

Nous ferons débiter cette page par un examen de formes du relief des environs du **col d'Ambellarte**, dans les **Alpes Maritimes**, qui nous servira, en quelque sorte, de clé d'accès à l'étude de la datation des glaciations quaternaires.



Le col d'Ambellarte dans les **Alpes Maritimes** (carte Geoportail)

Cette carte ne montre aucun relief particulièrement remarquable. Par contre, sur la vue aérienne qui suit, centrée, elle aussi, sur le **col d'Ambellarte**, on remarque la présence de formes en demi-cercle, semblable à celles que nous avons appelées, ailleurs dans notre site, des « *fers à cheval* ». En général, les fers à cheval ne sont pas visibles sur les cartes IGN, du fait de leur faible élévation au dessus des terrains environnants, ce qui est le cas ici pour la carte *Géoportail* ci-dessus. Aussi avons-nous utilisé, pour rendre les fers à cheval plus visibles, la vue aérienne du même secteur au 1/17055. La régularité de leur forme et leur grande dimension sont tout à fait exceptionnelles dans les paysages.



Le col d'Ambellarte dans les **Alpes Maritimes** (vue aérienne Geoportail)

Un seul processus nous semble en mesure d'avoir créé des formes aussi régulières et d'aussi grandes dimensions, il s'agit du dépôt de la moraine frontale d'un glacier, ou plutôt de ce qu'il en reste après le passage de centaines de milliers d'années. Nous avons d'ailleurs montré dans d'autres pages de notre site que ces fers à cheval sont effectivement constitués par [les délaissés morainiques](#) de moraines frontales d'anciens lobes glaciaires.

Rappelons que nous avons appelé « délaissés morainiques » ce qui subsiste, à l'heure actuelle, de ces anciennes moraines, compte tenu des modifications qu'elles ont subies depuis la disparition des glaciers, c'est à dire :

érosion karstique très faible des blocs de la moraine, si leur

composition s'y prête, ainsi que nous l'avons vu à la page [l'érosion karstique et les clapiers](#) ,

remplissage des vides entre les blocs de la moraine par des éléments fins amenés par le vent, enfin

couverture par une végétation rabougrie, du fait de la pauvreté d'un tel terrain.

Les formes en fer à cheval de ces délaissés morainiques caractérisent classiquement les lobes de glaciers à la fin d'une phase d'expansion, en particulier à la fin des pléniglaciaires. À titre d'exemple, voici le lobe du glacier du **Pré de Bar (Val Ferret)** photographié vers 1980, où la forme convexe est bien visible. Actuellement, après le recul général des glaciers, cette forme typiquement glaciaire a disparu.



Le lobe terminal du glacier de **Pré de Bar** dans le **Val Ferret italien**

Les dimensions de ce lobe du glacier du **Pré de Bar** sont, bien entendu, plus faibles que celles de nos fers à cheval.

La même forme en demi-cercle un peu écrasé se retrouve dans la partie terminale du lobe d'un glacier islandais actuel, le **Hofsjökull**. Ses dimensions sont plus grandes que celles du fer à cheval du col d'**Ambellarte**, en particulier sa largeur qui atteint les trois kilomètres.



Le lobe terminal du glacier **Hofsjökull** en Islande

Ces deux exemples montrent que la forme en fer à cheval des lobes est valable quelles que soient leurs dimensions, ce qui peut d'ailleurs se démontrer facilement par des considérations physiques..

Revenons à notre vue aérienne du **col d'Ambellarte** :

