



1971



1995

## Neige, glaciers et pergélisol 2009/10

### Rapport cryosphérique des Alpes suisses

*L'hiver 2009/2010 a été marqué par des températures exceptionnellement basses. Sur l'ensemble de la Suisse, ce fut l'hiver le plus froid depuis 23 ans. Pourtant, la chaleur de l'été est restée conservée dans le sol à cause de l'enneigement précoce, et le pergélisol s'est réchauffé. La fonte des glaciers s'est poursuivie sans amoindrissement.*

Texte : Frank Paul, Andreas Bauder,  
Christoph Marty, Jeannette Nötzli  
Traduction : Etienne Rosset



2001



2010

Evolution alarmante du glacier du Trient : langue glaciaire bombée de presque 400 m en 1971 durant la phase d'avancement 1957-1987 ; depuis lors, phase de retrait avec une langue rétrécie déjà visible en 1995, des masses glaciaires ayant fortement fondu en 2001 et, en 2010, le retrait progressif jusqu'à l'à-pic.

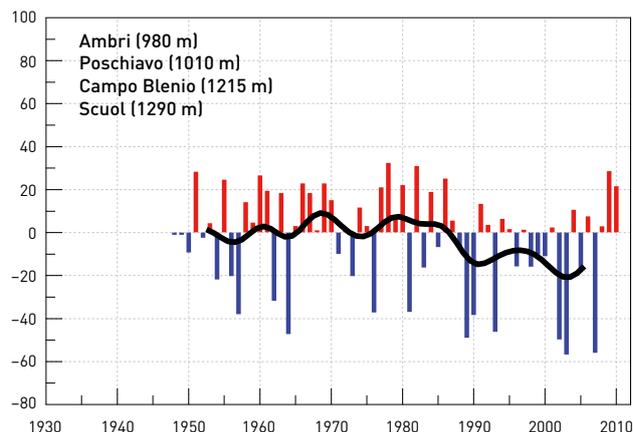
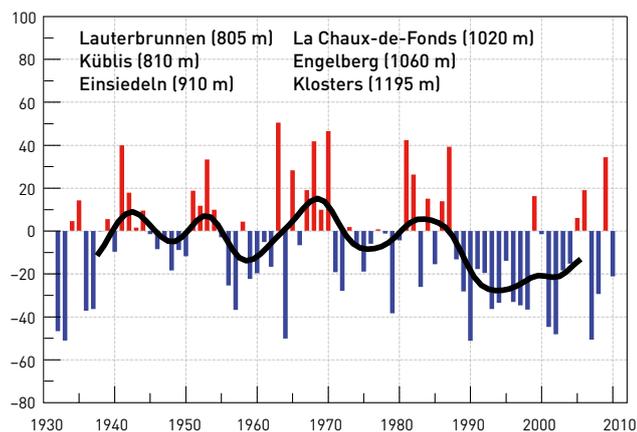
Photos : Pierre Mercier (1971/1995), Jacques Ehinger (2001/2010)

L'enneigement précoce de l'automne 2009 a contribué à emprisonner la chaleur de l'été dans le sol, réchauffant le pergélisol situé près de la surface. Le retrait massif des glaciers s'est poursuivi, et même la météo instable de l'été 2010 n'a pas pu empêcher de fortes pertes de volume des glaciers. Les températures exceptionnellement basses de l'hiver n'ont eu aucune incidence sur ces tendances. Ce sont les principaux résultats de l'observation de la cryosphère pour la période 2009/2010.

