



La dynamique glaciaire, les glaciers en mouvement

Sylvain Cutterand – EDYTEM, CNRS - 2017



- la couverture glaciaire de la planète
- deux grandes familles de glaciers
- les différents types de glaciers alpins
- de la neige à la glace
- le bilan annuel ou bilan de masse
- le réseau hydrographique du glacier
- l'écoulement du glacier : "les glaciers sont vivants«
- les formes juxta-glaciaires et supra-glaciaires

A wide-angle photograph of a massive glacier flowing through a mountain valley. The glacier's surface is heavily textured with numerous crevasses and ridges of moraine material. In the background, dark, jagged mountain peaks are partially covered in snow, set against a twilight sky with a soft orange and blue glow. The overall scene is dramatic and emphasizes the scale of glacial erosion.

La couverture glaciaire de la planète

La glace à la surface de la terre

GLACE = 75 % de l'eau douce de la planète
= 2% de l'eau

10% des terres émergées



2 Inlandsis



Calottes glaciaires + Glaciers

Les glaciers des Alpes occidentales

919 glaciers
2/00 km² dont 30% < 0.1 km²



Si toutes les glaces fondaient

Contribution à l'élévation du
niveau des océans :

Antarctique = 65 m

Groenland = 7 m

Calottes + Glaciers = 40 cm

Alpes = 5 cm !

= 72 m

A wide-angle photograph of a vast, rocky glacier landscape. The foreground and middle ground are filled with a dense field of dark, jagged rock fragments and ice debris, characteristic of a moraine or a rocky glacier. The background features a range of rugged, snow-capped mountains under a twilight sky with soft, warm light. The overall scene is desolate and majestic.

Deux grandes familles de glaciers

Sur la Terre : deux types de glacier et de glace...

glacier tempéré

GLACIER

glacier froid



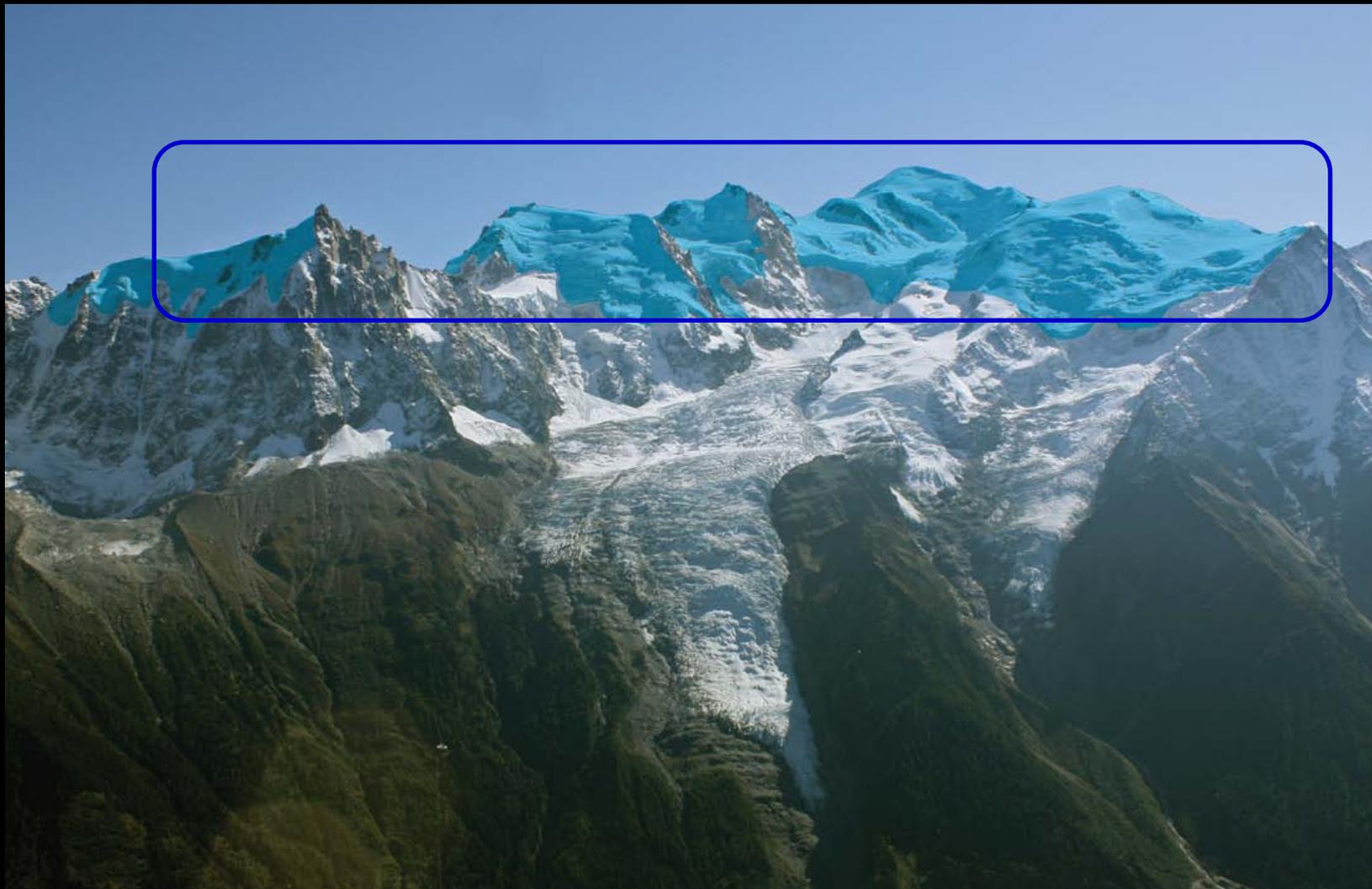
Ex. Mer de Glace 0 °C



Ex. calotte glaciaire
du Mont-Blanc -16 °C

- le glacier tempéré a une température proche du point de fusion ; à la base l'eau de fonte rend son glissement possible et plus rapide selon la saison.
- le glacier froid a une température située en-dessous du point de fusion ; il est gelé à sa base (pas d'écoulement d'eau)

Le Mont-Blanc et le glacier des Bossons : glacier froid et tempéré
= glacier polythermique



A wide, rocky glacier flows through a mountain valley at dusk. The glacier's surface is covered in numerous dark rocks and boulders of various sizes, creating a textured, uneven appearance. In the background, dark, jagged mountain peaks are partially covered in snow, with a soft, warm glow from the setting or rising sun illuminating the scene from the left. The sky is a deep, dark blue, and the overall atmosphere is serene and majestic.

Les différents types de glaciers alpins

Glacier de vallée : Aletsch



Glacier de vallée : Forno



Glacier de versant

Taconnaz,
les Bossons



Glacier de cirque
glacier du Ruan



Glacier rocheux

Glacier du Marinnet

- présence de glace insignifiante
- front marqué, en forme de lobe, avec des bourrelets caractéristiques,
- ils ont été baptisés en 1909 par l'Américain Stephen Reid Capps Jr.

Trois variétés :

- les glaciers rocheux « actifs » contiennent une glace interne, et se déplacent lentement vers l'aval, de quelques centimètres à un mètre par an
- les glaciers rocheux « inactifs » contiennent encore de la glace, mais sont immobiles
- les glaciers rocheux « fossiles » ne présentent plus de glace et ne sont affectés par aucun déplacement

Ils sont nombreux dans les Alpes du Sud (Ubaye, Thabor) et le Valais suisse.

