

## Des plantes pour lutter contre l'érosion et les glissements en surface

Christoph Graf, Albert Böll, Frank Graf



### Introduction

Depuis toujours, les forces naturelles ont contraint l'homme à protéger son habitat. Jadis, les colons utilisaient des méthodes très simples qui leur permettaient, par exemple, de consolider ou de réguler les parties de terrain ainsi endommagées. Ils se servaient de matériaux disponibles sur place, comme des pierres, du bois ou des plantes. Depuis lors, l'utilisation des plantes pour lutter contre l'érosion et les glissements en surface s'est constamment développée et a fait ses preuves dans de nombreux types de construction.

Aujourd'hui, les termes qualifiant les ouvrages de protection à l'aide de plantes (constructions vivantes, techniques végétales, génie biologique, génie écologique, etc.) sont aussi nombreux que les définitions s'y rapportant. L'une d'elles est principalement fondée sur des processus naturels auxquels s'ajoutent des aspects pratiques ainsi que les derniers acquis de la recherche.

### Le génie biologique veut:

Quoi?

Renforcer la stabilité du sol tout en respectant l'environnement  
Réduire l'érosion de manière durable  
Favoriser l'évolution naturelle de la succession végétale

Comment?

En utilisant judicieusement des organismes adaptés à la station en combinaison avec des systèmes techniques



Fig. 1. Lit de plançons: Bermes (petites terrasses) pourvues de boutures de saule et de jeunes plantes d'aune et de troène, peu après leur mise en place et dix ans plus tard.

Nous utiliserons ici le terme de «génie biologique». La stabilisation et la renaturation des zones menacées d'érosion et de glissements revêtent une importance primordiale pour la protection contre les dangers naturels. Aux côtés des mesures techniques, souvent indispensables, la reconstitution d'une couverture végétale conforme à la station est une opération indispensable à la mise en place d'un système naturel apte à se développer et stable à long terme.

Le chapitre sur les «Champignons mycorhiziens» figurant dans ce document est étayé sur les derniers résultats scientifiques qui ouvrent de nouvelles perspectives au génie biologique et à la stabilisation du sol.

## Les méthodes

L'altération et l'érosion sont des processus qui ne tardent pas à déstabiliser les pentes et les ravins. C'est dire combien il est important de protéger le sol supérieur. L'un des objectifs prioritaires des travaux de stabilisation consiste donc à regarnir d'une végétation durable les surfaces dénudées par l'érosion. Le génie biologique dispose pour cela de diverses méthodes qui varient selon le type d'endommagement, le modelé du terrain et le choix des plantes. La méthode la plus souvent appliquée dans les travaux de terrassement consiste à créer des lits de (plants et de) plançons, car elle est la plus polyvalente et la plus économique. Le lit de plançons se construit avec des branches aptes à former des rejets, comme celles du saule, tandis que le lit de plants et de plançons contient aussi des plantes ligneuses enracinées, comme l'aune (fig. 1). Cette méthode est largement décrite parmi d'autres dans la littérature (SCHIECHTL 1973, ZEH 1993). Elle nécessite parfois un ensemencement complémentaire afin d'obtenir un recouvrement du sol le plus complet possible. Cette opération se fait de diverses manières. La plus courante est l'ensemencement hydraulique. Il est parfois nécessaire d'y ajouter divers compléments, tels qu'engrais, paille, ou liants, entre autres (fig. 2).

Toutes les mesures techniques de stabilisation (consolidation des bas de pen-



Fig. 2. Ensemencement hydraulique: Un mélange de semences additionné de fertilisants liquides et de liants vient d'être répandu sur ce terrain difficilement accessible. La piste de ski, dans la zone alpine, a également été recouverte d'une couche de paille.



tes, réduction de la déclivité, drainage) doivent être axées, dès le début des travaux, sur le reverdissement durable et l'amélioration des conditions du milieu (fig. 3). L'effet protecteur des plantes ne peut s'engager que si le sol reste stable ou ne subit que des mouvements insignifi-

ants durant la formation du système racinaire. Au cours de cette période, l'incidence de l'eau, des matériaux solides, des chutes de pierres ou de la neige doit être minimale (BÖLL 1997). Des mesures techniques de stabilisation des pentes et des ravins sont souvent in-

