

MICHELE EVIN (*)

LES RELATIONS EXISTANT ENTRE LA MORAINÉ DE REFOULEMENT, LE GLACIER ROCHEUX ET LE GLACIER DU PETIT AGE GLACIAIRE DANS LE HAUT VALLON D'ASTI (QUEYRAS, ALPES DU SUD, FRANCE)

Abstract: EVIN M., *The relationship between the push moraine, the rock glacier and the Little Ice Age moraine in the upper Asti Valley (Queyras, Southern French Alps)*. (IT ISSN 0391-9838, 1992).

Located in the Queyras (Upper Guil Valley) the site of Asti is now entirely situated in the alpine discontinuous permafrost zone (MAAT < -2°C). During the Little Ice Age it was situated in the continuous permafrost zone above 3 000 m a.s.l. (MAAT < -5°C). By the means of old maps, texts and photographs it has been possible to reconstruct the glacier evolution at the roots of the rock glacier. The Asti glacier was partially cold during the Little Ice Age (polythermal). During the period 1948-1980 it has been proved that movements took place in the Asti rock glacier and also on the moraine. The velocity, low in general (8 cm/year on average on the rock glacier - 11 cm/year on the moraine), seems to correspond with the last cold period of the Little Ice Age. The Asti rock glacier, situated above 2 900 m a.s.l. is still an active rock glacier. The moraine also contains permafrost. It has been overridden by a partially cold glacier during the Last cold period, so it can be defined as an alpine push moraine.

KEY WORDS: Active rock glacier, Push moraine, Little Ice Age, Southern French Alps.

Riassunto: EVIN M., *Le relazioni tra morene di spinta, rock glacier e morene della Piccola Età Glaciale nell'alta Valle d'Asti (Queyras, Alpi francesi meridionali)*. (IT ISSN 0391-9838, 1992).

La Valle d'Asti si trova nell'alta Valle di Guil (Queyras) ed attualmente si trova nella fascia alpina del permafrost discontinuo (temp. media annua < -2°C). Durante la Piccola Età Glaciale, l'area era ubicata nella fascia del permafrost continuo (temp. media annua < -5°C). Con l'ausilio di documenti cartografici antichi, testi e fotografie, è stato possibile ricostruire l'evoluzione del ghiacciaio alla base del rock glacier. Durante la Piccola Età Glaciale il Ghiacciaio d'Asti era parzialmente di tipo freddo (politermico). Nel periodo 1948-1980 si sono verificati movimenti sia sul rock glacier d'Asti, sia sulla morena. La velocità è generalmente bassa (in media 8 cm/anno sul rock glacier e 11 cm/anno sulla morena) e sembra corrispondere ad un massimo di attività registrato per la Piccola Età Glaciale. Il rock glacier d'Asti, situato oltre

2 900 m di quota, è ancora attivo. La morena è tuttora interessata dal permafrost. È stata sovrascorsa da un ghiacciaio a base parzialmente fredda durante l'ultima fase glaciale e può essere definita come una morena di spinta di tipo alpino.

TERMINI CHIAVE: Rock glacier attivo, Morene di spinta, Piccola Età Glaciale, Alpi Francesi meridionali.

Résumé - EVIN M. - *Les relations existant entre la moraine de refoulement, le glacier rocheux et le glacier du Petit Age Glaciaire dans le haut Vallon d'Asti (Queyras, Alpes du Sud, France)*. (IT ISSN 0391-9838, 1992).

Situé en Queyras (Haute vallée du Guil) le site d'Asti est actuellement entièrement dans la zone du pergélisol alpin discontinu (Température moyenne annuelle inférieure à -2°C). Durant le Petit âge de glace il se trouvait dans la zone à pergélisol continu, au-dessus de 3 000 m d'altitude (Température moyenne annuelle inférieure à -5°C). Au moyen de cartes anciennes, de textes et de photographies il a été possible de reconstituer l'évolution dans la zone radicale du glacier rocheux. Le glacier d'Asti était partiellement froid durant le Petit âge de glace (polythermal). Nous avons mis en évidence des mouvements sur le glacier rocheux d'Asti et aussi dans la moraine durant la période 1948-1980. La vitesse, faible dans l'ensemble (8 cm par an en moyenne sur le glacier rocheux - 11 cm par an sur la moraine) semble correspondre à un maximum d'activité durant le Petit âge de glace. Le glacier rocheux d'Asti, situé au-dessus de 2 900 m d'altitude est encore un glacier rocheux actif. La moraine contient aussi du pergélisol. Elle a été chevauchée par un glacier froid sur ses marges durant la dernière période froide, elle peut donc être définie comme une «alpine push moraine» (moraine de poussée de type alpin).

