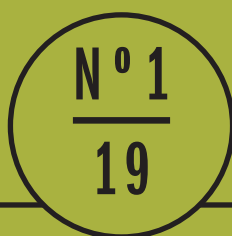


MAGAZINE DU WSL

# DIAGONALE

THÈME CENTRAL

## La biodiversité sous pression



**Espaces sauvages:**  
où existent-ils encore  
en Suisse? p. 24

**Chauves-souris:**  
leurs couloirs de vol  
sont calculables, p. 29

**Avalanches:** première  
cartographie globale  
par satellites, p. 31

Chère lectrice, cher lecteur,  
En tant que climatologue, j'étudie l'évolution de la calotte glaciaire du Groenland, et quiconque m'a déjà rencontré une fois sait que le changement climatique m'inquiète profondément: la hausse du niveau des océans, les événements météorologiques extrêmes ou l'extension des déserts menacent l'existence de millions de personnes. Mais la biodiversité évolue elle aussi sur fond de changement climatique.

Dans ce Magazine, nous vous présentons la façon dont nous étudions et documentons la biodiversité et ses modifications – qu'elles soient causées par le changement climatique ou les activités humaines. La société peut et même doit utiliser ces connaissances pour compenser les pertes.

À l'échelle internationale, des chercheurs du monde entier s'engagent au sein de la Plate-forme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES). Sur le modèle du GIEC sur l'évolution du climat où je m'implique également depuis de nombreuses années, ils compilent toutes les connaissances sur la biodiversité. Je suis heureux que des spécialistes du WSL apportent aussi leur pierre à cet édifice.



Konrad Steffen, prof.  
Directeur du WSL



# Biodiversité



## FONDEMENTS DE LA VIE

La biodiversité n'est pas seulement utile, elle a aussi une valeur idéologique. Des chercheurs du WSL étudient ce que requiert la protection de la diversité naturelle.

→ **2**

## THÈMES-CLÉS

**20** FORÊT

**24** PAYSAGE

**28** BIODIVERSITÉ

**30** DANGERS NATURELS

**32** NEIGE ET GLACE



## LES LICHENS À LA LOUPE

Il y a 20 ans, plus d'un tiers des espèces de lichens en Suisse étaient classées comme «menacées» sur la Liste rouge. Un nouveau relevé doit mettre en lumière la situation actuelle de ces organismes.

→ **8**



## HABITATS EN LABORATOIRE

Quelle doit être la richesse de la diversité pour qu'un écosystème continue à fonctionner? Des chercheurs du WSL souhaitent répondre à cette question à l'aide d'expériences mettant en scène des cloportes, des escargots et des vers de terre.

→ **12**



## UNE-DEUX

Silva Semadeni, conseillère nationale, sur la protection de la biodiversité en Suisse: «Des mesures radicales seraient nécessaires.»

→ **16**

## PORTRAITS

**19** Jeannette Nötzli, géographe

**27** Hajar Hoseyni, apprentie en informatique

**34** Marcus Schaub, spécialiste en écophysiologie

**35** IMPRESSUM, À L'HORIZON

**36** LE SCHMILBLICK:  
piège à insectes automatique



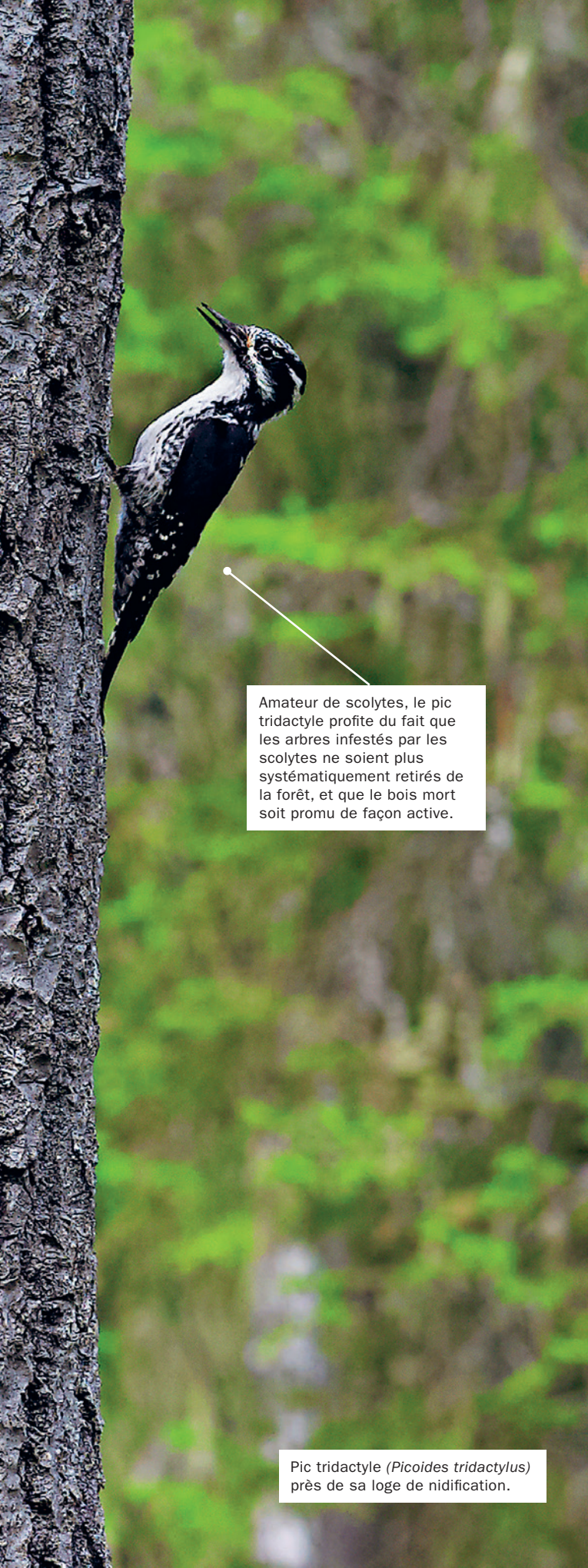
BIODIVERSITÉ L'être humain est tributaire de la diversité naturelle. Les chercheurs du WSL étudient la façon de la protéger.

# Pourquoi la biodiversité nous concerne tous

Lorsque dans le sillage d'une tempête, les forestiers réduisent les travaux de déblaiement dans les peuplements et tolèrent plus d'arbres infestés par les scolytes, ils compensent en majeure partie la perte potentielle d'habitats du pic tridactyle.

Un programme de recherche du WSL a démontré, sur la base de calculs de modélisation, que les surfaces des pessières en montagne diminuaient avec le changement climatique. Pour cette raison, l'habitat du pic tridactyle se réduira probablement d'environ un cinquième en Suisse d'ici 2050.





Amateur de scolytes, le pic tridactyle profite du fait que les arbres infestés par les scolytes ne soient plus systématiquement retirés de la forêt, et que le bois mort soit promu de façon active.

Pic tridactyle (*Picoides tridactylus*) près de sa loge de nidification.

Photo: Markus Varesvuo

La diversité est belle: nous préférons, pour la plupart, une prairie fleurie colorée de rouge, de bleu, de jaune et de blanc à un champ monotone, une forêt riche en espèces et bien structurée à une plantation d'épicéas homogène. Nous sommes nombreux également à nous réjouir de l'observation d'un oiseau rare. Des millions et des millions d'organismes de toutes formes, couleurs et tailles peuplent la Terre et enrichissent notre univers d'expériences. Or bien des organismes vivants sont aujourd'hui menacés ou disparaissent à une vitesse inédite de notre planète. C'est la raison pour laquelle les chercheurs parlent déjà de la sixième extinction massive de l'Histoire de la Terre.

En Suisse aussi, le tableau est sombre pour la diversité biologique. La moitié des habitats et un tiers des espèces sont menacés, nettement plus que dans la plupart des pays de l'UE, écrit l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) en 2017 dans le rapport «Biodiversité en Suisse: état et évolution». «Les espèces spécialisées écologiquement et les espèces rares notamment vont mal», précise Rolf Holderegger, chef de l'Unité de recherche du WSL Biodiversité et biologie de la conservation. Elles dépendent souvent d'habitats particuliers à l'image des prairies sèches, des bas-marais et des hauts-marais – or ces habitats ne cessent de perdre en qualité et en surface.

Les trois niveaux de la biodiversité sont concernés: les espèces, les habitats et la diversité génétique, déterminante pour la capacité d'adaptation et la survie à long terme de toutes les espèces. La situation est la plus critique dans les terres agricoles où l'exploitation intensive et les nutriments répandus par voie aérienne détériorent de précieux habitats. Le

bilan est plus positif dans les forêts avec, en maints endroits, davantage d'arbres morts restant sur pied ou à terre, et une forêt exploitée selon des méthodes proches de la nature.

## **Bien plus que du miel**

Il est prouvé que des écosystèmes variés fournissent de meilleures prestations importantes, appelées prestations écosystémiques, que ceux qui sont uniformes: les abeilles sauvages pollinisent les plantes utiles; les organismes du sol veillent à la présence de sols sains; les forêts assainissent l'air et l'eau, influencent le climat positivement et protègent des crues et des avalanches. La perte de biodiversité occasionne des coûts économiques: pour l'UE, ceux-ci sont estimés à environ 4 % du produit intérieur brut d'ici à 2050.

La Constitution fédérale (art. 78), ainsi que des contrats internationaux à l'image de la Convention sur la diversité biologique (CBD), prescrivent la protection de la diversité biologique – mais pas seulement pour des raisons d'utilité ou de coûts. «Pour de nombreuses personnes, la diversité biologique possède une valeur intrinsèque indépendamment de son utilité», explique Uta Eser. Cette dernière, qui dirige un bureau d'éthique environnementale à Tübingen, se concentre sur les questions éthiques liées à la diversité biologique. La gestion de la biodiversité dispose d'une composante morale forte. L'équité envers les générations futures, ainsi qu'envers les habitants actuels les plus pauvres de la planète qui souffrent le plus des conséquences de l'érosion de la diversité, représente «le cœur de la Convention sur la biodiversité», affirme-t-elle.

## **Le travail d'accompagnement fourni par les chercheurs**

C'est dans ce contexte moral tendu que travaillent les chercheurs du WSL. «La biodiversité n'est pas un état figé, mais un objectif sociétal», indique Rolf Holderegger. On peut par exemple entretenir une prairie en vue de favoriser les espèces rares, ou la laisser telle quelle afin de laisser libre cours aux processus naturels comme le reboisement. Quel est l'objectif souhaité? C'est à la population et à la politique d'en décider. «Nous, chercheurs, pouvons émettre des recommandations pour atteindre cet objectif, et fournir les bases scientifiques révélant ce qui se passe lors d'interventions déterminées.»

La recherche du WSL sur la biodiversité commença dans les années 1970 avec des inventaires et une surveillance à long terme (monitoring) d'espaces naturels particulièrement précieux. À ce jour, le WSL suit de près – en partie sur la base de mandats légaux de la Confédération – l'évolution de marais, de prairies et pâturages secs, de zones alluviales, de sites de reproduction des batraciens ainsi que de réserves forestières naturelles. Il exploite également les deux bases de données nationales sur les champignons et les lichens (voir la page 8). De tels monitorings documentent les modifications des populations d'espèces. Ils indiquent quelles mesures de protection sont nécessaires, ou précisent l'efficacité de celles-ci.