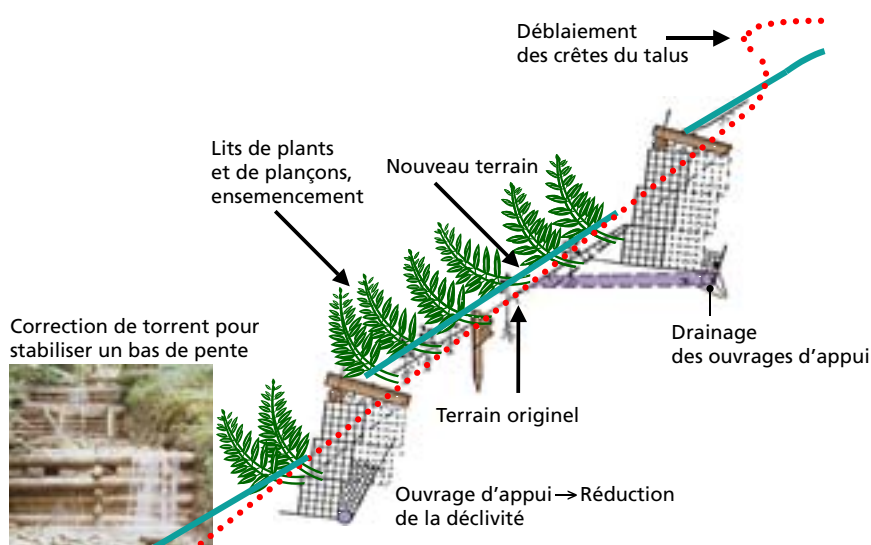


Fig. 3. Technique et biologie: Correction de torrent pour stabiliser le bas d'une pente. Les ouvrages d'appui, sur la pente, servent à réduire la déclivité. La stabilisation des pentes passe par la mise en oeuvre de telles techniques qui garantiront l'efficacité des constructions vivantes, comme les lits de plants et de plançons (d'après Böll 1997, figure modifiée).

dispensables à la réussite d'un reverdissement. Mais l'effet de ces ouvrages n'est que ponctuel ou linéaire et il est limité dans le temps. La protection durable de la surface du sol sera assurée par les plantes. En conséquence, une stabilisation à long terme exige une végétation intacte pourvue d'un système racinaire formé de manière adéquate.

## Le sol

Après des occurrences d'érosion et de glissement, les conditions du substrat demeurent très précaires et sont donc extrêmement néfastes (fig. 4). Si la couverture végétale et le sol supérieur font défaut, les zones touchées sont soumises à d'imposants processus de lessivage et à des mouvements accrus du sol. Les forts écoulements d'eau et l'érosion qui s'y ajoute conduisent à un lessivage notable des semences, des spores et des organes de résistance des microorganismes. Cela augmente encore les pertes en biomasse et diminue les chances de recolonisation végétale et microbienne. Les nouvelles surfaces du sol supérieur sont alors souvent plus denses que celles qui existaient à l'origine, car elles se trouvaient auparavant sous le poids des anciennes couches supérieures. Cette situation, extrêmement défavorable à la formation des racines et à la croissance des plantes, retarde considérablement l'établissement d'une couverture végétale (BÖLL et GERBER 1986). Elle entrave aussi l'aération du sol et freine donc la décomposition de la substance organique, d'où des effets négatifs sur le bilan biogéochimique. En effet, la granulométrie du sol est un élément dont dépendent non seulement l'aptitude des plantes à s'enraciner et l'aération du sol, mais aussi d'autres facteurs importants pour la croissance végétale, comme l'apport d'eau et d'éléments nutritifs. Un écoulement d'eau accru à la surface du sol entraîne un déplacement de matériaux et cause ainsi une perte considérable des fractions granulométriques (sable, silt, et argile). Il s'ensuit alors un amoindrissement de la stabilité des agrégats, ce qui réduit considérablement la capacité de rétention du sol en eaux interstitielles et en éléments nutritifs (GRAF et GERBER 1997).