MOTS CLES: Glacier rocheux actif, Moraine de poussée, Petit Age Glaciaire, Alpes du Sud françaises.

LE HAUT VALLON D'ASTI

Il se situe dans les Alpes Françaises du Sud (fig. 1), à proximité de la frontière italienne, à 7 km à vol d'oiseau du Viso (3 841 m). Le haut vallon d'Asti est limité au sud par une crête élevée qui court du Pic d'Asti (Rocca Rossa, 3 220 m) à l'ouest, à la Grande Aiguillette (3 283 m) à l'est.

Le long de la crête frontière avec l'Italie, le bassin du Guil ou Queyras porte les traces d'un englacement modeste:

(*) Faculté d'Histoire Géographie, Université de Picardie, Campus - F 80025 AMIENS Cédex..

Comunicazione presentata al VI Convegno Glaciologico Italiano, Gressoney, 26-28 Settembre 1991 (Communication presented at the 6th Italian Glaciological Meeting, Gressoney, 26-28 September, 1991).

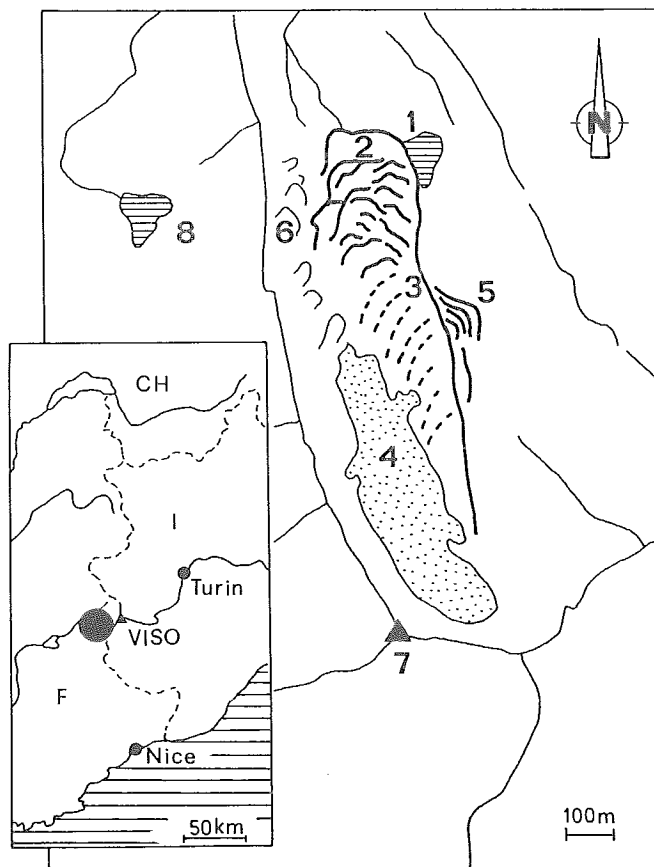


FIG. 1 - Le Haut Vallon d'Asti. 1) Lac d'Asti (2 900 m). 2) Front du glacier rocheux. 3) Cordon morainique avec contrepenne interne et structures de fluage (en pointillés). 4) Névé semi-pérenne logé dans la dépression elliptique. 5) Structures de compression au front de la moraine. 6) Structures de fluage dans le matériel de versant. 7) Pic d'Asti (Rocca Rossa), 3 220 m. 8) Lac Forréant.

FIG. 1 - The upper Vallon d'Asti. 1) The Asti lake (2 900 m). 2) The snout of the rock glacier. 3) Moraine with internal slope and flow structures. 4) Semi-perennial snowbank spreading in the upper depression. 5) Compressive structures in the frontal part of the moraine. 6) Flow structures on the mountain slope. 7) The Pic d'Asti mountain (Rocca Rossa), 3 220 m a.s.l. 8) The Forréant lake.

quelques moraines, de multiples cirques, parfois occupés par des résidus glaciaires (ASSIER, 1981).

Du point de vue géologique, le Haut Queyras appartient au domaine des schistes lustrés et le Pic d'Asti, comme le Viso, est un pointement de roches vertes, complexe ophiolitique comportant une auréole de marbres blonds assurant la transition entre les ophiolites et les schistes lustrés proprement dits.

