

Rapport sur la cryosphère suisse 2023/2024

Un rapport de la Commission suisse pour l'observation de la cryosphère (CSC) de la SCNAT

Malgré une abondance de neige: poursuite du recul des glaciers et du pergélisol dans les Alpes suisses

Matthias Huss^{1,2,3}, Christoph Marty⁴, Andreas Bauder^{1,2}, Jeannette Nötzli^{4,5}, Cécile Pellet³

¹ Laboratoire de génie hydraulique, d'hydrologie et de glaciologie (VAW), École polytechnique fédérale de Zurich (ETH)

² Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL

³ Département de géosciences, Université de Fribourg

⁴ WSL Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF, Davos-Dorf

⁵ Climate Change and Natural Hazards in Alpine Regions Research Center CERC, Davos-Dorf

Après les années extrêmes de 2022 et 2023, aucun répit n'est en vue pour la cryosphère suisse - neige, glaciers et pergélisol: malgré des quantités de neige exceptionnellement importantes durant l'hiver 2023/2024, les températures record de juillet et août, combinées à la poussière du Sahara, ont entraîné une perte de plus de 2 % du volume des glaciers. Combinées aux conditions déjà très chaudes de ces dernières années, les chutes de neige précoces ont favorisé de nouveaux records dans le pergélisol.



Glacier rocheux du Val Muragl au-dessus de Samedan (photo: J. Nötzli).

Météo et neige

Les conditions d'enneigement de l'hiver 2023/2024 ont été caractérisées par un contraste entre les montagnes et les vallées des deux côtés des Alpes: en dessous de 1400 m d'altitude, les hauteurs de neige étaient nettement inférieures à la moyenne, tandis qu'au-dessus de 2200 m d'altitude, elles étaient nettement supérieures à la moyenne. Cela était dû à d'importantes précipitations combinées à des températures élevées tout au long de l'hiver (Fig. 1). Les hauteurs de neige moyennes entre novembre 2023 et avril 2024 ont été parmi les plus élevées au-dessus de 2200 m au cours des 25 dernières années. La série de mesures de près de 90 ans sur le Weissfluhjoch (GR, 2540 m) au-dessus de Davos s'est classée sixième depuis le début des mesures en 1959, juste derrière 2017/2018 et 1998/1999.

Cependant, en raison des températures très élevées de juillet et août, la neige a rapidement disparu. Au Jungfrauoch, août 2024 a été encore plus chaud que lors des étés caniculaires de 2003 et 2022. La fonte de la neige en haute montagne n'a donc eu lieu que quelques semaines plus tard que d'habitude. Cette fonte rapide de la neige est aussi en partie due au dépôt de poussière du Sahara lors des situations répétées de barrage du sud pendant les mois d'hiver. En raison de la surface rendue ainsi plus sombre, la neige a absorbé davantage d'énergie solaire. De plus, aucune nouvelle chute de neige significative n'a été enregistrée entre mi-juin et mi-septembre, même à 3 000 m d'altitude. Ceci est un fait exceptionnel, mais qui est devenu de plus en plus fréquent ces dernières années.

À la mi-février 2024, seule de la neige artificielle était présente à 1 300 m d'altitude, dans le domaine skiable de Schwarzsee Kaiseregg, dans la région de Fribourg. (Photo: Webcam Schwarzsee Tourism)

