

DIAGONALE

THÈME CENTRAL

Sécheresse dans le château d'eau helvétique?

N° 2
13

Utilisation des sols:

Les certificats négociables sont un instrument efficace, p. 26

Nouveaux produits:

Découvrir et mieux connaître la neige et les avalanches, p. 29

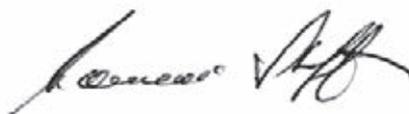
Transition énergétique et nature:

Où des conflits surviennent-ils? p. 30

ÉDITORIAL

Chère lectrice, cher lecteur,
«Sécheresse dans le château d'eau helvétique?» Cette question est inscrite en caractères gras sur la couverture de ce numéro. Elle semblait incongrue lors de nos recherches au printemps 2013: tout le monde déplorait le temps froid et humide, et les inondations en Suisse, et surtout en Allemagne, faisaient les gros titres de la presse. Le mois de juillet, particulièrement chaud, démontra par la suite que cette question était toutefois légitime. La plupart des climatologues s'accordent à dire que, dans l'avenir, la Suisse souffrira plus souvent et de façon plus intense de la sécheresse. À elle seule, cette raison suffisait pour que nous examinions les répercussions de la sécheresse sur la forêt suisse ou que nous cherchions à la détecter suffisamment tôt. Comme le changement climatique – de même que la transition énergétique – dépend du comportement de chacun de nous, nous devons, en qualité d'Institut de recherche environnementale, prendre notre responsabilité d'autant plus au sérieux. Ainsi, vous trouverez d'ores et déjà notre rapport sur le développement durable à la fin de ce numéro.

Je vous souhaite une lecture passionnante!



Konrad Steffen, professeur
Directeur du WSL





3 RELATION DE CAUSE À EFFET

Le changement climatique attisera-t-il les conflits autour de la ressource en eau?

10

UNE-DEUX
Markus Ritter, président de l'Union suisse des paysans: «La question essentielle est plus globale. Que se passera-t-il dans notre pays si des sécheresses à grande échelle sévissent ailleurs?»



LE VALAIS: UN CANTON CONFRONTÉ À LA SÉCHERESSE

Lors d'un voyage à travers le Valais, nous découvrons les différents défis à relever face à la sécheresse.

THÈMES-CLÉS

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

PORTRAITS

- 21 Patrik Krebs, géographe
- 32 Aino Kulonen, géographe
- 33 Herbert Kurmann, maître d'œuvre

RAPPORT SUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

- 34 Environnement et sécurité
- 35 Impressum, À l'horizon, le n°3

LE SCHMILBLICK

- 36 Snowmaker

THÈME CENTRAL Les périodes de sécheresse augmentent, y compris en Suisse. Quelles sont les répercussions de la sécheresse sur la nature, l'être humain et l'économie?

Sécheresse dans le château d'eau helvétique?

Sous les pins carbonisés, de jeunes feuillus et de jeunes résineux se régénèrent lentement.

Au printemps, les fleurs jaunes du pastel des teinturiers, la saponaire officinale aux fleurs roses et l'épinard-fraise, pourtant considéré comme disparu depuis 100 ans, attirent le regard sur des parties de la surface incendiée près de Loèche. Certaines plantes, à l'image de l'épilobe, sont tributaires d'un sous-sol calciné pour leur épanouissement.



Photo: Ulrich Wasem, WSL

Surface incendiée près de Loèche (VS).

Été 2003: une vague de chaleur déferla sur la Suisse. Comme la pluie fit aussi défaut pendant plusieurs mois, nous fûmes confrontés jusqu'à septembre à une sécheresse persistante. Les conséquences régionales en furent diverses: dessèchement du sol et baisse du niveau de la nappe phréatique à maints endroits; rivières et ruisseaux souvent peu abondants ou à sec; fonte considérable des glaciers de montagne qui alimentèrent en eau les rivières alpines.

Les années de sécheresse sont récurrentes. Pour les écosystèmes, la fréquence et l'ampleur de ces sécheresses sont déterminantes. En Valais, le WSL étudie depuis plusieurs années leur impact sur le développement de la forêt, les répercussions du changement climatique y étant déjà visibles aujourd'hui (p. 16). La régénération de la forêt peut être compromise par les périodes de sécheresse: au printemps, celle-ci provoque le dessèchement rapide des plantules et le dépérissement des jeunes arbres. Si ces périodes augmentent, la régénération sera moins bonne dans les régions sèches. Un stress hydrique récurrent rend par ailleurs les vieux arbres plus vulnérables aux parasites tels que les bostryches et certains champignons. Si la sécheresse survient pendant la dormance hivernale, son impact négatif est minime sur les différents arbres; en revanche, le danger d'incendie de forêt s'accroît. En hiver, au Tessin en particulier, il manque une canopée qui protégerait le sous-bois et la litière du dessèchement. Si la foudre frappe ou qu'une personne laisse tomber une cigarette allumée, un feu peut se déclarer dans la litière et se propager ensuite à toute vitesse. →

Conséquences économiques pour le château d'eau européen

Les périodes de sécheresse constituent un défi non seulement pour la nature, mais aussi pour l'économie. Même si le château d'eau européen, avec ses glaciers, ses lacs et sa nappe phréatique, stocke de grandes réserves d'eau – à savoir 6 % du stock européen d'eau douce –, les sécheresses marquées à l'image de celle de l'été 2003 diminuent localement les rendements de l'économie forestière, de la gestion des eaux, de l'agriculture ou du tourisme hivernal. Ce qui crée aujourd'hui déjà, à certains endroits, des conflits autour de la ressource en eau.

L'économie forestière subit des pertes lorsque les arbres tombent malades à cause du stress hydrique ou que des zones forestières entières sont détruites par des incendies. La sécheresse influe aussi sur les prestations de la forêt en dehors de la récolte des bois, par exemple sur la protection contre les dangers naturels. Un projet du WSL étudie les répercussions de la sécheresse estivale et les autres conséquences possibles du changement climatique sur les forêts de montagne et leur protection contre les avalanches. De premiers résultats indiquent des différences régionales majeures et soulignent l'importance des analyses de risques au niveau régional. Ce projet fait partie du Programme de recherche «Forêt et changements climatiques», réalisé par le WSL en collaboration avec l'Office fédéral de l'environnement OFEV et mené jusqu'en 2015.

Les périodes sèches peuvent également être préjudiciables au tourisme hivernal, comme l'a illustré l'hiver 2010/11: en janvier et en février, les quantités de neige furent très faibles et de nombreux domaines skiables souffrirent de cette pénurie. Les calculs du WSL et du SLF portant sur la zone touristique de Davos démontrent qu'un hiver peu enneigé se solde par une perte de revenu régional pouvant atteindre 10 %. C'est pourquoi Davos – comme tant d'autres – mise sur la neige artificielle afin de garantir l'ouverture du domaine

Plus d'informations sur les répercussions du changement climatique sur la forêt à l'adresse: www.wsl.ch/forest_climate



La hausse des températures estivales augmente la présence d'insectes ravageurs comme le bupreste.

skiable. L'enneigement artificiel signifie toutefois une consommation supérieure d'énergie et d'eau, soit à Davos jusqu'à 0,5 % de la consommation totale d'énergie de la commune et de 20 à 35 % de la consommation d'eau totale de la région. Néanmoins, une bonne partie de cette neige fond au printemps et, tout comme l'eau de fonte des neiges issue du manteau neigeux naturel, elle est réintroduite dans le régime régional des eaux pour être éventuellement réutilisée.

La réduction de la production énergétique des centrales hydro-électriques peut largement dépasser la période de sécheresse. Ainsi, l'année qui a suivi la sécheresse hivernale de 2010/2011, la puissance de la centrale argovienne a diminué de 15 à 20 % en moyenne. D'où la question qui se pose sur fond de transition énergétique: malgré le changement climatique, les centrales hydro-électriques pourront-elles assurer une production accrue de 2000 GWh d'ici à 2030, conformément aux attentes du Conseil fédéral? Dans le cadre d'un projet interdisciplinaire mené avec l'Université de Berne, l'EPF de Zurich et l'Université de Zurich, les chercheurs du WSL ont analysé les répercussions du changement climatique sur la force hydraulique helvétique. D'ici à 2035, ils ne s'attendent pas à de grandes modifications de la production hydro-électrique. Mais les résultats ne s'appliquent pas à toutes les centrales. Selon la situation géographique, le bassin versant et la force hydraulique, l'impact peut être considérable. Ainsi, au sud des Alpes et dans le sud du Valais, la production d'électricité devrait diminuer vers la fin du XXI^e siècle du fait de la baisse des quantités pluviométriques annuelles.

Que nous réserve l'avenir?

Le changement climatique attisera-t-il encore plus les conflits autour de la ressource en eau? Les modèles climatiques nous fournissent des informations importantes pour répondre à ces questions. Ils prévoient que la quantité

Plus de détails sur la sécheresse et ses répercussions à l'adresse: www.wsl.ch/projets_secheresse



Loèche: Même plusieurs années après l'incendie, les chênes pubescents forment encore des rejets de souche.

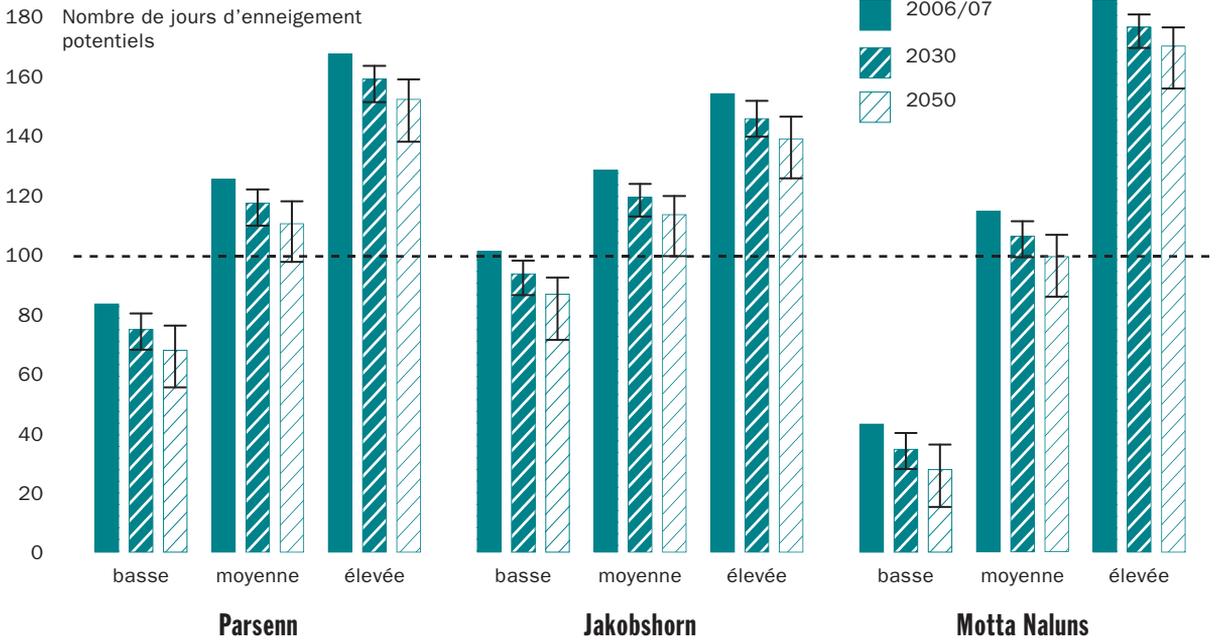
pluviométrique annuelle restera quasiment stable jusqu'à la fin du siècle. Mais il faut s'attendre à des changements au niveau saisonnier et local. Les précipitations seront plus nombreuses en hiver, se manifestant de plus en plus sous forme de pluie (voir aussi le graphique informatif p. 7). L'été au contraire, elles diminueront de 15 à 20 %. Pour les Alpes centrales, les prévisions sont encore incertaines. Été comme hiver, les températures augmenteront, mais de combien? Il est encore trop tôt pour le dire. Ainsi, dans l'ensemble, la ressource en eau ne se raréfiera pas forcément, mais il faut tabler sur une aggravation de la pénurie locale et saisonnière d'eau en Suisse. Les conflits autour de cette ressource devraient donc plutôt s'intensifier à l'avenir – en particulier les mois d'été. D'où la nécessité à la fois de stratégies efficaces pour gérer la pénurie d'eau, et de solutions aux conflits liés à la protection et à l'exploitation de l'eau. Des mesures d'économie d'eau, susceptibles d'atténuer les conflits d'exploitation potentiels, s'avèrent dès lors primordiales. Des variétés de céréales résistantes à la sécheresse exigent par exemple moins d'eau que les variétés traditionnelles. L'ajout d'essences résistantes à la sécheresse réduit la vulnérabilité d'une forêt face aux extrêmes climatiques et assure la protection contre les dangers naturels. Des optimisations sur le plan opérationnel permettent de surcroît la meilleure exploitation possible de l'eau en vue de la production d'électricité, et ce, malgré des ressources hydriques différentes selon les régions et les saisons.