Fig. 4. Sol stérile: Sol fortement érodé et lessivé dans la partie inférieure d'une pente raide instable en voie d'assainissement.

## Les plantes

Dans l'application de ses différentes techniques, le génie biologique utilise principalement des plantes pionnières. La construction de lits de (plants et de) plançons, se fait surtout avec des plan-

tes ligneuses capables de former des rejets (tabl. 1), comme plusieurs espèces de saule (*Salix* spp.), les aubours (*Laburnum anagyroides* Med., *L. alpinum* [Miller] Presl.) ou le troène commun (*Ligustrum vulgare* L.). Les plantes les plus utilisées pour l'ensemencement

Tab. 1. Espèces ligneuses souvent utilisées dans le génie biologique et indications des zones où elles sont utilisées (étages de végétation), de la reproductibilité végétative et des formes de symbiose: A = mycorhize arbusculaire, E = ectomycorhize, N: fixation d'azote

		Productibilité végétative (%)	Formes de symbiose	Etage de végétation	Nom français
<i>Salix</i>	<i>daphnoides</i>	~100	A, E	montagnard	saule faux daphné
	<i>purpurea</i>	~100	A, E	collinéen-subalpin	s. pourpre, osier rouge
	<i>fragilis</i>	95	E	collinéen	s. fragile
	<i>pentandra</i>	90	E	subalpin	s. laurier, s. à cinq étamines
	<i>viminalis</i>	90	A, E	collinéen-montagnard	s. des vanniers, osier blanc
	<i>nigricans</i>	80	A, E	collinéen-subalpin	s. noircissant
	<i>alba</i>	75	E	collinéen-montagnard	s. blanc
	<i>aurita</i>	75	E	collinéen-subalpin	s. à oreillettes
	<i>elaeagnos</i>	75	E	collinéen-montagnard	s. drapé
	<i>cinerea</i>	70	A, E	collinéen-montagnard	s. cendré
<i>Populus nigra</i>	70-100	A, E	collinéen-montagnard	peuplier noir	
<i>Laburnum</i>	<i>alpinum</i>	70-100	A, N	collinéen-montagnard	aubours des Alpes
	<i>anagyroides</i>	70	A, N	collinéen-montagnard	a. faux anagyris, faux ébénier
<i>Ligustrum vulgare</i>	70-100	A	collinéen	troène vulgaire	
<i>Alnus</i>	<i>glutinosa</i>	—	A, E, N	collinéen-montagnard	aune glutineux
	<i>incana</i>	—	A, E, N	collinéen-montagnard	a. blanchâtre
	<i>viridis</i>	—	A, E, N	subalpin	a. vert

sont les graminacées et les légumineuses. Avant de choisir le matériel végétal, une attention particulière est à accorder aux conditions écologiques du milieu à reverdir. Cette précaution s'impose aussi bien pour les plantes ligneuses que pour les herbacées et les graminacées. En principe, il ne faudrait utiliser que des végétaux provenant de peuplements naturels écologiquement similaires (SCHIECHTL 1992).

Les plantes intégrées dans les ouvrages biotechniques remplissent des fonctions essentielles dans la stabilisation des matériaux du sol (fig. 5). Elles diminuent l'énergie d'impact des eaux de précipitations et atténuent ainsi l'érosion du sol supérieur; elles favorisent le drainage et leurs racines renforcent la stabilité des matériaux du sol. Le système racinaire remplit normalement une double fonction: il pourvoit à l'ancrage des plantes dans le sol et leur permet de prélever l'eau et les éléments nutritifs dont elles ont besoin. L'importance de son extension est donc à la mesure du volume de sol qu'il stabilisera et des quantités d'eau et d'éléments nutritifs qu'il emmagasinerà.