Mais des relevés de populations ne suffisent pas à eux seuls. Étant donné l'évolution permanente des conditions de vie et de l'environnement, il faut aussi connaître les processus sources d'accroissement ou au contraire de disparition de la diversité. Une forêt richement structurée résiste-t-elle mieux aux tempêtes plus fréquentes? Quel est l'impact des autoroutes sur la diversité génétique

Pour de plus amples informations concernant la recherche sur la biodiversité au WSL: [www.wsl.ch/biodiversite](http://www.wsl.ch/biodiversite)






Somptueux tableau coloré à la lisière d'un champ de colza. C'est dans les terres agricoles que la pression sur la diversité biologique est à son paroxysme.

des animaux migrateurs? Comment les espèces se sont-elles adaptées aux habitats et à quelle vitesse, notamment sur fond de changement climatique?

En répondant à de telles questions, le WSL fournit aux responsables au sein de la Confédération, des cantons et des communes, les bases pour des mesures visant à stopper l'érosion de la biodiversité. Dans le cadre d'entretiens personnels et d'exposés, les chercheurs mènent aussi un travail de persuasion. Souvent, ce ne sont pas les connaissances sur les actions nécessaires qui font défaut, mais la volonté politique, juge R. Holderegger. La protection de la nature demande de l'argent et qu'on lui consacre une place. Or, les deux sont limités.

Le biologiste plaide de ce fait pour plus de diversité dans le cadre de la protection de la biodiversité. Là où c'est possible, il faudrait donner la priorité à la nature; des espaces sauvages devraient ainsi voir le jour ou une exploitation extensive donner lieu à davantage de biodiversité. À d'autres endroits, les activités récréatives ou l'utilisation de l'espace par l'être humain peuvent parfois prédominer. Ainsi serait garantie la présence d'habitats offrant tous les niveaux de qualité. En effet: «Seule la diversité est source de diversité.» (bki)





Les mottes de pelouse d'un m<sup>2</sup> de surface ont été emballées dans des sacs de conteneurs, puis transférées à plus basse altitude par hélicoptère.

À 1400 mètres d'altitude, les chercheurs ont enlevé la végétation à différents endroits pour y introduire des plantes qui poussaient à 2100 mètres d'altitude. L'objectif est de montrer le développement de plantes issues d'altitudes supérieures en l'absence d'une végétation concurrentielle de 1400 mètres d'altitude.





Des chercheurs du WSL et de l'EPF de Zurich ont transplanté 80 mottes de pelouse prélevées à 2100 mètres d'altitude puis transportées dans des prairies de montagne situées à plus basse altitude, soit 2000, 1800, 1600 et 1400 m. L'expérience vise à démontrer les impacts de différentes conditions climatiques sur les plantes, les sols, les insectes herbivores et la faune du sol.

Calanda près de Haldenstein (GR), 1400 mètres d'altitude.



CENTRES DE DONNÉES **À la recherche des lichens en forêt.**  
Des collaborateurs du WSL recherchent actuellement les lichens dans les forêts suisses. Leurs données serviront de base à la révision de la Liste rouge des espèces de lichens menacées.

Concentré, Michael Dietrich examine l'écorce de l'arbre à la loupe, centimètre par centimètre. Malgré le temps froid et brumeux, cela fait déjà dix minutes qu'il est accroupi devant un épicéa imposant. De temps en temps, il gratte prudemment l'écorce avec un couteau pour en détacher un petit morceau qu'il laisse ensuite tomber dans une enveloppe. Quand il en a terminé avec cet arbre, il s'attaque au suivant, épicéa également. M. Dietrich est expert en lichens. Jusqu'à l'été 2021, il examinera, aux côtés de quatre autres collaborateurs du WSL, 500 parcelles forestières pour y trouver des lichens. Les placettes relèvent de l'Inventaire forestier national IFN et sont disséminées dans toute la Suisse. Sur ces placettes d'observation permanente – de 500 mètres carrés chacune, soit de la taille de deux terrains de tennis environ –, les experts observent chaque arbre à la loupe. «Cela peut vite durer de cinq à six heures», explique M. Dietrich.

Une vingtaine d'années auparavant, M. Dietrich recherchait déjà des lichens sur la même placette. Les données de ces relevés furent intégrées dans la première Liste rouge des lichens épiphytes et terricoles menacés en Suisse, publiée



Michael Dietrich est l'un des cinq spécialistes qui collectent des données sur le terrain en vue de la révision de la Liste rouge des lichens.

Photo: Lisa Bose, WSL



en 2002 par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Près de 40 % des espèces de lichens étudiées furent alors classées comme menacées, signal d'alarme montrant que la diversité des organismes peu visibles était aussi en péril – dans le cas des lichens, il s'agit d'une biocénose composée d'un champignon et d'au moins une algue verte ou d'une cyanobactérie. Même s'ils sont peu spectaculaires la plupart du temps, les lichens offrent habitat et nourriture à différents animaux; ils sont d'excellents indicateurs de la qualité de l'air ou des révélateurs de forêts ayant fait l'objet d'une exploitation proche de la nature sur une longue période.

La Liste rouge des lichens est désormais révisée afin que l'évolution de la fréquence des espèces depuis 2002 apparaisse – et M. Dietrich se tient à nouveau dans la forêt de montagne abrupte en amont d'Emmetten, dans le canton de Nidwald. Aujourd'hui, exceptionnellement, il n'est pas seul. Silvia Stofer, biologiste du WSL, qui coordonne la révision de la Liste rouge des lichens au WSL, l'accompagne en cette matinée d'octobre. «J'aime aussi être sur place pour les premières interventions sur le terrain, dans le cadre d'un nouveau projet; nous pouvons ainsi dissiper tout de suite les doutes éventuels concernant la récolte des données», explique-t-elle. M. Dietrich lui demande de le rejoindre, il a découvert quelque chose de spécial. Sur l'arbre qu'il est en train d'examiner poussent de petites fructifications à hauteur de visage. «C'est clairement *Lecanactis abietina*», se réjouit-il, l'espèce est relativement rare en Suisse.

Après le travail sur le terrain, M. Dietrich emporte les enveloppes avec les petits bouts d'écorce au laboratoire du WSL à Birmensdorf. S. Stofer et ses collaborateurs y analysent les lichens qui, sur place, ne sont pas identifiables avec certitude – et il s'agit de nombreuses espèces parmi les 786 espèces de lichens



*Lecanactis abietina* pousse sur les vieux résineux des régions des Préalpes où les précipitations et le brouillard sont fréquents.

épiphytes et terricoles recensées en Suisse. S. Stofer retire minutieusement un petit bout d'écorce d'une enveloppe et observe les lichens présents au microscope. La détermination de l'espèce est tout sauf simple. «La taille et la forme des spores ou la forme des asques dans lesquelles se trouvent les spores, donnent souvent une indication sur l'espèce en question», précise S. Stofer. Les lichens doivent toutefois porter des fructifications. Si ce n'est pas le cas, des analyses chimiques des substances lichéniques peuvent alors fournir une aide.

Pour de plus amples informations sur les deux centres de données et d'informations du WSL: [www.swisslichens.ch](http://www.swisslichens.ch) et [www.swissfungi.ch](http://www.swissfungi.ch)

## **Les centres de données relient chercheurs et praticiens**

Une fois les espèces de lichens déterminées, toutes les données récoltées par M. Dietrich sur le terrain – lieu de croissance, habitat ou taille de la population de lichens notamment –, sont intégrées dans l'ordinateur et de ce fait dans le Centre de données et d'informations SwissLichens au WSL. SwissLichens donne un aperçu de la répartition et de la fréquence de toutes les espèces lichéniques connues en Suisse et sert de base pour définir le degré de protection des différentes espèces sur la Liste rouge. Les données sont publiques. «L'un des objectifs de SwissLichens est de rendre accessibles à un vaste public les connaissances sur la répartition, l'écologie des lichens et la menace qui pèse sur eux», déclare S. Stofer, la Directrice du Centre de données.

En plus de SwissLichens, le WSL abrite SwissFungi, le Centre national de données et d'informations sur les champignons de Suisse. SwissLichens et SwissFungi sont rattachés à InfoSpecies, l'organisation faîtière des centres nationaux de données et d'informations. À l'image des lichens, il existe aussi une Liste rouge pour les champignons supérieurs – des champignons dont les fructifications sont reconnaissables à l'œil nu. Elle est parue en 2007 pour la première fois. Environ un tiers des espèces étudiées ont alors été classées comme espèces menacées. Cette liste doit également être révisée. Andrin Gross, qui dirige SwissFungi, clarifie à l'heure actuelle les méthodes de saisie de données à utiliser dans ce cadre.