### Evolution du temps et de la couverture neigeuse

L'hiver 2009/2010 a été marqué par des températures exceptionnellement basses. Sur l'ensemble de la Suisse, ce fut l'hiver le plus froid depuis 23 ans. Au Jungfrauoch et au Grand St-Bernard, les températures enregistrées durant cet hiver furent même les plus basses des quarante dernières années. Malgré de nombreux jours de précipitations sous forme de neige, la somme de neige fraîche durant tout l'hiver est restée plutôt modeste, surtout dans la partie nord des Alpes. Ceci a eu pour conséquence un hiver pauvre en neige, surtout pour les régions de moyenne altitude du nord des Alpes (fig.1, g.). Sur le Plateau, la neige fraîche a persisté plusieurs jours grâce aux températures basses, ce qui a eu pour résultat un nombre de jours enneigés correspondant à la moyenne sur le Plateau. Au sud des Alpes cependant, un grand nombre de situations

de barrage orographique ont provoqué un hiver riche en neige, surtout en Haute-Engadine et dans les vallées du sud des Grisons (fig. 1, d.). La première situation de barrage au sud à la fin du mois de novembre a été très intensive et a eu comme conséquence des sommes de neige fraîche journalières ou bijournalières proches du record dans plusieurs stations de mesures. Par exemple, 90 centimètres de neige fraîche sont tombés en 24 heures à Andermatt (UR, 1440 m) et 82 centimètres dans le même laps de temps à Sedrun (GR, 1420 m). Des chutes de neige de cette ampleur ont un temps de retour de quarante ans, respectivement vingt ans. Pourtant, ce fut la seule fois pendant l'hiver 2009/2010 que plus d'un mètre de neige fraîche est tombé en trois jours. Le mois de décembre fut marqué par des précipitations liquides supérieures à la moyenne également en dessus de 2000 mètres d'altitude malgré des températures inférieures à la moyenne. A Noël, deux situations de barrage au sud ont provoqué une forte activité avalancheuse. Durant les jours de fêtes, tous les cols menant en Engadine, ainsi que les lignes de chemin de fer de l'Albula et de la Bernina ont dû être fermés pour des raisons de sécurité. A cause de ces importantes chutes de neige, les versants sud des Alpes ont été recouverts, à haute altitude, du double, voire du triple de la quantité de neige habituelle à la fin de l'année 2009. Dans les vallées du sud du Tessin, les chutes de neige ont été assez abondantes pour



**Fig. 1 : Jours de neige**

Ecart annuel du nombre de jours de neige (hauteur de neige  $\geq 30$  cm) par rapport à la moyenne 1961-1990. Le trait épais représente la moyenne flottante sur dix ans. L'hiver 2009/2010 a été plus court que la moyenne au nord des Alpes (droite) et plus long au sud des Alpes (gauche). Illustration : SLF

## Réseaux de mesures cryosphériques suisses

L'observation de la cryosphère en Suisse comprend les trois domaines des glaciers, de la neige et du pergélisol ([www.cryosphere.ch](http://www.cryosphere.ch)). Les mesures concernant la neige sont effectuées par l'Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse, ainsi que par l'Institut pour l'étude de la neige et des avalanches (SLF) de l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL). Elles comprennent environ 150 stations de mesures. Les mesures sur 115 glaciers (GLAMOS) sont effectuées par des représentants des hautes écoles, des administrations cantonales des eaux et des forêts, par les sociétés des centrales énergétiques, ainsi que par des particuliers. Le réseau de mesures du pergélisol (PERMOS) est entretenu par plusieurs hautes écoles et le SLF. Il comprend quatorze forages, ainsi que douze sites de mesures de mouvement de terrain. Les observations et les réseaux de mesures en Suisse sont coordonnés par la Commission d'experts pour la cryosphère (EKK), un organe de l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT). Les travaux sont financés par la SCNAT, l'OFEV, MétéoSuisse, les Universités de Zurich, Berne, Fribourg et Lausanne, ainsi que l'EPF de Zurich.

permettre le premier Noël blanc depuis 1991. Les mois de janvier à mars 2010 ont été trop froids dans l'ensemble des Alpes suisses et surtout trop secs dans la partie nord des Alpes. De nouvelles précipitations importantes ont été enregistrées seulement fin mars et début avril. A nouveau, elles ont surtout touché les régions du sud des Alpes. Par conséquent, le week-end de Pâques de début avril fut passablement hivernal. La deuxième moitié du mois d'avril a connu une hausse des températures, qui atteignirent même des valeurs estivales vers la fin du mois, provoquant la fonte rapide de la couverture neigeuse.

