

SORTIE du 19-10-2009 – Voiron

Un petit topo avant de partir sur le terrain. La sortie serait plutôt St Jean de Moirans, Coublevie, St Etienne de Crossey !

On va parler des glaciations du quaternaire.

Il y a eu plusieurs glaciations sur le nord de l'Europe et plus occasionnellement sur les Alpes (la latitude plus basse compensant parfois l'altitude plus haute). La région n'était pas entièrement recouverte.

Un mot sur le découpage tertiaire – quaternaire. Le découpage entre les ères correspond en principe à des grands bouleversements.

Le IV^e débute il y a 1,8Ma et serait caractérisé par les glaciations et l'apparition des hominidés.

Depuis, on sait que ceux-ci sont apparus bien plus tôt :

L'homme, il prend son temps... et les premiers hominidés ne datent que de - 6 millions d'années... A noter, la récente découverte de Toumaï repousse les premiers hominidés à - 7 millions d'années !

Les premières traces de vie, elles, datent d'environ 3milliard d'années.

Du coup, on a repris la classification en seulement 3 ères :

- Paléozoïque pour le primaire :

Le Paléozoïque (du grec ancien palaios, "ancien", et zoon, "animal") est une ère géologique qui s'étend de 543 à 250 millions d'années avant J-C. Cette ère est parfois appelé Ère Primaire (ou Ère des Poissons). Son début correspond classiquement à l'apparition de nombreux fossiles à coquilles dures, bien que l'on sache maintenant que de tels animaux existent depuis l'ère précédente, l'Édiacarien. Cette ère s'achève par une extinction massive.

- Mésozoïque pour le secondaire

Le Mésozoïque (du grec ancien mesos : μέσο), moyen et zoon : ζωον), animal), appelé anciennement Ère secondaire (ou Ère des Reptiles), est une ère géologique qui s'étend de - 251 à - 65,5 Ma, et au cours de laquelle apparaissent des espèces de mammifères et de dinosaures. Sa limite supérieure correspond à l'extinction du Crétacé.

- Cénozoïque pour le tertiaire et le quaternaire

Le Cénozoïque est l'ère géologique actuelle. Elle débute il y a 65,5 millions d'années, après l'extinction du Crétacé, est précédée par le Mésozoïque et se poursuit de nos jours. Son nom signifie "nouvelle vie" et provient du grec kainos, nouveau, et zoe, vie.

Vie ou animal, peu importe ! L'ancien quaternaire est subdivisé en pléistocène (très récent) où ont eu lieu les glaciations et holocène (complètement récent) : les 10 000 dernières années).

Les glaciations ont en fait débuté avant le IV^e. Il y a eu 6 glaciations dont les 3 dernières ont affecté les Alpes. Leurs noms correspondent à des affluents du Danube, anciennes vallées glaciaires, pris par ordre alphabétique croissant.

Les deux premières sont Biber et Donau (le Danube lui-même).

Les quatre époques les plus récentes de glaciation mondiale sont, dans l'ordre d'ancienneté décroissante, celles de Günz (- 900.000 ans), Mindel (- 400.000 ans), Riss (- 180.000 à - 100.000 ans) et enfin Würm (- 70.000 à - 20.000 ans).

Les traces glaciaires les plus fraîches datent dans les basses vallées alpines de la glaciation du Würm, dont le maximum d'extension (dite "Würm II") remonte à environ 50.000 ans.

Dans les hautes vallées des traces glaciaires encore plus fraîches, souvent encore mal colonisées par la végétation, sont celles du "petit âge de glace", c'est-à-dire de la période 1550 - 1820 (la décennie la plus froide fut celle de 1690 à 1700).

Les 3 premières n'ont pas laissé de traces dans les Alpes (ce qui ne veut pas dire qu'elles n'ont pas existé) Les 3 dernières ont sûrement affecté les Alpes.

Un glacier est un agent d'érosion double :

- il a un rôle d'abrasion en amont.
- c'est l'agent de transport le plus puissant qui soit, accumulant les dépôts en aval.

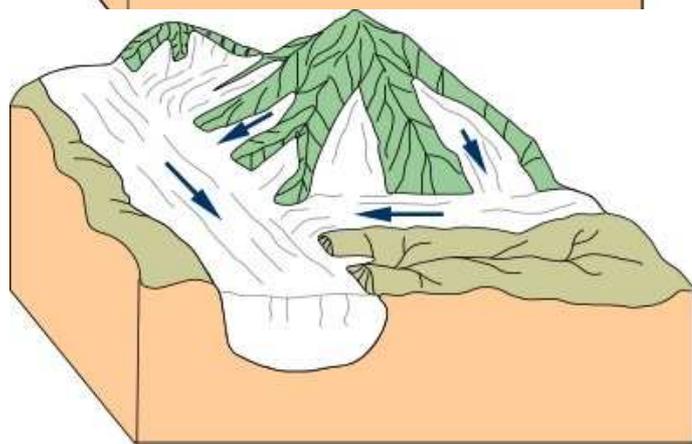
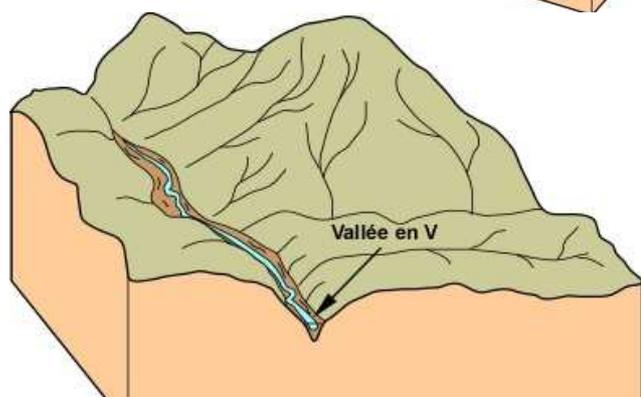
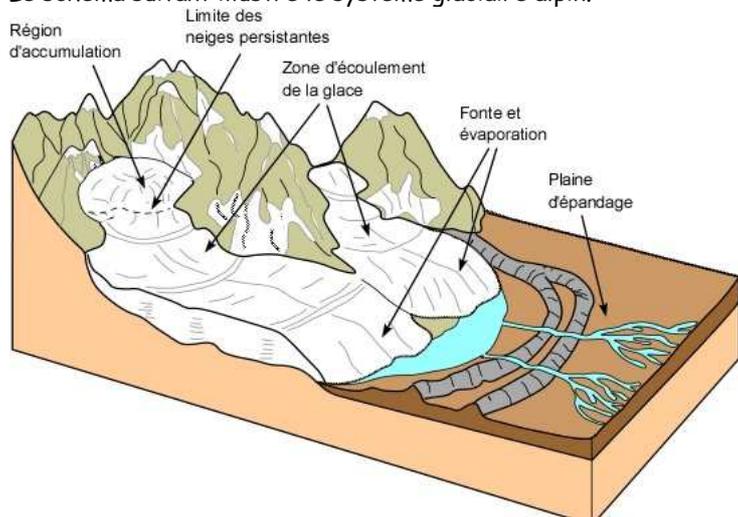
En tant qu'agent de dépôt il donne lieu à deux types de morphologies : la glaciaire et la périglaciaire.

Morphologie des dépôts glaciaires : elle concerne les endroits où se trouvait le glacier. Avant, un petit cours de l'université de Laval au Québec sur les glaciers.

Les glaciers alpins <http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s3/glaces.html>

On réfère à la glaciation qui se confine aux hautes montagnes comme à la glaciation alpine, différente de la calotte polaire. Alpine, parce que c'est dans les Alpes que ce type de glaciation a d'abord été décrit. En haute montagne, on aura deux types de glaciers : la calotte alpine formant une grande superficie de glace couvrant les sommets, à partir de laquelle s'écoulent des glaciers alpins confinés aux vallées (on dit aussi glaciers de montagnes, glaciers de vallées). Dans les secteurs montagneux qui se situent au-dessus de la limite des neiges persistantes, c'est-à-dire sous 0°C en moyenne, l'eau s'accumule sous forme de neige qui se compacte en glace. Mais la glace ne peut s'accumuler indéfiniment. Puisque les zones d'accumulation ne sont pas confinées, la glace s'écoule. Il peut paraître difficile de concevoir que la glace s'écoule, mais, en faisant intervenir le facteur temps, la glace se comporte comme un matériau plastique, ou tout au moins semi-plastique. Le poids du matériel à la zone d'accumulation initie et conduit l'écoulement de la glace en poussant sur toute la masse qui s'écoule. Cet écoulement est lent : 180 m/an pour les plus grands glaciers des Alpes, de 90 à 150 m/an pour les glaciers plus petits.

Le schéma suivant illustre le système glaciaire alpin.



Le substrat rocheux porte la marque des glaciers: les roches sont moutonnées (arrondies par le frottement), ou cannelées, ou encore striées par les cailloux entraînés dans la glace, ce qui permet de déterminer la direction et le sens d'écoulement de la glace une fois le glacier disparu.

