

DIAGONALE

THÈME CENTRAL

Recherche XXL: la nature comme laboratoire

N°1
16

Pergélisol:

Températures inférieures, vie accrue, p. 20

Histoire du

paysage: De la période glaciaire à aujourd'hui, p. 27

Avalanches:

Quelle méthode de minage est la plus efficace? p. 28

ÉDITORIAL

Chère lectrice, cher lecteur,
Avec les «installations d'essais à grande échelle», nous avons choisi pour ce numéro un thème central méthodique. Souvent, la recherche nécessite des systèmes électroniques, mécaniques, informatiques et de construction coûteux. Sans oublier la patience qu'exigent notamment la croissance des arbres, ou l'attente d'une avalanche ou d'une lave torrentielle dévalant dans un bruit tonitruant la pente d'un terrain expérimental équipé de capteurs de mesure. Ce thème central est ainsi comme une fenêtre ouverte sur la recherche grande mobilisatrice d'infrastructures.

En tant que lectrice ou lecteur attentif, vous constaterez sans doute que le rapport sur l'année habituellement intégré dans le numéro du début de l'été manque. C'est parce que nos comptes sont nouvellement tenus selon les «International Public Sector Accounting Standards» (IPSAS), lesquels exigent la publication d'un rapport financier et de gestion exhaustif. Vous trouverez celui-ci sur notre site Internet à l'adresse www.wsl.ch/more/rapport-degestion. Les pages libérées entre-temps accueillent désormais d'autres articles sur nos cinq thèmes-clés de recherche. Je vous souhaite ainsi une lecture passionnante!



Christoph Hegg
Directeur adjoint du WSL





Neige sur les parois rocheuses: un rôle déterminant pour les régimes de températures, p. 33

Recherche XXL: la nature comme laboratoire



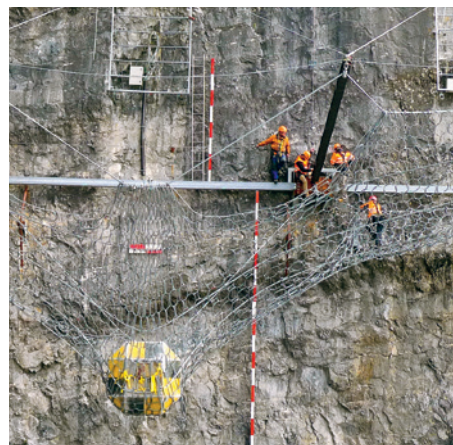
LA NATURE DÉCIDE DE L'INSTANT OÙ TOUT COMMENCE

Que se passe-t-il à l'intérieur d'une lave torrentielle? Quand un ruisseau transporte-t-il des pierres et des éboulis? Des essais à grande échelle dans les torrents donnent des réponses à ces questions.

→ 2

THÈMES-CLÉS

- 20** Biodiversité
- 22** Forêt
- 26** Paysage
- 28** Dangers naturels
- 32** Neige et glace



UNE-DEUX

Lorenz Meier, Directeur de l'entreprise Geopraevent: «Aujourd'hui, on ne construirait probablement plus de nouvelles installations d'essais en grandeur réelle.»

→ 10



DES MEUBLES PLUTÔT QUE DU BOIS DE CHAUFFAGE

Dans la forêt tessinoise, le WSL réalise un essai à grande échelle. Son objectif? Découvrir une méthode d'exploitation qui rende le bois de châtaignier à nouveau intéressant sur le plan économique.

→ 15

PORTRAITS

- 19** Arthur Gessler, biologiste
- 31** Andreas Zurlinden, biologiste moléculaire
- 34** Bettina Richter, météorologue

35 IMPRESSUM, À L'HORIZON

36 LE SCHMILBLICK:

L'appareil de mesure du cisaillement

THÈME CENTRAL Que se passe-t-il à l'intérieur d'une lave torrentielle? Quand un ruisseau transporte-t-il des pierres et des éboulis? Des essais à grande échelle dans les torrents donnent des réponses à ces questions.

La nature décide de l'instant où tout commence



Lors de précipitations, les matériaux pierreux jaunâtres et meubles se mélangent avec l'eau pour former une masse pâteuse qui coule dans la vallée sous forme de lave torrentielle. De gros blocs sont alors aussi transportés avec les flots.



Une nouvelle installation au bord de l'Iligraben mesure dans le bassin versant, à l'aide d'infrasons et de géophones, les processus d'éboulements et de glissements de terrain qui donnent lieu à des laves torrentielles.

L'Iligraben près de Loèche (VS). Depuis mai 2000, le WSL a procédé au relevé des données concernant 75 laves torrentielles.

Photo: Christoph Graf, WSL

L'alarme retentit de façon assourdissante. Un vététaïste regarde autour de lui avec étonnement et s'arrête net. Le poster sous le clignotant allumé met en garde: «Danger de mort! Des laves torrentielles peuvent se produire à tout moment – même par beau temps.» C'est seulement lorsque François Dufour, technicien au WSL, lui crie: «Pas de souci, ce n'est qu'un test», qu'il traverse à vélo le lit du ruisseau presque desséché. On croirait totalement inoffensif le filet d'eau dont on entend le clapotis entre le gravier et les éboulis dans l'Iligraben, près de Loèche (VS). En l'espace de quelques secondes, il peut toutefois se transformer en tourbillon d'eau et de boue mortel. Lors de précipitations, parfois combinées à de l'eau de fonte, des centaines de tonnes de boue et de matériaux pierreux dévalent la pente sous forme de lave torrentielle jusqu'à la vallée. Une telle lave torrentielle renferme beaucoup plus d'énergie qu'une crue à charriage et inflige d'importants dégâts. En raison de la constellation géologique dans l'Iligraben, des événements de ce type s'y déroulent plusieurs fois par an, ce qui fait de l'endroit un sujet d'étude idéal sur les laves torrentielles.

Grand laboratoire à ciel ouvert

Depuis mai 2000, le WSL a installé dans l'Iligraben toute une série d'instruments de mesure, à l'image des géophones qui mesurent les mouvements sismiques du sol. Les géophones enregistrent les secousses qui marquent le début d'une lave torrentielle et démarrent automatiquement les enregistrements vidéo. Les appareils radar et laser effectuent des relevés de la hauteur d'écoulement et de la vitesse des masses de boue et d'éboulis à plusieurs endroits. Dans la partie inférieure du cône de déjection où →

l'Illgraben se jette dans le Rhône, des capteurs mesurent, dans un mur latéral, les forces à l'œuvre à l'intérieur du mélange torrentiel. Et sous le pont de la route cantonale, une balance saisit le poids des matériaux qui passent par-dessus elle.

«Nous avons ici une possibilité unique d'examiner la vie intérieure des laves torrentielles: leur composition, leur comportement d'écoulement, leurs caractéristiques», explique F. Dufour, technicien. Les données permettent aux chercheurs d'améliorer leur compréhension des processus qui se déroulent lors d'une lave torrentielle, et d'optimiser les simulations à l'ordinateur. Celles-ci aident les ingénieurs et les planificateurs à établir des cartes de dangers et à calculer d'éventuelles mesures de protection.

Système d'alerte destiné au village et aux touristes

F. Dufour est ingénieur et il est l'un des techniciens qui s'occupe, en plus des appareils de mesure pour les scientifiques, des instruments du système d'alerte dans l'Illgraben. Des contrôles et des travaux de maintenance sont en particulier nécessaires après de grandes laves torrentielles. Le chemin qu'il emprunte jusqu'aux appareils de mesure est chaque fois différent car la route empierrée est peu à peu victime de l'érosion. Pour le dernier tronçon, il doit aujourd'hui escalader des rochers à quatre pattes et s'agripper à des arbustes et des branches pour atteindre l'instrument situé le plus en hauteur.

Le WSL a installé le système d'alerte en 2007 sur mandat de la commune de Loèche-Susten. Dès que les appareils de mesure enregistrent une lave torrentielle, les responsables locaux en matière de sécurité reçoivent automatiquement un SMS. En parallèle, des alarmes optiques et acoustiques signalent le danger à trois traversées de cours d'eau. Les connaissances tirées des observations scientifiques et un concept d'urgence développé avec la commune ont servi de base au système d'alerte. Afin de reconnaître à temps une lave torrentielle de grande ampleur, les précipitations sont de surcroît mesurées de façon automatique et

Pour de plus amples informations concernant la recherche du WSL sur les laves torrentielles dans l'Illgraben: www.wsl.ch/more/illgraben-fr



Au-dessus de l'Illgraben, un radar mesure les mouvements des glissements de terrain dans le périmètre observé. Ces glissements de terrain fournissent le matériau dont sont composées les laves torrentielles.

Photo: Brian McArdell, WSL

des visites sur le terrain effectuées régulièrement dans le bassin versant. Dans des situations extrêmes, s'y ajoutent des vols en hélicoptère. En dehors de la fonction de protection qu'il assure en tant que telle, le système d'alerte sert d'installation pilote pour le développement de dispositifs d'alerte à d'autres endroits.

Lave torrentielle ou crue – les éboulis sont toujours en cause

Dans la vallée de l'Alptal (SZ) également, le WSL mesure la quantité de matériaux qu'un ruisseau peut charrier, toutefois dans un autre contexte. Les précipitations y sont violentes et fréquentes, les sols argileux, l'eau s'infiltre difficilement dans le sol: le risque de crue est élevé. Ce qui peut être dangereux pour le milieu bâti avoisinant est une aubaine pour la science: des conditions idéales pour l'étude des facteurs qui favorisent les crues. Dans les années 1960, le WSL a équipé divers torrents de l'Alptal d'appareils de mesure afin de découvrir comment la forêt influe sur la formation des crues et la qualité de l'eau. Depuis les années 1980, les chercheurs examinent notamment dans cette région le transport des sédiments et du bois flottant, et élaborent depuis quelques années des modèles pour la prévision des crues.