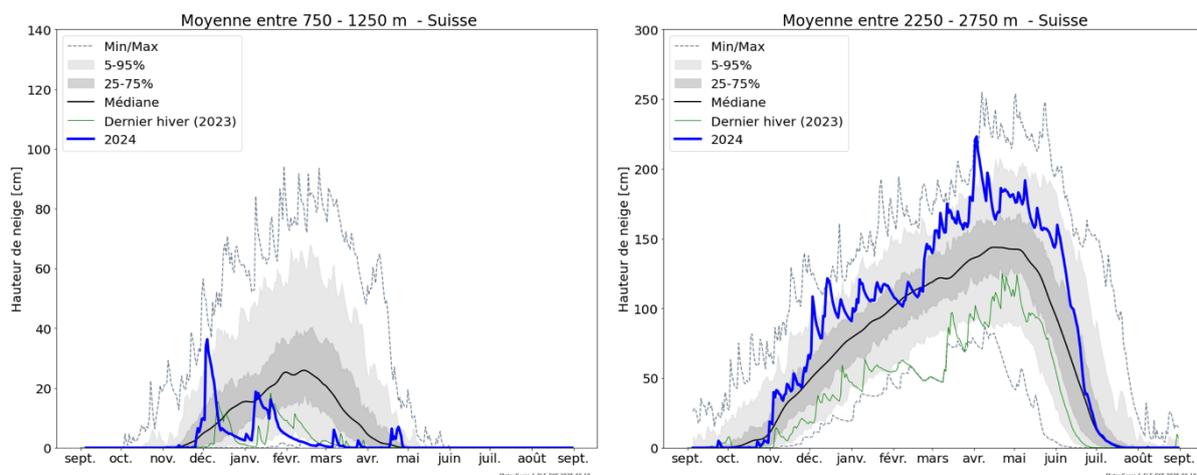


Figure 1: Évolution de la hauteur de neige modélisée sur la base de données en grille de 1 km pour l'ensemble de la Suisse à 1000 m d'altitude (à gauche) et à 2500 m d'altitude (à droite). La période 2023/2024 est en bleu, la médiane de l'évolution de la hauteur de neige entre 1962 et 2023 est en noir, la fourchette de variation normale est en gris foncé, les variations exceptionnelles sont en gris clair et les lignes pointillées indiquent les valeurs minimales et maximales pour chaque jour. Graphiques et données: MétéoSuisse et SLF.

Glacier

L'année 2023/2024 a également été marquée par des contrastes pour les glaciers suisses, comme le montrent les données du Réseau suisse d'observation des glaciers (GLAMOS) : les conditions étaient très favorables jusqu'en juin, grâce à un enneigement hivernal supérieur de 31 % à la moyenne et à un début d'été pluvieux et frais. La situation a brusquement changé avec l'apparition des premières conditions de plein été à la mi-juillet. L'épaisse couche de neige protectrice a rapidement disparu, en partie grâce à l'effet de la poussière du Sahara. En août, la plus importante perte de glace depuis le début des mesures a été enregistrée. Dans l'ensemble, les glaciers ont également perdu une masse importante au cours de l'année considérée.



Poussière du Sahara déposée sur la surface de vieille neige du glacier de Gries en août 2024 (Photo: M. Huss)

Au cours des années précédentes, 2022 et 2023, 10 % du volume restant des glaciers suisses a disparu - un record historique. Cette année, la perte de 2,3 % est également supérieure à la moyenne de la dernière décennie (Fig. 2). Si les importantes chutes de neige hivernales ont permis de limiter la perte de glace, elles ne l'ont pas compensée. Par exemple, sur le Claridenfirn (GL), à 2 900 m d'altitude, 6 mètres de neige ont été mesurés à la mi-mai, et cette neige a complètement disparu en septembre. Les glaciers situés à moins de 3 000 m d'altitude ont également été complètement découvert de neige durant l'été 2024, enregistrant des pertes allant jusqu'à 2 mètres d'épaisseur moyenne de glace (par exemple, le glacier du Giétro en Valais, le glacier de la Plaine Morte à Berne, le glacier de la Silvretta dans les Grisons). Pour les glaciers influencés par le sud, la perte a été un peu moins sévère grâce à des plus grandes chutes de neige régionales en hiver (par exemple, Ghiacciaio del Basòdino dans le canton du Tessin).

