

DIAGONALE

THÈME CENTRAL

Chercheurs et praticiens: apprendre les uns des autres

N° 2
19

Néophytes: cartographie grâce à l'intelligence artificielle, p. 23

Pénurie d'eau: les réservoirs existants suffisent-ils? p. 25

Arctique: la fonte du pergélisol alimente le changement climatique, p. 32

ÉDITORIAL

Chère lectrice, cher lecteur,
Notre nom l'indique: la recherche est notre raison d'être. Mais ce n'est pas une fin en soi: la loi sur les EPF stipule que nous devons tenir compte «des besoins du pays». C'est pourquoi nous transmettons des connaissances aux acteurs économiques et aux pouvoirs publics, afin qu'ils puissent œuvrer au mieux ou de façon plus efficiente.
Ce numéro de Diagonale est dédié à la collaboration et au transfert de savoirs. Tous deux commencent déjà au niveau de la recherche fondamentale. Même si cette dernière n'est pas tenue de présenter quelque utilité, elle sert néanmoins à comprendre des systèmes et des processus qui sous-tendent les problèmes sociétaux. La recherche appliquée intervient ensuite et part en quête de solutions. Des publications dans les langues nationales, des logiciels, des sites Internet, des cours et des services de conseil facilitent enfin le transfert vers les praticiens.
Le texte de loi semble clair et simple, mais son application est loin d'être facile! Tenir compte de tous les aspects du mandat de façon appropriée est un véritable exercice d'équilibriste. Nous espérons y parvenir. Mais nous vous invitons à lire notre Magazine et à vous faire votre propre opinion!



Christoph Hegg
Directeur adjoint du WSL



Recherche et pratique



FORMATION

Chaque année, le SLF forme des praticiens dans le domaine de la neige et des avalanches.

→ **10**



ÊTRE À L'ÉCOUTE DES BESOINS

Un projet de recherche étudie le potentiel du bois-énergie dans les Carpates ukrainiennes. De précieux contacts entre les chercheurs et la population en sont nés.

→ **12**



PARTAGE D'EXPÉRIENCES

Chercheurs et praticiens collaborent de façon étroite dans le cadre de la protection contre les dangers naturels. Cet échange d'expériences est un enrichissement mutuel.

→ **2**



ENSEMBLE SUR LE TERRAIN

Un champignon menace d'anciennes et précieuses châtaigneraies. Pour le combattre, chercheurs et spécialistes de la pratique s'unissent et testent de nouvelles méthodes de traitement.

→ **14**

THÈMES-CLÉS

20 FORÊT

23 PAYSAGE

26 BIODIVERSITÉ

28 DANGERS NATURELS

30 NEIGE ET GLACE

PORTRAITS

19 Anna Hersperger, spécialiste en recherche sur le paysage

31 Francesca Pellucciotti, glaciologue


34 Catherine Graham, écologue

35 IMPRESSUM, À L'HORIZON

36 LE SCHMILBLICK: Machine de nettoyage des graines

CONSEILS Pour une protection efficace contre les dangers naturels, des connaissances scientifiques de même que des expériences pratiques sont nécessaires. Le WSL transmet son savoir et bénéficie en échange des enseignements de la pratique.

Entre tour d'ivoire et urgence du terrain



Peter Bebi, écologue de la forêt de montagne du WSL, explique quelles sont les réactions de la forêt protectrice face à diverses influences: avalanches, modifications du pacage, changement climatique par exemple.



Lors d'une excursion, des étudiants des écoles forestières de Maienfeld et de Lyss, se familiarisent avec la structure forestière d'un couloir d'avalanche, et les mesures forestières qui permettent de préserver la fonction protectrice à long terme de la forêt.

Vallée de la Dischma près de Davos (GR).

Photo: Herbert Schnyder

En deux heures à peine, la tempête «Vaia» a balayé la Suisse dans la nuit du 29 au 30 octobre 2018. Dans la vallée de l'Albula, en Haute-Engadine, et dans le Val Poschiavo, un bien triste spectacle s'est ensuite imposé: les arbres avaient été brisés comme des allumettes, de grandes surfaces semblaient avoir été rasées. L'ouragan dont les rafales pouvaient atteindre 210 km/h, avait en un temps record ravagé plus de cent hectares de forêt protectrice censée préserver les zones d'habitation des avalanches, des glissements de terrain et des chutes de pierres. La tempête «Burglind», tristement célèbre, avait détruit des quantités similaires de forêt protectrice le 3 janvier 2018.

Les forestiers étaient confrontés à des questions urgentes: fallait-il évacuer les chablis, travail très dangereux, ou laisser le bois à terre? La protection contre les dangers naturels serait-elle alors encore assurée? Risquait-on une épidémie de bostryches? Pour Claudia Bieler, ingénieure forestière régionale du Services des forêts et des dangers naturels du canton des Grisons, le WSL pouvait répondre à ces questions. Elle demanda donc des conseils sur le terrain. «Je voulais faire en sorte que tous les forestiers concernés disposent des connaissances les plus actuelles», explique-t-elle.

Lorsque la nature frappe de plein fouet et passe les forêts au rouleau compresseur, ou précipite vers la vallée des flancs entiers de montagne, les connaissances empiriques des praticiens atteignent leurs limites. Dans le sillage d'événements extrêmes notamment – qu'il s'agisse de tempêtes, d'inondations comme en 2005 ou d'éboulements à l'image de ceux de Bondo en 2017 –, les connaissances spécialisées des chercheurs sont les

bienvenues. «Nous avons une vision globale du problème, et disposons de plus de temps et de possibilités pour faire des comparaisons avec d'autres pays et d'autres régions», explique Peter Bebi, expert des forêts protectrices au SLF. Les chercheurs peuvent par exemple se référer aux expériences internationales portant sur les surfaces de chablis laissées telles quelles.

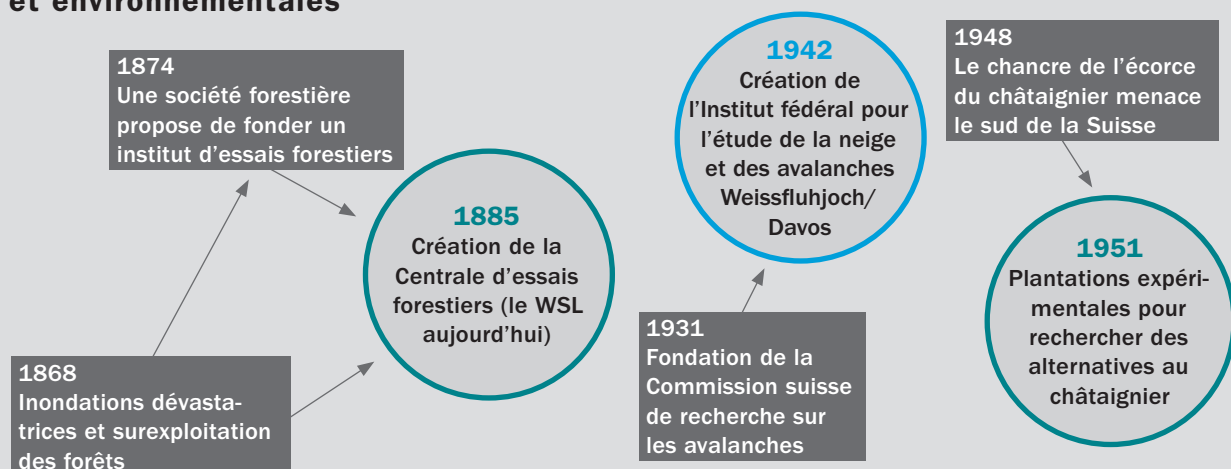
Depuis sa fondation en 1885, un mandat principal du WSL, «Station centrale d'essais forestiers» à cette époque, consiste à créer une base concrète de connaissances pour les praticiens. À la fin du XIX^e siècle, l'Institut visait entre autres à conseiller les professionnels forestiers pour que les forêts d'alors, fortement surexploitées, soient à nouveau aptes à protéger des dangers naturels. Aujourd'hui encore, à la demande des autorités et des bureaux d'ingénieurs, le WSL et le SLF proposent des ateliers et des formations, livrent des expertises ou soutiennent les responsables de la sécurité sur place lors de l'analyse des risques. Ils compilent les résultats de leur recherche sous la forme de directives, de notices et de rapports à l'attention des praticiens. Leurs analyses des événements en particulier, c'est-à-dire l'évaluation exhaustive a posteriori des processus à l'œuvre lors d'une catastrophe naturelle, fournissent aux responsables locaux de précieuses bases pour qu'ils soient armés en cas d'épisodes similaires.

Pour en savoir plus sur le thème des forêts protectrices: www.slf.ch/foret-protectrice

Partager des expériences

Dans le cas de la tempête «Vaia», Peter Bebi, aux côtés d'autres chercheurs du WSL, a sillonné maintes fois à pied des surfaces de chablis pendant l'hiver 2018/19. «Nous avons pu directement transmettre aux forestiers des expériences tirées des tempêtes Vivian en 1990 et Lothar en 1999», a-t-il déclaré. «Dans une perspective scientifique, de nombreuses raisons incitent à laisser des chablis à terre.» Le plus souvent, les souches et les disques racinaires arrachés protègent encore suffisamment des avalanches et des chutes de pierres. Là où les risques liés aux bostryches sont acceptables, on peut dès lors préférer ce type de protection naturelle. Il existe certes des publications imprimées sur ce sujet, mais «lors de visites communes, les forestiers peuvent poser leurs questions directement et bénéficier des connaissances les plus récentes de première main», indique Claudia Bieler qui a auparavant travaillé elle-même au SLF et a de ce fait de bons contacts avec les chercheurs.

Les réactions du WSL et du SLF face aux évolutions sociétales et environnementales

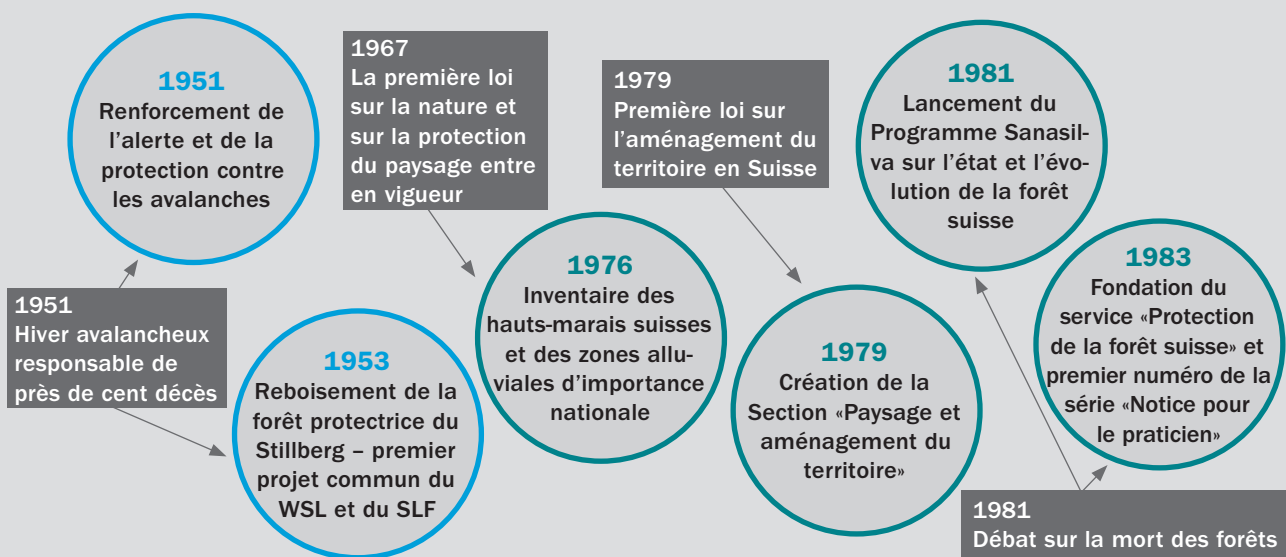




Après les dégâts dans la forêt protectrice, causés par la tempête «Vaia» en 2018 dans les Grisons, les chercheurs du WSL ont conseillé les forestiers quant au traitement des surfaces de chablis.

