

**MUNIBE**Sociedad de Ciencias Naturales ARANZADI  
**San Sebastián**

Año XXXII - Número 3-4 - 1980. Páginas 195-205

# Les moraines frontales quaternaires. Divers aspects et signification quant à l'extension glaciaire. Exemples pris dans les Pyrénées françaises et espagnoles

**J. HAZERA\*****UN MODELE UTILISE ABUSIVEMENT:**

La connaissance des extensions successives occupées par les glaciers au Quaternaire est une donnée indispensable aux diverses disciplines qui s'intéressent à cette période. C'est, en particulier, une de celles à partir desquelles on a essayé d'établir une chronologie. Or, se fondant sur l'observation sommaire de glaciers actuels de vallée, certains auteurs ont considéré que les limites de cette extension sont toujours marquées par les restes de moraines frontales bien constituées.

Cette attitude fut adoptée à la suite de la définition par Penck et Brückner (1894), d'un modèle mettant en évidence les traits communs des appareils frontaux construits par les glaciers quaternaires sur le piémont, autour du Massif Alpin. Ce schéma, qui devint le «complexe morainique», a été repris dans les précis et les manuels pendant des décennies, et souvent appliqué, abusivement à tous les cas, même par des spécialistes. A la limite, certains auteurs, souvent obligés, dans leur discipline, de se contenter de témoins réduits pour reconstituer tout un ensemble par la pensée, ont même été amenés à conclure, de la seule existence de restes informes à l'extrémité supposée d'un glacier, à celle d'un appareil antérieur bien construit, maintenant détruit, alors que d'autres arguments conduisent à penser qu'il n'en a jamais existé.

Nous avons donc pensé être utile, en particulier aux chercheurs de disciplines parallèles, qui ne peuvent se tenir au courant de tous les travaux, plus ou moins récents, des géomorphologues, en montrant, à partir d'une série d'exemples étudiés par ces derniers dans les Pyrénées, combien la réalité, dans sa variété, peut s'éloigner des modèles.

Les Pyrénées nous paraissent, d'ailleurs, un terrain de choix pour ces comparaisons. Leur altitude relativement modeste a conduit à un englacement moins généralisé que dans les Alpes. De plus, cet englacement variait beaucoup selon les régions, en raison de l'appartenance de la chaîne à divers domaines climatiques. Ainsi ont été réalisées les conditions optima pour l'observation de phénomènes à leur limite.

**UN EXEMPLE DE FORMES «CLASSIQUES»:****LE COMPLEXE FRONTAL D'ARUDY-BUZY**

S'étalant largement sur le piémont, au débouché de la vallée d'Ossau (fig. 1), le vallum morainique frontal d'Arudy-Buzy est, sur le versant nord des Pyrénées, celui dont l'ordonnance et les formes s'apparentent le plus à celles des grands complexes alpins (fig. 2). Il est formé par l'empilement, en gradins, de huit ou neuf cordons arqués. Leur rapprochement (1 km.5 pour l'ensemble) incite à les interpréter comme les traces des positions successives d'un lobe de glace, semblables à celles qu'on observe sur certains glaciers actuels au cours

\* Professeur honoraire à l'Université de PAU - La Fantello, Av. F. Martin - 06230 VILLEFRANCHE SUR MER.

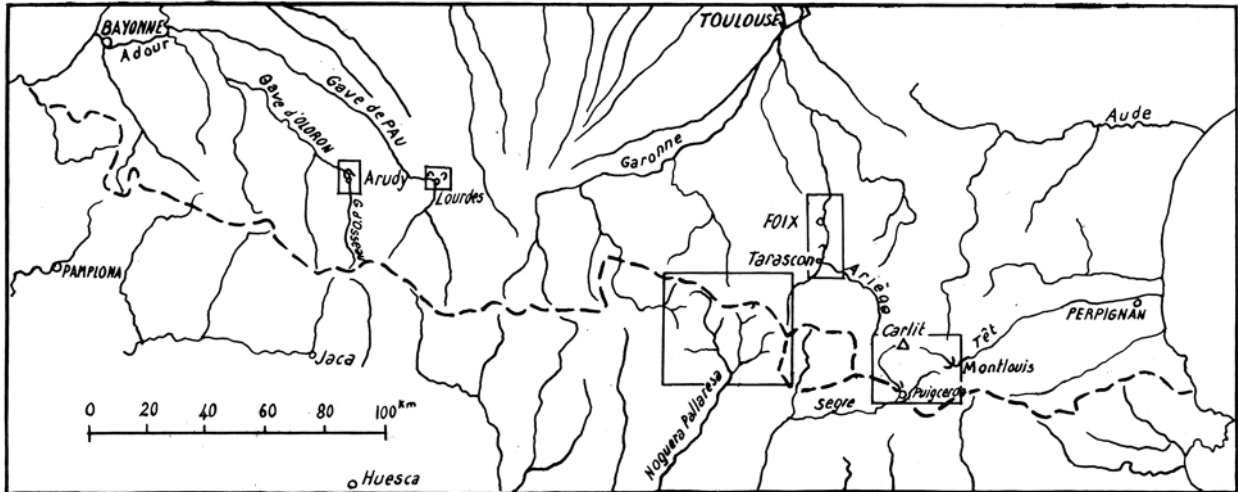


Fig. 1. Carte de situation.

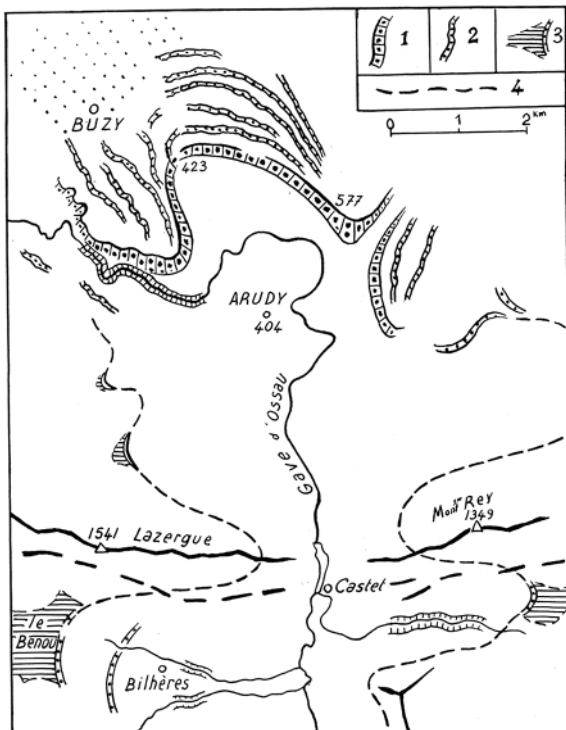


Fig. 2. Le complexe morainique frontal d'Arudy-Buzy.  
1. Versant abrupt du vallum principal. 2. Petit arc morainique. 3. Plaine d'obturation latérale. 4. Limite du glacier.