### Neige précoce au-dessus de 2000 mètres

Une couverture de neige de plus de 50 centimètres était présente au milieu du mois de novembre déjà dans les régions importantes pour les glaciers et le pergélisol situées au-dessus de 2000 mètres, ce qui n'est habituellement le cas que vers la fin du mois de novembre. L'évolution des précipitations et des températures durant le reste de l'hiver, décrite ci-dessus, a eu comme conséquence une hauteur de neige légèrement supérieure à la moyenne à long terme pour la Haute-Engadine et les vallées du sud des Grisons dans les hautes altitudes à la fin du mois d'avril. Sur le restant des versants sud des Alpes cependant, la hauteur de neige a été légèrement au-dessous de la moyenne. Elle a été clairement inférieure à la moyenne au nord des Alpes (fig. 2). Durant le mois de mai, de nouvelles situations de barrage au sud importantes et accompagnées de fortes chutes de neige ont amélioré légèrement la situation, surtout du côté sud des Alpes et sur les crêtes principales. L'été et l'automne 2010 ont été plutôt changeants. Une période chaude lors de la première moitié du mois de juin a fait monter la limite des chutes



Beaucoup de neige est tombée début 2010.  
La Haute-Engadine n'était atteignable que par  
ferroutage depuis Vereina. Photo: Robert Bösch



**Fig. 2 : Evolution de la couche de neige**

Les lignes pointillées indiquant la moyenne de plus de soixante années de mesures à Mürren (Oberland bernois) et à Cavaglia (Poschiavo) montrent qu'elle est très proche entre ces deux stations en dépit de leur éloignement géographique. Les lignes continues (hiver 2009/2010) montrent, d'une part, l'enneigement important des vallées méridionales des Grisons et, d'autre part, l'enneigement de fin d'hiver inférieur à la moyenne sur le flanc nord des Alpes.

Illustration : SLF

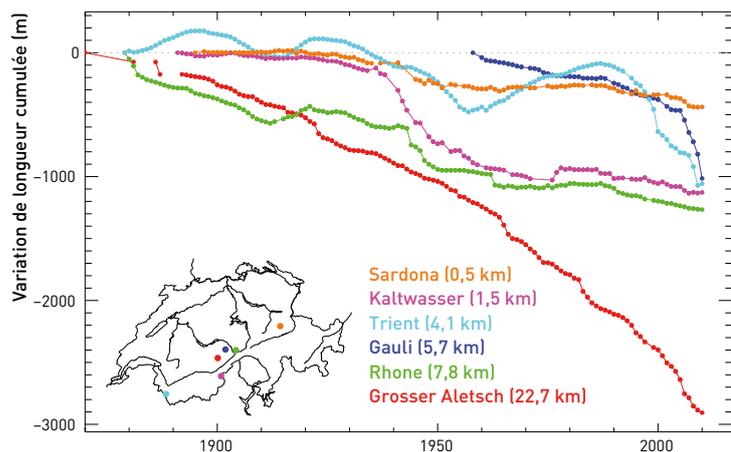
de neige à plus de 4800 mètres pendant plusieurs jours et provoqua le sixième mois de juillet le plus chaud jamais enregistré. Par conséquent, l'été 2010 fut clairement plus chaud que la moyenne, malgré de nombreuses irrptions d'air froid.