Peter Bebi, chef du groupe «Écosystèmes montagnards» au SLF depuis 2006, a déjà dirigé des dizaines d'excursions et visites de la sorte en forêt de montagne. Il est non seulement écologue expérimenté pour la forêt de montagne, mais aussi membre du Groupe suisse de sylviculture de montagne (GSM) où, depuis 1986, spécialistes forestiers et scientifiques s'engagent ensemble pour apporter les meilleurs soins aux forêts protectrices. Il existe aussi un groupe correspondant pour les dangers naturels en général, les «Experts en matière de dangers naturels Suisse» (FAN), où la Confédération, les cantons, des particuliers, la recherche et les assurances sont représentés. Son Président est Christoph Graf, géomorphologue au WSL. Les deux groupes proposent régulièrement des formations continues à leurs membres, et encouragent de nombreux échanges entre chercheurs et praticiens.

Photo: Service des forêts et des dangers naturels GR



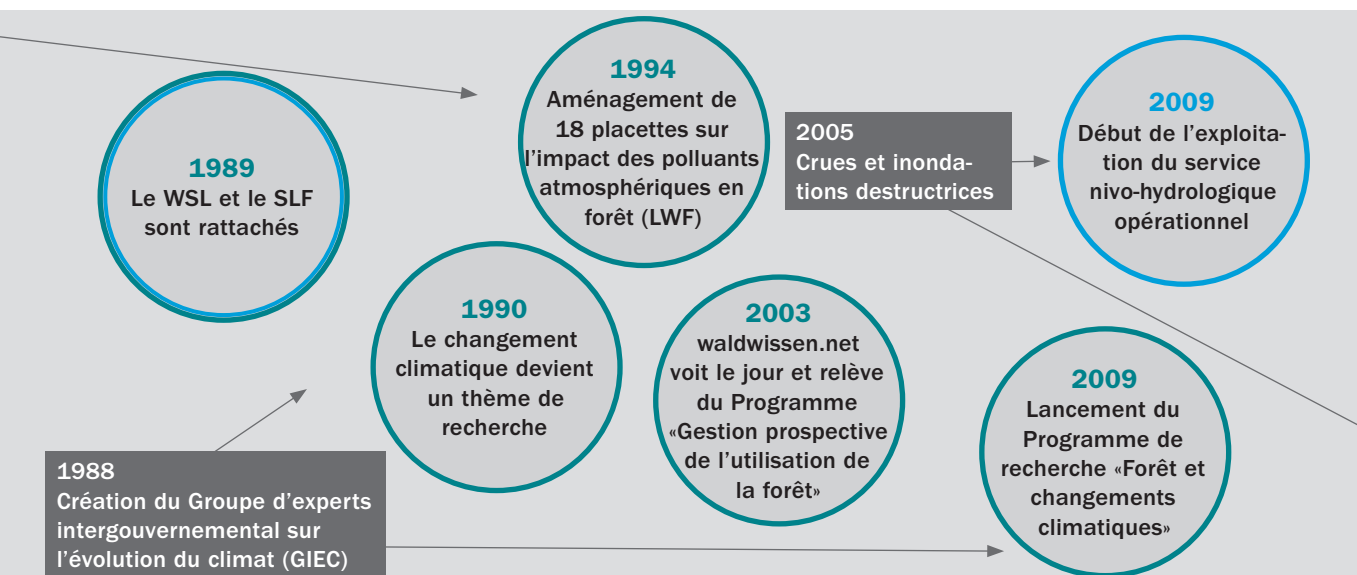
Faire face à des événements extrêmes

Comme pour la tempête «Vaia», les praticiens contactent le plus souvent le WSL lors d'un événement concret, ou lorsqu'ils sont face à un problème non résolu. Le canton des Grisons souhaitait par exemple des procédures plus claires pour délimiter, sur les cartes de dangers, les zones menacées par des avalanches de glissement. «Nous écrivons ensuite directement à un scientifique doté d'une grande expérience sur la zone», déclare Christian Wilhelm, chef du secteur Dangers naturels et ouvrages de protection au Service des forêts et des dangers naturels du canton des Grisons. Ce mandat a entre autres donné lieu à un rapport du WSL pour la pratique.

Les bureaux d'ingénieurs privés cherchent aussi à collaborer avec les scientifiques. «Nous veillons à garder des contacts étroits avec les chercheurs», explique Daniel Tobler de Geotest, une entreprise dans le secteur de l'ingénierie environnementale et de la géo-ingénierie, lui aussi membre de la FAN. Une possibilité pour ces bureaux: se familiariser avec les derniers appareils et techniques, à l'image des radars ou des lasers, pour surveiller le mouvement des roches. «Lorsque l'on se concentre sur de vastes projets complexes ou des catastrophes naturelles, impossible de se passer de la recherche.» Celle-ci dispose d'expériences et de méthodes ultramodernes qui dépassent largement les capacités de particuliers. À l'inverse, des collaborateurs du WSL s'adressent régulièrement à l'entreprise de Daniel Tobler, par exemple lorsqu'ils cherchent un endroit approprié pour un nouveau projet.

Impulsions pour des projets de recherche

Peter Bebi, chercheur au SLF, confirme également que les deux côtés bénéficient de contacts étroits: «Nous tirons beaucoup d'enseignements de la pratique». De nombreuses questions de spécialistes «au front» se traduisent en petits ou grands projets de recherche. Une surface «Vaia» laissée telle quelle dans le Val Tuors près de Bergün demeure comme site expérimental afin que Peter Bebi et ses collègues puissent étudier la capacité des peuplements restés sur place à retenir les avalanches. Quand des interventions dans des peuplements denses d'épicéas à un seul étage sont-elles bénéfiques? Cette question posée par un forestier d'Engadine a directement été thématiquée dans un mémoire de master au WSL.

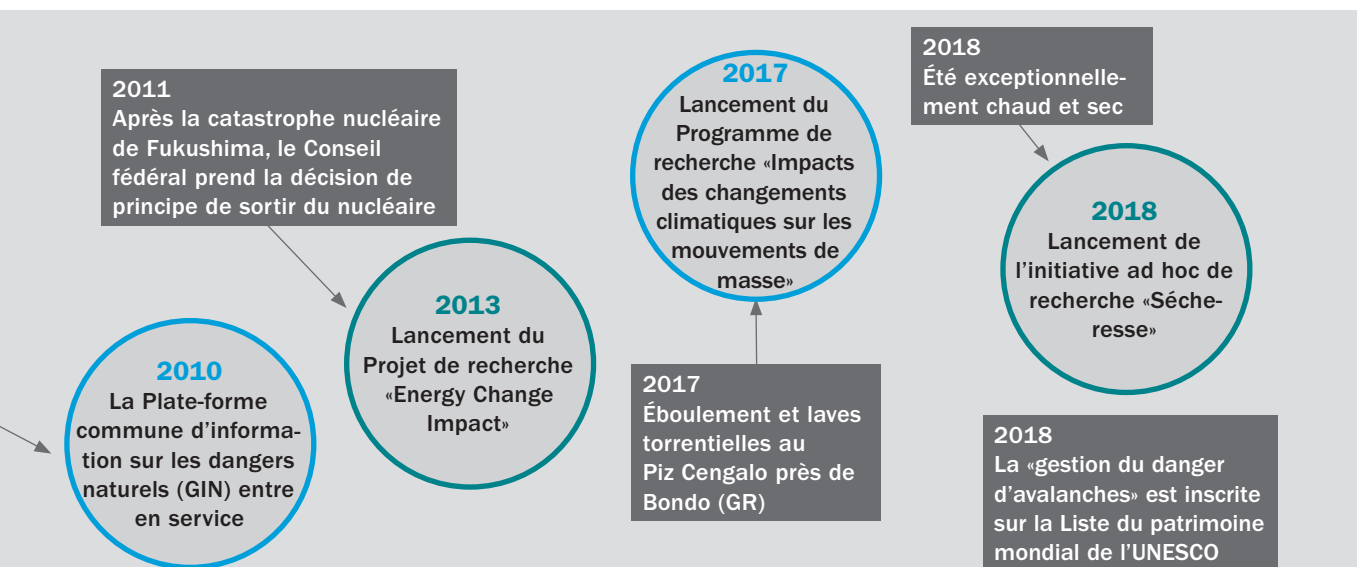



S'ajoutant à ces demandes «de la base», le WSL reçoit aussi des mandats des «autorités supérieures», à savoir des cantons et de la Confédération. Parmi eux, quatre tâches prescrites par la loi: le service d'alerte aux avalanches, l'observation à long terme des forêts (Inventaire forestier national, Sanasilva, LWF), la surveillance de la santé des forêts, ainsi que le suivi scientifique et technique de mesures pour lutter contre les maladies et les ravageurs forestiers. Souvent, des incitations de l'extérieur donnent lieu à des coopérations sur le long terme, à l'image du système d'alerte précoce des crues de la Sihl pour la ville de Zurich, devenu urgent lors de la construction de la nouvelle gare souterraine, et toujours en place. Même l'Assemblée fédérale donne parfois des impulsions pour de nouvelles recherches. La demande du Parlement de renforcer les recherches sur le futur énergétique de la Suisse a ainsi entraîné la création de huit centres de compétences pour la recherche (SCCER), au sein desquels le WSL a lancé divers projets énergétiques.

En tant que tels, les échanges entre chercheurs et praticiens fonctionnent donc très bien. Le WSL est toutefois tiraillé entre recherche et pratique car il doit aussi s'imposer au niveau de la recherche de pointe. Celle-ci est le fondement des applications pratiques qui reposent en effet sur les dernières connaissances scientifiques. Mais les résultats de la recherche sont généralement publiés tout d'abord dans des articles spécialisés de revues scientifiques, la plupart rédigés en anglais, et non en premier lieu dans des rapports à l'attention des forestiers et des géo-ingénieurs. Certains chercheurs critiquent le fait que le travail de vulgarisation à l'égard de la pratique représente du temps pris sur l'écriture de publications, et ne bénéficie que d'une faible reconnaissance de la part du monde académique.

