

Utilisation des repères morphologiques pour la détermination de l'altitude atteinte par les glaciers

La plupart des formes d'érosion glaciaires que nous avons décrites dans les pages précédentes peuvent être utilisées comme repères morphologiques permettant de déterminer l'altitude de la surface des grands glaciers quaternaires.

L'étude des formes d'érosion - tout au moins celle des formes majeures (auges, épaulements, gradins de confluence, sillons rocheux, etc.) - permet d'aller plus loin, dans la distance et dans le temps, que celle des formes de dépôts (moraines, terrasses fluvio-glaciaires, etc), qui, en montagne, franchissent rarement les interglaciaires. Cependant, ces formes de dépôts, lorsqu'ils existent, présentent parfois l'intérêt de permettre des datations.

- Les auges glaciaires et leurs rebords fournissent - lorsqu'ils sont clairement identifiables dans les paysages - des indications très utiles sur le niveau atteint par les glaciers.

Toutefois, dans le domaine couvert par cette étude, rares sont les vallées qui présentent une auge classique sur une certaine longueur (tel le **Grésivaudan**, par exemple). En général, le [profil en travers glaciaire typique](#), en auge ou en V, dont le bas des versants, plus ou moins incliné selon la dureté de la roche, est surmonté d'épaulements en pente plus douce, ne s'observe que sur de courtes sections de la vallée, sur des contreforts descendus des sommets qui dominent la vallée. Ainsi, rive droite de l'[Eau d'Olle](#), entre **Allemont** et **le Rivier**, le profil glaciaire typique ne se rencontre que versant **Belledonne** et non tout le long de la vallée. Rappelons que les épaulements sont des portions des arêtes descendues des sommets latéraux qui présentent une pente plus faible - voire nulle - que le reste de l'arête. Cette pente est fonction de différents facteurs, en particulier de la nature des roches.

- Le point le plus important, que nous soulignerons à nouveau - car il n'est pas admis par tous - est qu'au pléniglaciaire la surface du glacier s'établissait au-dessus du sommet des épaulements, ainsi que le prouve la présence fréquente sur ceux-ci de stries, de roches moutonnées, de dépôts morainiques, et de sillons marginaux.
- Les rebords d'auge sont plus sensibles aux caractéristiques de la roche que les formes de dépôts. Ce sont donc des indicateurs moins précis et nous pourrions rarement à les utiliser

Dans le cas des épaulements inclinés nous avons adopté la valeur de 50 m au-dessus de leurs sommets pour déterminer l'altitude de la surface des glaciers.

Les épaulements sont parfois horizontaux. Nous avons alors également retenu le chiffre de 50 m au-dessus de leur altitude.

Dans tous les cas, il convient de s'assurer que les épaulements - et cela est valable

également pour d'autres formes caractéristiques - ont été modelés par le glacier de vallée et non par un de ses affluents. Une règle simple permet de vérifier ce point. Il suffit de tracer une ligne droite joignant des points situés à la même altitude que l'épaule sur les deux arêtes qui l'encadrent à l'amont et à l'aval. L'épaule devra être située du même côté de cette droite que le talweg de la vallée principale.

- Les épaulements présentent le grand avantage d'être des formes pérennes, qui ont pu être formées lors de glaciations anciennes, antérieures au Riss et au Würm. Nous verrons, lorsque nous étudierons ces glaciations anciennes, que les épaulements constituent les repères les plus intéressants, pratiquement tous les autres - stries, dépôts, sillons... - ayant été détruits par l'érosion. Or, si l'on est en droit de ne pas tenir compte des mouvements orogéniques dans le cas de glaciations récentes, en particulier du Würm, il n'est pas possible de les négliger, dans le cas de glaciations plus anciennes, là où ils ont pu être importants, c'est-à-dire en particulier dans le haut des vallées alpines. Nous en verrons deux exemples plus loin, dans le **Grésivaudan** et dans la région d'**Ancelle-Orcières (Drac Supérieur)**. Il conviendra donc de n'utiliser qu'avec prudence les données fournies par ces épaulements du haut des vallées.
- Les gradins de confluence, par lesquels les glaciers affluents rejoignaient l'appareil de vallée, ne nous semblent pas pouvoir fournir d'indications utilisables.

On notera cependant que les gradins de confluence, formes typiquement glaciaires, n'ont pratiquement pas été retouchés pendant les interglaciaires, au cours desquelles l'érosion fluviale et torrentielle s'est bornée à les entailler de gorges de raccordement. Cela nous paraît démontrer le rôle de premier plan joué par l'érosion glaciaire dans le modelé des vallées alpines.

