



# Neige, glaciers et pergélisol en 2012/13

Rapport sur la cryosphère des Alpes suisses

*Un hiver bien enneigé a permis aux glaciers d'afficher des bilans de masse équilibrés. Sous l'épais manteau neigeux, la température du pergélisol est en revanche demeurée élevée. Plusieurs grands glaciers ont perdu une partie de leur langue. La tendance au réchauffement de la cryosphère à long terme demeure intacte.*

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



Le Triftgletscher en 1948 (à g.) et en 2006. Entre-temps, la langue glaciaire s'est séparée dans la partie supérieure. Photos: mäd

L'hiver a déjà débuté en octobre avec des chutes de neige jusqu'en dessous de 1000 mètres. Selon les mesures de MétéoSuisse, jusqu'en mars et dans toute la Suisse, il a quasi tout le temps fait plus froid que la moyenne des années 1980-2010. Ensemble avec de plus grandes quantités de précipitations, surtout au nord des Alpes, les quantités de neige fraîche sur le Plateau ont aussi été supérieures à la moyenne dans nombre d'endroits. Entre Genève, Bâle, Zurich et St-Gall, elles étaient même deux fois plus élevées que la normale. Au Tessin, en Engadine et dans les Mittelbünden, les quantités de neige fraîche étaient en revanche légèrement en dessous de la moyenne. Le nombre plutôt élevé de jours de neige fraîche a vraiment été inhabituel: la dernière fois qu'un nombre supérieur de jours de neige fraîche a été enregistré sur le Plateau remonte à l'hiver 1986/87. De manière simplifiée, entre décembre et mars, il a neigé tous les quatre à six jours en dessous de 1000 mètres, et, au-dessus, même tous les deux à trois jours. Pour cette raison, le soleil n'a pas eu souvent le loisir de briller, aussi a-t-on enregistré une durée d'ensoleillement plus faible que la normale.

En raison de la neige fraîche et des températures plutôt basses, les hauteurs de neige au nord étaient en partie deux à trois fois plus élevées que la moyenne à long terme. Sur le

Plateau, on a observé un manteau neigeux de 30 à 50 cm à de nombreux endroits. Le dégel qui a suivi à Noël a ensuite été si intense que la neige n'a tenu qu'au-dessus de 800 mètres. Il y a eu d'autres chutes de neige jusqu'à mi-janvier et, en février, il a avant tout neigé abondamment et fréquemment dans le nord. En mars, il a continué à neiger jusqu'à basse altitude des deux côtés des Alpes. A fin avril, il y avait à 2000 mètres plus de neige (env. 2 mètres) à l'ouest que la moyenne à long terme, alors qu'ailleurs les hauteurs de neige étaient légèrement en dessous de la moyenne.

### Un été trop chaud succède à un hiver trop froid

Normalement, les hauteurs de neige diminuent drastiquement en mai. En 2013, en raison des basses températures et de précipitations (sous forme de neige) nettement au-dessus de la moyenne au-delà de 2000 mètres, elles ont souvent encore augmenté, particulièrement sur la crête principale des Alpes. Ce n'est qu'à fin mai que les quantités maximales de l'hiver ont été atteintes (graphique 1). A l'exception de novembre et d'avril, la première moitié de la période sous revue a été nettement trop froide, particulièrement en haute montagne. Entre septembre et juin, on a ainsi enregistré au Jungfrauoch (3580 m) les températures moyennes les plus basses



La présence de gueules de baleine montre que le sol est resté chaud sous l'épaisse couche de neige. Photo: Division Dangers naturels du Canton de Berne

de ces quelque 20 dernières années. De juin à septembre, six périodes de chutes de neige se sont produites en haute montagne. Dans leur ensemble, les mois d'été ont néanmoins été trop chauds (7<sup>e</sup> été le plus chaud depuis le début des mesures) et trop secs. Il n'a neigé que deux fois jusqu'à environ 2000 mètres, soit à fin juin et à fin août. En septembre, il a en revanche déjà neigé plusieurs fois jusqu'à cette altitude, mais seulement de faibles quantités.

