



## DOSSIER PEDAGOGIQUE - REPONSES

# Aborder la glaciologie avec le film Les Têtes Givrées

Stéphane Cazes, France, 2022, 102'

### Synopsis

*Dans un collège au pied du Mont Blanc, les élèves de SEGPA (section d'enseignement général et professionnel adapté, composée d'élèves en difficultés scolaires en France) ne s'intéressent à rien. Pour les motiver et les faire rêver, Alain, leur professeur, organise une sortie surprenante et périlleuse dans les entrailles d'un glacier. Les adolescents découvrent alors un monde de glace d'une beauté à couper le souffle. Mais ils réalisent qu'avec le réchauffement climatique, si rien n'est fait, ce glacier comme beaucoup d'autres pourrait disparaître. Contre l'avis de tous, mais entraînés par leur professeur, ils vont se lancer corps et âme dans un projet fou : protéger le glacier et l'empêcher de fondre... Désormais plus rien ne pourra les arrêter, parce qu'il n'y a pas de planète B !*

Source : Synopsis tiré du dossier pédagogique officiel.

### Grandes lignes de ce dossier

Ce dossier est un complément au dossier pédagogique officiel du film (également disponible sur la Plattform). Il ne fait donc pas directement référence au film et est axé uniquement sur l'étude des glaciers alpins à travers une série de questions en lien avec de nombreuses illustrations (cartes, photos, graphes, textes).

La 1<sup>ère</sup> partie (pp 3-4) permet de se familiariser avec les différentes parties d'un glacier et le vocabulaire associé.

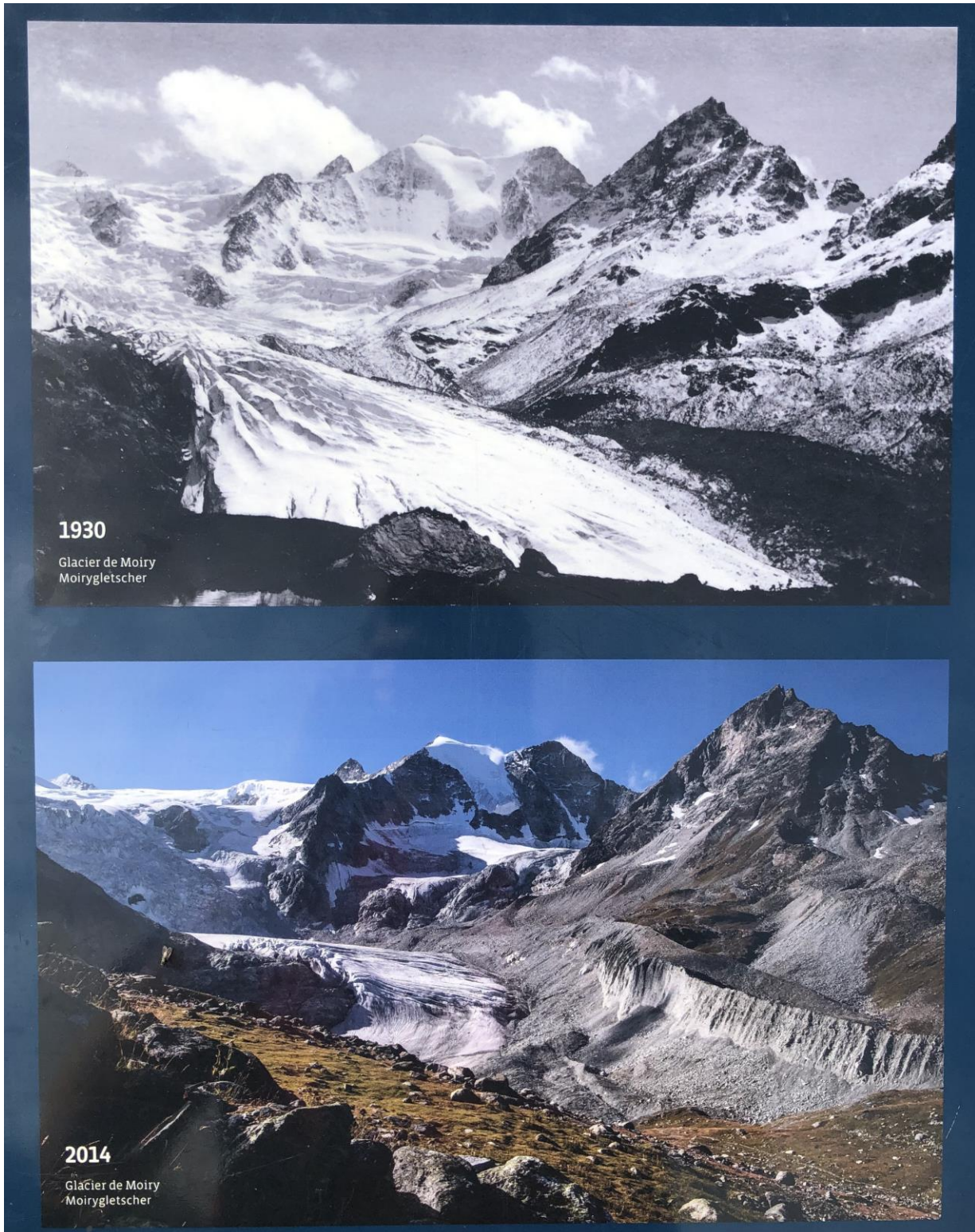
La 2<sup>ème</sup> partie (pp 5-9) aborde l'évolution des glaciers alpins à travers le temps (glaciations, petit âge glaciaire)

La 3<sup>ème</sup> partie (pp 10-13) se concentre sur le dérèglement climatique actuel et ses impacts sur les glaciers.

La 4<sup>ème</sup> partie (pp 14-15) éclaire sur les enjeux de la disparition des glaciers pour la Suisse et l'Europe.

