



**Edition bilingue**

*Torrent de Perche Bourg St. Pierre. Photo: F.-X. Marquis*

## Contenu

L'outil de simulations de transport de sédiments sed-Flow et son application à deux rivières torrentielles en Suisse.....	3	Exemple d'intervention en forêt de protection dans le Canton du Jura.....	14
Ouvrages de protection contre les crues et laves torrentielles sur le torrent des Glariens (commune de Collombey-Muraz, Valais).....	7	Bau eines Schutznetzes gegen Eisschlag.....	17
Cartographie de l'évolution des glissements de terrain peu profonds grâce à la stéréo- et mono-photogrammétrie digitale dans le haut bassin du Cassarate (Val Colla, Tessin).....	10		

**Herausgeber / Editeur**

FAN Fachleute Naturgefahren Schweiz

**Offizielle Adresse / Adresse officielle**

Nils Hählen, Abteilung Naturgefahren  
Schloss 2  
3800 Interlaken  
Tel. 033 826 42 81, E-Mail: nils.haehlen@vol.be.ch

**Sekretariat, Administration, Kurswesen /  
Secrétariat, administration, cours**

Ingenieure Bart AG, Rolf Bart,  
Waisenhausstrasse 15, 9000 St. Gallen  
Tel. 071 /228 01 70, Fax 071/228 01 71  
E-Mail: kontakt@fan-info.ch  
Internet: <http://www.FAN-Info.ch>

**Redaktion FAN-Agenda /  
Rédaction Agenda-FAN**

Jean-Jacques Thormann, HAFL, Zollikofen  
Thomas Plattner, Rapp Infra AG, Basel  
Alexandre Badoux, WSL, Birmensdorf  
Martin Frei, Amriswil

**Meldungen, Beiträge und Anfragen FAN-Agenda an:  
Informations, contributions et demandes à  
l'adresse suivante:**

Jean-Jacques Thormann, Berner Fachhochschule  
Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissen-  
schaften HAFL, Fachgruppe Gebirgswald & Naturgefahren  
Länggasse 85, 3052 Zollikofen  
Tel. 031 910 21 47, Fax 910 22 99,  
E-Mail: jean-jacques.thormann@bfh.ch

**Zielsetzung der FAN**

Die Tätigkeit der FAN steht im Dienste der Walderhaltung und dem Schutz vor Naturgefahren. Sie widmet sich insbesondere dem Thema Weiterbildung bezüglich Lawinen-, Erosions-, Wildbach-, Hangrutsch- und Steinschlaggefahren. Die ganzheitliche, interdisziplinäre Beurteilung und Erfassung von gefährlichen Prozessen sowie die Möglichkeiten raumplanerischer und baulicher Massnahmen stehen im Zentrum.

**Mitgliedschaft bei der FAN**

Die Mitglieder der FAN sind Fachleute, welche sich mit Naturgefahren gemäss Zielsetzung der Arbeitsgruppe befassen. Total umfasst die FAN über 400 Mitglieder aus der ganzen Schweiz. Mitgliedschaftsanträge sind an den Präsidenten oder Sekretär zu richten. Die Mitgliedschaft in der FAN kostet Fr. 80.- / Jahr und steht allen Fachleuten aus dem Bereich Naturgefahren offen. Bedingung ist zudem, dass jeweils innerhalb von drei Jahren einmal vom Kursangebot Gebrauch gemacht wird.

**Objectif de la FAN**

La FAN est au service de la conservation des forêts et de la protection contre les dangers naturels. Elle se consacre en particulier au thème du perfectionnement dans le domaine des dangers que représentent les avalanches, l'érosion, les torrents, les glissements de terrain et les chutes de pierres. Elle met aussi l'accent sur deux aspects importants: des évaluations et des relevés globaux et interdisciplinaires des processus dangereux, et les mesures possibles en matière d'aménagement du territoire et de génie forestier.

**Adhésion à la FAN**

Les membres de la FAN sont des spécialistes qui s'occupent de dangers naturels conformément aux objectifs du groupe de travail. La FAN comprend au total plus de 400 membres, répartis dans toute la Suisse. Les demandes d'adhésion doivent être adressées au président ou au secrétaire. L'adhésion à la FAN coûte fr. 80.- / an. Elle est ouverte à tous les spécialistes des dangers naturels. Une seule condition imposée est de fréquenter tous les trois ans au moins l'un des cours proposé.

# Préface

Chères lectrices, chers lecteurs

Chers membres de la FAN

L'association FAN (experts en matière de dangers naturels Suisse) compte aujourd'hui plus de 400 membres dont la plupart sont actifs en Suisse allemande. En conséquence, le cours annuel FAN (cours d'automne) s'est pratiquement toujours déroulé en Suisse allemande depuis l'établissement de la FAN en 1992. Afin de mieux présenter notre association à de potentiels membres en Suisse romande, le comité FAN a décidé d'organiser le cours 2014 au bord du Lac Léman (23-24 octobre 2014, Montreux). Ceci nous a permis de découvrir et de discuter d'intéressantes études régionales en rapport avec des phénomènes torrentiels, de chutes de pierres et de glissements de terrain. A cette occasion, la rédaction de l'Agenda FAN a décidé de réaliser, après le numéro 2/2008, une deuxième édition de l'Agenda composée principalement d'articles en français. Nous aimerions également souligner que des contributions en français ou en italien sont toujours les bienvenues dans notre publication.

Le présent numéro comporte quatre articles en rapport avec différentes thématiques des dangers naturels. Dans le premier texte, des chercheurs du WSL vous présentent un nouvel outil de simulations numériques du charriage développé pour l'application à des rivières torrentielles. Ce modèle a été validé dans le cadre d'un projet PNR 61 (programme national de recherche) et il est, aujourd'hui, prêt pour l'utilisation en pratique. Le second article décrit toutes les étapes d'une étude de protection dans le Bas Valais (torrent des Glariers à Collombey-Muraz) réalisée après un événement de lave torrentielle en juillet 2006. La contribution trace un cycle complet de projet, de la carte de danger réactualisée, au concept de protection avec ses variantes d'aménagements jusqu'aux travaux sur place et à la situation de danger après mesures. Une troisième contribution nous a été communiquée par des collègues de l'Institut des sciences de la terre SUPSI à Canobbio. Elle porte sur l'application d'un outil de monophotogrammétrie digitale au Tessin, qui permet la cartographie de l'évolution de glissements de terrain peu profonds. Dans une quatrième contribution, la gestion durable et raisonnée des forêts protectrices dans le canton du Jura est expliquée à l'aide d'un exemple. L'Agenda FAN 2/2014 se conclut par un article en allemand sur la construction d'un filet de protection contre les chutes de glace, proposé par l'Office fédéral des routes OFROU.

Nous vous souhaitons bonne lecture et de joyeuses Fêtes de fin d'année!

Pour la rédaction de l'Agenda FAN

Pour le comité FAN

Alexandre Badoux

Christoph Graf



Bassin de rétention de sédiments de la Mortivue à Semsales (FR)

# L'outil de simulations de transport de sédiments sedFlow et son application à deux rivières torrentielles en Suisse

Mélanie Raymond Pralong (Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL, Sion, melanie.raymond@slf.ch)  
 Florian Heimann (Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, florian.heimann@wsl.ch)  
 Dieter Rickenmann (Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, dieter.rickenmann@wsl.ch)  
 Alexandre Badoux (Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, alexandre.badoux@wsl.ch)

## Le programme de simulations de transport de sédiments sedFlow

L'outil de simulations numériques du charriage sedFlow a été développé au WSL dans le cadre du projet PNR 61 SEDRIVER et conçu spécifiquement pour des applications à des rivières torrentielles. Ce programme est utilisé dans le cadre de la recherche mais peut être également utilisé dans la pratique. Il est fourni gratuitement avec son code source complet sous <http://www.wsl.ch/sedflow>.

Le modèle unidimensionnel sedFlow comprend les caractéristiques principales suivantes: (i) application de nouvelles approches pour le calcul du charriage dans les chenaux pentus avec de la macro-rugosité (ii) calcul fractionné du charriage en fonction de la taille des grains, (iii) temps de simulation rapide permettant de modéliser des bassins versants entiers et d'effectuer des études de scénarios par calculs automatisés de variantes des paramètres du modèle. De plus, sedFlow (iv) permet un pré- et posttraitement facile et direct des données de simulations.

Dans sedFlow le chenal est approximé par un profil rectangulaire. Le programme offre la possibilité de choisir parmi deux approches pour le calcul de la résistance à l'écoulement et parmi trois méthodes pour le calcul de l'écoulement hydraulique. De plus, sedFlow peut être utilisé avec différentes formules pour l'évaluation de la capacité de transport. L'éventail des approches implémentées dans le modèle est résumé dans le tableau 1. Une description détaillée de la structure du mo-

Tableau 1. Résumé des différentes approches implémentées dans le programme sedFlow définissant le calcul du charriage

Approche	Éléments de Sedflow
Résistance à l'écoulement	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equation de puissance variable VPE (Ferguson, 2007; Rickenmann &amp; Recking, 2011)</li> <li>Equation de Manning-Strickler dépendante de la taille des grains</li> </ul>
Écoulement hydraulique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Routage par onde cinématique selon Liu et Todini (2002) avec (a) version numérique implicite et (b) version numérique explicite</li> <li>Débit spatialement uniforme par pas de temps dans les tronçons sans affluent</li> </ul>
Formules pour le calcul du charriage	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equation de transport selon Rickenmann (2001) modifiée pour transport par fraction</li> <li>Equation de transport selon Cheng (2002)</li> <li>Equation de transport selon Wilcock &amp; Crowe (2003)</li> <li>Equation de transport selon Recking (2010)</li> </ul>
Définition du débit du transport	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valeur seuil constante (à choisir)</li> <li>Valeur critique dépendante de la pente selon Lamb et al., (2008) combinée à une valeur critique minimale</li> </ul>

dèle et de son implémentation numérique se trouve dans Heimann et al. (2014a).

