

# DIAGONALE

THÈME CENTRAL

# Sur les traces des changements environ- nementaux

N° 1  
15

**Après des tempêtes:**

Comment une jeune forêt se reconstitue-t-elle? p. 22

**Étalement urbain:**

Son recul s'explique par diverses raisons, p. 24

**Énergie hydraulique:**

Le paysage énergétique du Grimsel plaît-il tel qu'il est envisagé? p. 28

## ÉDITORIAL

Chère lectrice, cher lecteur,  
Notre environnement est en perpétuel mouvement. C'est pourquoi bien des processus et bien des évolutions se retrouvent sous observation permanente, ce qui génère de gigantesques flux de données. À eux seuls, le WSL et le SLF recueillent des informations sur l'environnement dans mille stations. S'y ajoutent des données satellitaires, des photos aériennes et depuis peu des observations par drones. Mais quel est l'intérêt de ce monitoring? Pour gérer de façon responsable notre environnement, son observation à long terme est indispensable. C'est seulement ainsi qu'il nous sera possible de déceler de lentes évolutions, souvent imperceptibles de ce fait, et de découvrir la complexité des relations. Des séries de mesures sur des décennies s'imposent notamment pour comprendre les répercussions du changement climatique sur notre forêt, le paysage, la diversité des espèces ou le manteau neigeux. À l'aide de modèles, il est en outre possible de déterminer ce que pourrait être l'évolution future de l'environnement. Et le WSL s'engage de surcroît dans la constitution d'une base de données environnementales qui seront accessibles aux scientifiques et aux praticiens. Pour toutes ces raisons, je vous souhaite une lecture passionnante.



Konrad Steffen, professeur  
Directeur du WSL



# 2



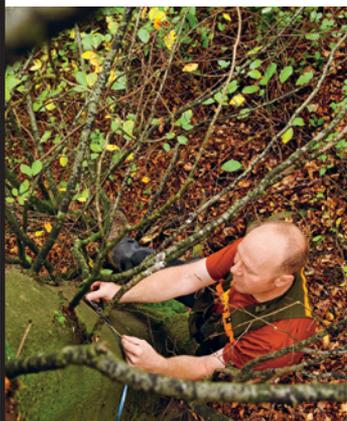
**L'ENVIRONNEMENT SOUS OBSERVATION PERMANENTE**  
 Quels types de monitoring environnemental assure le WSL, et qu'advient-il des données collectées?

# 10



**UNE-DEUX**  
 Reto Imesch, responsable technique des remontées mécaniques de Grächen: «Personne ne peut jamais t'annoncer avec exactitude l'heure de survenue d'un événement important.»

# 16



**INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL**  
 Un monitoring, c'est bien plus que le fait de compter des arbres en forêt.

## THÈMES-CLÉS

- 20** Biodiversité
- 22** Écosystèmes forestiers
- 24** Développement du paysage
- 26** Gestion des dangers naturels
- 28** Utilisation durable des ressources

## PORTRAITS

- 19** Florian Zellweger, géographe
- 30** Sabine Hirt, spécialiste en ressources humaines
- 31** Charles Fierz, physicien

## RAPPORT SUR L'ANNÉE

- 32** Finances
- 33** Personnel
- 34** Indicateurs-clés
- 35** Impressum, À l'horizon, le n° 2 de 2015

## LE SCHMILBLICK

- 36** Le tribomètre

THÈME CENTRAL Monitoring: Le WSL observe la forêt, la neige et le paysage. Comment notre environnement se modifie-t-il?

# Sur les traces des changements environnementaux



La boîte jaune protège l'enregistreur qui sauvegarde les données à haute résolution de nombreux appareils de mesure. Un réseau radio sans fil transmet au WSL en temps réel les quantités énormes de données.



Les manchettes argentées protègent les capteurs sensibles à la température qui mesurent, sur une placette irriguée et sur une autre qui ne l'est pas, l'évaporation de l'eau acheminée dans le tronc du pin.

Dans ce panier fermé hermétiquement, le dioxyde de carbone sortant est récupéré afin de calculer la respiration du sol. Celle-ci représente une partie importante du cycle du carbone.

Placette du programme de recherche à long terme sur les écosystèmes forestiers LWF dans le parc naturel de Pfyn-Finges près de Loèche (VS).

Photo: Gilbert Projer, WSL

Les changements du paysage qui nous entoure sont souvent imperceptibles: un champ fait place à une construction, une route supprime une prairie naturelle, un ancien pâturage est peu à peu envahi par la forêt. Ces évolutions ne frappent guère, notamment dans les lieux que nous fréquentons régulièrement. Mais quand nous retrouvons un paysage de notre enfance, les énormes transformations peuvent nous surprendre.

Pour gérer notre environnement de façon durable, nous devons cependant savoir comment la nature et le paysage évoluent à long terme. Où vont-ils, à quelle vitesse et pour quelles raisons? Et qu'en pense la population? Un monitoring environnemental incluant la perception par la société devient donc de plus en plus important.

La forêt est un écosystème intensivement observé par le WSL. Avec des résultats parfois surprenants: contrairement à la perception du public, la forêt suisse s'étend. Les données de l'Inventaire forestier national (IFN) démontrent que la forêt croît chaque jour d'une surface équivalente à dix-huit stades de football (cf. article p. 16). En outre, comme nous l'apprend le projet «Monitoring socioculturel des forêts», la forêt est toujours plus proche de la nature, ce qui plaît aux Suisses et aux Suissesses dans l'ensemble. Ces derniers sont par contre plus sceptiques en ce qui concerne les volumes croissants de bois mort, très importants pour la biodiversité en forêt.

Le programme «Recherches à long terme sur les écosystèmes forestiers (LWF)» examine la réaction de la forêt à la pollution atmosphérique et au changement climatique. Depuis 20 ans, sur 19 surfaces forestières, il collecte des données sur de nombreux processus comme la croissance des

arbres ou les cycles de l'azote et du soufre. Les chercheurs ont ainsi découvert que la sécheresse et la répartition des précipitations durant l'année peuvent influencer massivement l'accroissement. Dans le cadre du programme international ICP Forests, les séries de mesures ont à nouveau joué un rôle important pour la lutte contre les polluants de l'air. En particulier les émissions de soufre ont fortement baissé depuis. Les surfaces LWF sont en outre une référence importante lors de la validation des données satellitaires telles que l'état des houp-piers ou la vitalité de la forêt.

## **Les paysages se transforment**

Le WSL observe non seulement la forêt, mais aussi l'évolution des paysages ouverts. Ceux-ci sont le thème central du «Programme Observation du paysage suisse (OPS)», qui mobilise autant les sciences de la nature que les sciences sociales – une combinaison unique en Europe. Les chercheurs ont défini 34 nouveaux indicateurs en vue d'observer comment les paysages se transforment et ce qu'en pense la société. L'un de ces indicateurs reflète l'ampleur du morcellement. Il montre que le paysage est aujourd'hui presque deux fois plus morcelé qu'il ne l'était alors en 1950. Entre 2002 et 2010, pas moins de 500 nouvelles zones d'habitation, séparées des localités existantes, sont apparues. Des enquêtes révèlent en outre que les habitants des agglomérations en forte croissance jugent le paysage de leur commune de façon moins positive que ne le font les habitants des villes ou des campagnes. Mais dans l'ensemble, les Suisses et les Suissesses sont satisfaits du lieu où ils habitent.

Il est aussi souvent intéressant de prendre de la hauteur. Les chercheurs du WSL ont développé de nouvelles méthodes d'analyse des photos aériennes, des cartes topographiques ou encore des données de la statistique de la superficie. Ils peuvent par exemple montrer en tout point du territoire comment, sur le Plateau, des cours d'eau, des chemins et des bordures de champs ont été rectifiés, comment des haies, des arbres isolés et des ruisseaux ont disparu, comment des champs ont été remaniés en unités plus étendues et des villes et villages regroupés en grandes agglomérations. Depuis quelques années, les chercheurs observent cependant par endroit des tendances contraires, telles que de nouvelles surfaces de compensation écologique ou des renaturations de cours d'eau.

Dans les régions de montagne aussi, les mosaïques diversifiées de prairies, pâturages et forêts disparaissent à bien des endroits. Ces changements sont révélés par le programme de recherches interdisciplinaire «AlpFUTUR», dirigé par le WSL et Agroscope. Lorsque les éleveurs renoncent à exploiter les alpages, la forêt s'étend peu à peu. Le paysage cultivé redevient naturel – une évolution qui plaît à de nombreuses personnes, du moins jusqu'à un certain point. Mais depuis l'an 2000, le nombre d'animaux paissant dans les alpages ne diminue plus, notamment en raison de l'intérêt croissant que la population citadine toujours plus nombreuse manifeste à nouveau pour l'économie alpestre et ses produits.

## **Les espèces méridionales apprécient le Nord**

Grâce entre autres aux données du «Monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD)», le WSL étudie comment l'évolution du paysage agit sur la flore et la

Stations de  
monitoring du WSL  
en Suisse:  
[www.wsl.ch/more/  
stations-monitoring](http://www.wsl.ch/more/stations-monitoring)



Relevés de la végétation d'une tourbière près d'Alp Flix pour le projet «Suivi des effets de la protection des biotopes en Suisse».

faune. De nouveaux modèles statistiques montrent qu'aux altitudes moyennes surtout, de nombreuses espèces indigènes vivent dans des espaces très réduits. Mais la richesse en espèces est menacée par les changements environnementaux, par l'abandon de l'exploitation ou par le morcellement. Sur le Plateau, certaines espèces généralistes ou celles nouvellement arrivées (néobiontes), profitent de cette situation. Il s'agit par exemple du laurier-cerise, qui provient de zones d'habitation et se naturalise de façon envahissante en forêt. Les perdantes sont souvent les espèces des paysages cultivés traditionnels comme les herbacées sauvages liées aux cultures ou dépendantes de pâtures extensives. Dans



Station de mesures du Système intercantonal de mesure et d'information IMIS. Elle livre des données actualisées toutes les 30 minutes sur le manteau neigeux.

l'espace alpin, la forêt s'étend aux dépens de biotopes riches en espèces tels que les prairies et pâturages secs ou les bas-marais. Les longues séries statistiques du «Programme de suivi de la protection des marais» indiquent que la qualité et la valeur naturelle des marais, pourtant protégés par la loi, ont continué à baisser. Conséquence: en Suisse, les listes rouges sont longues.

Le projet du WSL BiodiverCity a lui aussi révélé d'étonnantes évolutions: dans les villes du nord des Alpes, les espèces du sud des Alpes ou de la région méditerranéenne sont de plus en plus nombreuses, par exemple l'araignée *Steatoda italica* et l'abeille *Anthidium florentinum*, dont les noms scientifiques

signalent bien l'origine. Le climat chaud des villes plaît également à des chauves-souris comme la vespère de Savi et la pipistrelle de Kuhl. Ces dernières apprécient tant le centre de Zurich et de Lucerne qu'elles repoussent la pipistrelle commune indigène à l'extérieur de la cité. Les emplacements de nidification tels que les cavités de bâtiments ou les caissons des stores attirent en outre des habitants à l'origine familiers des rochers tels que le martinet noir et à ventre blanc.