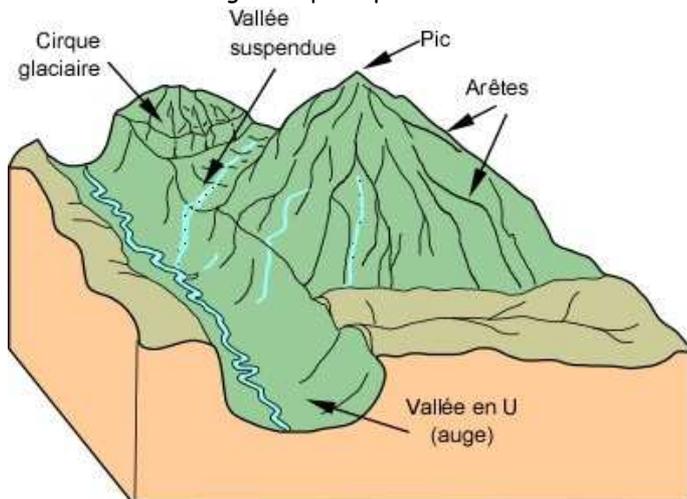
Le glacier arrache des matériaux au substrat rocheux; tout ce matériel sédimentaire produit directement par l'action de rabotage de la glace sur la roche porte le nom général de moraine. Les eaux de fonte du glacier redistribuent les matériaux glaciaires

Le glacier se répand sur une certaine distance. Rendu à une altitude où les températures moyennes sont au-dessus de 0°C, il y a fonte et évaporation au front du glacier. Si les températures annuelles moyennes et le taux de précipitation demeurent assez constants sur une période de temps assez longue, soit plusieurs dizaines ou même centaines d'années, il s'établit un équilibre entre l'alimentation, la vitesse d'écoulement, et la fonte et évaporation au front, ce qui fait que le front du glacier demeure stationnaire. Si au contraire, il y a augmentation ou diminution des températures moyennes, le front retraite ou avance. Sur le glacier et au front du glacier, la fonte de la glace produit des eaux de circulation qui distribuent les sédiments piégés dans le glacier et forment, à l'avant du glacier, une plaine d'épandage.

Les glaciers alpins sculptent la montagne d'une manière bien caractéristique, facilement reconnaissable. Les schémas qui suivent illustrent ce modelage. Les glaciers empruntent souvent un relief déjà modelé par les cours d'eau. Rappelons que les vallées creusées par les cours d'eau ont un profil en V. Durant la glaciation, l'écoulement des glaces creuse à nouveau les vallées.

L'épaisseur d'un glacier se mesure généralement en plusieurs dizaines, parfois même jusqu'à quelques centaines de mètres. C'est une masse importante qui agit sur la roche de fond comme un bulldozer. Le creusement n'est pas instantané, mais se fait progressivement à mesure de l'écoulement sur de longues périodes de temps. Progressivement, vont se creuser des vallées qui peuvent atteindre des centaines de mètres de profondeur. Ces vallées auront un profil bien caractéristique en U (on dit aussi en auge).

Après la fonte des glaces, on aura un paysage de cirques glaciaires (anciennes zones d'accumulation de la glace), de vallées dites en U (auges glaciaires), de pics et d'arêtes délimitant des vallées suspendues résultant du creusement par des glaciers plus petits venant se fondre dans le glacier principal.

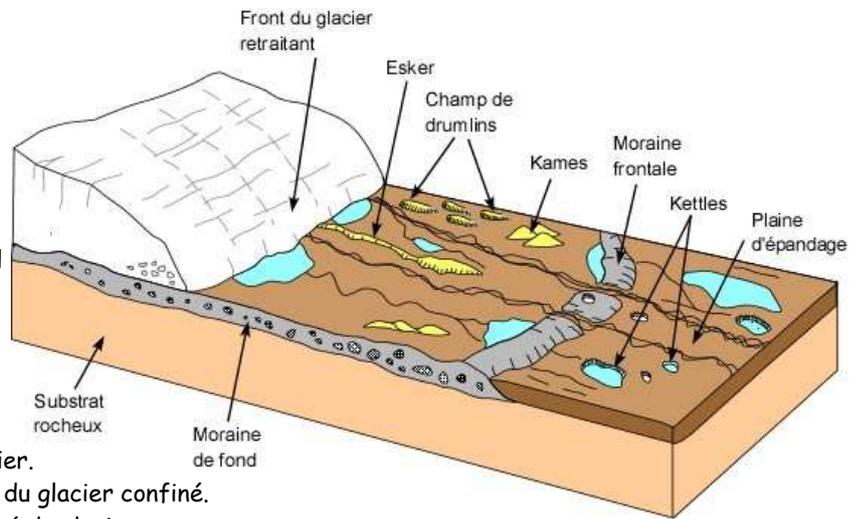


sur une plaine d'épandage; il y a tout un cortège de dépôts qu'on dit fluvio-glaciaires. Le retrait du glacier laisse sur place tous ces dépôts qui caractérisent les paysages glaciaires.

Voici les principaux dépôts qui caractérisent le paysage post-glaciaire :

Moraine frontale: dépôt formé au front du glacier, quand le glacier a atteint son avancé maximum et qu'il est stationnaire, par l'amoncellement des fragments rocheux de toutes tailles arrachés au substrat par le glacier, ainsi que des sédiments produits par l'abrasion de la glace sur la roche. Ce mélange de sédiments s'appelle un till.

- **Moraine de fond:** dépôt morainique sous le glacier.
- **Moraine latérale:** dépôt morainique aux marges du glacier confiné.
- **Drumlin:** moraine de fond remodelée par l'avancé du glacier.
- **Esker:** dépôt fluvio-glaciaire serpentiforme formé par des cours d'eau confinés qui se situaient à l'intérieur ou sur le glacier; la fonte du glacier laisse un lacet de sédiments.
- **Kame:** dépôt fluvio-glaciaire dans une cavité ou une dépression du glacier qui, après la fonte forme de petits monticules.
- **Kettle:** dépression dans une moraine ou un dépôt fluvio-glaciaire créée par la fonte d'un bloc de glace emprisonné dans les matériaux.



Un glacier, c'est de la glace et des blocs rocheux. Parmi ces derniers les blocs qui roulent au fond du glacier (moraine de fonds) ont le rôle principal dans l'érosion : ce n'est pas la glace qui érode mais les blocs transportés, de la même manière que ce n'est pas le papier qui polit mais l'abrasif qui est collé sur lui. Ils sont responsable des moraines, de la vallée en auge, des roches moutonnées, du poli glaciaire, des roches cannelées, des cirques.



Roche moutonnée, région de Rouyn-Noranda (Québec). Les glaciers ont sculpté cette roche volcanique en une forme à laquelle on donne le nom de roche moutonnée. Les glaciers continentaux présentaient une épaisseur atteignant plusieurs centaines de mètres et même, par endroits, plusieurs kilomètres. Ils ont exercé une grande pression sur le sol sur lequel ils progressaient. Dans ce cas-ci, le glacier se déplaçait de la droite vers la gauche de la photo. Il a érodé et poli la face amont de la roche en une pente douce, et la face aval en une pente raide et raboteuse. La face amont d'affleurements constitués de roches volcaniques dures, comme celles de la photo, ont tendance à prendre une forme légèrement convexe. Dans les roches moins résistantes à l'action érosive des glaciers, comme les gneiss, la face amont des affleurements est à pente plus douce.

Morphologie péri glaciaire.

Elle concerne une région proche du glacier :

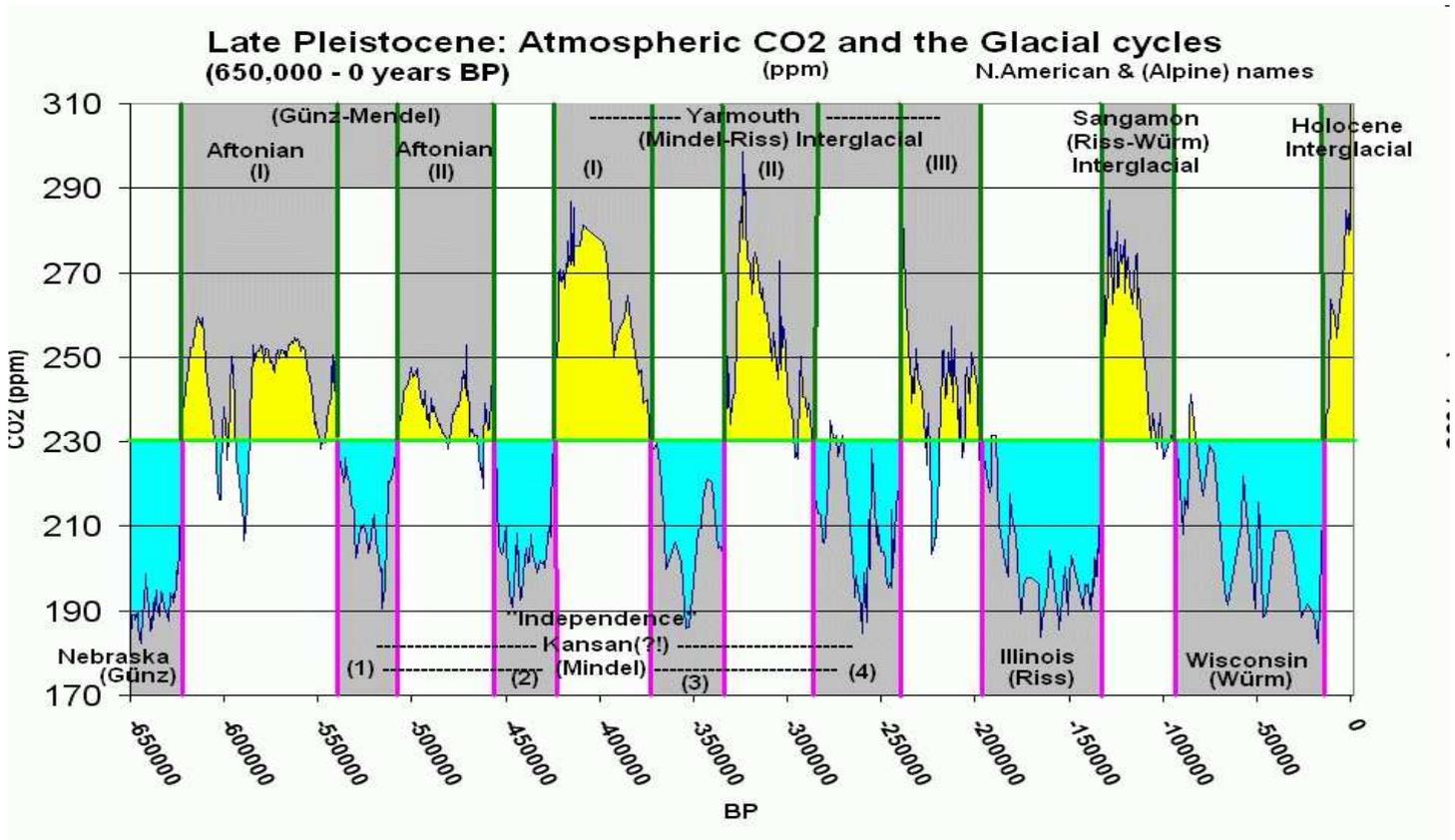
- dépôts amenés en aval du glacier par les eaux issues du glaciers. On observe des terrasses fluvio-glaciaires (épandage des torrents émissaires : sandars d'Islande : une partie du Skeidarásandur vue depuis Skaftafell) ou terrasses glacio-lacustres (Grenoble : lac du Grésivaudan comblé sur 500m!) quand le torrent est bloqué dans un lac.

