



DOCUMENTATION DES ÉVÉNEMENTS NATURELS

Instructions relatives
aux relevés de terrain

Signaux alpins 4



Documentation des événements naturels

Instructions relatives aux relevés de terrain



Impressum

Collection Signaux alpins

Propriétaire de la collection/Éditeur	Secrétariat permanent de la Convention Alpine Herzog-Friedrich-Strasse 15 A-6020 Innsbruck	
Responsable de la collection	Igor Roblek, dr phil., Secrétariat permanent de la Convention Alpine	
Éditeur de ce volume	Plate-forme Risques naturels de la Convention alpine (PLANALP)	
Direction du projet	Marzio Giamboni, dr sc. nat., Office fédéral de l'environnement (CH) Hans Kienholz, dr sc. nat., professeur à l'Institut de géographie de l'Université de Berne (CH)	
Auteurs	Hans Kienholz, dr sc. nat., professeur à l'Institut de géographie de l'Université de Berne (CH) Simone Perret, dr sc. nat., Institut de géographie de l'Université de Berne (CH) Franziska Schmid, Institut de géographie de l'Université de Berne (CH)	
Révision	Elisabeth Berger (Bolzano, I), Michael Bründl (Davos, CH), Josef Eberli (Stans, CH), Werner Eicher (Sarnen, CH), Willi Eyer (Fribourg, CH), Stephan Flury (Sarnen, CH), Werner Gerber (Birmensdorf, CH), Urs Gruber (Davos, CH), Jörg Häberle (Interlaken, CH), Christoph Hegg (Birmensdorf, CH), Johannes Hübl (Vienne, A), Mario Kokschi (Aarau, CH), Anton Loipersberger (Munich, D), Pierpaolo Macconi (Bolzano, I), Nicola Marangoni (Bolzano, I), Bruno Mazzorana (Bolzano, I), Christian Rickli (Birmensdorf, CH), Walter Riedler (Salzburg, A), Markus Sperling (Bolzano, I), Andreas Zischg (Bolzano, I)	
Traduction et révision	Christian Marro, CH-1997 Haute-Nendaz; Services linguistiques de l'OFEV, CH-3003 Berne	
Choix des illustrations	Helen Gosteli, Institut de géographie de l'Université de Berne (CH)	
Conception et mise en page	Felix Frank, Berne (CH)	
Photos	Provenance indiquée à la page 6	
Citation	Plate-forme Risques naturels de la Convention alpine (éd.), 2006: Documentation des événements naturels – Instructions relatives aux relevés de terrain. Innsbruck/Berne, 64 p.	
Précision	La présente publication, élaborée dans le cadre du projet Interreg-III-b «DIS-ALP – Disaster Information System of Alpine Regions», a été cofinancée par le Fonds européen de développement régional (FEDR).	
Commande	Ständiges Sekretariat der Alpenkonvention A-6020 Innsbruck info@alpconv.org	OFEV, Documentation CH-3003 Berne Fax +41 (0)31 324 0216 docu@bafu.admin.ch
Format PDF	www.alpconv.org	



lebensministerium.at



die.wildbach
und lawinenverbauung

Autonome Provinz
Bozen - Südtirol



Provincia Autonoma di
Bolzano - Alto Adige



PUH

Podjetje
za urejanje
hudournikov d.d.

Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz




Land Salzburg
Für unser Land!



SERVIZIO SISTEMAZIONE MONTANA DELLA PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

E – Keywords:

Natural Hazards
Event Documentation
Silent Witnesses

This manual for the documentation of natural disasters is designed to be a handout for courses as well as a reference book for field work. Besides some organisational principles and elements of an optimal documentation, the most important phenomena of floods/debris flows, landslides/slope-type debris flows, rockfall processes and snow avalanches are explained and illustrated with numerous photographs.

D – Stichwörter:

Naturgefahren
Ereignisdokumentation
Prozessspuren

Die vorliegende Anleitung zur Dokumentation von Naturereignissen dient als Schulungsunterlage sowie als Nachschlagewerk für die Geländearbeit. Neben organisatorischen Grundsätzen und Bausteinen einer optimalen Dokumentation werden die wichtigsten Phänomene von Hochwasser/Murgang, Rutschungen/Hangmuren, Sturzprozessen und Lawinen erläutert und mit zahlreichen Bildern illustriert.

F – Mots clés:

Dangers naturels
Documentation des événements
Traces des processus

Les présentes instructions relatives à la documentation des événements naturels sont destinées à servir de matériel de formation et d'ouvrage de référence pour les relevés sur le terrain. Après avoir exposé les principes organisationnels et les éléments nécessaires pour constituer une documentation optimale, elles expliquent les principaux phénomènes (crue/lave torrentielle, glissement de terrain/coulée de boue, éboulement et avalanche) en les illustrant richement.

I – Parole chiave:

Pericoli naturali
Documentazione degli eventi
Tracce dei processi

La presente guida alla documentazione degli eventi naturali può essere impiegata sia come materiale didattico sia come opera di consultazione di supporto al rilievo sul terreno. Accanto ai principi organizzativi e agli elementi fondamentali per un'ottima documentazione si illustrano i fenomeni più importanti di piena liquida/colata di detriti; fenomeni di versante (frane), processi di crollo e valanghe accompagnando le spiegazioni con numerose immagini.

Slo – Ključne besede:

Naravne nevarnosti
Dokumentacija o naravnih
nesrečah/nevarnih dogodkih
Sledi naravnih procesov

Navodila za izdelavo dokumentacije o naravnih nesrečah/nevarnih dogodkih služijo kot izobraževalno gradivo in kot priročnik pri praktičnem terenskem delu. Poleg organizacijskih in strukturnih temeljev za optimalno dokumentiranje, so opisane ter grafično predstavljene najpomembnejše naravne nevarnosti: visoke vode/hudourniški izbruhi, zemeljski plazovi/pobočni blatni tokovi, porušitvena erozija ter snežni plazovi.

Avant-propos	7	Phénomène de l'éboulement	42
Introduction	9	Traces de chute de pierres et de blocs dans la zone d'arrachement:	
Organisation d'une documentation des événements	12	• Rupture dans une falaise ou dans un éboulis	44
Éléments composant une documentation optimale des événements	14	Traces de chute de pierres et de blocs dans la zone de transit:	
Exemples pratiques:		• Traces de roulement au sol	45
Phénomènes de la crue et de la lave torrentielle	18	• Traces d'impact au sol	46
Traces de crue à l'extérieur du lit:		• Traces d'impact contre des arbres	47
• Dépôt de matériaux solides avec tri	20	• Arbres fortement endommagés ou cassés	48
• Dépôt de matériaux solides sans tri	21	Traces de chute de pierres et de blocs dans les zones de transit et de dépôt:	
• Dépôt de bois flottant	22	• Pierres et blocs arrêtés naturellement	49
Traces de crue à l'extérieur et dans le lit:		• Pierres et blocs arrêtés par des éléments anthropogènes	50
• Traces d'écoulement et d'impact	23	Traces d'éboulement dans la zone d'arrachement:	
• Déplacement du lit d'une rivière de montagne	24	• Rupture dans une falaise	51
Traces de crue dans le lit:		Traces d'éboulement dans la zone de transit et de dépôt:	
• Érosion latérale et verticale	25	• Tranchée et dépôt de la masse rocheuse	52
• Rehaussement du lit	26	Phénomène de l'avalanche	54
• Embâcle	27	Traces d'avalanche dans la zone de rupture:	
• Terrasses	28	• Rupture linéaire ou ponctuelle	56
• Énormes blocs dans un torrent	29	Traces d'avalanche dans les zones de rupture et de transit:	
• Levée/bourrelet latéral dans un torrent	30	• Plan de glissement à l'intérieur du manteau neigeux ou au sol	57
• Rupture de digue canalisant une rivière de montagne	31	Traces d'avalanche dans la zone de transit:	
Phénomènes du glissement de terrain et de la coulée de boue	32	• Trajectoire étalée ou canalisée	58
Traces de glissement de terrain dans les zones d'arrachement et de dépôt:		Traces d'avalanche dans les zones de transit et de dépôt:	
• Zone d'arrachement et masse déplacée	34	• Indices d'une avalanche coulante	59
Traces de glissement de terrain dans la zone d'arrachement:		• Indices d'une avalanche poudreuse	60
• Nature et forme du plan de glissement	35	• Dommages à la forêt	61
• Fissures de traction et racines étirées	36	Traces d'avalanche dans la zone de dépôt:	
Traces de glissement de terrain dans les zones d'arrachement, de transit et de dépôt:		• Forme et volume du dépôt	62
• Dommages à la forêt	37	• Nature de la masse de neige et charriage de matériaux étrangers	63
Traces de coulée de boue dans la zone d'arrachement:		Bibliographie	64
• Zone d'arrachement d'une coulée de boue	38		
Traces de coulée de boue dans la zone de transit:			
• Cheminement d'une coulée de boue	39		
Traces de coulée de boue dans la zone de dépôt:			
• Dépôt d'une coulée de boue	40		

Photos

Abderhalden, Walter; Steivan, Gaudenz; Stadler, Markus: 61/2
Bunza, Günther: 28/1
Deflorin, Renato: 46/1, 51/2
Eyer, Willi: 51/1
Flotron AG: 31/2, 39/1, 62/2
Frank, Felix: 17, 19>, 41, 50/1, 52/1, 53
Geo7 AG: 13
Gertsch, Eva: 20/2, 22/2, 23/1, 26/2, 29/2, 30/1, 36/1, 40/1
Gosteli, Helen: 20/1, 22/1, 39/2
Hunzinger, Lukas: 25/1, 27/2
Jungfraubahnen: 24/1, 24/2
KAWA: 43<, 44/1, 45/2, 46/2, 48/2, 49/1, 50/2, 55>, 57/2, 59/1, 61/1, 63/1, 63/2
Kienholz, Hans: 29/1, 33<, 36/2, 37/1, 37/2, 60/1, 62/1
Kreuzer, Stefan: 58/2
Macconi, Pierpaolo: 21/2
Mengelt, Curdin: 45/1
Müller, Markus: 27/1
Perret, Simone: 21/1, 26/1, 30/2, 33>, 44/2, 47/1, 47/2, 48/1, 49/2, 52/2
RDB: 43>
Reiter, Kurt: 31/1
Rickli, Christian: 34/1
Schmid, Franziska: 23/2
SLF: 55<, 56/1, 56/2, 57/1, 58/1, 59/2, 60/2
Swiss Air Force: 8
tur GmbH: 25/2, 35/1
Venzin, Toni: 19<
Werlen, Stephan: 35/2, 38/1, 38/2, 40/2
Zimmermann, Markus: 28/2

Les habitants de l'arc alpin sont régulièrement confrontés aux effets de phénomènes naturels. Les forces de la nature, sous la forme de crues, laves torrentielles, glissements de terrain, éboulements et avalanches, y infligent fréquemment des dommages aux biens et menacent même la vie humaine.