Un système racinaire étendu permet aux plantes d'extraire du sol des quantités considérables d'eau grâce au processus d'évapo-transpiration. Elles exercent ainsi un effet régulateur sur le régime hydrique du sol. Par une journée



Fig. 5. Génie biologique et sylviculture: Stabilisation des berges d'un torrent dans la zone de la limite forestière. L'ouvrage est construit à l'aide d'un lit de plançons (boutures de saule) et d'une afforestation d'épicéas et de mélèzes (au premier plan).

ensoleillée, un tournesol perd facilement un litre d'eau. Un bouleau possédant quelque 200 000 feuilles peut en évaporer 60 à 70 litres, voire jusqu'à 400 litres si le temps est particulièrement chaud et sec. Dans une hêtraie, près de 60% des quantités de précipi-

tations annuelles sont rendues à l'atmosphère par évapo-transpiration sous forme de vapeur d'eau (SITTE *et al.* 1991).

## Les matériaux auxiliaires

Pour qu'elles arrivent à reprendre la fonction stabilisatrice qui leur est conférée, les plantes doivent grandir vite et bien. Mais dans les conditions défavorables propres aux surfaces d'érosion et de glissements, même les plantes pionnières ont de la peine à s'établir car la structure du sol et l'apport en éléments nutritifs ne suffisent pas à leurs besoins, aussi minimes soient-ils. Un déséquilibre s'installe alors entre les conditions du sol requises par les plantes et la situation effective au moment de l'intervention biotechnique. Les phases d'enracinement et d'établissement en sont sérieusement compromises.

La manière traditionnelle de favoriser la croissance végétale s'articule autour des actions suivantes: ameublir le sol supérieur s'il est compacté, utiliser des liants synthétiques pour stabiliser sa surface, le fertiliser pour améliorer la nutrition des plantes et le chauler s'il est acide. Or ces interventions ont parfois des effets négatifs. Par exemple, les fertilisants stimulent la croissance des espèces végétales eutrophiles et non celle des espèces pionnières autochtones; ils favorisent surtout la biomasse terrestre au détriment des racines (fig. 6). Les fertilisants, dont l'azote en particulier, influencent aussi diversement les microorganismes du sol. Ils appauvrissent la biodiversité et réduisent les chances de symbiotisation entre les plantes et les champignons mycorhiziens. La croissance du mycélium en est parfois sérieusement réduite, ce qui entraîne à nouveau des conséquences négatives sur la formation des agrégats de sol et sur la nutrition des plantes.

Il existe une alternative à ces traitements courants. Elle consiste à intégrer dans le sol des microorganismes supplémentaires, comme les champignons mycorhiziens dont l'efficacité est remarquable. Ces derniers sont de véritables modeleurs d'agrégats. En outre, ils contribuent à stabiliser la matrice du sol et à structurer les pores. Par ailleurs, ils remplissent une importante fonction dans la nutrition des plantes et le flux biogéochimique.



Fig. 6. Influence des fertilisants: Saule pourpre (*Salix purpurea*) âgé de trois ans, extrait d'un terrain fertilisé à assainir. Les rameaux sont bien formés mais les racines sont insuffisamment développées.



Fig. 7. Mycorhize: Système racinaire d'aunes blanchâtres (*Alnus incana*) âgés de cinq mois. A gauche, trois plantes non mycorhizées; à droite, trois plantes inoculées avec *Paxillus rubicundulus*, un champignon partenaire

qui forme, dans les conditions naturelles, des ectomycorhizes avec l'aune blanchâtre.

## Les champignons mycorhiziens

Les champignons mycorhiziens occupent une place particulière dans l'immense diversité des microorganismes du sol. Dans des conditions naturelles, toutes les plantes, ou presque, vivent en symbiose avec des partenaires champignons (SMITH et READ 1997, EGLI et BRUNNER 2002). Dans cette biocénose, le champignon pourvoit entre autres à l'approvisionnement en eau et en éléments nutritifs de la plante hôte. Le mycélium pénètre le sol beaucoup plus intensément que les racines des plantes ne sont capables de le faire. Le diamètre des hyphes (2–5 µm) étant largement inférieur à celui des poils radiculaires (15–20 µm), les champignons accèdent à un espace poral beaucoup plus grand. Grâce aux hyphes, la surface d'absorption d'une racine mycorhizée est jusqu'à cinquante fois plus grande que celle d'une racine non mycorhizée.

