

CLAUDIO SMIRAGLIA (\*), DENIS FABRE (\*\*), MICHELE EVIN (\*\*\*) & ALAIN ASSIER (\*\*\*\*)

## LES GLACIERS ROCHEUX DE LA MANZINA (VALFURVA, PARC NATIONAL DU STELVIO, ITALIE). PROSPECTION ELECTRIQUE

**ABSTRACT:** SMIRAGLIA C., FABRE D., EVIN M. & ASSIER A., *The rock glaciers of the Manzina (Valfurva, Stelvio National Park, Italy). Geoelectrical soundings.* (IT ISSN 0391-9838, 1994).

In the Manzina Valley (Upper Valtellina, Italy) are located three rock glaciers; their fronts reach about 3.000 m a.s.l. In the summers of 1991 and 1992 a Italian-French team performed some electrical resistivity surveys on two of these features with the main objectives of detecting ice and determining its nature. The surveys, often hardly interpretable because of the open work structure of their surface, shown that in the upper rock glacier the debris is moderately rich in ice; otherwise the ice in the lower one seems to be totally absent. That agrees both with the southern aspect of the valley and the recent climatic amelioration.

**KEY-WORDS:** Periglacial morphology, Rock glaciers, Geoelectrical sounding, Valfurva, Alps.

**RÉSUMÉ:** SMIRAGLIA C., FABRE D., EVIN M. & ASSIER A., *Les glaciers rocheux de la Manzina (Valfurva, Parc National du Stelvio, Italie). Prospection électrique.* (IT ISSN 0391-9838, 1994).

Orienté au Sud, sous des crêtes culminant à 3.319 m d'altitude, le haut vallon de la Manzina (Valfurva, Italie) est composé de deux cirques, qui abritent trois glaciers rocheux étagés, dont le fronts se situent de 2.929 m à 3.000 m. Au cours des étés 1991 et 1992 une équipe internationale a réalisé des sondages électriques (11 en tout) sur deux accumulations, afin de vérifier la présence de glace interne. Les prospections montrent la présence d'un béton moyennement riche en glace dans le glacier rocheux supérieur et de bancs résiduels peu épais dans le glacier rocheux inférieur. La faible quantité de matériel gelé mise en évidence semble en accord aussi bien avec la situation d'adret du vallon qu'avec le réchauffement contemporain.

**MOTS-CLÉS:** Phénomènes périglaciaires, Glaciers rocheux, Sondages géoélectriques, Valfurva, Alpes.

(\*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Milano, Italia.

(\*\*) Laboratoire de Géologie et Mécanique, Université J. Fourier, Grenoble, France.

(\*\*\*) Faculté d'Histoire et de Géographie, Université de Picardie, Amiens, France.

(\*\*\*\*) Institut de Géographie Alpine, Université J. Fourier, Grenoble, France.

Ce travail, qui fait partie d'un contrat de recherche entre le Comitato Glaciologico Italiano et l'AEM (Société Énergétique de Milan), a bénéficié de l'aide efficace de: Albert Colas (Lille, USTL), Cui Zhijiu (Université de Pékin), Giancarlo Morandi (Regione Lombardia, Milano), Xie Youyu (Accademia Sinica, Pékin), Parco Nazionale dello Stelvio (Bormio). Il a été publié par contributions MURST 40% et CNR AI91.00947.05.

**RIASSUNTO:** SMIRAGLIA C., FABRE D., EVIN M. & ASSIER A., *I «ghiacciai di pietre» (rock glacier) della Manzina (Valfurva, Parco Nazionale dello Stelvio, Italia). Sondaggio geoelettrico.* (IT ISSN 0391-9838).

Orientato a Sud, al di sotto di creste che culminano a 3.319 m, l'alto vallone della Manzina (Valfurva, Italia) è formato da due circhi, che ospitano tre «ghiacciai di pietre» (rock glacier), le cui fronti si distribuiscono fra 2.929 e 3.000 m. Durante le Estati 1991 e 1992 un gruppo di ricerca italo-francese ha realizzato una serie di sondaggi geoelettrici (11 in tutto) su due accumuli detritici allo scopo di verificare la presenza di ghiaccio all'interno. I rilievi hanno mostrato che nel «ghiacciaio di pietre» (rock glacier) superiore il detrito è mediamente ricco di ghiaccio, mentre in quello inferiore il ghiaccio è quasi totalmente assente. La limitata quantità di ghiaccio rilevata sembra accordarsi sia con l'esposizione meridionale del vallone, sia con il miglioramento termico contemporaneo.