Dieter Rickenmann, collaborateur scientifique du Groupe Torrents, se tient au bord de l'Erlenbach, dans l'Alptal, avec deux chercheurs japonais. Malgré le soleil, il fait frais, l'air est humide, les doigts deviennent vite moites. Au bord du grand bassin de rétention, D. Rickenmann montre à ses invités la façon dont le WSL étudie le charriage de sédiments dans l'un des torrents les plus actifs de Suisse. Pourquoi les visiteurs viennent-ils de si loin? La raison est simple: l'installation de mesure des sédiments du WSL est à ce jour unique au monde.

La recherche hydrologique du WSL dans l'Alptal: www.wsl.ch/more/alptal-fr

Lorsque pierres et métal se rencontrent

Des collaborateurs du WSL ont développé une méthode leur permettant de surveiller indirectement les sédiments et de les mesurer. Les géophones enregistrent



Les sédiments charriés par l'Erlenbach lors des crues s'accumulent dans le bassin de rétention. On procède régulièrement à leur mesure, puis à leur excavation.

les secousses provoquées par les grains sédimentaires lorsque ceux-ci déferlent sur les plaques en acier. Ces dernières sont fixées dans le lit du ruisseau, les géophones se situant sur la face inférieure de la plaque en acier. Les signaux sont étalonnés avec des mesures directes des sédiments charriés. Les chercheurs ont installé à cet effet des paniers collecteurs à l'entrée du bassin de rétention. Ces derniers se déplacent sur des rails porteurs horizontaux et en cas de fort débit, sont tirés automatiquement par des treuils au milieu des flots. Là-bas, ils retiennent les pierres et les éboulis transportés dans le fond du ruisseau. Le matériau qui s'accumule dans le bassin de rétention sert aussi à étalonner les mesures des géophones. Dans ce but, on procède à la mesure du volume des sédiments déposés.

«Les mesures nous ont permis de fortement améliorer les méthodes de calcul pour le charriage des sédiments et de développer un modèle de simulation à l'ordinateur. Grâce à lui, nous pouvons désormais aussi calculer sur de longs tronçons les quantités de sédiments et les conditions de transport dans les rivières de montagne», explique D. Rickenmann. Le modèle fut appliqué dans le Programme national de recherche 61 «Gestion durable de l'eau»: les chercheurs étudièrent les répercussions potentielles du changement climatique sur le transport des sédiments et sur les conditions de vie de la truite de rivière.

Aujourd'hui, les paniers collecteurs sont immobiles, l'Erlenbach n'a presque pas d'eau, et encore moins de sédiments. Le torrent peut cependant présenter un tout autre visage, comme l'illustrent des photos de la dernière grande inondation de juin 2007. À la suite d'un orage, l'Erlenbach remplit alors le bassin de rétention de pierres, de boue et de bois flottant en l'espace de deux heures environ. «Un événement aussi extrême survient ici tous les dix ans environ. Chaque année, nous comptabilisons de 15 à 20 crues avec transport de sédiments», indique D. Rickenmann. Fort heureusement, le ruisseau ne causa aucun dégât dans le hameau voisin de Bruni en 2007.

Sur le terrain dans un premier temps, dans le laboratoire ensuite

La planification, la construction et l'entretien d'une installation comme celle au bord de l'Erlenbach coûtent cher. Le bassin de rétention doit régulièrement être excavé afin de pouvoir en tous temps retenir une crue majeure charriant beaucoup de sédiments. La drague charge quelque 1000 mètres cubes de matériaux dans 85 camions qui les transportent ensuite dans une décharge. «L'entretien est intensif, notamment pour les mesures de débits dont nous avons aussi besoin pour les calculs du transport de sédiments. Chaque semaine, un collaborateur contrôle les données de mesure et nettoie les instruments souillés», explique D. Rickenmann.

Il sera peut-être possible à l'avenir d'étalonner les géophones en laboratoire, ce qui serait plus simple et meilleur marché. Carlos Wyss, doctorant, en a fait l'objet d'étude de sa thèse de doctorat au WSL. Ses résultats sont encourageants, même si la méthode étalonnée en laboratoire n'a pas encore tout à fait la précision souhaitée.

L'Illgraben est chaud et sec tandis que l'Erlenbach est humide et froid. Les deux installations d'essais à grande échelle du WSL ont toutefois un point commun: ce n'est pas l'être humain mais la nature qui déclenche les essais. D. Rickenmann explique: «Nous observons des processus naturels qu'il serait tout à fait impossible de déclencher artificiellement avec une telle ampleur». (gpe/lbo)

Pour en savoir plus
sur les installations
d'essais à grande
échelle du WSL:
[www.wsl.ch/more/
gva-fr](http://www.wsl.ch/more/gva-fr)



Les géophones, situés sur la face inférieure de cette bande de plaques en acier, enregistrent les secousses et mesurent ainsi le transport de sédiments en continu. En cas de fort débit, les trois paniers collecteurs métalliques sont automatiquement tirés l'un après l'autre à travers le courant.

A high-altitude snowy mountain landscape. In the center, there is a large, deep crater filled with snow. The surrounding slopes are covered in a thick layer of snow, with some rocky outcrops visible. The sky is a clear, pale blue. A thin white line extends from the text box in the upper left towards the crater.

Idéalement, les charges d'explosifs sont descendues par une corde depuis l'hélicoptère et mises à feu sur la surface neigeuse. En cas de vent fort, l'explosif est lancé depuis l'hélicoptère dans la zone de décrochement.

Pour que cette expérience rare fonctionne, de nombreux facteurs doivent être réunis: quantité de neige, conditions météorologiques, constitution du manteau neigeux, température, bonne visibilité pour l'hélicoptère et les appareils de mesure.



Le SLF exploite en Valais un terrain d'essai unique en son genre pour les grosses avalanches. Radars et capteurs mesurent la vitesse, la pression, la densité et la température des masses de neige. Les données concourent au perfectionnement continu des modèles et programmes de simulation.

Vallée de la Sionne,
Arbaz (VS).

UNE-DEUX Des sites d'essais en grandeur réelle aux installations pop-up. Déclencher des avalanches de façon contrôlée, mesurer des laves torrentielles et précipiter des pierres dans des filets de protection – à quoi cela sert-il? Entretien avec Perry Bartelt, du WSL, et Lorenz Meier, de Geopraevent, sur les essais en grandeur réelle.

Quel rôle ont joué les installations d'essais en grandeur réelle dans votre parcours professionnel?

PB: Un très grand rôle. Nous avons commencé de façon exploratoire, avons réalisé des vidéos d'avalanches, de laves torrentielles ou de chutes de pierres et observé les processus qui ressortaient. Aujourd'hui, nous examinons des aspects ciblés tels qu'un nuage de poussière. Nous disons «Dans une avalanche, nous devons voir ceci et cela» – et le vérifions dans le site de recherche sur la dynamique des avalanches dans la Vallée de la Sionne (VdLS).

LM: J'ai découvert le monde des capteurs dans la VdLS – et mon travail porte encore sur les capteurs actuellement. Une fois, j'étais aussi dans un bunker avec des appareils de mesure dans la VdLS, mais il était impossible de déclencher l'avalanche. C'est l'inconvénient de telles installations: elles coûtent cher, leur équipement technologique est important, mais les événements sont rares.

À quelle fréquence réussit-on à déclencher une avalanche dans la VdLS?

PB: Un grand événement, tous les deux ou trois ans...

LM: Lorsque l'avalanche survient, vous obtenez de très nombreuses données de grande qualité. Mais vous devez pouvoir attendre. C'est un type de recherche plutôt

passif. Nous qui sommes une petite entreprise start-up, nous ne pouvons pas patienter pendant trois ans.

Nous devons commercialiser nos produits plus rapidement. C'est la raison pour laquelle nous allons là où il se passe quelque chose, à Brienz (GR) par exemple, où des chutes de pierres se produisent régulièrement. Nous disposons d'un système de mesure simplifié avec peu d'instruments, une caméra et dans ce cas précis un radar. Nous avons ainsi rapidement accès aux données.

PB: Nous non plus, nous ne pouvons pas attendre si longtemps lorsqu'il faut répondre à des questions concrètes. Mais rien que pour développer un programme de simulation des dangers naturels tel que RAMMS, nous avons eu besoin des données issues des essais en grandeur réelle. Sur place, comme à Brienz, nous pouvons désormais prélever avec rapidité et souplesse des données grâce aux petites installations mobiles – appelons-les installations pop-up –, et de ce fait, vérifier RAMMS sur un autre terrain.

Quelle est l'importance des connaissances issues des essais en grandeur réelle pour Geopraevent?

LM: Elles ont une importance indirecte. Pour nous permettre de détecter une avalanche au bon endroit pour un système d'alerte par



Lorenz Meier (LM) est Directeur de l'entreprise Geopraevent qui développe des installations d'alerte et de surveillance des dangers naturels. Il a travaillé au SLF de 2009 à 2013.



Perry Bartelt (PB) dirige le programme de recherche «Rapid Mass Movements RAMMS» au WSL. Le logiciel du même nom modélise des avalanches, des chutes de pierres et des laves torrentielles.



Un mât de mesure de 19 mètres de hauteur se dresse au milieu de la trajectoire des avalanches dans la Vallée de la Sionne. Il est équipé de nombreux instruments de mesure qui déterminent la vitesse, la pression, la densité et la température des avalanches.

Pour de plus amples informations concernant le site d'essais d'avalanche en grandeur réelle:
www.slf.ch/more/vdls-fr

Le film sur ce thème se trouve à l'adresse:
www.slf.ch/more/film-avalanche

exemple, nos partenaires simulent sa trajectoire à l'ordinateur. Les programmes informatiques utilisés reposent sur des connaissances issues de ces essais. Et lors d'essais en grandeur réelle, nous pouvons tester de nouvelles technologies, à l'image du radar, que nous utiliserons plus tard. Nous ne pouvons pas

nous-mêmes développer des technologies complètement nouvelles.