À défaut de pouvoir être évités, les effets de tels événements peuvent être atténués en prenant des mesures de protection. C'est pourquoi la prévention des dangers naturels est une tâche permanente. Mieux nous connaissons les processus à l'œuvre lorsqu'un événement se produit, mieux nous pouvons évaluer les dangers potentiels et concevoir des mesures de protection appropriées. Une documentation fidèle des événements représente une base indispensable pour être en mesure de tirer des enseignements des événements passés.

Les présentes recommandations peuvent servir de matériel de formation spécialisée ainsi que de référence. Elles peuvent aussi être utiles aux personnes qui procèdent aux premiers relevés des traces d'un événement. Les principaux phénomènes pouvant être rencontrés sur le terrain y sont décrits et illustrés par des photos et des croquis. Sans décrire les processus dans le détail, ce document expose, au moyen de nombreux exemples pratiques, ce à quoi il faut prêter particulièrement attention lorsqu'on relève les traces d'un événement.

Cette brochure a été élaborée dans le cadre du projet Interreg-III-b «DIS-ALP – Disaster Information System of Alpine Regions», qui visait à fournir des informations sur les événements naturels homogènes dans tout l'arc alpin. Elle a bénéficié de l'appui d'experts dans ce domaine. Qu'ils en soient vivement remerciés.

La publication de l'ouvrage dans le cadre de la Convention alpine doit permettre à la Plate-forme Risques naturels de la Convention alpine de toucher un large public.

Andreas Götz, président de la Plate-forme Risques naturels de la Convention alpine, sous-directeur de l'OFEV (CH)



Gestion des risques naturels

En région de montagne, la sécurité des personnes et des biens est régulièrement menacée par des événements naturels tels que crues, laves torrentielles, glissements de terrain, éboulements et avalanches. De tels événements sont souvent de nature à faire des victimes, détruire des biens et occasionner des dommages écologiques dans un laps de temps très court. Plus l'utilisation du sol est dense et vulnérable, plus il est important de gérer les risques de manière consciente et ciblée.

Les analyses coût-utilité revêtent une importance croissante lorsqu'il s'agit de prendre des mesures pour diminuer les risques. Cet état de fait a conduit les pays et les régions de l'arc alpin à élaborer des stratégies claires et à définir des conditions-cadre appropriées (lois, réglementations, mesures organisationnelles) pour gérer les risques naturels. À l'heure actuelle, ce processus est toujours poursuivi activement.

La gestion systématique des risques comprend notamment des mesures de prévention et de protection portant sur l'aménagement du territoire, la construction et la sylviculture. Il est également important de prévoir des instruments d'intervention, de remettre les lieux en état de manière organisée à l'issue d'un événement et de garantir le financement de la remise en état. La gestion structurée des risques naturels se fonde donc sur des analyses et des évaluations minutieuses, qui doivent être mises à jour régulièrement.

Analyse et évaluation des dangers naturels

L'établissement de cartes de dangers et la conception de mesures de prévention et d'intervention optimales se basent sur des analyses et des évaluations correctes et exhaustives des dangers. Cette démarche requiert la mise en œuvre d'un large éventail de méthodes et d'approches:

L'analyse d'événements antérieurs	L'anticipation d'événements futurs
Relevé et interprétation de traces sur le terrain («témoins muets»), étude d'enregistrements, de documents et de témoignages. Ces données servent à rétro-calculer des processus survenus antérieurement.	Appréciation détaillée de la situation sur le terrain et application de modèles physiques et mathématiques décrivant les processus, les données tirées d'événements antérieurs étant intégrées dans les modèles.

Les modèles décrivant correctement les processus sont élaborés et calibrés à partir d'observations, de mesures et d'expériences tirées de

situations réelles. C'est pourquoi les événements en cours et écoulés constituent des sources d'informations indispensables pour fonder les analyses et les évaluations des dangers.

Documentation des événements naturels

Dans différents pays d'Europe, la documentation des événements a été institutionnalisée au cours des dernières années en tant que volet de la gestion des risques. Au surplus, des analyses exhaustives y sont souvent effectuées à l'issue d'événements importants.

Au niveau international, le projet DOMODIS (Documentation of Mountain Disasters) de l'ICSU¹, de l'AIG² et d'Interpraevent³ a posé les bases nécessaires pour organiser et réaliser la documentation d'événements (Hübl et al., 2002, 2006). Le projet Interreg-III-b «DIS-ALP – Disaster and Information Systems of Alpine Regions», dans le cadre duquel les présentes instructions ont été élaborées, vise à unifier davantage les méthodes appliquées dans le processus de documentation.

À l'heure actuelle, l'idée selon laquelle les processus à l'œuvre lors d'un événement doivent être observés minutieusement, c'est-à-dire que les traces fraîches doivent être documentées avec compétence parallèlement à l'intervention des services de sauvetage et de déblaiement, recueille une large adhésion. Il faut que ce travail soit accompli, en coordination avec les directions d'intervention locales (états-majors de crise), par des personnes qui n'ont pas besoin de parcourir une longue route et se trouvent d'emblée à proximité de l'événement. Ce sont habituellement des forestiers, des voyers ou des professionnels de la construction, qui ont des compétences techniques et sont souvent de bons observateurs de la nature. Mais ils ne bénéficient pas d'une formation spécifique en aménagement de cours d'eau, géologie ou géomorphologie et ne connaissent pas a priori les besoins des spécialistes des dangers naturels. Les personnes chargées de la première documentation doivent donc recevoir une formation optimale pour mener à bien cette tâche.

Buts des instructions

Les présentes instructions relatives à la documentation des événements naturels visent à doter la formation technique d'une base homogène, afin que les traces soient relevées de manière optimale. Elles peuvent

¹ International Council for Science, Committee on Disaster Reduction, Paris (France)

² Association internationale des géomorphologues, Vancouver (Canada)

³ Internationale Forschungsgesellschaft Interpraevent, Klagenfurt (Autriche)

être utilisées comme matériel de formation ou comme ouvrage de référence sur le terrain.

Ces instructions ont pour but d'aider à déceler les traces de processus écoulés, à les décrire et à les consigner aussi clairement que possible. L'accent est mis sur les phénomènes rencontrés sur le terrain (notamment les traces) et non sur les processus eux-mêmes. C'est pourquoi ces instructions ne s'attachent pas à définir les processus avec une grande rigueur scientifique (cf. p. ex. BUWAL & Eidg. Forstdirektion, 1998). Les phénomènes documentés dans le cadre d'un premier relevé n'en doivent pas moins permettre aux spécialistes des dangers naturels de procéder à des calculs ou analyses plus approfondis et de reconstituer le processus ou la combinaison de processus en jeu.

Agencement des instructions

Les chapitres suivants exposent brièvement les principes régissant l'«Organisation d'une documentation des événements» et fournissent les principaux «Éléments composant une documentation optimale des événements» sur le terrain.

Les phénomènes les plus fréquents sont ensuite présentés dans la section la plus exhaustive, intitulée «Exemples pratiques», selon les groupes de processus crues et laves torrentielles, glissements de terrain et coulées de boue, éboulements, puis avalanches. Cette subdivision correspond à la classification appliquée par les formulaires StorMe⁴, en usage en Suisse. Chaque groupe de processus fait l'objet d'un chapitre. Ces chapitres commencent par décrire les principaux aspects, poser des définitions et fournir des renseignements généraux concernant les particularités de la documentation en question. Puis, les différents phénomènes sont illustrés et décrits succinctement. Enfin, une liste indique en quelques mots ce qui doit être documenté et ce à quoi il faut faire particulièrement attention.

Les énumérations proposées, relativement exhaustives, dépassent largement le standard minimal. Elles fournissent un large éventail d'éléments pertinents pour constituer une première documentation. Reste ensuite à déterminer, en fonction de la situation, les points qui doivent être consignés.

⁴ StorMe est une banque de données mise à disposition par l'Office fédéral de l'environnement (CH) pour consigner les événements naturels gravitationnels et gérer les données les concernant de manière uniforme. Ces événements sont documentés sur le terrain en utilisant des formulaires standard.

Compétences et transmission des informations

Les conditions-cadre juridiques, organisationnelles et structurelles diffèrent beaucoup d'un pays et d'une région administrative à l'autre. C'est pourquoi il n'y a pas lieu de donner ici des recommandations concrètes. Ce chapitre vise à exposer quelques principes régissant la documentation des événements.

Pour que le processus de documentation se déroule sans problème lorsqu'un événement se produit, il faut qu'il soit bien implanté auprès des services administratifs concernés. Les responsabilités et les compétences doivent être définies et instaurées avant l'occurrence d'un éventuel événement. Cela implique notamment que les personnes chargées de la documentation sur place disposent d'un mandat clair ainsi que d'un cahier des charges.

Toute la circulation de l'information doit aussi être réglée avant l'occurrence d'un éventuel événement. Il faut notamment déterminer qui relève les événements, quel service réceptionne et vérifie les données consignées, où la documentation est archivée et comment y accéder.

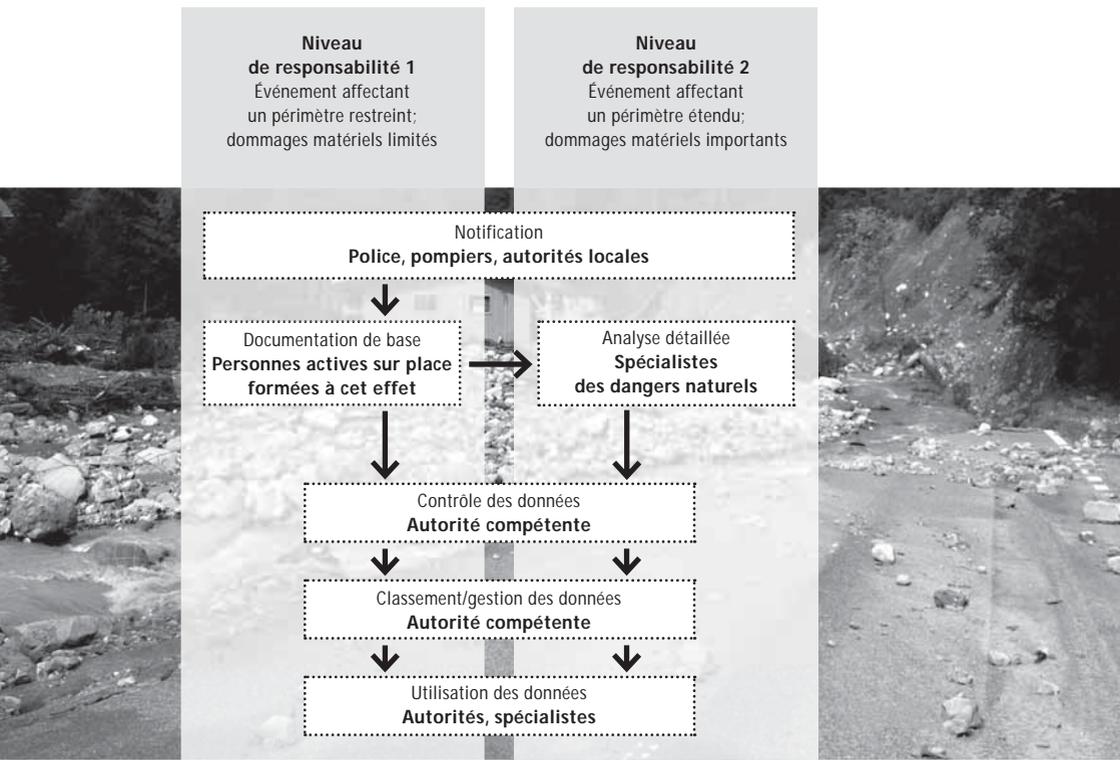
L'autorité compétente précise également les événements devant faire l'objet d'un relevé (type de processus, ampleur de l'événement, événement ayant causé des dommages). La documentation prévoira par exemple deux niveaux de traitement, selon l'ampleur des événements:

- En cas d'événement restreint, aisé à appréhender, les données sont recueillies par du personnel local formé à cet effet.
- En cas d'événement de grande ampleur (c.-à-d. plusieurs processus simultanés ou un vaste périmètre touché), du personnel local effectue également un premier relevé, mais des spécialistes des dangers naturels procèdent en outre à des analyses détaillées.