## **Organismes vivants sensibles**

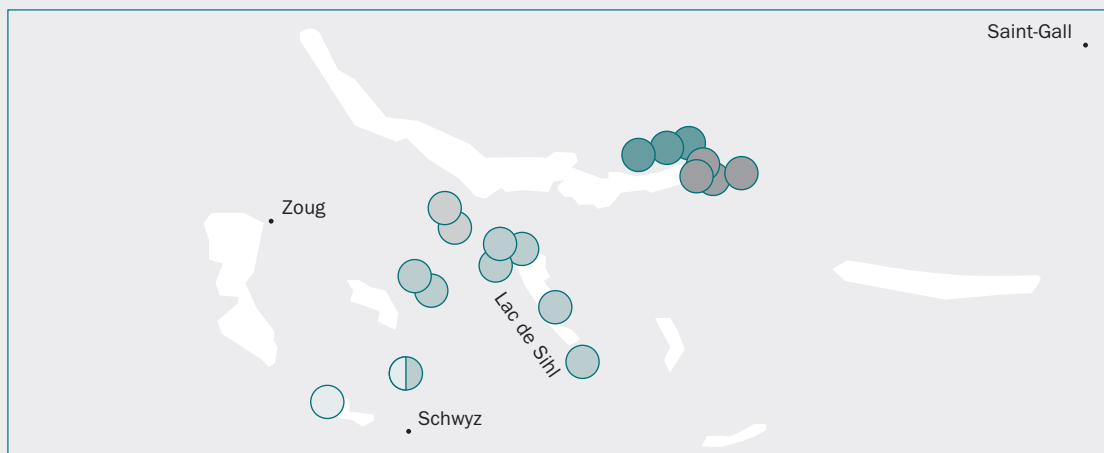
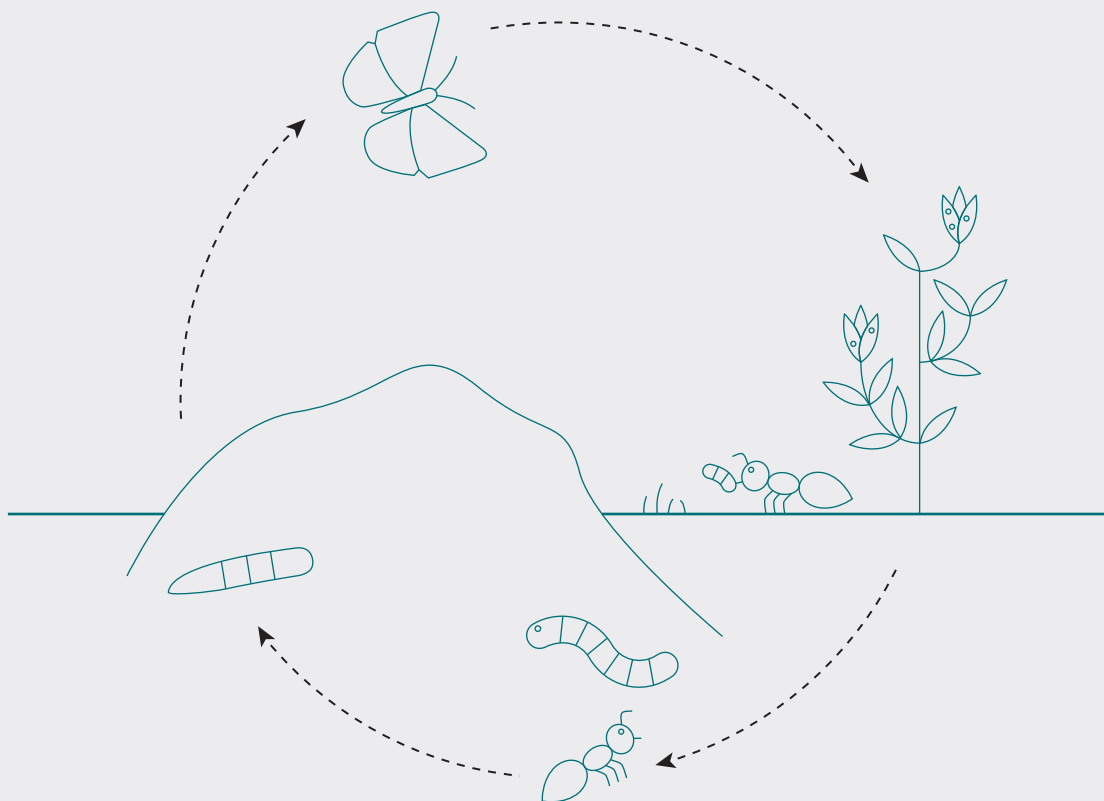
Venant s'ajouter aux recherches méticuleuses sur les placettes IFN, des visites exploratoires sont effectuées sur le terrain dans quatorze zones sélectionnées de Suisse qui couvrent chacune une surface de 20 x 20 kilomètres. L'objectif est le suivant: recenser sur ces surfaces le plus de lichens possibles relevant d'habitats rares – prairies sèches, exploitées de façon extensive, ou forêts de ravins par exemple.

La Liste rouge des lichens est-elle aujourd'hui plus longue ou plus courte qu'auparavant? «Nous le saurons après l'évaluation des données», précise Silvia Stofer. Elle s'attend à des modifications de la fréquence des espèces car les lichens étaient exposés à d'autres influences il y a vingt ans. Ainsi, alors que des thématiques telles que les pluies acides étaient naguère d'actualité, il est question aujourd'hui de changements climatiques et de charges élevées d'azote dans l'environnement. «J'imagine qu'à l'heure actuelle, les espèces lichéniques qui supportent bien les apports en azote atmosphérique, sont plus fréquentes qu'il y a vingt ans», explique-t-elle. Combien de lichens épiphytes et terricoles de Suisse sont effectivement menacés, voire au bord de l'extinction? La Liste rouge révisée le montrera. Elle sera publiée en 2022. *(lbo)*



## INFOGRAPHIQUE Azuré des mouillères: de nombreux facteurs à réunir pour que le papillon puisse voler

L'azuré des mouillères (*Phengaris alcon*) se limite aux marais où pousse soit la gentiane pneumonanthe, soit la gentiane asclépiade, sur laquelle il dépose ses œufs. Il faut de surcroît la présence de l'une des deux espèces de myrmicinae. C'est à l'aide de senteurs que la chenille du papillon leurre les fourmis. Celles-ci la prennent pour l'une de leurs propres larves et la portent dans leur fourmilière où elles la nourrissent jusqu'à ce que la chenille se nymphose et se métamorphose ensuite en papillon.



L'azuré des mouillères ne vole que sur de courtes distances. Grâce à des analyses ADN, le WSL a cherché à savoir si les azurés des mouillères de différents marais s'accouplaient. Des échanges génétiques entre les populations semblent surtout avoir lieu dans la région aux alentours du Lac de Sihl. Pour la conservation à long terme des populations isolées des autres régions, des mesures efficaces de mise en réseau sont nécessaires.



# Dévoreurs de feuillage à l'œuvre: qui fait quoi? Quelle richesse en biodiversité faut-il pour qu'un écosystème fonctionne? C'est ce qu'étudient des chercheurs du WSL en reconstituant la nature en laboratoire



Dans des parties de tuyaux en plastique, des cloportes se fraient rapidement un chemin à travers des feuilles mortes. Dans d'autres, des vers de terre creusent de petits tunnels dans la terre, ou des escargots rampent le long des parois. Ces animaux font partie d'une expérience effectuée au WSL par Simone Fontana, post-doctorant, et Yumi Bieri, stagiaire sous la direction de Marco Moretti. Dans des chambres climatisées, ils ont installé des habitats miniatures, des mésocosmes. «Ceux-ci doivent nous permettre d'étudier les impacts des modifications de la biodiversité sur les écosystèmes», explique S. Fontana.

Plus concrètement, les chercheurs veulent savoir quelle influence ont la disparition d'espèces et les changements dans la composition des espèces sur la dégradation du feuillage qui recouvre le sol forestier, c'est-à-dire sur la litière. Les invertébrés à l'image des cloportes, des vers de terre et des escargots ont alors un rôle clef. Ils dévorent les feuilles tombées à terre et les broient, permettant ensuite à des organismes plus petits tels que les bactéries et les champignons de continuer la décomposition. Les nutriments provenant des feuilles mortes sont ainsi réintroduits dans le sol où les plantes les absorbent via leurs racines et les utilisent pour leur croissance.

La dégradation de la litière joue ainsi un rôle déterminant dans l'écosystème forestier, diverses espèces assurant alors différentes fonctions. Mais du



Simone Fontana, post-doctorant, irrigue les habitats miniatures où il étudie la décomposition du feuillage causée par les vers de terre, les escargots et les cloportes.



fait du changement climatique et d'autres impacts anthropiques, la biodiversité diminue au niveau mondial. «Des fonctions importantes disparaissent dès lors de nombreux écosystèmes», indique S. Fontana. Est-ce également le cas lors de la décomposition du feuillage en forêt? C'est ce que S. Fontana souhaite découvrir. La décomposition fonctionne-t-elle encore lorsqu'une ou plusieurs espèces viennent à manquer? Et quel est le rôle joué par les différentes espèces dans le système?

S. Fontana souhaite répondre à ces questions à l'aide des mésocosmes en laboratoire. Il n'est certes pas possible d'y reproduire la complexité de la nature – mais ce n'est pas non plus l'objectif. «L'avantage des expériences en laboratoire est de bien pouvoir distinguer les différents facteurs dans le système».

Et c'est exactement ce que fait le post-doctorant: dans une première étape, il réduit la complexité. Dans chacun des 189 mésocosmes – morceaux de tuyaux d'écoulement de 30 cm de haut –, il n'introduit qu'une seule espèce animale, prise parmi les trois, escargots, vers de terre ou cloportes. «Nous découvrons ainsi quelle est la quantité de feuillage décomposée séparément par chacune des espèces», explique S. Fontana. Les tuyaux sont remplis d'une couche de terre de 20 cm d'épaisseur, recouverte exactement de 5 grammes de feuillage de bouleau, d'érable ou des deux essences réparties à parts égales.

Pour en savoir plus  
sur les habitats  
miniatures (en  
anglais):  
[www.wsl.ch/  
devoreurs-de-feuillage](http://www.wsl.ch/devoreurs-de-feuillage)

### **Quelle quantité de feuillage est dévorée par chaque espèce?**

Si après plusieurs semaines, environ la moitié du feuillage a été dégradée, S. Fontana et Y. Bieri arrêtent l'essai et pèsent le nombre de grammes décomposés par chaque espèce. Ces connaissances servent de base aux chercheurs pour augmenter progressivement la complexité dans les expériences ultérieures et combiner deux ou plusieurs espèces ou groupes d'animaux. Une question se pose alors: lorsqu'ils agissent ensemble, ces animaux sont-ils capables de dégrader plus de feuillage que la somme des grammes de feuillage décomposés séparément par les différentes espèces? Ce phénomène qualifié de complémentarité survient souvent dans des écosystèmes où des espèces se complètent lorsqu'elles assument une fonction précise. La disparition d'une espèce peut le cas échéant entraîner une perte fonctionnelle.

Dans l'expérience, les espèces d'un groupe animal sont choisies de façon à avoir les tailles les plus variées possibles et/ou des préférences aussi diversifiées que possible en termes d'habitats et de nourriture. «La probabilité qu'elles soient complémentaires, c'est-à-dire qu'elles se complètent, s'en voit ainsi accrue», explique S. Fontana. C'est ce qu'il a déjà pu observer, lors d'essais antérieurs, avec de petits et de grands individus relevant de la même espèce de cloporte. Il verra également si la décomposition de la litière est plus lente avec une ou seulement quelques espèces. «Si tel est le cas, la disparition d'espèces pourrait être source de problèmes dans l'écosystème forestier». En effet, si les nutriments ne sont réintroduits dans le sol que de façon différée, il se peut que les plantes germent et poussent plus lentement. Aussi les chercheurs veulent-ils étudier cet aspect de la question: à la fin de l'expérience, une fois les animaux remis en liberté, ils utiliseront de la terre issue des mésocosmes pour y semer des graines et mesurer la croissance des plantes.





## Carte des habitats de Suisse. En Suisse, il existe une très grande variété d'habitats. Dans le cadre d'un projet pilote, le WSL a dressé une carte synoptique numérique.

Champs, lacs, glaciers, forêts, même des places de parking: la Suisse comptabilise plus de 200 types d'habitats. Ces milieux de vie sont en évolution constante, que ce soit du fait de processus naturels à l'image des inondations dans les forêts alluviales ou d'interventions humaines telles que de nouvelles routes.

Le besoin d'espace de l'être humain s'est fortement accru. Ses interventions dans le paysage ont porté atteinte aux bases de la diversité des espèces,



La carte de gauche présente l'orthophoto infrarouge et celle de droite la classification des placettes adjacentes dans différents habitats.

notamment aux habitats des plantes et des animaux. D'où l'intérêt croissant vis-à-vis de certaines questions les concernant: où retrouve-t-on tel habitat? Lesquels gagnent du terrain? Lesquels disparaissent? Il manquait à ce jour en Suisse un aperçu qui montre la répartition des habitats dans l'espace, qu'ils soient naturels ou sous influence anthropique. Dans son rapport sur l'environnement de 2017, l'OCDE le déplorait et recommandait l'élaboration d'une carte des habitats pour l'ensemble de la Suisse. L'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a donc mandaté le WSL pour qu'il mène une étude pilote.