La pression de publier est aussi perçue par les praticiens: «Aujourd'hui, la recherche livre de plus en plus souvent les nouvelles connaissances à doses homéopathiques», explique Christian Wilhelm. «Pour nous, il est parfois difficile d'évaluer quelle nouveauté nécessite une adaptation de notre pratique.» De façon générale, les nouvelles connaissances de la recherche sont néanmoins «extrêmement importantes» pour la pratique. «Des modèles et méthodes améliorés en continu sont le fondement d'une protection efficace contre les dangers naturels.»


(bki)





Les vieux arbres de gros diamètre sont importants pour la biodiversité en forêt car ils offrent un habitat à de nombreuses espèces animales et végétales, mais aussi aux lichens et aux champignons. Dans le groupe de travail «Biodiversité en forêt» notamment, les chercheurs échangent leurs expériences avec des praticiens sur la promotion de la diversité en forêt.

Les forêts sont aussi un lieu de détente: c'est d'ailleurs l'une de leurs principales fonctions sur environ 10% de la surface forestière suisse. Des études du WSL ont révélé que les promeneurs recherchaient au milieu des arbres un air sain et un contact spontané avec la nature, tout en oubliant leur stress quotidien.



Environ 36% de l'ensemble des forêts suisses protègent des dangers naturels, par exemple des chutes de pierres. En collaboration avec les praticiens forestiers, les spécialistes du WSL s'engagent pour une gestion durable des forêts de montagne, afin de garantir à long terme la protection contre les dangers naturels.

Sentier forestier dans les Alpes.



Journée de cours sur le terrain: un profil de neige donne des informations sur le manteau neigeux. Celles-ci jouent un rôle important dans l'évaluation du danger d'avalanche.

FORMATION **Des connaissances approfondies pour de meilleures décisions.** Chaque année, le SLF forme des praticiennes et praticiens à l'occasion de divers cours dans le domaine de la neige et des avalanches.

Une route doit-elle être fermée à cause du danger d'avalanche ou une zone d'habitation évacuée? Les services des avalanches dans les régions de montagne sont confrontés à de telles questions. Ils sont responsables de la sécurité de la population et des touristes sur place. Franz Baumgartner, guide de montagne et membre de la commission des avalanches de Frutigen, fait partie d'un de ces services. Pour reconnaître les situations dangereuses et introduire les mesures appropriées, il a besoin d'expérience et de connaissances approfondies.

C'est exactement ce que transmet le SLF lors de ses cours sur la neige et les avalanches, destinés aux collaborateurs des services des avalanches et à leurs conseillers, ainsi qu'aux observateurs du SLF. Ces personnes sont les «yeux» du service des avalanches sur le terrain et livrent des informations sur les situations actualisées. Dans les cours, il s'agit en premier lieu d'observer et d'évaluer: quel est l'impact de la météo sur le danger d'avalanche? Comment celui-ci évolue-t-il? Routes et bâtiments sont-ils menacés?

Le SLF collabore de surcroît avec des spécialistes externes, par exemple des formateurs en média ou des juristes. Franz Baumgartner en est convaincu: «Les cours rafraîchissent mes connaissances, assurent le transfert de nouveaux savoirs et me soutiennent dans ma prise de décisions, notamment lors de situations avalancheuses peu claires.» Les cours proposent également aux spécialistes-praticiens la possibilité d'échanger des informations sur leur travail et leurs expériences.

Mais les participants ne sont pas les seuls bénéficiaires. Lukas Dürr, prévisionniste d'avalanches et formateur, explique: «Grâce aux contacts personnels, nous obtenons des retours d'expériences et des observations sur les départs d'avalanches et sur la situation d'enneigement.» Des informations essentielles pour le service d'alerte aux avalanches, afin d'établir un bulletin d'avalanches fiable.

Pour Lukas Dürr, il importe aussi de découvrir les problèmes qui préoccupent les praticiens, et les situations qui sont pour eux particulièrement difficiles à évaluer. De telles thématiques peuvent être reprises dans les cours suivants, mais aussi être intégrées dans les travaux de recherche ou le développement de nouveaux outils pour le service d'alerte aux avalanches. *(sni)*

Pour de plus amples informations sur les cours: www.slf.ch/cours

PARTAGER DES CONNAISSANCES **Donner à la population voix au chapitre.** Quelle contribution à la sécurité énergétique dans les Carpates ukrainiennes l'utilisation de bois de chauffage peut-elle apporter? C'est ce qu'étudient des chercheurs du WSL – avec des méthodes inhabituelles.

L'Ukraine fait régulièrement face à des problèmes d'approvisionnement énergétique, lorsque la Russie interrompt ses livraisons de gaz notamment. C'est pourquoi elle cherche à augmenter son taux d'auto-suffisance – grâce également aux énergies renouvelables. «Une utilisation accrue de bois pourrait compléter judicieusement les autres sources d'énergie renouvelables», déclare Astrid Bjørnsen, chercheuse au WSL, qui dirige le projet «Identifying Green Energy Options». Le Centre pour le développement et l'environnement de l'Université de Berne, ainsi que l'Université forestière nationale d'Ukraine à Lwiw (anciennement Lemberg) participent entre autres à ce projet.

L'étude porte notamment sur le potentiel de bois-énergie dans les Carpates ukrainiennes. D'immenses surfaces forestières couvrent la région montagneuse à l'ouest du pays. Un cinquième du volume de bois récolté sert déjà de bois de chauffage aujourd'hui. Est-il possible d'en utiliser une plus grande quantité? Les chercheurs examinent la question sur la base de critères écologiques, économiques et sociaux. «Il est alors très important pour nous d'impliquer les personnes sur place, afin que la recherche ne passe pas à côté de leurs besoins véritables», précise Astrid Bjørnsen.

C'est la raison pour laquelle les chercheurs ont lancé un concours d'idées dans la région d'étude. Son objectif: accueillir entre autres des propositions en vue d'une utilisation plus efficace du bois-énergie. Une école située dans la

Description du projet sur le site du WSL (en anglais): www.wsl.ch/boisenergie-ukraine



La population de la petite ville ukrainienne de Boryslav a été invitée à faire part de ses expériences et à élaborer sa vision d'un avenir énergétique durable.

Photos: Astrid Bjørnsen, WSL



Cohésion renforcée: les habitants de Boryslav ont tourné une vidéo ensemble sur l'approvisionnement énergétique de leur ville.

ville de Boryslav qui compte 38 000 habitants, a gagné le premier prix. Elle veut construire un abri pour que le bois de chauffage de l'école ne soit plus exposé à la pluie, mais puisse être stocké au sec. «La proposition a l'air banal, mais elle révèle à quel point les personnes là-bas sont confrontées à des problèmes essentiels», explique Astrid Bjørnsen.

La vidéo comme porte-parole

Après la réussite du concours d'idées, d'autres activités du projet ont été menées à Boryslav. Les chercheurs ont alors eu recours à un outil inhabituel: ils ont invité six habitants à tourner sous leur direction une «vidéo participative» sur la situation énergétique dans leur ville. «La méthode vise à réunir les membres d'une communauté et à leur donner une voix», indique Astrid Bjørnsen. La vidéo a été présentée en 2018 lors d'une manifestation publique à Boryslav, ainsi qu'à une conférence internationale. «S'ajoutant au gain de connaissances, de précieux contacts entre les chercheurs et la population ont aussi vu le jour.»

Le projet s'est déjà traduit par des changements positifs. L'Université de Lwiw veut continuer de renforcer son lien avec la pratique: des étudiants en master vont effectuer des études de cas à Boryslav et formuler des propositions pour des programmes communaux d'encouragement dans le secteur des énergies renouvelables. Le WSL s'engage de surcroît à mettre en place des capacités de recherche dans l'Université partenaire ukrainienne, et à inviter des chercheurs en Suisse.

Comme le projet s'étend jusqu'à 2020, nous ne disposons pas encore de résultats définitifs quant au potentiel du bois-énergie dans les Carpates ukrainiennes. Mais selon Astrid Bjørnsen, il apparaît que davantage de déchets issus de la transformation du bois pourraient être utilisés. L'efficacité joue aussi un rôle: il est possible d'économiser une grande quantité de bois si celui-ci est suffisamment séché avant la combustion, à l'image de ce que fait désormais l'école de Boryslav.

(cho)

ESSAIS SUR LE TERRAIN **Le sauvetage du châtaignier. Un champignon menace d'anciennes et précieuses châtaigneraies. Pour le combattre, chercheurs et praticiens s'allient et testent de nouvelles méthodes de traitement.**

Les châtaigneraies sont typiques du Tessin bien que le châtaignier pousse aussi au nord des Alpes. Jusqu'aux années 1950, il était considéré comme «l'arbre à pain des pauvres», mais il est ensuite tombé dans l'oubli. Il connaît actuellement une renaissance: ces douze dernières années, l'association «IG Pro Kastanie Zentralschweiz» a par exemple remis en état de nombreuses châtaigneraies retournées à l'état sauvage autour du lac des Quatre-Cantons, notamment sur le site de Chestenenweid près de Weggis (LU). Des arbres dont l'âge pouvait atteindre 150 ans, ont été coupés, d'autres plantés, et le terrain a été débroussaillé.

Or les châtaigniers du nord des Alpes sont menacés par une maladie mortelle, le chancre de l'écorce du châtaignier. Celui-ci est provoqué par le champignon *Cryphonectria parasitica* qui infeste l'écorce, et entraîne le dépérissement de branches, voire d'arbres entiers. «Dans l'aire de Chestenenweid également, 40 % des châtaigniers sont déjà atteints», estime Emanuel Helfenstein, spécialiste en sciences forestières et chef de projet chez IG Pro Kastanie Zentralschweiz. Pour sauver les arbres, il n'existe actuellement qu'une méthode efficace: la lutte biologique contre le champignon. On utilise à cet effet un virus qui infeste naturellement le champignon et l'affaiblit. Les zones malades – appelées chancres – guérissent par la suite, et les arbres survivent. Tandis que le virus s'est propagé de lui-même au sud des Alpes, il faut l'aider un peu au nord.

«La lutte biologique fonctionne bien», déclare Simone Prospero, collaborateur dans le groupe Phytopathologie du WSL. Avec sa collègue, Francesca Dennert, il effectue des traitements sur mandat de différents cantons. Les chercheurs isolent à cet effet la souche de champignon dans l'écorce d'un châtaignier infesté. Ils transmettent en plusieurs étapes le virus affaibli au champignon dans le laboratoire phytosanitaire du WSL. Puis, ils le font se multiplier jusqu'à ce qu'il devienne une sorte de pâte fongique. Suit alors l'application: dans le tronc ou sur les branches du châtaignier originel, de petits trous sont forés autour de la zone infestée pour y insérer la pâte fongique. Le virus gagne le champignon dans l'arbre si bien que quelques mois ou quelques années plus tard, le chancre de l'écorce disparaît.