Formation au relevé des traces

Les personnes désignées pour relever les traces laissées par des événements doivent être préparées spécifiquement à cette tâche lors de cours de formation d'un à trois jours environ. Le travail de documentation peut être amélioré par la suite en procédant régulièrement à des échanges d'expériences.

La formation technique devrait être dispensée le plus possible sur le terrain, sur la base d'objets en grandeur nature. L'idéal est un terrain,



situé à l'écart de toute zone urbanisée ou exploitée intensivement, qui a été touché par un événement quelques mois ou, à la rigueur, quelques années auparavant. Il devrait encore présenter des traces bien visibles, qui peuvent très bien être anciennes, voire cicatrisées. Qui forme son œil sur des phénomènes déjà quelque peu estompés n'aura aucune peine à repérer et à traiter des traces fraîches. En sus des visites et des démonstrations sur le terrain, on peut concevoir toutes sortes d'exercices, par exemple:

- rechercher et documenter des phénomènes donnés (p. ex. lobes ou levées d'anciennes laves torrentielles);
- effectuer un parcours donné et appréhender correctement les phénomènes désignés;
- inspecter un périmètre donné et le documenter en groupe.

Pour assurer la qualité de la documentation des événements, il faut impérativement traiter correctement les phénomènes rencontrés sur le terrain. Il est tout aussi important de bien préparer les visites de terrain et de relever systématiquement les événements écoulés. Les explications suivantes indiquent les principes à suivre pour établir une documentation complète de qualité.

Formulaires et check-lists

L'utilisation de formulaires ou de check-lists standard est une condition importante pour que les documentations puissent être comparées entre elles. Les check-lists doivent prévoir les données nécessaires pour décrire l'événement écoulé comme il convient. Ainsi, elles pourront être considérées comme des guides de relevés de terrain. La standardisation des relevés facilite en outre l'introduction des données consignées dans une banque de données. Les formulaires StorMe en usage en Suisse – ainsi que dans d'autres pays sous une forme adaptée – constituent un exemple de canevas de documentation homogène. Outre des champs prédéfinis à cocher ou à remplir, il faut prévoir de la place pour décrire le déroulement des événements en quelques mots.

Que faut-il documenter?

La caractérisation exhaustive des événements naturels écoulés requiert encore d'autres données que les relevés détaillés des traces laissées par les processus (tels que décrits aux chapitres suivants):

- Des **informations géographiques** (commune, localité) et une description générale du secteur touché (p. ex. exposition et déclivité de la pente, exploitation du sol, routes, habitat) sont nécessaires. Une bonne partie de ces données peut encore être acquise quelques jours ou semaines après l'événement.
- Des précisions concernant les **conditions météorologiques** doivent aussi être fournies. Ce sont principalement les conditions locales (p. ex. orage, fonte de neige) qui sont intéressantes. Les observations faites par des particuliers peuvent s'avérer utiles si aucune station météorologique opérationnelle ne se trouve à proximité.
- Des renseignements concernant les éventuels **dommages** font également partie intégrante des relevés. On consignera le nombre de

victimes ainsi que les dommages aux infrastructures, aux bâtiments, aux forêts et aux terres agricoles. Il incombe au mandant de préciser comment opérer pour accomplir cette tâche.

- Il peut être indiqué de documenter également la présence et l'état d'ouvrages de protection, selon les directives du mandant.

Niveau de détail des relevés

Le mandant précise les points qui doivent être relevés, et selon quel niveau de détail. Ces directives peuvent varier selon la configuration spatiale et le type de processus. En tout état de cause, il est indispensable de localiser précisément les phénomènes rencontrés sur une carte.

Cartographie et documentation photographique

Une part essentielle de la documentation des événements consiste à reporter les phénomènes rencontrés sur une carte. Les cartes ou extraits de carte à une échelle détaillée (1:5000 à 1:10 000) représentent un bon fond topographique à cet effet. Il faut veiller à y appliquer des légendes homogènes (OFEE et al., 1995; PLANAT et al., 2000).

Il est très utile de constituer un dossier photographique détaillé de l'événement relevé, en veillant à noter l'emplacement exact du photographe (référence cartographique) et la direction de visée pour chaque photo. On décrira aussi succinctement l'objet photographié.

Déroulement des travaux sur le terrain

Il est recommandé d'entamer la documentation de l'événement, après en avoir acquis une première vue d'ensemble (p. ex. depuis le versant opposé), dans le secteur où sont prévus les premiers travaux de déblaiement. Ils démarrent généralement dans une zone habitée ou à proximité d'installations d'infrastructure. Puis, les traces de l'événement peuvent être relevées systématiquement le long des trajectoires qu'il a empruntées (p. ex. de la zone d'arrachement à la zone de dépôt d'une chute de pierres).

Équipement de terrain

Formulaires, check-lists

Cartes ou extraits de cartes à l'échelle la plus détaillée possible (1:5000 à 1:10 000)

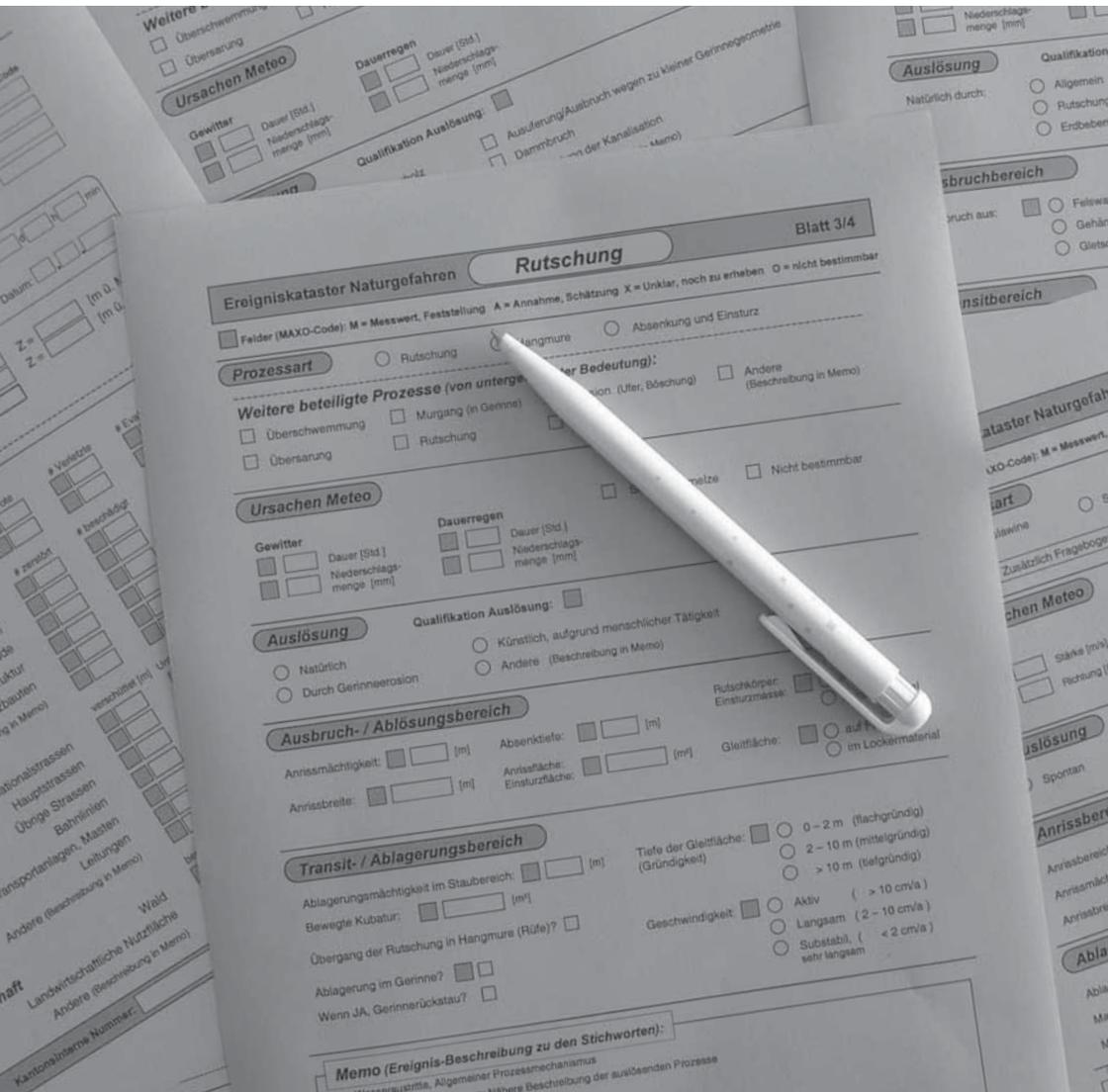
Matériel pour écrire

Appareil photo et/ou vidéo

Jumelles

Chevillière, boussole

Altimètre, clinomètre



Phénomènes de la crue et de la lave torrentielle

Les crues, correspondant à des débits beaucoup plus élevés que la normale, surviennent aussi bien dans les rivières coulant en terrain sensiblement plat que dans les torrents. Outre la longueur de leur cours et la superficie de leur bassin versant, les rivières de montagne et les torrents se différencient par leur déclivité. Seuls les torrents sont suffisamment raides pour qu'une lave torrentielle puisse s'y produire. Elles ne surviennent pas dans les rivières de montagne.

Les effets des crues et des laves torrentielles peuvent être subdivisés selon les catégories suivantes:

Désignation	Caractéristiques
Débordement de lave torrentielle	Une lave torrentielle est un mélange d'eau, d'alluvions et de bois comprenant une proportion élevée de matériaux solides (env. 30 – 60 %) qui s'écoule à grande vitesse. Elle se produit en haute montagne et dans les Préalpes, dans les zones où un sous-sol géologique sensible à l'érosion fournit de grandes quantités de matériaux meubles. Le déclenchement d'une lave torrentielle requiert en outre une pente suffisamment raide (au moins 25 – 30 %). La masse imprégnée d'eau s'écoule très rapidement (40 – 60 km/h) dans le lit du cours d'eau, généralement en plusieurs coulées.
Inondation dynamique	L'inondation dynamique est caractérisée par une vitesse d'écoulement élevée. De l'eau et des matériaux solides sortent du lit d'un torrent ou d'une rivière de montagne, si bien que des galets et des alluvions se déposent à l'extérieur du chenal (épandage d'alluvions). La vitesse d'écoulement élevée leur confère une force d'érosion importante, même à l'extérieur du chenal. L'inondation dynamique est habituellement de brève durée.
Inondation statique	De l'eau déborde du lit d'un cours d'eau ou d'un lac en terrain plat. Son niveau ne monte que lentement.