L'altitude à laquelle se situe la limite du zéro degré constitue une valeur décisive pour les chutes de neige, le pergélisol et la fonte des glaciers. Ensemble avec la valeur moyenne, son évaluation (graphique 2) rend compréhensibles les événements précités. Alors que les plages bleues montrent une situation inférieure à la normale (chutes de neige d'octobre, manteau neigeux de décembre, mois de mai plus froid), celles principalement rouges montrent le dégel de Noël ainsi que la période de chaleur intense en juillet et en août (limite du zéro degré souvent supérieure à 4000 mètres).

### Enfin de nouvelles réserves pour les glaciers

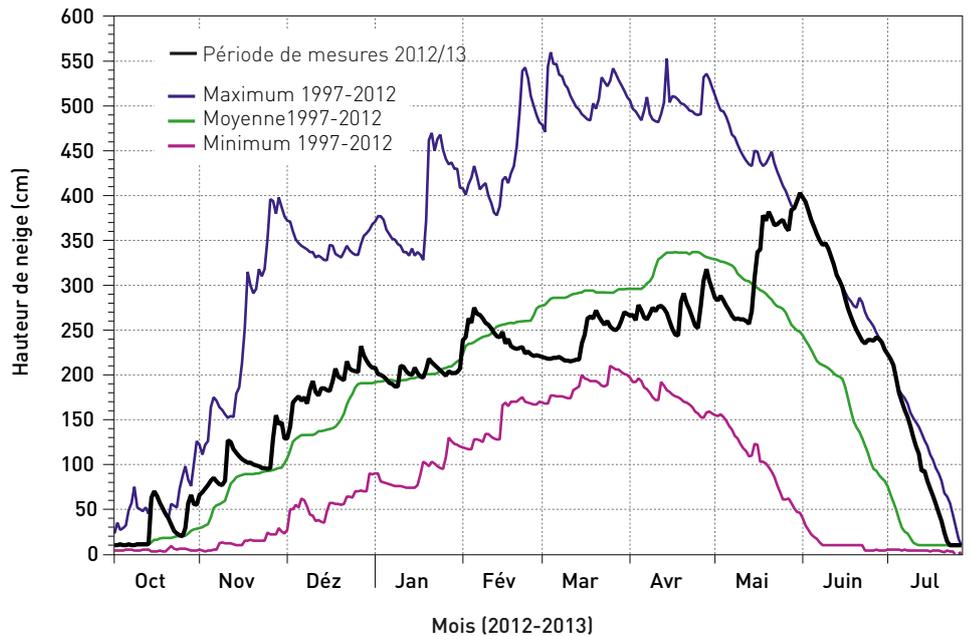
L'automne passé, on a vérifié le bilan de masse de 13 glaciers au moyen d'un relevé détaillé de l'accumulation de la neige en hiver et de la fonte en été. Grâce au froid et à l'abondance de précipitations, les glaciers se sont moins dégarnis. De ce fait, malgré la canicule et la fonte intense des mois de juillet et d'août, il est resté de plus grandes quantités de neige de l'hiver sur les glaciers que les années précédentes. Aussi les glaciers n'affichent-ils dans l'ensemble que de faibles pertes de masse, voire un bilan équilibré, et même une légère aug-

mentation de masse pour quelques cas isolés. Durant cette dernière décennie, les glaciers suisses n'avaient jamais révélé de résultats aussi favorables à leur encontre (graphique 3). Les valeurs positives isolées ou équilibrées proviennent de glaciers situés au sud de la crête principale des Alpes, comme le Ghiacciaio del Basòdino au nord du Tessin et le Findelgletscher près de Zermatt. Sur le flanc nord des Alpes, on a pourtant constaté de faibles pertes de masse dans le forage de glaciers tels que le Pizol- ou le Silvrettagletscher (SG, GR). Les résultats de la période sous revue sont ainsi dus aux chutes de neige importantes et renouvelées, ainsi qu'au froid des mois de mai et juin. Grâce à ces derniers, le manteau neigeux protecteur n'a que très peu diminué, malgré les températures élevées de juillet et août. Les différences régionales du bilan de masse découlent principalement de la répartition des quantités de neige au printemps et en début d'été. Une année favorable isolée ne signifie cependant pour les glaciers qu'un répit passager, ceci d'autant plus que le bilan de masse de l'ensemble des glaciers s'avère négatif.

