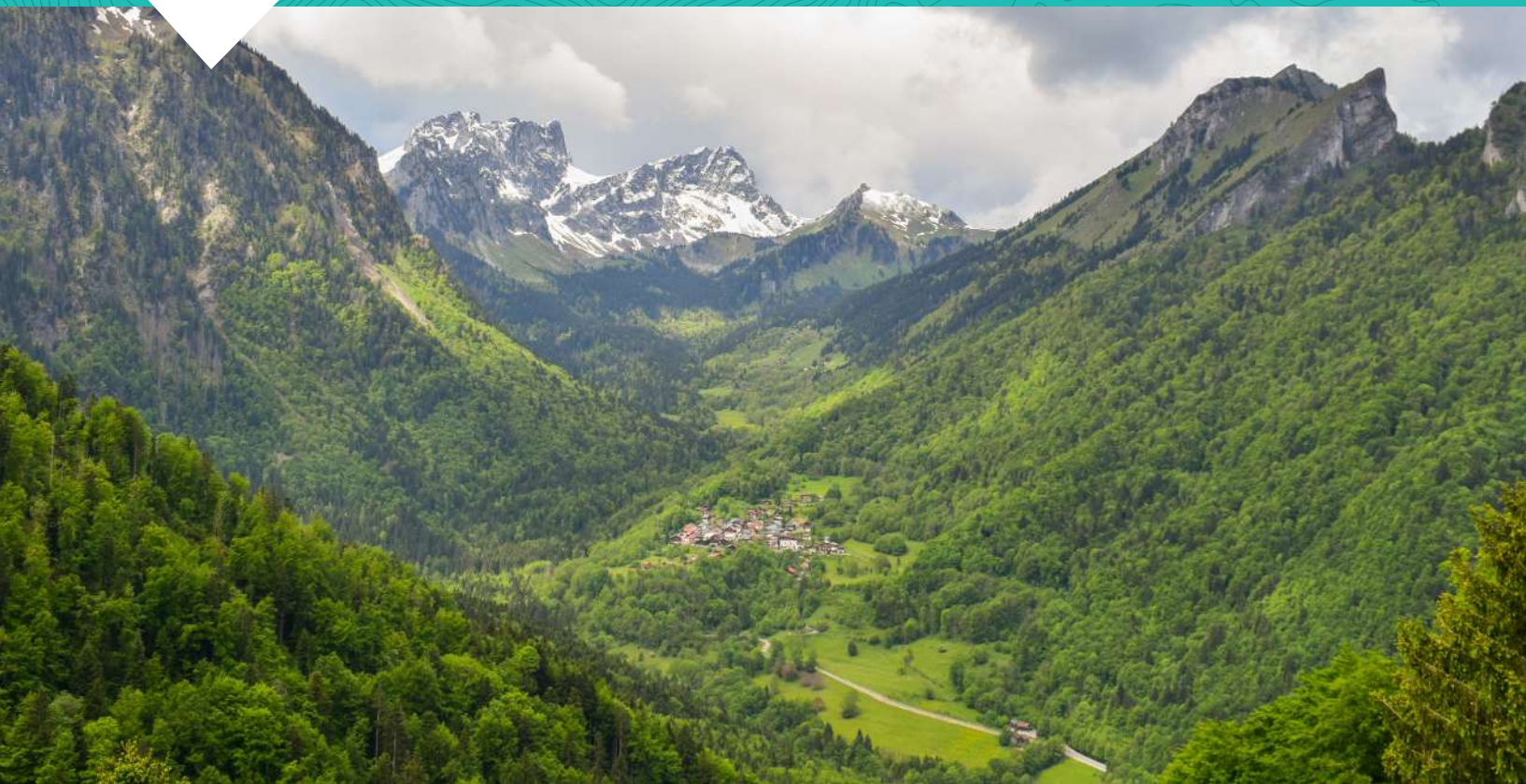


LE PATRIMOINE GLACIAIRE DU CHABLAIS





Rédacteurs

Elie Campel et Nathan Chaillou
Syndicat Intercommunal d'Aménagement du Chablais - SIAC

Graphisme et mise en page

Maxence Pareyt - Galatea Studio

Impression

Fillion Imprimerie

Dépot légal

Juin 2025

Tirage

3000 exemplaires

Crédit photo couverture : Vallée glaciaire de Novel © N.Chaillou - SIAC

2025, année internationale de la préservation des glaciers !

En publiant ce livret, consacré aux vestiges laissés par les glaciers, ces témoins d'une époque lointaine, le Géoparc mondial UNESCO du Chablais propose un éclairage scientifique et accessible sur l'histoire de ces géants de glace qui, autrefois recouvraient le territoire du Chablais. Même si tous ses glaciers ont disparu à ce jour, le territoire conserve d'importants vestiges. Qu'il s'agisse de galets, de pierres, de blocs erratiques, de végétation, leurs vestiges sont omniprésents dans nos paysages, parfois visibles à l'œil nu mais, souvent insoupçonnés, dissimulés dans des recoins, jusque dans les pierres des murs des maisons. Les glaciers anciens ont façonné nos paysages, à des échelles dans l'espace, et plus encore dans le temps, extrêmement longues.

Garant de la mémoire collective, le Géoparc du Chablais, en s'intéressant aux glaciers, depuis leur formation, puis leur évolution et jusqu'à leur complète disparition du territoire, les inscrit aussi dans le contexte de réchauffement climatique actuel. Il valorise les liens forts qui lient l'Homme à ces patrimoines et montre aux visiteurs un territoire aussi riche en histoire géologique qu'en paysages à couper le souffle.

Ce livret est le troisième d'une collection consacrée à la thématique générale des patrimoines chablaisiens, après avoir exploré les Lacs du Chablais puis, les relations entre Littérature et Géologie en Chablais.

Marie-Pierre Berthier

Vice-Présidente du SIAC en charge du Géoparc mondial UNESCO du Chablais

Il y a des bons et des mauvais fantômes. Des fantômes qui font peur, peuplent nos vies et nos nuits de terreur, nous racontent des histoires tristes. D'autres fantômes qui nous accompagnent, nous inspirent, veillent sur nous, éclairent nos chemins. Disparus avec le réchauffement de la planète lors de la fin de la dernière [glaciation](#) il y a 10 000 ans, les glaciers du Chablais sont de gentils et vieux fantômes que plus grand monde ne voit et n'écoute. Pourtant, ils sont partout. Ils ont façonné les paysages, abandonnant par malice quelques traces de leur passage et ont permis le développement des conditions de vie (relief, eau, sols, etc.) si agréables, des sommets chablaisiens à la cuvette du Léman, creusée par le grand glacier du Rhône.

L'étude des glaciers, en particulier dans les Alpes où leur vitesse de disparition depuis les années 2000 est la plus rapide sur Terre, s'apparente chaque jour davantage au triste accompagnement des mourants. À faire naître des fantômes dans les paysages, l'Humanité ne sait pas ce qu'elle doit à ces écosystèmes clés de voûte qui influencent le climat, le cycle de l'eau douce, le niveau et le fonctionnement des océans, l'habitabilité et la prospérité du monde à [l'Anthropocène](#). Sinon, elle ne les ferait pas fondre si vite, générant des conséquences inédites en cascade partout sur Terre.

À chacun ses fantômes et le choix de nourrir les mauvais ou les bons. Chérir, écouter, agir pour les glaciers encore présents sur Terre, encore largement sauvables en atténuant au maximum le dérèglement climatique d'origine anthropique et en les protégeant dans les territoires ou dans la loi des appétits miniers sans limites, constitue une belle manière d'être au monde en 2025, Année Internationale de la Préservation des Glaciers. Et aux territoires, comme celui du Géoparc du Chablais, où les glaciers ne sont plus là, d'écouter ces lointains compagnons, quand ils nous racontent leur histoire et nous engagent à prendre soin des écosystèmes féconds et fragiles émergés de leur disparition.

Jean Baptiste Bosson
Glaciologue, directeur de Marge Sauvage

PARTIE 1

POURQUOI PARLER DES GLACIERS DANS LE CHABLAIS ?

Le Chablais est un territoire doté d'une riche histoire géologique. Celle-ci a démarré il y a plusieurs centaines de millions d'années ; elle a été très active durant les derniers millénaires et l'est encore aujourd'hui pour façonner le paysage de demain. Une partie de cette histoire se déroule durant les dernières **glaciations** de la période géologique récente, appelée **Quaternaire** (de -2,58 Millions d'années à aujourd'hui). En effet, les glaciers développés à cette époque ont marqué le territoire d'une empreinte quasi indélébile, que l'on peut étudier aujourd'hui dans le paysage. Cette étude nous permet, par la même occasion, de retracer l'histoire des glaciers. Étudier ces témoins glaciaires est important pour comprendre notre passé et appréhender notre futur. De même, célébrer et protéger ces patrimoines est tout aussi important car ils font partie d'un devoir de mémoire de la Terre à perpétuer. C'est pourquoi il est capital de prendre conscience de l'ampleur des patrimoines naturels qui nous entourent afin de mieux les protéger et en transmettre les connaissances associées.