Traitement chronophage

«Appliquer la pâte n'est pas difficile, mais demande du temps», explique Emanuel Helfenstein, qui effectue lui-même des traitements sur le terrain. Il lui faut souvent plus d'une heure par arbre. Pour rendre l'application plus simple et plus rapide, le WSL teste de nouvelles méthodes dont un spray fongique. Sur le site de Chestenenweid, un projet de recherche initié par IG Pro Kastanie est en cours actuellement. Les chercheurs du WSL, en collaboration avec Emanuel Helfenstein, y étudient l'impact de bouts de bois qui hébergent le virus. Ceux-



Association IG Pro
Kastanie Zen-
tralschweiz:
[https://kastanien.
application-lab.ch](https://kastanien.application-lab.ch)

Pour tester une nouvelle méthode de traitement, Emanuel Helfenstein, spécialiste en sciences forestières, fixe sur un châtaignier malade un bout de bois hébergeant des spores fongiques infestées par le virus.

ci sont juste accrochés aux branches ou au tronc du châtaignier. «La pluie lessive en effet les spores, leur permettant de pénétrer dans l'écorce où elles transmettent le virus salvateur», précise Simone Prospero.

Les tests précédents sont prometteurs. «Mais il faut attendre les essais de Chestenenweid pour voir si la méthode fonctionne réellement», déclare Simone Prospero. Les deux parties profitent de ces travaux: le WSL, car il est tributaire de sites expérimentaux appropriés pour sa recherche; l'IG Pro Kastanie Zentralschweiz, car les résultats de recherche facilitent la lutte contre le chancre de l'écorce du châtaignier et peuvent ainsi contribuer à sauver les châtaigniers au nord des Alpes. *(cho)*

UNE-DEUX **Soigner les relations.** Une enquête du WSL a démontré que pour les spécialistes de la conservation, l'expérience personnelle comptait plus que les informations issues de la recherche. Rolf Holderegger, chercheur du WSL, et Stefan Birrer, praticien de la conservation, discutent des possibilités d'améliorer les échanges entre recherche et pratique.

Monsieur Birrer, en tant que praticien, lisez-vous des publications scientifiques dans des revues spécialisées?

SB: Je lis surtout des publications en relation avec la Suisse et l'Europe centrale, les revues spécialisées américaines n'étant guère d'une grande utilité pour moi. Mais il n'existe pas qu'un seul type de pratique ou de praticien. Un responsable d'une petite zone protégée n'a pas besoin de contact avec les chercheurs, contrairement aux personnes impliquées dans la conception de la protection de la nature.

Que peut faire la recherche pour augmenter son impact dans la pratique?

RH: Il faut effectuer des recherches pertinentes pour les praticiens. Mais le plus important, c'est de vouloir ces échanges avec eux et d'y consacrer du temps. Si deux ou trois personnes issues de la pratique vous connaissent personnellement et peuvent ainsi vous poser des questions au téléphone, vous aurez vraisemblablement un impact plus grand que si vous publiez beaucoup.

SB: Le fait de vouloir, de part et d'autre, ces échanges est selon moi primordial. À plusieurs reprises,

nous étions face à des questions pratiques auxquelles un mémoire de master aurait bien pu répondre. Malheureusement, dans le monde de la recherche, personne n'était prêt à étudier ces questions. Peut-être la problématique n'intéresse-t-elle pas les chercheurs, ou peut-être aucun de leurs étudiants n'est-il désireux de rédiger un mémoire pratique.

Devrait-on ainsi déjà mieux relier la recherche à la pratique dans la formation?

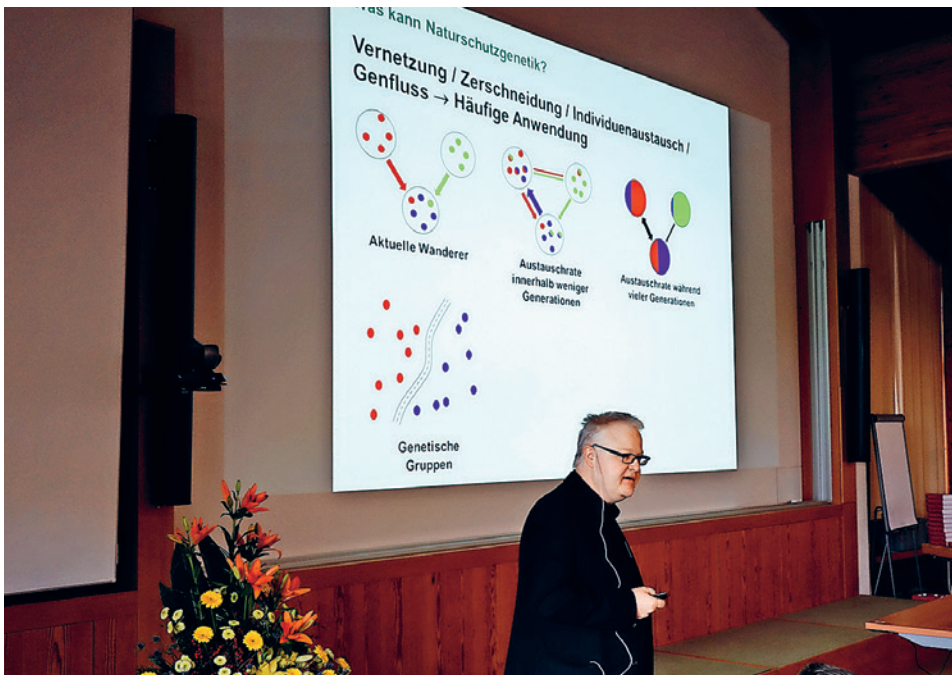
RH: Oui. Dans les hautes écoles, les étudiants sont submergés par les connaissances théoriques. Une grande partie des diplômés travaillera cependant plus tard dans la pratique, seule une infime minorité aura la possibilité de rester à long terme dans le secteur de la recherche. Les hautes écoles forment de ce fait les spécialistes dont les autorités, les bureaux d'écologie et les entreprises ont besoin. Dans la formation, une plus grande attention devrait être accordée à ce phénomène. De meilleures connaissances des espèces notamment, ou de l'environnement juridique, de même que des compétences générales en communication ou en négociation seraient particulièrement souhaitables.



Stefan Birrer est biologiste et travaille depuis 20 ans dans le bureau d'écologie Hintermann & Weber à Reinach.



Rolf Holderegger, biologiste, dirige l'Unité de recherche Biodiversité et biologie de la conservation au WSL.



Des conférences sur des thèmes qui intéressent aussi les praticiens, encouragent les échanges et les contacts personnels.

SB: Ne gâche-t-on pas les ressources en ne formant les étudiants que pour la théorie et non pour la pratique?

RH: En plus de la recherche fondamentale, la recherche appliquée est également nécessaire dans les hautes écoles et les instituts de recherche suisses. Elle importe non seulement pour la pratique, mais constitue également une référence en termes de prestation reconnue pour la politique et la société. Ces dernières attendent de la part de la recherche, en plus d'une réputation sans faille, une contribution à la solution des problèmes actuels. Recherche fondamentale et recherche appliquée vont souvent de pair et peuvent s'enrichir mutuellement.

Mais la recherche fondamentale apporte-t-elle quoi que ce soit à la pratique?

RH: Souvent, seulement de façon indirecte et limitée. Il existe le

concept de l'effet «trickle down» ou effet des retombées: on se consacre à la recherche fondamentale sans se préoccuper de l'applicabilité des résultats. À un moment ou à un autre, espère-t-on, ceux-ci finiront bien par rejoindre la pratique. On sait pourtant qu'en réalité, cette approche ne fonctionne pas ou demande beaucoup de temps.

SB: En génétique, elle a cependant fonctionné. Alors qu'il s'agissait au début de recherche fondamentale, on applique désormais à vaste échelle des méthodes génétiques en protection de la nature. Je trouve cette hypothèse de l'intégration, tôt ou tard, des résultats de la recherche dans la pratique, tout à fait juste à la base. Rares sont les praticiens qui considèrent la recherche fondamentale comme un problème. Un espace et des finances suffisants sont néanmoins nécessaires pour que la recherche axée sur la pratique puisse être menée.

Au fait, la recherche appliquée est-elle utile à la pratique?

SB: Très utile. Ces dernières années, je suis toutefois devenu plus critique vis-à-vis de la science. Régulièrement, je découvre des travaux qui ne me convainquent pas, même si les évaluations statistiques sont correctes. Des erreurs méthodologiques pourraient souvent être évitées en intégrant un spécialiste de la pratique. La recherche pose aussi trop rarement la question de la pertinence: importe-t-il qu'avec une certaine technique de fauche, il reste 5 % de plus ou de moins d'une certaine espèce d'insecte? Ou d'autres facteurs sont-ils éventuellement plus déterminants? Cela me met toutefois mal à l'aise, en tant que praticien, d'insinuer qu'un chercheur a commis des erreurs dans une étude: la critique est toujours facile.

Et dans l'autre sens: que souhaite la recherche de la part de la pratique?

RH: Il existe de nombreuses questions de recherche pertinentes pour la pratique, et auxquelles les données de la pratique elles-mêmes, en particulier celles des cantons, pourraient répondre. Mais nous n'avons pas accès à cette mine de données car celles-ci ne sont pas traitées. Je souhaite une plus grande ouverture d'esprit en la matière. De même par rapport à ce que la recherche peut proposer. Il y a des préjugés tels que: «Les chercheurs veulent seulement publier, quand on parle avec eux, on n'y comprend rien. Ils nous disent comment interpréter leurs résultats et au bout du compte on n'a pas voix au cha-

pitre.» Ces clichés sont partiellement vrais mais il existe aussi beaucoup de chercheurs facilement abordables et désireux de plus d'échanges avec la pratique.

SB: Cette attitude négative au sein des praticiens existe véritablement. Ainsi, les spécialistes des espèces sont parfois très sévères. Pour eux, une personne armée seulement de quelques années d'études, dépourvue d'expérience et devant d'abord se familiariser avec un groupe d'espèces, n'obtiendra au bout du compte aucun résultat de qualité.

Comment réussir à dépasser ces préjugés?

RH: À plusieurs reprises, nous avons proposé des conférences ciblées aux praticiens, notamment sur les passages à faune et la génétique de la conservation. Des thèmes issus de la pratique et un programme au cours duquel les praticiens puissent prendre la parole, sont importants. Et il faut prévoir beaucoup de temps pour les échanges, afin de pouvoir se parler et faire connaissance.

SB: De telles rencontres sont selon moi très précieuses, elles pourraient être plus nombreuses. À Bâle lors de la conférence «Protection de la nature à Bâle et dans ses environs», tous les protecteurs de la nature issus de la région et les chercheurs se retrouvent, des travaux scientifiques sont alors présentés.

RH: Je suis d'avis que les contacts personnels sont les plus bénéfiques pour les échanges entre chercheurs et praticiens. *(lbo)*

«Le plus important, c'est de vouloir des échanges avec les praticiens et d'y consacrer du temps».

Anna Hersperger, Birmensdorf

Lauréate d'un
«SNSF Consolidator Grant»



AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE DANS LES AGGLOMÉRATIONS

Comment planifier le développement de vastes zones urbaines? Ou celui-ci est-il impossible à piloter? Anna Hersperger, spécialiste en recherche sur le paysage, a comparé l'aménagement du territoire dans 21 villes d'Europe. Elle analyse désormais les principaux processus à l'œuvre dans les villes de Bucarest, Zurich et Austin (Texas). «Nous comprenons de mieux en mieux le rôle joué par les visions stratégiques, les plans d'affectation et par les acteurs dans le développement des agglomérations».

