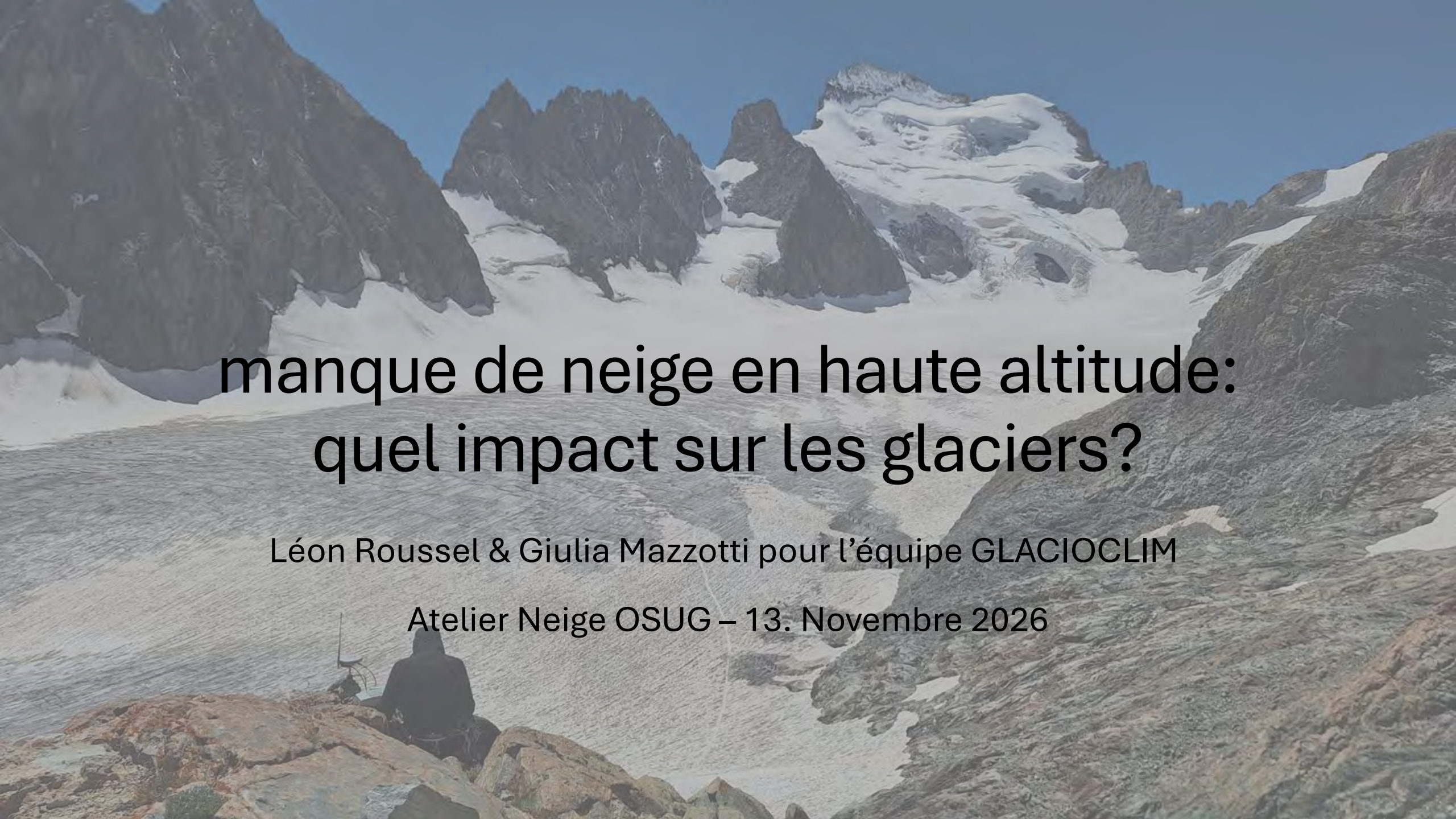


manque de neige en haute altitude: quel impact sur les glaciers?

Léon Roussel & Giulia Mazzotti pour l’équipe GLACIOCLIM

Atelier Neige OSUG – 13. Novembre 2026



Un peu de contexte … humain

Un grand merci !

Emmanuel Thibert

Mylene Bonnefoy-Demongeot

Delphine Six

Fanny Brun

Marion Réveillet

Victor Ramseyer

Firmin Fontaine

Bruno Jourdain

Olivier Laarman

Matthias Huss

Parc National des Ecrins

… et toutes les 'petites mains' qui contribuent à ce travail

Un peu de contexte … scientifique

Recul des glaciers alpins dû au réchauffement climatique

Ex. Glacier du St. Sorlin



Vincent et al. 2023, La Météorologie

Un peu de contexte … scientifique

Recul des glaciers alpins dû au réchauffement climatique

Glacier Loss Day *(Voordendag et al., 2023):*

« a near-real-time gross but expressive indicator for a glacier's state of "illness" »

« The earlier the GLD is reached, the higher the probability of massive mass loss. »

Swiss glaciers have exhausted their snow reserves

by Stephanie Kusma, ETH Zurich

edited by Lisa Lock, reviewed by Andrew Zinin Editors' notes

The GIST Add to Preferred Sources



The ice cave at the Vadret da Morteratsch (GR) is enormous, but unstable due …

From June 29 onward, Switzerland's glaciers will have exhausted their snow reserves. Every liter of meltwater now causes them to lose mass—this is Glacier Loss Day. Between

www.baug.ethz.ch, 26.06.2026

Un peu de contexte … scientifique

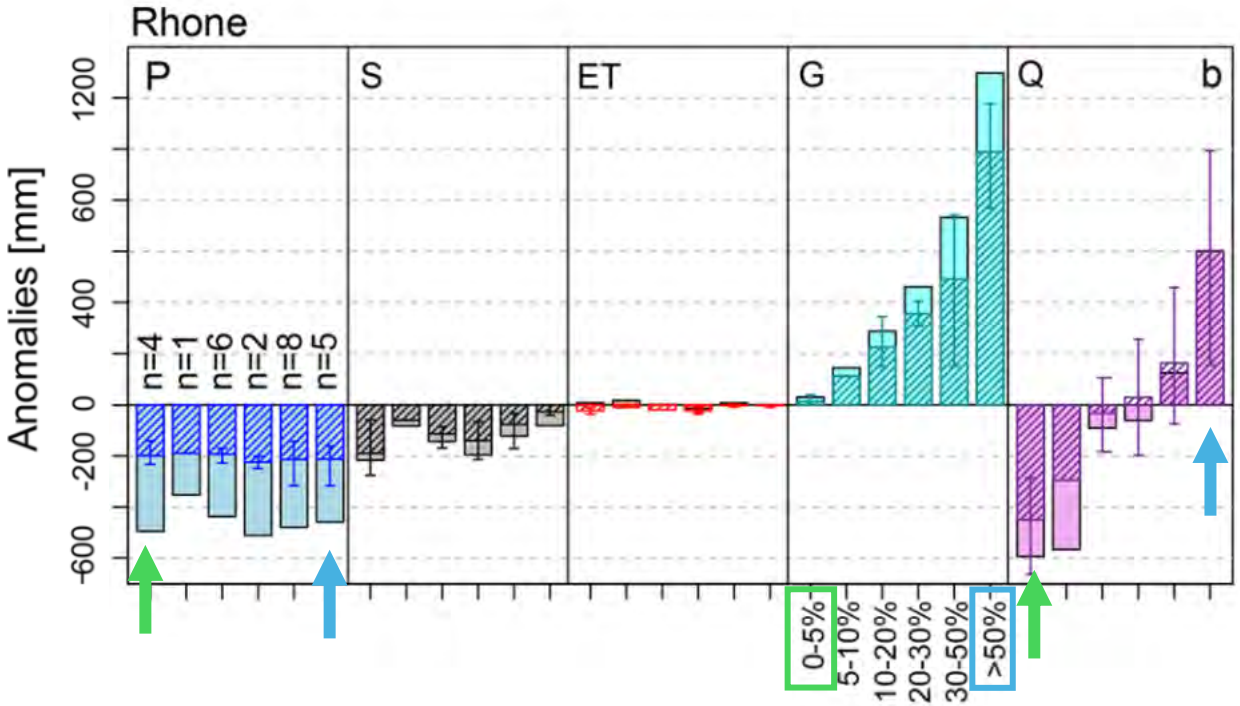
Évolution de la ressource en eau en montagne

Sécheresse nivale hiver 2022

Comportements contrastés de différents sous-bassins du Rhône

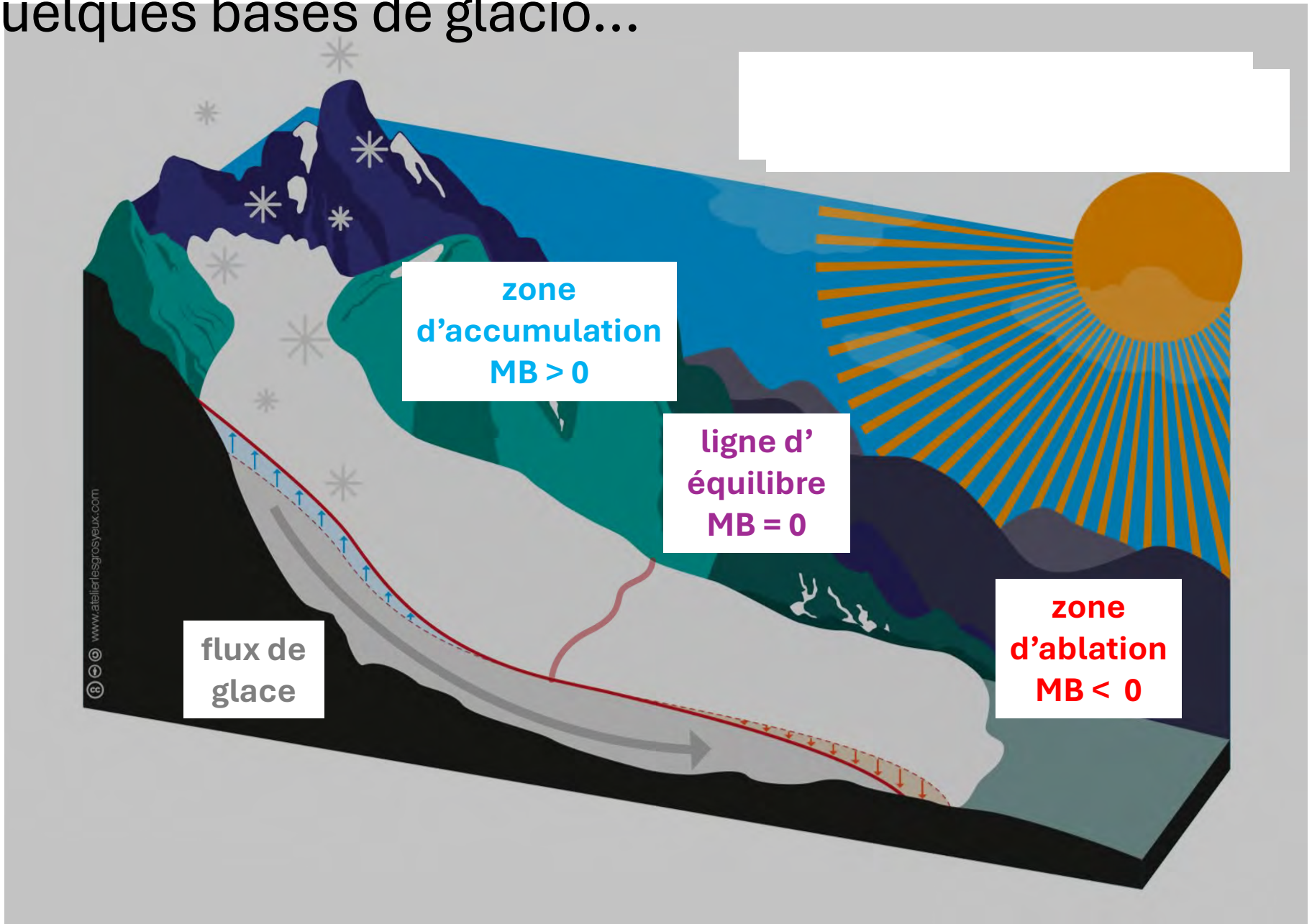
Surcompensation du déficit de précipitation par la fonte glaciaire

Quel impact d'un manque de neige?



Van Tiel et al. 2026, HESS

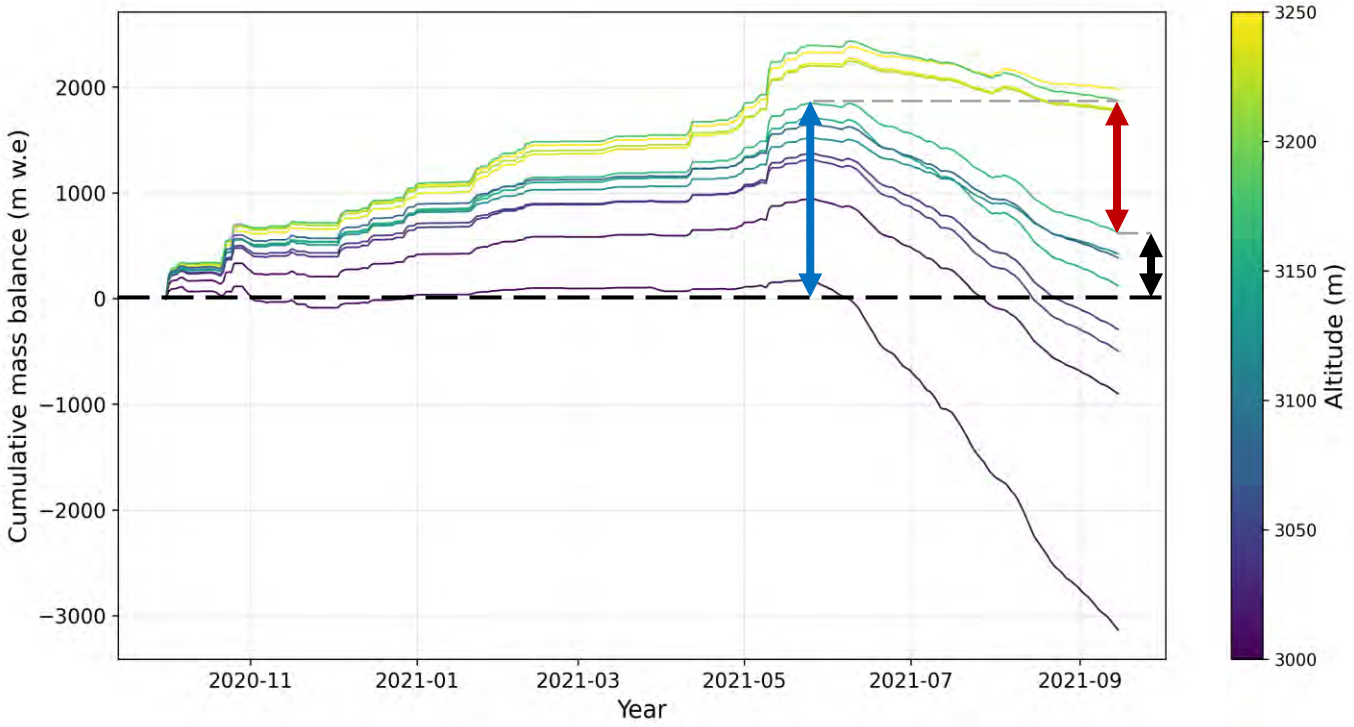
Quelques bases de glacio...



images: Open Global Glacier Model

Quelques bases de glacio…

Évolution du bilan de masse au cours d'une année hydrologique
(reconstruction à l'échelle journalière)