© SIAC, photographe A. Berger

Panorama depuis la commune de Reyvroz © A. Berger

Milutin Milankovitch (1879-1958)

Milankovitch a mis en évidence une cyclicité des paramètres orbitaux indiquant une cyclicité du climat. Durant la première partie du **Quaternaire**, la forme de l'orbite terrestre était plus elliptique qu'aujourd'hui et son axe de rotation était plus incliné. Donc, à certains moments, l'hémisphère Nord (ou Sud) était beaucoup plus éloigné du Soleil qu'aujourd'hui. Ce positionnement explique pourquoi les températures étaient plus froides et favorisaient l'**avancée** des glaciers. Ces paramètres cosmiques changent de manière cyclique : Ce sont les cycles de Milankovitch.

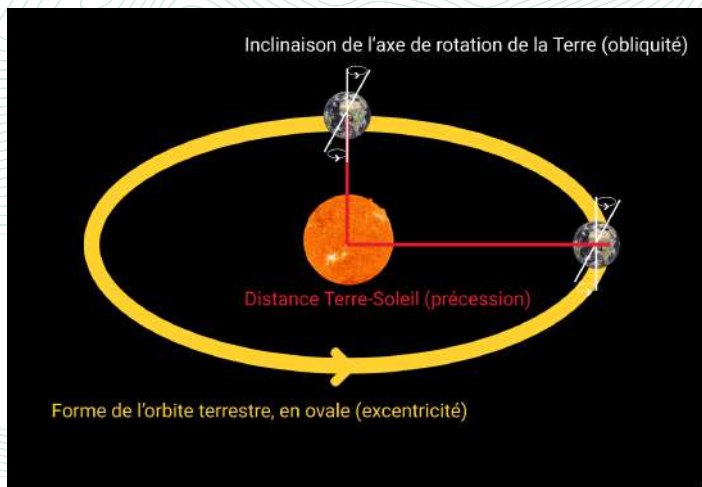


Schéma des paramètres orbitaux © E. Campel - SIAC



Extension des glaciers en Europe lors de la dernière glaciation © S. Coutterand

LA FORMATION DES GLACIERS

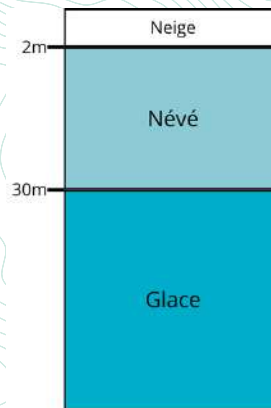
La glace qui constitue les glaciers est formée à partir de neige. En haute altitude, les températures sont bien plus froides qu'en plaine (0,6°C en moins par 100 m d'altitude). Les précipitations sont solides et forment alors ce qu'on appelle les neiges éternelles. Lors de la saison froide, la neige s'accumule et constitue un **névé**. Au fil des années, les couches de neige s'entassent. Les niveaux inférieurs se transforment alors peu à peu en glace sous l'action de la pression exercée par la masse des couches supérieures.

La plupart des glaciers se forment dans un **cirque glaciaire**, où la glace se forme et s'accumule avant de dévaler la montagne. La glace est un fluide, elle s'écoule donc le long de la pente en suivant les reliefs déjà établis, les **vallées fluviales**.

Durant les dernières **glaciations**, tout le territoire du Chablais, à l'exception de quelques sommets, était recouvert par le glacier du Rhône et les glaciers des vallées locales. Le glacier du Rhône, qui prend sa source en Suisse, s'étendait jusqu'aux alentours de l'actuelle ville de Lyon. Ce sont les mouvements de ces glaciers qui ont modelé le territoire du Chablais au fil des glaciations.



Le glacier du Rhône en 2011



Accumulation de neige en névé puis en glace © E. Campel

LES GLACIERS BOUGENT-ILS ?

En suivant les reliefs, les glaciers arrachent, déposent de la roche et sculptent un nouveau paysage. Mais comment font-ils pour les remodeler autant ? Lorsque les premiers glaciologues ont étudié ces changements, il a bien fallu se rendre à l'évidence : les glaciers bougent !

Les scientifiques ont débattu pendant les deux derniers siècles avant d'accepter un consensus : les glaciers se déplacent selon deux modes principaux :

Le glissement

Lorsque les glaciers atteignent des températures proches de 0°C comme durant les périodes estivales, la glace située à l'interface avec la roche se met à fondre. La forte pression qui y règne peut faire fondre la glace même à des températures négatives. Une couche d'eau est alors créée entre la glace et la roche et agit comme une sorte de lubrifiant qui entraîne le glissement de la masse glaciaire sur le substrat rocheux.

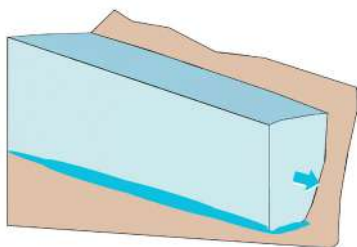


Schéma montrant le glissement d'un glacier - Modifié d'après S. Coutterand

La déformation

Sous son propre poids, la glace se comporte comme un fluide, se déforme et s'écoule dans la pente. Les frottements ralentissent le mouvement sur les bords et en profondeur, ainsi le glacier avance plus vite en surface et au centre. Cette différence de vitesse provoque une déformation à l'intérieur du glacier.

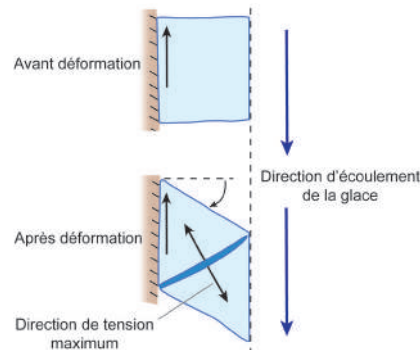
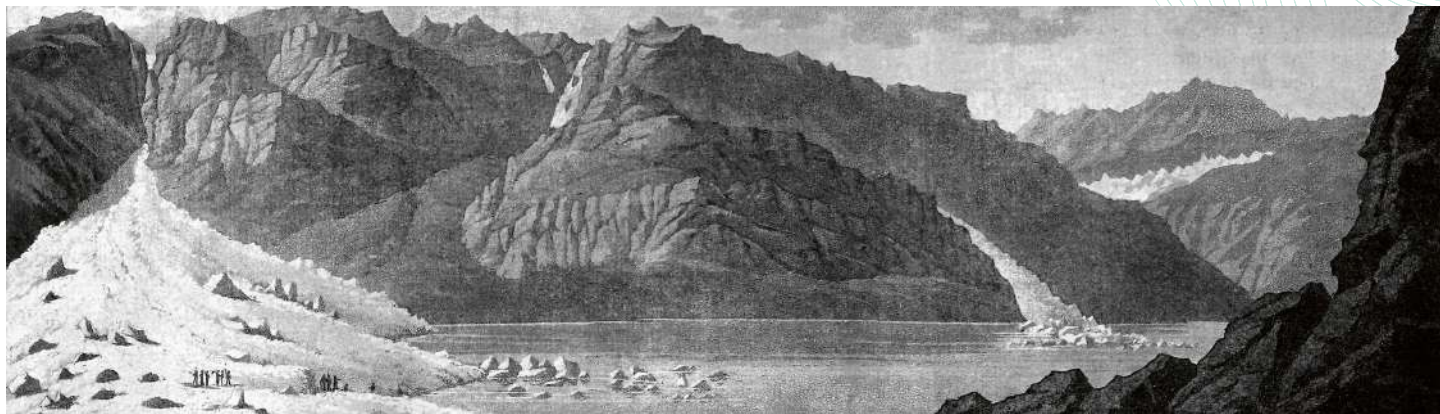


Schéma montrant la déformation dans un glacier © S. Coutterand

PETIT ÂGE GLACIAIRE ET AVANCÉE DES GLACIERS

Les archives et les mesures de ces dernières années montrent que le climat a également beaucoup varié durant les deux derniers millénaires. On sait, aujourd'hui, que pendant près de cinq siècles, entre 1250 et 1860 environ, l'Europe a connu une période très froide que l'on nomme "Petit Âge Glaciaire". Or, les archives relatives à ces époques font état d'une avancée significative des glaciers. C'est d'ailleurs la présence de plus en plus importante des glaciers qui poussera les scientifiques à les étudier à partir du XVIII^e siècle.

L'**avancée** des glaciers, pendant le Petit Âge Glaciaire, a provoqué de nombreux dégâts, destructions d'habitations, d'alpages, voire de villages entiers. Un de ces événements est considéré comme le lancement de l'étude des glaciers : la catastrophe du Giétro. En 1818, dans le Valais Suisse, un glacier barre la route de la Dranse. L'eau de la rivière s'accumule pour former un très grand lac de 3 km de long et 60 m de profondeur. Ce lac exerce une telle pression sur le glacier que celui-ci cède et ravage toute la vallée, faisant 50 victimes. De nombreux scientifiques se rejoignent alors sur place et entament l'étude des glaciers qui mènera à la conclusion, inévitable, de leur extension passée. Cette idée dépassait l'imagination à l'époque.



Dessin du lac formé par le barrage de glace. Dessin non signé, attribué à T. Steinlen

Les glaciers étaient considérés comme des menaces à l'époque du Petit Âge Glaciaire, leur pouvoir destructeur ayant entraîné des conséquences désastreuses sur des villages. Ils ont souvent été représentés comme ici avec une forme démoniaque, associée à ce serpent ou dragon.



Wilderwurm Gletscher.
Dessin de H.G Willink, 1892

Le refroidissement du Petit Âge Glaciaire a entraîné l'avancée des glaciers mais il a eu également d'autres conséquences.

