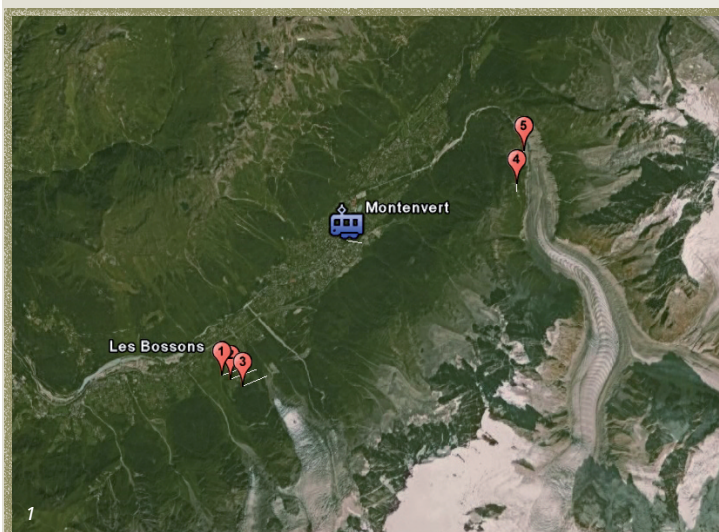


LA MER DE GLACE & LE GLACIER DES BOSSONS : DEUX EXEMPLES DE DYNAMIQUE GLACIAIRE ARDECHE

DE
JEAN-PIERRE
ESTEBAN
ET
MARC
DESMET

La mer de glace et le glacier des Bossons dans la vallée de Chamonix sont l'objet d'observations, de suivis et d'études régulières sur les dernières décennies. Ils sont, avec l'ensemble des glaciers alpins, les témoins d'un retrait généralisé des glaciers sur l'ensemble des reliefs continentaux.



CADRE GÉOGRAPHIQUE

D'Annecy à Chamonix, le trajet emprunté recoupe une grande variété de paysages et de modelés, guidés, à l'Est, par la direction de l'arc alpin ici NE-SW et à l'Ouest par celle des structures jurassiennes, ici subméridiennes. Ainsi, d'Ouest en Est, se succèdent 2 [Nicoud in Bertrand et al, 1999] : un avant-pays, serré au Sud entre Rhône et Bauges, puis de plus en plus ouvert vers le Nord, jusqu'à Thonon-les-Bains.

Formé de collines et de replats, d'altitude voisine de 500 à 700 m, délimité par les cours d'eau du Chéran et du Fier inférieurs, et des Usses, transpercé par des chaînons allongés, s'élevant jusqu'à 1500 m, du Gros Foug, d'Age-Mandallaz, du Vuache et du Salève, cet avant-pays est dominé à l'Est par les rebords calcaires des Bauges et des Bornes. L'avant-pays comprend l'Albanais, la Semine, Les Usses, le Genevois et le plateau des Bornes. L'agriculture

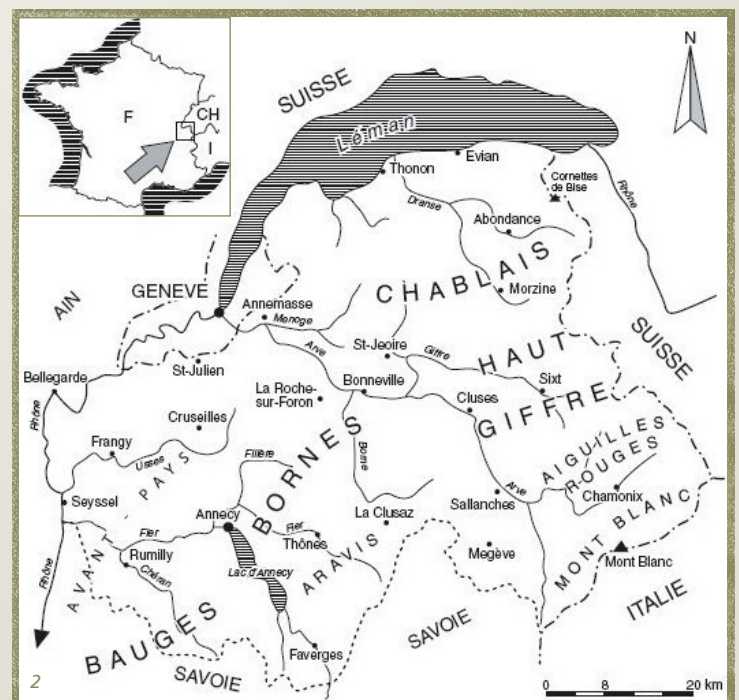
y est intensive, avec une production laitière très performante. L'arboriculture se développe avec succès.

Un vignoble d'appellation connaît un regain de vigueur autour de Frangy, Aÿse et Ripaille.

Des massifs préalpins, des Bauges, des Bornes, du Chablais et du Haut-Giffre, armés par de puissantes barres calcaires s'élevant à plus de 2300 m (La Tournette, la chaîne des Aravis, Le Buet) dessinent de vastes plateaux (Semnoz, Glières, Platé) qui dominent d'étroites et longues vallées (Saint Ruph, Manigod, du Borne, du Giffre ou des Dranses).

Ces massifs sont le royaume d'alpages de qualité, avec des fromages d'appellation (Abondance, Reblochon, Chevrotin ...) et d'épaisses forêts qui alimentent les scieries et les fabriques de meubles et abritent une faune sauvage diversifiée.

Les massifs préalpins sont isolés par deux sinueuses, la cluse d'Annecy à Ugine entre Bauges et Bornes, et la cluse de l'Arve entre Bornes et Haut-Giffre - Chablais.



- La cluse d'Annecy, occupée par le lac d'Annecy dans sa partie ouest, apparaît endormie, drainée par les seules Eau-Morte vers Annecy et la Chaise vers Ugine. Le calme de cette cluse se poursuit à son débouché sur l'Avant-Pays par la bourgeoise Annecy, chef-lieu du département, ville touristique et aujourd'hui universitaire.

