



DOMODIS – Documentation des catastrophes naturelles en montagne [**Documentation of Mountain Disasters**]

Johannes Hübl, Hans Kienholz, Anton Loipersberger (Editeurs)



Impressum

Rédaction:

Hübl, Johannes Institut de recherche sur les dangers naturels alpins, BOKU-Vienne (Autriche)
Kienholz, Hans Institut de géographie, Université de Berne (Suisse)
Loipersberger, Anton Office bavarois pour la gestion des eaux, Munich (Allemagne)

Avec la contribution de:

Balteanu, Dan Institut de géographie, Académie roumaine, Bucarest (Roumanie)
Corominas, Jordi Institut de géotechnique, Université polytechnique de Catalogne, Barcelone (Espagne)
Egli, Thomas Egli Engineering, Saint-Gall (Suisse)
Glade, Thomas Institut de géographie, Université de Vienne (Autriche)
Hegg, Christoph Institut fédéral de recherches sur la Forêt, la Neige et le Paysage (FNP/WSL), Birmensdorf (Suisse)
Schrott, Lothar Département de géographie et de géologie, Université de Salzburg (Autriche)
Sperling, Markus Province autonome de Bolzano (Sud Tyrol),
Office pour la conservation des sols et le contrôle des torrents et avalanches (Italie)

Avec le soutien de:

IAG International Association of Geomorphologists, UBC, Vancouver (Canada)
ICSU-CDR International Council for Science, Committee on Disaster Reduction, Paris (France)
INTERPRAEVENT Société internationale de recherche INTERPRAEVENT, Klagenfurt (Autriche)

Conception graphique:

Felix Frank, Berne (Suisse)

Impression:

☞ Kreiner Druck, Villach (Autriche)

Traduction:

Estelle Arbellay, Markus Stoffel, dendrolab.ch, Institut de géologie, Université de Berne (Suisse)

Citation:

Hübl, J., Kienholz, H., Loipersberger, A. (Eds.):
DOMODIS – Documentation des catastrophes naturelles en montagne [Documentation of Mountain Disasters]

Commande:

Société internationale de recherche INTERPRAEVENT
Flatschacher Strasse 70
A-9020 Klagenfurt (Autriche)
ISBN 978-3-901164-12-5

Liens internet:

www.interpraevent.at -> service -> publications

DOMODIS –

Documentation des
catastrophes naturelles en montagne
[**D**ocumentation of **M**ountain **D**isasters]

Table des matières

2

Qu'est-ce que DOMODIS ?	3
Partie 1 Principes généraux	4
1.1 Introduction	4
1.2 La gestion des dangers et risques naturels en montagne	4
1.3 Prévention des risques et mitigation des catastrophes	4
1.4 Importance des informations sur les événements passés	5
1.5 Quels types d'événements sont considérés dans DOMODIS ?	6
1.6 Différents acteurs; intérêts différents	6
1.7 Organisation et formation au niveau national, régional ou local	6
1.8 Conséquences pour les décideurs	7
Partie 2 Méthodologie de mise en œuvre	8
2.1 Remarques générales	8
2.2 Intégration de DOMODIS dans la prévention des risques et son lien avec la gestion des événements	8
2.3 Définition des objectifs et limites de la mise en œuvre de DOMODIS sur le territoire considéré	9
2.4 Classification des événements et phases de documentation	9
2.5 Organisation de la collecte des données pendant et après l'événement	9
2.6 Stockage, gestion et dissémination des données	10
2.7 Outils de documentation	11
2.8 Formation et entraînement des personnes responsables de la documentation sur le terrain	11
Partie 3 DOMODIS dans la pratique	12
3.1 Outils de documentation	12
3.2 Check-lists	12
3.3 Formulaires	12
Partie 4 Bibliographie	13
Partie 5 Annexes	14
5.1 Proposition de légende des cartes	14
5.2 Formulaires (Exemple: « StorMe », Suisse)	14
5.3 Caractéristiques des processus	22
5.3.1 Inondations et transport de sédiments	22
5.3.2 Laves torrentielles et coulées de boue	24
5.3.3 Chutes de pierres	26
5.3.4 Glissements de terrain	28
5.3.5 Avalanches	32



Narenbach (Diemtigal, Suisse)

Kienholz, 1977

DOMODIS est l'abréviation de « **Documentation of Mountain Disasters** », ce qui signifie documentation des catastrophes naturelles en montagne. DOMODIS est un projet commun entre l'ICSU-CDR¹, l'IAG² et INTERPRAEVENT³.

Ce projet, initié par Hans Kienholz (Université de Berne, Suisse), répond aux besoins exprimés par les experts locaux et spécialistes des géosciences en matière de documentation standardisée et de structures organisationnelles adaptées aux catastrophes naturelles.

DOMODIS a fait l'objet de discussions dans le cadre de quatre workshops internationaux:

- en mars 1998 à Berne, Suisse;
- en novembre 1998 à Barcelone, Espagne;
- en octobre 1999 à Bucarest, Roumanie;
- en septembre 2000 à Goldrain, Province autonome de Bolzano (Sud Tyrol), Italie.

Les participants venant majoritairement des pays alpins, mais aussi d'autres régions montagneuses européennes, ont cherché à définir un «**état actuel de la discussion**» autour de cette problématique. La présente publication a pour objectif de synthétiser les diverses contributions et idées afin d'exposer les principes généraux de DOMODIS. Ceux-ci ont déjà fait l'objet d'une publication en anglais⁴ en 2002 et d'une publication en allemand⁵ en 2006.

Les auteurs de la présente contribution et des deux publications précédentes sont conscients que ce travail n'est

qu'un point de départ invitant à de plus amples discussions et échanges. Ils encouragent d'autres groupes travaillant sur ce sujet à leur faire part de leurs commentaires. La synthèse des discussions antérieures sur DOMODIS est ici présentée en cinq chapitres:

- la **partie 1** décrit les objectifs principaux de DOMODIS ainsi que les conditions de sa mise en œuvre.
- la **partie 2** donne plus de détails sur la mise en œuvre de DOMODIS à l'intention des personnes concernées.
- la **partie 3** s'adresse aux praticiens chargés de la documentation sur le terrain.
- dans la **partie 4** se trouvent les références bibliographiques des parties 1–3.
- les annexes de la **partie 5** sont un ensemble de suggestions et d'exemples pour le travail de terrain (légende des cartes, formulaires et caractéristiques des processus).

Les auteurs remercient tous les collègues qui ont contribué à cette publication ainsi que tous les participants aux workshops qui ont contribué aux discussions. Vous pouvez adresser vos questions, remarques et commentaires (en allemand ou en anglais) à:

- Johannes Hübl
e-mail: johannes.huebl@boku.ac.at
- Hans Kienholz
e-mail: kienholz@kinaris.ch
- Anton Loipersberger
e-mail: anton.loipersberger@lfu.bayern.de

Les auteurs remercient également les organisations qui ont soutenu ce projet et la publication de ce travail:

- International Council for Science, Committee on Disaster Reduction, Paris (France);
- Société internationale de recherche INTERPRAEVENT, Klagenfurt (Autriche);
- International Association of Geomorphologists, Vancouver (Canada).

¹ International Council for Science, Committee on Disaster Reduction (anciennement ICSU-SC IDNDR), Paris (France)

² International Association of Geomorphologists, Vancouver (Canada)

³ Société internationale de recherche INTERPRAEVENT, Klagenfurt (Autriche)

⁴ Hübl, J., Kienholz, H., Loipersberger, A. (Eds.): DOMODIS - Documentation of Mountain Disasters. State of Discussion in the European Mountain Areas (Klagenfurt, 2002)

⁵ Hübl, J., Kienholz, H., Loipersberger, A. (Eds.): DOMODIS - Dokumentation alpiner Naturereignisse [Documentation of Mountain Disasters] (Klagenfurt, 2006)

1.1 Introduction

La gestion des dangers et risques naturels en montagne (liés aux avalanches, torrents de montagne, laves torrentielles, chutes de pierres, glissements de terrain, etc.) nécessite une analyse et une évaluation soigneuses des dangers et des risques. Une des approches fondamentales est d'analyser les événements passés, par exemple sur la base de documents sur ces événements.

Le problème est qu'un bon nombre d'informations ne sont pas correctement répertoriées. Dans la plupart des cas, elles sont inscrites dans la mémoire de quelques experts et habitants d'une région ou dans les archives locales. Il est regrettable de constater que lorsque ces personnes se retirent de la vie active ou décèdent, ces informations peuvent devenir indisponibles ou se perdre définitivement.

En outre, il n'existe pas d'évaluation systématique des événements passés sur le long terme ou sur le plan régional. Il est ainsi primordial de procéder à :

- une analyse a posteriori des **événements passés** en remontant aussi loin que possible (cadastre rétrospectif des événements); et
- une documentation immédiate et systématique des **événements actuels** en archivant les notes dans des formulaires et le cas échéant en conduisant des analyses approfondies.

La présente publication traite de la documentation des catastrophes naturelles en montagne, autrement dit de la « Documentation of Mountain Disasters » (DOMODIS). Elle donne des informations d'ordre scientifique et technique, ainsi que des informations d'ordre organisationnel pour la mise en œuvre de DOMODIS par des autorités régionales ou nationales.

DOMODIS permet une **documentation** des événements, en temps réel ou différé, au moyen de formulaires, cartes et photos. Il ne s'agit pas de faire l'analyse, l'évaluation ou

la gestion des dangers et/ou des risques d'une situation particulière. Ce système n'a pour but immédiat que d'enregistrer les données de manière synoptique pour un usage ultérieur. En ce sens, les données recueillies sont une précieuse source d'informations pour de plus amples analyses. Les conditions naturelles et les systèmes politiques et administratifs étant susceptibles de passablement varier d'un pays à l'autre, la présente contribution se limite à proposer des idées générales et à donner quelques exemples illustrés. Sur la base de ces idées générales, la mise en œuvre de DOMODIS doit être adaptée aux conditions spécifiques de chaque situation.