FORÊT Introduction d'organismes nuisibles avec des semences: le danger est plus élevé qu'on ne le pensait

Des semences et des plants d'arbres sont aujourd'hui commercialisés à l'échelle européenne et mondiale. Des semences sont importées lorsqu'elles s'achètent moins cher à l'étranger, tandis qu'il existe un commerce florissant de semences de plantes ornementales exotiques destinées aux parcs et aux espaces verts. C'est à la frontière suisse que se pose au plus



Risque élevé malgré l'aspect sain des semences: en l'espace de quelques jours, les graines germées sont entourées par des organismes microbiens transportés à l'intérieur des semences ou sur celles-ci.

tard la question suivante: ces semences et ces plants sont-ils porteurs d'organismes nuisibles comme des insectes ou des champignons? Avec les semences importées, des organismes exotiques peuvent en effet être introduits dans un pays et pourraient, selon les circonstances, se multiplier et se propager de façon incontrôlée dans leur nouvel environnement.

Pour l'importation de bois et de plantes vivantes, des documents offi-

ciels qui attestent de la bonne santé du matériel végétal sont obligatoires. Ce n'est en revanche pas le cas pour le commerce des semences. Celui-ci étant classifié comme moins dangereux, il n'est pas réglementé pour la plupart des essences.

Faire des plantations test avant l'exportation

Mais le risque pourrait être plus important qu'on ne le pensait. Dans sa thèse de doctorat au WSL et au «Centre for Agriculture and Bioscience International» (CABI) de Delémont, Iva Franić, biologiste, a examiné des semences en provenance d'Amérique du Nord, d'Europe et d'Asie. Son but: découvrir si elles étaient colonisées par des insectes ou des champignons. Il s'est avéré que les échantillons des semences de certaines essences issues de Chine et d'Amérique du Nord étaient infestées par beaucoup plus de champignons qu'on ne le soupçonnait jusqu'à présent. S'y trouvaient également des espèces de champignons déjà identifiées comme ravageurs. Simone Prospero, qui supervise la thèse de doctorat d'Iva Franić au WSL, indique que «le taux d'infection élevé des semences de certaines essences est préoccupant.»

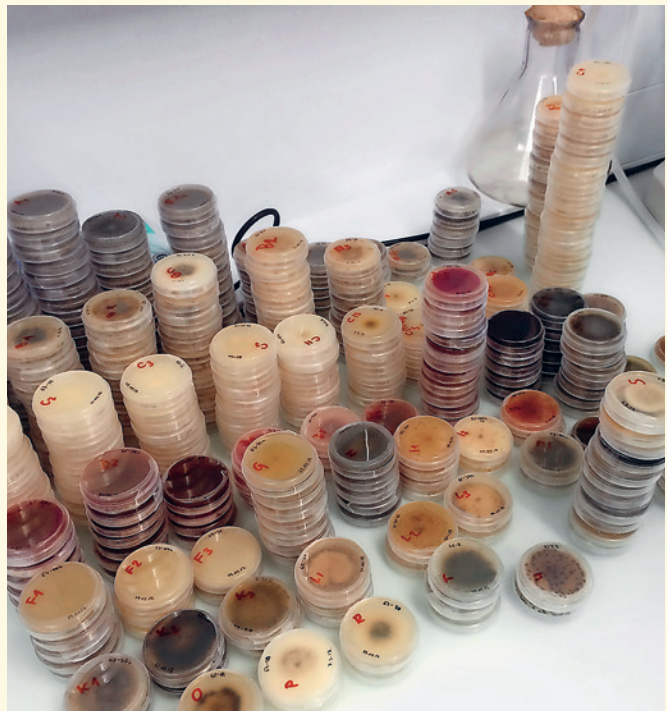
Des incertitudes demeurent encore quant à la dangerosité et aux dommages potentiels de certaines espèces d'insectes et de champignons détectées. Pour clarifier ce point, les chercheurs du WSL et du centre CABI à Delémont vont réaliser, dans le laboratoire phytosanitaire à Birmensdorf, des infections expérimentales sur du matériel végétal, ainsi que des analyses génétiques.

Une autre méthode pour identifier des ravageurs potentiels repose sur des «plantations sentinelles» effectuées dans le pays d'origine des semences. On recourt à des plantations de semences d'essences fréquemment exportées afin de rechercher ensuite si les plantes sont infectées par des organismes nuisibles. Puis, une analyse des risques visant à déterminer si ces organismes pourraient se comporter de façon invasive dans un des pays d'importation, décide de l'exportation ou non des semences et du matériel végétal. L'une de ces plantations est présente depuis 2018 dans la pépinière du WSL à Birmensdorf. Cinq essences indigènes en Europe centrale, régulièrement exportées vers l'Asie, y sont examinées à la recherche de champignons et d'insectes éventuels.

Exiger des tests sur les semences

Les chercheurs déduisent des résultats obtenus à ce jour qu'il est nécessaire de repenser les mesures en droit phytosanitaire pour le commerce de semences d'arbres. «Le risque de l'introduction involontaire d'organismes nuisibles ne pourra être réduit que si des échantillons de semences sont contrôlés dans le pays d'origine en vue d'y détecter des infestations éventuelles de champignons et d'insectes, explique Simone Prospero, et que si l'échantillon se voit attribuer un certificat correspondant». Car plus on identifiera tôt et de façon précise les organismes nuisibles invasifs, plus il sera possible d'empêcher leur introduction dans des pays jusque-là épargnés.

«Les nouvelles ordonnances sur la santé des végétaux de l'UE et de la Suisse, sont un pas dans la bonne direction», Simone Prospero en est



Le laboratoire de diagnostic du WSL effectue régulièrement des contrôles sur les semences de pins importées.



Gland d'une espèce américaine de chêne (*Quercus garryana*) victime d'une infestation fongique et de dégâts de défoliation causés par des larves d'insectes.

convaincu. Les conditions d'importation de matériel végétal issu de pays tiers à l'image de la Chine, y sont réglementées de façon plus stricte. Car une fois que des agents pathogènes ont migré à travers des continents, les conséquences financières et écologiques sont potentiellement immenses. (lbo)

www.wsl.ch/laboratoire-phytosanitaire

FORÊT Les spécialistes en foresterie et en protection de la nature résolvent différemment les conflits entre économie et écologie



Dans un marteloscope, chaque arbre est numéroté. Sur cette surface d'exercice, il est possible de passer en revue différentes tâches théoriques de la sylviculture.

Comment récolter du bois et promouvoir en même temps la biodiversité en forêt? Une équipe autour de Tobias Schulz, politologue, et de Frank Krumm, ingénieur forestier, a comparé, aux côtés de chercheurs venus d'Allemagne, la façon dont les spécialistes issus de la foresterie et de la protection de la nature résolvaient ce conflit. À cet effet, pendant deux journées, douze participants ont été invités chaque jour dans un marteloscope à l'intérieur d'une chênaie. Il s'agit d'une surface de formation où les caractéristiques de tous les arbres ont été inventoriées, et leur position cartographiée. Les participants ont dû équilibrer les objectifs économiques et écologiques: marquer une certaine quantité de bois de valeur destiné à la récolte, de même que sélectionner dix arbres-habitat. Ces

derniers doivent être préservés en raison de leurs structures d'habitat telles que des cavités et des fissures, car ils proposent un milieu de vie à de nombreux animaux.

Les spécialistes en protection de la nature ont presque exclusivement choisi de vieux chênes au large diamètre comme arbres-habitat, tandis que les forestiers ont aussi indiqué de jeunes charmes à faible valeur écologique. Les grands chênes, précieux au niveau économique, ont été sélectionnés pour la récolte par les forestiers, en revanche quasi jamais par les protecteurs de la nature. Si les forestiers se sont comportés de façon plus homogène que les protecteurs de la nature par rapport à l'équilibre économie/écologie, tous ont en revanche choisi des arbres-habitat de faible valeur économique dans l'ensemble.

Lors de cette enquête, des facteurs essentiels tels que la sécurité au travail ou la pression du temps n'ont pas été étudiés. D'autres exercices dans des marteloscopes doivent encore démontrer l'impact de ces facteurs dans la pondération entre économie et écologie.

(lbo)

PAYSAGE Lors de la cartographie des plantes, l'ordinateur est parfois plus précis que l'être humain

D'innombrables véhicules empruntent chaque jour les autoroutes suisses. Mais l'être humain n'est pas le seul à utiliser ces axes de transport, le long de ces couloirs se propagent aussi des espèces végétales exotiques. Certains de ces néophytes envahissants se multiplient parfois fortement. Quelques espèces sont toxiques, causent des allergies ou entraînent des coûts accrus dans l'entretien des routes. Souvent, on ne sait pas où elles se propagent et à quelle vitesse, car les cartographies le long des autoroutes sont dangereuses et font de ce fait défaut.

Michael Nobis, écologue au WSL, et son équipe, testent désormais avec le Computer Vision Lab de l'EPF de Zurich, une nouvelle méthode pour cartographier rapidement les espèces végétales de façon automatisée. Dans une voiture, les chercheurs parcourent des autoroutes à l'image de l'A1 entre Genève et St. Margrethen. Deux caméras filment alors les terre-pleins et les acotements. À 90 km/h et avec 24 photos par secondes, on obtient ainsi un set de données de plusieurs millions de photos individuelles de la végétation le long des routes.

Ce set est évalué à l'aide de «Deep Learning»: des réseaux neuronaux artificiels entraînés pour reconnaître différents modèles dans les données. Sur une petite partie des photos, l'ailante et le séneçon du Cap sont marqués à la main. L'ordinateur apprend à reconnaître les espèces à l'aide de ce set de données d'entraînement. «Cette nouvelle technologie pourrait permettre de simplifier des travaux routiniers chronophages à l'image de la cartographie sur le ter-

rain», M. Nobis en est convaincu. Un avant-projet avec des relevés de drones le long de voies ferrées des CFF, a démontré que la machine identifiait parfois mieux les espèces que le botaniste.

L'objectif du projet actuel consiste à tester la nouvelle méthode et à dresser des cartes détaillées de la répartition de l'ailante et du séneçon du Cap le long d'autoroutes. L'Office



Des caméras filment la végétation à gauche et à droite depuis la voiture. L'ailante (photo de droite) est représenté avec une netteté étonnante à 90 km/h.

fédéral des routes OFROU, commanditaire du projet, et l'Office fédéral de l'environnement OFEV, sont très intéressés par les résultats. Ces derniers indiqueront la répartition actuelle des espèces invasives et fourniront des aides décisionnelles pour la gestion de ces espèces. (lbo)

PAYSAGE Enquête sur la transition énergétique: la population veut être plus impliquée dans la planification des installations

La population suisse a nettement dit oui à la Stratégie énergétique 2050. Mais lorsque des sites potentiels sont proposés – par exemple pour des éoliennes –, nombreux sont ceux qui font preuve de scepticisme. Comment la population envisage-t-elle concrètement la mise en œuvre de la transition énergétique dans son cadre de vie le plus proche? Le WSL a étudié cette question dans douze communes au nord-est de Berne.