Ces dernières années, le WSL a fermé certaines de ces installations. L'avenir appartient-il aux installations pop-up?

PB: Il est plus facile d'étudier des chutes de pierres avec des essais

sur le terrain, dans des prairies ou en forêt par exemple, dans des éboulis et avec des pierres de différentes formes.

Les sites d'essais en grandeur réelle sont donc un modèle en voie de disparition?

PB: Pour les chutes de pierres, je pense que oui mais que ce n'est pas vraiment le cas pour les avalanches. Avec le changement climatique et la survenue possible d'avalanches de neige mouillée plus fréquentes, il sera utile de disposer de données issues de ces essais.

LM: Les ordinateurs sont bien plus petits et bien plus puissants actuellement, cela parle aussi en faveur des installations pop-up. On ne doit plus installer un rack tout équipé dans un bunker. Et avec le balayage laser, il est possible d'obtenir un modèle de terrain exact en une heure. Aujourd'hui je pense qu'on ne construirait probablement plus de nouvelles installations d'essais en grandeur réelle.

PB: Des problèmes non résolus subsistent pourtant encore. Nous recevons ainsi de nombreuses demandes concernant les avalanches de glace et de poudreuse dans l'Himalaya. Les immenses différences d'altitude, les mouvements rapides, le nuage de poussière qui se comporte d'une tout autre façon à 6000 mètres d'altitude: pour comprendre les processus physiques à l'œuvre, nous utilisons des données issues des avalanches de poudreuse de la VdlS. Ou de laves torrentielles, qui sont bien plus rares et bien plus difficiles à prévoir que les avalanches. En recherche, nos découvertes ne sont pas aussi avancées dans ce domaine, et nous ne comprenons notamment pas encore le

bilan massique. L'installation d'essais en grandeur réelle sur les laves torrentielles dans le site de l'Ilggraben reste donc nécessaire.

Cela répond-il à vos besoins de praticien?

LM: Vous vous concentrez sur les bases. Nous voulons aussi qu'elles soient comprises. Cela répond par là même à nos besoins. J'ai toutefois une position provocatrice: je trouve que RAMMS devrait être open source.

PB: Nous n'en avons pas les moyens. L'argent que nous procure RAMMS est directement investi dans le perfectionnement et le soutien des utilisateurs, les fonctions de support et de formation notamment.

LM: C'est donc exactement ce que vous devriez vendre! Ou les certifications: celui qui veut utiliser RAMMS devrait être formé par vous. Vous auriez ainsi un contrôle de qualité qui garantirait que les modèles seront bien appliqués et les résultats bien interprétés.

Il y a cinquante ans, 88 ouvriers ont perdu la vie à la suite d'une chute de sérac au barrage de Mattmark. Serait-il aujourd'hui possible d'empêcher une telle tragédie grâce aux essais en grandeur réelle?

PB: Aujourd'hui, on effectuerait probablement des modélisations préalables pour déterminer l'emplacement des logements. Il me faudrait réaliser des simulations a posteriori pour répondre à votre question.

LM: Le Weissmies en Valais nous montre comment on gère actuellement la situation des glaciers instables. L'été 2014, les chutes de glace y furent plus fréquentes qu'auparavant à cause de l'instabilité d'une partie du glacier. Les simula-

Pour en savoir plus sur le programme de recherche RAMMS: www.slf.ch/more/ramms-fr



Aujourd'hui, les systèmes mobiles complètent les installations d'essais en grandeur réelle. Ici, un chercheur mesure une avalanche à l'aide d'un drone afin de calculer ultérieurement la répartition exacte de la neige.

tions RAMMS ont déterminé la quantité de glace qui doit se rompre pour que celle-ci gagne les pistes, voire la vallée. Depuis lors, nous surveillons le glacier à l'aide d'un radar. Nous détectons les grandes ruptures plusieurs jours à l'avance à la vitesse accrue d'écoulement. Nous pouvons également estimer l'ampleur de la rupture de la glace. Les autorités prennent ensuite des mesures de protection.

Et une solution similaire n'aurait-elle pas été possible il y a 50 ans?

LM: Non, car les modèles faisaient alors défaut. Ils n'existaient pas en l'absence de données issues

d'essais en grandeur réelle. La technologie de mesure n'était d'ailleurs pas non plus au point.

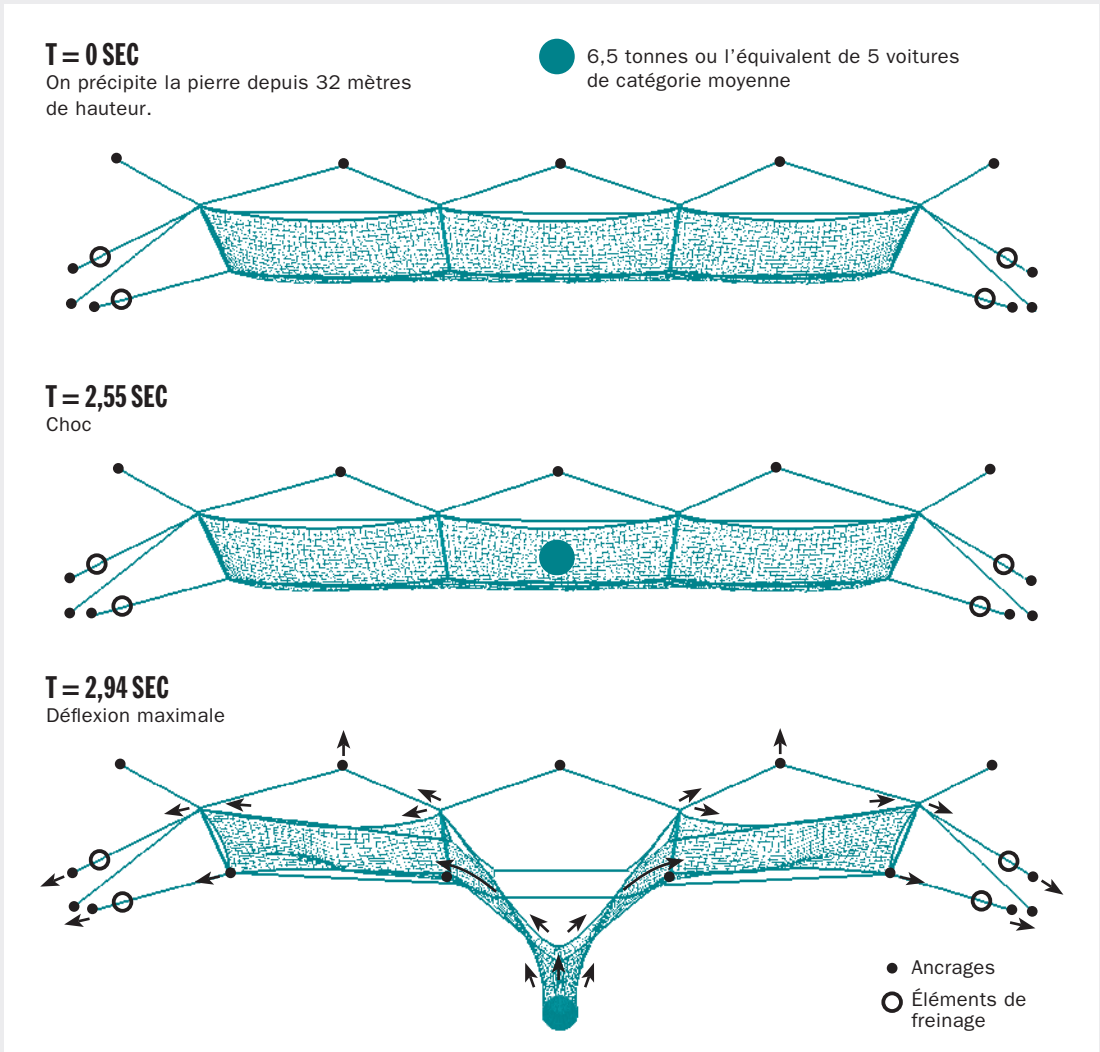
PB: Les modèles de terrain et les capacités de calcul manquaient alors eux aussi. Mais surtout, on ne comprenait pas suffisamment bien les processus pour pouvoir les modéliser – c'est aujourd'hui le cas grâce aux installations d'essais en grandeur réelle dont la société bénéficie ainsi pleinement. *(bio)*

«Aujourd'hui, on ne construirait probablement plus de nouvelles installations d'essais en grandeur réelle.»

GRAPHIQUE INFORMATIF

Filets de protection contre les chutes de pierres

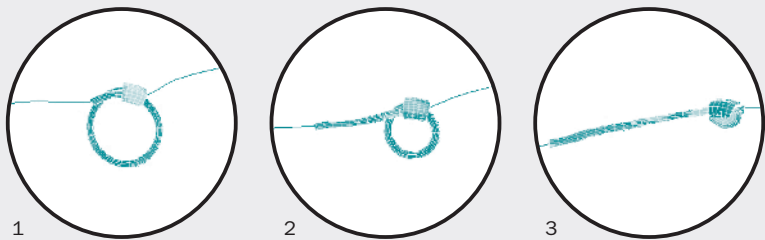
Dans une ancienne carrière près de Walenstadt (SG), le WSL contrôle les filets de protection contre les chutes de pierres pour établir s'ils sont conformes aux directives internationales. Les contraintes sur les ancrages, la distance de freinage ainsi que l'état et la hauteur du filet après l'essai sont primordiaux.



Le WSL développe aussi des modèles informatiques qui simulent les tests sur le terrain souvent onéreux. Les scientifiques sont alors confrontés à des défis de taille: comment réussir à modéliser le processus de décélération de la pierre, les déformations du filet et les contraintes maximales imposées aux ancrages, et quel est le degré de précision des simulations par rapport à la réalité?