Le vaste réseau d'hyphes lie aussi les particules minérales et organiques du

sol pour en faire des agrégats stables (FREI *et al.* 2003). La stabilité de la matrice du sol en est renforcée, tout comme celle des pores, ce qui augmente le pouvoir de rétention d'eau et d'éléments nutritifs. En outre, les hyphes servent de vecteurs de dissémination à d'autres organismes et ils élargissent ainsi la diversité des organismes du sol. Sur des sols compactés, les plantes mycorhizées ont beaucoup plus de facilité à s'alimenter. Les différences constatées dans l'approvisionnement des plantes en phosphore vont d'un facteur 2, pour un poids spécifique (du sol) mineur (10kN/m<sup>3</sup>), à un facteur 3, pour un poids spécifique (du sol) élevé (16kN/m<sup>3</sup>) (NADIAN *et al.* 1996). En outre, il a été prouvé que le système racinaire des plantes mycorhizées est plus performant que celui des plantes qui ne le sont pas. Cet avantage accélère leur implantation et leur croissance (fig. 7).

En remplissant leur double fonction d'architecte du sol et de nourricier des plantes, les champignons mycorhiziens exercent une influence directe sur le dé-

veloppement et la stabilité des associations végétales et des écosystèmes, en garantissant ainsi une protection durable de la végétation (VAN DER HEIJDEN *et al.* 1998).

Etant donné que l'érosion et les glissements de terrain ont souvent pour conséquence de réduire considérablement les réserves naturelles des champignons mycorhiziens, il est nécessaire d'introduire dans le sol des champignons symbiotiques. Mais tout comme les plantes, les champignons sont à sélectionner en veillant à n'utiliser que des espèces conformes à la station.

## L'entretien

Contrairement aux constructions purement techniques, les systèmes biotechniques n'atteignent pas leur efficacité optimale dès l'achèvement des travaux de mise en place. Le développement de la végétation peut durer de quelques mois à plusieurs années, selon l'endroit



et l'objectif fixé (fig. 8). Durant cette période, des contrôles réguliers s'imposent ainsi que des travaux d'entretien parfois. C'est le cas par exemple lorsqu'il faut réparer des dommages ou reverdir certains endroits en procédant à des ensemencements ou à des plantations complémentaires; il arrive aussi qu'il faille lutter contre l'érosion qui s'installe.

Bien souvent, l'objectif est de créer une association végétale forestière ou arbustive capable de remplir pleinement son rôle protecteur. Il s'agit donc d'obtenir des peuplements riches en espèces qui soient plus stables que les cultures peu diversifiées ou les monocultures. Les associations végétales forestières devraient être constituées de peuplements inéquiens, à plusieurs strates et richement structurés, dans lesquels les espèces tant héliophiles que sciaphyles peuvent croître. Lorsque des soins culturaux sont nécessaires, on

veillera à favoriser l'étagement des structures et à éviter la formation de vieilles futaies afin d'obtenir une protection idéale et durable contre l'érosion et les glissements de terrain.

Si la végétation destinée à reverdir une surface correspond aux conditions du milieu, son développement ne nécessite généralement pas d'intervention particulière pour aboutir à une succession végétale naturelle.

Le point crucial de l'entretien et du suivi des reverdissements se situe toutefois dans la phase initiale du développement de la végétation. C'est souvent à cette période aussi qu'est fixée la date de l'achèvement du projet de construction. Une attention toute particulière est donc à accorder à la manière de promouvoir la croissance des plantes, car elles doivent acquérir le plus rapidement possible un effet protecteur efficace. Là aussi, l'usage des fertilisants est encore très répandu dans la pra-

tique. Selon l'endroit et le type de végétation, d'autres interventions s'imposent, comme l'irrigation, le fauchage, le paillage ou les actions de protection contre l'abroustissement, pour ne citer que quelques exemples (SCHIECHTL 1973).