- dépôts de sable venant d'argile ou de sable arrachés par le vent à la moraine : loess comme en Chine ou en Alsace



Les glaciers ont prédestiné les deux grands écoulements des Alpes du Nord : Rhône et Isère. Ces deux glaciers sont séparés à la source et finissent par converger.

Chaque glaciation est décomposable en sous glaciations avec des des périodes interglaciaires propres à chaque glaciation; On parle ainsi de Würm1, Würm2 et Würm3 que l'on voit très bien car ce sont les plus récentes glaciations. Plus les glaciations sont vieilles et plus elles sont difficiles à dater et à repérer car les traces ont été "chamboulées" par les plus récentes. On peut reprendre la figure de la sortie Montheynard :

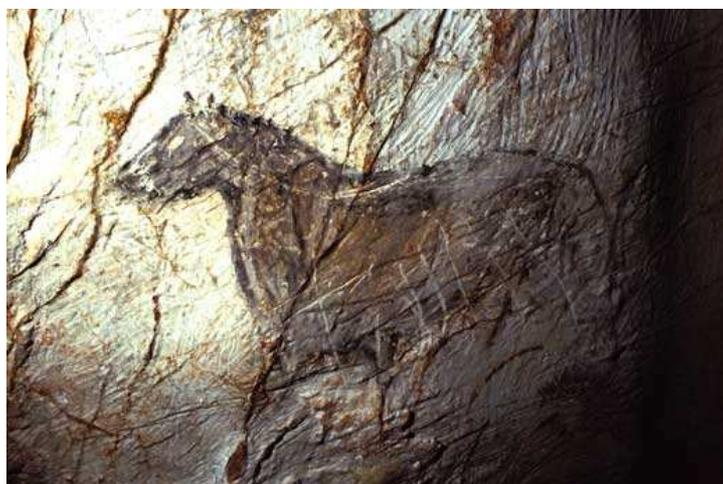


Riss de 180 000 à 100 000 et Würm de 80000 à 10000 avec Würm3 vers 30000.

Certains estiment qu'il y a une grande période glaciaire tous les 100Ma. Plusieurs facteurs contribuent à la glaciation :

- la physique de la planète
- l'angle de l'axe de rotation de la terre et la forme de l'ellipse qu'elle décrit : voir l'article plus loin. Cela correspond au plus petit cycle que l'on peut voir en géologie et donne par exemple les alternances de calcaire et de marne (calcaire avec beaucoup d'argile)
- la tectonique : on aurait dû avoir une trace au carbonifère et on ne la trouve pas. En fait les continents sont tous ensemble, vers l'Equateur : peu de chances d'être dans une zone où l'on peut avoir une glaciation.

On peut trouver des traces indirectes de glaciation : la mer était 150m plus bas qu'aujourd'hui au Würm, les glaciers du Nord retenant une énorme quantité d'eau : d'où la grotte Cosquer et ses peintures à -38m vers Marseille.



L'article qui suit explique les différentes variations de la course de la terre autour du soleil.

Cyclicité de Milankovitch : Milankovitch a montré pour les temps récents l'existence de cyclicités climatiques liées aux variations de l'orbite de la terre par rapport à celle du soleil.

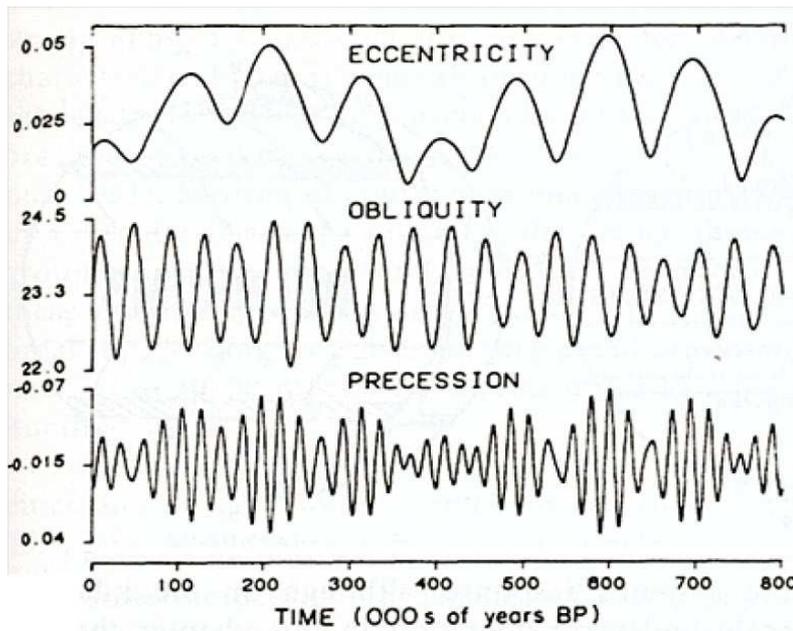
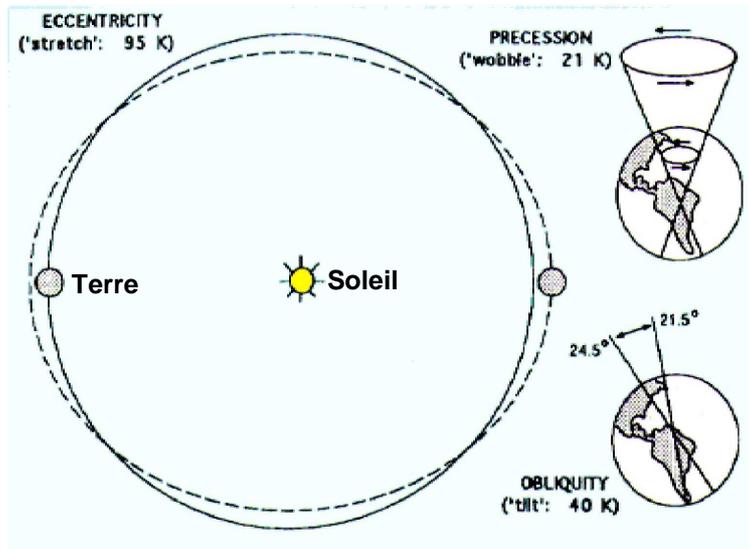
Ces cyclicités sont de trois ordres :

-Précession (environ 20 000 ans)

-Obliquité (environ 40 000 ans)

-Excentricité (environ 100 000 ans)

Ces cyclicités seraient responsables des alternances marnes/calcaires dans les bassins



« Cycle de précession » dans l'Hauterivien du bassin vocontien

<http://la.climatologie.free.fr/glaciation/glaciation.htm>

La Précession des équinoxes et du Périhélie

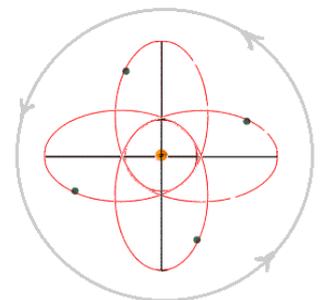
1. La Précession des équinoxes

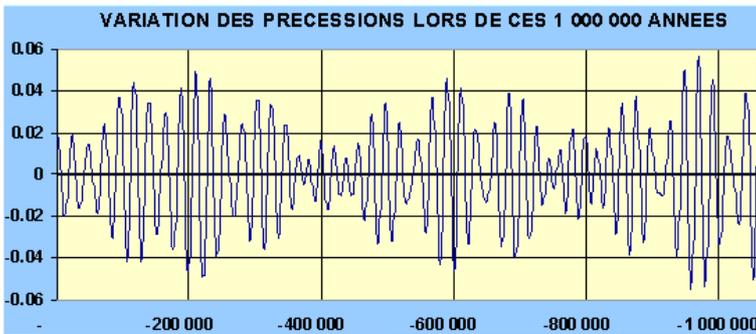
L'axe de rotation de la Terre qui est incliné de $23,27^\circ$ justifie l'existence des différentes saisons. Mais son axe varie au cours du temps, il décrit un cône en 25 868 années : les saisons se déplacent sur l'orbite terrestre. Ce mouvement, appelé précession axiale, est dû à l'attraction combinée du Soleil et de la Lune sur le bourrelet équatorial. Grâce à notre satellite l'échéance de la variation de l'axe de rotation est plus lente et permet d'y avoir la vie sur notre planète. Donc sans la Lune l'axe de la Terre décrirait un cône en même pas 10.000 ans ce qui aurait des effets sur le climat.

Actuellement l'axe de rotation de la Terre est dirigé vers l'étoile polaire de la constellation de la Petite Ours mais dans 12 934 ans elle sera dirigé vers l'étoile Véga de la constellation de la Lyre et 12 934 ans plus tard l'axe de la Terre sera de nouveau pointée vers l'étoile polaire. Dans l'hémisphère Nord, la distance au Soleil est minimale en hiver et maximale en été, et inversement dans l'hémisphère Sud. Nous sommes dans une situation qui adoucit les hivers et refroidit les étés de l'hémisphère Nord, alors qu'elle accroît les contrastes saisonniers de l'hémisphère Sud. Au contraire, il y a environ 10 000 ans, la Terre passait par le point le plus proche du Soleil au moment du solstice d'été boréal et non au solstice d'hiver comme de nos jours. L'hémisphère Nord recevait alors plus d'énergie solaire en été et moins en hiver.