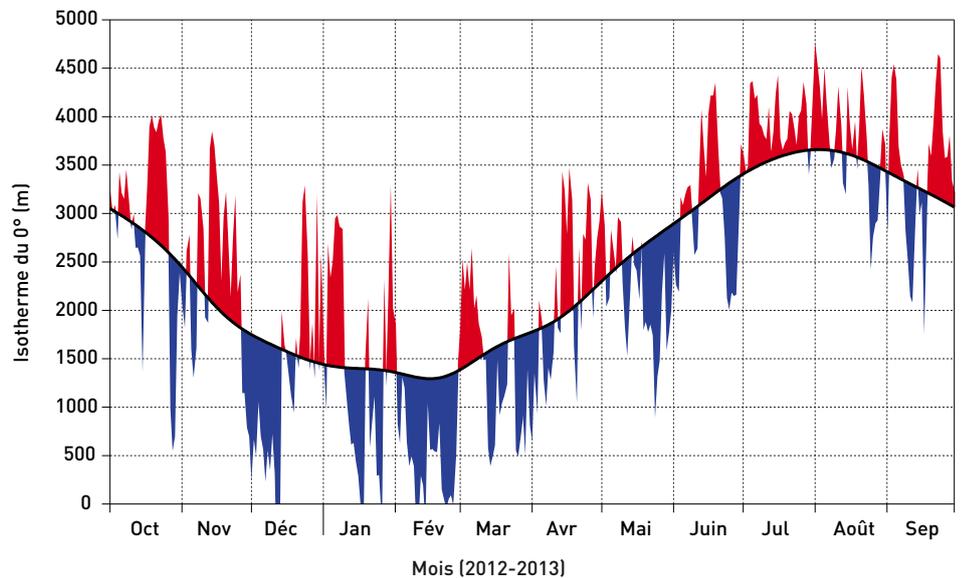
### Le recul général se poursuit

De surcroît, on procède chaque année en fin d'été au relevé des variations de longueur de quelque 100 glaciers. A la différence du bilan de masse, les variations de longueur reflètent la tendance des conditions climatiques sur plusieurs années, voire décennies. Plus un glacier est grand, plus le ralentissement des répercussions d'une tendance climatique sur l'extrémité de sa langue est important. L'an passé, on a pu déterminer la variation de 85 glaciers: 66 d'entre eux ont perdu

**Graphique 1:** Evolution de l'épaisseur du manteau neigeux en cm durant l'hiver 2012/13 (en noir) à la station automatique de Bedretto Cavanna (2450 m). En comparaison, les moyennes (en vert), les maximales (en bleu) et les minimales (en rose).



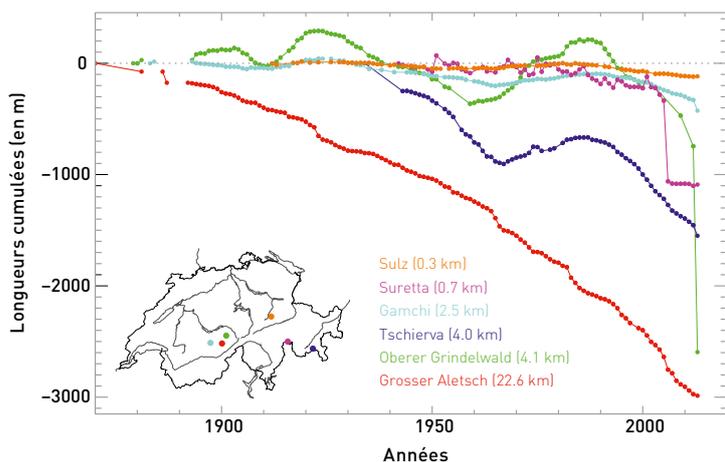
**Graphique 2:** Limite du zéro degré d'octobre 2012 à septembre 2013 à Payerne. En noir: moyenne à long terme de la limite du zéro degré (1981-2010).