La suite du document porte sur les traces de crues et de laves torrentielles. Les inondations statiques ne sont pas traitées plus en détail. Les périmètres inondés peuvent être reconstitués aisément à partir de niveaux d'eau observés ponctuellement (traces d'eau ou de boue horizontales contre des objets) ou à l'aide de photos aériennes et d'un modèle de terrain, sans nécessiter de longs relevés sur le terrain.

Pendant et après une crue ou une lave torrentielle, toutes sortes de traces sont visibles le long des cours d'eau, à l'intérieur ou à l'extérieur de leur lit. De nombreuses traces sont plus ou moins marquées aussi bien dans les rivières de montagne que dans les torrents. Mais certains phénomènes ne se retrouvent que dans un seul type de cours d'eau.

La documentation des traces doit permettre de reconstituer le déroulement des événements. On s'intéressera aux caractéristiques de

Inondation dynamique.



Front d'une lave torrentielle.



l'écoulement (débit de pointe et volume écoulé) et à la quantité de matériaux charriés. Il faut qu'on puisse reconstruire le processus de transport prédominant à partir des traces. Le relevé précis des phénomènes rencontrés sur le terrain aide à déterminer si les matériaux solides ont été transportés sous un régime de lave torrentielle, sous un régime s'en approchant ou sous un régime fluvial.

Lorsqu'on documente un événement, il est recommandé de relever d'abord les traces se trouvant hors du lit du cours d'eau. Elles témoignent de processus qui ont occasionné des dommages à des biens ou à des personnes, ou qui auraient pu le faire. On relève ensuite les traces des processus à l'œuvre dans le chenal. Des obstructions (embâcles) ou des rehaussements du lit sont par exemple à l'origine d'inondations ou de dépôts à l'extérieur du chenal. Il faut aussi cartographier minutieusement les points de rupture.

Dans les torrents, principalement, il est indiqué de commencer le relevé des traces sur le cône de déjection, puis de consigner les phénomènes en remontant le sommet du cône et le reste du cours d'eau jusque dans son bassin versant.

.....
Outre le relevé détaillé des différentes traces laissées par un processus, il est important de décrire l'ensemble du périmètre touché par un événement (cf. chapitre «Éléments composant une documentation optimale des événements»).

Traces de crue à l'extérieur du lit:
Dépôt de matériaux solides avec tri



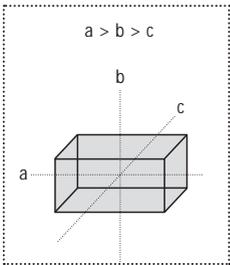
1



2

Description

Dépôt de pierres, gravier et sable recouvrant le terrain à l'extérieur du lit du cours d'eau (fig. 1). On observe parfois un tri des matériaux: leur taille diminue avec l'éloignement du lieu de débordement (fig. 2). Ce type de dépôt s'observe principalement le long de rivières de montagne et de torrents s'écoulant en terrain raide. Il se produit lorsque le cours d'eau déborde à cause d'une obstruction du lit ou d'une capacité d'écoulement insuffisante. Des matériaux charriés sont transportés hors du chenal et s'étalent sur les terrains avoisinants.



Documentation

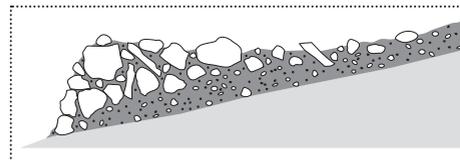
- Cartographier l'emplacement et l'extension du dépôt
- Cartographier et décrire les lieux de débordement
- Décrire le dépôt (distribution granulométrique)
- Déterminer l'épaisseur moyenne du dépôt
- Déterminer le volume du dépôt (superficie \times épaisseur moyenne)
- Déterminer la taille maximale des matériaux déposés (axe b)



1



2



Coupe longitudinale dans le dépôt frontal
d'une lave torrentielle.

Description

Ce type de dépôt hors du lit des cours d'eau est caractérisé par la présence de matériaux grossiers non triés (fig. 1). De gros blocs peuvent «nager» sur la masse. Un dépôt relativement plat, étendu, de forme lobée et bien délimité est nommé «lobe de lave torrentielle». Les composants les plus grossiers se trouvent au front raide de la masse déposée (dépôt frontal). Une lave torrentielle peut aussi entraîner d'énormes blocs arrondis isolés sur le cône d'un torrent (fig. 2).

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension du dépôt
- Cartographier et décrire les lieux de débordement
- Décrire le dépôt (distribution granulométrique)
- Déterminer l'épaisseur moyenne du dépôt
- Déterminer le volume du dépôt (superficie \times épaisseur moyenne)
- Déterminer la taille maximale des matériaux déposés (axe b)

Traces de crue à l'extérieur du lit:
Dépôt de bois flottant



1



2

Description

De grandes quantités de bois sont fréquemment mobilisées, transportées et déposées sous l'effet des crues. Il peut s'agir de troncs entiers ou de branches isolées, qui vont s'entasser hors du chenal (fig. 1). On observe rarement des dépôts composés uniquement de bois. Il est généralement mêlé à des pierres, du sable et de la boue (fig. 2).

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension du dépôt
- Décrire le type de bois flottant (âge du bois et nature des parties d'arbres déposées, soit arbres entiers, troncs, souches ou branches)
- Déterminer les proportions respectives des différentes parties d'arbres et des autres matériaux
- Déterminer le volume du dépôt (m^3 de bois)
- Déterminer la longueur et le diamètre des plus grandes parties d'arbres



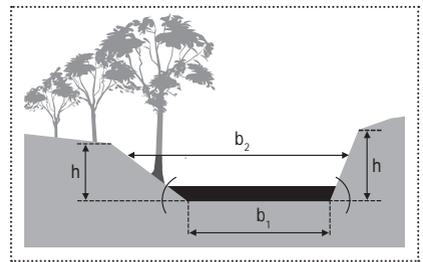
1

Description

On observe le long du cours d'eau des endroits où l'herbe a été arrachée (fig. 1), des liserés de feuilles ou des accumulations de bois et de sédiments. Des ouvrages situés à proximité du cours d'eau (maisons, piles de ponts) présentent des traces de boue. Des arbres peuvent en outre porter des traces d'impact bien visibles (fig. 2) dues à des matériaux charriés ou à des blocs entraînés par le courant. Les traces servent à déterminer le volume d'eau et de matériaux solides qui s'est écoulé. À cause des remous, il peut arriver, selon la configuration des lieux, que les traces soient largement au-dessus du niveau correspondant au débit de pointe.



2



b_1	Largeur du fond du lit
b_2	Largeur du chenal à la hauteur des traces supérieures
h	Hauteur de la berge
c	Déclivité de la berge

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension des traces
- Décrire la situation des traces dans le cours d'eau (tronçon rectiligne, berge intérieure ou extérieure)
- Décrire la nature des traces (liserés de feuilles ou de sable, bois flottant)
- Déterminer la hauteur des traces (contre des arbres ou d'autres objets proches du lit du cours d'eau)
- Lever des coupes transversales dans le lit du cours d'eau

Traces de crue à l'extérieur et dans le lit:
Déplacement du lit d'une rivière de montagne



Description

Le lit de rivières de montagne se déplace parfois lors de fortes crues. Les berges sont tellement érodées que l'axe du cours d'eau est décalé. Il peut alors se répandre dans tout le fond de la vallée (fig. 1). Les matériaux érodés sont redéposés en aval, à l'extérieur du chenal; on observe une alternance de zones d'érosion et de dépôt. Le phénomène de déplacement du lit menace tout particulièrement les voies de communications longeant les cours d'eau et les bâtiments construits sur leurs berges (fig. 2).

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension du déplacement du lit
- Lever des coupes transversales du nouveau lit
- Déterminer le volume des matériaux érodés et déposés
- Décrire les matériaux érodés (fins, grossiers)
- Les analyses plus poussées incombent aux spécialistes



1

Description

Lorsque l'érosion latérale prédomine, les berges subissent une forte érosion horizontale, leur pente devient très raide et elles tendent à glisser. En règle générale, le lit du cours d'eau ne subit pas d'approfondissement marqué. Dans les rivières de montagne, les berges extérieures sont particulièrement exposées à l'érosion lors des crues (fig. 1). Les torrents subissent typiquement une combinaison simultanée d'érosion latérale et verticale (fig. 2). Un lit de forme en «U» bien accusée peut témoigner du passage d'une lave torrentielle.

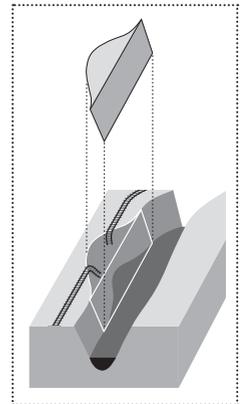


2

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension de l'érosion latérale et verticale
- Décrire les matériaux de la berge érodée (fins ou grossiers, alluvions ou graviers consolidés, masse glissée)
- Lever des coupes transversales à certains endroits caractéristiques
- Établir des coupes transversales estimatives des mêmes endroits avant l'événement
- Déterminer le volume des matériaux érodés
- Déterminer la puissance érosive du cours d'eau (m^3/m courant de chenal)

Érosion latérale avec volume érodé.





Description

Le lit du cours d'eau, jonché d'importantes accumulations de matériaux frais, a subi un exhaussement marqué par rapport à son état initial (fig. 1 et 2). Lorsque la capacité de transport du cours d'eau n'est plus suffisante pour déplacer les matériaux charriés, ils s'accumulent au fond du lit en formant des atterrissements.

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension des rehaussements du lit
- Décrire les matériaux constituant les atterrissements (seulement matériaux fins ou mélange de matériaux fins et grossiers)
- Déterminer la cote actuelle et la cote initiale du fond du lit
- Déterminer le volume du dépôt



1

Description

Le lit du cours d'eau est obstrué en tout ou partie par une accumulation de matériaux solides. Du bois, des matériaux charriés, des masses glissées ou des dépôts d'avalanches forment un barrage naturel dans le chenal (fig. 1). L'obstacle est submergé ou contourné suite au remous d'exhaussement qu'il occasionne. Il arrive que le cours d'eau quitte son lit et inonde les alentours ou cherche un nouveau cheminement. Un embâcle est typiquement provoqué par un pont (fig. 2), un vouâge ou un rétrécissement naturel du chenal. Lorsque la pression est suffisante, le barrage peut céder subitement en libérant une onde de submersion.



2

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension du barrage
- Cartographier le cas échéant le point de rupture et le nouveau cheminement du cours d'eau
- Décrire le rétrécissement (pont, vouâge, resserrement naturel)
- Décrire la nature des matériaux constituant le barrage (matériaux charriés, bois, masse glissée, dépôt d'avalanche)
- Déterminer l'épaisseur et le volume du barrage

Terrasses



Description

La berge comporte des terrasses nettement marquées (fig. 1 et 2). Elles témoignent de la succession d'épisodes de dépôt et d'érosion. C'est pourquoi le nombre et le type de terrasses ainsi formées peuvent fournir des informations sur le déroulement de l'événement.