## Application du modèle sedFlow aux rivières torrentielles Kleine Emme et Brenno

L'outil sedFlow a été calibré et validé en utilisant deux rivières torrentielles suisses, la Kleine Emme et le Brenno (Heimann et al., 2014b ; Rickenmann et al., 2014). Pour les simulations présentées ici, la formule de Rickenmann (2001) modifiée pour le transport par fraction, a été appliquée. Une pente ré-

duite a été adoptée afin de tenir compte de la macro-rugosité (Nitsche et al., 2012).

## Régions d'études et données de base

Les caractéristiques principales des rivières torrentielles Kleine Emme et Brenno sont présentées dans le tableau 2. Pour les simulations, le chenal étudié a été subdivisé selon des facteurs géomorphologiques (pente, largeur, position des affluents) en tronçons homogènes. Pour chaque tronçon, des échantillonnages en ligne ont été effectués pour déterminer



la distribution granulométrique de la couche superficielle et de la couche inférieure.

Pour chaque rivière des profils transversaux ont été relevés deux fois au cours de la période d'investigation, et ils ont servi à déduire des diagrammes de volume solide transporté par charriage. Les profils transversaux sont importants pour la définition du chenal, la calibra-

tion du modèle et pour établir un bilan sédimentaire. Les diagrammes de volume charrié ont été réalisés sur la base des modifications du fond du lit et des évaluations des apports par les affluents et du flux sortant des solides. Au Brenno, les apports latéraux par laves torrentielles (Riale Riascio, Ri di Soi) sont importants pour le calcul du bilan sédimentaire. Pour effectuer les simulations de transport de

sédiments avec sedFlow, les débits doivent être connus sur toute la longueur du chenal. A cette fin, le modèle de précipitation-débit PREVAH (Viviroli et al., 2007) a été employé et calibré à l'aide des observations des stations de mesures de débit de l'OFEV (Loderio pour le Brenno et Littau, Reussbühl ainsi que Werthenstein, Chappelboden pour la Kleine Emme).

Tableau 2. Caractéristiques principales des rivières de montagne Kleine Emme et Brenno (cf. Figure 1)

	Kleine Emme	Brenno
Bassin versant	Entlebuch et Mariental (478 km <sup>2</sup> ) (canton de Lucerne)	Val di Blenio (397 km <sup>2</sup> ) (nord du Tessin)
Régime d'écoulement (selon Weingartner und Aschwanden, 1989)	Nivo-pluvial préalpin (partie inférieure) et nival de transition (partie supérieure), régime presque non influencé	Nival méridional, régime fortement influencé par l'exploitation hydraulique
Tracé de simulation ; longueur ; pente moyenne	De la zone de Doppleschwand à l'affluent Renggbach (Littau) ; 19.4 km ; 0.7%	De la confluence du Brenno della Greina avec le Brenno del Lucomagno à Olivone jusqu'à l'embouchure du Ticino ; 22 km ; 2.7%
Période de calibration	2000 - 2005	1999 - 2009



Figure 1. A gauche: la rivière Brenno à la confluence avec l'affluent Riale Riascio produisant des laves torrentielles (km 20.875; vue aval); à droite: la rivière Kleine Emme en aval de la confluence avec l'affluent Rümli dans la municipalité de Malters LU.

### Résultats des simulations pour la période de calibration

Une comparaison des volumes solides observés (en bleu) et simulés (en rouge) est présentée à la figure 2. Les résultats ont été optimisés pour la Kleine Emme en variant la distribution granulométrique le long du chenal et pour le Brenno en variant la largeur du chenal représentative dans les zones de dépôts. Dans les tronçons abrupts du Brenno il a été nécessaire d'ajuster la distribution

granulométrique pour éviter trop d'érosion et obtenir des résultats réalistes. Les simulations réalisées avec la formule de charriage de Wilcock et Crowe (2003) ont produit des résultats plausibles pour la Kleine Emme, mais pas pour le Brenno.

### Conclusions

Pour les deux rivières de montagne Kleine Emme et Brenno les observations des modifications du fond du lit ainsi que les volumes

charriés ont pu être reproduit de manière satisfaisante avec le modèle sedFlow. Les tendances générales du charriage observé le long des chenaux d'environ 20 km ont pu être représentées de manière plausible avec un modèle de transport de sédiment relativement simple du point de vue mécanique.

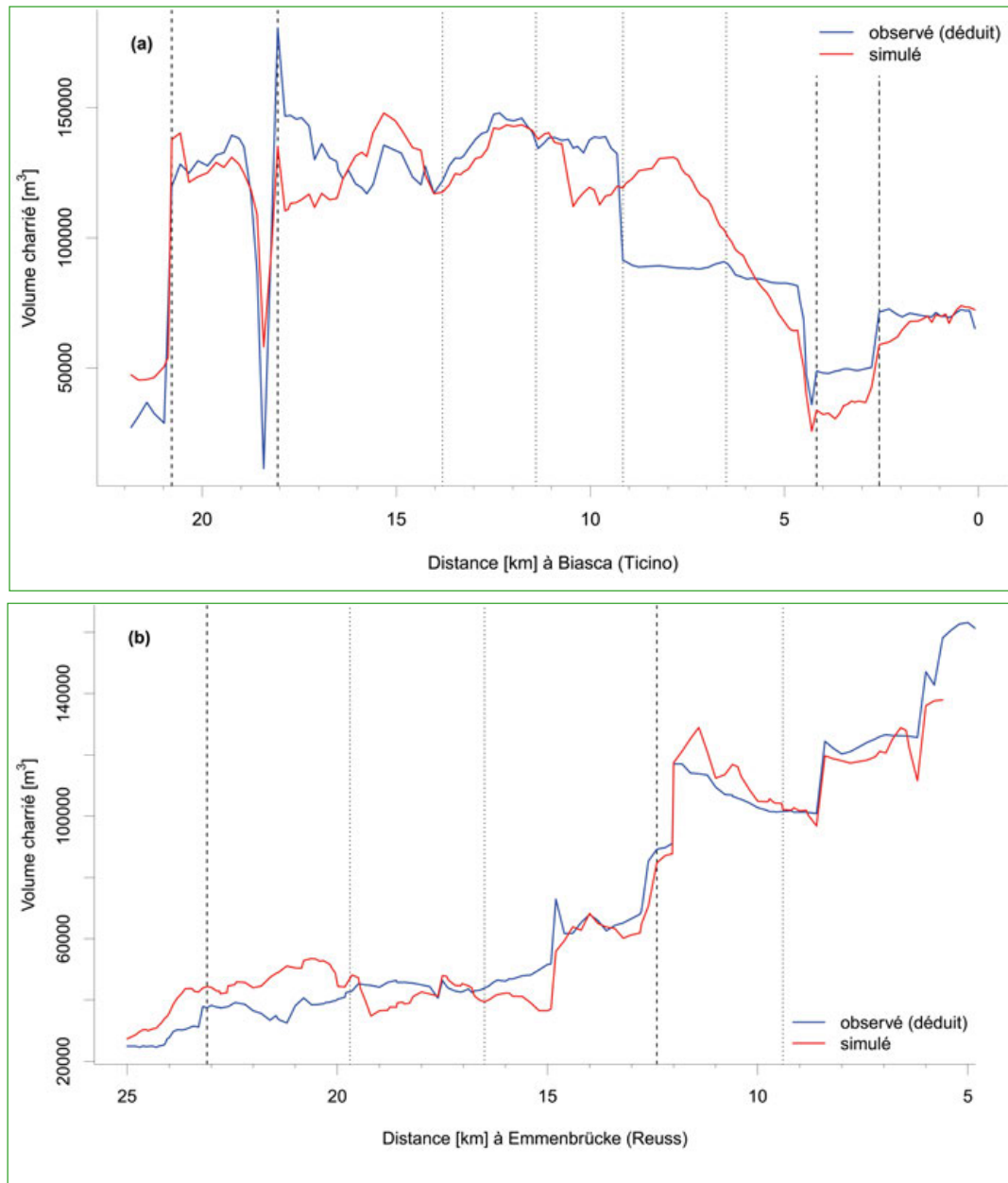


Figure 2. Volume solide observé (en bleu) et simulé (en rouge) pour (a) la Kleine Emme et (b) le Brenno. Les périodes de calibration sont (a) pour la Kleine Emme de 2000 à 2005 et (b) pour le Brenno de 1999 à 2009.

## Références

- Ferguson, R. (2007): Flow resistance equations for gravel- and boulder-bed streams. *Water Resources Research*, 43: W05427, doi: 10.1029/2006WR005422.
- Heimann, F.U.M., Rickenmann, D., Turowski, J.M. (2014a): An efficient tool for simulating bedload dynamics in mountain streams. *Earth Surface Dynamics Discussion*, 2, 733–772, doi:10.5194/esurfd-2-733-2014.
- Cheng, N.-S. (2002): Exponential Formula for Bedload Transport, *Journal of Hydrologic Engineering*, 128, 942–946, doi:10.1061/(ASCE)0733-9429(2002)128:10(942).
- Heimann, F.U.M., Rickenmann, D., Böckli, M., Badoux, A., Turowski, J.M., Kirchner, J.W. (2014b): Recalculation of bedload transport observations in Swiss mountain rivers using the model sedFlow. *Earth Surface Dynamics Discussion*, 2, 773–822, doi:10.5194/esurfd-2-773-2014.
- Lamb, M.P., Dietrich, W.E., Venditti, J.G. (2008): Is the critical Shields stress for incipient sediment motion dependent on channel-bed slope? *Journal of Geophysical Research*, 113: F02008. doi:10.1029/2007JF000831.
- Liu, Z., Todini, E. (2002): Towards a comprehensive physically-based rainfall-runoff model. *Hydrology and Earth System Sciences*, 6: 859–881, doi:10.5194/hess-6-859-2002.
- Nitsche, M., Rickenmann, D., Turowski, J.M., Badoux, A., Kirchner, J.W. (2012): Verbesserung von Geschiebevorhersagen in Wildbächen und Gebirgsflüssen durch Berücksichtigung von Makrorauigkeit. «Wasser Energie Luft» 104: 129–139.
- Recking, A. (2010): A comparison between flume and field bed load transport data and consequences for surface-based bed load transport prediction. *Water Resources Research*, 46: W03518, doi: 10.1029/2009wr008007.
- Rickenmann, D. (2001): Comparison of bed load transport in torrents and gravel bed streams. *Water Resources Research*, 37: 3295–3305.
- Rickenmann, D., Recking, A. (2011): Evaluation of flow resistance in gravel-bed rivers through a large field dataset. *Water Resources Research* 47, W07538. doi: 10.1029/2010WR009793.
- Rickenmann, D., Heimann, F., Böckli, M., Turowski, J.M., Bieler, C., Badoux, A. (2014): Geschiebetransport-Simulationen mit sedFlow in zwei Gebirgsflüssen der Schweiz. *Wasser, Energie, Luft*, 106(3), 187-199.
- Viviroli, D., Gurtz, J., Zappa, M. (2007): The Hydrological Modelling System PREVAH; *Geographica Bernensia*, Hallerstrasse 12, Berne, University of Berne.
- Weingartner, R., Aschwanden, H. (1989): Abflussregimes als Grundlage zur Abschätzung von Mittelwerten des Abflusses. *Hydrologischer Atlas der Schweiz*, Tafel 5.2, Bern
- Wilcock, P.R., Crowe, J.C. (2003): Surface-based transport model for mixed-size sediment. *Journal of Hydraulic Engineering*, 129(2), doi: 10.1061/(ASCE)0733-9429(2003)129:2(120).