### Les glaciers raccourcissent...

110 glaciers sont mesurés chaque automne. Dans 95 cas, on détermine les changements du front glaciaire: 86 glaciers sont en retrait, 3 font preuve d'un léger avancement et 6 n'ont pas changé de position frontale. Sur l'ensemble de ces

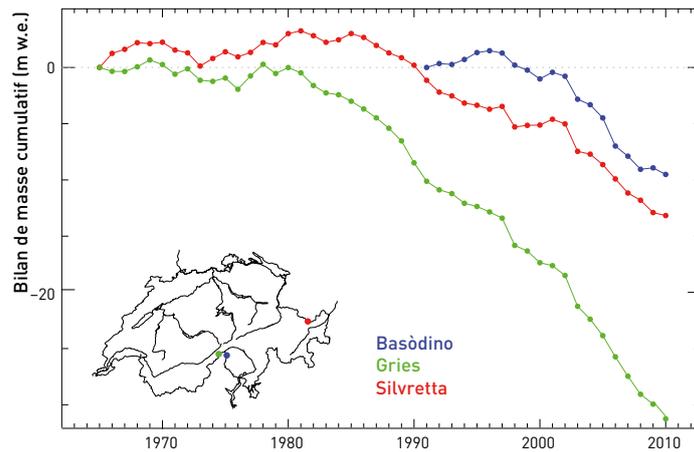
glaciers, les valeurs varient entre un retrait de 196 mètres pour le Gauligletscher/BE et un avancement de 14 mètres pour le glacier du Trient/VS. La plupart des valeurs sont comprises entre -1 mètre et -25 mètres (voir tableau, p. 51).

La fonte rapide du Gauligletscher est en rapport avec un lac entourant sa langue et accélérant sa disparition. Ce processus d'accélération est en cours depuis plusieurs années déjà. En revanche, le front du glacier du Trient se trouve sur un à-pic. Le glacier s'est beaucoup retiré ces dernières années et semble pouvoir maintenir sa position actuelle. Dans ces conditions, un léger avancement du glacier est possible pen-



**Fig. 3 : Evolution de la longueur des glaciers**

Les modifications annuelles cumulées (en m) de six glaciers du réseau de mesures montrent un comportement individualisé de réactions et d'adaptations au climat. Illustration : GLAMOS



**Fig. 4 : Bilan de masse**

Bilan de masse du Ghiacciaio del Basòdino, du Griesgletscher et du Silvrettagletscher. Le graphique montre le bilan de masse annuel moyen cumulé (en m d'équivalent d'eau). Illustration : GLAMOS



Langue du Gauligletscher se terminant en lac qui s'est progressivement agrandi aux dépens de cette dernière.  
Photo : Walter Janach