La recherche pour de meilleures prévisions

Pour être efficaces, les mesures doivent être prises au bon moment et au bon endroit. Un prérequis à cet effet: des prévisions fiables et de qualité pour les périodes de sécheresse, prévisions à court terme et saisonnières. Or, les données actuelles ne permettent pas encore de les effectuer. C'est pourquoi le WSL recherche les causes et les interactions responsables de la sécheresse en vue d'améliorer ces prévisions. Dans le cadre du Programme national de recherche 61 «Gestion durable de l'eau», la plate-forme d'informations «drought.ch» a aussi été développée. Celle-ci collecte et regroupe les données pertinentes sur la situation actuelle, et les met à la disposition des principaux acteurs. «drought.ch» est une première étape importante vers un transfert d'informations axé sur la pratique. En effet, les prévisions ne joueront leur rôle que si elles parviennent aux utilisateurs de l'eau – exploitants des centrales, agriculteurs, forestiers –, et que ceux-ci les intègrent dans la planification de leurs mesures. *(mdg)*

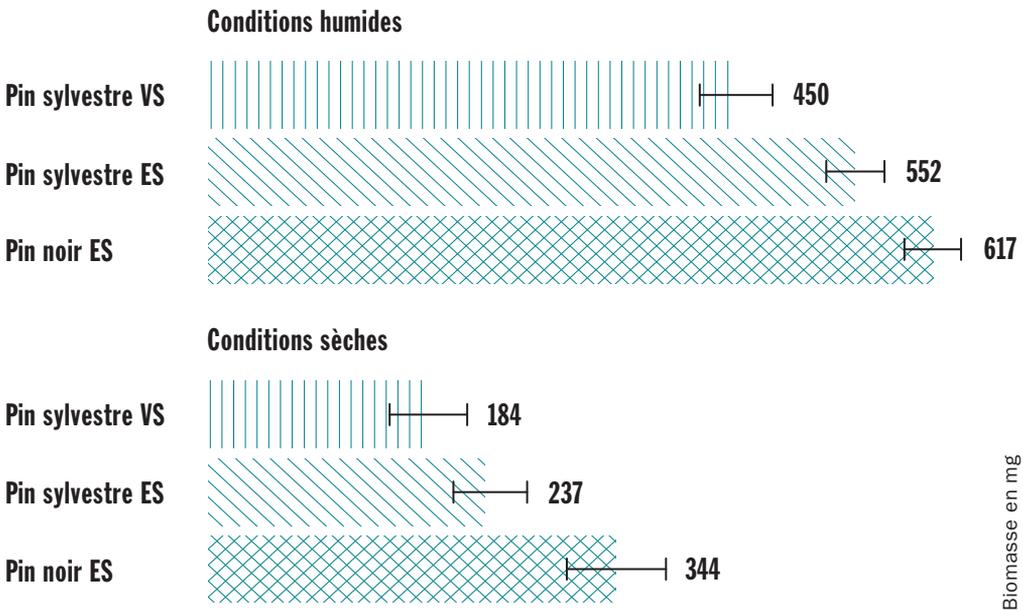
Nouveauté: la
plate-forme
d'informations
«drought.ch»

Jours d'enneigement et tourisme hivernal



Sur la base de données nivologiques, des chercheurs du SLF ont établi des scénarios d'avenir pour trois domaines skiables à basse (1300–1600 m), moyenne (2050–2200 m) et haute altitude (2600–2800 m) et en ont évalué la rentabilité. Partant du principe que le tourisme de sport d'hiver est rentable à partir de 100 jours d'enneigement, à moyen et à long terme, la neige de culture devrait jouer un rôle de plus en plus prépondérant, à basse altitude en particulier.

Capacité d'adaptation des pins sylvestres



Des plantules de pins âgées de six mois et d'origines diverses (VS = Valais, ES= Espagne) qui ont germé en conditions sèches (80% de la moyenne pluviométrique pluriannuelle à Viège), présentent une biomasse moyenne des pousses et des racines nettement inférieure à celle des plantules de pins dont la germination a eu lieu en conditions humides (150% de la moyenne pluviométrique pluriannuelle à Viège).



En Suisse, 39% de la surface des pistes de ski sont actuellement enneigées de façon artificielle. Sur fond de changement climatique, les chemins de fer de montagne voient dans ces installations d'enneigement un moyen déterminant de maintenir leur compétitivité.



Les périodes de sécheresse peuvent aussi compromettre le tourisme hivernal, comme l'a montré l'hiver 2010/2011. La neige ayant été rare en janvier et en février, de nombreux domaines skiables souffrirent de la pénurie de l'or blanc.

UNE-DEUX **Quel est l'impact de la sécheresse sur l'agriculture et la société? Entretien avec Markus Ritter, président de l'Union suisse des paysans USP, et Ulf Büntgen, dendrochronologue au WSL.**

M. Ritter, après la traversée des montagnes appenzelloises, j'ai du mal à imaginer que chez vous, le climat puisse être sec. Nous sommes-nous trompés de thème?
Ritter: Le 27 juillet 2006, j'ai noté dans mon journal: «28 hectares, plus le moindre brin d'herbe verte». Lorsque les vaches galopent dans un nuage de poussière, on se serait cru au Far West (il tape des doigts sur la table). À présent, en amont de la pente, nous nous retrouvons ici et là sur des poudingues, l'humus est quasi absent. Deux semaines de chaleur, et le sol peut rougir. Donc, nous aussi connaissons très bien la sécheresse.

Et que fait l'agriculteur dans une telle situation?

Ritter: Il vend du bétail. Un stock trop élevé est déconseillé en hiver. Nous dépendons du climat et devons agir vite. Nos graminées sont rentables, mais fragiles. Face à des périodes de sécheresse sur plusieurs années consécutives – comme en 1976, 2003 ou 2006 – nous devrions changer radicalement notre production.

Büntgen: Ces années sont aussi intéressantes pour nous, climatologues. Parfois, leur impact n'apparaît que dans les cernes de l'année suivante: en 2003 par exemple, la canicule est survenue en pleine période de croissance. En 1976 au contraire, le temps sec s'est installé très tôt,

et les cernes de la même année ont reflété le frein à la croissance.

M. Büntgen, dans une étude, vous avez mis en évidence une correspondance entre fluctuations climatiques et mutations sociales du passé.

Büntgen: Les cernes font partie des rares archives qui nous donnent des informations datées, à l'année près, sur les changements climatiques antérieurs. À partir de 9000 échantillons de bois, nous avons reconstitué le climat des 2500 dernières années en Europe centrale. Les invasions barbares se sont déroulées à la fin de périodes plutôt stables et chaudes entre l'époque romaine et le Moyen Âge. Le climat est ensuite devenu plus froid et plus humide, mais surtout plus variable. Cette évolution a peut-être causé de plus grands problèmes que ne l'aurait fait une tendance stable à long terme, telle que l'augmentation des températures depuis la fin du «Petit âge glaciaire», à la moitié du XIX^e siècle. Je pense que cela vaut encore pour les sociétés actuelles.

Ritter: Tout à fait. L'agriculteur qui table sur un certain climat s'adapte. Il investit dans l'irrigation ou choisit des cultures appropriées, et ces investissements sont rentables. Mais si les tendances climatiques évoluaient radicalement tous les dix ans, nous serions confrontés à de graves problèmes.



Markus Ritter est président de l'Union suisse des paysans USP.



Ulf Büntgen est dendrochronologue au WSL.

Le climat pourrait-il aussi expliquer les mutations sociales majeures de l'avenir?

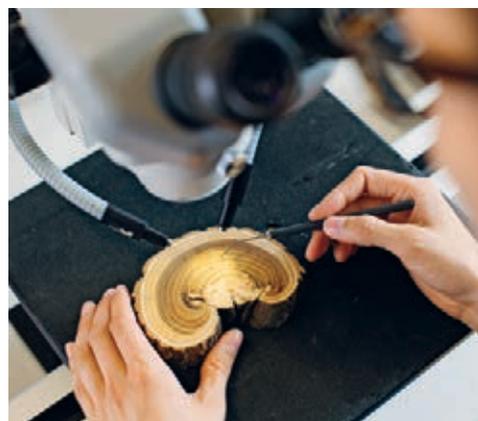
Ritter: Nous assistons déjà à de grandes migrations! Et celles-ci vont augmenter. Si ma famille souffrait de la faim, comme c'est fréquent en Afrique, je chercherais sans plus tarder un autre endroit où vivre. Un fait est indéniable: les zones arides s'étendent, le prix des denrées alimentaires s'accroît; au bout d'un moment, la pression sera telle que beaucoup plus de gens se déplaceront. C'est juste une question de temps. Ces corrélations devraient nous faire réfléchir. Et aujourd'hui, les migrations sont plus complexes car toutes les terres sont déjà habitées.

L'année dernière, le Conseil fédéral a publié un rapport sur la stratégie de l'eau. Savons-nous désormais comment réagir face aux sécheresses à venir en Suisse?

Ritter: Le rapport traite bien la question de l'alimentation en eau. Mais ce n'est pas ma principale préoccupation. La Suisse restera en effet un château d'eau. Si les agriculteurs ne reçoivent plus que 1600 mm de précipitations au lieu des 2000 mm annuels dans la

région du Napf, ils en seront même ravis. Je connais bien sûr les différences régionales et nous avons besoin d'une stratégie sur la répartition de l'eau et les priorités d'exploitation. Mais la question essentielle est plus globale: que se passera-t-il si des sécheresses à grande échelle sévissent ailleurs? Quel sera leur impact sur la Suisse? Büntgen: À l'heure actuelle, nous remarquons que le climat des pays méditerranéens est de plus en plus sec depuis 30, voire 40 ans. En Afrique du Nord et dans les régions du Sahel également. Même si nous ne sommes pas encore directement confrontés à ces problèmes, nous sommes liés à ces zones via les marchés mondiaux.