Une carte numérique de la sorte ne se laisse bien sûr pas élaborer d'un seul clic. Christian Ginzler, le chef de projet, et son équipe ont dans un premier temps rassemblé des données géographiques nationales comme des modèles de la hauteur de la végétation, des modèles de terrain ou des séries temporelles d'images satellite. Ils les ont ensuite combinées pour en tirer des informations sur les différents groupes d'habitats. L'équipe du projet s'est alors appuyée sur la classification existante des habitats selon Delarze et Gonseth, souvent appliquée dans la recherche sur la biodiversité. Elle classe les habitats en associations végétales en fonction de la composition des espèces végétales. C. Ginzler: «Nous sommes alors confrontés à des défis majeurs». Certaines plantes ne sont en effet pas identifiables sur les données de télédétection.

### **Prototype adapté aux besoins**

L'étude pilote a révélé que le degré de détail de la carte était limité. Certes, le niveau le plus élevé des classes d'habitat – neuf zones, dont les forêts, les cours d'eau et les prairies – a pu être bien reproduit. Quelques zones d'habitat furent même représentées avec une précision extrême. Sur la carte, la distinction entre eaux courantes et eaux stagnantes est ainsi possible. Mais plus les classes d'habitat sont détaillées, plus l'application pose problème. Il est ainsi difficile de saisir les habitats des pelouses, et même impossible de le faire lorsqu'il s'agit d'habitats quasi verticaux comme les rochers, ou souterrains à l'image des grottes.

Des spécialistes et de futurs utilisateurs, collaborateurs de l'OFEV et délégués cantonaux à la protection de la nature par exemple, pourront tester le prototype dans le cadre d'un atelier. Celui-ci sera axé sur les besoins des utilisateurs. «Si pour ces derniers la distinction entre chênaies et hêtraies est primordiale, nous clarifierons avec l'OFEV l'investissement nécessaire pour obtenir ce niveau de détail», explique ainsi C. Ginzler. *(sni)*



UNE-DEUX **Agir avant qu'il ne soit trop tard.** La biodiversité va mal. Que devrait faire la recherche, mais aussi la politique, pour améliorer la situation? Silva Semadeni, conseillère nationale, et Niklaus Zimmermann, biologiste, parlent de la valeur de la nature, de changements d'utilisation des sols et du siècle des Lumières. Et ils constatent: nous disposons d'informations suffisantes pour agir maintenant!

**Vous vous engagez pour la biodiversité. Quelle en est la raison?**

**S:** Enfant, je passais tous mes étés sur l'alpage. Mon grand-père était instituteur et fermier, et un passionné de la nature. Avec lui, j'ai découvert le lis orangé et l'edelweiss, et j'ai appris à observer la nature. C'est resté en moi, d'où ma volonté de protéger la nature.

**Z:** Ma mère s'intéressait déjà aux plantes et nous partions souvent en randonnée. Au lycée, j'avais un très bon prof de biologie qui a encore renforcé ma curiosité vis-à-vis de la nature.

**Remarquez-vous au quotidien que l'état de la biodiversité se dégrade?**

**S:** Oui, tout à fait! Jadis, nous observions la pie-grièche écorcheur sur l'alpage, ainsi que des grenouilles ou des têtards. Je n'en vois plus aujourd'hui. Et la campagne est encombrée de nouveaux bâtiments qui ont dévoré la nature.

**Z:** Ce n'est pas facile, les choses se passent souvent de façon insidieuse et dissimulée. Mais il y a quelques années, j'étais au Monténégro. L'incroyable richesse en insectes m'a sauté aux yeux. Je ne me souviens pas exactement de ce qu'il en était chez nous auparavant. J'ai

toutefois l'impression qu'il y avait plus de taons et de moustiques.

**Quelles sont les causes de ces évolutions?**

**Z:** Les changements d'utilisation des sols sont très importants, avec l'emploi intensif d'engrais, d'herbicides et de pesticides. Deuxième facteur, la pression des espèces invasives qui évincent les animaux et les plantes indigènes. Cette pression s'accroît encore avec le changement climatique.

**S:** L'intensification de l'agriculture pose un problème majeur. Malgré les contributions à la biodiversité et les prestations écologiques requises, la biodiversité n'est pas prioritaire. L'exemple des petites structures est révélateur: on est même récompensé par certains paiements directs si on les supprime. Les zones protégées ne sont pas non plus en nombre suffisant et celles dont nous disposons ne sont pas assez bien entretenues. L'OFEV a démontré que la somme unique d'1,6 milliard de francs serait nécessaire pour les remettre en état, avec ensuite des investissements annuels à hauteur de 80 millions de francs pour maintenir le niveau obtenu. Avec le «Plan d'action Biodiversi-



Silva Semadeni, historienne, est conseillère nationale PS et originaire du canton des Grisons. Jusqu'à 2018, elle était Présidente de Pro Natura Suisse.



Niklaus Zimmermann est biologiste; il a travaillé pour la Plate-forme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES). Il est membre de la Direction du WSL.





Informations sur  
le Plan d'action  
Biodiversité:  
<https://bit.ly/2UtwNxv>

La protection de la biodiversité peut être motivée par la volonté de préserver des valeurs, ou par des raisons économiques. La biodiversité est utile à l'être humain, notamment à travers la pollinisation de plantes cultivées.

té», nous avons certes pour une fois augmenté quelque peu les finances, mais cela ne suffit pas. Et lors du débat sur le budget, j'ai peur chaque année que les fonds alloués à la nature ne soient réduits. Au niveau politique, elle n'est pas prioritaire du tout.

**Mais pourquoi devrait-elle être prioritaire?**

**z:** Il s'agit en fait d'un héritage: nous voulons transmettre notre Terre dans l'état où elle nous a été confiée, sans l'avoir détériorée. Ci-

tons aussi les aspects économiques. En Amérique, certaines régions agricoles ont vu disparaître tant de leurs petites structures que la pollinisation ne peut plus avoir lieu. Cela entraîne d'énormes pertes de récolte. Je trouve toutefois l'argumentation économique dangereuse: la disparition de certaines espèces n'entraîne pas systématiquement un préjudice économique. Dans une approche purement axée sur l'économie, une telle perte serait toutefois tolérée.

**s:** La première approche, celle de l'héritage, me parle beaucoup

**«La science doit aussi parfois émettre des énoncés clairs et ne doit pas toujours tout relativiser.»**



plus. Mais de nombreux responsables politiques ne pensent qu'à l'économie.

### **De quoi a-t-on besoin pour que la politique se lance dans la protection de la biodiversité?**

**s:** Vu la constitution actuelle de notre Parlement, seule la pression de la population fera la différence. Nous devons lancer des initiatives. La société civile doit faire bouger la politique.

### **Devons-nous aussi accentuer les recherches?**

**s:** La science devrait montrer des options alternatives, ne serait-ce que pour remplacer les pesticides dangereux. En effet, je ne pense pas que les agriculteurs apprécient les pesticides nocifs.

**z:** L'éducation est centrale pour moi, nous devrions étudier ce que nous ne comprenons pas encore. Mais nous en savons assez pour agir maintenant. Nous, les scientifiques, devons encore plus communiquer nos résultats au grand public. Nous pourrions par là même remédier à l'impression d'interchangeabilité totale que procurent les résultats scientifiques.

**s:** Exactement. Le transfert de connaissances est crucial. Je constate régulièrement que la science est confrontée à un manque de crédibilité. Je trouve cela dramatique.

**z:** Toute l'évolution que nous connaissons depuis le siècle des Lumières repose sur le recours à la logique et à l'argumentation. Or certains milieux remettent tout cela en question; ils disent ce qui leur plaît! Pour moi, il s'agit d'un retour au Moyen-Âge, lorsque l'on prêchait du haut de la chaire le vrai et le

faux. La science ne doit toutefois pas se laisser abuser en se voyant contrainte d'émettre des énoncés trop dramatiques, sinon elle est vulnérable. Comme naguère, lors du débat sur la mort des forêts. Les gens ont ensuite déclaré «La forêt est encore là, la science n'est pas crédible.»

**s:** Je ne suis pas d'accord! Des mesures à l'encontre des pluies acides ont alors été prises, le catalyseur immédiatement introduit. La science doit aussi parfois émettre des énoncés clairs et ne doit pas toujours tout relativiser.

**La politique n'aime pas non plus s'engager: le «Plan d'action Biodiversité» repousse des mesures concrètes à une deuxième phase de mise en œuvre à partir de 2024. Sera-t-il alors trop tard?**

**z:** Plus nous attendons, plus la perte sera irréversible. Nous encourageons ainsi le risque de voir se détériorer des fonctions supplémentaires dans les écosystèmes. Je trouve en même temps fascinantes et effrayantes les extrapolations selon lesquelles seuls 20 % des espèces existant sur Terre feraient l'objet de descriptions. Nous allons ainsi perdre beaucoup d'espèces avant de les avoir connues, avant de détenir des connaissances sur leur propagation, leur écologie, leurs contributions aux prestations écosystémiques.

**s:** Le pire n'est pas de tout remettre à plus tard. C'est que ce qui est finalement fait soit peu concret et sans grand effet. Des mesures radicales seraient nécessaires; l'être humain doit savoir accepter les limites. Ce n'est pas seulement difficile pour les responsables politiques!

(bio)

Informations sur  
IPBES Suisse (en  
anglais): <https://bit.ly/2TN6S4y>





Jeannette Nötzli, Davos

«La vallée de Sertig est à deux pas de Davos – mais semble à des années lumière de l'effervescence touristique. L'hiver, j'y viens pour des randonnées à ski, l'été pour du VTT et des promenades pédestres avec mes enfants. C'est au-dessus de la limite des forêts que je me sens le mieux, là où la vue est dégagée.»

#### LE PERGÉLISOL SUR FOND DE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Jeannette Nötzli, géographe, dirige le réseau de mesures PERMOS. Il documente les changements du pergélisol – c'est-à-dire des sols gelés en permanence – dans les Alpes suisses. Les températures sont par exemple mesurées de façon automatique dans des puits de forage pouvant

atteindre cent mètres de profondeur. «Les données sont importantes pour la gestion des dangers naturels en montagne», explique-t-elle. Avec le changement climatique, le pergélisol se réchauffe en effet de plus en plus, rendant les flancs de montagne escarpés potentiellement instables.



## FORÊT    Dépérissement des pousses du frêne: tous les arbres ne tombent pas malades



Un champignon (*Hymenoscyphus fraxineus*) entraîne le dépérissement des pousses et des rameaux dans le houppier des frênes.

Il est minuscule, mais son impact est dévastateur: *Hymenoscyphus fraxineus* infeste le frêne commun et entraîne le dépérissement de ses pousses. Ce ravageur est un champignon probablement introduit dans les années 1990 avec des plants de frêne importés d'Asie en Europe. Depuis lors, il se propage comme une épidémie, y compris en Suisse. Plus de 90 % des frênes du pays sont malades, nombreux sont ceux qui dépérissent.

