



Importantes chutes de neige au sud des Alpes, comme ici à San Bernardino/GR, où il a fallu parfois dégager les toits des épaisses accumulations de neige. Photo: G. Kappenberger

La neige, les glaciers et le pergélisol 2013/14

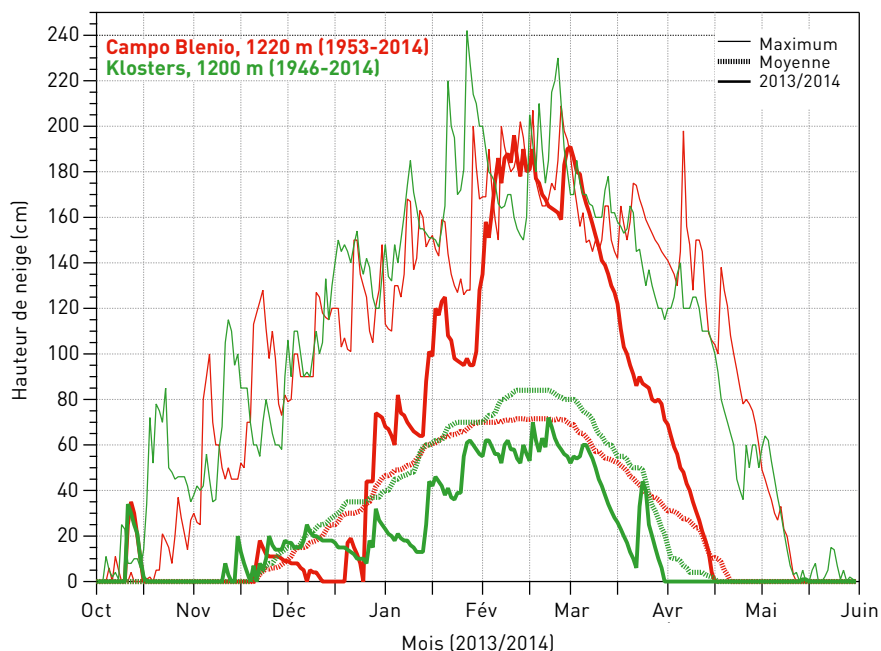
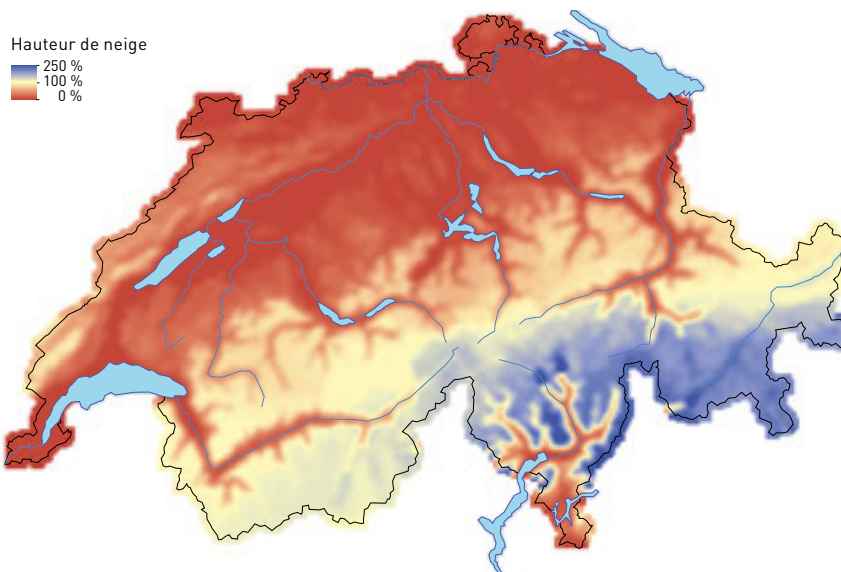
Rapport sur la cryosphère des Alpes suisses

L'abondance régionale très contrastée des chutes de neige combinée à un été chaud, mais variable, ont entraîné des écarts dans l'épaisseur du manteau neigeux, le bilan de masse des glaciers et le réchauffement du pergélisol. Résultat d'une évolution à long terme, la langue de trois glaciers s'est partiellement détachée.