Glacier froid de calotte



Aiguille verte



Mont-Blanc

©Pascal Tournaire

Au dessus de 4000 m



Glaciers froids du Mont-Blanc

©Ludovic Moucheront

Glaciers froids du Dôme



Quelques fronts glaciaires

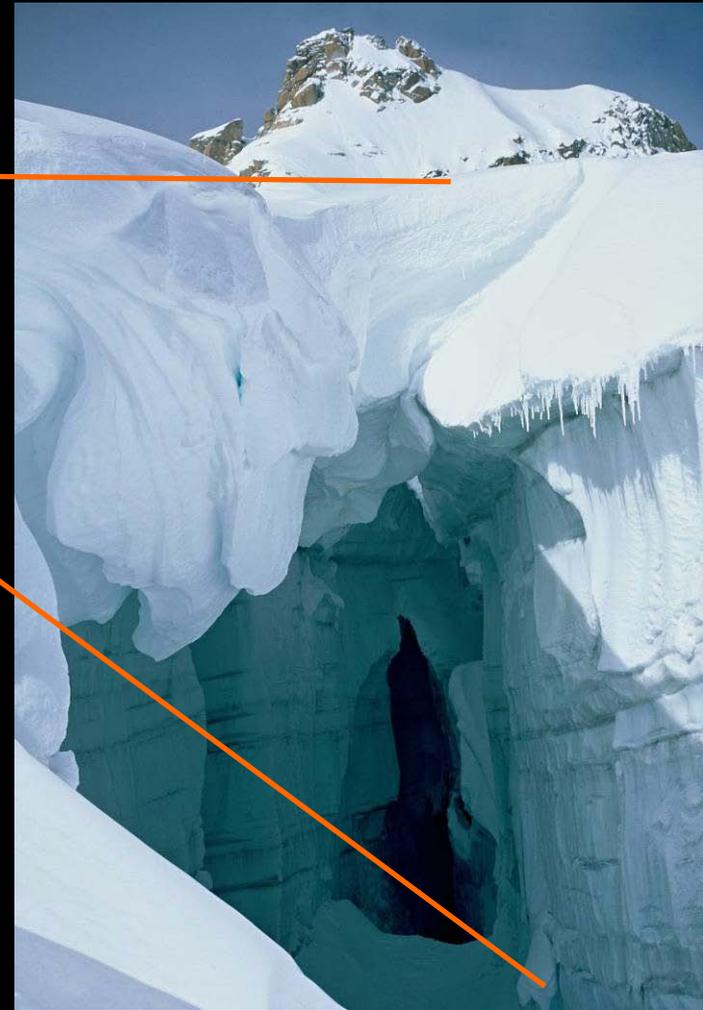
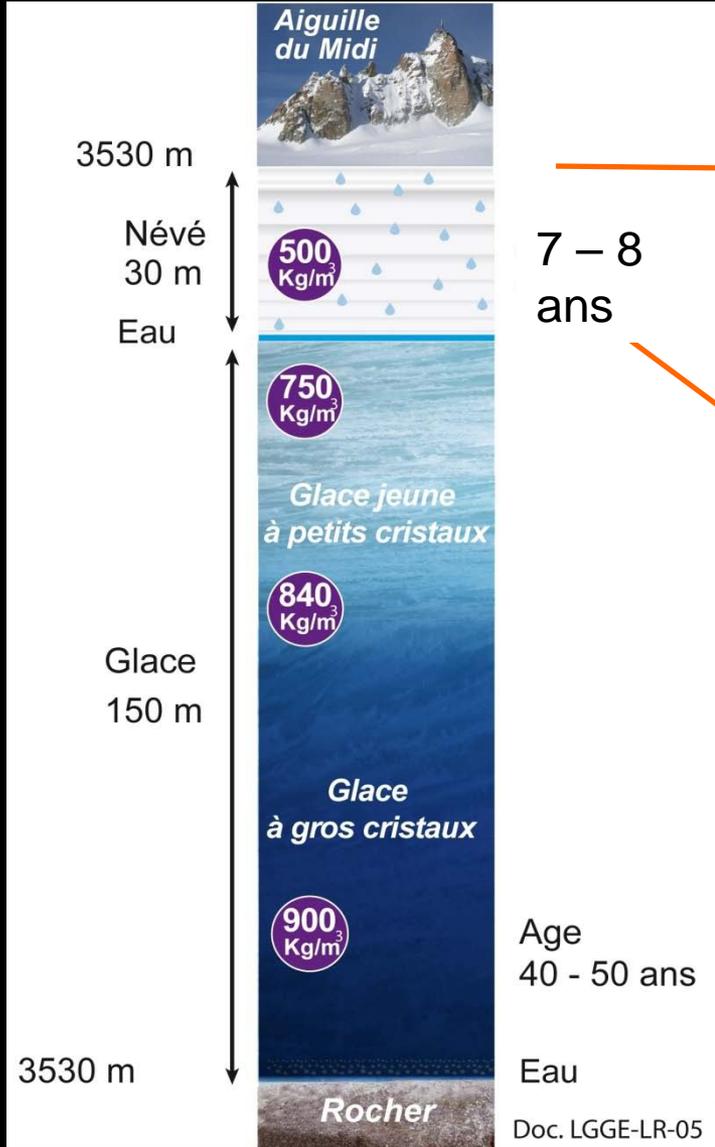




De la neige à la glace, la diagenèse

Au col du Midi

De la neige à la glace

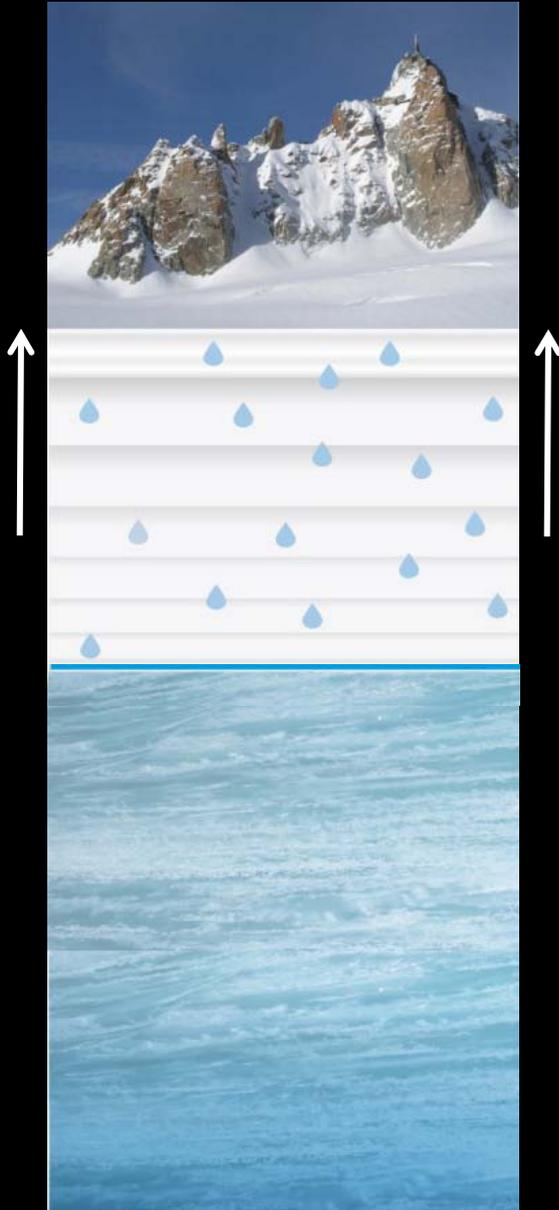


©A Zryd

	Neige fraîche	Neige tassée	Névé	Glace de glacier	eau
densité	0.05-0.2	0.2-0.3	0.5-0.83	0.83-0.917	1