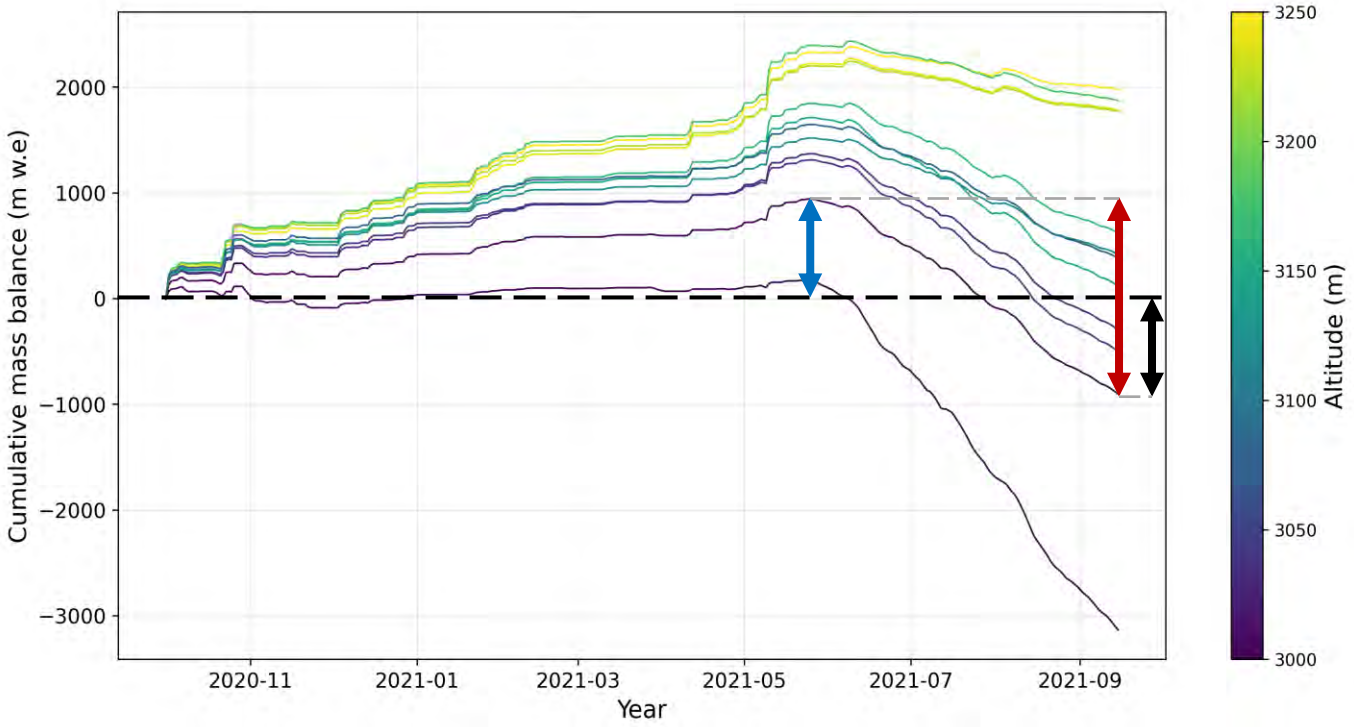
Annual mass balance:

Zone d'accumulation
WMB* + *SMB* > *0

Griffaton 2026, stage M2

Quelques bases de glacio…

Évolution du bilan de masse au cours d'une année hydrologique
(reconstruction à l'échelle journalière)



Annual mass balance:

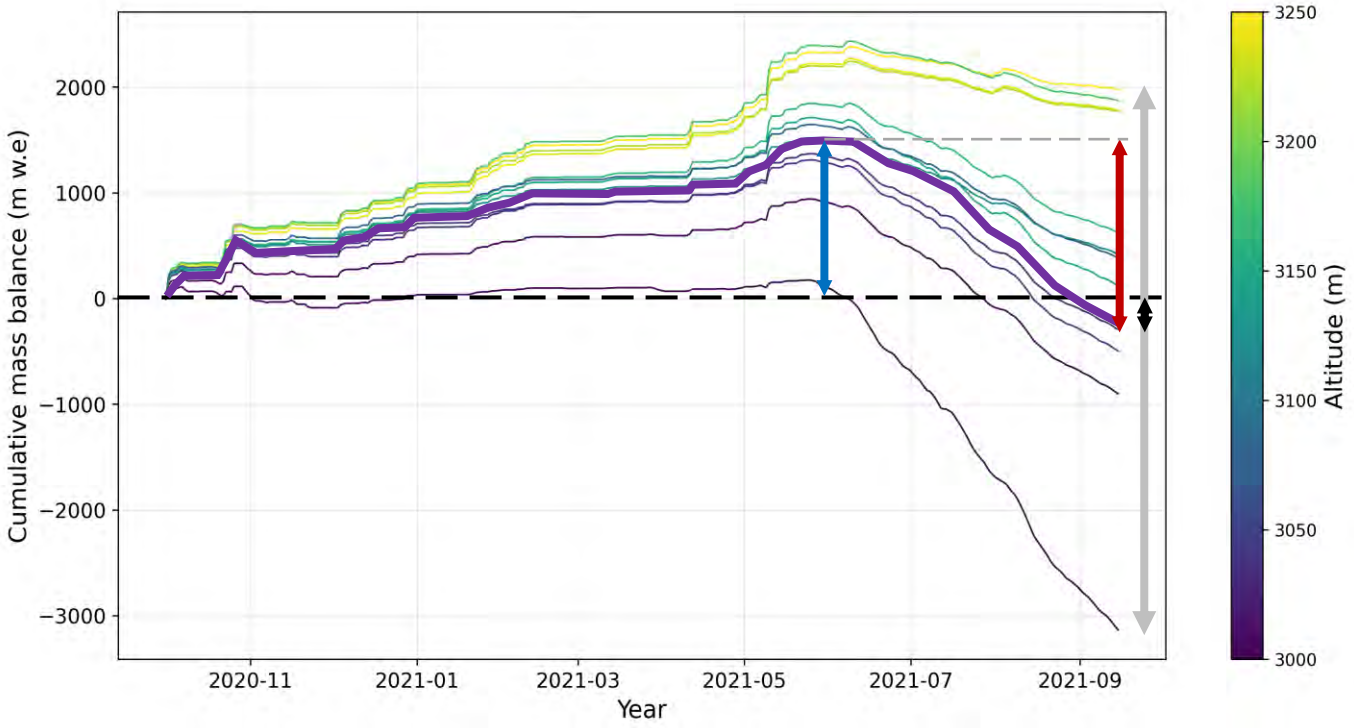
Zone d'accumulation
WMB* + *SMB* > *0

Zone d'ablation
WMB* + *SMB* < *0

Griffaton 2026, stage M2

Quelques bases de glacio…

Évolution du bilan de masse au cours d'une année hydrologique
(reconstruction à l'échelle journalière)



Griffaton 2026, stage M2

Annual mass balance:

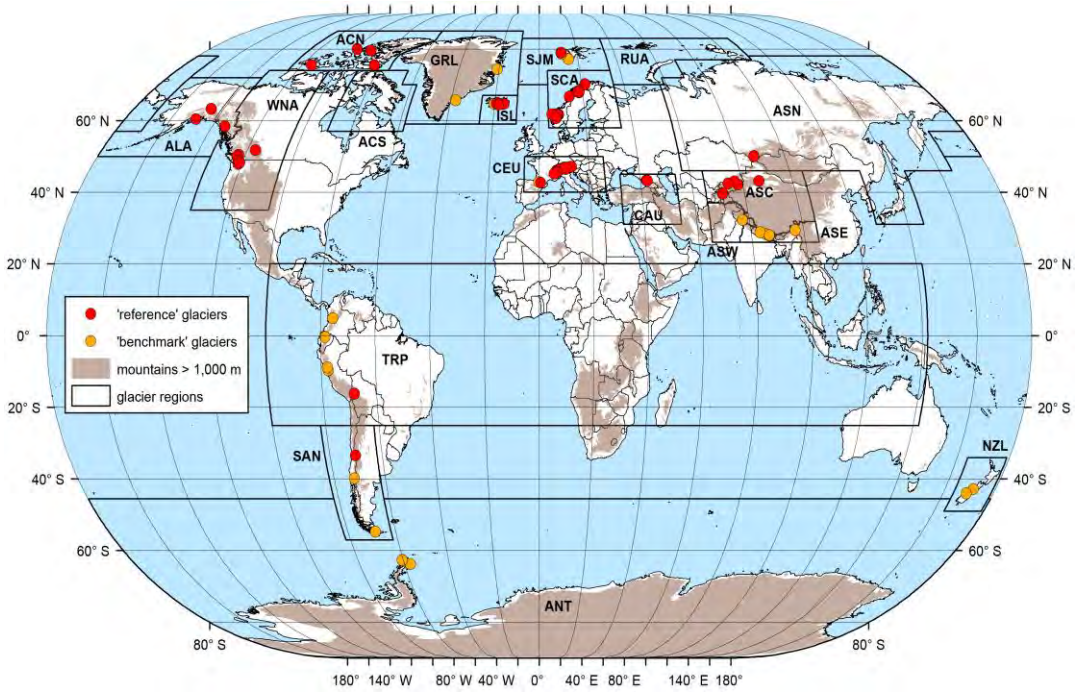
Zone d'accumulation
WMB* + *SMB* > *0

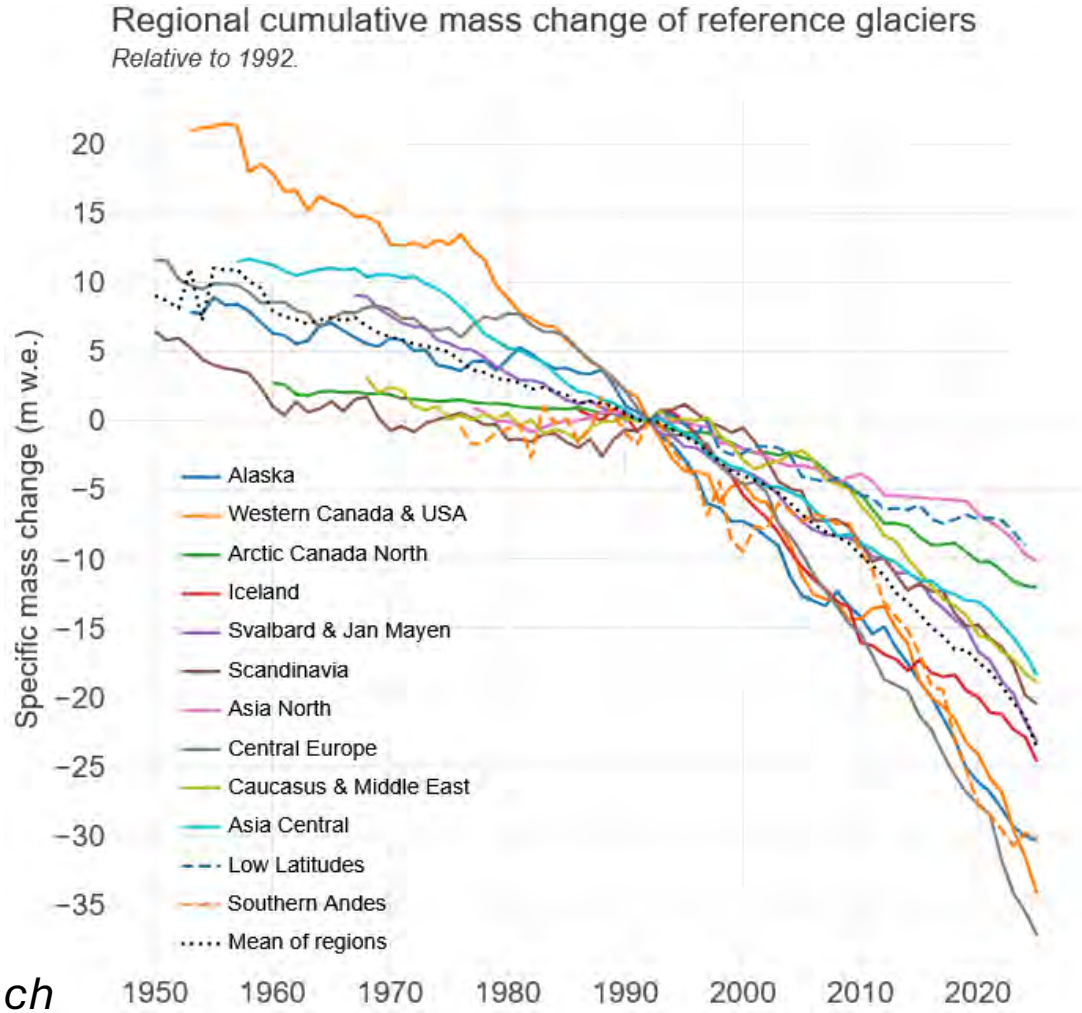
Zone d'ablation
WMB* + *SMB* < *0

glacier-wide values
inter-/extrapolation, model

Un suivi mondial des glaciers

Glacier mass balance: an Essential Climate Variable





Évolution sur le long terme quantifiée par le bilan de masse annuel

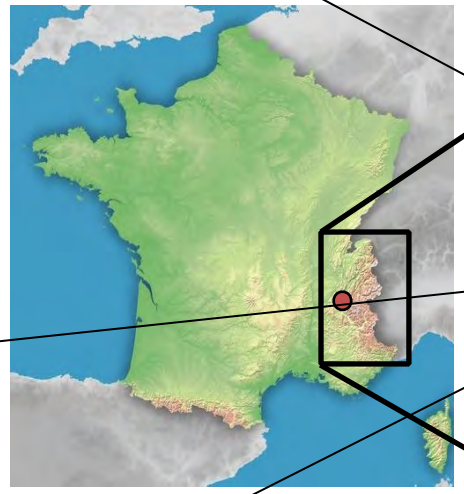
www.wgms.ch

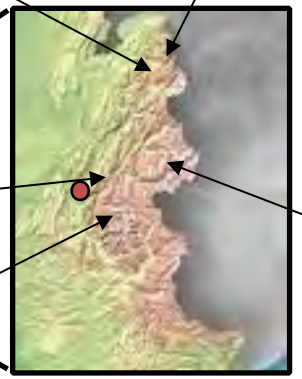
En France: Service National d'Observation GLACIOCLIM