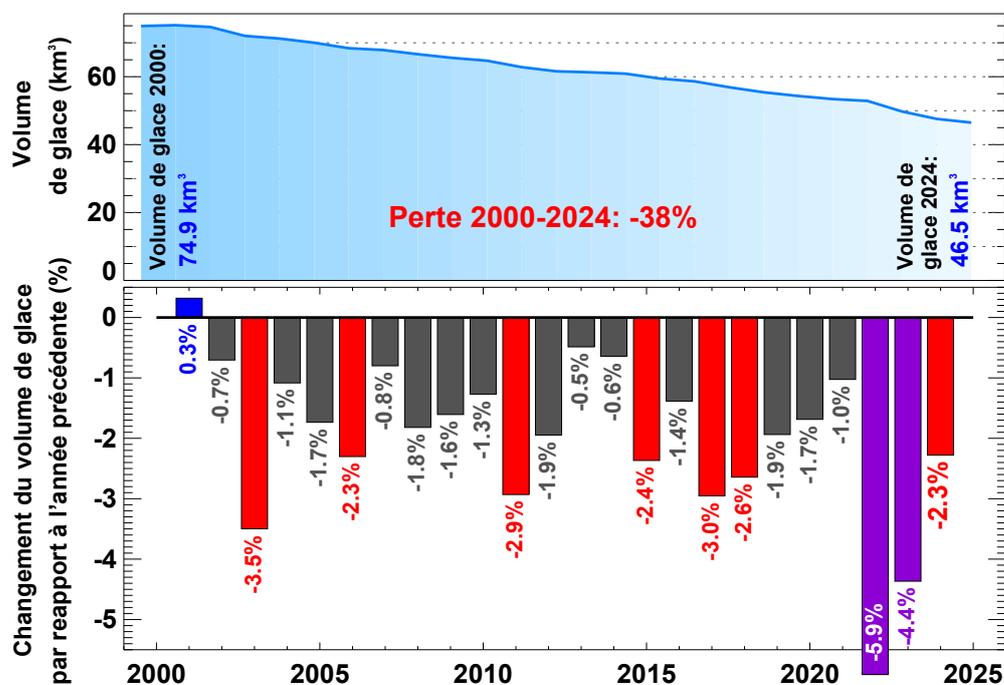
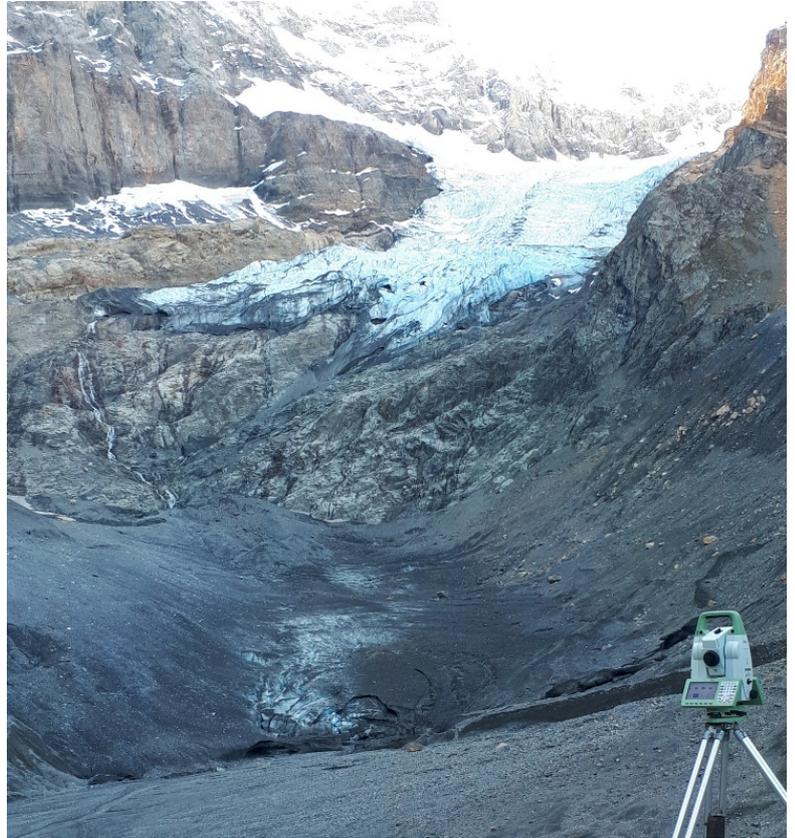


Figure 2 : Évolution du volume de glace de tous les glaciers suisses entre 2000 et 2024 (en haut). Changement relatif du volume de glace d'une année sur l'autre (en bas). Graphique et données : GLAMOS.