- Celle de l'Arve, grande voie de communication, est parcourue par une Arve remuante qui rejoint le Rhône vers Genève. Des industries diversifiées, de l'horlogerie au décolletage et à la mécanique de précision, s'y sont installées, accompagnant une progression démographique régulière, illustrée par l'expansion d'Annemasse et de Cluses.

Les massifs cristallins du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges, aux altitudes élevées, supérieures à 3500 m, ciselés par l'érosion glaciaire abritent des glaciers encore nombreux mais aujourd'hui malmenés par des conditions climatiques qui leur sont défavorables. Mais méfions-nous, ils sont capables de soubresauts comme lors des siècles passés. En contrebas de ce paysage minéral accessible à tous par de nombreux téléphériques et aux alpinistes par des voies surfréquentées, une forêt bousculée par les aménagements de ski s'accroche au flanc des auges glaciaires. Plus précisément, le bassin de l'Arve atteint une superficie de 1856 km², avec une altitude moyenne de 1427 m. Il culmine au sommet du Mont-Blanc à 4807 m et s'abaisse à 375 m dans le bassin genevois.

Les glaciers sont, aujourd'hui, essentiellement concentrés sur le Massif du Mont-Blanc. Ce dernier regroupe près de 170 km² de glace et 101 glaciers. Il supporte 15 glaciers de plus de 5 km² et, parmi eux, la Mer de Glace, vaste complexe glaciaire de 12 km de long et 40 km² de superficie.

CADRE GÉOLOGIQUE

La Haute-Savoie est entièrement installée sur les zones externes s.l. de l'Arc alpin. Des éléments de zones plus internes y reposent en klippes, épargnés

par l'érosion (Chablais, Annes, Sulens). D'Ouest en Est, se succèdent : la zone jurassienne et le plateau molassique, puis la zone dauphinoise et les klippes préalpines et, enfin, les massifs cristallins externes 3.

1 - La zone jurassienne et le plateau molassique

Les chaînons jurassiens méridionaux sont constitués par une succession d'anticlinaux et de synclinaux, de direction générale N-S à NNE-SSW. Du Sud vers le Nord, se dégagent les anticlinaux de la Chambotte - Gros Foug, du Vuache et d'Age-Mandallaz-Salève. Les synclinaux du Val du Bourget-Seyssel et du plateau molassique s'y intercalent, d'Ouest en Est. Les chaînons, à dominante de calcaires, déterminent classiquement des structures anticlinales dissymétriques, à cœur de Dogger marno-calcaire, faillées sur leurs bordures

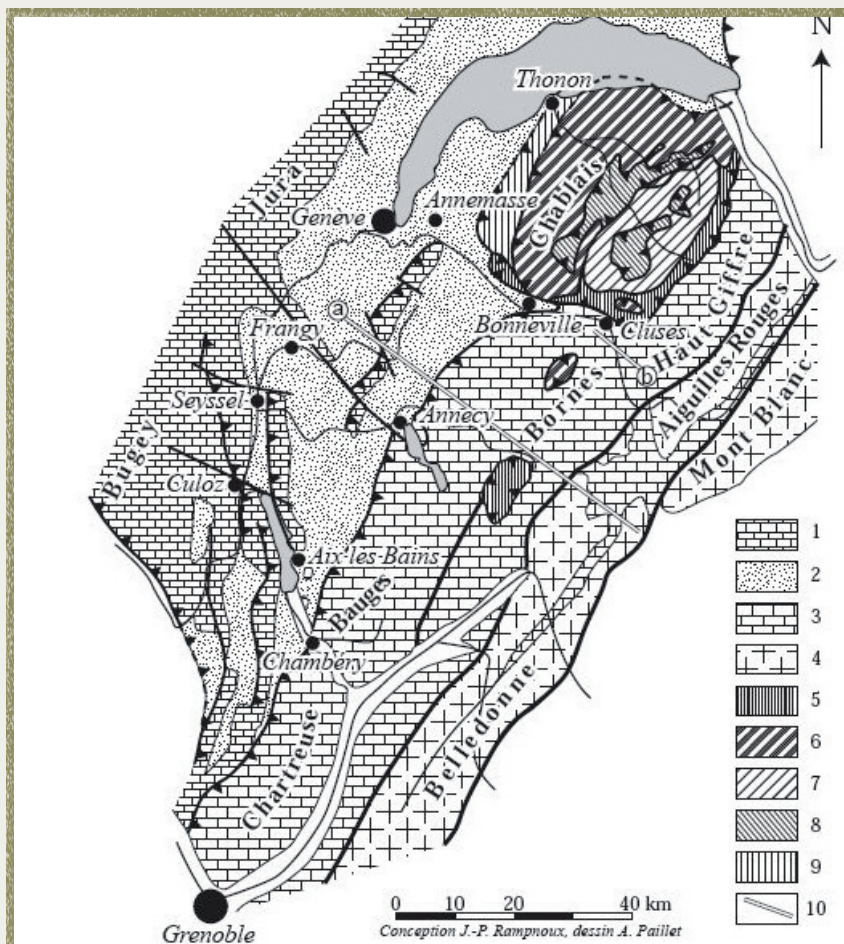


Figure 1.2 - Carte géologique simplifiée (d'après la carte géologique de la France au 1/1000000, 6^{ème} édition révisée 2003).

Avant Pays :

- 1 : chaînons jurassiens ;
- 2 : molasses s.l. oligocènes et miocènes

Alpes externes :

- 3 : chaînons subalpines (Delphino-helvétique)
- 4 : massifs cristallins externes

Préalpes du Chablais :

- 5 : nappes ultrahelvétiques ;
- 6 : nappe des Préalpes médianes ;
- 7 : nappe de la Brèche ;
- 8 : nappes des Préalpes supérieures (nappe de la Simme s.l.) ;
- 9 : nappe du Gurnigel (flysch des Voirons)
- 10 : emplacement des coupes figure 1.3

Figura 1.2 - Carta geologica semplificata (dalla cartica della Francia alla scala 1/1 000 000, VI edizione data e corretta nel 2003)

Avampasee :

- 1 : Catene giurassiche
- 2 : molasse s.l. oligocene e miocene ;

Alpi esterne :