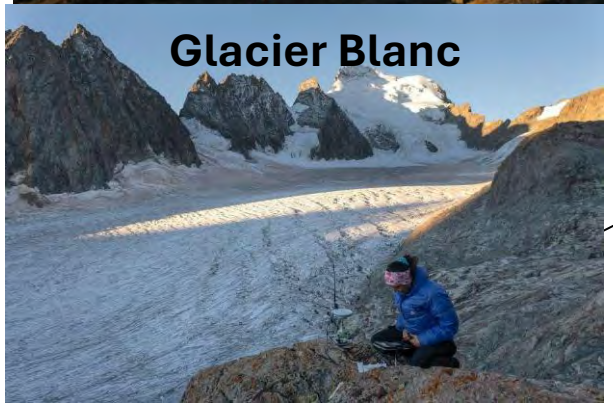








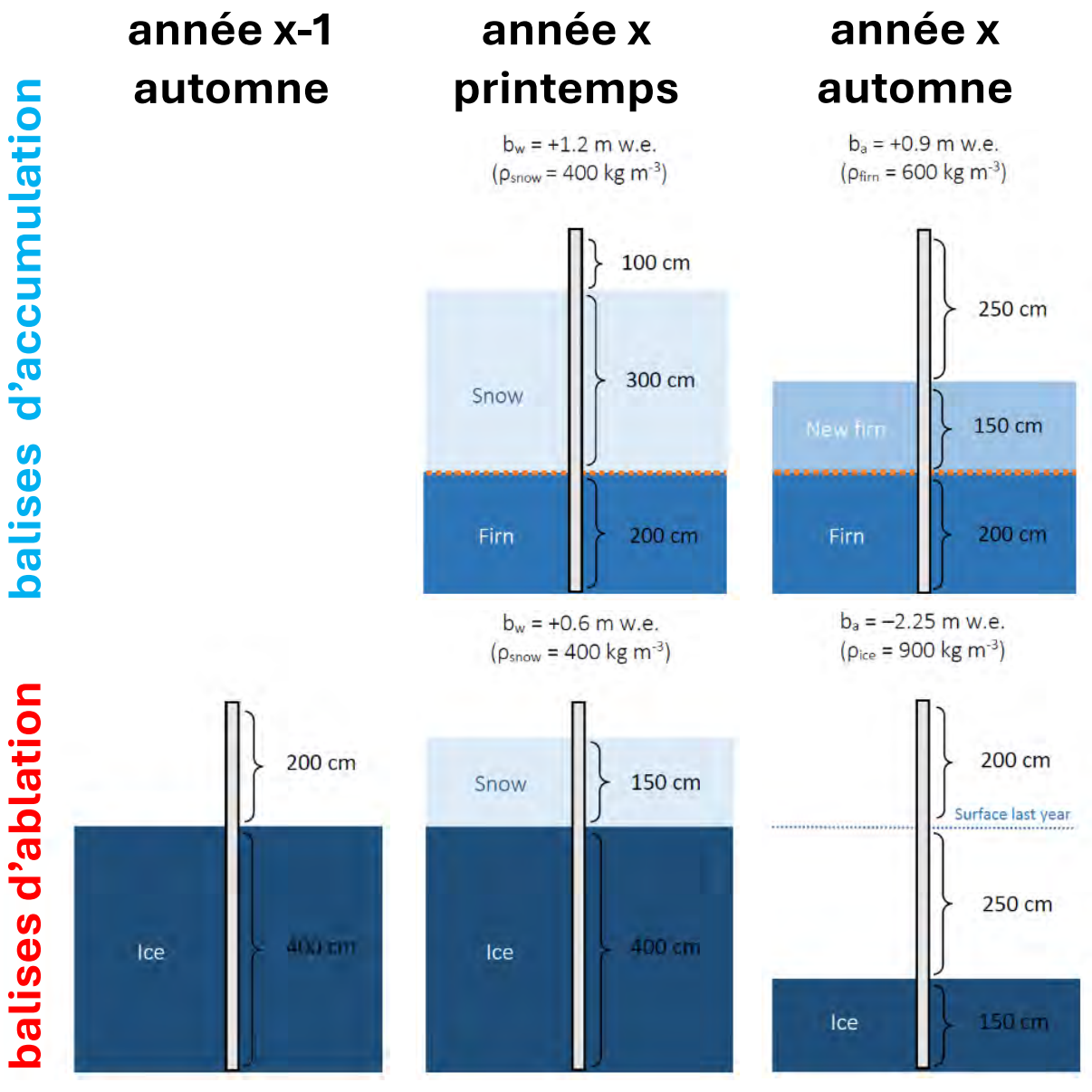




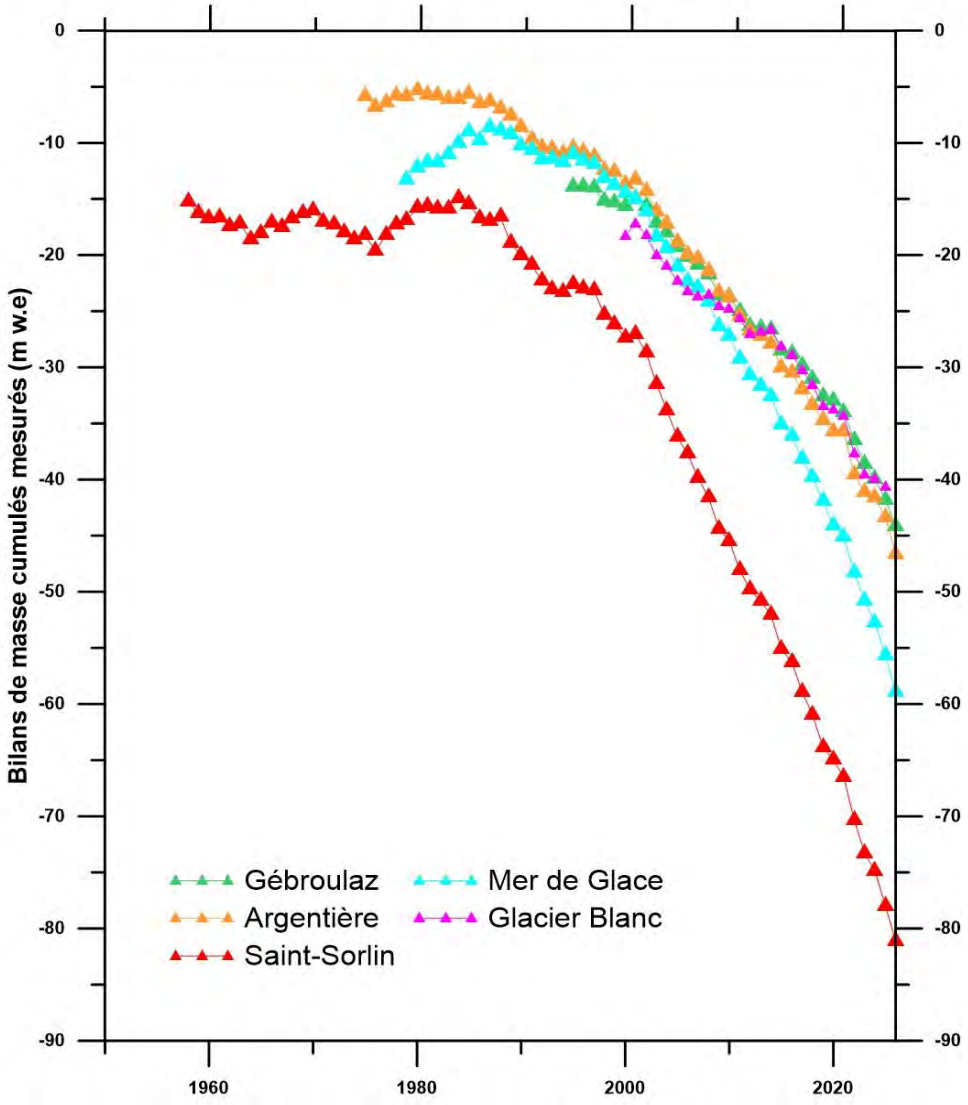
Longues séries, séries continues, nb. de glaciers limité, plusieurs visites par an (winter & annual mass balance)

Mesure du bilan de masse par la méthode glaciologique





Les séries temporelles GLACIOCLIM



La figure la plus connue: une perte de masse qui s'accélère dans les années 2000

2022 : année record pour la fonte des glaciers français

Le recul des glaciers de montagne et leur perte de masse constituent sans doute un des éléments les plus évidents et les plus visibles du changement climatique en cours. Les glaciers sont souvent décrits comme des icônes du changement climatique en montagne.

« Un hiver déficitaire en neige à haute altitude »
« Un printemps sec et précoce »
« Un été long, sec et chaud qui s'éternise en arrière-saison »

Et les données d'accumulation?

Six et al. 2023, la Météorologie

La neige sur les glaciers, ce n’est pas si simple!

- Des processus complexes



- Des incertitude sur les réanalyses

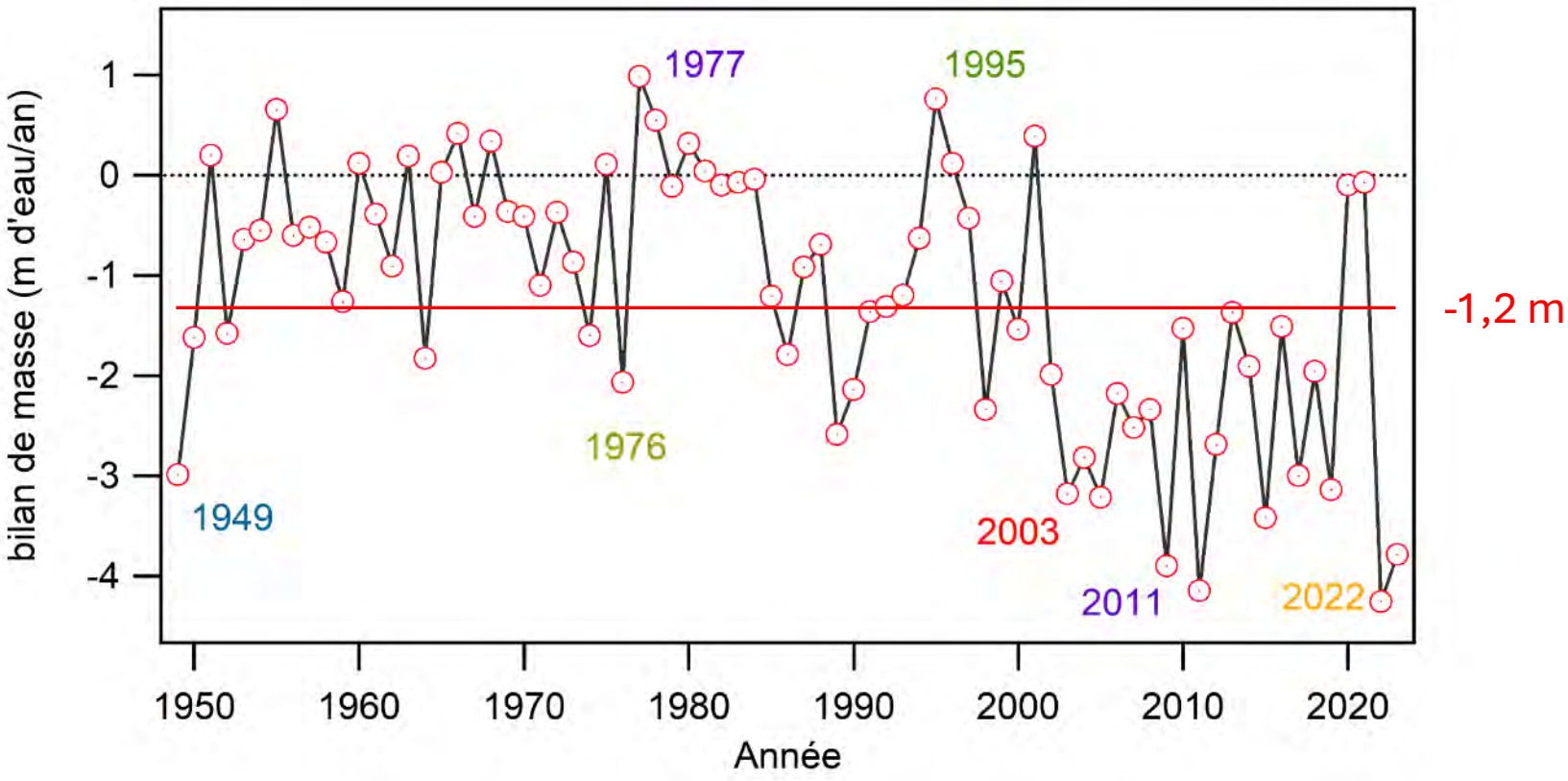
  « SAFRAN precipitation data systematically underestimated the winter SMB of French alpine glaciers at high elevation » *(Roussel et al. 2025, The Cryosphere)*

- Des observations difficiles

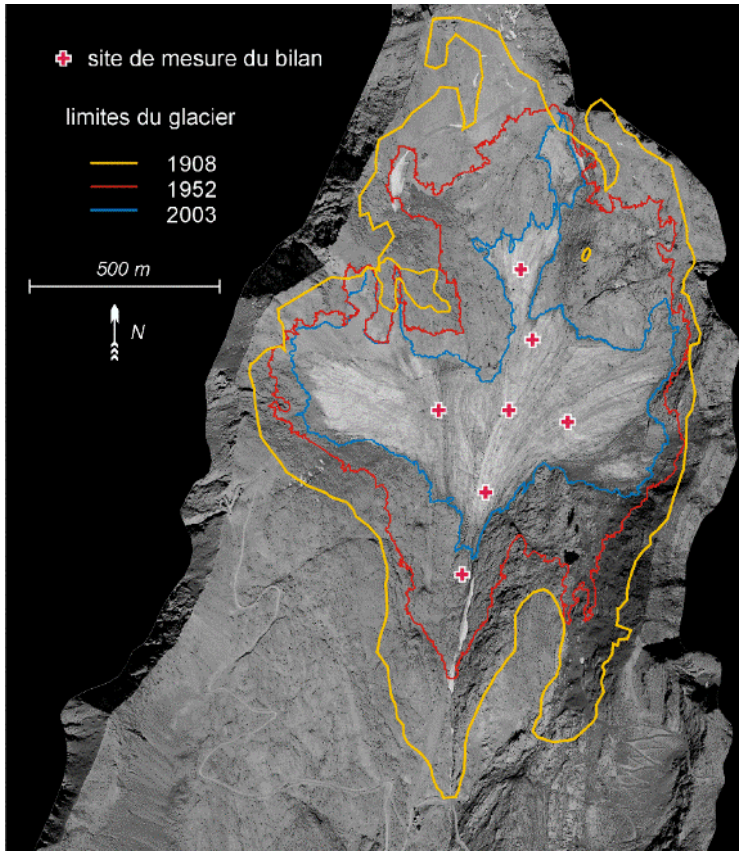


Quel lien entre accumulation et bilan annuel?

Glacier de Sarennes



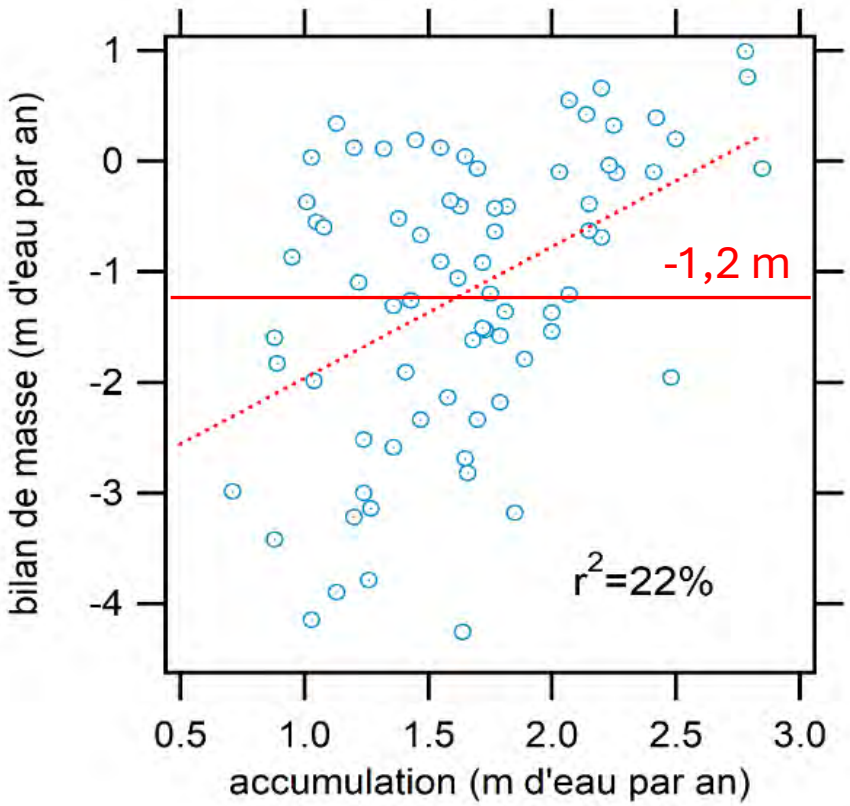
-1,2 m

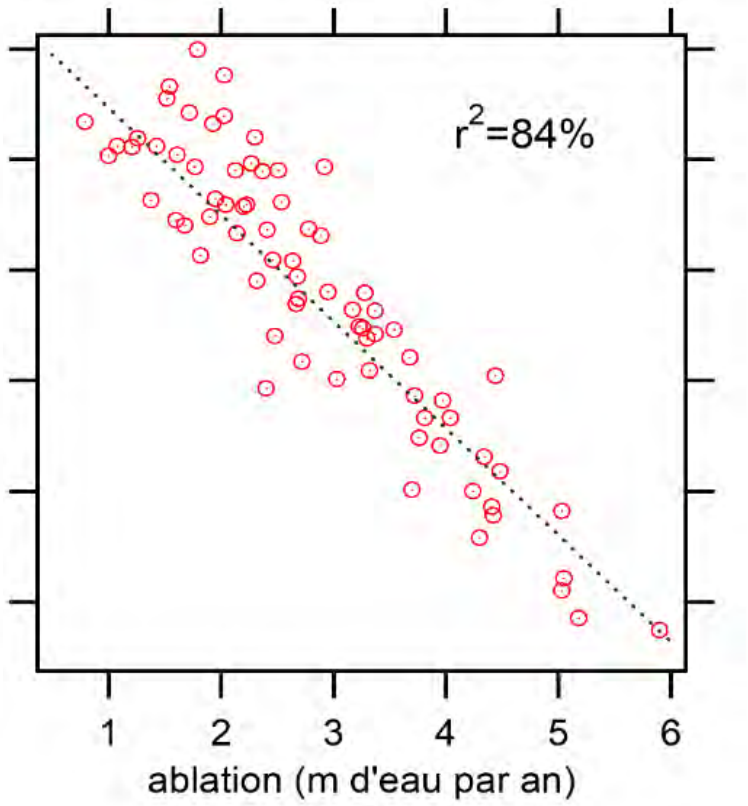


Thibert et al. 2025, Colloque PNE

Quel lien entre accumulation et bilan annuel?