Certains exemples illustrent bien l'ampleur du refroidissement. La ville de Venise avait l'habitude de stopper ses échanges avec certaines îles alentour lors des hivers rudes. L'eau de la baie gelait et empêchait la circulation des bateaux. À l'époque du Petit Âge Glaciaire, les hivers étant encore plus froids, l'épaisseur de la glace permettait la circulation à pied pour ravitailler les îles.



Musée Correr, Venise, huile sur toile

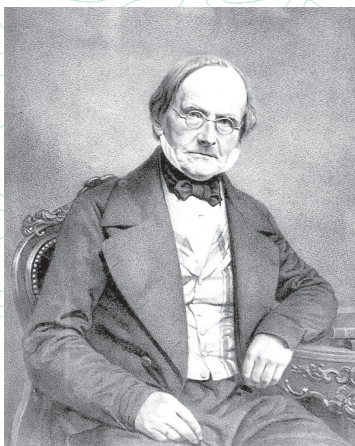
PARTIE 2

NOS GLACIERS DU PASSÉ

Les découvertes glaciaires

La glaciologie ou l'étude des glaciers, est née au XIXe siècle en Suisse avec la catastrophe du Giétro, notamment. Cependant, cela faisait déjà longtemps que des penseurs et scientifiques s'étaient intéressés aux nombreuses traces observables dans le paysage, qui n'étaient pas encore attribuées aux glaciers. En effet, le passage d'un glacier laisse un grand nombre de structures observables sur les roches, dans le paysage et dans les dépôts sédimentaires.

Dans cette partie, mettons nous à la place des scientifiques et des explorateurs qui ont étudié les traces des glaciers et voyons les preuves qui aboutissent à la même conclusion qu'eux : le Chablais était autrefois recouvert de glace.

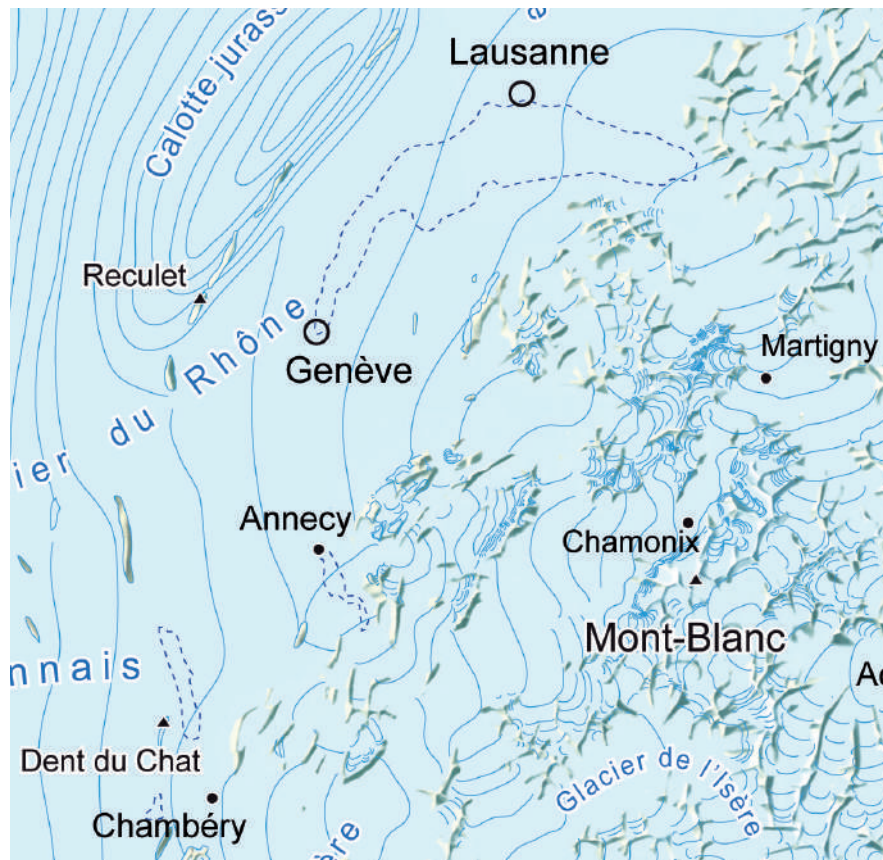


Jean de Charpentier, scientifique allemand ayant étudié les **blocs erratiques** et les glaciers en général



La Pierre à Martin à Ballaisson © N. Chaillou - SIAC

La connaissance du territoire permet d'affirmer que le Chablais était autrefois recouvert de glace. Comment en est-on arrivés à cette conclusion ?



Carte d'extension des glaciers sur le Chablais © S. Coutterrand

PREMIERS INDICES : CES VALLÉES AUX FORMES ÉTRANGES

Les scientifiques de l'Antiquité, notamment Pline l'Ancien, avaient déjà compris que ce sont les rivières qui creusent les vallées. Le profil de ces vallées, vues depuis l'aval du cours d'eau, forment un V caractéristique. Cependant, ils ont aussi remarqué que certaines vallées ne présentaient pas cette morphologie typique mais, prenaient plutôt une forme de U ou d'auge. Avec le développement du christianisme, ces formes ont longtemps été associées au Déluge, qui aurait créé des fleuves suffisamment larges pour creuser ces vallées.

Or, c'est avec les premières expéditions sur les glaciers (XVIIIe - XIXe siècle) que les scientifiques ont compris que ces vallées étaient creusées par le passage d'un glacier. Un glacier ne peut pas créer de vallée seul, il emprunte une **vallée fluviatile** et la creuse sur son passage. Lorsque la glace fond, un lac se crée dans le fond de la vallée. Le lac se remplit petit à petit de sédiments et aménage ce fond "plat", caractéristique de l'auge glaciaire.



Pline l'Ancien, savant de l'Antiquité s'étant intéressé aux vallées alpines



Vallée d'Abondance, une vallée glaciaire typique © N. Chaillou

Les glaciers ont un pouvoir d'érosion beaucoup plus grand que celui des rivières. Lors du mouvement du glacier, les parois latérales opèrent une sorte d'abrasion de la roche, creusant des vallées de plus en plus larges, aux pentes plus abruptes que celle des vallées fluviales classiques. Le glacier emporte alors de très grands volumes de roche qu'il peut déplacer sur de grandes distances.



Profil en U ou en Auge de la vallée d'Abondance © N. Chaillou

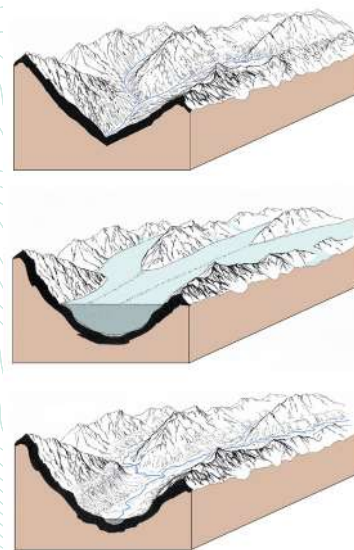


Schéma représentant les étapes de formation d'une vallée glaciaire © S. Coutterand

DES MORCEAUX DE MONTAGNE AU MAUVAIS ENDROIT ?

Dès le début du XVIIIe siècle, certains se questionnent sur la présence mystérieuse de gros blocs dans le paysage. L'étude des roches est émergente et nombreux sont les savants et scientifiques qui s'intéressent à leur composition. Ces curieux blocs semblent avoir une origine lointaine et ne devraient pas se trouver à ces endroits, ils sont alors nommés "**blocs erratiques**". Des blocs de granite se trouvent au milieu d'un paysage dominé par les roches calcaires et attirent de plus en plus de savants. Toutes sortes de théories sur le transport des blocs voient le jour : le Déluge, des explosions de gaz, un passage par des cavités souterraines.

La question demeure : comment des rochers massifs, qui peuvent peser plusieurs centaines de tonnes, ont pu se déplacer si loin de leur point d'origine ? Ce n'est qu'en 1795 que le géologue écossais, James Hutton, propose, dans sa Théorie de la Terre, l'idée "d'immenses vallées de glace [...] transportant de gros blocs de granite à grande distance".



James Hutton

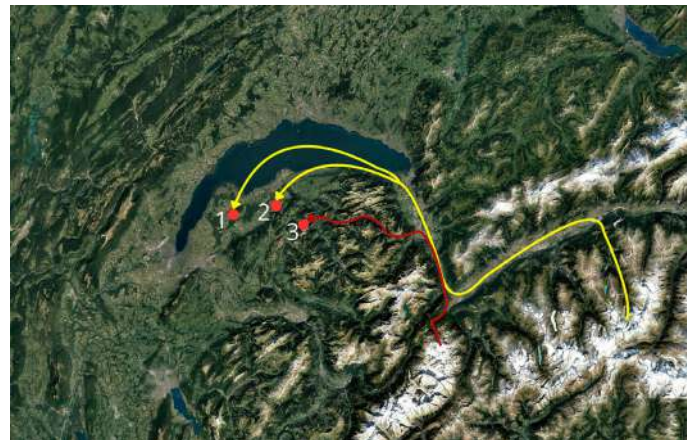


Pierre du Diable à Allinges © T. Garcia



Pierre d'Amour, bloc erratique dans le Léman © P. Roux

James Hutton était sur la bonne piste ! D'autres scientifiques se sont succédés pour étudier les **blocs erratiques** ainsi que les glaciers encore présents à la fin du petit âge glaciaire. Ils sont arrivés à la conclusion que ces blocs ont été transportés par des glaciers qui s'étendaient beaucoup plus loin que ceux de leur époque. En effet, aujourd'hui, le chemin de la plupart de ces blocs a été reconstitué et corrélé avec l'extension des glaciers il y a 30 000 ans. Ainsi, on sait pourquoi on retrouve des blocs de granite du Mont Blanc ou d'autres massifs suisses dans le Chablais, à quelques centaines de kilomètres de leur implantation d'origine.



