissante masse consiste en un batholithe granitique d'âge hercynien entouré de sa couverture de schistes cristallins. Un massif moins important en schistes cristallins également lui est accolé, celui des Aiguilles Rouges de Chamoni.

¹ JAMES HUTTON, *Theory of the Earth*, édité par S. ARCH. GEIKIE, Vol. III, Geol. Soc. Burlington House, 1899, Chap. VI, p. 90: *A comparison of M. de Saussure's observation in the Alps with those made upon the granite mountains of Scotland.*

² ALPH. FAVRE, *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisine du Mont Blanc*, 3 vol., 1 atl. (Masson. Paris. 1867).

² ALBERT HEIM, *Geologie der Schweiz* (Verlag Tauchnitz, Leipzig. 1919).

Une zone sédimentaire formée de Trias et de Jurassique écrasés et coincés les sépare, suivie par la vallée de Chamonix, le col de Balme et sa prolongation jusqu'à Martigny.

Au sud-est du Mont Blanc, une nouvelle bande de terrains sédimentaires suit l'Allée Blanche et les vallées de Ferret italiennes et suisses. Puis on pénètre dans le domaine des schistes métamorphiques complexes penniques.

Revenant au Mont Blanc et aux montagnes de Haute-Savoie, on va distinguer : les Hautes Alpes calcaires et les Préalpes. Les premières sont formées d'assises calcaires et schisteuses parfois gréseuses d'âge jurassique, crétacé et tertiaire plissées en un style souple très typique.

Les massifs des Aravis, des Fiz, de Platé et de Sixt, sans oublier le Buet, en font partie. Le pli d'Arpenaz, ceux d'Arâches, de la Pointe Percée, des Faucilles du Chantet à Sixt et du Fer à Cheval font tous partie de ce groupe.

Sur la rive gauche de l'Arve, en avant des Hautes Alpes calcaires, les plis deviennent moins intenses et s'amortissent pour finir au Salève et dans le massif des Bornes. C'est la région des plis autochtones. Les terrains ont une succession stratigraphique qui s'apparente à celle des Hautes Alpes calcaires sauf pour le Tertiaire.

La rive droite de l'Arve est formée, dès Cluses, par les Préalpes. Pris au sens géologique, ce terme désigne des unités tectoniques distinctes ou nappes, posées sur l'autochtone et en avant des fronts des Hautes Alpes calcaires et sans relations avec leur soubassement. Le Chablais en est formé jusqu'au Voirons ainsi que deux massifs isolés aux Annes et à Sulens près de Thônes.

En avant du Salève et des Voirons le pays molasique va jusqu'aux premiers plis du Jura. C'est une grande cuvette synclinale remplie de matériel gréseux massif, déposé ici en eaux douces ou saumâtres à l'Oligocène. Quant au Jura proprement dit, il n'est que la prolongation des plis autochtones des Bornes et du Salève.

Si nous cherchons à mettre en place ce bâti géologique dans un ensemble plus vaste, il faut partir à nouveau du massif du Mont Blanc. Il a surgi une première fois pendant l'orogénèse hercynienne puis a été repris avec toutes les autres formations par la deuxième et puissante orogénie alpine qui s'est amorcée au Crétacé déjà, a passé par un paroxysme au Tertiaire et se prolonge encore de nos jours.

Le Mont Blanc est une pierre milliaire qui marque majestueusement les limites de la grande plateforme européenne vers le Sud, au même titre que les massifs de l'Aar, de Belledune, du Pelvoux et du Mercantour. Contre cette masse sont venus déferler les plis penniques qui sont formés d'un matériel très différent, plus souple

et qui semble provenir d'une zone que l'on placerait entre l'ancienne Europe et l'ancienne Afrique. Le plissement alpin a violemment plissé cet espace.

En avant du Mont Blanc, on peut imaginer sans commettre d'erreur importante que le massif cristallin disparaît sous une épaisse couverture de séries sédimentaires ; les Hautes Alpes calcaires, les Préalpes, l'Autochtone et le Jura. Il forme en profondeur un socle qui se retrouverait sous le Jura et affleure bien au delà puisqu'on le voit réapparaître dans le Massif Central et dans les Vosges. On discute beaucoup en ce moment des cassures possibles de ce soubassement et sa continuité.