1.2 La gestion des dangers et risques naturels en montagne

Les dangers naturels en montagne sont définis comme des processus potentiellement dommageables résultant du mouvement de l'eau, de la neige, de la glace, de débris et de rochers à la surface de la terre. Cela inclut les avalanches, les inondations, les laves torrentielles, les chutes de pierres et les glissements de terrain. Ces dangers sont inhérents à la nature des régions de montagne et se produisent avec une magnitude et une fréquence spécifiques à chaque région (UNDRO 1991).

1.3 Prévention des risques et mitigation des catastrophes

La plupart des dégâts engendrés par les catastrophes naturelles en montagne ne sont pas d'origine inconnue. Ils sont très souvent le résultat prévisible d'interactions entre l'environnement et l'homme.

Par conséquent, une gestion stratégique et moderne des dangers naturels en montagne passe par la gestion raisonnée des risques. Cette stratégie requiert une approche systématique quant à la planification et l'application de concepts et de mesures. La gestion des risques inclut les trois secteurs d'action suivants (voir figure 1):

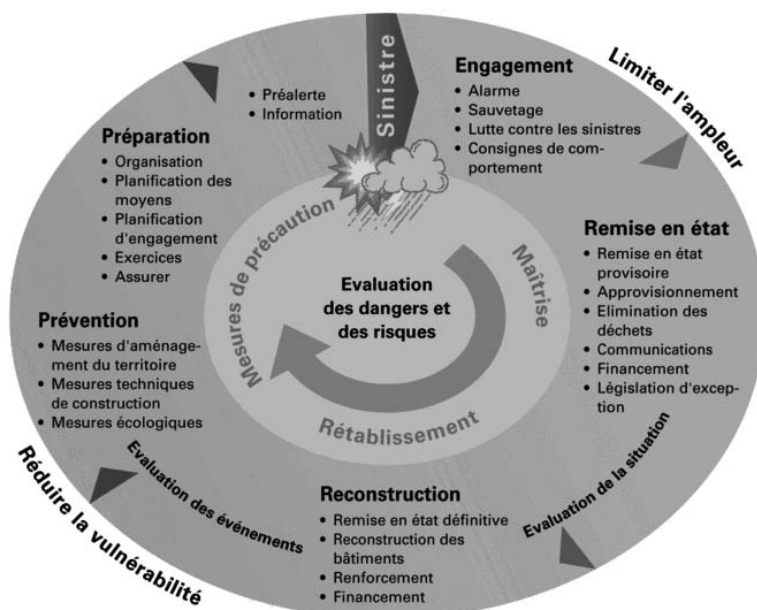
- les mesures de précaution;
- la maîtrise;
- le rétablissement.

Pour une gestion intégrée des risques, il faudrait idéalement considérer en premier lieu et pour chaque activité humaine non seulement le bénéfice visé, mais également les risques inhérents possibles. Dans le contexte des risques naturels, la gestion devrait débuter par une analyse objective des dangers possibles ainsi que par une analyse de la vulnérabilité de la population et des biens matériels. Sur la base de ces analyses, une évaluation des risques peut être conduite.

Là où les risques sont trop importants, des mesures de précaution (voir figure 1) doivent être prises. Elles se composent de la prévention et de la préparation dont l'objectif est de réduire la vulnérabilité de la population et des biens matériels face aux dangers naturels.

Alors que la prévention a pour objectif d'éviter les dommages par une utilisation appropriée du terrain ou de les réduire par des mesures de protection, la préparation englobe, elle, toutes les actions pouvant aider à surmonter une catastrophe (par ex. la mise en place et la formation d'équipes de secours, la planification des engagements et la conclusion d'assurances).

Figure 1 Cycle de gestion des risques (PLANAT 2011, d'après Kienholz 2001)



En cas de sinistre, il s'agit tout d'abord d'alarmer les secours (mesures de maîtrise de la figure 1) afin de limiter l'ampleur du sinistre par le sauvetage et les soins aux victimes et afin d'empêcher d'autres dommages par la prise de mesures immédiates (évacuations, barricades contre la montée des eaux, etc.). Le rétablissement provisoire des infrastructures vitales doit se faire au plus vite. Compte tenu de l'amélioration continuellement visée en matière de gestion des risques, la documentation des interventions et la documentation des événements (=DOMODIS) doivent aussi être réalisées.

Dans la phase de rétablissement (voir figure 1), les mesures provisoires doivent faire place à des solutions définitives. Il ne s'agit pas uniquement de reconstruire les bâtiments et les infrastructures, mais également d'analyser les événements de manière approfondie et d'en intégrer les leçons dans le cycle de la gestion des risques.

DOMODIS établit un lien direct entre le sinistre et une évaluation constante et améliorée des dangers. La documentation des événements est décisive pour une analyse approfondie des événements et fournit ainsi des bases pour une meilleure analyse des dangers et des risques.

1.4 Importance des informations sur les événements passés

L'évaluation précise et complète des dangers en tant que partie intégrante de la gestion des risques requiert l'application d'un ensemble de méthodes (figure 2). Celles-ci incluent:

- prédéterminer les événements futurs (par l'évaluation détaillée de la situation sur le terrain et par l'application de modèles décrivant les processus), et
- évaluer les événements passés (par l'analyse de documents écrits et de « témoins silencieux » sur le terrain).

La qualité des méthodes de prédétermination dépend aussi de l'expérience acquise grâce à l'évaluation des événements passés. Il est impossible de mettre au point de bons modèles sans observations et mesures et sans l'expérience fournie par la pratique. **La connaissance des événements passés est donc indispensable.**

Baucoup d'événements dangereux sont de courte durée (minutes, quelques heures), alors qu'il peut s'écouler un temps très long (années, décennies et même siècles) entre deux événements (voir l'exemple de la figure 3). L'évaluation des dangers doit normalement se faire durant les phases d'accalmie entre les événements particulièrement catastrophiques. L'expert doit donc être en mesure de se faire une image précise des événements possibles et de se doter de modèles représentatifs. Il doit être capable de prévoir des scénarios réalistes susceptibles de se produire durant ces événements intenses mais de courte durée. Il va sans dire que ces scénarios prédictifs doivent être corroborés par des données et faits exacts dérivés d'événements passés.

Cela requiert un suivi précis et détaillé des événements. Cependant, dans la réalité, il est assez rare que les experts soient présents au moment et à l'endroit où les événements se produisent. Il serait donc souhaitable que les personnes proches de l'événement puissent observer les processus et collecter les données, et que les experts puissent être immédiatement avertis afin de collecter des données pendant ou

juste après l'événement. Des mesures immédiates comme le déblaiement des routes sont généralement prises **en quelques heures**. D'importants témoins silencieux sont ainsi évacués des zones de transport et de dépôt.

Le souhait mentionné ci-dessus n'est pourtant pas irréaliste. Ceci reste toutefois un peu théorique car les habitants de la zone touchée s'engagent prioritairement dans la sauvegarde et la protection des vies et des biens. Les experts et les autorités sont également impliqués dans les opérations de secours et la prise de mesures immédiates. Les personnes qui ont par hasard documenté l'événement (comme les témoins oculaires locaux, touristes ou journalistes) parlent le plus souvent des dégâts et non du processus géomorphologique lui-même.

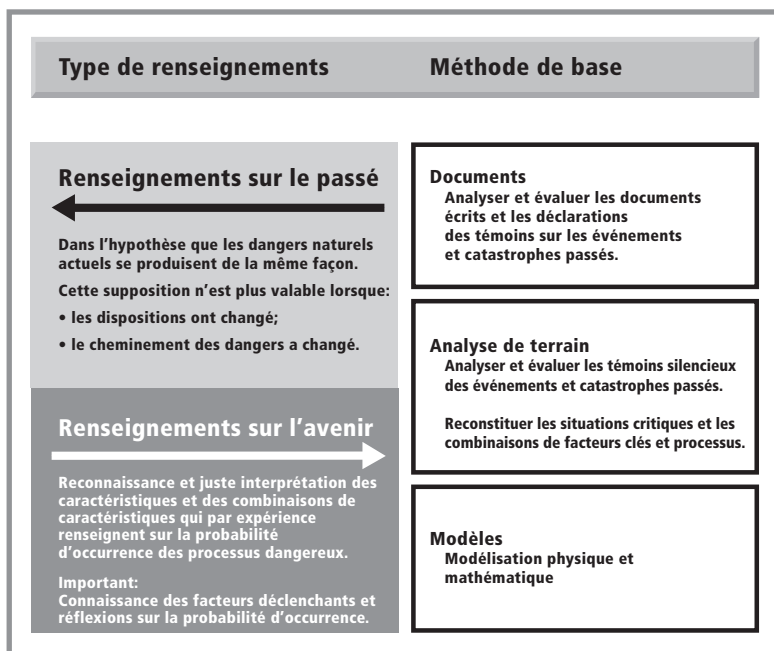
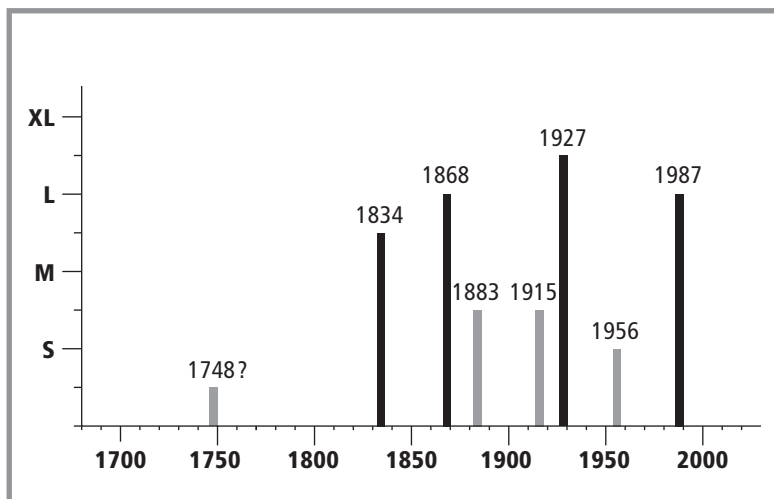


Figure 2 Méthodes de base pour l'évaluation des dangers (d'après Kienholz dans Heinimann et al. 1998).