Dans ce but, Stefanie Müller, géographe, a mené une enquête. Elle souhaitait savoir dans quelle mesure les habitants de la région étaient satisfaits de leur participation à la planification des installations d'énergie renouvelable. Elle voulait aussi dé-

couvrir comment ils se représentaient la modification de leur habitat du fait de l'introduction d'installations destinées à produire de l'énergie renouvelable. La chercheuse a alors innové: elle a demandé aux personnes concernées d'utiliser un système d'information géographique, et de marquer sur des extraits de cartes numériques les endroits susceptibles d'accueillir des éoliennes. Il fallait dire aussi, en le justifiant, les endroits où aucune énergie éolienne ne devait être produite.

Cinq cent trente personnes en tout ont participé à l'enquête. Elles peuvent, en grande majorité, tout à fait imaginer que leur commune accueille des éoliennes. Mais à condition d'une implication active accrue dans le processus de planification local, pour le choix de la source d'énergie renouvelable par exemple, ou du site de production, ou encore pour l'aménagement concret des installations.

Si l'avis de la population était plus fortement pris en compte dans l'application concrète de la nouvelle stratégie énergétique, les processus politiques et administratifs actuels seraient remis en question. Une participation plus importante et plus précoce des citoyens augmente toutefois les chances qu'à l'avenir, les sources d'énergie renouvelable soient moins considérées comme une interférence dans l'environnement immédiat que comme partie intégrante de celui-ci. (rlä)

www.wsl.ch/enquete-energieeolienne



Éolienne près d'Haldenstein, dans la vallée du Rhin de Coire.

PAYSAGE L'eau pourrait se raréfier: la Suisse dispose-t-elle de réservoirs suffisants?



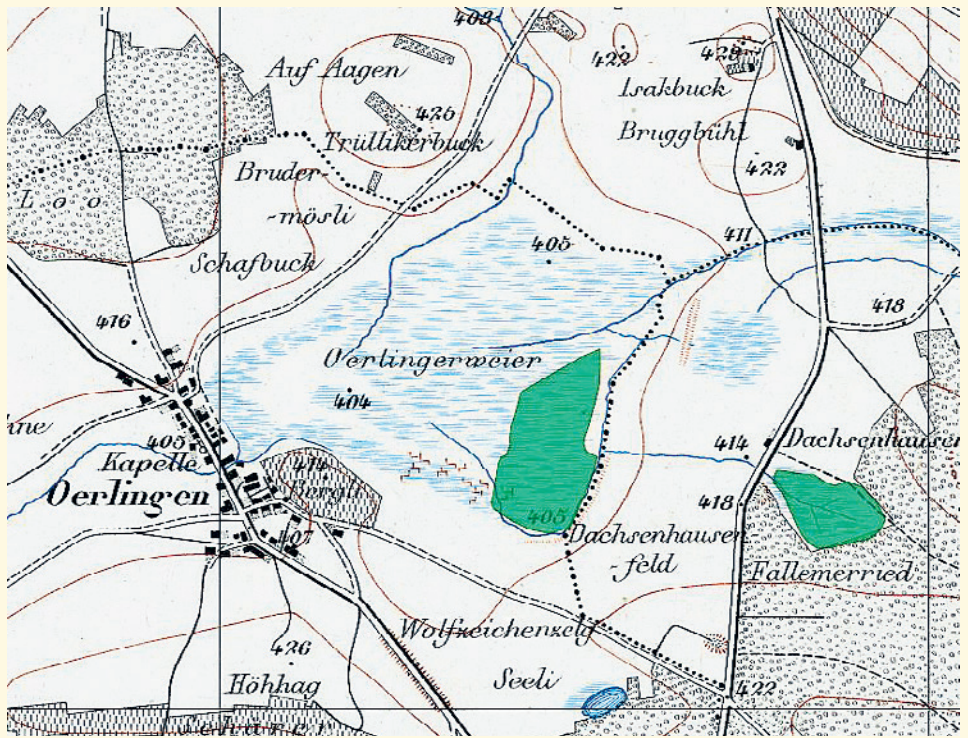
L'eau des bassins artificiels d'accumulation, ici au Val de Bagnes (VS), est principalement destinée à la production d'électricité.

Davantage de jours de canicule, des étés secs et des hivers pauvres en neige: selon les scénarios climatiques CH2018 de la Confédération, telles seront pour la Suisse les conséquences si le changement climatique se poursuit à la même vitesse. L'eau pourrait ainsi se faire rare, notamment l'été. Peut-on remédier à cette pénurie si les réservoirs d'eau existants compensent les pertes au niveau des précipitations et des débits? Sur mandat de l'OFEV, Manuela Brunner, hydrologue, étudie cette question en collaboration avec la haute école de Rapperswil. Pour 307 bassins versants de Suisse, les chercheurs ont estimé la pénurie d'eau actuelle et future en été, et l'ont comparée au volume de stockage des lacs naturels et réservoirs artificiels.

Le résultat: au niveau suisse, le volume des réservoirs naturels et ar-

tificiels existants serait suffisant pour contrecarrer une pénurie d'eau. Mais en raison des règlements actuels, seule une petite partie des volumes des lacs est effectivement utilisable, et l'eau des lacs d'accumulation sert essentiellement à la production hydroélectrique. Pour exploiter le potentiel des lacs d'accumulation, les concessions d'utilisation devraient être renégociées. De surcroît, les réservoirs sont rarement localisés sur le Plateau, où se trouvent pourtant les principaux besoins en eau. Le projet de suivi vise désormais à étudier les modifications des conditions-cadre qui seraient nécessaires pour permettre une utilisation multiple des réservoirs existants. *(lbo)*

BIODIVERSITÉ Marais zurichoïses: en l'absence de mesures adéquates, d'autres espèces végétales vont disparaître



Le marquage des zones humides sur la carte montre l'étendue des marais d'Oerlingen vers 1850. Celle-ci est restreinte aujourd'hui (surfaces vertes), phénomène symptomatique pour les marais du canton de Zurich.

Les marais recouvrent moins d'un pour cent du canton de Zurich alors que vers 1850, la surface était encore dix fois plus grande. La raison à cela? De vastes parties des surfaces marécageuses ont depuis été asséchées. Elles sont désormais exploitées par l'agriculture ou ont été bétonnées. Il est évident qu'avec de telles pertes de surfaces, des espèces végétales adaptées aux marais disparaissent. Certaines espèces spécialisées se sont déjà éteintes dans le canton de Zurich, tandis que de nombreuses autres espèces se sont raréfiées.

Anine Jamin, spécialiste en sciences de l'environnement, a étudié dans son mémoire de master si d'autres espèces végétales allaient encore disparaître. Elle a comparé à cet effet les nombres d'espèces des ma-

rais dont la surface avait peu diminué depuis 1850, à ceux des marais qui s'étaient largement amenuisés. Le résultat démontre que les marais fortement réduits comptent actuellement un nombre d'espèces végétales supérieur à celui auquel on pourrait s'attendre vu leur faible taille. Il s'agit toutefois d'un signe positif trompeur: l'excédent d'espèces observé est qualifié de dette d'extinction. Ariel Bergamini, biologiste et superviseur du mémoire de master, explique: «Lorsque l'habitat s'amenuise et est morcelé, beaucoup de plantes survivent dans un premier temps. Mais les peuplements des surfaces résiduelles isolées sont de petite taille. Au fil du temps, le nombre de ces espèces diminue car celles-ci ne peuvent par exemple plus se reproduire.»

Chance pour la protection de la nature

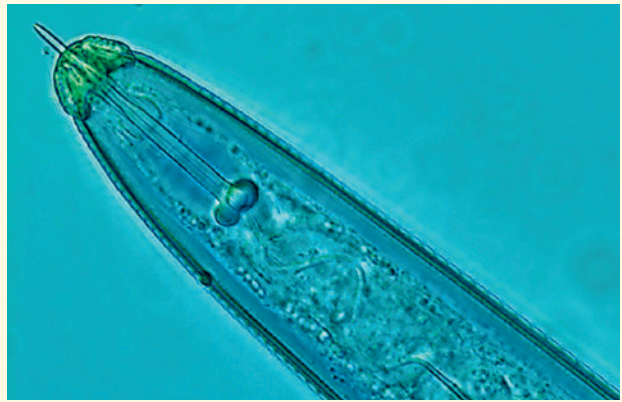
Cela signifie pour les marais zurichois que d'autres plantes sont menacées d'extinction, même si la surface marécageuse ne s'amenuise plus – et ce, jusqu'à ce que le nombre d'espèces corresponde à la taille de la surface. Si l'on veut préserver ces plantes, Ariel Bergamini et Anine Jamin exigent de toute urgence des mesures en faveur des marais et de leur monde végétal: le réseau actuel de zones hu-

mides doit être complété et élargi avec la remise en eau d'une partie des surfaces marécageuses asséchées. Pour augmenter la qualité des marais restants, il faut combler des fossés de drainage et installer des zones tampon suffisantes. Même si cela semble être un paradoxe, Ariel Bergamini voit aussi dans la dette d'extinction une chance pour la protection de la nature: «Les espèces sont encore présentes à l'échelle locale et peuvent être sauvées.» (bio)

BIODIVERSITÉ Régénération du sol après intervention

Les prairies extensives sont pauvres en nutriments et abritent de ce fait une grande richesse en espèces. Or la fertilisation et la fauche fréquente ont transformé de nombreuses prairies maigres de Suisse en déserts agricoles hautement productifs, mais pauvres en espèces. Les protecteurs de la nature souhaiteraient rétablir l'état originel, notamment dans les zones protégées. Une intervention controversée, mais efficace, consiste à décapier la couche supérieure du sol. Une pelle mécanique enlève une partie de la couche supérieure du sol, riche en nutriments, avant que ne soient ajoutés sur la surface des résidus de fauche ou des graines de prairies maigres intactes. Les pédologues émettent des critiques: le sol s'en trouverait perturbé à long terme.

Carol Resch, spécialiste de l'environnement au WSL, a rejeté cette objection à l'aide d'indicateurs souterrains de l'état du sol, les nématodes. À savoir: plus le réseau de nématodes phytophages, bactérivores, fongivores et carnivores est complexe, plus le sol est sain. Carol Resch a étudié onze prairies renaturées dans la réserve naturelle d'Eigentäl (ZH),



Les nématodes sont des indicateurs de l'état du sol. *Rotylenchus robustus*, espèce phytophage, insère son stylet dans l'extrémité frontale des cellules végétales, afin d'aspirer la sève.

auxquelles des nutriments ont été retirés de diverses manières il y a 22 ans. Il est apparu que le décapage de la couche supérieure du sol, avec ou sans ensemencement ultérieur, permettait de restaurer la communauté végétale souhaitée; une fauche répétée, sans autre mesure, était en revanche inefficace. De plus, les nématodes du sol récupéraient bien de ces activités de décapage. «Le décapage de la couche supérieure du sol à lui seul suffirait à long terme pour rétablir une prairie sèche intacte», conclut Carol Resch. «Pour atteindre l'objectif plus rapidement, un ensemencement supplémentaire est néanmoins nécessaire.» (bki)

DANGERS NATURELS Pourquoi les chercheurs pêchent des pierres dans les torrents à l'aide de filets



À l'aide d'un filet, les chercheurs collectent des pierres dans le torrent de l'Avançon de Nant (VD).