Ritter: Oui, et c'est la sécurité de l'approvisionnement qui est en jeu. La Suisse a quatre mois de stocks et un bon pouvoir d'achat. Cela suffit-il pour garantir notre approvisionnement à long terme? C'est loin d'être certain. L'Inde, la Chine et de nombreux pays pétroliers achètent des terres arables de qualité dans le monde entier: en Indonésie, en Malaisie, en Amérique du Sud et dans la ceinture fertile en Afrique. Cette évolution m'inquiète, elle est source de conflits potentiels.



Chêne subfossile du VI^e siècle retrouvé dans les bancs de gravier de la Marne, au nord-est de la France.

Disque de tronc d'arbre analysé dans le laboratoire dendrochronologique du WSL à Birmensdorf.



Sans irrigation, le fourrage viendrait à manquer à nos bêtes dans le Mattertal.



L'Aar présente un niveau d'eau très faible vu l'absence quasi totale de précipitations pendant des semaines.

La Suisse ferait bien de réfléchir à ces changements.

Le Conseil fédéral devrait-il acheter des terres en Afrique?

Ritter: Notre taux net d'autoapprovisionnement avoisine 54 %.

Nous ne pouvons pas l'accroître. Pour le reste, nous sommes tributaires de l'étranger. Ce qui se passe là-bas est plus important pour nous que la question d'une irrigation à développer plus ou moins dans notre pays. J'attends une stratégie d'approvisionnement de la part du Conseil fédéral. Cela ne signifie pas nécessairement un achat de terres. Mais en tous cas, nous devons réfléchir dès aujourd'hui à l'approvisionnement alimentaire de la population sur le long terme.

Le rapport du Conseil fédéral exige une amélioration des bases décisionnelles. La science a-t-elle alors son rôle à jouer?

Ritter: La science nous aide à penser en termes de scénarios. En collaboration avec les stations de recherche Agroscope, nous établissons actuellement le programme de recherche pour les quatre prochaines années. Et je souhaite que nous nous intéressions davantage aux

thèmes mondiaux. J'espère aussi que les scientifiques fourniront des informations qui interpellent la sphère politique. Et j'attends des chercheurs des énoncés parfois plus clairs. En effet, s'ils ne commentent pas leurs études eux-mêmes, les politiciens s'en chargeront. Il est parfois impressionnant de voir les conclusions tirées à partir d'un nombre très limité d'informations.

La science doit-elle donner des instructions?

Büntgen: Notre contribution à la société consiste à créer une base scientifique la plus exhaustive possible. Nos données et études indiquent ce qui est observable et ce qui est d'ordre spéculatif. Les résultats de la recherche peuvent sensibiliser les politiques et la société à certaines situations et interactions. Mais nous ne pouvons pas dire avec certitude: «voilà à quoi ressemblera 2016 ou 2060». Moi aussi, je suis en faveur d'énoncés clairs. Si les chercheurs évitent une trop grande clarté, c'est qu'ils craignent d'être ensuite mal ou surinterprétés. L'exercice est souvent périlleux. Les résultats d'une étude scientifique reflètent par exemple une certaine

situation dans des conditions données. Les auteurs tirent des conclusions qui ont une application potentielle pratique, mais il leur manque des éléments pour les conforter dans les moindres détails. D'où la question: peut-on communiquer ces conclusions, et si oui, sous quelle forme?

Pouvez-vous donner un exemple?

Büntgen: Il est peut-être banal, mais servira d'illustration. Nous avons étudié le recul de la truffe du Périgord dans les zones de production méditerranéennes traditionnelles, et identifié la sécheresse croissante comme cause principale de ce recul. En parallèle, nous avons noté le succès récent de la truffe de Bourgogne au nord des Alpes. Je pourrais donc vous recommander ceci en toute bonne conscience: «Choisissez une parcelle de terre au pH élevé, plantez des chênes ou des noisetiers inoculés par des truffes. Dans dix ans, votre récolte de truffes sera probablement bonne». Mais je ne veux pas lire dans la presse: «Une étude climatique le prouve: les agriculteurs suisses devraient cultiver des truffes».

Parce que cela ne serait pas fondé scientifiquement ...

Büntgen: Parce que nous ne saurions pas si l'inoculation initiale des boutures porterait ses fruits dans une station précise huit ans plus tard. Un tel titre me mettrait mal à l'aise. Si en revanche un rapport décrivait la probabilité d'une inocu-

lation réussie en précisant les conditions nécessaires, j'adhèrerais à cette publication. Mais c'est malheureusement déjà bien trop complexe pour un quotidien.

Ritter: Oui, mais nous avons tout de même besoin d'énoncés clairs. Il faut juste bien distinguer ensuite les observations objectives des opinions personnelles. Cela permettra de mieux séparer les rumeurs de la réalité.

Büntgen: Tout à fait d'accord. C'est d'ailleurs ce qui est fait, au moyen d'interviews par exemple. À propos, votre jus de pommes est excellent.

Ritter: Merci. C'est l'une de mes nouvelles spécialités. Je laisse les pommes sécher quelque temps après la cueillette. Comme les raisins pour le vin Amarone. Cela signifie un rendement inférieur, mais plus de densité, plus de goût et une douceur naturelle. *(gpe)*

Plus d'informations sur la dendrochronologie à l'adresse www.dendro.ch

«J'espère aussi que les scientifiques fourniront des informations qui interpellent la sphère politique. Et j'attends des chercheurs des énoncés parfois plus clairs.»



Dans l'expérience menée avec le toit d'écoulement à Loèche, des chercheurs du WSL comparent seize provenances de différentes essences du point de vue de leurs réactions à la sécheresse, à l'ombre et au gel.

CHANGEMENT CLIMATIQUE La sécheresse croissante laisse des traces dans la forêt valaisanne. Un reportage.

Le Höhwald en amont du village valaisan de Loèche se caractérise par la sécheresse de son paysage pentu et rocheux. Et la forêt? Dans la zone située le plus en aval, la pente est presque dénudée. Là où jadis des pins plus que centennaires rivalisaient pour bénéficier de la lumière et de l'eau, seuls quelques jeunes bouleaux et peupliers se distinguent de loin aujourd'hui. Plus en amont se dressent des milliers de troncs gris. Le bois mort, vestige de l'incendie du 13 août 2003 et des jours suivants – le plus grand incendie de forêt en Valais de ces cent dernières années – s'étend sur 300 hectares, dont 70 de forêt protectrice. Au cours de cet été 2003, à peine plus de 400 mm de précipitations furent recensés alors que la moyenne s'élève à 600 mm. Loèche se situe dans la région la plus sèche de Suisse, là où les répercussions du changement climatique sont déjà visibles de nos jours.

Alban Brigger, ingénieur forestier au Service cantonal des forêts et du paysage, se tient à 300 mètres d'altitude en amont de Loèche. Les premiers rayons du soleil d'avril réchauffent le sol noir calciné. A. Brigger baisse le regard en direction de la vallée du Rhône. Dix ans plus tôt, les pins résineux y flamboyaient comme des torches. Aujourd'hui, aucun arbre, aucun arbuste n'accroche son regard. «Après l'incendie», explique-t-il, «rien ne pouvant retenir la terre, nous nous attendions à de l'érosion et à des chutes de pierres. Heureusement, il n'y eut quasiment pas de fortes averses les deux années suivantes. Nos craintes ne furent donc pas confirmées». Afin de protéger les rues et le village des dangers naturels, des arbres carbonisés furent abattus en travers de la pente, puis laissés à terre. La commune de Loèche-Susten installa des râteliers en bois sur plus de 400 mètres, trois digues d'arrêt d'une longueur totale de 340 m, et 200 mètres de filets contre les chutes de pierres. Le coût des ouvrages de protection mis en place avoisine deux millions de francs.

Après l'incendie, des peupliers trembles, des bouleaux et des saules se régénérèrent, notamment dans les parties les plus planes du terrain localisées en aval de la zone sinistrée. Une première forêt buissonnante se forma dont les arbres mesurent à présent jusqu'à quatre mètres de haut. Même quelques vieux chênes pubescents noircis par le feu survécurent et bourgeonnèrent à nouveau. Néanmoins, selon A. Brigger, il faudra attendre un siècle pour que la nature reconstitue une forêt protectrice à cet endroit. Le service forestier apporta son aide sur une surface test de deux hectares, plantant chênes pubescents, alisiers blancs, merisiers, alisiers et cormiers. Les premières années, les stations sèches furent irriguées grâce aux camions citernes. Nombre d'arbustes poussèrent et sont actuellement sains et vigoureux.

De la recherche à la pratique

Aux côtés de l'ingénieur forestier se tient Thomas Wohlgemuth, responsable au WSL du Groupe Écologie des perturbations. Avec la zone incendiée, le biologiste visualisa de suite le potentiel de ce laboratoire en plein air et reconnut la chance qui s'offrait à la recherche en écologie forestière. Il parla avec les

forestiers et les propriétaires de forêt de leurs attentes et de leurs craintes, parcourut la littérature internationale spécialisée, nota les questions de recherche, rédigea des demandes de projet. «Tous voulaient savoir quand la forêt redeviendrait comme avant. Mais il était trop tôt pour évaluer le succès des plantations tests déjà planifiées par le service forestier sur la zone incendiée», souligne-t-il. Et le sol forestier brûlé? Aujourd'hui, de nombreuses herbacées le recouvrent. «Tant que le sol minéral était dégagé, quelques pins se sont certes régénérés», précise T. Wohlgemuth, «mais bien des semences se sont desséchées du fait d'une trop longue sécheresse.» Après l'incendie, tous les arbres qui s'implantaient d'eux-mêmes étaient les bienvenus.

Peu après l'incendie, le canton du Valais contacta le WSL afin de connaître le point de vue des scientifiques sur le reboisement de la surface incendiée. Les forestiers souhaitaient savoir ce qui était le plus judicieux: miser entièrement sur la dissémination par le vent et les oiseaux, ou planter encore plus d'arbres. Même dix ans après, pour T. Wohlgemuth, une chose est claire: «Sur cette grande surface dégagée, il faudra encore des décennies avant que de jeunes arbres ne poussent à nouveau presque partout.» Dans la zone de forêt protectrice en particulier, il privilégie les plantations. En effet, plus la forêt protège tôt des dangers naturels, moins les mesures techniques s'imposent. Et l'on épargne des coûts. En revanche, dans les zones moins abruptes qui ne nécessitent aucune forêt protectrice, et ce jusqu'à 2100 m d'altitude, aucune afforestation n'est programmée. En raison de la grande distance qui les sépare des arbres producteurs de semences, il faudra peut-être des siècles pour que mélèzes et épicéas se régénèrent à grande échelle.

Si, de façon générale, le climat se réchauffe et devient plus sec, le risque d'incendie de forêt continuera de croître. Les études dans le Höhwald de Loèche sont donc pionnières. «Nous pouvons appliquer ce que nous apprenons ici à de nouvelles situations d'incendie de forêt», déclare T. Wohlgemuth. Et A. Brigger d'ajouter: «Après le dernier incendie du 26 avril 2011 à Viège, nos observations et la recherche à Loèche ont permis d'introduire rapidement des mesures en vue de la protection contre les chutes de pierres et du reboisement. Nous avons ainsi gagné un temps précieux.»