La couverture sédimentaire est directement accessible à nos observations. Une partie des plis des Hautes Alpes calcaires semble être due au fait qu'il y a eu glissement de cette couverture sur son socle alors que l'interprétation antérieure faisait intervenir des poussées horizontales venues du sud-ouest par dessus le Mont Blanc.

Les plis sont intenses dans les Hautes Alpes calcaires. On emploie les termes de plis couchés ou de nappes alors que plus loin vers le Jura ils s'atténuent beaucoup.

Quant aux Préalpes, il faut reconnaître que si l'on connaît maintenant leurs terrains et leurs structures, on ne sait pas encore exactement d'où elles viennent. Plusieurs hypothèses très acceptables ont été émises mais certaines unités sont encore l'objet de discussions qui ne prendront fin que lorsque de nouvelles études de terrain seront achevées.

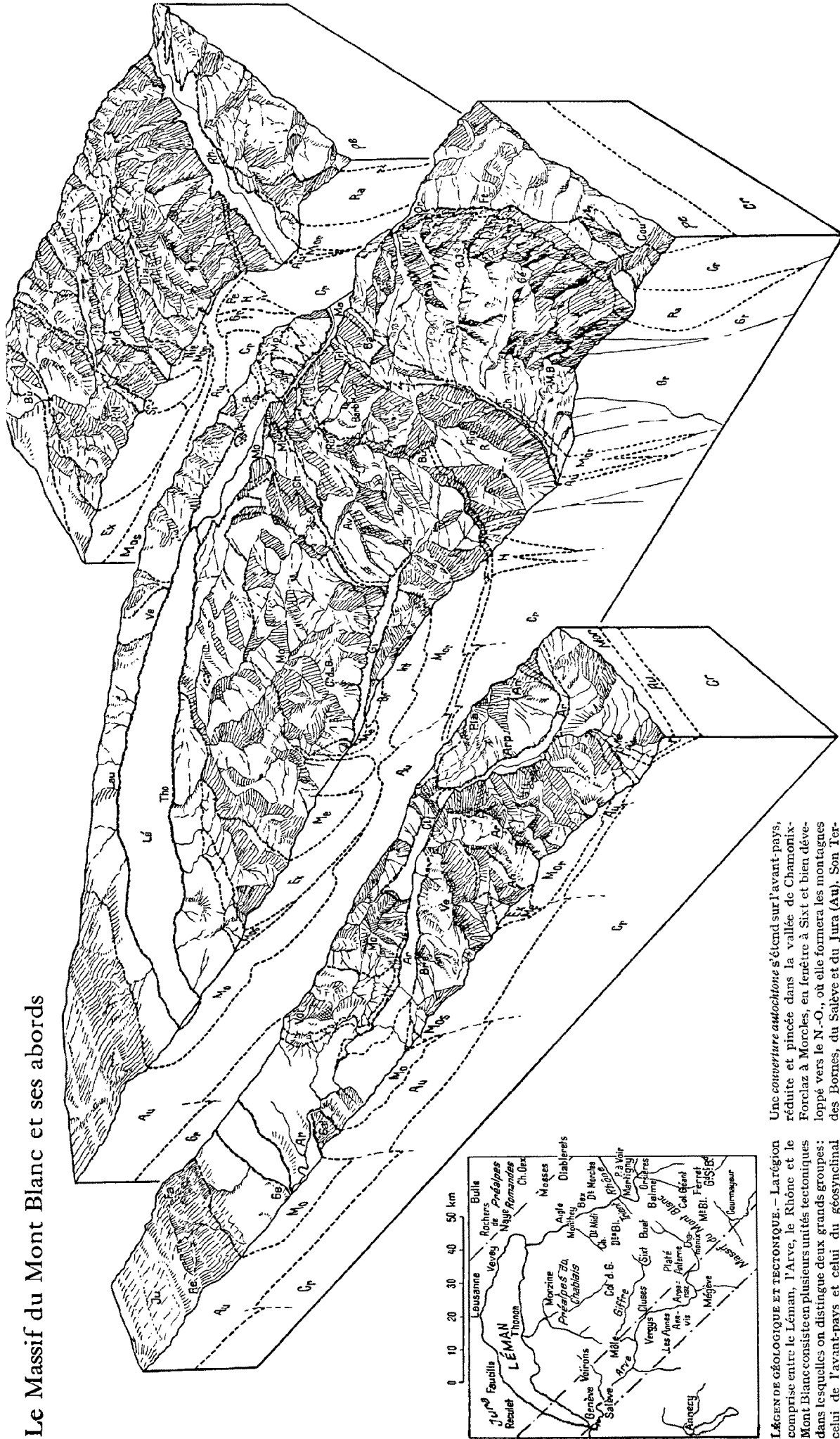
On sait qu'elles sont charriées, c'est-à-dire qu'elles ont été transportées et que leur aire d'origine ou racine se place en arrière du massif du Mont Blanc, dans le domaine pennique. Mais là s'arrêtent les certitudes.