2. La Précession du Périhélie

Par rapport aux étoiles, l'orbite terrestre elliptique effectue une rotation (la précession du périhélie). Ceci modifie le mois de l'année à laquelle la Terre est au périhélie c'est à dire quand la Terre est au plus proche du Soleil. Ceci est aussi dû à l'attraction des planètes, du Soleil et de la Lune.

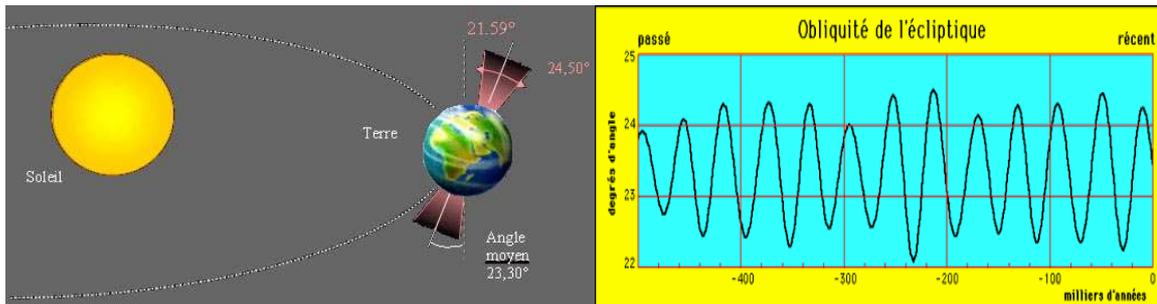




Ces deux mouvements combinés ramènent à 22 000 ans la périodicité de la précession des équinoxes. Ce mouvement résultant, combiné à la variation de l'excentricité de l'orbite de la Terre fait varier la distance Terre-Soleil suivant deux périodes, 19 000 ans et 23 000 ans.

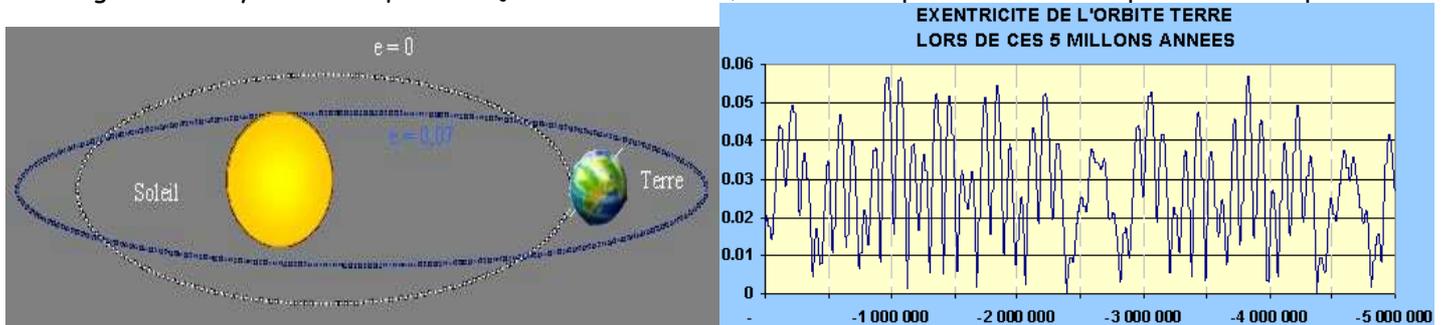
L'obliquité

L'axe de rotation de la Terre est actuellement incliné de $23^{\circ}27'$. Mais elle varie entre $21^{\circ}59'$ et $24^{\circ}50'$ sur une période 41000 années. Cette fluctuation agit sur la répartition de l'énergie reçue aux différentes latitudes suivant les saisons, en particulier la durée de la nuit polaire aux latitudes les plus élevées. Quand l'obliquité atteint $24^{\circ}50'$ cela entraîne des hivers rigoureux aux latitudes moyennes. Mais lorsque l'obliquité est moins importante ça favorise les glaciations et inverse lorsqu'elle est plus importante.



La variation de l'orbite terrestre

La masse du Soleil commande le mouvement de la Terre dans l'espace, mais la présence des autres planètes (surtout Jupiter) du Système Solaire perturbe ce mouvement et entraîne des variations à long terme des paramètres de l'orbite de la Terre. L'excentricité qui est de 0,02, mesure l'écart entre l'orbite terrestre et un cercle parfait. Il varie entre 0 et 0,07. Sa période varie selon une période 400000 ans et une de 100000 ans. Donc le flux global du rayonnement qu'elle reçoit du Soleil varie, suivant sa répartition dans l'espace et le temps.



Le caractère elliptique a été exagéré

Il n'y a jamais eu de calotte glaciaire sur les Alpes : les glaciers n'ont occupé que des vallées : il n'y a pas eu de glacier sur Belledonne mais dans le Grésivaudan dont une photo par jour de mer de nuage peut donner une image :



On peut donner une explication interne à la planète pour expliquer le refroidissement : l'érosion d'une grande chaîne de montagnes est souvent suivie d'une glaciation. L'érosion peut attaquer un massif calcaire ou un massif cristallin.

- L'érosion d'un massif calcaire apporte du CaCO_3 dans la mer : c'est du recyclage.
- L'érosion d'un massif cristallin apporte du calcium sous forme de silicate (plagioclase). Celui-ci réagit avec le CO_2 dissous dans la mer. Cette dernière prélève donc du CO_2 dans l'atmosphère, diminuant ainsi la concentration atmosphérique du CO_2 et donc l'effet de serre. Cela contribue au refroidissement.

Avant 1 milliard d'années, il n'y a pas eu de glaciation, l'atmosphère étant trop riche en CO_2 . Ce CO_2 a ensuite été partiellement piégé en quantités énormes sous forme de CaCO_3 par des stromatolites (algues). Il s'en est suivi une glaciation dont on retrouve des traces en Mauritanie.

Mauritanie :Géologie de l'Adrar : Les champs récifaux de stromatolites...

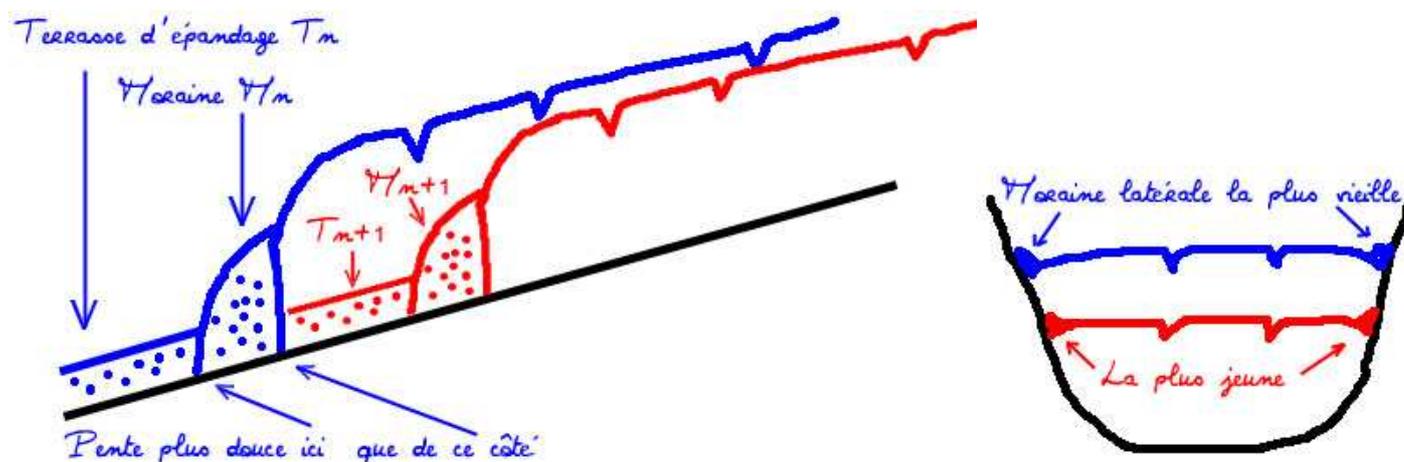
<http://www.participez.com/contenu/reportage/mauritanie-geologie-de-ladrar>

Ces champs sont présents dans la région d'Atar (bassin de Taoudéni). Bien que n'étant pas un cas unique (il en existe aux USA, en Australie et au Qatar), ceux-ci n'ont pas d'équivalent sur une telle superficie. C'est un calcaire dolomite fossilifère, sous forme de roches brunes ou bleues, constitué d'unités concentriques. Ces stromatolites sont présentes sur toutes les roches, de façon dense, en cercles quasi adjacents. Elles sont le fait de l'activité d'algues bleues en milieu marin. Cette activité a généré des minéraux, par fixation de particules minérales piégées par excréments et précipitations consécutives à la photosynthèse des algues. Ces minéraux, en s'incrétant, en ont dessiné la forme en ajoutant des cercles extérieurs, à mesure de leur croissance. Ces algues, êtres vivants il y a 500 millions d'années, sont parmi les plantes qui, les premières, ont participé à l'élaboration de l'atmosphère en transformant l'acide carbonique et en libérant l'oxygène, permettant aux plantes terrestres de prendre le relais (fougères arborescentes).

Le glacier, dans lequel la glace avance, se termine par une langue glaciaire qui s'arrête au front du glacier : c'est l'endroit où il arrive autant de glace qu'il en fond. Si cet équilibre est rompu, le glacier descend plus bas ou s'arrête plus haut.

Parlons de la moraine frontale : le glacier ne pousse pas un tas de cailloux mais charrie des cailloux. Au front, le glacier peut stagner plusieurs décennies : tous les blocs, de tailles très différentes, qui arrivent s'accumulent au front dans une matrice argilo sableuse qui indure le tout. L'ensemble est imperméable à la circulation d'eau *per descensum* (autrement dit dans le sens de la gravité ! et donc à la pluie). Par contre il y a des remontées *per ascensum*, dues à la capillarité, qui permettent l'induration de l'ensemble via les sels minéraux apportés par les eaux en question.