Recherche d'essences xérophiles

Notre conversation se poursuit sous un soleil de plus en plus chaud. T. Wohlgemuth et A. Brigger enlèvent leur grosse veste. Les arbres, quant à eux, ne perdent leurs feuilles ou leurs aiguilles en été que si la chaleur et la sécheresse ont été trop intenses sur une longue période. La situation peut néanmoins devenir difficile lorsqu'à une faible quantité de précipitations s'ajoute la canicule: l'arbre ou l'essence souffrira, voire dépérira. C'est ce que chercheurs et praticiens observent chez le pin depuis de nombreuses années. «Lorsque les arbres indigènes se heurtent à leur limite existentielle, nous devons trouver des espèces et des provenances qui tolèrent un climat plus chaud», note T. Wohlgemuth. Il n'exclut toutefois pas la possibilité d'une adaptation des arbres indigènes à la sécheresse.

Ici ou là, le chêne pubescent remplacera le pin. «Dans les stations qui ne sont pas trop arides, le douglas pourrait aussi avoir sa chance avec une eau suffisante en phase de croissance et une protection contre l'abroustissement du gi-



Thomas Wohlgemuth (WSL, à gauche) et Alban Brigger (Service des forêts et du paysage, VS, à droite) dans la zone de forêt protectrice qui fait partie de la surface incendiée près de Loèche.

bier», ajoute le chercheur. L'essence, éteinte en Europe lors de la glaciation, pourrait être un atout, et ce d'autant plus que les praticiens forestiers ont besoin de forêts protectrices riches en espèces et dotées d'un maximum de troncs.

Expérience unique en Europe

Une demi-heure plus tard, nous retrouvons T. Wohlgemuth et A. Brigger auprès de la station d'épuration des eaux usées de Radet près de Loèche. Devant eux s'étendent 60 plates-bandes entourées de planches de coffrage: 140 000 semences de différentes espèces de pins et de douglas y furent semées en 2012. Les touffes de semis sont bercées par le vent de la vallée. À côté des plates-bandes, six toits d'écoulement se déplacent sur des rails, chacun mesurant environ cinq mètres sur sept. Lorsqu'il pleut, ils se déplacent automatiquement au-dessus des plates-bandes et retiennent les précipitations. Les plantes reçoivent l'eau nécessaire à leur survie grâce à des tuyaux gris, la quantité variant selon les plates-bandes. «Dans quatre d'entre elles, nous avons laissé les arbustes se dessécher de façon ciblée en 2013», déclare le chercheur du WSL. On observe quelle essence survit et sa durée de survie. Et comme le changement climatique entraîne une augmentation de la teneur atmosphérique en CO₂, des tuyaux noirs déversent dans la moitié des plates-bandes la quantité de gaz carbonique que l'on retrouvera a priori en 2100, lorsque la température de l'air se sera accrue de quatre degrés.

T. Wohlgemuth teste ici plusieurs origines du pin sylvestre, du pin d'Alep et du pin noir qui croissent dans le bassin méditerranéen, ainsi que du douglas (voir aussi le graphique informatif p.7). Un doctorant et lui examinent attentivement la résistance au gel et la croissance des quatre essences. Il n'existe pas encore de résultats suffisamment fiables du récent essai. «Nous avons été frappés par la façon dont les forts gels hivernaux ont décimé les pins d'Alep», sou-

Plus d'informations sur le thème de recherche «Sécheresse» à l'adresse: www.wsl.ch/secheresse

ligne T. Wohlgemuth; «nous suivons désormais de très près ceux qui ont survécu». Les pins valaisans semblent au contraire mieux supporter le gel et les variations du climat.

A. Brigger veut aussi savoir comment les arbustes âgés de deux à trois ans réagissent au climat valaisan. «C'est pourquoi nous avons installé un essai de plantation en amont de Naters, sur le terrain du Chemin de fer des Alpes bernoises Berne-Lötschberg-Simplon (BLS)», indique-t-il. Les espèces de chênes, de frênes et d'érables d'Europe centrale et d'Europe méridionale, de même que l'alisier blanc, le douglas, le pin noir et le pin sylvestre, sont en concurrence sur cette station sèche pour avoir accès à l'eau disponible. L'afforestation a été conçue grâce au soutien du WSL et constitue une application concrète de l'expérience du toit d'écoulement à Loèche. A. Brigger s'intéresse surtout à la façon dont les essences exotiques s'imposent face aux arbres indigènes: «Nous voulons réduire le risque au cas où plusieurs essences disparaîtraient de la forêt protectrice à cause de la sécheresse». Vu la proportion de forêt protectrice en Valais – 87 % –, des concepts durables sont recherchés. Les prochaines années démontreront quelles essences exotiques auront réussi le test.

La pénurie d'eau freine la croissance

Parler de changement climatique suppose souvent une projection dans l'avenir. Dans le parc naturel de Finges au contraire, les chercheurs du WSL s'intéressent à la croissance des arbres dans le passé, plus humide et plus frais. Dans un essai d'irrigation, Arnaud Giuggiola, doctorant du WSL, montre à T. Wohlgemuth et à A. Brigger comment les pins sylvestres récupèrent après une longue sécheresse lorsqu'ils disposent d'eau suffisante. Depuis 2003, sur quatre des huit surfaces tests mesurant 25 m sur 40, les arbres reçoivent 600 mm de précipitations supplémentaires par rapport aux surfaces voisines. «Les arbres irrigués sont vigoureux et verts, leurs aiguilles et leurs pousses sont plus longues, et les cerne



Dans le Bois de Finges, des chercheurs étudient l'influence de l'eau sur le métabolisme du pin.

qu'ils forment plus larges que ceux des pins souffrant de stress hydrique», explique l'écologiste. Il pense qu'une quantité pluviométrique insuffisante et la chaleur estivale limitent la croissance des pins: «Il n'est pas surprenant que dans le Bois de Finges, sur un terrain de gravier perméable, les pins tombent malades et que les chênes pubescents reprennent le dessus», constate-t-il.

Quelques centaines de mètres plus loin, on peut observer les résultats de l'essai d'éclaircie installé en 1965 par l'ancien Professeur de sylviculture de l'EPF de Zurich, Hans Leibundgut. Celui-ci voulait montrer à quel point les faibles, moyennes ou fortes interventions influent sur la croissance des arbres restants, qui disposaient soudain d'une plus grande quantité de lumière et d'eau. Aujourd'hui, après quatre éclaircies, on remarque vite que dans la forêt dégagée à l'image des parcs, les pins sont plus épais et plus riches en vitalité que dans les variantes plus denses. Sur la surface aux éclaircies nettement plus nombreuses, l'eau disponible n'est actuellement utilisée que par un quart des arbres par rapport à la variante la plus dense. De plus, A. Giuggiola souligne que dans l'espace dégagé, seuls 0,5 % des pins dépérissent en moyenne par année, contre 3 % dans la variante la plus densément peuplée. L'eau est un facteur existentiel pour les pins du Bois de Finges.

A. Giuggiola souhaite découvrir de façon encore plus précise à quel point l'eau influence la croissance des arbres. À cet effet, sur le versant ensoleillé de la vallée du Rhône, en amont de Salquenen, il retire régulièrement toutes les plantes autour de six pins âgés de 140 ans environ. Il compare leur croissance à celle des arbres encore entourés de broussailles. Le travail confirme les résultats de Hans Leibundgut: dans les arbres dégagés, la sève circule tout l'été. Ils forment des cernes plus larges que leurs voisins qui, entourés de plantes, voient leur coulée de sève fortement réduite pendant l'été. «Si l'on veut continuer de produire du bois épais de pin dans sa forêt», poursuit l'écologiste, «je recommande de dégager régulièrement ses arbres d'avenir.» Alban Brigger se rappelle



De jeunes chênes verts dans un essai de plantation situé en amont de Naters, VS.

que jadis, les chèvres se chargeaient de cette tâche: «Parfois, on dénombrait jusqu'à 200 animaux dans une forêt; ils dévoraient tout ce qui se trouvait aux alentours des pins.» L'inconvénient est que les forêts clairsemées offrent une protection insuffisante contre les chutes de pierres. Depuis qu'aucun animal ne pâture, les forêts se densifient davantage, et la quantité d'eau évaporée augmente dans son ensemble, quantité qui finalement fait défaut aux vieux pins.

Autres perspectives: sécheresse et ensoleillement

Dans les fonds de vallée valaisans, le climat futur aura tendance à être plus chaud et plus sec. Sur les flancs de montagne au contraire, où les quantités de pluie et de neige sont supérieures, les répercussions du changement climatique seront différentes. Andreas Rigling (WSL), qui coordonne le grand projet de Mountland pour le Domaine des EPF, déclare: «Nos simulations démontrent que dans la région de Viège, la biomasse des arbres diminuera du fond de la vallée jusqu'à haute altitude d'ici l'année 2100. Dans la zone actuelle de la limite forestière, elle devrait toutefois augmenter.» Le responsable de l'Unité de recherche Dynamique forestière table sur des périodes de sécheresse accrues dans les décennies à venir, phénomène qui se renforcerait après 2050. «Le chêne pubescent peut certes d'ici-là remplacer souvent le pin sylvestre, mais pour lui aussi, le temps peut s'avérer trop sec. L'épicéa manquera également d'eau à basse et moyenne altitude. À haute altitude en revanche, il sera plus concurrentiel», affirme le chercheur. Des stratégies adaptées sont dès lors nécessaires pour les forêts protectrices de demain où, en fonction de l'évolution climatique, non seulement le pin mais encore l'épicéa se heurteront à leurs limites. D'où l'importance, primordiale aux yeux d'A. Rigling qui est convaincu de la nécessité d'une telle démarche, de rechercher dès aujourd'hui les marges de manœuvre sylvicole au moyen d'essais d'éclaircies et de plantations, et notamment de déceler par des contrôles les essences indigènes et exotiques susceptibles de faire face à une sécheresse accrue.

Pratique et recherche: un duo gagnant

A. Brigger et T. Wohlgemuth s'accordent aussi sur le fait qu'en Valais, l'eau deviendra une denrée de plus en plus rare avec le temps. Ce phénomène aura de fortes répercussions sur les forêts et leurs fonctions. «Afin de préserver la forêt et sa fonction protectrice sur le long terme, avec le service forestier, nous misons sur une diversité des essences la plus grande possible», précise A. Brigger. T. Wohlgemuth rappelle que dans toutes les expériences avec des arbres d'avenir, la prudence est de mise: «Nous sommes encore loin d'un vaste mélange de nouvelles essences dans les forêts protectrices des zones à basse altitude; pour y parvenir, d'autres études concernant les impacts sur la biodiversité sont indispensables.» A. Brigger n'a pas que des questions encore ouvertes sur le développement de la forêt. «Nous devons aussi prendre des mesures afin d'éviter que l'érosion n'augmente là où disparaissent des essences telles que le pin et l'épicéa. Sinon, des risques et coûts imprévisibles pourraient s'en suivre», prévient-il. Avec leurs travaux, le praticien et le chercheur estiment être sur une voie prometteuse. «Les activités de recherche sur la surface incendiée à proximité de Loèche et les mesures prises après l'incendie proche de Viège démontrent que pratique et science se complètent parfaitement», conclut Alban Brigger. (rlä)

A photograph of a man sitting on a rocky ledge next to a waterfall in a forest. The man is wearing a dark shirt and blue jeans, looking towards the camera. The waterfall is cascading over dark rocks, and the surrounding forest is lush with green trees and ferns. The scene is captured in a natural, slightly overcast light.

