

EnviroTools

Phénomènes glaciaires

Club Alpin Suisse CAS
Club Alpino Svizzero
Schweizer Alpen-Club
Club Alpin Svizzer



Copyright : Club Alpin Suisse CAS

Avec soutien de l'OFEV

Contenu et images : Jürg Meyer, géologue, guide de montagne
et formateur en environnement www.rundumberge.ch

Direction de projet : Anne Roches, CAS

Accompagnement du projet : Bruno Hasler, Philippe Wäger, CAS

Traduction de l'allemand : Anne Roches

Version 1, 2018

EnviroTools : But et connaissances

- Transmission de savoir sur la nature et l'environnement alpins.
 - Développement de l'intérêt pour l'environnement et renforcement de l'expérience de groupe.
 - Pas de connaissances préalables nécessaires, pas même pour l'encadrant.
-

Instructions pour ce set

LIEU APPROPRIÉ

- Glacier déneigé avec le plus de structures possible (pierres, trous, cours d'eau, etc.). Bords de glacier ou marge proglaciaire également.
- Utilisation possible du set en cabane également surtout s'il y a vue sur un glacier.
- Prêter attention aux dangers potentiels et à la météo !

DURÉE 30–60 minutes.

MATÉRIEL Piolet et loupe à main ou loupe binoculaire sont un atout.

PROPOSITION DE DÉROULEMENT

Exercice 1 : Introduction

1. Justifie le module (mots-clés : glaciers comme éléments essentiels de la haute montagne / connaissance des phénomènes comme facteur de sécurité / plus-value pour les courses glaciaires).
2. Esquisse les objectifs : obtenir un aperçu des phénomènes principaux / comprendre leur genèse / pouvoir transmettre les connaissances acquises.
3. Demande au groupe, quels phénomènes il reconnaît dans les environs. Désigne quelqu'un qui les note. Décide selon intérêt / niveau / temps si tu traites les phénomènes A ou B ou les deux.
4. Distribue la fiche de travail « Checklist phénomènes glaciaires » à des petits groupes (2–3 personnes par groupe)
 - a. Les petits groupes vérifient quels phénomènes sont présents aux alentours et les cochent (AU CRAYON ! La fiche est réutilisable).
 - b. Tous les phénomènes sont discutés brièvement ensemble : Qui les connaît ? Qui sait comment ils se forment ?

Exercice 2 : Cartes photographiques

5. Distribue les cartes photographiques aux petits groupes. Ne pas regarder le verso !
6. Ils montrent les cartes à l'ensemble des participants et tentent une explication. Les autres groupes peuvent aider. Ils lisent ensuite les explications au verso.

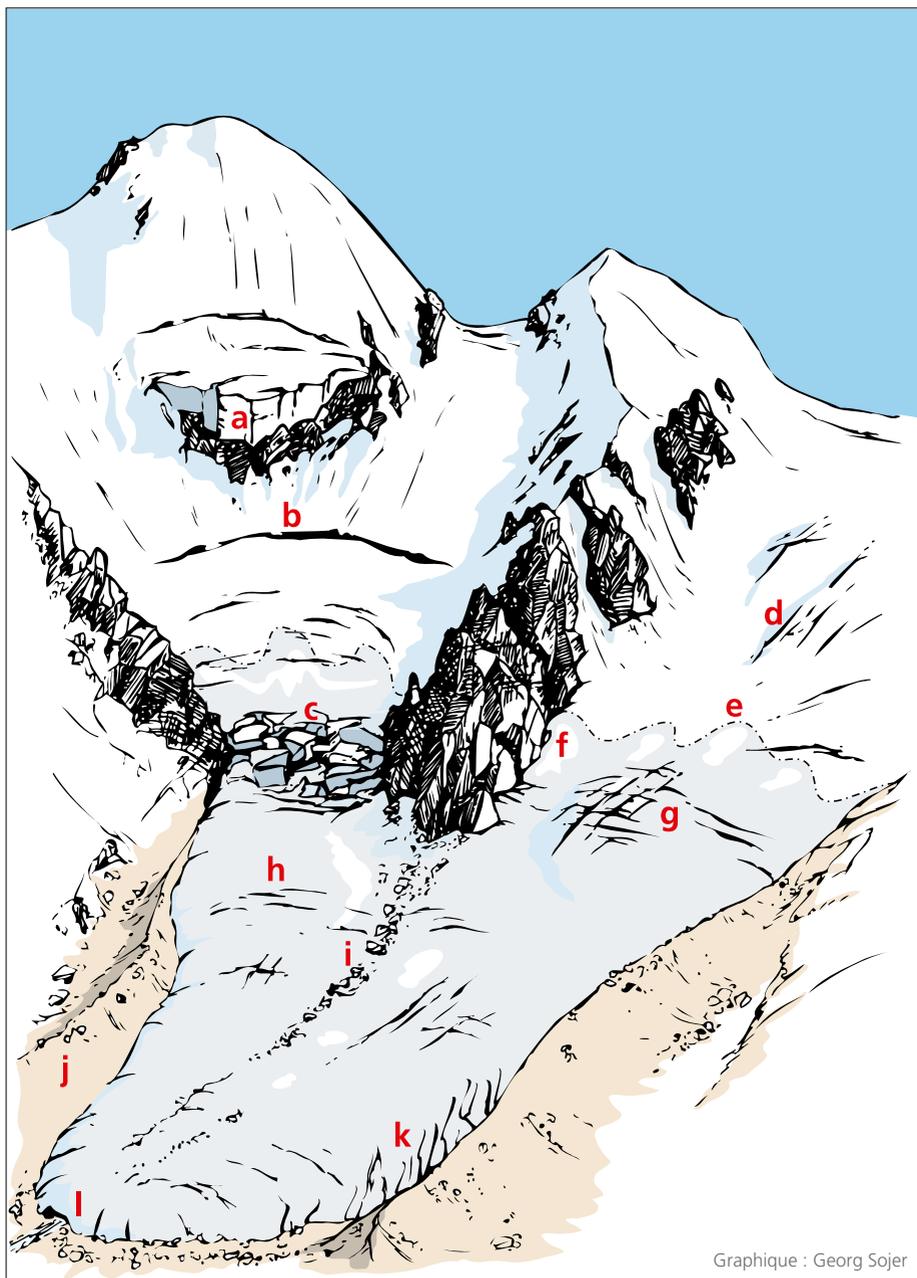
Exercice 3 : Où rencontre-t-on les phénomènes ?