LES ÉLÉMENTS DE FREINAGE

aux extrémités des câbles, en se déformant plastiquement lors du choc, absorbent l'énergie de la pierre qui tombe dans les filets.



LABORATOIRE EXPÉRIMENTAL DANS LA CHÂTAIGNERAIE **Des meubles plutôt que du bois de chauffage.** Dans la forêt tessinoise, le WSL réalise un essai à grande échelle. Son objectif? Découvrir une méthode d'exploitation qui rende le bois de châtaignier à nouveau intéressant sur le plan économique.

Il avait 45 ans lorsqu'il a planifié les expériences dans les châtaigneraies tessinoises. Il n'en verra pourtant pas les fruits, du moins pas en tant que collaborateur du WSL. Andreas Zingg est sur le point de prendre sa retraite. Il a consacré presque toute sa vie professionnelle à la production forestière centrée sur l'évolution de la forêt, donc sur les volumes et la valeur du bois selon les différentes formes d'exploitation. Et ce, alors qu'il n'avait jamais eu l'intention de travailler au WSL: «Pendant mes études, il y a deux choses que je ne voulais absolument pas», explique aujourd'hui l'ingénieur forestier EPF en souriant, «effectuer des inventaires et travailler dans l'Institut.»

Il n'a cependant jamais regretté ses années passées au WSL même si, en tant que chercheur forestier, il a dû s'armer de patience. «À l'échelle d'une vie humaine, les arbres et les forêts poussent extrêmement lentement. Un problème examiné aujourd'hui pourrait très bien ne plus intéresser personne demain lorsque des résultats concrets seront enfin disponibles», explique-t-il. Mais ce risque, il l'accepte, étant donné l'importance de mener une recherche dont les conclusions permettraient de répondre à d'autres problématiques. Comme c'est le cas au Tessin.

De meilleurs profits grâce au bois de châtaignier

Depuis l'introduction du châtaignier au Tessin par les Romains, cette essence revêt un rôle prépondérant dans notre canton le plus méridional: partout, elle a remplacé les forêts mélangées originelles de tilleuls et de chênes et est devenue l'essence principale de feuillus au sud des Alpes. Au fil des siècles, les Tessinois ont exploité leurs «castagni» de diverses façons: ils ont produit des fruits dans les sèves, base de leur alimentation pendant longtemps. Dans les taillis – forêts que l'on déboise complètement tous les 12 à 20 ans –, ils ont abattu du bois de chauffage ou transformé les troncs en piquets de vigne ou de clôture. Ces temps sont révolus: comme les taillis aujourd'hui ne sont guère rentables, les propriétaires de forêt ne les exploitent pratiquement plus depuis des décennies, et les châtaigniers croissent en hauteur librement.

A. Zingg et ses collègues ont pour objectif de changer la donne. «Avec notre expérience à grande échelle, nous voulons faire du bois de châtaignier un produit à nouveau attrayant. D'où la méthode d'exploitation que nous testons en vue d'utiliser dans l'avenir le bois des taillis non seulement pour le chauffage mais encore pour la fabrication de meubles et de parquets», précise A. Zingg. Par rapport au bois de chauffage dont le mètre cube coûte environ CHF 50 aujourd'hui, il est possible de gagner quatre fois plus avec du bois de qualité. Si les taillis redeviennent intéressants pour leurs propriétaires, cet élément paysager marquant du Tessin aura également plus de chances d'être préservé.

Une étude antérieure du WSL a encouragé A. Zingg dans sa réalisation des essais au Tessin. Au niveau de la qualité, le bois de châtaignier est tout à fait comparable à celui de chêne. Mais contrairement à ce dernier, le châtaignier souffre de roulures, défaut du bois qui conduit celui-ci à se détacher le long d'un cerne en raison de tensions ou de blessures. Une planche fissurée par une roulure peut ainsi se séparer complètement en deux morceaux ou avoir des trous. Mais pas toujours. A. Zingg: «Un ancien doctorant et actuel collaborateur du WSL, Patrick Fonti, a découvert que l'arbre avait tendance à être épargné par les roulures s'il poussait sur un site bien approvisionné en eau et en substances nutritives, pouvait former des cernes réguliers et ne dépassait pas 40 à 60 ans.» Par la suite, A. Zingg a installé trois placettes dans les années 1990, aux côtés de Marco Conedera et de collaborateurs du site du WSL à Cadenazzo, ainsi que de chercheurs de la province italienne d'Arezzo. Toutes trois se situent dans le périmètre des châtaigneraies. Elles se distinguent en particulier au niveau de l'altitude, de l'exposition, de la déclivité et de l'exploitation antérieure. L'une d'entre elles se trouve à Bedano, village du district de Lugano.

Un laboratoire de recherche presque aussi grand que trois terrains de football

Aujourd'hui encore, les grands et beaux fruits de la variété Torcion negro – la meilleure variété de châtaignes du Tessin – attestent que le site expérimental était une selve jadis. Le peuplement pur de châtaigniers est toutefois exploité comme taillis depuis plus de 50 ans. Dans cette parcelle de forêt de deux hectares environ, de même que dans les deux autres placettes, les deux chercheurs appliquent trois variantes sylvicoles différentes, qu'ils répètent chacune à trois reprises. A. Zingg: «En 1998, nous avons abattu tout le peuplement. Les souches des arbres coupés bourgeonnent à nouveau, une aptitude particulièrement marquée chez le châtaignier. Sur une partie de la parcelle, la surface de contrôle, les arbres poussent depuis sans entrave».

Pour la deuxième variante d'exploitation, les chercheurs ont choisi, au bout de huit ans, des arbres de place – des arbres qui poussaient bien droit et formaient un houppier régulier. Ils les ont délivrés de leurs concurrents les plus forts et les ont ébranchés un an plus tard jusqu'à 6 mètres de hauteur afin de créer des conditions optimales de croissance. Leur but: obtenir une belle forme du houppier et une qualité élevée des grumes inférieures. Ils ont réitéré ce traitement une autre fois.

Pour la troisième variante, ils ont, au bout de huit ans, laissé sur pied la moitié des rejets de souche dominants, et éliminé l'autre moitié. Depuis lors, ce traitement a aussi été répété une fois. Depuis 1998, les collaborateurs du site de Cadenazzo mesurent chaque année tous les arbres croissant sur les deux hectares, conformément à un protocole en vigueur dans toutes les placettes d'essai de la production forestière. La position, l'essence, le diamètre, la hauteur ou «la position sociale» font notamment partie des paramètres. Si à la fin de l'expérience, il s'avérait que personne ne s'intéressait plus au bois de châtaignier au Tessin, il serait possible d'utiliser ce volume de données pour d'autres problématiques telles que l'évolution des châtaigneraies sur fond de changement climatique.

Pour en savoir plus
sur la production
forestière:
[www.wsl.ch/more/
productionforestiere](http://www.wsl.ch/more/productionforestiere)



Marco Conedera (à gauche) et Andreas Zingg examinent un arbre de place – un châtaignier qui, à la fin de l'essai, doit fournir du bois pour fabriquer des meubles.

L'essai à grande échelle est conduit sur une durée de 30 ans environ. Toute la surface, à l'image du régime du taillis, devra à nouveau être complètement déboisée. Or dès aujourd'hui, au bout de 17 ans, de premières tendances se dessinent déjà. M. Conedera: «La variante avec les arbres de place semble se développer au mieux dans nos contrées.» Effectivement, ces châtaigniers présentent un beau diamètre de quelque 30 centimètres et dépassent nettement par la taille les houppiers des autres arbres. Cette évolution se différencie de la pratique en Italie. M. Conedera: «Certains de nos arbres de place poussent à

partir de graines, c'est pourquoi ils sont bien droits. Dans le climat méditerranéen plus sec d'Italie, les graines ne peuvent germer que lors d'années exceptionnelles. Là-bas, il est plus prometteur de miser sur des rejets de souche et d'enlever la moitié des troncs.»

Malgré ces premières tendances, presque personne ne semble encore miser sur le nouveau type d'exploitation des taillis au Tessin; un seul forestier s'est à ce jour laissé convaincre. Pour A. Zingg, ce n'est pas surprenant: «Les forestiers sont plutôt conservateurs à la base», et il ajoute avec un clin d'œil: «Leur psychologie sociale serait à elle seule un thème à part entière.»

Le bois – une alternative au pétrole

À l'image du Tessin, le WSL gère aujourd'hui 131 placettes pour l'étude de la production forestière dans la forêt suisse, soit quelque 130 hectares en tout. Certaines existent déjà depuis 1886, époque de la fondation de l'Institut. Les séries de données pluriannuelles sont très précieuses, mais contrairement aux sites expérimentaux du Tessin, la plupart de ces essais sont des études de cas. A. Zingg: «En production forestière, les expériences qui permettent d'émettre des énoncés statistiques représentatifs étaient rares jusqu'à présent.

À l'avenir, le WSL souhaite miser davantage sur des études similaires à celles des châtaigneraies tessinoises.» De même que sur des travaux avec des modèles informatiques susceptibles d'extrapoler la valeur future du bois en fonction des diverses conditions de stations et méthodes de gestion. Pour A. Zingg, une chose est claire: «Avec la raréfaction du pétrole, la matière première renouvelable qu'est le bois sera de plus en plus recherchée. Il est d'autant plus important de tester et de développer à temps des procédés durables pour nos forêts.» C'est cette conviction qui a forgé la motivation d'A. Zingg durant toutes ses années au WSL. Il se réjouit toutefois de prendre bientôt sa retraite et de ne savourer les châtaigneraies que pour leur beauté. *(chu)*

Arthur Gessler,
Birmensdorf

«Sur notre placette de démonstration LWF à Birmensdorf, nous pouvons expérimenter et tester de nouveaux systèmes de mesure. Cette placette est aussi un lieu de rencontre où nous dévoilons notre travail au grand public, aux classes scolaires notamment, rendant ainsi la forêt plus familière.»