Evolution du névé d'un glacier tempéré entre juin et octobre

Peu d'eau



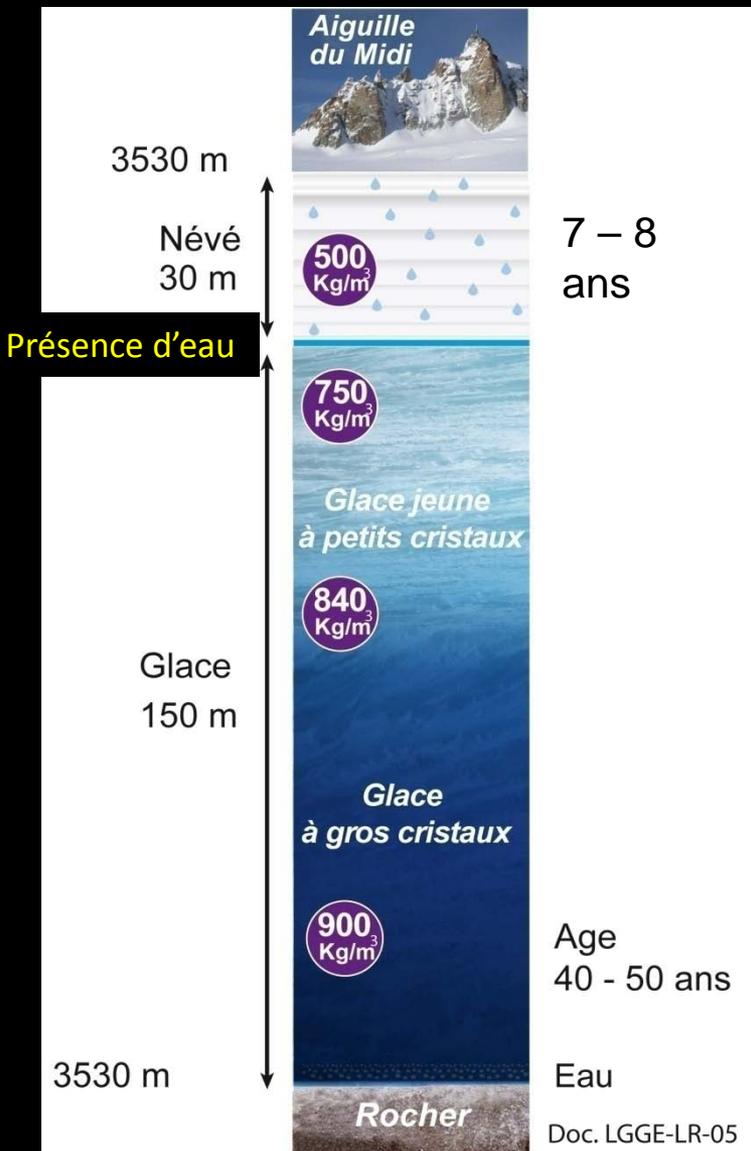
- 3 à 4 m

Eau, nappe phréatique



Deux types de diagenèse :

Glacier tempéré



©LGGE

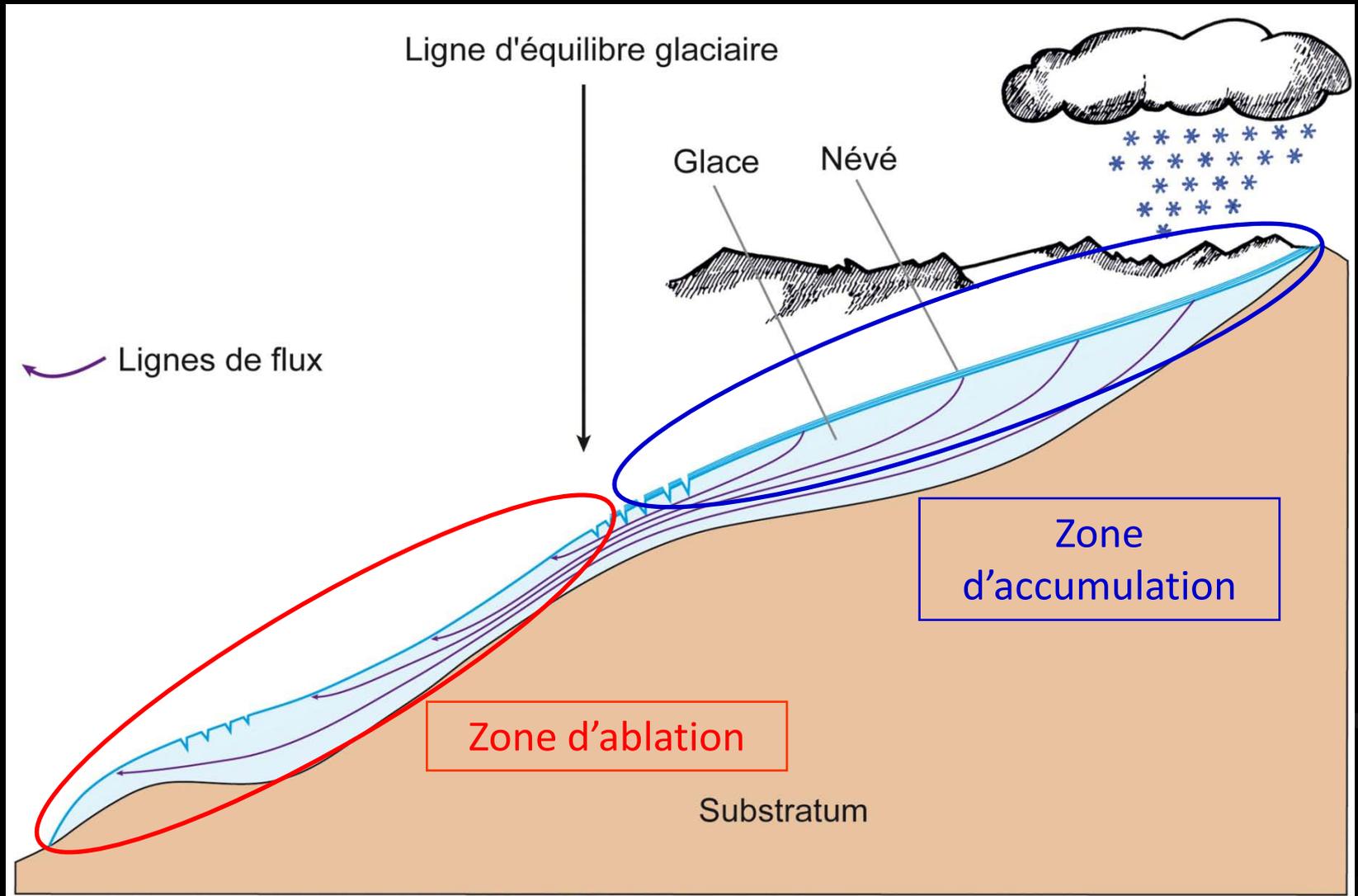
Glacier froid



A wide, rocky glacier flows through a mountain valley at dusk. The glacier's surface is heavily textured with numerous crevasses and ridges of moraine material. In the background, dark, jagged mountain peaks are partially covered in snow, silhouetted against a twilight sky with a hint of orange light on the horizon. The overall scene is dramatic and emphasizes the scale and movement of the ice mass.

Les bilans de masse

Coupe longitudinale d'un glacier

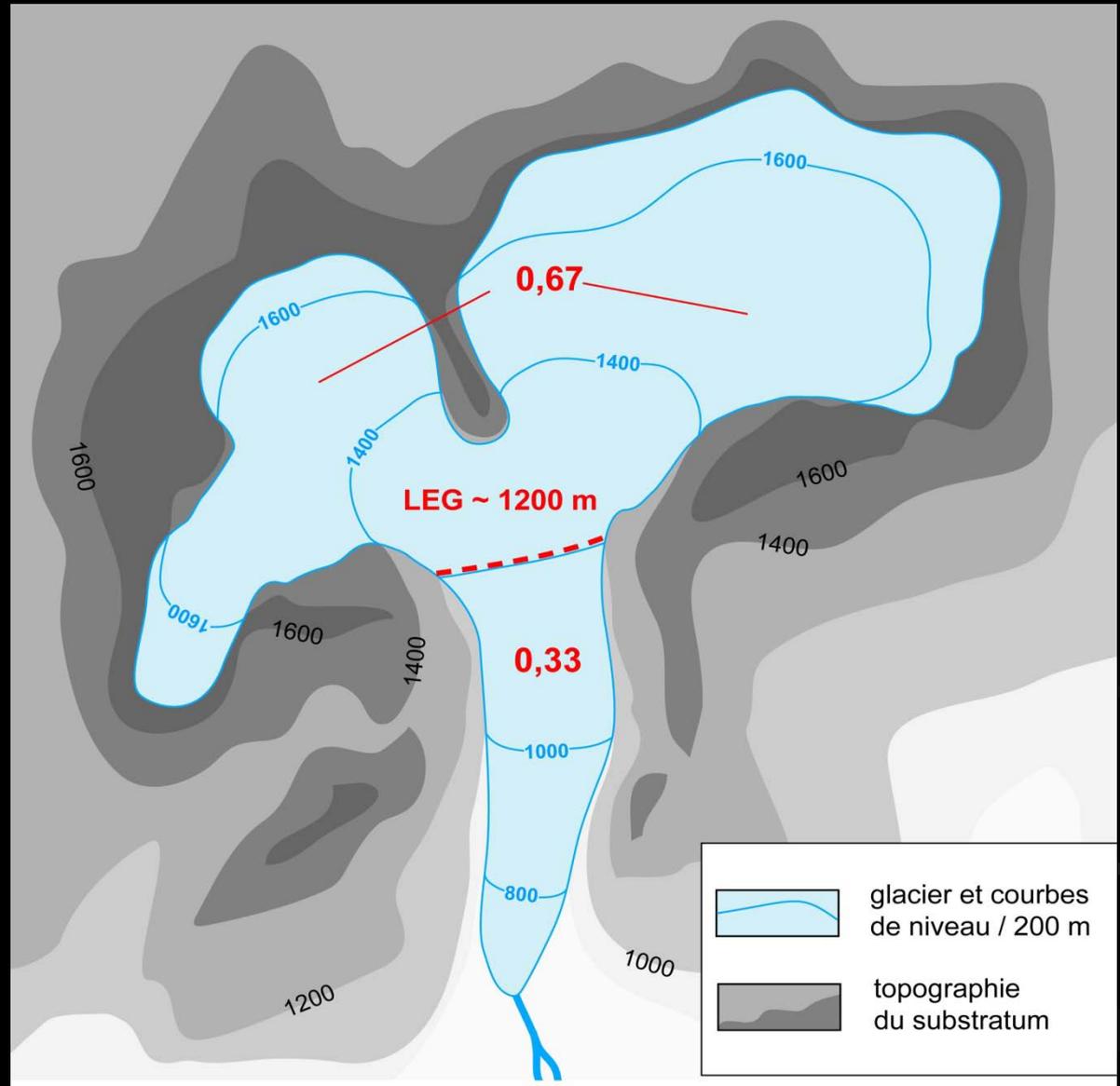


Notion de ligne de névé ou Ligne d'Equilibre Glaciaire (LEG)