**TERMINI CHIAVE:** Fenomeni periglaciali, Ghiacciai di pietre (Rock glacier), Sondaggi geoelettrici, Valfurva, Alpi.

### INTRODUCTION

Le secteur d'étude, la rive droite du Valfurva en Haute Valtelline, est partiellement englobé dans le Parc National du Stelvio. Nous nous sommes plus particulièrement intéressés à la crête élevée (3.200-3.300 m), qui sépare la haute Valfurva du Val Zebrù. Elle va du Monte Confinale (3.370 m) à la Cima dei Forni (3.243 m), sans descendre sous 3.150 m. La grande originalité de ce secteur des Alpes italiennes réside dans le fait que, le versant Nord étant occupés par des glaciers, nombreux glaciers rocheux se trouvent rejetés sur les versants Sud: c'est le cas pour 17 d'entre eux dans la haute Valfurva (fig. 1). Différentes missions ont été menées a bien entre 1986 et 1992 pour étudier ces accumulations.

### PRÉSENTATION GÉNÉRALE

#### *Les glaciers du versant Nord (Val Zebrù)*

Sur le versant Nord, se trouvent actuellement huit glaciers dérivant de la séparation récente de glaciers de majeure

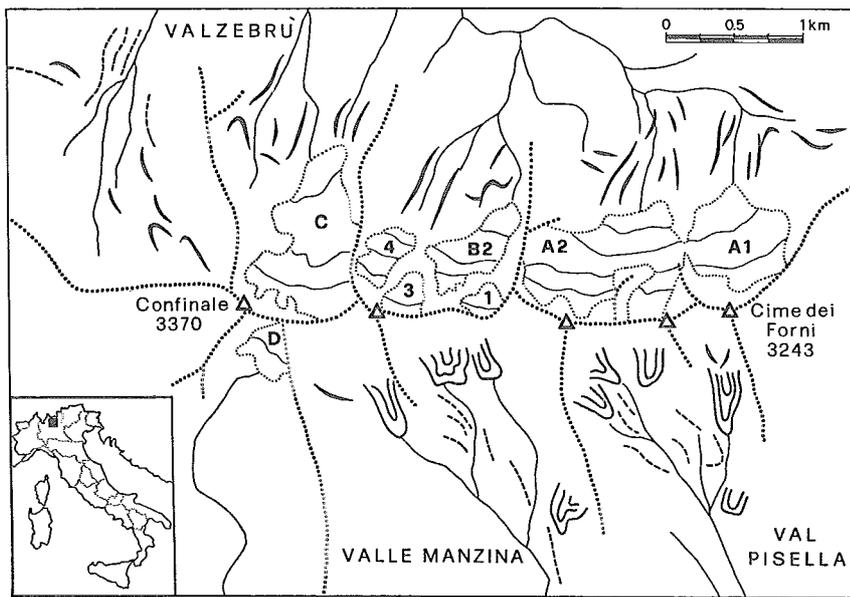


FIG. 1. - Situation géographique du secteur étudié. 1) ligne de crêtes; 2) glaciers (A = Castelli; B = Montagna Vecchia; C = Forà; D = Confinale Sud); 3) cordons morainiques, Petite Age Glaciaire; 4) cordons morainiques, Tardiglaciaire; 5) glaciers rocheux; 6) cours d'eau.

FIG. 1 - Sketch of the study area. 1) crest-line; 2) glaciers (A = Castelli; B = Montagna Vecchia; C = Forà; D = Confinale Sud); 3) moraine ridge, Little Ice Age; 4) moraine ridge, Post Glacial; 5) rock glaciers; 6) stream.

LEGENDA :