LA FORÊT SOUS OBSERVATION PERMANENTE

Comment les arbres poussent-ils? Quelles sont les propriétés du sol? Quels sont les impacts de la pollution atmosphérique et du changement climatique sur la forêt? En sa qualité de chef du programme de recherche «Recherches à long terme sur les écosystèmes forestiers

LWF», Arthur Gessler se penche sur ces questions. Il aime communiquer sur tous ces sujets avec d'autres chercheurs, avec des étudiants et des profanes intéressés: «La science ne doit pas avoir lieu en circuit fermé, elle vit d'échanges.»

BIODIVERSITÉ Températures inférieures, vie accrue: le pergélisol des Alpes est riche en microorganismes

Muot da Barba Peider, une crête montagneuse en aval du Piz Muragl en Haute-Engadine. Ici, à près de 3000 mètres d'altitude, la température annuelle moyenne est de -3°C , le sol est gelé en permanence en profondeur comme le prouvent les données pluriannuelles du monitoring du SLF. Ce pergélisol semble ne pouvoir abriter aucune vie. Vraiment?

Beat Frey et Martin Hartmann, microbiologistes au WSL, ont pour la première fois recherché si des échantillons de sol du pergélisol alpin renfermaient des êtres vivants. Les résultats sont surprenants: ils ont trouvé jusqu'à 1000 organismes différents. Sur nombre d'entre eux, les informations sont à ce jour inexistantes ou rares. Dans le sol alpin gelé en permanence, la diversité des bactéries, des champignons et d'autres micro-organismes est supérieure à celle présente dans le sol dégelé au-dessus. Les deux

chercheurs ont analysé le patrimoine génétique des organismes extraits du sol avec de nouvelles technologies de séquençage d'ADN et en comparant les séquences, ils ont regroupé les organismes en fonction de leur degré de parenté. «Nous en cultivons désormais certains en laboratoire afin de découvrir ce dont ils ont besoin pour survivre», explique B. Frey.

La diversité dans le pergélisol peut représenter une menace potentielle si elle comporte des organismes nuisibles aux être humains et aux animaux. En effet, lors du dégel du pergélisol, ces organismes gagnent la vallée avec l'eau de fonte et de ce fait les zones densément peuplées. Elle peut toutefois aussi être intéressante sur le plan biotechnologique, notamment pour le développement de produits chimiques respectueux de l'environnement. (lbo)



Les échantillons de sol de Muot da Barba Peider (sommet au premier plan) recèlent une vie inattendue. Fait encore plus surprenant: les chercheurs ont découvert davantage d'organismes vivants sur le versant nord-est, plus froid, que sur le versant sud-ouest de la crête montagneuse.

Photo: Marcia Phillips, SLF

BIODIVERSITÉ Soundcheck automatique du son pour les espèces de chauves-souris

Identifier une chauve-souris qui vole dans les parages en pleine nuit: le logiciel BatScope développé par Ruedi Bösch et Martin Obrist au WSL en est capable. Il analyse les ultrasons émis par les chauves-souris et enregistrés au préalable par des appareils spéciaux (Batlogger). Le logiciel coupe les séquences en cris d'écho-localisation isolée et les attribue à l'espèce la plus probable grâce à une base de données de référence. Martin Obrist: «À l'arrière-plan se trouvent des modèles statistiques complexes qui fournissent des résultats d'une grande précision.» M. Obrist et ses collègues ont utilisé BatScope afin d'inventorier les peuplements de chauves-souris pour la Liste rouge des chauves-souris de Suisse publiée en 2014. Ce logiciel permet aussi aux

préposés aux chauves-souris de surveiller les peuplements locaux, ou aux maîtres d'ouvrage d'estimer la menace qui pèse sur les chiroptères du fait, par exemple, de la présence de nouveaux parcs éoliens. (bki)

www.wsl.ch/more/chauvessouris



Le grand murin (*Myotis myotis*) est fortement menacé par les rénovations de bâtiments et les aménagements de combles.

BIODIVERSITÉ Méthodes génétiques: une aide à la protection des animaux et des plantes

Le Grand Tétrás et le Triton crêté. Deux espèces animales différentes, mais un point commun: elles sont rares en Suisse et menacées d'extinction. Pour déterminer à l'aide de méthodes traditionnelles si des individus vivent encore dans une zone, et si oui leur nombre, il faut observer les animaux, voire les capturer. Aujourd'hui, il est toutefois possible de les dépister sans les perturber. Il suffit à cet effet d'examiner avec des méthodes génétiques leurs traces, déjections du Grand Tétrás ou échantillons d'eau d'une mare où le Triton crêté a séjourné. Pourtant, même si les méthodes génétiques ouvrent de

nouveaux horizons, les protecteurs de la nature les considèrent souvent avec scepticisme. Le livre «Génétique de la conservation» paru ce printemps aux éditions Haupt, veut contribuer à dépasser ce seuil d'inhibition. Il réunit des connaissances générales et des cas concrets illustrant l'utilité des méthodes génétiques en protection de la nature. «Grâce à ce livre, nous espérons créer une interconnexion entre scientifiques et praticiens», précise Rolf Holderegger, chercheur au WSL et co-auteur de l'ouvrage. (lbo)

FORÊT Les graines des pins sylvestres indigènes germent mieux que celles des pins sylvestres d'Europe du Sud et de l'Est



Zone de semis comportant 25 carrés (10 x 10 cm). La première année, les chercheurs ont testé de petits chapeaux en plastique destinés à favoriser la croissance.

À basse altitude, le changement climatique met à l'épreuve les forêts de résineux exposées au sud dans la vallée du Rhin près de Coire et du Domleschg. Avec des températures moyennes annuelles de deux degrés supérieures à celles d'il y a 50 ans et des quantités égales de précipitations, les pins sylvestres souffrent parfois d'un déficit en eau dans les stations sèches au point de dépérir. Pour que la forêt continue de remplir ses fonctions, les jeunes arbres doivent remplacer ceux qui disparaissent. D'où la question clef: dans quelles stations l'humidité du sol suffit-elle encore à assurer la germination des graines de pins et la croissance des frêles plantules?

De 2009 à 2014, en collaboration avec l'Office des forêts et des dangers naturels du canton des Gri-

sons, le WSL a réalisé une expérience en vue de tester la germination des graines et le développement des plantules de pins et d'épicéas en provenance de la vallée du Rhin et du Rhône, ainsi que des régions continentales d'Europe de l'Est ou des zones méditerranéennes. «Grâce à un test de germination, nous avons voulu savoir si les graines issues des régions sèches étaient mieux adaptées que les graines indigènes au climat futur de la vallée du Rhin», explique Barbara Moser du Groupe de recherche Écologie des perturbations. Dans les stations forestières situées à moins de 1000 mètres d'altitude, exposées au sud et dont les sols ont des propriétés variables, son équipe a semé des graines et en même temps modifié l'humidité du sol à l'aide de petits toits qui protégeaient de la pluie de façon plus ou moins marquée.

Un climat printanier déterminant

Pour une germination réussie des graines et une bonne croissance des plantules, le climat au printemps joue un rôle prépondérant. En 2013, il était humide. Or, non seulement un nombre bien plus important de jeunes arbres survécurent par rapport au printemps sec de 2011, mais ils présentèrent encore une biomasse cinq fois supérieure après deux périodes de végétation. Les étés secs ne réduisirent que de façon minime la croissance et la proportion de jeunes arbres dont les graines avaient germé lors d'un printemps humide. Avec une quantité suffisante de pluie au

printemps, les arbres indigènes s'en sortirent mieux que les arbres étrangers. Pendant 2011, année sèche, toutes les plantules poussèrent au contraire lentement et produisirent moins de biomasse.

Barbara Moser tire deux conclusions de l'expérience: s'il continue d'y avoir occasionnellement des printemps humides et des perturbations synonymes de sources de lumière dans les forêts de la vallée du Rhin près de Coire, le pin sylvestre indigène devrait pouvoir se rajeunir régulièrement aussi dans les stations ensoleillées et de ce fait assurer la pérennité de ces forêts. Le rajeunissement des pins ne serait potentielle-

ment menacé que sur les sols à faible capacité de rétention d'eau. En cas de précipitations printanières similaires, les pins issus des régions déjà sèches d'Europe de l'Est et du Sud ne seraient guère une alternative aux pins indigènes. Si toutefois les températures augmentaient d'ici la fin du XXI^e siècle, accompagnées presque sans exception de printemps secs, B. Moser recommanderait de tester des essences alternatives. (rlä)

www.wsl.ch/more/foretdesgrisons

FORÊT Des canaux d'irrigation historiques comme expérience d'irrigation à long terme

Sur les versants sud et sud-est de la vallée du Rhône, entre Lens et Varen en Valais, règne une extrême sécheresse: végétation pauvre, arbres de petite taille dont certains ont déjà dépéri. Partout, sauf le long des canaux d'irrigation historiques, les bisses. Ceux-ci acheminent depuis plus de 500 ans l'eau dans les prairies et les champs, l'eau qui s'infiltre toutefois sur place en cours de route. En profitent alors les arbres qui se tiennent à proximité du canal.