Patrik Krebs, Bellinzone

« Malgré les sonorités de mon nom, j'ai mes racines au Tessin. L'histoire de ces vallées impressionne tout autant que leur beauté. J'aime les week-ends à la montagne. À cet endroit en particulier, là où l'eau se confond avec la lumière, j'ai vécu des heures magnifiques auprès de mon épouse et de ma fille. »

ÉVOLUTION DES PAYSAGES CULTURELS EN MILIEU ALPIN

Dans sa recherche au WSL, à Bellinzone, Patrik Krebs se concentre notamment sur l'évolution du paysage culturel en milieu alpin. « J'associe la géographie à l'histoire et mes sources relèvent aussi bien des archives que du terrain. » Il a ainsi

examiné l'histoire de la culture du châtaignier et de la fabrication du charbon de bois, développé de nouvelles méthodes en mono-photogrammétrie et documenté les modifications du paysage à l'aide de films et de photos.

BIODIVERSITÉ Monitoring de la protection des biotopes: sur la trace de changements insidieux



Haut-marais subalpin: la présence abondante de sphaignes est caractéristique de ce type de biotope.



Forêt alluviale récemment inondée: les aulnes blancs permettent de stocker de grandes quantités de sédiments fins.

En Suisse, les marais d'importance nationale sont protégés depuis 1987. Si leur surface a été ainsi préservée, la qualité de leurs habitats ne s'en est pas moins nettement dégradée: de nombreux marais se sont asséchés, appauvris en tourbe, enrichis en élé-

ments nutritifs et embroussaillés. Le «Suivi des effets de la protection des marais», un programme pluriannuel effectué par le WSL, a permis d'identifier ces changements lents et peu spectaculaires. En matière de protection de la nature, de tels suivis sont indispensables pour détecter les tendances de façon précoce et aller à l'encontre des évolutions indésirables.

C'est dans cette optique que le WSL, en collaboration avec l'OFEV, a entrepris un recensement de l'évolution de tous les biotopes d'importance nationale: prairies et pâturages secs (PPS), marais, zones alluviales et sites de reproduction des batraciens. Depuis 1900, ces types de biotopes ont perdu des surfaces importantes alors qu'ils abritent la plupart des

espèces animales et végétales rares et menacées du pays. Ainsi, environ 95 % des PPS, qui relèvent des habitats les plus diversifiés de Suisse, ont disparu. La phase pilote du projet, commencée en 2011, prendra fin en 2014 et les premiers résultats opérationnels sont attendus pour 2017 environ.

En quoi consiste ce monitoring? Tous les six ans, des spécialistes effectuent des relevés tant de la végétation des prairies sèches, des zones alluviales et des marais, que des espèces d'amphibiens dans les sites de reproduction des batraciens. Ils étudient la diversité et la composition des espèces, et de leur évolution peuvent

déduire des changements écologiques évalués dans la perspective de la protection de la nature. Tous les biotopes sont de surcroît analysés à l'aide de photos aériennes. Les objets à protéger continuent-ils de s'embroussailler? De nouvelles routes ou de nouveaux bâtiments sont-ils construits à ces endroits? Aux données des photos aériennes de clarifier ces différents points.

Portant sur des types de biotopes rares, ce monitoring complète de façon idéale celui sur la biodiversité en Suisse et contribue par là même à sa surveillance. (mdg)

www.wsl.ch/protectiondesbiotopes

Comme l'illustre l'agrion de Mercure, la protection de la nature est efficace et peu coûteuse

L'agrion de Mercure privilégie les ruisseaux et les fossés des prairies où l'eau s'écoule lentement. Il est menacé du fait de la disparition de ses habitats en Europe. Or l'une de ses dernières populations, parmi les plus importantes de Suisse, se trouve en Haute-Argovie. Pour favoriser son maintien, le fond des fossés est desherbé ou les rives fauchées. Une étude du WSL a analysé l'effet, les coûts et l'acceptation de telles mesures: les populations de l'agrion de Mercure augmentent et sont bien interconnectées. La libellule parcourt régulièrement jusqu'à 500 mètres de distance le long des cours d'eau. Elle vole rarement au-delà. Les coûts de sa promotion en Haute-Argovie, à hauteur de 140 000 francs suisses par an, restent modérés, et ce d'autant plus que l'Office fédéral de l'agriculture en prend directement 90 000 à sa charge. La population locale connaît



L'agrion de Mercure, qui fait partie des petites libellules, est menacé à l'échelle européenne.

la libellule, soutient les mesures de protection, et aime à l'observer pendant ses promenades. (mdg)

Keller, D.; Seidl, I.; Forrer, C.; Home, R.; Holderegger, R., 2013: Schutz der Helm-Azurjungfer *Coenagrion mercuriale* (Odonata: Coenagrionidae) am Beispiel des Smaragd-Gebiets Oberaargau. Entomologia Helvetica 6: 87-99.

www.wsl.ch/cces

ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS Le WSL à Bruxelles: influence du changement climatique sur la forêt et son exploitation

Monsieur Hanewinkel, vous avez présenté le projet MOTIVE à des parlementaires de l'UE.

Grâce à quelle opportunité?

L'European Forest Institute EFI entretient des contacts avec le Parlement européen et organise régulièrement des événements qui favorisent la transmission de connaissances issues de la recherche. Dans MOTIVE, nous avons étudié ce que signifie le changement climatique pour la forêt européenne.

La politique européenne s'intéresse-t-elle à la forêt?

S'il existe un lien avec le changement climatique, oui, beaucoup. J'ai été surpris de voir le degré de préparation des parlementaires. Et ils ne s'intéressent pas seulement aux questions économiques tel l'avenir de l'industrie du bois, mais aussi aux modifications de notre milieu.

Dans quelle mesure?

Personne ne sait exactement ce qui surviendra – nous devons être préparés à toute éventualité. Les événements extrêmes comme la sécheresse ou les tempêtes seront plus fréquents. Les arbres à fort rendement tel l'épicéa reculent vers le nord. Les pertes économiques peuvent atteindre des centaines de milliards d'euros.

Quelle insécurité à vous entendre ...

Ne vaut-il pas mieux attendre et prendre son mal en patience?

Au nord, c'est parfois une bonne stratégie. Mais plus on va vers le sud, moins elle est pertinente.

En Catalogne, certains chênes méditerranéens dépérissent déjà. Il n'est donc pas possible d'attendre! Des essences stables et une récolte précoce aident par exemple à lutter contre les tempêtes; des éclaircies intensives et de plus longues durées de révolution, contre la sécheresse.

Que doit faire l'UE?

Il n'existe malheureusement aucune politique forestière de l'UE, elle relève des États membres. Or la capacité d'adaptation de la politique forestière au changement climatique varie d'un pays à l'autre; dans le bassin méditerranéen fortement concerné, elle est faible. L'UE devrait l'encourager et ne réduire en rien ses projets de monitoring. Sans oublier son travail de sensibilisation: un printemps humide et froid comme cette année, et plus personne ne croit au changement climatique ... Les propriétaires de forêt réagissent une fois confrontés à celui-ci. Au Portugal, plus de la moitié ont pris des mesures d'adaptation, en Suède seulement 20 % environ.

Et la Suisse?

Dans les forêts suisses, des conditions de station les plus diverses se rencontrent à petite échelle. Le Programme de recherche «Forêt et changements climatiques» du WSL et de l'OFEV examine ce phénomène de très près. Ses résultats doivent servir de bases à l'adaptation de la gestion forestière. *(bio)*

www.motive-project.net



Marc Hanewinkel est responsable de l'Unité de recherche Ressources et gestion forestières. Il dirige le projet MOTIVE.

Le chuchotement des plantes: rendre leurs processus internes audibles

Les visiteurs du Monument national Muir Woods écoutent avec la plus grande attention les arbres chuchoter. Le chercheur du WSL Roman Zweifel se tient à côté d'eux, les aide et donne des explications. Les plantes produisent des bruits, on le sait depuis des années. Lorsque, dans les vaisseaux vasculaires, l'écoulement de l'eau des racines aux feuilles est tari par la sécheresse, des impulsions ultrasonores sont émises, inaudibles pour nous. Or le WSL, en collaboration avec l'Institute for Computer Music and Sound Technology ICST, nous a permis d'entendre de telles impulsions. Pour Roman Zweifel et le responsable du projet, Marcus Maeder de l'ICST, ce projet de recherche du Fonds national ouvre des perspectives radicalement nouvelles: «Ce qui se déroule à l'intérieur d'une plante est loin d'être éclairci dans les moindres détails. Tous les bruits différents émis par un arbre nous aident à mieux comprendre des processus tels que la circulation de la sève ou la croissance du tronc». Dans un projet subséquent, les chercheurs analysent dès lors plus précisément le «chuchotement» des arbres et le comparent aux données de mesure écophysiological les plus variées. Mais les objectifs qu'ils poursuivent vont bien au-delà de la science: faire découvrir à un plus vaste public l'univers des sons produits par les arbres, et le familiariser avec les procédés inhérents aux plantes. Les premières expériences dans les forêts californiennes rendent les chercheurs confiants: «Les sonorités des arbres fascinent les visiteurs. Il s'agit désormais d'affiner le système sonore afin de suivre

en direct les modèles environnementaux et les rythmes à l'intérieur des arbres.»
(*chu*)



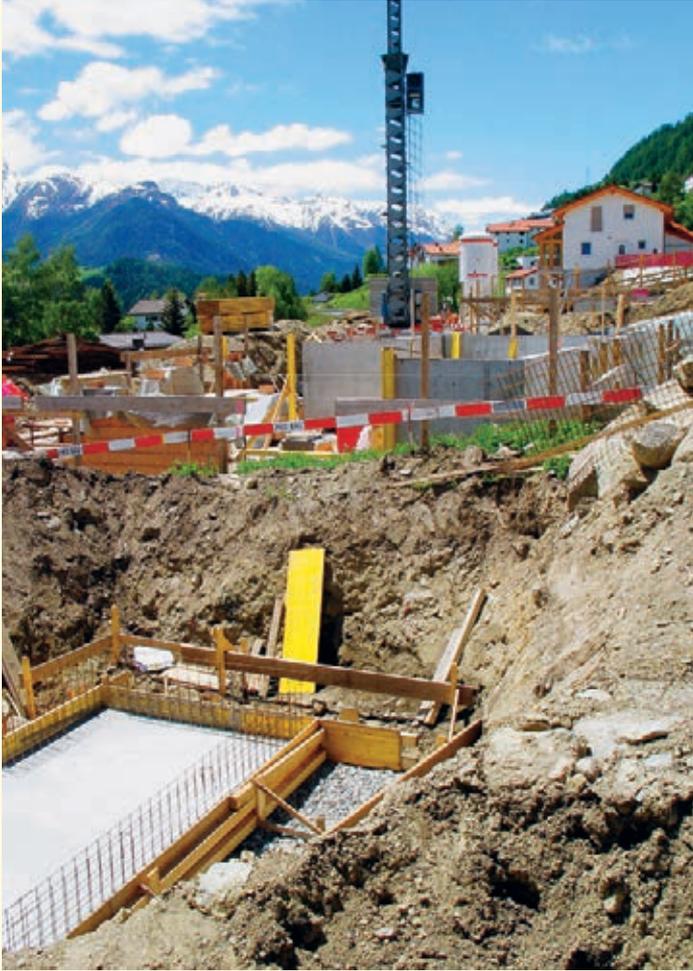
Un capteur piézoélectrique développé par les chercheurs eux-mêmes, et attaché aux aiguilles, mesure les signaux acoustiques sur un pin sylvestre.



Le workshop «Environmental and Acoustic Emission Sensor Technology», Monument national Muir Woods, 2012.