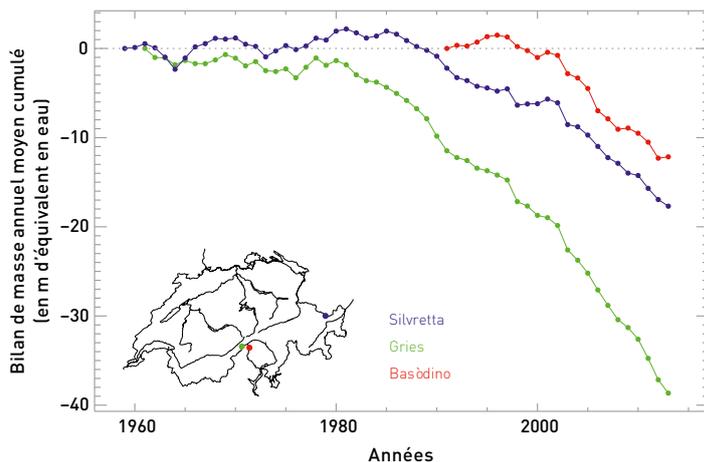
en longueur, huit n'ont pas varié, et onze glaciers ont enregistré une faible avancée. Sur plusieurs langues glacières, en particulier sur celles du Tessin, on trouvait en fin d'été encore des restes de névés. Ceux-ci ont empêché de procéder aux mesures, raison pour laquelle moins de glaciers que les années précédentes ont pu être mesurés. De plus, ces conditions ont aussi occasionné un nombre plus important de langues stationnaires, voire avec une légère avancée. Trois exceptions mises à part, les valeurs de recul vont de 100 mètres au Gamchigletscher/BE et au Vadret da Tschierva/GR jusqu'à une avancée de 11 mètres au Suvrettagletscher/GR. Près de la moitié des valeurs mesurées se situent entre -1 et -25 (voir tableau). Le graphique 4 présente l'évolution cumulative à long terme de la longueur d'une sélection de glaciers.

### Trois grandes langues se séparent

Les trois exceptions concernent l'Oberer- et l'Unterer Grindelwaldgletscher, ainsi que le Triftgletscher (tous BE). Leur forte valeur de recul est en relation avec leur évolution sur les quelque 20 dernières années. A cause de l'absence d'alimentation du glacier par les névés et une fonte importante, les glaciers se sont progressivement réduits. En 2013, le Triftgletscher et l'Oberer Grindelwaldgletscher se sont séparés sur un à-pic, alors qu'il ne reste de la langue recouverte de roche détritique que des blocs de glace éparpillés. L'extrémité active de la langue de ces trois glaciers a ainsi brusquement reculé considérablement (voir aussi le rapport sur la cryosphère 2010-11, «Les Alpes» 10/2012). Le moment d'un tel détachement est plutôt fortuit et la grosseur des morceaux



**Graphique 3:** Variations annuelles cumulées de la longueur (sur l'axe des y en m) de quelques glaciers montrant un comportement individualisé de réactions et d'adaptations au climat.



**Graphique 4:** Bilan de masse annuel moyen cumulé du Ghiacciaio del Basòdino, du Griesgletscher et du Silvrettagletscher.

## Éboulements dans le pergélisol

Le rapport de l'an passé (voir «Les Alpes» 7/2013) faisait état de l'important éboulement qui s'était produit sur le versant nord-est du Pizzo Cengalo, dans le Val Bondasca/GR. En été 2012, d'imposantes laves torrentielles avaient emporté des restes d'éboulis jusque dans la vallée, à Bondo. Dans la zone d'éboulement, on continue à observer des mouvements, et un nouvel épisode s'est produit l'automne dernier entre le Bügeleisen et le Pizzo Cengalo. Les autorités concernées ont pris les mesures qui s'imposaient. Le chemin reliant la Capanna di Sciora CAS à la Sasc Furä CAS et l'escalade au Bügeleisen sont déconseillés. Une surveillance des laves torrentielles depuis la vallée a été aménagée et le camping de Bondo a été déplacé. La zone d'éboulement continue à faire l'objet d'observations de la part des autorités et des instituts de recherche.

Le village de Herbriggen, dans la commune de St. Niklaus, dans le Mattertal, a aussi été touché en juin 2013 par plusieurs laves torrentielles dues à la fonte du pergélisol. Plusieurs pelles mécaniques ont dû y intervenir en permanence pendant quelques jours afin d'évacuer les masses rocheuses d'une coulée pour faire de la place à la sui-