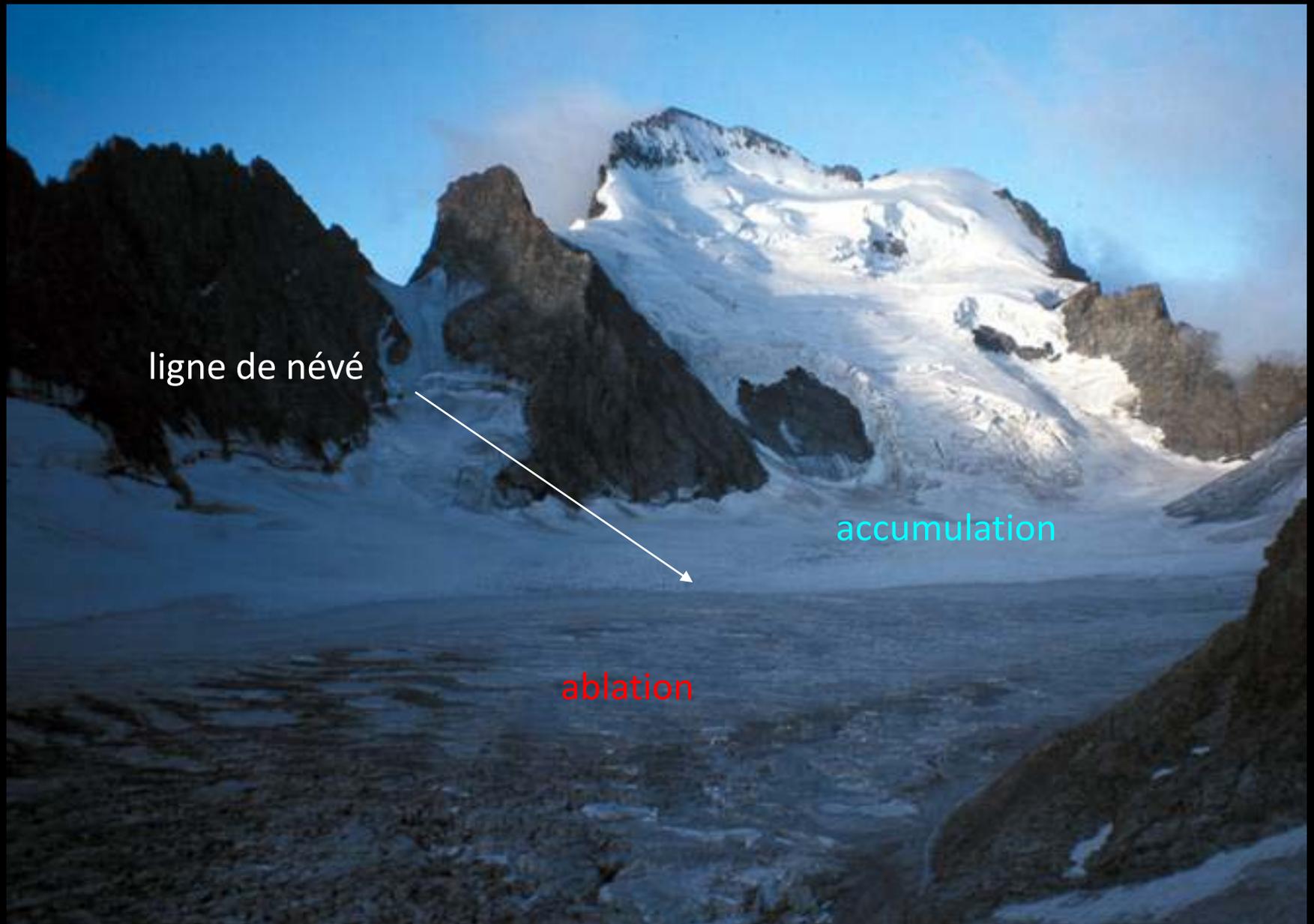
Accumulation Ablation Ratio = AAR

$$AAR = 0,67$$

La ligne d'équilibre glaciaire (LEG) représente la limite entre les zones d'accumulation et d'ablation.



Au glacier Blanc



Le bilan de masse annuel consiste

1. à mesurer l'accumulation des précipitations sous forme solide transformée en hauteur d'eau (accumulation hivernale d'octobre à mai)
2. à retrancher la masse de glace (équivalent en hauteur d'eau) perdue par ablation

Le calcul annuel du bilan de masse est effectué en général fin septembre :
période charnière entre l'ablation estivale et l'accumulation hivernale.

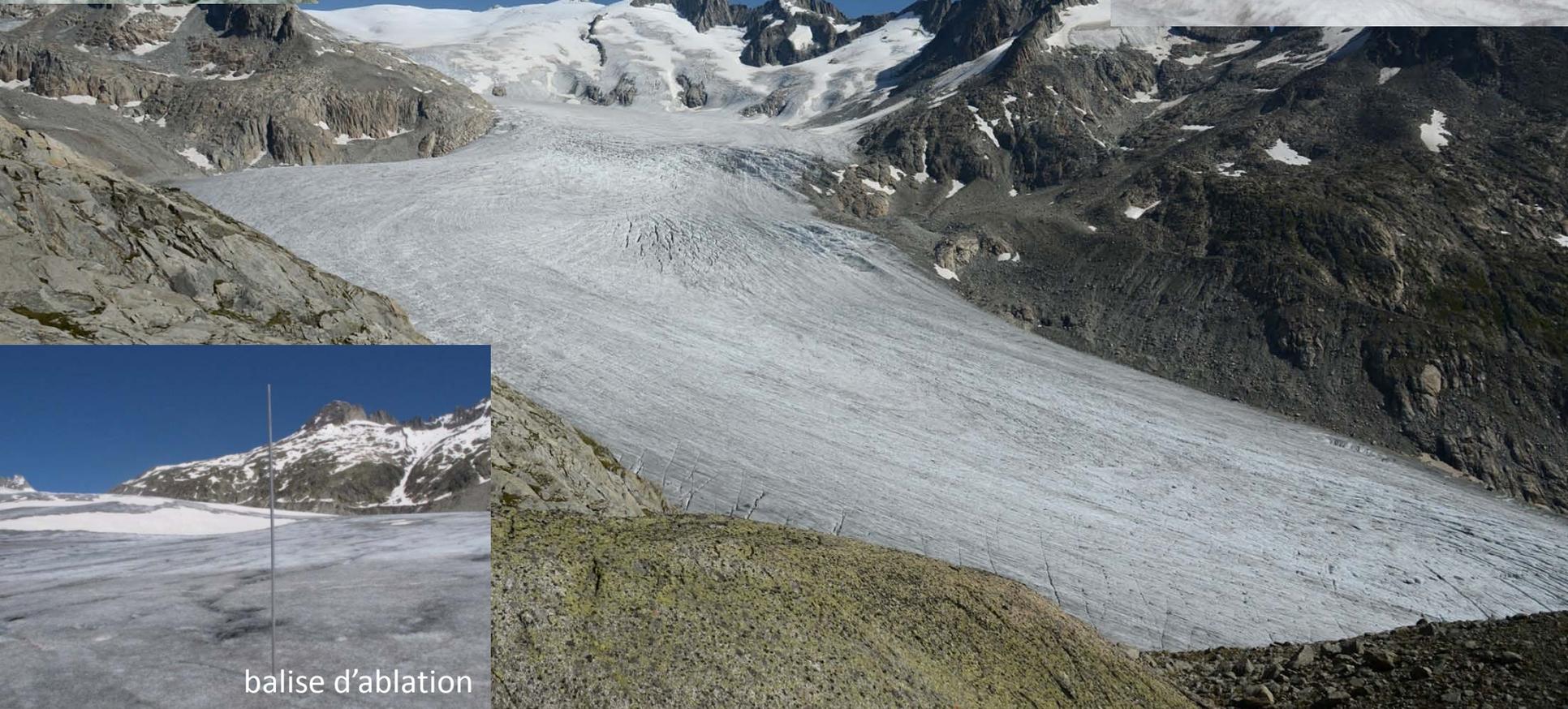
Bilan de masse et Ligne d'Equilibre Glaciaire



- dans la zone d'accumulation - le bilan de masse est positif
- dans la zone d'ablation - le bilan de masse est négatif
- à la ligne d'équilibre il est nul.