Accroché à un tube en acier, un filet d'environ 50 cm de large est pris au milieu des eaux jaillissantes du torrent de l'Avançon de Nant (VD). Il n'attrape toutefois pas de poissons, mais des sédiments, soit des pierres charriées par l'eau. Au fond du ruisseau se trouvent aussi des panneaux équipés de géophones qui mesurent les vibrations des pierres qui grondent – il est ainsi possible d'évaluer les quantités de sédiments. Mais quel est le lien entre un signal de géophone et la quantité de pierres?

C'est ce qu'étudie Tobias Nicollier, doctorant au WSL. Il veut développer une méthode de calcul qui, à l'avenir, attribuerait automatiquement les signaux des géophones à des catégories déterminées de sédiments.

À cet effet, il a besoin de données comparatives qu'il obtient grâce aux filets mentionnés ci-dessus, ou à des paniers à sédiments installés de façon permanente. «Ces deux méthodes sont à ce jour les seules capables de déterminer les quantités de sédiments en présence de hauts débits», explique-t-il. Pour obtenir les données nécessaires, il a réalisé durant l'été 2019 diverses mesures à l'aide de filets à Avançon de Nant, dans l'Albul (GR) et dans l'Erlenbach (SZ).

Déposés au mauvais endroit, les sédiments peuvent entraîner des dégâts lors des crues. Pour les centrales hydroélectriques, il est de surcroît important de savoir à quelle vitesse les bassins d'accumulation se remplissent de sédiments. Or les dernières mesures exhaustives de sédiments dans les cours d'eau suisses ont eu lieu il y a quatre-vingts ans.

Pour représenter encore plus précisément les mouvements des pierres entraînées, Tobias Nicollier effectue des essais dans des lits artificiels de cours d'eau. Il y reconstitue le plus précisément possible la structure du sol et le comportement d'écoulement des torrents, et filme les granulats à travers des parois en plexiglas. «L'objectif consiste à mieux comprendre la dynamique naturelle du charriage.» Et ce d'autant plus que la réussite d'une revitalisation de cours d'eau dépend aussi d'un comportement des sédiments proche de la nature, ne serait-ce que pour constituer des bancs de gravier. En Suisse, environ 4000 kilomètres de cours d'eau doivent être revitalisés. (bki)

www.wsl.ch/sediments

DANGERS NATURELS Éboulement et avalanche au Flüela Wisshorn: un enchaînement de phénomènes dangereux

Dans la nuit du 18 au 19 mars 2019, près d'un tiers de million de mètres cubes de roches s'est détaché au Flüela Wisshorn près de Davos. Une très grosse avalanche de neige s'est alors déclenchée et a gagné quasiment la route du col de la Flüela. Rares sont à ce jour les connaissances sur de tels enchaînements de dangers naturels – dans le cas présent un éboulement suivi d'une avalanche. C'est pour remédier à cette lacune que le SLF mène des recherches intensives sur ce thème dans le cadre du Programme «Changements climatiques et mouvements de masse». L'objectif consiste à comprendre en détail les processus pour en simuler ensuite les différentes étapes à l'ordinateur, et ce, en vue d'une adaptation éventuelle des mesures de protection. L'épisode au Flüela Wisshorn étant un cas exemplaire, il a été analysé de façon précise par les chercheurs du SLF grâce à des mesures sismiques et à des pho-

tos de drones notamment.

Robert Kenner, chercheur en pergélisol, résume ainsi les résultats de l'analyse: «La zone de décrochement de l'éboulement se situe dans le pergélisol. Toutefois, les raisons principales de l'événement sont probablement la structure géologique de la roche et, au cours de la dernière période glaciaire, l'érosion du pied de la pente par le glacier.» Le mélange d'éboulis et de neige s'est déposé sur un glacier rocheux existant. Les chercheurs sont curieux de voir si les mouvements de ce glacier rocheux évolueront ces prochaines années du fait de cette masse supplémentaire.

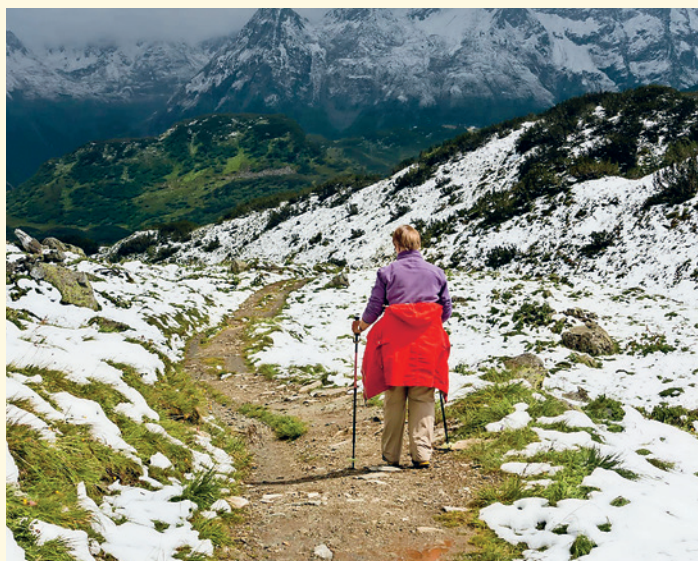
Le cas du Flüela Wisshorn et ceux de quelques éboulements comparables des derniers hivers démontrent que des éboulements de cette ampleur peuvent non seulement survenir en été, mais aussi en toute saison. *(mbe)*

Décrochement de l'éboulement sur la crête sud-ouest du Flüela Wisshorn (Davos GR, 3085 mètres). Environ 300 000 mètres cubes de roches au total se sont déversés dans la vallée.



NEIGE ET GLACE Neige ou pas (pour le moment)? Des satellites effectuent des relevés de la couverture neigeuse sur les chemins de randonnée

Randonnée ou VTT: les organisations touristiques des régions de montagne et les plate-formes Internet de sports en plein air font la promotion de la détente active dans la nature. Mais ces offres sont fortement



La randonnée prévue doit-elle être maintenue malgré la neige? Il n'est pas toujours facile de le savoir à l'avance.

tributaires de la météo et des conditions de terrain. Les chemins de randonnée en montagne sont ainsi souvent encore recouverts de neige en été. Où se trouve exactement la couverture neigeuse et quelle est son épaisseur? La réponse n'est pas claire car les chemins en milieu alpin sont souvent difficiles d'accès. Effectuer des relevés de leur état à pied ou en hélicoptère coûte très cher. C'est pourquoi on se limite à des contrôles sporadiques de parcours sélectionnés. Les responsables touristiques manquent de ce fait souvent d'informations pour évaluer l'état des chemins de randonnée et faire la promotion de leur offre.

La start-up WeGaw, en collaboration avec le SLF et avec le soutien de l'Agence spatiale européenne ASE, veut justement combler ce manque. Pour son projet pilote «DeFrost», la jeune entreprise utilise différents satellites en vue d'obtenir des informations actuelles sur le manteau neigeux des chemins de montagne, et de les représenter sur une carte. Le bulletin d'avalanches actuel du SLF et les hauteurs de neige saisies par les stations de mesure des Alpes suisses, livrent des informations complémentaires.

Pour vérifier si la nouvelle procédure fonctionne, les chercheurs du SLF ont recours à des appareils photos automatiques. Ceux-ci ont été installés dans différents sites de la vallée de la Dischma près de Davos. Avec une grande précision spatiale et temporelle, ils indiquent les endroits où le sol est encore effectivement recouvert de neige. Une comparaison des photos avec la carte démontre à quel point celles-ci reflètent la réalité.

Le projet DeFrost vise à élaborer un «indice de couverture neigeuse» pour les chemins sur terrain alpin. D'ici au printemps 2020, tout le système devrait être opérationnel. Son objectif consiste à aider les organisations touristiques à mieux évaluer l'accessibilité des chemins de randonnée. (sni)

Francesca Pellicciotti, Birmensdorf

Lauréate d'un
«ERC Consolidator Grant»



RECHERCHE SUR LE TOIT DU MONDE

Les glaciers des hautes montagnes d'Asie représentent la troisième masse de glace la plus importante au monde. Des millions de personnes sont tributaires de leur eau. Francesca Pellicciotti, glaciologue, étudie les ressources en eau qui, sur fond de changement climatique, seront à la dispo-

sition de l'être humain et de la nature. Elle rassemble avec son équipe des données de mesure dans des pays tels que le Népal, le Tibet, l'Inde et le Pakistan, mais aussi le Chili et le Pérou. Elle développe également des modèles de simulation capables de prédire les futures pénuries en eau.

NEIGE ET GLACE Lorsque le sol de la toundra dégèle, les microorganismes arctiques alimentent le changement climatique



Des mesures dans l'archipel de Svalbard le montrent: un sol sec de la toundra (photo) dégage peu de méthane et de protoxyde d'azote, contrairement à un sol humide.

Les plantes de la toundra arctique ne disposent que de quelques semaines de croissance chaque année. Les microorganismes du sol connaissent eux aussi pendant plusieurs mois un état proche de l'hibernation, n'étant actifs qu'une brève période lorsque la couche supérieure du sol dégèle. Ils dégradent alors de la matière organique – toutefois en quantité inférieure à celle formée en parallèle par les plantes. D'épais sols tourbeux se sont ainsi constitués au fil des siècles. À l'échelle planétaire, ceux-ci emmagasinent environ deux fois plus de carbone que l'atmosphère. Mais sous l'effet du changement climatique, de puits de carbone les sols de la toundra deviennent sources de carbone: comme les températures augmentent, le sol est moins longtemps gelé et le dégel en été gagne des couches plus profondes. Les microorganismes sont

les premiers à en profiter, dégradant alors plus de matière organique que les plantes n'en constituent. Le dioxyde de carbone ainsi libéré renforce l'effet de gaz à effet de serre et de ce fait le changement climatique. Et la situation pourrait encore s'empirer, explique Beat Frey, microbiologiste: «Les modèles climatiques prédisent que l'Arctique deviendra plus humide. Dans un sol saturé en eau par rapport à un sol sec, d'autres microorganismes, qui libèrent des gaz à effet de serre plus puissants, pourraient être actifs.»

Le protoxyde d'azote et le méthane remplacent le dioxyde de carbone

Aline Frossard, collègue de Beat Frey et également microbiologiste, examine de ce fait à la loupe les microorganismes des sols secs, mais

aussi des sols humides de la toundra. Ses mesures sur l'archipel de Svalbard le montrent: dans les sols humides, comme on le soupçonnait, des microorganismes autres que ceux des sols secs sont actifs. En conséquence, nettement plus de méthane et de protoxyde d'azote s'en échappent. Par rapport au dioxyde de carbone, l'effet de serre produit par ces gaz est respectivement de vingt-cinq fois et trois cents fois plus élevé. Selon Aline Frossard, «les modèles climatiques mondiaux devraient prendre ce phénomène en

considération afin de rendre des prévisions plus fiables.»