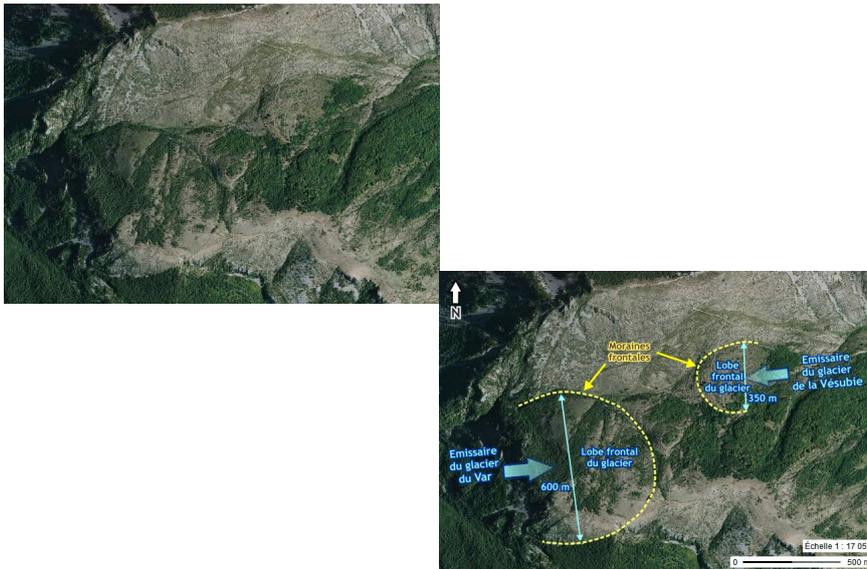


Image sensible au passage de la souris

Le col d'**Ambellarte** dans les **Alpes Maritimes** (vue aérienne Geoportail)

Ces formes en demi-cercle sont typiques de moraines de lobes de glacier. Mais quels sont les glaciers qui ont déposé ces moraines ?

Une étude détaillée du cours des glaciers pendant la *Glaciation Maximum* (qu'il serait trop long de relater ici), basée sur les altitudes fournies par notre [méthode des délaissés morainiques](#), nous a montré que le fer à cheval d'environ 600 m de diamètre située dans la partie gauche de l'image précédente, que nous appellerons ici « fer à cheval Ouest du **col d'Ambellarte** », est le délaissé morainique de la moraine frontale de l'émissaire du glacier du **Var** qui remontait le **vallon de Toasquet** (voir carte en début de page).

Quant à l'autre fer à cheval, celui situé dans la partie droite de l'image précédente, de diamètre environ 350 m, que nous appellerons « **fer à cheval Est du col d'Ambellarte** », la même étude détaillée du cours des glaciers et son orientation montre qu'il s'agit du délaissé morainique de la moraine frontale du glacier de la **Vésubie**, après que ses glaces aient contourné par le sud la crête de la **Madone d'Utelle**.

Dans les deux cas, notre [méthode des délaissés morainiques](#) montre que ces altitudes sont les altitudes les plus élevées atteintes lors du pléniglaciaire. Mais ne pourrait-on imaginer que ces fers à cheval se soient formés, non au pléniglaciaire, mais quelques milliers d'années plus tard, au cours d'un stade de retrait du glacier ?

Cette hypothèse ne nous semble toutefois pas à retenir, du fait du volume important de matériaux qui constituent les fers à cheval. Un volume aussi important nous paraît avoir nécessité la présence d'un glacier pendant une longue durée, compatible avec la durée d'un pléniglaciaire, mais incompatible avec celle, beaucoup plus faible, d'un stade de retrait.

Toutefois un examen attentif des cartes à petite échelle (1/8528 ou 1/17055) montre que d'autres délaissés morainiques existent, dans les environs du **col d'Ambellarte**, à des altitudes supérieures d'une centaine de mètres à celles des fers à cheval. Ces "*délaissés morainiques supérieurs*" sont les plus élevés qui existent sur les versants, ce qui montre que le glacier qui les a formés n'a jamais dépassé leur altitude et qu'ils se situaient donc sur ses moraines latérale ou frontale. Nous pensons que ce glacier existait lors de la *Glaciation Maximum*, celle qui présentait l'extension la plus grande, et que les fers à cheval du **col d'Ambellarte** ont pris naissance lors d'une glaciation postérieure moins importante, puisqu'elle n'a pas détruit les délaissés morainiques supérieurs, situés une centaine de mètres plus haut.

Les versants qui dominent, tant au nord qu'au sud, le **col d'Ambellarte** présentent de nombreux délaissés morainiques. Utilisés de la manière décrite dans notre page sur [la méthode des délaissés morainiques](#), ils indiquent donc les altitudes maximum atteintes par les glaces lors du pléniglaciaire de la *Glaciation Maximum*.