Le bilan de masse annuel est la différence entre l'accumulation et l'ablation du glacier

©LGGE

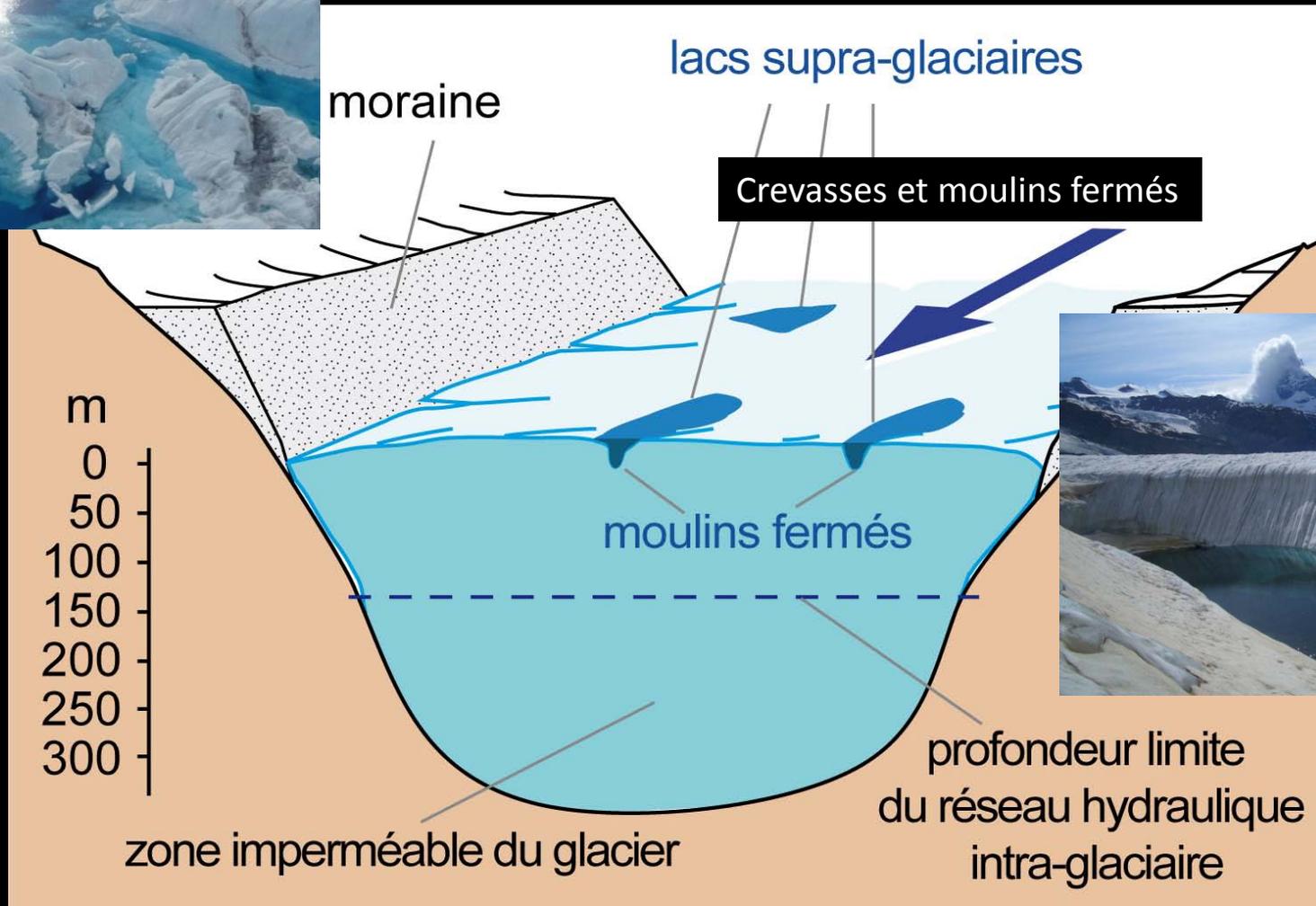


balise d'ablation

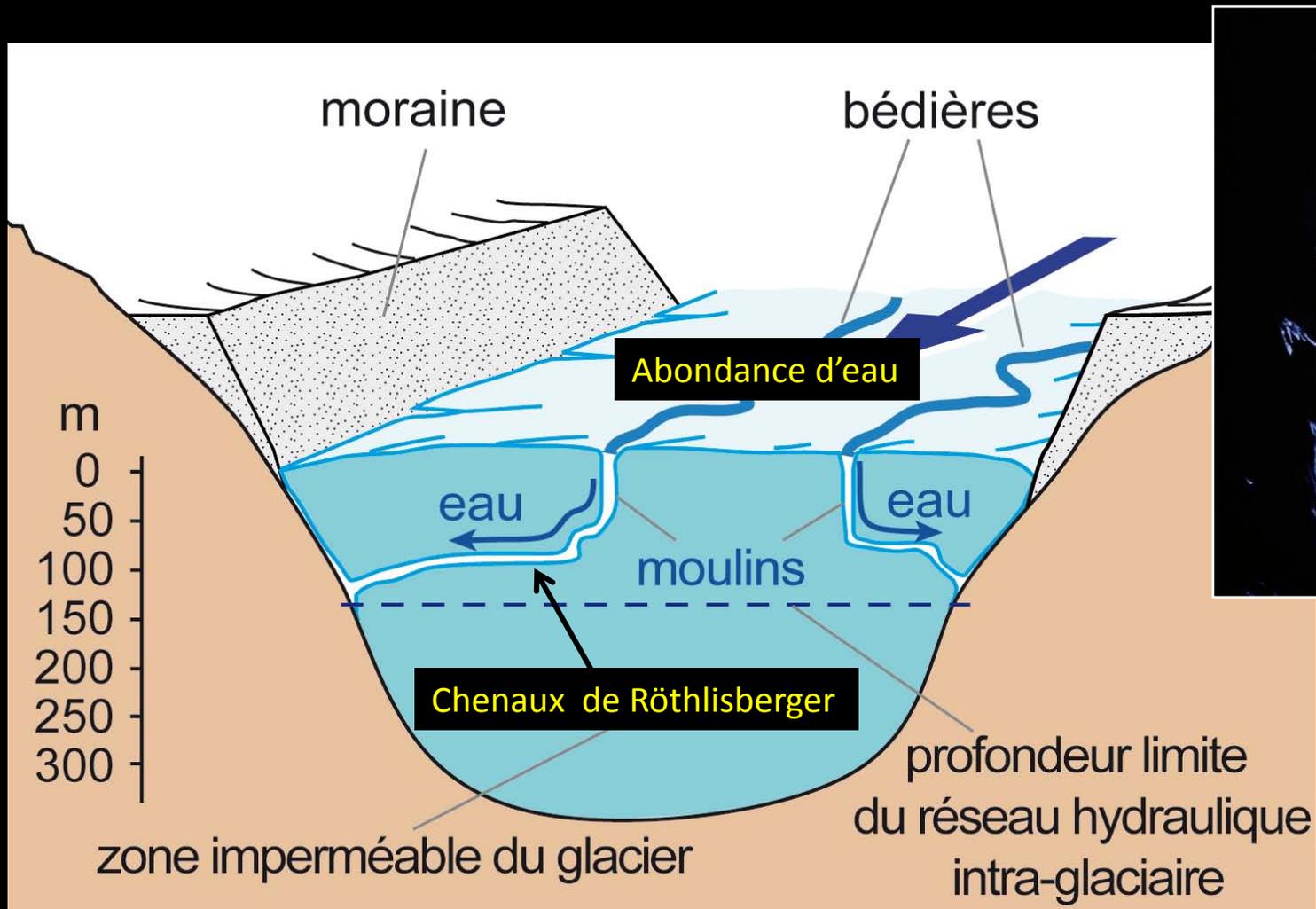


Le réseau hydrographique du glacier

Le réseau hydrographique du glacier **au printemps**



Le réseau hydrographique du glacier **en été**



©JF Hagenmuller

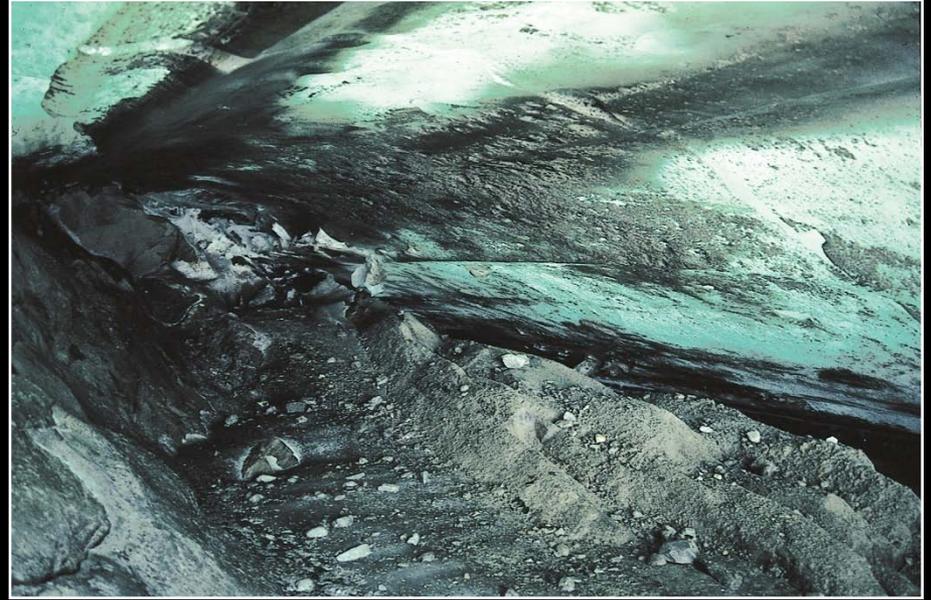
Chenaux fossiles de Röthlisberger après plusieurs étés d'ablation