Glacier de Sarennes





Bilan annuel fortement contrôlé par la fonte, impact mineur de l'accumulation

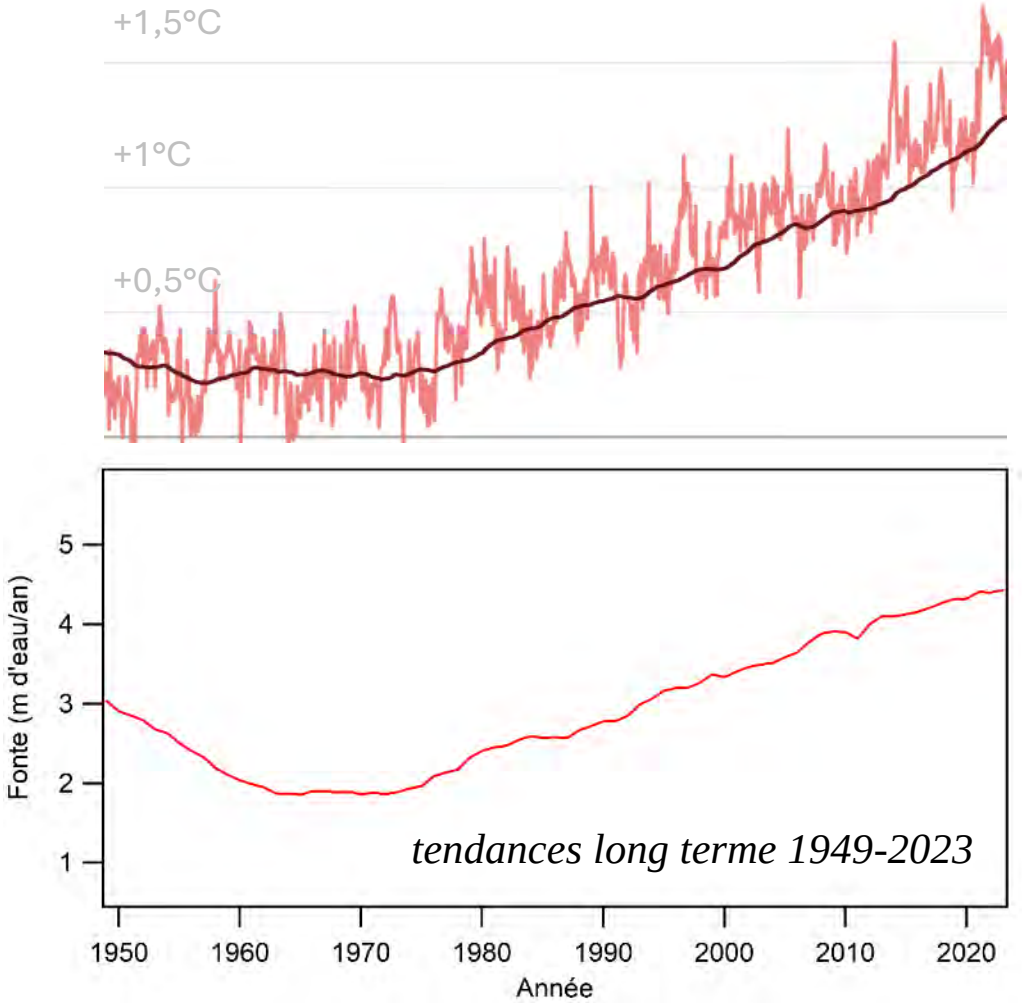
Thibert et al. 2025, Colloque PNE

Quel lien entre accumulation et bilan annuel?

Glacier de Sarennes

Fort lien entre tendances de températures atmosphériques (positives) et fonte

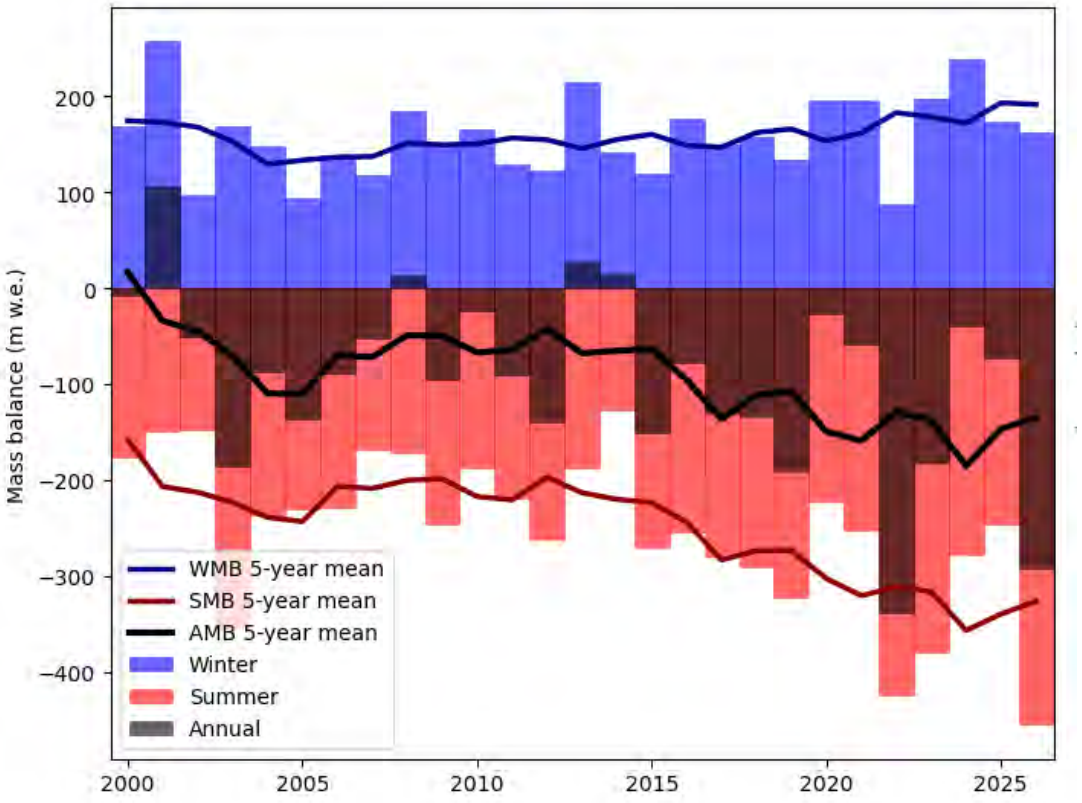
Intensification de la fonte et allongement de la période de fonte

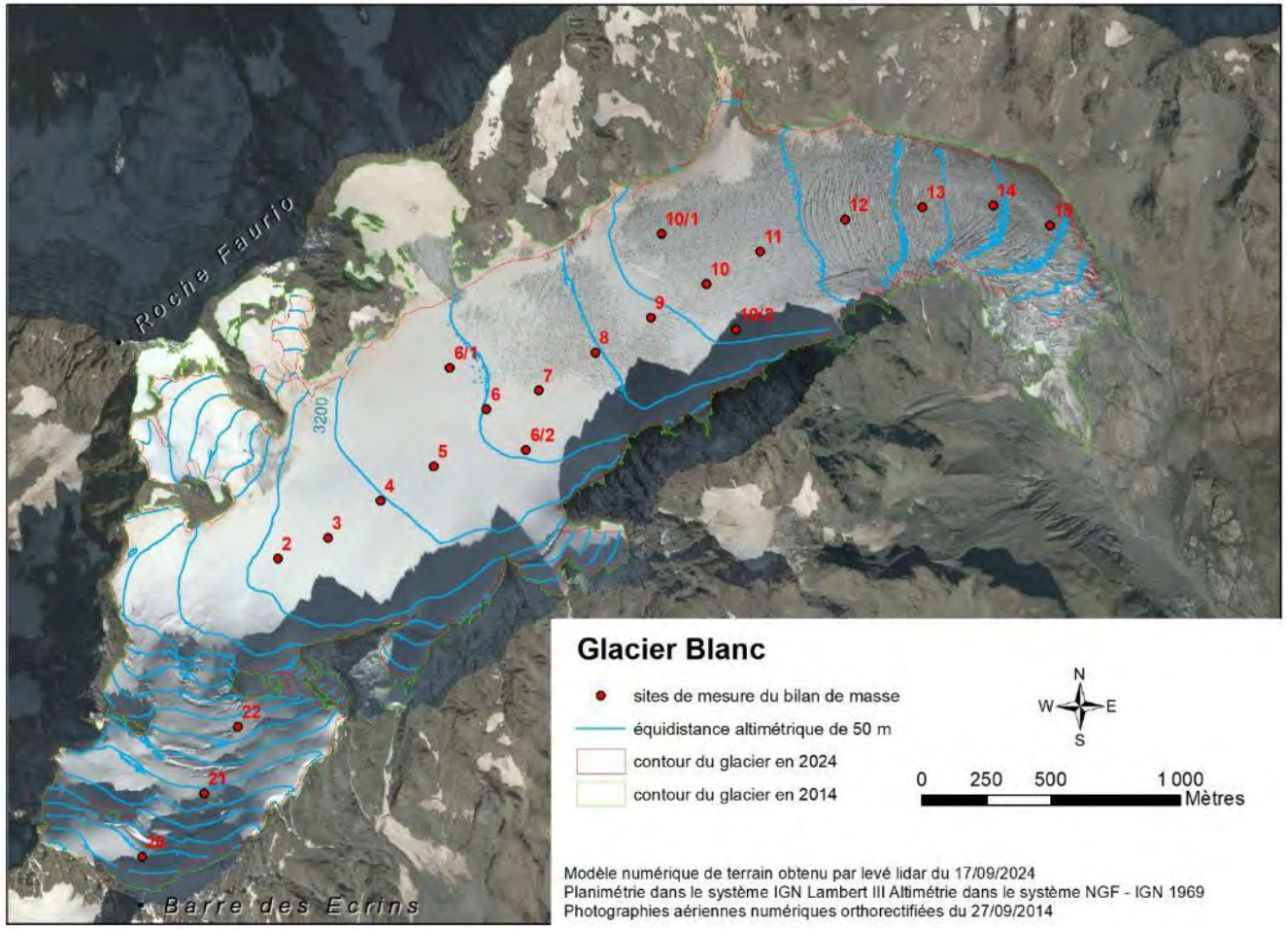


Thibert et al. 2025, Colloque PNE

Quel lien entre accumulation et bilan annuel?

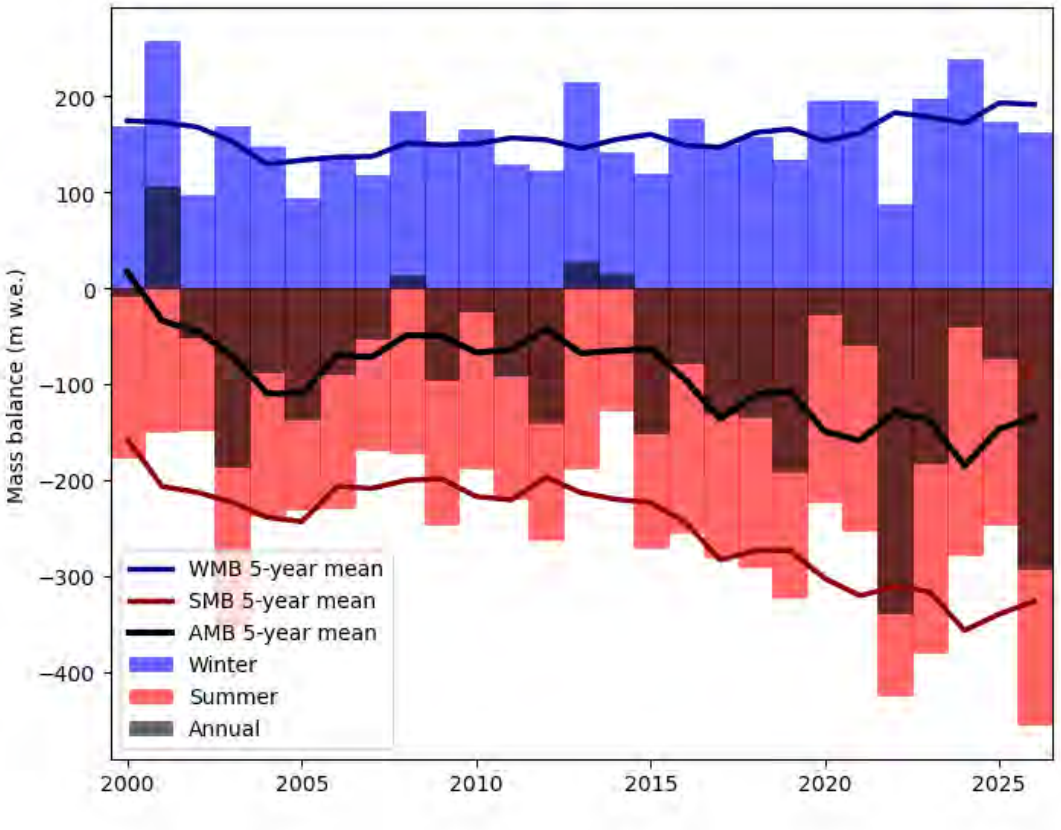
Glacier Blanc

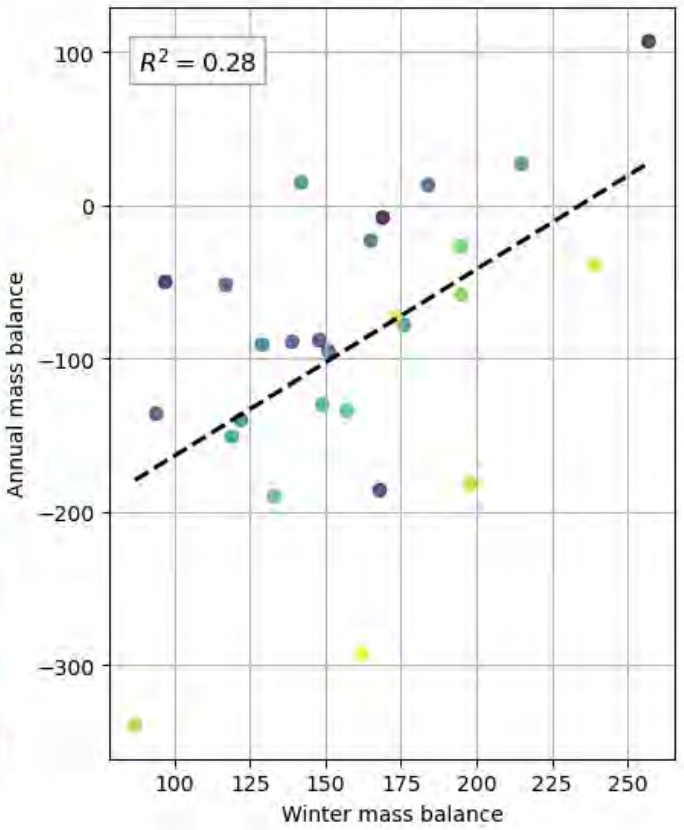


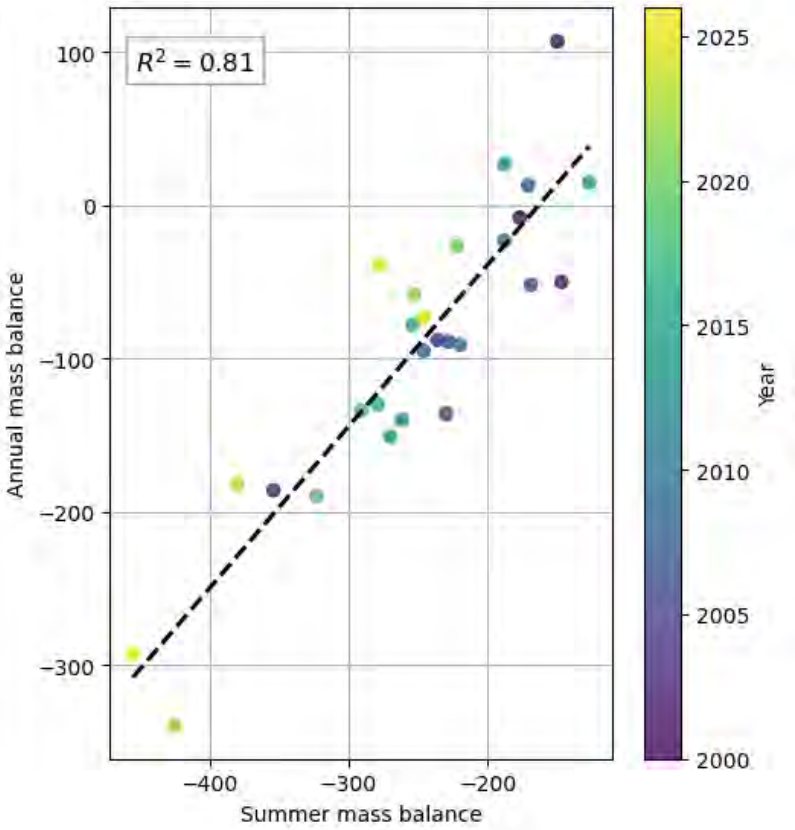


Quel lien entre accumulation et bilan annuel?