## Variation de la longueur des glaciers dans les Alpes suisses en 2009/10

Glacier / Canton	Variation de longueur (m)	Glacier / Canton	Variation de longueur (m)	Glacier / Canton	Variation de longueur (m)	Glacier / Canton	Variation de longueur (m)
<b>Bassin du Rhône</b>		Saleina / VS	-25,5	Griess / UR	-2	Sesvenna / GR	-8,4
Allalin / VS	-1,2	Schwarzberg / VS	-10,1	Griessen / OW	-4,3	Tiatscha / GR	-7
Arolla (Mont Collon) / VS	-24,7	Seewjinen / VS	-7,7	Hüfi / UR	0	Tschierva / GR	-20,7
Bella Tola / VS	n	Sex Rouge / VD	n	Kehlen / UR	-30,7	<b>Bassin de Adda</b>	
Boveyre / VS	-18,8	Trient / VS	14	Rotfirn (Nord) / UR	-24,1	Albigna / GR	-28,4
Brenay / VS	-35,4	Tsanfleuron / VS	n	Sankt Anna / UR	-13,3	Cambrena / GR	n
Brunegg (Turtmann) / VS	-99 <sup>5</sup>	Tseudet / VS	-7,9	Tiefen / UR	-16,4	Forno / GR	-27,6
Cheillon / VS	-2,3	Tsidjiore Nouve / VS	-14,7	Wallenbur / UR	-11,8	Palü / GR	0 <sup>2</sup>
Corbassière / VS	-40,2	Turtmann / VS	x	<b>Bassin de la Linth / Limmat</b>		Paradisino (Campo) / GR	-40 <sup>2</sup>
En Darrey / VS	-32,5	Valsorey / VS	-21,4	Biferten / GL	-10,6	<b>Bassin du Ticino</b>	
Fee (Nord) / VS	-6,4	Zinal / VS	-8,5	Glärnisch / GL	-8,6	Basòdino / TI	-6,8
Ferpècle / VS	-23	<b>Bassin de l'Aar</b>		Limmern / GL	-2	Bresciana / TI	-6
Fiescher / VS	-24,7	Alpetli (Kanderfirn) / BE	-24,8	Plattalva / GL	-18,9	Cavagnoli / TI	-9,3
Findelen / VS	0	Ammerten / BE	-1,3	Sulz / GL	-1,6	Corno / TI	-6,5
Giétro / VS	-32,9	Blüemlisalp / BE	-15,3	<b>Bassin du Rhin</b>		Croslina / TI	-1,1
Gorner / VS	-11	Dungel / BE	-2,4	Pizol / SG	-2,9	Rossboden / VS	x
Grand Désert / VS	-16,3 <sup>2</sup>	Eiger / BE	-8,0 <sup>2</sup>	Lavaz / GR	-14,4 <sup>2</sup>	Val Torta / TI	n
Grand Plan Nivé / VD	-7,9	Gamchi / BE	-15,5	Lenta / GR	-14,7	Valleggia / TI	-7,9
Gries / VS	-23,9	Gauli / BE	-196	Paradies / GR	0,4	Abréviations :	
Grosser Aletsch / VS	-20,9	Gelten / BE	x	Porchabella / GR	-15,6	n = non observé	
Hohlaub / VS	-4,2	Lämmern / VS	-12	Punteglias / GR	-12,5 <sup>2</sup>	x = valeur non déterminée	
Kaltwasser / VS	4,7	Oberaar / BE	n	Sardona / SG	1,7	Remarque :	
Kessjen / VS	-5,1	Oberer Grindelwald / BE	x	Scaletta / GR	-4,4	lorsque la valeur indiquée	
Lang / VS	-28	Schwarz / VS	-2,8	Silvretta / GR	-7,7	s'applique à une durée de plu-	
Moiry / VS	-32,5 <sup>2</sup>	Stein / BE	-122	Suretta / GR	0,7	sieurs années, l'exposant	
Moming / VS	-11	Steinlimmi / BE	-51	Verstankla / GR	-10	indique la nombre d'années.	
Mont Durand / VS	-24	Trift (Gadmen) / BE	-23,5	Vorab / GR	-8,6	P. ex. : Moiry -32,5 <sup>2</sup> = recul de	
Mont Fort (Tortin) / VS	-6,5	Tschingel / BE	-16,2	<b>Bassin de l'Inn</b>		32,5 m en deux ans.	
Mont Miné / VS	-20,5	Unteraar / BE	n	Calderas / GR	-12,6		
Mutt / VS	n	Unterer Grindelwald / BE	x	Lischana / GR	-12,3		
Oberaletsch / VS	n	<b>Bassin de la Reuss</b>		Morteratsch / GR	-50,6		
Otemma / VS	-37,4	Brunni / UR	n	Roseg / GR	0		
Paneyrosse / VD	-9,3	Damma / UR	x				
Prapio / VD	-9	Firnalpeli (Ost) / OW	-22,9				
Rhone / VS	-3,2						
Ried / VS	x						

dant certaines années. La fig. 3 représente les changements de longueur cumulés de glaciers de taille différente pour une période de plusieurs décennies.

