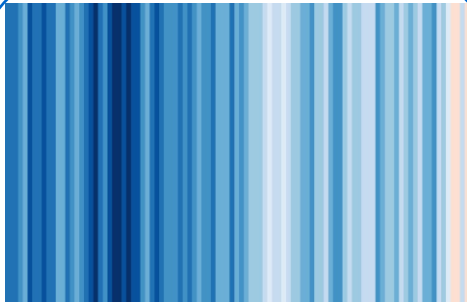


Changements climatiques en milieu de montagne

Cryosphère, glaciers, SottoZERO et monitorages en Vallée d'Aoste

Un fil narratif simple : du signal climatique à la décision



01

Climat

un changement mesuré,
attribué et projeté



02

Glaciers

indicateurs rapides des
transformations alpines

sottoZERO

03

SottoZERO

un portail pour rendre les
données lisibles

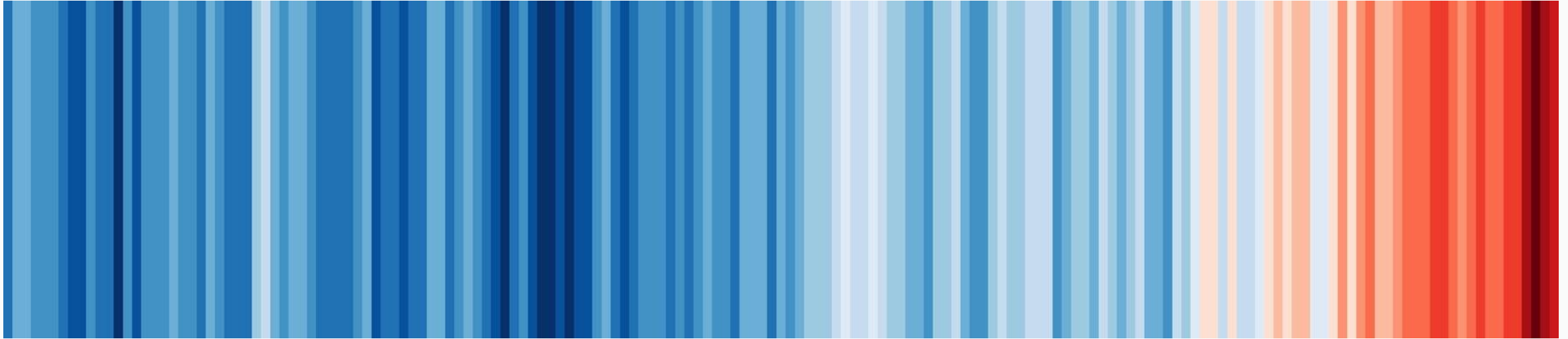


04

Monitorages

du terrain au satellite, jusqu'à
la gestion du risque

Le climat change : le signal est continu, pas anecdotique

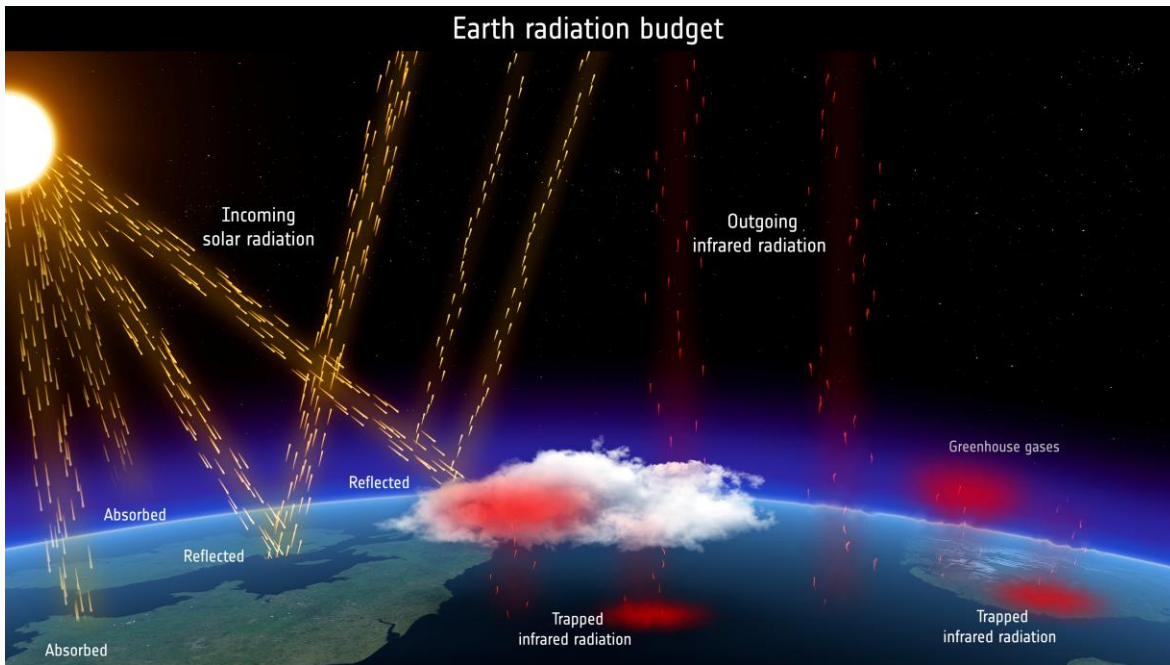


À retenir

Le réchauffement global déplace les seuils physiques qui structurent la montagne : neige, glace, eau et stabilité des versants.