La dernière partie (p 16) offre une sélection de sources pour aller plus loin sur cette thématique.

# Les glaciers alpins

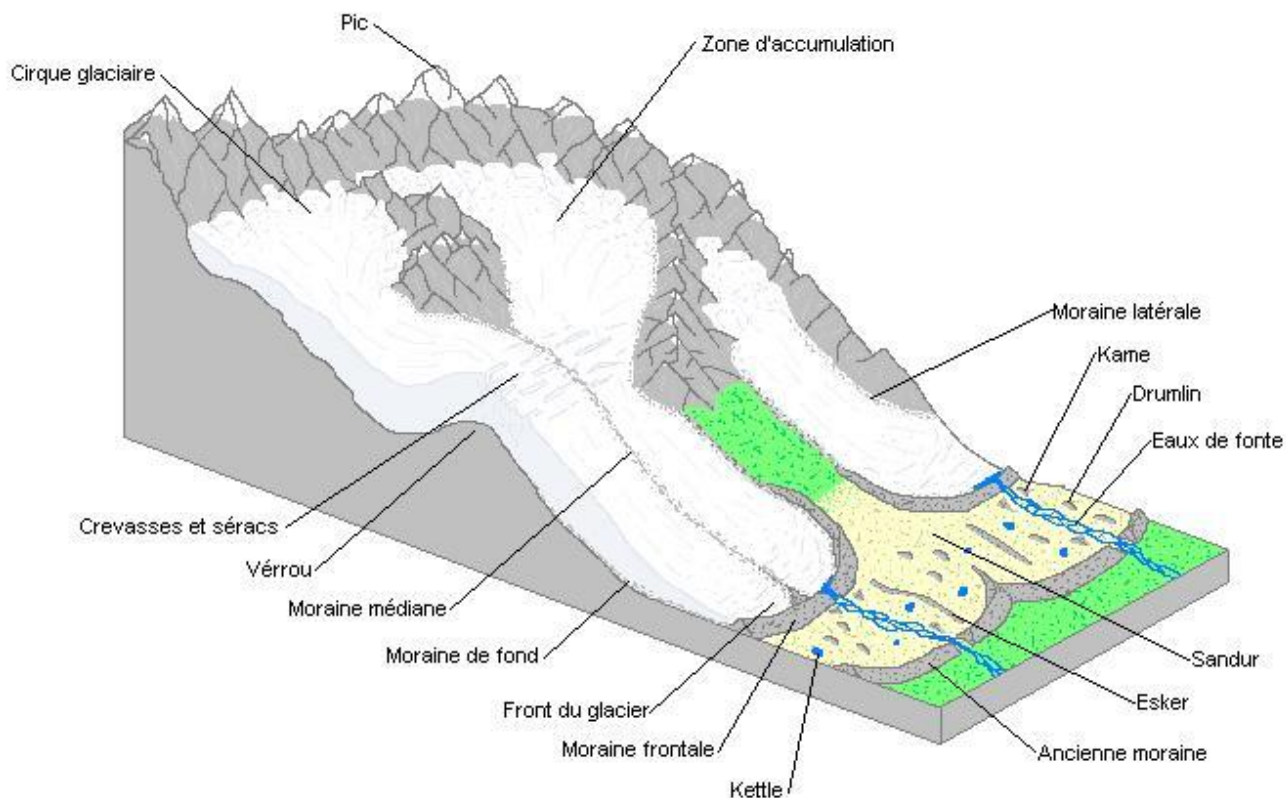


Source : photos tirées des panneaux didactiques sur la géologie installés sur le barrage de Moiry, juillet 2023



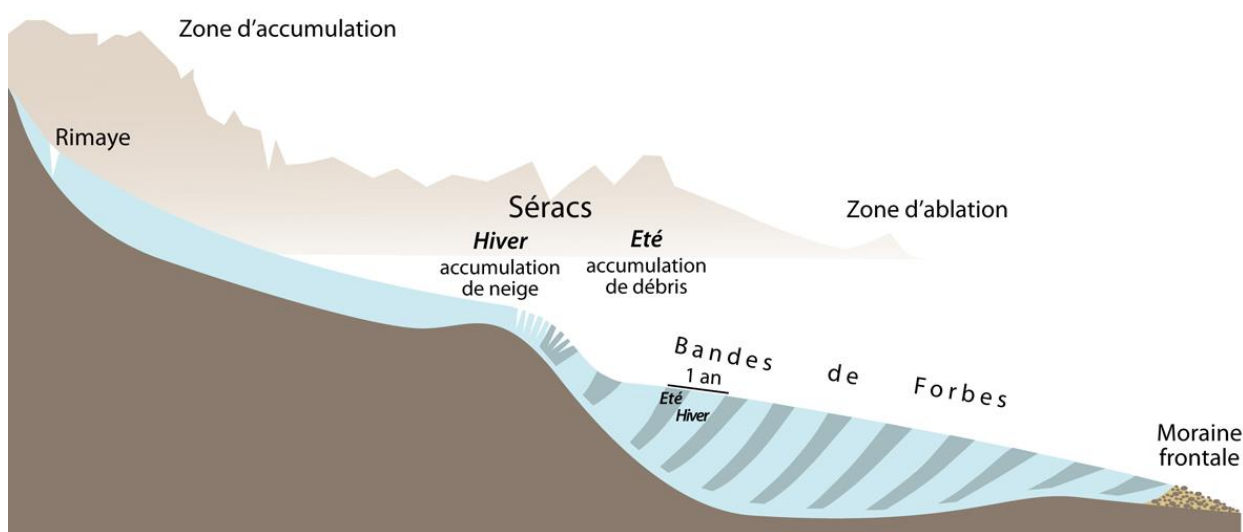
# 1. C'est quoi un glacier ?