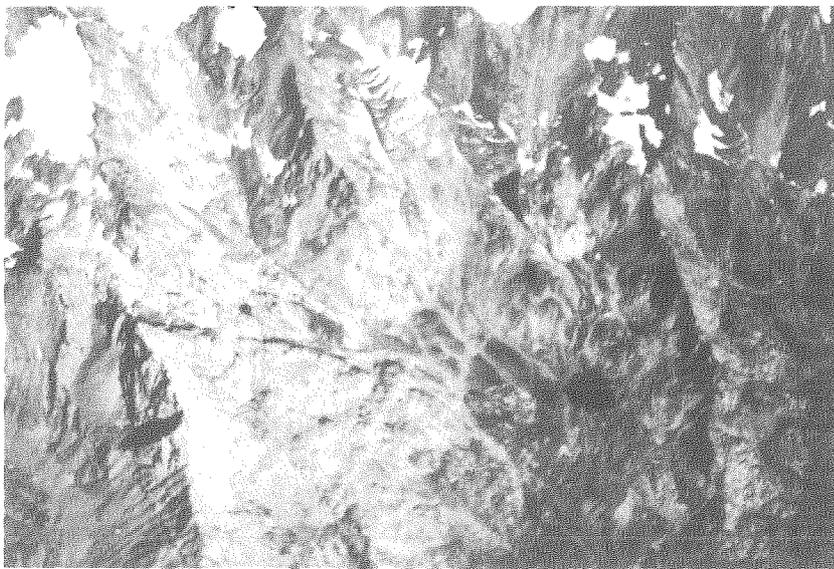


FIG. 2. - Photographie aérienne du Vallon de la Manzina. On distingue les lacs Inférieur et Supérieur de la Manzina avec les deux glaciers rocheux étudiés.

FIG. 2 - Air photograph of the Manzina area with the lakes (Lower and Upper) and the rock glaciers.

res dimensions (Castelli Est, Castelli Ovest, Montagna Vecchia I-II-III-IV, Forà, Confinale Ovest). L'altitude moyenne des fronts est de 2.860 m et la surface totale est de 210 ha (SERV. GLAC. LOMB., 1992). Depuis les années '20, lorsque les mesures des variations des fronts ont commencé, les glaciers ont effectué un recul presque constant, qui a provoqué leur démembrement en unités plus petites. Jusqu'à 1973 le recul linéaire a été d'environ 400 m pour le Castelli Est, de 450 pour le Castelli Ovest et de 200 m pour le Montagna Vecchia.

Entre 1975 et 1987, tous les glaciers ont montré une inversion de tendance qui a porté les fronts en aval de quelques dizaines de mètres (50 pour le Castelli Ovest) et a laissé des témoignages géomorphologiques évidents (petites moraines frontales).

La déglaciation de notre siècle est imposante après le maximum du Petit Age Glaciaire, lorsque sur le versant Nord de la crête Confinale-Forni les glaciers constituaient une couverture presque complète, descendant avec leurs fronts jusqu'à 2.500 m. La réduction de la surface peut être estimée à environ 67% (PELFINI, 1992).

## Le versant Sud (Valfurva)

Sur le versant Sud, il ne subsiste en pratique aucune glaciation actuelle. On signale seulement le petit Glacier du Confinale Sud (6 ha, altitude du front 3.160 m) et les glacierets Cima della Manzina et Cima dei Forni Est. Dans la première moitié de notre siècle, on signalait deux autres petits glaciers situés dans la partie la plus protégées des cirques, Confinale Sud-Est et Cima dei Forni Sud (DESIO, 1967). Dans les trois vallons principaux modelés sur ce versant (Val Pisella, Manzina Est, Manzina Ovest), on distingue un étage altitudinal dans lequel les glaciers rocheux sont hérités et recouverts de pelouse (fronts à 2.670 m) et un étage à glaciers rocheux actifs ou susceptibles de l'être vers 2.900 m (SMIRAGLIA, 1985).

### Études antérieure

Étudié depuis 1986, le glaciers rocheux du Val Pisella, le vallon le plus oriental de notre secteur, nous donnent des indications quant à l'activité des formes détritiques de ce secteur (GNFG, 1987). Le glacier rocheux principal du Val Pisella, dont la front est situé à 2.925 m d'altitude, est animé de mouvements lents, de l'ordre de 40 cm/an (SMIRAGLIA, 1989).

Une campagne de sondages électriques réalisée en 1989 a permis de mettre en évidence la présence de glace interne dans ce glacier rocheux actif (RESNATI & SMIRAGLIA, 1990). Sur les voisins glaciers rocheux de "La Foppa" (Livigno), des sondages géoélectriques ont mis en évidence une couche caractérisé par un élevé contenu de glace (LOZEJ & GUGLIELMIN, 1992).

Par ailleurs on peut estimer la position de l'isotherme annuelle  $-2^{\circ}\text{C}$  vers 2.850-2.900 m en Valfurva (CATASTA & SMIRAGLIA, 1992). Un gradient de  $0,6^{\circ}\text{C}$  par 100 m appliqué aux données de la station de la Valle dei Forni (2.300 m) permet d'obtenir un résultat similaire avec une situation de l'isotherme annuelle  $-2^{\circ}\text{C}$  à 2.900 m d'altitude.