Figure 3 Activité torrentielle importante et laves torrentielles affectant le cône de déjection de la rivière Zavragia dans les Grisons/Suisse (d'après Kienholz dans Heinimann et al. 1998: p. 52). Magnitude des événements (matériaux transportés): **S**mall, **M**edium, **L**arge, **eX**tra Large. Les événements de magnitude supérieure à Medium sont indiqués par des barres foncées, les événements de plus faible magnitude par des barres claires.



1.5 Quels types d'événements sont considérés dans DOMODIS ?

Les processus géomorphologiques se produisent partout et constamment: l'eau s'écoule et altère; l'érosion, le transport et le dépôt de matériaux sont des processus continus. Cependant, DOMODIS concerne les événements de magnitude élevée qui peuvent:

- causer des dommages à la population et/ou à leurs biens;
- causer des dommages écologiques et des dommages à la végétation;
- entraîner des changements du paysage et des écosystèmes;
- réduire l'efficacité des ouvrages de protection.

La plupart de ces événements sont de courte durée (minutes, heures, quelques jours). D'autres processus caractérisés par une importante masse mais une faible vitesse (ex. glissements de terrain profonds ou déformation des roches) peuvent être continus, périodiques ou épisodiques (annuels, décennaux, séculaires). Toutefois la documentation de ces derniers est moins délicate, c'est pourquoi DOMODIS met avant tout l'accent sur les événements de courte durée.

En plus des processus mentionnés précédemment, DOMODIS inclut tous les événements, même modestes et ne causant pas de dégâts, mais qui peuvent fournir des informations sur les processus et sur l'efficacité des mesures de protection (notamment les ouvrages). Les événements qui affectent la population, leurs biens et les infrastructures requièrent une gestion optimale des événements.

Dans le cadre d'une gestion durable des événements, il est essentiel d'inclure toute information disponible sur les événements passés ayant ou non généré des dégâts, ainsi que sur les processus actuels. L'intégration de la documentation des événements dans la gestion des événements est exposée ci-après.

Dans ce contexte, l'analyse de données historiques provenant de diverses archives (communes, autorités locales, monastères, etc.) peut également être un outil intéressant pour une meilleure évaluation des dangers, mais la présente publication ne traite pas de cette question.

1.6 Différents acteurs; intérêts différents

Différents acteurs sont intéressés par des données sur les causes et conditions propices aux événements dangereux et processus associés. Les personnes responsables de la gestion des événements ont besoin de données actuelles et d'informations de première main.

D'autre part, les scientifiques souhaiteraient recueillir des données très spécifiques sur certains aspects des processus qu'ils étudient. Entre les deux, on trouve également les experts et praticiens du domaine (ex. ingénieurs civils, ingénieurs forestiers, etc.) venant d'agences gouvernementales ou de compagnies privées qui travaillent sur la prévention des risques en montagne.

Les scientifiques sont dans l'obligation de récolter eux-mêmes les données précises et très spécifiques dont ils ont besoin, même si cela n'est possible qu'une fois l'événement passé. Il est essentiel qu'ils soient avertis de l'événement le plus tôt possible et qu'ils aient accès aux données déjà obtenues par les autres acteurs.

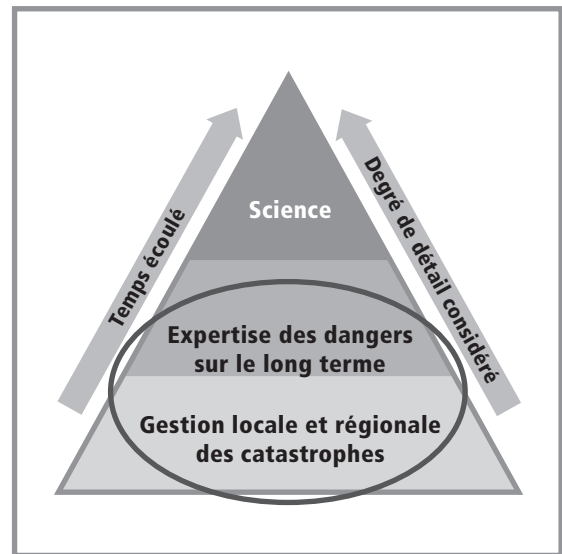
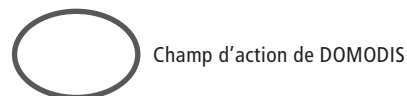


Figure 4 Actualité et degré de détail de la documentation des événements: intérêts des différents acteurs (Kienholz, 2001).



Pour les acteurs chargés de la gestion des événements, le facteur temps est crucial. Il leur faut rapidement des informations ciblées et précises mais ils n'ont pas besoin de connaître tous les détails concernant les processus. Dans ce cas, les informations doivent être récoltées par les personnes qui se trouvent sur le terrain.

DOMODIS concerne principalement les acteurs des catégories inférieure et intermédiaire (voir le schéma de la figure 4) qui ont besoin de données solides devant être récoltées pendant ou juste après l'événement. Il leur faut des données précises et fiables, utilisables pour cartographier les zones de danger, concevoir des mesures de prévention et parer à de futurs événements.

1.7 Organisation et formation au niveau national, régional ou local

Pour mettre en œuvre DOMODIS, il est nécessaire de prévoir une structure administrative (éventuellement à base légale) complète au niveau national, régional ou local.

L'organisation de DOMODIS dans chaque pays et région dépend de plusieurs conditions, telles que l'organisation et les prérogatives des différentes agences gouvernementales, la disponibilité des experts en cas d'événement, la présence

d'experts privés, les procédures financières, les restrictions financières, etc.

La gestion des événements au niveau national, régional ou local implique plusieurs types d'intervention qui devraient se baser sur des structures organisationnelles bien préparées. La plupart des événements considérés, selon leur type (tableau 1), nécessitent des mesures d'intervention bien préparées ou ad hoc. Ces mesures concernent par exemple les domaines suivants:

- la communication entre tous les acteurs concernés;
- le sauvetage des vies humaines;
- les vols de reconnaissance;
- le déblaiement des débris;
- la régulation du trafic et la remise en état des voies de communication et des réseaux;
- les systèmes d'alerte.

A toutes ces mesures (liste non exhaustive) vient s'ajouter la documentation des événements qui doit être effectuée aussitôt que possible après l'événement.

L'observation et la documentation de l'événement doivent être effectuées par des experts qui ne sont pas en charge ou impliqués dans les mesures de sauvetage.

Afin de faciliter une telle documentation, deux conditions majeures doivent être remplies:

- Les experts qui peuvent être appelés en cas d'événements doivent être préalablement formés pour pouvoir effectuer cette documentation de manière standardisée et adaptée. Cette formation fait partie de la préparation à la gestion des événements.
- Une structure organisationnelle doit être mise sur pied pour
 - permettre d'appeler les experts et coordonner leurs actions;
 - rendre possible cette documentation en assurant le libre accès aux sites (ex. par un permis officiel), la mise à disposition de moyens de transport et la prise de vues aériennes;
 - assurer la compilation, l'archivage et le libre accès des données recueillies; et
 - garantir le financement de base de toutes ces actions.

La mise en œuvre de DOMODIS nécessite la formation préalable des personnes chargées de la documentation. Il est également indispensable de leur fournir les outils appropriés à ce travail afin de faciliter le travail de terrain et d'assurer un niveau constant de qualité des données.

1.8 Conséquences pour les décideurs

Les remarques faites ci-dessus soulignent l'objectif et l'importance de DOMODIS. Tous les experts qui ont participé aux quatre workshops et à l'élaboration de la présente publication sont d'avis que DOMODIS est un élément indispensable de la gestion des risques dans les régions de montagne. Certains pays participants ont déjà entamé la mise en œuvre de DOMODIS. En ce sens, nous considérons cette publication comme un résumé de l'état actuel de la discussion pour les régions de montagne européennes. Elle contient des informations précieuses pour toutes les autres organisations travaillant sur ce sujet.

La mise en œuvre de DOMODIS requiert un certain nombre de décisions fondamentales:

- reconnaissance de l'importance de DOMODIS;
- mise en place des structures organisationnelles et légales nécessaires;
- garantie d'un financement de base.

A ces conditions, DOMODIS peut constituer un instrument précieux pour la gestion des risques, allant dans le sens de la prévention, et être une base importante pour le développement de la connaissance des processus naturels complexes.