de pulsations de peu de durée. L'ensemble a 3 km. de large et 150 m. de haut dans ses parties latérales, les plus élevées. Au centre, par contre, sa hauteur n'atteint plus qu'une vingtaine de mètres, car les eaux de fonte ont dégagé un seuil, jusqu'au mo-

ment ou elles se sont écoulées totalement vers l'ouest en utilisant des chenaux karstiques anciens ouverts en canyon.

Ce complexe se rapprochant beaucoup du modèle de Penck et Bruckner, il convient de passer en revue les facteurs ayant permis son édification en vue de comparaisons ultérieures. On avait affaire ici à une grosse langue. En effet, de grandes plaines d'obturation, construites en arrière des moraines latérales, à 7 km. en amont du front du glacier (fig. 2), montrent qu'elle avait, à cet endroit, une épaisseur de plus de 400 m. C'était une langue bien alimentée à partir des nombreux cirques ouverts autour et sur le Pic du Midi d'Ossau, ainsi que sur le pic d'Arlas. Cependant, son bassin d'alimentation n'avait pas l'ampleur de celui du glacier composite du gave de Pau ou de celui du glacier de l'Ariège à l'est, de deux à trois fois plus vastes. Mais le piémont fut, ici, plus vite atteint (38 km. au lieu de 60 et 52), par un chemin rectiligne au travers des chaînons nord-pyrénéens, trajet d'ailleurs probablement facilité par l'existence d'un accident tectonique nord-sud. Ainsi bien canalisée, et assez courte, la langue avait encore un gros volume lorsqu'elle arrivait sur un piémont à peu près dégagé. Elle a buté légèrement, au nord, sur la tête d'un ancien cône torrentiel tertiaire, mais sa masse lui a permis de recouvrir, sans qu'il y paraisse dans ses formes, les collines calcaires restes du modelé antérieur.

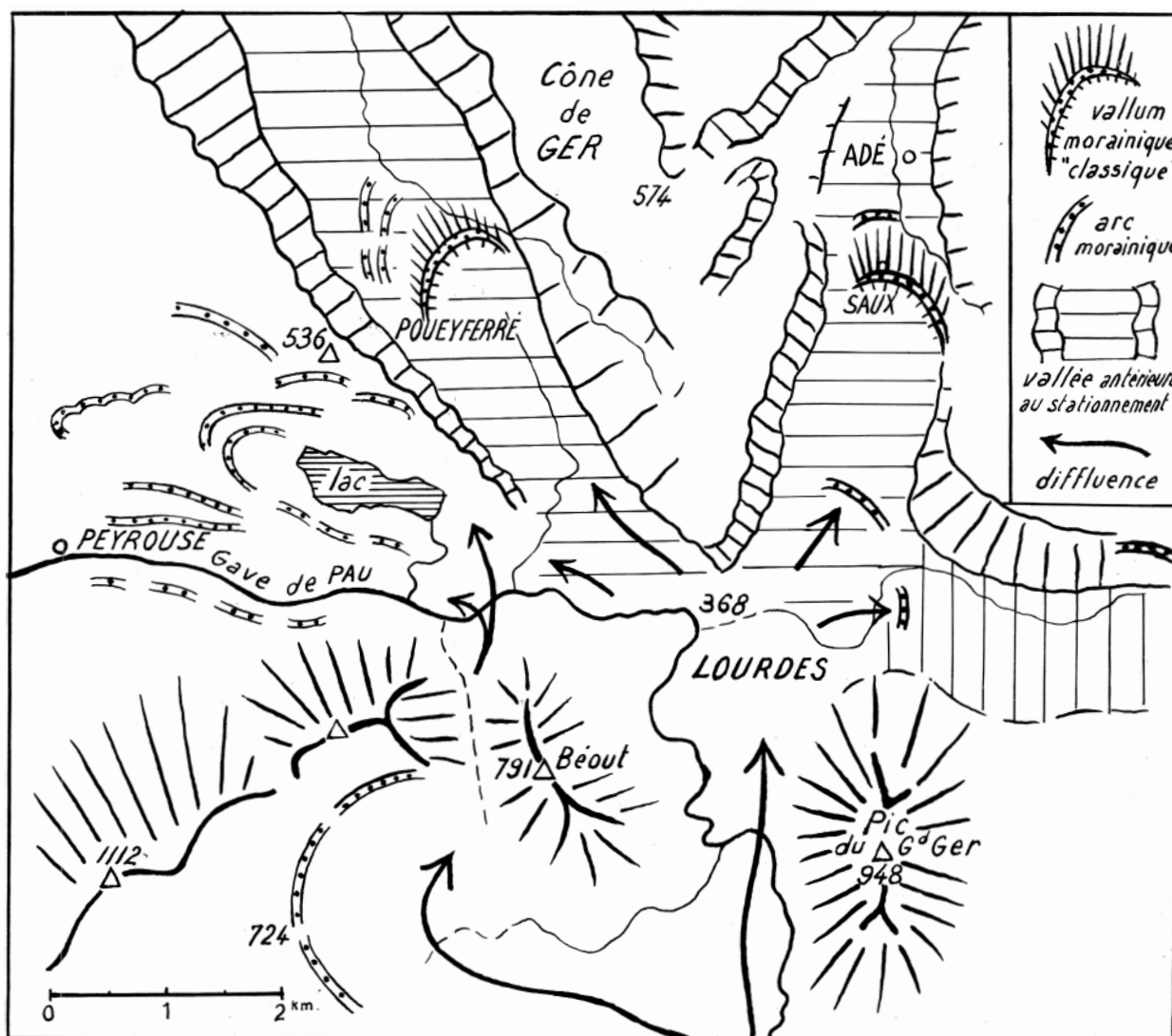


Fig. 3. Les appareils frontaux du lobe de piémont de Lourdes.