Texte: Frank Paul, Andreas Bauder, Christoph Marty et Jeannette Nötzli

Illustration 1:

Evolution quotidienne du manteau neigeux à Klosters (1200 m) et sur le flanc sud des Alpes à Campo Blenio (1220 m). Les épaisseurs moyennes et maximales du manteau neigeux au cours des 60 dernières années ont largement coïncidé dans les deux stations. En 2013/14, les épaisseurs de neige ont été clairement inférieures à la moyenne à Klosters, alors qu'elles atteignaient des valeurs de l'ordre des records à Campo Blenio.

**Ecart entre la hauteur de neige en 2014 (février) et la moyenne de la période 1971-2000****Illustration 2:**

Les importantes chutes de neige sur le flanc sud des Alpes apparaissent clairement dans les épaisseurs relatives du manteau neigeux en février 2014. On voit ici l'écart à la moyenne de la période 1971-2000.

Evolution des conditions météo

Bien qu'il ait déjà neigé abondamment en octobre 2013, la couche de neige est restée très en dessous de la moyenne dans toutes les régions jusqu'à Noël. Les fréquentes situations de barrage qui ont suivi, ont entraîné d'abondantes chutes de neige sur le flanc sud des Alpes jusqu'à fin février 2014 (200 à 300% de la quantité normale). Il en est parfois tombé jusqu'à près d'un mètre en 24 heures. L'épaisseur du manteau à 1500 mètres a ainsi pu atteindre 2 à 2,5 mètres dans les Alpes du Sud, sans toutefois dépasser les valeurs record dans aucune des stations de mesure (Ill. 1).

A l'inverse, les fréquentes situations de foehn sur le flanc nord des Alpes et sur le Plateau ont entraîné des températures douces accompagnées de faibles précipitations. Il en a résulté un manteau neigeux plus mince qu'en moyenne (Ill. 2). Au Weissfluhjoch (2693 m), les chutes de neige n'ont été légèrement supérieures à la moyenne qu'en octobre et novembre 2013. A certains endroits du Plateau, il n'y a pas eu un seul jour de neige. Par contre, Locarno recensait à la fin de l'hiver davantage de jours de neige (7) que Zurich (3). En comparai-



son sur la durée, seul l'hiver 1989/90 a amené moins de neige sur le Plateau.

Les mois de mars et avril chauds et plutôt secs ont favorisé une fonte rapide du manteau neigeux dans toutes les régions. Après un mois de juin chaud, il a fait légèrement plus frais et plus humide qu'à l'accoutumée en juillet et août. Au-dessus de 3000 m, cela s'est traduit par une fréquence de chutes de neige favorable à la pérennité des glaciers. De nombreuses faces nord sont restées blanches durant presque tout l'été. Celui-ci fut également très arrosé et peu ensoleillé sur le flanc sud des Alpes, permettant aux résidus neigeux de persister dans les ravins et les combes même au-dessous de 2000 m.

Les glaciers

Le bilan de masse a été établi dans la période d'observation 2013/14 pour quelque 15 glaciers, et l'évolution de leur longueur pour plus de 100 langues glaciaires. Les glaciers sont entrés dans la période de fonte estivale recouverts de quantités de neige supérieures à la moyenne au sud et inférieures à la moyenne au nord. Le temps changeant de juillet et août a surtout profité aux glaciers de haute altitude, car les fréquents apports de neige fraîche ont nettement réduit leur fonte. Le mois de septembre chaud qui a suivi s'est par contre accompagné de nouvelles pertes de masse et d'un dénudement prononcé des langues glaciaires.