Laves torrentielles du 17 juin 2013 au Gugla/Bielenzug. Bien visible: l'eau de fonte qui s'est écoulée à travers la couche de pergélisol du glacier rocheux. Photo: Reinald Delaloye

vante. Les habitants ont été évacués par mesure de précaution. Les laves torrentielles se sont déclenchées sur le front du glacier rocheux Gugla dans le Bielzug, à environ 2600 mètres, et formaient un volume de quelque 1000 m<sup>3</sup>. Ce glacier rocheux fait de longue date l'objet d'observations par l'Université de Fribourg. C'est surtout sa partie antérieure qui se meut à cause de sa situation en terrain abrupt. Elle avance à une vitesse de plusieurs mètres par année, soit nettement plus rapidement que les glaciers rocheux observés dans la cadre de PERMOS. La vitesse a également augmenté considérablement

durant ces dernières années, et une quantité importante de sédiments et de masses rocheuses sont acheminés vers le front abrupt. A cette accélération vient s'ajouter le fait que, début juin, l'épaisseur du manteau neigeux était encore largement supérieure à la moyenne et qu'une phase de canicule a provoqué une fonte extraordinaire de la neige. L'eau de fonte a finalement déclenché les laves torrentielles. Après quelques jours de températures plus fraîches et la disparition de la neige, la situation s'est à nouveau calmée, évitant que des dégâts plus importants ne se produisent.

## Variation de la longueur (en m) des glaciers dans les Alpes suisses en 2012/13

Nom/Canton	Diff.	Nom/Canton	Diff.	Nom/Canton	Diff.	Nom/Canton	Diff.
Albigna/GR	-16	Gelten/BE	n	Palü/GR	-18	Trift (Gadmen)/BE	-971
Allalin/VS	-13	Giétro/VS	-12	Paneyrosse/VD	2	Tsanfleuron/VS	-15
Alpetli (Kanderfirn)/BE	-53	Glärnisch/GL	4	Paradies/GR	1	Tschierva/GR	-95
Ammerten/BE	-1	Gorner/VS	-30	Paradisino (Campo)/GR	-9	Tschingel/BE	-17
Arolla (MontCollon)/VS	-4	Grand Désert/VS	n	Pizol/SG	-1	Tseudet/VS	-14
Basòdino/TI	n	Grand Plan Névé/VD	2	Plattalva/GL	-3	Tsidjiore Nouve/VS	-9
Bella Tola/VS	n	Gries/VS	-19	Porchabella/GR	-13	Turtmann/VS	-30
Biferten/GL	-13 <sup>2</sup>	Griess/UR	n	Prapio/VD	0 <sup>2s</sup>	Unteraar/BE	n
Blüemlisalp/BE	-38	Griessen/OW	n	Punteglias/GR	5	Unterer Grindelwald/BE	-1005
Boveyre/VS	n	Grosser Aletsch/VS	-14	Rhone/VS	-31	Val Torta/TI	n
Breney/VS	-69	Hohlaub/VS	-2	Ried/VS	-82	Valleggia/TI	n
Bresciana/TI	n	Hüfi/UR	n	Roseg/GR	-31	Valsorey/VS	-20
Brunegg (Turtmann)/VS	-2 <sup>2</sup>	Kaltwasser/VS	6	Rossboden/VS	x	Verstankla/GR	-13
Calderas/GR	-3	Kehlen/UR	-50	Rotfirn (Nord)/UR	-4	Vorab/GR	-24 <sup>2</sup>
Cambrena/GR	-6	Kessjen/VS	0	Rätzli/BE	n	Wallenbur/UR	-13
Cavagnoli/TI	n	Lang/VS	-19	Saleina/VS	-33	Zinal/VS	-42
Cheillon/VS	-12	Lavaz/GR	-15	SanktAnna/UR	-8		
Corbassière/VS	-22	Lenta/GR	-28	Sardona/SG	-20		
Corno/TI	x	Limmern/GL	-2	Scaletta/GR	0 <sup>s</sup>		
Croslina/TI	n	Lischana/GR	2	Schwarz/VS	x		
Damma/UR	-8	Lämmern/VS	-12	Schwarzberg/VS	-26		
Dungel/BE	n	Moiry/VS	-17	Seewjinen/VS	2		
Eiger/BE	-8	Moming/VS	-7	Sesvenna/GR	-7		
EnDarrey/VS	x	MontDurand/VS	-85	SexRouge/VD	1		
Fee/VS	5	Mont Fort (Tortin)/VS	3	Silvretta/GR	-24		
Ferpècle/VS	-26	MontMiné/VS	-29	Stein/BE	-54		
Fiescher/VS	x	Morteratsch/GR	-22	Steinlimi/BE	x		
Findelen/VS	n	Mutt/VS	n	Sulz/GL	3		
Firnalpeli (Ost)/OW	s	Oberaar/BE	n	Suretta/GR	11		
Forno/GR	-21	Oberaletsch/VS	n	Tiatscha/GR	-43		
Gamchi/BE	-96	Oberer Grindelwald/BE	-1850	Tiefen/UR	-29		
Gauli/BE	-1	Otemma/VS	-18	Trient/VS	-17		