On soupçonne donc à peine, ici, l'influence de la configuration du relief à l'endroit où s'édifia le lobe. L'exemple suivant, celui du lobe terminal du glacier du gave de Pau, va, par contre, nous montrer l'incidence qu'un modelé du piémont plus contrasté peut avoir sur les constructions terminales, bien que le glacier ait été ici plus volumineux.

#### UN APPAREIL FRONTAL DE PIÉMONT CONPLIQUÉ A LOURDES

Le glacier du gave de Pau, un des plus volumineux des Pyrénées, était lors de son

stationnement maximal du type des glaciers alaskiens actuels: il était formé, en amont, par la réunion de plusieurs langues bien alimentées. Epais de 8 à 900 m. entre Pierrefite et Lourdes, il avait encore plus de 400 m. d'épaisseur au moment où submergeant le Béout, il débordait sur le piémont tout autour de l'emplacement actuel de cette ville. Il y trouva un relief formé des restes d'un grand cône de déjection pliocène réentaillé par quatre vallées rayonnantes. Le lobe de glace rencontra donc des facilités plus ou moins grandes à progresser selon les secteurs et se divisa, sur sa bordure, en une série de

festons dont les dimensions réduites (un km. de large et 20 à 30 m. de haut) surprennent, au premier abord, jusqu'à ce qu'on réalise que chacun d'eux ne représentait qu'une petite excroissance du grand lobe (fig. 3). Dans cet ensemble seuls ont les formes régulières parfaites du modèle classique ceux où la glace pouvait s'avancer dans une vallée bien calibrée à fond plat. Il en est ainsi des vallums de Pouyferrière au N.O. et de Saux-Adé au N.E., tous les deux en demi-ovale et dont le talus au profil dissymétrique se prolonge vers l'aval par un cône de transition.

La cuvette qu'occupe actuellement le lac de Lourdes a aussi des formes d'ensemble régulières, mais la masse de glace qui s'est écoulée dans cette direction devait être plus grande et le support des collines du piémont moins favorable à un déplacement régulier. Aussi constate-t-on, vers l'aval, la présence d'une série d'arcs s'étirant et se relayant en fonction du relief sous-jacent. Dans ce chaos relatif ce qui reste des nappes proglaciaires indique qu'elles n'ont pas eu la perfection des cônes de transition frontaux classiques.

La leçon à tirer des grands traits encore bien visibles du vaste appareil de Lourdes, c'est, d'abord, que le schéma de **Penck** et **Brückner** est réalisé chaque fois que la glace dispose d'un emplacement bien dégagé, mais, aussi, que les dimensions de l'appareil sont strictement fonction de cet espace libre. Par contre, le dessin se brouille plus ou moins dès que le relief préglaciaire s'impose, soit qu'il gêne l'écoulement de la glace, soit qu'il oriente l'écoulement des eaux proglaciaires. C'est à l'existence d'un relief préglaciaire bien différencié sur le piémont que l'appareil de Lourdes doit sa complication.

#### UN VASTE GLACIER SANS MORAINE FRONTALE: LE GLACIER DE L'ARIÈGE LORS DE SON EXTENSION MAXIMALE

**F. Taillefer**, qui a longuement étudié le glacier de l'Ariège (Bibliog.), a fait remarquer, depuis longtemps, que les trois moraines frontales, de faibles dimensions, qui existent en aval de Tarascon, à une altitude d'environ 500 m., ne représentent nullement les limites

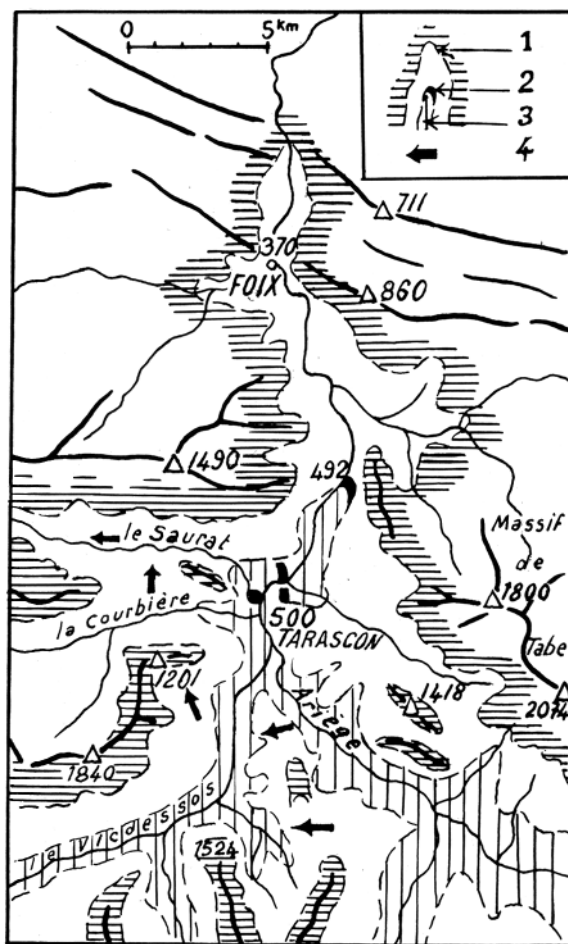


Fig. 4. Les limites du glacier de l'Ariège dans les bassins de Tarascon et de Foix, d'après F. TAILLEFER.

1. Extension maximale (Pléniglaciaire). 2. Arc morainique frontal. 3. Extension au stade de retrait (Wurm ?).

de l'englacement maximal dans la vallée de l'Ariège, ni même les traces du stationnement maximal. Il a pu observer, dans un très vaste périmètre autour de Tarascon, et à des altitudes atteignant de 800 à 1200 m., non seulement des blocs morainiques isolés, mais des placages informes de moraine et des dépôts caractéristiques de marge glaciaire: terrasses d'obturation constituées par des matériaux non glaciaires bloqués latéralement contre des dépôts morainiques.

Ainsi ont été reconstituées les limites de la véritable amer de glace., large de plus de 8 km., qui s'étalait dans ce bassin de Taras-

con (fig. 4) et qu'expliquent l'existence d'un bassin d'alimentation de 705 km.<sup>2</sup>, de dimensions comparables à celles du gave de Pau (749 km.<sup>2</sup>) (**F. Taillefer** 1967). Ce bassin se vidait en direction de Foix, mais la glace n'a pas atteint le piémont.