DÉVELOPPEMENT DU PAYSAGE Des certificats pour une utilisation plus efficace des sols

Une pénurie de sols est fréquente en Suisse. L'économie, la population et le nombre de petits ménages ne cessant d'augmenter, la demande de terrains à bâtir est élevée, notamment dans les zones périurbaines. À la campagne au contraire, l'offre dépasse



En Suisse, les certificats d'utilisation du sol négociables permettraient à l'avenir de concentrer les activités de construction.

souvent la demande. Les dernières votations fédérales le montrent: la société ne souhaite pas voir proliférer les zones d'habitation, elle veut préserver des sols pour l'agriculture, les loisirs et la protection de la nature.

D'après la révision de la loi sur l'aménagement du territoire en 2013,

les zones à bâtir non utilisées dans les quinze ans à venir seront déclassées. Leurs propriétaires devront souvent être indemnisés. Or, la source financière potentielle – la taxe sur la plus-value concernant les terrains nouvellement classés en zones à bâtir – ne suffira pas. Un instrument favorise les déclassements: les certificats d'utilisation du sol négociables (CUS). Quiconque possède des réserves de zones à bâtir dans des zones émettrices, reçoit en effet gratuitement des certificats pour ses droits de superficie. Il peut les vendre aux propriétaires fonciers de zones réceptrices à délimiter. Nouvelles constructions et déclassements se répondent ainsi.

Dans sa thèse, grâce à des simulations à l'ordinateur, Gianluca Menghini (WSL) a calculé l'impact d'un tel négoce sur les réserves de zones à bâtir. Travaillant avec des données foncières réelles, il a sollicité plus de 300 experts en aménagement du territoire et en immobilier pour recueillir leurs décisions en tant qu'acheteurs ou vendeurs potentiels de CUS. Résultat: au niveau suisse, plus de 11 km² de terrains à bâtir pourraient être déclassés dans les cinq prochaines années, tandis qu'environ 7 km² fort demandés accueilleraient de nouvelles constructions. Le canton du Valais connaîtrait 35 % des déclassements. Les CUS négociables sont ainsi un instrument efficace: ils réduisent les réserves de zones à bâtir et orientent l'urbanisation vers des régions à demande élevée.

(rlä)

AlpFUTUR: Un livre de synthèse et des films proposent des pistes de réflexion sur l'avenir de l'estivage

L'économie alpestre est-elle pérenne? Comment les alpagistes exploitent-ils et entretiennent-ils leurs pâturages afin qu'ils demeurent riches en espèces, dédiés à l'estivage et ne se reboisent pas? Des questions comme celles-ci se posaient à l'aube du programme de recherche AlpFUTUR il y a 5 ans. Dans 22 projets partiels, les chercheurs du WSL, d'Agroscope et de 13 institutions partenaires ont rassemblé des connaissances, mené des enquêtes auprès de spécialistes et de la population, analysé des données et des faits, et élaboré des recommandations.

Le bouquet final: une synthèse qui présente les résultats de la recherche et des pistes de solution pour l'exploitation future des pâturages d'estivage. Elle comporte trois courts métrages réalisés avec les praticiens. Ainsi, dans «D'alpagistes à alpagistes – gestion et entretien des pâturages», des agriculteurs chevronnés mettent en évidence les problèmes typiques

rencontrés lors du pacage et les solutions apportées. Les films sont entre autres utilisés dans la formation continue. Le documentaire «Sommerzeit», diffusé dans les cinémas régionaux, montre des scènes de la vie quotidienne dans des exploitations d'alpage et des chercheurs à leur travail. (rlä)

www.alpfutur.ch



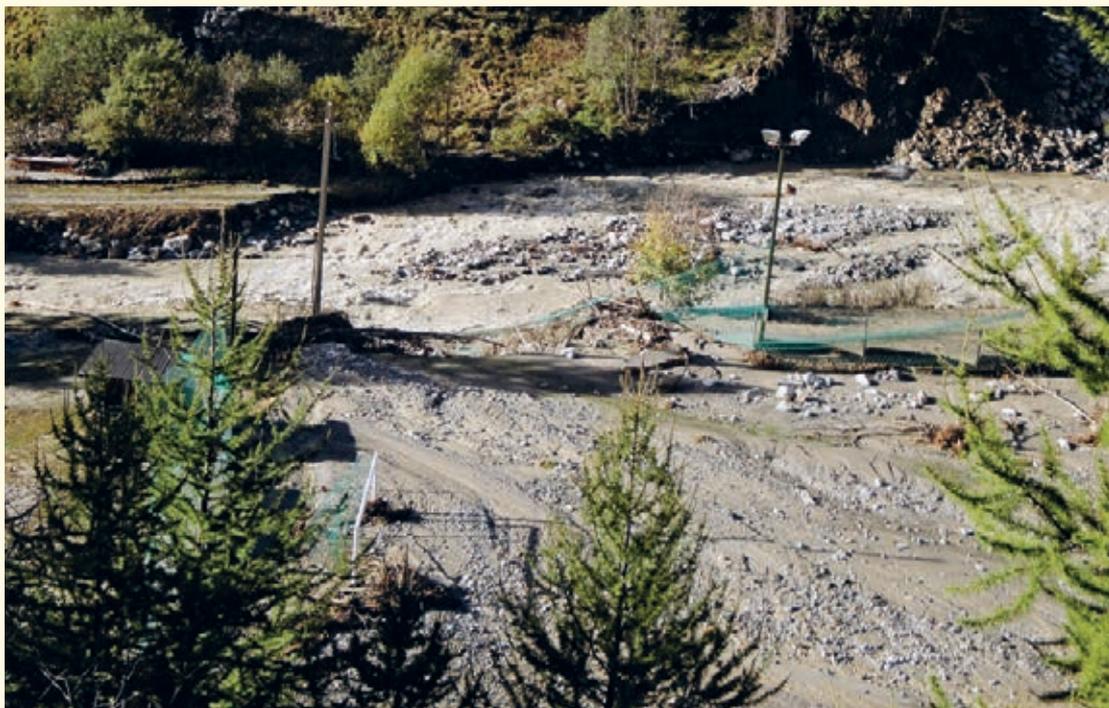
Dans le court métrage, Daniel Siegenthaler, alpagiste chevronné à Schangnau (BE), évoque les problèmes typiques rencontrés dans la gestion des pâturages.

Quelles sections de cours d'eau revaloriser en Suisse sur le plan de l'écologie paysagère?

L'état écologique de 20 % des cours d'eau suisses environ est mauvais: plusieurs ont été mis sous terre et les barrages entravent le passage de nombreux organismes vivants. Conformément à la révision de la loi sur la protection des eaux, les cantons doivent démontrer avant la fin de 2014 le potentiel écologique des différents cours d'eau et définir les sections à revaloriser en priorité. Dans le cadre d'un travail de master, le

WSL a développé un instrument susceptible de les aider dans cette tâche. Une analyse multicritères permet d'identifier les sections les mieux adaptées à cette revitalisation. Il est alors apparu que les cantons de Berne, de Zurich et d'Argovie présentaient le plus grand potentiel de revalorisation. (chu)

GESTION DES DANGERS NATURELS Crues après un épisode exceptionnel de pluie sur neige en octobre 2011



Une intempérie entre Kippel et Wiler dans le Lötschental (VS) provoqua ces dégâts en octobre 2011.

En octobre 2011, une intempérie provoqua de gros dégâts en Valais et dans l'Oberland bernois notamment. Sur mandat de la Confédération, le WSL a analysé avec d'autres partenaires les causes de cette crue. Les 6 et 7 octobre 2011, à la suite de l'incursion d'un front froid, il neigea abondamment à partir de 1000 m d'altitude environ. L'atmosphère se réchauffa ensuite nettement les 9 et 10 octobre et il plut à verses. Cette combinaison de pluie et de fonte des neiges simultanées entraîna des crues exceptionnelles telles qu'il n'en survient, sur le plan statistique, que tous les 50 à 300 ans, même si des quantités pluviométriques comparables ont été mesurées à quelques années d'intervalles.

L'analyse a montré que les modèles hydrologiques utilisés dans la prévision opérationnelle des crues

comportaient un potentiel d'amélioration. Dès maintenant, les praticiens bénéficient d'une meilleure reconnaissance précoce d'événements similaires. La nouveauté: le SLF soutient désormais la prévision des crues de l'OFEV grâce à des données et prévisions concernant la fonte de la neige tout au long de l'année. Avec le changement climatique, les intempéries de pluie sur neige susceptibles de provoquer des crues, devraient être plus fréquentes. D'où un examen plus approfondi de ce processus au WSL. (*mbe*)

Nouveaux produits: connaissances sur la neige et les avalanches destinées au grand public

Depuis peu, un recueil de textes en allemand sur la neige, richement illustré, est disponible en librairie. Au fil des six chapitres, des chercheurs du SLF proposent sur le monde fascinant de l'or blanc un kaléidoscope d'aspects divertissants ou surprenants. «Avec les photos grand format et les courts textes indépendants, le livre invite à la découverte», déclare Christine Huovinen, responsable de la rédaction de ce nouvel ouvrage et du choix de l'iconographie.

«White Glory – White Risk», tel est le nom d'une exposition spéciale sur les avalanches, visible au Jardin des Glaciers de Lucerne et soutenue par le SLF et la Suva. Depuis le 15 novembre, les visiteurs découvrent les

facteurs qui contribuent à la formation des avalanches, le rôle que joue l'être humain dans ce contexte et le comportement à adopter pour réduire le risque d'accident.

Mi-décembre 2013, en collaboration avec leur partenaire la Croix-Rouge suisse CRS, le SLF et la Suva lancent White Risk 2.0, plate-forme de prévention basée sur le Web. Elle sensibilise au danger d'avalanche en dehors des pistes sécurisées, transmet des connaissances sur les avalanches et aide à planifier des randonnées.

(mbe)

www.slf.ch/livresurlaneige
www.gletschergarten.ch
www.whiterisk.ch

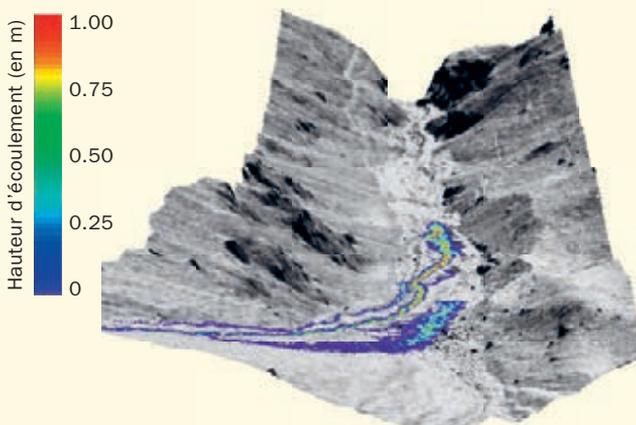
Modélisation des laves torrentielles: mieux évaluer les risques

La légère hausse des températures accroît le dégel du pergélisol en haute montagne, ce qui libère de plus en plus d'éboulis. D'où la survenue possible de laves torrentielles dramatiques lors de précipitations ou de fonte des neiges importantes. Sur mandat du canton du Valais, des chercheurs du WSL modélisent de tels événements et examinent les scénarios de dangers pour le Mattertal. Dans leur modèle numérique, ils intègrent des éléments prospectifs tels que les matériaux meubles supplémentaires, et des tendances pluviométriques. Ils peuvent ainsi évaluer de façon réaliste le risque de laves torrentielles menaçant les communes et les habitants, condi-

tion clef de l'efficacité des mesures de protection.