Le champignon forme ses fructifications, et de ce fait ses spores, sur le feuillage du frêne au sol. Retirer ces feuilles de la forêt est impossible. Dix pour cent des frênes suisses semblent

toutefois résister ou du moins tolérer le champignon. C'est ici entre autres qu'intervient la recherche. «Protection de la forêt suisse», le service spécialisé du WSL en matière de protection des forêts, a demandé aux forestiers de rechercher les arbres sains: 397 frênes ont été signalés. En 2018, des spécialistes d'un bureau d'ingénieurs ont contrôlé ces arbres et enregistré différentes données sur leur station, tels le rajeunissement, l'association forestière ou la densité des frênes. L'objectif consiste à découvrir pourquoi ces frênes résistent au champignon.

«Les arbres sains sont sûrement plus nombreux que les 397 signalés. Mais il est difficile de les détecter au milieu d'un peuplement comptant de multiples frênes malades», explique Valentin Queloz, chef du service «Protection de la forêt suisse». Les frênes identifiés font désormais l'objet d'examen complémentaires en laboratoire. Des analyses génétiques pourraient mettre en lumière pourquoi certains frênes tombent malades et d'autres pas.

Tandis que les chercheurs sont fébrilement en quête de solutions pour lutter contre le dépérissement des pousses du frêne, les praticiens sont eux aussi sollicités. «Les frênes encore sains doivent rester sur pied et la régénération bénéficier de suffisamment de lumière pour avoir ne serait-ce qu'une chance de s'en sortir», déclare V. Queloz. Il se pourrait en effet que de ces arbres dépende l'avenir du frêne dans les forêts suisses. (lbo)

[www.waldschutz.ch](http://www.waldschutz.ch)



## FORÊT Des séries de données dont certaines remontent à 130 ans nous éclairent sur la forêt de demain

«Fournir une base certaine pour l'économie forestière dans toute son étendue»: tel fut le mandat confié en 1885 à l'institut prédécesseur du WSL, la «Station centrale d'essais forestiers». Dès le début, cela consistait à étudier les questions posées par l'évolution et la gestion de la forêt suisse, et à transmettre les résultats de ce travail aux praticiens forestiers.

En vue de cet objectif, le WSL mène aujourd'hui encore de nombreuses séries d'essais sur la croissance des essences et des types de forêt les plus fréquents. Il exploite en Suisse 390 placettes expérimentales d'une surface totale de 132 hectares, soit la taille de 180 terrains de football environ. Les chercheurs mesurent la croissance en diamètre et en hauteur des arbres, recensent les individus dépérissants et relèvent l'intensité des interventions sylvicoles. Les placettes

représentent des types de forêt très variés: celles du Plateau comptent le plus souvent des hêtres et des épicéas, mais aussi parfois des chênes; celles du sud des Alpes, des châtaigniers, et en haute montagne, ce sont les mélèzes et les arrolles qui prédominent.

Dans les Préalpes et le Jura, le WSL saisit des données dans des forêts jardinées où seuls certains gros arbres sont régulièrement exploités. «Le set de données couvrant plus de 100 ans fait partie des plus précieux qui proviennent de telles forêts mélangées au niveau mondial», affirme David Forrester, collaborateur scientifique dans le groupe Dynamique des peuplements et sylviculture. Les nouvelles connaissances issues de la recherche aident les forestiers et les propriétaires de forêt à doser au mieux la lumière incidente dans les forêts jardinées où poussent tout autant des



Jens Nitzsche, collaborateur technique du groupe de recherche «Dynamique des peuplements et sylviculture», mesure le diamètre d'un douglas sur une placette.

essences de lumière comme l'épicéa ou le hêtre que des essences d'ombre comme le sapin.

### **Malle aux trésors pour répondre à des questions naissantes**

«Nos séries de données sur le long terme obtenues sur plus de 450 000 arbres individuels montrent la façon dont les arbres réagissent aux influences extérieures», explique D. Forrester. Les chercheurs peuvent ainsi indiquer aux forestiers quels mélanges d'essences conviennent le

mieux pour produire du bois de qualité élevée et garantir une exploitation forestière durable, la plus proche possible de la nature. Mais aussi où et comment les forêts de montagne protègent des avalanches ou des chutes de pierres. «Les impacts du changement climatique sur des forêts traitées différemment constituent un exemple typique de modifications environnementales qui soulèvent des questions nouvelles en économie forestière», précise D. Forrester. (rlä)

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

## FORÊT Réserves forestières naturelles: diversité élevée en espèces d'insectes et de champignons grâce au bois mort



*Sinodendron cylindricum* est un parent proche du lucane.

Lorsqu'un arbre meurt, la vie commence en lui. Ainsi, ce qui semble mort depuis l'extérieur est en fait un précieux habitat pour des centaines d'espèces d'insectes, de champignons et de bactéries. Certains de ces organismes, par exemple les larves des cérambycides ou de *Sinodendron cylindricum*, un coléoptère rare, utilisent le bois mort exclusivement comme lieu de vie. D'autres arrachent presque les murs porteurs de leur ha-

bitat en décomposant la lignine ou la cellulose. Les insectes ne favorisent pas seulement la décomposition du bois mort, ils s'assurent aussi un accès aux nutriments.

On trouve certes du bois mort dans toutes les forêts, les 724 réserves forestières naturelles de Suisse en comptent toutefois une quantité particulièrement élevée. La nature y est le seul maître, l'être humain n'intervient pas. De telles forêts sont considérées de manière générale comme étant riches en espèces. Mais ces zones protégées le sont-elles véritablement plus que les forêts entretenues et gérées par l'être humain? Il n'existe à ce jour quasiment pas de données fiables en Suisse à ce sujet. C'est la raison pour laquelle des chercheurs du WSL et de la HAFL de Berne se penchent sur cette question depuis 2017 en se fondant sur l'exemple des champignons et insectes colonisateurs du bois mort.

Dans le cadre d'un projet sur quatre ans, ils ont étudié quatre ré-



serve forestières (hêtraies) et les ont comparées avec des hêtraies exploitées. Dans chaque forêt, ils se sont concentrés sur 11 placettes comprenant chacune deux surfaces partielles de 500 m<sup>2</sup>, sur lesquelles se trouvait au moins un gros morceau de tronc mort sur pied ou au sol, ou encore un rhizome. Sur chaque placette d'échantillonnage, ils ont collecté les fructifications fongiques et ont prélevé des échantillons du bois en décomposition, à partir desquels ils ont déterminé la flore fongique à l'aide d'analyses ADN. À côté du plus gros morceau de bois mort, ils ont à chaque fois installé un piège à insectes qu'ils ont vidé six fois par an.

### Espèces rares capturées

Avec près de cent mètres cubes de bois mort par hectare, les hêtraies de la réserve forestière naturelle de Josenwald en amont de Walenstadt SG sont un très bel exemple de richesse en bois mort. Les insectes qui y ont été capturés n'ont certes pas encore tous été identifiés, mais Beat Wermelinger, entomologiste, signale déjà des découvertes extraordinaires: «Nous avons trouvé une punaise des écorces très rare, seulement détectée à deux reprises en Suisse». Un lucane et une rosalie des Alpes, qui sont tous deux des insectes rares, y ont aussi été observés.

Stefan Blaser, mycologue, a recensé à ce jour 304 espèces fongiques dans les réserves forestières de hêtres de Sihlwald ZH, Combe Biosse NE, Tariche JU et Josenwald SG, contre seulement 267 sur les placettes d'échantillonnage des hêtraies exploitées à proximité. «Dans les réserves, nous avons identifié 6 espèces fortement menacées et 23 menacées, et seulement la moitié dans la forêt de production.» Le résultat confirme que les



Les insectes sont capturés à l'aide de pièges suspendus.



L'hypholome couleur de brique (*Hypholoma sublateritium*) pousse sur les rhizomes et les troncs vermoulus ou sur le bois mort des feuillus.

champignons saproxyliques trouvent de meilleures conditions de vie dans les réserves forestières naturelles que dans les forêts de production.

Les chercheurs se réjouissent des deux années à venir: ils examineront en effet de près la diversité des espèces dans huit autres forêts. «Les données obtenues démontrent que les réserves forestières riches en bois mort sont un haut lieu de la biodiversité», constate Stefan Blaser avec joie. (rlä)

[www.wsl.ch/monitoring-reserves\\_forestieres\\_naturelles](http://www.wsl.ch/monitoring-reserves_forestieres_naturelles)



# Espaces sauvages: là où la nature reste sans entrave

Ils existent, les espaces en Suisse où la nature est encore reine, et où l'exploitation humaine ne joue quasiment aucun rôle. Les endroits les plus intacts et les plus sauvages se trouvent dans les zones de sommets et glaciers situées à très haute altitude, en particulier dans la région d'Aletsch ou le

Sud du Valais. Si l'on définit l'état sauvage de façon légèrement moins étroite, les vallées alpines éloignées – notamment dans les Grisons et au Tessin – relèvent aussi des régions sauvages. Ces surfaces sont étonnamment vastes: elles représentent de 10 à 15 % de la superficie totale de la



Les montagnes demeurent un décor sauvage par excellence: la «Chluse», gorge dans le Gasterntal en amont de Kandersteg.

Photo: Markus Bolliger



Suisse. C'est à cette conclusion que parvient une étude menée par des chercheurs du WSL sur mandat de l'organisation de protection des Alpes «Mountain Wilderness». Il s'agit de la première cartographie systématique des espaces sauvages en Suisse, initiée et financée par la Fondation Bristol.

Sont considérés comme espaces sauvages les espaces naturels dépourvus d'infrastructures dignes de ce nom, d'exploitation par l'être humain ou d'autres influences anthropiques. De nombreuses espèces animales et végétales sont tributaires de ces espaces, faute d'habitat approprié dans le paysage cultivé. Le lynx fardé a besoin de vastes zones forestières intactes; plusieurs espèces de coléoptères pondent exclusivement leurs œufs dans de grands arbres morts, quasiment absents de la forêt de protection (voir la page 22). Afin d'identifier de tels espaces sauvages en Suisse, les chercheurs ont sélectionné quatre critères pour la cartographie: le caractère naturel de la couverture des sols, le degré le plus faible possible des influences anthropiques, l'isolement, ainsi qu'une topographie rugueuse – c'est-à-dire des falaises ou un sommet de montagne.

### **Attitude parfois critique de la population**

Sur la carte établie de la sorte apparaissent à maints endroits des espaces naturels laissés tels quels par l'être humain. Mais pour qu'ils soient préservés, voire agrandis, le soutien de la population est indispensable. Dans la partie de l'étude axée sur les sciences sociales, les chercheurs ont demandé aux autochtones et aux spécialistes issus de cantons au potentiel élevé en espaces sauvages leur opinion sur une évolution sans entrave

de la nature. Le résultat est frappant: c'est dans les régions où le potentiel d'une nature intacte est le plus grand que la population évalue de façon critique une politique qui laisserait libre cours à la nature. Les habitants ont indiqué avoir un lien fort avec leur contrée natale et la nature. Ils craignent que «leur» paysage ne change fortement; ils redoutent des inconvénients du fait de restrictions d'utilisation, d'une augmentation des dangers naturels, ou encore la perte de traditions comme l'exploitation du foin sauvage.