Des conditions périglaciaires règnent dans le haut vallon d'Asti, tant en raison d'une relative sécheresse due à la situation interne au sein de la chaîne alpine, que des altitudes élevées (2 900 m au lac d'Asti), ce qui entraîne des moyennes de températures très basses.

Si l'on considère que la limite d'activité des glaciers rocheux du Queyras-Ubaye se situe aux environs de 2 850 m (EVIN, 1987), le vallon d'Asti qui se développe au-dessus de 2 900 m est situé, actuellement, dans son entier dans

la zone du pergélisol discontinu (MAAT inférieure à -2 °C). Il est évident qu'un refroidissement de l'ordre de $1,5$ °C comme celui du Petit Age Glaciaire a placé le haut vallon dans des conditions thermiques très rigoureuses. Le pergélisol continu a pu s'installer au-dessus de 3 000 m d'altitude (MAAT de l'ordre de -5 °C).

Notre attention s'est portée plus particulièrement sur la partie occidentale du vallon dans laquelle s'échelonnent, au-dessus de 2 900 m, trois formes superposées. Un glacier rocheux à lobes multiples se raccorde insensiblement à une moraine bordant vers l'amont une dépression occupée, de nos jours, par un névé semi-pérenne (figg. 2, 3).



FIG. 2 - Le front du glacier rocheux d'Asti, à droite le lac d'Asti.
FIG. 2 - The snout of the active glacier Asti, on the right side, the Asti Lake.

Le glacier rocheux se développe entre 2 900 m au front et 3 040 m à l'amont. La moraine arquée et dissymétrique située à l'amont est ancrée dans la haute paroi rectiligne



FIG. 3 - La moraine de refoulement d'Asti située à l'amont du glacier rocheux. Des névés pérennes subsistent. A l'arrière plan, le lac d'Asti.
FIG. 3 - The alpine push moraine of Asti located in the upper part of the rock glacier. Perennial snowbanks survive. In the back Asti lake can be seen.

et fracturée vers 3 050 m d'altitude. La délaissée glaciaire qu'elle délimite se présente sous la forme d'une dépression elliptique de 300 x 80 m, profonde d'une quarantaine de mètres.

Notre étude porte sur:

- Une meilleure connaissance du glacier aujourd'hui disparu,
- la mise en évidence de la glace et des mouvements dans les accumulations soumises à des conditions de pergélisol,
- la compréhension des relations glacier-glacier rocheux du Petit Age de glace à nos jours.

Une partie seulement de notre programme de recherche est réalisé. En conséquence, et en liaison avec un terrain d'étude plus vaste, nos raisonnements s'appuient sur l'ensemble des connaissances acquises dans les Alpes du Sud où la situation rencontrée dans le haut vallon d'Asti est assez souvent reproduite (EVIN, 1987; EVIN & *alii*, en préparation).

LE GLACIER D'ASTI

Textes et clichés le confirment: le haut vallon d'Asti et la paroi nord de la Grande Aiguillette étaient occupés au XIX^e siècle par un chapelet de petits glaciers dont il convient de dégager les traits principaux.

Les cartes

Les minutes au 1/40 000^e de 1854 présentent de manifestes erreurs de topographie, mais confirment l'existence de petits glaciers.

La carte d'Etat-Major LARCHE au 1/80 000^e qui en a été tirée représente les deux glaciers du vallon d'Asti. Elle nous semble plus proche de la réalité que la carte italienne de 1856 qui indique une masse de glace aux contours indé-

cis, ce qui est en contradiction avec l'actuelle topographie des lieux et le tracé des arêtes, tout autant qu'avec la disposition des formes héritées: moraines et glaciers rocheux. On peut voir sur la carte d'Etat-Major deux glaciers massifs, nichés sous la crête frontière et présentant quelques crevasses. Le gradin rocheux, représenté à l'aval du glacier occidental n'existe pas: ce sont les «moraines» qui sont figurées de la sorte, comme on peut le lire dans JOANNE (1890).

La carte de 1895 est bien meilleure: le lac d'Asti y apparaît. Les glaciers y figurent avec respectivement 6,5 hectares et 4 hectares, à l'ouest de la masse plus conséquente du glacier de l'Aiguillette (32,8 hectares).

Les textes

En 1891, le Prince Roland Bonaparte rapporte la description de P. GUILLEMIN: «ce glacier couvre toute la partie supérieure de la vallée de Ruine (Asti)». Plus loin on peut relever le fait que «ce glacier à peu près plat a beaucoup diminué de 1868 à 1879». Le document le plus intéressant est, sans conteste, le texte de JOANNE (1890) qui décrit la glace apparente vers le front, les crevasses, la rimaie et surtout note «les moraines qui rendent pénible l'abord du glacier d'Asti...». Par moraines il faut entendre moraine s.s. *et* glacier rocheux.