- environ 8 saisons d'étés d'ablation



A l'interface glace/roche ou glace /sédiments



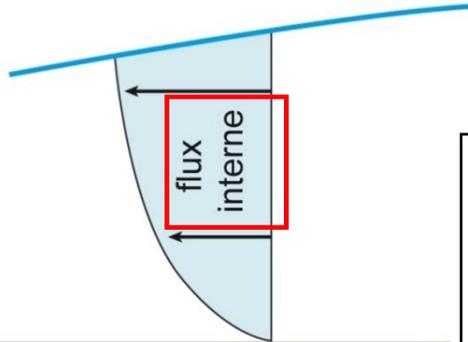


L'écoulement du glacier

Trois modèles de déplacement du glacier

①

surface du glacier

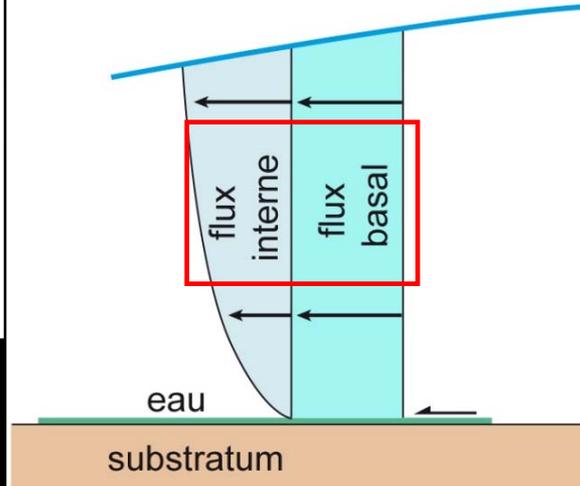


substratum

Glacier froid

②

surface du glacier



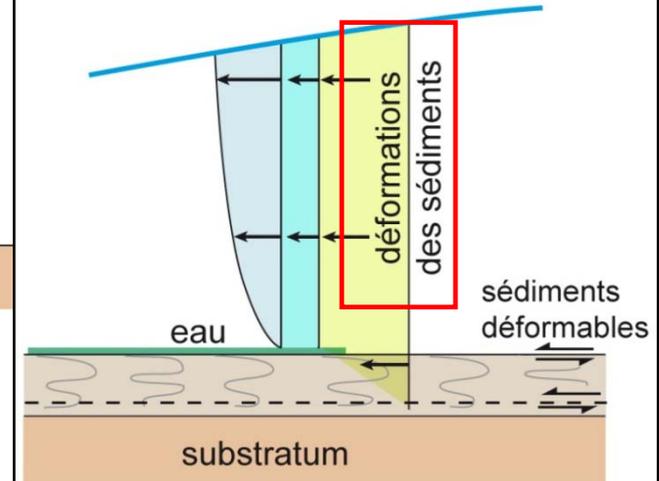
eau

substratum