La manière dont la croissance des plantes est favorisée influence considérablement le développement de la végétation initiale et la succession naturelle qui s'ensuit. Là encore, cette évolution est à la clé des travaux d'entretien à moyen et long termes. C'est d'elle aussi que dépendront les interventions nécessaires pour obtenir la végétation autonome que l'on cherche à implanter. A la place des engrais, les fonctions des champignons mycorhiziens et leurs exigences devraient davantage être prises en considération si l'on cherche à promouvoir la croissance des plantes et des processus de succession végétale naturelle (GRAF et GERBER 1997, FREI *et al.* 2003).



Fig. 8. Evolution: Cette pente dénudée par les glissements de terrain aura besoin de plusieurs années, voire décennies, avant d'être recouverte d'une végétation naturelle stable. Etat des lieux après 10 et 15 ans.

## Conclusions

Pour qu'une association végétale arrive à remplir durablement les fonctions que lui confère le génie biologique, des travaux d'entretien sont indispensables dans la majorité des cas. Si l'objectif consiste à obtenir une association végétale forestière, cela signifie qu'il faudra notamment réguler le mélange, promouvoir l'étagement et prendre des mesures favorisant la régénération.

Dans le contexte des matériaux auxiliaires utilisés à court et moyen termes, les engrais favorisent les organismes eutrophiles au détriment des autres, adaptés à la station, et ils entravent la migration d'espèces autochtones voisines. Une utilisation incontrôlée d'engrais durant la phase initiale du reverdissement des surfaces d'érosion et de glisse-

ment est néfaste à la croissance des racines et des champignons mycorhiziens.

La promotion des microorganismes du sol, comme les champignons mycorhiziens notamment, et leur utilisation pendant la phase initiale du développement de la végétation, accélèrent la formation des agrégats du sol et donc l'acquisition de sa stabilité. Les champignons mycorhiziens favorisent la croissance et l'établissement des plantes ainsi que la succession végétale, ce qui épargne des travaux d'entretien. Tout comme les plantes, les champignons sont à choisir en veillant à n'utiliser que des espèces conformes à la station.

---

## Bibliographie

- BÖLL, A., 1997: Wildbach- und Hangverbau. Ber. Eidg. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch., 343: 1–123.
- BÖLL, A.; GERBER, W., 1986: Massgebende Gesichtspunkte im Lebendverbau. BündnerWald 8: 43–50.
- EGLI, S.; BRUNNER I., 2002: Les mycorrhizes. Notice pour le praticien. 35: 8 pp.
- FREI, M.; BÖLL, A.; GRAF, F.; HEINIMANN, H.R.; SPRINGMAN, S., 2003: Quantification of the influence of vegetation on soil stability. Proc. International Conference on Slope Engineering, Hong Kong 2003. (Im Druck).
- GRAF, F.; GERBER, W., 1997: Der Einfluss von Mykorrhizapilzen auf die Bodenstruktur und deren Bedeutung für den Lebendverbau. Schweiz. Z. Forstwes. 148, 11: 863–886.
- NADIAN, H.; SMITH, S.E.; ALSTON, A.M.; MURRAY, R.S. 1996: The effect of soil compaction on growth and P-uptake by *Trifolium subterraneum*: interactions with mycorrhizal colonisation. Plant Soil 182: 39–49.
- SCHIECHTL, H.M., 1973: Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau. München, Callwey. 244 pp.
- SCHIECHTL, H.M., 1992: Weiden in der Praxis. Berlin, Patzer. 130 S.
- SITTE, P.; ZIEGLER, H.; EHRENDORFER, F.; BRESINSKY, A., 1991: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen (33. Aufl.). Stuttgart, Gustav Fischer. 1031 pp.
- SMITH, S.E.; READ, D.J., 1997: Mycorrhizal Symbiosis (2<sup>nd</sup> ed.). London, Academic Press. 600 pp.
- VAN DER HEIJDEN, M.G.A.; KLIRONOMOS, J.N.; URSIC, M.; MOUTOGLIS, P.; STREITWOLF-ENGEL, R.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A.; SANDERS, I.R., 1998: Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. Nature 396: 69–72.
- ZEH, H., 1993: Ingenieurbiologische Bauweisen. Studienbericht Nr. 4. Bern Bundesamt für Wasserwirtschaft. 60 pp.