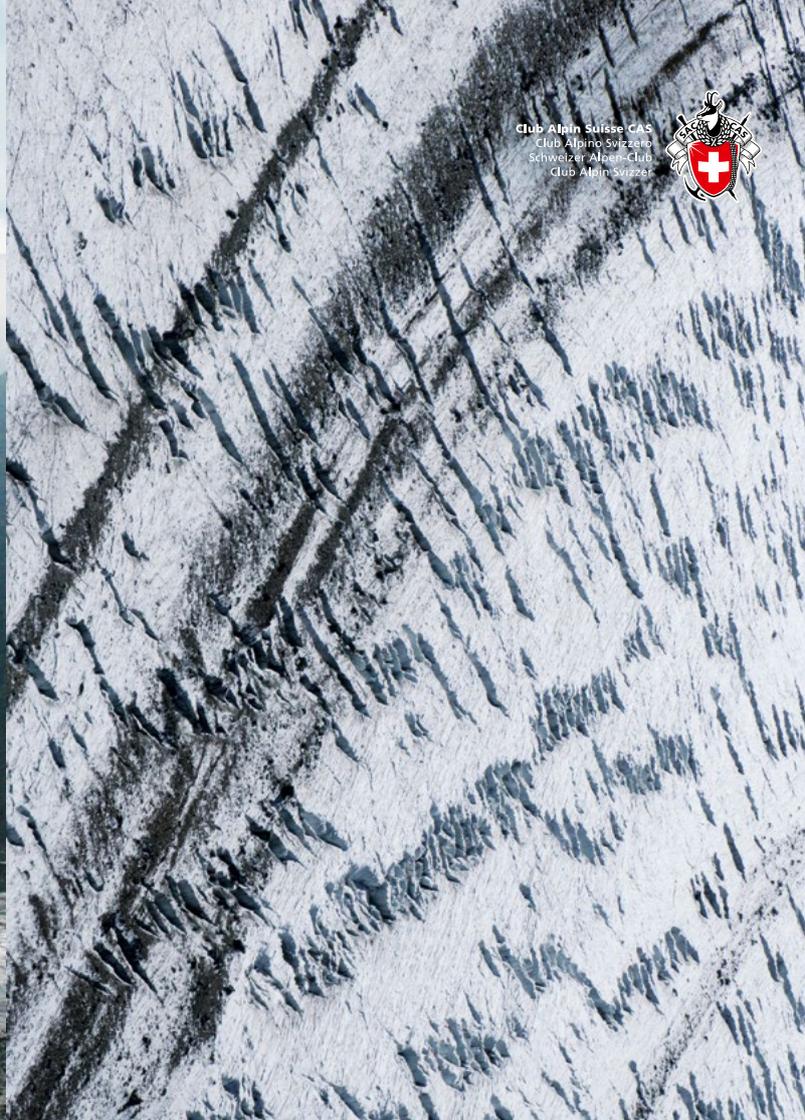
7. Attribuer les phénomènes aux lettres sur le graphique « Glacier de vallée alpin » au sein des petits groupes.

Checklist phénomènes glaciaires

N°	PHÉNOMÈNES	✓
A Phénomènes glaciaires – Partie 1 : Connaissances de base		
1	Crevasses transversales	
2	Crevasses longitudinales	
3	Crevasses marginales	
4	Crevasses croisées	
5	Rimaye	
6	Crevasse marginale (Randkluff)	
7	Zone de séracs ou cascade de séracs	
8	Glacier suspendu / Chute de séracs	
9	Moraine latérale	
10	Moraine médiane	
11	Ligne de névé ou ligne d'équilibre	
12	Langue glaciaire	
13	Glace morte	
14	Pyramides de sable	
15	Table glaciaire	
16	Bédières / Torrents glaciaires	
17	Moulin glaciaire	
18	Sang des glaciers ou neige rouge	
B Phénomènes glaciaires – Partie 2 : Connaissances approfondies		
19	Collembole (ou puce) des glaciers	
20	Trous à cryoconite	
21	Strates annuelles	
22	Porte du glacier	
23	Lac glaciaire	
24	Marge proglaciaire et sandur	
25	Poli glaciaire / Roches moutonnées	
26	Stries glaciaires et autres traces	
C Phénomènes glaciaires – Partie 3 : Autres (photos uniquement)		
27–35	27 Ogives ; 28 Foliation ; 29 Crevasses/trous remplis d'eau ; 30 Crevasses/trous gelés ; 31 Moraine frontale ; 32 Bédières ; 33 Rottalglletscher (1990) ; 34 Rottalglletscher (env. 2014) ; 35 Steingletscher (2007)	

Glacier de vallée alpin





Club Alpin Suisse CAS
Club Alpino Svizzero
Schweizer Alpen-Club
Club Alpin Svizzer



1 Crevasses transversales

QUOI Crevasses perpendiculaires à la direction d'écoulement du glacier. Type de crevasse le plus profond, jusqu'à 40 m de profondeur.

OÙ Là où le lit du glacier devient plus raide. Toujours avant des zones de chute de séracs. Type de crevasse le plus fréquent.

COMMENT Forces de traction dans les couches supérieures du glacier dues à la courbure du glacier sur un sous-sol devenant plus raide.

CONSEQUENCES POUR LES ALPINISTES

Les crevasses transversales ouvertes peuvent être pénibles pour les alpinistes lorsqu'elles s'étendent sur plusieurs centaines de mètres. Contourner ou franchir sur des ponts de neige.

REMARQUES / ASTUCES

Valable pour tous les types de crevasse :

Les crevasses sont des ruptures cassantes dans la glace issues de contraintes mécaniques.

Elles sont orientées perpendiculairement à la contrainte la plus forte. Elles se groupent souvent en systèmes de crevasses analogues. La profondeur maximale est d'env. 40 m, en-dessous la glace réagit de façon plastique (= déformation irréversible sans cassure) en raison de la haute pression.

PHOTO Vue depuis la Diavolezza (GR) sur le Persgletscher avec des systèmes de crevasses transversales ainsi que 5 reliefs de moraines médianes. (v. N° 10).

2 Crevasses longitudinales

QUOI Crevasses parallèles à la direction d'écoulement ou à la longueur du glacier.

OÙ Zones d'élargissement du lit du glacier et zones où le glacier s'écoule en-dessus d'un soulèvement oblong du sous-sol.

COMMENT Dues aux contraintes perpendiculaires à la direction d'écoulement se produisant à ces endroits-là dans la glace.

CONSEQUENCES POUR LES ALPINISTES

Type de crevasse plutôt rare mais potentiellement dangereux lors de descentes à ski puisque l'on descend dans la direction des crevasses.

REMARQUES / ASTUCES

Valable pour tous les types de crevasse :

Les crevasses sont des ruptures cassantes dans la glace issues de contraintes mécaniques.