On peut s'étonner qu'aucun complexe terminal n'ait été construit dans ce secteur, au cours de cette phase d'expansion maximale. L'étude de la configuration du relief permet de le comprendre. Elle montre que le glacier principal a trouvé beaucoup de place pour s'étaler. Dès son cours moyen, il poussait déjà une partie de sa glace dans la gouttière parallèle à son cours creusée au pied du Massif du Tabé. Rive gauche, il débordait en direction du glacier de Vicdessos dont la langue était moins épaisse parce que moins alimentée. Plus bas encore il poussait une partie de sa glace vers l'extrémité du glacier de la Courbière et remplissait la vallée de Saurat à peine englacée localement.

Ainsi à l'aise, la masse de glace n'eut pas à chercher de véritable exutoire. Au surplus, ce vaste «diffuseur», à des altitudes, en moyenne, assez basses, devait faciliter l'ablation. La digitation en direction de Foix ne pouvait donc avoir le dynamisme d'une véritable langue provenant directement de l'amont; elle ne transportait pas, au surplus, de charge volumineuse. De plus, les eaux de fusion abondantes en emportaient une grande partie, s'opposant à la construction au centre de la cluse.

Quant aux vallums bien constitués déjà signalés, en retrait et à basse altitude, entre Foix et Tarascon (fig. 4), les seuls qui aient retenu autrefois l'attention, ils marquent les limites d'un glacier très amaigri qui n'occupait que le fond de la vallée, mais avait, de ce fait, lors de ses pulsations, la place de construire un appareil frontal de piémont du type schématisé par **Penck** et **Brückner**.

Du point de vue méthodologique, qui est ici le nôtre, le glacier de l'Ariège présente donc un exemple remarquable du danger qu'il y a à croire que l'extension d'un glacier en aval est toujours marquée, à chaque époque de sa vie, par la construction d'un vallum. Cette interprétation a conduit longtemps à donner une image incomplète, et donc fautive, de la glaciation dans la vallée de l'Ariège.

## DE VOLUMINEUX APPAREILS MORAINIQUES TRÈS DIFFÉRENTS LES UNS DES AUTRES AU PIED D'UN MÊME MASSIF: LE CARLIT

Toutes les vallées qui descendent en éventail sur les flancs sud et est du Massif du Carlit, point culminant des Pyrénées orientales (2921 m.), ont contenu des langues glaciaires (fig. 5). Celles-ci étaient courtes (de 10 à 20 km.), en raison, à la fois, de la configuration du relief, morcelé en amont, mais surtout, de la faible alimentation neigeuse, due à la situation géographique, en raison, encore, de la fusion rapide de la glace exposée au Midi.

La médiocrité de ces glaciers de montagnes sèches ne leur ayant pas permis d'emporter au loin les matériaux raclés sur le fond des auges, ou tombés des parois, leurs appareils morainiques furent très volumineux par rapport à leur longueur. Après d'autres auteurs, **G. Viers** leur a consacré une série de travaux (Bibliog.) dans lesquels il a mis l'accent sur les formes et, en particulier, sur la signification des arcs ou bourrelets frontaux, en nombre variable, qu'ils comportent.

**G. Viers** a été frappé par les grandes différences de formes qui existent, d'un glacier à l'autre, dans ce domaine frontal. C'est ainsi qu'on trouve, au débouché de la Têt, en amont de Mont-Louis, un vallum dont le lobe principal, très «classique», a 3 km. de large et 100 m. de haut environ (il est donc plus volumineux que celui d'Arudy-Buzy, en vallée d'Ossau, malgré un bassin d'alimentation cinq fois plus réduit). Par contre, dans la vallée du Carol, en amont de Puigcerda, les formes sont beaucoup moins nettes au centre de la vallée. Aux volumineuses moraines latérales font suite des éléments de vallums peu élevés et assez mal formés, et, en tout cas, sans comparaison avec le vallum de Mont-Louis. Ces différences peuvent surprendre dans la mesure où le glacier du Carol disposait de toute la place nécessaire pour s'étaler dans le bassin de la Cerdagne, sorte de «piémont intérieur» (**G. Viers**), tandis que le glacier de la Têt, quoique aboutissant sur la surface d'aplanissement du col de la Perche (**P. Birot** 1937 et **G. Viers** 1968) était probablement moins à l'aise. Mais