# Ouvrages de protection contre les crues et laves torrentielles sur le torrent des Glariers (commune de Collombey-Muraz, Valais)

François-Xavier Marquis (François-Xavier Marquis Sàrl, Monthey, info@fxmarquis.ch)

## L'événement de juillet 2006

Le 22 juillet 2006, des précipitations orageuses importantes se sont déversées dans le bassin versant du torrent des Glariers à Muraz entre 14h00 et 15h45. Aucun pluviomètre ne se trouvait dans le bassin versant mais on estime sur la base des données radar et des pluviomètres situés dans la région que 60 à 120 mm de pluie se sont abattus en moins de deux heures. Ces conditions exceptionnelles ont favorisé le déclenchement d'une lave torrentielle (4000 à 5000 m<sup>3</sup>, eau et matériel solide mélangés, avec des blocs dépassant le mètre cube), suivie d'importants débits liquides.

La lave torrentielle a obstrué le premier pont rencontré sur les hauts de Muraz : le pont du Noiret (figure 1). Plusieurs maisons directement à l'aval ont été touchées par les débordements avec une intensité forte à moyenne. Un bouchon s'est aussi produit au niveau du pont du chemin de la Ry, ce qui a dévié les écoulements principalement en direction des prés en rive gauche. Cela n'a pas empêché une partie des écoulements d'atteindre des habitations en aval, touchées par les débordements avec des intensités fortes à faibles. Les eaux claires se sont répandues dans tout le village de Muraz en suivant le tracé des routes (figure 2).

Le débit de pointe de la lave torrentielle a été estimé entre 40 et 90 m<sup>3</sup>/s. Cet événement a été classé dans les événements de fréquence moyenne à rare. Le dernier événement de ce type s'était produit en août 1944. Suite à l'événement de 2006, la carte de danger pour

le torrent des Glariers a été réactualisée (figure 2).

## Concept de protection retenu

Le secteur 2 (figure 1) a été aménagé en urgence suite aux crues de 2006. Les risques liés aux érosions et instabilités de berge ont été réglés grâce à des mesures de consolidation des berges et du lit du torrent à l'aide d'enrochements.

Plusieurs concepts de protection contre les crues et laves torrentielles ont été étudiés et discutés. La solution visant à faire transiter les laves torrentielles jusqu'au dépotoir existant (dépotoir de Tésset) (figure 1) a rapidement été abandonnée en raison de l'impossibilité de garantir le transit des laves torrentielles jusqu'à ce dernier. En effet, en cas de lave torrentielle granulaire ou avec une viscosité importante les écoulements peuvent se stopper dans le chenal entre le pont du Noiret et le dépotoir de Tésset, soit dans la zone habitée.

Il est donc devenu nécessaire d'étudier des variantes de protection en amont du village de Muraz. Deux grands types de mesures ont été analysés. Des mesures de protection dites actives de type barrages, seuils ou filets consistant à retenir les matériaux à la source et des mesures de protection dites passives consistant à aménager une plage de dépôt sur la partie sommitale du cône de déjection en amont des habitations.

Suite à une vision locale avec les experts du canton et de la confédération, il s'est rapidement avéré que les variantes de protection actives seraient difficiles à mettre en œuvre

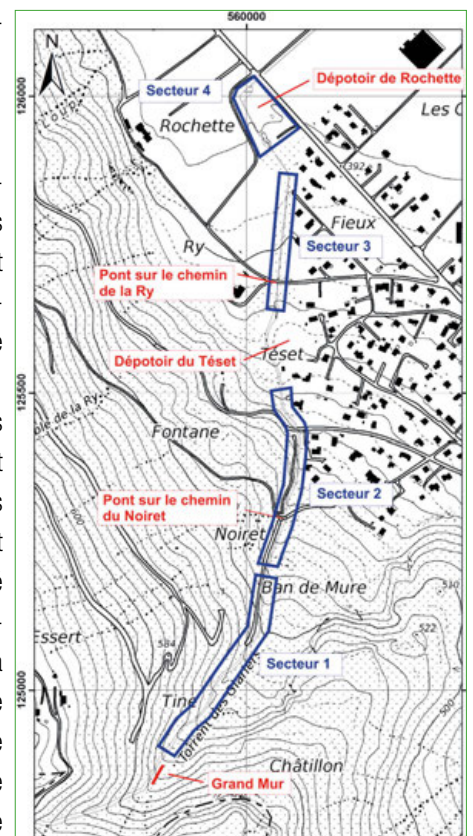


Figure 1. Sectorisation du torrent pour les mesures de protection et renaturation

et que leur durabilité ne pouvait être garantie. Elles ont été à leur tour abandonnées. Pour la protection contre les laves torrentielles, le concept de protection retenu consiste donc à l'aménagement d'un ouvrage de rétention en amont du village au lieu-dit Ban de Mur (entre les secteurs 1 et 2, figure 1).

En aval de cet ouvrage les crues liquides avec du transport solide par charriage doivent encore transiter sans générer de problème. Or il s'avérait que de nombreux points et tronçons étaient en sous capacité hydraulique et devaient être aménagés pour permettre le transit



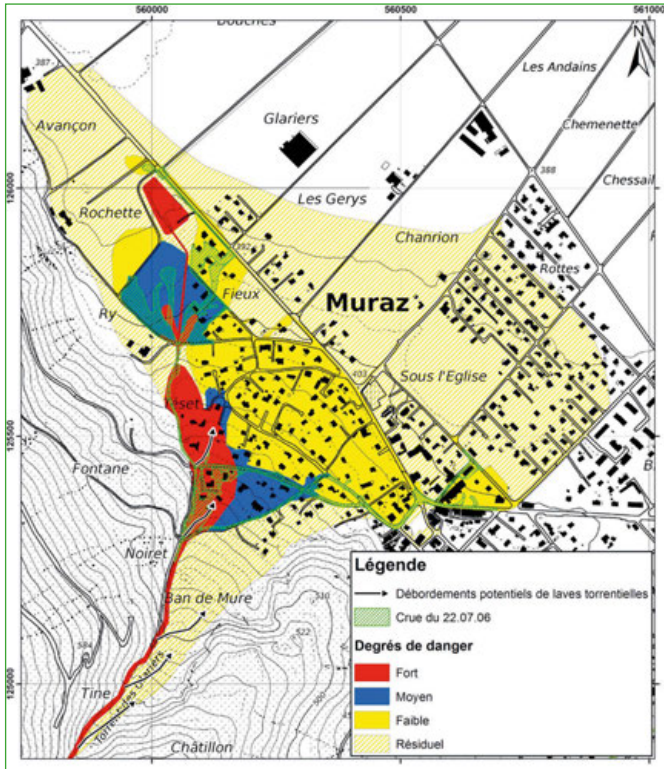


Figure 2. Situation de danger avant mesure

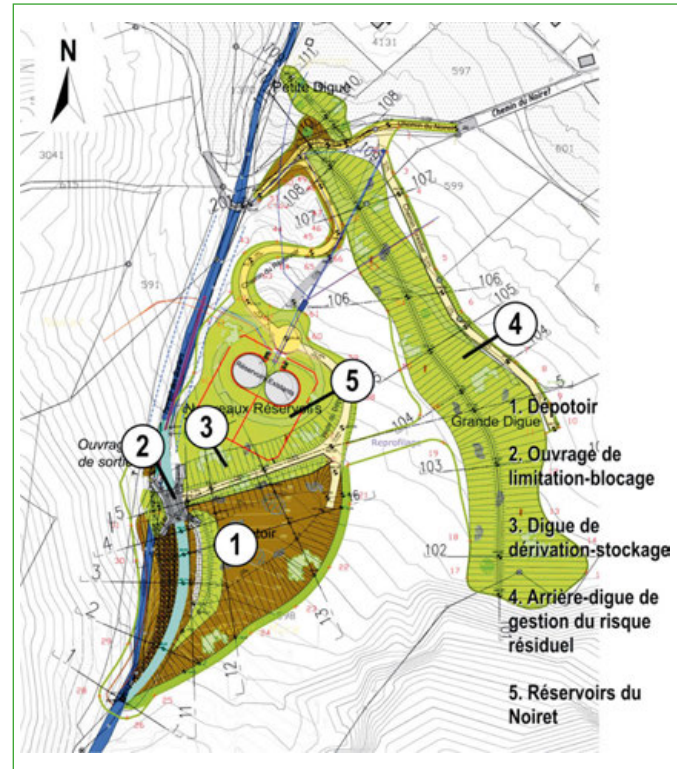


Figure 3. Plan de situation des mesures réalisées en amont du village au lieu-dit Ban de Mur (cf. figure 4)

des crues de dimensionnement. Sur la partie aval le concept retenu était donc d'utiliser le dépotoir existant (dépotoir de Tésset) pour gérer le transport solide « résiduel » et d'augmenter la capacité hydraulique des ouvrages déficitaires jusqu'à la crue de dimensionnement et, enfin, de s'assurer qu'en cas de dépassement des ouvrages les déversements se produisent en rive gauche qui n'est pas une zone bâtie.