L'écorce terrestre nous montre ici un domaine limité mais très démonstratif. On voit une petite partie de la bordure d'un continent qui englobait l'Europe et l'Asie. Sa bordure sud, marquée ici par le Mont Blanc, est irrégulière et apparaît cassée et surélevée. Ce continent semble s'être comporté comme une grande unité rigide, sillonnée à trois reprises par des phases de plissements dont celui des Alpes est le plus jeune.

La bordure méridionale de cette grande entité eurasienne passe par le gros massif granitique du Mont Blanc. Elle longe une nouvelle zone qui se caractérise cette fois, par la souplesse très grande de son matériel ; c'est une zone mobile appelée géosynclinale qui jouerait en quelque sorte le rôle d'une articulation allongée entre le radeau eurasien et l'Afrique, autre immense entité rigide. Son axe serait très en gros l'actuelle Méditerranée.

Que s'est-il passé entre les deux continents ? Rapprochement gigantesque et compression de la zone mobile disent les uns, mouvements violents dans la zone

Le Massif du Mont Blanc et ses abords



Une *couverture autochtone* s'étend sur l'avant-pays, réduite et pincée dans la vallée de Chamoni-Forclaz à Morcles, en fenêtre à Sixt et bien développée vers le N.-O., où elle formera les montagnes des Bornes, du Saleve et du Jura (Au). Son Territoire a un faciès *lyssé* dans les chaînons des Bornes et *molassique* dans les parties basses du Rhône et de l'Arve ainsi que dans la cuvette lémanique jusqu'au Jura (Mol. et Mol. sub.). La molasse subalpine est un faciès interne écaillé sur la partie autochtone. — La *nappe de Morcles-Aravis* est caractérisée par un style plastique de plis en cas-

LÉGENDE DE GÉOLOGIQUE ET TECTONIQUE. — L'arétion comprise entre le Léman, l'Arve, le Rhône et le Mont Blanc consiste en plusieurs unités tectoniques dans lesquelles on distingue deux grands groupes: celui de l'avant-pays et celui du géosynclinal alpin. — L'avant-pays comprend un socle commun à tout l'Ouest Européen formé de schistes cristallins et de granite (Cr et Gr) plissés et déformés avant et pendant l'orogénèse hercynienne et repris par le plissement alpin. Ce sont les massifs du Mont Blanc et des Aiguilles Rouges de Chamoni, homologues de Belledune et du Pelvoux. —

cadres bien connus dans la vallée de l'Arve, aux Dents du Midi et à Morcles. La *nappe des Diablerets* lui fait suite vers le N.-E. (Mo-Dia). — Les *nappes préalpines* (Préalpes externes: Ext, Pré-Mo-Dia). — Les *nappes préalpines* (Préalpes internes: Int, Préalpes médianes, Brèche, Simme, Niesen) reposent tantôt sur l'autochtone tantôt sur la nappe de Morcles-Aravis. Le bloc perspectif montre surtout la grande masse pré-alpine du Chablais. — Le *géosynclinal alpin* figure ici dans sa partie frontale piémontaise. Ce sont les plis massifs de la nappe des Mischabel-Briançonnais appartenant au domaine permien (Pe). Sa partie antérieure repose contre le massif du Mont Blanc par l'intermédiaire de la zone des racines (Ra) des nappes helvétiques et de quelques unités préalpines. L'autochtone est partiellement conservé. Il n'a pas été différencié dans le dessin.

mobile intermédiaire sans rapprochement, disent les autres. Cette dernière zone mobile montre d'immenses plis qui forment les Alpes du Piémont et viennent s'appliquer contre le Mont Blanc en le déformant violemment.