- 3 : catena subalpina (Elvetico-delfinese)
- 4 : massicci cristallini esterni ;

Prealpi del Chablais :

- 5 : Unità Ultraelvetiche ;
- 6 : Unità delle Prealpi mediane ;
- 7 : Unità della Brèche ;
- 8 : Unità delle Prealpi superiori (Unità della Simme s.l.) ;
- 9 : Unità del Gurnigel (flysch dei Voirons)
- 10 : traccia delle sezioni della figura 1.3

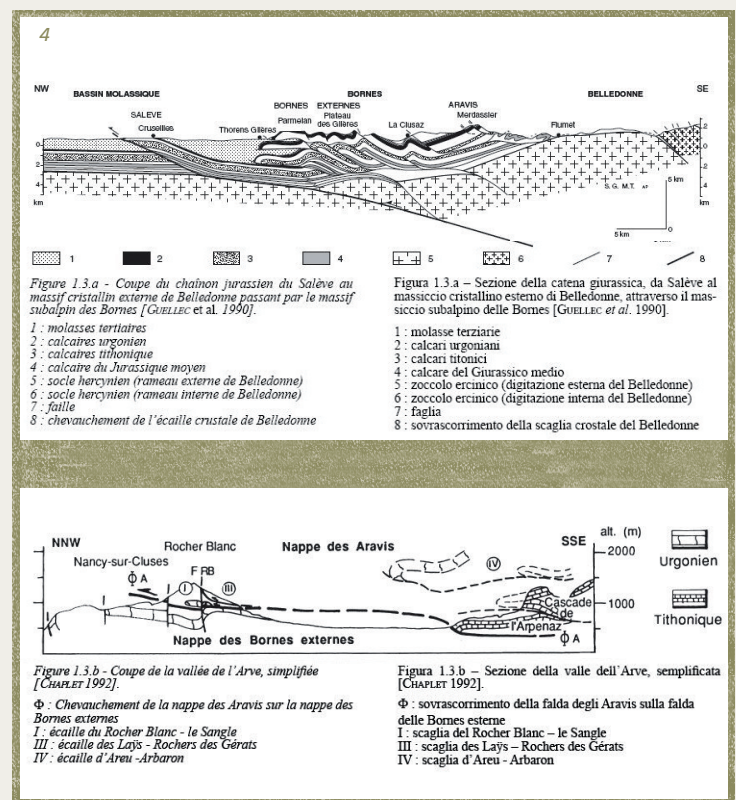
occidentales, le flanc occidental apparaissant redressé. La construction des ouvrages souterrains a permis de découvrir des structures chevauchantes vers l'Est avec un grand cisaillement plan se perdant dans les molasses des synclinaux. La succession lithostratigraphique s'étend des formations aaléniennes calcaires à intercalations marneuses au Barrémien calcaire, à faciès urgonien. Les calcaires massifs du Kimméridgien Portlandien déterminent les corniches les plus apparentes. Les calcaires lités du Bathonien et de la base du Kimméridgien supérieur contiennent de nombreux rognons de silex. Elle se poursuit par les molasses oligomiocènes déposées en transgression sur les calcaires jurassico-crétacés, avec les « molasses rouges » continentales argilogréseuses micacées, d'âge oligocène à aquitanien, et les molasses marines burdigaliennes grésoglaucouneuses et helvétiques sablograveleuses. Ces séries tertiaires déterminent les synclinaux pincés à l'Ouest et de plus en plus amples vers le NE. Elles donnent alors naissance au plateau molassique représenté par le synclinal de l'Albanais au Sud qui se subdivise vers le Nord en deux synclinaux de Cruseilles et d'Annecy-Evires. Les molasses peuvent atteindre plusieurs milliers de mètres d'épaisseur. La série tertiaire, complète dans l'Albanais, ne comporte plus que des « molasses rouges » au Nord du grand accident coulissant à mouvement sénestre du Vuache, entre Annecy et Chaumont. D'autres accidents transverses sénestres affectent spectaculairement les structures anticlinales du Salève.

2 - La zone dauphinoise

Elle détermine ici les chaînes subalpines des Bauges, des Bornes et du Haut Giffre (ou Sixt) toutes séparées par des vallées transversales d'origine tectonique et façonnées par les glaciers. La structure générale consiste en une série de plis parallèles entre eux, plus ou moins déversés et chevauchants vers le NW. Le relief est commandé par les deux barres calcaires du Tithonique (Jurassique supérieur terminal) et surtout de l'Urgonien (Crétacé inférieur terminal) qui émergent d'une épaisse série marneuse à marno-calcaire du Crétacé inférieur. La série se poursuit par les grès glauconieux de l'Albien, les calcaires clairs lités du Crétacé supérieur puis par la trilogie nummulitique classique des calcaires, des

marnes et des grès. Dans la partie orientale des chaînes subalpines, des formations plus anciennes, marneuses du Lias à marno-calcaires du Dogger, sont dégagées par l'érosion. Elles restent adhérentes aux massifs cristallins externes. C'est dans ces formations tendres que se développe, vers le Sud, à partir du Haut Giffre, le sillon subalpin qui sépare ainsi les chaînes subalpines des Bornes et des Bauges du massif de Belledonne. Ce sillon subalpin est dominé, à l'Ouest, par le bord subalpin armé par les barres calcaires tithonique et urgonienne. Les plis externes des Bauges et des Bornes sont marqués par de vastes structures synclinales et anticlinales dessinées dans l'Urgonien et le Tertiaire. Plus à l'Est, le relief est inverse, les synclinaux dissymétriques, à remplissage nummulitique, sont perchés.

La cluse d'Ugine à Annecy, entre Bauges et Bornes, a été façonnée par les glaciers qui ont emprunté une vallée préexistante, d'origine tectonique par ensellement des plis subalpins déterminant une gouttière transverse, du moins dans la partie centrale. La cluse de l'Arve, qui sépare le Chablais-Sixt des Bornes au Sud, permet une observation remarquable du plissement des chaînes subalpines, avec les calcaires urgoniens rigides, fréquemment faillés et les calcaires tithoniques plus souples et plissés en S (Figure 4), comme à la cascade de l'Arpenaz (rive droite de l'Arve).