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension des terrasses
- Décrire les matériaux composant les terrasses
- Déterminer le nombre de terrasses
- Déterminer la hauteur et la largeur de chaque terrasse
- Déterminer la largeur du lit à hauteur de chaque terrasse



1



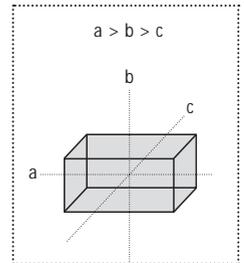
2

Description

Des matériaux frais se sont accumulés dans le lit d'un torrent raide. Il arrive aussi que des blocs isolés de très grande taille s'y déposent (fig. 1 et 2).
Signe particulier, leurs arêtes arrondies témoignent d'un transport par une lave torrentielle. Ces blocs ne doivent pas être confondus avec des «blocs résiduels», qui, par exemple, ont atteint le lit du cours d'eau à l'issue d'une chute dans un des versants (arêtes nettement anguleuses) ou proviennent de dépôts morainiques (arrondis, mais pas frais). Dans ce cas, il faut rechercher des traces d'érosion dans les versants voisins et tenir compte de la géologie locale.

Documentation

- Cartographier la situation des énormes blocs
- Décrire les blocs (arêtes arrondies ou anguleuses)
- Déterminer la taille des blocs (axes a, b, c)
- Déterminer le nombre de blocs par tronçon de chenal
- Déterminer la provenance des blocs (rechercher des traces dans le versant voisin, décrire la géologie locale)

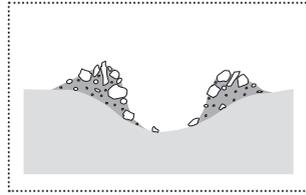


Traces de crue dans le lit:
Levée/bourrelet latéral dans un torrent



1

2



Coupe transversale d'un chenal bordé de levées.

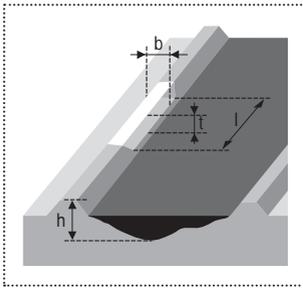
Description

Dans un lit de torrent raide, on distingue des bourrelets, nommés «levées», qui se sont déposés le long des berges, généralement de part et d'autre du chenal (fig. 1). La granulométrie du dépôt tend à augmenter vers le haut. De grosses pierres et des blocs se trouvent fréquemment sur les bourrelets (fig. 2). La présence de levées témoigne du passage d'une lave torrentielle.

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension des levées
- Décrire les matériaux composant les levées (grossiers, fins)
- Décrire le tri des composants (position des composants grossiers)
- Déterminer l'épaisseur des levées, mesurée à partir du fond du lit
- Déterminer le volume des levées par tronçon de chenal
- Déterminer la granulométrie des matériaux

Traces de crue dans le lit: Rupture de digue canalisant une rivière de montagne



- h Hauteur de la brèche depuis le fond du lit
- t Profondeur de la brèche
- b Largeur de la brèche
- l Longueur de la brèche

Description

Destruction totale ou partielle d'une digue (artificielle) de protection contre les crues, par exemple par submersion ou par érosion interne (fig. 1 et 2).

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension des brèches
- Décrire les matériaux composant la digue
- Déterminer la longueur, la largeur et la profondeur de la brèche
- Déterminer la hauteur de la brèche, mesurée à partir du fond du lit
- Les analyses plus poussées incombent aux spécialistes

Les glissements de terrain et les coulées de boue sont des mouvements gravitationnels affectant des portions de pente instables qui mobilisent des terrains rocheux, des terrains meubles, ou les deux, ainsi que le sol. Résultant généralement d'une rupture par cisaillement, ils se produisent dans des talus ou des versants de déclivité moyenne à forte. Ces instabilités de pente revêtent toutes sortes de formes.

Une classification pragmatique distingue les catégories suivantes:

Désignation	Caractéristiques
Coulée de boue	Mélange de terrains meubles, de sol et d'eau mobilisés près de la surface, qui se déplace relativement rapidement (1–10 m/s), principalement sous la forme d'écoulement. Les coulées de boue surviennent localement dans des pentes relativement raides, mais des versants de déclivité moindre sont aussi menacés lorsque le terrain a une teneur en eau élevée ou lorsque de l'eau pénètre dans le sol et y génère une pression hydraulique élevée. Les coulées de boue se produisent souvent en l'absence de véritable plan de glissement. Elles peuvent aussi surgir d'un glissement spontané pourvu d'un plan de glissement bien marqué. Les matériaux mobilisés sont délavés du fait de leur teneur en eau élevée.
Glissement spontané	Glissement se mobilisant spontanément sous l'effet de pluies intenses ou persistantes, de la fonte des neiges ou d'autres concentrations d'eau (p. ex. rupture de canalisation), lorsque la déclivité et la constitution du sous-sol sont défavorables (p. ex. terrain meuble sur un soubassement peu perméable). Il se transforme fréquemment en une coulée de boue. Les glissements spontanés peuvent aussi être des mouvements secondaires se produisant sur des glissements profonds. En règle générale, les matériaux glissés, peu délavés, restent presque intégralement en contrebas de la niche d'arrachement. Les glissements spontanés peuvent être superficiels ou semi-profonds, voire profonds.
Glissement permanent	Portion de pente formée de terrain meuble ou de roche qui se déforme de manière lente et permanente. Ce phénomène se manifeste surtout par des déformations continues, sans rupture, et/ou par un fluage discontinu avec des amorces de glissement sur de nombreuses petites surfaces de discontinuité. On distingue les masses en glissement selon qu'elles sont stabilisées ou actives à très actives. Les glissements permanents peuvent être profonds, voire semi-profonds.
Affaissement ou effondrement	Le lessivage d'un sous-sol soluble, généralement composé de calcaire, gypse ou corniéule, et les cavités souterraines résultant de ce phénomène (ou p. ex. d'une exploitation minière) sont susceptibles de provoquer des affaissements ou des effondrements progressifs ou soudains du sol.

Les phénomènes dont les traces doivent être relevées immédiatement après les événements sont principalement le glissement spontané et la coulée de boue. C'est pourquoi les informations et les exemples qui suivent se concentrent sur ces deux processus. Les glissements permanents et les effondrements, événements assez rares devant être relevés de préférence par des spécialistes, ne sont pas approfondis ici.



Coulée de boue.



Glissement spontané.

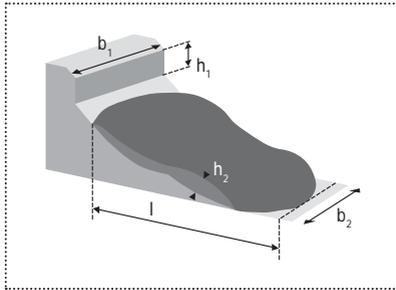
Il est très important de décrire en détail l'ensemble des périmètres dans lesquels se déroulent les glissements spontanés et les coulées de boue. De nombreux autres détails seront aussi relevés.

Dans les glissements de terrain qui ne génèrent pas de coulée de boue, une partie de la masse glissée reste généralement dans la zone d'arrachement, après avoir parcouru une brève distance. Une autre partie recouvre des terrains restés en place. Le relevé doit surtout consister à déterminer l'extension (longueur et largeur) du périmètre affecté.

Dans le cas des coulées de boue, il est proposé d'examiner séparément les zones d'arrachement, de transit et de dépôt. Dans la zone d'arrachement, on déterminera notamment s'il existe un plan de glissement bien marqué ou non. Dans la zone de transit, on consignera le cheminement des coulées de boue (forme, extension), tandis que les matériaux délaqués seront décrits dans la zone de dépôt.

Outre le relevé détaillé des différentes traces laissées par un processus, il est important de décrire l'ensemble du périmètre touché par un événement (cf. chapitre «Éléments composant une documentation optimale des événements»).

Zone d'arrachement et masse déplacée



- b_1 Largeur de la zone d'arrachement
- h_1 Épaisseur de la zone d'arrachement
- l Longueur de la masse glissée
- b_2 Largeur de la masse glissée
- h_2 Épaisseur de la masse glissée



1

Description

On considère comme zone d'arrachement d'un glissement de terrain le décrochement à bords plus ou moins francs qui se trouve au bord supérieur de la masse détachée. Ce décrochement peut avoir une hauteur variable selon la profondeur du glissement. Les matériaux déplacés sous l'effet d'un glissement de terrain sont nommés «masse glissée» (fig. 1). Cette masse peut se déplacer sous la forme d'une couche plus ou moins compacte ou se scinder en compartiments de taille variable (fig. 2). Sa surface présente alors une rugosité inhomogène. Des bourrelets peuvent aussi se former dans la masse glissée, perpendiculairement à la pente.

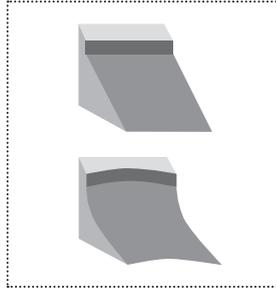
Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension de la zone d'arrachement et de la masse glissée
- Décrire la forme de la masse glissée (surface plane, présence de lobes, de bourrelets)
- Décrire les matériaux déplacés (granulométrie, rugosité, teneur en eau, matériaux étrangers)
- Déterminer la largeur et l'épaisseur de la zone d'arrachement
- Déterminer la longueur, la largeur et l'épaisseur de la masse glissée (volume)
- Décrire le contexte du glissement de terrain (déclivité de la pente, topographie, végétation)

Traces de glissement de terrain dans la zone d'arrachement: Nature et forme du plan de glissement



1



Surface de glissement plane (en haut) et incurvée (en bas).



2

Description

Le plan de glissement (ou plan de rupture) est la surface sur laquelle la masse en mouvement se déplace vers l'aval. Selon la profondeur du glissement de terrain, le plan de glissement peut se trouver dans le sol, dans des terrains meubles ou à la surface du soubassement rocheux. Sa rugosité diffère en fonction des matériaux en présence. La surface de glissement peut être plane ou incurvée dans le plan vertical. On parle de glissement translationnel lorsqu'elle est plane (fig. 1) et de glissement rotationnel lorsqu'elle est incurvée (fig. 2). Les plans de glissement à l'air libre présentent souvent des venues d'eau.

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension du plan de glissement à l'air libre
- Positionner le plan de glissement (dans le sol, dans des terrains meubles, sur la roche)
- Décrire les caractéristiques du plan de glissement (rugosité)
- Décrire la forme du plan de glissement (surface plane ou incurvée)
- Déterminer la profondeur du plan de glissement
- Décrire les venues d'eau éventuelles (situation, débit)

Traces de glissement de terrain dans la zone d'arrachement:
Fissures de traction et racines étirées



1



Fissures de traction latérales ou parallèles aux courbes de niveau.