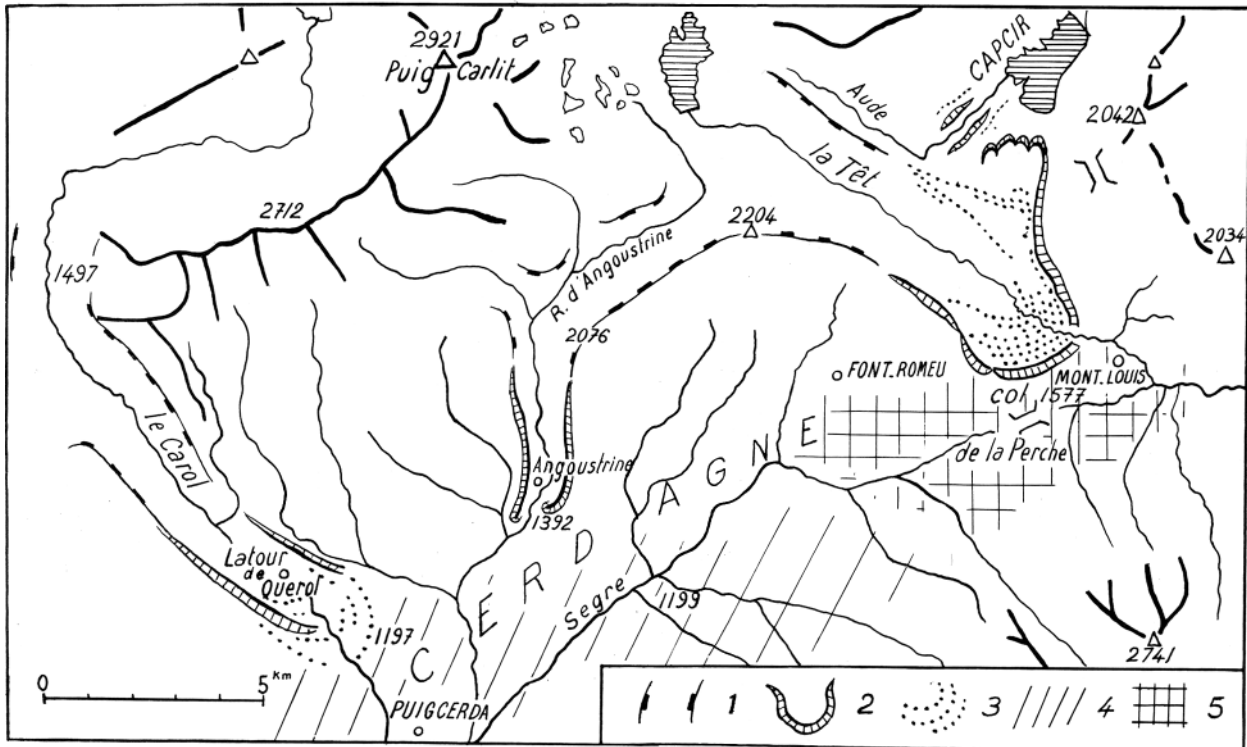


Fig. 5. Le glaciaire du Massif du Carlit, d'après G. VIERS. 1. Bord d'auge glacière. 2. Vallum externe du stationnement maximal. 3. Arcs morainiques internes. 4. Depression de Cerdagne. 5. Surface d'aplanissement du col de la Perche.

**G. Viers** fait, à ce sujet, judicieusement observer que, alors que le glacier de la Têt s'arrêtait à 1600 m., celui du Carol descendait à 1200. Il est donc probable que ce dernier fondait de façon plus rapide et continue et que les eaux entraînaient ainsi vers l'aval une grande partie des matériaux les moins gros apportés par le glacier, gênant de ce fait, la construction d'un véritable vallum au centre de la vallée.

L'étude d'appareils frontaux plus petits, pourtant assez différents, quoique provenant du même massif, parmi lesquels nous avons choisi celui du ruisseau de l'Angoustrine, situé entre les deux précédents (fig. 5) confirme le bien fondé de cette interprétation. Cette vallée étroite n'a, en effet, été occupée que par un glacier plus modeste qui n'atteignait pas le piémont. Or, si deux belles moraines latérales se recourbent bien, à l'emplacement probable du stationnement maximal du glacier, il n'existe pas de vallum proprement dit. Plutôt que de conclure à sa destruction postérieure (attitude la plus courante chez beaucoup d'auteurs) n'est on pas fondé

à se demander si, ici aussi, la fonte des eaux et leur passage en torrent proglaciaire au centre de la vallée ne se sont pas toujours opposés à sa construction?

A l'appui de cette interprétation nous invoquerons la prise de position récente de **R. Vivian** (Thèse 1975) qui se fonde sur l'étude de l'extrémité des glaciers alpins actuels dont il a dressé un inventaire très complet dans les Alpes occidentales. Ceux-ci, justement, se rapprochent assez, en volume et en position, des glaciers pyrénéens quaternaires qui restaient à l'intérieur de la montagne. **R. Vivian** écrit: «Les arcs morainiques frontaux ne constituent jamais, dans les Alpes, de formations majeures... Les glaciers tempérés alimentent des torrents, émissaires puissants qui, joint aux poches d'eau qui se vidangent, ou aux chutes de glace, ne laissent guère la possibilité de construction d'édifices morainiques frontaux puissants». Et, plus loin: «Ces accumulations sont parfois même absentes sur une grande partie de la marge frontale lorsqu'elles ne font pas complètement défaut sur toute la largeur de la vallée.

**R. Vivian** cite également **P. Veyret**, qui avant lui, avait aussi fait remarquer «combien il est nécessaire d'élargir la notion trop étroite de complexe glaciaire et fluvio-glaciaire définie par **Penck** et **Brückner**».

Rappelons que **R. Vivian** se réfère aux glaciers installés dans la partie amont des vallées. Il s'élève, simplement comme nous, contre le fait que l'on puisse chercher à utiliser, dans toutes les situations topographiques, un schéma qui a été établi pour un appareil de piémont. **G. Viers** rejoint ce point de vu lorsqu'il dit: «L'édification et la conservation des moraines dépendent étroitement de la topographie». Dans le cas du Carlit cette remarque lui est suggérée par le fait qu'on trouve, en arrière du vallum le plus externe, de petits arcs morainiques dont le nombre varie selon les glaciers. A Mont-Louis on peut en compter de huit à dix, de 10 à 15 m. de haut, groupés sur une distance de 3 km. A Puigcerda on en dénombre cinq ou six seulement, aucun, par contre dans la vallée de l'Angoustrine. **G. Viers** en conclut que, comme les grands amphiteâtres, ces arcs n'ont pu être édifiés que par des glaciers disposant de place latéralement. Lorsqu'ils existent, leur rapprochement indiquerait qu'ils marquent de petites oscillations d'un même stade glaciaire comparables à celles qu'on observe au cours des variations historiques des glaciers actuels. (Rappelons, au surplus, que ce type de vallum à arcs multiples est courant. Nous en avons décrit un à Arudy-Buzy (fig. 2).

Cette dernière interprétation n'est pas celle qui fut adoptée par les auteurs qui ont étudié cette région avant **G. Viers** et ont tenté d'y établir une chronologie glaciaire. Ceux qui, par exemple, se sont intéressés au Carol (**W. Panzer**, 1932; **F. Nussbaum**, 1948)<sup>(1)</sup>, considèrent que les arcs édifiés entre Latour de Carol et Puigcerda représentent les traces des glaciations du Riss et du Würm définies dans les Alpes par **Penck** et **Brückner**. Il n'est pas possible de reprendre ici tous les arguments des uns et des autres (qui d'ailleurs utili-

sent aussi d'autres critères: sédimentologie et étude des nappes alluviales associées).<sup>(2)</sup> mais on comprend les réticences de **G. Viers** qui, s'étant intéressé à l'ensemble des glaciers du Carlit, a constaté que le nombre des arcs varie d'une vallée à l'autre. Il nous semble qu'il convient, pour le moins, d'insister sur le fait méthodologique qu'il n'est nullement évident, comme on l'a admis trop couramment, qu'on puisse fonder facilement une chronologie glaciaire locale sur l'étude des vallums ou petits arcs frontaux, par simple référence analogique à des chronologies établies dans d'autres régions.

