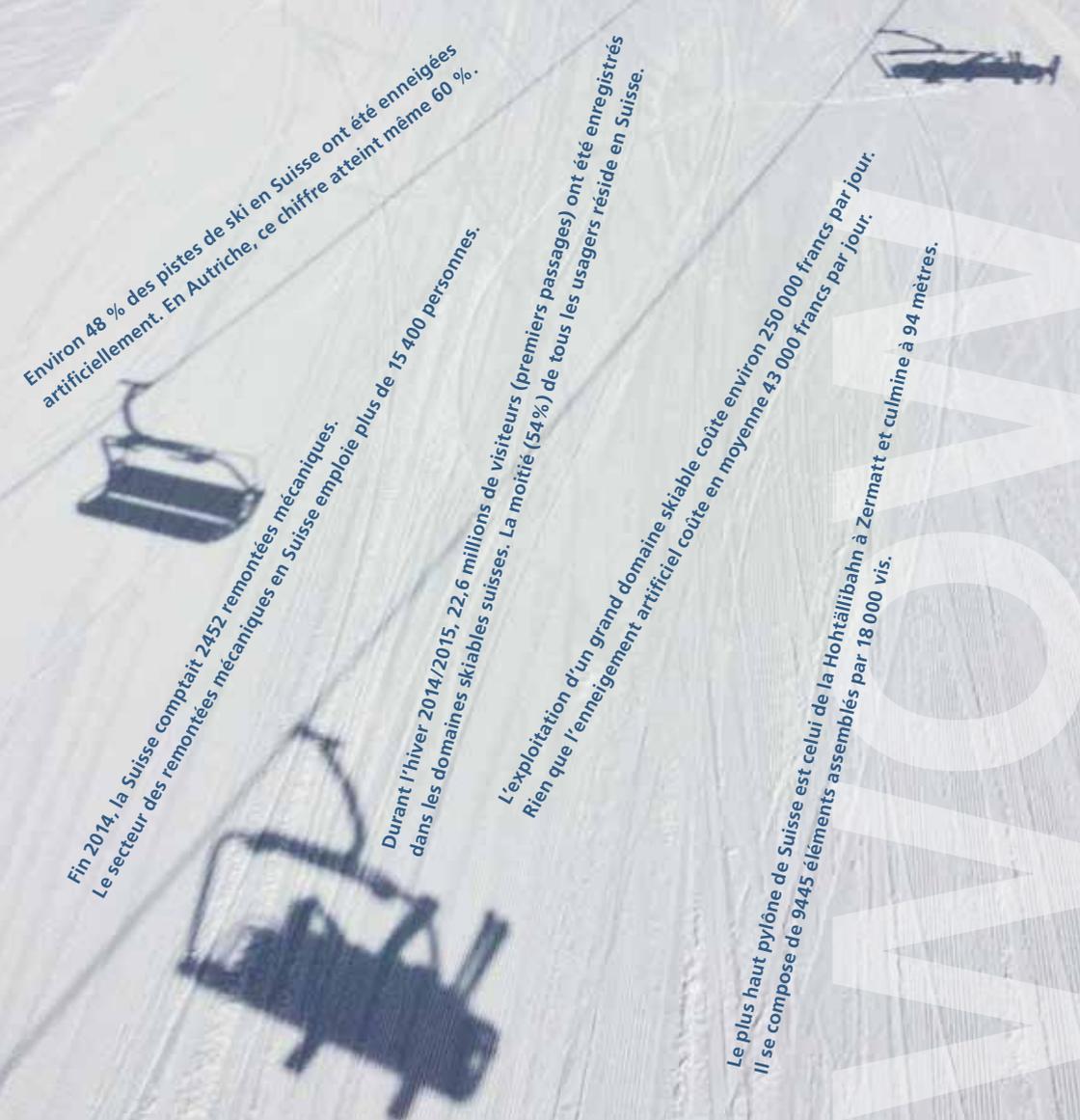


La technique dans la neige Avalanches | Enneigement | Ski



Environ 48 % des pistes de ski en Suisse ont été enneigées artificiellement. En Autriche, ce chiffre atteint même 60 %.

Fin 2014, la Suisse comptait 2452 remontées mécaniques.
Le secteur des remontées mécaniques en Suisse emploie plus de 15 400 personnes.