Lors du rétrécissement entre le bord de l'Europe et les terrains du géosynclinal, du matériel en excès aurait débordé de cette zone géosynclinale et se serait déversé sur l'avant pays au delà du Mont Blanc.

Ce seraient les Préalpes.

On mesure, par ce que je viens de dire, les progrès accomplis dans nos connaissances depuis bientôt deux siècles.

A l'époque d'H.-B. DE SAUSSURE tout était à découvrir dans ce monde encore inexploré de la chaîne alpine, dans le Mont Blanc en particulier¹. De nos jours, nous disposons d'un matériel considérable d'observations et la plupart d'entr'elles sont non seulement des vues locales sur une chaîne plissée mais elles ont permis d'aborder les grands problèmes de la formation de l'écorce terrestre : l'origine du granite, le comportement des socles continentaux et des fonds géosynclinaux, celui de leur couverture et les styles de plissements. Il reste encore bien des chapitres à écrire sur le métamorphisme, la chronologie absolue, la granitisation et d'autres questions générales.

Les hypothèses sur la géologie de ces régions se sont succédées plus activement ici qu'ailleurs².

Ainsi s'est vérifiée la belle prédiction du grand savant genevois :

« Mais c'est surtout l'étude des montagnes qui peut accélérer les progrès de la théorie de ce globe.

¹ D. FRESHFIELD, *La vie d'H.-B. de Saussure*, Trad. E. PLAN (Atar. Genève. 1920).

² K. F. MATHER et S. L. MASON, *A source book in geology* (Mac Graw Hill. New-York 1939).

Les plaines sont uniformes; on ne peut y voir la coupe des terres et leurs différents lits qu'à la faveur des excavations qui sont l'ouvrage des eaux ou des hommes...

Les hautes montagnes au contraire, infiniment variées dans leur matière et dans leur forme, présentent au grand jour des coupes naturelles d'une très grande étendue où l'on observe avec la plus grande clarté...» (*Voyages*, Discours préliminaire, p. VII).

Summary

The *Société des Arts* of Geneva is celebrating this year its 175th anniversary. This event has seemed to be an excellent opportunity to look back into the past of this old institution which has been the center of the intellectual life of Geneva for nearly two centuries.

One of its founders was H.-B. DE SAUSSURE, philosopher, botanist and considered as the leading pioneer of alpine geology. His *Voyages dans les Alpes* summarize his whole life devoted to the descriptive geology of mountain chains, mainly the Alps. They give a clear view of the theories and the philosophy of this realm of natural science at the end of the XVIIIth century.

The Mont Blanc massive, among many others, has been carefully analyzed by DE SAUSSURE, who described its granite, crystalline schists and sedimentary environments. He spent many months collecting specimens all over the slopes of the French, Italian and Swiss parts of the mountain, climbing to the top and even camping two weeks among the glaciers of the Col du Géant.

He brought back an immense amount of original observations, which, added to the rest of his explorations, made him the founder of this part of field alpine geology. He always tried to think objectively, being particularly sceptic toward the many systems and theories of his time.

Nowadays, the Mont Blanc is no more considered as the rest of the bottom of an ocean, or an island. Modern geology speaks of the Euroasiatic continent, of which the high granitic mountain mass is the border. On its southern side there is a mobile and plastic belt of folds, the Pennine nappes, forming most of the mountains of the Briançonnais, Piemont, and Valais.

H.-B. DE SAUSSURE's highest merit is to have shown in early times that the key to the theories about the earth's formations lies in the mountain structures of our planet.