3 - Les massifs cristallins externes

Ce sont les socles anciens des chaînes subalpines déportées vers l'W-NW. Mont-Blanc et Aiguilles Rouges comprennent du matériel ancien constitué principalement par des schistes cristallins avec gneiss et micaschistes et des granites métamorphisés d'âge compris entre 350 et 210 millions d'années. La fracturation y est intense, avec des accidents plus ou moins verticaux et des failles chevauchantes délimitant des écailles à déversement NW, pinçant des bandes de sédiments houillers transgressifs et mésozoïques, à l'issue des tectoniques fini hercynienne puis alpine.

4 - Les klippes préalpines

Ce sont les klippes des Annes et de Sulens, au cœur du massif des Bornes et en appui sur les Bauges septentrionales, et du Chablais, entre Sixt et le lac Léman. Le matériel a perdu toutes ses racines avec les zones internes dont il est issu, suite à la surrection tardive des massifs cristallins externes. Il en est distant aujourd'hui de près de 40 km. A la base, un matériel ultrahelvétique, équivalent stratigraphique du domaine dauphinois, aurait servi de « semelle » tectonique à l'ensemble allochtone des klippes préalpines. Au-dessus, viennent les Préalpes médianes qui couvrent la plus grande partie de la superficie des Préalpes et surtout leur partie médiane. Elles se subdivisent en deux ensembles :

- les Préalpes médianes plastiques, à série subbriançonnaise calcaréo-marneuse, au style tectonique souple dans les niveaux jurassico-crétacés inférieurs ;
- les Préalpes médianes rigides, discrètes à l'Est du Chablais, à série condensée briançonnaise, riche en dolomies triasiques.

Puis viennent, dans le Chablais uniquement, des éléments prépiémontais, riches en faciès bréchiques, à alternances pélitiques.

Enfin, couronnant l'édifice préalpin du Chablais, les Préalpes supérieures, attribuées à la zone liguropiémontaise, comprennent des flyschs exotiques (grès des Voirons, flyschs à Helminthoïdes, schistes et grès de la Simme, flysch des Gets).

5 - Les formations superficielles

Les formations du substratum, observables dans les thalwegs et de part et d'autre des cluses, sont ailleurs largement masquées par les formations superficielles classiques des zones montagneuses et d'avant-pays intraglaciaires :

Les dépôts glaciaires sont représentés surtout par un placage morainique de fond

surconsolidé sur le plateau molassique et les versants. Des blocs erratiques jalonnent le passage des glaciers. Dans les hautes vallées, des moraines frontales et latérales sont encore bien conservées. Ailleurs, elles sont disséquées par l'érosion ou ensevelies. De nombreux dépôts latéraux aux glaciers (terrasses de kame) s'appuient sur les versants. Les plus célèbres sont les terrasses de Thonon et celles de la dépression des Usses, souvent exploitées pour les granulats.

Les dépôts glacio-lacustres et lacustres sont particulièrement volumineux. Ils sont reconnus dans des lacs proglaciaires aujourd'hui disparus : silts et argiles laminés de la dépression de l'Albanais entre Saint Félix et Saint Girod, du plateau de la Semine entre Frangy, Seyssel et Bellegarde, de la dépression genevoise à l'amont du défilé de Fort l'Ecluse, dans les vallées glaciaires surcreusées de Sallanches, de Bonneville et d'Annecy [Monjuvent et Nicoud, 1987 ; Nicoud et al., 1987].

Cette sédimentation de fonds de lacs se poursuit dans les lacs périalpins d'Annecy et du Léman. Elle est plus grossière au débouché des cours d'eau dans les lacs comblés ou actuels : graviers deltaïques du Fier à Chavanod près d'Annecy, aux Iles à Annecy, du Laudon à Saint Jorioz, du Fier à Alex à l'aval de Thônes, du Giffre à Marignier, de l'Arve aux Houches, à Passy et à Genève, de la Dranse à Thonon [Baconnais et al., 1981].

Les dépôts fluvio-glaciaires à fluviatiles sont relativement peu importants. Les épandages fluvio-glaciaires de la région de Genève (« alluvion ancienne » de Laconnex) témoignent de stationnements du glacier du Rhône. Les alluvions fluviatiles tapissent le fond des vallées. Elles ont une puissance de 20 m dans la vallée de l'Arve et déterminent des terrasses supportant de plus en plus des sites industriels et artisanaux.

Ces alluvions fossilisent aussi d'anciens cours d'eau, en particulier creusés durant l'interglaciaire Riss-Würm s.l. : Rhône à l'aval de Genève où elles sont souvent confondues avec l'« alluvion ancienne », Rhône entre Arcine, Mons et Seyssel suivant un paléo-cours longeant le Vuache, Fier à Brassilly, Chéran à Chavanod suivant un paléo-cours qui rejoignait le Fier à l'aval des gorges de Lovagny, Dranse avec ses conglomérats, Arve entre La Roche-sur-Foron et Reignier... Des cônes de déjection torrentielle font souvent suite, en les surmontant, à des deltas grossiers. Certains décrivent de vastes éventails : cône du Borne à

La Roche-sur-Doron, cône du Giffre à Marignier, cône du Laudon à Saint Jorioz, cône de la Chaise à Saint Ferréol ... D'autres, dans les hautes vallées, sont plus fortement pentés : vallée de Chamonix, haute vallée du Fier ... Ils deviennent alors mixtes, associés à des cônes d'avalanches.

Les dépôts de versant sont omniprésents au pied des nombreuses corniches, avec des draperies d'éboulis peu épaisses mais longuement affleurantes. Des écroulements rocheux, massifs, sont reconnus : celui du Dérochoir, encore actif et menaçant, à l'aval de Servoz, a barré le cours de l'Arve et créé un lac temporaire, celui du Salève à Veyrier, celui de la Montagne de Bange à Cusy, ... D'autres sont plus anciens, en particulier celui du rebord NE des Bornes sur le glacier de l'Arve aujourd'hui étalé au N de La Roche-sur-Foron (« moraine des Rocailles »). Des glissements de terrains morainiques affectent les pentes de l'avant-pays molassique (régions d'Evires, de la Semine...). Des coulées boueuses et de débris, plus spectaculaires et tout aussi dangereuses, se sont produites au plateau d'Assy à Passy et à



Bellevaux dans le Chablais...