## Schéma d'un glacier



Source : Wikipédia, <https://fr.wikipedia.org/wiki/Glacier>, consulté le 30 janvier 2024

## Coupe transversale



Source : <https://www.glaciers-climat.com/gp/>, consulté le 30 janvier 2024

Exercice : trouvez les bons termes pour chacune des cases

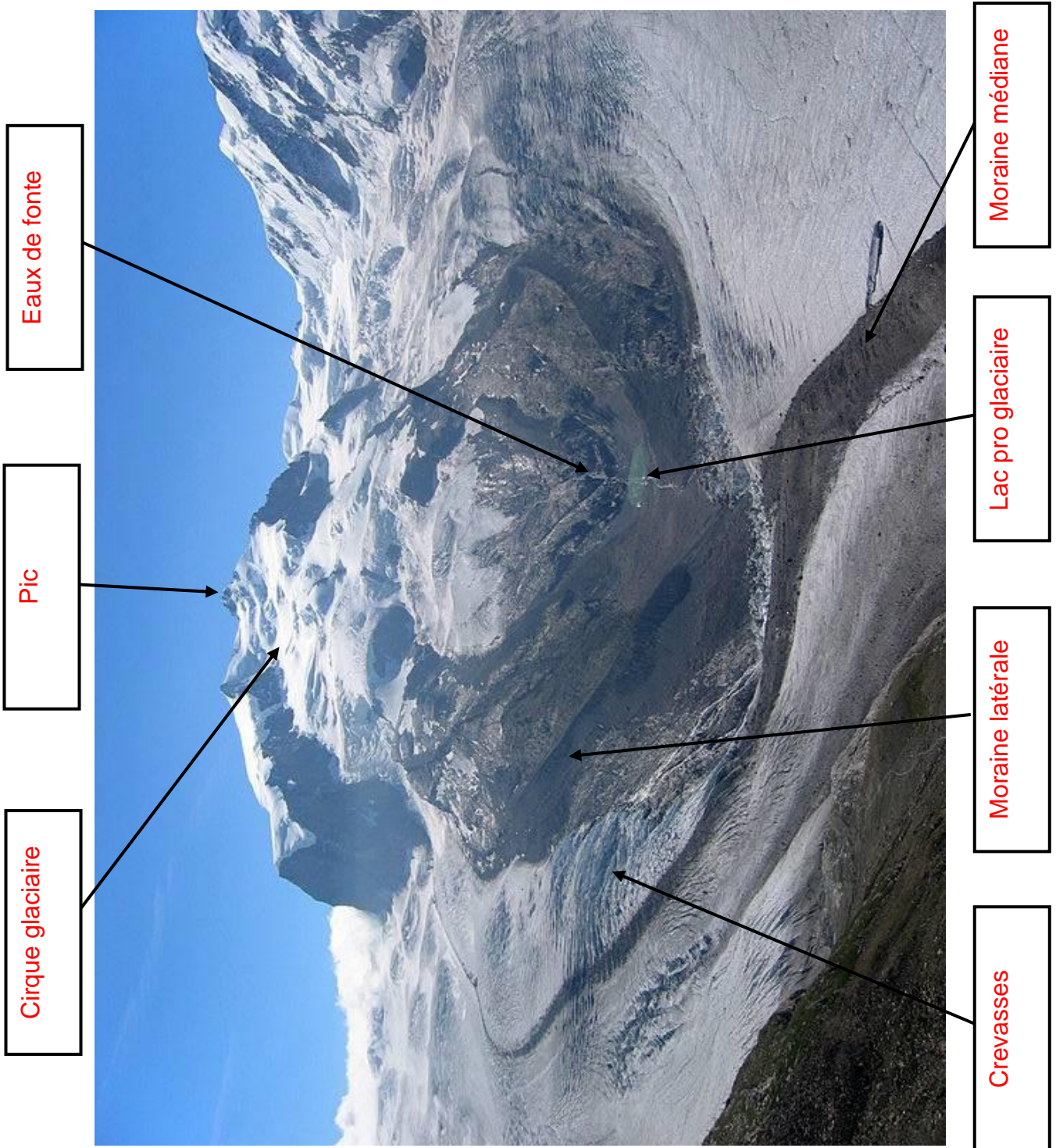


Photo du massif du Mt-Rose et du glacier du Gorner (région de Zermatt)



## 2. Evolution des glaciers alpins

Déjà au XVIII<sup>e</sup> siècle, H.B. de Saussure avait été frappé par le fait qu'on trouvait d'énormes blocs de granite du Mont-Blanc presque jusqu'au Sommet du Salève, cette montagne qui domine Genève. Ce n'est que bien plus tard qu'on s'est rendu compte que les glaciers alpins avaient eu dans le passé une beaucoup plus grande extension qu'aujourd'hui. Il y a environ 25'000 ans le glacier du Rhône s'étendait jusqu'à Lyon et la cuvette genevoise était recouverte par plusieurs centaines de mètres de glace.

C'est le géologue suisse Louis Agassiz qui le premier, en 1837, imagine l'existence de glaciations dans le passé. Les études qui ont suivi ont démontré que l'hémisphère nord avait subi périodiquement des périodes de refroidissement entraînant une avancée considérable des glaciers.