Nous savons depuis les travaux de BARSCH (1978), EVIN (1983) et HAEBERLI (1985), l'importance de ce paramètre climatique en liaison avec la limite d'activité des glaciers rocheux. Nous pouvons donc proposer une altitude de 2.900 m comme limite d'activité des glaciers rocheux de ce secteur des Alpes. Il nous faut toutefois remarquer qu'une altitude de 2.900 m correspondrait à une exposition Nord pour des glaciers rocheux qui devraient contenir d'appréciables quantités de glace et présenter des épaisseurs de l'ordre d'une cinquantaine de mètres, comme c'est le cas au pied du M. Viso (EVIN, 1991).

Guidés par ces considérations, il nous a semblé intéressant de réaliser au cours des étés 1991 et 1992 deux campagnes de sondages géoélectriques dans le Vallon de la Manzina développé sur le vaste versant d'adret du Valfurva, afin de vérifier la présence de glace interne dans les glaciers rocheux et d'en préciser la nature et l'importance.

## PROSPECTION GEOELECTRIQUE DES GLACIERS ROCHEUX

Les glaciers rocheux sont constitués d'un mélange de glace et d'éboulis formés au pied de parois rocheuses à la

limite des neiges permanentes. La glace provient de la transformation de la neige des avalanches, du regel des eaux de fonte des névés ou, quelquefois, de lentilles héritées d'un ancien glacier. A cause du fluage de la glace, le matériau constituant le glacier rocheux actif (qu'on pourrait qualifier de béton de glace) est susceptible de se mouvoir sur les pentes et de donner des formes de langues, de bourrelets et de crevasses un peu comme dans les glaciers classiques. Dans certains cas, un mouvement actuel a pu être mesuré. Dans d'autres, la glace constituant le liant des blocs a entièrement fondu et on n'observe plus que des formes fossiles.

Pour mieux connaître les glaciers rocheux et leur mécanisme, il importe de pouvoir répondre aux questions suivantes:

— Y-a-t'il encore de la glace en profondeur et sous quelle forme? — Quelle sont les épaisseurs respectives des éboulis non gelés superficiels et de la zone gelée?

En l'absence de sondage mécanique, délicat et très onéreux dans ce contexte difficile, la prospection électrique devrait répondre à ces questions au moins de manière semi-quantitative<sup>(1)</sup>.

En effet, on peut espérer ici un très bon contraste de résistivité entre les éboulis, le rocher et la glace. La résistivité de cette dernière est très élevée (100 à 1.000 plus grande que celle des éboulis) et même lorsque la glace n'occupe qu'une partie du volume total (cas du béton de glace) sa présence doit se faire sentir. La résistivité des éboulis grossiers est par ailleurs 2 à 5 fois supérieure à celle du rocher en place ce qui doit permettre également de les distinguer. Cependant, il ne faut pas cacher aussi les difficultés propres à la prospection dans un tel milieu: mise en place très délicate des électrodes, milieu de surface hétérogène et peu conducteur, difficulté de mesurer selon un profil régulier sur plusieurs centaines de mètres...

Depuis 1986 notre équipe a multiplié les sondages électriques sur de nombreux sites de glaciers rocheux dans les

(1) La prospection électrique consiste à injecter dans le sol du courant électrique, à l'aide d'un circuit comportant un générateur de courant continu, un ampèremètre et deux électrodes d'injection (appelées A et B), et à mesurer entre deux autres électrodes de mesure (appelées M et N) la différence de potentiel induite dans le terrain par l'injection.

L'intérêt de la méthode vient de ce qu'en écartant les électrodes A et B, la circulation électrique traverse des volumes de plus en plus profonds et que la mesure entre M et N donne une propriété (la résistivité apparente) qui varie avec la nature et l'épaisseur des couches situées en profondeur.

L'interprétation des courbes de résistivité apparente  $R_a$  en fonction de  $AB/2$  permet d'établir une coupe géoélectrique des terrains situés sous les points de mesure (d'où le nom de «sondage électrique»). Les résultats sont d'autant plus précis que le sous-sol est formé de couches régulières, homogènes et de propriétés électriques contrastées.

Le matériel utilisé est constitué d'un appareil, conçu à Grenoble par Bernard Bonhomme et dont la licence de fabrication a été confiée à la Société MAATEL Électronique de Voreppe. L'originalité de cet appareil, appelé BM1, est la capacité exceptionnelle des batteries internes de l'appareil qui permettent pour un poids raisonnable (l'appareil lui-même sans les câbles et les électrodes pèsent 13 kg) de délivrer une tension de 2.000 volts entre les électrodes A et B. Cette particularité est à priori favorable pour la prospection de milieux de très forte résistivité, c'est-à-dire de plusieurs dizaine de milliers d'ohm.