Carte retraçant le chemin parcouru par certains blocs erratiques : 1 - La pierre à Martin (Ballaison) ; 2 - La pierre du Diable (Allinges) ; 3 - Granite du Mont Blanc (La Buchille) © E. Campel

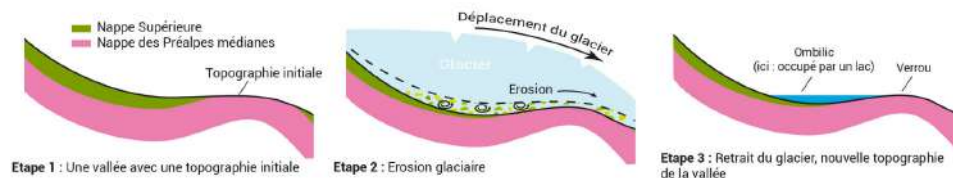


Pierre à cupules dans la forêt de Planbois © T. Garcia

L'intérêt des humains pour ces blocs mystérieux remonte bien avant l'histoire moderne. De nombreux blocs erratiques présentent des traces réalisées par des civilisations préhistoriques. Sur la pierre du diable à Allinges par exemple, on retrouve de mystérieuses **cupules** creusées au sommet. Il y en a aussi, plus facilement observables, sur la Pierre-du-Carreau à Sciez.

GLACIERS SCULPTEURS

Lorsqu'un glacier avance, il érode la surface rocheuse avec laquelle il est en contact. Cependant, certaines roches sont plus résistantes que d'autres et il arrive que le glacier n'arrive pas à les éroder. Il se forme ce que l'on appelle un **ombilic**, qui est associé à un **verrou**, la bande de roche plus dure qui n'a pas été érodée. Cette bande crée un obstacle sur la pente, la glace s'accumule alors dans la dépression et forme l'ombilic. Lors du **retrait** du glacier, cette dépression est remplie par de l'eau de fonte et de pluie, formant un lac.

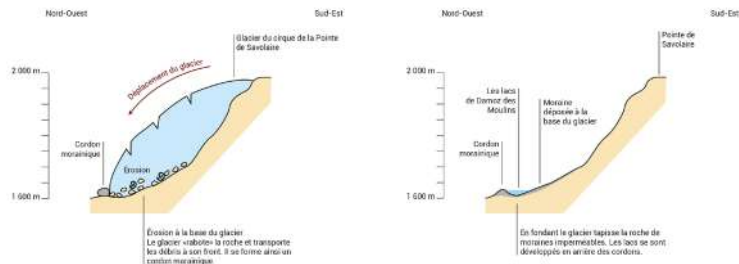


Formation d'un lac grâce à un ombilic et un verrou © SIAC



Ignace Venetz : Ingénieur ayant limité la catastrophe du Giétro en drainant le lac

Grâce à son pouvoir érosif, le glacier emporte sur son passage des débris de roches dont la taille peut aller de la poussière jusqu'au bloc de plusieurs tonnes. Ces dépôts, appelés **moraines** glaciaires sont déplacés jusqu'au-devant du glacier, le **lobe frontal**, où ils vont s'accumuler. Il arrive que cette moraine forme un cordon qui agit comme un verrou qui peut mener à la formation d'un lac.



Création d'une moraine et du lac associé © SIAC

Le **retrait** d'un glacier fragilise le paysage, menant à des événements pouvant former des lacs. Lors de son passage, un glacier arrache, petit à petit, des morceaux de roche des parois latérales de la vallée, créant des pentes abruptes. Ces pentes sont instables et peuvent entraîner le glissement des sols sous l'effet de la gravité et de l'humidité. Lors de glissement de grande ampleur, les débris tombés peuvent barrer le cours d'une rivière et créer un nouveau lac.



Lac de Montriond, créé par un glissement de terrain © N. Chaillou



Pour en savoir plus sur les lacs,
scannez ce QR code afin de retrouver
notre livret sur les lacs du Chablais.

PLUSIEURS GLACIATIONS ?

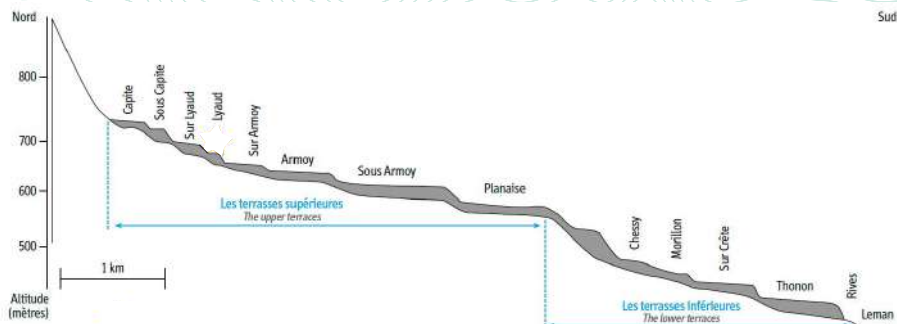
En 1858, Adolphe Morlot, géologue Suisse découvre des dépôts morainiques dans la vallée de la Dranse. Il observe une alternance entre des dépôts d'origine glaciaire et des dépôts fluviatiles, amenés par une rivière.

Selon lui, le glacier a déposé une couche de sédiments, puis lors de son **retrait**, une rivière s'installe et dépose à son tour une couche de sédiments différents au même endroit. L'alternance qu'il a observée est composée de plusieurs successions de couches de sédiments glaciaires et fluviatiles. Adolphe interprète cette alternance de dépôts comme des changements successifs entre périodes froides (**avancée** du glacier) et périodes tempérées (retrait du glacier et arrivée de la rivière). Il pose alors les bases de sa théorie de plusieurs **glaciations** successives, alors que la communauté scientifique pensait qu'il n'y avait eu qu'une période glaciaire. Cette théorie a bousculé les croyances de l'époque puisque l'existence même d'une glaciation ancienne n'était pas encore admise. Des nouvelles études reprises sur ces dépôts, et sur d'autres dépôts dans la région, ont permis de valider les hypothèses de Morlot. En effet, il y aurait eu plusieurs dizaines de glaciations.

Les sédiments déposés sont principalement des sables et des graviers, comprenant des plus gros blocs calcaires déposés par le glacier.

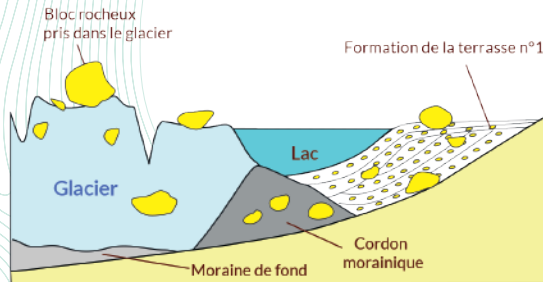


Adolphe Morlot

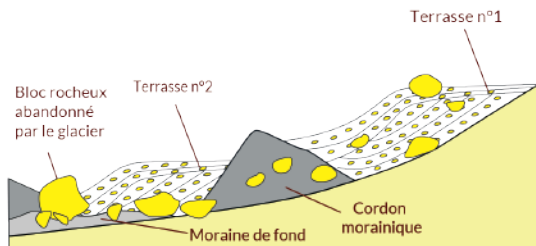


Les 14 terrasses fluvioglaciales de Thonon, modifié d'après E. Gagnebin, 1937

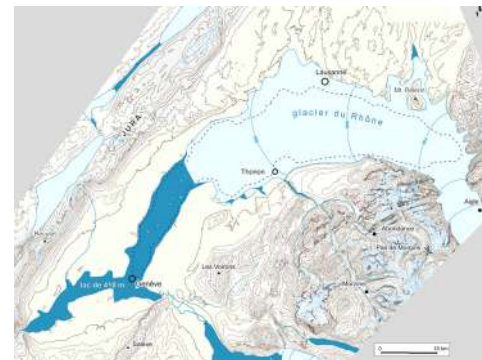
Les **terrasses** de Thonon sont composées de sédiments dits "**fluvio-glaciaires**". Le glacier du Rhône était bordé par des lacs, car il formait un barrage aux rivières. Des sédiments amenés par ces rivières se sont déposés au fond des lacs. Après le **retrait** du glacier, le lac se vide et il reste seulement le dépôt de sédiments, qui forme une terrasse. Chaque terrasse visible aujourd'hui correspond donc à un moment de stagnation d'un glacier durant son retrait.



Etape 1: Formation de terrasses par accumulation de sédiments (graviers, sables..) dans les lacs bordant le glacier.



Etape 2 : Formation d'une deuxième terrasse correspondant à une stagnation glaciaire plus récente.