Moschergaben (Autriche)

Hübl, 1997



Ötztaler Ache (Autriche)

WLV Osttirol, 1987

2.1 Remarques générales

Chaque pays ou région doit organiser sa propre méthode de documentation en fonction du contexte administratif et en impliquant des experts au parcours professionnel diversifié et ayant une bonne expérience du travail de terrain. Le développement d'une structure appropriée implique de:

- définir les objectifs et limites de la mise en œuvre de DOMODIS sur le territoire considéré;
- définir l'organisation de la collecte des données;
- définir quelles catégories de personnes doivent être impliquées dans DOMODIS: membres de l'administration centrale? responsables des routes? forestiers? experts de compagnies privées? autres?
- adapter les outils nécessaires (exemples illustrés, formulaires, légende des cartes) aux particularités du territoire;
- décrire le travail de documentation;
- faire le lien avec les « données externes » (météorologie, archives, témoins, photos, documents audio et vidéo, mesures d'urgence et coûts, mesures de contrôle et coûts, dégâts, etc.);
- constituer une base de données et un SIG (Système d'Informations Géographiques);
- créer un centre d'informations pour collecter, archiver et disséminer les informations sur les événements, les dangers, les risques, les mesures de contrôle, la modélisation pour la prévention, etc.;

- vérifier les données recueillies et assurer l'utilisation correcte de ces données, etc.

2.2 Intégration de DOMODIS dans la prévention des risques et son lien avec la gestion des événements

Comme illustré à la figure 1, la documentation des événements dangereux doit faire partie intégrante de la prévention des risques et être étroitement liée à la gestion des événements. C'est pourquoi il est nécessaire de prêter attention à cet aspect dans toute planification et préparation à la gestion des événements. Ce qui signifie:

- désigner les personnes responsables de la documentation dans tous les schémas organisationnels destinés aux gestionnaires de la crise, par exemple;
- intégrer la catégorie « documentation » dans toutes les check-lists et procédures formelles destinées aux équipes de secours et aux gestionnaires de la crise;
- préparer les permis de libre accès pour les personnes chargées de la documentation et leur mettre à disposition les moyens adéquats (transport, par exemple), avec un niveau de priorité adapté.
- La documentation des événements doit être considérée par tous les acteurs comme une tâche très importante en relation étroite avec la gestion des événements.

Tableau 1 Classification des événements: quels événements sont considérés dans DOMODIS? (Kienholz, 2001).

	Événement DOMODIS: à documenter absolument		Événement DOMODIS potentiel: à documenter sur la base des autres critères		Événement chronique: n'inscrire que les paramètres principaux (date, heure, etc.) peut être suffisant	
zone touchée	A3 région		A2 commune, ville		A1 événement localisé	
fréquence de l'événement dans le secteur considéré	F6 observé pour la première fois	F5 rare (période de retour >100 ans)	F4 moyen (période de retour 30-100 ans)	F3 fréquent (période de retour 5-30 ans)	F2 très fréquent (période de retour 1-5 ans)	F1 plusieurs fois par an
magnitude de l'événement	M3 événement ayant causé des dégâts		M2 événement ayant pu causer des dégâts		M1 événement important mais n'ayant pas causé de dégâts	

Exemple A1 – F3 – M3:
Événement localisé – fréquent – ayant causé des dégâts

En règle générale, le travail de terrain de la phase 1 nécessite par événement:

- **événements localisés:**
1 personne-jour (ex. 1 journée de travail pour 1 personne)
- **événements à l'échelle d'une commune ou d'une ville:**
5–15 personnes-jours (ex. 1 semaine de travail pour 2–3 personnes)
- **événements d'ampleur régionale:** >20 personnes-jours (ex. >1 semaine de travail pour >4 personnes)

Les coûts et le temps nécessaires peuvent dépendre de la catégorie d'événement. Il appartient à l'administration d'en fixer le montant. Toutefois, il faut noter que, le plus souvent, les coûts d'une bonne documentation représentent moins de un pourcent des coûts de sauvetage, déblaiement, reconstruction et mesures de mitigation éventuelles. Très souvent, les dépenses pour les mesures de mitigation sont mieux estimées si les événements sont soigneusement analysés.

2.3 Définition des objectifs et limites de la mise en œuvre de DOMODIS sur le territoire considéré

Il faut déterminer quels sont les types d'événements à documenter dans le pays ou la région considéré(e) en répondant aux questions suivantes:

- Quels types de processus ont eu lieu?
- Quelles magnitudes d'événement ont été observées?
- Quels lieux ont été touchés: des lieux habités? des réseaux? des voies de communication? tout le territoire?
- De quoi faut-il encore tenir compte?
- Quel type et quelle charge de travail sont requis dans quelles circonstances?

2.4 Classification des événements et phases de documentation

Il y a différents types d'événements. En conformité avec les priorités et procédures de documentation recommandées, il y a – mis à part le type de processus – principalement trois paramètres à prendre en compte: la **magnitude de l'événement**, la **fréquence de l'événement** et la **zone touchée** (dégâts).

Selon la situation générale dans le pays ou la région considéré(e) et selon l'organisation et la disponibilité des personnes, l'autorité responsable de DOMODIS peut décider de modifier les critères proposés dans le tableau 1.

Selon la dimension de l'événement et les demandes des différents acteurs (figure 4), il peut y avoir 1 ou 2 (ou même 3) phases de documentation:

- **Phase 1:** collecte des données minimales (quoi? où? quand? combien?).
- **Phase 2:** étude détaillée de toute la zone concernée (ex. bassin versant d'un torrent de montagne).
- **Phase 3:** étude très détaillée et approfondie de certains aspects particuliers de l'événement. De telles études doivent généralement être réalisées par les scientifiques et ingénieurs eux-mêmes, mais en relation étroite avec les autorités responsables.

2.5 Organisation de la collecte des données pendant et après l'événement

Le but d'une première documentation est de fournir des données aux personnes responsables de la gestion des événements (ex. pour une meilleure sécurité des équipes de secours, etc.). Toutefois, son but premier est de collecter toutes les données importantes pour les acteurs des catégories inférieure et intermédiaire (voir figure 4), autrement dit pour les ingénieurs et autres professionnels chargés de réduire les risques futurs.

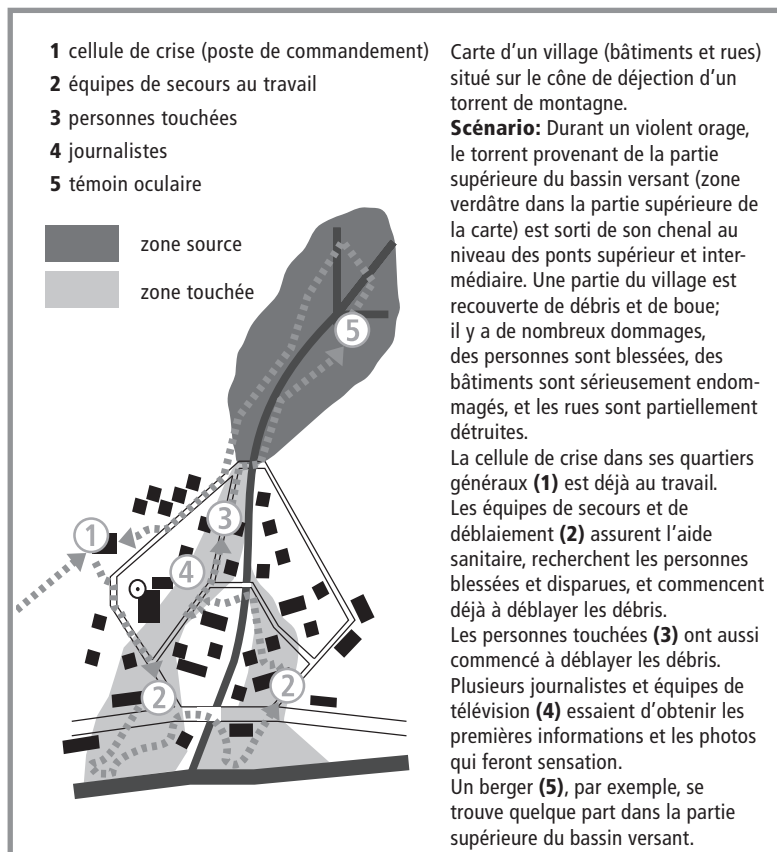
Par conséquent, cette documentation doit donc être effectuée par des personnes de même profession et de même formation, c'est-à-dire par des ingénieurs, géologues, géomorphologues, etc. Cependant, ce travail doit inclure dès le début, des professionnels locaux (non académiques) comme les forestiers, contremaîtres, etc., qui sont bien formés et entraînés pour cette tâche et qui peuvent apporter une expérience locale fiable. Toutefois, pour les besoins des acteurs de la catégorie intermédiaire (voir figure 4), il est généralement nécessaire d'impliquer les ingénieurs, géologues, géomorphologues, etc. pour affiner et compléter

les observations et premières interprétations. Les principaux points suivants doivent être considérés:

- Qui, en cas d'événement, est alerté en priorité? Est-ce une autorité compétente (ex. la police) par laquelle l'information transite dans tous les cas?
- Après l'alerte, qui sont les premières personnes chargées de la documentation?
- Qui est responsable de la documentation (ex. employés gouvernementaux ou experts de compagnies privées)? Qui décide des étapes suivantes?
- Comment cela peut-il être intégré dans les schémas d'organisation de la prévention immédiate des risques et de la gestion des événements?

Donc, la documentation doit être assurée par des personnes qui connaissent les besoins des ingénieurs et des autres professionnels, qui connaissent les processus ainsi que les concepts et techniques de mitigation, et qui « parlent le même langage ». Une liste des experts régionaux de la documentation est donc indispensable et fait partie de la

Figure 5 DOMODIS en tant que partie indépendante de la gestion des événements (voir également figure 1). Les flèches montrent un **exemple de « cheminement idéal »**, les actions et les contacts des experts DOMODIS sur le lieu de la catastrophe. Sont représentés:
 • la catastrophe (environnement naturel après la catastrophe, éléments détruits, etc.), et
 • les différents acteurs (cellule de crise, centre de toutes les actions de secours et partenaire majeur des experts DOMODIS).



préparation de DOMODIS (de la préparation à la gestion des événements, de préférence). Cette liste doit être actualisée périodiquement.