Nous rappellerons simplement qu'en prospection électrique classique, le matériel utilisé est adapté à des sols dont la résistivité dépasse très rarement quelques milliers d'ohm.



FIG. 3. - Le glacier rocheux Supérieur de la Manzina au pied de la pyramide de la Cima della Manzina (3.318 m).

FIG. 3 - The Upper Manzina Rock Glacier with the Cima della Manzina (3.318 m a.s.l.).



FIG. 4. - Le glacier rocheux Inférieur de la Manzina avec la front à proximité du lac 2.929 m.

FIG. 4 - The Lower Manzina Rock Glacier near the lake 2.929 m a.s.l.

Alpes et montré que la résistivité constituait un bon marqueur de la richesse en glace des sédiments englacés (FABRE & EVIN, 1990; EVIN, 1991; EVIN, FABRE & ASSIER, 1993).

#### *Les sites analysés*

Le Vallon de la Manzina, en rive droite du Valfurva, est dominé par le sommet de la Manzina (3.318 m). L'empreinte glaciaire est fortement marquée: surcreusements abritant des lacs, verrous striés, roches moutonnées, cordons morainiques. Toutefois en raison de l'orientation Sud, aucun glacier ou résidu glaciaire ne subsiste en 1992 dans le secteur étudié (fig. 2).

Le haut Vallon de la Manzina est composé de deux cirques peu creusés et très ouverts, qui abritent trois glaciers rocheux. Dans le cirque oriental deux de ces formes, proches l'une de l'autre) ont focalisé notre intérêt. Dévelop-

pées aux dépens de matériel métamorphiques («Phyllades de Bormio»), ces langues de taille moyenne encombrant le haut du versant. Le matériel métamorphique présentant une forte schistosité est plutôt macrogélif et a fourni d'importantes masses de blocaille.

Le glacier rocheux occidental ou glacier rocheux supérieur de la Manzina (MZS sur la fig. 5) s'achève à 3.000 m par un front raide (38°), haut d'une cinquantaine de mètres et relativement stabilisé (fig. 3). Le glacier rocheux oriental (glacier rocheux inférieur de la Manzina; MZI sur la fig. 5), très proche du précédent, présente un front raide (44°) et instable à 2.929 m. Des structures fluidales arquées et concentriques ainsi que de profonds sillons longitudinaux marquent la surface des glaciers rocheux. Des petites mares et des neiges tardifs stagnent dans ces sillons, même au cœur de l'été et des eaux froides (1°C) sourdent au front du glacier rocheux inférieur, formant un lac peu profond à 2.929 m d'altitude (fig. 4).

FIG. 5. - Les glaciers rocheux étudiés avec la localisation des sondages électriques.

FIG. 5 - The Manzina Rock Glaciers with location of the electric soundings.