Elles sont orientées perpendiculairement à la contrainte la plus forte. Elles se groupent souvent en systèmes de crevasses analogues. La profondeur maximale est d'env. 40 m, en-dessous la glace réagit de façon plastique (= déformation irréversible sans cassure) en raison de la haute pression.

PHOTO Vue depuis la Bovalhütte SAC (GR) sur le Persgletscher qui s'écoule par un gradin jusqu'au Morteratschgletscher, où se développent des crevasses longitudinales en raison de l'élargissement.

Club Alpin Suisse CAS
Club Alpino Svizzero
Schweizer Alpen-Club
Club Alpin Svizzer



3 Crevasses marginales



QUOI Crevasses en bord de glacier et formant un angle d'environ 45° avec ce dernier en direction de l'amont.

OÙ Presque toujours en marge de glacier, en systèmes analogues.

COMMENT Des contraintes de cisaillement parallèles au bord du glacier se forment lors de différences de vitesse entre le centre et les bords du glacier ou lorsque le glacier est bloqué par des éperons rocheux. Elles provoquent des ruptures avec un angle de 45° par rapport à la direction du cisaillement (v. croquis). Expérience : essayer avec du fromage mi-dur, du beurre, de l'argile ou similaire.

CONSEQUENCES POUR LES ALPINISTES Il est important de connaître le parcours des crevasses marginales lors de courses par brouillard ou en cas de crevasses enneigées !

REMARQUES / ASTUCES Valable pour tous les types de crevasse :
Les crevasses sont des ruptures cassantes dans la glace issues de contraintes mécaniques. Elles sont orientées perpendiculairement à la contrainte la plus forte. Elles se groupent souvent en systèmes de crevasses analogues. La profondeur maximale est d'env. 40 m, en-dessous la glace réagit de façon plastique (= déformation irréversible sans cassure) en raison de la haute pression.

PHOTO Le bord du Grosser Aletschgletscher (VS) proche de sa langue au lieu-dit « Chatzulecher ». A l'arrière-plan une moraine médiane prononcée (N° 10).

4 Crevasses croisées

QUOI Crevasses qui se croisent.

OÙ En-dessus d'un soulèvement du sous-sol en forme de bosse.

COMMENT Dues à des contraintes mécaniques dans toutes les directions en-dessus d'une bosse.

CONSEQUENCES POUR LES ALPINISTES Les zones de crevasses croisées peuvent être traîtres à franchir lorsqu'elles sont enneigées.

REMARQUES / ASTUCES Valable pour tous les types de crevasse :
Les crevasses sont des ruptures cassantes dans la glace issues de contraintes mécaniques. Elles sont orientées perpendiculairement à la contrainte la plus forte. Elles se groupent souvent en systèmes de crevasses analogues. La profondeur maximale est d'env. 40 m, en-dessous la glace réagit de façon plastique (= déformation irréversible sans cassure) en raison de la haute pression.

PHOTO Crevasses croisées dans la partie supérieure du Kanderfirn au sud de la Mutthornhütte SAC.

Club Alpin Suisse CAS
Club Alpino Svizzero
Schweizer Alpen-Club
Club Alpin Svizzer



5 Rimaye

QUOI ET OÙ Rupture longue et fixe le long du flanc de la montagne, où la glace du flanc rejoint la glace du glacier en mouvement.

COMMENT La glace du glacier, toujours en léger écoulement en-dessous de la rimaye, produit des contraintes mécaniques qui gardent la rimaye ouverte en permanence.

CONSEQUENCES POUR LES ALPINISTES Obstacle peu dangereux mais souvent pénible surtout en montée en fin de saison, lorsque les ponts de neige ont fondu. En descente, sauter par-dessus ou faire un rappel à un point fixe improvisé.

PHOTO Vue depuis Strahlegghorn (BE) en direction de l'Ochs (3895 m) avec le Gross Fiescherhorn (4049 m) à l'arrière. Rimaye classique sous le flanc de glace NE de l'Ochs vers le glacier d'Ober Ischmeer, rimaye au Fiescherhorn à l'arrière.

6 Crevasse marginale (Randkluft)

QUOI ET OÙ Fente entre la glace d'un glacier ou la neige d'un névé et une paroi rocheuse ; court le long de la paroi, peut faire plusieurs mètres de largeur et être très profonde.

COMMENT La glace ou le névé fondent en raison du rayonnement de chaleur dégagé par la roche foncée.

CONSEQUENCES POUR LES ALPINISTES En général facilement reconnaissable et facile à évaluer ; peut constituer un obstacle important au franchissement de la glace/névé au rocher et inverse. Prudence en cas de corniches !

PHOTO Crevasse marginale au bord du Rhonegletscher aussi bien avec la glace du glacier qu'avec la neige du névé.

Club Alpin Suisse CAS
Club Alpino Svizzero
Schweizer Alpen-Club
Club Alpin Svizzer



7 Zone de séracs ou cascade de séracs

QUOI Zones de glacier en rupture de pente importante, très fracturées, avec des lames de glace (=séracs) isolées par des crevasses/trous.

OÙ Là où un glacier s'écoule en-dessus sur des gradins raides.

COMMENT Cassures dues à la rupture de pente et à l'accélération de la glace en résultant.

CONSEQUENCES POUR LES ALPINISTES Un franchissement est parfois possible mais toujours délicat et dangereux. Des chutes de séracs sont possibles en tout temps. Ne pas faire de pause inutile.

REMARQUES /ASTUCES Des ogives peuvent se former sous des chutes de séracs (photo partie C).

PHOTO Vue de la chute de séracs du bas du Turtmanngletscher (VS) entre 2800 et 2600 m. On constate en-dessous un début de formation d'ogives.