### ... et perdent de la masse

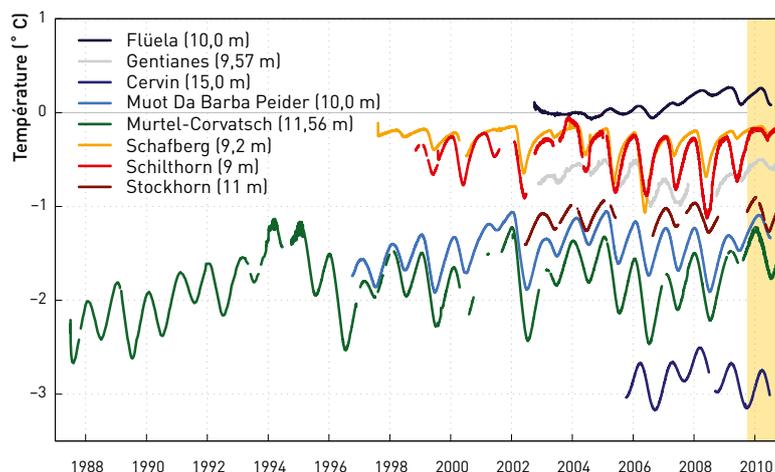
Le bilan de masse a été déterminé à l'aide de mesures de l'accumulation de neige en hiver et de fonte en été pour les glaciers suivants : Basòdino, Gries, Silvretta, Rhone, Pizol et Findel. Par rapport aux mesures des années précédentes, tant l'accumulation de neige que la fonte estivale affichent des valeurs moyennes. Tous les glaciers ont perdu plus de glace à travers la fonte qu'ils n'en ont gagnée grâce à l'accumulation, affichant donc un bilan de masse négatif. Les valeurs varient entre une perte d'environ un demi-mètre équivalent d'eau pour le Silvrettagletscher et le Findelgletscher, et de plus d'un mètre pour le Griesgletscher. La tendance à la diminution des dernières années se poursuit donc (fig. 4).

Par contre, le Pizolgletscher et le Silvrettagletscher, qui se trouvent sur des versants nord-est, affichent une fonte estivale inférieure à la moyenne. Ces deux glaciers sont probablement ceux qui ont le plus bénéficié du temps changeant

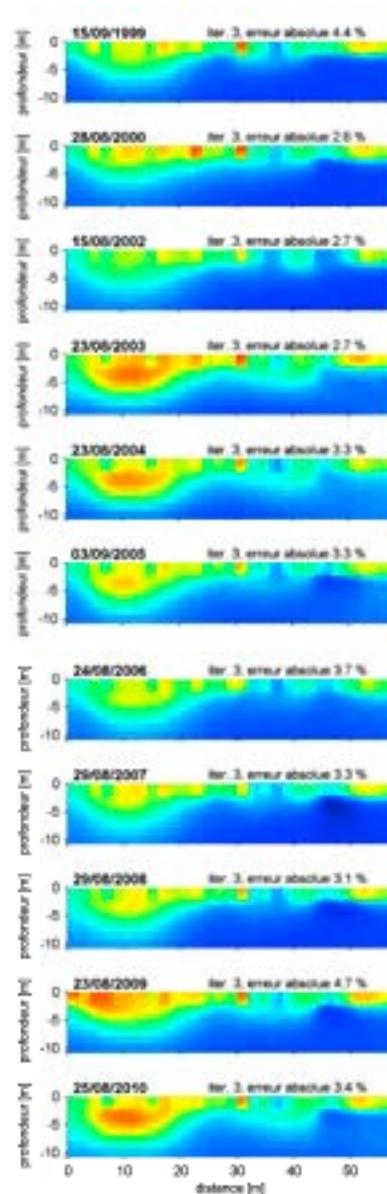
accompagné de chutes de neige répétées. La neige fraîche a pu se maintenir plus longtemps sur ces glaciers que sur les autres et a réduit de cette manière la fonte de la glace. Des mesures ultérieures ponctuelles effectuées sur les névés du Jungfraufirn de l'Aletschgletscher et le Claridenfirn, ainsi que des mesures effectuées uniquement durant l'année 2009/2010 sur le glacier de Tsanfleuron et sur celui de la Plaine Morte confirment ces résultats.