- Les formes léguées par les diffluentes fournissent, quant à elles, une indication très intéressante, celle du sens de circulation des glaces.

On sait en effet [*Monjuvent 1978*] que les cols de diffluentes présentent en général un profil en long dissymétrique : une pente raide du côté amont du flot de glace qui les empruntait et une pente douce sur le versant aval. Le **col de la Croix Haute, la Mateysine** en fournissent de bons exemples, mais pas le **col d'Ornon**, nous verrons plus loin pourquoi.

- Les versants d'érosion reflètent également l'altitude atteinte par les glaciers (voir la page sur [les versants d'érosion glaciaires](#)), mais la précision des résultats qu'ils permettent d'obtenir n'est pas suffisante pour qu'ils puissent être utilisés autrement qu'à titre d'indice ou de confirmation.

-

Les sillons marginaux, qu'ils soient d'épaulement ou de diffluence, se révèlent par contre des marqueurs morphologiques particulièrement utiles.

Situés au-dessus du rebord d'auge, les sillons marginaux rocheux et vallonnés ont pris naissance sous une faible épaisseur de glace. La cote de la crête qui sépare les sillons les plus élevés fournira donc une indication intéressante sur l'altitude de la surface de la glace à cet endroit, si l'on est en mesure d'apprécier cette épaisseur. La position de certains sillons par rapport à d'autres repères morphologiques voisins (moraines, roches moutonnées) nous amène à penser que cette épaisseur devait être de l'ordre d'une cinquantaine de mètres, aussi bien dans le cas des sillons rocheux que dans celui des sillons vallonnés.

Il faut noter toutefois que l'on rencontre parfois des sillons en dessous du rebord d'auge. Situés également sur des portions d'arêtes de pente inférieure à 21 % (pour la justification de cette valeur, voir la page sur [les sillons marginaux](#)), ils ont pris naissance vraisemblablement lors d'un stade de retrait. On peut citer, par exemple, les [Déserts de Jean-Jacques Rousseau et de l'Écureuil](#), près de **Grenoble** [*Monjuvent, 1978*] ou encore, dans la vallée de la **Durance**, le [col des Combes](#) (site D6). Ces sites sont en nombre beaucoup plus faible que ceux du pléniglaciaire. La cause doit en être recherchée, pensons-nous, dans la rareté des portions de flancs d'auge de pente inférieure à 21 % ou encore dans la faible durée des stades de retrait.

L'observation d'un seul site ne permet pas de déterminer si les sillons qui le composent datent du pléniglaciaire ou d'un stade de retrait. C'est la comparaison avec l'altitude de sites voisins, à l'aide de graphiques tels que ceux utilisés dans notre étude, qui permet de lever l'indétermination.

- Au-dessus d'un site de sillons, particulièrement lorsque la pente du terrain y est supérieure à 21 %, on observe parfois sur quelques dizaines de mètres d'altitude des coups de gouge ou de petites terrasses, de dimensions métriques, parallèles au thalweg. Ces formes peuvent sans doute être attribuées à un écoulement de glace de courte durée sous une très faible épaisseur.
- Les roches moutonnées sont un des indicateurs les plus fréquemment utilisés lorsque l'on cherche à déterminer la surface du pléniglaciaire ; elles recouvrent en effet les zones qui ont été soumises à l'abrasion par la glace.

Compte tenu de ce qui a été dit plus haut, on pourrait penser que les roches moutonnées, formes mineures d'érosion, ne sauraient être datées d'une glaciation antérieure au Würm. Mais nous ferons ici une remarque, d'intérêt général d'ailleurs : on observe souvent mieux les phénomènes si l'on est à distance que « le nez collé dessus ». C'est un peu vrai dans tous les domaines. Dans celui qui nous intéresse ici, nous avons fréquemment constaté qu'un tas de cailloux se transformait en roche moutonnée lorsqu'on le regardait d'assez loin.

Nous pensons donc que la trimline, vue par exemple depuis l'autre versant d'une vallée et dans la mesure où elle traduit des formes de dimensions métriques, peut parfois être représentative d'une glaciation antérieure au Würm, sans toutefois dépasser le Riss.