Glacier tempéré
substrat dur

③

surface du glacier



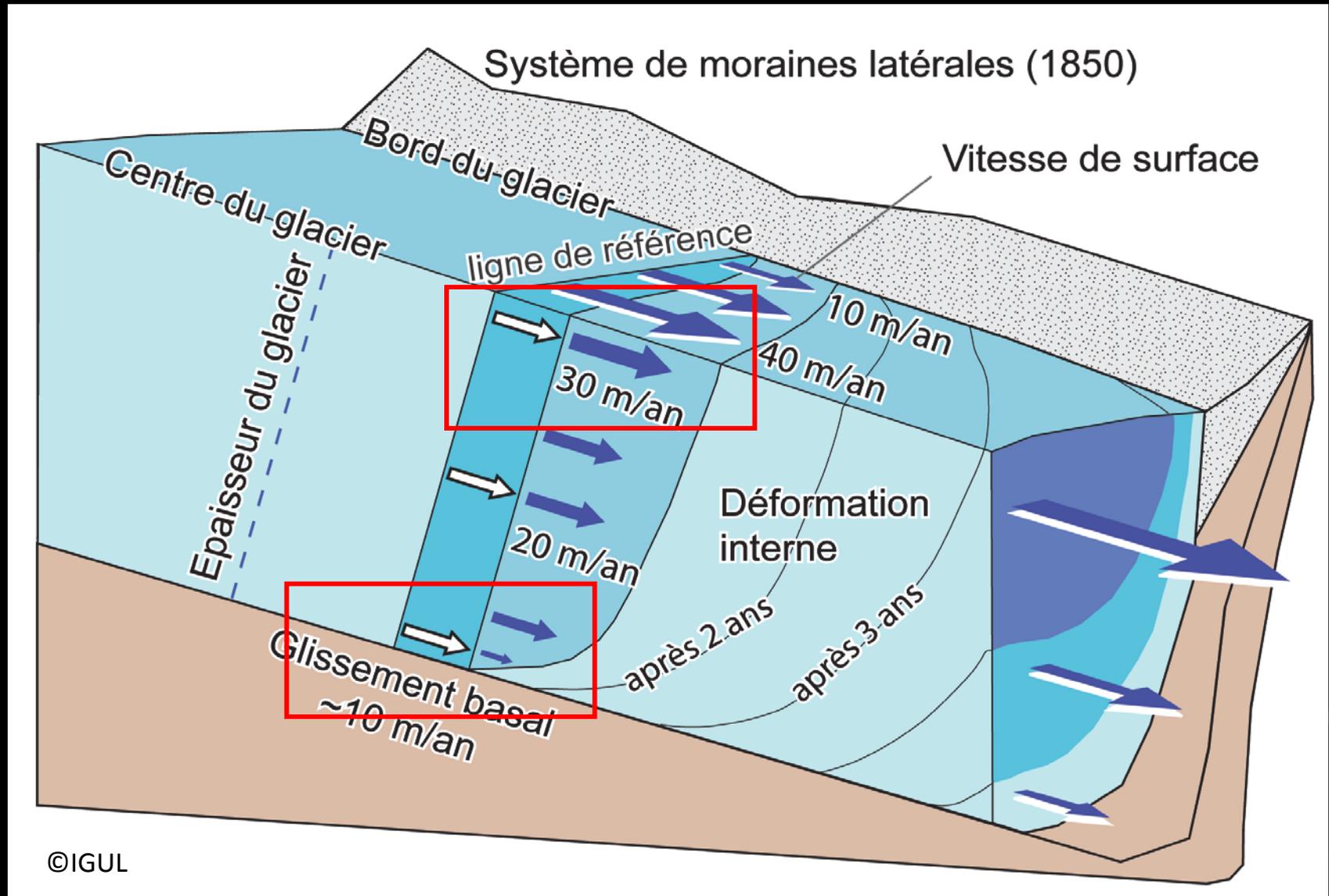
eau

substratum

sédiments
déformables

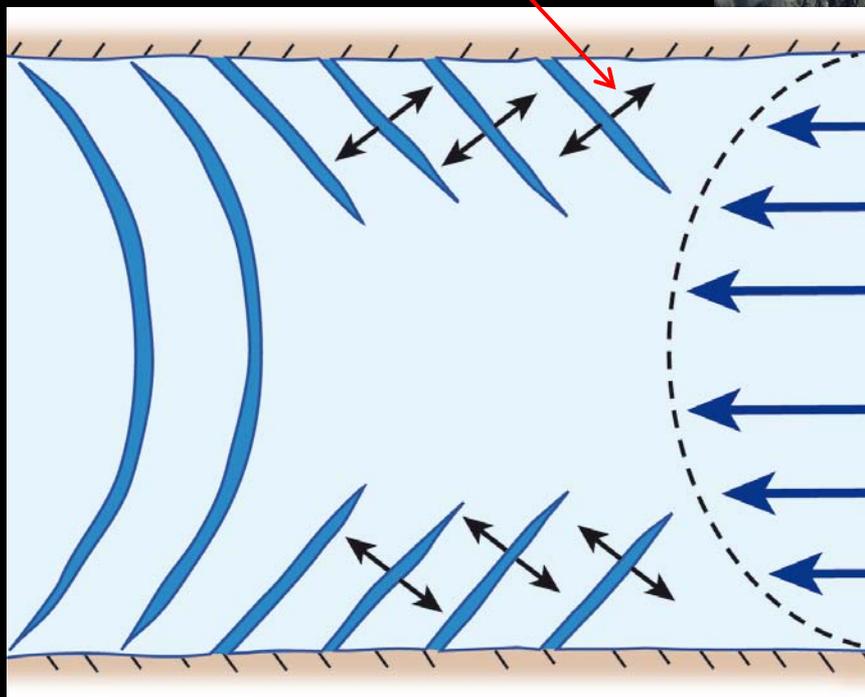
Glacier tempéré
substrat meuble

L'écoulement du glacier



Formation des crevasses au glacier d'Argentière

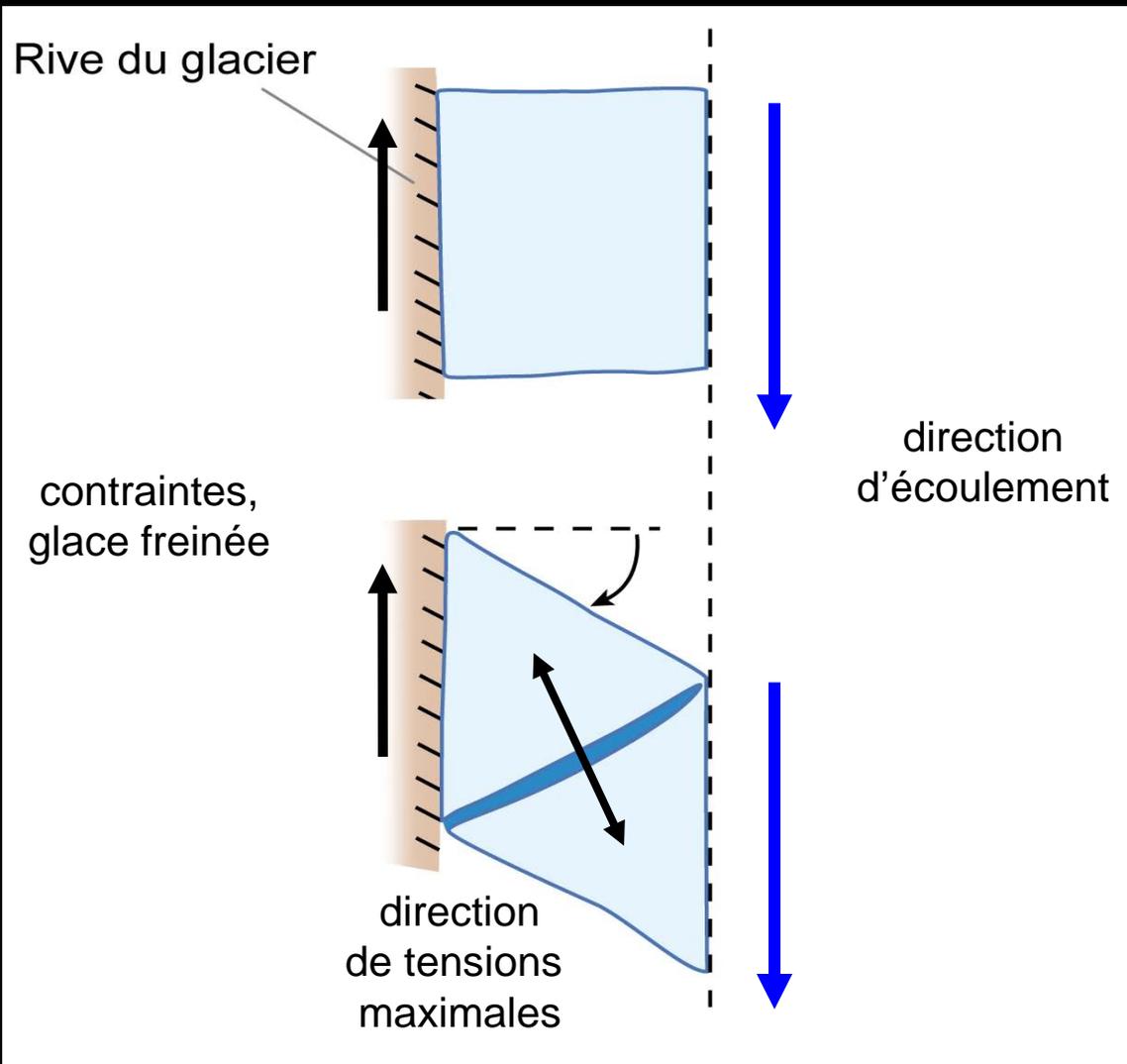
Sens des contraintes
ouvertures des crevasses