La check-list et l'organigramme préparés pour la gestion des événements devraient inclure l'item: « appel des spécialistes de la documentation ».

Les spécialistes doivent disposer des connaissances, de l'expérience et des documents de base nécessaires (formulaire, légende des cartes) à la documentation. Leur travail doit rester plus ou moins indépendant par rapport aux autres activités de la gestion des événements, mais ils doivent maintenir un contact étroit avec l'équipe de la gestion des événements.

Le **principe de la procédure** est expliqué à la figure 5. Les experts DOMODIS devraient être alertés par la cellule de crise **(1)** ou par les autorités locales ou régionales. Dans tous les cas, l'expert contacte en premier lieu la cellule de crise **(1)**. Avec un mandat ou du moins avec l'approbation de la cellule de crise, et avec quelques instructions spécifiques, l'expert est responsable de la documentation en priorité aux endroits (généralement la zone d'impact) où des mesures ont déjà été prises (ex. déblaiement des débris) **(2)**. L'expert peut également inspecter d'autres parties de la zone touchée par le processus (ex. parties du bassin versant) et interviewer des témoins oculaires **(5)**. Cela a notamment pour but de mieux comprendre les causes et la trajectoire de propagation de l'événement mais aussi d'assister la cellule de crise **(1)** dans les mesures de secours à adopter pour protéger les équipes de secours et de déblaiement **(2)**. L'expert fait ensuite son rapport exclusivement à la cellule de crise **(1)**.

L'expert n'est pas censé donner des interviews aux journalistes TV, radio et de la presse écrite **(4)**. Les interviews avec les journalistes sont du ressort de la cellule de crise, et non de la personne chargée de la documentation. Il va de soi que la cellule de crise peut demander aux experts DOMODIS de l'assister.

Selon la situation, l'expert peut faire davantage de travail de documentation, toujours dans la phase 1 (tableau 1).

2.6 Stockage, gestion et dissémination des données

Les données collectées lors de la documentation et cartographie des événements dommageables doivent être stockées de manière appropriée afin d'y avoir rapidement accès pour planifier et engager de futurs travaux. Il est donc très important de décider comment stocker les données, qui gère la base de données et comment l'accès aux données peut être organisé. Il faut tout d'abord choisir ou créer une structure pour la base de données qui soit indépendante des moyens techniques utilisés. Il faut prévoir que les données seront utilisées durant des décennies et par plusieurs générations de matériels et logiciels informatiques. C'est pourquoi l'organisation des données est un point très important.

Au niveau national, il faut déterminer certaines conditions minimales et donner une structure à la banque de données. Cette structure devrait pouvoir être adaptée et complétée aux niveaux régional et local. La structure et l'organisation d'une telle banque de données devraient permettre de:

- documenter les processus et événements dangereux;
- tenir – en priorité – le registre complet des événements menaçant des zones importantes (ex. zones habitées, routes principales, etc.);
- conserver les données sur le long terme avec une dépense raisonnable en temps et en argent;
- rassembler les données fournies soit par des experts locaux, soit par des experts externes (compagnies privées, universités, etc.) ou par une collaboration étroite entre les deux;
- fournir des données fiables pour l'évaluation et l'analyse des dangers et des risques;
- analyser les données d'événement aux niveaux régional et suprarégional (ex. national).

L'objectif de la base de données est de fournir des informations sur les événements historiques les plus dommageables. Il faut surtout considérer les types et conditions des facteurs déclenchant, les facteurs de contrôle de l'occurrence du processus (végétation, géologie, météorologie, conditions du terrain comme la pente, etc.), ses caractéristiques spécifiques (ex. vitesse du mouvement, volume, fréquence, etc.), son impact (zone touchée y compris) ainsi que les dommages possibles. Par le biais de cette base de données, les informations minimales suivantes peuvent être obtenues:

- la distinction correcte entre les divers types de processus;
- la fréquence du processus considéré dans les zones touchées;
- les impacts du processus dans les zones touchées;
- l'origine et la trajectoire de propagation du processus;
- les dommages (aux personnes, biens mobiliers et immobiliers, infrastructures, nature, etc.).

Les données sur les événements dangereux se rapportent souvent à des lieux précis. La base de données doit donc inclure des informations géographiques. Cela peut se faire – y compris dans l'avenir – par des méthodes de cartographie bien établies (ex. numérotation manuelle sur une carte), mais aussi par le biais des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG). Si les techniques SIG sont utilisées, chaque information doit être géoréférencée. L'avantage principal des SIG réside dans la capacité analytique du système. Indépendamment du type de stockage, le système devrait correspondre à la philosophie et à l'infrastructure habituelle de l'organisation gouvernementale responsable. Le critère le plus important est d'utiliser un système ouvert qui puisse s'adapter aux besoins et possibilités futurs.

Il est également très important de définir le format de stockage dès le tout début (ex. tableaux ACCESS ou données SIG).

Après la collecte des données et leur stockage dans la base de données, les informations doivent être légalement et techniquement accessibles. Il faut donc définir les règles concernant la mise à disposition et l'utilisation des données.

2.7 Outils de documentation

Pour bien effectuer le travail de documentation dans une région sinistrée, dans des circonstances qui réclament des procédures rapides, etc. il est utile et même indispensable de s'appuyer sur des outils précis. Une longue phase de préparation doit permettre de fournir de tels outils, tester les outils existants, les adapter aux conditions locales/régionales, former les personnes chargées de la documentation, etc.

Quels outils sont nécessaires et utiles pour documenter les événements? Cela peut dépendre de la situation organisationnelle. Sur le terrain, ces outils peuvent inclure:

- check-lists;
- formulaires pour les informations de base¹;
- légende des cartes¹;
- exemples illustrés¹.

Sur le terrain, il est parfois plus pratique d'utiliser des check-lists simples plutôt que des formulaires sophistiqués. Le but premier doit être de réunir les informations les plus importantes. Dans ce cas, les formulaires doivent donc être remplis dans un second temps.

2.8 Formation et entraînement des personnes responsables de la documentation sur le terrain

Toutes les personnes qui seront chargées de collecter les données – ex. gestionnaires routiers, forestiers, experts de compagnies privées, etc. (chapitre 2.5) – doivent être bien formées. À côté de l'aspect technique, la formation doit également porter sur la sécurité! Les experts travaillant sur la documentation doivent respecter les mesures de sécurité. Ils ne devraient pas se mettre en danger (ex. s'enfoncer dans la boue des dépôts de lave torrentielle ou des glissements de terrain subséquents) ou mettre en danger les équipes de secours (ex. déclencher une chute de pierres en traversant une pente instable). Cela exige d'informer les équipes de secours des chemins et routes prévus pour pouvoir effectuer la documentation, etc. (ex. **(2)** comme illustré à la figure 5).

Les objectifs de la formation DOMODIS sont de:

- sensibiliser les experts sur l'importance de leur travail de documentation;
- leur permettre de documenter les catastrophes en montagne de manière à ce que toutes les informations importantes soient collectées;
- s'assurer que la documentation soit faite de manière standardisée;
- s'assurer que les données satisfassent les exigences des utilisateurs.

Pour atteindre ces objectifs, il est essentiel d'évaluer avec soin la formation de base des experts chargés de la documentation. Ces experts peuvent être des gestionnaires routiers, des forestiers, des techniciens, des ingénieurs, etc.

Le premier cours (par exemple 1–3 jours) inclut une **partie théorique** et une **partie pratique**. À l'occasion de workshops périodiques (ex. bisannuels) avec exercices

pratiques, les experts DOMODIS peuvent échanger leurs expériences et confronter leurs analyses, méthodes, critères, procédures, etc.

Le nombre de participants à la partie pratique ne devrait pas excéder 5–6 participants par instructeur. La formation sur le terrain devrait être préparée à l'avance. En vérifiant la qualité des données sur les événements, le succès de la formation peut être périodiquement évalué.

Cours théorique. Le succès des cours théoriques repose principalement sur le choix d'exemples compréhensibles comme des documents vidéo, des photos, etc. Les formulaires doivent être expliqués en détail, notamment la signification de chaque case ainsi que la manière correcte de les remplir (ces données sont-elles nominales? ordinales? ou métriques? etc.). Le cours théorique comprend:

- l'explication des objectifs et de l'importance de la documentation des événements;
- les processus dangereux importants (terminologie commune) et leurs caractéristiques;
- les types d'événements à documenter (chapitres 2.5 et 2.6);
- les étapes du travail de documentation et les consignes pour un équipement adéquat;
- la sécurité sur le terrain;
- l'explication des outils (chapitre 3.1);
- l'organisation de la collecte, de la gestion et du transfert des données.

Cours pratique. Le cours pratique comprend:

- les priorités de la documentation sur le terrain;
- la reconnaissance des processus sur le terrain;
- des exercices de cartographie;
- des exercices visant à définir les sites appropriés pour les mesures;
- des exercices de mesure (indicateurs de l'intensité du processus, ex. profils transversaux d'un chenal de lave torrentielle, épaisseur des dépôts, hauteur des impacts causés par une chute de pierres sur les arbres, etc.); et
- comment prendre des photos (ex. échelle; documentation de la photo: position du photographe, point de vue, etc.).