La perte continue de quantité de glace ces dernières années se reflète également dans la position de l'extrémité des glaciers. Les mesures effectuées à l'automne 2024 ont presque sans exception enregistré un nouveau recul. Plus de 90 % des valeurs mesurées se situaient entre -4 et -55 mètres. Le changement de loin le plus important a été observé au Bifertenfirn (GL) avec un recul d'environ -900 mètres. La langue plate du glacier a perdu le contact avec la zone d'accumulation sur une pente raide. Cela fait suite à l'évolution de ces dernières années, le glacier s'étant progressivement aminci et rétréci à cet endroit pendant plusieurs années. L'été dernier, l'extrémité de la langue du glacier s'est soudainement déplacée sur une grande distance. Une évolution accélérée telle que celle-ci a pu être observée presque chaque année sur différents glaciers au cours de ces dernières années. Cela montre que, contrairement aux mesures des chutes de neige hivernales et de la fonte estivale, l'évolution de la longueur des glaciers ne résulte pas directement des conditions météorologiques de l'année en cours, mais plutôt de leurs évolutions à long terme.



Le Bifertenfirn (GL) avec la langue actuelle sur l'escarpement raide en arrière-plan et l'ancienne extrémité plate du glacier recouverte de débris au premier plan. (Photo : HP. Klauser)

Pergélisol

Le pergélisol désigne tout matériau du sol dont la température reste inférieure à 0 °C pendant de nombreuses années. Dans les Alpes suisses on le trouve au-dessus d'environ 2500 m d'altitude dans les parois rocheuses et les éboulis. En Suisse, les mesures de l'évolution du pergélisol sont coordonnées depuis 25 ans dans le cadre du Réseau suisse d'observation du pergélisol (PERMOS).

Dans les premiers mètres du sol, les températures réagissent directement aux conditions météorologiques. Les chutes de neige précoces de l'automne 2023 ont entraîné des températures du sol très élevées, la couverture neigeuse ayant isolé le sol de la baisse des températures de l'air, l'empêchant ainsi de se refroidir au cours de l'hiver. Cependant, même aux endroits où une épaisse couche de neige ne s'est pas formée - par exemple sur les terrains trop escarpés ou exposés au vent -, les températures près de la surface sont restées très élevées en raison des températures de l'air élevées au cours de l'hiver 2023/2024. Jamais auparavant des valeurs aussi élevées qu'en 2024 n'avaient été enregistrées en février. Combiné à l'été chaud qui a suivi, cela a conduit à des températures moyennes annuelles près de la surface du sol supérieures à la moyenne. Sur environ un tiers des sites, de nouveaux records depuis le début des mesures il y a 25 ans ont été établis en 2024.



Affaissements du sol vraisemblablement causés par la perte de glace dans le sol ou par des mouvements croissants dans les environs de la station de mesure du pergélisol au Stockhorn au-dessus de Zermatt à environ 3400 m d'altitude (photo: C. Pellet).

Ainsi, à la fin de l'année hydrologique 2024, de nouveaux records de profondeur de la couche active – la couche superficielle du sol qui dégèle en été et regèle en hiver – ont également été enregistrés. Un exemple extrême est celui du Schilthorn (BE) où la couche active est passée de moins de 5 mètres en 1998 à plus de 13 mètres en 2022, et n'a finalement pas complètement regelé durant l'hiver 2023/2024. À cet endroit, le pergélisol est en voie de disparition et ne subsiste actuellement dans le sol qu'en dessous d'environ 15 mètres de profondeur.