## **Le changement climatique fait fondre la neige**

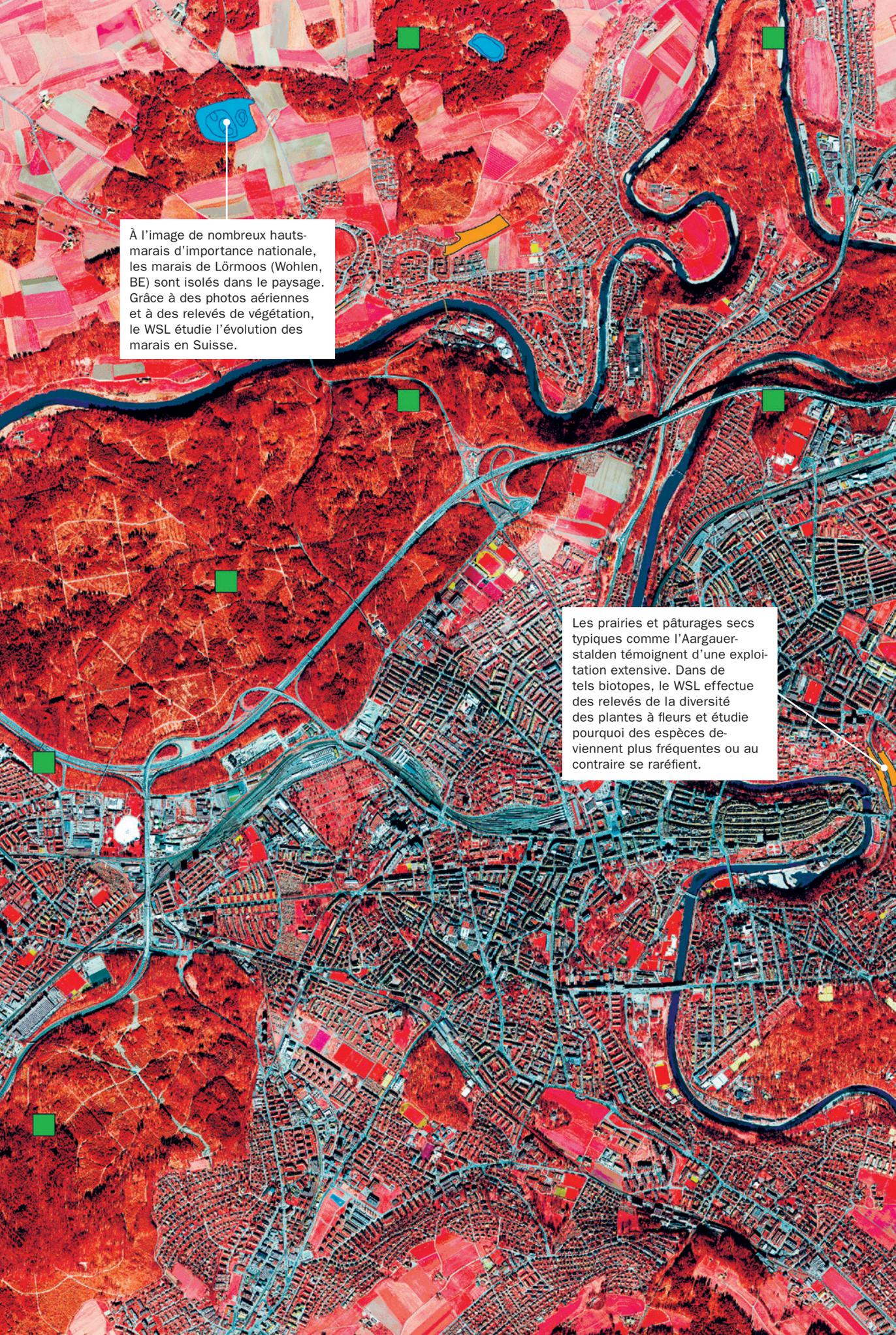
Le climat plus chaud ne se manifeste pas seulement dans les villes, mais agit aussi sur des dangers naturels tels que les laves torrentielles, les chutes de pierres et les crues. La surveillance systématique de tels processus en est donc d'autant plus importante. Le SLF mène ainsi des observations intensives sur la neige. Depuis 20 ans, toutes les 30 minutes, le système de mesure et d'information intercantonal IMIS livre automatiquement des données sur le manteau neigeux dans l'espace alpin. Plus de 100 observateurs effectuent également des mesures manuelles. Les séries de données remontent parfois jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle. Ces informations ne servent pas seulement à prévoir les avalanches, mais révèlent des changements sur le long terme. La diminution du manteau neigeux au-dessous de 1300 mètres est ainsi une tendance clairement établie. Elle provient d'une part des températures plus élevées qui transforment les précipitations hivernales en pluie et d'autre part de la fonte plus rapide de la neige. La situation est différente au Weissfluhjoch, à 2540 mètres. Pendant la saison de ski, l'épaisseur du manteau neigeux est exactement la même qu'autrefois, même avec le réchauffement. Mais la fonte des neiges en fin de saison est aussi devenue plus marquée. En combinaison avec de fortes précipitations, cela peut accroître les risques liés aux crues printanières.

Les résultats de ces nombreuses activités du WSL montrent comment l'environnement change en Suisse et comment la population perçoit ce changement. Pour pouvoir quantifier de telles tendances, il importe de ne pas seulement bien connaître les systèmes observés et d'interpréter les interrelations souvent complexes. Il faut également garantir la qualité des données, par exemple par la formation intensive des équipes de terrain ou par des contrôles de plausibilité. En plus, il est nécessaire de poursuivre les séries de mesures sur le long terme, d'archiver durablement les données et de les tenir à disposition de la recherche. C'est pourquoi le WSL développe actuellement un portail d'accès aux données environnementales de longue durée dans le cadre du projet ENVIDAT.

De nouveaux projets sont régulièrement annoncés, par exemple le «Sui-  
vi des effets de la protection des biotopes en Suisse», qui examine si les objectifs de protection des biotopes d'importance nationale sont effectivement atteints. Ainsi compris, le monitoring ne livre pas seulement des bases essentielles aux décideurs politiques et économiques, mais sert aussi de système d'alerte précoce pour la société et d'évaluation de l'efficacité des mesures prises en protection de la nature, en agronomie et en foresterie ainsi qu'en gestion des dangers naturels.

*(bzi)*

Pour en savoir plus  
sur le monitoring  
environnemental au  
WSL:  
[www.wsl.ch/more/  
monitoring-fr](http://www.wsl.ch/more/monitoring-fr)



À l'image de nombreux hauts-marais d'importance nationale, les marais de Lörmoos (Wohlen, BE) sont isolés dans le paysage. Grâce à des photos aériennes et à des relevés de végétation, le WSL étudie l'évolution des marais en Suisse.

Les prairies et pâturages secs typiques comme l'Aargauerstalden témoignent d'une exploitation extensive. Dans de tels biotopes, le WSL effectue des relevés de la diversité des plantes à fleurs et étudie pourquoi des espèces deviennent plus fréquentes ou au contraire se raréfient.



Sur les placettes d'échantillonnage de l'Inventaire forestier national, le WSL et l'OFEV observent l'état des forêts qu'ils inventorient tous les dix ans. Les photos aériennes fournissent d'importantes informations sur la forêt.

Les zones alluviales à l'image de celle du Belper Giessen présentent une énorme diversité en espèces. Les crues, menaçantes pour les villes, sont un élixir de vie pour les zones alluviales. Le WSL étudie l'évolution des habitats typiques de ces milieux.

- Orthophoto en couleurs infrarouges de Berne et des environs
- Inventaire forestier national (IFN)
  - Zones alluviales
  - Prairies et pâturages secs
  - Haut-marais

# UNE-DEUX Monitoring dans le pergélisol: Quelle utilité pour la pratique? Entretien avec Reto Imesch, Remontées mécaniques de Grächen, et Marcia Phillips, SLF.

**Le pergélisol, donc le sol gelé en permanence, couvre quelque 6 % de l'espace alpin en Suisse. Le SLF assure sa surveillance depuis 1996 – pour quelles raisons?**  
Phillips: Grâce à l'un des plus importants réseaux de mesures des Alpes, nous pouvons relever la température et les mouvements de terrain dans le pergélisol de divers sites en Suisse. Nous avons besoin de ces données pour mieux comprendre ce phénomène. Mais en plus, nous pouvons identifier les tendances à long terme. Nous conseillons ainsi très concrètement les praticiens, par exemple s'il s'agit de savoir s'il est possible de construire un restaurant de montagne sur le site prévu ou si le sous-sol est inadéquat en raison du pergélisol.



Reto Imesch, Responsable technique des remontées mécaniques de Grächen



Marcia Phillips, Cheffe du Groupe de recherche «Pergélisol et climatologie de la neige»

**Quelles tendances observez-vous?**  
Phillips: Le pergélisol s'est tendanciellement réchauffé au cours des dernières années et nous pensons que cette évolution va se poursuivre. Il s'ensuit que le terrain devient plus instable et qu'il peut se mettre à glisser ou que de gros blocs de rochers et des pierres peuvent se détacher et dévaler la pente.

**Une bonne partie des téléskis de Grächen sont construits sur du pergélisol. Vu les circonstances, est-ce une solution adéquate?**  
Phillips: Le pergélisol est fréquent au-dessus de 2400 mètres d'altitude. Or, c'est justement là que l'on peut

s'attendre à de bonnes conditions pour les sports d'hiver.  
Imesch: Le pergélisol est présent partout en montagne, pas seulement à Grächen. Il est tout à fait possible de construire des infrastructures touristiques sur ces sols, à condition de prendre les mesures adéquates.

**Et que cela signifie-t-il concrètement?**  
Imesch: Lorsque nous avons construit les premières infrastructures en 1997, nous ne savions presque rien sur le pergélisol. Autrefois, par exemple, la station intermédiaire d'un télésiège était une construction rigide composée de deux parties. Les déplacements des deux montants du portique ont pu atteindre douze centimètres en l'espace d'une année, le béton s'est fissuré partout. Nous avons transformé les montants en les reliant entre eux, de telle façon qu'ils puissent être déplacés en nous permettant de compenser les mouvements du sol. Les nombreuses mesures du SLF nous aident aujourd'hui à vraiment suivre ce qui se passe sur le domaine skiable, afin de prendre les mesures nécessaires et de mieux anticiper.

**Avez-vous un exemple d'une telle anticipation?**  
Phillips: Reto Imesch souhaite éventuellement construire un nouveau télésiège ici (indique la pente). Grâce à nos images prises au scanner laser, il peut déterminer l'endroit optimal pour placer les pylônes et éviter qu'ils ne se déplacent.



Des techniciens examinent les déformations d'un forage.

Imesch: Lorsque la situation est connue à l'avance, il est possible de construire les fondations en conséquence, par exemple en installant un système d'appui mobile dans toutes les directions. Cela garantit un certain nombre d'années sans problèmes. De tels coûts supplémentaires sont toujours justifiés du point de vue économique.

### **Que révèlent les mesures au scanner laser? Comment le pergélisol se comporte-t-il?**

Phillips: Le terrain est composé d'un mélange de pierres et de glace et flue lentement vers la vallée, comme du miel. C'est comme un convoyeur qui apporte continuellement du matériel nouveau jusqu'à une limite où le sol lâche. L'été dernier, le versant s'est déplacé de deux mètres vers l'aval, comme l'année précédente. Cela peut très bien provoquer une lave torrentielle.

### **Qu'entreprend alors l'exploitant de télésié?**

Imesch: Nous avons par exemple un pylône de télésiège dont la fondation a glissé de trente mètres. Évidemment qu'il a fallu l'enlever. Mais de tels mouvements se produisent le plus souvent en été et se manifestent bien à l'avance. En hiver, le grand défi est de toujours pouvoir garantir que le câble passe correctement sur les trains de galets. C'est pourquoi nous contrôlons chaque jour très précisément la géométrie de toutes les installations.