Contrôle et durabilité de la formation. Le bon niveau des cours doit être assuré continuellement. Cela peut se faire de différentes manières:

- vérifier que les données recueillies soient complètes;
- vérifier que les données recueillies soient plausibles;
- répéter les cours de formation;
- discuter des expériences acquises par les personnes qui travaillent sur le terrain.

¹ Exemples en annexe

3.1 Outils de documentation

Il est recommandé de préparer une boîte à outils pour le travail de documentation sur le terrain, et cela pour plusieurs raisons:

- dans l'agitation générée par un événement, d'importantes informations peuvent simplement être oubliées;
- pour la comparaison et l'évaluation des événements à échelle régionale, il faut s'assurer que les données recueillies aient toutes la même structure et la même qualité;
- afin que les personnes sur le terrain aient une idée claire de ce qu'elles doivent faire.

3.2 Check-lists

Pour les personnes chargées de la documentation, il sera utile d'avoir une check-list de ce qu'elles doivent faire. Cette check-list peut renseigner sur les points suivants:

- Quoi faire et dans quel ordre?
- Quels experts (noms, numéros de téléphone) doivent être informés?
- Quels outils sont disponibles? Où les trouver?

En préparant ces check-lists, il faut garder à l'esprit que les personnes qui ont l'expérience du travail de documentation peuvent ne pas être disponibles, malades ou en vacances. Même dans ce cas, la collecte des données doit malgré tout être assurée, peut-être à un niveau réduit.

3.3 Formulaires

L'objectif des formulaires est d'organiser la documentation des événements naturels de manière à ce que les données recueillies soient comparables avec celles d'autres événements. Les formulaires devraient aider à caractériser les bassins versants et/ou les régions et à élargir la connaissance des processus dans ces régions.

Le but est d'obtenir le plus d'informations possible sur un événement sans mettre en danger la vie des experts. Le travail se limite donc principalement à la zone de dépôt ou aux parties sans danger de la zone touchée afin de se concentrer sur les informations qui sont susceptibles de rapidement disparaître.

Les formulaires doivent permettre d'enregistrer avant tout les données de l'événement lorsqu'il a lieu ainsi que les données de l'après-événement. Ces deux types de données peuvent en effet être perdues dans les quelques heures ou les quelques jours suivant l'événement. De plus, la priorité n'est pas aux données qui peuvent être collectées plus tard ou pour lesquelles la personne sur le terrain ne peut apporter de réponse. Exemples de formulaires:

- **Evaluation des dégâts dans les régions habitées.** Comment les personnes sur le terrain pourraient-elles répondre à cette question pendant ou juste après l'événement? Cela peut se faire dans une seconde étape de la documentation.
- **Intensité et durée des précipitations.** Dans certains pays, il existe un système assez dense de stations de mesure des précipitations. Il n'y aura donc pas de problème pour

obtenir ces données par la suite. Elles pourront même être de meilleure résolution lorsque couplées avec des données météorologiques radar. Une autre question concerne le type de précipitation - s'agit-il de pluie, de neige ou de grêle? Cela doit être documenté sur le terrain. Les données de stations privées, si elles existent, sont également dignes d'intérêt.

Les formulaires doivent donc se restreindre aux informations essentielles qui peuvent être perdues dans un court laps de temps:

- Que s'est-il passé, quel type d'événements?
- Quand? date et heure
- Quel est le volume de l'écoulement, de la lave torrentielle, du bois flottant?
- Zones de dépôt, zones inondées?
- Impacts majeurs ayant eu une influence comme l'obstruction de ponts, la destruction d'ouvrages de protection et, si possible, dans leur ordre chronologique.

Les discussions au sein du groupe DOMODIS ont révélé que l'approche suisse peut être utile dans la préparation des formulaires. Les **annexes** présentent de manière détaillée.

COMCAT (1996): Katastrophenschutz. Übersichtsblatt der Zentralstelle für Gesamtverteidigung, Bern

Crozier, M. J. (1998): Landslides. The Encyclopedia of Environmental Science

Cruden, D.M., Varnes, D.J. (1996): Landslide Types and Processes. In: A.K. Turner and R.L. Schuster (Editors), Landslides: Investigation and Mitigation. National Academy Press, Washington, D.C., 36-75

Dikau, R., Brunsden, D., Ibsen, M., Schrott, L. (Editors), Landslide Recognition. John Wiley & Sons, Chichester, 1-12

Egli, T., Bart, R., Gaechter, M. (1997): Anleitung zur Spurensicherung. Kantonaler Ereigniskataster Naturgefahren, Naturgefahrenkommission des Kantons St. Gallen

Hegg, C., Bründl, M. (2002): Die Bedeutung von Ereignisanalysen, aus: Risiko + Dialog Naturgefahren, Tagungsband Forum für Wissen 2001, WSL, Birmensdorf

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

Mani, P., Zimmermann, M. (1992): Dokumentation nach Unwetterereignissen: Vorschlag für eine Anleitung. Interpraevent 1992, Tagungspubl., Bd.3: 121-130. Forschungsgesellschaft für vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt

Melching, C. S. (1999): Economic Aspects of Vulnerability. Comprehensive Risk Assessment for Natural Hazards. World Meteorological Organization, Geneva, WMO/TD 955: 66-76

Munter, W. (1991): Neue Lawinenkunde. SAC, Bern

UNDRO (1991): Mitigation Natural Disasters. Phenomena, Effects and Options, United Nations Disaster Relief, New York

Les annexes ci-après contiennent des suggestions et des exemples pour le travail pratique, tirés des discussions durant les workshops.

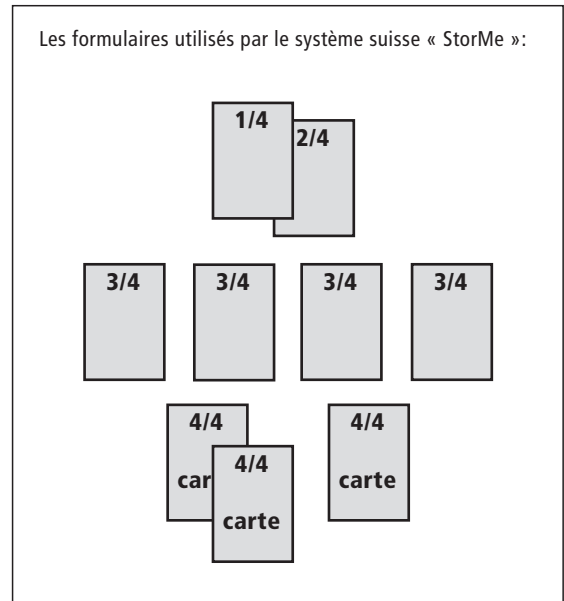
5.1 Proposition de légende des cartes

Une légende généralisée pour les cartes est une base importante afin d'assurer la comparaison des données recueillies. Toutefois, ce travail de documentation est davantage lié à la phase 2 de la documentation. Une légende demeure néanmoins un moyen précieux pour ramener les informations à la même échelle. La légende suivante – initialement proposée par Geo7, Berne (Suisse) – se rapporte à l'échelle 1:25000:

Torrent	rouge		Erosion
	rouge/noir		Erosion sur roche affleurante
	vert		Erosion et sédimentation (réarrangement)
	vert		Sédimentation
	vert		Sédimentation sur cône de déjection
	rouge		Erosion latérale
	vert		Gros rochers dans le chenal
	vert		Matière organique (bois flottant) dans le chenal
	rouge		Forêt inondée
Lave torrentielle/Coulée de boue	violet		Erosion
	violet/noir		Erosion sur roche affleurante
	violet		Erosion et sédimentation (réarrangement)
	violet		Front de la lave torrentielle
	vert		Cône de lave torrentielle
Inondation	bleu		Zone inondée
Glissement de terrain	brun		Niche d'arrachement
	brun		Pied du glissement
	brun		Petit glissement
Glissement de débris			Zone de départ
	violet		Erosion par le glissement
			Zone de dépôt
Chute de pierres	noir		Zone de départ
	noir		Zone de dépôt
Symboles supplémentaires	noir		Interprétation incertaine (ex. différenciation entre traces anciennes et récentes)
	noir		Zone touchée par plusieurs processus (tous les processus ne peuvent être cartographiés)

5.2 Formulaires (Exemple: « StorMe », Suisse)

« StorMe », coordonné par l'Office fédéral de l'environnement¹ (OFEV, Berne), est principalement un système de base de données qui unifie la documentation et le stockage des informations sur les dangers naturels. Le système inclut également plusieurs formulaires afin de faciliter le travail de documentation sur le terrain et de le systématiser:



- Ce système comprend plusieurs niveaux de documentation:
- les formulaires 1/4 et 2/4; informations générales précisant quoi? quand? où? et les problèmes généraux liés à l'événement;
 - les formulaires 3/4 et 4/4 donnent plus de détails sur les principaux processus (avalanche, chute de pierres, inondation, lave torrentielle, glissement de terrain).

Toutes les informations importantes inscrites dans les formulaires doivent répondre au **code MAXO**. Le principe de ce code est que toute information est précieuse et vaut mieux qu'aucune information. Il faut néanmoins indiquer le niveau de fiabilité de cette information au moyen du code MAXO qui signifie:

- M** = valeur mesurée, constatation;
- A** = supposition, estimation;
- X** = pas clair, doit encore être relevé;
- O** = ne peut être déterminé.