Durant l'hiver 2014/2015, 22,6 millions de visiteurs (premiers passages) ont été enregistrés dans les domaines skiables suisses. La moitié (54 %) de tous les usagers réside en Suisse.

L'exploitation d'un grand domaine skiable coûte environ 250 000 francs par jour.
Rien que l'enneigement artificiel coûte en moyenne 43 000 francs par jour.

Le plus haut pylône de Suisse est celui de la Hochtällibahn à Zermatt et culmine à 94 mètres.
Il se compose de 9445 éléments assemblés par 18 000 vis.

Impressum

SATW Technoscope 1/17 | janvier 2017
www.satw.ch/technoscope
Concept et rédaction: Beatrice Huber
Collaboration rédactionnelle: Felix Würsten | Samuel Schläfli
Photos: archives SLF | Mathieu Fauve | Zermatt Bergbahnen AG | Stöckli Swiss Sports AG | Fotolia | SATW

Abonnement gratuit et commandes supplémentaires

SATW, Gerbergasse 5 | CH-8001 Zurich
technoscope@satw.ch | Tél +41 44 226 50 11
Le Technoscope 2/17 paraîtra en mai 2017 sur le thème des «Satellites».

Le péril blanc

Les avalanches sont un phénomène fascinant mais dangereux. Même si l'on comprend comment elles se forment, il est impossible de prévoir précisément où et quand elles se déclencheront.

Chaque année, plusieurs centaines de personnes sont emportées par des avalanches en Suisse, en moyenne 23 personnes n'y survivent pas. Presque toutes les victimes faisaient une excursion à ski ou ont été emportées par une avalanche de plaque en faisant du hors-piste. Les avalanches restent donc l'un des principaux dangers naturels de l'espace alpin.

Des zones sensibles dans le manteau neigeux

On a maintenant une idée très précise de la manière dont se déclenchent les avalanches. Au cours de l'hiver, le manteau neigeux se forme par couches successives. Chaque chute

de neige engendre une nouvelle couche qui évolue avec le temps. Du givre peut se former à la surface et les rayons du soleil ainsi que le vent modifient la structure de la neige. Ces changements peuvent entraîner une mauvaise adhérence de la couche suivante. Résultat: une zone sensible se forme dans le manteau neigeux. Lorsque la surcharge de la nouvelle couche est trop importante ou que le manteau neigeux est alourdi par un skieur, celui-ci se rompt le long de ces zones sensibles. Une plaque de neige se forme.

Il est aujourd'hui possible de prédire le risque d'avalanche pour une région en se basant sur

les conditions météorologiques. Deux fois par jour, l'Institut WSL pour l'étude de la neige et des avalanches SLF informe la population par le biais de bulletins d'avalanches. Il est toutefois encore impossible aujourd'hui de prévoir précisément où et quand une avalanche se déclenche dans une zone donnée, car le manteau neigeux peut être très variable sur un petit espace.

Une répartition irrégulière de la neige

Les chercheurs du SLF essaient donc de mieux comprendre la formation et la propagation des avalanches. «De nombreuses questions demeurent encore sans réponse», explique le spécialiste des avalanches Jürg Schweizer, directeur du SLF. «Par exemple, nous pouvons étudier avec précision les structures neigeuses à l'aide de procédés d'imagerie. Mais nous ne connaissons pas encore la stabilité de ces structures – ce qui serait essentiel pour identifier un point de rupture éventuel.»

Le plus grand défi prévisionnel réside toutefois dans la répartition très variable de la neige sur le terrain. «En fait, nous aurions besoin d'un modèle tridimensionnel détaillé du manteau neigeux», explique Schweizer. «Mais cela n'est réalisable actuellement que pour une petite zone.» Pour le moment, les nouveaux modèles météorologiques de haute précision de MétéoSuisse ne changent pas grand-chose au problème. Ceux-ci permettent de prédire les chutes de neige avec une résolution de 1 kilomètre, mais une prévision précise des avalanches implique de connaître la structure du manteau neigeux à une dizaine de mètres près.

Comment se protéger des avalanches

Lorsque tu pratiques des sports d'hiver hors des pistes balisées, tu te retrouves sur un terrain non sécurisé, ce qui t'expose à des dangers plus importants. Mais tu peux réduire le risque de faire face à une avalanche grâce à un comportement approprié. Tu dois toujours respecter les six points suivants:

1. Renseigne-toi sur les conditions météorologiques et les risques d'avalanche.
2. Évalue en permanence les conditions d'enneigement, le terrain et l'influence des autres participants.
3. Enclenche ton DVA en mode émission et emmène une pelle et une sonde.
4. Évite la neige soufflée fraîche.
5. Descends seul les passages difficiles et les pentes extrêmement raides.
6. Sois prudent lorsque la météo se réchauffe au cours de la journée.