### **Donc plus la surveillance est bonne et plus le domaine skiable est sûr?**

Imesch: N'exagérons rien. Nous élaborons actuellement un nouveau concept de surveillance. Je ne vois plus le sens de dépenser chaque année des milliers de francs pour creuser de profonds forages afin de mesurer les déformations et de

Série de photos sur l'entretien à l'adresse: [www.slf.ch/more/pergelisol-graechen](http://www.slf.ch/more/pergelisol-graechen)



Grâce aux images du terrain prises périodiquement au scanner laser, il est possible de détecter même les petits mouvements du sol.

simplement pouvoir dire que nous ne savons rien. De toute façon, personne ne peut jamais t'annoncer avec exactitude quand un événement important va se passer.

**Vous ne parvenez donc pas à empêcher ni à prévoir de graves dangers malgré un monitoring intensif? Ces observations ne servent donc à rien?**

Phillips: Elles ne serviraient à rien si Reto m'appelait un matin pour me demander ce qui se passe dans l'un de nos forages. Je n'aurais aucune possibilité de l'aider, n'ayant pas d'accès direct aux données. Et même avec ces données, elles ne permettraient pas à Reto de décider un matin s'il peut utiliser son télési

ou non. Car il doit prendre cette décision sur la base des données mesurées directement à la station ou sur le trajet. Mais ce monitoring est certainement utile pour la recherche qui veut comprendre comment le pergélisol change au cours du temps. Et à long terme, cela est aussi important pour les remontées mécaniques.

**Donc vous pouvez profiter l'un de l'autre?**

Phillips: Absolument. Reto et ses collaborateurs sont beaucoup sur le terrain et leurs observations ne peuvent pas être remplacées par nos mesures. Et parfois, nos mesures ne se font pas à l'endroit précis d'un événement. Pour nous, l'idéal est

de combiner leurs observations avec nos données. Cela nous permet de voir ce qui se déplace, où et pourquoi.

Imesch: Nous profitons au mieux de la recherche lorsque les chercheurs qui viennent restent les mêmes.

Si cela change trop souvent, nous devons toujours recommencer à zéro. Il est important de connaître le terrain, comme c'est le cas de Marcia. Si quelqu'un vient juste pour lire les mesures, sans rien faire d'autre, cela ne nous aide guère.

**Le nombre de données accumulées au cours des ans sur l'environnement est énorme. Ne court-on pas le danger de créer un cimetière de données?**

Phillips: Le danger existe effectivement. Mais nous publions régulièrement dans les revues scientifiques ou orientées vers l'application telles que *tec21*. Les praticiens constatent ainsi à quoi servent nos mesures.

Et quand nous avons suffisamment de données, nous analysons les tendances. Le pergélisol devient-il plus froid ou plus chaud, flue-t-il plus vite ou constate-t-on une relation entre les fortes précipitations et les mouvements marqués du terrain? Nous donnons en outre de nombreuses conférences sur le sujet.

**Deux questions plus personnelles pour terminer:**

**Marcia, tu es une femme et tu travailles dans un domaine à dominante masculine. Te sens-tu acceptée?**

Phillips: J'ai le sentiment d'une large acceptation. Homme ou femme,

l'important est d'échanger les expériences et de construire ensemble.

Imesch: Tout à fait, je ne peux que confirmer!

**Reto, tu es responsable de la sécurité sur tout le domaine skiable. Peux-tu dormir sur tes deux oreilles?**

Imesch: Certainement, car si j'avais des doutes, je ne pourrais plus assumer le transport de passagers. Nous contrôlons le trajet le matin et décidons si les installations peuvent démarrer. Quand on sait comment se comporter avec le pergélisol et les mouvements du terrain, on a une grande liberté d'action. Généralement, rien ne se passe très vite.

Il faut simplement bien observer et connaître le sujet. *(chu)*

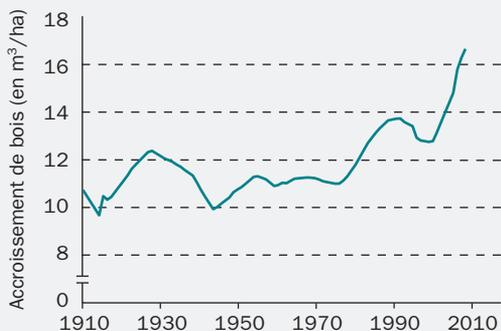
**«Il est tout à fait possible d'installer un télésiège sur le pergélisol en prenant les mesures adéquates.»**

# GRAPHIQUE INFORMATIF Le WSL observe l'environnement à des fins scientifiques et sociétales – en voici six exemples

Dans les domaines les plus divers, le WSL collecte des séries de données qui portent sur une longue durée et remontent parfois à plusieurs décennies. Ces informations permettent aux chercheurs d'analyser les changements environnementaux, tout en fournissant aux autorités et aux responsables politiques des bases de décision pour des questions de société importantes.

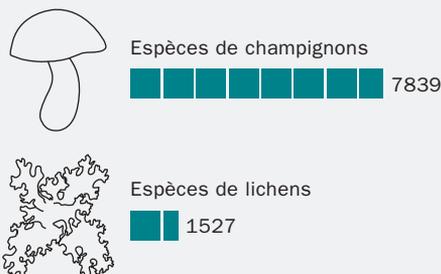
## FORÊT

Les placettes du WSL situées dans la forêt jardinée de l'Emmental sont exploitées de façon équienne depuis près de 100 ans. Bien que la structure forestière et le sol aient peu changé, l'accroissement annuel de bois a augmenté de façon notable depuis 1975 environ. Les apports d'azote atmosphérique, une quantité atmosphérique supérieure de CO<sub>2</sub> ou le climat plus chaud sont des causes possibles de cet accroissement.



## BIODIVERSITÉ

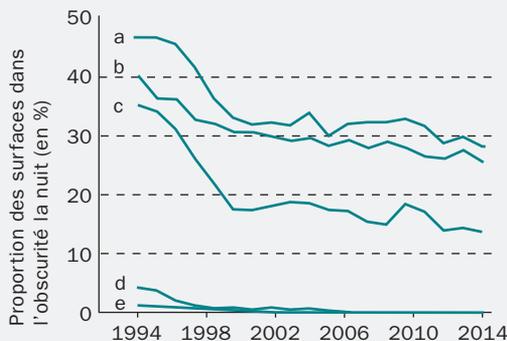
Sur mandat de la Confédération, le WSL exploite des centres de données qui recensent tous les habitats des espèces de champignons et de lichens en Suisse. Ainsi, dans SwissFungi sont actuellement enregistrés plus de 500 000 signalements de 7839 espèces fongiques, et dans SwissLichens plus de 100 000 sites de 1527 espèces de lichens (état en janvier 2015).

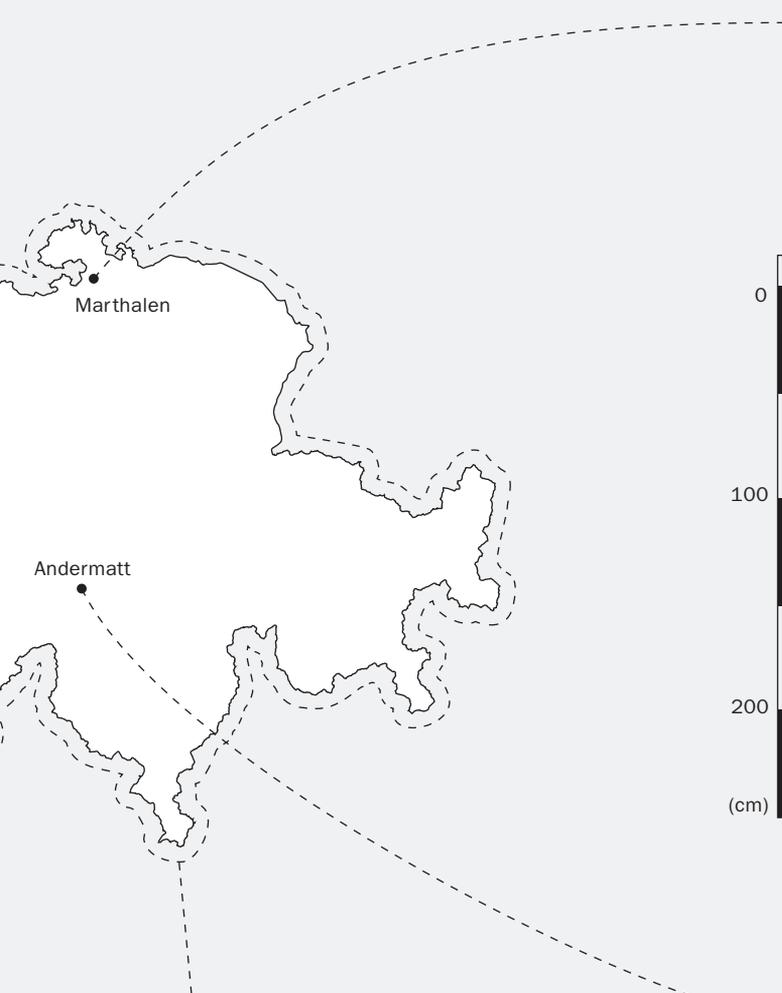


Emmental

## PAYSAGE

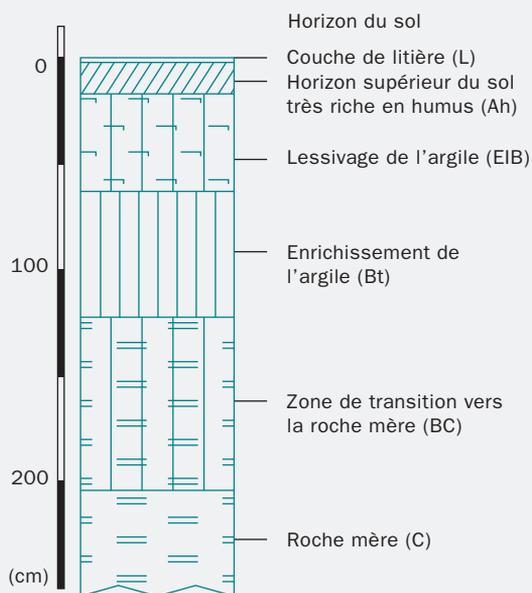
En Suisse, les zones de nuit complète ne cessent de se raréfier. Ces dernières années, elles ont diminué dans les Alpes centrales (a), sur le versant sud des Alpes (b) et le versant nord des Alpes (c). Dans le Jura (d) et sur le Plateau (e), elles ont entièrement disparu. Grâce à des images satellite, le WSL étudie l'évolution des émissions de lumière en Suisse depuis 1995 environ.





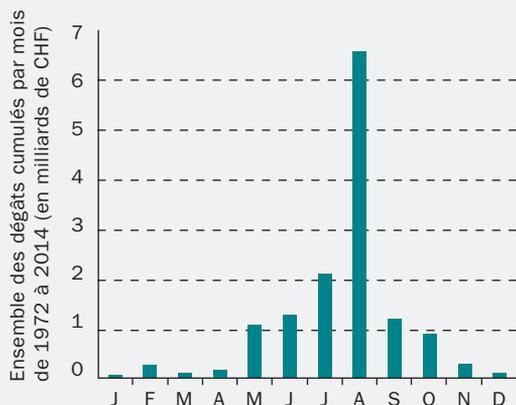
## SOL

L'esquisse de profil montre un sol brun lessivé provenant d'une hêtraie près de Marthalen (ZH). Dans sa pédothèque, le WSL conserve plusieurs milliers d'échantillons de sol. Ceux-ci servent entre autres de références pour démontrer des modifications à long terme des sols.