¹ <http://www.bafu.admin.ch/?lang=fr>

Dangers naturels: cadastre des événements		Données de base	Feuille 1/4
<input type="checkbox"/> Cases (code MAXO): M =valeur mesurée, constatation A =supposition, estimation X =pas clair, doit encore être relevé O =ne peut être déterminé			
Processus principal <input type="checkbox"/> avalanche <input type="checkbox"/> chute de pierres ou éboulement <input type="checkbox"/> glissement de terrain <input type="checkbox"/> inondation/crue/lave torrentielle			
Informations de base		autres communes concernées?	
commune	nom numéro/code <input style="width: 50px;" type="text"/>	nom numéro/code <input style="width: 50px;" type="text"/>	
lacs et cours d'eau <input style="width: 50px;" type="text"/> <input style="width: 50px;" type="text"/>	
district forestier <input style="width: 50px;" type="text"/> <input style="width: 50px;" type="text"/>	
région <input style="width: 50px;" type="text"/> <input style="width: 50px;" type="text"/>	
nom local du site			
événement isolé date <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> heure <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> durée <input style="width: 20px;" type="text"/> j <input style="width: 20px;" type="text"/> h <input style="width: 20px;" type="text"/> min			
événement répété <input type="checkbox"/> journalier <input type="checkbox"/> hebdomadaire de (date) <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> à (date) <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> <input type="checkbox"/> mensuel			
point le plus élevé de la zone de départ: X / Y = <input style="width: 40px;" type="text"/> / <input style="width: 40px;" type="text"/> Z = <input style="width: 40px;" type="text"/> [m altitude]			
coordonnées du front de la zone de dépôt: X / Y = <input style="width: 40px;" type="text"/> / <input style="width: 40px;" type="text"/> Z = <input style="width: 40px;" type="text"/> [m altitude]			
X / Y = <input style="width: 40px;" type="text"/> / <input style="width: 40px;" type="text"/>			
date du relevé: <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>			
relevé par (nom, adresse, tél.):			
Dommages			
population/animaux		# mort(e)s	# blessé(e)s
personnes	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>
animaux	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>
biens immobiliers		# détruits	# endommagés
maisons et immeubles d'habitation	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	montant des dommages [..] <input style="width: 40px;" type="text"/>
industries, commerces, hôtels	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>
bâtiments agricoles	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>
bâtiments publics et infrastructures	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>
ouvrages de protection	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>
autre (à décrire dans la note)	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>
voies de communication/infrastructures		ensevelies [m]	coupées [h]
routes nationales	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	montant des dommages [..] <input style="width: 40px;" type="text"/>
routes principales	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>
autres routes	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>
voies ferrées	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>
remontées mécaniques, pylônes	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>
câbles	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>
autre (à décrire dans la note)	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>
forêt/agriculture		zone touchée [a]	volume du bois détruit [m³] montant des dommages [..]
forêt	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>
zone agricole	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>
autre (à décrire dans la note)	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/>

Dangers naturels: cadastre des événements		Données de base	Feuille 2/4
Dommages (suite)			
Note (description des dommages en considérant les items suivants): travaux de déblaiement et leur coût; volume des matériaux déblayés [m ³] montant des dommages subdivisé en privé/public déviation du trafic routier autre pré-alertes publiées mesures immédiates de sauvegarde etc.			
Aménagement du territoire conflits entre les zones d'affectation et les zones de danger? <input type="checkbox"/> zones touchées (zone à bâtir, camping, site d'exploitation, zone de danger, etc.):			
Ouvrages de protection présents dans la zone de départ? <input type="checkbox"/> n° du cadastre des ouvrages de protection présents dans la zone de transit? <input type="checkbox"/> n° du cadastre des ouvrages de protection présents dans la zone de dépôt? <input type="checkbox"/> n° du cadastre des ouvrages de protection			
Note (description de l'efficacité des ouvrages de protection): type d'ouvrages de protection état des ouvrages de protection; évaluation de leur efficacité dangers encore présents/nouveaux dangers coût des réparations; coût des ouvrages complémentaires autre			
Documentation nom/adresse du service de documentation; titre, numéro de l'étude, photos, etc. <input type="checkbox"/> note, étude, expertise, calculs <input type="checkbox"/> journaux, bibliographie, sources historiques <input type="checkbox"/> photos <input type="checkbox"/> orthophotos, vues aériennes <input type="checkbox"/> documents vidéo, films <input type="checkbox"/> données météorologiques			
Relevé cartographique la zone touchée par le processus a-t-elle été cartographiée? <input type="checkbox"/>			
méthode	zone de départ	zone de dépôt	
	<input type="checkbox"/> sur place	<input type="checkbox"/> sur place	
	<input type="checkbox"/> vues aériennes, photos	<input type="checkbox"/> vues aériennes, photos	
	<input type="checkbox"/> observations à distance (de la pente opposée)	<input type="checkbox"/> observations à distance (de la pente opposée)	
	<input type="checkbox"/> relevés rétrospectifs, autres relevés	<input type="checkbox"/> relevés rétrospectifs, autres relevés	

Dangers naturels: cadastre des événements		Avalanche		Feuille 3/4	
<input type="checkbox"/> Cases (code MAXO): M =valeur mesurée, constatation A =supposition, estimation X =pas clair, doit encore être relevé O =ne peut être déterminé					
Type de processus <input type="checkbox"/> avalanche coulante <input type="checkbox"/> avalanche poudreuse <input type="checkbox"/> avalanche mixte <small>(en Suisse: questionnaire complémentaire D de l'Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF à remplir?)</small>					
Causes météorologiques					
orage <input type="checkbox"/> durée [h] <input type="checkbox"/> précipitations [mm]		averse de longue durée <input type="checkbox"/> durée [h] <input type="checkbox"/> précipitations [mm]		<input type="checkbox"/> fonte de la neige <input type="checkbox"/> indéterminé	
Facteur déclenchant facteur déclenchant <input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/> spontané <input type="checkbox"/> ski/snowboard		<input type="checkbox"/> artificiel préventif <input type="checkbox"/> autre (à décrire dans la note)			
Zone de départ					
zone de départ en forêt <input type="checkbox"/>		exposition <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> surface de glissement: <input type="checkbox"/> au sein du manteau neigeux <input type="checkbox"/> à la surface du sol			
épaisseur de la couronne d'avalanche <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> [m]		largeur de la couronne d'avalanche <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> [m]			
Zone de dépôt					
zone de dépôt en forêt <input type="checkbox"/>		volume du dépôt <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> [m ³] type de neige: <input type="checkbox"/> sèche <input type="checkbox"/> humide			
épaisseur maximale du dépôt <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> [m]		largeur maximale du dépôt <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> [m]			
Note (description de l'événement en considérant les items suivants):					
zone de départ état de la forêt dégâts aux zones naturelles dans la zone de transit hauteur des impacts (sur les arbres, notamment) situation préalable, autres informations météorologiques (isotherme 0°C, précipitations, fonte de la neige) comparaison avec les événements passés; estimation des dommages etc.					

Dangers naturels: cadastre des événements		Chute de pierres ou éboulement		Feuille 3/4	
<input type="checkbox"/> Cases (code MAXO): M =valeur mesurée, constatation A =supposition, estimation X =pas clair, doit encore être relevé O =ne peut être déterminé					
Type de processus <input type="checkbox"/> chute de pierres (pierres < 0.5 m) <input type="checkbox"/> chute de blocs (blocs de 0.5 à 2 m) <input type="checkbox"/> éboulement (gros blocs > 2 m) <input type="checkbox"/> écroulement (« Bergsturz ») <input type="checkbox"/> éboulement de glace					
Causes météorologiques					
orage <input type="checkbox"/> durée [h] <input type="checkbox"/> précipitations [mm]		averse de longue durée <input type="checkbox"/> durée [h] <input type="checkbox"/> précipitations [mm]		<input type="checkbox"/> fonte de la neige <input type="checkbox"/> indéterminé	
Facteur déclenchant facteur déclenchant <input type="checkbox"/>					
naturel: <input type="checkbox"/> cause générale <input type="checkbox"/> artificiel (induit par l'homme) <input type="checkbox"/> glissement de terrain/érosion <input type="checkbox"/> autre (à décrire dans la note) <input type="checkbox"/> séisme					
Zone de départ					
détachement depuis <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> une paroi rocheuse nombre de blocs <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> volume des matériaux éboulés <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> [m ³] <input type="checkbox"/> un éboulis <input type="checkbox"/> un glacier					
Zone de transit					
sol: éboulis longueur du secteur: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> [m] forêt <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> [m] pâturage, prairie <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> [m]					
Zone de dépôt					
volume total des matériaux éboulés <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> [m ³] # pierres, blocs, gros blocs <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2-10 <input type="checkbox"/> 11-50 <input type="checkbox"/> >50 volume du plus gros bloc <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> [m ³]					
Note (description de l'événement en considérant les items suivants): zone de départ état de la forêt dégâts aux zones naturelles dans la zone de transit hauteur des impacts (sur les arbres, notamment) situation préalable, autres informations météorologiques (isotherme 0°C, précipitations, fonte de la neige) comparaison avec les événements passés; estimation des dommages etc.					