Description

Selon les contraintes régnant dans le sous-sol, des fissures dites de traction peuvent s'ouvrir à l'amont de la zone d'arrachement d'un glissement de terrain, parallèlement à celle-ci, à une distance plus ou moins grande (fig. 1). L'écartement et la profondeur de ces fissures, qui se propagent dans le sol ou dans la roche, sont très variables. De petits tassements se combinent parfois aux efforts de traction pour former des gradins de taille faible à moyenne. En terrain boisé, les fissures de traction laissent souvent apparaître des racines étirées (fig. 2).



2

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension des fissures de traction
- Décrire les fissures de traction (nature du sol, racines étirées)
- Déterminer la longueur, l'écartement et la profondeur des fissures de traction
- Déterminer l'éloignement de la niche d'arrachement



1



2

Description

Selon la profondeur du plan de glissement et la vitesse du processus, la masse en mouvement peut endommager, incliner, voire casser des arbres dans les zones d'arrachement, de transit et de dépôt (fig. 1 et 2).

Documentation

- Cartographier l'emplacement des arbres endommagés
- Décrire la nature des dommages (arbres inclinés ou cassés)
- Déterminer l'ampleur des dommages
- Déterminer la superficie des dommages à la forêt

Zone d'arrachement d'une coulée de boue



1

Description

Les coulées de boue sont des phénomènes locaux qui se produisent dans des pentes plus ou moins raides. Elles surviennent généralement lorsque le sous-sol a une teneur en eau très élevée ou lorsque l'infiltration d'eau génère une pression hydraulique élevée. De nombreuses coulées de boue ne comportent pas de plan de glissement proprement dit (fig. 1). D'autres surgissent d'un glissement spontané pourvu d'un plan de glissement bien marqué (fig. 2) dès lors que le glissement se transforme en écoulement.

2



Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension de la zone d'arrachement
- Décrire le mode d'arrachement (avec ou sans plan de glissement bien marqué)
- Déterminer la position et les caractéristiques du plan de glissement éventuel (dans le sol, dans des terrains meubles, sur la roche; rugosité)
- Déterminer la profondeur du plan de glissement éventuel
- Décrire les venues d'eau éventuelles (situation, débit)
- Décrire le contexte de la zone d'arrachement (déclivité, topographie, végétation)

Traces de coulée de boue dans la zone de transit: Cheminement d'une coulée de boue



1



2

Description

Le cheminement des coulées de boue diffère selon la topographie, la nature et l'ampleur de l'événement ainsi que la consistance des matériaux (teneur en eau) (fig. 1 et 2). Le tronçon de transit peut être très long ou très court et très large ou très étroit. La masse en mouvement se propage différemment selon la déclivité et la forme de la pente (plane, convexe ou concave).

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension du cheminement
- Décrire le cheminement (forme)
- Décrire la longueur et la largeur du cheminement
- Décrire le contexte du cheminement (déclivité, topographie, végétation)

Traces de coulée de boue dans la zone de dépôt:
Dépôt d'une coulée de boue



1



2

Description

Les matériaux mobilisés lors d'une coulée de boue sont généralement entraînés à grande distance du fait de leur teneur en eau élevée (fig. 1). Lorsque le phénomène atteint un cours d'eau, les matériaux sont parfois délavés. Généralement plane, la forme du dépôt peut aussi être conique, selon la morphologie du terrain. La rugosité du dépôt est habituellement assez élevée (surface ondulée, fig. 2). La masse fraîchement déposée a une teneur en eau très élevée.

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension des matériaux entraînés
- Décrire la forme du dépôt (plane, conique)
- Décrire les matériaux déplacés (sol, pierres, bois, rugosité, teneur en eau)
- Déterminer la longueur, la largeur et l'épaisseur du dépôt (volume)
- Décrire le contexte du dépôt (déclivité, topographie, végétation)



Phénomène de l'éboulement

Les processus d'éboulement sont des mouvements rapides de masses détachées du massif rocheux qui se déplacent vers l'aval sous l'effet de la gravité, en tombant librement, en roulant et en rebondissant. La plus grande partie de leur trajectoire se passe en l'air. Elles se détachent généralement le long de plans de stratification ou de fractures préexistantes.

Les phénomènes d'éboulement sont subdivisés selon les catégories suivantes:

Désignation	Caractéristiques
Chute de pierres	Des pierres de diamètre moyen inférieur à 0,5 m environ se détachent indépendamment les unes des autres. Les composantes en mouvement suivent des trajectoires plus ou moins isolées (chute, roulement, rebond).
Chute de blocs	Des blocs de diamètre moyen supérieur à 0,5 m environ se détachent indépendamment les uns des autres. Les composantes en mouvement suivent des trajectoires plus ou moins isolées (chute, roulement, rebond).
Éboulement	Un grand compartiment rocheux (souvent de 100 m ³ à plus de 100 000 m ³) plus ou moins fragmenté se détache en une fois. Ce processus passe généralement à une chute de composantes suivant des trajectoires plus ou moins isolées (chute, roulement, rebond).
Écroulement	Un compartiment rocheux de très grande taille (un à plusieurs millions de m ³) se détache en une fois, sans que le mode de rupture ne soit défini. Le mécanisme initial peut par exemple consister en un glissement rocheux de grande ampleur sur une surface de discontinuité. L'éboulement est caractérisé par d'importantes interactions entre les composantes en mouvement («avalanche rocheuse») et par de très grandes distances de transport.
Chute et éboulement de glace	Des blocs de glace se détachent indépendamment les uns des autres d'un glacier ou d'une falaise englacée (stalactites). Les composantes en mouvement suivent des trajectoires plus ou moins isolées (chute, roulement, rebond).

La suite du document traite des traces de chutes de pierres et de blocs et des traces d'éboulements. Les traces de chutes de glace seront relevées par analogie avec celles qui sont laissées par les chutes de pierres et de blocs. Les écroulements, événements si rares et si considérables que leur documentation incombe aux spécialistes, ne font pas l'objet d'explications plus détaillées dans ce contexte.

Le relevé des traces de chutes de pierres et de blocs doit permettre de reconstituer le déroulement des processus. Dans la zone d'arrachement, on relèvera la position et le type de rupture, ainsi que le volume de roche détaché.



Chute de bloc.



Éboulement.

Dans la zone de transit, il y a lieu de relever la trajectoire des pierres et des blocs et de reconstituer la hauteur et la longueur de leurs rebonds. Dans la zone de dépôt, on consignera le nombre et la taille des pierres et des blocs. Il faut également donner des indications concernant le mode et la cause du dépôt. Les zones de transit et de dépôt se chevauchent si fréquemment que les pierres et les blocs s'arrêtent aussi parfois dans la zone dite de transit.

Lors du relevé d'un éboulement, la détermination du volume total revêt une importance primordiale, surtout dans la zone de dépôt. On consignera principalement l'extension et l'épaisseur du dépôt. Dans la zone de transit, on tâchera de délimiter la trajectoire de l'éboulement et de la déterminer globalement (traces au sol et contre les arbres). La zone d'arrachement est éventuellement cartographiée et caractérisée sommairement.

.....
Outre le relevé détaillé des différentes traces laissées par un processus, il est important de décrire l'ensemble du périmètre touché par un événement (cf. chapitre «Éléments composant une documentation optimale des événements»).

Traces de chute de pierres et de blocs dans la zone d'arrachement: Rupture dans une falaise ou dans un éboulis



1

Description

Les pierres et les blocs peuvent se détacher d'une grande falaise, d'une petite barre rocheuse (fig. 1) ou d'un éboulis (éboulis de pente, fig. 2). Lorsqu'ils proviennent d'une falaise ou d'une barre rocheuse, on observe généralement une niche d'arrachement bien marquée, délimitée par des bords francs. À l'intérieur de la niche, la roche est fraîche (inaltérée et dépourvue de végétation) si bien qu'elle est nettement plus claire que dans le reste de la falaise. Lorsque le décrochement a lieu dans un éboulis, il est souvent impossible de localiser exactement le point de rupture et l'on ne peut déterminer qu'approximativement la provenance des pierres et des blocs.



2

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension de la zone d'arrachement
- Décrire la nature de la zone d'arrachement (falaise, barre rocheuse, éboulis de pente)
- Décrire la forme et l'aspect de la niche d'arrachement
- Déterminer la hauteur de la zone d'arrachement
- Déterminer la hauteur et la largeur de la niche d'arrachement (volume au départ du processus)
- Décrire la nature de la roche et l'état de la zone d'arrachement (altération, fissuration)



1



2

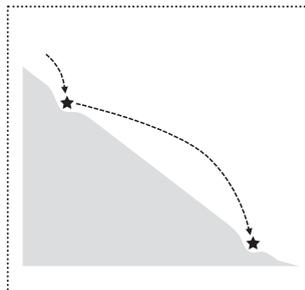
Description

Lorsqu'une pierre ou un bloc se déplace lentement vers l'aval, sans posséder une énergie suffisante pour rebondir, il roule en laissant des traces plus ou moins marquées selon la nature du terrain. Dans un sol forestier tendre (fig. 1), un bloc peut par exemple creuser une cuvette allongée dirigée vers l'aval. En revanche, les traces de roulement sont peu visibles sur une route goudronnée, où les blocs laissent tout au plus une série de petits creux (fig. 2).

Documentation

- Cartographier l'emplacement et la direction de la trace de roulement
-
- Décrire la forme et les alentours de la trace de roulement
-
- Déterminer la longueur, la largeur et la profondeur maximales de la trace de roulement
-
- Déterminer la distance, la direction (azimut) et la déclivité de la pente depuis la trace précédente
-
- Consigner les particularités de la surface et du sous-sol aux alentours de la trace de roulement
-

Traces d'impact au sol



Impacts au sol.



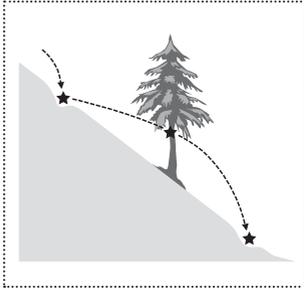
2

Description

Lorsqu'une pierre ou un bloc atteint une certaine vitesse, il commence à rebondir en laissant au sol des traces d'impact plus ou moins marquées selon la nature de la surface et du sous-sol. Ces traces ont généralement une forme d'entonnoir et un contour rond à ovale. La taille et la profondeur de l'impact dépendent étroitement de la taille et de la vitesse du bloc. En règle générale, les impacts sont nettement plus visibles dans un matériau tendre tel que sol forestier, pré ou pâturage (fig.1) que sur une surface dure d'éboulis, de chemin ou de route (fig.2).

Documentation

- Cartographier l'emplacement de la trace d'impact
- Décrire la forme et les alentours de la trace d'impact
- Déterminer la longueur, la largeur et la profondeur maximales de la trace d'impact
- Déterminer la distance, la direction (azimut) et la déclivité de la pente depuis la trace précédente
- Consigner les particularités de la surface et du sous-sol dans le secteur où se trouve la trace d'impact



Impact contre un arbre.