Un épisode météo se lit sur quelques heures ou quelques jours. Le climat se lit sur des moyennes longues, dans l'espace et dans le temps.

Pourquoi la montagne réagit si vite ?



Un petit déplacement de température peut produire un grand effet territorial.

+ énergie retenue

atmosphère plus chaude

seuils déplacés

isotherme 0 °C et limite pluie/neige plus hauts

cryosphère transformée

fonte, recul glaciaire, permafrost moins stable

risques plus complexes

eau, avalanches humides, instabilités et effets en cascade

Les glaciers : des sentinelles très lisibles



Un paysage glaciaire qui change à l'échelle d'une génération



La trajectoire visuelle rend la tendance immédiatement compréhensible

Un glacier intègre les conditions d'accumulation et d'ablation : il transforme le climat en géométrie visible.

Lire un glacier : accumulation, ablation, bilan de masse



Un glacier avance ou recule selon un bilan.

ACCUMULATION

–

ABLATION

=

BILAN

Accumulation : neige, transport par le vent, avalanches.

Ablation : fonte, sublimation, calving, érosion éolienne.

Bilan négatif répété : perte d'épaisseur, de surface et de réserve d'eau solide.

Vallée d'Aoste : le recul est quantifié, pas seulement photographié

297

*glaciers
en 1975*

188 km²

*surface
en 1975*

172

*glaciers
en 2025*

110 km²

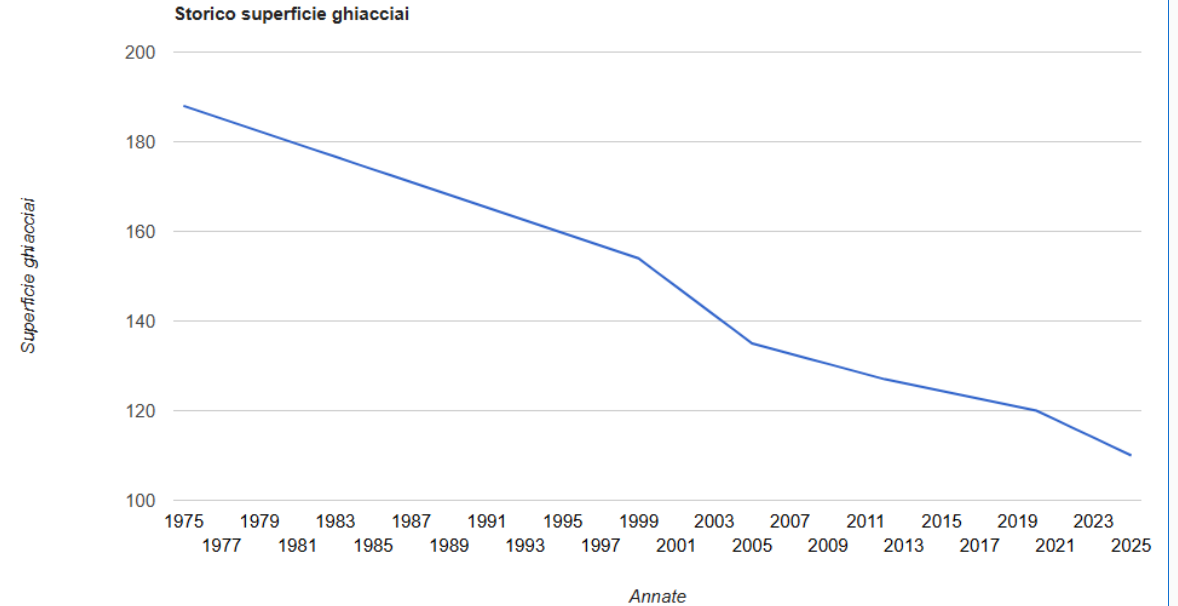
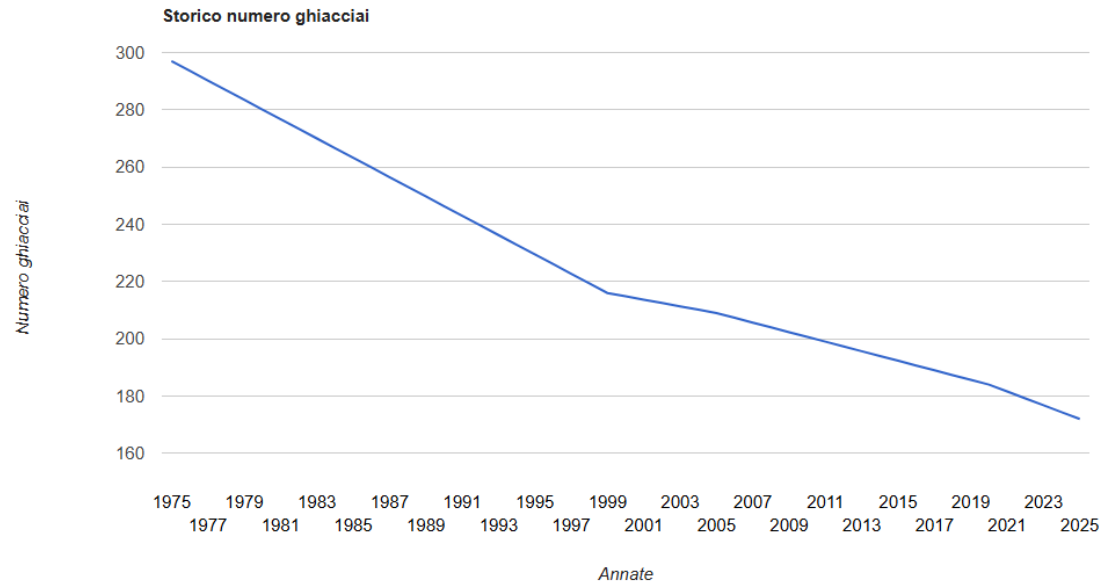
*surface
en 2025*