### **Potentiel des espaces sauvages en Suisse**

Grâce à la prise en considération de la dimension géographique mais aussi sociétale, l'étude révèle pour la première fois les endroits où les espaces sauvages ont le plus de chances de perdurer en Suisse – à savoir en haute montagne avant tout. Les zones qui recèlent le plus fort potentiel en termes d'espaces sauvages correspondent souvent, mais pas toujours pour autant, aux zones protégées actuelles. À l'inverse, les zones protégées ne se situent pas tout le temps dans les contrées les plus sauvages. Par exemple, le «Wildnispark Zürich Sihlwald» n'est pas particulièrement bien placé sur la base des critères utilisés pour qualifier les espaces sauvages – il s'agit toutefois d'un petit îlot sauvage désiré et apprécié par la population et la ville, au cœur de l'agglomération zurichoise. Pour «Mountain Wilderness», l'étude démontre la nécessité d'une plus forte sensibilisation de la population et de son implication. «Seule une acceptation accrue des espaces sauvages leur laissera la chance d'être protégés», tel est le bilan de l'organisation. (bki)

# Calcul des flux de piétons en vue de l'optimisation des sentiers de promenade

Une forêt accessible à pied, ou un sentier de promenade le long d'un cours d'eau, font d'un quartier résidentiel un quartier prisé, invitant la population à la balade ou au jogging. Les communes qui veulent proposer un cadre de vie attrayant à leurs habitants, avec des aires de loisirs de proximité faciles à atteindre, si possible sans barrières, sont dès lors appréciées. Un nouveau modèle informatique du WSL simule les flux de piétons entre les quartiers résidentiels et ces zones de loisirs. Il donne ainsi des indications sur l'impact des améliorations des sentiers de promenade.

Ce modèle, à base d'agents, représente les décisions des individus. Chaque agent symbolise un promeneur qui va de son domicile à une aire de loisirs de proximité attrayante, puis revient sur ses pas. À chaque croisement, l'agent décide de sa manière de poursuivre sa route. Les critères à cet égard sont le type de chemin – sentier, chemin de gravier ou route goudronnée –, mais aussi des aspects liés à la qualité du paysage, à l'image d'une belle vue ou d'un cours d'eau.

Les chercheurs ont intégré différentes stratégies décisionnelles dans le modèle: l'itinéraire le plus court ou le plus beau au niveau paysager, un trajet combiné ou un choix purement aléatoire. Pour chaque stratégie, 100 passages d'agents ont été calculés. Les résultats mettent en valeur l'impact de certaines mesures de revitalisation. Il peut s'agir d'une passerelle piétonne ou d'un passage souterrain sous l'autoroute, de raccourcis en direction d'un joli cours d'eau ou d'une forêt, ou d'un revêtement naturel sur

les chemins. Ce modèle aide ainsi les communes à prioriser les mesures planifiées. «Des chemins plus courts et plus attrayants où la nature est très présente attirent aussi les piétons de quartiers plus éloignés», déclare Silvia Tobias, chef du projet, qui a développé cette méthode dans le cadre d'un projet-modèle de la Confédération.

Dans quelle mesure ce modèle reflète-t-il les décisions prises par des personnes réelles en quête de loisirs? Les chercheurs l'ont vérifié grâce à un sondage. Des habitants de Wil (SG) ont tracé leurs itinéraires de promenade et de jogging sur des cartes. Or le modèle représente bien les chemins choisis dans la réalité et indique ainsi de façon plausible s'il est pertinent de supprimer certains obstacles. À titre d'essai, les chercheurs ont appliqué le modèle à la région de Glattpark et ont comparé avec les résultats du sondage enregistrés dans cette région. «Nous avons obtenu des résultats similaires à une évaluation reposant sur de véritables sentiers de promenade», déclare Silvia Tobias. On peut ainsi en déduire que le modèle à base d'agents s'applique potentiellement à toutes les agglomérations de Suisse.

(bki)





Hajar Hoseyni, Birmensdorf

«Le Rumensee, à proximité de Küsnacht, compte particulièrement pour moi. Après mon arrivée en Suisse, j'habitais près de ce lac et y venais souvent avec des collègues pour faire des grillades.»

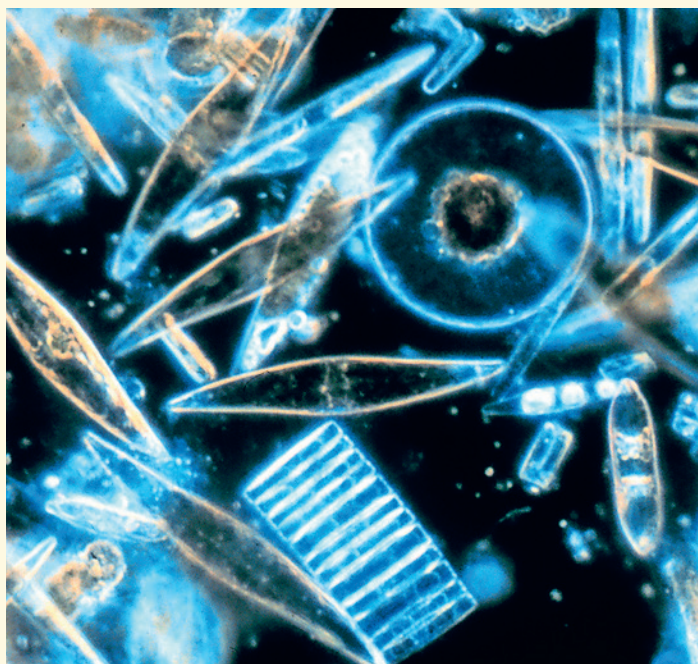
#### L'ORDINATEUR COMME TREMPLIN

Lorsqu'un téléphone ne fonctionne pas ou qu'un ordinateur a besoin d'une mise à jour, c'est là qu'Hajar Hoseyni intervient. Depuis août 2017, la jeune femme d'origine afghane effectue un apprentissage de quatre ans en informatique et technique des systèmes au WSL. «C'est la pro-

grammation qui me plaît le plus», déclare-t-elle. À 13 ans, elle a reçu son premier PC et appris toute seule à l'utiliser. Réfugiée en Suisse en 2012, Hajar Hoseyni a obtenu un permis de séjour grâce à cette place d'apprentissage.



## BIODIVERSITÉ Minuscules géants des mers: une carte mondiale montre pour la première fois la répartition des espèces de phytoplancton



Formes variées: les diatomées représentent une grande partie du phytoplancton marin.

Ces organismes vivants sont de taille microscopique et réalisent toutefois une performance gigantesque: le plancton végétal des océans produit plus d'oxygène que toutes les forêts tropicales réunies, fixe de grandes quantités de CO<sub>2</sub> et sert de moyen de subsistance à de nombreux animaux marins. Or du fait du réchauffement des océans, la productivité du plancton pourrait s'amoinrir. La diversité va-t-elle aussi reculer? La réponse demeure incertaine. «À ce jour, on ne connaissait même pas la répartition des espèces de phytoplancton dans les océans de la planète», explique Damiano Righetti, doctorant dans le groupe de physique environnementale à l'EPF de Zurich.

C'est la raison pour laquelle, en collaboration avec Niklaus Zimmermann, chercheur au WSL, il a élaboré

une méthode afin de représenter la répartition spatiale et temporelle des espèces de phytoplancton. À cet effet, il a compilé, depuis des bases de données, plus d'un demi-million de données de mesure portant sur 536 espèces différentes. À l'aide d'un modèle informatique, il a dressé la première carte des schémas de diversité mondiaux.

Le résultat: de l'équateur aux pôles, le nombre total des espèces de plancton diminue – un phénomène que l'on connaît chez les espèces terrestres. Mais contrairement à celles-ci, la baisse n'est pas continue. Entre le 35<sup>e</sup> et le 55<sup>e</sup> degré de latitude, la diversité est nettement plus faible qu'on ne pourrait l'escompter alors qu'en direction des pôles, elle augmente à nouveau. Selon les chercheurs, la forte diminution aux latitudes moyennes serait potentiellement liée aux conditions environnementales difficiles et changeantes au rythme des saisons.

Le nouveau modèle a permis de déduire les schémas de biodiversité du phytoplancton à partir de données très lacunaires et réparties irrégulièrement. «Celles-ci proviennent le plus souvent d'échantillons d'eau de mer collectés le long des voies maritimes habituelles. En provenance de zones peu fréquentées, les données sont très rares», indique D. Righetti. Il est ainsi possible de compenser la densité inégale d'échantillonnage grâce au modèle. Celui-ci permet aussi de prédire l'évolution de la biodiversité du phytoplancton lorsque les températures de la mer continueront à grimper. (cho)



## BIODIVERSITÉ Calculer les couloirs de vol des chauves-souris est possible

À la tombée de la nuit, elles quittent leurs quartiers de jour et partent à la chasse. Les chauves-souris parcourent souvent de longues distances pour retrouver leurs terrains de chasse le long des cours d'eau, en lisière de forêt ou dans les vergers. Elles se déplacent alors toujours dans les mêmes couloirs de vol. Ces derniers longent les façades de maisons, les haies ou d'autres structures du paysage qu'elles peuvent saisir grâce à l'écho des ultrasons qu'elles émettent. Mais où se situent exactement ces couloirs de vol? La réponse est souvent floue. Or il serait important de le savoir pour pouvoir protéger les trajectoires de vol – notamment aux endroits où nombre de chauves-souris circulent dans un espace restreint.

Jusqu'à présent, la détection de tels couloirs demandait beaucoup de temps, et elle n'était possible que grâce à un détecteur de chauves-souris ou à la radio-télémétrie, certains animaux étant alors équipés d'émetteurs. Un modèle de simulation développé par des chercheurs du WSL en collaboration avec des partenaires, sur mandat de l'OFEV, simplifie désormais la recherche. Dans ce cadre, les chercheurs ont saisi les cris de deux espèces de chauves-souris à chaque fois lors de leur envol depuis six quartiers. En les combinant avec des géodonnées de ces quartiers, ils ont pu calculer les déplacements des animaux dans le paysage.

Le modèle comporte encore des erreurs. «Jusqu'ici, nous n'avons pas réussi à intégrer la lumière artificielle nocturne dans nos calculs car il nous manque des données à haute résolution pour ce faire», explique Martin

Obrist, le chef de projet. Les chauves-souris fuient la lumière artificielle et évitent notamment les réverbères. Il se peut que, dans de tels cas, le modèle ne corresponde pas



Le grand murin (*Myotis myotis*) est l'une des deux espèces de chauves-souris dont les chercheurs ont suivi de près les couloirs de vol, en vue de l'élaboration du modèle de simulation.

aux véritables couloirs de vol observés par une experte en chauve-souris ou un responsable de quartier.

Dans un second projet, les données photométriques de différents endroits sont désormais inventoriées et intégrées dans le modèle. De surcroît, Klaus Ecker, spécialiste en modélisation du WSL, calcule, pour 200 autres quartiers de chauves-souris, les couloirs de vol de quatre espèces cibles nationales faisant l'objet d'une protection. Une équipe de spécialistes évaluera les données obtenues afin de décider des mesures à recommander aux cantons et aux autorités de planification. (lbo)

## DANGERS NATURELS    Changement climatique: les intempéries causent-elles plus de dégâts?



Lors d'inondations dévastatrices en 2005, de nombreux bâtiments furent endommagés, à l'image de celui-ci à Klosters (GR).