1



2

Description

Une pierre ou un bloc dévalant une pente peut aussi blesser un arbre. L'aspect de ces atteintes diffère fortement selon la taille du projectile et sa vitesse au moment de l'impact. L'essence et le diamètre de l'arbre ont aussi une influence sur l'ampleur des dommages. C'est pourquoi la grandeur, la hauteur et la position radiale de la blessure au tronc peuvent varier dans une large mesure. Dans certains cas, seule l'écorce est endommagée (fig. 1), dans d'autres, à la fois l'écorce et le bois sont touchés (fig. 2). En effet, un bloc peut percuter un arbre de plein fouet ou seulement l'érafler.

Documentation

- Cartographier l'emplacement de la trace d'impact
- Décrire le type d'impact (bois endommagé ou non, impact de plein fouet ou éraflure)
- Déterminer la hauteur et le diamètre maximum du dommage
- Déterminer la distance, la direction (azimut) et la déclivité de la pente depuis la trace précédente
- Décrire l'arbre (essence, diamètre du tronc à hauteur de poitrine)
- Déterminer la densité du boisement environnant (nombre d'arbres par hectare)

Traces de chute de pierres et de blocs dans la zone de transit: Arbres fortement endommagés ou cassés



1



2

Description

Il arrive aussi qu'un arbre heurté par un bloc ne soit pas seulement blessé, mais fortement endommagé (fig. 1), voire cassé. Des facteurs tels la taille et la vitesse du bloc, la hauteur et le mode d'impact, l'essence et le diamètre de l'arbre jouent un rôle important à cet égard. Un arbre peut être fendu, plié ou cassé à la hauteur de l'impact. Parfois, seule sa cime se brise sous le choc. Il est aussi possible qu'un arbre heurté par un bloc soit incliné, voire déraciné (fig. 2).

Documentation

- Cartographier l'emplacement de la trace d'impact
- Décrire la nature du dommage à l'arbre (fendu, plié, cassé, décapité, incliné, déraciné)
- Déterminer la hauteur de l'impact et du dommage
- Déterminer la distance, la direction (azimut) et la déclivité de la pente depuis la trace précédente
- Décrire l'arbre (essence, diamètre du tronc à hauteur de poitrine)
- Déterminer la densité du boisement environnant (nombre d'arbres par hectare)

Traces de chute de pierres et de blocs dans les zones de transit et de dépôt: Pierres et blocs arrêtés naturellement



1



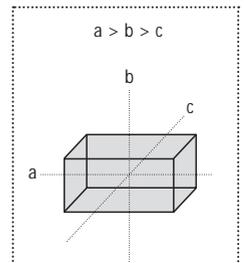
2

Description

Les pierres et les blocs peuvent s'arrêter naturellement dans les zones de transit et de dépôt, par exemple lorsque la déclivité de la pente diminue notablement. Des pierres et des blocs s'immobilisent aussi là où le terrain est tendre ou sa surface rugueuse. Ils peuvent également s'arrêter sur un replat ou dans une dépression (fig. 1). Il arrive parfois qu'une pierre ou un bloc soit stoppé fortuitement par un arbre (fig. 2) et reste en place, au moins durant un certain temps. En règle générale, ces dépôts ne sont pas très stables et il suffit de peu pour que la pierre ou le bloc se remette en mouvement.

Documentation

- Cartographier l'emplacement des pierres et des blocs immobilisés
- Consigner la cause et la stabilité du dépôt
- Déterminer le nombre de pierres et de blocs
- Déterminer le volume total des pierres et des blocs immobilisés
- Déterminer la taille maximale des pierres ou des blocs, ainsi que la taille d'une pierre ou d'un bloc moyen (axes a, b, c)
- Décrire le contexte du dépôt (déclivité de la pente, topographie, sous-sol, surface, végétation)



Traces de chute de pierres et de blocs dans les zones de transit et de dépôt: Pierres et blocs arrêtés par des éléments anthropogènes



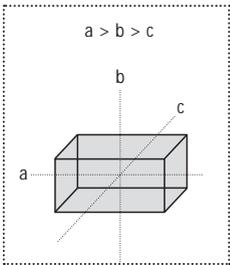
1

2



Description

Si les pierres et les blocs peuvent s'arrêter pour une raison naturelle, il arrive aussi qu'ils soient stoppés par des éléments d'origine anthropogène, placés là par hasard ou intentionnellement. C'est ainsi que des pierres et des blocs s'arrêteront fortuitement sur un chemin ou sur une route (fig. 1). Ils peuvent aussi être interceptés par des piles de bois (fig. 2) ou par d'autres ouvrages. En règle générale, les pierres et les blocs arrêtés volontairement sont stoppés par des filets de protection.



Documentation

- Cartographier l'emplacement des pierres et des blocs immobilisés
- Consigner la cause et la stabilité du dépôt
- Déterminer le nombre de pierres et de blocs
- Déterminer le volume total des pierres et des blocs déposés
- Déterminer la taille maximale des pierres ou des blocs, ainsi que la taille d'une pierre ou d'un bloc moyen (axes a, b, c)
- Décrire le contexte du dépôt (déclivité de la pente, topographie, sous-sol, surface, végétation)



1



2

Description

Un éboulement se produit lorsqu'un grand compartiment rocheux plus ou moins fragmenté se détache d'une falaise en une fois. On peut généralement observer une niche d'arrachement bien marquée dans laquelle la roche, non altérée, est plus claire que dans le reste de la falaise (fig. 1 et 2).

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension de la zone d'arrachement
-
- Décrire la nature de la zone d'arrachement (falaise, barre rocheuse)
-
- Décrire la forme et l'aspect de la niche d'arrachement
-
- Déterminer la hauteur, la largeur et la profondeur de la niche d'arrachement (volume au départ du processus)
-
- Décrire la nature de la roche et l'état de la zone d'arrachement (altération, fissuration)
-
- Les analyses plus poussées incombent aux spécialistes
-

Traces d'éboulement dans la zone de transit et de dépôt:

Tranchée et dépôt de la masse rocheuse



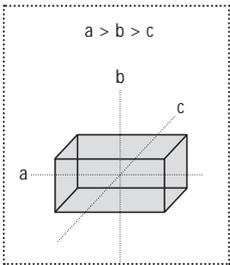
1



2

Description

Un éboulement laisse généralement une tranchée bien délimitée dans la zone de transit, principalement en forêt (fig. 1). La végétation y est fortement endommagée, voire totalement détruite par la masse rocheuse en mouvement. Le sol présente de nombreuses traces d'impact, souvent de très grande taille. La plus grande partie de la masse détachée se déplace vers l'aval pour s'arrêter, habituellement, lorsque la pente s'adoucit suffisamment. Le dépôt a souvent une forme conique (fig. 2). Certains blocs de grande taille peuvent s'écarter de la tranchée principale ou poursuivre leur course au-delà du dépôt principal.



Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension de la tranchée et du dépôt
- Cartographier les blocs qui ont suivi une trajectoire erratique
- Décrire globalement les dommages dans la zone de transit (traces au sol, impacts contre des arbres)
- Déterminer l'extension et l'épaisseur du dépôt
- Déterminer la taille maximale des pierres ou des blocs, ainsi que la taille d'une pierre ou d'un bloc moyen (axes a, b, c)
- Décrire le contexte de la tranchée et du dépôt (déclivité de la pente, topographie, sous-sol, surface, végétation)



Phénomène de l'avalanche

Une avalanche est le mouvement soudain et rapide d'une masse de neige ou de glace le long d'une pente, sur une distance de plus de 50 mètres. Elle peut glisser, couler ou rouler, ou présenter l'aspect d'un nuage de neige tourbillonnant. Les avalanches sont susceptibles de charrier des matériaux étrangers tels que pierres, bois ou terre. Leur formation est notamment influencée par la déclivité de la pente, la rugosité du sol et la constitution du manteau neigeux, ainsi que par la température et le vent.

Les catégories suivantes revêtent de l'importance pour la documentation des avalanches:

Désignation	Caractéristiques
Avalanche de plaque de neige Avalanche de neige sans cohésion	La rupture est linéaire et présente des arêtes vives. La rupture est ponctuelle.
Avalanche de surface Avalanche de fond	Le plan de glissement est situé à l'intérieur du manteau neigeux. Le plan de glissement est au sol.
Avalanche de versant Avalanche de couloir	La trajectoire a une forme étalée. La trajectoire a une forme canalisée.
Avalanche coulante Avalanche poudreuse	Le mouvement est principalement de type écoulement. Le mouvement est principalement tourbillonnant.
Avalanche de neige sèche Avalanche de neige mouillée	Le dépôt est sec. Le dépôt est mouillé.

Les traces d'avalanches sont traitées plus en détail dans la suite du document. Les petits glissements de neige ne sont pas abordés ici.

S'agissant des avalanches, il est très important de décrire le site de leur déroulement et d'ajouter quelques détails. Aussi propose-t-on de relever, dans les zones de rupture, de transit et de dépôt, des traces permettant de reconstituer aussi complètement que possible le déroulement du processus. Les paramètres observés peuvent varier selon que le relevé des traces est effectué aussitôt après l'événement (terrain enneigé) ou seulement au printemps (après la fonte).

Dans la zone de rupture, il y a lieu de relever l'emplacement, l'extension et l'épaisseur de la cassure et de déterminer la profondeur du plan de glissement. Il faut aussi délimiter et caractériser au mieux la zone de transit, c'est-à-dire la trajectoire de l'avalanche. Dans la zone de dépôt,



Avalanche coulante.



Avalanche poudreuse.

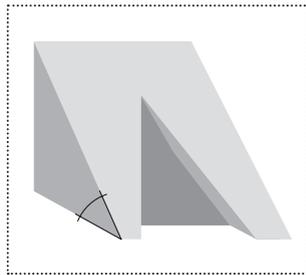
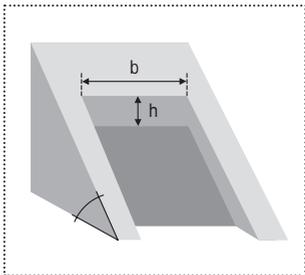
Outre le relevé détaillé des différentes traces laissées par un processus, il est important de décrire l'ensemble du périmètre touché par un événement (cf. chapitre «Éléments composant une documentation optimale des événements»).

l'étalement de la masse neigeuse revêt un intérêt particulier. C'est pourquoi l'emplacement, l'extension et l'épaisseur du dépôt y sont relevés. Parmi les autres éléments importants figure notamment la proportion de matériaux étrangers dans la neige de l'avalanche arrêtée.

Rupture linéaire ou ponctuelle



1



Rupture linéaire et ponctuelle:

- b Largeur de la rupture
- h Épaisseur de la rupture
- α Déclivité de la pente



2

Description

Le lieu de rupture d'une avalanche peut être soit linéaire, soit ponctuel. Lorsqu'on est en présence d'une cassure linéaire (fig. 1) traversant la pente et caractérisée par un large décrochement à bords francs, on parle d'avalanche de plaque de neige. Cette avalanche se détache sous la forme de panneaux entiers dans un manteau neigeux à strates compactes. Une rupture ponctuelle (fig. 2) survient dans une neige meuble de faible cohésion. Une avalanche de neige sans cohésion partant d'un point ne grossit que progressivement.