Panorama des grands Montets à l'est des Drus jusqu'à l'Aiguille de Blaitière

LE GLACIER DE LA MER DE GLACE

Deuxième glacier d'Europe après celui d'Aletsch en Suisse (7 kilomètres de long et 200 mètres d'épaisseur), il naît de la jonction du glacier du Géant et du glacier de Leschaux. 5 6

Ce glacier est considéré comme un glacier de vallée, ayant façonné le relief, à la différence des langues glaciaires de versant (comme les Bossons) qui n'ont pas d'incidence sur le relief.

A l'extrémité de sa langue terminale, sort l'Arveyron qui est un des torrents principaux de l'Arve.

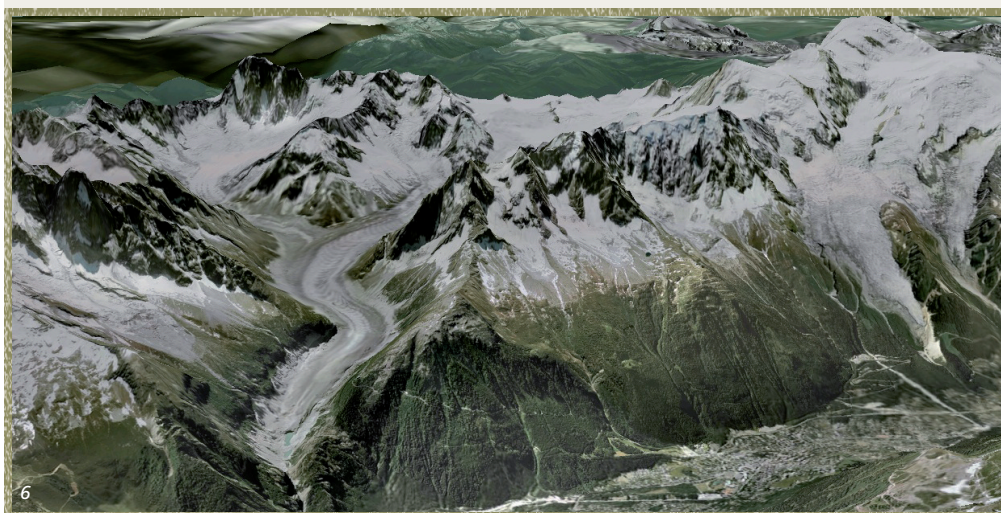
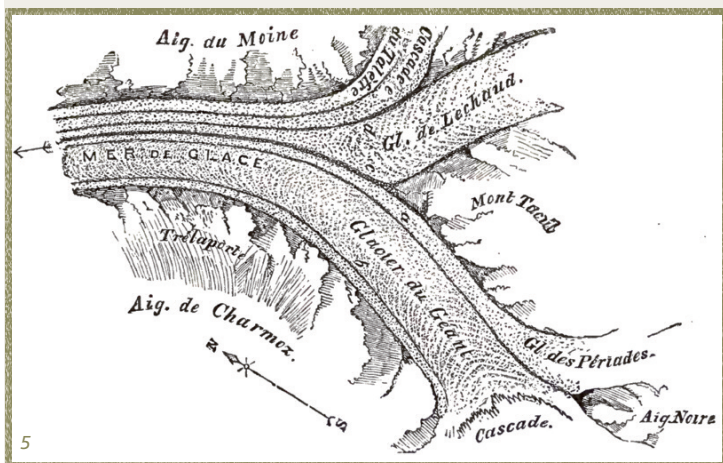
Sommaire

Le panorama depuis la gare du Montenvert.

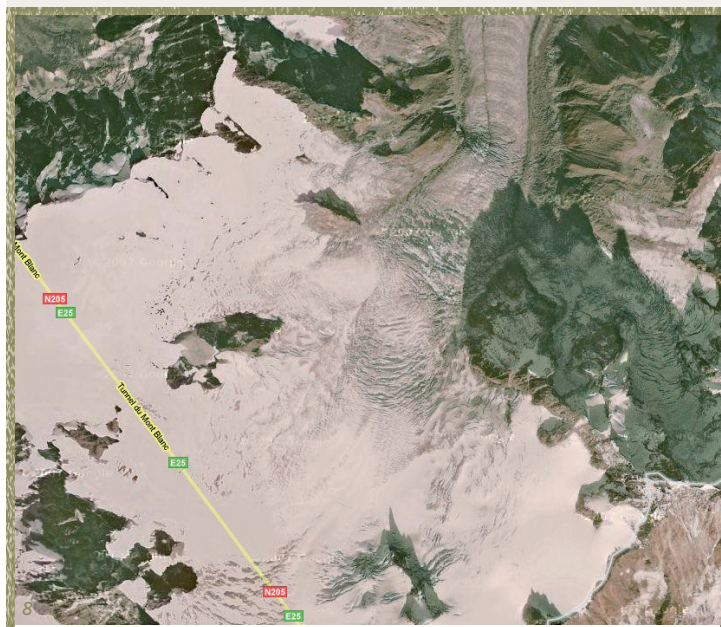
Le petit train du Montenvert permet d'accéder au dessus de la partie basse de la langue glaciaire et d'apprécier le panorama des grands Montets à l'est des Drus jusqu'à l'Aiguille de Blaitière. 7

La dynamique glaciaire

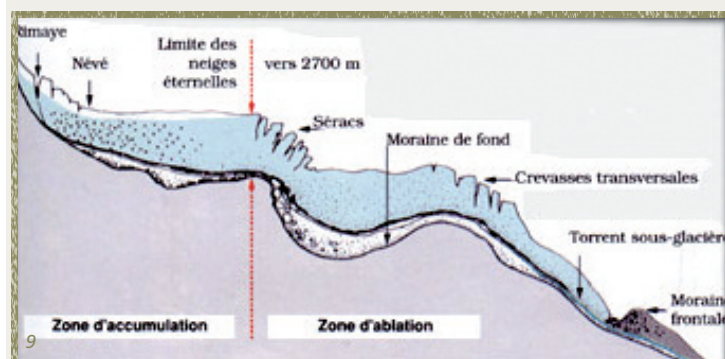
Les glaciers sont des masses de glace en mouvement gravitaire. Aujourd'hui la ligne d'équilibre entre les parties glaciaires où les précipitations neigeuses s'accumulent et augmentent l'épaisseur des glaces (zone d'accumulation où le bilan de masse est positif) et les parties glaciaires où la fusion des glaces est supérieure aux précipitations neigeuses (zone d'ablation, où le bilan de masse est négatif) se situe environ à 2900 mètres. 8



Jonction du glacier du Géant et du glacier de Leschaux.