### Détail des ouvrages de protection du secteur amont

La contrainte principale vient du fait que le réservoir d'eau potable alimentant l'ensemble de la commune de Collombey-Muraz se trouve légèrement en aval de la zone prévue pour la plage de dépôt (figure 3) et, que ce dernier devait impérativement être agrandi (passage d'un volume de 1350 m<sup>3</sup> à 6000 m<sup>3</sup>) pour répondre aux besoins de la commune dont la croissance démographique est importante. Les deux ouvrages ont donc été conçus et réalisés en même temps. Les aménagements construits sur le secteur 1 sont les suivants

(figures 3 et 4) :

#### a) Ouvrage d'arrêt des laves torrentielles

L'ouvrage visant à bloquer les laves torrentielles et à favoriser leurs débordements en rive droite a été implanté dans un secteur peu encaissé du torrent afin de limiter au maximum les volumes à terrasser. Il est positionné afin de présenter un angle d'attaque des laves torrentielles suffisamment faible (figure 4). L'ouvrage permet de faire transiter les crues liquides fréquentes avec charriage. Un chenal est aménagé dans la zone de rétention afin de permettre le transit des crues liquides vers l'aval.

#### b) Digue de dérivation-stockage

La digue de rétention-dérivation est construite dans le prolongement de l'ouvrage de limitation-blocage afin de conserver un angle d'attaque optimal. Elle sert de délimitation aval de la zone de déblai devant permettre le stockage des volumes de laves torrentielles rares (~8000 m<sup>3</sup>). Les pentes de fond du déblai ont

été choisies afin de favoriser les écoulements des bouffées de laves torrentielles successives dans un premier temps en direction de l'ouvrage de limitation-blocage, puis en direction de la partie est du déblai (à droite sur la figure 4).

#### c) Arrière-digue de gestion du risque résiduel

Dans le cas où la capacité de la zone de stockage devient insuffisante (cas de surcharge), les écoulements sont dirigés vers le point bas de la digue et vont se propager vers l'aval. Une arrière-digue transversale (permettant le stockage de ~7000 à 8000 m<sup>3</sup>) a été construite pour rediriger les écoulements vers le torrent (figures 3 et 4).

### Ouvrages de protection du secteur aval

Grâce aux mesures en amont, le secteur 3 n'est plus menacé par des laves torrentielles. Le tronçon restait, cependant, en sous-capacité vis-à-vis des crues liquides. L'exutoire du



dépotoir de Tésset entre les secteurs 2 et 3 a été surélevé (digues et ouvrage de sortie en béton). Afin de gérer le risque résiduel, une zone de déversement préférentiel a été aménagée dans la digue du dépotoir en rive gauche, ainsi qu'une arrière-digue de protection. Le gabarit d'écoulement du pont de la Ry a également été augmenté.

Le tronçon situé à l'aval du dépotoir du Tésset a été réaménagé avec la géométrie lit mineur – lit majeur. Les moellons de la rive gauche ont été détruits et remplacés par des pierres et blocs bétonnés afin d'éviter les risques de rupture des digues suite à une circulation d'eau à travers les digues du cours. Pour gérer les événements très rares et/ou les cas de surcharges, une digue a été construite en rive droite avec des matériaux de remblai. En cas d'événement très rare à extrême, les déversements se feront ainsi en rive gauche.

Le secteur 4 (dépotoir de Rochette) ne nécessitait pas de mesures de protection. Les aménagements sur ce secteur ont, par contre, permis d'équilibrer le projet entre aménagements sécuritaires et environnementaux. Une revitalisation biologique y a été réalisée avec

notamment huit nouveaux plans d'eau avec des dynamiques, températures et alimentations différentes permettant le développement d'une faune et d'une flore diversifiée.

### Coûts et rentabilité économique pour l'ensemble des mesures proposées

Le montant total des travaux et honoraires s'élève à CHF 2200000.- dont CHF 1550000.- pour la partie amont et CHF 650000.- pour la partie aval. Le potentiel de dommages après mesures a été évalué à l'aide du logiciel EcoNoMe 2.1. A l'amont du cône de déjection, au lieu-dit Ban de Mur dans le secteur 1, les mesures permettent de réduire complètement les risques pour une crue d'un temps de retour de 100 ans (12 millions de francs avant mesure). Pour une crue extrême, on réduit les risques à moins de 500000 francs (plus 25 de millions de francs avant mesure). L'efficacité des mesures de protection (rapport entre le potentiel de dommages évités et les coûts annuels induits par les aménagements) est donc excellente.

### Situation de danger après mesures

Les mesures proposées permettent de satisfaire aux objectifs de protection en faisant sortir les principales infrastructures (bâtiments, zones à bâtir, réservoirs de la commune de Collombey-Muraz, etc.) des zones de danger de probabilité élevée et faible.

Les dimensions actuelles des digues sont suffisantes pour résister aux poussées pouvant être exercées par des laves torrentielles de probabilité très faible (événement extrême). Le danger résiduel provient d'un dépassement local de la capacité des différentes zones de rétention ou de l'essorage des laves torrentielles passant par dessus les différents ouvrages. Ces écoulements de très faible intensité pourraient atteindre une partie du bâti du sommet du cône.

Les études et la direction des travaux ont été réalisées par les bureaux François-Xavier Marquis Sàrl (bureau pilote), ESM Ingénieurs Associés SA, Joel Bochatay Sàrl, ETEC Sàrl, Drosera SA et Hydrocosmos SA. Les travaux de protection ont été réalisés de 2012 à 2014 par les entreprises Raymond Rithner SA (secteur amont) et ATRA SA (secteur aval). Les études et travaux ont été supervisés par le maître d'ouvrage (la commune de Collombey-Muraz), ainsi que par les organes de contrôle et de subventionnement cantonal (le Service des Routes, Transports et Cours d'Eau du canton du Valais) et fédéral (Office Fédéral de l'Environnement). La part de subvention fédérale et cantonale est de 70 %.

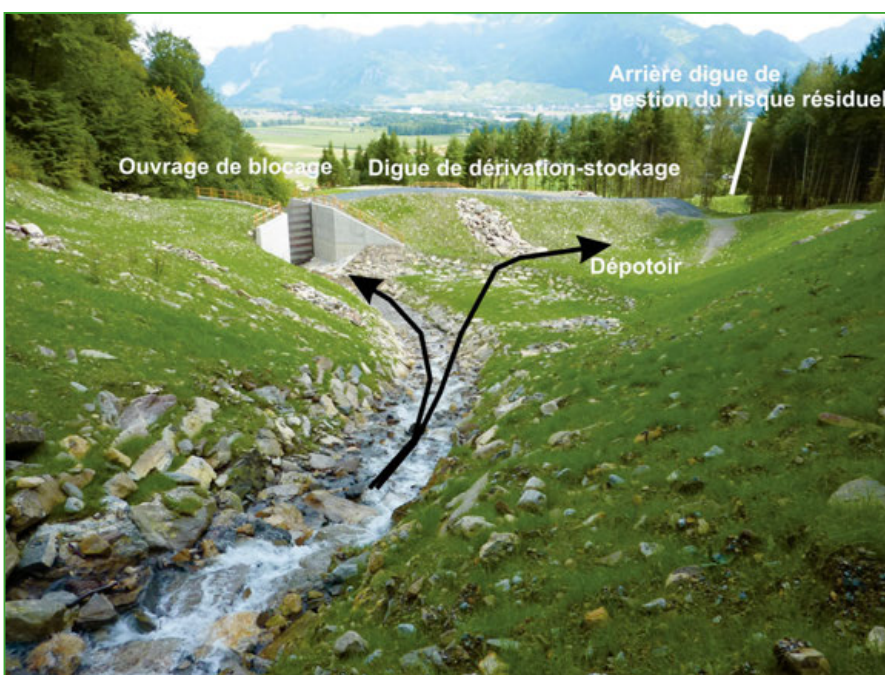


Figure 4: Secteur amont: vue depuis l'amont des ouvrages de protection au lieu-dit Ban de Mur (cf. figure 3)

# Cartographie de l'évolution des glissements de terrain peu profonds grâce à la stéréo- et mono-photogrammétrie digitale dans le haut bassin du Cassarate (Val Colla, Tessin)

Claudio Castelletti (Istituto scienze della Terra SUPSI, Canobbio, [claudio.castelletti@supsi.ch](mailto:claudio.castelletti@supsi.ch))

Cristian Scapoza (Istituto scienze della Terra SUPSI, Canobbio, [cristian.scapoza@supsi.ch](mailto:cristian.scapoza@supsi.ch))

Christian Ambrosi (Istituto scienze della Terra SUPSI, Canobbio, [christian.ambrosi@supsi.ch](mailto:christian.ambrosi@supsi.ch))

## Introduction

Le haut bassin versant du Cassarate (Val Colla) est affecté par des instabilités profondes et peu profondes. Celles-ci se prolongent souvent jusqu'en fond de vallée par des phénomènes de transport de masse le long de ravines (laves torrentielles, coulées boueuses, etc.). Pour mitiger ces phénomènes, toute la partie supérieure du bassin versant du Cassarate a été l'objet d'importants travaux forestiers durant le 20ème siècle, avec des effets positifs sur la réduction de la surface totale soumise aux instabilités de versant (Mariotta 2004). Il existe cependant des secteurs dans lesquels les phénomènes érosifs persistent ou ont même tendance à s'aggraver.

Dans ce contexte, le consortium Valle del Cassarate e golfo di Lugano (CVC) a mandaté l'Istituto scienze della Terra SUPSI pour évaluer l'évolution des glissements de terrain et de l'érosion régressive dans la partie supérieure du bassin versant du Cassarate.