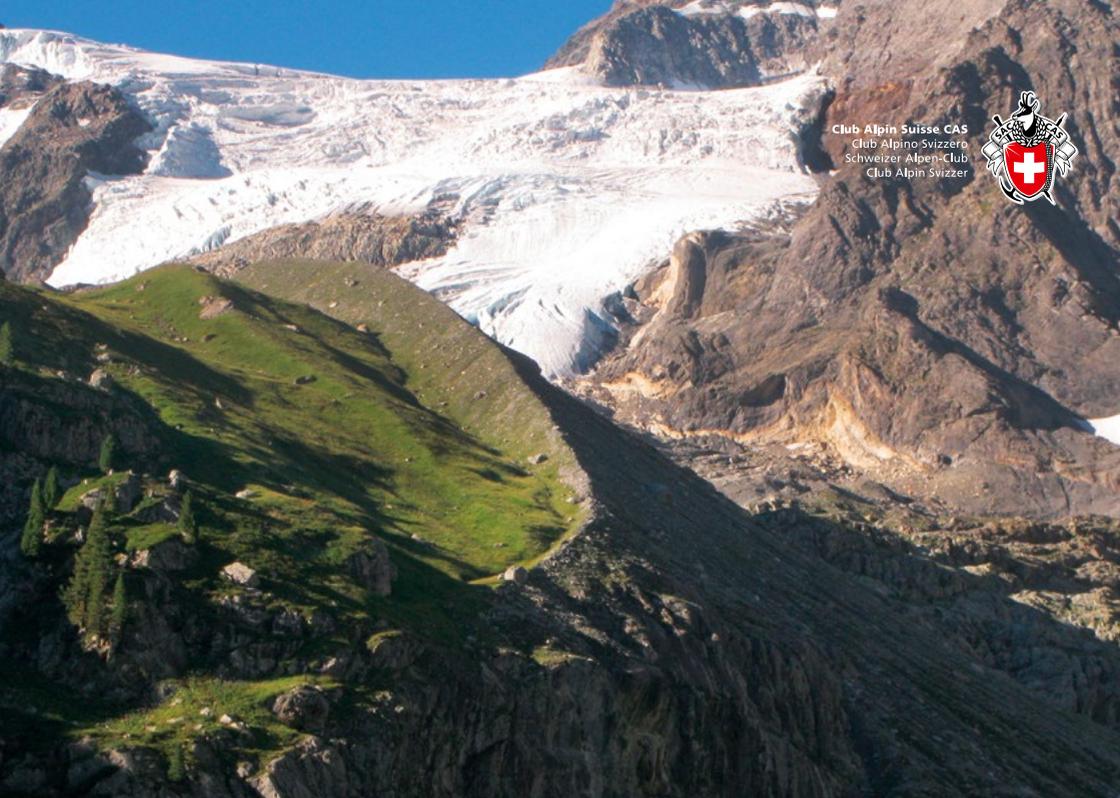
8 Glacier suspendu / Chute de séracs

QUOI ET OÙ Glacier suspendu : glacier sur des flancs à plus de 40° de pente. Ils « pendent » littéralement aux parois et finissent en-bas dans une chute de séracs. Chute de séracs : en-dessous d'un glacier suspendu ou sur les côtés contre des parois rocheuses raides. Là où des différences de vitesse d'écoulement se produisent et la glace se rompt plus ou moins fréquemment.

CONSEQUENCES POUR LES ALPINISTES Des chutes de séracs sont possibles en tout temps. Ne pas faire de pause inutile.

REMARQUES /ASTUCES La chute de séracs la plus connue des Alpes suisses se trouve en-dessous du « Corridor » au Grand Combin, où un itinéraire passe en-dessous.

PHOTO Le sommet ouest du Breithorn valaisan (4164 m) à Zermatt vu du nord. Glacier suspendu, chute de séracs et rimage (N° 5) sont visibles.



Club Alpin Suisse CAS
Club Alpino Svizzero
Schweizer Alpen-Club
Club Alpin Svizzer



9 Moraine latérale

QUOI Moraine latérale : crêtes morainiques actives du glacier actuel

Moraine latérale héritée : crêtes morainiques correspondant à des niveaux passés du glacier

OÙ Moraine latérale : en bordure de glaciers actuels ; peu présentes car tous les glaciers sont en recul. Moraine latérale héritée : en bordure de glaciers disparus ; Les grosses crêtes morainiques sont frappantes dans l'ensemble des Alpes > dernier niveau du « Petit Âge glaciaire » de 1850–1860. Elles sont souvent déjà fortement colonisées par la végétation sur la face externe mais pas ou peu sur la face interne qui présente souvent des motifs d'érosion en « tuyaux d'orgue ».

COMMENT Accumulations détritiques en bordure de glacier de débris transportés sur le glacier ou de matériel tombé des parois sur la bordure du glacier.

CONSEQUENCES POUR LES ALPINISTES Le passage de la cabane au glacier et inversement en franchissant des flancs meubles de moraine latérale devient souvent plus long, plus pénible et plus compliqué en raison de la fonte permanente des glaciers.

REMARQUES / ASTUCES Dans les vallées alpines, plus bas, se trouvent souvent des restes de moraines latérales encore plus anciennes. Elles se sont constituées il y a 20 000–10 000 ans. Les glaciers de la dernière glaciation avaient alors reculé et parfois avancé à nouveau brièvement, laissant derrière eux des moraines.

PHOTO Les deux moraines latérales héritées marquantes du Wätterlückengletscher dans le fond de la vallée de Lauterbrunnen (BE). Celle de droite date du niveau de 1850, celle de gauche, plus érodée et colonisée par la végétation, de 1650.

10 Moraine médiane

QUOI Bandes de pierres parallèles au glacier, souvent en forme de dos ; au nombre d'une ou plusieurs, strictement parallèles, ne se croisent jamais. Les moraines médianes sont pour l'essentiel des moraines superficielles, c.-à-d. les éboulis restent à la surface du glacier et ne pénètrent quasiment pas en profondeur.

OÙ Sur des glaciers déneigés, parallèles à la direction d'écoulement.

COMMENT Les moraines médianes sont formées de deux moraines latérales de deux glaciers se rejoignant. La couche épaisse de rochers protège la glace se trouvant en-dessous du rayonnement solaire. Ceci conduit au développement de dos (même processus que pour les pyramides de sable (N° 14) et les tables glaciaires (N° 15)).

REMARQUES / ASTUCES Nombre de moraines médianes = Nombre de bras de glacier + 1.

PHOTO Tschingelgletscher depuis Mutthorn (3038 m). Les deux moraines médianes restent strictement parallèles et séparées jusqu'au bout du glacier et attestent ainsi de l'écoulement laminaire de ce dernier.



Club Alpin Suisse CAS
Club Alpino Svizzero
Schweizer Alpen-Club
Club Alpin Svizzer



11 Ligne de névé ou ligne d'équilibre

QUOI Séparation entre la zone d'accumulation et la zone d'ablation d'un glacier.

OÙ Visible à la fin de l'été (septembre) comme séparation entre la partie enneigée et la partie en glace vive du glacier. Zone de transition et non pas ligne exacte, comme pour une limite de forêt.

COMMENT Dans la zone d'accumulation, une partie de la neige d'hiver reste présente et « nourrit » le glacier. Dans la zone d'ablation, elle fond complètement de même qu'une partie plus ou moins importante de la glace en-dessous. Bilan de masse annuel d'un glacier : croissance dans la zone d'accumulation moins fonte dans la zone d'ablation. Si négatif, le glacier recule ; si positif, le glacier croît.

CONSEQUENCES POUR LES ALPINISTES Dans les années à venir, les courses glaciaires se dérouleront de plus en plus sur de la glace vive.