2.1. Connaissez-vous ces rochers ? Où sont-ils situés ? Quelle est leur origine ? Comment nomme-t-on ce type de rocher ?



Pierre du Niton, rade de Genève

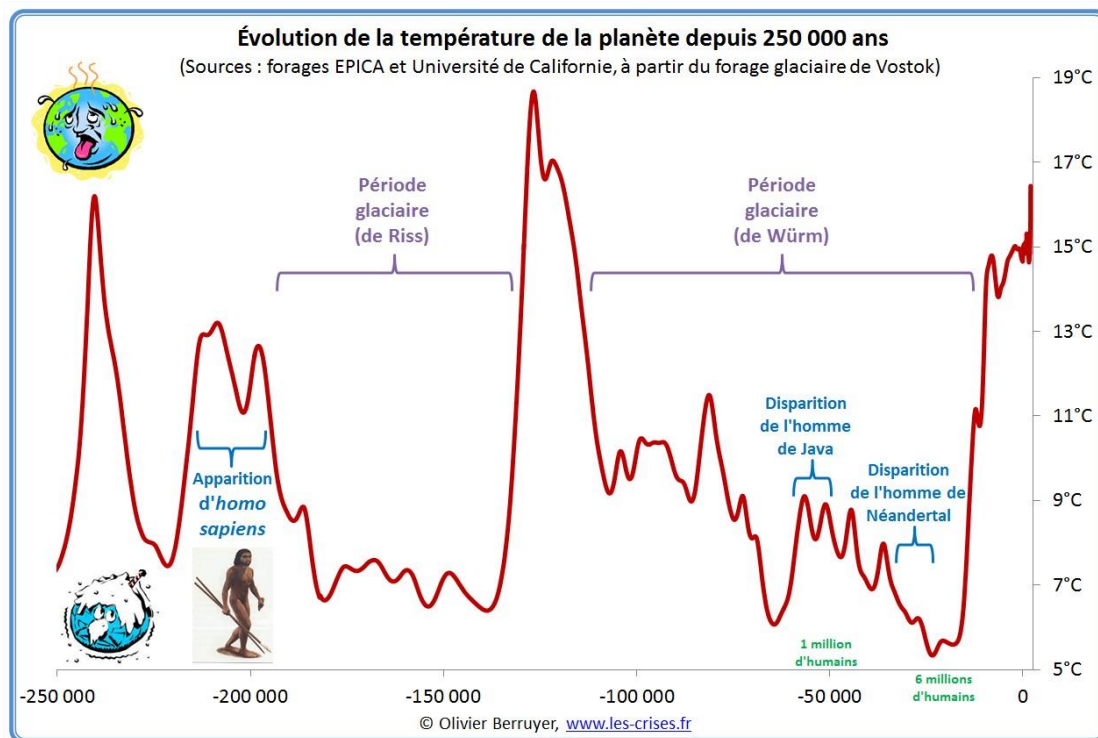


Vessy



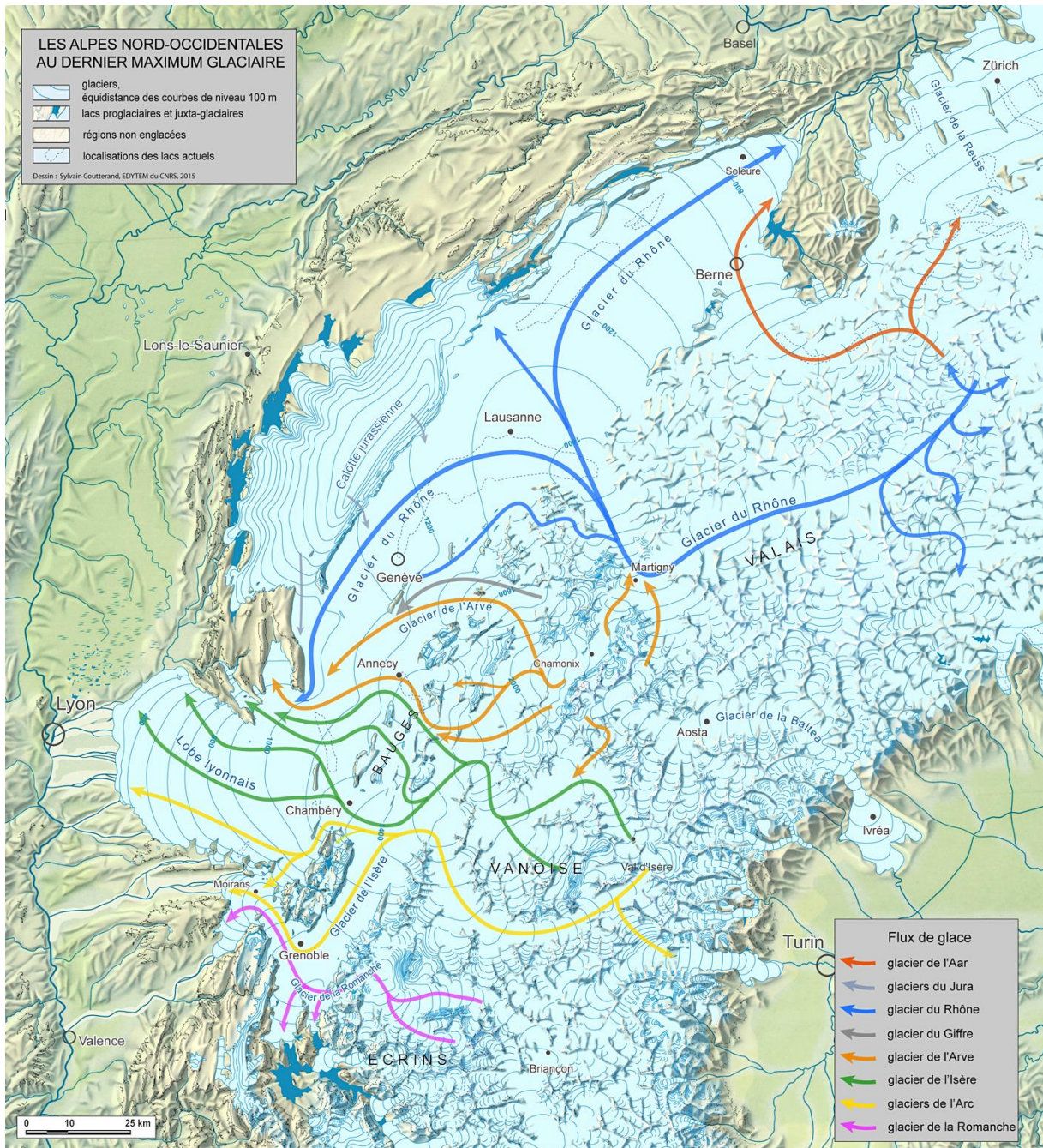
Crête du Salève

Ces sont 3 exemples de blocs erratiques, déposés dans la région genevoise lors du retrait du glacier du Rhône à la fin de la dernière période glaciaire du Würm, il y a plus de 12'000 ans. Le différent type de roche est un témoin fiable de la présence de glaciers.