#### PAS DE MORAINES FRONTALES A L'EXTREMITÉ DU PLUS GRAND GLACIER DU VERSANT MERIDIONAL DANS LA VALLEE DE LA NOGUERA PALLARESA

La Noguera Pallaresa, sur le versant meridional, possède un vaste bassin d'alimentation, bordé par une série de hauts sommets, de 2.800 à 3.000 m. d'altitude. Un grand nombre de cirques glaciaires les ourlent, dont les eaux convergent toutes vers Llavorsi par trois profondes vallées (fig. 6). **P. Taillefer** a calculé que l'aire d'alimentation des grandes langues qui ont rempli ce bassin devait avoir 688 km.<sup>2</sup>, soit l'équivalent de celle du glacier de l'Ariège (705 km.<sup>2</sup>). Cependant, l'alimentation neigeuse de ces deux bassins n'était certainement pas comparable, et, malgré une épaisseur se chiffrant par centaines de mètres dans les ombilics, les trois langues principales du bassin de la Noguera Pallaresa, longues de 40 à 50 km., n'ont probablement jamais conflué; ne descendant même qu'à 800 m. d'altitude et restant à des dizaines de kilomètres de la depression de l'Ebre.

Les limites atteintes par ces glaciers ont été déterminées par l'étude des formes glaciaires (**F. Nussbaum** 1956) particulièrement nettes, non seulement en amont, dans les cirques, mais aussi dans les auges aux parois polies et moutonnées. Elles sont aussi marquées par des éléments de moraines latérales et des kames. Par contre, on ne trouve pas de moraines frontales. **F. Nussbaum** décrit bien une puissante moraine, riche en gros blocs granitiques, latéralement, sur la rive droite, à deux kilomètres en amont de Llavorsi et en déduit qu'elle indique la terminaison

(1) Repris dans: INQUA. MADRID. 1957. Livret guide excursion N, Pyrénées.

(2) Arguments développés, également, dans les travaux, plus récents de C. E. Marti Bono, D. Serrat Congost y M.<sup>a</sup> del Carmen González (1977).

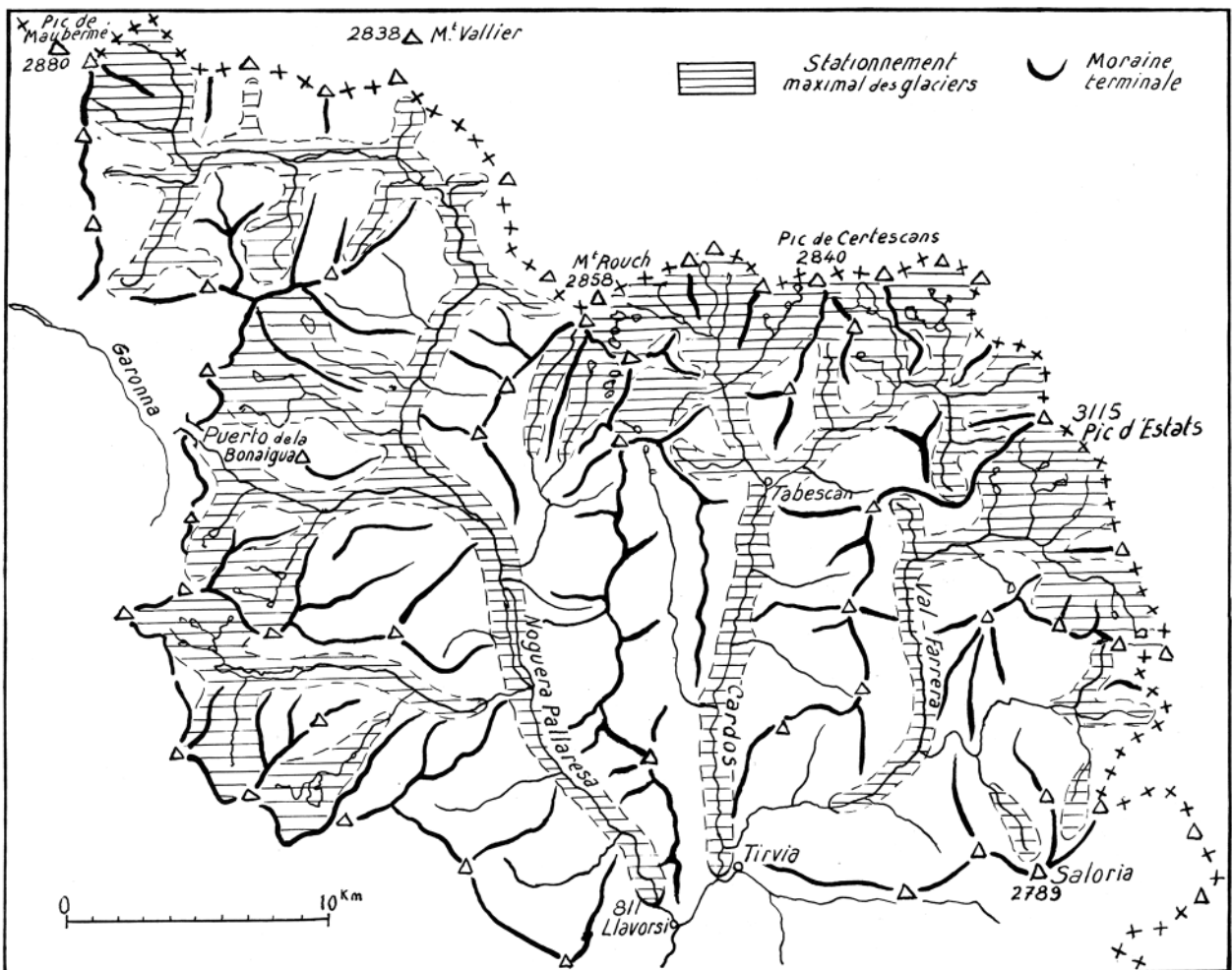


Fig. 6. Les limites de l'englacement quaternaire dans la région de la Noguera Pallaresa, d'après F. NUSSBAUM.

du glacier. Ceci est peut-être vrai, mais les formes n'autorisent pas à conclure qu'il s'agit des restes d'une moraine frontale bien constituée. D'ailleurs les organisateurs de la VI<sup>e</sup> journée de l'excursion N<sub>1</sub> (Pyrénées) du V<sup>e</sup> Congrès de l'INQUA déclarent formellement, en décrivant le même secteur, qu'il n'y a pas de moraine frontale dans la vallée principale.