Les photographies

Entre autres, HELBRONNER (1921) dans son «Tour d'horizon du sommet du Pelvas» pris le 13 Septembre a photographié une masse glaciaire épaisse, plus large que longue, nichée sous la Rocca Rossa qui n'émerge du névé que par sa pyramide terminale. On ne remarque ni rimaie, ni crevasses, ni glace apparente. Il est vrai que la photographie a été prise un demi-siècle après le recul prononcé de la fin du Petit Age Glaciaire.

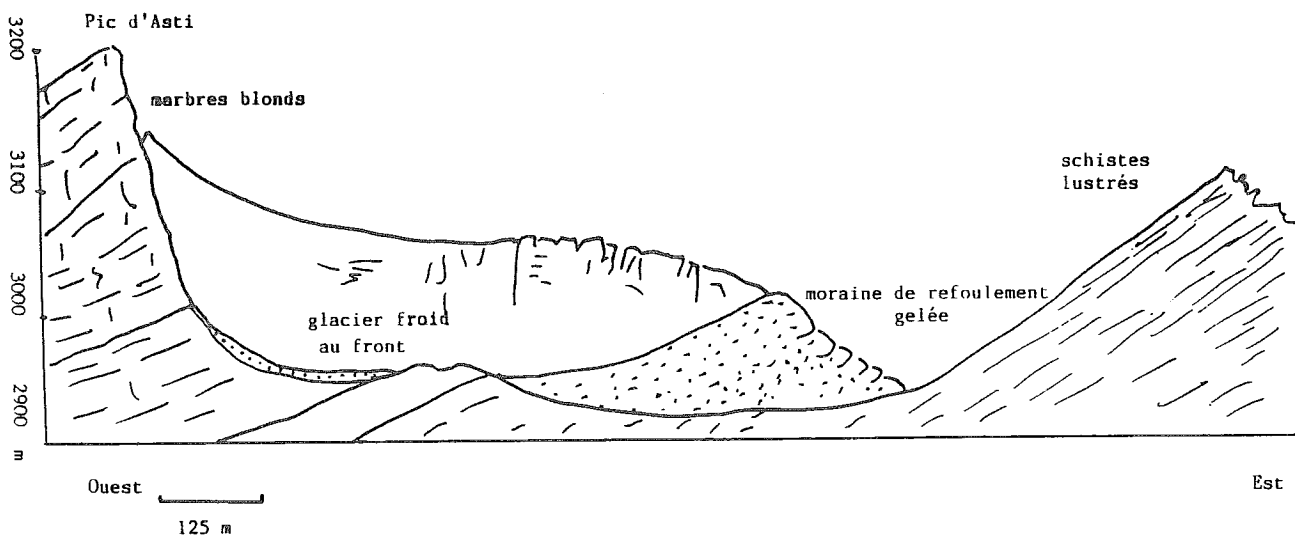


FIG. 4 - Essai de reconstitution du glacier d'Asti au petit Age Glaciaire.

FIG. 4 - Reconstruction of the Asti glacier during the Little Ice Age.

A la fin du Petit Age Glaciaire, un glacier de forme elliptique s'appuyait contre la paroi occidentale du cirque. Orienté au nord, le glacier était semble-t'il assez plat et épais, de forme bombée. Il a pu comporter rimaie, crevasse témoignant d'un mouvement, zone d'alimentation plaquée contre les parois et zone d'ablation en glace vive, bien visible. Dans les moraines frontales il nous semble qu'il faut voir la moraine en arc de cercle qui limitait, tel un rempart, le glacier à l'aval, mais aussi le glacier rocheux développé entre la moraine et le lac.

Avec un front situé au-dessus de 2 950 m, le glacier d'Asti établissait sa ligne d'équilibre (L^E) aux environs de 3 100 m (fig. 4). Au Petit Age Glaciaire, le glacier d'Asti était compris dans la zone du pergélisol discontinu et sa ligne d'équilibre voisine de 3 100 m se trouvait même dans la zone du pergélisol continu. Nous pensons donc qu'il s'agissait d'un glacier partiellement froid (HEABERLI, 1979). Les températures à la ligne d'équilibre voisines de $-5\text{ }^\circ\text{C}$ permettent de formuler cette hypothèse. Si cette hypothèse est fondée, la moraine qui borde la délaissée glaciaire à l'amont du glacier rocheux peut encore receler du pergélisol et fluer, en liaison avec la déformation de ce pergélisol interne. Il se trouve que la présence de glace a été mise en évidence en Septembre 1991.