Différents stades où le glacier du Rhône était stable pendant lesquels des terrasses se sont formées. En haut : Stade de Genève - 28 000 ans ; En bas : Stade du Petit Lac - 23 000 ans © S. Coutterand

Les lacs formés après le **retrait** des glaciers ne restent pas indéfiniment des plans d'eau. Une fois les glaciers disparus, l'érosion continue de façonner le paysage. La pluie, le vent et les rivières transportent des sédiments qui, au fil du temps, s'accumulent dans ces lacs et les comblent progressivement. Les cours d'eau qui les alimentent charrient des éléments de toutes tailles lors des crues, allant des microparticules d'argile aux gros blocs rocheux. Ces matériaux se déposent au fond et réduisent peu à peu la profondeur du lac. Lorsque la quantité de sédiments devient trop importante, le plan d'eau se transforme en une zone marécageuse.



Marais de Maravant © A. Berger

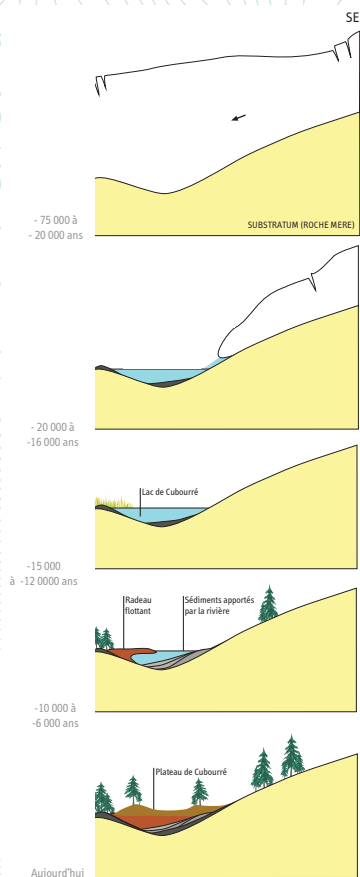


Schéma de comblement d'un lac © SIAC

La nature des sédiments joue un rôle clé dans cette évolution. Les particules fines, comme l'argile et le **limon**, retiennent l'eau et empêchent un drainage rapide. Le sol reste saturé d'humidité, ce qui favorise l'installation de plantes adaptées aux milieux humides, comme les roseaux ou les sphaignes. Ces végétaux contribuent eux-mêmes au comblement du lac en accumulant de la matière organique, accélérant la transition vers une zone humide. De plus, cette capacité à retenir l'eau présente un avantage grandissant dans le contexte du réchauffement climatique qui provoque des précipitations et des sécheresses toujours plus intenses. Ces zones agissent comme une zone tampon qui régule les niveaux d'eau et préserve d'autres habitats, ce qui en fait un élément crucial de nos écosystèmes.

De nombreux lacs **pérglaciaux** se sont transformés avec le temps mais leur trace n'a pas complètement disparu.

Le Pont du diable

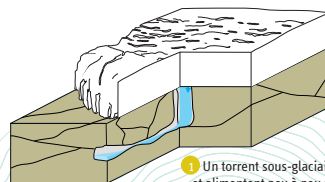
Une grande partie des roches du Chablais sont des calcaires, qui se sont formées par l'accumulation de sédiments sur le fond marin à la fin du Jurassique (il y a 150 à 140 millions d'années). La mer, dans laquelle les roches se sont formées, s'est ensuite refermée. C'est alors que les Alpes se sont érigées lors de la collision des continents emportant les calcaires du fond marin en altitude.

Le calcaire est une roche qui se dissout très facilement avec l'action de l'eau. On dit que c'est une roche sensible à l'érosion. Elle se dissout d'autant plus facilement lorsque l'eau est froide et chargée en CO_2 . Ce phénomène peut produire des cavités et des dépressions qu'on regroupe sous le terme de karst. Les karsts du Chablais sont des témoins du passage des glaciers, creusés par les eaux froides du torrent glaciaire qui circulait sous la glace.

Au fil du temps, le torrent a creusé de plus en plus les calcaires jusqu'à former des gorges, une figure typique de karst. On peut en observer dans le Chablais, aux gorges du Pont du Diable, sur la route de Morzine, à la Vernaz.

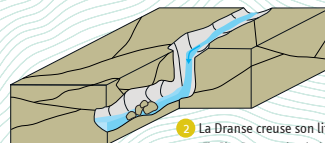


Les gorges du Pont du Diable à la Vernaz
© N. Chaillou - SIAC



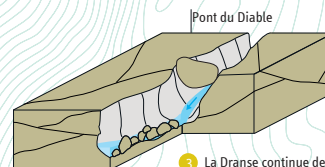
1 Un torrent sous-glaciaire crée son propre chemin et se perdant dans les fissures et alimentent peu à peu un réseau karstique.

A subglacial river created its own path and flowed through the fissures in the rock, little by little developing a karst network.



2 La Dranse creuse son lit et la cavité s'effondre sur elle-même.

The River Dranse continued to incise, the loss into the karst network continued. Cavities collapsed upon themselves.



3 La Dranse continue de creuser, la cavité continue de s'effondrer.

Un éboulement provenant des Rochers de la Garde a apporté le bloc qui constitue le Pont du Diable.

The River Dranse continued to erode down. The caves collapsed completely. Part of the Rochers de la Garde collapsed in a rock fall. The block of the Pont du Diable became wedged over the main section of the gorge. The Gorges du Pont du Diable took on the form that we see today.



Vue en coupe de la cavité et du Pont du Diable

Formation des gorges © SIAC

Le torrent glaciaire emporte des petits grains et des morceaux de roche dans ses eaux rapides. La force du torrent crée des tourbillons d'eau et ce mouvement, associé aux morceaux de roche, creusent le calcaire. Il en résulte des cavités circulaires que l'on nomme "Marmites de Géant". On peut également en observer aux gorges du Pont du Diable.



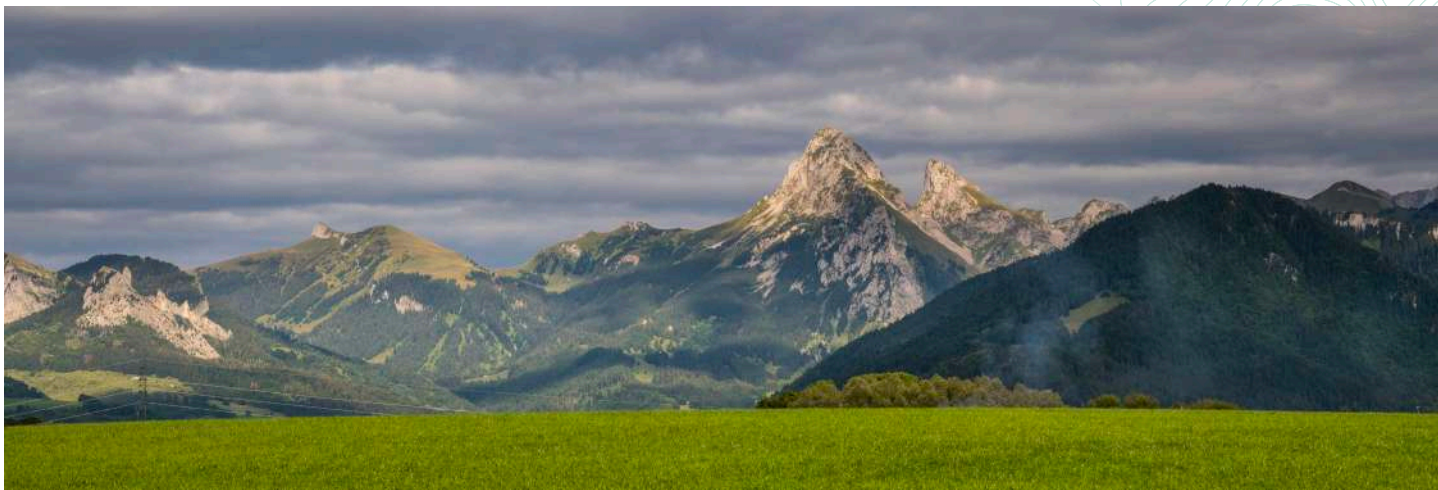
Marmites de Géant © N. Chaillou - SIAC

PARTIE 3

PATRIMOINE GLACIAIRE ET VIE DANS LE CHABLAIS

Les glaciers ont disparu dans le Chablais, mais leurs empreintes façonnent encore notre quotidien. Nous marchons chaque jour sur les traces de ces anciens géants de glace, sans en avoir toujours conscience. Le territoire du Chablais, modelé par les [glaciations](#) successives, porte encore les marques de cette histoire.

Au-delà des traces laissées dans le paysage, les vestiges glaciaires sont pleinement intégrés à nos vies. Les matériaux de construction, les produits du terroir, les eaux minérales, le tourisme, les activités de loisirs, etc., sont liés au patrimoine glaciaire. Dans cette partie, nous verrons comment ce dernier continue d'influencer notre quotidien et nous nous interrogerons sur l'empreinte que nous laissons sur cet héritage.