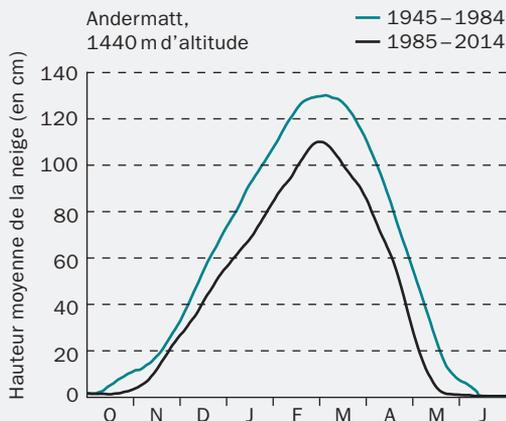
## INTEMPÉRIES

Les intempéries ne se répartissent pas de façon uniforme sur l'année. Depuis 1972, le WSL inventorie les dégâts qu'elles occasionnent pendant l'année. De 1972 à 2014, près de la moitié de ces dégâts estimés à 13,7 milliards de francs, se sont produits au mois d'août, ce qui s'explique notamment par l'enregistrement ce mois-là de lourds dommages récurrents causés par des crues.



## NEIGE

À Andermatt, la hauteur moyenne de la neige fut nettement inférieure ces 30 dernières années (1985–2014) à celle des 40 années précédentes (1945–1984). Les séries pluriannuelles de mesures de neige du SLF sont non seulement importantes pour l'alerte quotidienne aux avalanches, mais aussi pour la recherche.



REPORTAGE Inventaire forestier national: 30 ans dans la  
vie du respectable hêtre BANR 70 716



Le hêtre BANR 70 716 se trouve dans une forêt voisine de Turgi, sur l'une des quelque 6500 placettes examinées dans le cadre de l'Inventaire forestier national tous les 9 ans.

«J'avoue ressentir un brin de fierté: c'est moi, hêtre respectable nommé BANR 70 716 par les spécialistes, qui ai été désigné porte-parole de quelque 80 000 arbres. Nous autres, représentants de la forêt, sommes tous régulièrement mesurés et examinés de tous côtés. Cela fait déjà quatre fois que mes voisins arbres, moi-même et ceux de notre placette ont été auscultés. À l'évidence beaucoup de travail

pour les chercheurs! Mais reprenons cela dans l'ordre, car tout a commencé il y a plus de trente ans. À l'époque, un avion nous avait survolés et avait pris des photos.»

Selon la loi forestière, la Confédération est tenue d'observer périodiquement l'état de la forêt et son évolution. Le WSL a déjà collecté des données complètes à trois reprises dans le cadre de l'Inventaire forestier national (IFN) et les a analysées en collaboration avec l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Les travaux du quatrième IFN ont commencé en 2009. Des interprètes de photos aériennes spécialement formés ont analysé au WSL les images transmises par swisstopo. Sur cette grille régulière de sites répartis sur tout le territoire suisse, il s'agissait tout d'abord de repérer les points qui correspondent à une forêt et de décider de l'envoi ou non d'équipes sur le terrain afin de mesurer des indicateurs tels que le degré de recouvrement par les couronnes, la hauteur du peuplement, la proportion de résineux et de feuillus ou encore la longueur des lisières.

«Ensuite, rien de spécial ne s'est passé pendant un moment. Quelques graines ont germé et de nouveaux petits arbres sont apparus, des pierres ont de temps en temps dévalé la pente, un chevreuil a grignoté le jeune érable – bref, la routine. Jusqu'au 28 novembre 1984 où deux visiteurs sont arrivés. Contrairement aux promeneurs ou joggers, auxquels je m'étais habitué depuis belle lurette, ils portaient des appareils étranges et sont restés un certain temps. Ils ont d'abord mesuré exactement un point et y ont placé un petit tube métallique. Puis ils ont examiné les arbres qui avaient déjà un certain diamètre: Quel était leur emplacement exact? Leur diamètre? Quelle espèce? Leur état de santé? J'avais alors 41 cm de diamètre. Sur une petite surface, ils ont même mesuré chaque petit arbre de la prochaine génération!»

Lors des relevés de terrain du premier IFN, dans les années 1980, 10 975 placettes ont été examinées. Objectif: davantage d'information sur la forêt suisse.

«Ensuite j'ai attendu longtemps! Mais le tout s'est répété à peu près tous les dix ans: d'abord les photos aériennes, puis les chercheurs avec leurs appareils. Dès leur deuxième passage, ils n'avaient plus de formulaires en papier mais des ordinateurs. Et ils s'intéressaient à toujours plus de sujets: par exemple les arbres morts ou renversés, dont l'espèce n'est même plus identifiable. Ou les personnes qui courent ou font du vélo dans les environs; ou encore les pics, les mousses, les lichens, les fourmis qui habitent chez nous. En plus, ils discutent avec nos forestiers, qui leur expliquent quand et pourquoi ils ont abattu ou planté des arbres et quelles tâches la forêt doit remplir. Ici, il s'agit de protection de la nature et de détente pour la population; cela fait longtemps que l'on n'a plus récolté de bois.»

Lors de l'IFN1, l'attention se portait sur la surface forestière et sur la forêt productrice de bois. Par la suite, l'intérêt s'est porté aussi sur d'autres prestations de la forêt telles que la protection contre les dangers naturels, la détente et la biodiversité. L'IFN peut ainsi répondre à des questions comme «Quelle est la qualité de la protection assurée par la forêt protectrice?», «Combien de bois pouvons-nous prélever aujourd'hui et dans le futur sans nuire à la forêt?» ou «Quelle est la qualité de la forêt en tant qu'habitat?».

Le film sur l'IFN se trouve à l'adresse:  
[www.lfi.ch/film-fr](http://www.lfi.ch/film-fr)

«Le dernier examen en date remonte à 2011. Entre-temps, j'ai atteint 65 cm de diamètre – mais, à cause de la tempête Lothar du 26 décembre 1999, j'ai perdu six des neufs voisins examinés en 1984 par les chercheurs. Par contre, un hêtre et un épicéa ont maintenant passé le seuil d'inventaire.»

Grâce à la répétition des inventaires et à l'exactitude du travail, on connaît non seulement l'état mais aussi l'évolution de la forêt. Il apparaît ainsi que la forêt devient de plus en plus proche de la nature. Les peuplements purs d'épicéas plantés pour certains encore au XIX<sup>e</sup> siècle, disparaissent peu à peu. Des forêts mélangées très variées leur succèdent. Diverses espèces ligneuses composent aujourd'hui des ensembles très colorés, de jeunes groupes d'arbres côtoient des vétérans et un volume de bois mort croissant sert d'habitat à de nombreuses espèces forestières. Même si le nombre de placettes examinées n'est plus que de 6500 depuis l'IFN2, les informations obtenues sont valides à l'échelle régionale: dans les Alpes, les forêts à l'écart sont de plus en plus laissées à elles-mêmes et le volume de bois sur pied s'accroît. Sur le Plateau, ce dernier diminue légèrement car la récolte de bois est plus élevée sur les stations fertiles. Bien des cantons augmentent la densité du réseau d'observation. À l'inverse, les données suisses sont intégrées dans des réseaux européens et mondiaux.

«Les chercheurs reviendront-ils dans dix ans? Je l'espère bien. En tout cas, j'ai l'intention de rester encore longtemps à cet endroit et de m'y faire photographier ou examiner périodiquement à l'aide de nouveaux appareils. Et si je devais disparaître, mes enfants et petits-enfants me remplaceront ...»

L'IFN est organisé pour le long terme et le WSL planifie déjà certains travaux jusqu'à l'horizon 2050. Le monitoring, c'est en effet davantage que compter quelques arbres. Voici quelques exemples de travaux qui précèdent la prochaine phase d'inventaire: repérer d'éventuels nouveaux besoins, développer les méthodes – le scanner laser pourrait par exemple entrer en action – programmer les appareils de terrain et les banques de données. Les données collectées doivent aussi être conservées en permanence. Quelque 400 paramètres sont calculés et présentés dans plus de 50 000 tableaux – qu'il faut d'abord développer. Les résultats sont publiés dans des ouvrages, des articles scientifiques et sur Internet, et cela pour divers usages: le rapport de la Suisse sur les émissions de CO<sub>2</sub> repose ainsi en partie sur des données IFN; et grâce à ces données, les chercheurs du WSL ont calculé un modèle de végétation pour l'ensemble du pays.

«Mon positionnement exact? Cela, je ne peux pas le révéler et les chercheurs du WSL ne donneront pas non plus ma position exacte, ni celle des autres placettes de l'IFN, afin d'éviter que des arbres d'essais comme nous soient traités, consciemment ou non, autrement que le reste de la forêt. Cette condition est indispensable si l'on considère que notre mission principale doit aussi réussir dans le futur, à savoir représenter la forêt suisse en tant que placette d'échantillonnage – et c'est ce qui fait notre fierté.»

(bio)

Pour en savoir plus sur l'IFN: [www.lfi.ch](http://www.lfi.ch)

Florian Zellweger, Birmensdorf

«C'est dehors, dans la nature, que je préfère passer mon temps libre, m'adonnant à la randonnée, la cueillette de champignons ou la pêche à la mouche. J'aime me promener aux alentours du château d'eau, à la confluence de l'Aare, la Reuss et la Limmat. Les forêts alluviales variées qu'on y rencontre me fascinent, l'eau qui coule invite au recueillement.»

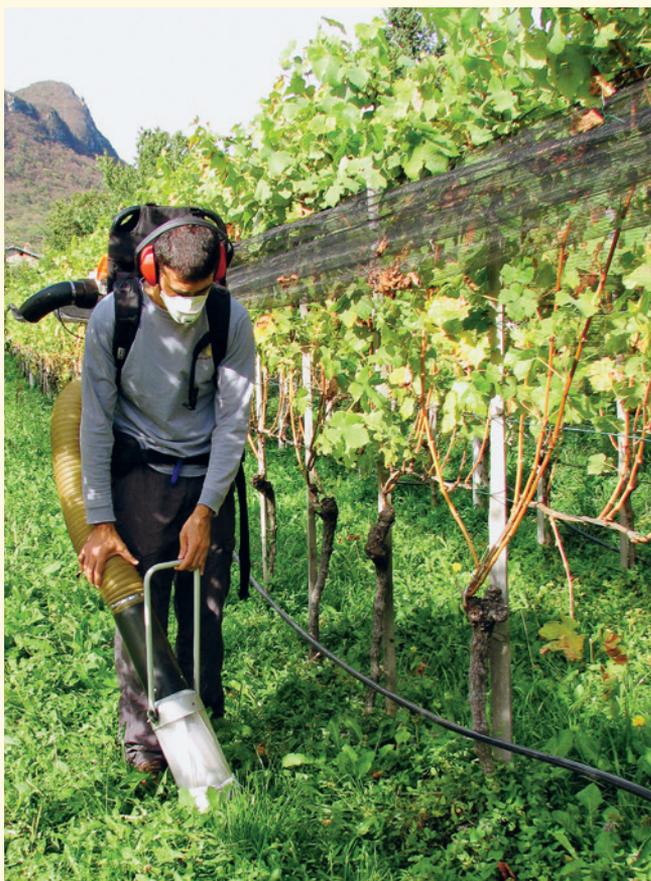


#### TÉLÉDÉTECTION ET BIODIVERSITÉ EN FORÊT

Dans quelle mesure la biodiversité en forêt dépend-elle de la structure forestière? Florian Zellweger, géographe et doctorant au WSL, étudie cette question à l'aide de données laser et satellite qu'il met en relation avec des données

sur la diversité des espèces en forêt. «Cela m'intéresse de voir comment, à partir de données de télédétection, on peut déduire des paramètres capables d'expliquer la présence et la diversité de différents groupes d'espèces en Suisse.»