Bilan négatif malgré des gains de masse au sud

On a calculé des bilans de masse équilibrés ou légèrement positifs (+10 à +50 cm de gain d'épaisseur) pour les glaciers situés au sud de la crête principale des Alpes et en Engadine

(p. ex. Findelgletscher, Vadret dal Murtèl). Au nord de la crête principale des Alpes, les glaciers étudiés ont par contre révélé des pertes modérées de masse. Basées sur une diminution d'épaisseur de 40 à 90 cm, celles-ci étaient cependant moindres que la moyenne des pertes de la dernière décennie. Les glaciers du nord-est de la Suisse (Silvrettagletscher, Pizolgletscher) ont subi des pertes importantes, excédant 1 m de diminution d'épaisseur (Ill. 3). On constate ainsi que les différences régionales ont été particulièrement prononcées dans l'année 2013/14. Elles sont en rapport direct avec les situations de barrage au sud, fréquentes en hiver et au printemps, qui ont occasionné d'importantes chutes de neige au sud et des temps secs au nord. Etendue par calcul à tous les glaciers de Suisse, la perte de masse glaciaire pour la période de mesures écoulée est estimée à quelque 300 millions de m³, ce qui correspond à environ 0,6% du volume de glace actuellement présent en Suisse.

La longueur de 85 glaciers a diminué

A l'automne 2014, on a mesuré le changement de longueur de 94 langues de glaciers (v. tableau). A la différence du bilan de masse, les variations de longueur reflètent moins les conditions d'une année prise isolément que celles d'une tendance des conditions climatiques au cours des années écoulées. La tendance évolutive du climat n'influence qu'avec retard les mouvements de la langue des grands glaciers (Ill. 4). La longueur de 85 glaciers a diminué, alors que la langue de quatre autres n'a que peu bougé et que les cinq derniers ont légèrement progressé. Si l'on ignore trois exceptions, les valeurs (v. tableau) vont d'un retrait de 100 m (Blüemlisalp/BE) à une légère progression du front de la langue (8 m, Firnalpelifirn/OW).



L'extrémité de la langue glaciaire du Chelengletscher en 1998 (à g.), en 2003 (au centre) et en 2014 (à d.). Sur l'image la plus à droite, avec un petit résidu de glace morte recouverte d'éboulis au premier plan, complètement détaché du glacier. Photos: M. Planzer

Illustration 3:

Bilan de masse des glaciers de l'Allalin, du Basòdino, du Giétro, de Gries et du Silvretta. Le graphique représente le bilan de masse annuel moyen en mètres équivalent en eau.

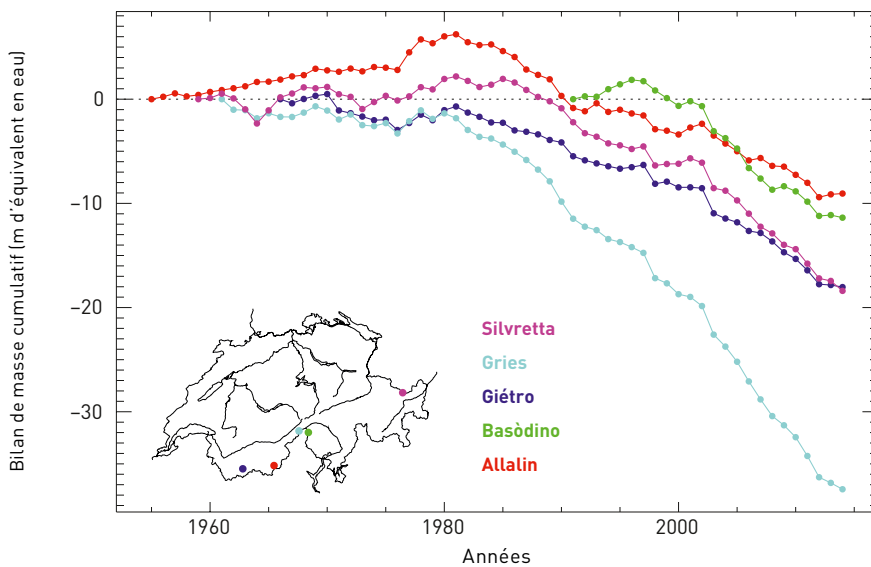
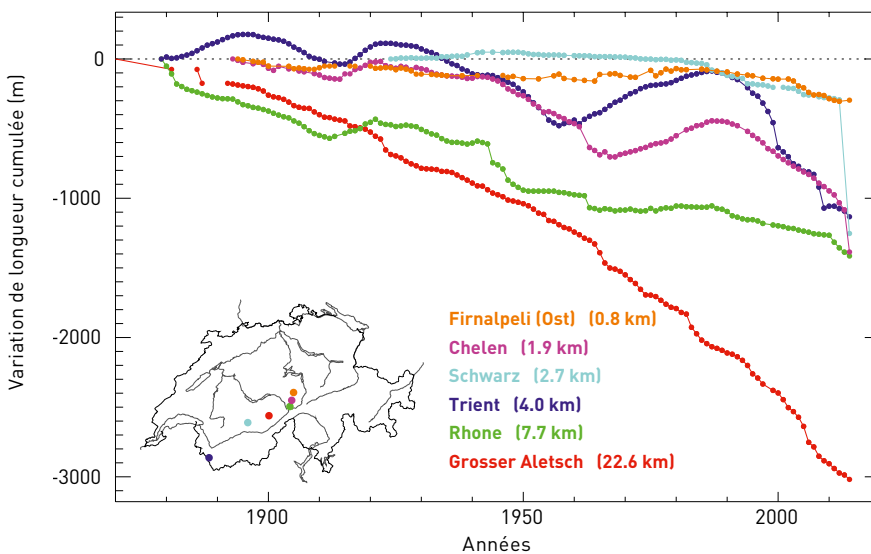