Glacier Blanc

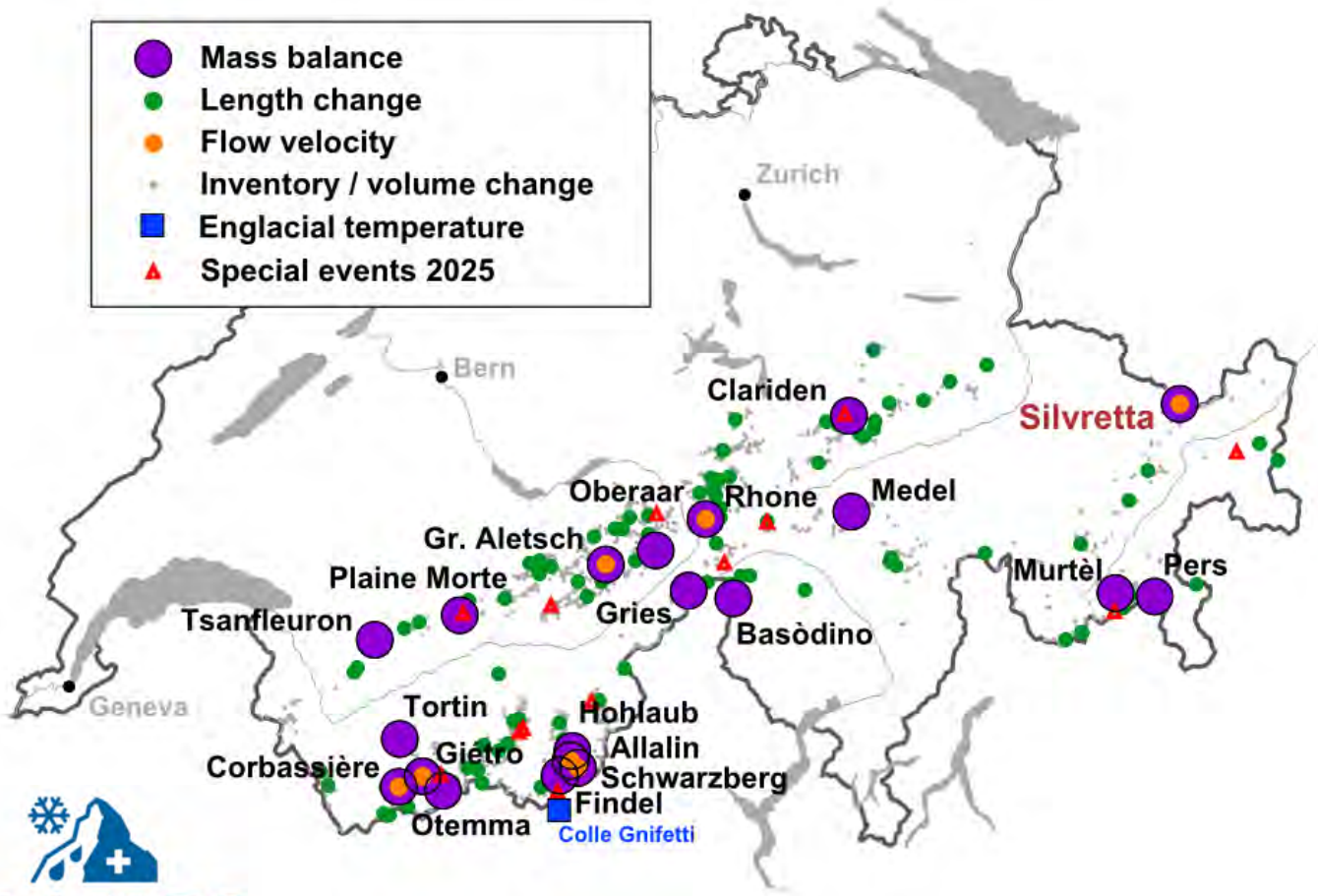






Même constat, mais grosses incertitudes sur les calculs à l'échelle du glacier!

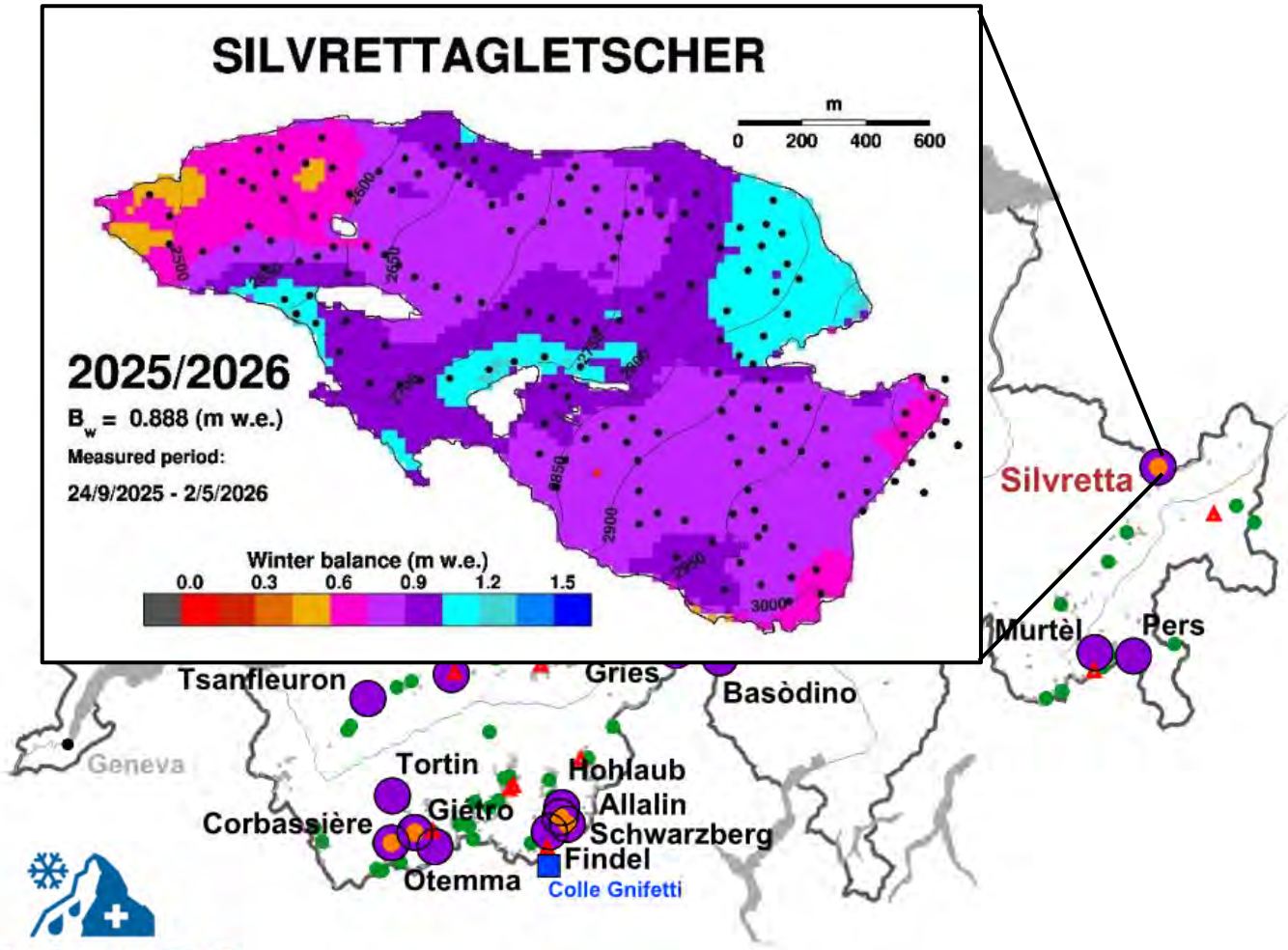
Glacier Monitoring Switzerland



- Plusieurs longues séries temporelles homogénéisées
- Des forts gradients climatiques
- Mesures d'accu **distribuées** sur ~15 glaciers

GLAMOS
Glacier Monitoring Switzerland

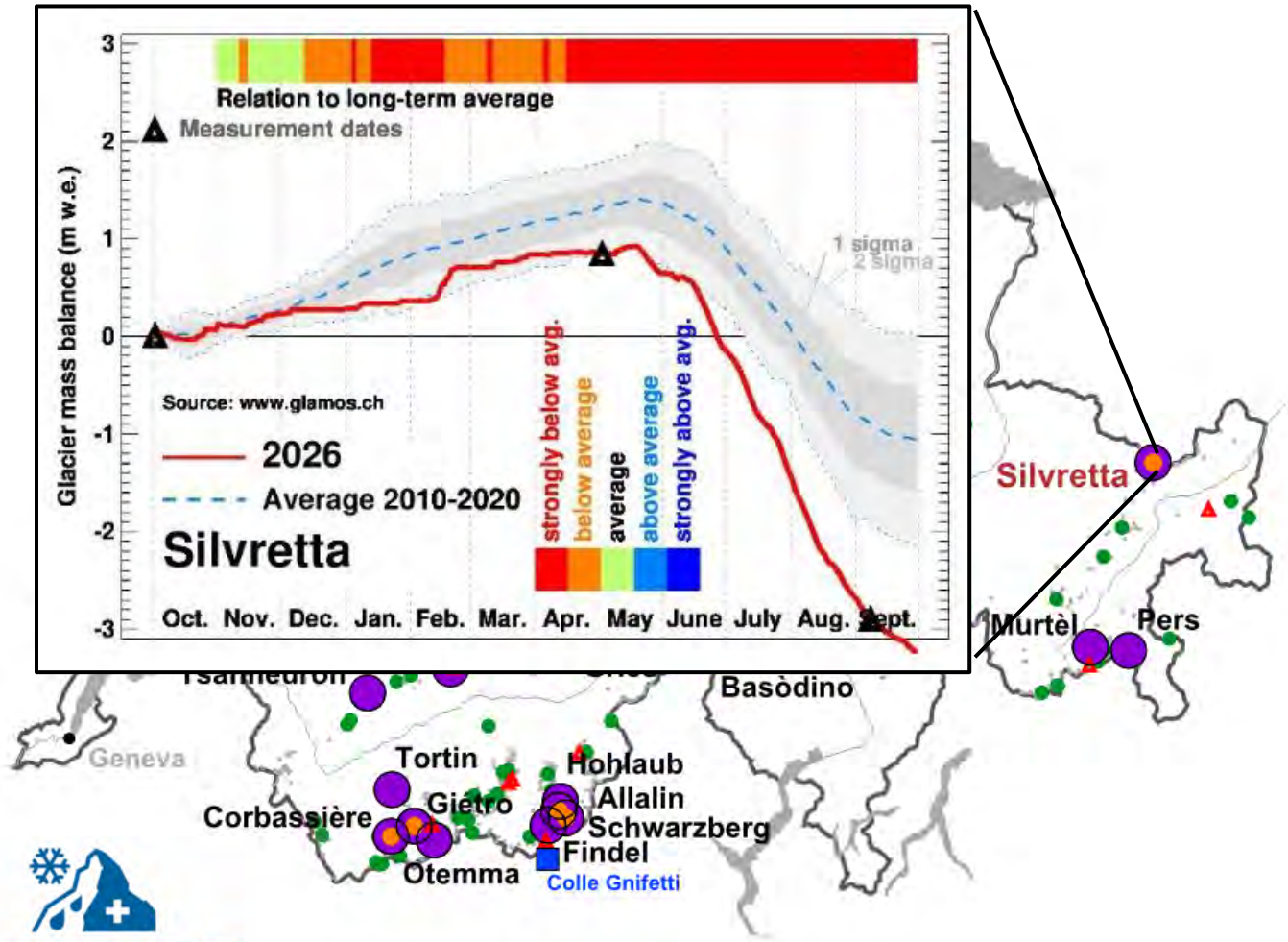
Glacier Monitoring Switzerland



- Plusieurs longues séries temporelles homogénéisées
- Des forts gradients climatiques
- Mesures d'accu **distribuées** sur ~15 glaciers
- Calcul du bilan à l'échelle du glacier en tenant compte

GLAMOS
Glacier Monitoring Switzerland

Glacier Monitoring Switzerland

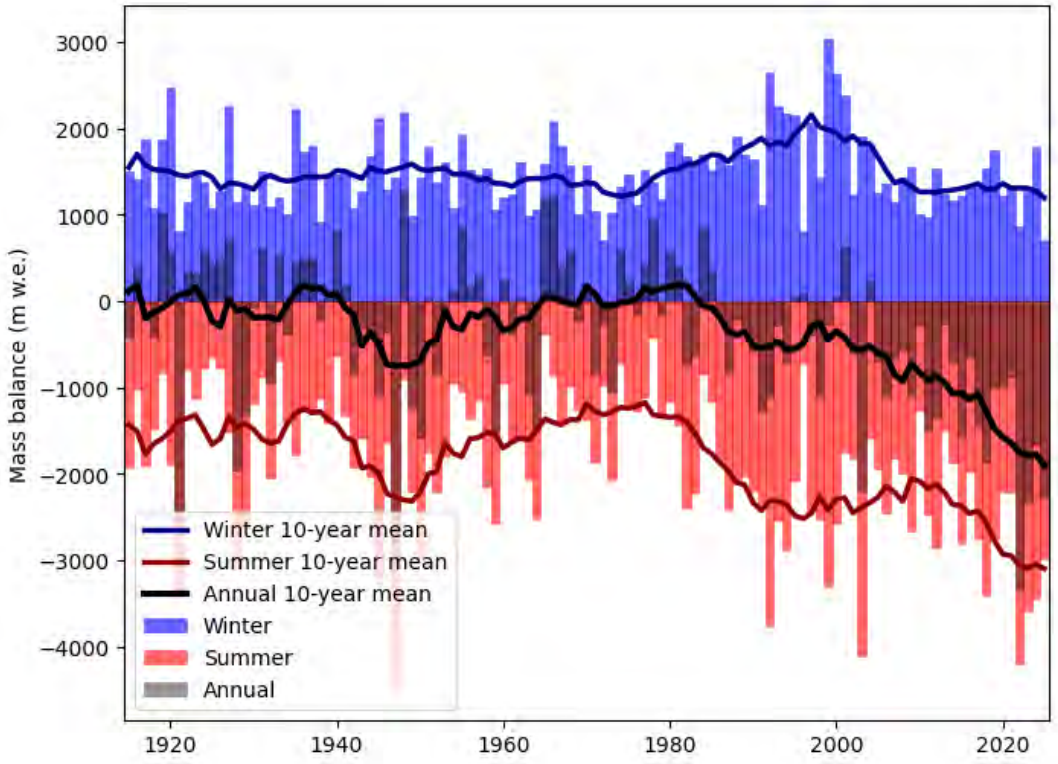


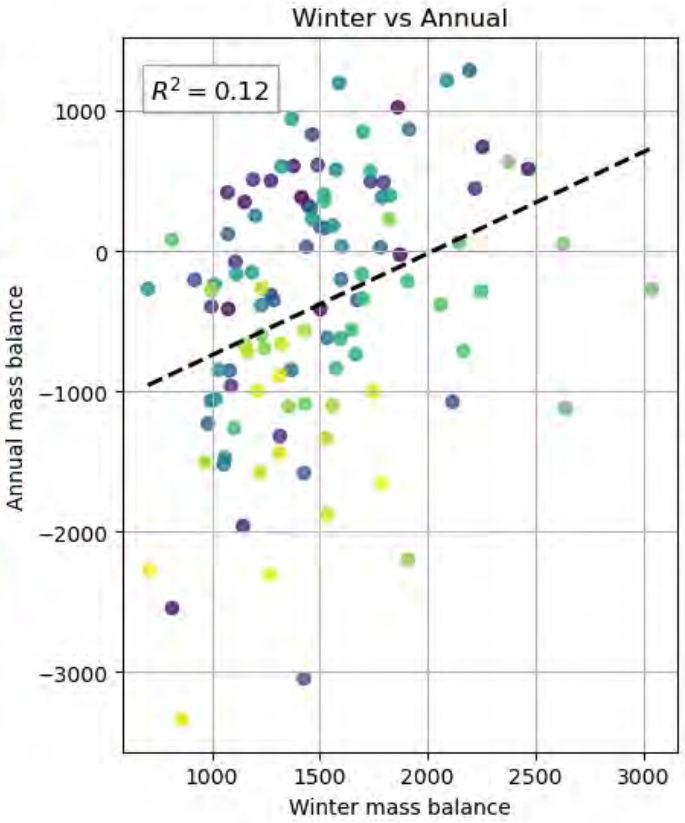
- Plusieurs longues séries temporelles homogénéisées
- Des forts gradients climatiques
- Mesures d'accu **distribuées** sur ~15 glaciers
- Calcul du bilan à l'échelle du glacier en tenant compte
- Modélisation à l'échelle journalière depuis quelques années