On pourrait donc penser que lorsque **F. Nussbaum** en indique une sur sa carte (1956, fig. 17), c'est pour compléter schématiquement le croquis de l'extension glaciaire que les autres traits lui ont permis d'établir. Mais, on est beaucoup plus surpris qu'il affirme, dans trois langues, dans les résumés du même article, que cette moraine existe bien, à 830 m. d'altitude. La croyance en l'existence

obligatoire d'une moraine frontale est telle qu'on est passé d'un texte décrivant une moraine latérale à un résumé créant une moraine frontale presque ex-nihilo. Ne serait-il pas plus logique de se demander ce qui a pu se passer dans une vallée étroite, à l'extrémité d'un vaste bassin versant, qui, étant bien pourvu en glace, l'était aussi en eaux de fusion? C'est ici que s'appliquent les remarques générales que **R. Vivian** a pu déduire de l'observation des glaciers actuels. Il en ressort nettement que «l'axe de ces langues terminales ne constitue pas un lieu privilégié d'accumulation glaciaire». Ainsi n'y a-t-il pas de contradiction entre le fait que les moraines latérales soient volumineuses, tandis que les moraines frontales «manquent d'envergure».



re ou n'existent pas..

### LES APPAREILS FRONTAUX DES STADES DE RETRAIT ET DU NÉOGLACIAIRE

Le modèle alpin ayant été établi à partir des appareils frontaux externes, construits sur le piémont, nous avons été entraîné à étudier aussi, dans les Pyrénées, les traces correspondant au **stationnement** maximal. Nous avons même, dans le cas de l'Ariège, évoqué l'extension, en avant de ces «positions solides».

Nous avons ainsi négligé certains appareils, plus modestes, construits nettement en retrait (à plusieurs kilomètres, parfois dizaines de kilomètres en amont) et qui ont été interprétés tantôt comme la preuve de réavancées du glacier après fonte totale, tantôt comme celle d'un stationnement lors de sa décrue.

Il est courant que ces appareils aient des formes plus régulières que ceux situés à l'aval, ce qui, confirmant les remarques que nous avons faites pour ces derniers, s'est produit lorsque le glacier disposait de place latéralement, bien qu'il n'ait pas atteint le piémont. Cette condition était plus facile à réaliser puisqu'il avait, lors de ces stades, un volume plus réduit. Encore fallait-il, malgré tout, qu'il ne soit pas «coincé» dans une vallée étroite où le processus d'entraînement des matériaux par les eaux de fonte s'exerçait au centre.

A ces facteurs locaux de différenciation, dus à la configuration du relief, s'en ajoutent d'autres que nous ne pouvons tous passer ici en revue: altitude et ampleur du bassin versant qui doivent être suffisantes pour que le retrait ne soit pas total, facteurs climatiques de situation ou d'exposition allant dans le même sens, facteurs lithologiques même, entraînant l'apport de «matériaux de construction» plus ou moins abondants. On ne peut donc, pour ces appareils des stades de retrait, pas plus que pour les appareils du stationnement maximal, tabler sur une uniformité de répartition ou de perfection. Lorsqu'ils existent, ces appareils sont, cependant, généralement mieux conservés que ceux de l'aval, parce que plus récents.

Toutes ces remarques sont aussi valables pour de très petits appareils, de quelques dizaines de mètres de large, situés tout à fait en amont, souvent dans les grands cirques où se forma d'abord la glace qui alimentait les langues volumineuses du maximum glaciaire. On considère, maintenant, que ces appareils correspondent à un stade néoglaciare, après déglaciation quasi totale. Les formes très régulières de leur arc terminal se rapprochent beaucoup du modèle classique. On peut arguer du fait que c'est parce que, récentes, elles sont bien conservées. Mais il est aussi évident que c'est, comme pour les grands appareils de piémont, le facteur espace libre qui a été déterminant lors de leur construction.

### CONCLUSION

L'étude de quelques moraines frontales des Pyrénées nous a montré que leur dispositif et leurs formes sont assez variés et qu'elles sont même, parfois, réduites à peu de chose.

Cela nous a confirmé qu'il est abusif de prétendre y voir toujours les restes d'un complexe morainique, semblable au modèle établi par **Penck** et **Brückner** pour le piémont alpin.

Il n'était, cependant, pas question de nier que certains appareils se rapprochent de ce modèle. C'est même en cherchant à définir les facteurs qui ont été favorables à ce type de construction qu'on pouvait espérer comprendre pourquoi d'autres étaient différents. Parmi ces facteurs, on retiendra:

**La place:** Le rôle du facteur est évident. C'est lorsque le glacier a atteint le piémont, ou une dépression interne suffisamment vaste que nous constatons l'existence d'amphithéâtres cernant les lobes terminaux: Arudy-Buzy à la sortie de la vallée d'Ossau, Lourdes à la sortie de celle du gave de Pau, Mont-louis au débouché de la Têt.

Cependant, on remarque vite des différences notables, même entre «complexes» de formes «classiques» et il faut tenter de les expliquer:

**La place vaste et nette:** Malgré sa puissance, la grosse langue du glacier du gave de Pau, divisée plusieurs fois à son extrémité,

freinée ensuite sur un relief local préglaciaire non négligeable, n'a construit d'appareils parfaits, mais de taille médiocre, que dans les vallées à fond plat aménagées à une époque antérieure à son arrivée sur le piémont.

En somme, dès que la place n'est pas absolument nette, et assez vaste par rapport au volume de la glace, le lobe s'adapte à la configuration du relief préexistant. On l'a bien vu aussi à Tarascon où le glacier de l'Ariège s'est moulé sur les bords de la cuvette au Pléniglaire, tandis qu'il a construit des vallums à un stade de retrait où il avait besoin de beaucoup moins de place.

En fin de compte, chaque glacier ne nous a-t-il pas présenté des constructions différentes et posé un problème?

**Les eaux proglaciaires:** Que dire, par exemple de l'appareil de Puigcerda, médiocre lorsqu'on le compare à celui de Montlouis qui n'en est éloigné que de 15 km? Le glacier du Carol aboutissait pourtant bien dans la vaste dépression de la Cerdagne. Il nous a fallu, dans ce cas, proposer, avec G. Viers, une explication climatique fondée sur la situation topographique. Nous avons admis que le glacier du Carol fondait plus que celui de la Têt parce qu'il descendait beaucoup plus bas. Les eaux de fonte devaient donc entraîner une partie des matériaux qui auraient pu servir à construire la partie centrale des arcs.