Après un statu quo de quelques dizaines d'années, par exemple, le climat se refroidit : le front du glacier avance et détruit, en passant dessus, la moraine frontale qui devient moraine de fond. La trace de la moraine frontale est détruite à tout jamais. Si par contre le climat se réchauffe, le glacier regresse et laisse la moraine frontale sur place pour en édifier une nouvelle plus haut, au nouveau point d'équilibre. Le glacier sera aussi moins haut et sans doute moins large. La plus basse moraine frontale correspond donc à la moraine latérale la plus haute.



Devant la moraine frontale se crée une terrasse d'épandage fluvioglacière s'il n'y a pas d'obstacle (FG sur les cartes géologiques, G pour moraine) ou glacio lacustre (plate) s'il y a un obstacle (GL). On peut préciser GW pour la glaciation du Würm ou GR pour celle du Riss. Dans une terrasse fluvioglacière, les courbes de niveau baissent lentement.

Un extrait d'une page web concernant des moraines latérales spectaculaires : celles du glacier de Bonne Pierre (Ecrins).

<http://www.vallouimages.com/ecrins/bonnepierre/a2.htm>

Vallon de Bonne Pierre et Glacier de Bonne Pierre



Bonne Pierre aujourd'hui (IGN), la Bonne Pierre il y a encore peu (*Duhamel, Guillemain, Didier & Richard, etc.*) ce nom convient bien au grand vallon d'altitude caché derrière la crête de Pié Bérarde qui prolonge l'arête ouest des Écrins. On le devine sur la droite en remontant le vallon des Étançons en direction de la Meije, mais on n'imagine pas le long vallon peu pentu qui s'étire en amont. Pour le découvrir dans toute son ampleur, il faut monter à la Tête de la Maye, en fin d'après-midi de préférence pour bénéficier de l'éclairage plus favorable.

Vu d'en bas une imposante moraine ferme le vallon. En s'élevant un peu on aperçoit vite un front de glacier, car tout le vallon supérieur faiblement pentu et orienté d'est en ouest, est entièrement occupé par un glacier qui recouvrait encore 232 ha en 1975 [*Vivian*].

Son front est remonté d'une centaine de mètres en altitude depuis lors et se situe actuellement aux environs de 2500 m au pied des Cornes de Pié Bérarde en contrebas immédiat de la rupture de pente. Son retrait lui a fait abandonné plusieurs petites moraines frontales dont celles correspondant à sa poussée des années 1970-1980. Au delà de la rupture de pente, le glacier s'étale jusqu'à 3200 m selon une pente régulière. Son altitude moyenne est de 2950 m. Sa longueur d'environ 3 kilomètres et sa largeur à peu près constante de 400 à 600 mètres en font un glacier de vallée typique [D'après *Vivian*].

Sa langue est largement recouverte de débris morainiques qui en font un glacier noir et qui la protège. Assez tourmentée, elle n'occupe plus que le fond du vallon très en contrebas de sa grande moraine de rive droite qui marque l'extension maximale du glacier au moment du PAG (*Petit Âge Glaciaire*, de 1550 à 1850). Directement dominée par les sommets de sa rive gauche qui, du Flambeau des Écrins aux Cornes de Pié Bérarde, participent à son alimentation presque jusqu'à son front, elle est dissymétrique et s'amenuise de plus en plus sur sa rive droite.

Sa grande moraine latérale de rive droite constitue une originalité majeure du Glacier de Bonne Pierre. De section triangulaire dissymétrique, plus raide vers le glacier, plus douce au nord, cette moraine s'étire entre 2200 m et 2940 m et dessine la concavité tournée vers le nord du glacier. Plus en aval, la moraine est nettement moins imposante mais marque la concavité tournée vers le sud cette fois de l'ancienne langue glaciaire du PAG dont le front devait se situer entre 2000 et 2100 m. Les imposants débris morainiques qui recouvraient la glace disparue indique l'ancien étalement du glacier dans le bas du vallon. Cette moraine est assez effilée et régulière, presque rectiligne, mais on n'en distingue pas moins sur certaines portions un entrelacs de moraines latérales témoins des multiples poussées ou reculs du glacier durant le PAG. Une ou deux autres moraines latérales plus en contrebas des moraines du PAG témoignent de poussées plus récentes et de bien moindre ampleur. La plus ancienne gagnée par la végétation remonte au début du XXe siècle. Cet ensemble morainique n'a pas d'équivalent sur la rive gauche où le glacier lèche le bas des pentes des sommets qui le dominent.

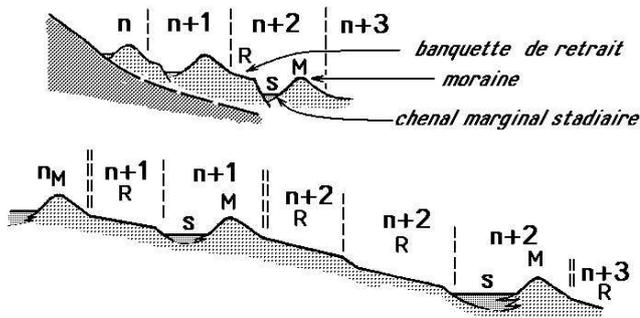
Les eaux du petit Glacier d'Alvau perché rive droite sous la Roche d'Alvau (3628 m) et en voie de disparition viennent se perdre sous la moraine du Glacier de Bonne Pierre s'en l'entamer et rejoignent ses eaux sous-glaciaires [D'après *Vivian*]. À cet endroit sous les rochers du Perronnet, contrefort de la Tête Sud de la Somme (3389 m), se situait autrefois l'ancien Refuge de Bonne Pierre vers 2559 m.

La moraine se termine vers 2940 m à la limite du majestueux cirque glaciaire orienté au nord-ouest ouest qui, de Roche Faurio (3730 m) au Flambeau des Écrins (3551 m), pourvoit à l'alimentation du glacier à grands coups d'avalanches descendues par les couloirs du Dôme de Neige (4015 m) et du Clocher des Écrins (3808 m). Un replat a permis l'installation d'un station météorologique automatique et offre un agréable emplacement de bivouac face au soleil couchant. Par contre, les débuts de matinée y sont longtemps dans l'ombre et froids.

C'est un lieu isolé et peu fréquenté, pour amateur de *grand Oisans sauvage*. De là, la vue embrasse tout le vallon et au-delà. À l'amont Roche Faurio (3730 m), trop près est écrasée. Son arête s'abaisse jusqu'au Col des Écrins qui donne accès au bassin du Glacier Blanc et ouvre la voie à l'ascension du Dôme et de la Barre des Écrins (4102 m) depuis la Bérarde. Il s'atteint par un système de câbles très endommagés, donc ne surtout pas s'y fier. Lors d'un passage en juin 2007, l'un d'entre eux avait une extrémité inférieure en forme de cosse révélatrice des nombreuses chutes qu'il a dû enrayer et qui ne tenait plus que par deux ou trois fils de métal proches de la rupture.

Puis la formidable face nord du Dôme de Neige des Écrins (4015 m) aux contreforts rocheux complexes et le non moins formidable pilier que constitue le Clocher des Écrins (3808 m) à la tête surplombant le glacier de 900 mètres. Il est en sursis soumis à de fréquents éboulements, dont celui du printemps 1931 qui lui a donné sa forme trifide. La *marmotte* de pierre qui part à l'assaut du sommet et la cime du clocher pourrait bien alimenter bientôt la moraine de surface du glacier.

Pour bien saisir toute l'ampleur de la face nord-est du Dôme, il faut redescendre un peu sur la moraine. De là, l'ensemble ressort comme l'un des plus beaux des Alpes : une face de 1100 mètres de haut avec deux fantastiques piliers qui s'élancent l'un vers le Dôme, l'autre vers le Clocher et entre les deux le célèbre Couloir Mayer-Dibona.