### Pergélisol

Comme les stations de mesures du pergélisol en haute montagne sont la plupart du temps visitées durant la période sans neige, seules les données jusqu'à l'été 2010 ont été exploitées. Par contre, les premiers résultats permettent déjà d'affirmer que le pergélisol subit des conditions plus chaudes que la moyenne et seulement légèrement inférieures aux valeurs record de l'année 2003. Ceci est le résultat de l'automne 2009 extrêmement chaud suivi d'une couverture neigeuse précoce qui piégea la chaleur dans le sol et le protégea des températures hivernales froides (voir rapport en page 53).



**Fig. 5 : Températures du sous-sol dans le pergélisol**  
 Mesures réalisées dans huit puits forés dans le pergélisol à environ 10 m de profondeur. Illustration : PERMOS



**Fig. 6 : Résistance électrique dans le pergélisol**  
 La résistance élevée est indiquée en bleu, la résistance faible en rouge. Comme l'eau est un bon conducteur, les valeurs basses indiquent une proportion élevée d'eau liquide et donc des températures plus hautes. En 2010, le sol a dégelé à peu près autant que durant l'été caniculaire 2003. Mesures faites au Schilthorn.  
 Illustration : PERMOS

D'une manière semblable au bilan de masse pour les glaciers, l'épaisseur de la couche de dégel dans un pergélisol (couche active) reflète les conditions météorologiques de l'année hydrologique. Les mesures effectuées dans six forages (sur un total de 14, les données de six forages ont déjà été exploitées pour l'heure) montrent une couche de dégel plus importante que la moyenne et à peine inférieure aux valeurs record de l'été 2003. Les mêmes conditions peuvent être reconnues à l'aide de mesures supplémentaires : les variations de température en surface nécessitent environ une demi-année pour atteindre une profondeur de 10 mètres (les variations s'atténuent avec la profondeur). Les conditions météorologiques extrêmement chaudes de l'hiver 2009/2010 sont bien visibles dans les températures de forage des sites riches en neige comme le Schilthorn, le Schafberg ou le Corvatsch. Par contre, les températures estivales ne sont pas encore reflétées à cette profondeur (fig. 5). La température à une profondeur de plusieurs dizaines de mètres (ou plus) n'est plus influencée que par des variations climatiques à long terme. A ces profondeurs, les variations se répercutent avec un retard de plusieurs décennies.

Grâce à des mesures de résistance électrique dans le sol, il est possible de détecter des changements de teneur en glace ou en eau liquide du sol concerné. Cette méthode livra également des valeurs basses pour 2009 et pour l'année record 2003, ce qui indique une augmentation de température et de teneur en eau liquide dans les 10 premiers mètres du sol examinés par cette méthode. Au Schilthorn, les valeurs étaient même aussi basses que celles de l'été 2003, la glace étant un moins bon conducteur que l'eau liquide (fig. 6). Les vitesses des mouvements du terrain mesurées sur plusieurs glaciers rocheux ont de nouveau augmenté, après une diminution dès 2007, qui avait suivi les vitesses record dues à l'été 2003. Cette tendance à l'accélération s'est poursuivie également

durant l'année du rapport. Ceci est probablement lié aux températures de l'air plus élevées et à l'augmentation d'eau liquide disponible à l'intérieur des glaciers rocheux qui en résulte.

→ Pour plus d'informations :

- Glaciers : Andreas Bauder (GLAMOS), VAW, EPF Zurich, [bauder@vaw.baug.ethz.ch](mailto:bauder@vaw.baug.ethz.ch), 044 632 41 12
- Neige : Christoph Marty (SLF), [marty@slf.ch](mailto:marty@slf.ch), 081 417 01 68
- Pergélisol : Jeannette Noetzli (PERMOS), Université de Zurich, [info@permos.ch](mailto:info@permos.ch), 044 635 52 24