## BIODIVERSITÉ Biodiversité étonnamment élevée des vignobles tessinois



Ce type d'aspirateur permet de capturer efficacement insectes et araignées à proximité du sol entre les rangées de ceps de vignes.

Les producteurs de vin dont les vignobles présentent une diversité biologique élevée, peuvent recevoir des subventions directes de la part de la Confédération et du canton. Jusqu'alors manquaient toutefois pour le Tessin des critères spécifiques à la région – listes d'espèces animales et végétales précieuses sur le plan écologique par exemple –, qui détermineraient le versement de tels fonds.

Afin de pouvoir disposer de tels instruments, des biologistes du WSL à Bellinzona et à Birmensdorf, de la station de recherche Agroscope à Cadenazzo et du Musée cantonal d'histoire naturelle à Lugano, ont étudié la biodiversité dans 48 do-

maines viticoles tessinoises. Dans les vignobles de 2000 m<sup>2</sup> minimum, ils ont installé des pièges au sol pour araignées et carabidés, et des pièges adhésifs directement dans les ceps de vigne pour capturer les insectes volants. Dans les talus en bordure de chemin et entre les ceps, ils ont attrapé à proximité du sol, à l'aide d'un appareil similaire à un aspirateur, des espèces animales qui n'avaient pas été capturées dans les pièges. Ils ont de plus inventorié toutes les espèces végétales sur des placettes d'échantillonnage.

En un seul été, les chercheurs ont recensé 1127 espèces animales et végétales dont presque 30 % de cicadelles connues en Suisse, et 25 % de toutes les espèces d'araignées. Ils ont détecté pour la première fois en Suisse 17 espèces animales dont la plupart provenait du bassin méditerranéen. Les vignobles des pentes ensoleillées étaient les plus riches en espèces quant aux plantes, insectes, araignées, cloportes et mille-pattes. On y trouve en effet de longs talus enherbés qui se réchauffent vite, ainsi que des terrasses et des murs de pierres sèches qui font défaut aux domaines viticoles de la plaine. En raison de l'exploitation plus extensive, les pentes semblent rester plus proches de la nature que les surfaces cultivées des fonds de vallée.

### Recommandations pour l'exploitation

Les études indiquent aussi que plus des environnements différents coexistent, plus les habitats pour plantes et animaux sont variés. Avec le nombre de zones de contact aug-

mente aussi le nombre d'antagonistes des ravageurs de la vigne.

À partir de cette étude, les chercheurs du WSL ont identifié 95 espèces végétales typiques des vignobles tessinois. Certaines d'entre elles sont menacées, d'autres sont caractéris-



Le cercope sanguin, espèce d'insectes fréquente dans les vignobles du Tessin.

tiques d'une biodiversité élevée ou de domaines viticoles exploités de façon extensive. Cette liste permet de calculer la valeur écologique des vignobles tessinois. Les chercheurs recommandent aussi de ne pas faucher la couverture végétale plus de trois fois par an, de ne pas utiliser d'herbicides sur des rangées entières mais ponctuellement, et d'avoir recours tout au plus une fois par an à des engrais organiques. Il serait ainsi possible de préserver à l'avenir la biodiversité étonnamment élevée des vignobles tessinois. (rlä)

[www.wsl.ch/more/biodivine-en](http://www.wsl.ch/more/biodivine-en)

## Une médaille de l'EPF récompense une étude sur une espèce d'oiseaux menacée

Elle n'en croyait pas ses yeux quand, le 31 octobre 2014, elle reçut la médaille de l'EPF décernée aux travaux de master remarquables. Une belle récompense pour Nica Huber, spécialiste en sciences de l'environnement au WSL. Au cœur de son étude, le pouillot siffleur, petit oiseau de couleur jaune et verte dont, pour des raisons inexplicables, la voix forte se raréfie de plus en plus dans nos contrées depuis les années 1990.

N. Huber souhaitait démontrer quelles caractéristiques la forêt devait présenter pour que le chanteur puisse nicher. Elle compara des relevés par scanner laser de swisstopo, qui dressent un tableau du terrain à très petite échelle, avec des données sur les cas de nidification recensés par la Station ornithologique de Sempach. Selon l'étude de N. Huber, le chanteur semble par exemple privilégier les forêts régulières aux houppiers

serrés situées sur une forte pente. Elle dressa une carte indiquant les lieux potentiels de nidification du pouillot siffleur en Suisse. N. Huber: «J'espère que mon travail contribuera à favoriser davantage cette espèce menacée de nos forêts.» (chu)

[www.wsl.ch/more/woodwarbler-en](http://www.wsl.ch/more/woodwarbler-en)



Le pouillot siffleur, menacé en Suisse, privilégie les hêtraies régulières aux houppiers serrés et situées sur une forte pente.

## ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS Après les tempêtes, la forêt se rajeunit plus vite à basse qu'à haute altitude

Les tempêtes dépressionnaires de Vivian et Lothar ont dévasté de nombreuses forêts en Suisse en 1990 et en 1999. Comme une tempête de vent représente le principal facteur de perturbation dans nos forêts, il est utile pour les forestiers et les propriétaires de forêt de savoir comment les surfaces dénudées qui en résultent (surfaces de chablis) se reboisent naturellement. Ils sont ainsi capables de mieux évaluer les répercussions économiques et écologiques d'une tempête sur la forêt, et de décider en connaissance de cause du type de rajeunissement forestier à adopter.

À ce jour, seules des études de cas nous indiquent comment une jeune forêt se constitue d'elle-même sur des surfaces de chablis. C'est pourquoi des chercheurs du WSL ont approfondi cette question sur l'ensemble du pays à l'aide d'inventaires multiples dans 19 forêts et d'un relevé dans 90 surfaces de plus de trois hectares chacune, dévastées par les ouragans Vivian et Lothar. La diversité des stations et des forêts

ainsi observées de près est unique en Europe.

Résultats de l'étude: le rajeunissement forestier sur les surfaces de chablis correspond très souvent aux essences du peuplement préexistant, mais il se répartit de façon très irrégulière. Il varie parfois de moins de 1000 plantes ligneuses à beaucoup plus de 50 000 par hectare. Autre constat des chercheurs: de façon générale, les jeunes arbres présentent la plus grande densité à faible altitude, sur des sols basiques, avec une faible couverture végétale du sol. Dans les forêts situées à plus haute altitude au contraire, la jeune forêt ne se constitue souvent d'elle-même que lentement. Là, la plantation de jeunes arbres peut nettement accélérer le développement forestier et contribuer à rétablir rapidement une protection contre les dangers naturels.

### Une grande quantité de bois mort reste présente

Alors que le volume moyen de bois mort est de 21,5 m<sup>3</sup> par hectare pour toute la forêt suisse, celui mesuré sur les surfaces de chablis remises en état est quelque trois fois supérieur; il est même treize fois plus élevé sur les surfaces laissées telles quelles. Plus ce bois est décomposé, plus la germination et la croissance des épicéas sera facilitée, à haute altitude notamment. De surcroît, le bois mort est un habitat important pour bien d'autres organismes. (rlä)

[www.wsl.ch/more/chablis](http://www.wsl.ch/more/chablis)



Sur les surfaces laissées telles quelles comme sur celles remises en état, il reste une grande quantité de bois mort.

# Le pin noir et le douglas souffrent moins de stress hydrique que le pin sylvestre, l'épicéa et le mélèze

Les scientifiques s'attendent à ce que le changement climatique se traduise en Suisse par des périodes de sécheresse plus fréquentes et plus longues, et par des fluctuations climatiques annuelles plus importantes. Cette évolution devrait avoir des répercussions sur la croissance des arbres, d'où l'intérêt de rechercher s'il existe, parmi les résineux, des alternatives à l'épicéa sensible au stress hydrique. À cet effet, les chercheurs du WSL ont examiné de près l'évolution des cernes des épicéas, des pins sylvestres et des mélèzes, et l'ont comparée à celle des pins noirs et des douglas. Ils ont alors mis en relation la croissance des troncs avec celle observée lors de périodes de sécheresse antérieures caractérisées par une pénurie d'eau dans le sol.

Les 770 arbres étudiés provenaient des Préalpes, du Plateau suisse, du Jura et des Alpes centrales. Alors qu'épicéas, pins sylvestres et mélèzes ont presque partout réagi de façon sensible à la sécheresse, indépendamment du régime hydrique du sol, la sécheresse et la pénurie d'eau ont bien moins perturbé pins noirs et douglas. Ces deux essences originaires d'Europe du Sud et d'Amérique du Nord résistent manifestement mieux aux périodes de sécheresse que les trois résineux indigènes.

Sur la base de cette étude, les deux essences qui prospèrent déjà en Suisse, pourraient en principe remplacer l'épicéa et le pin sylvestre là où ces derniers seront confrontés à une trop grande sécheresse du fait du changement climatique. Il importe alors de bien peser les avantages et les inconvénients du pin noir et du

douglas par rapport aux arbres indigènes. Ils pourraient en effet être vulnérables aux ravageurs et offrir à d'autres espèces un habitat moins approprié. Il est dès lors recommandé de continuer à les utiliser avec réserve, et de toujours les mélanger avec des essences indigènes. (rlä)

[www.wsl.ch/more/nadelbaueme-trockenheit](http://www.wsl.ch/more/nadelbaueme-trockenheit)



Les douglas croissent très vite et peuvent atteindre jusqu'à 60 mètres de hauteur en Europe.

## DÉVELOPPEMENT DU PAYSAGE Des exemples le prouvent: L'étalement urbain n'est pas une fatalité



À Hergiswil, le léger recul des valeurs de l'étalement urbain s'explique par les raisons suivantes: prix élevés des terrains à bâtir, suppression du taux d'occupation et délimitation naturelle de l'espace urbain.

Un urbaniste expérimenté, des indices minimaux d'utilisation du sol ou l'instabilité de la pente – voici des raisons qui expliquent le recul de l'étalement urbain à certains endroits. Selon Gierina Cathomas, géographe: «Il n'existe pas de remède miracle, il s'agit de constellations uniques entre facteurs juridiques, topographiques, historiques et personnels.»

Deux exemples: dans les années 1970, Sils/Segl (GR) classa toute la plaine s'étendant entre le Lac de Sils et celui de Silvaplana en zone constructible. Le canton, les organisations de protection du paysage et la population reconnurent ensuite la valeur du paysage et presque toute la plaine fut à nouveau déclarée inconstructible – grâce à une loi sur la concentration des affectations qui permit en partie d'éviter les indemnités. Sils affecte dé-

sormais les terrains vagues du village à la construction et privilégie les hôtels et les résidences principales plutôt que les résidences secondaires.

À Nyon, tandis que la population a presque triplé depuis 1960, l'espace urbain n'a même pas doublé. En premier lieu grâce à des plans de quartier: affectation, indice d'utilisation, hauteur – presque tout se négocie. Comme le propriétaire peut en tirer un profit supérieur et que la commune dispose, par exemple, de la possibilité de prescrire des logements sociaux, les plans de quartier font l'unanimité. Mais l'urbaniste, présent depuis longtemps à ce poste, a joué aussi un rôle clef dans ce modèle de négociation.