Source : Les Crises, <https://www.les-crises.fr/climat-8-analyse-rechauffement/>, 19 avril 2013





Source : <https://www.glaciers-climat.com/cg/le-quaternaire-dans-les-alpes/>, consulté le 30 janvier 2024

## 2.2. Que montre cette carte ?

Le dernier maximum glaciaire sur une partie des Alpes il y a environ 25'000 ans. Les grandes villes actuelles sont représentées pour se rendre compte de l'avancée des glaciers alpins à l'époque de la dernière période glaciaire du Würm. Les flèches indiquent les trajets des plus importants glaciers.

## 2.3. Quelle était la situation à Genève ? Et pour la Suisse ?

Le bassin genevois était complètement recouvert de glace avec plus de 1000m d'épaisseur, tout comme une grande partie de la Suisse. Seules certaines parties du nord et de la Suisse orientale ne sont pas recouvertes de glace.



Depuis plus de 2,5 millions d'années (début du quaternaire) les vallées des Alpes ont été façonnées par le passage de plus de vingt-cinq glaciations. Dans les hautes vallées, seules les traces de la dernière glaciation, celle du Würm, sont préservées. En aval, dans l'avant-pays savoyard et sur le plateau suisse, les dépôts glaciaires sont mieux conservés. Ils témoignent des extensions paroxysmales du Quaternaire moyen.

La cuvette lémanique présente de nombreux témoins de l'occupation par le glacier du Rhône et de la déglaciation du lac Léman.

Il y a 10 000 ans, toute cette glace a disparu ; le volume des glaciers étant semblable à l'actuel. Les optimums climatiques, désormais avérés, de l'âge du bronze et de l'époque romaine, ont connu des glaciers plus restreints qu'aujourd'hui, puis en pleine crue, durant les épisodes froids, à l'image du Petit Age Glaciaire qui prit fin vers 1850.



Source : Société de Géographie de Genève, <https://sgeo-ge.ch/100000-ans-dhistoire-des-glaciers-a-geneve-du-temps-des-mammouths-a-aujourd'hui-par-sylvain-coutterand/>, 22 février 2016



(DP, Auguste Couette)

Source : <https://www.remontees-mecaniques.net/bdd/reportage-tcp2x15-de-la-mer-de-glace-dcsa-creissels-2163.html>, consulté le 30 janvier 2024

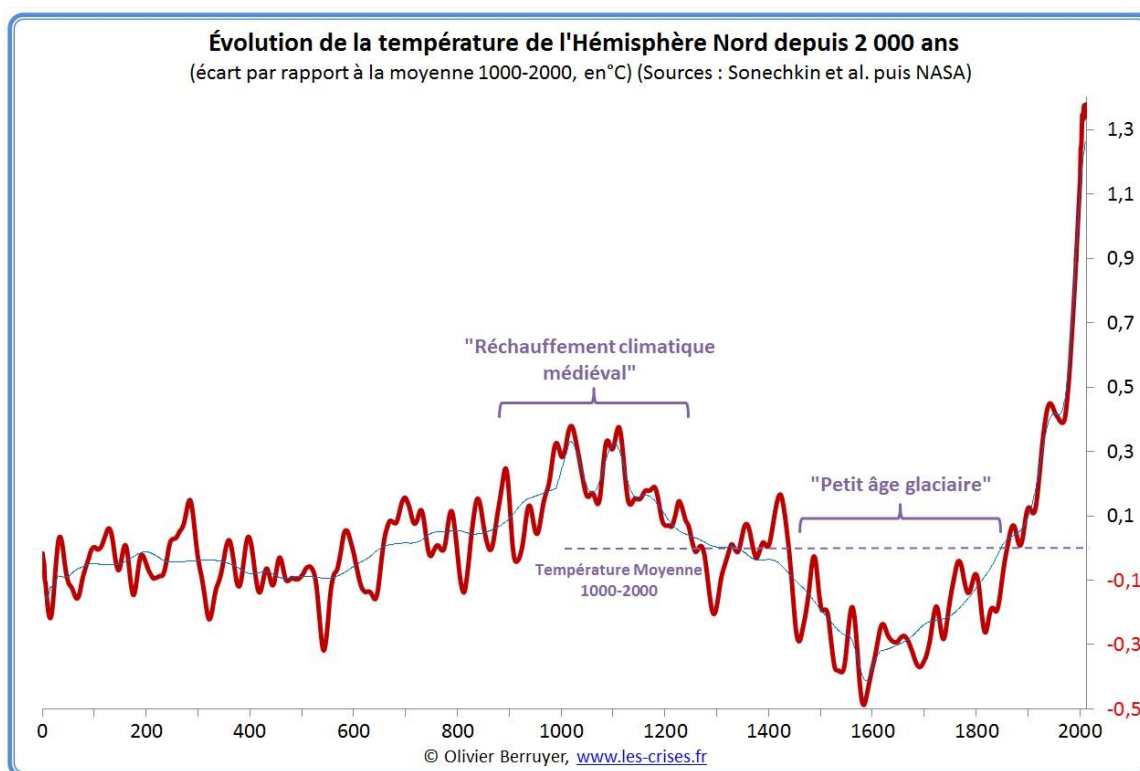
2.4. Connaissez-vous cet endroit ? Quel glacier est représenté ? A votre avis, de quand date cette illustration ?

C'est une photo de l'hôtel du Montenvers à Chamonix datant de 1900. On y voit clairement la Mer de Glace, le plus grand glacier français avec une énorme langue glaciaire.