Illustration 4:

Somme des variations annuelles de longueur en mètres pour une sélection de glaciers du réseau de mesure. Les répercussions climatiques sont différentes de cas en cas.



Variation de la longueur (en m) des glaciers dans les Alpes suisses en 2013/14

Nom/Canton	Diff.	Nom/Canton	Diff.	Nom/Canton	Diff.	Nom/Canton	Diff.
Albigna/GR	-15	Gamchi/BE	-50	Paneyrosse/VD	-9	Tschierva/GR	-67
Allalin/VS	-9	Gauli/BE	-51	Paradies/GR	2	Tschingel/BE	-14
Alpetli (Kanderfirn)/BE	-24	Gelten/BE	x	Paradisino Campo/GR	-8	Tseudet/VS	-14
Ammerten/BE	0	Giétro/VS	-7	Pizol/SG	1	Tsidjiore Nouve/VS	-8
Arolla (Mont Collon)/VS	-15	Glärnisch/GL	-7	Plattalva/GL	-18	Turtmann/VS	x
Basòdino/TI	9 ²	Gorner/VS	-30	Porchabella/GR	-11	Unteraar/BE	n
Biferten/GL	-49	Grand Désert/VS	-6	Prapio/VD	5	Unterer Grindelwald/BE	-472
Blüemlisalp/BE	-101	Grand Plan Névéd/VD	-4	Punteglias/GR	-1	Val Torta/TI	n
Boveyre/VS	-27	Gries/VS	-38	Rhone/VS	-28	Valleggia/TI	-6 ²
Breney/VS	-6	Griess/UR	-8	Ried/VS	x	Valsorey/VS	-19
Bresciana/TI	-29 ³	Griessen/OW	-8 ²	Roseg/GR	-40	Verstankla/GR	-9
Brunegg (Turtmann)/VS	x	Grosser Aletsch/VS	-32	Rosboden/VS	n	Vorab/GR	-10
Brunni/UR	-4 ⁵	Hohlaub/VS	-2	Rotfirn (Nord)/UR	-22	Wallenbur/UR	-43
Calderas/GR	-3	Kaltwasser/VS	-14	Saleina/VS	-30	Zinal/VS	-30 ²
Cambrena/GR	-6	Lang/VS	-14	Sankt Anna/UR	-9		
Cavagnoli/TI	0 ²	Lavaz/GR	-3	Sardona/SG	-10		
Chelen/UR	-303	Lenta/GR	-34	Scaletta/GR	s		
Cheillon/VS	-11	Limmern/GL	-21	Schwarz/VS	-959 ²		
Chessjen/VS	-4	Lischana/GR	n	Schwarzberg/VS	-16		
Corbassière/VS	-53	Lämmern/VS	-12	Seewjinen/VS	-1		
Corno/TI	-16	Moiry/VS	-6	Sesvenna/GR	-6		
Croslina/TI	-2 ²	Moming/VS	-8	Sex Rouge/VD	1		
Damma/UR	-9	Mont Durand/VS	x	Silvretta/GR	-7		
Dungel/BE	x	Mont Fort (Tortin)/VS	-17	Stein/BE	-88		
Eiger/BE	-7	Mont Miné/VS	-15	Steinlimi/BE	-89		
En/Darrey	VSx	Morteratsch/GR	-22	Sulz/GL	-8		
Fee/VS	-21	Mutt/VS	n	Suretta/GR	-9		
Ferpècle/VS	-13	Oberaar/BE	n	Tiatscha/GR	-36		
Fiescher/VS	x	Oberaletsch/VS	n	Tiefen/UR	-30		
Findelen/VS	-33	Oberer Grindelwald/BE	-12	Trient/VS	-41		
Firnalpeli (Ost)/OW	8 ²	Otemma/VS	-33	Trift (Gadmen)/BE	1		
Forno/GR	-15	Palü/GR	-1	Tsanfleuron/VS	-19		