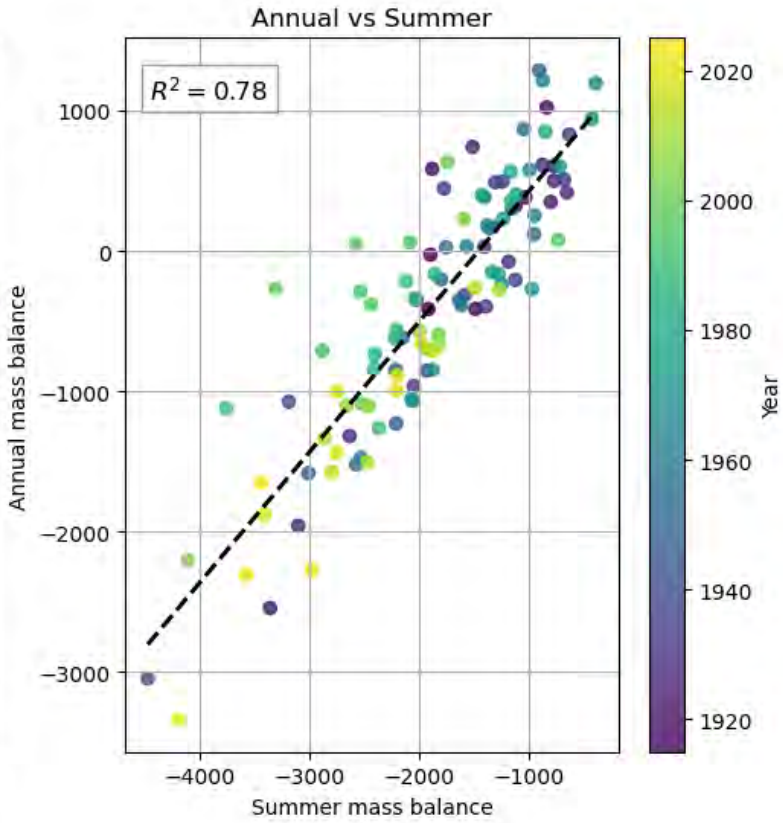
GLAMOS
Glacier Monitoring Switzerland

Retour sur le lien entre accu et bilan annuel

Silvrettagletscher

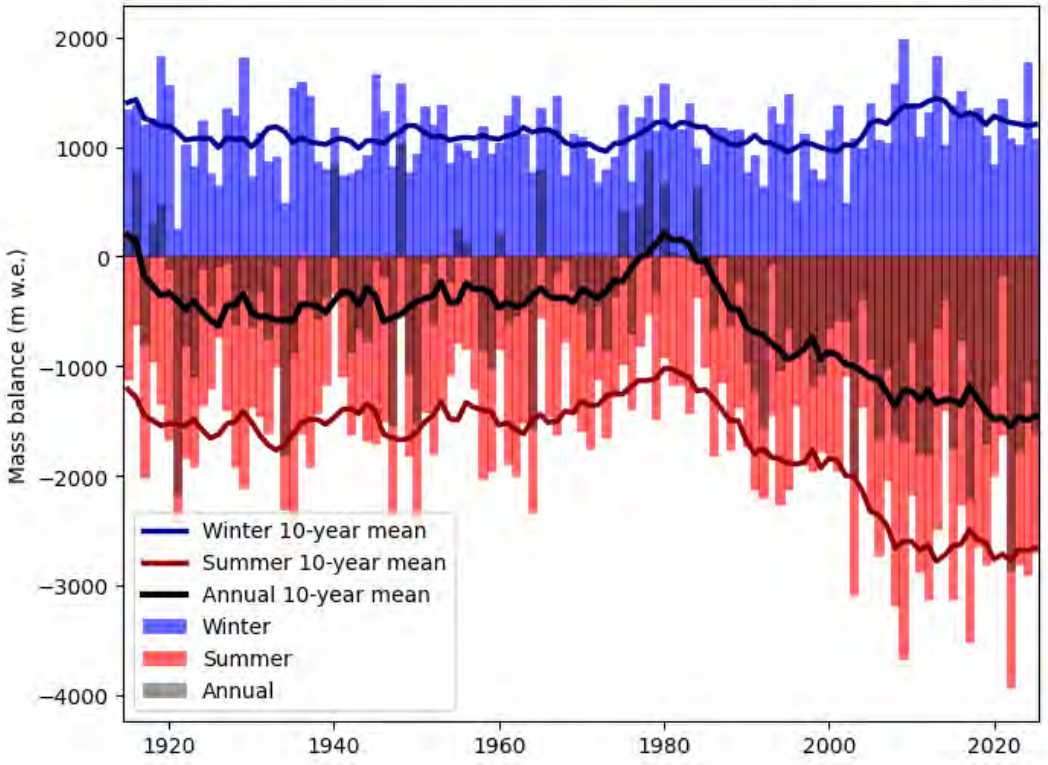


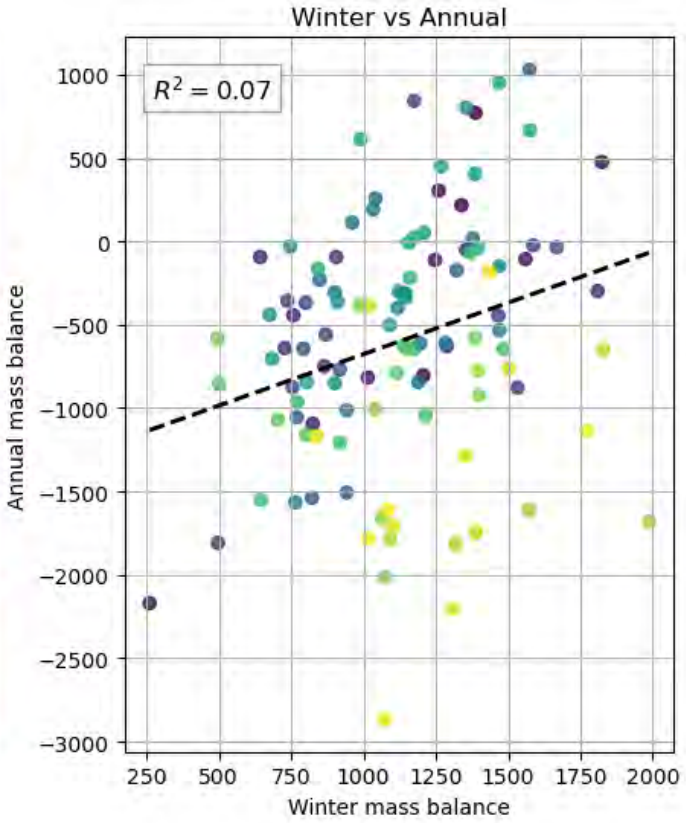


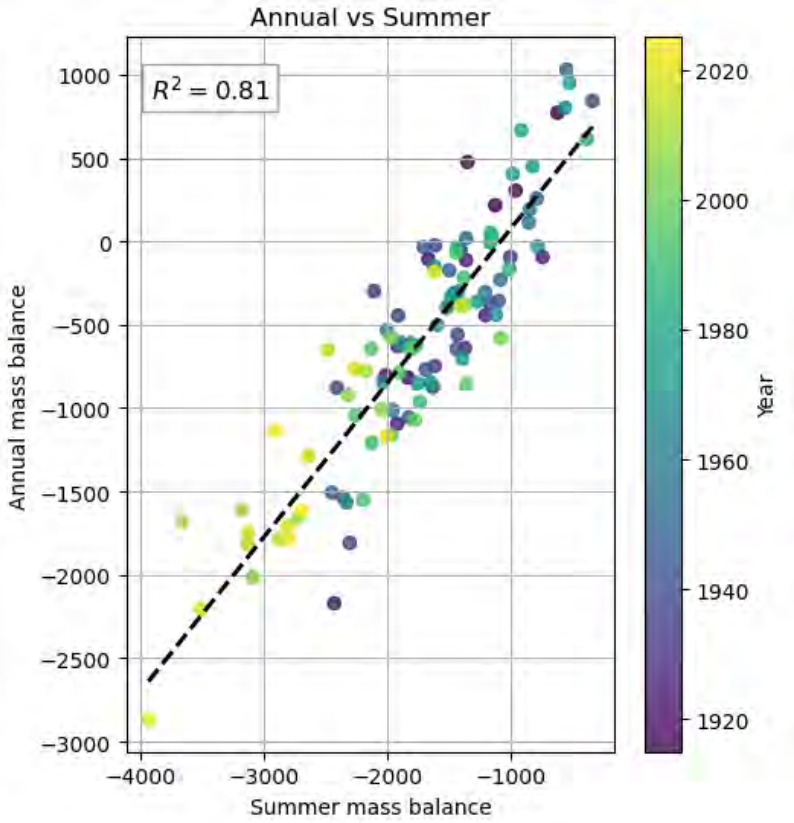


Retour sur le lien entre accu et bilan annuel

Aletschgletscher

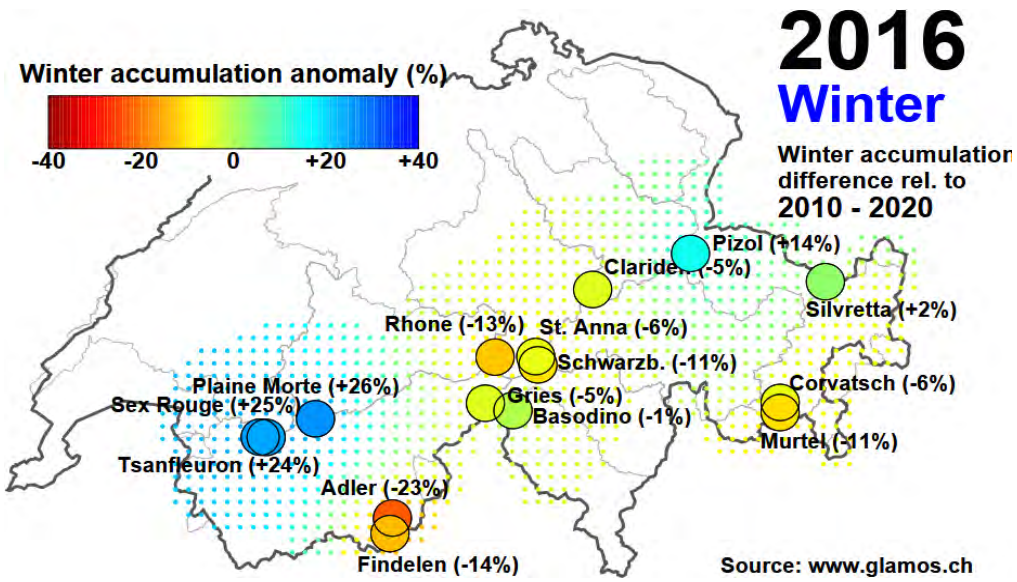


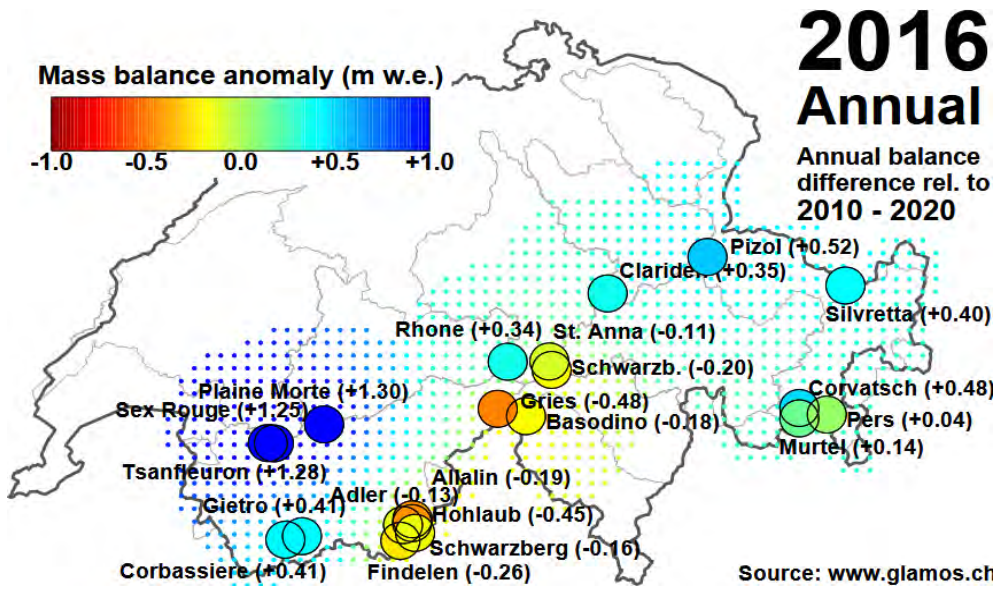




Le manque de neige n'a pas trop d'impact sur le bilan de masse annuel?

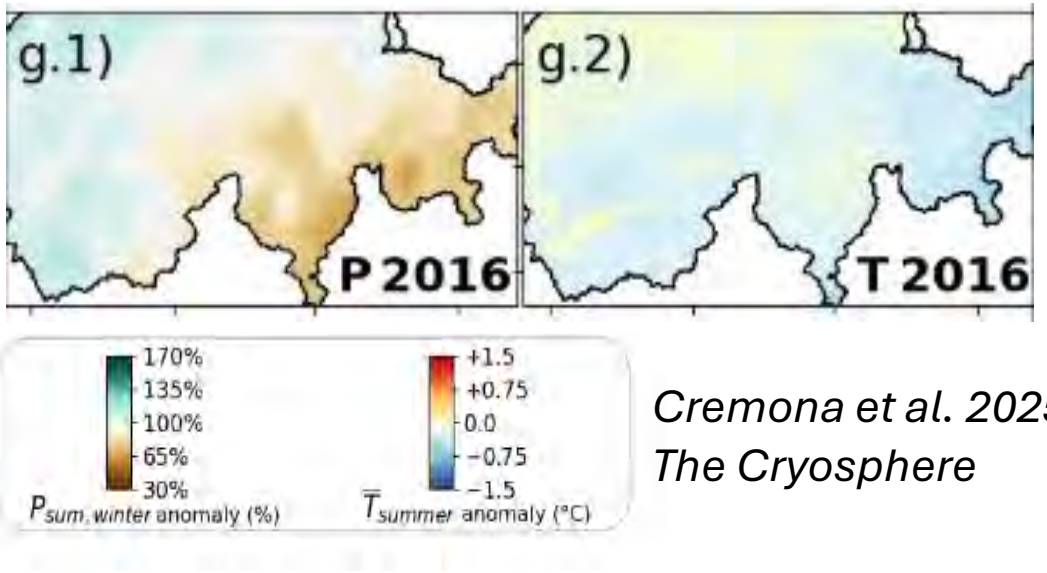
Retour sur les tendances spatiales



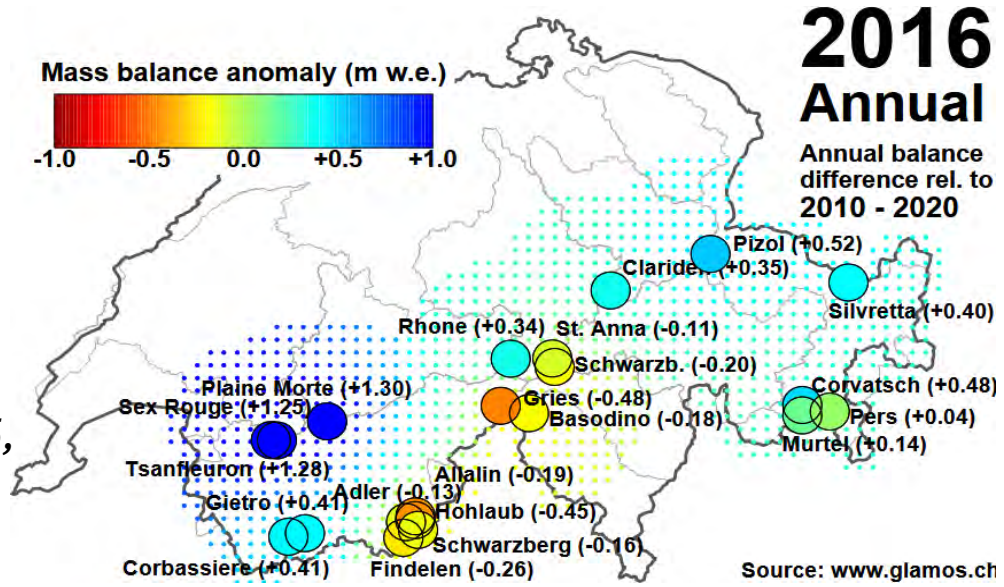


- Les régions avec enneigement déficitaire ont un bilan de masse annuel plus négatif