Pour plus d'informations, rends-toi sur le site www.whiterisk.ch. Tu y trouveras aussi un planificateur en ligne pour tes itinéraires. Le bulletin d'avalanches est disponible sur www.slf.ch



Les paravalanches empêchent la formation d'avalanches et protègent entre autres les villages.

Les avalanches sèches de plaque de neige atteignent une vitesse de 50 à 100 km/h, les avalanches de poudre jusqu'à 300 km/h (photo).



Informations complémentaires sur www.satw.ch/technoscope

Un savoir-faire technique pour les «fabricants» de neige suisses

Préserver les ressources naturelles, réduire la consommation d'énergie et d'eau et améliorer la qualité de la neige – tels sont les défis que doivent relever les stations de ski suisses avec l'aide de chercheurs.

Les hivers précédents ont été peu réjouissants pour de nombreuses stations de ski suisses. Le manque de neige et donc de touristes a entraîné des pertes financières pour les remontées mécaniques, les hôtels et les restaurants. «L'année dernière, en Engadine, il n'a presque pas neigé jusqu'au mois de mars», explique Hansueli Rhyner, directeur du groupe «Sports de neige» au SLF à Davos. «La dépendance vis-à-vis des techniques d'enneigement a fortement augmenté.»



Une lance à neige moderne qui consomme près de 80 % d'électricité en moins que les lances classiques.

Depuis plusieurs années, Rhyner et son équipe recherchent des innovations techniques pour les stations de sports d'hiver. La priorité est donnée aux installations d'enneigement, comme par exemple les «canons à neige». Dans les premières installations, l'eau était propulsée à travers de fines buses dans l'air froid pour geler et retomber ensuite sur le sol sous forme de neige. «Mais cela fonctionnait uniquement lorsque les températures descendaient entre -7°C et -12°C.» Plus tard, les chercheurs ont conçu la technique de nucléation dans laquelle l'eau est soufflée avec de l'air sous haute pression par de petites buses. De minuscules grêlons se forment en quelques millisecondes et agissent comme des germes de cristallisation. Dès que les germes de cristallisation entrent en contact avec les gouttes d'eau propulsées par les buses, celles-ci commencent à geler. Cette technique d'enneigement fonctionne même à des températures entre -2°C et -3°C.

Un enneigement sans électricité

Dans des conditions idéales, une lance à neige produit 50 à 70 mètres cube de neige par heure. L'air comprimé est produit par un compresseur qui consomme beaucoup d'électricité. C'est pourquoi Rhyner et son équipe, en collaboration avec la haute école FHNW et des partenaires in-

dustriels, ont conçu ces derniers années une installation d'enneigement qui utilise 80 % d'air comprimé en moins. En 2015, les partenaires ont franchi une étape supplémentaire avec la première lance à neige zéro énergie. Au lieu d'un compresseur électrique, celle-ci utilise la pression naturelle de l'eau pour la pulvérisation – par exemple l'eau provenant d'un lac de retenue qui se trouve à plus haute altitude.

Une consommation d'eau réduite grâce au GPS

De nombreuses stations poursuivent un autre objectif: réduire la consommation d'eau. «Un demi-mètre cube d'eau est nécessaire pour un mètre cube de neige – cette relation n'est pas modifiable», explique Rhyner. «Pour économiser l'eau, il faut donc trouver un moyen d'utiliser moins de neige.» C'est pourquoi les dameuses modernes sont équipées d'un système GPS élaboré. Avant les premières chutes de neige, l'ensemble du domaine skiable est mesuré électroniquement. Puis, une fois la neige tombée, une comparaison des données GPS dans les dameuses permet de déterminer l'épaisseur de la neige en temps réel, quel que soit l'endroit. Les exploitants des domaines skiabiles savent donc précisément où il faut un enneigement tech-

nique. «Dans certains domaines skiabiles, cela a permis de réduire l'enneigement artificiel de 30 %, autrement dit, de diminuer la consommation d'eau de 30 %», explique Rhyner.