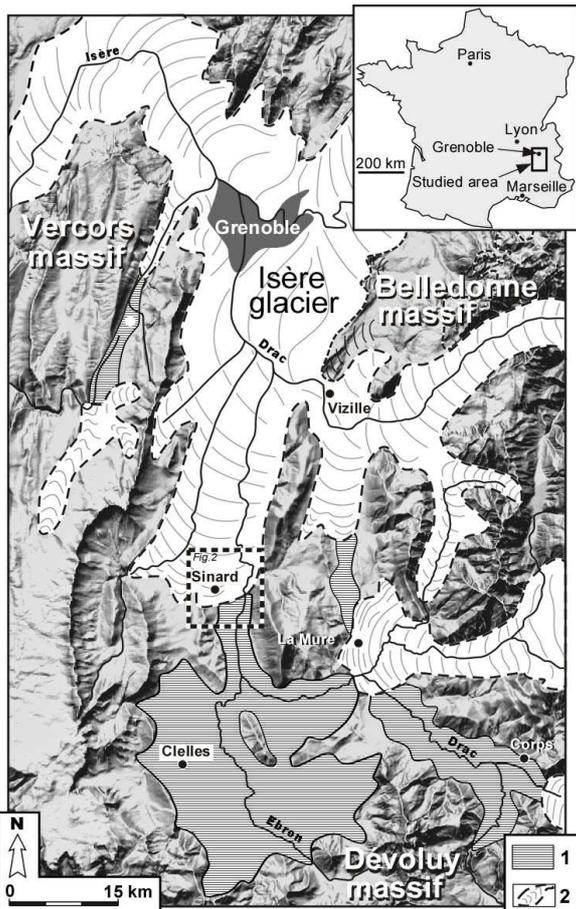
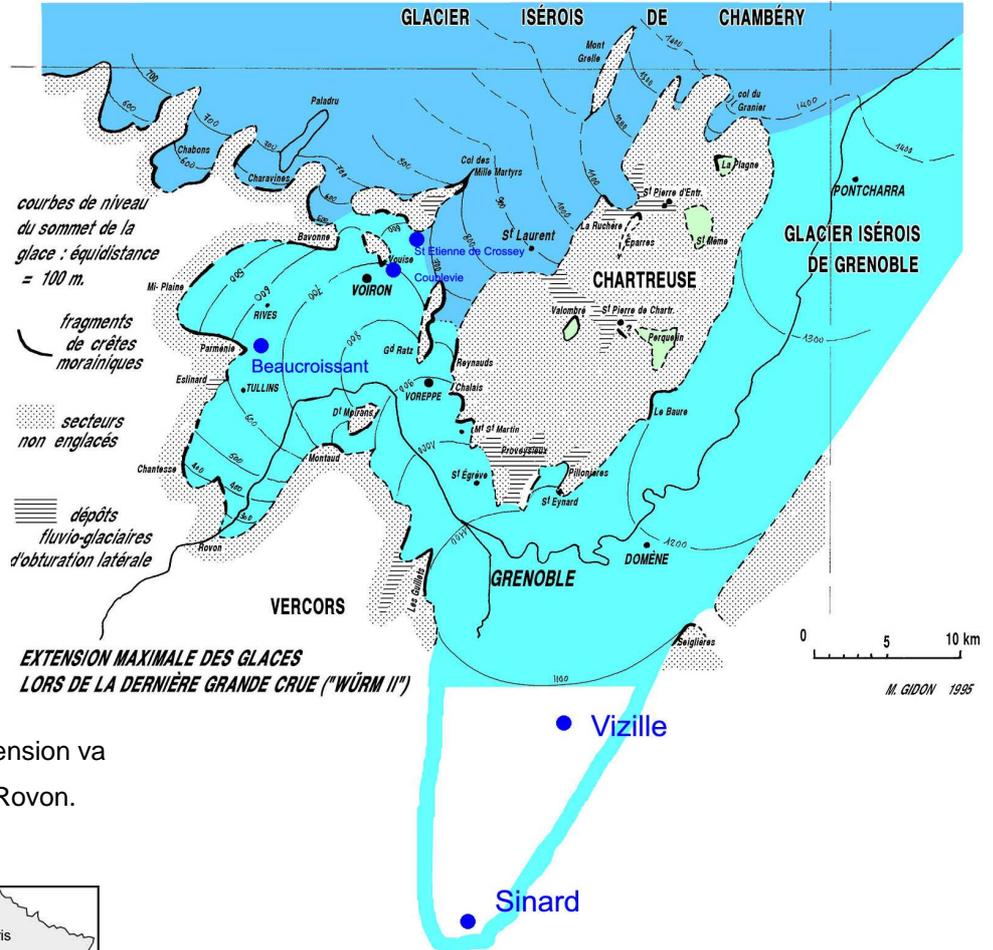


Exemple chez Gidon.

Dans notre région :

En vert le glacier de l'Isère et en bleu le glacier du Rhône. La carte de Gidon est complétée pour montrer l'extension au sud. Au sud, le glacier est limité par la remontée du relief après Sinard.

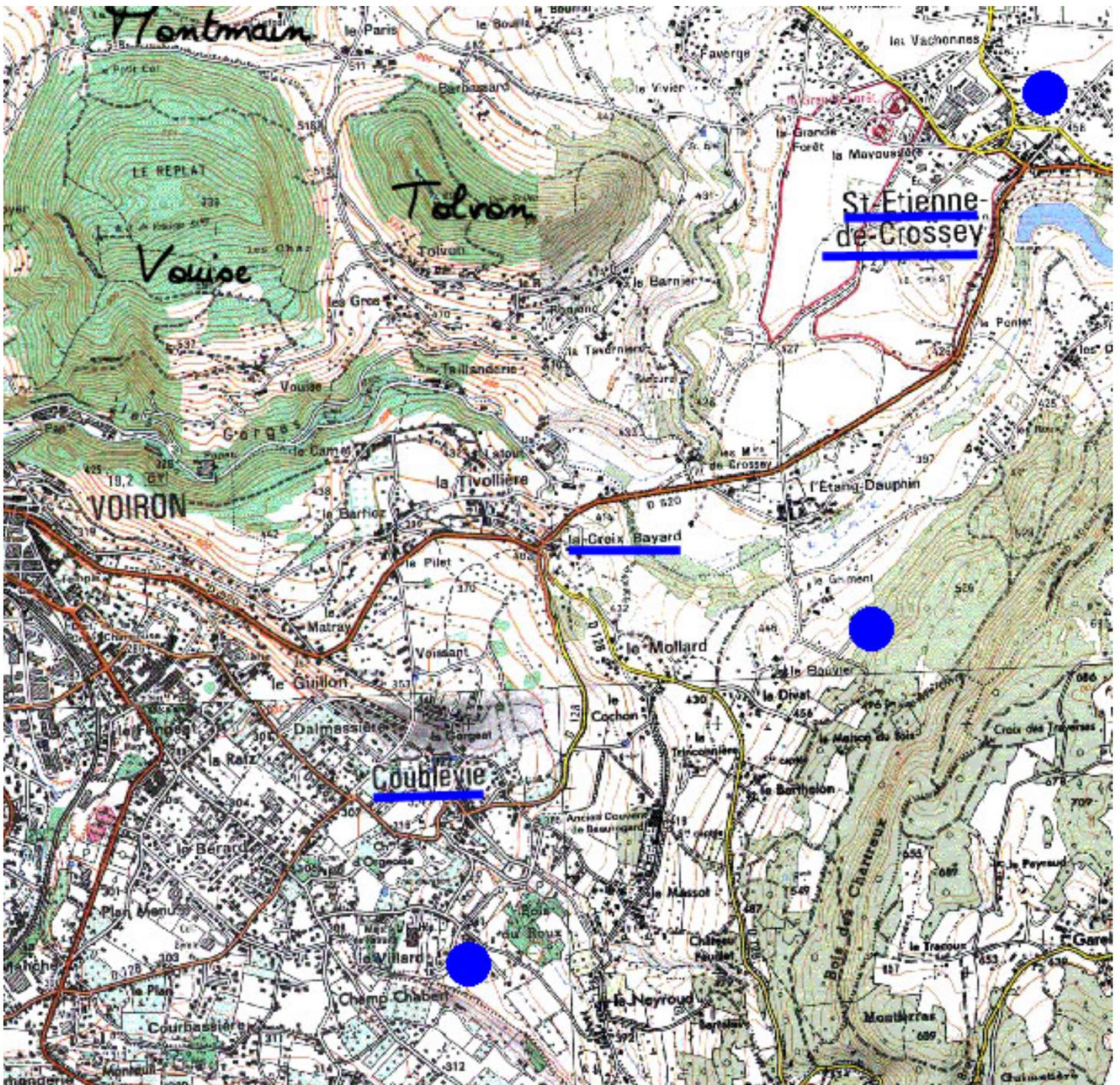
Le virage sévère que le glacier est obligé de prendre pour se frayer un passage entre Vercors et Isère donne lieu à un ombilic glaciaire : gros surcreusement à ce niveau puisqu'on descend à -300m . Les effets de ce glacier sont visibles vers Voiron et ce sera l'objet de la sortie : on verra la jonction entre les glaciers de l'Isère et du Rhône. Sur les autres langues l'extension va jusque vers Beaucroissant, La Frette, Rovon.



Ce glacier du Würm a fait disparaître les traces du glacier du Riss sauf la moraine frontale à Faramans en Beaufort, qq km à l'ouest de la Côte St André.

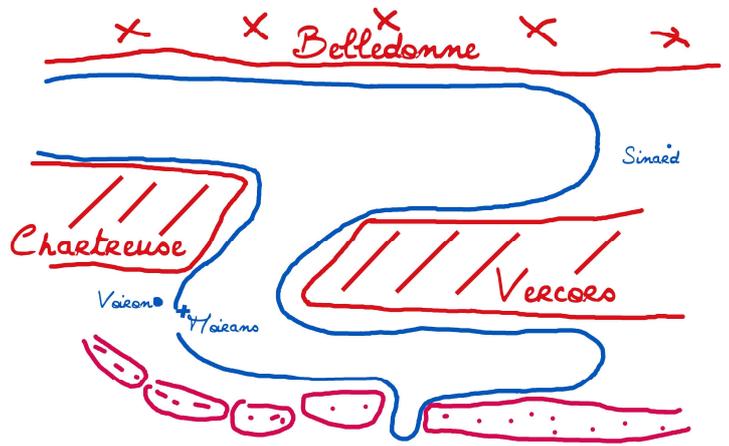
Le Riss représente sans doute la plus grande glaciation dans les Alpes. "Riss plus gros que Würm", affirmait-on jusqu'à ce qu'on ait fait des forages. Pendant l'interglaciation, il y a eu un lac à Grenoble dans lequel se sont déposés des argiles : les argiles d'Eybens, utilisés pour la fabrication de briques (l'église d'Eybens est une des rares églises en brique dans la région). Quand le Würm arrive, il entaille ces alluvions et on a retrouvé des moraines du Würm au fond des alluvions de Grenoble : bien que moins important que celui du Riss, le glacier du Würm a creusé plus profond. Il a laissé des traces à St Nizier du Moucherotte : il arrivait donc au moins à 1000m et descendait à -300m : 1300m de glace.

A la Croix Rousse à Lyon : moraine frontale du glacier du Rhône. Les lacs du Bourget et d'Annecy correspondent aux glaciers de l'Arc et de l'Isère. On part sur le terrain.



Premier arrêt au-dessus de St Jean de Moirans. On a une vue plongeante sur la plaine de Moirans, où se trouvait un lac avant celui du Grésivaudan, et qui a fini par fusionner avec celui du Grésivaudan. La langue principale du glacier correspond à la vallée de l'Isère. Deux langues plus petites vont l'une (Bièvre) vers Beaucroissant, La Frette, séparée de l'Isère par les Chambaran, l'autre vers nous. L'obstacle est constitué par les collines de Vouise, Montmain et Tolvon. Le glacier a pu aller plus loin vers St Etienne de Crossey.