En été, cette séparation est nette dans le paysage puisque la partie supérieure est blanche de par le maintien des neiges fraîches et la partie inférieure est grise, apparence d'une glace salie, dépourvue de couverture neigeuse.⁹

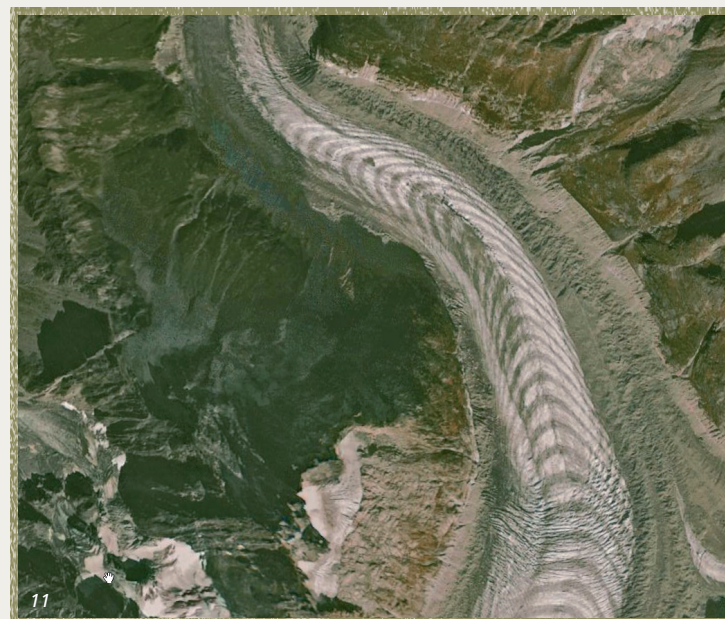


Sur une carte topographique la distinction se fait à partir des courbes de niveau dont l'orientation s'inverse au passage de cette ligne d'équilibre.¹⁰

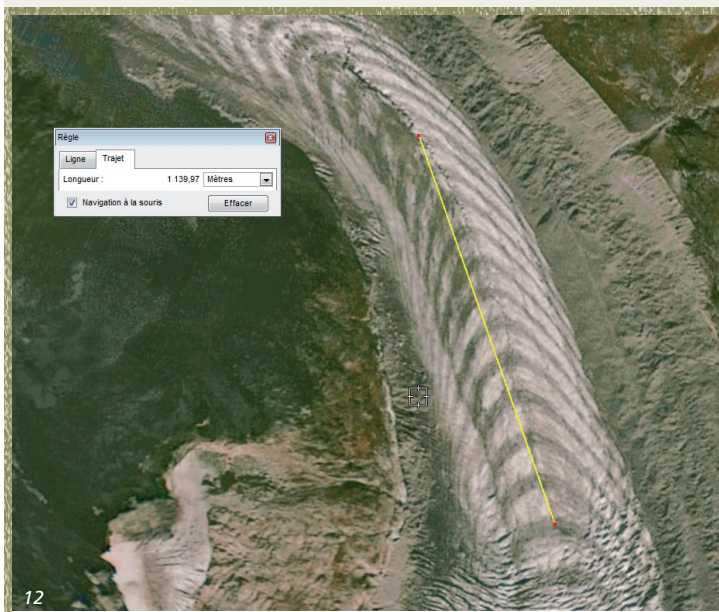


Estimation de la vitesse d'écoulement glaciaire.

Au milieu du printemps et jusqu'en été, à partir de la ligne d'équilibre correspondant à la position des séracs, il n'y a plus de couverture neigeuse. Les éléments détritiques vont alors se déposer et foncer la glace. A la fin de l'été, les neiges en recouvrant à nouveau cette partie de la langue glaciaire, vont la blanchir, jusqu'au printemps suivant. Ainsi, à la façon des cernes des arbres, les glaciers vont matérialiser les périodes annuelles par cette succession de zones sombres et de zones claires. La vitesse d'écoulement étant plus grande au centre, ces alternances sombres et claires vont prendre l'allure d'un arc tourné vers les vallées. On donne le nom de bandes de Forbes à ces stries annuelles.¹¹



Le comptage de ces bandes sur la carte topographique permet d'estimer la vitesse d'écoulement ; On peut compter 10 bandes pour 5 cm sur la carte au 1/25.000, donc 10 pour 1,25 km, ce qui correspond à une vitesse de 125 mètres par an, environ.¹²



Le panorama depuis la gare du Montenvert.

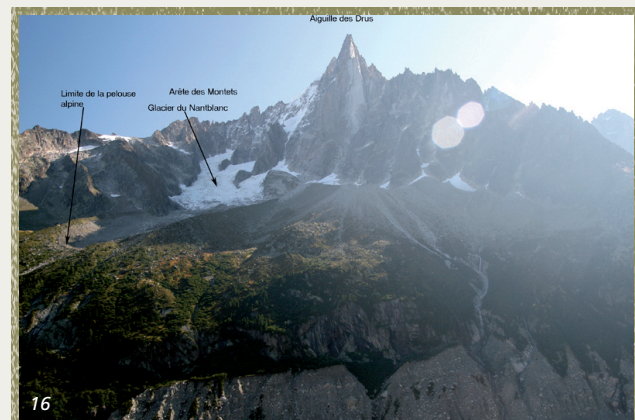
Le petit train du Montenvert permet d'accéder au dessus de la partie basse de la langue glaciaire et d'apprécier le panorama des grands Montets à l'est des Drus jusqu'à l'Aiguille de Blaitière. 13-14



La trimline

Sur ce panorama on peut identifier une limite d'érosion appelée trimline. Celle ci délimite une partie aval où l'altération, d'origine glaciaire est de nature abrasive, d'une partie amont, où l'érosion/altération météoritique et cryogénique donne des reliefs escarpés, avec des aiguilles, des dentelles, des clochetons. 15

Dans la partie aval, le retrait glaciaire amorcé depuis la fin du Wurm laisse apparaître des affleurements moutonnés, des roches dites en "dos de baleine".