Abréviations

n = non observé
s = langue glaciaire recouverte de neige
x = valeur non déterminée
y² = lorsque la valeur indiquée s'applique à une durée de plusieurs années, l'exposant indique le nombre d'années.
P. ex.: Biferten -13² = recul de 13 m en deux ans.

Les chercheurs installent une tige de mesures dans la glace du Rhonegletscher. Photo: Andreas Bauder



Nouveaux détachements de langues de glaciers

Les trois exceptions mentionnées concernent le Schwarzgletscher/VS avec -959 m (en deux ans), l'Unterer Grindelwaldgletscher/BE avec -472 m et le Chelengletscher/UR avec -303 m. La valeur élevée de la fonte de ces glaciers est à mettre en rapport avec leur développement au cours de la dernière décennie. La couverture de dépôts morainiques souvent importante dans les fonds et un apport très réduit de glace en provenance du bassin supérieur avaient concouru à un amincissement considérable de leur langue sans qu'elle perde beaucoup en longueur. L'été dernier, une grande portion de la langue des trois glaciers s'est détachée à la faveur d'une rupture de pente ou d'un emplacement présentant moins de couverture de gravats. Le front actif de la langue glaciaire s'est alors brusquement déplacé vers l'arrière sur une grande distance. Le moment d'un tel changement tombe plutôt au hasard. Il ne reflète pas bien l'évolution générale et continue du glacier ou les conditions régnant au front de la langue. Il en va de même pour les quelques avances de glaciers, qui ne résultent pas d'un apport plus important de glace en provenance de leur bassin supérieur, mais de l'environnement et des conditions du site dans l'année en cours.

Pas d'inversion de tendance

Dans l'ensemble, on peut considérer les conditions météorologiques de la période 2013/14 comme favorables pour les glaciers des Alpes suisses. Au cours des 15 dernières années, seule la période de mesures 2012/13 a été caractérisée par des conditions encore légèrement plus favorables pour les glaciers. On ne peut cependant pas encore parler d'un renversement de tendance: bien que la fonte des glaciers ait été moins spectaculaire qu'en moyenne sur la durée, les pertes de masse sont considérables dans l'ensemble. La poursuite du détachement de langues glaciaires entières suggère que la plupart des glaciers sont encore trop grands pour le climat actuel.