En profondeur – dans le pergélisol à proprement dit, au-dessous la couche active – les températures réagissent avec un retard et de manière filtrée aux changements en surface. À 10 m de profondeur, les températures du pergélisol ont atteint de nouveaux records en 2024 dans les 14 forages (Fig. 3). Au cours des 10 dernières années, l'augmentation des températures à cette profondeur atteint jusqu'à $+0.8\text{ °C}$ ce qui est similaire à celle de la température de l'air. À 20 m de profondeur, le réchauffement a été moitié moins important au cours de la dernière décennie, et à des profondeurs encore plus grandes, seule une petite portion a pu être observée.

La plus forte augmentation des températures du pergélisol a été mesurée dans les zones rocheuses de haute altitude qui contiennent peu de glace (uniquement dans les pores et fissures de la roche). Là où le pergélisol est riche en glace et que sa température est proche de 0 °C , comme dans les éboulis et les glaciers rocheux, les variations de température sont faibles. À des températures légèrement inférieures à 0 °C , la glace du sol fond, ce qui nécessite de l'énergie et limite les changements de température durant le temps nécessaire à la fonte (plusieurs années). Les variations de la teneur en glace du pergélisol peuvent être détectées grâce aux méthodes géophysiques utilisées chaque année sur cinq sites d'étude. Sur tous ces endroits, on constate



Renouvellement d'un forage pour les mesures à long terme du pergélisol sur le glacier rocheux de Muragl en Haute-Engadine (Photo: J. Noetzli)

au cours des 25 dernières années une augmentation continue de la teneur en eau liquide et donc une diminution de la teneur en glace du sol.

Lorsque les matériaux meubles (débris rocheux) contiennent beaucoup de glace, ils peuvent se déformer sous l'effet de la gravité et former ce que l'on appelle des glaciers rocheux qui se déplacent vers l'aval. Les 18 glaciers rocheux étudiés ont connu une accélération progressive au cours des 20 dernières années en réponse à la hausse des températures du pergélisol et aux changements associés de la teneur en eau et en glace (Fig. 3). En 2023/2024, la vitesse des glaciers rocheux a augmenté en moyenne de 39% par rapport à l'année précédente. Malgré des fluctuations considérables selon les années et les sites, les plus longues séries de mesure montrent une augmentation significative de la vitesse, passant de quelques décimètres par an au début des années 1990 à plusieurs mètres par an aujourd'hui.