Retour sur les tendances spatiales

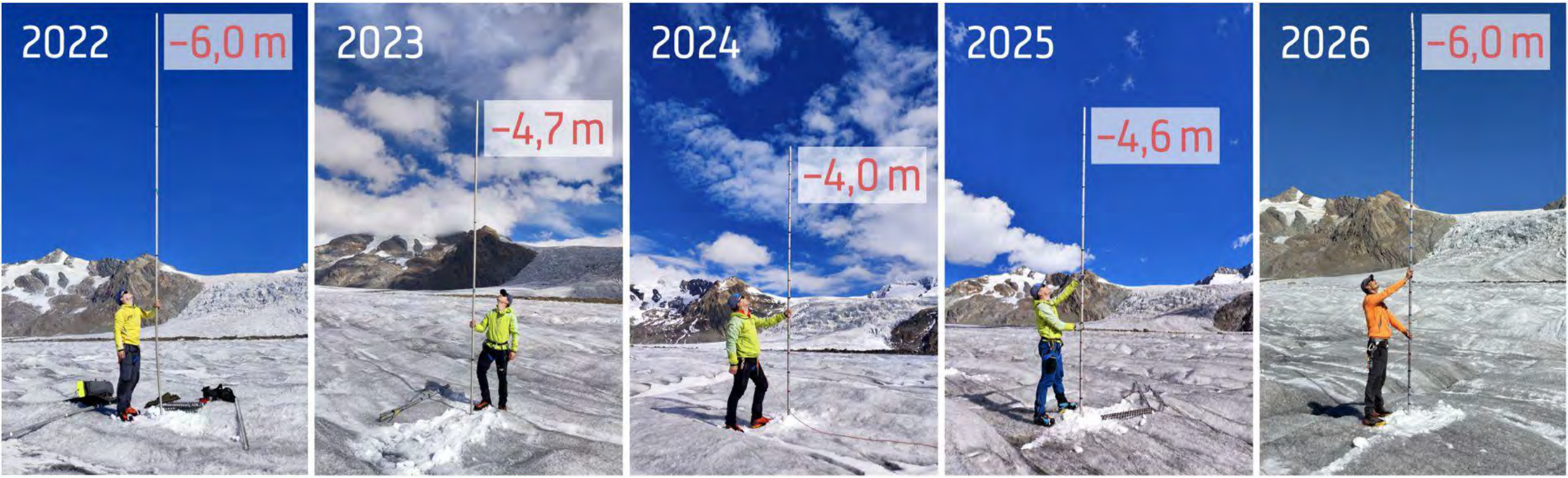


Cremona et al. 2025, The Cryosphere



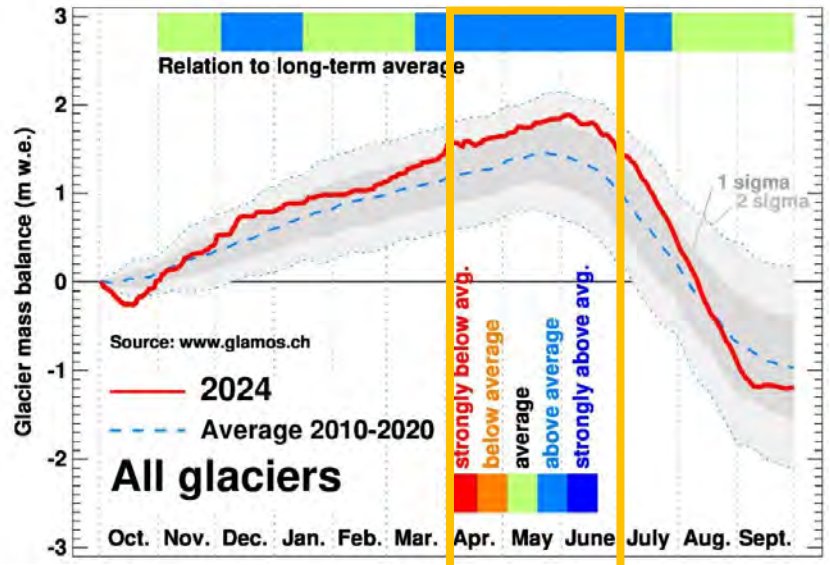
- Les régions avec enneigement déficitaire ont un bilan de masse annuel plus négatif
- Les anomalies de précipitations présentent des contrastes régionaux plus marqués que celles des de température

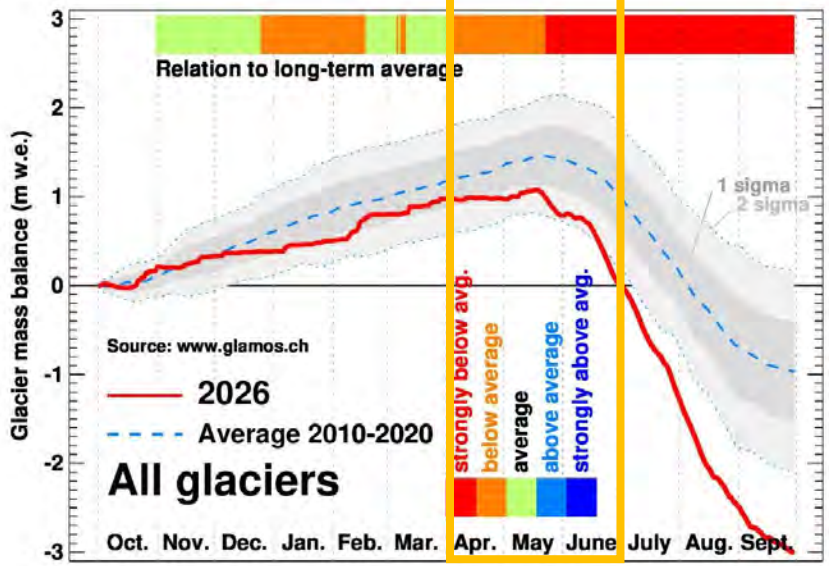
Retour sur la variabilité inter-annuelle

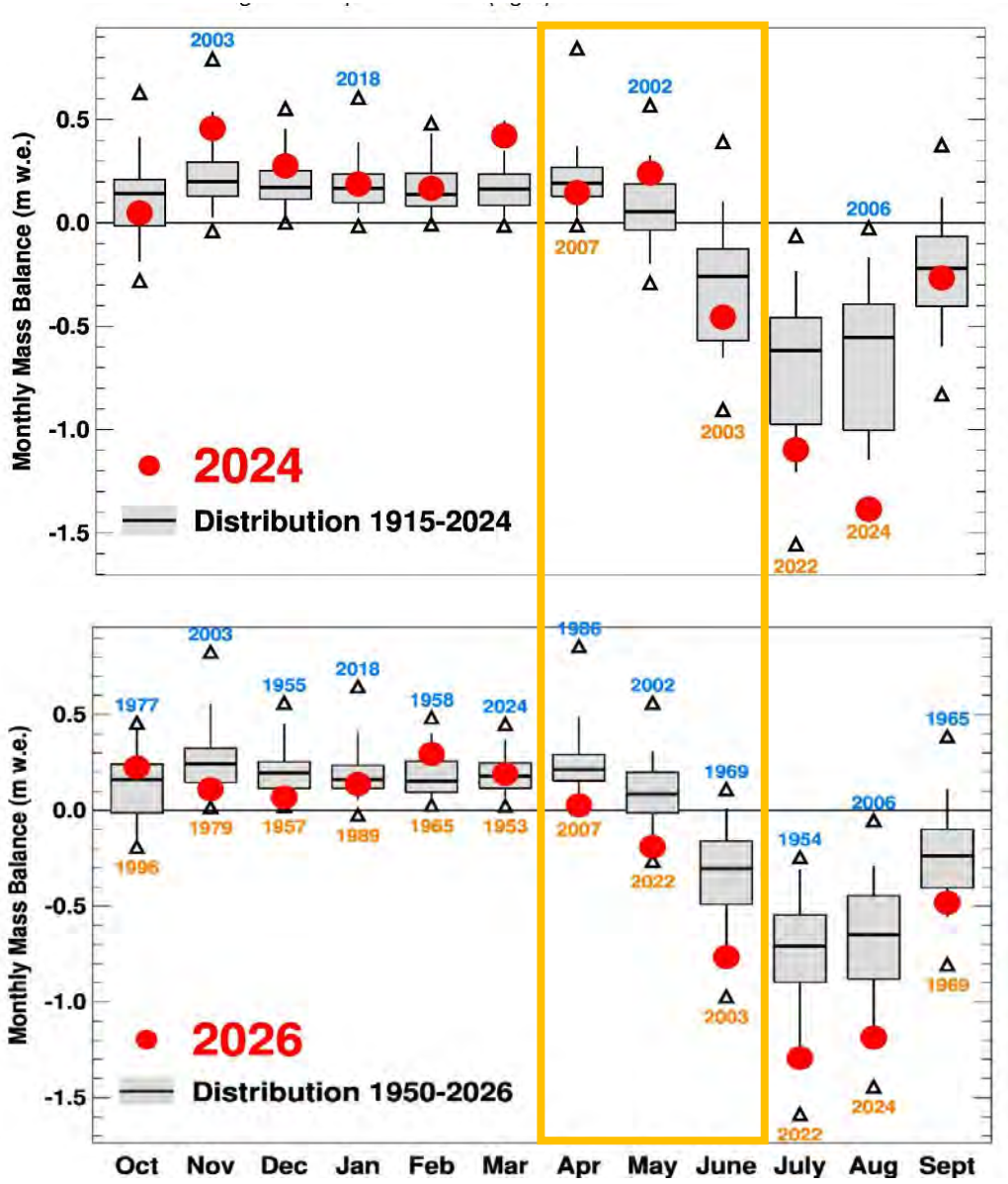


Qu'est-ce que nous enseignent les derniers étés 'extrêmes'?

Retour sur la variabilité inter- et intra-annuelle







Glacier loss day:

~ 10. Aug

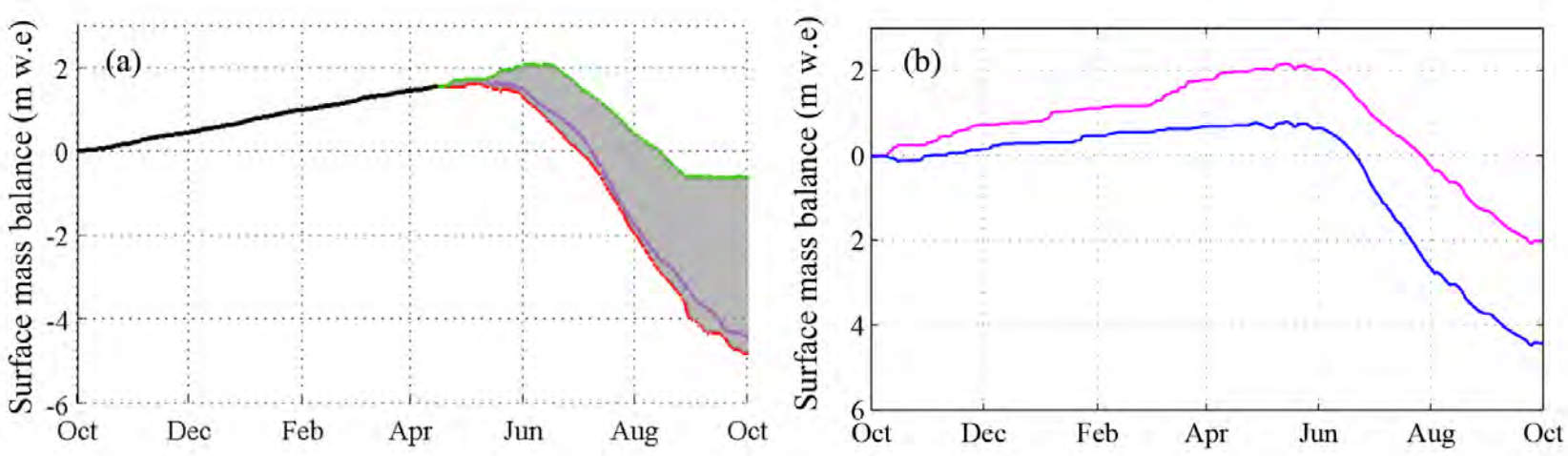
~ 2. Jul

www.glamos.ch

Quel impact d'un manque de neige sur les glaciers alpins?

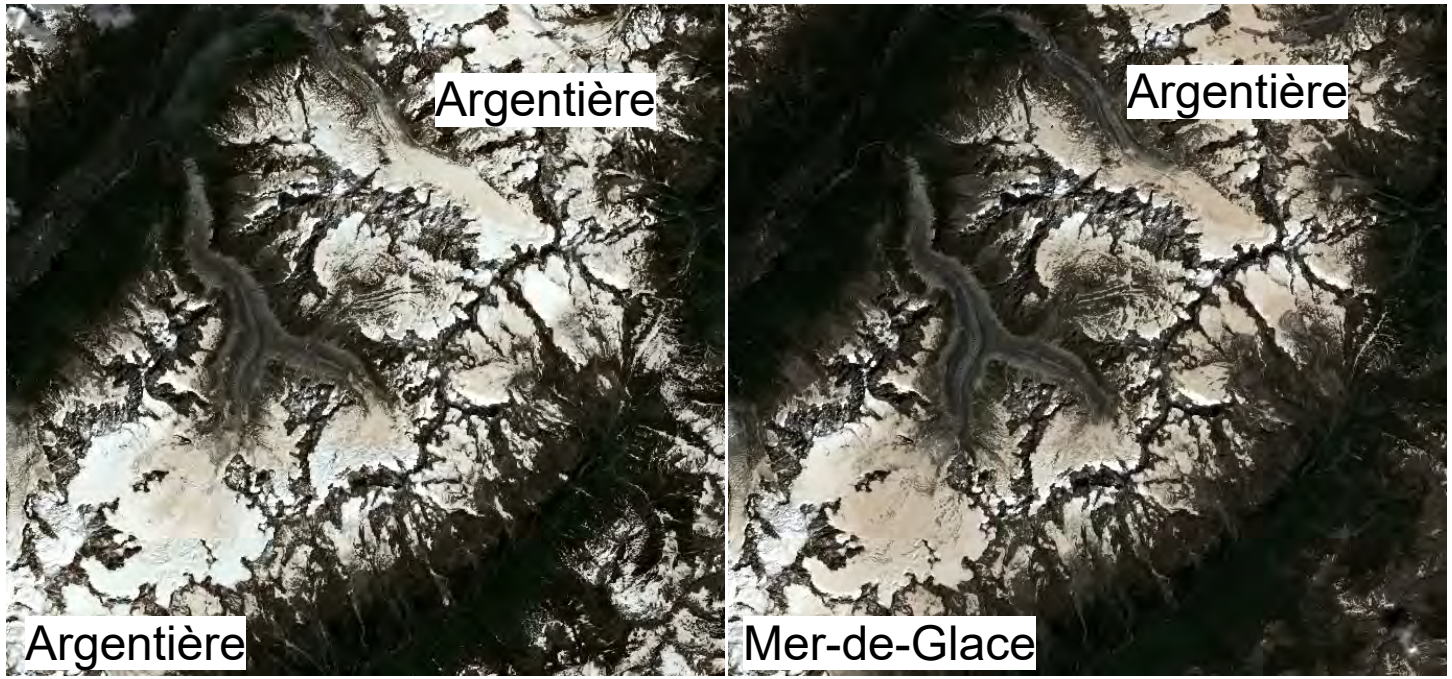
- Le bilan d'hiver ('accu') n'est pas le principal contrôle du bilan annuel
- Manque de neige → GLD anticipé → fonte glaciaire prolongée et intensifiée
- Processus connus mais mal quantifiés
- Ces conclusions ne s'appliquent pas partout dans le monde!
- Apport de la modélisation du bilan d'énergie?

Sensitivité du bilan annuel au WMB et SMB modélisé avec Crocus



Réveillet et al. 2018, The Cryosphere

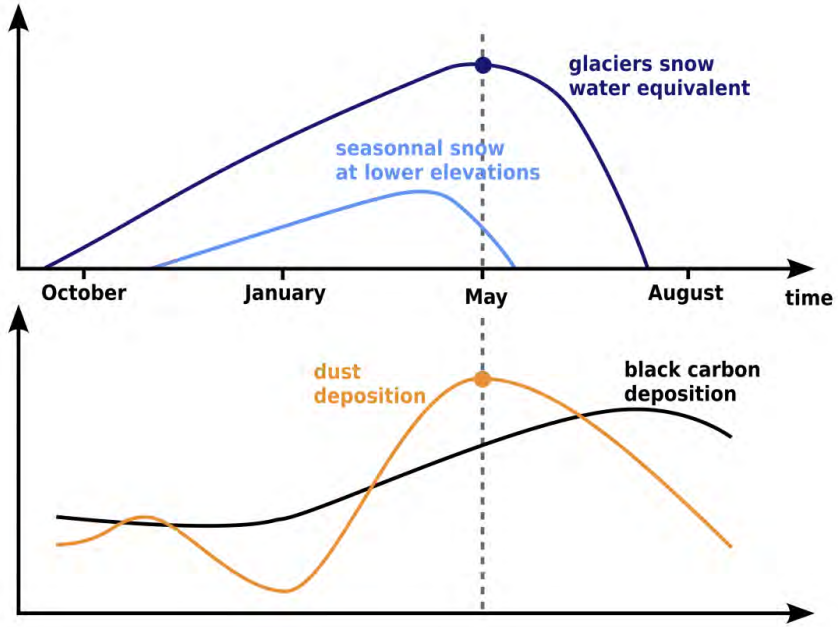
Snow is white?