# 1850 : LE CLIMAX DU PETIT AGE GLACIAIRE

Depuis la fin du dernier épisode glaciaire (la glaciation du Würm) il y a 11'700 ans, notre planète se trouve dans une période tempérée appelée Holocène. Après 5'000 ans très favorables, le climat de l'Holocène s'est dégradé lentement. C'est ainsi que commence, au cours du 14<sup>e</sup> siècle de notre ère, une période particulièrement rigoureuse que l'on surnommera le Petit Âge Glaciaire. En raison (entre autres) d'une diminution de l'activité solaire et d'éruptions volcaniques importantes, les températures moyennes baissent et les glaciers avancent fortement, causant de nombreuses catastrophes dans tout l'Arc Alpin. Le Petit Âge Glaciaire culmine en 1850, avec l'extension maximale des glaciers alpins depuis la fin de la dernière époque glaciaire.

Source : document tiré de l'exposition « Témoins de glace », parc des Bastions, Genève, octobre 2023



Source : Les Crises, <https://www.les-crises.fr/climat-8-analyse-rechauffement/>, 19 avril 2013

## 2.5. Que montre ce graphique ?

Il met en évidence l'évolution des températures dans l'Hémisphère Nord depuis l'an 0. La courbe montre l'écart de température par rapport à une moyenne prise entre l'an 1000 et 2000. On constate un réchauffement lors du Moyen-Age (qui n'a pas été constaté sur le reste de la planète) suivi d'un refroidissement appelé « le Petit âge glaciaire entre 1400 et 1850 environ. Cet épisode est principalement dû à une forte activité volcanique et une faible activité solaire. Les dernières décennies sont marquées par une accélération brutale des températures allant jusqu'à un écart positif d'environ 1,2°C actuellement.

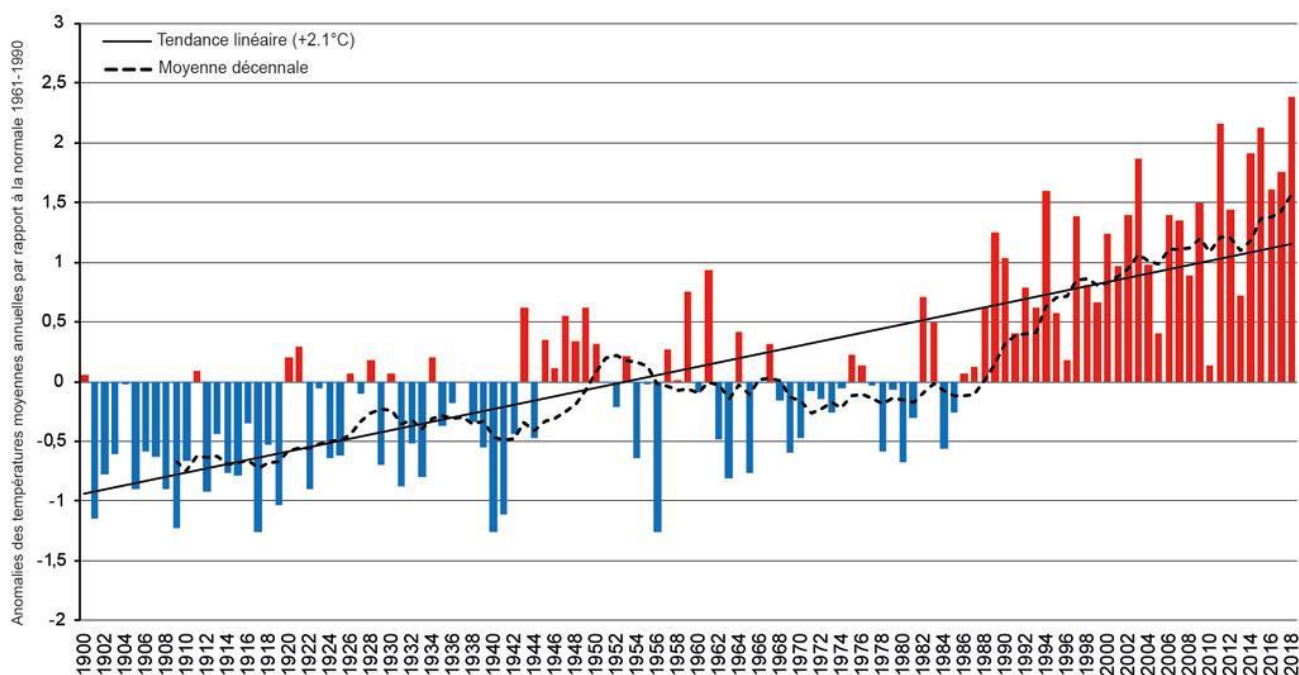


### 3. Dérèglement climatique dans les Alpes

Selon le GIEC (Groupe d'Experts sur l'Évolution du Climat, son rôle est de synthétiser des dizaines de milliers de publications scientifiques), le changement climatique actuel est «sans équivoque» et «l'influence de l'Homme sur le système climatique est clairement établie». Le réchauffement de la dernière décennie est «100 % d'origine anthropique». Les perturbations observées depuis le début du XXe siècle sont «sans précédent» depuis des milliers d'années.

Le changement climatique d'origine humaine n'est donc ni une opinion, ni un avis, ni même une décision prise par la majorité.