Dans sa thèse de doctorat, Linda Feichtinger a découvert que les pins situés le long de bisses non exploités pendant longtemps mais acheminant l'eau depuis peu, poussaient mieux que ceux situés le long de canaux d'irrigation utilisés de façon permanente. L'arrivée d'eau renouvelée stimule la dégradation de la litière accumulée sur une longue période; les pins disposent ainsi brusquement de substances nutritives supplémen-



Sur le versant sud de la vallée du Rhône, les pins profitent de l'eau d'infiltration du Grand Bisse de Lens.

taires. De telles expériences sont une occasion unique d'étudier la croissance des arbres en fonction d'un approvisionnement en eau différent. Elles sont aussi précieuses pour émettre des prévisions sur le développement des forêts sur fond de changement climatique. (rlä)

FORÊT Mieux les forêts sont structurées, moins les glissements de terrain sont fréquents



Dans de grandes clairières à l'image de celle située près de St. Antönien (GR), des glissements de terrain superficiels sont susceptibles de se déclencher.

La forêt stabilise fondamentalement le sol. Néanmoins, on observe un nombre considérable de glissements de terrain superficiels dans les forêts très clairiérées. Que la forme du terrain, la géologie et les propriétés du sol influencent la survenue de tels glissements est un fait connu. Dans son travail de master au SLF, Christine Moos a étudié dans quelle mesure la structure forestière pouvait aussi jouer un rôle. L'EPF a récompensé ce travail par le prix attribué à la filière de master en sciences de l'environnement.

C. Moos a utilisé des données de balayage laser pour sa recherche et réalisé des relevés sur le terrain à St. Antönien (GR). Il s'est alors avéré que le danger de glissement diminuait lorsque les arbres étaient proches les

uns des autres et que la clairière mesurait moins de 20 mètres de long dans le sens de la pente. L'étude a aussi démontré que les relevés directs sur le terrain permettaient d'émettre des énoncés plus fiables que les données de télédétection. Dans un travail de bachelor complémentaire, Josias Mattli a cherché dans quelle mesure les racines renforçaient la stabilité du sol selon la distance par rapport au tronc suivant. Ces deux études permettent de mieux quantifier le rôle stabilisateur de la forêt, et par là même sa fonction protectrice contre les glissements superficiels. *(mhe)*

www.slf.ch/more/sostanah-fr

FORÊT Archives environnementales uniques en leur genre: des troncs anciens enfouis dans les sols suisses

En mai 2013, les chercheurs du WSL firent une découverte exceptionnelle dans le quartier zurichois de Binz: plus de 250 troncs de pins ayant jusqu'à 14000 ans d'âge. Ce bois très ancien éveilla en eux un immense espoir: réussir à prolonger la chronologie existante des cernes de quelque 1500 ans, soit jusqu'à la fin de la dernière période glaciaire il y a 15000 ans environ – et mieux comprendre ainsi l'histoire climatique de l'Europe centrale. En effet, chaque cerne peut comporter des informations sur les températures et les précipitations au moment de sa formation. Frederick Reinig, doctorant au WSL qui travaille avec le bois de Binz, décrit l'avancée du travail de la façon suivante: «Apparemment, il manque encore des données pour pouvoir compléter la chronologie sans faille.»

Merci de bien vouloir signaler les nouvelles découvertes de bois

Les chercheurs du WSL recherchent ainsi davantage de bois stocké dans le sol depuis la fin de la dernière période glaciaire et conservé sous des couches de terre de plusieurs mètres d'épaisseur. «Chaque arbre compte!», explique F. Reinig. En effet, même de petites découvertes de bois peuvent valoir de l'or si elles permettent de combler des vides entre des mesures existantes. Après les signalements de bois anciens provenant de chantiers ou de gravières, la largeur de leurs cernes est entre autres mesurée en laboratoire et, dans le meilleur des cas, l'ADN vieux de plusieurs millénaires est extrait. Les chercheurs, qui collaborent avec des Instituts de recherche

à Potsdam, Fribourg-en-Brisgau et Mannheim, sont extrêmement reconnaissants à l'annonce de nouvelles découvertes. Ils garantissent alors que le chantier ne s'en verra en rien ralenti.

De premières découvertes ont déjà été signalées: en partenariat avec des services forestiers et des entreprises de construction, les dendrochronologues ont pu récupérer environ 150 pins, épicéas et chênes en 2015 à Celerina (GR), Engi (GL) et à Aigle (VD). Des mesures de la teneur en carbone 14 dans le laboratoire de physique ionique à l'EPF de Zurich démontrent que les échantillons ont jusqu'à 9000 ans. Certains plus anciens font donc encore défaut. (rlä)

www.wsl.ch/more/boisdebinz



Prélèvement de sections de bois de chêne très ancien qui a survécu pendant des millénaires dans les sédiments lacustres d'une gravière à proximité d'Aigle.

PAYSAGE La renaturation des rivières et des ruisseaux vue par les médias



Les autorités devraient informer la population de façon différenciée sur les avantages et les inconvénients des renaturations.

Quelque 15 000 kilomètres de rivières et de ruisseaux ont été fortement réaménagés en Suisse. Depuis 2011, la loi sur la protection des eaux oblige les cantons à revaloriser économiquement une partie de ces cours d'eau via, par exemple, la création d'habitats destinés aux espèces animales et végétales typiques des stations. On essaie en parallèle, grâce à un élargissement des lits de rivières, de réduire les dégâts potentiels des crues. Malgré ces répercussions positives, les renaturations sont souvent controversées, spécialement parce qu'elles empiètent souvent sur des terres cultivées et limitent l'utilisation des eaux, pour la production énergétique notamment. Les procédures participatives au cours desquelles les personnes concernées peuvent faire valoir leur point de vue, aident à résoudre de tels conflits d'utilisation

de la manière la plus consensuelle possible. Étant donné le petit nombre de personnes intégrées directement à ces procédures, le grand public se forge avant tout une opinion sur la base de la couverture médiatique. La représentation des renaturations de ruisseaux et de rivières dans les médias joue dès lors un rôle prépondérant.

Il est recommandé de donner des informations régulières et approfondies à la population

Afin de mieux comprendre la couverture des renaturations par les médias, des chercheurs du WSL ont systématiquement évalué environ 700 articles parus entre 2000 et 2013 dans trois journaux des cantons de Berne et du Valais. Ils ont en particulier étudié les acteurs ayant pris la parole et les ar-

guments mis en avant. «La communication est étonnamment marquée par des arguments en faveur des renaturations», explique Helena Zemp, responsable de l'évaluation. Une raison possible: les points de vue critiques ne sont pas remontés jusqu'aux journalistes. Selon H. Zemp, les arguments avancés par les médias sont le plus souvent peu différenciés. Enfin, certaines thématiques sont largement absentes des trois journaux, par exemple les répercussions des interventions sur l'agriculture ou sur l'exploitation de l'énergie hydraulique. Dans un rapport du WSL publié récemment, les auteurs recommandent

ainsi aux responsables du projet d'informer la population, sur les thèmes négligés par les médias notamment. Tables rondes et newsletters pourraient être des supports de cette communication. H. Zemp: «Un meilleur bagage de connaissances permettrait à la population de se faire une opinion différenciée sur les projets de renaturation planifiés.» (mbe)

PAYSAGE Histoire des paysages suisses: une rétrospective riche en idées pour l'avenir

Montagnes, lacs, villages pittoresques: le paysage suisse n'évoque-t-il pas immédiatement certaines images? Mais reflètent-elles la réalité? Ou plutôt, la reflètent-elles encore? Les paysages autour de nous évoluent en permanence. Alors qu'il y a 15 000 ans, les glaciers et les processus d'altération les formaient, aujourd'hui c'est principalement l'être humain qui les façonne par son action.

Le paysage en Suisse doit actuellement répondre à divers besoins sociétaux sur un espace limité. Un regard vers le passé peut nous aider à catégoriser le changement actuel, et à susciter des idées pour une gestion respectueuse de ce paysage. C'est dans cet esprit qu'est paru au printemps le livre «Histoire du paysage en Suisse». Matthias Bürgi, spécialiste de la recherche sur les paysages au WSL et co-auteur de l'ouvrage: «La Suisse est un véritable laboratoire en ce domaine. On y retrouve

quasiment tous les thèmes paysagers également débattus dans les autres pays d'Europe.» (lbo)

www.wsl.ch/histoiredupaysage



DANGERS NATURELS Les scientifiques mettent le feu aux poudres: quelle est l'efficacité des opérations de minage?

Encore dix secondes avant que la charge explosive ne soit allumée. Stephan Simioni se met à l'abri. Un bruit assourdissant emplit la vallée hivernale près d'Hinterrhein, à proximité



Stephan Simioni prépare une charge explosive à Hinterrhein.

de l'A13, où les voitures défilent en direction du sud avec à leur bord des touristes en quête de soleil.

Afin de protéger des pistes de ski ou des routes comme l'A13, les responsables en matière de sécurité déclenchent souvent des avalanches à titre préventif à l'aide d'explosifs. Dans sa thèse de doctorat, S. Simioni étudie ce qui se produit dans la neige lors d'une telle opération et l'efficacité des méthodes de minage utilisées. Aujourd'hui, il surveille à l'aide de caméras vidéo la formation ou non d'une rupture dans le manteau neigeux à la suite de l'opération de minage et éventuellement l'endroit impacté. Des microphones enregistrent la façon dont l'onde de

choc déclenchée se propage à la surface du manteau neigeux, et des capteurs d'accélération mesurent l'ampleur de la distortion du fait de la pression. Comme S. Simioni effectue ses essais de minage dans une plaine, sur une place de tir, il ne met personne en danger. Son premier cours sur les opérations de minage, il l'a déjà suivi lors de ses études d'ingénieur civil. Juste pour le plaisir. Il ne savait pas encore que ce métier deviendrait sa passion.

Explosifs ou gaz – quelle variante est la plus adaptée?