Pergélisol

Les données des mesures du réseau d'observation du pergélisol en Suisse (PERMOS) révèlent des conditions très chaudes pour la période 2013/14, en sixième année consécutive. Elles résultent de l'environnement météorologique et nival qui, selon la saison, peut entraîner un refroidissement (par exemple un dénudement tardif au printemps ou en été) ou un réchauffement (chutes de neige précoces en automne). Les différences régionales de couverture neigeuse ont également entraîné des différences de température dans les couches proches de la surface. Dans les Alpes de l'est du pays, d'importantes quantités de neige fraîche tombées tôt ont contribué, avec des températures automnales élevées, à conserver la chaleur de l'automne. Dans les autres régions, la couverture neigeuse faible jusqu'à Noël a permis au sous-sol de se refroidir.

Un environnement trop chaud dans la durée

Les grandes quantités de neige sur le flanc sud des Alpes ont eu pour conséquence un dénudement tardif. La neige a fait bouclier contre les températures printanières croissantes. A l'inverse, le dénudement a été plus précoce qu'en moyenne dans les autres régions. Les températures record de l'année 2014 ont eu finalement pour conséquence qu'à la fin de la période, les températures superficielles de presque tous les sites sont restées au niveau élevé des années précédentes. En comparaison avec la moyenne décennale 2000-2010, elles ont été supérieures de quelque 0.3K. L'humidité et la faible irradiation solaire de l'été 2014 ont abaissé les maxima de températures superficielles, qui sont cependant restées élevées en moyenne. Les températures mesurées plus profondément dans le sous-sol à l'intérieur de plus de 25 puits forés ont continué d'augmenter légèrement sur la plupart des sites (Ill. 5).

Effet de la chaleur latente

Les températures hivernales élevées des cinq dernières années sont particulièrement frappantes. Sur les sites les plus tempérés, elles ne se situent que peu au-dessous du point de



Le front du glacier de Tsarmine, dans le val d'Arolla. Il s'agit du glacier rocheux dont la vitesse a le plus augmenté en comparaison à l'année précédente. Photo: Mario Kummert

Mesure de la cryosphère en Suisse

L'observation de la cryosphère comprend les glaciers, la neige et le pergélisol (www.cryosphere.ch).

Les observations et les réseaux de mesure sont coordonnés par la Commission d'experts de la cryosphère (CEC).

Les mesures de la neige sont réalisées par l'Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse et par l'Institut WSL pour l'étude de la neige et des avalanches (SLF). Elles sont basées sur quelque 150 stations de mesure.

Les mesures sur les 115 glaciers sont réalisées par des représentants des hautes écoles, des offices forestiers cantonaux et des sociétés d'exploitation des ouvrages hydroélectriques ainsi que par des personnes à titre individuel (glaciology.ethz.ch/swiss-glaciers). Le réseau de mesure du pergélisol est géré par plusieurs hautes écoles et par le SLF et comprend 14 sites de puits forés ainsi que 12 sites de mesure des mouvements (www.permos.ch). L'évolution des conditions météorologiques est basée sur les rapports de MétéoSuisse et du SLF.