La haute vallée de **la Romanche**, en amont de **La Grave**, était occupée par un glacier qui s'élevait jusqu'au trait tireté bleu. Sous cette ligne, tout ce versant de la **Pointe Nérot** a été modelé en roches moutonnées par l'érosion glaciaire, alors que, plus haut, les roches sont déchiquetées par l'effet des cycles gel/dégel périglaciaires.



La flèche bleue indique le cheminement du glacier.

Il nous semble probable que les altitudes atteintes lors du Würm étaient sensiblement les mêmes que pendant le Riss.

Photo prise depuis la route du **col du Lautaret**.



Il en est de même pour **la Croupe**, qui lui fait suite vers l'aval.

Ce dernier site, à 2600 m d'altitude, figure sous le repère **R4** parmi les sites de la [Romanche](#).

En réalité les lignes bleues des illustrations ci-dessus correspondent à la trimline des auteurs anglo-saxons, c'est-à-dire à la ligne qui joint les sommets des zones de roches moutonnées (ou qui se situe à la partie haute des liserés plus clairs qui existent parfois à la base des parois et dont nous parlerons ci-dessous), ligne qui marque la frontière entre les actions glaciaires et périglaciaires. La surface du glacier au maximum de la glaciation (pléniglaciaire) s'élevait un peu au dessus de cette trimline car les roches moutonnées ne peuvent prendre naissance que sous une certaine épaisseur de glace.

La valeur exacte de celle-ci est inconnue, mais on peut l'estimer à quelques dizaines de mètres [*Florineth et Schlüchter, 1998*]. Dans notre étude, nous avons retenu le chiffre de 50 m.

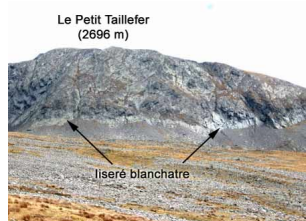
Les surfaces jadis recouvertes par un glacier peuvent également se reconnaître

fréquemment à la teinte plus claire des roches, là où elles ne sont pas masquées par des éboulis. Dès 1799, *De Saussure* écrivait à propos des **aiguilles de Chamonix** : « *les feuilletés extérieurs du granit se sont culbutés d'eux-mêmes dans cet endroit et ont laissé à découvert ceux du dedans, dont la couleur demeurera plus blanche que le reste de la montagne jusqu'à ce que les injures de l'air et surtout les lichens qui s'y attachent aient aussi bruni la surface* ».

Par dessus la crête des **Rochers Rissiou (Vallée de Vaujany, Isère)**, soulignée par un tireté blanc, apparaissent les **Aiguilles de l'Argentière (Vallée de l'Eau d'Olle, Isère et Savoie)**.



En dessous de la trimline (tiretés rouges), sur la surface occupée par les anciens glaciers, les pentes présentent un relief de roches moutonnées et un teinte nettement plus claire que le haut des versants.



La limite supérieure du liseré blanchâtre définit la trimline sur ce versant ouest du **Petit Taillefer (Massif du Taillefer, Isère)**.

Le glacier würmien est monté jusque là, ainsi que le confirment les traces du passage de la glace, à proximité, sur le **collet du lac de la Courbe (2450 m)**.

- Les stries ainsi que les cannelures sont enfin particulièrement intéressantes, car elles permettent, non seulement de reconnaître le passage d'un glacier, mais encore de déterminer l'orientation de l'écoulement. Quant aux lunules et aux abrupts d'arrachement, ils permettent en outre d'en connaître également le sens.
- Les moraines latérales, dont les crêtes subsistent parfois sur les flancs des vallées, sont de bons repères morphologiques. Mais, par suite de l'érosion postglaciaire qui s'est exercée sur ces versants souvent très inclinés, de telles formations sont rares dans les hautes vallées. De plus, en dépit de ce que l'on pourrait penser, les moraines latérales ne fournissent pas toujours une valeur très exacte de l'altitude maximum atteinte par le glacier. Plusieurs facteurs peuvent expliquer que celui-ci s'est élevé parfois plus haut que leurs crêtes. L'érosion postglaciaire a tout d'abord pu abaisser quelque peu leur crête. Puis, si l'épaisseur de la moraine est importante, on ne peut négliger complètement les tassements qui ont pu survenir.

Mais surtout, il convient d'être certain que la moraine est bien celle du maximum et qu'il n'a pas existé au-dessus d'elle un autre appareil morainique ou un dépôt glaciaire que l'érosion postglaciaire aurait fait disparaître.