Malgré des progrès considérables en termes de consommation d'eau et d'énergie, l'enneigement artificiel a des conséquences sur l'environnement, explique Rhyner. Souvent, les pistes de ski sont aplanies par des machines de chantier afin de consommer moins d'eau et donc moins de neige. Des tranchées profondes doivent par ailleurs être creusées pour poser les câbles des installations d'enneigement, ce qui laisse des traces. Cela pose problème en particulier dans les régions alpines protégées. En revanche, selon Rhyner, le prélèvement d'eau dans les ruisseaux et les lacs pour l'enneigement a peu de répercussions sur l'environnement. L'eau reste dans le cycle naturel même si elle pénètre à nouveau dans le sol un peu plus tard sous forme de neige. Cela ne modifie que légèrement la flore autour des pistes, comme l'ont démontré des études sur le long terme.



Informations complémentaires sur www.satw.ch/technoscope

Un équipement sportif sophistiqué

Constitué d'au maximum 26 pièces, un ski moderne est produit au moyen d'un processus en plusieurs étapes. Les skis de haute qualité sont par ailleurs toujours fabriqués en grande partie à la main, car c'est le seul moyen de garantir une qualité adaptée. Le choix des matériaux dépend de l'utilisation ultérieure. Un ski de compétition, soumis à des contraintes élevées, doit satisfaire à des exigences autres qu'un ski de randonnée qui doit permettre de faire de beaux virages dans la poudreuse.

Le noyau du ski est toujours en bois. Selon la marque, des lamelles de formes et d'essences différentes sont assemblées pour obtenir les propriétés mécaniques souhaitées.

Le deuxième élément principal est le revêtement constitué généralement de polyéthylène poreux. Plus le revêtement est de qualité, plus il absorbe la cire et plus le frottement sur la neige est faible.

La plupart des skis sont fabriqués en «sandwich». Ces skis se composent essentiellement d'une série de couches différentes découpées dans la forme souhaitée et empilées les unes sur les autres.

Tout en bas de cet empilement, on trouve le revêtement. Viennent ensuite les deux carres en acier et, au centre, différentes couches de polyester, de carbone et de titanal (un alliage d'aluminium spécial). Sur cette membrure repose le noyau en bois. Vient ensuite la membrure supérieure composée des mêmes matériaux que la membrure inférieure. Enfin, le film décoratif, sur lequel un sujet a été imprimé, donne au ski l'apparence souhaitée.

Cet empilement est ensuite placé dans un moule, puis collé dans une presse sous l'action de la pression et de la chaleur avec une résine époxy. Selon l'utilisation, les skis sont moulés de façon à présenter une tension après le pressage. En règle générale, ils sont courbés afin que le centre soit un peu plus élevé que les extrémités lorsqu'ils ne sont pas sollicités. Dans des cas particuliers – par exemple le ski de randonnée – les planches sont courbées différemment afin d'offrir une meilleure impulsion dans la poudreuse.

Pour finir, les carres sont affûtées pour que le ski adhère mieux à la neige. Le revêtement bénéficie par ailleurs d'une structure rainurée pour qu'un fin coussin d'air se forme entre la neige et le ski lors des déplacements et réduise ainsi le frottement.



La plupart des skis sont fabriqués «en sandwich». Plusieurs couches sont assemblées, puis collées sous l'action de la pression et de la chaleur.

«Quand la température est supérieure au point de congélation, nous sommes impuissants»

Reinhard Lauber, directeur technique des remontées mécaniques à Zermatt



Monsieur Lauber, vous êtes directeur technique de l'un des plus grands domaines skiables suisses depuis 16 ans. Comment accède-t-on à cette fonction?

Après un apprentissage de mécanicien automobile, j'ai travaillé comme conducteur de dameuses et mécanicien. J'ai ensuite rejoint le service de maintenance des remontées mécaniques et suivi une formation de spécialiste en remontées mécaniques. Celle-ci est indispensable pour travailler comme directeur technique d'une telle société. Aujourd'hui, il existe une voie directe: un apprentissage de quatre ans en mécatronique, suivi d'une formation de spécialiste en remontées mécaniques.

A quoi ressemble le quotidien d'un directeur technique d'une société de remontées mécaniques?