Ouvertures des crevasses à 45°



Formation des crevasses latérales



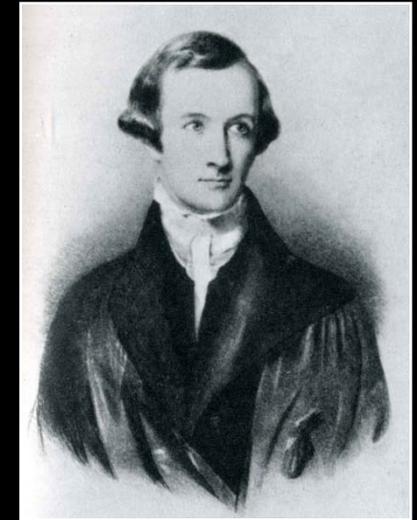
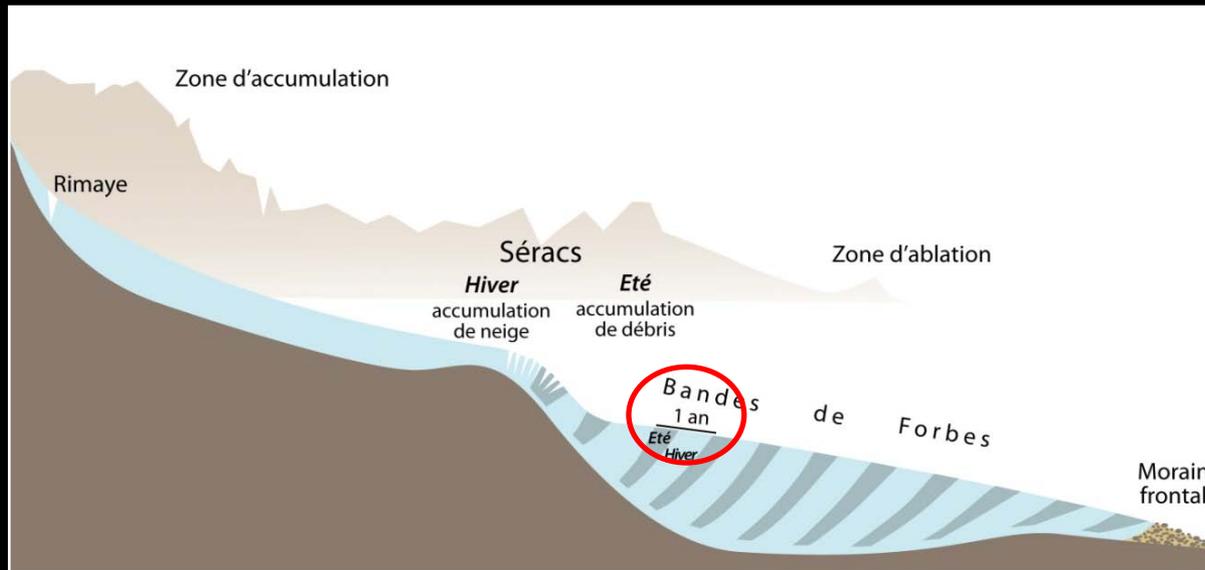
Déformation et formation des crevasses marginales

Près du bord du glacier, l'échantillon de glace, vu de dessus, initialement carré, se déforme, entraîné d'un côté par l'écoulement du glacier et retenu de l'autre par le frottement de la rive ; il prend alors la forme d'un losange. Les contraintes maximales s'exercent le long de la plus grande diagonale, perpendiculairement à la petite diagonale : ainsi depuis le bord des glaciers les crevasses sont orientées à contre-courant selon un angle de 45°.

Mer de Glace, les séracs du Géant et les bands de Forbes



Les bandes de Forbes



James David Forbes

Les bandes de Forbes apparaissent à l'aval d'une chute de séracs à condition que le franchissement de cette zone par le glacier se fasse en une année et que cette zone se situe à l'aval de la ligne d'équilibre. Lorsque le glacier franchit une partie de la chute pendant l'été, les crevasses se remplissent d'eau de fonte et de poussières. Au cours de l'hiver elles reçoivent uniquement de la neige. Au pied de la zone de séracs, le glacier est en compression et les crevasses se referment. Celles qui se sont gorgées d'eau et de poussières l'été arborent une couleur foncée alors que celles qui ont été remplies par la neige de l'hiver apparaissent blanches. La glace présente ainsi une alternance de bandes claires et sombres qui, en voyageant vers l'aval, s'incurvent vers le bas en forme d'ogives car la vitesse du glacier est plus importante au centre que sur les bords."

Formation des bandes de Forbes





GLACIOLOGIE : Ce qu'il faut retenir...

- 1 - L'évolution de la ligne d'équilibre glaciaire (LEG) est liée aux variations climatiques, elle conditionne l'état de santé du glacier
- 2 – Sur un glacier tempéré alpin, la diagenèse s'effectue en 7 à 8 années
- 3 – sur un glacier froid alpin, la diagenèse s'effectue en 20 à 25 années
- 3 – Dans les Alpes suisses, 6 glaciers font l'objet de bilans de masse
- 4 – Les glaciers tempérés fournissent d' importants volumes d'eau de fusion, le glacier fonctionne comme un kartz

A wide-angle photograph of a vast, flat glacier landscape. The foreground and middle ground are dominated by a textured, light-colored surface, likely composed of ice and sediment. In the background, a range of dark, rugged mountains is visible, with patches of snow or ice on their slopes. The sky is a pale, clear blue, suggesting a bright day. The overall scene is a classic representation of a glacial environment.

Les formes juxta-glaciaires et supra-glaciaires

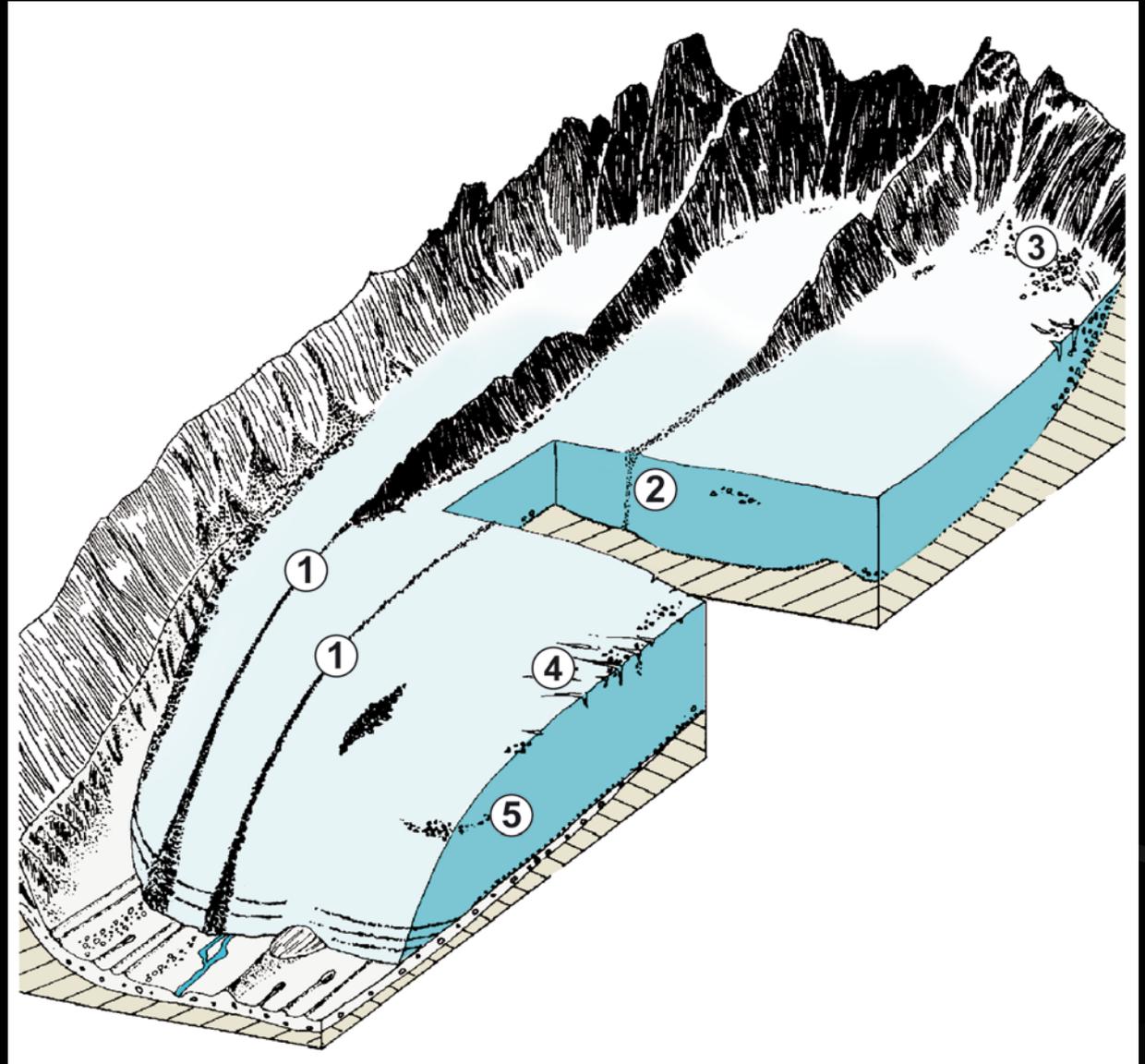
La couverture détritique supra-glaciaire : qu'est-ce que c'est ?



Glacier d'Aletsch
Moraines médianes

Formations des moraines supra-glaciaires

- 1. moraines médianes supra-glaciaires
- 2. intra-glaciaires
- 3. écroulements



Les formes d'ablation sur le glacier

Trous à cryoconite



Dirt cones



Neige rouge
Chlamydomonas
nivalis (espèce d'algue)