Cette limite est bien visible dans la barre de relief menant à l'Aiguille de la République, dans la direction de la Dent du Géant. Côté Drus, elle correspond à la limite de la pelouse alpine et du front morainique du glacier du NantBlanc, déposé à la fin du petit âge glaciaire (PAG). 16

Datations des retraits glaciaires à la fin du Wurm.

Ce retrait a pu être daté. Deux méthodes sont utilisées.

Le beryllium 10 ; élément cosmogénique qui peut-être mesuré sur les roches à l'affleurement ; la quantité mesurée étant proportionnelle au temps d'exposition de cet affleurement avec l'atmosphère, c'est-à-dire depuis le retrait des glaces.

Une deuxième méthode est basée sur l'observation de lichens, organismes pionniers, pouvant se développer sur des périodes extrêmement longues et capables de coloniser des milieux extrêmes. *Rhizocarpon geographicum* est un lichen qui a une croissance de quelques centièmes de millimètres par an. Cette caractéristique permet de dater leur roches-support en mesurant le rapport taille et vitesse de croissance.

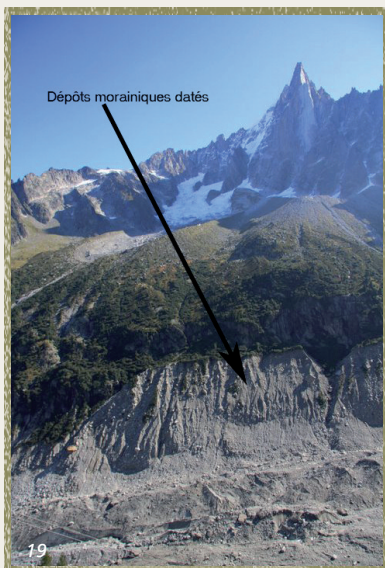


17 et 18

Rhizocarpon geographicum est aussi appelé lichen carte géographique à cause de la forme de son thalle jaune découpé qui laisse apparaître l'hypothalle noir. Les apothécies noires sont localisées entre les compartiments du thalle.

L'environnement et les avancées glaciaires.

Les moraines frontales et/ou latéro-frontale sont des dépôts d'objets hétérométriques (des argiles aux blocs plurimétriques) se réalisant lors d'une avancée du glacier dans une phase globale de retrait glaciaire. La prise en compte du gradient adiabatique (variation de la température avec l'altitude) et l'estimation de la distance entre le front morainique du PAG et l'extrémité de la langue glaciaire actuelle (faisable sur le terrain ou à partir d'une carte topographique) permet de connaître l'augmentation des températures depuis la fin du PAG. 19



Le gradient étant de $0,6^{\circ}\text{C}$ pour 100 mètres, l'écart estimé à 200 mètres, cela donne une

hausse d'environ $1,2^{\circ}\text{C}$ depuis 150 ans, la fin du PAG.

Des éléments de l'environnement permettent également d'apprécier les retraits glaciaires depuis le PAG. 20 - 21

Sur ces photos on distingue nettement les



différences de couverture végétale ; au premier plan les mélèzes au feuillage clair et derrière des résineux au feuillage plus sombre. Ces derniers constituent le climax dans ces milieux alpins, mais les mélèzes espèce héliophile se développent plus rapidement et « occupent le terrain » avant que ne s'implantent les pins.

Cette délimitation très nette dans le paysage traduit le retrait de la langue glaciaire depuis la fin du PAG. Les glaciers, il y a 150 ans remontaient jusqu'ici.

Autre signature de l'existence de glaciers passés, les figures d'érosion abrasive sur ces affleurements en « dos de baleine »

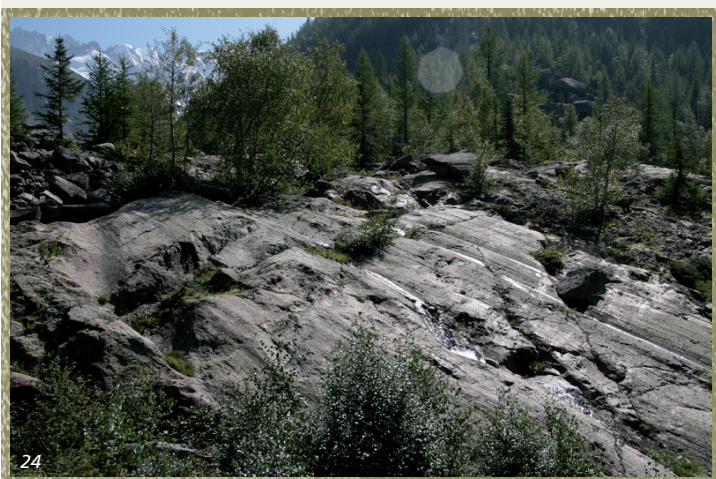
Les stries glaciaires 22



Les cannelures. 23



Les traces de torrents sous glaciaires. 24



Autre signature, les fronts morainiques. 25

Ce ressaut morainique correspond au dépôt de la dernière moraine de la Mer de glace. Elle date de 1993. Aujourd'hui la langue glaciaire est située plusieurs mètres en contrebas. Sur le Bossons le dernier front morainique date de 1986 (ce glacier est dit plus réactif en terme de dynamique glaciaire). Ces périodes des années 1980 correspondent aux derniers froids hivernaux sérieux. Depuis ces glaciers n'ont cessé de reculer.