Voici quelques exemples de délaissés morainiques supérieurs :

Du côté **Var**, nous trouvons :

au **Collet d'Huesti**, 1157 mètres (W3W [univalve.guichetier.hautement](#)),

face W de la **Crête de la Madone** 1051 mètres
(W3W [résigner.frayant.cablant](#)),

sur les **Barres de Calou** 1300 mètres (W3W [dosable.caneton.reluisante](#)),

sur les **Barres de Calou** 1072 mètres (W3W [branchons.coupante.cocarde](#)),

sur les **Barres de Calou** 1051 mètres (W3W [élisons.fourreur.géant](#)).

Du côté **Paillon**, nous trouvons:

à la **Pinée**, 1035 mètres (W3W [saison.nager.radioux](#)),

sur **Gravas** 1062 mètres (W3W [mâcheur.bricoleuse.maigre](#)).

Rappelons que l'utilisation des adresses W3W, constituées de 3 mots séparés par un point, permet de reporter un lieu sur les cartes *Geoportail* par un simple copier/coller de ces 3 mots sur ces cartes.

Certains de ces délaissés morainiques supérieurs couvrent des surfaces dépassant 20 hectares, ce qui montre l'importance de ce glacier et la longue durée de son stationnement à cet endroit lors de son pléniglaciaire.

Le glacier qui a entraîné le dépôt des délaissés morainiques supérieurs s'élevait ici à une altitude supérieure d'une centaine de mètres à celui qui a donné naissance aux fers à cheval du **col d'Ambellarte**. C'est donc lui qui existait lors de la *Glaciation Maximum*. Mais la glaciation qui a donné naissance aux délaissés morainiques supérieur et celle qui a engendré les fers à cheval du **col d'Ambellarte** présentaient des intensités très proches, comme en témoigne la proximité des altitudes atteintes.

Toutefois, on peut remarquer que les délaissés morainiques supérieurs produits lors de la *Glaciation Maximum* sont nettement moins importants que ceux créés au cours de la glaciation précédente. Cela nous semble dû au fait que la moraine frontale s'est déposée, lors du recul des glaciers, dans des versants aux pentes assez soutenues, contrairement à ce qui s'est passé lors de la glaciation précédente, dont la moraine frontale pouvait s'étaler sur un plateau sensiblement horizontal.

Quelques autres exemples de reliefs créés lors de la *Glaciation Maximum* figurent un peu plus bas dans cette page.

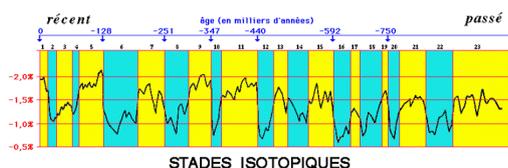
Reste à préciser l'âge de cette Glaciation Maximum

Au début de notre étude, nous avons utilisé le schéma classique des glaciations, dû à *A. Penck* et *E. Bruckner*, basé sur l'étude des terrasses du **Danube** et qui, pour un site de vulgarisation comme le nôtre, présentait le mérite d'être largement répandu dans le public et de plus, d'être utilisé sur les cartes géologiques actuelles ainsi que dans leurs notices d'accompagnement.



Dans un premier temps, nous avons pensé que l'extention maximum des glaciers, désignée dans notre site par le terme *Glaciation Maximum*, s'était déroulé au cours de la glaciation du Mindel et c'est cette appellation qui figure encore dans de nombreuses pages.

Mais ce schéma des glaciations quaternaires est très approximatif et les utilisateurs actuels ont tendance à utiliser à sa place la notion de « stades isotopiques » introduite tout d'abord vers 1974 par *Shackleton et Opdike*, puis précisée ultérieurement, en particulier par l'*Université de Cambridge*.



d'après **Shackleton et Opdike**, 1973

"D'une manière très générale et bien qu'un tel décompte s'avère délicat, géologues,

géochimistes, paléontologues et sédimentologues dénombrent 28 âges glaciaires pour la période située entre - 3,25 millions d'années et - 650 milliers d'années, avec une périodicité dominante de l'ordre de 93 000 ans."