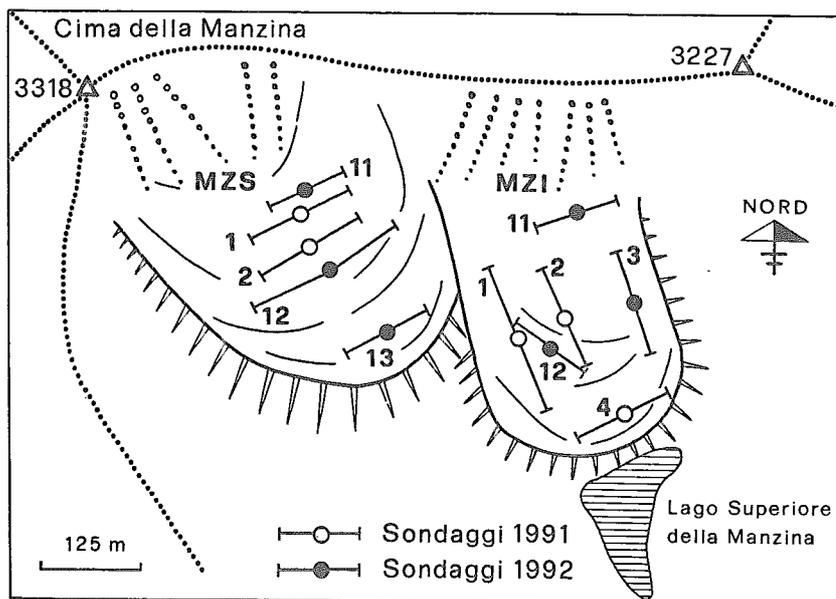
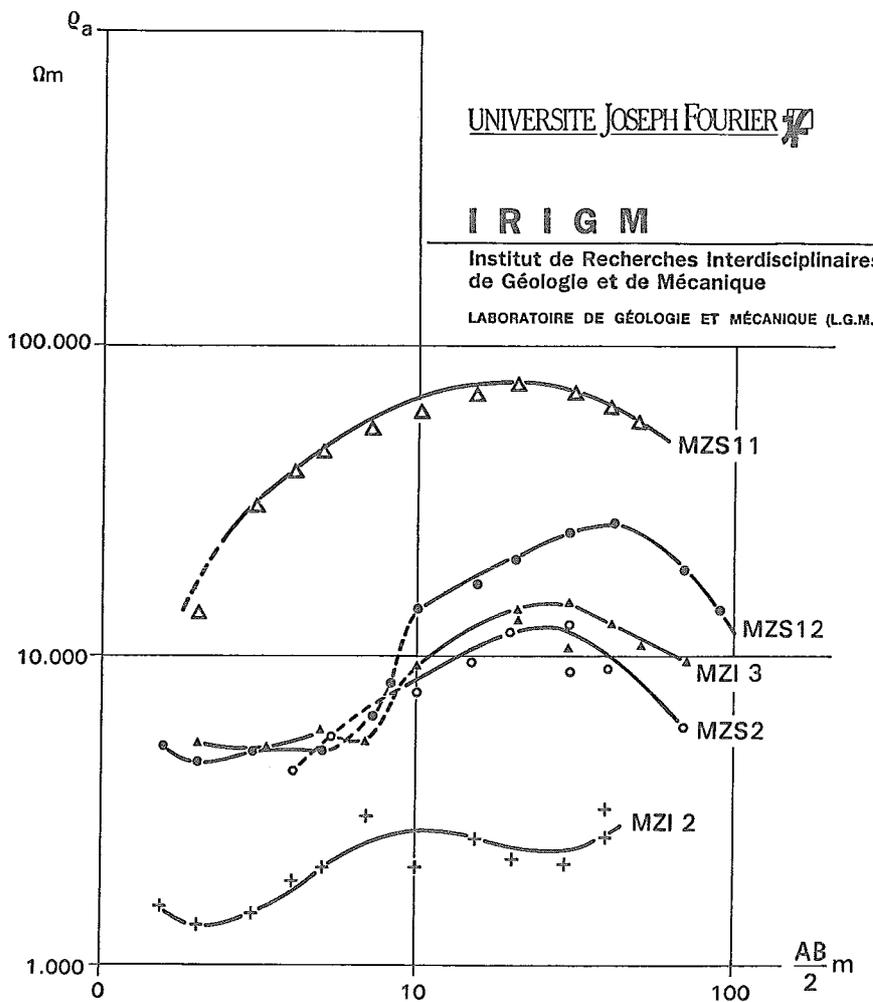


FIG. 6. - Quelques courbes de sondages électriques obtenues sur les glaciers rocheux de la Manzina.

FIG. 6 - Some electric sounding on the Manzina Rock Glaciers.



TABL. 1 - Principaux résultats acquis par les sondages électriques pour les glaciers rocheux de la Manzina ( $\rho_1$ - $\rho_2$ - $\rho_3$  et h1-h2 sont résistivités et épaisseurs des couches; il s'agit de résultats globaux et de valeurs approchées, pour le détail de chaque sondage voir les courbes interprétées).

TABLE 1 - Main results from the geoelectrical soundings on the rock glaciers of the Manzina ( $\rho_1$ - $\rho_2$ - $\rho_3$  and h1-h2 are resistivities and layers thickness; for other details see the interpreted curves).