Un éboulement et des laves torrentielles ultérieures ont gravement endommagé le village de Bondo (GR) fin août 2017. Les spécialistes tablent sur une fréquence accrue de tels événements sur fond de changement climatique. Les experts du GIEC déclarent même qu'à l'échelle mondiale, il est fort probable que les coûts économiques des intempéries extrêmes se soient déjà accrus. Norina Andres, géographe, a voulu en avoir le cœur net: le changement climatique a-t-il entraîné en Suisse une augmentation des dégâts dus aux intempéries?

N. Andres est responsable de la banque de données suisse sur les dégâts liés aux intempéries exploitée par le WSL et l'OFEV. Depuis 47 ans y sont enregistrés les dégâts provoqués par les crues, les glissements de terrain et les laves torrentielles. À première vue, les données semblent confirmer l'hypothèse émise – les dégâts augmentent. Néanmoins: est-ce la conséquence du changement climatique? Norina Andres déclare:

«Aujourd'hui, tout coûte plus cher, les personnes possèdent davantage de biens, les maisons ont pris de la valeur et les bâtiments et autres infrastructures sont tout simplement plus nombreux.»

### **Conversion en fonction des conditions actuelles**

Afin de prendre en considération l'influence de tels impacts socio-économiques et démographiques, la chercheuse et son collègue, Alexandre Badoux, ont traité les données sur les dégâts sous trois angles différents. «Nous pouvons ainsi évaluer quelle serait l'ampleur des dégâts si des intempéries datant de plusieurs années survenaient dans le contexte actuel», explique N. Andres. Elle a effectué les calculs en choisissant d'abord comme paramètre l'évolution du produit intérieur brut, puis l'augmentation du revenu réel de la population, et enfin les valeurs d'assurance des bâtiments, tout en prenant en compte le renchérissement et l'évolution démogra-



phique. «Une fois les données normalisées de la sorte, nous ne constatons plus aucun accroissement des dégâts.»

N. Andres insiste sur le fait que l'existence du changement climatique n'est pas remise en question par son étude. Mais en Suisse, son impact n'est pas (encore) démontré sur les dégâts causés par les crues, les glissements de terrain et les laves torrentielles. Le renchérissement, l'évolution

démographique et le développement de la prospérité jouent au contraire un rôle certain. La Suisse investit de surcroît beaucoup d'argent dans les mesures de protection. «Il se peut que ces mesures puissent neutraliser les répercussions éventuelles du changement climatique», pense N. Andres. Ce qui serait vraiment une bonne nouvelle. *(bio)*

## DANGERS NATURELS Une première: cartographie globale des avalanches par satellites

L'hiver 2017/2018 a été marqué par une neige abondante et des avalanches très fréquentes dans les Alpes suisses. Pendant les fortes chutes de neige de janvier 2018, le SLF a ainsi annoncé le degré maximal de danger, le degré 5 (très fort). À ce niveau, il faut s'attendre à un grand nombre d'avalanches spontanées de grande, et même d'exceptionnelle ampleur.

À ce jour, on disposait certes d'informations sur les avalanches qui se sont produites grâce aux signalements d'observateurs ou au survol d'hélicoptères ; elles ne couvraient toutefois pas tout le territoire. Une partie de ces avalanches était numérisée à l'aide de photos mais souvent, seuls le nombre et la taille étaient recensés.

Afin de documenter l'activité avalancheuse en janvier 2018, le SLF a pu, pour la première fois, recourir à des données satellite optiques. Ces relevés portent sur une surface qui correspond à près d'un tiers de la Suisse. Grâce aux photos, Elisabeth Hafner, collaboratrice au SLF, a cartographié les contours de toutes les avalanches des zones où régnait le degré maximal de danger, ainsi que celles des zones limitrophes – 18 737 avalanches en

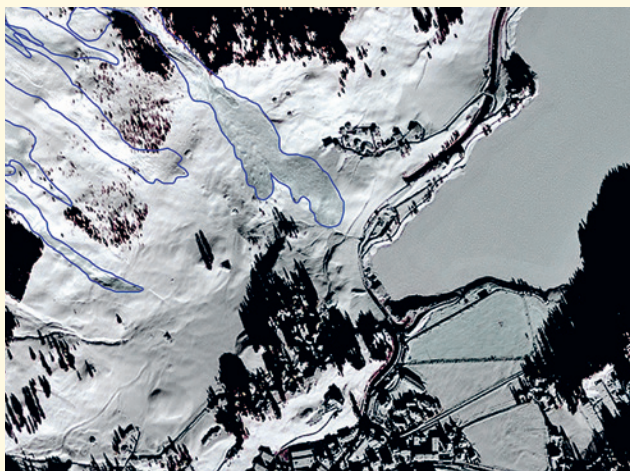


Image satellite de Davos Dorf avec le lac de Davos. En haut à gauche de la photo, les zones de dépôt des avalanches du Dorfberg et du Salezertobel apparaissent nettement (entourées en bleu).

tout. «Les surfaces à l'ombre posent problème. Des structures causées par le vent dans la neige peuvent aussi ressembler à des avalanches sur les images satellite», explique E. Hafner. Malgré tout, jamais auparavant n'ont été effectués des relevés d'une période avalancheuse aussi exhaustifs et précis. Les données offrent une aide précieuse aux services d'alerte aux avalanches, leur permettant de contrôler a posteriori la pertinence de l'estimation du danger. Elles sont aussi utiles à la validation des zones de danger et à des fins de recherche. *(sni)*

# Océan Arctique: expédition spectaculaire à bord du brise-glace «Polarstern»

La couche située entre la glace et la neige n'a que quelques millimètres d'épaisseur. Mais pour l'étudier, une équipe autour de Martin Schneebeli, nivologue, passera le prochain hiver à bord du brise-glace «Polarstern» de l'Institut Alfred Wegener. Dans le cadre d'une expédition prévue en automne prochain, le navire se laissera prendre par les glaces au nord de la Norvège. Puis il dérivera pendant près d'un an dans la mer polaire, passera à proximité du pôle nord, avant de se libérer des glaces au nord-est du Groenland en automne 2020. Martin Schneebeli étudie la conductivité thermique de la banquise recouverte de neige. Est en jeu la qualité de l'isolation entre la mer et l'air – un facteur important pour évaluer les modifications de la glaciation de l'Océan Arctique sur fond de changement climatique.

On le sait aujourd'hui: la glace recouverte de neige isole bien mieux que ne le laisseraient escompter des calculs théoriques. À Davos, dans le laboratoire réfrigéré, des chercheurs ont trouvé une explication possible. «Lors de l'expérience, une couche très fine, constituée presque exclusivement d'air, s'est formée entre la glace et la neige. Elle a massivement réduit le flux de chaleur», explique M. Schneebeli. Au cours de l'expédition MOSAiC, il collectera régulièrement des échantillons de glace recouverte de neige et les examinera au tomodynamomètre. Le scientifique a hâte de savoir s'il pourra aussi observer dans la nature la couche fine qui l'a conduit à participer à l'expédition. *(bio)*

[www.slf.ch/expedition-fr](http://www.slf.ch/expedition-fr)



Le «Polarstern» se laissera emprisonner par les glaces de la mer polaire de l'automne 2019 à l'été 2020. Le navire dérivera alors à proximité du pôle nord. À son bord, des chercheurs du SLF mèneront aussi une expérience.



## NEIGE ET GLACE Mesurer la quantité d'eau stockée sous forme de neige à l'aide de capteurs GPS

La neige est une ressource hydrique importante. Afin de connaître la quantité d'eau contenue dans le manteau neigeux, les chercheurs mesurent une grandeur appelée l'équivalent en eau de la neige (EEN). Cette valeur est par exemple nécessaire pour prévoir les quantités d'eau de fonte au printemps. Mais la déterminer est synonyme d'investissements importants vu le coût élevé des appareils qui permettaient jusqu'ici d'effectuer des mesures automatiques.

En collaboration avec des chercheurs du SLF, des chercheurs de l'Université Ludwig-Maximilian de Munich ainsi que de l'Université d'agronomie de Vienne ont testé une nouvelle méthode pour mesurer facilement et à moindre coût l'EEN – et ce à l'aide de capteurs GPS traditionnels. Ils ont pour ce faire installé deux antennes GPS sur le site expérimental du SLF au Weissfluhjoch, en amont de Davos: l'une au sol, recouverte de neige l'hiver, l'autre sur un mât, hors de la neige et servant de référence. Lorsque les signaux GPS traversent le manteau neigeux, les caractéristiques de ces signaux évoluent: ils sont affaiblis et ralentis. Grâce à la différence entre les signaux reçus au-dessus et en-dessous du manteau neigeux, les chercheurs ont pu calculer l'EEN. Il fut aussi possible de déduire la hauteur de la neige et la teneur en eau liquide du manteau neigeux.

«Nous avons ainsi réussi pour la première fois à mesurer les trois paramètres avec une seule et même méthode», déclare Jürg Schweizer, le chef du SLF. Les valeurs obtenues correspondent bien aux mesures compa-



Un chercheur examine un capteur GPS installé sur un mât du site expérimental du Weissfluhjoch près de Davos.

ratives traditionnelles. Les capteurs GPS pourraient un jour être utilisés pour mesurer à faible coût les paramètres nivologiques à plusieurs endroits. Mais avant que la nouvelle méthode ne soit applicable dans la pratique, elle doit continuer d'être testée et améliorée. C'est pourquoi les chercheurs effectuent désormais d'autres mesures dans trois stations supplémentaires situées entre 815 et 1520 mètres d'altitude. (cho)



Marcus Schaub, Birmensdorf

«Sur les rives du lac de Zurich, je profite du calme, de l'eau et de la vue dégagée. Par temps clair, les montagnes sont à portée de main depuis le port d'Enge. La ville, riche de ses offres culturelles, est en même temps toute proche – un lieu magique.»



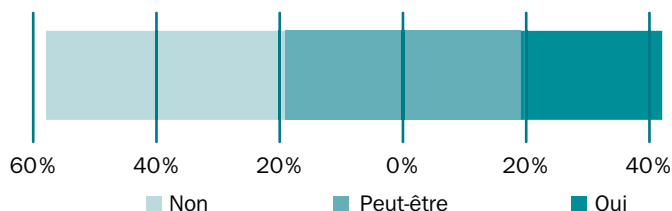
#### COMMENT L'OZONE IMPACTE-T-IL LES FORÊTS?

Les polluants, ou les facteurs de stress comme la sécheresse extrême, mettent la forêt à rude épreuve. Marcus Schaub, spécialiste en écophysiologie, étudie entre autres l'influence de l'ozone sur la croissance des arbres dans des conditions climatiques en évolution. Il utilise à cet effet des

données provenant du Programme de monitoring européen «PIC-Forêts». «Avec nos partenaires nationaux et internationaux, je m'engage pour que ces données soient largement accessibles et utilisées de façon efficace.»



Dans l'édition de Diagonale 1/18, nous vous avons demandé de quelle façon vous utilisiez notre Magazine et ce que nous pouvions améliorer. Une question nous intéressait particulièrement: nos lectrices et lecteurs apprécient-ils la version papier ou préféreraient-ils un format électronique de Diagonale? Le résultat parle nettement en faveur de la version papier:



À la question «Liriez-vous aussi le Magazine Diagonale s'il n'était disponible que sous format électronique?» 39 % des sondés ont répondu «non», 38 % «peut-être» et 23 % «oui».