EVOLUTION DES TEMPÉRATURES MOYENNES ANNUELLES ENTRE 1900 ET 2018 DANS LES ALPES FRANÇAISES



Source : Données Histaip ([www.zamg.ac.at/histaip](http://www.zamg.ac.at/histaip)), Météo-France, traitement Agence alpine des territoires / Observatoire du changement climatique

Source : Parc national des Ecrins, <https://www.ecrins-parcnational.fr/breve/indicateur-rechauffement-alpes-francaises>, consulté le 30 janvier 2024

3.1. Que montre ce graphique ? Quelle comparaison peut-on faire avec l'évolution moyenne à la surface du globe ?

Ce graphe montre l'évolution des températures dans les Alpes françaises entre 1900 et 2018 en mettant en avant les écarts par rapport à la période 1961-1990. Les plus anciennes années sont en dessous de la norme avec la fin du Petit âge glaciaire. A partir de 1986, toutes les années se retrouvent en dessus de cette moyenne avec des écarts de plus en plus importants avoisinant 2,5°C en 2018. On peut donc conclure que les Alpes se réchauffent plus vite que la moyenne mondiale qui est actuellement de 1,2°C.



**Glacier du Trient**, 1891, photographie d'Oscar Nicollier,  
coll. Médiathèque Valais, Martigny

**Glacier du Gornier**, vers 1910, carte postale,  
coll. Médiathèque Valais, Martigny

### 3.2. Quels constats peut-on faire à la lecture de ces images ?

Le recul de ces deux glaciers est impressionnant. Les langues glaciaires ont quasiment disparues. Le paysage est très différent avec une nette colonisation de la végétation là où le glacier du Trient était encore présent il y a un peu plus d'un siècle. Pour la région du Gornier, le recul du glacier a fait apparaître un important verrou rocheux où un projet de barrage est à l'étude.

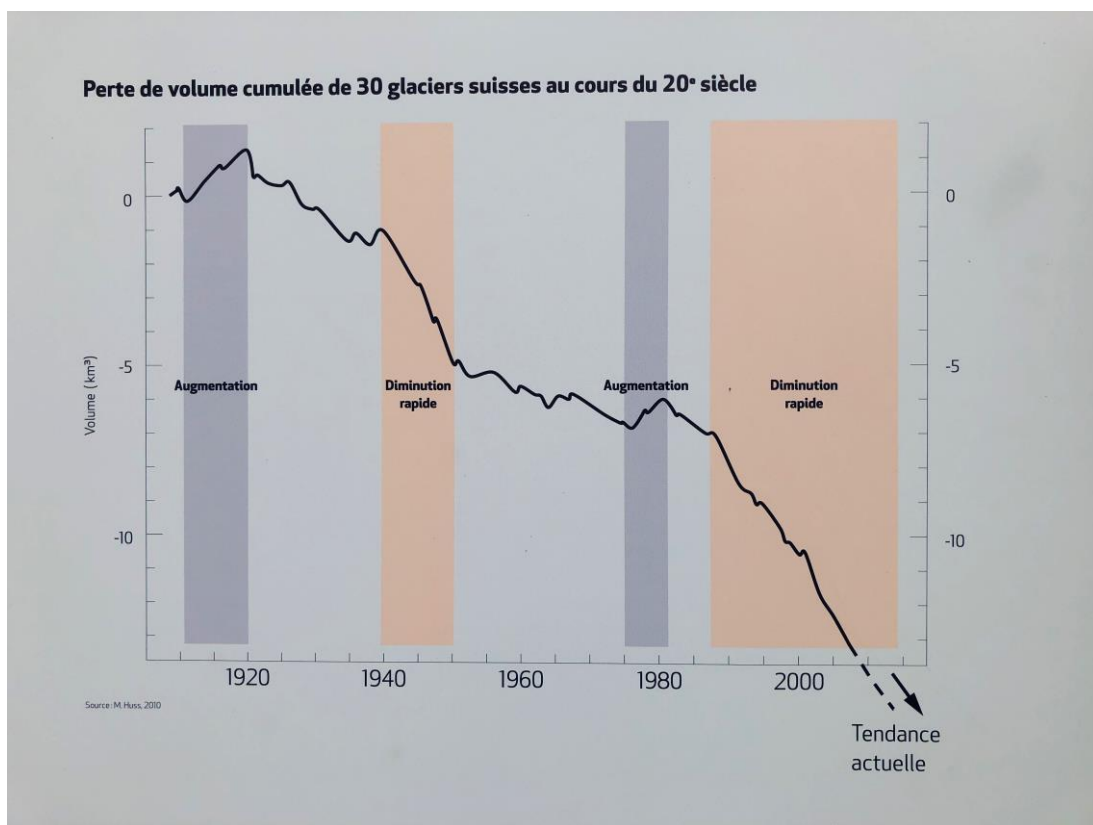


## AU 20<sup>E</sup> SIECLE : UN REcul QUASI ININTERROMPU

Depuis 1850, les glaciers alpins ont vécu un recul quasi continu jusqu'à aujourd'hui, entrecoupé seulement par de brèves avancées dans les années 1920 et 1980. Depuis les années 1930, on estime qu'ils ont perdu près de 50 % de leur volume total.

## AU 21<sup>E</sup> SIECLE : UNE ACCELERATION

Ce début de 21<sup>e</sup> siècle est marqué par une accélération de la fonte. Aux causes naturelles qui expliquent le recul à partir de 1850 se rajoute depuis plus de 50 ans l'impact des activités humaines, qui est aujourd'hui largement prépondérant. Selon une étude récente, on estime que près de 70 % de la diminution du glacier d'Argentièrre depuis 1850 est imputable au facteur anthropique. Les récentes canicules, dont tout indique que la fréquence va augmenter, sont particulièrement dommageables. En 2022, les glaciers suisses ont perdu 3 fois plus de glace que d'habitude. Les 25 jours de canicule de cette année-là sont à eux-seuls responsables de la fonte de 1.7 km<sup>3</sup> d'eau, soit plus de la moitié de la fonte habituelle en un été.