## Bibliographie élargie

- BÖLL, A.; GERBER, W.; GRAF, F.; RICKLI, C., 1999: Holzkonstruktionen im Wildbach-, Hang- und Runsenverbau. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. 60 pp.
- MILLER, R.M.; JASTROW, J.D., 1992: The application of VA mycorrhizae to ecosystem restoration and reclamation. In: ALLEN M.J. (Hrsg.). Mycorrhizal functioning. New York, London, Chapman & Hall. 438–467.
- MORGAN, R.P.C.; RICKSON, R.J., 1995: Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach. London, Spon. 274 pp.
- SCHIECHTL, M.H.; STERN, R., 1992: Handbuch für naturnahen Erdbau. Wien, Österreichischer Agrarverlag. 153 pp.
- Association pour le génie biologique, base de données bibliographiques: [www.ingenieur-biologie.ch](http://www.ingenieur-biologie.ch)

---

## Notice pour le praticien ISSN 1012-6554

### Concept

Les résultats de la recherche sont élaborés pour constituer des pôles de savoir et des guides d'action à l'intention des acteurs de la pratique. Cette série s'adresse aux milieux de la foresterie et de la protection de la nature, aux autorités, aux écoles ainsi qu'aux non-initiés.

Les versions allemandes de cette série sont intitulées

**Merkblatt für die Praxis** ISSN 1422-2876

Les éditions italiennes paraissent occasionnellement dans le périodique

**Sherwood, Foreste ed Alberi Oggi.**

### Derniers numéros parus

- no 36: SCHÖNENBERGER, W.; ANGST, C.; BRÜNDL, M.; DOBBERTIN, M.; DUELLI, P.; EGLI, S.; FREY, W.; GERBER, W.; KUPFERSCHMID ALBISETTI, A. D.; LÜSCHER, P.; SENN, J.; WERMELINGER, B.; WOHLGEMUTH, T., 2003: L'héritage de Vivian. Le développement des forêts de montagne après la tempête. 12 p.
- no 35: EGLI, E.; BRUNNER, I., 2002: Les mycorrhizes. Une fascinante biocénose en forêt. 8 p.
- no 34: NIERHAUS-WUNDERWALD, D.; WERMELINGER, B., 2001: Le bombyx disparate (*Lymantria dispar* L.). 8 p.
- no 33: SCHIEGG PASINELLI, K.; SUTER, W., 2000: Le bois mort – un habitat. 6 p.
- no 32: NIERHAUS-WUNDERWALD, D., 2000: Les rouilles de l'épicéa. 8 p.
- no 31: NIERHAUS-WUNDERWALD, D.; FORSTER, B., 2000: Les insectes corticoles des pins. 12 p.
- no 30: FORSTER, B.; BUOB, S.; COVI, S.; OEHRY, E.; URECH, H.; WINKLER, M.; ZAHN, C.; ZUBER, R., 1998: Nettoyement du parterre de coupe. 4 p. Version électronique (PDF, 332 Kb)
- no 29: NIERHAUS-WUNDERWALD, D., 1998: Biologie et régulation naturelle des hyponomeutes. 8 p.
- no 28: NIERHAUS-WUNDERWALD, D.; LAWRENZ, P., 1997: Biologie du gui. 8 p.

### Managing Editor

Dr Ruth Landolt  
Institut fédéral de recherches WSL  
Zürcherstrasse 111  
CH-8903 Birmensdorf  
E-mail: [ruth.landolt@wsl.ch](mailto:ruth.landolt@wsl.ch)  
[www.wsl.ch/lm/publications/](http://www.wsl.ch/lm/publications/)

Mise en page:  
Sandra Gurzeler, WSL

Traduction:  
Monique Dousse, WSL

Impression:  
Bruhin AG, Freienbach