Datation de la Glaciation Maximum sur l'Echelle de l'Université de Cambridge version 2016

Plus récemment encore, en particulier pour pouvoir dater la *Glaciation Maximum*, nous avons adopté l'échelle chronostratigraphique du Quaternaire établie par les *Universités de Cambridge, d'Utrecht* et d'autres organismes de recherche. La version datée de 2016, comporte l'indication de très nombreux stades (106 au total) ainsi qu'une échelle des temps très précise s'étendant sur 2,7 millions d'années. A noter que cette version 2016 présente quelques différences notables avec les versions précédentes.

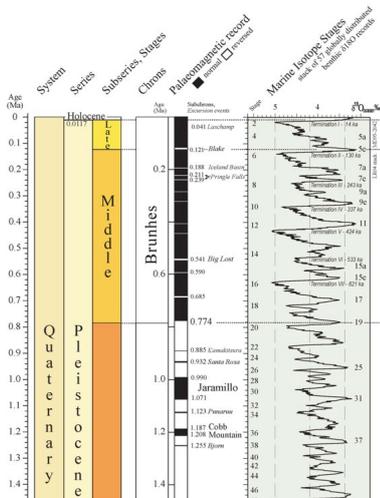
Cette échelle chronostratigraphique (voir ci-dessous) montre un changement du rythme de succession des stades débutant aux environs de 1 million d'années : avant cette époque, les températures variaient selon un rythme rapide, avec des températures variant relativement peu. Plus tard, le rythme s'est ralenti en même temps que les températures minimum atteintes au cours des différents stades étaient plus faibles.

La date de 1 million d'années nous semble marquer approximativement le début des glaciations classiques, au nombre de 6 jusqu'à nos jours.

Ne pourrait-on d'ailleurs relier ce début des glaciations classiques à l'inversion du magnétisme terrestre MATUYAMA/BRUNHES survenue à peu près à cette époque ?

Dans l'extrait ci-dessous, les numéros des stades figurent dans la colonne *Marine Isotope Stages* ainsi que leur âge en Ma (millions d'années). L'examen de cette colonne montre que les glaciations des stades froids **12** et **16** ont été les plus importantes et que leurs intensités étaient à peu près identiques.

Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years (v. 2016a) Extrait



[Vue entière du tableau](#)

[Vue détaillée du tableau](#)

Recherche de l'âge de la Glaciation Maximum

Notons au passage que, si la répartition des températures au cours d'un stade peut être identique tout autour du globe, il n'en est pas de même pour les conditions locales, climatiques et géographiques, qui ont une action marquée sur l'importance des glaciers et qui, elles, varient d'un lieu à un autre, mais qu'il n'est pas possible de prendre en compte ici.

Voyons comment l'utilisation des lignes qui précèdent permettent de situer sur cette échelle stratigraphique la création des fers à cheval du **col d'Ambellarte**.

Nous avons vu plus haut dans cette page que la *Glaciation Maximum* est la plus ancienne de deux glaciations voisines d'intensités très proches. À l'examen de l'échelle stratigraphique de l'*Université de Cambridge*, une seule possibilité existe : la *Glaciation Maximum* s'est déroulée au cours du stade **16**, aux environs de 620 000 ans, puis, après une glaciation moins importante au cours du stade **14**, elle a été suivie par la glaciation du stade **12**, datée d'environ 420 000 ans.

En conclusion

Si l'on suit nos conclusions, on retiendra que la *Glaciation Maximum* s'est déroulée au cours du stade **16**, à environ 620 000 ans de nous et que la plus importante des glaciations suivantes a eu lieu au cours du stade **12**, à environ 420 000 ans. Ces deux glaciations se sont donc succédées à quelque 200 000 ans de distance.

On verra dans d'autres pages de notre site que ce sont ces glaciations qui ont le plus contribué à la formation de nos reliefs actuels.

Quelques exemples d'utilisation des « fers à cheval »

Voici quelques autres exemples de fers à cheval qui confirment la proximité des intensités des glaciations des stades **12** et **16**.

Le fer à cheval des Gaudilles dans la Drôme

Le premier exemple est celui du fer à cheval des **Gaudilles**, dans le sud du **Vercors**.