NOM	SONDAGE	TYPE	INTERPRETATION					REMARQUES
			$\rho_1$	h1	$\rho_2$	h2	$\rho_3$	
Manzina 91	MZS 1	G.R. trans. (haut)	1.900	3	10.000?	?	?	- résultats très dispersés
	MZS 2	G.R. trans. (bas)	4.000	3	20.000	10	2.500	- irrégularité au départ - glace peu probable
	MZI 1	G.R. long. (ouest)	12.000	3	4.000	?	?	- fin très bizarre non interprétable
	MZI 2	G.R. long. (centre)	1.200	2	4.000	?	?	- fin très irrégulière non interprétable
	MZI 3	G.R. long. (est)	4.500	4,5	30.000	20	4.500	- un peu irrégulier - peut-être un peu de glace
	MZI 4	G.R. trans. (bas)	4.000	1,5	12.000	2	3.000	- irrégulier - glace peu probable
	MZ 0	bedrock	1.500	—	—	—	—	- étalonnage
Manzina 92	MZS 11	G.R. trans (haut)	10.000	1,5	> 100.000	15	?	- surpente au départ - glace à faible profondeur
	MZS 12	G.R. trans (milieu)	5.000	4	> 100.000	20	3.000	- quadricouche - surpente: glace présente
	MZS 13	G.R. trans (front)	4.000	4	> 100.000	20	2.000	- quadricouche - surpente: glace présente
	MZI 11	G.R. trans (haut)	3.000	2,5	30.000	10	3.000	- peut-être une couche - mince avec de la glace
	MZI 12	G.R. trans (bas)	3.000	3	20.000?	5	2.000	- début bizarre, probablement - pas de glace

### Résultats des mesures et première interprétation

Au cours de cette étude, une douzaine de sondages électriques par la méthode Schlumberger avec AB/2 de 50 à 150 m a été réalisée (tableau 1 et fig. 5). La première prospection géoélectriques (1991, 6 sondages) a mis en évidence une grande hétérogénéité de la résistivité de la couche superficielle, surtout pour le glacier rocheux inférieur. Il en a résulté une certaine difficulté à interpréter les courbes de sondage électrique, notamment pour les sondages longitudinaux. Une deuxième prospection a été effectuée en Août 1992, sous la forme de 5 sondages transversaux.

#### a) Glacier rocheux supérieur (MZS)

Toutes les courbes (fig. 6) peuvent être interprétées en première analyse comme des tricouche. La couche de surface, constituée de blocs et de débris assez fins, est hétérogène (résistivité de 2.000 à 12.000  $\omega\text{m}$ ).

Les valeurs de résistivité mesurées ensuite sont variables: pour MZS 1 et MZS 2 la résistivité ne dépasse 20.000  $\omega\text{m}$ , ce qui fait penser que ces sondages n'ont pas rencontré de couche comportant de la glace. En revanche, les sondages MZS 11 et 13 montrent une ascendance forte avec une résistivité interprétée de l'ordre de 100.000  $\omega\text{m}$  qui cor-

respondrait à un béton moyennement riche en glace. Son épaisseur serait de 15 à 20 m. Il faut noter que cette couche est rencontrée à faible profondeur (1 à 2 m) pour le sondage situé le plus à l'amont (MZS 11). Dans tous les autres sondages, elle se trouve entre 3 et 4 mètres de la surface.

Le troisième terrain est peut-être le bedrock. La partie descendante des courbes n'est pas assez développée pour retrouver avec certitude la valeur trouvée sur le sondage d'étalonnage (1.400  $\omega\text{m}$  pour les phyllades). Il est cependant certain qu'il ne s'agit plus d'une couche comportant de la glace.

#### b) Glacier rocheux inférieur (MZI)

Les sondages de 1991 sont difficiles à interpréter. Les valeurs sont très dispersées. Seule la courbe du sondage MZI 3 ressemble aux courbes décrites pour le glacier rocheux supérieur. La valeur de 30 000  $\omega\text{m}$  pour la résistivité de la deuxième couche ne permet cependant pas de conclure nettement sur la présence ou l'absence de glace; c'est en effet une valeur située un peu en dessous des valeurs que nous avons déterminées par ailleurs dans les Alpes (EVIN & FABRE, 1990; FABRE & EVIN, 1990).

Sur les deux sondages complémentaires de 1992, le sondage MZ 11 (partie supérieur) donne une forme de tricouche, avec couche intermédiaire à 30.000  $\omega\text{m}$  d'une dizaine de mètres d'épaisseur. Le sondage MZI 12 (partie basse) donne à nou-

veau des valeurs assez dispersées. La fin de ce sondage indique cependant la présence d'une couche bien conductrice en profondeur (*bedrock* ou couche humide) sous une dizaine de mètres d'éboulis hétérogènes sans glace.

## CONCLUSIONS

La méthode employée a permis d'établir clairement que de la glace n'est partout présente dans le sous-sol des glaciers rocheux prospectés.

Les sondages électriques réalisés montrent en particulier:

- la présence d'un béton moyennement riche en glace (100.000  $\omega\text{m}$ ) dans le glacier rocheux supérieur (sondage MZS 11 à 13).