REMARQUES / ASTUCES Le bilan de masse de tous les glaciers alpins est de plus en plus négatif depuis des années. A la fin de 21ème siècle, les Alpes seront essentiellement dépourvues de glaciers.

PHOTO Le Kanderfirn supérieur / Petersgrat à la fin de l'été 2015. La ligne de névé se trouve à environ 2900 m d'altitude.



Club Alpin Suisse CAS
Club Alpino Svizzero
Schweizer Alpen-Club
Club Alpin Svizzer



12 Langue glaciaire

QUOI ET OÙ Fin d'un glacier de vallée à l'aval (en direction de la vallée).

COMMENT La forme de la langue montre si un glacier avance ou recule. En cas de forme de patte de lion (convexe), avec des bords raides et des crevasses radiales, le glacier avance. En cas de forme plate ou légèrement creuse (concave), souvent couverte de débris, le glacier recule. C'est actuellement le cas de tous les glaciers alpins en raison du réchauffement climatique.

CONSEQUENCES POUR LES ALPINISTES Souvent présence de pierriers et d'éboulis plutôt difficiles à franchir ; grande prudence en cas de présence de glace fine, qui pourrait céder.

PHOTO Langue du Morteratschgletscher (GR) en 2008 présentant une forme typique de recul. Ce dernier s'est depuis accentué dramatiquement.

13 Glace morte

QUOI Morceau de glacier qui n'est plus connecté au glacier actif.

OÙ Se trouve généralement dans la zone de la langue glaciaire de glaciers en recul.

COMMENT Les masses de glace morte sont souvent fortement couvertes de débris, cette couverture augmentant suite à des chutes de pierre ou des avalanches. Ainsi la glace morte est protégée de la fonte et peut parfois demeurer plusieurs dizaines d'années.

CONSEQUENCES POUR LES ALPINISTES Les masses de glace morte doivent être reconnues en tant que telles par les alpinistes car elles sont souvent difficiles à franchir (danger de glissade et de chute).

PHOTO Langue du Gornergletscher en 2010. En contrebas, à cheval sur le torrent, on distingue de grosses masses de glace morte recouvertes de débris. Le glacier a de nouveau reculé de 400 m depuis 2016. La glace morte est restée sur place.



14 Pyramides de sable

QUOI « Tas de sable » circulaires en forme de pyramide, pente de 40–50°, hauteur de 10–150 cm. Se composent de glace pure en-dessous d'une couche de sable d'env. 5 cm.

OÙ Sur des glaciers déneigés, souvent regroupées.

COMMENT Des accumulations aléatoires de grosses quantités de matériel fin (sable et petits cailloux) isolent la glace en-dessous. Bien qu'elles absorbent le rayonnement solaire et chauffent ainsi en surface, elles sont trop épaisses pour conduire cette chaleur jusqu'à la glace (la roche a une très mauvaise capacité de conduction de la chaleur). Alors que la glace alentour fond en raison de la chaleur du soleil, elle reste préservée sous le sable isolant et des pyramides se forment ainsi lentement.

REMARQUES / ASTUCES La formation est analogue à celle des tables glaciaires. Jolie démo impressionnante : prends un peu d'eau d'une bédrière et lave le sable de la pyramide. Le résultat est stupéfiant.

PHOTO Grandes pyramides de sable sur le Grüneggfirn au Konkordiaplatz (VS).

15 Table glaciaire

QUOI Gros blocs ou plaques de pierre qui reposent sur une colonne de glace et ressemblent à une table à un pied. Taille des pierres : de quelques 10 cm à plus de 10 m !

OÙ Sur des glaciers déneigés, aux endroits où il y a beaucoup de grosses pierres ou de blocs de rochers.

COMMENT Isolation de la glace se trouvant sous le bloc tandis que la glace alentour fond. Puisque la roche est un très mauvais conducteur thermique, elle ne peut transmettre la chaleur de surface due au soleil à la glace en-dessous suffisamment vite (avant le coucher du soleil) à partir d'une certaine épaisseur. La croissance en hauteur est limitée : à partir d'une certaine hauteur donnée par le diamètre de la pierre, le soleil atteint de biais le socle de glace sur le côté sud et commence à le faire fondre. Tôt ou tard la pierre tombera du côté sud.

CONSEQUENCES POUR LES ALPINISTES Les grandes tables – il y a des pierres de plus de 10 m de large ! – invitent à monter dessus pour une photo de groupe. Bien contrôler la stabilité et, en cas de doute, éviter !

REMARQUES / ASTUCES On peut souvent reconnaître des groupes entiers de tables glaciaires penchées vers le sud – une sorte de « compas naturel » comme les trous à cryoconite ! Les plus petites pierres s'enfoncent dans la glace. Exercice d'observation : où se situe la limite de taille ? Exercice de réflexion : où les tables glaciaires sont-elles les plus hautes – sous des latitudes plus au sud ou plus au nord ?

PHOTO Table glaciaire de taille moyenne, déjà légèrement penchée vers le sud sur le Langgletscher au Löttschental (VS).



Club Alpin Suisse CAS
Club Alpino Svizzero
Schweizer Alpen-Club
Club Alpin Svizzer



16 Bédières / Torrents glaciaires

QUOI Système ramifié de rigoles dans lesquelles toujours plus d'eau de fonte s'écoule au cours de la journée et qui se rejoignent pour former de véritables bédières, qui peuvent atteindre plusieurs mètres et devenir torrentielles.

OÙ Sur des glaciers déneigés ou en cours de déneigement, surtout actives en début d'été.

COMMENT L'eau de la glace ou de la neige, fondant principalement de jour, forme des rigoles ramifiées qui évoluent en ruisseaux plus grands et, potentiellement, en véritables bédières. L'absorption du rayonnement solaire par l'eau provoque l'enfoncement des ruisseaux dans le glacier (jusqu'à plusieurs mètres de profondeur).

CONSEQUENCES POUR LES ALPINISTES

Le débit d'eau dans les bédières subit des variations journalières (le maximum en fin d'après-midi). Ce sont surtout les grandes bédières qui peuvent constituer un obstacle. A considérer lors de la planification de la course (retour, contournement ou assurage) ! Des parties de glacier presque complètement inondées peuvent s'avérer infranchissables.

- PHOTOS**
- Bédières sur le Silvrettagletscher (GR). Particulièrement bien visibles après une chute de neige en été.
 - Torrent glaciaire inoffensif sur le Gornergletscher (VS). Il y a dans la partie centrale de ce glacier des torrents puissants et infranchissables.

17 Moulin glaciaire

QUOI Fosse verticale dans laquelle les bédières disparaissent. Diamètre de plusieurs mètres et parfois très profonde.