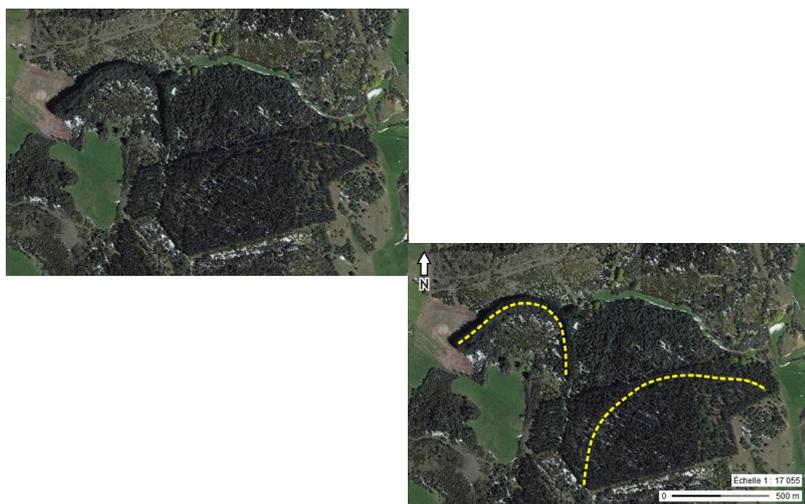


Image sensible au passage de la souris

Les fers à cheval **des Gaudilles** près de **Combovin** dans la **Drôme**

La vue aérienne *Geoportail* ci-dessus montre, dans sa partie supérieure gauche, un fer à cheval formé d'arbres et très bien marqué (W3W [ailier.bananier.similaire](#)), à l'altitude de 849 mètres, que nous appellerons ici *fer à cheval Nord*.

Au sud-est de celui-ci, dans la partie inférieure droite de la vue, une ligne courbe, à peine visible dans la végétation, est un autre fer à cheval (W3W [troupe.diacode.huméral](#)) à l'altitude de 897 mètres, nommé ici *fer à cheval Sud Est*.

Ces deux fers à cheval présentent la même orientation : les glaciers qui leur ont donné naissance provenaient tous deux du secteur sud-sud-ouest. Nous pensons qu'ils ont été créés, à des époques différentes, par deux appareils qui descendaient le versant ouest

de **Côte Blanche**.

Leurs altitudes très voisines, montrent au passage qu'il s'agit là d'un exemple de *gémellité* (nous appelons *gémellité* un ensemble de deux reliefs voisins appartenant au même type et qui se situent à des altitudes peu différentes. Nous avons trouvé plusieurs exemples de *gémellités*, la plupart attribuable à la succession de deux glaciations, ici la *Glaciation Maximum*, au cours du Stade **16** suivie, 200 000 ans plus tard, par la glaciation du stade **12**.

Nous montrerons à la fin de cette page un exemple remarquable de *gémellité* situé en **Italie**.

Les fers à cheval des fermes **Marquet** et **Mourras**

Voici un autre exemple de *gémellité*, les fers à cheval des fermes **Marquet** et **Mourras**, situés également dans le sud du **Vercors**, près du **Pas de Badoye**, qui va nous confirmer le peu de différence d'intensité que présentaient les deux glaciations.

Ici, les altitudes des deux fers à cheval sont sensiblement les mêmes mais il nous semble probable que le fer à cheval de la ferme **Marquet** s'est produit lors de la glaciation **12** alors que le fer à cheval de **Mourras** s'est créé lors de la *Glaciation Maximum* lorsque l'extension des glaciers était à son maximum.



Image sensible au passage de la souris

Le fer à cheval de la ferme **Marquet**, dans le sud du **Vercors**

Le fer à cheval de la ferme **Marquet** (W3W [soupons.constituer.rejouir](https://www.w3w.co.uk/soupons.constituer.rejouir)), formé d'arbres de grande taille, se situe à 754 m d'altitude ; son orientation montre que le glacier qui l'a formé provenait du secteur nord-nord-ouest. C'était une diffluence du glacier qui occupait la vallée de l'**Isère**, diffluence qui occupait le vallon de la **Véore** (à gauche, hors image).