Quelque part dans la pente sur Moirans, il y a une rupture de pente correspondant à une sous moraine. La moraine sur laquelle on se trouve et où l'urbanisme fait qu'on ne voit plus grand chose (on trouvait là du granite !) ne va pas jusqu'au bas de la pente. Une moraine ne dépasse pas quelques dizaines de mètres. L'essentiel de la pente correspond ici à l'auge glaciaire.



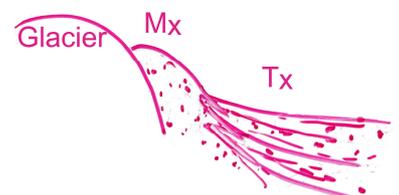
Le dessin correspond à ce qu'on voit. Les "patates" roses à gauche correspondent aux collines déjà citées, celle allongée de droite aux Chambarran. Ce dessin correspond à l'époque où le glacier s'arrêtait où nous sommes. Comme nous ne savons pas combien de moraines plus anciennes nous allons trouver, nous baptisons celle-là Mx, le x de la sortie remplaçant le n du cours. Sur la photo ci-dessous, les collines obstacles au glacier.



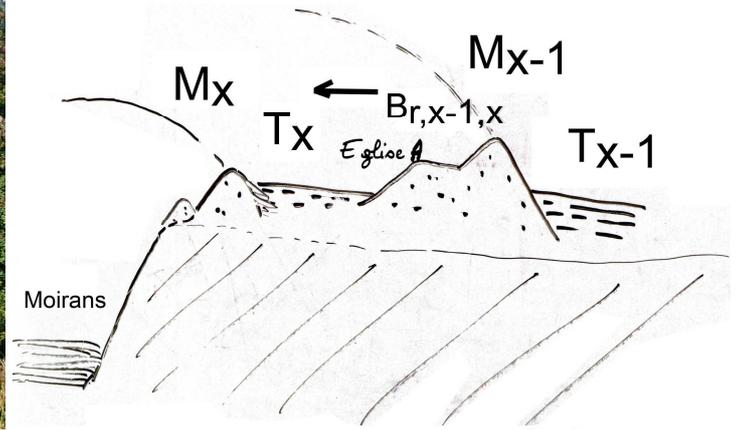
Ci dessous à gauche : la fin du Ratz sur la droite et la Grande Sure au fond, seul grand sommet non urgonien de Chartreuse. A droite : en aval de la moraine Mx, la terrasse Tx, de pente bien plus douce qui récupère les alluvions des



torrents sous glaciaires. La terrasse est constituée de matériaux déjà triés, contrairement à la moraine. On voit des châtaigniers, témoins d'un sol siliceux : on est sur la moraine, avec des molasses gréseuses, comme dans les collines bordières de Belledonne où on trouve des placages morainiques. Derrière le bâtiment, vers l'église (à droite de la photo) on distingue un nouveau relief .

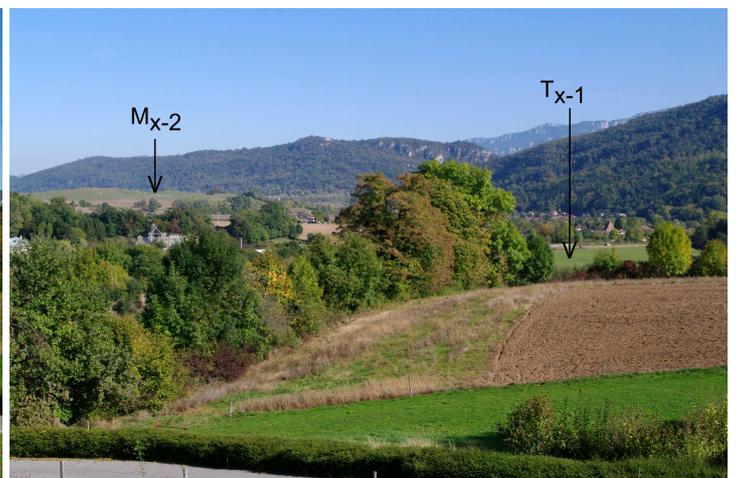


En route pour la moraine suivante avec une petite nouveauté. On va devant l'église de Coublevie.



Le petit parvis est en calcaire à rudiste. On est dans une partie relativement plate, surplombant la terrasse précédente et elle même au pied d'une pente : dessin. Pour créer une moraine, il faut que le front du glacier stagne longtemps au même endroit. Ici le glacier a reculé lentement depuis la moraine M_{x-1} qui nous surplombe en créant une banquette de retrait. Petit retour sur la pente raide qui mène à la plaine de Moirans : le socle est constitué de calcaire ou de conglomérat du miocène. Dans la pente, pas de traces car la pente est trop raide : le glacier était suffisamment haut pour passer au dessus du socle. Sur le dessin figure aussi la petite moraine intermédiaire en amont de M_x que nous ne sommes pas allés voir. En route pour la Croix Bayard.

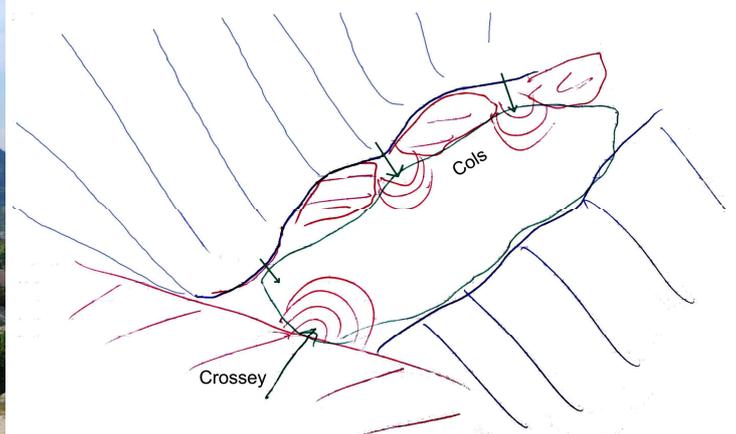
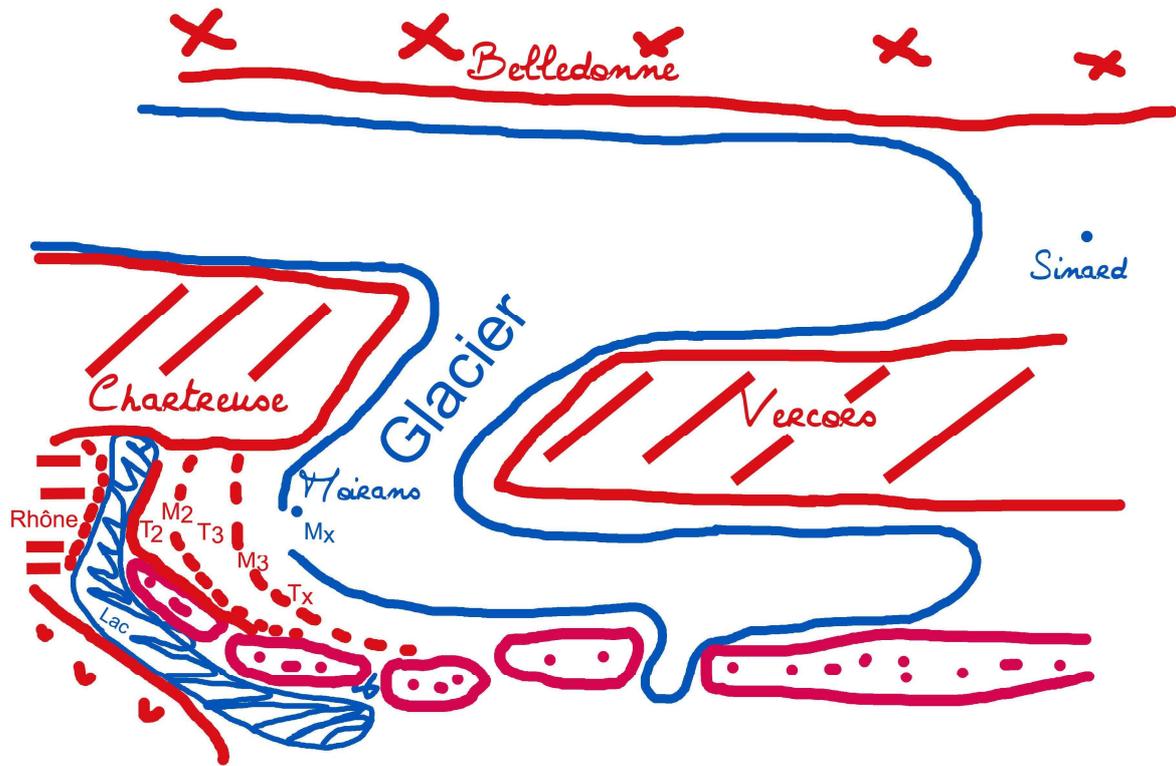
On trouve là de gros blocs erratiques : de l'amphibolite sur la photo, venue de Belledonne sur le dos du glacier : trop gros et trop anguleux pour avoir été charrié par une rivière. Nous sommes sur la moraine M_{x-1} de la Croix Bayard (Croix pour croisement). Dans la moraine, on trouve de tout : de l'amphibolite ici, de la molasse, des calcaires ailleurs. On monte un peu plus loin sur la crête correspondante. On distingue la terrasse T_{x-1} et au loin la moraine M_{x-2} vers St Etienne de Crossey. Vers les collines, les moraines latérales se touchent presque, le glacier étant délimité par les collines



On part pour la dernière étape, un peu après St Etienne de Crossey, vers l'entrée des gorges. On arrive devant une carrière où on a le sentiment qu'il ne reste plus grand chose à extraire.