Entre-temps, il a allumé 100 charges d'explosifs – la plus grande série d'essais de ce type qui n'ait pas été réalisée par un fabricant de systèmes de mises à feu, la seule aussi à comparer les différentes méthodes. Et le travail n'est pas encore terminé. D'autres essais sont planifiés, non seulement en plaine mais aussi sur des pentes avalancheuses. S. Simioni souhaite ainsi mieux comparer l'efficacité des systèmes avec explosifs et ceux avec gaz – ce qui constitue pour les praticiens une aide importante à la planification. C'est pourquoi un groupe d'experts issus de plusieurs cantons et de différents domaines skiables accompagne la thèse du chercheur. L'Office fédéral de l'environnement attache également une grande importance à des résultats tangibles: S. Simioni a ainsi reçu le mandat de proposer un test standard pour comparer les méthodes de minage.

Il est déjà en mesure de présenter de premiers résultats: ses essais démontrent que la contrainte produite dans le manteau neigeux par l'opéra-

tion de minage à une certaine distance de l'explosion est plus faible qu'on ne le pensait. Afin d'en évaluer les répercussions sur la pratique, S. Simioni tente actuellement d'élaborer un modèle informatique capable de simuler l'impact de simples formes de terrain, comme des cuvettes ou la déclivité de la pente, sur l'efficacité des opérations de minage. Il est également satisfait de la méthode expérimentale utilisée dans le Rhin postérieur: «Les expériences sur plans horizontaux livrent des résultats similaires aux mesures

des systèmes opérationnels sur le déclenchement artificiel d'avalanches. Nous sommes à deux doigts de la définition d'un test standard capable d'effectuer une comparaison fiable.» Les résultats de son travail doivent pouvoir livrer d'importantes bases aux responsables en matière de sécurité afin d'évaluer l'endroit et la méthode la plus pertinente pour déclencher une avalanche.» (chu)

www.slf.ch/more/essaisdexplosions

DANGERS NATURELS Un nouveau système d'évaluation pour les randonnées hivernales dans le Jura



Vue sur le plateau depuis le sommet du Röti, dans la chaîne du Weissenstein (canton de Soleure). La classification de l'exposition avalancheuse en fonction du terrain est particulièrement utile dans le Jura car le bulletin d'avalanches n'y est disponible qu'à partir du degré de danger 3 (marqué).

Daniel Silbernagel, guide de montagne et propriétaire de topo.verlag, a recherché une méthode afin d'évaluer l'exposition aux avalanches en fonction du terrain dans le Jura suisse. En collaboration avec Christine Pielmeier du service de prévision d'avalanches du SLF, il a développé et testé un système de classification déjà appliqué avec succès au Canada sous forme similaire. Celui-ci permet de ré-

partir les randonnées à ski, en raquettes et les randonnées pédestres, en fonction de trois catégories de terrain: «simple», «partiellement exigeant» et «complexe». Les fruits de ce travail sont entre autres intégrés dans le topoguide de D. Silbernagel, qui sera réédité fin 2016: 60 randonnées sont classifiées de la sorte. Cela facilite notamment aux débutants la planification des itinéraires. (chu)

DANGERS NATURELS Renforcer la résistance des communes face aux dangers naturels



Badia, ville d'Italie, est régulièrement touchée par les laves torrentielles. Un réseau de secouristes professionnels et de bénévoles vient en aide à la commune après une catastrophe naturelle (décembre 2012).

Dans quelle mesure une commune surmonte-t-elle une catastrophe naturelle? Selon les résultats issus du projet de recherche européen «emBRACE» (Building Resilience Amongst Communities in Europe), la réponse dépend, en plus de la taille et du type de catastrophe, de différents facteurs: les ressources humaines, financières ou naturelles auxquelles peut avoir accès une commune, sa réactivité en situation d'urgence ou les enseignements qu'elle en tire et sa faculté d'adaptation. De plus, grâce aux études de cas et aux sondages, les 11 partenaires de recherche – dont le WSL – ont identifié une série de facteurs clés qui permettent de déterminer la capacité de résistance d'une commune face aux dangers naturels. Un système d'alerte précoce

est-il présent? La population est-elle bien informée sur les dangers naturels? À quel point a-t-elle confiance dans les autorités? Les réseaux sociaux sont-ils bien développés au sein de la commune? Les connaissances tirées de ce projet ont été regroupées dans un manuel et sont à la disposition des décideurs. Cela permettra aux communes d'être à l'avenir mieux armées contre les laves torrentielles, les avalanches, les inondations, les vagues de chaleur ou les tremblements de terre. *(chu)*

Andreas Zurlinden,
Birmensdorf

«Le parc MFO tridimensionnel sur le site de l'ancienne usine «Maschinenfabrik Oerlikon» à Zurich ne cesse de grandir, il rappelle toutefois la halle qui s'y trouvait jadis. Ce lieu est une alliance réussie entre nature et environnement urbain, je m'y sens particulièrement bien.»

GESTION DES RISQUES ET DE L'ENVIRONNEMENT

Andreas Zurlinden est préposé à la sécurité et à l'environnement. Il veille à ce que les collaborateurs puissent travailler sans risque au bureau, sur le terrain ou en laboratoire, et ne mettent pas leur santé en danger. Pour le rapport sur l'envi-

ronnement, le biologiste moléculaire collecte les données sur la consommation en énergie et en eau, et contrôle le succès de différentes mesures environnementales. «J'apprécie la diversité de mon travail, il n'y a pas de place pour la routine.»

La structure forestière influence la répartition de la neige

Une grande partie de l'écoulement mondial d'eau douce provient de zones boisées recouvertes de neige en hiver. Le moment et la vitesse de la fonte des neiges influencent la survenue ou non de crues. D'où l'importance de savoir quelle quantité de neige recouvre effectivement le sol de ces forêts et gagne les cours d'eau lorsqu'elle fond. L'épaisseur du manteau neigeux sur des surfaces non boisées dans la même zone n'est pas



Les houppiers retiennent une part considérable de la neige. Celle-ci peut s'évaporer directement sur place ou tomber au sol ultérieurement.

une bonne référence car les houppiers des arbres forestiers peuvent retenir jusqu'à la moitié de la neige tombée. Il se peut aussi qu'une quantité considérable de neige soit à nouveau directement absorbée par l'air sous forme de vapeur d'eau, et ne contribue donc pas à la formation

locale du débit. Les modèles disponibles à ce jour, qui tentent de simuler l'évolution du manteau neigeux dans les zones boisées, sont fortement simplifiés. Ils ne peuvent par là même refléter que de façon insuffisante la variabilité naturelle du manteau neigeux sur le sol forestier.

Un modèle amélioré prend en compte la structure forestière

Dans sa thèse de doctorat au SLF, David Moeser a eu recours à des données de balayage laser afin de décrire la répartition et la taille des trouées dans la canopée. En parallèle, les chercheurs du Groupe Hydrologie de la neige au SLF ont réalisé sur trois ans plus de 84 000 mesures de la neige dans neuf placettes aux environs de Davos. À l'échelle planétaire, il s'agit de l'étude de terrain la plus exhaustive concernant la répartition de la neige en forêt. En combinant ces mesures et les données du balayage laser, D. Moeser a pu développer un modèle nivologique qui réussisse à prédire aussi la quantité de neige au sol dans les structures forestières irrégulières. *(mhe)*

www.slf.ch/more/structureforestiere

NEIGE ET GLACE La neige tient aussi sur les parois abruptes et influence la température de la roche



Anna Haberkorn escalade une paroi du Jungfrauoch pour établir des profils de neige.

«Le travail sur le terrain est extrêmement important pour comprendre la nature», précise Anna Haberkorn. Sans lui, sa thèse ne pourrait jamais voir le jour. La météorologue étudie le manteau neigeux des parois. Jadis, on pensait qu'elles ne renfermaient qu'une faible quantité de neige car celle-ci glissait en permanence. À tort: «Mes études démontrent qu'un manteau neigeux d'un à deux mètres d'épaisseur se forme sur les parois. La neige s'y accumule par endroits.» Il s'agit d'un manteau neigeux particulier, avec un nombre étonnamment élevé de croûtes de fonte et des couches faiblement reliées entre elles; au fond, on y découvre presque toujours de la glace. «La glace empêche que l'eau de fonte ne pénètre dans la roche et n'y transporte de la chaleur», explique A. Haberkorn. S'ajoutant au

manteau neigeux en tant que tel, ce phénomène qui a un effet isolant et modifie la dissipation thermique joue un rôle crucial pour le régime thermique dans la roche – lequel influence à son tour la stabilité de celle-ci. Grâce à des données météorologiques et à des informations sur le terrain, A. Haberkorn réussit déjà, avec le modèle informatique SNOWPACK, à simuler le manteau neigeux et les températures dans la roche à différents points. Elle souhaiterait désormais réaliser de telles simulations pour des parois complètes et peut-être, un jour, pour toute une montagne. C'est l'heure du travail de bureau pour l'alpiniste passionnée.

(bio)

www.slf.ch/more/parois

Bettina Richter, Davos

«Pendant ma pause de midi, j'aime aller dans le domaine skiable de Pisch. Avec la remontée mécanique, on est vite au sommet. Ce qui me plaît tout particulièrement, c'est la vue sur la vallée de la Vereina sauvage. Et le fait qu'après une belle descente à ski sur la route du col de la Flüela, on puisse skier jusqu'à devant la porte d'entrée du SLF.»



CALCUL DE LA STABILITÉ DU MANTEAU NEIGEUX

Dans sa thèse de doctorat, Bettina Richter, météorologue, travaille à l'interprétation de la modélisation du manteau neigeux. Le modèle améliorera l'estimation du danger d'avalanches pour la région de Davos. Pour son travail, elle utilise les données de stations météorologiques

automatiques et celles de modèles de prévisions météorologiques. «J'espère que cette prévision numérique du danger d'avalanches permettra aux prévisionnistes d'obtenir plus d'informations en vue de leurs pronostics quotidiens.»



Opportunités et risques de la transition énergétique

Aucune énergie nucléaire, moins de gaz à effet de serre: la transition énergétique promet un avenir plus écologique. Mais les énergies alternatives peuvent-elles couvrir les besoins de la Suisse? Et leur développement s'accompagne-t-il potentiellement d'effets indésirables pour l'être humain et la nature? Le programme de recherche du WSL «Energy Change Impact» se penche sur ces questions.