La photo suivante montre, près de la ferme **Marquet**, des alignements de petits buis, visibles

Datation des glaciations quaternaires

Écrit par Claude Beaudevin

Samedi, 16 Février 2019 19:09 - Mis à jour Samedi, 01 Février 2020 15:22

également sur la vue précédente, qui coiffent des cordons de pierres et qui, selon nous, sont les délaissés successifs de la moraine latérale rive droite de cette diffluence.

De coordonnées W3W [délayer.modelons.aucun](#), ils sont en effet orientés selon un azimut légèrement inférieur à 340°, angle d'avancée du glacier.



À 250 mètres au sud ouest de la ferme **Mourras**, voici le fer à cheval de **Mourras** (W3W [malin.agenouillé.échanger](#)), dont l'altitude est de 754 mètres, identique à celle du fer à cheval de la ferme **Marquet**. Pour plus de visibilité, nous avons souligné sur cette vue le tracé de ce fer à cheval, créé par un glacier qui provenait du même glacier que celui qui a engendré le fer à cheval de la ferme **Marquet**.



À l'intérieur du fer à cheval, un examen sur place nous a montré que le terrain est plus pauvre qu'à l'extérieur, car il n'a pas été cultivé, ce que nous expliquons par le fait que les éléments argileux de la moraine, soumis aux érosions postglaciaires, ont été lessivés.

On retrouve bien ici la gémellité des formations créées lors des deux glaciations **16** et **12**, avec la même disposition que dans le cas des autres fers à cheval de la région, c'est-à-dire que la position extrême, le fer à cheval de **Mourras**, a été occupé lors de la *Glaciation Maximum*, alors que celui de la ferme **Marquet** a été créé lors de la glaciation du stade **12**. On remarquera au passage que l'utilisation des cartes et des vues aériennes de *Géoportail* permet d'étudier très en détail le tracé de glaciers vieux de plusieurs centaines de milliers d'années, et ceci avec ou sans observations sur place.

Un exemple plus remarquable encore est fourni par les dépôts sur la **Grande Corniche**, étudiés dans notre page sur [le glacier du Paillon](#) dans les **Alpes-Maritimes**.

Une généralisation à l'ensemble du globe peut-elle être envisagée ?

Nous pensons que c'est effectivement possible, car les conclusions de l'*Echelle Chronostratigraphique des Universités de Cambridge et d'Utrecht* s'appliquent dans leurs grandes lignes à l'ensemble du globe terrestre. Il devrait ainsi être possible de trouver,

Datation des glaciations quaternaires

Écrit par Claude Beaudevin

Samedi, 16 Février 2019 19:09 - Mis à jour Samedi, 01 Février 2020 15:22

dans d'autres régions, des exemples de telles variations du niveau du niveau des glaciers au cours des stades **12** et **16**, avec probablement un maximum d'extension lors du stade **16** car, ainsi que nous le faisons remarquer plus haut, si la répartition des températures au cours d'un stade peut-être identique tout autour du globe, il n'en est pas obligatoirement de même des conditions locales, climatiques et géographiques, qui varient d'un lieu à un autre et qui ont une action marquée sur l'importance des glaciers.

Il est nécessaire pour étudier un lieu situé hors de **France**, de disposer de vues aériennes ou satellites d'aussi bonne qualité que celles de l'IGN, ce qui est peu fréquent.

Au cours d'une brève incursion en **Italie**, nous avons ainsi utilisé conjointement :

les vues aériennes de *Google Earth Pro*,

les cartes de *Google Maps*,

l'éventail de cartes offerts par le programme *What3Words*, en particulier les cartes Esri maps, sur lesquelles figurent, à certaines échelles, les courbes de niveau.

pour suivre l'extension du glacier de la **Doire Baltée** jusque dans les environs de **Rivoli** où se trouvait son extrémité lors de son extension maximum. C'est là que se situent les deux lacs jumeaux d'**Avigliana**, bel exemple de gémellité. Nous pensons, en application de ce qui précède, que le **Grand Lac** d'**Avigliana** (à gauche sur la photo) a été créé lors du stade **12**, alors que le **Petit Lac** date de la *Glaciation Maximum*.



Les lacs d'Avigliana près de Turin en Italie

Photo Elio Pallard (Wikipedia)