Autre facteur en faveur de la version papier: chaque exemplaire de Diagonale est lu en moyenne par deux personnes.

Le format et la fréquence de parution sont évalués de façon positive, la maquette de Diagonale plaît plutôt bien ou très bien à plus de 90 % des sondés. En tout, 462 personnes ont participé au sondage, merci beaucoup!

Vous trouverez les résultats exhaustifs de l'enquête sur le site Internet du WSL: [www.wsl.ch/diagonale-sondage](http://www.wsl.ch/diagonale-sondage)

## À L'HORIZON, LE N° 2 DE 2019

Thème central du prochain numéro: De la recherche à la pratique – de la pratique à la recherche.

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)

## IMPRESSUM

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

Textes:

Lisa Bose (lbo), Claudia Hoffmann (cho), Beate Kittl (bki), Reinhard Lässig (rlä), Sara Niedermann (sni), Birgit Ottmer (bio)

Direction rédactionnelle:  
Lisa Bose, Claudia Hoffmann;  
[diagonal@wsl.ch](mailto:diagonal@wsl.ch)

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

Maquette:  
Raffinerie AG für Gestaltung, Zurich

Mise en page: Sandra Gurzeler, WSL  
Impression: cube media AG, Zurich  
Papier: 100 % recyclé

Tirage: 1100 exemplaires, deux numéros par an. Le Magazine du WSL Diagonale paraît aussi en allemand et en anglais.

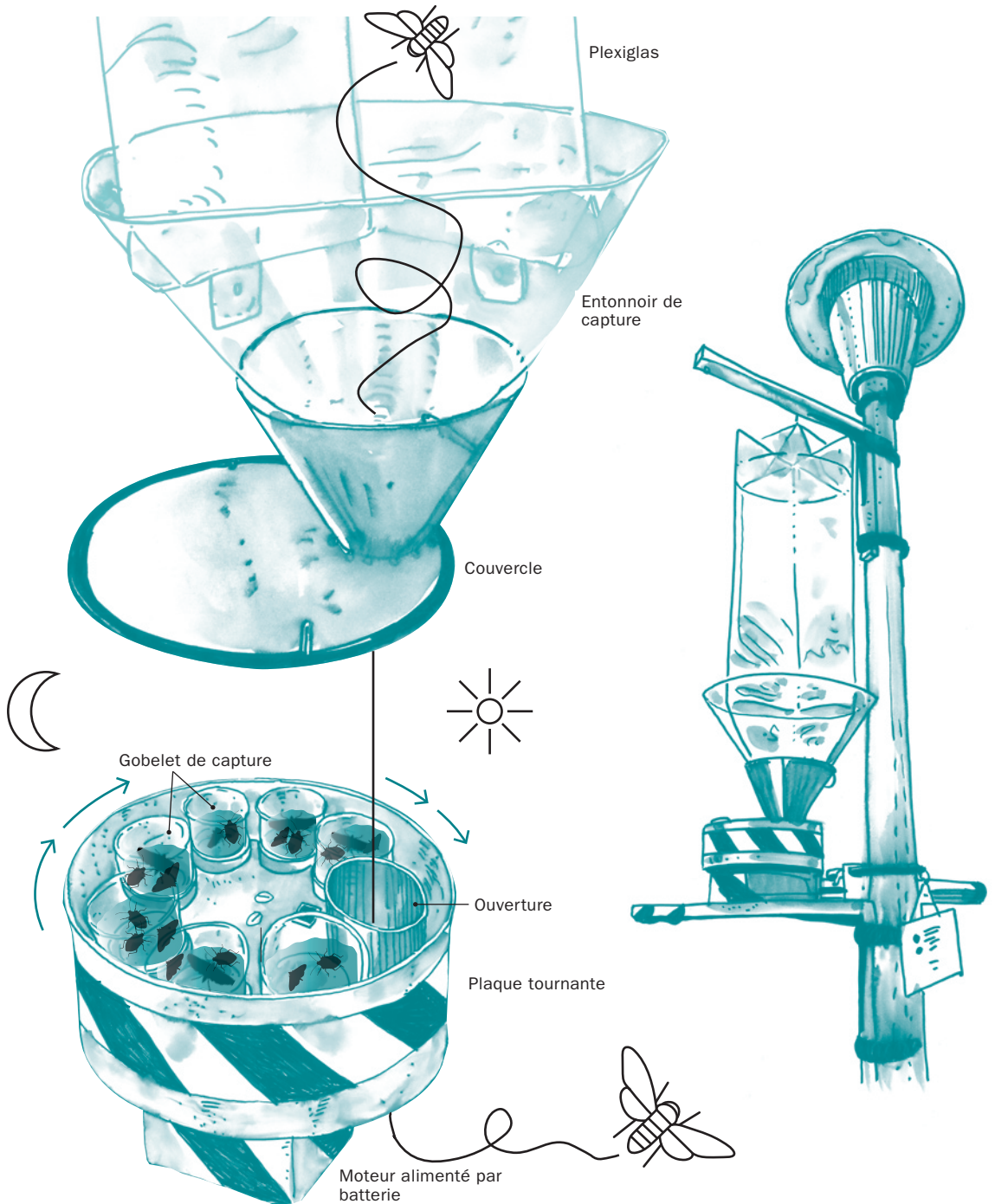
Référence bibliographique:  
Institut fédéral de recherches WSL  
2019: Magazine du WSL Diagonale, 1/19. 36 p., ISSN 2296-3561

## PERSONNES



L'équipe de rédaction du WSL, de gauche à droite: en haut: Sandra Gurzeler, Birgit Ottmer, Beate Kittl, Claudia Hoffmann; en bas: Reinhard Lässig, Sara Niedermann, Lisa Bose

## PIÈGE À INSECTES AUTOMATIQUE



Des collaborateurs du WSL ont élaboré un piège à insectes automatique qui n'attrape des insectes que pendant des périodes déterminées, par exemple la nuit entre 21 heures et 5 heures du matin. Les insectes tombent alors dans un gobelet de capture rempli de liquide. Entre le lever et le coucher du soleil, le piège est en revanche réglé de façon à permettre aux insectes diurnes comme les abeilles de se retrouver tout de suite en liberté via une ouverture. La plaque tournante avec les gobelets de capture tourne d'un cran chaque nuit. Des échantillons peuvent ainsi être prélevés sept nuits d'affilée et le piège seulement vidé une fois par semaine. Les pièges à insectes automatiques ont été développés pour étudier l'influence de la couleur et de l'intensité de la lumière des lampadaires à LED sur les insectes nocturnes.

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

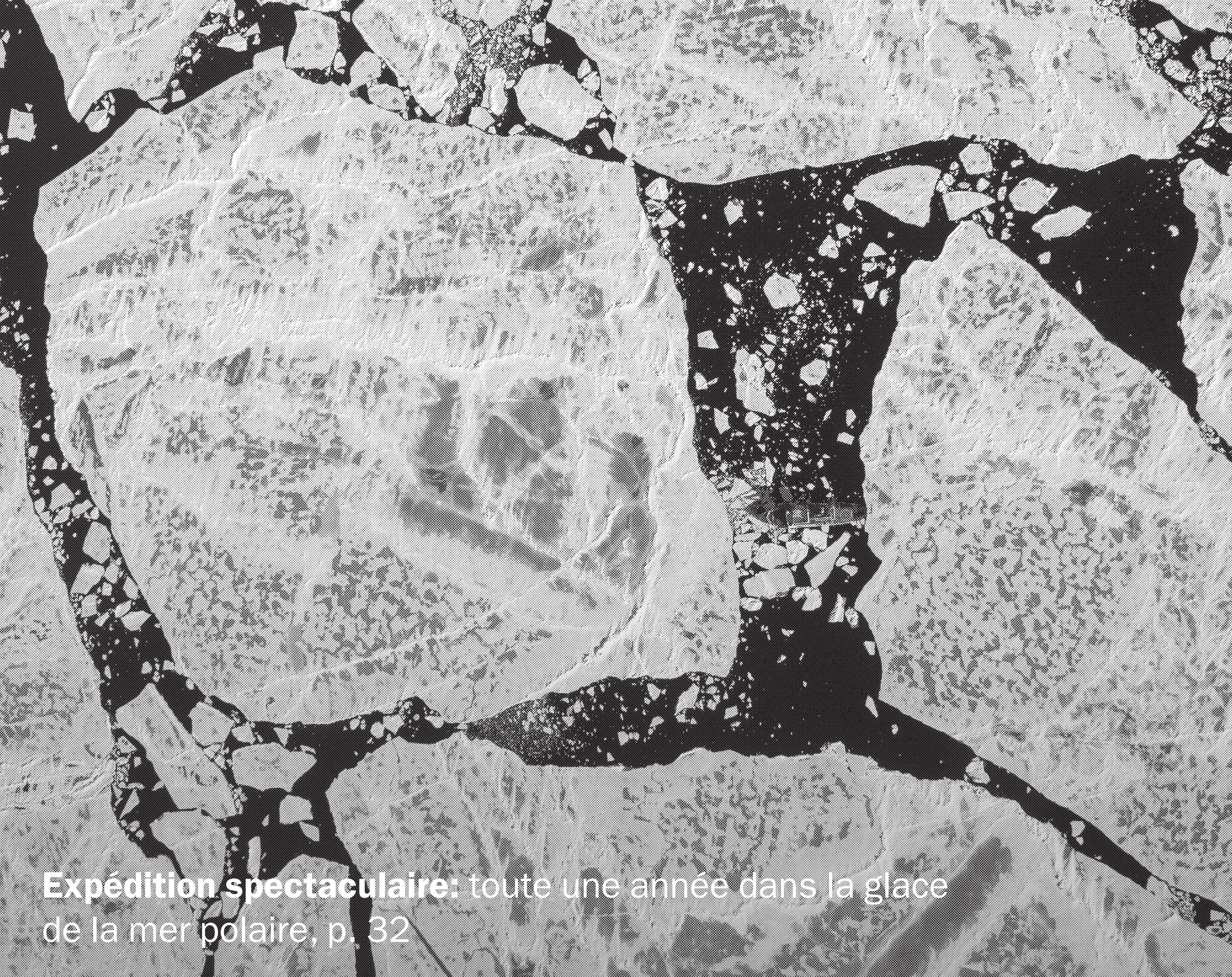






**Évolution de la forêt:** des séries d'essais aident les praticiens forestiers, p. 21





**Expédition spectaculaire:** toute une année dans la glace  
de la mer polaire, p. 32



## SITES

### **Birmensdorf**

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

### **Lausanne**

Institut fédéral de  
recherches WSL  
Case postale 96  
CH-1015 Lausanne  
Téléphone 021 693 39 05  
lausanne@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  
Téléphone 081 417 01 11  
contact@slf.ch  
www.slf.ch

### **Cadenazzo**

Istituto federale di  
ricerca WSL  
Campus di Ricerca  
a Ramél 18  
CH-6593 Cadenazzo  
Téléphone 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 de la forêt, du paysage, 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, Cadenazzo, 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/rapportdegestion](http://www.wsl.ch/rapportdegestion).