### Abréviations

n = non observé  
s = langue glaciaire recouverte de neige  
x = valeur non déterminée  
Y<sup>2</sup> = lorsque la valeur indiquée s'applique à une durée de plusieurs années, l'exposant indique la nombre d'années.  
P. ex.: Biferten -13<sup>2</sup> = recul de 13 m en deux ans.

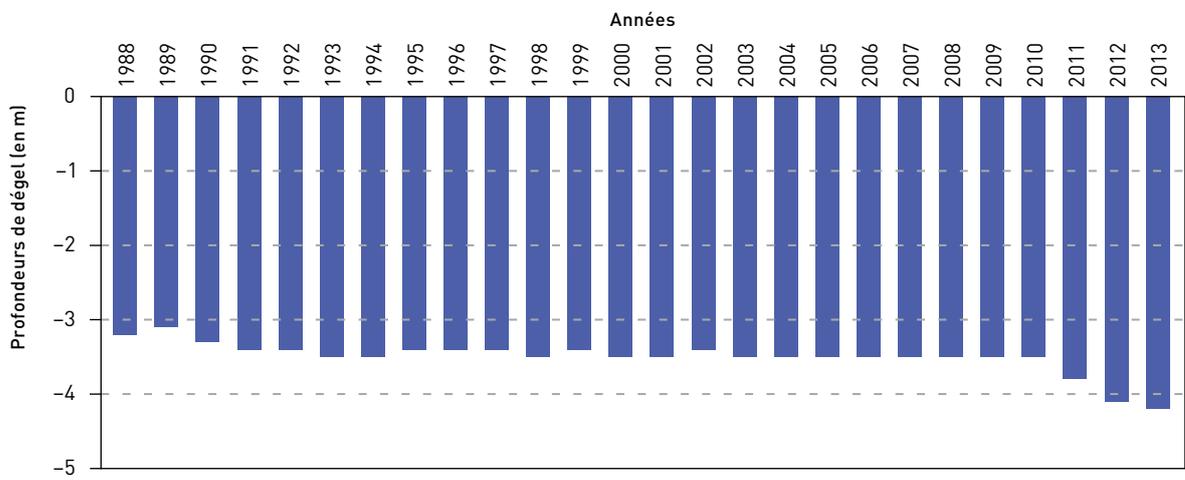
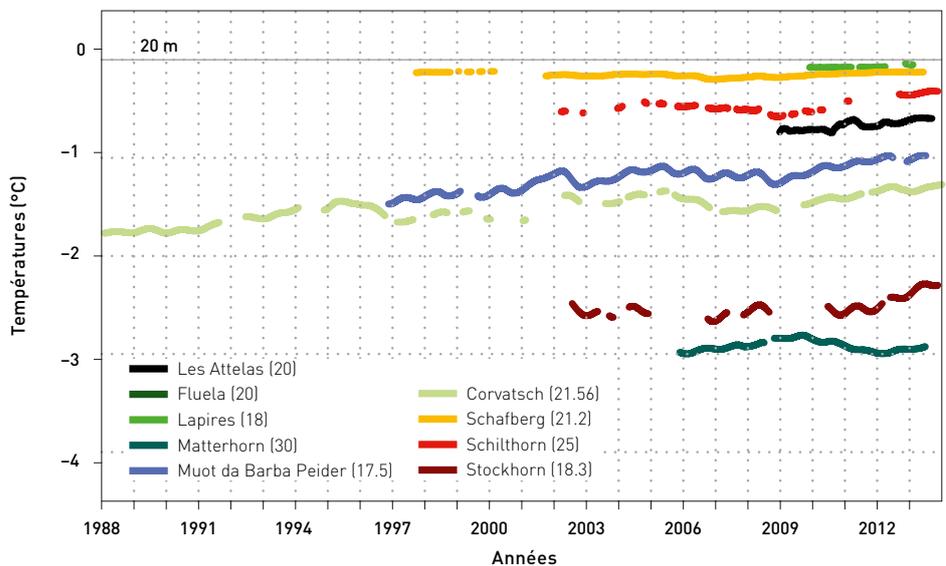
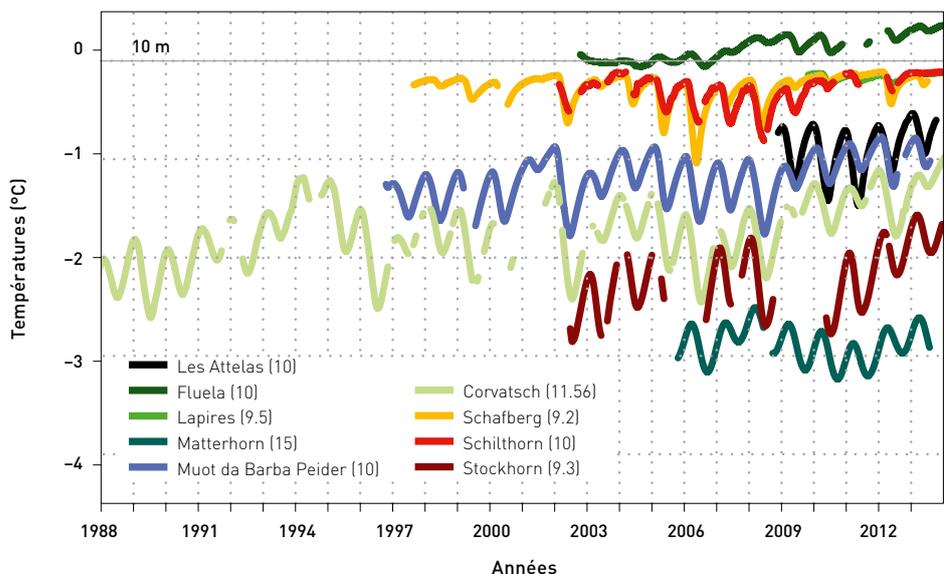
illustre la conséquence de l'action atmosphérique durant des décennies. Les avancées ne résultent toutefois pas d'un apport majeur de glace des névés, mais elles sont dues aux conditions météorologiques décrites ci-avant pendant la période sous revue, durant laquelle les dépôts de neige en marge des langues et la fonte réduite de leurs extrémités ont permis d'enregistrer des valeurs positives.