Tous ces exemples sont présentés dans un livre sur le sujet. (bio)

[www.wsl.ch/etalementurbain](http://www.wsl.ch/etalementurbain)

# Cinq Confédérations helvétiques de l'avenir: des villes aux dépens des terres agricoles?

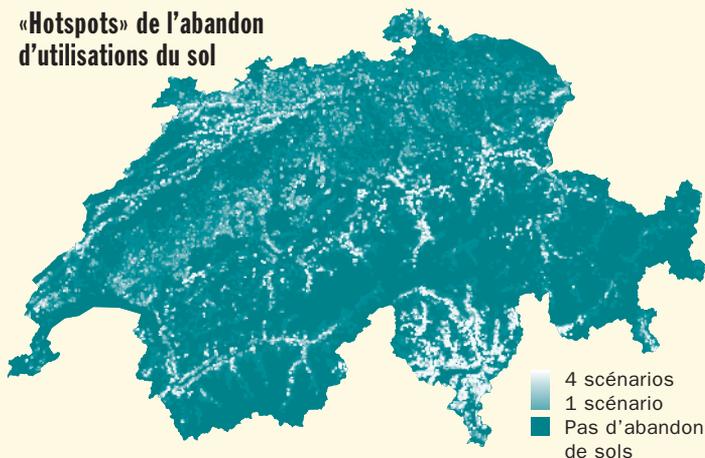
«Ce qui m'a le plus surpris, c'est la façon dont le milieu bâti continuera à s'étendre, sur le Plateau, mais aussi dans la vallée du Rhin, au Tessin et en Valais», explique Bronwyn Price, spécialiste en paysages. En collaboration avec sa collègue, Janine Bolliger, elle a élaboré cinq scénarios qui indiquent la façon dont le paysage pourrait être utilisé à l'avenir en Suisse.

Les chercheuses se sont appuyées sur cinq storylines globales – histoires modélisées qui décrivent les évolutions possibles dans les domaines économique et social, par exemple mondialisation, régionalisation ou poursuite de tendances actuelles. Elles en ont déduit cinq scénarios pour la Suisse. Leurs thématiques: ampleur de la croissance de la population, surface bâtie revendiquée par les habitants ou construction de bâtiments restant limitée ou non aux zones à bâtir actuelles. Avec le maintien de l'interdiction en vigueur de défricher la forêt dans toutes les évolutions modélisées.

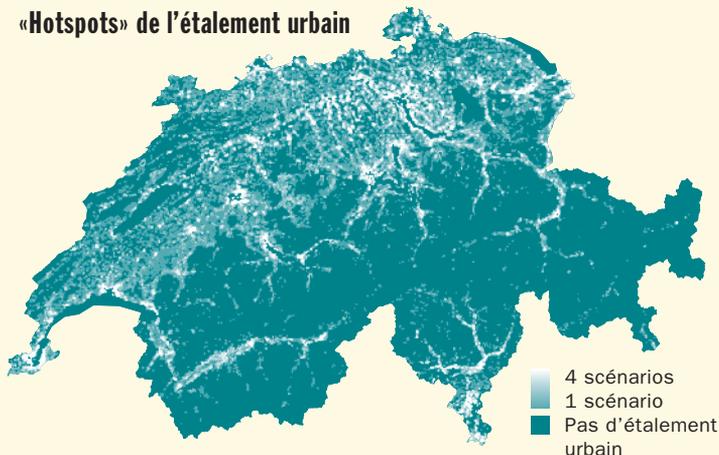
De surcroît, pour chaque hectare sur l'ensemble du pays, des modélisations visèrent à déterminer la meilleure utilisation du sol: milieu bâti, forêt, agriculture ou friches. Les chercheuses combinèrent ces informations aux storylines et calculèrent sur cette base cinq scénarios d'utilisation du sol pour l'année 2035. Pour la première fois, le développement urbain fut explicitement intégré dans la modélisation.

Sur la carte, les lieux dans lesquels l'utilisation du sol pourrait fortement évoluer, se distinguent sous forme de «hotspots». «Faute de mesures de planification à grande

## «Hotspots» de l'abandon d'utilisations du sol



## «Hotspots» de l'étalement urbain



Les surfaces claires indiquent les «hotspots», endroits où plusieurs scénarios décrivent l'abandon d'une utilisation du sol (en haut) ou un étalement urbain (en bas).

échelle mises en place par une volonté politique, l'étalement urbain ne cessera de s'étendre aux dépens des terres assolées», précise B. Price. «Dans les Alpes d'autre part, le risque est grand que des pâturages peu rentables soient abandonnés.» Grâce à ces informations, les scientifiques veulent entre autres contribuer à orienter l'aménagement du territoire pour qu'il réponde aux besoins futurs. (bzi)

Téléchargement des scénarios et de la documentation: [www.wsl.ch/morelluc-scenarios-en](http://www.wsl.ch/morelluc-scenarios-en)

## GESTION DES DANGERS NATURELS RAMMS::RISK: un nouveau logiciel indique les endroits de risque maximal quant aux dangers naturels

L'hiver en montagne, de nombreuses zones d'habitation sont menacées par des avalanches. Afin de les protéger avec efficacité et à moindre coût, les spécialistes doivent pouvoir évaluer l'ampleur escomptée des dégâts en cas d'avalanche. Au SLF, Linda Ettlin a développé un nouveau logiciel qui indique quels bâtiments sont, dans une zone donnée, exposés au risque maximal d'avalanches ou d'autres dangers naturels. Cet outil aide les spécialistes en sécurité à planifier les mesures de protection susceptibles de réduire de façon ciblée les risques particulièrement élevés.



RAMMS::RISK permet par exemple d'étudier le risque de dommages occasionnés par des avalanches dans une zone déterminée.

RAMMS::RISK repose sur une carte des intensités qui décrit par exemple la pression exercée par une avalanche potentielle sur des bâtiments. Il est possible d'établir cette carte avec RAMMS, un paquet de logiciels qui permet de calculer les avalanches, les chutes de pierres et les laves torrentielles, et d'estimer l'influence du terrain, de la forêt et des mesures de protection. RAMMS::RISK nécessite de plus un inventaire des objets menacés accompagné de plusieurs indicateurs clés concernant le bâtiment: situation exacte, valeur et type de bâtiment notamment (maison d'habitation, restaurant ou étable par exemple). Sur la base de ces données, RAMMS::RISK calcule le risque qu'encourent des personnes ou des biens de subir des dommages, tant à l'échelle d'un bâtiment que d'une zone plus étendue. De surcroît, le logiciel représente sur une carte la répartition des risques dans l'espace. «Une telle visualisation des risques simplifie la communication avec des profanes, ne serait-ce qu'avec les habitants», explique Linda Ettlin. RAMMS::RISK est intégré dans RAMMS comme module individuel. Ce nouveau logiciel permet d'analyser le risque de façon plus précise. Ainsi, on peut demander à ce que soient indiqués tous les bâtiments d'une zone d'habitation pour lesquels il faut s'attendre à plus d'un million de francs de dommage, ou encore ceux de risque maximal pour les personnes. (mhe)

[www.wsl.ch/more/ramms-fr](http://www.wsl.ch/more/ramms-fr)

# Mieux comprendre les nouveaux événements grâce aux données sur les glissements de terrain antérieurs

Lors de fortes averses en zone montagneuse, il arrive que des parties de versants se mettent à glisser. Sur des pentes raides, de prairies alpines notamment, un mélange de roche friable, de sol et de couverture végétale se détache alors, glissant ou parfois coulant vers la vallée. Souvent, de telles coulées de boue menacent non seulement les bâtiments et les voies de transport, mais aussi la population et le bétail.

Les coulées de boue sont difficiles à prévoir car différents facteurs tels que la déclivité, la saturation en eau, le type de sol et la proportion de pierres contribuent à les déclencher.

Afin de mieux comprendre l'interaction entre de tels facteurs, le WSL développe une base de données en partenariat avec l'Office fédéral de l'environnement OFEV. Celle-ci comprend les principaux paramètres qui caractérisent de nombreuses coulées de boue provenant de toutes les régions de Suisse. Dès 2016, cette base de données devrait aider chercheurs et praticiens à établir des cartes de dangers ou à détecter précocement les situations critiques. (rlä)

[www.wsl.ch/more/landslides-database](http://www.wsl.ch/more/landslides-database)

## Tiefencastel: mise en service de la plus grande station de mesures de charriage en Suisse

Le WSL a récemment construit une installation à Tiefencastel (GR) qui mesure la quantité de sédiments charriés par l'Albula. Il s'agit de la première station de ce type située sur une grande rivière de montagne suisse. Des géophones sont fixés sur des plaques d'acier dans le lit de la rivière. Ceux-ci enregistrent les signaux acoustiques émis lorsque les sédiments roulent sur les plaques. À l'aide de ces mesures, le responsable du projet, Dieter Rickenmann, souhaite mieux comprendre l'influence du débit sur le charriage des sédiments dans une rivière de montagne. Grâce à la comparaison entre les mesures effectuées près de Tiefencastel et la quantité des sédiments qui se déposent dans le lac de retenue de Solis situé en aval de la station de géophones, les chercheurs veulent



Au printemps 2015, une nouvelle station de mesures du charriage a été construite dans l'Albula près de Tiefencastel (GR).

perfectionner la méthode des mesures acoustiques sur les sédiments. Les résultats serviront aussi à mieux évaluer le danger de crues dans les rivières de montagne et à optimiser le régime de charriage à proximité des centrales hydroélectriques. (mbe)

[www.wsl.ch/more/bedload](http://www.wsl.ch/more/bedload)

## UTILISATION DURABLE DES RESSOURCES Le paysage énergétique du Grimsel: que disent les touristes?



Comment le développement de l'énergie hydraulique modifie-t-il le paysage du Grimsel? En haut: l'état actuel. En bas: le paysage une fois le mur du barrage rehaussé.

Le Grimsel – un paysage grandiose de haute montagne et un paysage énergétique de grande ampleur. Or, l'on envisage depuis longtemps de rehausser de 23 mètres l'un des murs du lac de retenue afin d'accroître la production d'électricité et la capacité de stockage. Mais les eaux plus volumineuses du lac recouvriraient alors une nature unique en son genre, à l'image des aralles séculaires. Dans une région où le paysage constitue l'attraction principale, se pose donc

la question suivante: qu'en pensent les touristes?

Sur mandat de la société exploitante de la centrale KWO, le WSL a recherché les indices de satisfaction des visiteurs face aux paysages énergétiques actuel et programmé. L'été 2012, l'équipe de Marcel Hunziker, spécialiste en sciences sociales, a sondé 1229 personnes par le biais de questionnaires. Des photomontages montrèrent la région du Grimsel avec le mur rehaussé du barrage afin de permettre une comparaison avec la situation actuelle.

Résultat de l'enquête: le paysage plairait à la majorité des touristes même si le lac de retenue était agrandi. À leurs yeux, l'attrait du paysage pâtirait certes de cette modification, mais de façon minime, et ils seraient prêts à revenir. Ceux qui, au cours d'une visite à la centrale KWO ont reçu des informations, considèrent l'agrandissement d'une façon positive. Les habitués au contraire ont tendance à le désapprouver et veulent le statu quo. D'où un désavantage possible pour une région qui souhaite promouvoir le tourisme.