SERVICE D'ABONNEMENT

Possibilité de s'abonner gratuitement à
DIAGONALE: www.wsl.ch/diagonale

Pour obtenir des exemplaires individuels:
Institut fédéral de recherches WSL
Zürcherstrasse 111,
CH-8903 Birmensdorf
eshop@wsl.ch, www.wsl.ch/eshop

IMPRESSUM

Responsable de l'édition:
Konrad Steffen, prof., Directeur du WSL

Texte et rédaction:
Lisa Bose (lbo), Sandra Gurzeler (sgu),
Martin Heggli (mhe), Christine Huo-
vinen (chu), Beate Kittl (bki), Reinhard
Lässig (rlä), Birgit Ottmer (bio),
Gottardo Pestalozzi (gpe)

Direction rédactionnelle:
Lisa Bose, Christine Huovinen;
diagonal@wsl.ch

Traduction: Jenny Sigot Müller, WSL
Relecture: Philippe Domont, Zurich

Maquette:
Raffinerie AG für Gestaltung, Zurich

Mise en page: Jacqueline Annen,
Sandra Gurzeler, WSL

Impression: Sihldruck AG, Zurich

Tirage: 1200 exemplaires, deux
numéros par an. Le Magazine du WSL
DIAGONALE paraît aussi en allemand
et en anglais.

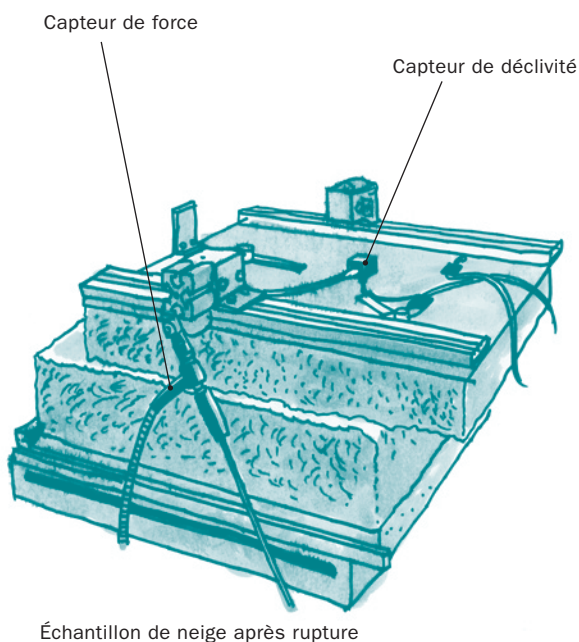
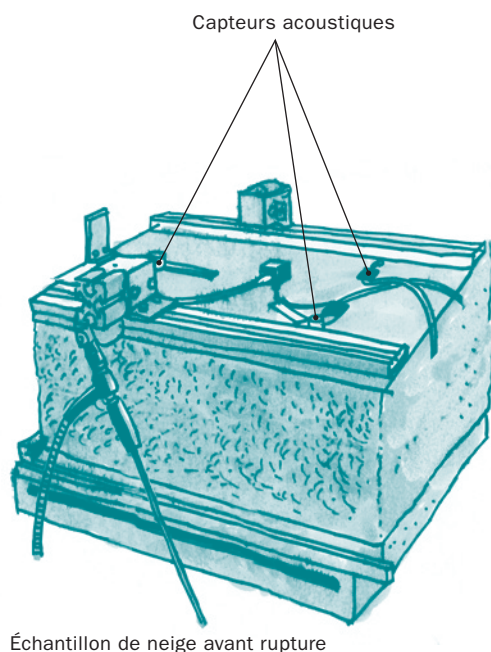
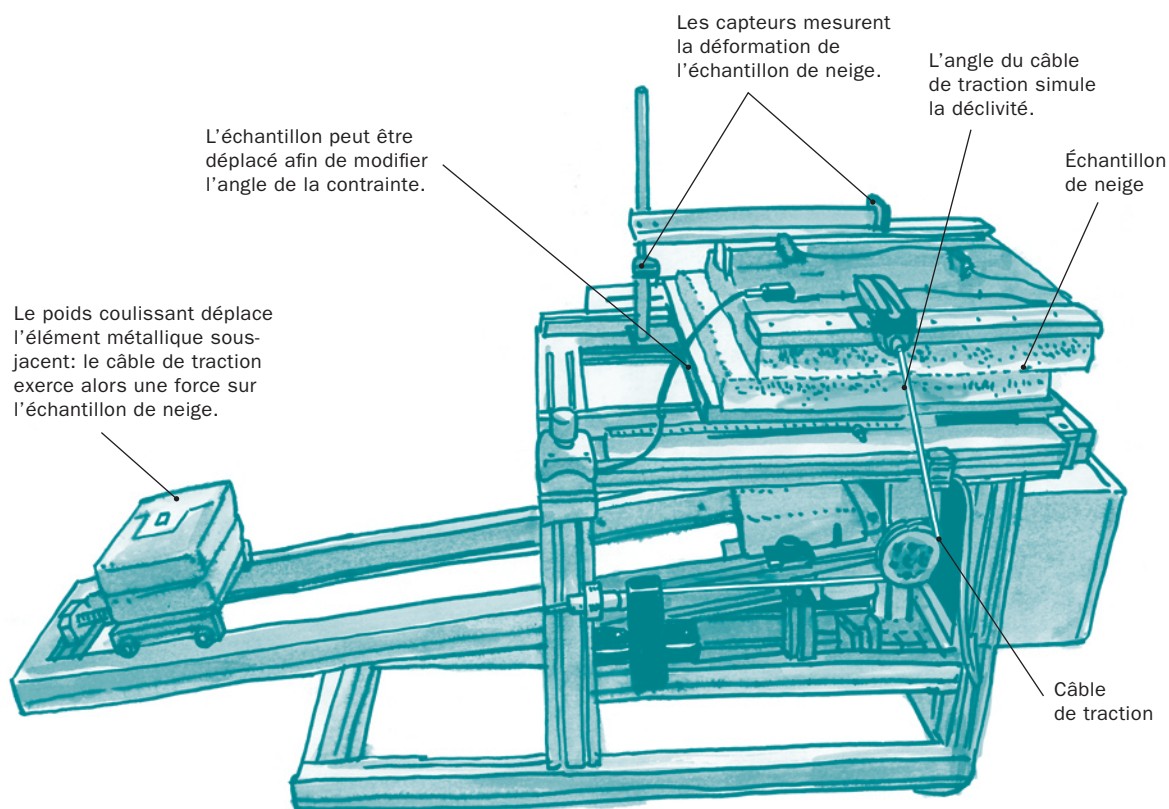
Référence bibliographique:
Institut fédéral de recherches WSL
2016: Magazine du WSL Diagonale,
1/16. 36 p. ISSN 2296-3596

PERSONNES



L'équipe de rédaction du WSL, de
gauche à droite; en haut: Birgit Ottmer,
Sandra Gurzeler, Reinhard Lässig,
Beate Kittl; en bas: Christine Huovinen,
Lisa Bose, Martin Heggli

APPAREIL DE MESURE DU CISAILLEMENT



Avant qu'une avalanche de plaque de neige ne se déclenche, de petites fissures et frictions entre les grains de neige génèrent des bruits. À l'aide de l'appareil de mesure du cisaillement, les chercheurs étudient en laboratoire le processus de rupture et les signaux acoustiques alors émis.

Vidéo à l'adresse:
www.wsl.ch/schmilblick





Rajeunissement du pin: la menace pèse seulement sur
les stations très sèches, p. 22

SITES

Birmensdorf

Eidg. Forschungsanstalt
für Wald, Schnee und
Landschaft WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
Phone 044 739 21 11
Fax 044 739 22 15
wslinfo@wsl.ch
www.wsl.ch

Lausanne

Institut fédéral de
recherches WSL
Case postale 96
CH-1015 Lausanne
Téléphone 021 693 39 05
Fax 021 693 39 13
antenneromande@wsl.ch
www.wsl.ch/lausanne

Sion

Institut fédéral de
recherches WSL
c/o HES-SO
Route du Rawyl 47
CH-1950 Sion
Téléphone 027 606 87 80
valais@wsl.ch
www.wsl.ch/sion

Davos

WSL-Institut für Schnee- und
Lawinenforschung SLF
Flüelastrasse 11
CH-7260 Davos Dorf
Telefon 081 417 01 11
contact@slf.ch
www.slf.ch

Cadenazzo

Istituto federale di
ricerca WSL
a Ramél 18
CH-6593 Cadenazzo
Telefon 091 821 52 30
info.cadenazzo@wsl.ch
www.wsl.ch/cadenazzo

LA RECHERCHE AU SERVICE DE L'ÊTRE HUMAIN ET DE L'ENVIRONNEMENT

L'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL étudie les modifications de l'environnement terrestre, mais aussi l'utilisation et la protection des habitats naturels et des paysages cultivés. Il observe l'état et l'évolution du paysage, de la forêt, de la biodiversité, des dangers naturels, ainsi que de la neige et de la glace; il élabore également des solutions durables pour répondre à des problèmes pertinents pour la société, et ce en collaboration avec des partenaires issus de la science et de la société. Dans ces domaines de recherche, le WSL est en tête de liste du palmarès international, et l'Institut fournit les bases d'une politique environnementale durable en Suisse. Le WSL emploie plus de 500 collaboratrices et collaborateurs à Birmensdorf, Bellinzzone, Lausanne, Sion et Davos (WSL Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF). Il est un centre de recherches de la Confédération et fait partie du domaine des écoles polytechniques fédérales. Vous trouverez les chiffres clés du WSL à l'adresse www.wsl.ch/more/rapportdegestion.