On est responsable surtout de la maintenance des remontées mécaniques et des dameuses. On veille à ce que tout soit à jour, on élabore des plans de révision, on coordonne les collaborateurs et on surveille les travaux sur les installations. En tant que directeur technique, je tra-

vaille aussi bien au bureau qu'à l'extérieur dans le domaine skiable. Comme le domaine de Zermatt est très vaste, je ne suis pas responsable de toutes les installations, mais seulement de celles au sud. Mon collègue s'occupe de celles au nord.

La technique a-t-elle gagné en importance à Zermatt ces dernières années?

Incontestablement! Nous avons investi plusieurs millions de francs suisses dans de nouvelles installations d'enneigement et de transport. La technique des remontées mécaniques a fait de grands progrès. Les dameuses ont aussi été améliorées: elles consomment moins d'énergie et sont équipées de capteurs nous permettant de contrôler leur fonctionnement optimal en temps réel.

Reinhard Lauber est directeur technique de la zone sud de Zermatt Bergbahnen AG. L'entreprise emploie 240 collaborateurs pour l'exploitation de 34 remontées mécaniques et l'entretien de 200 kilomètres de piste.



Lis l'interview complète sur www.satw.ch/technoscope

En immersion au labo

Des gymnasiens bernois ont participé à une semaine d'études à l'EPFL avant leur maturité pour aborder et expérimenter des disciplines techniques comme la robotique ou la programmation.



«Grüezi et bienvenue à l'EPFL!» Les élèves du gymnase Lerbermatt de Köniz sont rapidement mis dans le bain à leur arrivée à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne: en sciences, il faut jongler avec les langues! En cette fin juin, juste avant les vacances, la summer school porte bien son nom. Pourtant le programme de la semaine est bien rempli. Labos de physique, de robotique, d'électronique, exercices de programmation ou encore sortie en rivière sont autant de découvertes. Ces immersions pratiques ont pour point commun les disciplines MINT (Mathématiques, Informatique, sciences Naturelles et Techniques).

Les sciences techniques pour tous

La particularité de ce séjour est de mettre l'accent sur la pratique. Et filles comme garçons sont étonnés de pouvoir apprendre aussi facilement. «Je ne pensais pas pouvoir programmer un robot ou une application!» Quand il s'agit de manipuler des lasers, tous hésitent un peu, mais finissent par trouver comment réaliser un interféromètre. A chaque atelier, les groupes d'étudiants s'animent au fur et à mesure que les manipulations réussissent.

Une visite intégrée au cursus

Cette summer school s'inscrit dans le cadre d'un partenariat de l'EPFL avec le gymnase de Lerbermatt. Dans le cadre des classes MINT, les élèves suivent un programme particulier proposant

une approche thématique des disciplines scientifiques et techniques. Les sujets abordés lors de cette semaine ont en partie été choisis en fonction du programme de l'année prochaine des élèves. L'intérêt de cette approche thématique est qu'elle brise les préjugés, qu'elle décloisonne les disciplines et donne un visage différent aux sciences techniques.

Renseignements

Service de promotion des études de l'EPFL,
spe@epfl.ch

Découvrir la «technique dans la neige»

Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF

Aimerais-tu savoir comment une forêt nous protège des avalanches, comment on rédige un bulletin d'avalanches, ou comment les cristaux de neige se forment? Tu trouveras toutes les réponses dans l'Espace jeune sur le site du SLF.

www.slf.ch > Prestations et produits > Espace jeunes

Encore plus de découverte

SimplyScience

Tu t'intéresses à la technique et aux sciences? Alors rends-toi sur le site Internet SimplyScience. Tu y trouveras beaucoup d'inspiration pour le choix de ton métier ou de tes études.

www.simplyscience.ch

La science appelle les jeunes

Participe au concours national ou assiste à l'une des nombreuses semaines d'étude.

www.sjf.ch

App Science Guide

Trouve ton offre préférée dans ta région parmi des centaines d'offres dédiées aux sciences et à la technique. Disponible dans l'app store ou google play

Comment la neige se forme-t-elle?

Pour les romantiques et les adeptes des sports d'hiver, la neige est une substance à part. Mais du point de vue physique, il s'agit aussi d'une matière particulière qui est unique sous cette forme dans la nature. Et cela s'explique par sa formation.