OÙ Sur glaciers déneigés, où des bédières sont présentes.

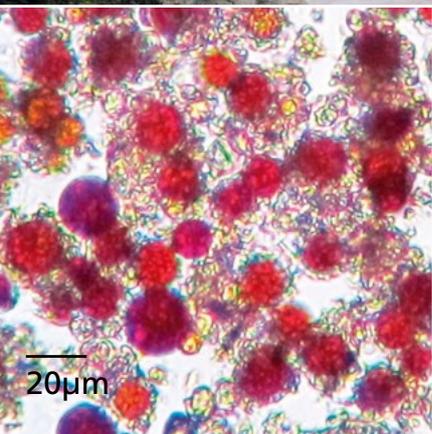
COMMENT Les moulins se forment volontiers aux points faibles du glacier comme les crevasses ou les ruptures qui se croisent. Elles n'atteignent cependant pas directement le sous-sol mais forment des systèmes compliqués de cascades dans les bédières par lesquelles l'eau s'écoule jusqu'à la base du glacier. Elle peut alors tailler des trous dans le sous-sol rocheux par « effet de jet de sable », d'où le nom de moulin.

CONSEQUENCES POUR LES ALPINISTES

Très dangereux – contourner !

REMARQUES / ASTUCES L'étrange fascination pour de tels « gueules de l'enfer » est grande et l'on devrait les montrer au groupe – mais avec discipline, précaution et au mieux encordés !

PHOTO Moulin sur le Grosser Aletschgletscher en-dessous du Konkordiaplatz (VS).



18 Sang des glaciers ou neige rouge

QUOI Coloration rouge superficielle du névé en début d'été. Due aux spores de l'algue des neiges – donc pas de l'algue elle-même !

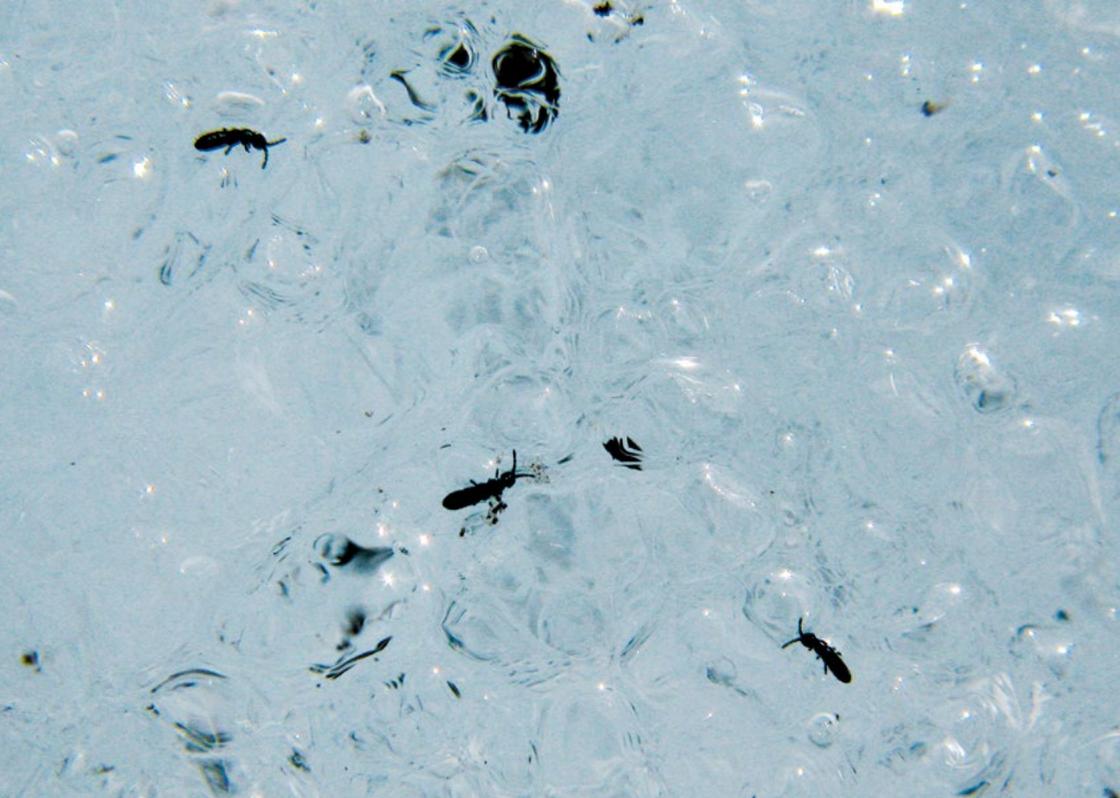
OÙ Sur les névés, souvent en bordure de glacier, mais aussi sur des névés loin d'un glacier.

COMMENT En début d'été, les algues vertes, qui ont passé l'hiver au sol sous le manteau neigeux, remontent à l'aide de flagelles à travers la neige jusqu'à la surface. Elles forment alors des spores rouges pour la reproduction, la couleur servant de protection contre les UV. La concentration en spores augmente tandis que la neige continue de fondre, ce qui cause des taches rouges voyantes. Plus tard, les spores se font entraîner par l'eau de fonte jusqu'au sol où elles passent la fin de l'été, l'automne et l'hiver. Elles supportent des températures extrêmement basses et peuvent demeurer en état de dormance plusieurs années. Alimentation : à partir d'eau, de CO₂ et de lumière via la photosynthèse et à partir de substances minérales provenant de la déposition par le vent ou en les assimilant directement sous forme gazeuse à partir de l'air. Ennemis : Base de la chaîne alimentaire dans le manteau neigeux. Divers bactéries, protozoaires, rotifères et champignons se nourrissent d'elles, qui à leur tour servent de nourriture pour des animaux plus grands tels que le collembole des glaciers, des araignées ou des vers.

REMARQUES / ASTUCES Ne pas confondre avec le sable ocre du Sahara transporté par des tempêtes.

PHOTO Neige rouge en juillet au bord du Baltschiederletscher (VS) à env. 3100 m.
Encadré : cliché microscopique de spores rouges de l'algue des neiges ; sa taille s'élève à 10–20 millièmes de mm.

Club Alpin Suisse CAS
Club Alpino Svizzero
Schweizer Alpen-Club
Club Alpin Svizzer



19 Collembole (ou puce) des glaciers

QUOI Insectes noirs de 1,5–2,5 mm de long, avec un corps segmenté, six pattes, deux antennes voyantes rebiquant de côté et un appendice fourchu et repliable à l'arrière-train.