### Nocivité de la neige précoce sur le pergélisol

Durant la période 2012-13, pour la cinquième année consécutive, les données relatives à tous les secteurs de l'observation du pergélisol en Suisse par PERMOS présentent des conditions extrêmement chaudes, ceci malgré les différences importantes de conditions atmosphériques et d'enneigement. Les chutes de neige précoces de l'automne 2012 et l'épais manteau neigeux des mois d'hivers froids en 2013 ont isolé le sous-sol et, malgré les températures de l'air très basses, ont occasionné un hiver «chaud» à la superficie du sol. Le dégel tardif et le printemps froid n'ont ensuite pas pu compenser cela. A la fin de la période sous rapport, les températures se situaient légèrement au-dessus de la moyenne des 15 dernières années, intervalle entre-temps couvert par une série de mesures du pergélisol. En 2012, la plus longue série temporelle de mesures du pergélisol en montagne a cé-

## Mesure de la cryosphère en Suisse

L'observation de la cryosphère s'applique aux glaciers, à la neige et au pergélisol ([www.cryosphere.ch](http://www.cryosphere.ch)). Elle est coordonnée par la Commission d'experts pour la cryosphère (EKK-CEC). Les mesures d'enneigement sont réalisées par l'Office fédéral de météorologie et de climatologie ainsi que par l'Institut pour l'étude de la neige et des avalanches WSL-SLF, qui disposent de quelque 150 stations de mesure à cet effet. Les mesures sur les 115 glaciers sont réalisées par des représentants des hautes écoles, par les services forestiers cantonaux, les entreprises hydroélectriques ainsi que par des personnes à titre individuel ([glaciology.ethz.ch/swiss-glaciers](http://glaciology.ethz.ch/swiss-glaciers)). Le réseau de mesure de la cryosphère est géré par plusieurs hautes écoles ainsi que par le SLF. Il comporte 14 sites de mesure en forages ainsi que 12 sites de mesure des mouvements ([www.permos.ch](http://www.permos.ch)). L'évolution météorologique est suivie par l'intermédiaire des données de MétéoSuisse et du SLF.