Autre révélation de l'étude: les sondés ne perçoivent pas l'énergie hydraulique comme une énergie renouvelable à l'image de l'énergie éolienne ou de l'énergie solaire. Les exploitants de centrales pourraient ainsi utiliser davantage l'attitude positive de la population vis-à-vis des énergies renouvelables pour faire mieux accepter l'énergie hydraulique. (bzi)

[www.wsl.ch/more/grimsel-en](http://www.wsl.ch/more/grimsel-en)

# Le paysage comme facteur d'attrait: évaluation économique de l'avantage paysager

Un appartement avec vue sur lac, un versant ensoleillé, un espace vert à proximité immédiate – ces avantages ne sont pas gratuits, ils influent sur le loyer. Sur mandat de l'OFEV, des chercheurs du WSL se sont intéressés aux différences de prix afin de quantifier l'avantage paysager dont jouit la population résidente locale. Ils ont mis en relation les loyers de plus de 170 000 appartements suisses, avec des indicateurs de l'Observation du paysage suisse (OPS) et d'autres variables qui décrivent l'environnement des locataires. Outre des éléments positifs tels que la vue ou la proximité avec le lac, les chercheurs ont identifié des facteurs à influence négative sur la qualité du paysage perçu, et de ce fait sur le montant des loyers: bruit de la circulation ou ligne à haute tension aux alentours par exemple. Avec la tendance suivante: plus le caractère urbain est marqué, plus la valeur du paysage joue un rôle important dans

le choix du lieu de résidence. À l'aide de l'estimation portant sur plusieurs scénarios, les chercheurs ont démontré les répercussions qu'entraîneraient des interventions amélioratrices du paysage sur les loyers des quartiers avoisinants. Ils ont ainsi évalué à environ 3 % l'augmentation des loyers qui serait due à la couverture de l'autoroute à Zurich Schwamendingen. Les économistes émettent toutefois des réserves: pour la plupart des Suisses, d'autres critères – taille de l'appartement, accessibilité des lieux de travail ou encore proximité de magasins – priment sur la qualité du paysage dans le choix d'un appartement. *(mhe)*

[www.wsl.ch/more/landscape-location](http://www.wsl.ch/more/landscape-location)



En général, la proximité d'un espace vert influe sur le montant, plus élevé, du loyer de l'appartement.

A woman with glasses and a brown quilted jacket is leaning against a large tree trunk in a wooded area. She is smiling slightly. The background shows bare trees and a glimpse of a lake or water body.

Sabine Hirt, Birmensdorf

«J'ai grandi non loin du lac de retenue de Klingnau. Enfant déjà, j'aimais m'attarder près de l'eau ou longer le rivage à vélo. Aujourd'hui, je me promène parfois avec une amie, observe les oiseaux ou contemple tout simplement l'eau, en savourant le calme qui règne au bord du lac.»

#### AU SERVICE DU PERSONNEL

De l'entretien d'embauche à celui de départ: Sabine Hirt est spécialiste en ressources humaines et accompagne les collaboratrices et collaborateurs pendant leur activité au WSL. Elle doit répondre aux questions et aux préoccupations des employés des sites de Birmensdorf, Bellinzone

et Lausanne, qu'ils soient apprentis ou chercheurs. «Ce qui me plaît, ce sont les projets de grande envergure comme la participation au développement d'outils électroniques qui facilitent aussi bien notre travail que celui des collaborateurs.»

Charles Fierz, Davos

«Ce qui me plaît à Davos, c'est que, même au cœur des montagnes, on ne se sent pas du tout à l'étroit tant la vue est large. Ma famille et moi gravissons régulièrement la Stafelalp pour atteindre l'endroit où nous sommes, à la limite de la forêt. Heureusement, l'ascension commence dès le pas de notre porte.»



#### MODÉLISATION DU MANTEAU NEIGEUX

En tant que Chef du Groupe de recherche Manteau neigeux et micrométéorologie au SLF, Charles Fierz, physicien, se consacre entre autres au perfectionnement du modèle SNOWPACK. En plus de son travail à l'ordinateur, il est régu-

lièrement sur le terrain afin d'étudier le manteau neigeux. «J'attache également une grande importance à la collaboration scientifique, d'où mon engagement au sein d'organes internationaux spécialisés.»

## FINANCES

La situation financière du WSL continue d'être équilibrée. Certes les effectifs du WSL augmentent encore, mais l'Institut réussit en parallèle à accroître les fonds secondaires et à réduire nettement les provisions.

En 2014, le total des recettes s'élève à 82,2 millions de francs. Les subventions de la Confédération représentent 53,1 millions de francs (environ 65 %), tandis que 22,2 millions de francs proviennent des fonds secondaires. Sur cette dernière somme, à eux seuls les mandats de recherche de la Confédération génèrent 17,1 millions de francs: environ 3,5 millions de francs alloués à l'Inventaire forestier national, 2,5 millions de francs à l'alerte aux avalanches du WSL Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF, quelque 1,7 million de francs à la protection des biotopes suisses, 1,5 million de francs au Programme de recherche «Forêt et changements climatiques» et 2,6 millions de

francs investis dans le nouveau laboratoire de protection phytosanitaire.

Par rapport à l'année précédente, le total des charges a augmenté de près de cinq millions pour atteindre 79,8 millions de francs. Les charges liées au personnel, de l'ordre de 57 millions de francs, constituent la part la plus importante des dépenses. Elles sont en hausse de 2 millions de francs en raison de l'augmentation générale des salaires, ainsi que de l'accroissement des effectifs. À la suite de la construction du nouveau laboratoire phytosanitaire, les provisions ont diminué de plus de 6 millions et représentent désormais 8,1 millions de francs. Ce nouveau bâtiment a été inauguré à l'automne 2014 par le Conseiller fédéral Johann Schneider-Ammann en personne. Au cours de l'année 2015, le WSL mettra progressivement en service le laboratoire national de sécurité.

(Ist)

### Compte de résultats de 2014

<b>Charges</b> en milliers de francs	<b>2014</b>	<b>2013</b>
Charges liées au personnel	56 971	54 964
Charges de fonctionnement	14 686	14 800
Provisions/amortissements	8 117	14 772
<b>Total des charges</b>	<b>79 774</b>	<b>84 536</b>
<b>Produits</b> en milliers de francs	<b>2014</b>	<b>2013</b>
Subventions de la Confédération	53 106	55 041
Centre de compétences CCES	969	576
Fonds secondaires:	22 269	20 896
Aide à la recherche	3 981	3 916
Mandats de recherche de la Confédération	17 060	16 189
Programmes de recherche européens	1 228	791
Fonds de tiers	3 035	3 292
Divers produits	2 825	2 890
<b>Total des produits</b>	<b>82 204</b>	<b>82 695</b>

## PERSONNEL

En 2014, les effectifs du WSL sont légèrement en hausse, avec 540 collaborateurs dont quatre de plus qu'en 2013. Cette progression touche surtout le personnel scientifique qui s'accroît de 24 collaborateurs. La baisse affecte en revanche les secteurs technique – sept personnes en moins – et administratif – une personne en moins –, ainsi que les stagiaires qui en comptent douze de moins. Environ 30 % des effectifs du WSL viennent de l'étranger et 88 % d'entre eux de l'Union européenne. La proportion de femmes a augmenté pour atteindre 37,4 %, soit douze collaboratrices supplémentaires.

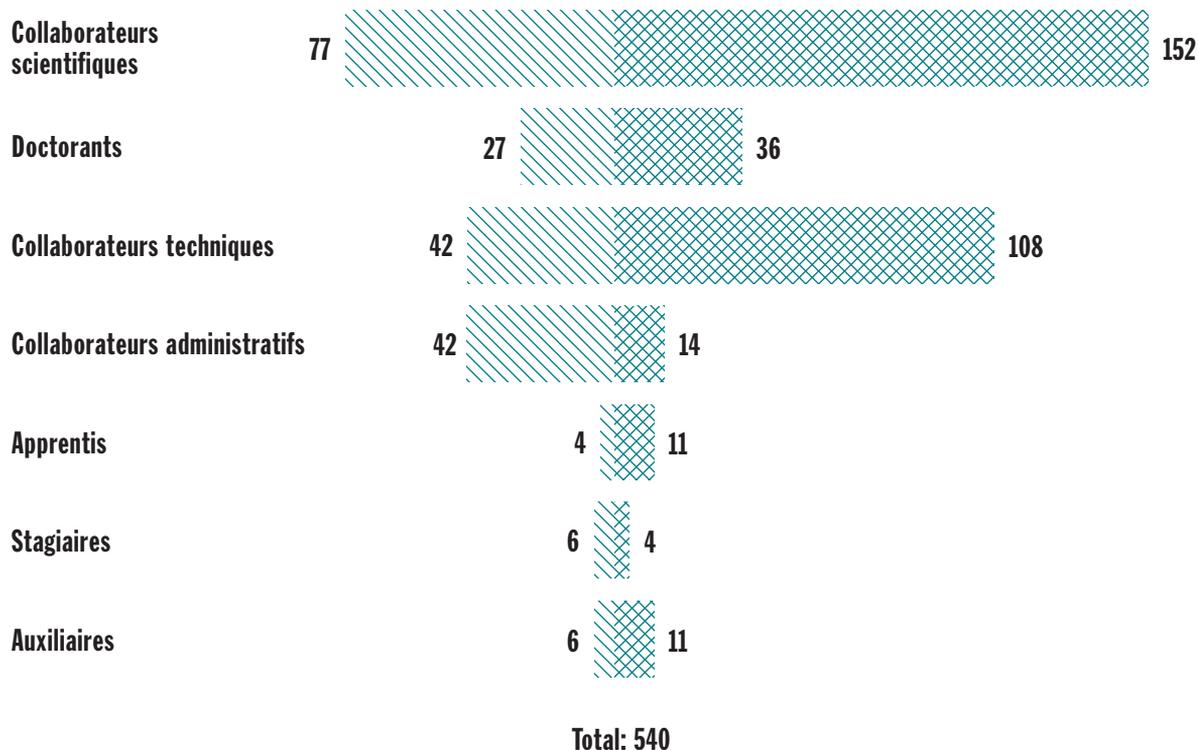
Pour le WSL, la collaboration internationale dans le domaine de la recherche et le transfert de connaissances sont primordiaux. C'est la raison pour laquelle l'Institut de recherches soutient des chercheurs extérieurs grâce à des bourses (fellowships), afin que ceux-ci, accueillis au WSL, aient le temps de développer et de

réaliser de nouveaux projets en partenariat avec des collaborateurs du WSL. La première attribution de bourses a eu lieu en 2014. Parmi les nombreux candidats, la Direction en a sélectionné trois et se réjouit d'accueillir les premiers boursiers cette année.