C'est ainsi que la branche du glacier de l'**Isère** qui pénétrait en **Bièvre Valloire** et

qui y a formé un vallum frontal s'est étendue en réalité plus loin que celui-ci, ainsi que le montre la présence de terrains glaciaires à l'aval de ce vallum. On peut penser que l'extension maximum du glacier n'a pas duré assez longtemps pour qu'un vallum frontal digne de ce nom ait pu être formé. Ce que l'on a longtemps considéré comme le vallum terminal du maximum serait en réalité celui du premier stade de retrait. La même remarque peut d'ailleurs être faite dans des vallées affluentes de la rive droite de l'**Isère** entre **Grenoble** et **Voreppe**.

La moraine latérale représentée ci-dessous date du Riss et nous l'avons décrite plus en détail à la page sur [les dépôts glaciaires](#). La difflueuse qui, au Riss, empruntait la **vallée de Vaujany (Isère)** en franchissant le **col du Sabot** a déposé, sous les **Rochers Rissiou**, une moraine latérale. C'est le site des **Rochers Motas (E6)** cité à la page sur l'[Eau d'Olle](#).



Image sensible au passage de la souris

La flèche bleue montre le cheminement du glacier, les flèches blanches la crête de la moraine, alors que les flèches rouges suivent le tracé de trois éboulements postglaciaires qui l'ont détruite localement.

En dessous de la moraine, les pentes présentent une couleur verte (il s'agit de myrtiliers, mais que cela reste entre nous !!), alors qu'au dessus d'elle, le flanc de la montagne est couvert d'éboulis.

A titre d'amusement, j'ai demandé à mon programme de dessin de transposer en blanc la couleur verte... et voici le résultat, directement sorti de l'ordinateur. Je me suis borné à rajouter quelques crevasses, "pour faire plus joli"...

C'est une preuve par l'image - s'il en était besoin - que les moraines latérales permettent de retrouver la surface du glacier disparu.

- Les dépôts glaciaires sans morphologie particulière, provenant d'anciennes moraines latérales érodées après le départ des glaciers ou de moraines de fond, ne peuvent fournir qu'une valeur inférieure de cette altitude : l'érosion postglaciaire a pu, en effet, abaisser leur sommet bien plus bas que la crête de la moraine d'origine. Notons toutefois que, dans le domaine qui nous occupe, l'intérêt d'un dépôt glaciaire n'est pas fonction de son volume. Quelques éléments suffisent, à condition toutefois que l'on soit certain qu'ils ne sont pas d'origine anthropique.

Nous sommes ici dans la **vallée du Petit Tabuc**, affluent de la **Guisane (Hautes-Alpes)**. C'est la haute montagne, le domaine des rochers, de la neige. Pour venir ici, notre sentier - plus d'ailleurs une simple trace qu'un vrai



sentier - a traversé un immense éboulis, le **Dégoulou** (l'endroit des avalanches), sans aucune végétation.

Et puis, soudain, la pente s'adoucit, se couvre de verdure. Aucune pierre n'émerge de la prairie, aussi incongrue, dans ce cadre sévère, qu'une oasis au milieu d'un désert de sable. De l'autre côté de la vallée, la **Montagne des Agneaux** (3664 m) et l'étroit **Couloir Davin**, apprécié des skieurs « hauts de gamme », sont là pour nous rappeler que nous nous trouvons pourtant bien en altitude.

Nous sommes aux **Planes du Dégoulou** sur un lambeau de terrain glaciaire que sa situation dans ce [site protégé](#) a préservé de l'érosion postglaciaire et qui va nous fournir un repère morphologique particulièrement intéressant.

Il montre en effet l'importance de la chute de séracs qui, d'ici jusqu'au **Monétier-les-Bains**, emplissait l'étranglement du **Petit Tabuc** (voir [la carte des environs du Lautaret](#)). Le sommet de l'épaulement des **Planes** cote 2490 m, au dessus d'un rebord d'auge à 2420 m. C'est le site DA11 de la page sur la **Durance**.

Pour les moraines comme pour les dépôts glaciaires, il convient, bien entendu, d'être certain qu'elles ne sont pas l'œuvre de glaciers affluents, toujours plus élevés que le glacier de vallée ; on ne retiendra donc, pour déterminer l'altitude de ce dernier, que celles de ces formes qui se situent sur des contreforts descendus des sommets latéraux.