-41 %

*de surface
glaciale*

-125

*corps glaciaires
en 50 ans*



La série longue donne le contexte ; l'accélération récente donne l'urgence de suivi.

SottoZERO : rendre la cryosphère lisible et partageable



sottoZERO

Le portail transforme les données techniques en informations publiques : état des glaciers, neige, permafrost, températures et précipitations.

Données

séries, inventaires,
observations

Synthèse

infographies annuelles
claires

Accès

lecture rapide pour décideurs
et citoyens

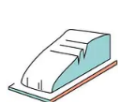


sottoZERO

sottozerovda.it

Quatre familles d'indicateurs pour suivre l'évolution de la cryosphère

Glaciers



VARIAZIONE FRONTALE

VALORE 2025

-14.4
metri

VALORE 2024

-13.4
metri

VALORE 2023

-15.3
metri

Ritiro frontale (30 ghiacciai): -14,4 metri. Il dato 2025 conferma il trend critico degli ultimi anni: -13,4 m nel 2024 e -15,3 m nel 2023.

BILANCIO DI MASSA

VALORE 2025

-935
millimetri di
acqua equivalente

VALORE 2024

-850
millimetri di
acqua equivalente

VALORE MEDIO 1999-2024

-1095
millimetri di
acqua equivalente

Il bilancio di massa dei ghiacciai peggiora: -935 mm contro i -850 mm dell'anno scorso. Un dato negativo, seppur meno drastico della media storica di -1095 mm.

Permafrost

PERMAFROST



SSORE STRATO ATTIVO ONGELATO IN ESTATE

VALORE 2025

7.3
metri

VALORE 2024

6.9
metri

VALORE MEDIO 2008-2024

5.5
metri

Lo strato attivo ad alta quota (3100 m. s.l.m., Superiore delle Cime Bianche -nénche) in estate si è scongelato a una profondità di 7,3 metri un allarmante rispetto ai 6,9 metri l'anno scorso e ben superiore alla media storica di 5,5 metri.

TEMPERATURA DEL CERVINO (PARETE NORD)

VALORE 2024

-11.90 °C

VALORE MEDIO 2012-2023

-11.92 °C

La temperatura media annua sulla Nord del Cervino (a 4450 m s.l.m.) di +0,02 °C superiore alla media.

Précipitations

PRECIPITAZIONI



CUMULATA ANNUA NEVE FRESCA

VALORE 2025

430
centimetri

VALORE 2024

591
centimetri

VALORE MEDIO 2002-2024

485
centimetri

-11%
differenza
rispetto alla media

Neve fresca cumulata: 430 cm. Un calo rispetto ai 591 cm della stagione scorsa e inferiore dell'11% rispetto alla media storica (485 cm).

ALTEZZA MASSIMA NEVE

VALORE 2025

114
centimetri

VALORE 2024

141
centimetri

VALORE MEDIO 2002-2024

141
centimetri

-19%
differenza
rispetto alla media

Neve, picco massimo in calo: 114 cm. valore è inferiore del 19% sia rispetto all'anno scorso che alla media storica (entrambi a 141 cm).

Températures

TEMPERATURE



TEMPERATURA MEDIA ANNUA

VALORE 2025

+0.8 °C
anomalia

RISPETTO ALLA MEDIA DEL PERIODO
2002-2024

Temperatura annua: +0,8 °C sopra la media. Nonostante i 4,6 °C siano un soffio sotto il dato dell'anno precedente (4,7 °C), il trend di riscaldamento rispetto al periodo 2002-2024 resta evidente.