Source : document tiré de l'exposition « Témoins de glace », parc des Bastions, Genève, octobre 2023

## Peut-on ralentir, voire empêcher la fonte des glaciers ?



Source : Le Courrier, <https://lecourrier.ch/2020/09/03/berne-fond-pour-les-glaciers/>, 3 septembre 2020

3.3. Que montre cette image ? Où la photo a-t-elle été prise ? Est-ce une solution intéressante ?

C'est une photo du front actuel du glacier du Rhône en Haut-Valais. On peut observer la formation récente d'un lac pro glaciaire formé par le recul du glacier. La photo met surtout en évidence la présence de bâches blanches recouvrant une petite partie du glacier. Cette solution permet de ralentir la fonte et de sauvegarder pour un certain temps la grotte de glace artificielle, attraction touristique majeure de la région. Malheureusement, elles ne protègent qu'une infime partie du glacier et ce serait de toute façon un non-sens écologique d'en disposer plus, sans parler du coût faramineux d'une telle démarche.

Prenez connaissance de l'extrait ci-dessous :

*Ils pourraient avoir trouvé l'appareil capable de sauver les glaciers de la fonte. C'est en tout cas l'espoir de plusieurs chercheurs de la Haute École de Lucerne, en Suisse. Il s'agit d'un canon à neige de haute-altitude, qui puise l'eau fondue d'un glacier pour la lui renvoyer sous forme de neige. "La neige protège le glacier parce qu'elle réfléchit les rayons du soleil. Partout où il y aura de la neige, le glacier arrêtera de fondre", explique le chercheur Dieter Muller.*

*Après un premier essai sur place, ils ont pour projet de déployer cet appareil sur le glacier Morteratsch, victime lui aussi du réchauffement climatique. Un lac glaciaire plus en amont servira de source d'eau, qui coulera jusqu'au canon par simple effet de gravité. Entre octobre 2018 et octobre 2019, les glaciers suisses ont perdu 5 % de leur volume total. Sur les cinq dernières années, ce chiffre s'élève à 10 %.*

Source : FranceTVinfo, [https://www.francetvinfo.fr/meteo/climat/video-ils-inventent-une-machine-qui-pourrait-sauver-les-glaciers-de-la-fonte\\_3871781.html](https://www.francetvinfo.fr/meteo/climat/video-ils-inventent-une-machine-qui-pourrait-sauver-les-glaciers-de-la-fonte_3871781.html), 17 mars 2020

3.4. Pensez-vous que cette solution soit plus appropriée ? Justifiez.

Ce projet évite le risque de pollution synthétique due à la décomposition des bâches et permet de couvrir potentiellement une surface plus importante. Cependant, cela reste un pansement sur une hémorragie tant les surfaces à couvrir sont immenses, sans parler des coûts financiers et énergétiques d'une telle entreprise. Il n'est également pas toujours possible de disposer d'une source d'eau en amont du glacier. Cette solution reste donc peu transposable.



## 4. Enjeux pour la Suisse

Réservoir	km <sup>3</sup>
Lacs (portions situées en Suisse)	130
Dont lac Léman (total)	89
Glaciers en 1850	100
Glaciers en 2020	Env. 50
Glaciers en 2100	15
Ouvrages de retenue	4
Eau souterraine	150
Réserves maximales de neige (env. avril), y.c. parts situées à l'étranger	13
Eau du sol disponible pour la végétation y.c. parts situées à l'étranger	9

Source : document tiré de l'exposition « Témoins de glace », parc des Bastions, Genève, octobre 2023

### 4.1. Quel est le problème mis en avant dans ce tableau ?

Il met en avant les volumes d'eau douce disponibles en Suisse par type de réservoir. Les volumes stockés sous forme de glace ont diminué de moitié par rapport à 1850. Pour l'horizon 2100, les estimations sont très pessimistes avec une perte de 85% par rapport à la fin du petit âge glaciaire. Les lacs (y compris les ouvrages de retenue) seront alimentés par cette fonte mais une fois les glaciers disparus, l'eau douce risque de venir à manquer.

## LE REcul DES GLACIERS: LES ENJEUX

Le réchauffement est un phénomène global. À l'échelle de la planète, les impacts sont majeurs - élévation du niveau des mers, désertification accrue de régions déjà sous pression, perte de la biodiversité. À l'échelle plus locale des Alpes, la diminution des ressources en eau que constituent les glaciers ne sera pas sans conséquence non plus. Il est probable que la quantité totale de précipitations ne soit pas trop réduite en Suisse. Mais la diminution des surfaces englacées et de la couverture neigeuse modifiera considérablement la répartition saisonnière de l'eau. À long terme (2085), les ressources disponibles et renouvelables diminueront légèrement, surtout au Tessin (environ 10 % de réduction). Cela aura un impact sur sa disponibilité pour la consommation des ménages et de l'industrie, l'irrigation, les écosystèmes et la production d'énergie hydroélectrique. Le réchauffement de sols gelés en altitude et la création de nouveaux lacs sur les terrains libérés constituent aussi de risques naturels qu'il conviendra de surveiller.

Source : document tiré de l'exposition « Témoins de glace », parc des Bastions, Genève, octobre 2023

#### 4.2. Résumons en conclusion les différents enjeux liés au recul des glaciers

- 1) L'approvisionnement hydroélectrique risque d'être compromis à partir de 2050 déjà.
- 2) La biodiversité aquatique risque d'être menacée avec des débits de rivières réduits et des niveaux lacustres bas.
- 3) L'agriculture risque de souffrir de manque d'eau.
- 4) Le retrait des glaciers va accentuer les risques d'éboulements et de glissements de terrain. La formation de lacs proglaciaires risque de créer des inondations dans les vallées.
- 5) L'attrait touristique de la Suisse risque d'être compromis avec des paysages moins photogéniques.
- 6) Les pratiques telles que l'alpinisme devront se réinventer (accès aux cabanes dangereux, voire impossibles, itinéraires non praticables, etc.)
- 7) Plus globalement, les glaciers alpins alimentent les grands fleuves européens comme le Rhône, le Rhin, le Danube et le Pô. De faibles débits, voire des sécheresses, auront des impacts écologiques et économiques non négligeables.