**Graphiques 5a/5b:** Evolution de la température aux endroits de forage dans le pergélisol. Ci-contre en haut (5a), à une profondeur d'environ 9 à 15 mètres; en bas (5b), à environ 18 à 25 mètres. La profondeur de mesure en mètres est indiquée entre parenthèses pour chaque endroit.

**Graphique 6:** Profondeurs de dégel du pergélisol au forage de Corvatsch sur 25 ans.



Forages au glacier rocheux de Murtèl, au Corvatsch, pour l'aménagement en 1987 du premier forage dans le pergélisol en montagne. Photo: Daniel Vonder Mühl

lébré son 25<sup>e</sup> anniversaire: il s'agit d'un forage de 60 mètres dans le glacier rocheux de Murtèl, près de la station intermédiaire du Corvatsch (graphique 6).

L'augmentation des températures dans les forages à environ 10 mètres de profondeur, observée ces quatre dernières années, s'est aussi poursuivie dans la majeure partie des sites pour la période sous revue. Par endroits, les températures de ces deux dernières années s'avèrent les plus élevées jamais enregistrées à ce jour (graphique 5a). La série du Corvatsch-Murtèl, par exemple, n'a affiché des températures aussi élevées qu'au début des années 1990. Sur les autres sites, ce sont particulièrement les températures hivernales de ces cinq dernières années qui étaient supérieures à la moyenne et seulement légèrement en dessous du point de congélation. A des profondeurs de 20 mètres et plus, les variations saisonnières ne sont presque plus visibles, et les tendances sont moins perceptibles (graphique 5b). A ces profondeurs en de nombreux sites, on distingue une hausse de température, en particulier sur les sites plus froids, où le surplus d'énergie qui pénètre dans le sol n'est pas encore utilisé pour faire fondre la glace.

### Fonte plus en profondeur et diminution de la glace

Les profondeurs maximales de dégel estival sont, elles aussi, continuellement très importantes sur presque tous les sites observés ces derniers cinq ans, voire en partie nettement plus importantes que durant les dix dernières années. Durant ces trois dernières années, on a observé pour la première fois une augmentation de la couche de dégel de quelques décimètres sur le site de Corvatsch-Murtèl (graphique 6). Là, le sous-sol riche en glace a compensé durant une longue période les températures plus élevées avec l'énergie nécessaire à la fonte de la glace. Même pendant l'été caniculaire de 2003, on y a ob-

servé une couche de fonte plus importante. L'observation des variations du contenu en glace du terrain grâce au monitoring géoélectrique confirme cette tendance et les résistances électriques continuent à être inférieures à la moyenne. En particulier au Schilthorn près de Mürren, les valeurs atteignent pour la quatrième fois consécutive un record minimum. La diminution de la résistance est considérable sur l'entier de la profondeur du profil, laquelle est d'environ 10 mètres. D'une part, cela montre une diminution constante de la glace comme conséquence de la plus importante profondeur de dégel et, d'autre part, une proportion croissante d'eau non gelée dans le pergélisol comme conséquence de la température plus élevée de ce dernier.

Par rapport à l'année précédente, les vitesses de reptation des glaciers rocheux observés ont continué à augmenter: de +4% à l'Aget à +48% au Tsarmin. Dans l'évolution à long terme, on observe de grandes différences entre les différents sites. Avec l'augmentation des températures superficielles, la plupart des glaciers rocheux observés ont continuellement augmenté leur propre vitesse depuis 2006. Un second type de glacier rocheux a d'abord ralenti pendant deux ans pour ensuite accélérer durant ces deux dernières années. Ces différences illustrent un schéma spatial complexe, qui doit faire l'objet de recherches complémentaires. La question de l'influence de l'eau sur le mouvement des glaciers rocheux doit en particulier encore être élucidée.

### → Informations complémentaires

**Glaciers:** Andreas Bauder, 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 Nötzli, PERMOS, Université de Zurich, [info@permos.ch](mailto:info@permos.ch), 044 635 52 24