Du fait de leur teneur en argile, nous l'avons vu, ces dépôts glaciaires sont très propices aux cultures, à tel point que le tracé de l'ancien glacier se lit souvent dans celui des champs et des pâturages (voir à ce sujet la page sur les [dépôts glaciaires et cultures](#)). Enfin la végétation naturelle actuelle, par ses associations végétales ou par la présence de châtaigniers peut fournir des indications intéressantes, par exemple dans le cas où des dépôts comportant des éléments siliceux recouvrent un substratum calcaire.

Rémanence des repères morphologiques

Selon leur nature, les repères morphologiques franchissent plus ou moins bien les millénaires. Leur taille, en particulier, conditionne leur résistance à l'épreuve du temps. Les plus fragiles sont, on s'en doute, les formes mineures, polis, stries, cannelures. Même sur des roches cristallines, l'érosion, essentiellement chimique, entraîne en effet rapidement leur disparition. Des valeurs d'érosion de 10 mm par millier d'années sont souvent avancées. Aussi, sauf circonstances exceptionnelles, ces formes mineures ne peuvent pas être utilisées pour des glaciations plus anciennes que le Würm.



La surface du granite s'érode plus rapidement que les veines de quartz qui le sillonnent.

Voici par exemple la surface d'une roche moutonnée dans la **vallée de Bassiès (Pyrénées Ariégeoises)**.

Sur la surface du granite, érodée par 10 000 ou 20 000 ans d'intempéries, les veines de quartz apparaissent en saillie de plus d'un cm.

Il en va différemment des formes de dépôts, telles que les moraines ou les sillons vallonnés. Tout au long de cette étude, nous avons rencontré ou nous rencontrerons des formes de dépôts parfaitement attribuables au Riss, parfois même à des glaciations antérieures. Enfin, les formes majeures, cirques, vallées, mais aussi épaulements, épaules et seuils glaciaires peuvent avoir été engendrées lors de glaciations très anciennes.

On pourra donc rencontrer, à proximité les unes des autres, des formes datant de dizaines ou de centaines de milliers d'années, voire peut être de plus d'un million d'années. L'interprétation de ces éléments qui peuvent parfois sembler contradictoires n'est pas toujours facile...

Pour vérifier la validité de cette méthode de détermination de l'altitude atteinte par les glaciers, on pourra consulter la page sur la [pertinence de la méthode de calcul des altitudes glaciaires](#).

Autres applications de l'analyse morphologique glaciaire

Outre la détermination de l'altitude atteinte par les glaciers, l'analyse morphologique permet de dater les dépôts et d'en préciser l'origine. Deux exemples :

- La moraine de **Coste Longue (Bassin du Drac, Hautes-Alpes)**. Sans déflorer ce sujet, nous verrons, à la page consacrée au [bassin du Drac](#), que cette magnifique moraine, une des plus longues des **Alpes** françaises, date d'un stade de retrait et non du pléniglaciaire würmien. Sur l'autre rive du **Drac**, les dépôts supérieurs des **Marrons (Saint-Michel-de-Chaillo)**, à 1580 m, nous semblent donc dater également du Würm et non du Riss, comme il est admis jusqu'à présent.

- Les dépôts du **Beaumont (Bassin du Drac, Isère)**. Au Würm, un glacier occupait la **vallée de la Bonne**, affluent du **Drac (Isère)**. Dans sa partie inférieure, ce glacier venait barrer le cours du **Drac**, créant un lac dans lequel se sont accumulés les dépôts qui constituent en particulier la **terrasse de Pellafol** (citée à la page sur [les dépôts glacio-lacustres](#).) Le vallum terminal würmien du **glacier de la Bonne** se situait à la **colline de Péchaud** (au sud de **La Mure**) (928 m).

Si on remonte la surface de ce glacier en appliquant la formule à partir de ce vallum, on parvient à l'altitude de 1350 m environ à l'aplomb du **col de la Chainette (Valbonnais)**. En réalité, du fait de l'étroitesse de la **vallée de la Bonne** au **Pont du Prêtre**, la surface du glacier devait se situer à un niveau quelque peu supérieur. Du **col de la Chainette** (1326 m) au **col de Pierre Grosse** (1322 m), l'arête est du **Signal de Saint Michel** voyait donc passer, au Würm, une diffluence dirigée vers le **Beaumont**.

Il nous paraît donc probable que les blocs erratiques signalés dans ces parages ont été déposés au Würm et non au Riss, de même que, un peu plus loin dans le **Beaumont**, les dépôts de **Saint Michel en Beaumont** et du **col de l'Holme**.

[Haut de page](#)