OÙ Sur les glaciers déneigés, dans des trous et des tubes de fonte dans la neige. En cas d'excès d'eau de fonte, elles remontent à la surface et sont alors facilement détectables. Les insectes se graissent avec une substance huileuse pour ne pas rester accrochés à des gouttes d'eau. Ils nagent souvent en agglomération de plusieurs douzaines dans les trous d'eau ou encore plus souvent grouillent sur la partie inférieure de pierres de taille moyenne.

COMMENT Adaptés à des conditions extrêmes ; température de confort autour de 0 °C et mortelle en-dessus de +12 °C. Survivent jusqu'à –20 °C grâce à des sucres dans les fluides corporels qui servent d'antigel. Ils nagent et grouillent et, en cas de danger, peuvent sauter des distances de 25 fois la taille de leur corps de façon explosive grâce à l'appendice repliable. Alimentation : pollens déposés par le vent, restes de plantes et algues de neige. Reproduction : l'accouplement se déroule dans le froid de l'automne. La femelle absorbe les semences déposées par le mâle à travers son ouverture génitale et dépose les œufs fécondés dans des petites formations de glace. Après env. 4 mois, encore avant la fonte de printemps, les petits, roses, éclosent. Durée de vie : jusqu'à 2 ans avec au total 12 mues. Ennemis : avant tout les opilions.

REMARQUES / ASTUCES Cherche les collemboles sous de grandes pierres et observe-les à la loupe. Qui trouve l'appendice fourchu ? Toucher légèrement le collembole : à quelle distance saute-t-il ?

PHOTO a. Collemboles des glaciers sur de la glace mouillée.
b. Cliché microscopique d'un collembole des glaciers.



Club Alpin Suisse CAS
Club Alpino Svizzero
Schweizer Alpen-Club
Club Alpin Svizzer



20 Trous à cryoconite

QUOI Trous asymétriques dans la glace, allongés, souvent en groupes parallèles, d'une taille de 10–30 cm ; un côté est droit, l'autre arrondi. L'axe longitudinal suit parfaitement l'axe est-ouest, le côté droit se trouve au sud, d'où le nom parfois utilisé de « trous de midi ».

OÙ Sur des glaciers déneigés avec un ensoleillement de plusieurs heures durant la journée.

COMMENT Des accumulations aléatoires de matériel fin (sable et petites pierres) absorbent le rayonnement solaire plus fortement que la glace vive et commencent alors à s'enfoncer dans la glace. Puisque le soleil court d'est en ouest au cours de la journée, et ainsi tape toujours en biais depuis le sud, la forme de fonte décrite ci-dessus se produit.

REMARQUES / ASTUCES Essayez de comprendre pourquoi le côté sud est droit et celui au nord est arrondi.

PHOTO Trous de cryoconite sur le Morteratschgletscher (GR).

Club Alpin Suisse CAS
Club Alpino Svizzero
Schweizer Alpen-Club
Club Alpin Svizzer



21 Strates annuelles

QUOI Structures stratifiées dans le névé / la glace d'un névé / le glacier, souvent avec des couches fines foncées (été) et des couches épaisses plus blanches (hiver).

OÙ Au bord des crevasses, dans les chutes de séracs ou les tours de séracs.

COMMENT Hiver : froid et riche en précipitations. Produit des couches épaisses et claires. Été : chaud et plutôt sec. Produit des couches fines et foncées ; la coloration foncée provient de poussière de roche transportée par le vent, on observe aussi parfois des couches de sable ocre du Sahara.

REMARQUES / ASTUCES Les strates annuelles dans le glacier peuvent aussi être brisées, cisailées ou plissées et dévoiler ainsi quelque chose sur la dynamique du glacier. Les strates annuelles ne doivent pas être confondues avec les couches issues de la foliation, essentiellement verticale dans le glacier ; ces dernières sont liées à des déformations du glacier lui-même.

- PHOTO**
- Strates annuelles dans le névé / la glace du névé, à 3500 m dans le névé de l'Ebeneflüh en-dessus de la Hollandiahütte.
 - Strates annuelles cisailées et plissées en raison de mouvements du glacier à l'Hüfifirn supérieur, vis-à-vis de la Claridenhütte SAC (2940 m).

Club Alpin Suisse CAS
Club Alpino Svizzero
Schweizer Alpen-Club
Club Alpin Svizzer



22 Porte du glacier

QUOI ET OÙ Portail / tunnel arqué en bout d'un glacier de vallée à travers lequel le torrent glaciaire central s'écoule. Taille de quelques mètres à plus de 10 mètres.

COMMENT Le torrent glaciaire central, collectant toutes les eaux de fonte présentes dans et sur le glacier, se creuse un tunnel dans le glacier à partir des bédrières grâce à l'émission de chaleur. En bout de glacier, ce dernier forme la porte du glacier.

CONSEQUENCES POUR LES ALPINISTES Des lamelles de glace arquées se détachent souvent à la porte du glacier. De plus des pierres tombent aussi souvent du bord de la porte. Les portes du glacier représentent donc un énorme danger – ne pas s'en approcher trop près !

PHOTO Porte du glacier au bout de la langue du Morteratschgletscher (GR) en 2011, avec de récents débris liés à des bris de glace. En raison du recul rapide, la situation évolue d'année en année.

Club Alpin Suisse CAS
Club Alpino Svizzero
Schweizer Alpen-Club
Club Alpin Svizzer



23 Lac glaciaire

QUOI Lac issu de l'eau de fonte en bout de langue glaciaire.

OÙ En bout de langue glaciaire, dans des cuvettes formées par le glacier ; si du matériel morainique ou de la glace morte côté vallée assurent la rétention, ils peuvent potentiellement se rompre.

CONSEQUENCES POUR LES ALPINISTES Les lacs glaciaires peuvent obliger à faire des détours importants. Prudence sur les bords – ne pas trop s'en approcher ! Prudence aussi en fin de printemps, lors de la traversée à ski de lacs glaciaires à moitié gelés.

REMARQUES / ASTUCES Ils sont dangereux pour deux raisons :

- Selon le terrain, de la glace peut tomber du glacier dans le lac de même que des chutes de pierre ou des coulées de boue depuis le côté peuvent se produire, ce qui peut provoquer débordements et ondes de crue.
- Si les lacs glaciaires présentent du matériel morainique ou de la glace morte côté vallée, un danger de rupture soudaine existe (aussi rupture souterraine avec des ondes de crues dévastatrices). De nouveaux lacs glaciaires vont se former de plus en plus dans les décennies à venir dans les Alpes et le reste du monde en raison du recul des glaciers. Un monitoring à grande-échelle identifie ceux qui sont dangereux et ceux-ci sont surveillés en permanence. Au lac glaciaire du Grindelwaldgletscher inférieur, une galerie souterraine qui évacue une partie de l'eau du lac et le vide de façon contrôlée a été creusée en 2010 afin de désamorcer le risque de rupture. Les coûts s'élèvent à 15 mio. CHF.