Aline Frossard et Beat Frey examinent les microorganismes des sols de la toundra et du pergélisol en toute saison – en hiver lors d'une nuit éternelle et d'un froid glacial, au printemps pendant la fonte des neiges et l'été sous le soleil de minuit. Des analyses génétiques des échantillons de ces sols donnent un aperçu d'un trésor d'espèces largement inconnues. Car même si la toundra paraît hostile à la vie, elle est l'habitat naturel de nombreux microorganismes. *(bio)*

NEIGE ET GLACE Microplastiques dans la neige: en provenance, éventuellement, de l'atmosphère

Des microplastiques ont été décelés dans les régions les plus éloignées, dans la banquise arctique et les sédiments des eaux profondes par exemple. Les infimes particules y parviennent avec les courants marins. Mais ce n'est vraisemblablement pas le seul vecteur: des particules issues de l'abrasion de pneus de voiture, de la peinture, de fibres synthétiques de vêtements et d'autres matériaux pourraient également être transportées par le vent dans l'atmosphère. Or, la neige capte de telles particules et les laisse pénétrer dans la terre. Ce phénomène est tout du moins connu en lien avec d'autres types d'impuretés atmosphériques.

Une première: des chercheurs viennent de détecter des microplastiques dans des échantillons de neige. Sous l'égide de l'Institut Alfred Wegener en Allemagne, des scientifiques du SLF ont aussi participé à cette étude. Ces derniers ont prélevé de la neige fraîche dans la vallée de la Flüela près de Davos au cours de l'hiver

2017/18. Ces échantillons, ainsi que d'autres en provenance de Bavière et de l'île d'Helgoland en mer du Nord, ont servi de comparaison avec la neige arctique issue du Svalbard et de différents blocs de glace au nord-est du Groenland.

Les échantillons en provenance de Bavière, prélevés directement à proximité d'une route secondaire, contenaient les plus grandes quantités de microplastiques: jusqu'à 150 000 particules par litre de neige fondue. Cependant, les échantillons arctiques comptaient aussi jusqu'à 14 000 particules – une quantité étonnamment élevée pour des régions à ce point éloignées. Dans la vallée alpine de la Flüela, les concentrations étaient du même ordre.

Les résultats soulignent que les microplastiques gagnent probablement l'Arctique avec les systèmes de vents planétaires. Comment les particules se retrouvent-elles toutefois dans l'atmosphère? Des études ultérieures doivent encore le révéler. *(cho)*

Catherine Graham, Birmensdorf

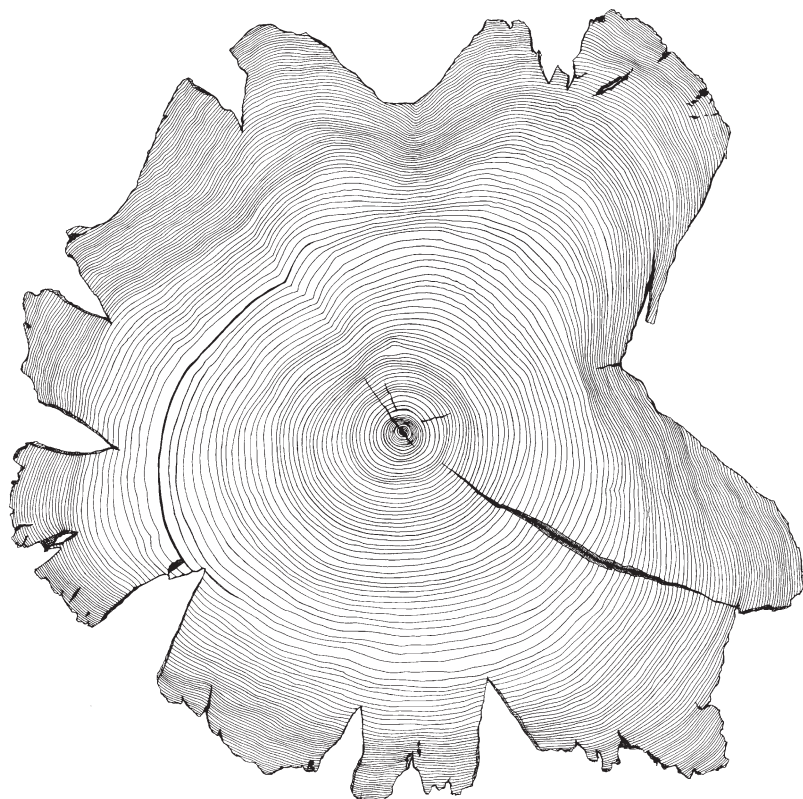
Lauréate d'un
«ERC Advanced Grant»



PRÉDIRE LA DIVERSITÉ DES ESPÈCES DE DEMAIN

Comment la biodiversité évolue-t-elle? Et qu'en est-il, dans cette optique, des interactions entre plantes et animaux? Catherine Graham, écologue, étudie ces questions à partir de l'exemple des colibris et des plantes dont ils se nourrissent dans

les régions de montagne d'Amérique centrale et du Sud. Ses conclusions seront intégrées dans un modèle permettant de prédire les interactions entre diverses espèces animales et végétales – un outil important pour la protection de la biodiversité.



Les utilisations du bois sont multiples: il sert de combustible, de matériel de construction et à fabriquer du papier. Le WSL étudie les différentes façons d'utiliser durablement cette matière première renouvelable, et élabore les bases pour la foresterie. Le bois joue aussi le rôle d'archives naturelles pour les chercheurs du WSL. Dans le laboratoire de dendrochronologie, ils effectuent des analyses de cernes, notamment ceux de souches d'arbres millénaires conservées dans le sol, et ils en tirent des conclusions sur le climat antérieur de notre planète.

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

Pour obtenir des exemplaires individuels:

Institut fédéral de recherches WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
eshop@wsl.ch

IMPRESSUM

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

Textes:

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

Direction rédactionnelle:
Lisa Bose, Claudia Hoffmann;
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.

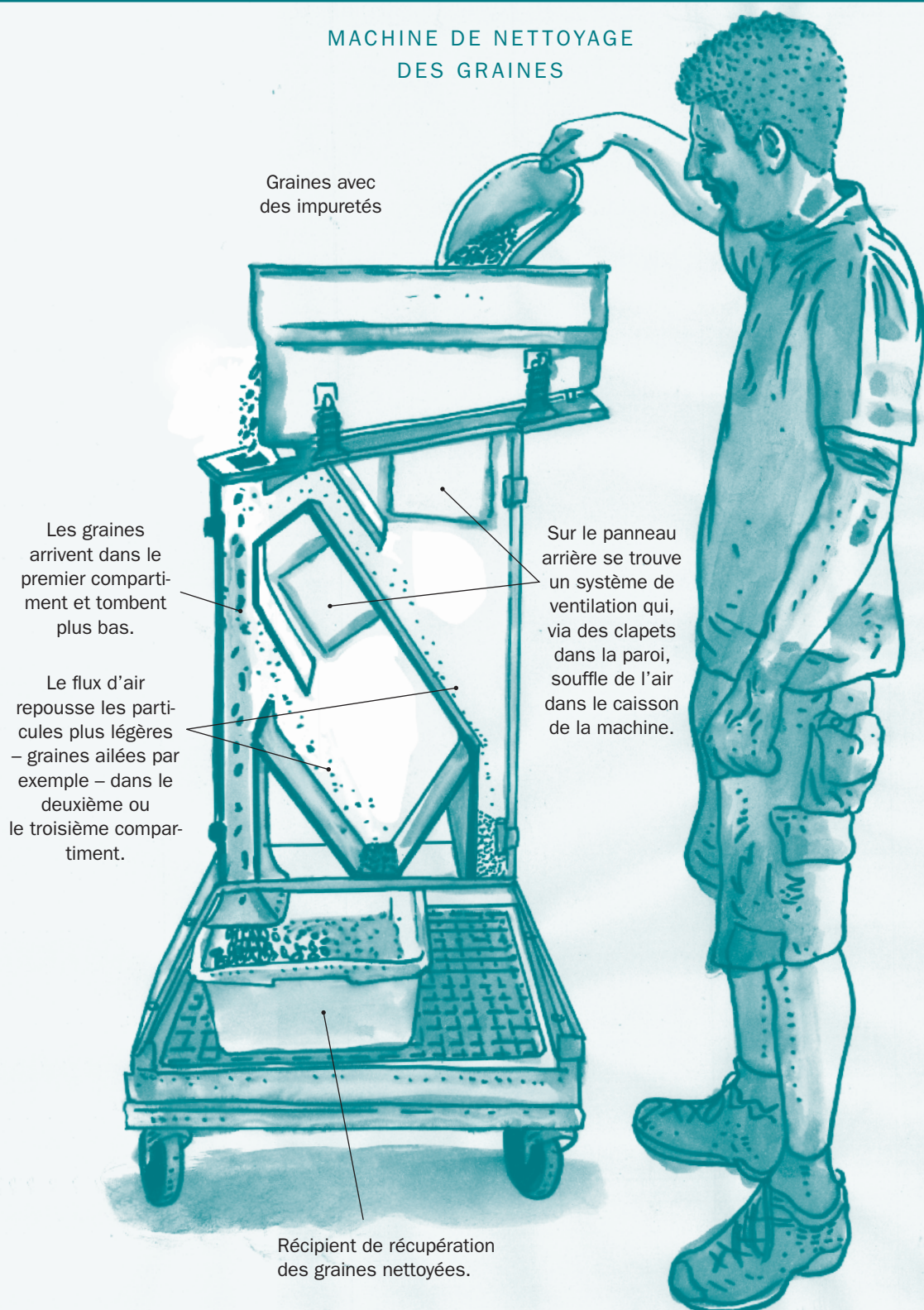
Référence bibliographique:
Institut fédéral de recherches WSL
2019: Magazine du WSL Diagonale,
2/19. 36 p., ISSN 2296-3618

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

MACHINE DE NETTOYAGE DES GRAINES



Le WSL récolte, nettoie et stocke des graines d'environ 90 espèces différentes. Il utilise ces semences pour ses propres essais forestiers ou les met à la disposition d'entreprises forestières. Il existe différentes machines de nettoyage des graines pour libérer celles-ci de leurs impuretés. Cette machine trie le matériel initial en fonction du poids, elle sépare par exemple les lourdes graines d'épicéas des impuretés plus légères. Les graines nettoyées sont rassemblées dans un récipient et utilisées à d'autres fins.

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





Microplastiques: décelables aussi dans la neige, p. 33



Torrents: des filets pour la capture de pierres, p. 28

SITES

Birmensdorf

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

Lausanne

Institut fédéral de
recherches WSL
Case postale 96
CH-1015 Lausanne
Telefon 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
Telefon 027 606 87 80
valais@wsl.ch
www.wsl.ch/sion

Davos

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

Cadenazzo

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

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

L'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL étudie les modifications de l'environnement terrestre, mais aussi l'utilisation et la protection des habitats naturels et des paysages cultivés. Il observe l'état et l'évolution 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.