TEMPERATURA MEDIA STAGIONE ESTIVA

VALORE 2025

+0.8 °C
anomalia

RISPETTO ALLA MEDIA DEL PERIODO
2002-2024

Estate più calda: 12,1 °C. La temperatura media segna un aumento rispetto alla stagione passata (11,6 °C) e si attesta a +0,8 °C sopra la media storica.

L'objectif n'est pas seulement de mesurer : il est de comparer, suivre les tendances et déclencher les bonnes questions.

Monitorer : croiser le terrain, le drone et les satellites



Terrain

palines, mesures
glaciologiques
contrôle local de l'ablation



Drone / géodésie

modèles de surface
variation d'épaisseur et
volume



Satellite / SIG

cartographie régulière
évolution des surfaces

La robustesse vient de la convergence : une mesure ponctuelle, une géométrie de surface et une lecture spatiale répétée.

La suite : scénarios et politiques d'adaptation

Les constats scientifiques deviennent alors des choix : coopération, stratégies régionales, projets et gouvernance des risques.

Changements climatiques en milieu de montagne : impacts, scénariis et politiques d'adaptation

dr Jean Pierre Fosson, Secrétaire général
FONDAZIONE MONTAGNA SICURA - MONTAGNE SÛRE

La Salle, 22 Juin 2026



Les Glaciers : sentinelles du changement climatique



Les Glaciers : sentinelles du changement climatique



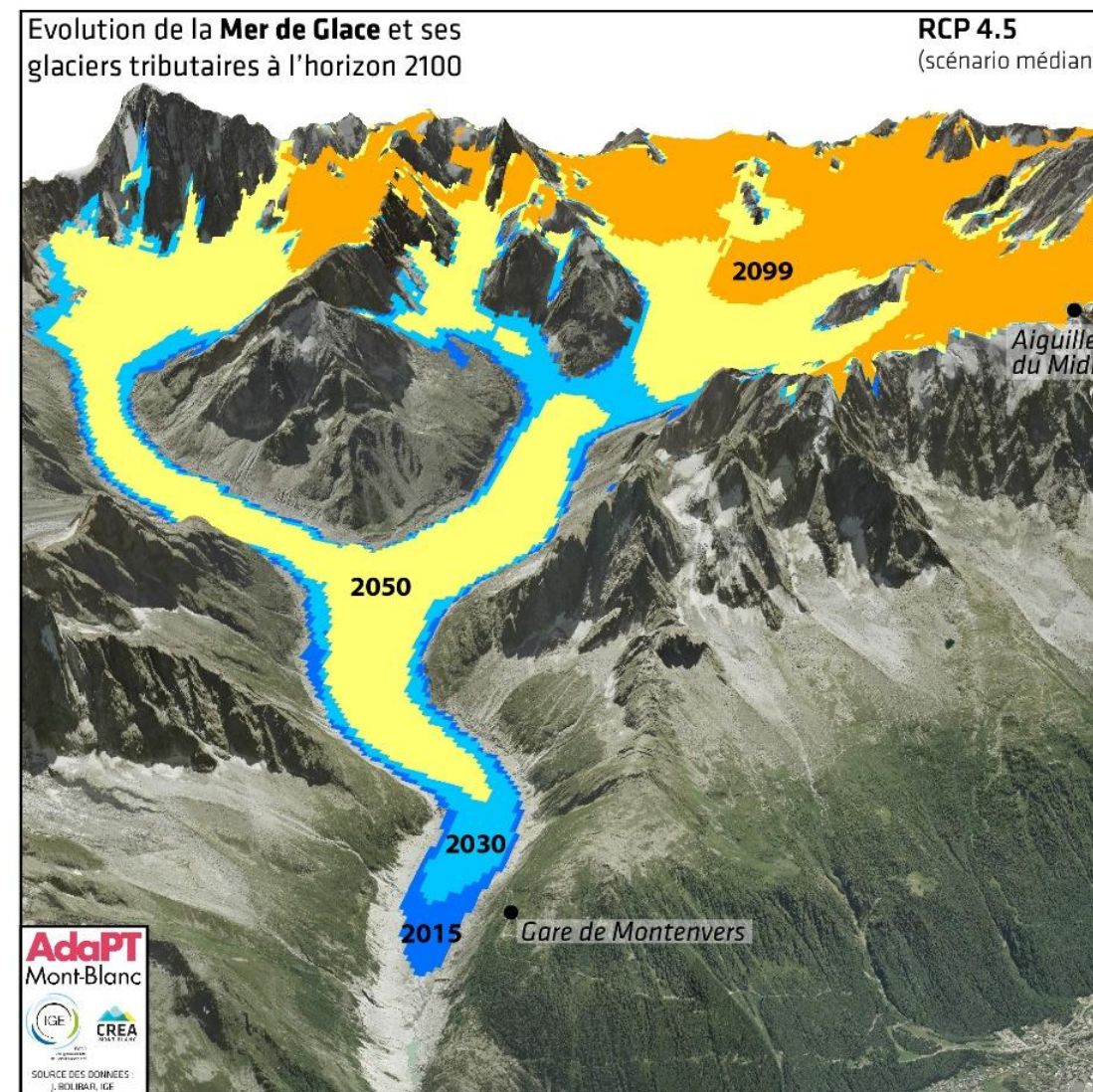
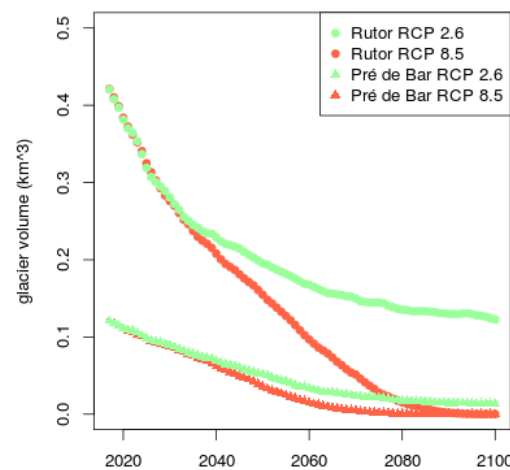
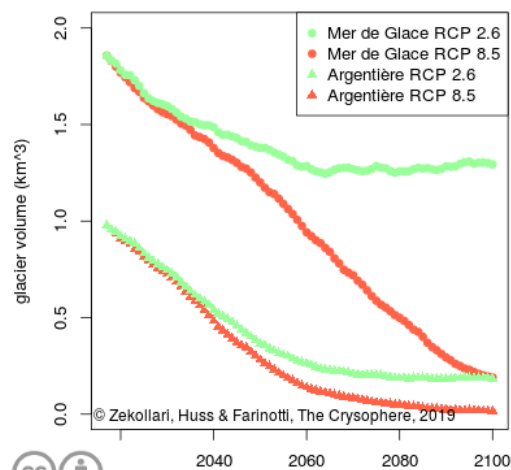
Les scénarii