Situé au-dessus de 2 900 m, donc au-dessus de l'actuelle limite d'activité des glaciers rocheux, le glacier rocheux d'Asti peut contenir d'appréciables quantités de matériau gelé et fluer lentement vers l'aval.

L'étape suivante de notre recherche consiste donc soit à mettre en évidence du pergélisol au sein des accumulations, soit des mouvements.

EVIDENCE DE MOUVEMENTS DANS LA MORAINES ET LE GLACIER ROCHEUX D'ASTI

Nous avons à ce jour réalisé les deux parties de ce programme.

Les mesures

La méthode utilisée comprend l'observation sur stéréocomparateur ZEISS PSK 2 de l'Institut Géographique National de deux couples de photographies aériennes sur lesquelles ont été sélectionnés des blocs remarquables. Au cours de la période 1948-1980 (dates des clichés), des mouvements ont été mis en évidence, tant sur le glacier rocheux que sur la moraine, grâce à la photogrammétrie (fig. 5).

Les résultats

La cohérence des mouvements sur l'ensemble du glacier rocheux permet de retenir comme valables des déplacements assez faibles, de l'ordre de 8 cm par an en moyenne (Blocs 14.13.11.10.9.7.6.4) (EVIN & ASSIER, 1981).

Sur le glacier rocheux, les mouvements sont globalement orientés vers le NNW. Les blocs repérés sur l'arc morainique d'amont ont subi une translation Est-Ouest de 11 cm en moyenne par an (blocs 1.2.3.5.8). Cette direction est exactement contraire à celle de la poussée qu'exerçait le glacier au petit Âge Glaciaire.

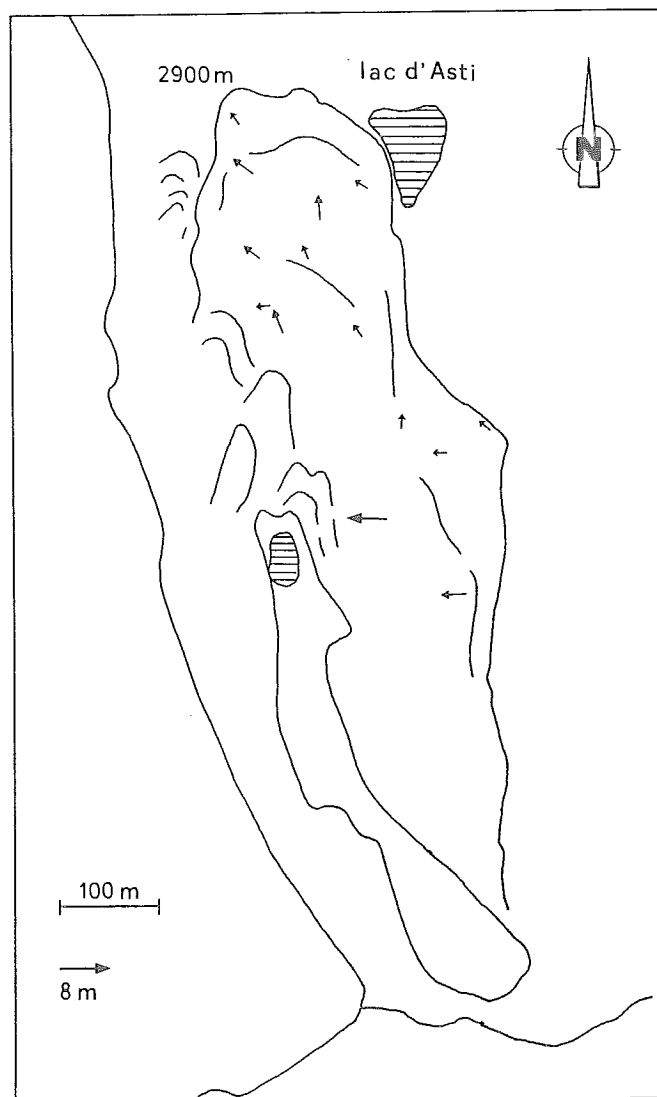


FIG. 5 - Les mouvements sur la moraine et le glacier rocheux d'Asti (mesures photogrammétriques).