La photo de Gidon date de 1963. Il ne reste pratiquement plus rien de tous les sédiments. En sachant ce qu'il y a à voir, on distingue de nombreuses strates peu inclinées : c'est une formation deltaïque. La gravière, c'est T_{x-2} . C'est une terrasse glacio-lacustre. Coincée entre la colline du Tolvon d'un côté et la montagne du Ratz de l'autre, l'eau ne peut aller qu'en aval mais c'est là le problème ; on arrive sur la moraine frontale du glacier du Rhône. St Etienne de Crossey a donc été comblé par un lac où arrivent les eaux des glaciers du Rhône et de l'Isère ainsi que celle de Chartreuse qui arrivent par les gorges de Crossey. L'eau s'évacue (exutoire) par les gorges de la Fure le long des "patates" roses.



Le glacier principal déborde par dessus les cols qu'on voit à gauche dans les collines et contribue au delta.

Au milieu du delta on trouve des gros blocs d'amphibolites (milieu géographique et en hauteur, donc pas au fond du delta).

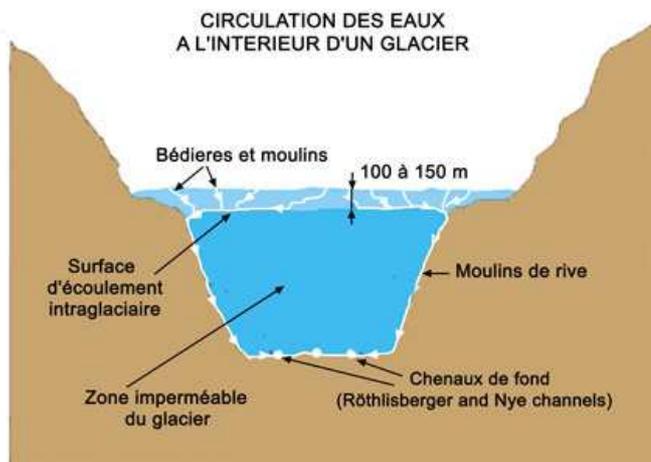
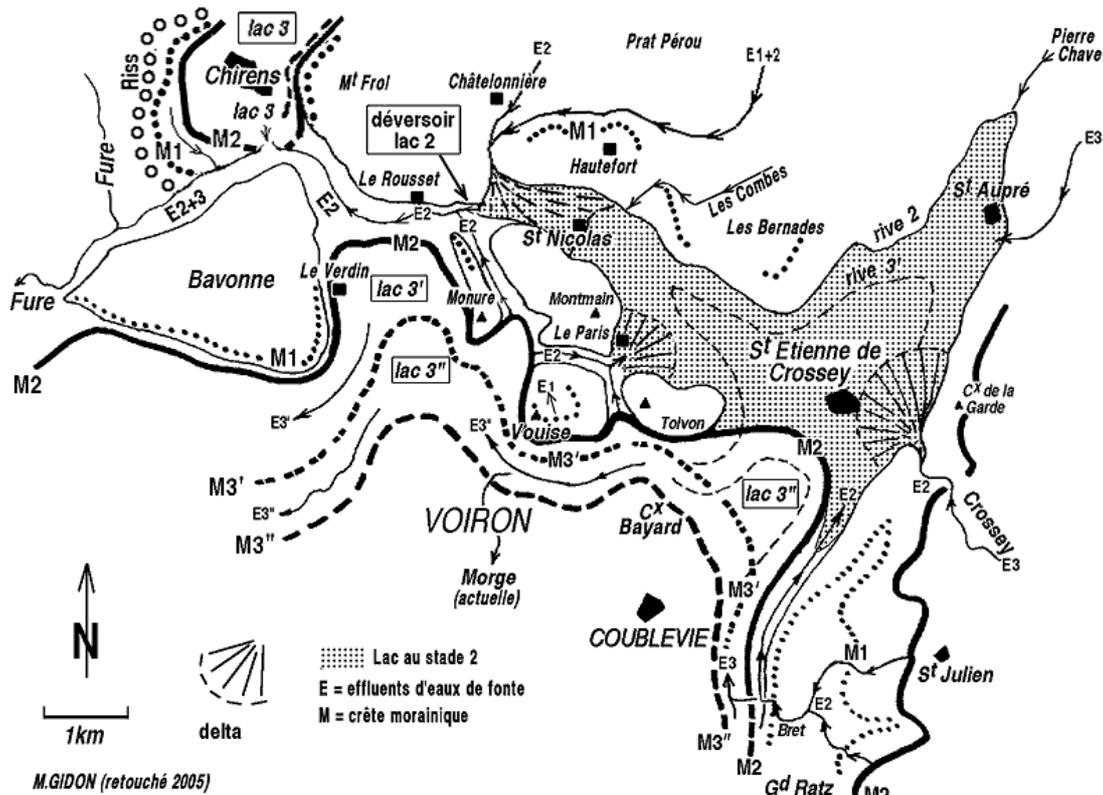
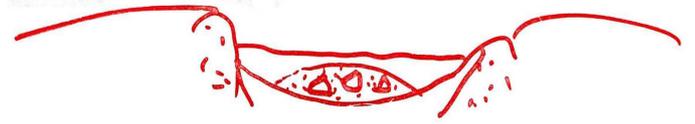
Ces blocs sont suffisamment gros pour qu'il ne s'agisse pas d'un transport fluvial. N'étant pas au bord de la moraine, ils ne sont pas tombés de la moraine. Ils sont contemporains du delta. Le glacier étant plus haut que la moraine, des séracs emprisonnant des blocs tombent dans le lac. Ces blocs ont donc été amenés par flottaison dans des icebergs.

Le delta est surtout dû au torrent du Crossey. Ce torrent recevait les eaux de glaciers de Chartreuse. Aujourd'hui c'est une vallée sèche.

M_{x-3} n'existe pas car il n'y a pas de place : le glacier du Rhône arrive de l'autre côté. Le stade x-3 a existé mais n'a pas laissé de moraine. On trouve des placages latéraux. M_{x-3} virtuel coïncide avec celui du Rhône : il y a fusion des glaciers et la moraine était sur de la glace et s'est dispersée quand la glace s'est retirée.

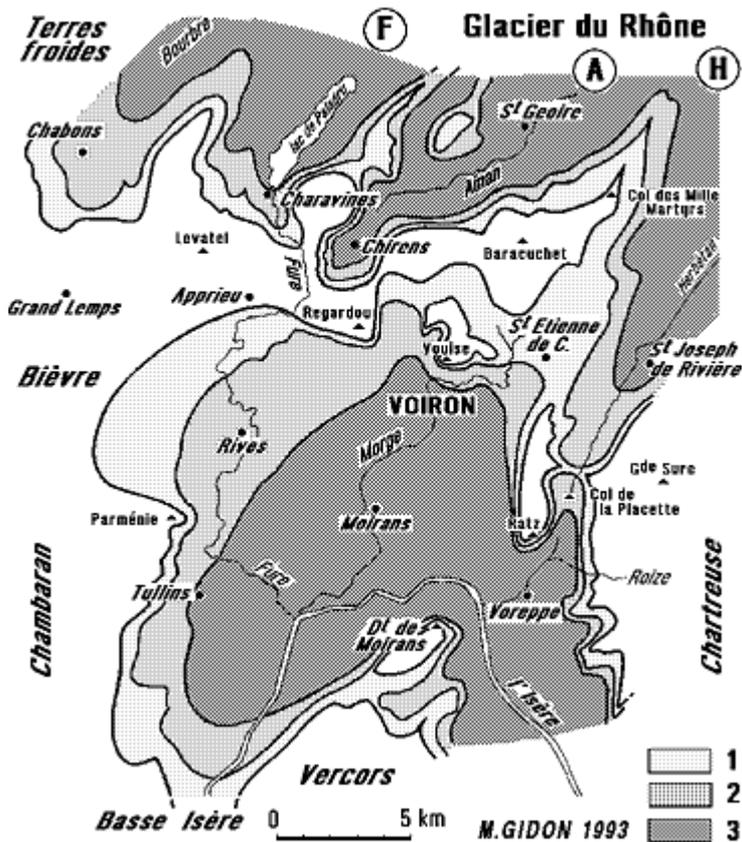
Le lac a existé aux stades x-2 et x-1 et s'est vidangé par les gorges de la Fure. Le stade le plus avancé, x-3 s'appelle donc stade 1. Forts en math, nous en déduisons que $x = 4$.

Cela correspond au Würm2, il y a 40000 ans, disparu il y a 15000ans. Le glacier a laissé 3 moraines puis s'est retrouvé dans l'auge glaciaire.



<http://www.paysagesglaciaires.net/>

On termine avec Gidon.



Extension des langues terminales des glaciers alpins dans le Voironnais (étapes successives du retrait)

A l'époque würmienne les vallées du Voironnais sont envahies par les langues terminales de deux glaciers alpins :

1) - *celui de l'Isère*, qui débouche de la cluse de l'Isère. Au maximum de Würm il s'engageait vers le nord-ouest, dans la plaine de Bièvre, en passant par le "seuil de Rives" où le bedrock* molassique avait été creusé en vallée par les érosions antérieures (au Riss son front s'avancé vers l'ouest bien au delà du Grand Lemps)

2) - *celui du Rhône*, qui se partage en plusieurs langues (H = langue de l'Herbétan, A = langue de l'Ainan, F = langue de la Fure).

1, 2, 3 sont les positions de la marge glaciaire aux étapes successives de stationnement qui se sont échelonnées lors du retrait (zones englacées en gris). L'extension maximale du glacier würmien (époque dite de Würm II) se trouvait un peu au delà de la ligne 1 (qui correspond à la première des oscillations dans le retrait du front glaciaire)

Ci-dessous, à gauche, une coupe montrant les caractères typiques de la sédimentation deltaïque.

A droite la dépression de Saint-Étienne-de-Crossey vue de l'ouest, depuis le hameau du Paris.

La vue est prise d'une altitude qui correspond au niveau de l'eau du lac lors de l'épisode 2 du retrait des glaciers (c'est à cette époque que s'est formé le delta le plus élevé).

On distingue les deux terrasses étagées et le débouché des gorges du Crossey.