Pour assurer la relève, le WSL propose une vaste gamme d'activités. Lors de la Journée «Futur en tous genres» et de la Journée internationale de la forêt, environ 100 enfants ont pu découvrir les coulisses de la recherche. De surcroît, le WSL élabore actuellement un programme de formation environnementale destiné aux écoles de la région de Birmensdorf. En 2014, les premières classes bénéficiaires de ce programme ont déjà visité l'Institut de recherches. Une édition de «World Cafés» a permis également à des lycéens de discuter avec des chercheurs de leur travail. *(Ist)*

### Nombre de personnes en 2014

Femmes Hommes



## INDICATEURS-CLÉS

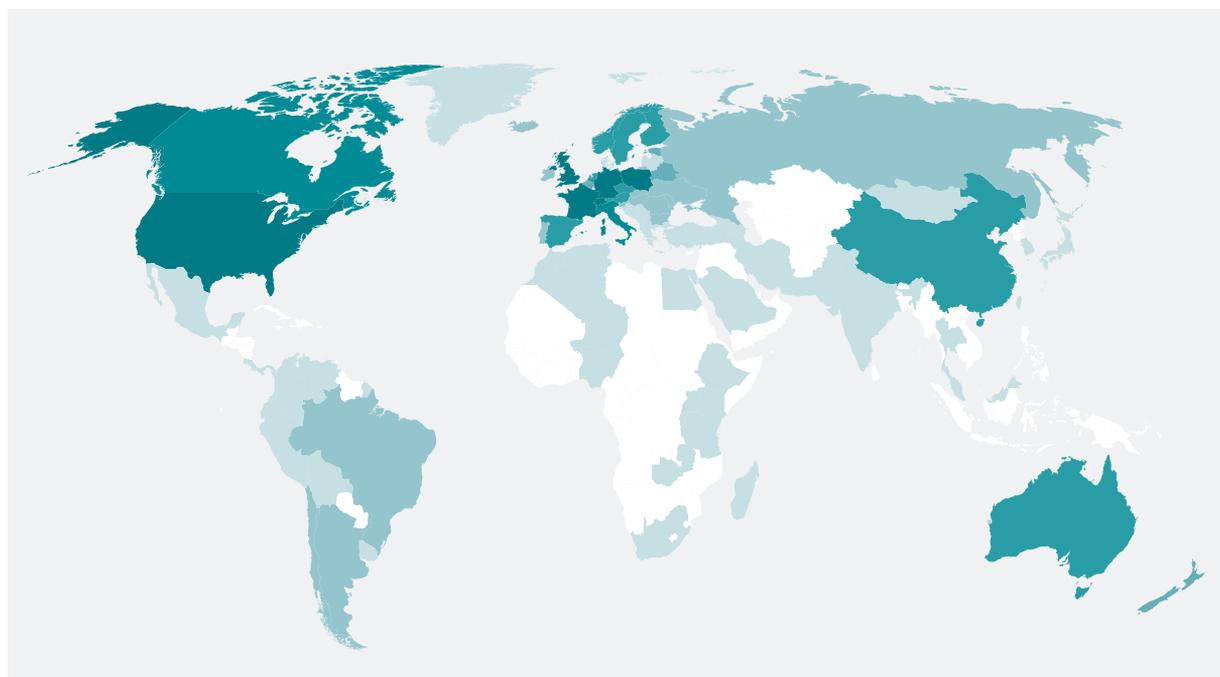
L'évolution de nombreux indicateurs-clés du WSL incite à l'optimisme. En 2014, les chiffres ont en effet une fois de plus dépassé les valeurs de l'année précédente. Ainsi, par rapport à 2010, les fonds obtenus auprès de tiers (plus 12 %, soit 26,27 millions de francs), les articles de vulgarisation (plus 20 %, soit 378), les publications ISI (plus 49 %, soit 405) ou les citations (plus 85 %, soit plus de 13 300 au total) ont augmenté parfois de façon importante. Le nombre moyen de citations par article, à hauteur de 8,92, a plus que doublé au cours des cinq dernières années.

Au fil des décennies, plusieurs générations de scientifiques du WSL ont constitué un réseau mondial de recherche. Sur les cinq dernières années, nos chercheurs ont collaboré à des publications avec des partenaires issus de 99 pays, ce qui correspond à plus de la moitié des États

membres des Nations-Unies qui sont au nombre de 193. Le plus souvent, les chercheurs du WSL travaillent en partenariat avec des collègues d'Allemagne. Avec 331 articles, ces contacts représentent près de 21 % des publications du WSL. Viennent ensuite les États-Unis, la France puis l'Italie avec respectivement 281, 231 et 156 contributions.

La présence du WSL en Afrique est le résultat de l'engagement de notre Directeur. Celui-ci a participé à «State of the Climate in 2012». Il s'agit d'un rapport d'évaluation sur le changement climatique mondial, émis par le National Climatic Data Center NCDC qui relève de l'Agence américaine océanographique et atmosphérique NOAA. Ce rapport a fait l'objet d'une collaboration entre 385 chercheurs issus de 52 pays. *(hcb)*

### Nombre de publications ISI



Activités internationales de publication des chercheurs du WSL dans le cadre de partenariats à l'échelle planétaire, cumulées sur les cinq dernières années. Plus la couleur est foncée, plus la collaboration pour des publications est fréquente. Les valeurs sont issues du Web of Science, une base de données réalisée hebdomadairement par Thomson Reuters. Les chiffres utilisés datent du 11 février 2015 (<https://apps.webofknowledge.com>).

Nombre de publications ISI

>200	25-49
100-199	10-24
50-99	1-9



Le profil du sol révèle l'exposition ou non d'un sol à des contraintes mécaniques. La couleur gris bleu indique que l'air ne circule plus à cet endroit, donc que les fonctions du sol sont perturbées.

Un sol ne se réduit pas à son aspect parfois sale. Nos sols remplissent de nombreuses fonctions indispensables à la vie sur Terre: stockage de l'eau et des nutriments, apport aux plantes d'un substrat nécessaire à leur croissance, rôle important dans le cycle du carbone. Une exploitation erronée ou des apports de polluants menacent ces fonctions pédologiques. Comment préserver nos sols? Qu'advient-il d'eux si le climat change? Et comment nous protéger face à des sols qui se mettent à glisser? Le prochain numéro de DIAGONALE montrera la façon dont le WSL examine de telles questions et élabore des solutions.

Possibilité de s'abonner gratuitement à DIAGONALE: [www.wsl.ch/diagonale](http://www.wsl.ch/diagonale)

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

## IMPRESSION

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

Texte et rédaction:  
Hans-Caspar Bodmer (hcb), Lisa Bose (lbo), Kathrin Brugger (kbr), Sandra Gurzeler (sgu), Martin Heggli (mhe), Christine Huovinen (chu), Reinhard Lässig (rlä), Birgit Ottmer (bio), Ludwig Stecher (lst), Bärbel Zierl (bzi)

Direction rédactionnelle:  
Lisa Bose, Kathrin Brugger, Christine Huovinen, [diagonal@wsl.ch](mailto:diagonal@wsl.ch)

Traduction et relecture: Jenny Sigot Müller, WSL; Philippe Domont, Zurich

Maquette:  
Raffinerie AG für Gestaltung, Zurich

Impression: Sihldruck AG, Zurich

Tirage: 1500 exemplaires, deux numéros par an. Le Magazine du WSL DIAGONALE paraît aussi en allemand.

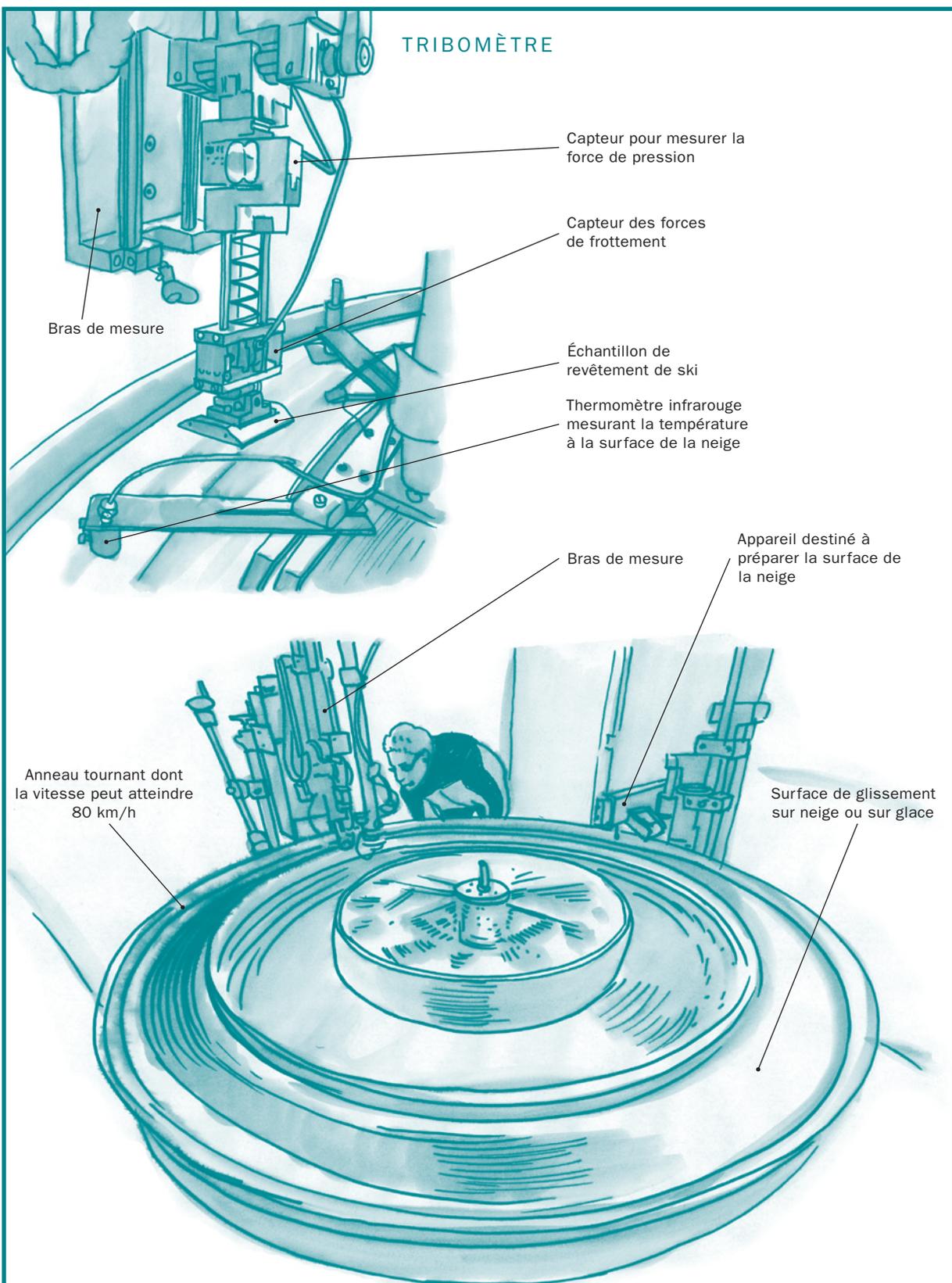
Référence bibliographique:  
Institut fédéral de recherches WSL  
2015: Magazine du WSL Diagonale, 1 / 15. 36 p. ISSN 2296-3596

## PERSONNES



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

## TRIBOMÈTRE



Anneau tournant dont la vitesse peut atteindre 80 km/h

Capteur pour mesurer la force de pression

Capteur des forces de frottement

Bras de mesure

Échantillon de revêtement de ski

Thermomètre infrarouge mesurant la température à la surface de la neige

Bras de mesure

Appareil destiné à préparer la surface de la neige

Surface de glissement sur neige ou sur glace

Un laboratoire réfrigéré du SLF abrite le tribomètre. Cet appareil mesure les forces de frottement à l'œuvre lors du contact entre un échantillon de matériau et une surface mobile de glace ou de neige. Ainsi, les chercheurs peuvent examiner la qualité de glisse, sur neige ou sur glace, des revêtements de ski et des patins issus de divers matériaux, ou encore étudier l'amélioration, par le fartage, des propriétés de glissement des skis.

Vidéo à l'adresse: [www.wsl.ch/schmilblick](http://www.wsl.ch/schmilblick)





**Dangers naturels:** estimation du risque auquel les bâtiments sont exposés, p. 26

## SITES

### **Birmensdorf**

Institut fédéral de  
recherches WSL  
Zürcherstrasse 111  
CH-8903 Birmensdorf  
Téléphone 044 739 21 11  
Fax 044 739 22 15  
wslinfo@wsl.ch  
www.wsl.ch

### **Davos**

WSL Institut pour l'étude de  
la neige et des avalanches SLF  
Flüelastrasse 11  
CH-7260 Davos Dorf  
Téléphone 081 417 01 11  
Fax 081 417 01 10  
contact@slf.ch  
www.slf.ch

### **Lausanne**

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

### **Bellinzona**

Institut fédéral de  
recherches WSL  
Via Belsoggiorno 22  
CH-6500 Bellinzona  
Téléphone 091 821 52 30  
Fax 091 821 52 39  
info.bellinzona@wsl.ch  
www.wsl.ch/bellinzona

### **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

## 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, Bellinzona, 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.