L'objectif de cette étude est de fournir des données de base indispensables pour l'évaluation de la situation actuelle et de l'évolution future, dans le but de fournir des scénarios pour des travaux de prévention et d'atténuation du danger de glissement de terrain.

En particulier, la reconnaissance et la délimitation des instabilités de versant existantes ou potentielles (cartographie des mouvements de versant) et l'analyse de leur évolution dans le temps (cartographie diachronique), basées sur les techniques de la stéréo- et mono-photogrammétrie digitale, sont présen-

tées ici. L'étude a été basée sur l'analyse et l'interprétation de photos obliques terrestres entre 1923 et 1941, et de photos aériennes et orthophotos entre 1950 et 2012. A cause de manque d'images, la période entre 1942 et 1949 n'a pas pu être analysée.

## Méthodes d'analyse

L'analyse historique de l'évolution des glissements de terrain a été basée sur l'application de plusieurs méthodes, combinant stéréo- et mono-photogrammétrie digitale et analyses de terrain.

La cartographie digitale 3D des glissements de terrain par stéréo-photogrammétrie numérique (Castelletti et al., 2012 ; Ambrosi & Scapoza, sous presse) a été conduite sur photographies aériennes analogiques et numériques (1950-2012). Elle a été réalisée

grâce à une extension du logiciel ESRI® ArcGIS™ appelée ArcGDS™, afin d'obtenir une vision stéréoscopique qui permet la visualisation en 3D et la cartographie dans un environnement SIG (Fig. 1). Les photographies aériennes analogiques (normalement analysés par stéréo-photogrammétrie optique) ont été digitalisées, orientées et aéro-triangulées grâce au logiciel ArcGDS™.

La cartographie des glissements de terrain entre 1923 et 1941 a été basée sur des anciennes photos obliques non métriques qui ont été analysées par mono-photogrammétrie digitale en utilisant le logiciel WSL-Monoplotting-tool (Bozzini et al., 2012 ; Conedera et al., 2013). Ce logiciel permet le géoréférencement et l'orthorectification de simples photographies obliques terrestres, qui sont mises en relation avec un modèle numérique de terrain

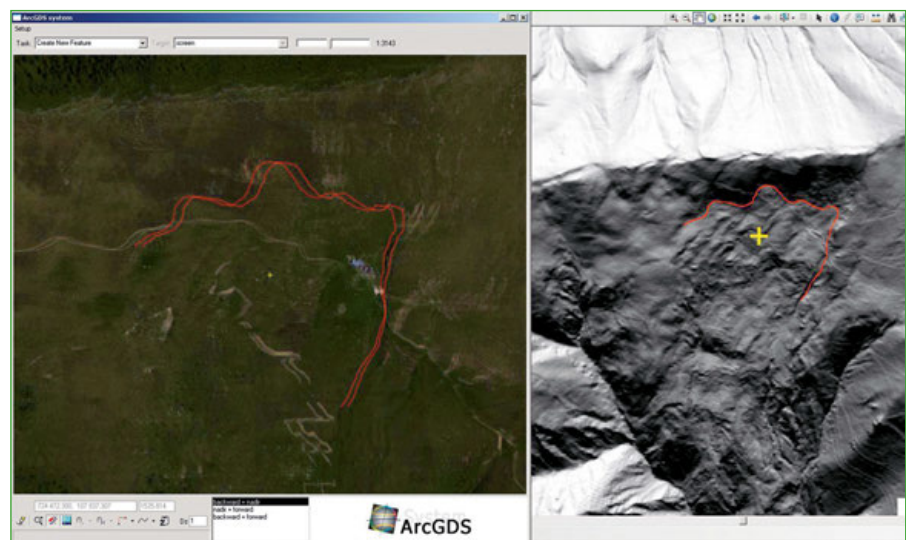


Figure 1. Cartographie par stéréo-photogrammétrie digitale 3D à l'aide du logiciel ArcGDS™ avec, sur la gauche, la fenêtre de visualisation et cartographie stéréoscopique sur photos aériennes et, sur la droite, l'élément cartographié en 2D. Images visualisées : ©swisstopo.



(MNT) à haute résolution (dans ce cas d'étude, le swissALTI3D, ©swisstopo) en mettant en relation chaque pixel de la photographie au pixel correspondant en coordonnées réelles sur le MNT (Fig. 2). Grâce à cette technique, il a été possible de récupérer dans un format digital et dans un environnement SIG les données spatiales issues de l'analyse des photos terrestres (Fig. 3). Ceci a permis d'effectuer la

cartographie diachronique de l'évolution des glissements de terrain bien avant la disponibilité des photos aériennes.

La cartographie des structures géologiques et des glissements de terrain a enfin été réalisée sur la base de la mise à jour de la carte géologique de Reinhard & Bernoulli (1964) et de la vérification et validation des cartes obtenues par photo-interprétation sur le terrain.

### Cartographie des mouvements de versant

Le Val Colla a toujours été connu pour sa susceptibilité aux mouvements de terrain profonds (tassements et glissement rocheux) et peu profonds (glissements de terrain, coulées) principalement en raison de la mauvaise qualité géomécanique de la roche, qui est constituée en prévalence par des paragneiss, phyllithes, micaschistes et gneiss séricitiques schisteux (IST, 2013). La surface couverte par les mouvements de terrain profonds dans le haut bassin versant du Cassarate est d'environ 43% (Fig. 4). Il s'agit pour la plupart de glissements rotationnels profonds (157 cas, occupant le 27% de la surface du bassin versant) qui concernent l'amas rocheux jusqu'à environ 50-60 m de profondeur. Ceux-ci sont généralement compris dans le périmètre des huit tassements (Deep Seated Gravitational Slope Deformation, DSGSD) cartographiés, qui semblent contrôlés par les conditions géologiques et structurales de la vallée, en particulier par la concordance entre le pendage et la pente du versant, ou dip slope. La niche d'arrachement de la plupart des glissements rocheux est située à proximité du contact géologique entre phyllithes et paragneiss, qui semble servir d'horizon de décollement qui est par la suite repris par les surfaces de cisaillement basales des glissements.

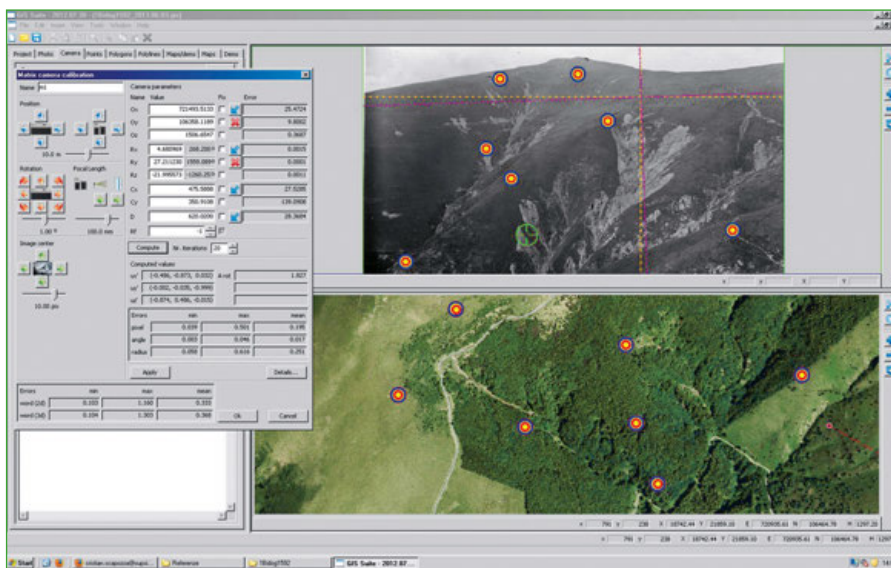


Figure 2. Géoréférencement et orthorectification d'une photo oblique non métrique avec le WSL-Monoplotting-tool : exemple du secteur de l'Alpe Rompiago en 1923 (voir localisation sur la Fig. 4). Photo : ©CVC ; orthophoto : ©swisstopo.

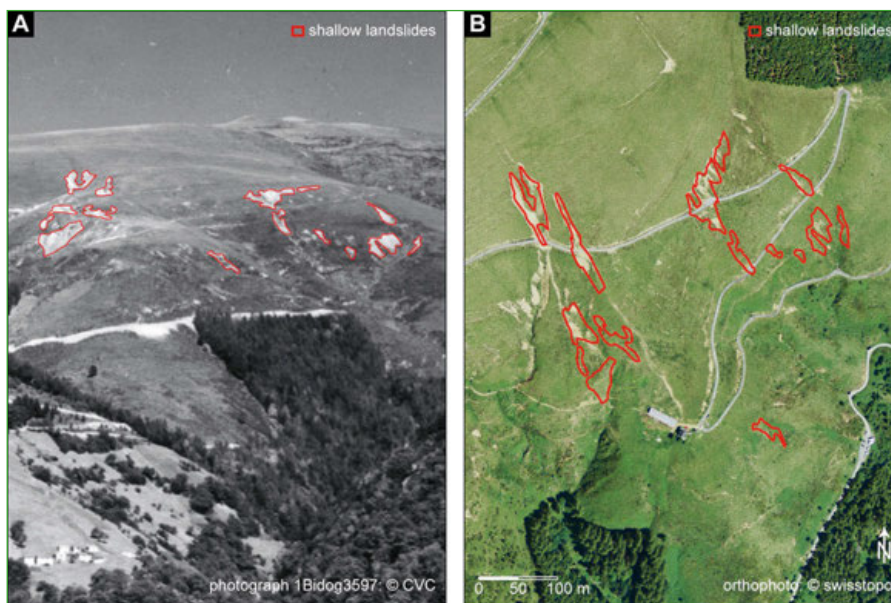


Figure 3. Exemple de cartographie sur photo oblique terrestre. A) Glissements de terrain dans le secteur de l'Alpe Rompiago (voir localisation sur la Fig. 4) sur une photo de septembre 1941. B) Les mêmes glissements de terrain reportés sur l'orthophoto de 2012 grâce au WSL-Monoplotting-tool.