FIG. 5 - The movements on the alpine push moraine and on the Asti active rock glacier (photogrammetrical measurements).

Le glacier rocheux d'Asti, situé au-dessus de 2 900 m, est donc actif, comme nous pouvions légitimement le supposer. Qu'en est-il de l'existence de mouvements, en apparence aberrants, à la surface de la moraine?

Des moraines gelées

Il nous semble tout d'abord indispensable de définir l'«alpine push moraine» (HEABERLI, 1979). C'est une forme rarement reconnue dans les Alpes, plus souvent décrite dans le domaine des hautes latitudes. Nous préférons le terme de moraine de refoulement (EVIN, 1987; EVIN & alii, en préparation) à celui, plus ambigu et traduit directement de l'anglais de «moraine de poussée», qui n'implique pas forcément une moraine gelée. Nous avons identifié un assez grand nombre de moraines de refoulement dans les Alpes du Sud, tant héritées que partiellement actives.

En fait, la moraine de refoulement *gelée* n'est pleinement active que lorsqu'elle est poussée et écrasée par l'avancée d'un glacier partiellement froid et soudé à son lit à proximité du front (HEABERLI, 1979). Dans cette phase de progression les contraintes qui déforment les sédiments gelés vont du glacier vers la moraine (mouvement). Lorsque le glacier, moins alimenté, a fondu, ce qui peut être assez rapide (30 à 40 ans pour le glacier d'Asti), la moraine, si elle se trouve en conditions de pergélisol, au moins discontinu, se comporte un peu comme un glacier rocheux et se trouve soumise au fluage. Toutefois les contraintes sont inverses des précédents et se placent en direction de l'amont, vers la dépression correspondant au glacier disparu, en conformité avec l'appel au vide causé par la disparition du glacier (rétro-mouvement). Ce sont ces rétro-mouvements que nous avons mis en évidence sur la moraine d'Asti. Nous avons ainsi démontré, tant par l'activité du glacier rocheux que par l'existence de rétro-mouvements sur la moraine que les accumulations du haut vallon d'Asti, situées en domaine de pergélisol discontinu, sont actives ou semi-actives. Après la mise en évidence de l'existence de pergélisol que est chose faite à cette date, l'étape suivante consistera à en préciser la géométrie et la richesse en glace:

CONCLUSION

Les études menées depuis une dizaine d'années dans le haut vallon d'Asti nous ont permis:

— de mettre en évidence l'existence d'un glacier partiellement froid au Petit Age Glaciaire sous le Pic d'Asti,

- de vérifier l'hypothèse de l'activité du glacier rocheux d'Asti, situé au-dessus de 2 900 m d'altitude et siège de mouvements superficiels de l'ordre de 8 cm par an caractérisant la fin d'une phase d'activité,
- de réléver l'existence d'une moraine de refoulement *gelée*, semi-active vers 3 000 m d'altitude, à l'amont du glacier rocheux.

Au Petit Age Glaciaire, le glacier d'Asti, aujourd'hui disparu se trouvait en domaine de pergélisol continu, au moins au-dessus de sa ligne d'équilibre. Actuellement, glacier rocheux et moraine de refoulement sont localisés dans la zone à pergélisol discontinu et présentent une activité modérée typique de la fin d'une phase froide.

INDICATIONS BIBLIOGRAPHIQUES

- ASSIER A. (1981) - *Glaciers et glaciers rocheux du Queyras*. Mém. de maîtrise. Paris, non publié.
- EVIN M. (1987) - *Dynamique, répartition et âge des glaciers rocheux des Alpes du Sud*. Thèse Doctorat d'Etat. Grenoble 1. Ronéo.
- EVIN M. & ASSIER A. (1981) - *Mise en évidence de mouvement sur le glacier rocheux de Pic d'Asti (Queyras, Alpes du Sud, France)*. Rev. Géomorph. Dynam., 30, 127-136.
- EVIN M., FABRE D. & ASSIER A. (en préparation) - *Moraines de refoulement dans les Alpes du Sud. Mesures de résistivité dans le bassin du haut Pô (Italie)*. Rev. Géomorph. Dyn.
- HAEBERLI W. (1979) - *Holocene push moraine in alpine permafrost*. Geogr. Ann., 61 A 1-2, 43-48.
- HELBRONNER (1921-28) - *Description géométrique des Alpes françaises*. 11 voll. Gauthier-Villars, Paris.
- JOANNE P. (1890) - *Dictionnaire géographique de la France et de ses colonies*. T.1., Librairie Hachette, Paris.