Plateau de Gavot, vue depuis le géosite de Champeillant © A. Berger

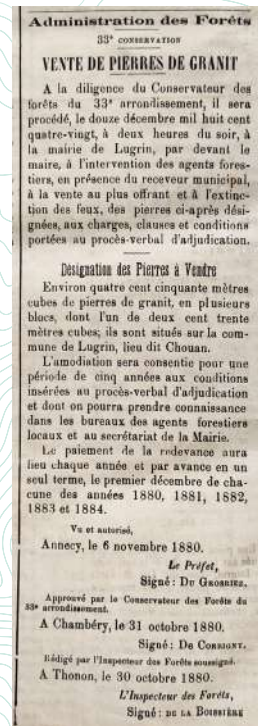
MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Les **blocs erratiques** (p.16) sont d'une part, très résistants et d'autre part, ont un aspect esthétique intéressant grâce à tous les cristaux qu'ils présentent. De plus, de nombreux blocs sont présents dans la région. Ces caractéristiques en font de très bons matériaux de construction. Ainsi, il n'est pas rare de trouver du Granite du Mont Blanc et du Gneiss du Valais dans les murs des maisons, les chasse-routes ou encore les pierres tombales.

Les glaciers ont déposé une grande quantité de sédiments sous forme de **moraines**. Ces dépôts sont principalement constitués de sables et de graviers. Aujourd'hui, ils sont exploités dans la construction.



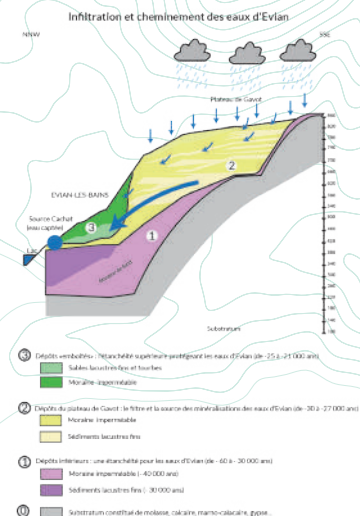
Marches en granite du Mont Blanc, église Saint Hippolyte à Thonon © N. Chaillou



Article du journal "LE LÉMAN" du 5 décembre 1880
© Académie chablaisienne

EAUX MINÉRALES

Il existe une grande richesse et une diversité d'eaux dans le Chablais. Les eaux minérales d'Evian-les-Bains et de Thonon-les-Bains sont emblématiques du patrimoine culturel et économique du territoire. Elles sont directement reliées aux anciens glaciers, puisqu'elles sont filtrées par les dépôts glaciaires. Lors des alternances entre **avancée** et **retrait** des glaciers, différentes couches de sédiments se sont succédé. L'eau de pluie s'infiltré dans le sous-sol et chemine pendant plusieurs années avant de sortir à la source. En traversant ces sédiments, l'eau se charge en éléments (Calcium, Magnésium, Potassium etc.) qui lui confèrent sa qualité. Ces eaux minérales directement liées à l'histoire glaciaire de ce territoire, en font la renommée.



L'impluvium d'Evian, le chemin que parcourt l'eau sous terre avant de sortir à Evian © SIAC - modifié d'après A. Triganon, 2002



Buvette Cachet à Evian © E. Campel



Champignon de la Versoie à Thonon © N. Chaillou

LE TERROIR DU CHABLAIS

Les **moraines** du Chablais sont constituées de sables mais aussi d'éléments plus grossiers, déposés par les glaciers. Lorsque ces derniers ont fini par se retirer, à la fin de la dernière glaciation, de grandes quantités d'eau ont traversé ces dépôts et ont transporté les éléments les plus fins, comme le sable. Ceci a eu pour effet de laisser un sol relativement grossier, qui draine efficacement et rend l'environnement idéal pour la culture du raisin. C'est pourquoi les vignobles du Chablais sont installés sur des dépôts glaciaires, comme le vignoble de Crépy sur le flanc Nord-Est du mont de Boisy.

Dans le Chablais, les terrains glaciaires sont plus favorables aux alpages que les terrains calcaires, car les plantes qui y poussent constituent une meilleure alimentation pour les animaux. La couche de sédiments laissée par les glaciers au-dessus des calcaires contient de l'argile, qui acidifie le sol. Cette acidité favorise la croissance d'autres plantes plus riches et plus nutritives. La qualité de nos fromages est donc indirectement liée aux glaciers présents il y a 30 000 ans. C'est le cas pour l'Abondance, dont l'AOC est garantie par l'utilisation du lait de trois races bovines : l'abondance, la tarine et la montbéliarde, élevées dans les montagnes chablaisiennes.

Les dépôts glaciaires n'influencent pas seulement le patrimoine agricole. Leur présence a aussi un effet sur les espèces sauvages, parmi lesquelles, certaines sont appréciées des cueilleurs. Les myrtilliers, par exemple, poussent préférentiellement sur des sols acides.



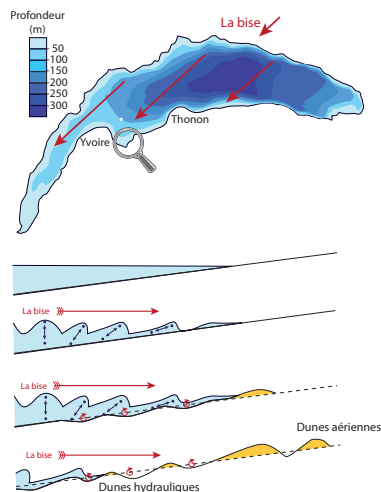
Alpage de Bise avec des vaches de la race Abondance © A. Berger



Vignoble de Crépy © A. Berger

EXCENEVEX

La plage d'Excenevex est un site bien connu du public, même si son origine glaciaire est certainement méconnue de la plupart. Il s'agit de la seule plage naturelle de sable du Léman. La plage a été formée grâce aux glaciers présents il y a 23 000 ans et est maintenue par des phénomènes naturels encore présents aujourd'hui. En effet à cette période, une nouvelle **avancée** des glaciers, suivie d'un **retrait**, a provoqué une accumulation de sable et autres dépôts **morainiques** sur le fond du lac en formation. Plusieurs mètres d'épaisseur de sédiments ont été déposés, puis remaniés par la houle. Les vagues créées par un vent direction Nord-Est/Sud-Ouest connu sous le nom de Bise, heurtent la rive Ouest du Golfe de Coudrée. L'action du vent alliée à cette géographie particulière génère des dunes lacustres. C'est un phénomène très rare puisqu'il n'y a qu'un seul autre site présentant cette caractéristique en Europe : le lac Balaton en Hongrie.



Formation des dunes par l'action de la Bise © SIAC



Dunes d'Excenevex sur la plage © S. Justice

Mais le phénomène ne s'arrête pas là ! Le niveau du lac pouvait varier de près de 2 mètres en fonction du débit des rivières. Le niveau du lac baissait en hiver et les dunes, formées sous l'eau, émergeaient et se transformaient en dunes éoliennes.

Aujourd'hui, ces dunes forment un écosystème riche et diversifié, qui rend ce site rare encore plus important à préserver.

Il existe également une falaise dans la zone de la plage qui présente des figures sédimentaires caractéristiques. Des dépôts dans cette falaise traduisent la présence des glaciers ainsi qu'un niveau du lac de trois mètres supérieur à l'actuel. On retrouve également des dunes fossiles parmi les dépôts **fluvio-lacustres** de l'époque, montrant que ce phénomène n'est pas récent.

Aujourd'hui, la plage étant très fréquentée l'été, des infrastructures sont mises en place afin de limiter le mouvement du sable et la création des dunes éoliennes, ce qui constitue une menace pour la géodiversité ainsi que la biodiversité sur ce site.



*Dunes éoliennes au niveau de la roselière de Sciez
© S. Justice.*

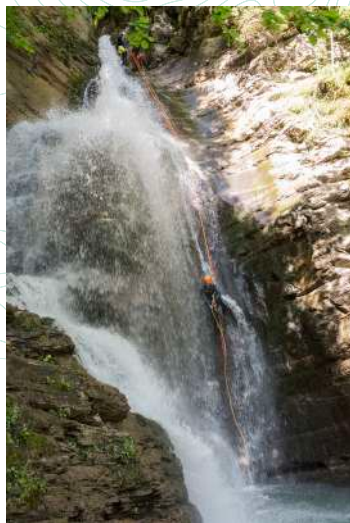


Falaise à Excenevex montrant les niveaux anciens du lac, supérieurs à l'actuel © E. Zachcial

HÉRITAGE PAYSAGER ET ACTIVITÉS DANS LE CHABLAIS

Le territoire du Chablais, entre lacs et montagne, offre un grand nombre d'activités sportives et de loisirs qui permettent de découvrir les témoins des glaciations : la randonnée, l'escalade, le canoë, le rafting, le canyoning et bien d'autres.

Certains sites naturels emblématiques du Chablais, qualifiés de géosites, ont été aménagés par le Géoparc avec des panneaux informatifs. Ils permettent au public de découvrir le lien entre glaciers et territoire.



Canyoning à Morzine © Y. Tisseyre



Rafting sur la Dranse © Y. Tisseyre



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)

(1) Alpage de Bise © A. Berger; (2) Point de vue de Champeillant © A. Berger; (3) Cheminées de fées à Marin © A. Berger,
(4) Chenal glaciaire de Bons-en-Chablais © N. Chaillou; (5) Terrasses fluvio-glaciaires à Morzine © N. Chaillou

PARTIE 4

LE CHABLAIS DE DEMAIN

S'intéresser à l'évolution des paysages après le départ des glaciers donne des indices sur les changements à venir. Les traces laissées par les glaciers s'estompent peu à peu : lacs qui se comblent, végétation qui cache les reliefs, érosion, etc. Les paysages porteront-ils encore longtemps la mémoire des glaciers ?