Ce front morainique recouvert d'une végétation beaucoup plus conséquente traduit un âge plus grand. Il est daté du Dryas récent (autour de 11500 ans).

La pétrologie

Les blocs morainiques arrachés au massifs cristallins de bordure sont des gneiss leucocrates montrant une linéation minéralogique et des phénocristaux d'orthose. 26



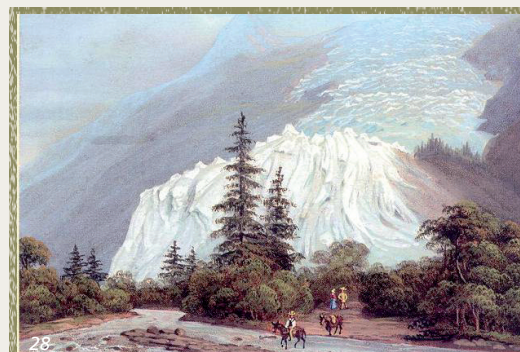
Des enclaves mélanocrates (restites) traduisent une hétérogénéité des matériaux soumis aux contraintes thermodynamiques. 27



LES BOSSONS

Un des glaciers majeurs de la vallée de Chamonix, de par le volume de glace mis en jeu (la plus grande cascade d'Europe), mais aussi parce qu'il révèle leur retrait général dans les Alpes depuis quelques dizaines d'années.

A la fin du petit âge glaciaire (au milieu du 19^{ème} siècle), la langue glaciaire descendait jusque dans la vallée menaçant parfois de couper la route. 28





Aujourd'hui, le glacier a nettement reculé. 29 L'extrémité de cette langue se situe à plus de 1,5 kilomètre de la route.

Les marques (way point) réalisées avec le GPS donnent une précision acceptable pour estimer ce retrait. Les géologues de terrain indiquent qu'en 1981, l'avancée du glacier atteignait leur tripode. Ce repère étant fixé, en réalisant une procédure identique à la précédente, on évalue ce retrait à quasiment 600 mètres. 30



Les Bossons comme modèle physique.

Une équipe de géophysiciens mandatée par les services de l'équipement étudie les séries sédimentaires disposées en contrebas de la langue glaciaire. Celles-ci constituent un modèle physique qui permet de comprendre les écoulements des effluents nocifs pour l'environnement (métaux lourds) dans le sous sol Est Lyonnais. Connaître les caractères sédimentologiques de ce modèle :

- par prélèvement direct : utilisation d'un carottier (le cobra, 31) pour identifier la nature et la structure des matériaux existant en profondeur.

- par sismique réfraction par émission d'ondes de vibration (par une masse percutant une dalle, 32) et des géophones disposés linéairement dans le sol et réceptionnant ces ondes. Ceux-ci sont reliés à un système

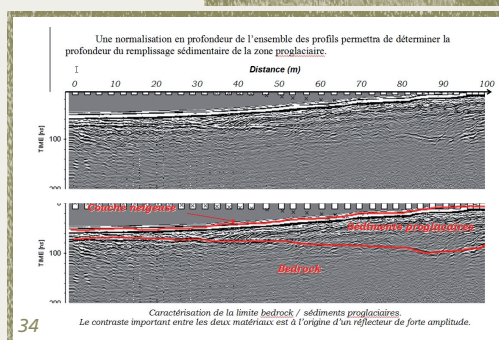
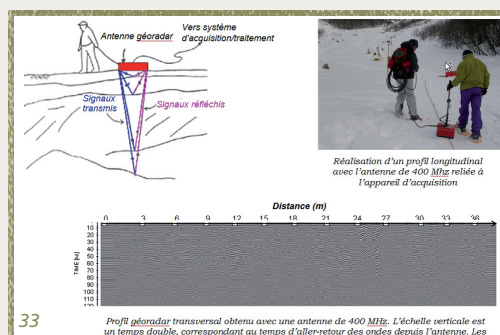


Par une masse percutant une dalle

numérique d'affichage et d'interprétation 33. La structure sédimentaire fait apparaître des superpositions lithologiques dues principalement au phénomène d'aggradation 34.

Remarque : cette technique de sismique réfraction est particulièrement adaptée à l'étude des couches superficielles (de quelques mètres de profondeur), alors que la sismique réflexion est plus adaptée à la connaissance de la structure profonde du globe.

Système numérique d'affichage et d'interprétation



Superpositions lithologiques dues principalement au phénomène d'aggradation

ANNEXES ET BIBLIOGRAPHIE

Les derniers stades glaciaires des glaciers du Mont Blanc.

Auteurs : Gérard Nicoud, Sylvain Coutterand et Luc Moreau. Cahiers de géographie, Le Quaternaire des Vallées Alpines, Collection EDYTEM, n°3, année 2005.

Etude de la zone proglaciaire des Bossons (Chamonix, Haute-Savoie)

Investigation géophysique, nivellement topographique et caractérisation d'hydrofaciès

Mission du LSE ENTPE / LR Autun

Auteurs : Thierry Winiarski, responsable de mission, chargé de recherche, E.N.T.P.E. - Grégory Bièvre, chargé d'études, L.R.P.C. d'Autun Jean-François Buoncristiani, maître de conférence, UMR CNRS 5561, Université de Bourgogne - David Goutaland, ITPE-doctorant, E.N.T.P.E. Laurent Lassabatère, ITPE-chercheur, L.C.P.C. Nantes - Arnaud Rouge, technicien radar, L.R.P.C. d'Autun

Fascicules de terrain portant sur des géologies régionales.

Auteurs : Marc Desmet, Maître de conférence, Université de Savoie Frédéric Sévelinge, Université de Bourgogne - Antoine Berger, Université de Savoie

Les descriptions géographiques et géologiques

sont de G.NICOUUD et S.COUTERRAND

in les Cahiers de Géographie : la quaternaire des vallées alpines

Collection EDYTEM n° 3, année 2000.

Le complexe de Chamonix- Mer de Glace.

Auteurs : Gérard Nicoud, Sylvain Coutterand et Luc Moreau. Cahiers de géographie, Le Quaternaire des Vallées Alpines, Collection EDYTEM, n°3, année 2005.