PHOTO Le nouveau lac glaciaire devant le Rhonegletscher (VS) qui s'est formé à partir de 2014. La bordure aval est faite de roche solide et il n'y a quasi pas de danger de chute dans le lac.

Club Alpin Suisse CAS
Club Alpino Svizzero
Schweizer Alpen-Club
Club Alpin Svizzer



24 Marge proglaciaire et sandur

QUOI ET OÙ Zone plus ou moins plate à l'avant de glaciers en recul et soumise à une dynamique fluviale naturelle → Suite de « renouvellements » par les plantes et animaux → Succession. Les sandurs sont des plaines plates de gravier et de sable dans une marge proglaciaire. Ils sont marqués par des bras de rivière interconnectés.

COMMENT Les premières plantes pionnières (p.ex. épilobe de Fleischer, linaira des Alpes) pointent déjà une année après le retrait du glacier dans les gravats de silt et de sable. On distingue une phase pionnière, une de densification, une marquée par les buissons et, à basse altitude, une dominée par la forêt. Les marges proglaciaires sont donc des zones fascinantes, riches et mouvementées.

CONSEQUENCES POUR LES ALPINISTES Parcours-les avec respect et curiosité ! Les sandurs peuvent être pénibles à franchir selon la largeur et le débit des cours d'eau.

REMARQUES / ASTUCES Les marges proglaciaires de Suisse ont été répertoriées et les plus précieuses sont protégées dans l'inventaire « marges proglaciaires et plaines alluviales alpines (IGLES) ». De nombreuses régions connues des alpinistes en font partie. Il est possible de consulter les marges proglaciaires sur le site map.geo.admin.ch (chercher « zones alluviales »).

PHOTO

- Sandur devant le glacier Adamello dans le massif du même nom en Lombardie entre Veltlin et massif de la Brenta (I).
- Marge proglaciaire du Breithornletscher au fond du Lauterbrunnental (BE) qui ne s'est formée que dans les dernières décennies. Elle n'est pas protégée, bien qu'elle soit l'une des plus belles.



Club Alpin Suisse CAS
Club Alpino Svizzero
Schweizer Alpen-Club
Club Alpin Svizzer



25 Poli glaciaire/Roches moutonnées

QUOI Les roches moutonnées sont des roches de forme convexe, allongée et elliptique, qui ont été érodées par le glacier (= poli glaciaire). Forme asymétrique : replat vers le haut du glacier et tronquée avec un plan raide vers la vallée. Il est donc possible de déterminer la direction du glacier.

OÙ Dans les Alpes, dans toutes les régions où des glaciers étaient actifs durant la période glaciaire et où l'on ne trouve pas de moraines ou de couverture de débris ; poli glaciaire récent présent autour des glaciers en recul. Dans certaines régions comme le Grimsel p.ex., la limite du poli glaciaire datant de la période glaciaire est facilement reconnaissable.

COMMENT L'abrasion est produite par les pierres et le sable pris dans la glace. Les arêtes de rupture à l'avant s'expliquent par des successions de dégel/regel avec différentes pressions dans la glace.

CONSEQUENCES POUR LES ALPINISTES Attention de ne pas glisser sur des roches récemment polies par le glacier sous « l'effet de roulement à bille sable/gravier » ! En cas d'humidité, redoubler de vigilance au bord du glacier !

REMARQUES/ASTUCES Discutez des hypothèses plausibles concernant la formation des arêtes de rupture raides en direction de la vallée (elles sont liées à la pression et au délestage ainsi qu'au dégel et regel ...).

PHOTO a. Système de roches moutonnées devant le Grosser Aletschgletscher qui étaient encore recouvertes par le glacier vers 1850. Reconnais-tu l'asymétrie sur certaines ?
b. Roches moutonnées dégagées depuis env. 2012 seulement devant le Rhonegletscher ; les arêtes de rupture côté vallée sont parfaitement formées.

26 Stries glaciaires et autres traces

QUOI ET OÙ Entailles généralement rigoureusement parallèles sur des roches ayant subi le poli glaciaire, d'une profondeur allant du mm au cm, souvent traçables sur plusieurs mètres.

COMMENT Des pierres prises dans la glace rayent la roche. Plus les pierres sont grandes et plus le glacier est épais, plus les stries sont marquées. De gigantesques blocs peuvent laisser des stries de plusieurs cm de profondeur. Les stries fines disparaissent sous le coup de l'érosion après quelques décennies déjà, les plus importantes peuvent persister longtemps. Elles sont des indices d'un glacier disparu depuis longtemps.

REMARQUES / ASTUCES D'autres traces typiques de glacier sur la surface rocheuse sont les ruptures en forme de faucille ou de parabole ainsi que les niches d'arrachement en forme de faucille.

PHOTO Stries glaciaires sur de la roche calcaire, formées par le Tschingelfirn au fond du Lauterbrunnental (BE). Cette roche a été libérée par le glacier vers 1980. On reconnaît des rayures de profondeurs variées.



Club Alpin Suisse CAS
Club Alpino Svizzero
Schweizer Alpen-Club
Club Alpin Svizzer



27–35 Autres

N°	NOM	COURTE DESCRIPTION
27	Ogives	Alternance de bandes claires et sombres ; se forment sous des chutes de séracs ; montrent l'écoulement du glacier.
28	Foliation	Empilements généralement verticaux de couches de glace d'aspect différent ; formation due au glissement interne du glacier.
29	Crevasse/trous remplis d'eau	Anciens moulins ou crevasses sans écoulement, et donc remplis d'eau. Traîtres en cas de brouillard.
30	Crevasse/trous gelés	Lors du gel, de gros cristaux de glace grandissent depuis le bord vers le centre, produisant une double structure rappelant une clôture.
31	Moraine frontale	Talus de débris devant un glacier en progression – ceci n'existe plus dans les Alpes ; des talus de moraines frontales dans les marges proglaciaires témoignent de progressions passées ; sur le Plateau, moraines frontales des glaciers de la période glaciaire.
32	Bédières	Cours d'eau qui collectent toutes les eaux de fonte du glacier ; trouble en raison de la poussière de roche
33	Rottalglletscher 1990	Photo lors de l'ascension par le Rottalgrat.
34	Rottalglletscher env. 2014	Photo aérienne de swisstopo d'env. 2014. Différences ?
35	Steingletscher 2007	Le « glacier classique pour les cours sur glacier » en 2007. Et aujourd'hui ?

Photos des phénomènes 27 à 35 de gauche en haut vers la droite en bas