- en revanche, pas de glace dans le glacier rocheux inférieur, à moins que la couche à 30.000  $\omega\text{m}$  rencontrée en MZI 11 n'en constitue un ultime vestige.

Les épaisseurs faibles de glace révélées par les sondages géoélectriques dans les glaciers rocheux de la Manzina font penser à une réduction récente de la glace causée par le réchauffement de la fin du XIX siècle et de la première moitié du XX siècle, particulièrement nette en versant Sud.

Ce phénomène pourrait rentrer dans le cadre général des événements qui ont caractérisé l'évolution récente de la cryosphère sur les deux versants de la crête Confinale - Cima dei Forni:

- sur le versant Nord, réduction des dimensions des glaciers (perte de volume, recul des fronts, fragmentation des glaciers);

- sur le versant Sud, disparition des petits glaciers et forte dégradation de la glace dans le glaciers rocheux où ne subsisteraient aujourd'hui que quelques lentilles et bancs résiduels peu épais.

## BIBLIOGRAPHIE

- BARSCHE D. (1978) - *Rock glaciers as indicators for discontinuous permafrost. An example from Swiss Alps*. Proceed. of the 3rd Int. Conf. on Permafrost, 1, 349-352.
- CATASTA G. & SMIRAGLIA C. (1991) - *Morfologia periglaciale*. In «Le Valli dei Forni e di Cedèc. Ricerche geomorfologiche». Quaderni Parco Nazionale dello Stelvio, 8, 62-75.
- DESIO A. (con la collaborazione di S. Belloni e A. Giorcelli) (1967) - *I ghiacciai del Gruppo Ortles-Cevedale (Alpi Centrali)*. Comitato Glaciologico Italiano, Torino.
- EVIN M. (1983) - *Structure et mouvement des glaciers rocheux des Alpes du Sud*. Thèse de 3<sup>e</sup> Cycle. Institut de Géographie Alpine, Grenoble.
- EVIN M. (1991) - *Glaciers et glaciers rocheux sur le versant nord-est du Viso (Alpes Cottiennes, Italie)*. Rev. Géom. Dynam., 40, 131-147.
- EVIN M. & FABRE D. (1990) - *The distribution of Permafrost in rock glaciers of the Southern Alps (France)*. Geomorphology, 3, 51-71.
- EVIN M., FABRE D. & ASSIER A. (1993) - *Apport et limites de la prospection électrique pour l'étude des glaciers rocheux: le cas du glacier rocheux de Ste-Anne* (soumis à la Revue de Géomorph. Dynam.).
- FABRE D. & EVIN M. (1990) - *Prospection électrique des milieux à très forte résistivité: le cas du pergélisol alpin*. Proceed. 6th Int. I.A.E.G. Congress, Amsterdam, Balkema, 927-934.
- GNGFG, Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia (1987) - *Nuovi dati per lo studio dei rock glaciers del Gruppo Ortles-Cevedale (Alpi)*. Riv. Geogr. Ital., 94, 425-450.
- HAEBERLI W. (1985) - *Creep of mountain permafrost. Internal structure and flow of Alpine rock glaciers*. Eidg. Tech. Hochschule Zürich, Wasserbau Hydrol. Glaziol. Mitt. n. 77, 142 pp.
- LOZEJ A. & GUGLIELMIN M. (1992) - *Prospezioni geoelettriche sul rock glacier de «La Foppa», Livigno, Sondrio (Italia)*. Boll. Ass. Min. Subalp., 29, 373-381.
- PELFINI M. (1992) - *Le fluttuazioni glaciali oloceniche nel Gruppo Ortles-Cevedale (sette lombardo)*. Università degli Studi di Milano, Tesi di dottorato IV ciclo, 1988-1991.
- RESNATI C. & SMIRAGLIA C. (1990) - *Determinazione della struttura interna del rock glacier di Val Pisella (Alta Valtellina) attraverso sondaggi elettrici verticali. Risultati e problemi*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 13, 171-177.
- SMIRAGLIA C. (1985) - *Contributo alla conoscenza dei rock glaciers delle Alpi Italiane. I rock glaciers del Monte Confinale (Alta Valtellina)*. Riv. Geogr. It., 92, 117-140.
- SMIRAGLIA C. (1989) - *Misure di velocità superficiale al Rock Glacier Orientale di Val Pisella (Gruppo del Cedevale, Alta Valtellina)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 12, 41-44.