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension de la rupture
- Décrire la zone de rupture
- Décrire la forme de la rupture (linéaire, ponctuelle)
- Déterminer la largeur et l'épaisseur de la rupture
- Déterminer l'exposition et la déclivité de la zone de rupture
- Indiquer la cause de la rupture (spontanée, provoqué par un minage, par un skieur)

Traces d'avalanche dans les zones de rupture et de transit: Plan de glissement à l'intérieur du manteau neigeux ou au sol



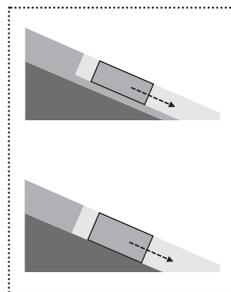
1

Description

Le plan de glissement sur lequel l'avalanche se met en mouvement peut se trouver soit à l'intérieur du manteau neigeux, soit directement à la surface du sol. Lorsqu'il est dans le manteau neigeux (fig. 1), on parle d'avalanche de surface. On observe alors une couche de neige unie dans la zone de rupture. Le plan de glissement peut se trouver dans la neige fraîche, dans la vieille neige ou à l'interface entre les deux. On parle d'avalanche de fond (fig. 2) lorsque le plan de glissement se trouve directement sur le terrain, si bien qu'on voit apparaître la surface du sol généralement rabotée dans la zone de rupture.



2

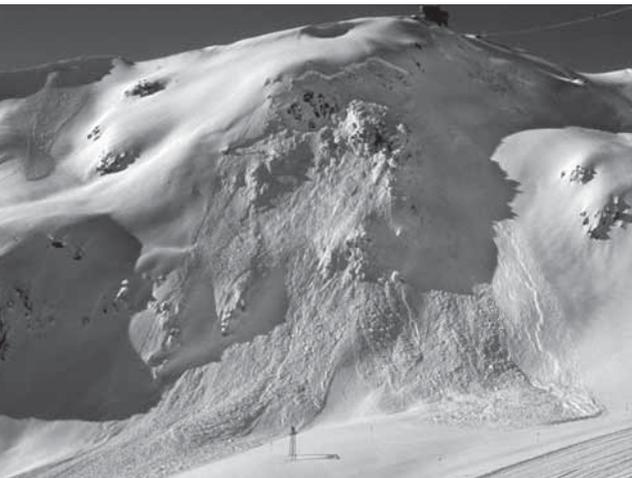


Plan de glissement à l'intérieur du manteau neigeux (en haut) et au sol (en bas).

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension du plan de glissement
- Décrire la position du plan de glissement (à l'intérieur du manteau neigeux, au sol)
- Décrire les caractéristiques du plan de glissement (rugosité, particularités de la neige, givre de surface)
- Déterminer la profondeur du plan de glissement

Traces d'avalanche dans la zone de transit: Trajectoire étalée ou canalisée



1

Description

La trajectoire d'une avalanche peut être étalée ou canalisée selon la forme de la rupture et la configuration du terrain. Lorsque la trajectoire parcourt une large pente, il se forme généralement une avalanche étalée (fig. 1), qui se propage sur tout le versant. On parle d'avalanche canalisée (fig. 2) lorsque la trajectoire emprunte principalement une ravine ou une tranchée en forêt. Il arrive aussi qu'une avalanche démarre sous la forme d'avalanche de versant puis soit canalisée dans une ravine située en contrebas.



2

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension de la trajectoire
-
- Décrire la forme de la trajectoire (étalée, canalisée)
-
- Déterminer la longueur et la largeur de la trajectoire
-
- Décrire le contexte de la trajectoire (déclivité de la pente, topographie, végétation)
-

Traces d'avalanche dans les zones de transit et de dépôt: Indices d'une avalanche coulante



1



2

Description

Des traces de rabotage du sol (fig. 1) indiquent qu'une avalanche s'est principalement propagée en s'écoulant. C'est aussi le cas lorsqu'on observe des traces (lignes) d'écoulement plus ou moins nettes dans les zones de transit et de dépôt (fig. 2).

Une avalanche coulante qui brise des arbres les entraîne généralement avec elle, pour les déposer lorsqu'elle s'immobilise.

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension des indices
- Décrire la nature des indices
- Déterminer la taille des indices (longueur, largeur)

Indices d'une avalanche poudreuse



1



2

Description

Lorsqu'une avalanche est descendue principalement en tourbillonnant, on n'observe aucune trace d'écoulement ni de rabotage dans les zones de transit et de dépôt. La présence de neige fortement comprimée, tapissant par exemple une façade de maison jusqu'au toit (fig. 1), constitue un indice important de l'occurrence d'une avalanche poudreuse.

La destruction d'une étendue de forêt (fig. 2) est un autre indice d'avalanche poudreuse, pour autant que les arbres brisés par le souffle de l'avalanche n'aient pas été entraînés, mais soient restés sur place.

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension des indices
- Décrire la nature des indices
- Déterminer la taille des indices (longueur, largeur)



Description

Lorsqu'une forêt se trouve sur la trajectoire ou dans la zone de dépôt d'une avalanche, elle est généralement fortement endommagée. Les arbres peuvent être décapités, cassés, déracinés, ébranchés ou inclinés selon l'intensité et la nature de l'avalanche (fig. 1). Il en résulte parfois de véritables tranchées dans la forêt (fig. 2). Les arbres peuvent être endommagés à une hauteur variable au-dessus du sol.

Documentation

- Cartographier l'emplacement des arbres endommagés
- Décrire la nature des dommages
- Déterminer la hauteur des dommages aux arbres au-dessus du sol
- Déterminer la superficie de la forêt endommagée

Forme et volume du dépôt



Description

La forme et le volume du dépôt peuvent varier considérablement selon la configuration du terrain et le type d'avalanche. Le dépôt est généralement étalé (fig. 1) lorsque la trajectoire l'est aussi. Inversement, une trajectoire canalisée produit plutôt un dépôt lobé, digité ou conique (fig. 2). L'extension spatiale et la hauteur du dépôt varient également dans une large mesure. Il arrive même qu'une avalanche remonte sur le versant opposé avant de s'arrêter. Dans le cas des avalanches poudreuses, on admet que la zone de dépôt correspond à l'aire de sédimentation du nuage de neige.

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension du dépôt
- Décrire la forme du dépôt (plane, lobée, conique)
- Déterminer la longueur, la largeur et l'épaisseur du dépôt
- Déterminer le volume total du dépôt
- Décrire le contexte du dépôt (déclivité, topographie, végétation)

Traces d'avalanche dans la zone de dépôt: Nature de la masse de neige et charriage de matériaux étrangers



1



2

Description

Les dépôts d'avalanches présentent des rugosités, degrés d'humidité et charges en matériaux étrangers très variables. Ils sont constitués de composants très fins à très grossiers, pouvant être subdivisés à leur tour en blocs anguleux durs et en boules rondes tendres (fig. 1). Le degré d'humidité de la masse déposée varie aussi dans une large mesure, puisque la neige peut être de très sèche à très mouillée. En outre, le dépôt comprend soit de la neige pure, soit aussi des matériaux étrangers, tels que pierres, terre et bois, en proportions variables (fig.2).

Documentation

- Cartographier l'emplacement et l'extension des différentes masses de neige
-
- Décrire la rugosité du dépôt (grossier, fin)
-
- Décrire la nature des composants déposés (blocs anguleux, boules rondes)
-
- Consigner le degré d'humidité de la masse de neige (sèche, humide, mouillée)
-
- Décrire les matériaux étrangers compris dans le dépôt (pierres, terre, bois)
-
- Déterminer la proportion de matériaux étrangers
-

BUWAL, Eidg. Forstdirektion, 1998: Begriffsdefinitionen zu den Themen: Geomorphologie, Naturgefahren, Forstwesen, Sicherheit, Risiko. Arbeitspapier. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Eidg. Forstdirektion. Bern

BWW, BUWAL, 1995: Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene. Empfehlungen Naturgefahren. Bundesamt für Wasserwirtschaft, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern

BWW, BRP, BUWAL, 1997: Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten, Empfehlung Naturgefahren. Bundesamt für Wasserwirtschaft, Bundesamt für Raumplanung, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern

BWW, BRP, BUWAL, 1997: Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten, Empfehlung Naturgefahren. Bundesamt für Wasserwirtschaft, Bundesamt für Raumplanung, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern

Hübl J., Kienholz H., Loipersberger A. (Eds.), 2002: DOMODIS: Documentation of Mountain Disasters – State of Discussion in the European Mountain Areas. Internationale Forschungsgesellschaft INTERPRAEVENT. Klagenfurt

Hübl J., Kienholz H., Loipersberger A. (Hrsg.), 2006: DOMODIS: Dokumentation alpiner Naturereignisse [Documentation of Mountain Disasters]. Internationale Forschungsgesellschaft INTERPRAEVENT. Klagenfurt

Kantonsforstamt Glarus, 1998: Anleitung zur Spurensicherung. Kantonaler Ereigniskataster. Glarus

Kantonsforstamt St. Gallen, 2001: Anleitung zur Spurensicherung. Kantonaler Ereigniskataster Naturgefahren. St. Gallen

Kienholz H., Kunz I., Perret S., 2002: Documentation and Monitoring of Mountain Hazards – An Effective Tool for Integral Risk Management. Final Proc. Int. Symposium on Landslide Risk Mitigation and Protection of Cultural and Natural Heritage. Kyoto, Japan

Kienholz H., Krummenacher B., Kipfer A., Perret S., 2004: Aspects of Integral Risk Management in Practice – Considerations with Respect to Mountain Hazards in Switzerland. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 56/3-4: 43–50

Loat R., Meier E., 2003: Wörterbuch Hochwasserschutz. Dictionnaire de la protection contre les crues. Dizionario della protezione contro le piene. Dictionary of Flood Protection. Bern

OFAT, OFEE, OFEFP, 1997: Prise en compte des dangers dus aux mouvements de terrain dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire. Recommandations dangers naturels. Office fédéral de l'aménagement du territoire, Office fédéral de l'économie des eaux, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage. Berne

OFEE, OFEFP, 1995: Légende modulable pour la cartographie des phénomènes. Recommandations dangers naturels. Office fédéral de l'économie des eaux, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage. Berne

OFEE, OFAT, OFEFP, 1997: Prise en compte des dangers dus aux crues dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire. Recommandations dangers naturels. Office fédéral de l'économie des eaux, Office fédéral de l'aménagement du territoire, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage. Berne

PLANAT, BWG, BUWAL, 2000: Vom Gelände zur Karte der Phänomene. Nationale Plattform Naturgefahren, Bundesamt für Wasser und Geologie, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern

Contact

Secrétariat permanent de la Convention alpine

info@alpconv.org

www.alpconv.org

Siège d'Innsbruck

Herzog-Friedrich-Strasse 15

A-6020 Innsbruck

Bureau de Bolzano

Viale Druso 1

I-39100 Bolzano

Office fédéral suisse de l'environnement (OFEV)

info@bafu.admin.ch

www.bafu.admin.ch

CH-3003 Berne

Cette brochure a été financée par l'Office fédéral suisse de l'environnement (OFEV).



www.alpconv.org