Il est difficile de prédire avec précision l'évolution future des paysages, notamment en raison de l'influence majeure du climat. Lorsqu'on ajoute l'impact des émissions de gaz à effet de serre d'origine humaine, la projection devient encore plus complexe. Néanmoins, même si l'on ne peut pas dire exactement quand ces changements surviendront, il est possible d'identifier des tendances d'évolution pour les paysages du Chablais.



Glissement de terrain dans la vallée d'Abondance © E. Campel

Certaines transformations peuvent être rapides. Les **glissements de terrain** sont un exemple de ces changements soudains dans le paysage, que l'on observe fréquemment dans les vallées glaciaires. La fin de la dernière glaciation est récente à l'échelle géologique, et certaines pentes laissées par les glaciers sont abruptes et encore instables. Elles peuvent s'écrouler à tout moment et pourraient relâcher des centaines de tonnes de roche. Avec le réchauffement climatique, la fréquence et l'intensité des épisodes extrêmes augmentent (crues, sécheresses, etc), ce qui accentue les risques de glissement de terrain. Ces événements pourront modifier nos paysages presque instantanément, comme cela a été le cas pour le lac de Montriond. Il y a quelques siècles, une partie de la vallée glaciaire de Montriond s'est effondrée, entraînant la formation du lac (p.19).

D'autres phénomènes, bien plus lents et discrets à l'échelle humaine, sont en marche et finiront par métamorphoser le Chablais au point de le rendre méconnaissable.

Certains lacs du Chablais sont déjà comblés (p.23) depuis la dernière glaciation, et d'autres le seront bientôt. Qu'en est-il du Léman ?

Le lac va disparaître. Comme les autres lacs, il n'échappe pas au comblement et à la sédimentation. Les rivières, principalement le Rhône ou la Dranse, amènent environ 670 000 m³ de sédiments par an dans le lac. Ce volume est assez modeste par rapport au volume total du lac mais non négligeable puisqu'il devrait le combler totalement dans environ 13 000 ans.

Sur des échelles de temps encore plus longues, d'autres changements sont en cours. L'érosion est un phénomène inévitable qui finira, dans des millions d'années, par user les **blocs erratiques** et les sommets du Chablais. De même, les eaux viendront creuser encore plus les gorges et pourront faire disparaître les particularités comme le Pont du Diable (p.24).

Les traces laissées par les anciens glaciers disparaissent peu à peu...
De nouvelles glaciations pourraient-elles un jour remodeler le Chablais ?



Vision future du Léman après son comblement dans environ 13 000 ans
© E. Gayet

NOUVELLE GLACIATION ?

Certains scientifiques ont tenté de modéliser l'évolution du climat sur de très longues périodes en prenant en compte les cycles de Milankovitch. Ils ont estimé que la Terre serait de nouveau dans une position similaire à celle de la dernière **glaciation** dans 50 000 à 100 000 ans. Dans le futur, le Chablais pourrait être de nouveau recouvert de glace, créant de nouvelles vallées en auge, des nouveaux lacs glaciaires et bien d'autres traces.

Cependant, ce scénario n'est valable que si la composition de l'atmosphère est semblable à celle de la dernière glaciation. Or, aujourd'hui, la composition de l'atmosphère est bien différente puisqu'elle contient près de deux fois plus de CO₂ qu'il y a 20 000 ans. Il est donc possible que la prochaine glaciation soit moins intense, voire complètement réduite à cause du réchauffement climatique. Ces craintes sont justifiées car, selon les cycles de Milankovitch, le climat est censé se refroidir peu à peu, alors qu'on observe une montée globale des températures moyennes depuis des dizaines d'années. Il n'y a aucun doute sur le fait qu'il y aura d'autres glaciations, mais seulement des incertitudes sur la date et l'intensité de la prochaine.

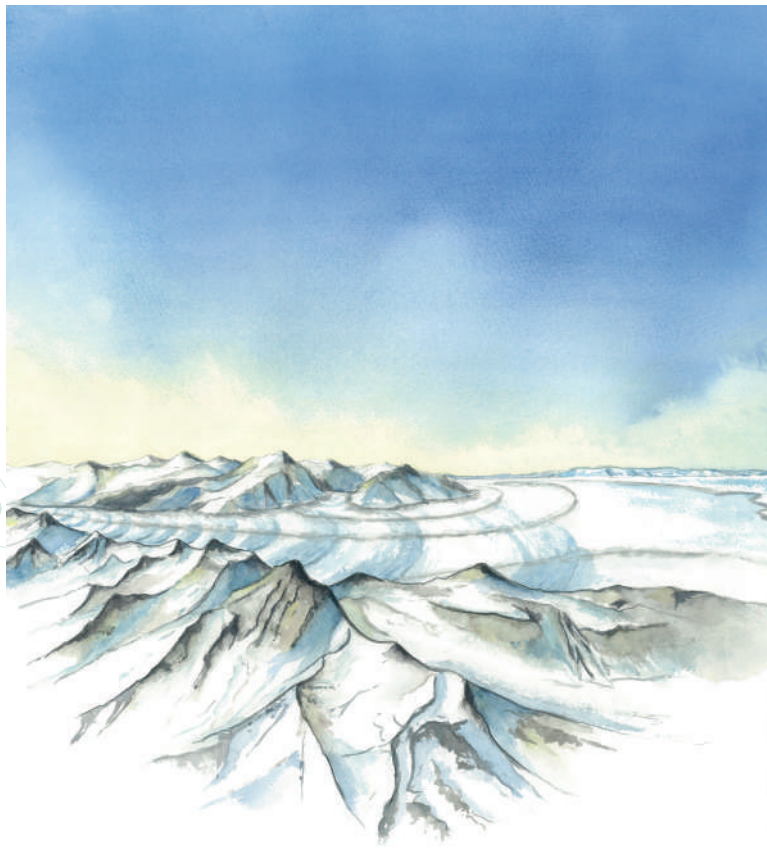
À la lecture de ces projections, on pourrait croire qu'il n'est pas nécessaire d'agir face au réchauffement climatique, puisque les périodes froides finiront par revenir.

Les glaciers encore présents jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement de notre environnement. Ils participent à la régulation du climat et des écosystèmes entiers en dépendent. "Plus de deux milliards de personnes [...] dépendent de la fonte saisonnière des glaciers et de la neige pour leur approvisionnement en eau douce, indispensable à leur sécurité alimentaire, leurs moyens de subsistance, ainsi qu'à leurs besoins culturels et domestiques" (ONU). Leur disparition perturbe ces équilibres de manière profonde et durable.

En étudiant les traces laissées par les glaciers dans le Chablais, nous pouvons nous rendre compte des changements profonds que les glaciers provoquent dans l'environnement.

Tous les glaciers actuels fondent, avec des conséquences à l'échelle globale, qui se feront sentir sur plusieurs siècles.

Dans une dynamique de préservation, comprendre l'évolution des environnements du Chablais depuis les dernières glaciations permettra de protéger au mieux les nouveaux écosystèmes nés de la fonte.



*Vision future du Chablais recouvert de glace dans 50 à 100 000 ans tout
comme il y a 20 000 ans © E. Gayet*

BIBLIOGRAPHIE

Audra, P., Bini, A., Gabrovsek, F., Häuselmann, P., Hobléa, F., Jeannin, P-Y., Kunaver, J., Monbaron, M., Sustersic, F., Tognini, P., Trimmel, H. & Wildberger, A., 2007. Cave and karst evolution in the alps and their relation to paleoclimate and paleotopography, *Acta Carsologica*, 36(1).

Justice, S., Decrouez, D., Dorioz, J-M., Ragusa, J., Reynard, E., 2023. Guide : Curiosités géologiques du Chablais, Géoparc mondial UNESCO entre Léman et Mont-Blanc. BRGM Éditions.

Coutterand, S., 2010. Étude géomorphologique des flux glaciaires dans les Alpes nord-occidentales au Pléistocène récent. Du maximum de la dernière glaciation aux premières étapes de la déglaciation. Université de Savoie

Coutterand, S., Jouty, S., 2009. Glaciers : mémoire de la planète, Hoëbeke (Ed).

Coutterand, S., 2018. Atlas des glaciers disparus, Paulsen (Ed).

Coutterand, S., 2012. L'évolution des climats et des paysages durant la dernière glaciation In La haute savoie durant la préhistoire, *Culture* 74(8), pp. 33–45.

Ganopolski, A., Winkelmann, R. & Schellnhuber, H., 2016. Critical insolation–CO₂ relation for diagnosing past and future glacial inception. *Nature* 529, pp. 200–203.

Giacco, B., Regattieri, E., Zanchetta, G., Nomade, S., Renne, P., Sprain, C., Drysdale, R., Tzedakis, P., Messina, P., Scardia, G., Sposato, A. & Bassinot, F., 2015. Duration and dynamics of the best orbital analogue to the present interglacial. *Geological Society of America* 43(7), pp. 603–606.

Hutton, J., 1795. *Theory of Earth*, Vol.II, pp. 540–564. Edinburgh.

Kang, Y. & Yang, H., 2023. Quantifying effects of Earth orbital parameters and greenhouse gases on mid-Holocene climate, *Clim. Past*, 19, pp. 2013–2026.