(kbr)

www.wsl.ch/mattertal



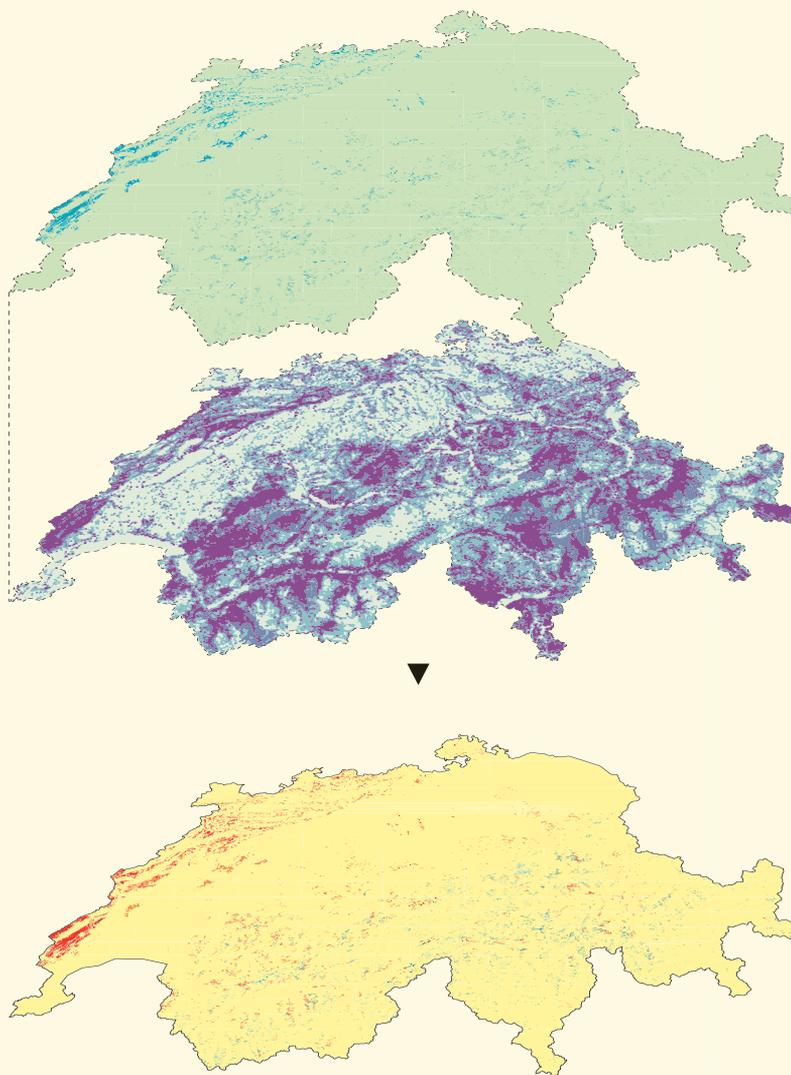
Modélisation ultérieure d'une lave torrentielle dans le ruisseau du village de Randa à l'aide du modèle numérique de mouvements de masse RAMMS.

UTILISATION DURABLE DES RESSOURCES La transition énergétique n'est pas sans conséquences sur la nature et le paysage: où fait-elle naître des conflits?

Les panneaux photovoltaïques ont besoin de place, les éoliennes détonnent dans le paysage, les centrales hydroélectriques rendent la vie difficile aux poissons: si nous exploitons les sources d'énergie renouvelable de façon plus intensive dans le cadre de la transition énergétique, de nombreux conflits nous menacent. Anna Hersperger, Lorena Segura Morán et Felix Kienast examinent de tels conflits entre la production d'énergie renouvelable et d'autres prestations proposées tous les jours par le paysage comme les loisirs, la production alimentaire ou la biodiversité. «Sur nos cartes, nous remarquons les endroits où un type donné de production énergétique est possible sans grande perturbation», explique A. Hersperger. «Nous soutenons ainsi un déploiement responsable.»

Pour chaque source d'énergie, Segura Morán a dressé une carte de potentiel au niveau suisse, ainsi que des cartes de différentes prestations paysagères. Dans certains cas, il n'existe aucune influence négative – par exemple entre les petites centrales hydroélectriques et la production de bois. Quelques conflits peuvent aussi se résoudre très simplement. Ainsi, certains panneaux solaires sur les toits sont discrets et se remarquent à peine dans le paysage local. Pour onze champs conflictuels, l'équipe a en revanche établi des cartes nationales de conflits. La figure illustre la démarche: la carte de potentiel Éolienne indique dans quelle mesure telle région est adaptée aux éoliennes en fonction des conditions de vent,

de l'accessibilité et du cadre juridique. Pour la carte de potentiel Tourisme, les chercheurs ont tenu compte des informations sur l'emplacement des aires de loisirs de proximité, les infrastructures touristiques et les éléments paysagers attractifs. Ils ont ensuite superposé ces deux cartes de potentiel et défini des catégories telles que «potentiel élevé de conflits de faible intensité» ou «potentiel moyen de nombreux conflits». La carte montre que nombre de sites adaptés à l'énergie éolienne au Jura présentent un potentiel de conflits avec le tourisme. Au Jura comme dans les Alpes, il existe toutefois beaucoup de régions appropriées et à faible potentiel de conflits – comme le fait apparaître nettement un zoom sur la carte. Mais les cartes s'inscrivant dans une perspective nationale, il faut encore examiner les données régionales de chaque site. Les cartes de potentiel reposent sur la technologie et les conditions-cadres juridico-politiques actuelles. Dans les modèles, il est néanmoins possible de faire varier sans problème tous les facteurs. Si l'on souhaite ainsi savoir quel est l'impact d'un scénario déterminé – par exemple des éoliennes autorisées à être installées dans des paysages d'importance nationale, ou une nouvelle génération de turbines qui fonctionne déjà en présence d'un vent faible – cela peut se faire sans difficulté. Et A. Hersperger a des objectifs encore plus ambitieux: «Nous voulons valider nos cartes et dynamiser les modèles, donc intégrer par exemple le fait qu'avec la transition éner-



Carte de potentiel Éolienne

- région non adaptée
- potentiel moyen
- potentiel élevé

Carte de potentiel Tourisme

- faible potentiel
- potentiel moyen
- potentiel de moyen à élevé
- potentiel élevé

Carte de conflits Éolienne × Tourisme

- aucun potentiel énergétique
- potentiel moyen de conflits de faible intensité
- potentiel moyen de nombreux conflits
- potentiel élevé de conflits de faible intensité
- potentiel élevé de nombreux conflits

La superposition des cartes de potentiel Éolienne et Tourisme permet d'établir l'une des onze cartes de conflits.

gétique, la consommation d'énergie évolue également.» Comme la Confédération, le Fonds national, le Conseil des EPF et le WSL encouragent la recherche sur la transition énergétique, c'est de bon augure pour les projets futurs. Christoph Hegg, vice-Directeur du WSL, précise: «La transition énergétique n'est pas seulement une question de technologie. Elle a des répercussions sur l'environnement et la société qu'il est encore trop tôt pour prévoir.» Le WSL se consacre donc à leur examen avec un nouveau domaine de recherche dénommé «Energy Change Impact». «Nous avons beaucoup d'expérience dans la re-

cherche sur les impacts», explique C. Hegg, «ceux du changement climatique en particulier. Grâce à des projets pionniers comme celui d'Anna Hersperger, pour l'Energy Change Impact, nous avons ainsi des expériences à notre actif. Et nous allons élargir notre champ de travail.» L'objectif est clair: le WSL veut que l'État, les entreprises et les particuliers sachent quel est l'impact de leurs décisions – pour qu'ils en pèsent le pour et le contre et les prennent en toute connaissance de cause. (bio)

www.wsl.ch/energy_change



Aino Kulonen, Davos

«En avril, ma famille et moi avons quitté la Finlande pour venir nous installer à Davos. Avec le mauvais temps, je n'ai pas encore pu vraiment profiter du paysage. Je me réjouis désormais de l'arrivée de l'automne ensoleillé et savoure mes jours de congé dans les forêts de montagne colorées.»

FLORE D'ALTITUDE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

«Je souhaite savoir pourquoi de nouvelles espèces végétales migrent dans les régions des sommets de montagne et si elles pourront y survivre.» C'est la raison pour laquelle la doctorante Aino Kulonen étudie les caractéristiques de ces régions et re-

cherche l'évolution future des plantes adaptées au froid. «Dans le projet Flore d'altitude, nous voulons découvrir si cette évolution est directement liée au changement climatique et quelles sont les espèces potentiellement menacées d'extinction.»

Herbert Kurmann, Birmensdorf

«Comme j'ai grandi ici, je suis particulièrement attaché au Lägern. J'y vais souvent à bicyclette, mais évite généralement le Burghorn parce qu'il est seulement accessible à pied. Néanmoins, lorsque j'ai besoin d'une pause, le point de vue se révèle l'endroit idéal.»

INFRASTRUCTURE POUR LA RECHERCHE

Le bon fonctionnement de l'infrastructure est important pour le travail de recherche. Herbert Kurmann, responsable de la gestion du site de Birmensdorf, en est bien conscient: «Des pannes peuvent entraver les résultats de la recherche. Il faut les

éviter à tout prix.» C'est pourquoi son équipe et lui-même entretiennent les installations avec le plus grand soin, garantissant ainsi aux collaborateurs du WSL la fiabilité de l'infrastructure pour que leurs tâches soient réalisées sans problème majeur.

En tant qu'Institut de recherches centré sur le développement durable, il en va de notre crédibilité de rendre compte de nos actions en termes de durabilité. L'environnement et la sécurité sont très clairement au cœur de nos préoccupations.

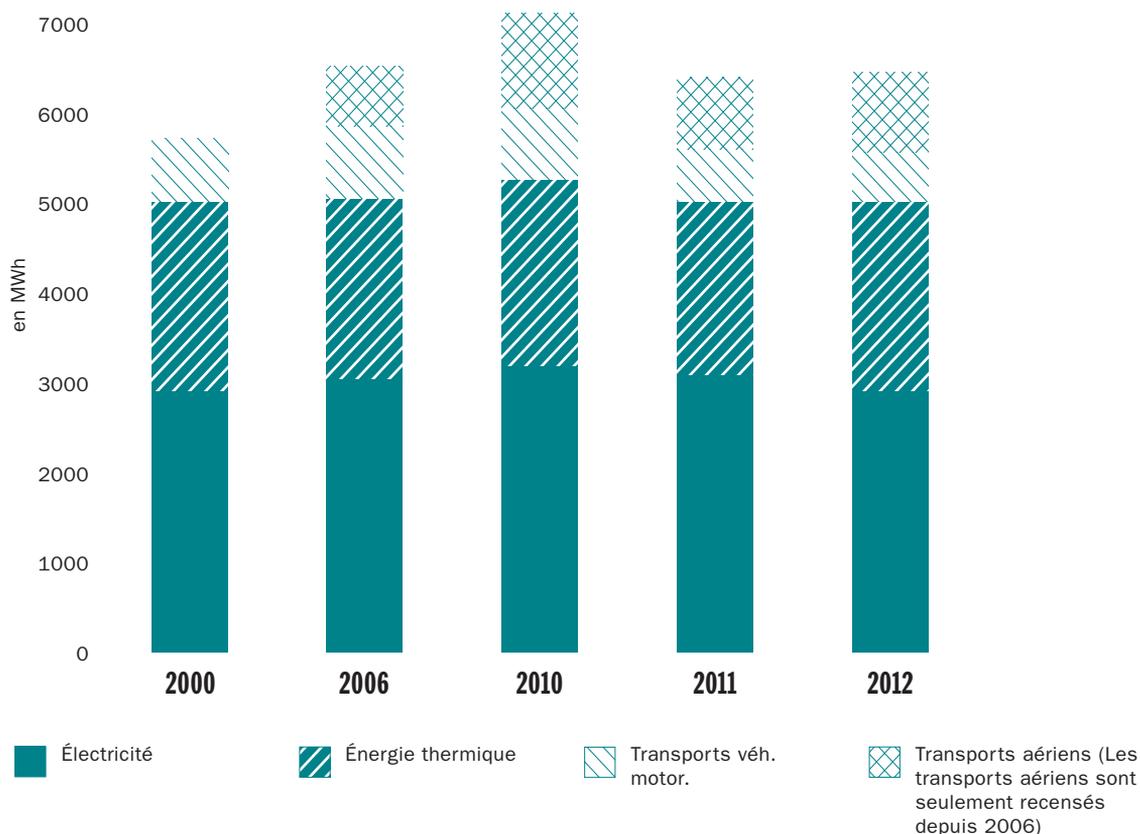
Depuis 2002, le WSL travaille avec RUMBA, le système de gestion des ressources et de l'environnement de l'administration fédérale. Il participe sur une base volontaire au programme de l'Agence de l'énergie en vue d'économiser celle-ci. Il revendique ainsi une réduction active des émissions de CO₂ et l'optimisation de l'efficacité énergétique. Le WSL détient de surcroît le label de qualité pour la gestion des déchets «SuperDrecksKëscht®».