### Cartographie diachronique des glissements de terrain

L'analyse combinée du MNT à haute résolution et de la cartographie digitale 2D et 3D des glissements de terrain sur photos aériennes analogiques et numériques (y compris les orthophotos) ainsi que l'extraction de données vectorielles géoréférencées et de données raster orthorectifiées à partir de photographies obliques terrestres, ont permis de recueillir une grande quantité d'informations sur les phénomènes naturels ainsi que de reconnaître



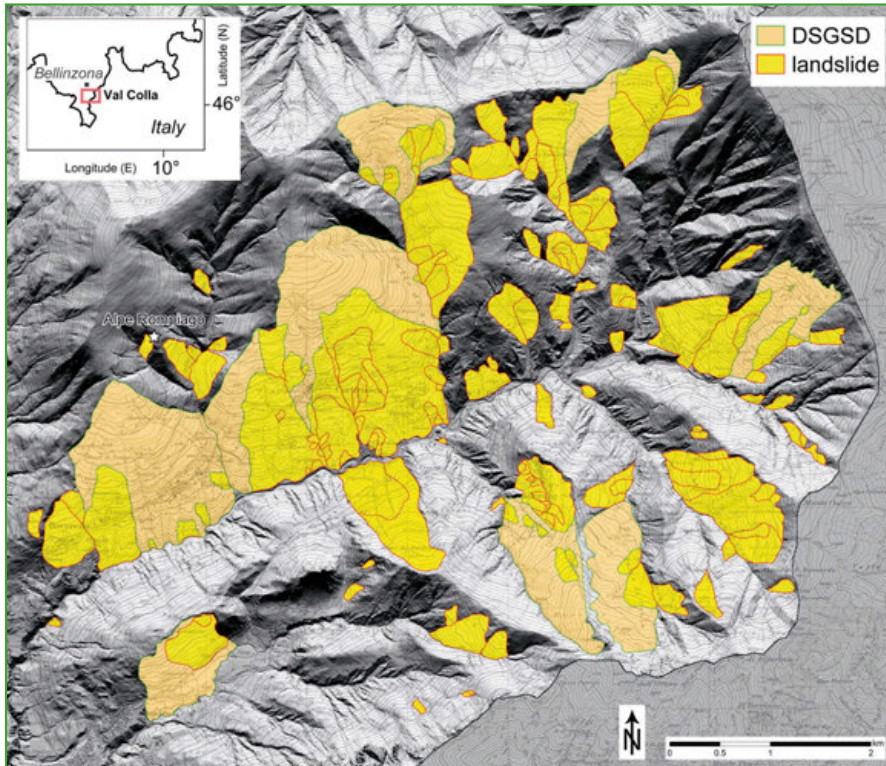


Figure 4. Localisation géographique et principales instabilités de versant de la partie supérieure du bassin versant du Cassarate (DSGSD : Deep Seated Gravitational Slope Deformation, tassement ; landslide: glissement de terrain profond). Fond de carte : ©swisstopo.



Figure 5. Cartographie de détail du secteur de l'Alpe Rompiago (voir localisation sur la Fig. 4). A) Cartographie diachronique des glissements de terrain entre 1950 et 2008 sur la base des photos aériennes analysées. B) Situation actuelle des glissements de terrain sur l'orthophoto de 2012.

tre, corréler et cartographier l'évolution des glissements de terrain entre 1923 et 2012 (voir l'exemple de l'Alpe Rompiago en Fig. 5). Sur cette base les glissements de terrain ont été différenciés en fonction de leur évolution dans le temps comme suit : 1) zones de glissement aggravées : les glissements qui se sont développés depuis le début du 20ème siècle, c'est-à-dire qui n'étaient pas présents sur les photos les plus anciennes et qui ont vu leur surface augmenter avec le temps ; 2) zones de glissements stables : les glissements qui sont restés stables durant les dernières décennies, c'est-à-dire que leur périmètre n'a pas subi de modifications importantes durant le 20ème siècle, et ; 3) zones de glissement partiellement ou intégralement végétalisées : les glissements qui se sont stabilisés, c'est-à-dire que leur surface a diminué de manière importante dans les dernières décennies et que dans certains cas la stabilisation a mené à la disparition des traces morphologiques témoignant d'un secteur instable.

Du point de vue méthodologique, cette étude a également montré comment l'application de la mono-photogrammétrie digitale a permis de remonter de plusieurs décennies dans le temps (jusqu'aux années '20 du 20ème siècle dans le cas d'étude reporté ici) par rapport à la stéréophotogrammétrie classique (Scapozza et al., 2014). Il est donc souhaitable de tenir compte de cette technique, à l'avenir, comme complément important ou comme alternative valable à la photogrammétrie aérienne.

## Références

- Ambrosi, C.; Scapozza, C., sous presse: Improvement of 3D digital mapping in geomorphological and Quaternary geological cartography. *Geographica Helvetica*.
- Bozzini, C.; Conedera, M.; Krebs, P., 2012: A new monoplottting tool to extract georeferenced vector data and orthorectified raster data from oblique non-metric photographs. *International Journal of Heritage in the Digital Era*, 1: 499–518.
- Castelletti, C.; Soma, L.; Scapozza, C.; Ambrosi, A., 2012: Quaternary geological map of Sheet Reichenau (Canton Graubünden): improvement of several GIS tools. Abstract volume of the 10th Swiss Geoscience Meeting, Bern, Switzerland, 16–17 November 2012, Abstract P 10.5: 254–255.
- Conedera, M.; Bozzini, C.; Scapozza, C.; Rè, L.; Ryter, U.; Krebs, P., 2013: Anwendungspotenzial des WSL-Monoplottting-Tool im Naturgefahrenmanagement. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 164: 173–180.
- IST, 2013: Analisi storica dell'evoluzione dei dissesti nell'alto bacino del Cassarate. *Canobbio, Istituto scienze della Terra (IST), SUPSI*, 37 pp.
- Mariotta, S., 2004: Il bacino del Cassarate. Sintesi di 120 anni di interventi forestali volti a garantire la sicurezza del territorio. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 155: 278–285.
- Reinhard, M.; Bernoulli, D., 1964: Erläuterungen zum Blatt 1333/Tesserete. Blatt 39 des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000. Bern, Schweizerische Geologische Kommission, 53 pp.
- Scapozza, C.; Lambiel, C.; Bozzini, C.; Mari, S.; Conedera, M., 2014: Assessing the rock glacier kinematics on three different time-scales: a case study from the southern Swiss Alps. *Earth Surface Processes and Landforms*, DOI: 10.1002/esp.3599.



# Exemple d'intervention en forêt de protection dans le Canton du Jura

Federico Ferrario (EcoEng Sàrl, Porrentruy, federico.ferrario@ecoeng.ch)  
Cédric Choffat (EcoEng Sàrl, Porrentruy, cedric.choffat@ecoeng.ch)  
Aline Cuomo (EcoEng Sàrl, Porrentruy, aline.cuomo@ecoeng.ch)

## Introduction

Les forêts de protection ont pour vocation principale la protection des personnes et des biens de valeur notable, des voies de communications et autres infrastructures contre les dangers naturels (figure 1). Le canton du Jura est principalement concerné par les dangers naturels que sont les glissements de terrain, les chutes de pierres et surtout les crues. Par rapport aux conditions générales des forêts protectrices en Suisse, celles du canton du Jura se différencient par des distances de transit (distance falaise – objet à protéger) très courtes et par des conditions de station dominées par les hêtraies.

La fonction protectrice de la forêt ne peut être maintenue durablement qu'à l'aide d'interventions sylvicoles régulières et judicieuses, interventions assurant un bon état sanitaire, une stabilité des peuplements (figure 2) et un rajeunissement constant de la forêt.

## Délimitation de la forêt de protection

La délimitation des forêts protectrices du canton du Jura satisfait les critères suivants: présence d'un danger naturel avéré, d'un objet vulnérable à protéger et effet positif du projet de la Confédération SilvaProtect. Des périmètres supplémentaires ont été délimités en se basant sur les zones de processus pertinents en forêt. Des arrondis n'excédant pas une zone tampon de 100 m par rapport à la carte de base des processus pertinents. Des limites logiques telles que des lisières ou des chemins ont été fixées. Des secteurs ont été ajoutés pour autant qu'ils répondent aux critères de base (potentiels de danger et de dégât, ces derniers devant être documentés (carte indicatives de danger, carte des infrastructures de desserte, etc.).

## Les forêts protectrices dans le Jura

Dans le Jura, elles ont été séparées en 2 catégories :

- Forêts à vocation «Protection physique» (appelées aussi forêts protectrices prioritaires): forêts contribuant de manière directe et décisive à la protection contre les dangers naturels;
- « Autres forêts protectrices ». forêts avec apport reconnu à la protection contre les dangers naturels, cet apport devant être durablement maintenue en conjonction avec d'autres objectifs (production de bois, biodiversité).