Nos références (+ rapport IPCC) :

- Projet Alcotra AdaPT Mont-Blanc : Rapport Climat, 2019
- Stratégie d'adaptation aux changements climatiques de la Région Autonome Vallée d'Aoste
- Projet Alcotra PITER+ CC Changements climatiques



- La plupart des glaciers sous 3000/3500 m disparaîtra
- L'on perdra le 50% de la réserve hydrique contenue dans les glaciers
- La contribution des glaciers à la portée des torrents diminuera par conséquent (30-60%)



Les scénarii

Les changements attendus :

- Le retrait des glaciers se poursuivra avec une potentielle augmentation des phénomènes comme la déstabilisation des fronts des glaciers tempérés
- Les risques émergents : lacs glaciaires et poches d'eau ; laves torrentielles ; dégradation du permafrost (instabilité des parois rocheuses)
- Les dangers naturels en haute montagne peuvent agir en synergie et en addition - avec la possibilité des effets de cascade - **possibilité d'interactions entre différents dangers**

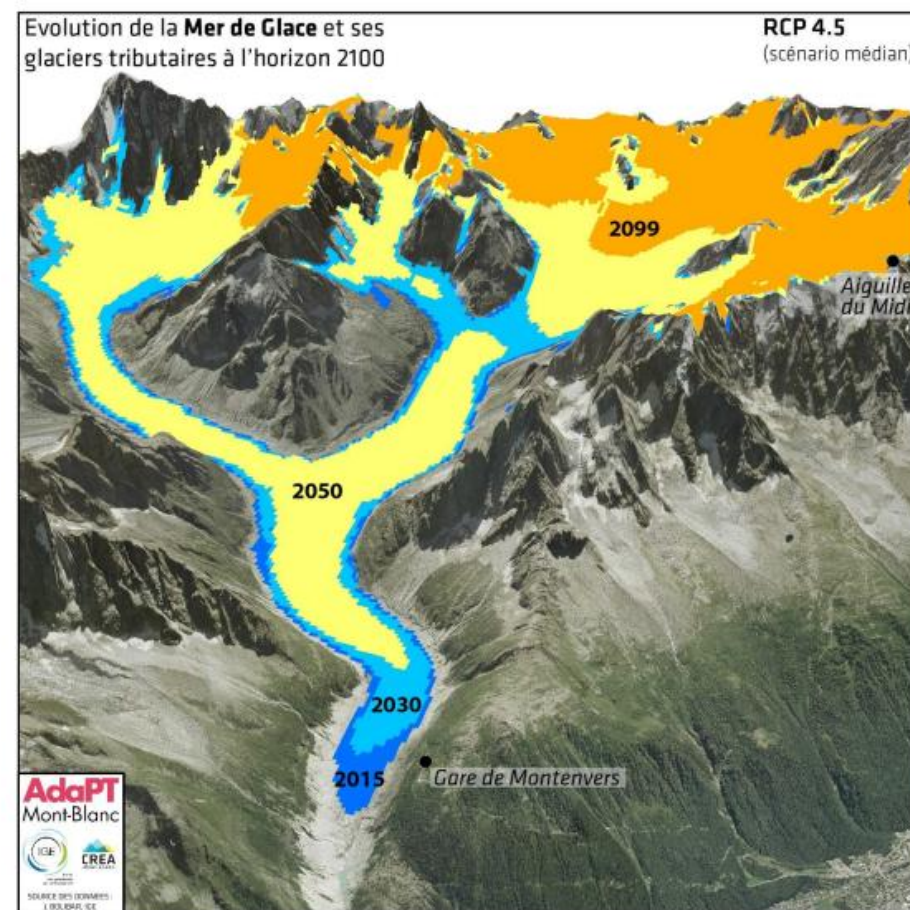
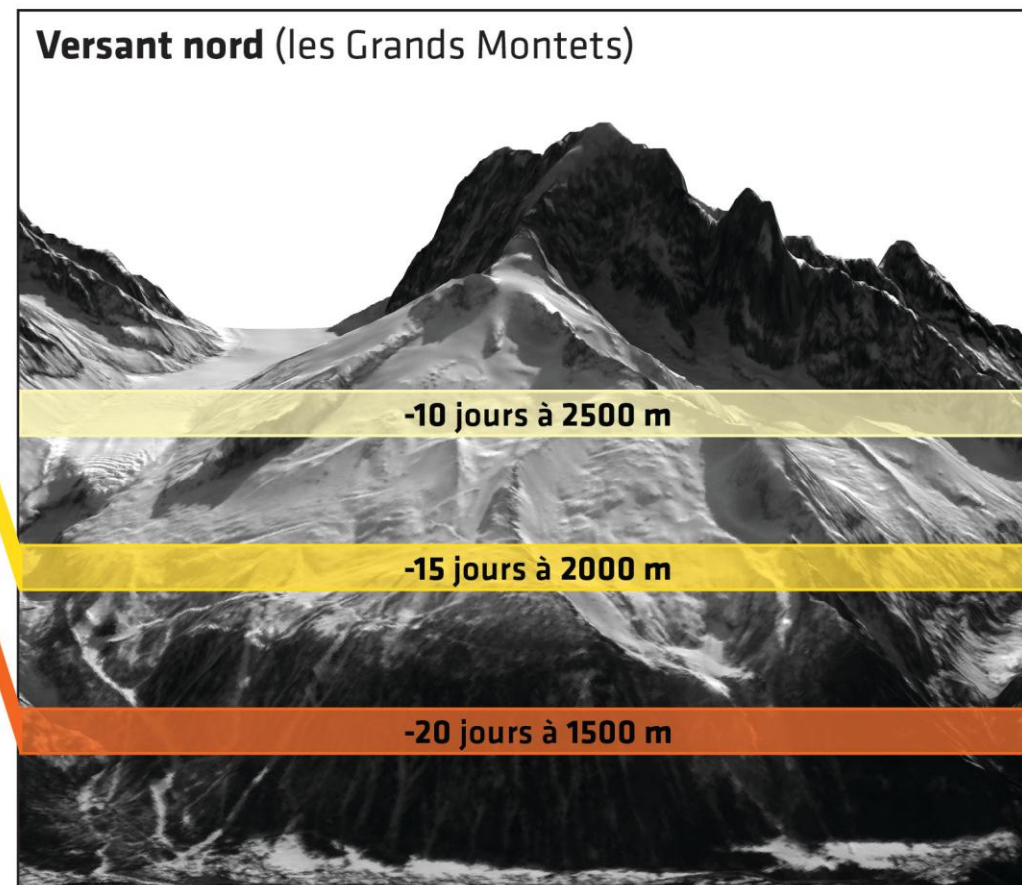
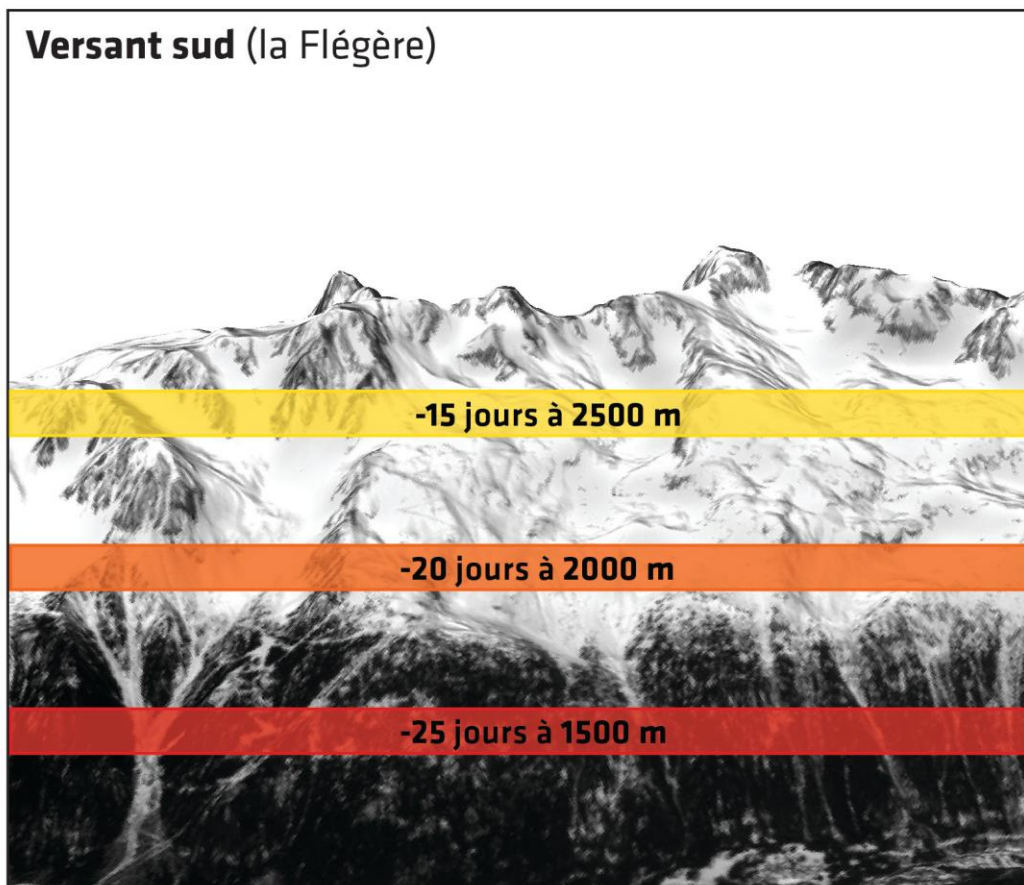