Les objectifs suivants furent définis en 2006: réduire la consommation de chaleur de 40 % d'ici 2020, celle d'électricité de 10 % par collaborateur d'ici 2016, et celle de carburant de

20 % aux 100 km d'ici 2020. Nous sommes sur la bonne voie. Fin 2012, notre consommation de carburant, à hauteur de 7,6l/100km, est déjà nettement inférieure à la valeur de 8,7l/100km visée pour 2020.

Chaque employeur doit être à même de garantir la sécurité et la santé sur le lieu de travail. Les travaux dans le laboratoire ou sur le terrain peuvent comporter certains risques. La prévention est la meilleure protection: grâce à des formations, des directives, des informations et des mesures spécifiques de sécurité, nous pouvons limiter au maximum les risques d'accidents. Sur une nouvelle plate-forme d'informations sur Intranet, nous expliquons de plus à nos collaborateurs la façon dont ils peuvent eux-mêmes préserver leur santé et détecter de façon précoce des signes tels que les symptômes du mauvais stress. *(kbr)*

Consommation énergétique totale du WSL





En avril 2005, dans le Murgtal, un rocher colossal de 125 tonnes endommagea la forêt et la route qu'il fallut fermer par la suite pour des raisons de sécurité. Le WSL a entre autres utilisé cet événement pour tester son logiciel de simulation «RAMMS::Rockfall».

Avalanches, chutes de pierres, laves torrentielles – pour nombre de thématiques du WSL, le lien avec la prévention et le risque, thème central du prochain numéro, apparaît immédiatement. Pour d'autres sujets, les relations sont moins évidentes: ainsi, la forêt protège des dangers naturels en maints endroits; elle est toutefois menacée par les tempêtes ou les ravageurs – dangers que nous, êtres humains, sur fond de changement climatique, accroissons parfois à notre tour. DIAGONALE présentera les travaux du WSL sur la prévention et le risque – depuis la recherche fondamentale jusqu'à l'alerte aux avalanches.

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

Texte et rédaction:
Kathrin Bruggler (kbr)
Manuela di Giulio (mdg)
Sandra Gurzeler (sgu)
Martin Heggli (mhe)
Christine Huovinen (chu)
Reinhard Lässig (rlä)
Birgit Ottmer (bio)
Gottardo Pestalozzi (gpe)
Anna Kreidler (akr)

Direction rédactionnelle:
Kathrin Bruggler, Christine Huovinen
diagonal@wsl.ch

Traduction: Jenny Sigot Müller, WSL
Relecture: Monique Dousse, Rotkreuz

Maquette:
Raffinerie AG für Gestaltung, Zurich

Impression:
Silhdruck AG, Zurich

Tirage:
2000 exemplaires, deux numéros
par an. Le Magazine du WSL
DIAGONALE paraît aussi en allemand.

Référence bibliographique:
Institut fédéral de recherches WSL
2013: Magazine du WSL Diagonale,
2 / 13, 36 p.
ISSN 2296-3596

Service d'abonnement:
www.wsl.ch/diagonale

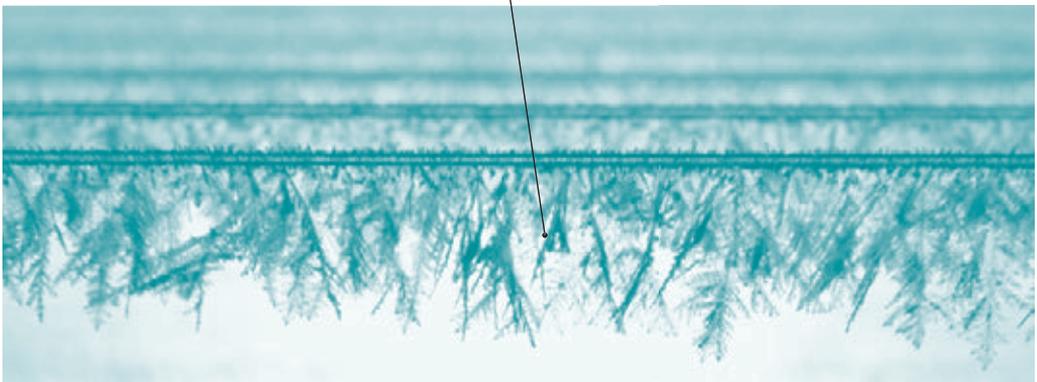
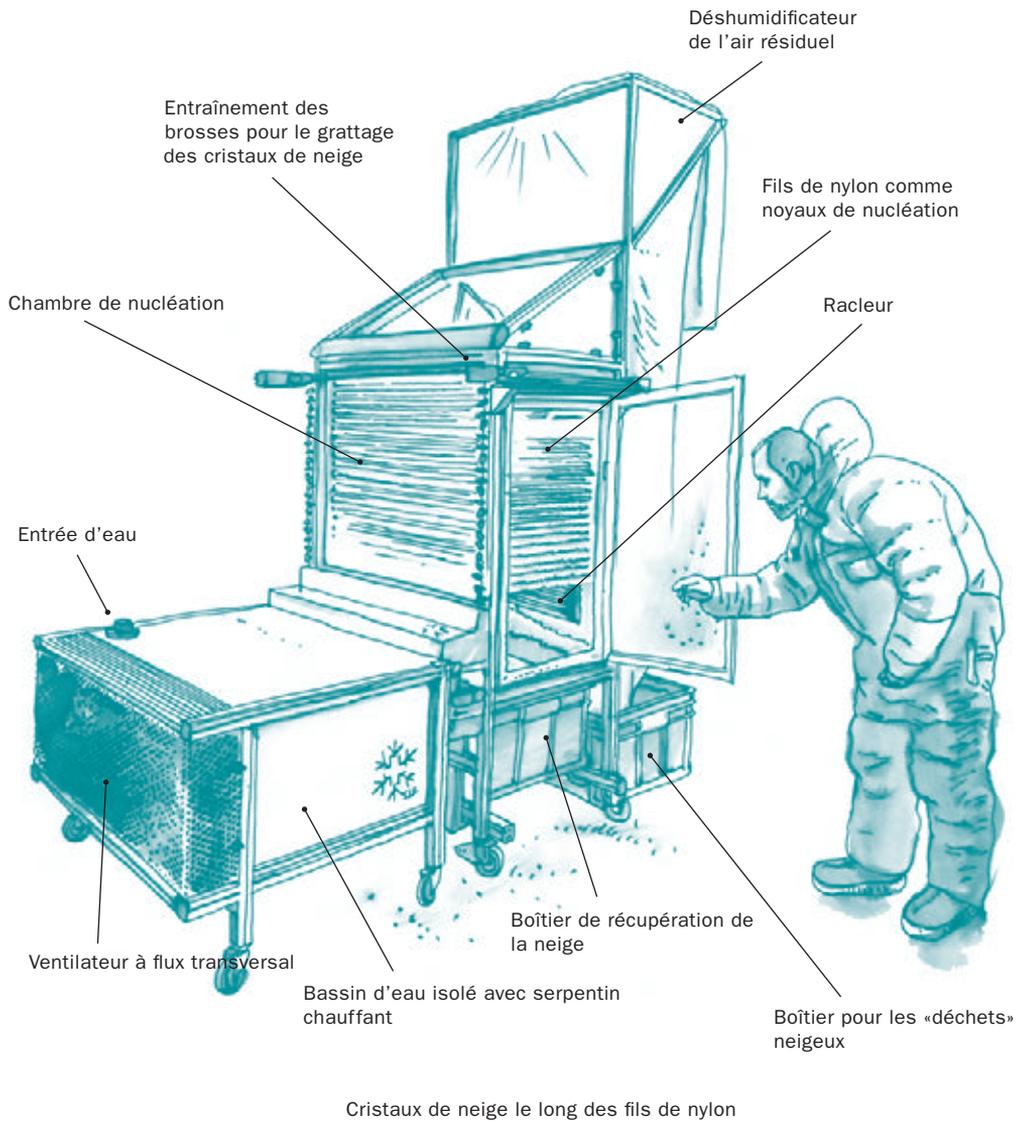
Diffusion:
Institut fédéral de recherches WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
Courriel: eshop@wsl.ch
www.wsl.ch/eshop

PERSONNES



De gauche à droite, en partant du haut: Reinhard Lässig, Christine Huovinen, Manuela Di Giulio, Martin Heggli, Sandra Gurzeler, Kathrin Bruggler, Birgit Ottmer

SNOWMAKER



Le snowmaker permet de fabriquer de la neige en laboratoire comme dans les nuages: les cristaux se forment à partir de la vapeur d'eau. Le ventilateur à flux transversal émet un flux d'air au-dessus d'un bain d'eau chaude dans un environnement froid. Comme l'air froid peut moins absorber de vapeur d'eau que l'air chaud, il est sursaturé après s'être refroidi et se cristallise sous forme de poudreux le long des fils de nylon.
Vidéo sur: www.wsl.ch/schmilblick

SITES

Birmensdorf

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

Davos

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

Lausanne

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

Bellinzona

Istituto federale di
ricerca WSL
Via Belsoggiorno 22
CH-6500 Bellinzona
Téléphone 091 821 52 30
Fax 091 821 52 39
info.bellinzona@wsl.ch
www.wsl.ch/bellinzona

Sion

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

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

Les activités de l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL s'articulent autour de l'utilisation et de la protection des habitats ruraux et urbains. Le WSL contribue à la recherche de solutions en vue d'une gestion durable des paysages et des forêts. Il entend promouvoir une attitude responsable face aux dangers naturels qui se manifestent dans les pays de montagne. Dans ces domaines de recherche, le WSL est en tête de liste du palmarès international, et l'Institut fournit les bases d'une politique environnementale durable en Suisse. Le WSL emploie plus de 500 collaboratrices et collaborateurs à Birmensdorf, Bellinzona, Lausanne, Sion et Davos (WSL Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF). Il est un centre de recherches de la Confédération et fait partie du domaine des écoles polytechniques fédérales.



Comme l'illustre l'agrion de Mercure,
la protection de la nature est efficace, p. 23



Le chuchotement des plantes:
rendre leurs processus internes audibles, p. 25