Environ 30% de l'aire forestière cantonale sont ainsi définis comme forêt protectrice (10800 ha). Cette surface inclut les forêts à vocation « Protection physique » (5% de la surface forestières, 1900 ha) et les surfaces répertoriées comme « Autres forêts protectri-



Figure 1: Bloc basculé à Ocourt



Figure 2: Forêts de protection traitées à Soyhières



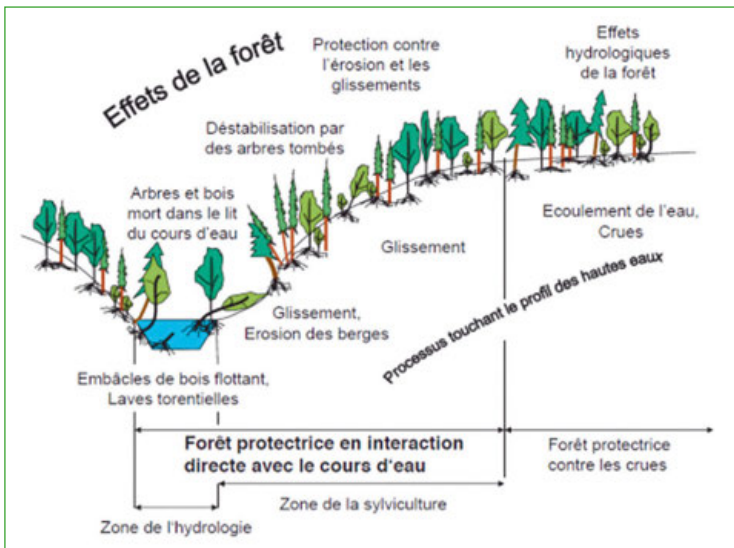


Figure 3: Vue d'ensemble des processus de danger et de l'effet de la forêt à proximité du lit des cours d'eau (Covi, 2008)

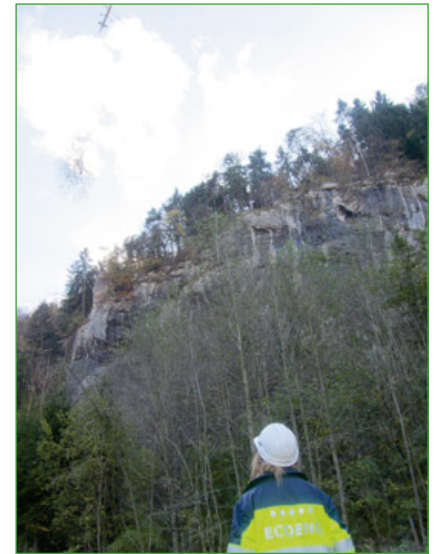


Figure 4: Débardage à l'hélicoptère

ces » (25%, 8900 ha). Afin de suivre le développement et l'évolution de la forêt de protection, seize placettes témoins ont été mises en place sur l'ensemble du territoire cantonal. Leur but est d'une part, de pouvoir analyser et contrôler à moyen – long terme le résultat des interventions (contrôle des effets). D'autre part, ces placettes constituent un instrument de vulgarisation, tant pour les professionnels que pour un plus large public. Des informations complémentaires sont disponibles sur la plate-forme [swissnais.ch](http://swissnais.ch).

### Définition des priorités

Dès 2009, un programme quadriennal de planification des interventions en forêts protectrices prioritaires a été mis en place à l'échelle cantonale. Le bureau EcoEng Sàrl, actif dans le domaine forestier entre autre, a été mandaté pour la concrétisation de cette planification pour la période 2012-2015. Dans les autres forêts protectrices, la concrétisation des interventions sylvicoles est du ressort du propriétaire, avec l'appui du garde forestier de triage et sous la supervision de l'Office de l'environnement.

Ces peuplements occupent une surface con-

séquente, et n'ont bien souvent pas été entretenus selon les standards modernes. Un choix des priorités est dès lors opéré sur la base du danger présent, de l'état sanitaire de la forêt ainsi que de la présence dans le secteur d'ouvrages de protection. Entre 2005 et 2011, environ 70 hectares de forêts protectrices particulières ont été traitées, et pas moins de 67 hectares supplémentaires ont été planifiés pour la période 2012-2015.

### Intervention dans le forêts protectrices

En début de chaque année est arrêté un programme des interventions sylvicoles tenant compte des urgences et des moyens financiers disponibles. Sur cette base, un calendrier est alors établi de manière à respecter les exigences locales (ex: fermeture de certains axes routiers de préférence en période de faible affluence touristique), les contraintes liées à la protection de la nature (ex: respect des périodes de reproduction/nidification d'espèces protégées) ou celles relatives aux exigences du marché (mobilisation des entreprises forestières pour des coupes à faible rendement préférentiellement en période creuse).

Puis, après le martelage, le montant des subventions pour la réalisation des travaux est calculé sur la base de forfaits préalablement fixés par l'Office de l'environnement.

Ensuite, un plan de coupe et de sécurité est défini, et la coordination est assurée avec les différents intervenants, tels que les propriétaires, le Service des Infrastructures (gestion du trafic, fermeture de route), les résidents ou d'autres corps de métier (entreprises de travaux sur corde lors de pose de filets, etc.).

La direction des travaux nécessite une présence régulière sur le terrain afin de réorienter éventuellement les travaux de coupe et de superviser la sécurité du chantier.

Enfin, une fois le chantier terminé, un décompte de subventionnement est établi.

### Construction de la desserte nécessaire

L'accès aux forêts protectrices doit pouvoir être assuré afin de pouvoir garantir leur entretien. Pour cette raison, la construction d'une desserte adaptée est souvent nécessaire. A Vellerat, une desserte d'environ 800 m a été aménagée afin de garantir un accès et de permettre ainsi une gestion optimale de la forêt sur le long terme (figure 5).



Figure 5: Réalisation de la desserte de Vellerat

## Biodiversité

Le rôle d'une forêt de protection ne se limite pas uniquement, comme son nom l'indique, à une fonction de protection. En effet, elle peut également jouer un rôle prépondérant pour la biodiversité, et notamment, pour la Rosalie des Alpes. Les populations de ce coléoptère sont en régression en raison de la disparition de leur habitat: ils ont pour habitude de pondre leurs œufs dans des troncs de hêtres morts ou mourants. Des mesures en forêts protectrices favorisant cette espèce consiste dès lors à, par exemple, couper des hêtres à une hauteur de 8m, laissant ainsi des troncs debout dans lequel la femelle peut pondre. Des telles mesures ne sont mises en place qu'en de rares occasions, pour autant que l'on ne porte pas préjudice au rôle protecteur de la forêt.

## Exemple de coupe en lien avec la pose de filets à Choindoz

Une coupe particulière a été réalisée à Choindoz au-dessus de la route cantonale et de l'usine Von Roll. Avant les travaux, cette zone était caractérisée par une paroi calcaire entrecoupée d'îlots boisés, avec de nombreuses pierres instables (éboulis) et arbres secs. Des filets provisoires y ont dès lors été posés, mais étaient, par endroits, décollés du sol ou chargés de pierres. De plus, ils étaient fixés à

des arbres instables. La falaise était, par endroits, encombrée de bois renversés derrière lesquels étaient retenus des blocs éboulés. L'objectif était donc d'évacuer les arbres qui se trouvaient sur le passage des filets à poser et menaçant la sécurité des usagers de la route. Les pierres instables, les arbres secs sur pied, déracinés et le bois mort ont également été évacués afin de garantir la sécurité du chantier. Pour des raisons d'accessibilité, de sécurité et de fluidité du trafic, il a été nécessaire de recourir à un hélicoptère pour la coupe et l'évacuation des arbres sur la falaise (figure 4). Le volume estimé des arbres dé-

montés sur pied et évacués par hélicoptère, ainsi que des arbres et arbustes coupés en falaise, fagotés et évacués par hélicoptère s'élève à environ 250 m<sup>3</sup>. Un volume supplémentaire d'environ 50 m<sup>3</sup> d'arbres coupés et évacués par voie terrestre doit y être ajouté. Le montant total des travaux pour cette coupe d se monte à environ 280000 francs. A noter qu'une seule journée avec l'hélicoptère a nécessité l'intervention de 25 personnes pour un montant d'environ 115000 frs.

## Conclusion

La délimitation des forêts protectrices dans le canton du Jura se base sur Silvaprotect, en y ajoutant des surfaces correspondant aux critères (potentiel de danger – potentiel de dégât). Environ un tiers des forêts jurassiennes sont ainsi sous statut de protection.

Au niveau cantonal, une subdivision des forêts protectrices distingue les forêts protectrices des forêts protectrices prioritaires. Pour ces dernières, des plans d'intervention sur des périodes de 4 ans sont réalisés. En outre, une série de placettes témoins (16) ont été documentées, et ce pour différents types de danger, stations forestières, et d'enjeux.

L'accès aux forêts protectrices doit être assu-

ré autant que possible, ce qui nécessite parfois la construction de desserte ou le recours à des moyens techniques spécifiques tels que l'hélicoptère.

Les besoins de coordination sont importants afin de garantir le respect des conditions de sécurité lors des interventions sylvicoles, tout en minimisant les impacts, tant au niveau des usagers que des autres fonctions de la forêt.

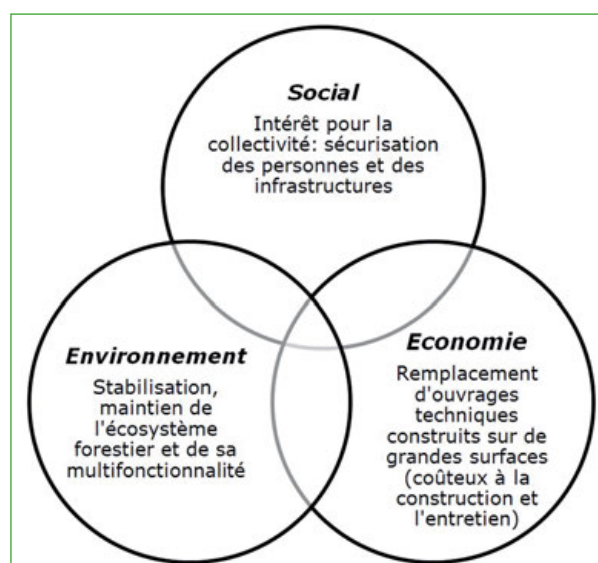


Figure 6: Bénéfices d'une gestion durable et raisonnée des forêts protectrices

# Bau eines Schutznetzes gegen Eisschlag

Urban Rieder (Bundesamt für Strassen ASTRA, Thun, urban.rieder@astra.admin.ch)  
Toni Alpince (Alpince Bauconsulting, Bönigen, toni@alpince.com)



Abbildung 1: Entfernen von absturzgefährdetem Eis. Foto: Betrieb GE1, Winter 2012/2013

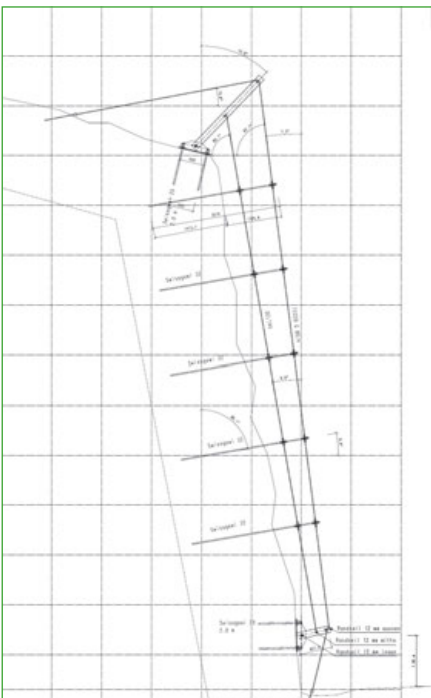


Abbildung 2: Systemskizze. Skizze: Alpince Bauconsulting

Bei den vom Bund subventionierten Steinschlagschutzverbauungen werden nur offiziell geprüfte und zugelassene Werktypen verwendet. Für Eisschlagschutzverbauungen hingegen gibt es keine einschlägige Literatur oder Vollzugshilfen, die beschreiben, nach welchen Kriterien und Anforderungen Eisschlagschutz erstellt werden muss. In Leissigen, Kanton Bern wurde entlang der Nationalstrasse A8 im Rahmen eines Pilotprojekts ein so genannter Eisvorhang konstruiert und angebracht.