18 June 2026 vs. 14 June 2022

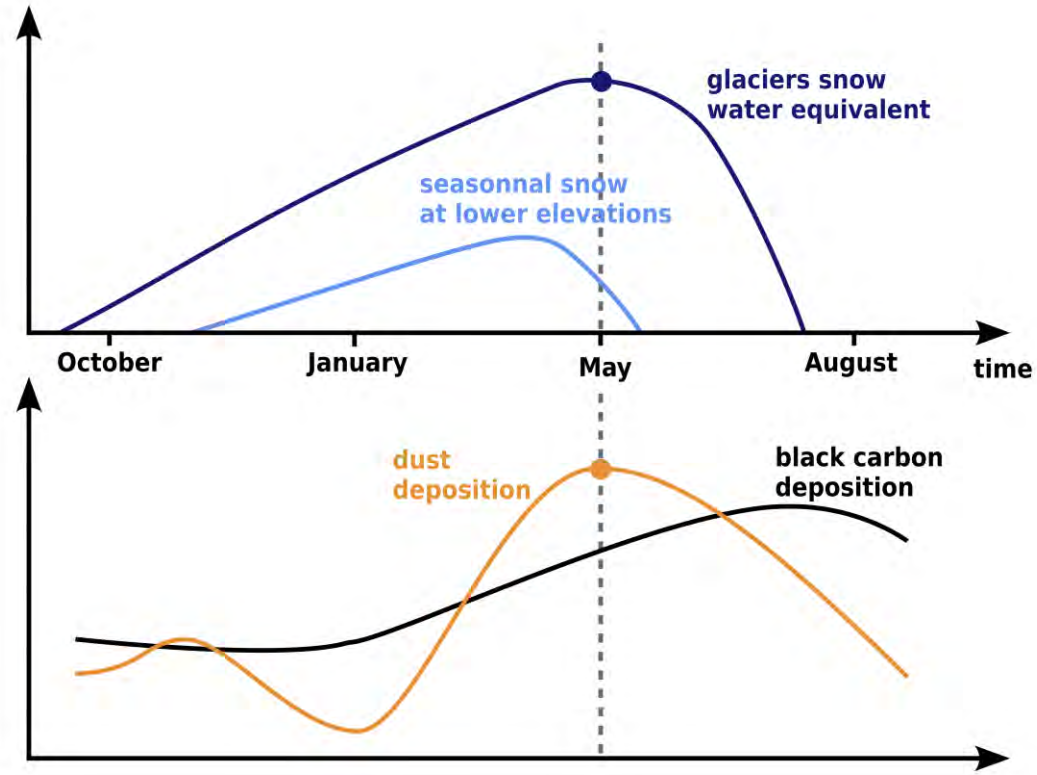
Sentinel-2 images, Copernicus

Punctual events of dust deposition, but…



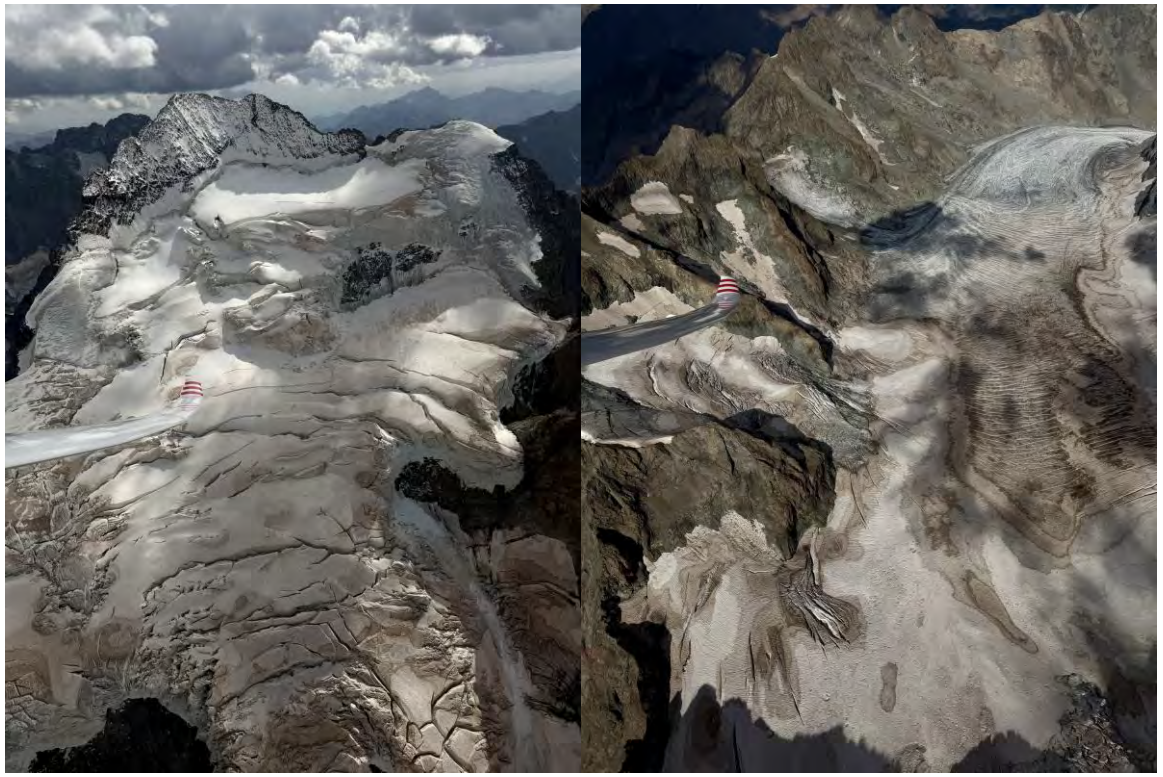
Dust deposition in the Alps

Punctual events of dust deposition, but…



e.g., Moulin et al. 1998, Baladima 2021, Collaud Coen 2004

Effect of dust
with current warming?

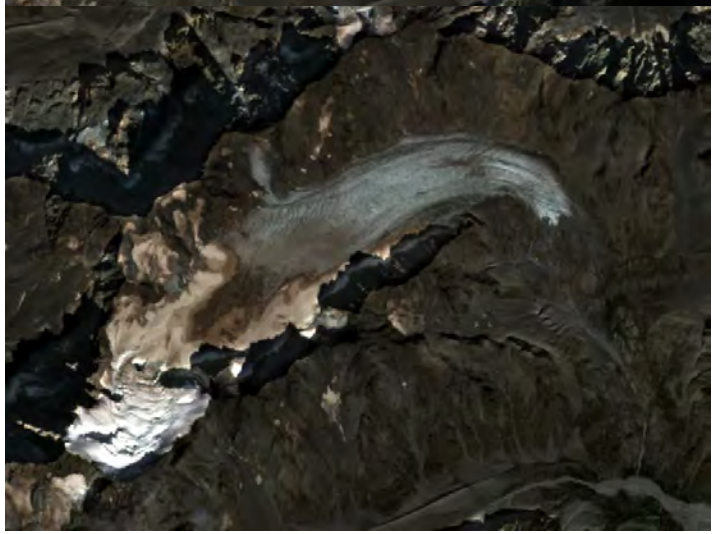


Credit: Sergei Shmigelskii
Glacier-Blanc. Les Ecrins.
September 2026.

Glacier-Blanc
28/07/2022

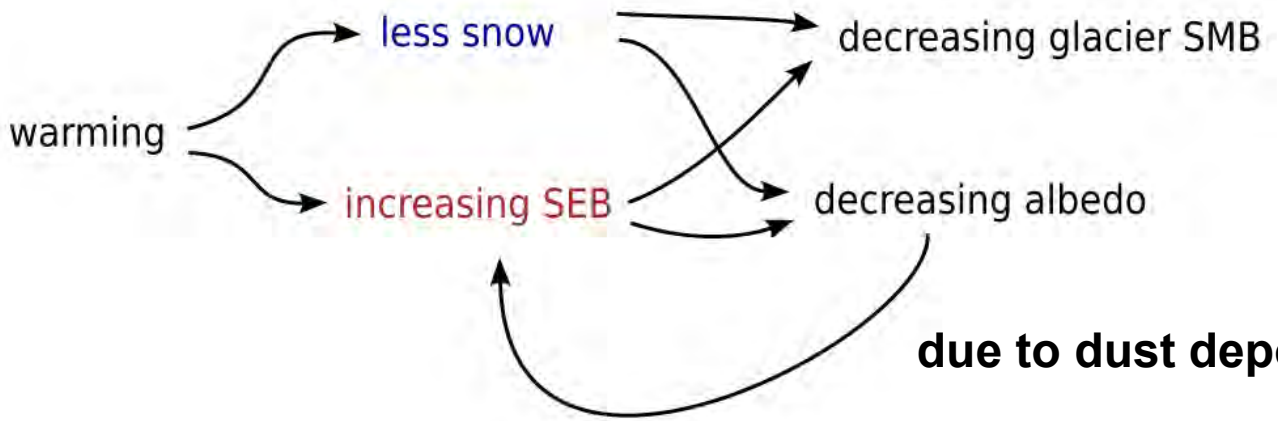


02/09/2026

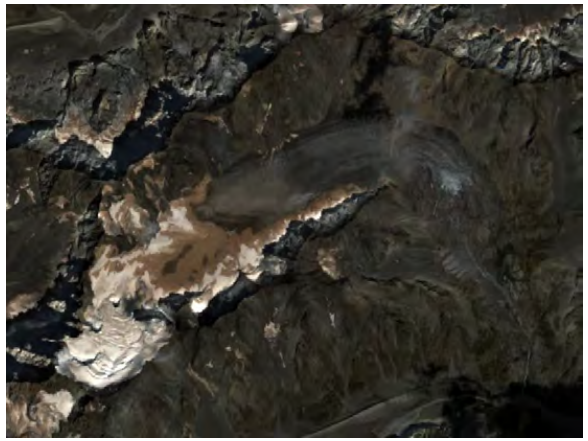


Sentinel-2 images, Copernicus

Effect of dust
with current warming?



due to dust depositions/presence ?

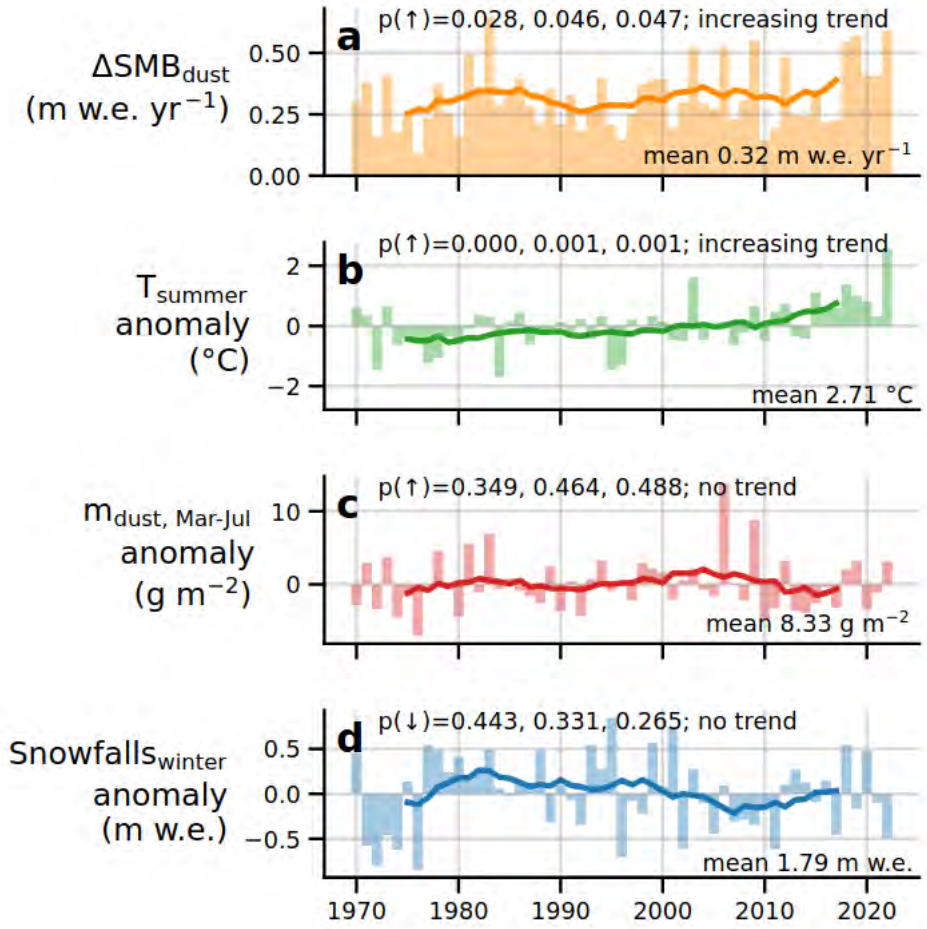


Glacier-Blanc
28/07/2022

Effect of dust with current warming?

Using SURFEX-ISBA/Crocus snow model.
Quantification of the effect of dust
on Argentière Glacier
over the 1970-2022 period:

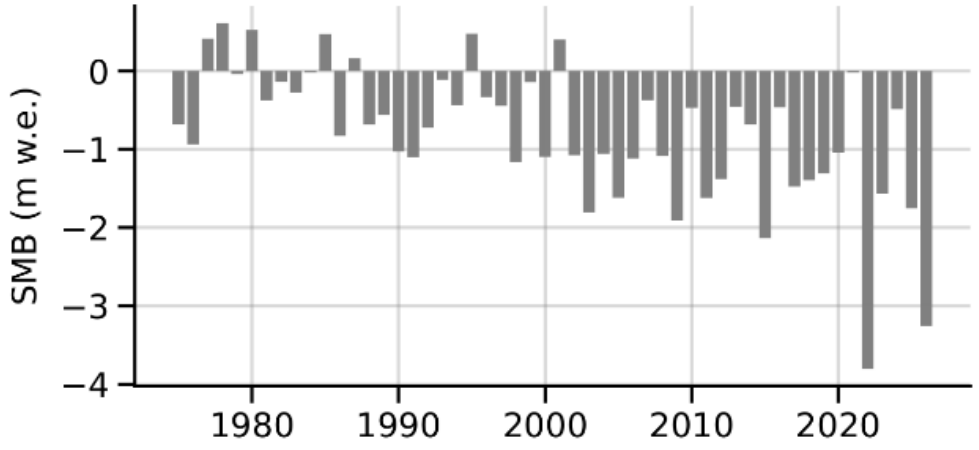
→ **old layers of firn more frequently exposed**
→ **increasing effect of dust**
→ **the sensitivity of Alpine glacier to air temperature increase is amplified by Saharan dust (by 11%)**



(Roussel et al., 2026, accepted)

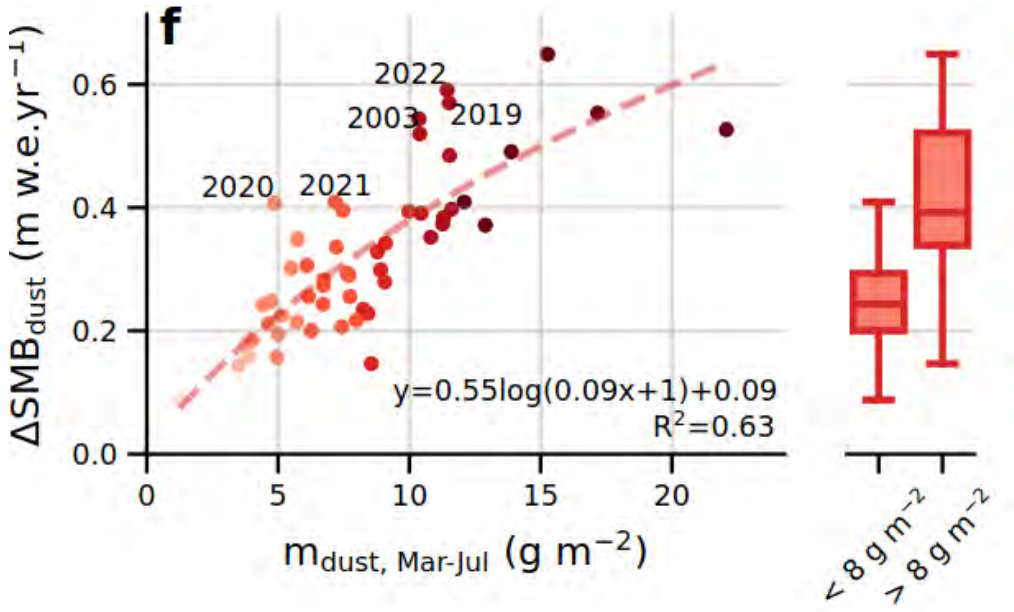
2022, 2026 :
low accumulation of snow & warm summer

Glacier-wide SMB of Argentière Glacier:



GLACIOCLIM data

2022 vs. 2026 : 0.55 m w.e.



(Roussel et al., 2026, accepted)

“La quantité ne garantit pas la qualité.” ?

La quantité ET la qualité/couleur,
de la neige joue un rôle sur la fonte des glaciers.