Figura 2.5. Evoluzione della Mer de Glace (valle di Chamonix) modellata nel 2030, 2050 e 2099 sulla base di dati climatici e parametri fisici del ghiacciaio. Il ritiro della fronte della Mer de Glace è anche accompagnato da una significativa riduzione del suo spessore. L'immagine di sfondo è tratta da foto aeree dell'IGN risalenti al 2008.

Neige au sol

Réduction de l'enneigement à l'horizon 2050 - RCP 4.5



Les scénarii

Les changements attendus :

- Périodes avec absence de précipitations et événements extrêmes ; variabilité neige pluie ; variabilité et complexité dans la gestion du danger d'avalanches aux quotas les plus élevées
- Réduction des journées avec la neige au sol
- Effets du vent
- Plus d'avalanches de neige humide



Quoi faire :

- Accentuer les initiatives de coopération transfrontalière pour faire face de façon coordonnée et avec un fondement scientifique à un problème commun alpin ; valoriser les réseaux de recherche
- Augmenter les recherches appliquées pour acquérir plus de connaissances et pour mettre en application les connaissances acquises
- Approche multirisque aux effets à cascade (analyses multirisque)
- Gestion intégrée de l'eau : bassins, alimentation, sources..
- Accroître l'éducation aux citoyens / gens du pays, scolaires, touristes - esprit de résilience de communauté
- Rôle central de la stratégie de communication des risques.
- Politiques et stratégies d'adaptation ...