Im nachfolgenden Artikel wird das Konzept und das Projekt kurz beschrieben und erste Erfahrungen aus dem Winter 2013/14 vorgestellt.

## Ausgangslage und Problemstellung

Die Nationalstrasse A8 verläuft im Bereich «Herbrig» zwischen Leissigen und Därligen teilweise einer Felswand entlang. An dieser Wand bildet sich im Winter regelmässig eine Eisschicht. Bei wechselnden Temperaturen gefährdet das Eis die Verkehrsteilnehmenden und muss deshalb periodisch entfernt werden. Diese Arbeit ist aufwändig und sorgt für Verkehrsbehinderungen.

## Das Konzept

Das Eis soll gezielt erfasst und gehalten werden und kontrolliert zurückschmelzen können. So sollen die Verkehrsteilnehmer geschützt und der Unterhalt minimiert werden. Schäden am Eisvorhang sollen durch eine spezifisch angepasste Konstruktion verhindert werden. Mit einem Vorhang bestehend aus 2 Netzen

sollen diese Ziele erreicht werden.

Das innere Schutznetz übernimmt die Funktion der flächigen Eisfassung und bewirkt, dass eine möglichst gleichmässig verteilte Eisbildung am inneren Vorhang stattfindet. Mit dem vorgesetzten Schutznetz wird das Eis auch beim Abbrechen im System gehalten. Das Eis kann kontrolliert an den Netzfuss abgleiten und wird zudem gehalten und gesichert, bis der natürliche Prozess des Abschmelzens beginnt.

## Das Projekt

Die gesamte Schutzkonstruktion besteht aus mehreren Werkkomponenten, welche in der Sicherungstechnik bei ähnlichen Konstruktionen wie Steinschlagschutz- und Schneenetzen bereits eingesetzt werden.



Abbildung 3: Situation des erstellten Eisvorhangs. Foto: ASTRA, Herbst 2013





Abbildung 4: Detailansicht einer Pendelstütze.  
Foto: Alpinice Bauconsulting, Herbst 2013



Abbildung 5: Kameraaufnahme, Monitoring Winter 2013/14. Foto: Alpinice Bauconsulting, Winter 2013/14

Der Eisvorhang ist durch eigens entwickelte Haltekonstruktionen, Aufhängungen und Verteilelemente erweitert worden, damit die kurzfristige Lagerung des Eises möglich wird.

Die angewandte Konstruktionsart ist frei und unabhängig von der Objektlage und der Steilheit der Felsoberfläche und kann beliebig in den Höhen- und Breitenabmessungen gewählt werden.

### Zahlen und Fakten

- 5 Stk. Pendelstützen (Aufhängung)
- 5 Stk. Fusstützen (Abspannung und Netzsackausbildung)
- Je 67.5 m<sup>2</sup> Netzfläche Tecco / Deltax
- 100 Stk. Klemmplattensicherung
- 30 Stk. Netzverankerungen
- 10 Stk. Rückhalteankerungen
- Bausumme: ca. CHF 150'000.-
- Ausführung: Herbst 2013

### Monitoring

Um die Wirkung des Eisschlagschutznetzes zu überprüfen, wurde seitlich davon eine Kamera installiert. In den Wintermonaten wird so stündlich ein Bild aufgenommen. Im Bildschnellauf kann auf diese Weise der Prozess der Eisbildung und des Abschmelzens dokumentiert werden.

### Schlusswort

Im vergangenen „warmen“ Winter 2013/14 konnte nur eine geringe Eisbildung beobachtet werden.

Im Speziellen konnte aber bereits erkannt werden, dass die Eisbildung an der Konstruktion erfolgt und ein kontrolliertes Abgleiten ermöglicht wird.

Das Monitoring wird auch in den kommenden Wintern weitergeführt. Die Erkenntnisse sollen dazu dienen, den Prozess der Eisbildung und des Abschmelzens besser zu verstehen und den Eisschlagschutz zu verbessern.



Abbildung 6: Bau des Schutznetzes. Foto: ASTRA, Herbst 2013

# Neuerscheinungen

## Methoden zur quantitativen Beurteilung von Gerinneprozessen in Wildbächen



Autor: Dieter Rickenmann

Herausgeberin: Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf; WSL Berichte, Heft 9, 2014, ISSN 2296-3456

PDF Download: [www.wsl.ch/publikationen/pdf/13549.pdf](http://www.wsl.ch/publikationen/pdf/13549.pdf)

Zu den vielfältigen Alpen Naturgefahren gehören auch Wildbachprozesse in steilen Gerinnen. Wildbachverbauungen haben in den europäischen Alpenländern eine lange Tradition. Bei der Planung und Umsetzung von Schutzmassnahmen spielte die Erfahrung der Fachleute früher eine überragende Rolle. Quantitative Messungen zum Beispiel zum Abfluss und zu erodierten und abgelagerten Feststoffmengen wurden vermehrt erst etwa ab den 1990er Jahren begonnen. Entsprechend gab es früher auch wenige quantitative Methoden zur Beschreibung der Gerinneprozesse. Mittlerweile stützt sich auch die Beurteilung der Wildbachprozesse vermehrt und sehr stark auf quantitative Ansätze und auch auf numerische Simulationsmodelle ab. Die vorliegende Publikation soll dazu beitragen, die quantitative Beschreibung von Wildbachprozessen und die Bestimmung von wichtigen Kennwerten zu unterstützen und die Wahl und Dokumentation der verwendeten Methoden zu erleichtern. Das Dokument wird auch für die Vorlesung "Wildbach- und Hangverbau" an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich (ETHZ) verwendet. Die Unterlagen wurden u.a. auch im Rahmen des Projektes OPTIMETH - Beitrag zur optimalen Anwendung von Methoden zur Beschreibung von Wildbachprozessen, einer Initiative aus dem Kreis der Forschungsgesellschaft Interpraevent, Klagenfurt (A), teilweise überarbeitet. Im Projekt OPTIMETH wurde eine vergleichende Übersicht über Methoden zur Gefahrenbeurteilung von Gerinneprozessen in Wildbächen erstellt (s. auch separater Hinweis unten).

(Juni 2014, A. Badoux)

## OptiMeth

### Beitrag zur optimalen Anwendung von Methoden zur Beschreibung von Wildbachprozessen



Autoren: Rimböck A., Barben M., Gruber H., Hübl J., Moser M., Rickenmann D., Schober S., Schwaller G.

Herausgeberin: Internationale Forschungsgesellschaft INTERPRAEVENT, c/o Amt der Kärntner Landesregierung, 9020 Klagenfurt, Österreich, 2013; ISBN 978-3-901164-20-0

PDF Download: [www.interpraevent.at](http://www.interpraevent.at) → Service → Veröffentlichungen

Eine zuverlässige Einschätzung von Wildbachprozessen (Hochwasserabfluss, Murgang, Feststofftransport) ist eine entscheidende Grundlage für die Bestimmung von Gefahrenzonen und die Entwicklung von integralen Schutzkonzepten. Diese Aufgabe stellt sich jedoch meist als sehr schwierig heraus, weil die Prozesse sehr schnell und komplex ablaufen und genaue Beobachtungen oder gar Messungen zum Ablauf der Ereignisse in der Regel nicht verfügbar sind. Heute stehen zwar eine ganze Reihe von Verfahren, Berechnungs- und Modellansätzen, die im Folgenden als Methoden bezeichnet werden, zur Verfügung, es ist jedoch für den einzelnen oft schwierig, deren Zuverlässigkeit und die Randbedingungen für deren Anwendung richtig einzuschätzen. Dies gab Anlass, im Rahmen einer internationalen Arbeitsgruppe namens OptiMeth den „State of the Art“ im Alpenraum zu ermitteln, die in der Praxis bereits verwendeten Methoden zusammenzustellen sowie Hinweise und Anregungen zur Anwendung dieser Methoden zu erarbeiten. Ziel war es, Qualitätsstandards zu definieren und auch länderübergreifend ein vergleichbares Niveau sicher zu stellen. Die Arbeitsgruppe wurde von der Internationalen Forschungsgesellschaft INTERPRAEVENT ins Leben gerufen.

Die gedruckte Broschüre kann online unter [www.interpraevent.at](http://www.interpraevent.at) → Menü «Service» → «Veröffentlichungen» bestellt oder digital heruntergeladen werden. Die Anhänge inklusive der Methodensteckbriefe finden Sie unter [www.interpraevent.at/optimeth](http://www.interpraevent.at/optimeth).

(nach einer Mitteilung aus [www.interpraevent.at](http://www.interpraevent.at))





Torrent de Montagnier, Commune de bagnes. Photo: F.-X. Marquis