Le rôle très important de ces eaux proglaciaires peut être observé partout. D'ailleurs ce sont elles qui ont modelé le talus en pente douce de la partie aval des vallums et construit le «cône de transition». Mais, en réexaminant l'amphithéâtre d'Arudy-Buzy, ne constatons nous pas déjà une nuance dans les formes de cet apparent prototype classique? Le centre de l'arc a été, en effet, très abaissé, parce que le passage des eaux de fonte a dû se produire longtemps en cet endroit.

Si ces eaux ont pu avoir un rôle non négligeable au centre d'une large vallée en auge, qu'en sera-t-il lorsqu'elles seront concentrées en un seul thalweg! Or, c'est le cas à l'extrémité d'une langue ayant occupé une vallée préglaciaire étroite et profonde, dont il n'est pas sorti et qu'il n'a donc pas recalibrée en aval. La Noguera Pallaresa nous a donné un excellent exemple de cette situation, mais

nous l'avons observée plus clairement encore, pour les petits glaciers intramontagnard du Carlit dont les arcs frontaux ne paraissent pas avoir été jamais totalement fermés. Bien d'autres petits glaciers des Pyrénées nous eussent, d'ailleurs présenté des terminaisons du même genre, en particulier ceux du Haut Adour, étudiés par **P. Barrère** (Livret-guide INQUA 1969 N1) «langues effilées entre des versants primitifs à pente notables voisinant, comme au Carlit, avec un petit lobe installé dans une topographie plus largement ouverte.

En définitive, cette étude nous paraît avoir montré clairement que, s'il est possible d'établir des modèles lorsque des situations semblables se reproduisent, il est imprudent de prétendre les utiliser ensuite dans tous les cas.

L'explication de la répartition et des formes des accumulations glaciaires exige donc, dans chaque cas étudié, la compréhension de la dynamique du glacier selon sa situation au Quaternaire.

## RESUME

On montre, à l'aide d'exemples, pris dans les Pyrénées, que le modèle proposé par **Penck** et **Brückner** pour schématiser les constructions morainiques frontales des glaciers anciens de piémont des Alpes ne s'applique pas partout. De telles formes n'existent que lorsque une langue, bien calibrée dans une vallée, a disposé, à son extrémité, d'un emplacement vaste par rapport à son volume; à condition encore qu'une grande abondance d'eaux proglaciaires n'ait pas entraîné, à mesure, une trop grande partie des matériaux.

## RESUMEN

Se trata de mostrar, con ejemplos tomados del Pirineo, que el modelo propuesto por **Penck** y **Brückner** para esquematizar las edificaciones morrénicas frontales de los glaciares antiguos de piedemonte no se puede emplear en todos los casos. Tales formas existen solamente donde una lengua, bien calibrada en un valle, encontró a su terminación un espacio amplio en comparación con su volumen: con tal, además que las aguas proglaciares no se hayan llevado inmediatamente una parte demasiado grande del material.

**ABSTRACT**

Via examples selected from the Pyrénées, it has been showed that the model proposed by **Penck** and **Brückner** to schematize the frontal moraine construction of the old pied-mont glaciers of the Alps is not universally applicable. Such shapes exist only when a tongue which was well-calibrated within a valley has disposed at its extremity of an emplacement which was large enough proportionately to its volume. Furthermore, they can exist only on condition that large quantities of proglacial waters have not washed away by degrees too much of the materials.

**BIBLIOGRAPHIE****Principaux travaux consultés**

- I.N.Q.U.A. (1957).—V<sup>o</sup> Congrès Inter., Madrid, *Livret-guide de l'excursion N1-Pyrénées*, 109 p., 41 fig.
- I.N.Q.U.A. (1969).—VIII<sup>o</sup> Congrès Inter., Paris, *Livret-guide de l'excursion C 12. Pyrénées occidentales*, 79 p., 24 fig.
- I.N.Q.U.A. (1969).—VIII<sup>o</sup> Congrès Inter., Paris, *Livret-guide de l'excursion A 6. Pyrénées orientales et centrales*, 109 p., 43 fig.
- BARRÈRE P. (1963).—La période glaciaire dans l'Ouest des Pyrénées centrales franco-espagnoles. *Bull. Soc. Géol. France*, (7), V, pp. 516-526, 3 fig.
- MARTI BONO C. E., SERRAT D., GONZALEZ, C. (1978). Los fenómenos glaciares en la vertiente meridional de los Pirineos. *Actas V. Col. Geografía, Granada*, pp. 67-74, 2 fig., Granada.
- NUSSBAUM F. (1956).—Observations morphologiques dans la région de la Noguera Pallaresa, *Rev. Inst. de Estud. Pirin.*, Zaragoza-39-42, pp. 57-97. 17 fig. 18 Ph.
- TAILLEFER F. (1961).—Recherches récentes sur le relief glaciaire de la vallée de l'Ariège. *Fédér. Soc. Acad. Sav. Languedoc*. Pyrénées-Gascogne, XVI<sup>o</sup> Congrès, Foix. Pays de l'Ariège, pp. 211-224, 2 fig., 4 ph.
- TAILLEFER F. (1967).—Extent of Pleistocene Glaciation in the Pyrénées. Artic and alpine environments. *Indiana Univ. Press*. pp. 255-266, 2 fig.
- TAILLEFER F. (1969).—Les glaciations des Pyrénées. *Rudes franç. Quater*. VII<sup>o</sup> Congrès Inter. INQUA, Paris, pp. 19-32.
- TAILLEFER F. (1973).—Le glaciaire de Foix. *Ann. Féder. Pyr. écon. mont*. T. XXXIX, II p., 2 fig.
- TAILLEFER F. (1977).—Le glacier de l'Ariège dans le bassin de Tarascon. *R. géog. Pyr.* S.O. T. 48-3, pp. 269-286, 4 fig.
- VIERS G. (1961).—Le glaciaire du Massif du Carlit. *R. géog. Pyr.* S.O. T. XXXI-I, pp. 7-33, 5 fig., 4 ph.
- VIERS G. (1963).—Les moraines externes de la Cerdagne et du Capcir et leurs rapports avec les terrasses alluviales. *Report VI<sup>o</sup> Inter. Cong. INQUA*. Warsaw. pp. 385-393, 3 fig.
- VIVIAN R. (1975). Les glaciers des Alpes occidentales. *Thèse Grenoble*, 513 p., 89 fig., XXXVI pl., ph.