Legros, J-P., 2019. Les glaciations : découverte, étude, traces dans les paysages. *Bull. Acad. Sc. Lett. Montp.*, 50.

Milankovitch, M., 1930. Mathematische Klimalehre und astronomische Theorie der Klimaschwankungen. In "Handbuch der Klimatologie, I" (W. Koppen and R. Geiger, Eds.), pp. 1–176. Gebriider Bomtraeger, Berlin.

Morlot, A., 1858. Sur le terrain Quaternaire du bassin du Léman. Bull. Soc. vaud. Sc. nat., 6, 101–108.

O'Neill, G.R. & Broccoli, A.J., 2024. Climate model simulations of the effects of orbital parameters on glacier equilibrium line altitude. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 39.

Perret, A., 2010. Les glaciations quaternaires dans le Chablais. Synthèse bibliographique. Université de Savoie, Laboratoire EDYTEM, Université de Lausanne, Institut de géographie. **Perret, A., Reynard, E. & Delannoy, J.-J.**, 2011. Reconstitutions des principaux stades glaciaires du Chablais : base scientifique pour la valorisation d'un patrimoine glaciaire régional. In Reynard, E., Laigre, L. & Kramar, N. (Ed.). *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque en l'honneur du Professeur Michel Marthaler*, 24-26 Juin 2010, Lausanne, Géovisions 37, pp. 91–103. Lausanne : Université, Institut de géographie. Consulté sur <https://unil.ch/igul/page90012.html>, le 20/03/2025.

Perret, A., 2014. Géopatrimoines des trois Chablais : identification et valorisation des témoins glaciaires (Géovisions n°45). Lausanne : Université, Institut de géographie et durabilité.

Rémy, F. & Testut, L., 2006. Mais comment s'écoule donc un glacier ? Aperçu historique. *C.R. Géosciences*, 338, pp. 368–385.

Tzedakis, P.C., Channell, J.E.T., Hodell, D.A., Kleiven, H.F. & Skinner, L.C., 2012. Determining the natural length of the current interglacial. *Nature geoscience*, 5, pp. 138–141.

Tzedakis, P.C., Wolff, E.W., Skinner, L.C., Brovkin, V., Hodell, D.A., McManus, J.F. & Raynaud, D., 2012. Can we predict the duration of an interglacial ? *Clim. Past*, 8(5), 1473–1485.

Vuylsteek, G., 1983. Contribution à l'étude hydrogéologique, chimique et isotopique du massif karstique du Niffion (Chablais - Haute-Savoie). Université Pierre et Marie Curie - Paris 6 -.

Wanner H., Pfister, C. & Neukom, R., 2022. The variable European Little Ice Age, *Quaternary Science Reviews*, Volume 287.

Schémas :

Remerciements : Nous remercions toutes les personnes qui, depuis tant d'années, ont contribué au développement du Géoparc mondial UNESCO du Chablais, ainsi qu'à l'élaboration de ce livret, grâce à leur soutien, leur apport de connaissances, leur relecture, leurs réflexions et leurs propositions.

GLOSSAIRE

Anthropocène : C'est un concept en débat dans la communauté scientifique. L'Anthropocène, "période géologique des humains" désignerait une nouvelle période (étage) géologique qui aurait débuté au moment où l'influence de l'être humain sur la géologie est devenue significative à l'échelle de l'histoire de la Terre. Aujourd'hui, le débat s'articule autour de cette question d'échelle : même si les impacts environnementaux des humains sont importants, vont-ils laisser des traces dans les sédiments visibles dans plusieurs millions d'années ?

Avancée / Retrait glaciaire : En période froide, la quantité de glace accumulée est plus importante que la quantité qui fond ; le glacier avance. En période tempérée, la masse de glace accumulée est inférieure à la masse de glace qui fond ; le glacier recule.

Bloc erratique : Bloc de roche isolé avec une composition très différente des roches environnantes dont la présence s'explique par un transport par des glaciers aujourd'hui disparus.

Cirque glaciaire : Dépression (cuvette) plus ou moins circulaire dans le relief rocheux, zone d'accumulation de neige à l'origine d'un glacier.

Cupules : « Petites coupes » gravées par l'Homme à la surface d'un rocher naturel. L'âge des cupules de la forêt de Planbois est incertain (entre 5000 et 2000 ans avant J.-C.). Le sens et les raisons de ces tailles restent méconnus : rites sacrificiels, calendrier astronomique, cadastre primitif...

Fluvio-glaciaire : Les dépôts sédimentaires fluvio-glaciaires sont des dépôts amenés par des rivières soit en contact direct avec un glacier soit dans un lac en bord de glacier.

Fluvio-lacustre : Les dépôts sédimentaires fluvio-lacustres sont des dépôts amenés par des rivières jusque dans un lac et qui seront par la suite accumulés ou remaniés puis découverts dans les roches, il est possible de comprendre l'environnement de dépôt avec fonction de la structure des sédiments.

Glaciation : Période géologique durant laquelle le climat mondial est froid. La terre, ou un hémisphère est alors recouverte de glaciers. Les glaciations peuvent être dues à des changements des paramètres orbitaux (éloignement de la Terre par rapport au soleil), à des éruptions volcaniques importantes empêchant la lumière du soleil de pénétrer l'atmosphère ou à des périodes de faible activité solaire.

Limon : Sédiments d'origine éolienne, donc transportés par le vent, souvent de très petite taille.

Lobe frontal : Partie avant d'un glacier devant laquelle s'accumulent des dépôts et parfois bordée d'un lac.

Moraine : Amas de blocs, de débris rocheux et d'éléments fins (sables, argiles) entraînés par un glacier et s'accumulant à son front, sur ses bords, à sa base, et/ou à la confluence de deux glaciers. Les moraines sont des formations de tailles et hauteurs très variables, de quelques dizaines de centimètres à plusieurs dizaines de mètres.

Névé : Accumulation de neige à l'origine des glaciers. Par compaction, la forme des cristaux des flocons de neige change peu à peu et la neige devient de la glace.

Ombilic et verrou glaciaire : Un verrou est un obstacle dans une vallée qui gêne l'écoulement d'un glacier. Formé de roches qui résistent mieux à l'érosion que le reste de la vallée, le verrou est donc un étranglement transversal de la vallée qui réduit la largeur du glacier. Un ombilic est une sorte de cuvette présente en amont d'un verrou, le glacier ralentit par le verrou et s'étale. L'ombilic est donc dû au surcreusement par le glacier.

Périglaciale : Se dit de quelque chose qui se forme et se développe autour d'un glacier. Exemple : un lac périglaciale.

Pléistocène : Série géologique démarrant il y a 2,58 Millions d'années et terminant il y a 11 700 ans. Il s'agit de la première série de la période Quaternaire.

Quaternaire : Période géologique qui commence à 2,58 Millions d'années (avec le Pléistocène) et qui est toujours en cours actuellement. La période est composée de 2 séries : Le Pléistocène et l'Holocène, bien qu'une troisième série soit en discussion au sujet de son établissement, l'Anthropocène.

Terrasses : Dépôts fluvio-lacustres qui témoignent de l'alternance de niveau d'un lac périglaciale. Ce changement de niveau est induit par le retrait ou l'avancée du glacier (voir schéma p.20).

Vallée fluviale : La vallée formée par le passage d'une rivière. Elle a typiquement une forme de V, à l'inverse des vallées glaciaires et U ou "en auge".



Carte du Chablais avec les géosites présents dans ce livret

SOMMAIRE

Partie 1 : Pourquoi parler des glaciers dans le Chablais ?.. 5

Un peu de contexte.....	6
Formation des glaciers.....	8
Mouvement des glaciers.....	9
Le Petit Âge Glaciaire.....	10

Partie 2 : Nos glaciers du passé..... 12

Premiers indices : ces vallées aux formes étranges.....	14
Des morceaux de montagne au mauvais endroit ?.....	16
Glaciers Sculpteurs.....	18
Plusieurs glaciations ?.....	20
Les zones humides.....	22
Le pont du Diable.....	24

Partie 3 : Patrimoine glaciaire et vie dans le Chablais..... 26

Matériaux de construction.....	27
Eaux minérales.....	28
Le terroir du Chablais.....	29
Le Chablais unique en Europe.....	30
Héritage paysager et activité en Chablais.....	32

Partie 4 : Le Chablais de demain..... 34

Nouvelle glaciation ?	36
-----------------------------	----



Le lac Léman, héritage du glacier du Rhône © S. Justice

Le Chablais est un territoire doté d'une histoire géologique très riche et ancienne, et pourtant la plupart des paysages actuels ont été remodelés très récemment, durant les dernières glaciations du Quaternaire.

Ce livret, issu de la collection des ouvrages du Géoparc mondial UNESCO du Chablais, décrit en détail certains patrimoines liés à ces anciennes glaciations et aux glaciers qui recouvraient tout le Chablais.

Il aborde les indices identifiés qui ont conduit les scientifiques de l'époque à imaginer ces glaciers immenses, les utilisations par l'Homme de ces témoins glaciaires et le futur des paysages du Chablais.

Il s'agit également d'un appel à protéger ces patrimoines aussi précieux que fragiles et à se rendre compte des échelles de temps, qui dépassent la compréhension, ayant permis de tels changements dans le paysage. Dans le contexte actuel, il semble important de se rappeler ces échelles pour comprendre l'anachronisme du réchauffement global.

