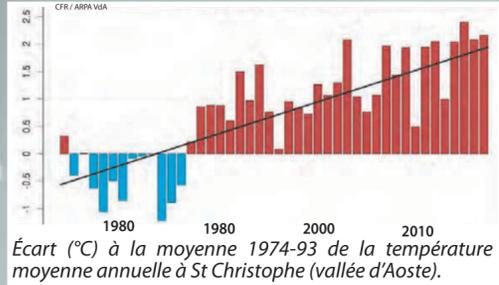


**L'origine des transformations : le changement climatique**



Depuis 1864 dans les Alpes : le réchauffement des températures s'élève à environ +2°C (contre 0.9°C à l'échelle globale) dû à une forte hausse des émissions de gaz à effet de serre et, très marginalement, à l'impact des cycles naturels.

- 5 modalités d'adaptation principales**
- Changement de saisonnalité (déplacement des périodes de bonnes conditions)
  - Changement des activités pratiquées (multi-activités)
  - Plus d'attention portée aux conditions (réactivité)
  - Changement des lieux de pratiques (mobilité)
  - Changement des techniques de progression (équipement)



**Crevassement et ponts de neige**

Les crevasses se forment en raison des contraintes mécaniques que subit la glace, un matériau visco-plastique. Un glacier qui perd en épaisseur peut présenter davantage de crevasses. Un glacier qui se réchauffe accélère et se crevasse également davantage. Avec la hausse des températures, les ponts de neige sont souvent plus fins que par le passé tandis que le moins bon regel l'été (en période caniculaire par exemple) diminue la résistance des ponts.

**Dégradation du permafrost et écoulements rocheux**

**5** Le réchauffement impacte non seulement les glaciers mais également le permafrost, c'est-à-dire les terrains durablement gelés, en augmentant sa température. Cette dégradation du permafrost – qui peut aller jusqu'au dégel – dans les parois et au niveau des arêtes rocheuses se traduit par une forte augmentation de la fréquence et du volume des écoulements rocheux. En effet, la glace présente dans les fractures de la roche n'assure plus son rôle de ciment.



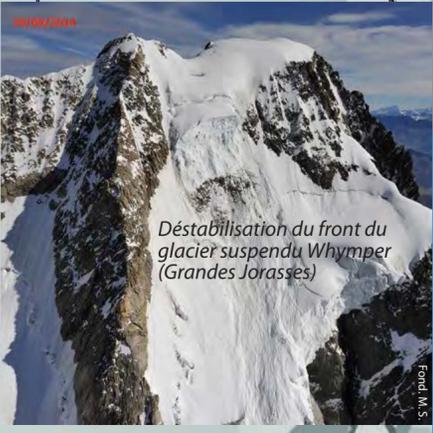
Écoulement de l'arête des Cosmiques, août 2018



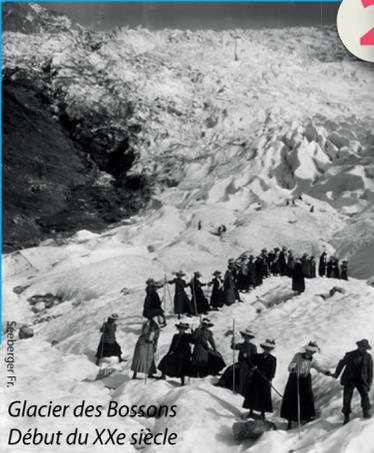
Dépôt d'écroulement au pied de la face nord de la Tour Ronde, sept. 2020

**Disparition des couvertures glacio-nivales**

Ces couvertures sont une condition de la pratique traditionnelle de l'alpinisme mais, depuis trois décennies, elles perdent à la fois en surface et en volume, modifiant la difficulté des itinéraires et augmentant les risques. En effet, les couvertures se raidissent et n'assurent plus la cohésion des versants : des écoulements rocheux se produisent.



Déstabilisation du front du glacier suspendu Whymper (Grandes Jorasses)



Glacier des Bossons Début du XXe siècle

**2** L'école de glace est une découverte (ou un entraînement) des techniques de base de l'alpinisme : utilisation des crampons, maniement du piolet, marche encordée. Cette « approche de la haute montagne » est aujourd'hui rendue difficile en raison de l'évolution des langues glaciaires : les écoles se font de plus en plus haut en altitude, souvent à plus de 3000 m, elles deviennent alors souvent des « écoles de neige ».

**Les écoles de glace**

**3**

**Chutes de séracs et stabilité des glaciers**

Les chutes de séracs (blocs de glace de taille importante) relèvent du fonctionnement normal d'un glacier raide. Elles ne sont absolument pas prévisibles au regard des températures et peuvent survenir n'importe quand dans la journée/année. Par contre, le réchauffement climatique peut déstabiliser des fronts glaciaires tempérés (à 0°C, qui glissent sur la roche) en phase de retrait et réchauffer les glaciers dits « froids » (à température négative, collés à la roche). C'est ainsi que les glaciers suspendus peuvent devenir de plus en plus instables et dangereux.

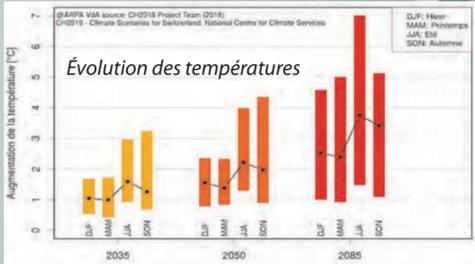
**1** **Accès aux glaciers et refuges**  
La perte d'épaisseur des langues glaciaires est considérable et les versants et moraines récemment désenglacés sont de plus en plus hauts, raides et se déstabilisent. Des câbles et des échelles sont nécessaires pour maintenir les refuges accessibles. Il y a ainsi une augmentation de la difficulté technique et de la dangerosité des accès.



90 m d'échelles au Montenvers (attention aux chutes de pierres)

**Vers une accélération du réchauffement et des changements de la haute montagne**

- **2035** : augmentation des températures de +1 à 2°C (+1°C l'hiver et +1,5 à 2°C l'été); 6 à 10 jours caniculaires par an (contre 2 actuellement).
- **2050** : +2 à +3°C; en été, l'isotherme 0°C va remonter de 300 m en dénivelée, passant de 3800 m aujourd'hui à 4100 m; 15 à 20 jours caniculaires par an.
- **2100** : +3 à 6°C.
- **Précipitations** : la quantité totale ne devrait pas changer mais se répartir différemment entre les saisons et avec des extrêmes très marqués (tempêtes).



**Impacts attendus** : la période d'enneigement en 2050 à Chamonix (1000 m) devrait se réduire de 25 à 45 jours (à 3000 m : -10 à -15 jours); le recul des glacier va s'accélérer avec une perte de surface allant jusqu'à 90 % d'ici 2100; la dégradation du permafrost va également se renforcer, intensifiant la déstabilisation des parois.