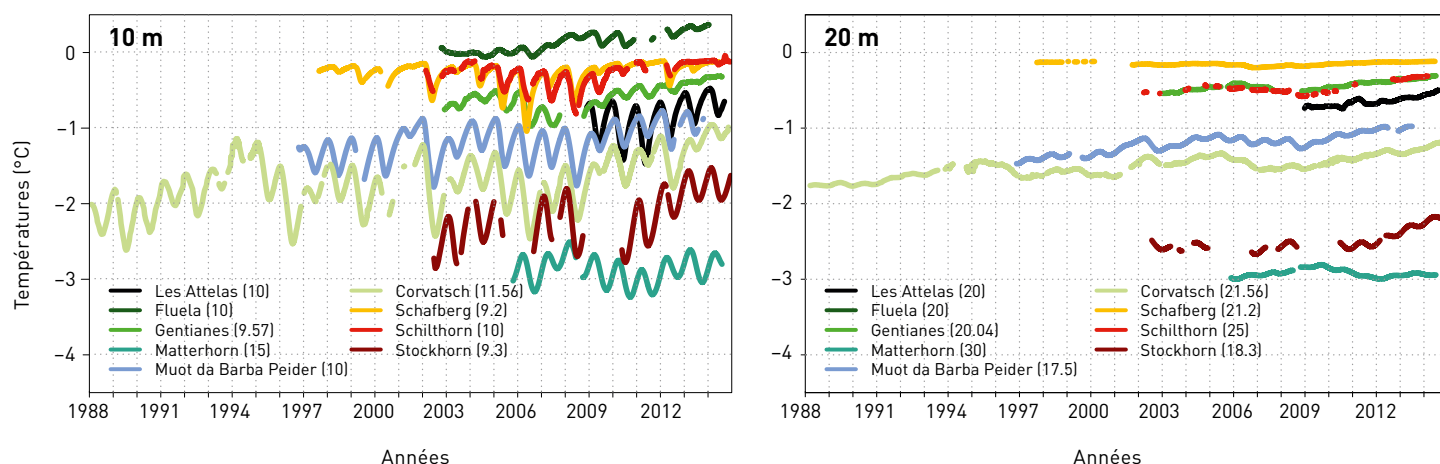


Illustration 5:

Evolution des températures à l'intérieur de différents forages réalisés dans le pergélisol des Alpes suisses. A gauche, à quelque 10 m de profondeur, à droite à 20 m environ. La profondeur exacte de la mesure en mètres, qui dépend de l'installation, est indiquée entre parenthèses. Les illustrations montrent que le pergélisol se réchauffe en profondeur.

congélation, comme par exemple au Schilthorn, dans le glacier massif du Schafberg au-dessus de Pontresina ou dans la moraine partiellement glaciaire vers les Gentianes au-dessus de Nendaz. A ces endroits «chauds», on n'a encore constaté aucune augmentation de température, ou alors très faible, depuis le début des mesures. La raison en est que par des températures légèrement inférieures au point de fusion, l'énergie parvenant au sol sert à fondre la glace avant que les températures puissent monter au-dessus de 0°C. On parle ici d'effet de la chaleur latente (quantité d'énergie nécessaire à faire changer d'état une substance avant que sa température puisse augmenter).

Les changements de la teneur de glace ne pouvant être estimés au moyen des mesures des températures, ils sont observés sur les différents sites des forages au moyen de méthodes géophysiques complexes comprenant les différences de conductivité électrique de la glace et de l'eau. Pour la période sous revue, on ne dispose que des données de deux sites (Schilthorn et Stockhorn beim Gornergrat), lesquels confirment l'environnement chaud. Au Schilthorn, les valeurs sont depuis cinq ans à un bas niveau record.

Certains glaciers massifs bougent à grande allure

Dans le cadre de l'observation du pergélisol, on relève également les mouvements horizontaux à la surface des glaciers massifs. Ces déplacements ont continué de gagner de l'am-

pleur, en moyenne +5% par rapport à l'année précédente, pour les huit sites évalués jusqu'ici. Alors que les glaciers massifs des sites Aget et Gemmi montrent durant cette période une diminution relative de 10-15%, ceux des sites Tsarminne (+21%) et Grosses Gufer (+27%) montrent la progression la plus importante. Dans l'ensemble, la majorité des glaciers massifs se déplace à grande allure. A certains endroits, les maxima enregistrés jusqu'ici dans l'année hydrologique 2003/04 ont été atteints ou dépassés. L'évolution à long terme est cependant variable selon les sites, sans que l'on puisse encore se prononcer sur les causes exactes de ces différences. Il faudra encore en particulier clarifier le rôle de l'eau sur les mouvements des glaciers massifs.

→ Informations complémentaires

Glaciers: Andreas Bauder, VAW, EPFZ, bauder@vaw.baug.ethz.ch, 044 632 41 12

Neige: Christoph Marty, SLF, marty@slf.ch, 081 417 01 68

Pergélisol: Jeannette Nötzli, PERMOS, Université de Zurich, info@permos.ch, 044 635 52 24