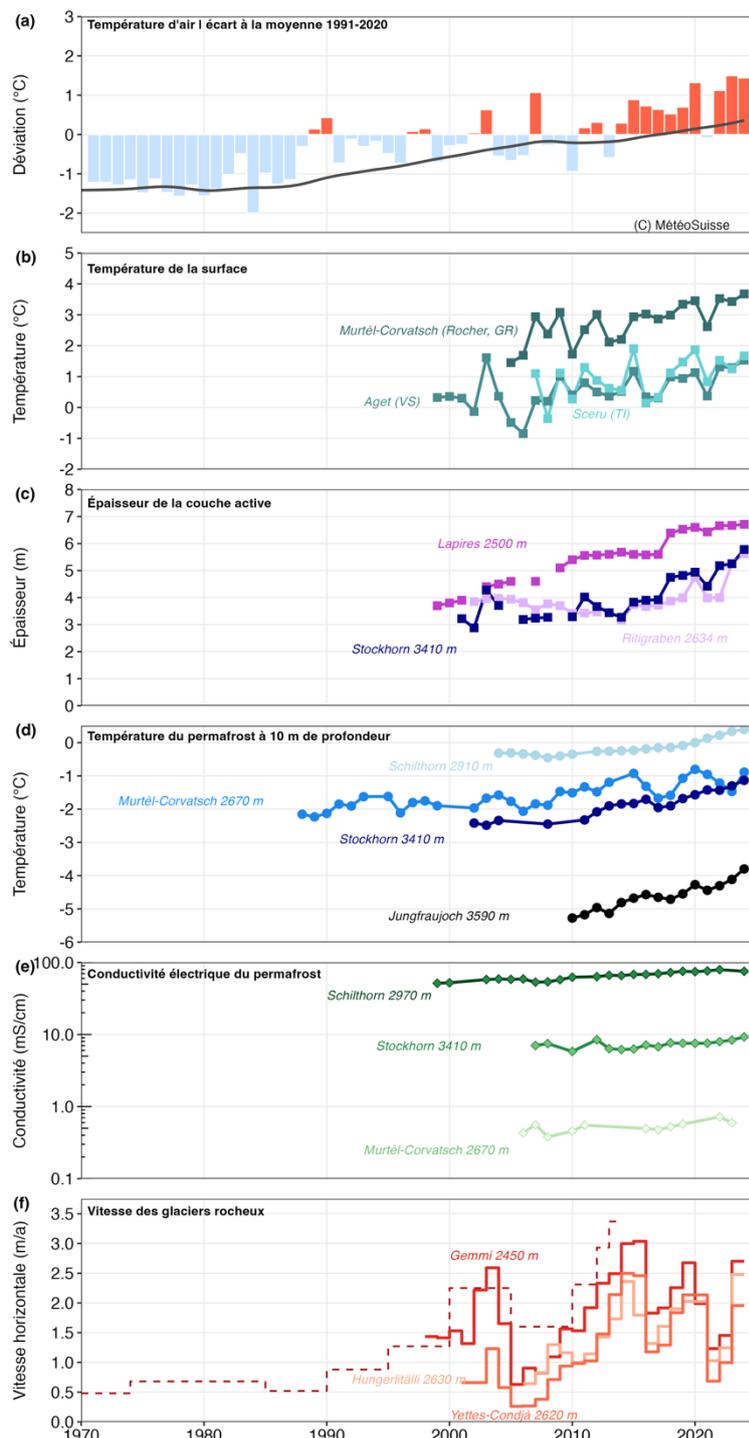


Figure 3: Évolution du pergélisol dans les Alpes suisses au cours des dernières décennies selon les différents paramètres mesurés: (a) Écart annuel de la température de l'air par rapport à la période standard 1961-1990 (données: MétéoSuisse), (b) températures annuelles de surface, (c) épaisseur de la couche active, (d) températures annuelles du pergélisol à une profondeur de 10 mètres, (e) conductivité électrique dans le pergélisol et (f) vitesse des glaciers rocheux.



Des glaciologues replacent une balise de mesure sur le glacier de Gries (Valais). Un réseau de balises réparties sur toute la surface du glacier, comme sur à droite de l'image, permet de déterminer la fonte (Photo : M. Huss)

Réseaux de mesure de la cryosphère en Suisse

L'observation de la cryosphère englobe la neige, les glaciers et le pergélisol. La Commission d'observation de la cryosphère (CSC) de la SCNAT coordonne les observations et les réseaux de mesure. Les mesures de la neige, des glaciers et du pergélisol sont effectuées par divers offices fédéraux, offices cantonaux des forêts, instituts de recherche du domaine des EPF, universités et hautes écoles. Elles comprennent environ 150 stations de mesure de la neige (www.slf.ch, www.meteoschweiz.admin.ch). Des mesures sur environ 120 glaciers sont effectuées dans le cadre du Réseau suisse de surveillance des glaciers (GLAMOS) (www.glamos.ch). Le réseau suisse d'observation du pergélisol (PERMOS) comprend environ 30 sites où sont effectuées des mesures de la température du pergélisol, de la teneur en glace et de la vitesse des glaciers rocheux (www.permos.ch).

Remerciement

Les mesures à long terme de la cryosphère suisse sont soutenues financièrement par l'Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse, dans le cadre de GCOS Suisse, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et l'Académie suisse des sciences naturelles SCNAT.



Scuola universitaria professionale
della Svizzera italiana