Les flocons de neige se forment à basse température dans les nuages où la vapeur d'eau génère d'abord de petits cristaux de glace. La particularité tient au fait que ces cristaux de glace sont formés par sublimation inverse directement à partir de la vapeur d'eau. Celle-ci se transforme donc directement en une matière solide. En fonction de la température et de l'humidité de l'air, ces cristaux prennent des formes totalement différentes: plaquettes, dendrites en forme d'étoile ou aiguilles – la diversité est grande, d'autant plus que la forme de ces cristaux évolue constamment. Peu à peu, les cristaux s'agglutinent pour former de plus grosses structures: les flocons de neige qui tombent à terre. La taille des flocons dépend notamment de la température. Lorsque celle-ci est un peu inférieure au point de gelée, les flocons sont relativement gros. A des températures beaucoup plus basses, les cristaux ont plus de mal à se lier et forment de petits flocons.

Ce processus de formation complexe explique pourquoi chaque flocon est unique. Malgré toutes ces différences, tous les cristaux présentent une forme hexagonale. Cela est lié à la structure des molécules d'eau qui présentent un angle d'environ 120°.

Une fois la neige tombée, elle continue d'évoluer. Au début, la neige fraîche a une structure non compacte. Après quelques heures, les cristaux s'agglomèrent à leurs points de contact. Résultat: une structure formée de glace et d'air dans les interstices, qui évolue en permanence. La rapidité de cette transformation dépend de nouveau des conditions météorologiques. La neige évolue lentement lorsque le manteau neigeux est très froid et que les différences de température sont faibles entre les couches.

Les chercheurs essaient aujourd'hui de mieux comprendre ces changements car ceux-ci influent directement sur les propriétés mécaniques de la neige. En comprenant mieux comment la structure de la neige évolue au fil du temps, il est plus facile par exemple d'estimer s'il existe un risque d'avalanche dans une zone particulière.

Choix d'études et de carrière



Luise Franke, conseillère d'orientation scolaire et professionnelle au centre OSP d'Oerlikon ZH

Chère Madame Franke, J'ai grandi à la montagne et je termine bientôt l'école secondaire. Je ne veux pas travailler dans un bureau, mais dehors dans la nature. D'aussi loin que je me souviens, je m'intéresse aux risques d'avalanche dans nos montagnes, je connais d'ailleurs l'Institut SLF à Davos. Quels métiers recherche-t-il et comment devient-on spécialiste des avalanches? (Bigna, 15 ans)

Chère Bigna, L'étude de la neige et des avalanches a débuté dans une simple cabane en neige à Davos. Aujourd'hui, 75 ans plus tard, l'institut SLF est un centre international de recherche et de services pour les dangers naturels alpins. Environ 130 spécialistes aux niveaux d'expertise variés travaillent au sein d'une équipe jeune. Parmi les professionnels, on compte des géographes, des physiciens, des météorologues et des ingénieurs, mais également des employés de commerce et des développeurs de logiciels. On recherche principalement des scientifiques, mais des places d'apprentissage sont régulièrement proposées dans les domaines de l'électronique, de la polymécanique, du commerce ou de l'informatique.

Pendant la saison froide, les spécialistes en avalanches passent beaucoup de temps à l'exté-

rieur. Ils mènent des expériences sur les avalanches en montagne ou sur un grand toboggan et documentent ensuite leurs observations. Les conditions météorologiques et le manteau neigeux sont analysés au moyen d'appareils techniques. Au printemps et en été, le travail se fait au sec: les données collectées sont analysées principalement en laboratoire et sur ordinateur.

Il n'existe pas de filière spécifique pour devenir spécialiste en avalanches. «Ce que je fais aujourd'hui, je n'aurais pas pu ni su le faire il y a 20 ans.» La plupart des réponses fournies par les chercheurs sont similaires lorsqu'on les questionne sur leur carrière. La plupart des spécialistes spécialistes en avalanches ont suivi des études scientifiques ou d'ingénierie. L'intérêt de chacun pour la recherche s'est précisé au cours des études. Beaucoup ont poursuivi leurs études par un master dans une université étrangère privilégiant leur thème de recherche. Des chercheurs et des doctorants du monde entier travaillent également au sein de l'institut SLF.

Infos & liens

Jette un œil derrière les coulisses de l'institut SLF. Des visites et des expositions sont régulièrement organisées au SLF: www.slf.ch

Sur le site www.orientation.ch, tu trouves un aperçu de toutes les professions et filières d'études en Suisse.

Scientifica, les journées scientifiques de Zurich, qui ont lieu les 2 et 3 septembre 2017, te donneront un aperçu de la recherche à l'université et à l'EPFZ: www.scientifica.ch