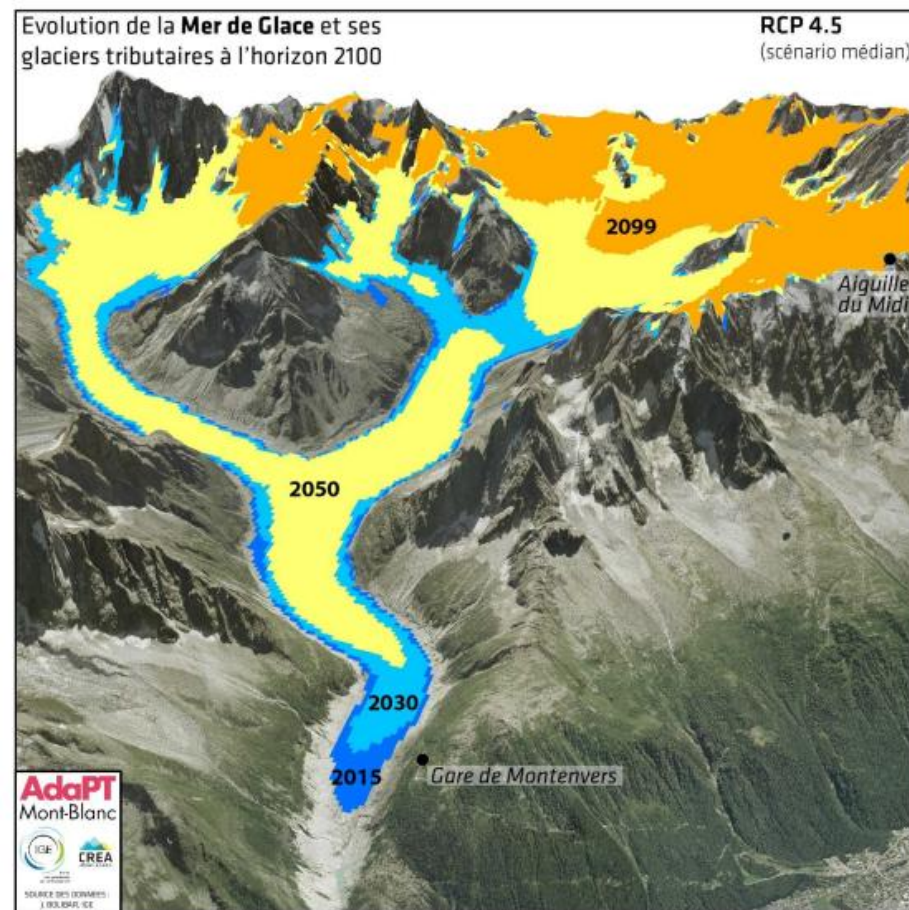


Figura 2.5. Evoluzione della Mer de Glace (valle di Chamonix) modellata nel 2030, 2050 e 2099 sulla base di dati climatici e parametri fisici del ghiacciaio. Il ritiro della fronte della Mer de Glace è anche accompagnato da una significativa riduzione del suo spessore. L'immagine di sfondo è tratta da foto aeree dell'IGN risalenti al 2008.

Les scénarii

Le Rapport Climat

Analyse des changements climatiques dans les territoires du Mont-Blanc et de leurs impacts sur les secteurs socio économiques

Stratégie régionale de la Vallée d'Aoste

D'adaptation aux changements climatiques

Plan régional d'adaptation aux changements climatiques

Work in progress





Région Autonome
Vallée d'Aoste



Regione Autonoma
Valle d'Aosta

STRATEGIA DI ADATTAMENTO

AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

della Regione autonoma Valle d'Aosta

Les politiques, exemples transfrontaliers

Site Changements Climatiques Suisse

<https://www.meteosvizzera.admin.ch/clima/i-cambiamenti-climatici/scenari-climatici-per-la-svizzera.html>

Le changement climatique est une réalité. C'est ce que confirment les observations climatiques menées depuis de nombreuses années en Suisse et dans le monde entier. Le réchauffement est clairement causé par les émissions de gaz à effet de serre d'origine humaine. Il a déjà entraîné des changements perceptibles qui vont s'accroître à l'avenir.

Document de la Cour des Comptes française "*Les stations de montagne face au changement climatique*» du 06 février 2024: 42 stations des Alpes/Pyrénées et Juras sous contrôle, plus une analyse sur 200 stations.

Recommandations :

Les stations devraient se doter d'un plan d'adaptation et les financements devraient être soumis à ce plan ;
Créer un fond d'adaptation au cc ;
Instituer un observatoire sur la vulnérabilité de la montagne ;
Élargir les interactions entre stations

Une montagne vivante, dynamique et surtout habité par ses professionnels sont nos objectifs

- ❖ *Le changement climatique peut aussi porter des nouvelles possibilités de développement de nos territoires alpins. Adaptation veut dire savoir saisir les différentes opportunités que le processus nous présente : désaisonnalisation, fluxes majeurs en été (fuite de la canicule des Villes), majeure attractivité de la montagne*
- ❖ *Il faut savoir s'organiser afin que le cc devienne une occasion – aussi pour repenser différentes modalités de vivre la montagne*
- ❖ *Faire système, valoriser les réseaux des acteurs et des professionnels, en partant d'une connaissance accrue des impacts, nous aidera pour porter de l'avant un développement durable de nos territoires*
- ❖

Les projets à support des politiques

- **PROALP** - accompagnement des professionnels de la montagne : focus group ; tool d'accompagnement , audit et formation
- **PrévRisk-cc** - communication innovante des risques émergents de la haute montagne ; recherche : risques haute montagne ; avalanches à neige humide ; adaptation aux risques ; sentiers glaciologiques
- **Agile Arvier** - modèle de formation et d'accompagnement de territoire ; hub d'application Earth Observation
- **PITER+ cc** - politiques de l'EMB
- **Glarisk cc** - gestion et recherche sur les risques glaciaires et périglaciaires
- **The Chain** - IA appliquée au Bulletin neige et avalanches
- **RESIL AV** - gestion de la voirie et avalanches
- **RISK-CAP-RES** - communication des risques
- **IMAJE** - formation des jeunes, ateliers scolaires

Les politiques nationales et internationales

- **Alpine Convention - 11WG Working Group - 11th Report on the State of the Alps on Alpine Glaciers (as well as the effects of climate change on permafrost and the upstream water cycle)**
- **Risques Glaciaires - Rischio connesso ai fenomeni di dissesto in ambienti glaciali e periglaciali – Dipartimento nazionale della protezione Civile**
- **Convenzione delle Alpi – gruppo PLANALP – Natural Hazards Working Group**
- **EUSALP – EU Marcostrategy – AG8 – Risks and cc**



Grazie!
jpfosson@fondms.org