Dangers naturels: cadastre des événements **Inondation /cruel/ lave torrentielle** **Feuille 3/4**
 Cases (code MAXO): **M**=valeur mesurée, constatation **A**=supposition, estimation **X**=pas clair, doit encore être relevé **O**=ne peut être déterminé

Type de processus inondation/crue lave torrentielle (dans le chenal)
(données hydrologiques transmises à l'office concerné?)
Autres processus (d'importance secondaire):

-
- inondation
-
- lave torrentielle (dans le chenal)
-
- érosion latérale (rives, talus des berges)
-
-
- sédimentation fluviale
-
- glissement de terrain
-
- chute de pierres ou éboulement
-
-
- autre (à décrire dans la note)

Causes météorologiques
orage durée [h] précipitations [mm] **averse de longue durée** durée [h] précipitations [mm] fonte de la neige indéterminé

Facteur déclenchant

facteur déclenchant

-
- obstruction du lit due à du bois flottant
-
- débordement à cause de la section du lit trop petite
-
-
- obstruction du lit due à des alluvions
-
- rupture de digue
-
-
- obstruction d'un pont/d'un coursier
-
- canalisations sous-dimensionnées
-
-
- autre rétrécissement
-
- autre (à décrire dans la note)

Evaluation des processus dans le chenal

	fort	moyen	faible		fort	moyen	faible
érosion latérale (rives, talus de berge)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	dépôts de lave torrentielle dans le chenal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
érosion de fond	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	dépôts de bois dans le chenal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
engravement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

Zone inondable / Zone de dépôt

volume des matériaux solides déposés	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	[m ³]	épaisseur moyenne des dépôts	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	[m]
volume de la lave torrentielle	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	[m ³]	niveau moyen de l'inondation	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	[m]
volume du bois flottant déposé	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	[m ³]	épaisseur maximale du front de la lave torrentielle	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	[m]
débit maximum	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	[m ³ /s]				

(station hydrométrique à cartographier au moyen du formulaire 4/4)
Note (description de l'événement en considérant les items suivants):

Q_{max} station hydrométrique
 dynamique générale du processus, méthodes de calcul et d'estimation
 état/évaluation des plages de dépôt
 situation préalable (humide, moyen, sec; gel), autres informations météorologiques (isotherme 0°C, grêle, etc.)
 traces de crue (où?; hauteur)
 comparaison avec les événements passés; estimation des dommages
 etc.

Dangers naturels: cadastre des événements		Glissement de terrain		Feuille 3/4	
<input type="checkbox"/> Cases (code MAXO): M =valeur mesurée, constatation A =supposition, estimation X =pas clair, doit encore être relevé O =ne peut être déterminé					
Type de processus <input type="checkbox"/> glissement de terrain <input type="checkbox"/> lave torrentielle/glisement de débris <input type="checkbox"/> affaissement, effondrement					
Autres processus (d'importance secondaire): <input type="checkbox"/> inondation <input type="checkbox"/> lave torrentielle (dans le chenal) <input type="checkbox"/> érosion latérale (rives, talus des berges) <input type="checkbox"/> sédimentation fluviale <input type="checkbox"/> glissement de terrain <input type="checkbox"/> chute de pierres ou éboulement <input type="checkbox"/> autre (à décrire dans la note)					
Causes météorologiques orage averse de longue durée <input type="checkbox"/> fonte de la neige <input type="checkbox"/> indéterminé <input type="checkbox"/> [] durée [h] <input type="checkbox"/> [] durée [h] <input type="checkbox"/> [] précipitations [mm] <input type="checkbox"/> [] précipitations [mm]					
Facteur déclenchant facteur déclenchant <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> naturel <input type="checkbox"/> artificiel (induit par l'homme) <input type="checkbox"/> érosion du lit <input type="checkbox"/> autre (à décrire dans la note)					
Niche d'arrachement profondeur de la surface de rupture <input type="checkbox"/> [] [m] degré d'affaissement <input type="checkbox"/> [] [m] corps du glissement/masse glissée <input type="checkbox"/> roche <input type="checkbox"/> terrain meuble largeur de la surface de rupture <input type="checkbox"/> [] [m] surface du glissement <input type="checkbox"/> [] [m ²] surface de rupture <input type="checkbox"/> sur la roche <input type="checkbox"/> dans les matériaux meubles					
Corps et pied du glissement épaisseur du matériel déposé <input type="checkbox"/> [] [m] profondeur de la surface de rupture: <input type="checkbox"/> 0-2 m superficiel <input type="checkbox"/> 2-10 m moyennement profond <input type="checkbox"/> >10 m profond volume des matériaux déplacés <input type="checkbox"/> [] [m ³] transformation d'un glissement de terrain en lave torrentielle <input type="checkbox"/> vitesse: <input type="checkbox"/> actif >10 cm/an <input type="checkbox"/> lent 2-10 cm/an <input type="checkbox"/> presque stabilisé <2 cm/an (très lent) dépôt dans le chenal d'une rivière/d'un torrent <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> si oui: obstruction du lit? <input type="checkbox"/>					
Note (description de l'événement en considérant les items suivants): sources dynamique générale du processus hydrologie du bassin versant situation préalable (humide, moyen, sec; gel) autres informations météorologiques (isotherme 0°C, précipitations, fonte de la neige, etc.) comparaison avec les événements passés etc.					

Événement commune processus digitalisation effectuée?

Relevé cartographique échelle 1 : date

nom, adresse, tél.

5.3 Caractéristiques des processus

Les personnes sur le terrain effectuent une sorte de travail de détective. Ils trouvent le corps mais pas le meurtrier. Ils doivent s'appuyer sur des indices, des témoins plus ou moins fiables et leur propre perception. Regrouper les différentes sources d'informations peut se comparer à l'assemblage d'un puzzle donnant à la fin une image cohérente. Ainsi:

- Se méfier des conclusions.
- Toujours être conscient que ses conclusions sont une interprétation de ce que l'on voit après l'événement.
- Toujours essayer de trouver deux ou plusieurs éléments indépendants qui puissent étayer ses conclusions.

Premièrement, rassembler toutes les informations disponibles (observateurs, témoins silencieux, stations de mesure, etc.). Il est ensuite possible de réfléchir sur ce qui s'est passé (cause, processus, mesures immédiates et secondaires).

5.3.1 Inondations et transport de sédiments (par J. Hübl)




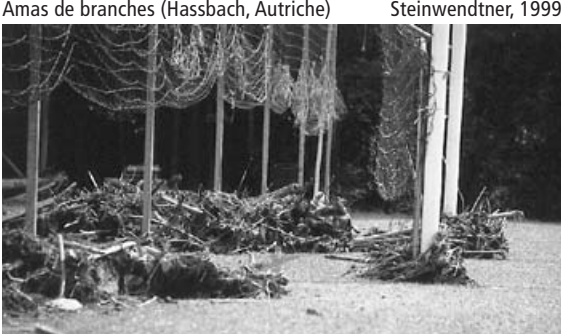
Les inondations se produisent lorsque les eaux débordent du chenal et déferlent dans la plaine. Les précipitations qui causent les inondations sont soit de courte durée mais de forte intensité, soit de longue durée mais de plus faible intensité. La forme de l'hydrogramme est liée à la distribution des précipitations, à la forme du bassin versant, au type de sol et à son utilisation.

Les inondations laissent des marques tracées par les plus hautes eaux. De plus, au-delà des caractéristiques liées directement au processus, les témoins oculaires (propriétaires, pompiers, etc.) peuvent fournir des informations utiles sur l'événement (ex. chronologie, photos).

Les inondations impliquent toujours le transport de sédiments. Les sédiments peuvent être présents en de nombreux endroits comme par exemple les cônes de déjection, les élargissements, les remplissages de chenaux ou les dépôts résultant de débordements (WILLIAMS et COSTA, 1988). La forme des sédiments transportés et déposés est conditionnée par le débit et la géologie du bassin versant. L'arrangement des dépôts et les zones de dépôt sont des éléments importants.

Bibliographie

WILLIAMS, G., COSTA, J. E. (1988): Geomorphic Measurements after a Flood. In: Flood Geomorphology, edited by V.R. BAKER, R.C. KOCHER, P.C. PATTON. John Wiley & Sons, New York, pp. 65-77

Précipitations	Caractéristiques (exemples)	Informations et interprétation possible
 <p data-bbox="165 672 726 700">Dépôt de grêle (Obersaxen, Suisse) Kienholz, 1992</p>	<p data-bbox="746 351 997 401">Stations météorologiques privées (de fermiers par ex.)</p> <p data-bbox="746 424 997 475">Type de précipitation (ex. grêle)</p> <p data-bbox="746 498 997 528">Dépressions inondées</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1004 351 1310 401"><input type="checkbox"/> Estimation de la hauteur des précipitations <li data-bbox="1004 424 1310 475"><input type="checkbox"/> Calibration de modèles hydrologiques <li data-bbox="1004 498 1310 548"><input type="checkbox"/> Intensité et distribution des précipitations
Inondations	Caractéristiques (exemples)	Informations et interprétation possible
 <p data-bbox="165 1166 726 1239">Traces de boue sur les arbres et dépôt de sédiments fluviaux fins, feuilles et branches (Fischbach, Autriche) Hübl, 2002</p>	<p data-bbox="746 854 997 883">Niveau des eaux défini par:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="746 883 997 913">• herbes couchées <li data-bbox="746 913 997 943">• amas de feuilles, branches, détrit, etc. <li data-bbox="746 943 997 973">• traces de boue sur les arbres, bâtiments, etc. <li data-bbox="746 973 997 1003">• amas de débris ligneux 	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1004 854 1310 904"><input type="checkbox"/> Hauteur d'inondation et géométrie du chenal <li data-bbox="1004 927 1310 978"><input type="checkbox"/> Estimation de la vitesse moyenne <li data-bbox="1004 1001 1310 1051"><input type="checkbox"/> Estimation du débit maximal <li data-bbox="1004 1074 1310 1125"><input type="checkbox"/> Calibration de modèles de simulation <li data-bbox="1004 1148 1310 1198"><input type="checkbox"/> Cartographie des zones de danger
Transport de sédiments	Caractéristiques (exemples)	Informations et interprétation possible
 <p data-bbox="165 1694 726 1721">Sédiments fluviaux (Gertnertalbach, Autriche) Hübl, 1999</p>	<p data-bbox="746 1379 997 1409">Dépôt des sédiments charriés:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="746 1409 997 1471">• zones de dépôt (ondulations, dunes, antidunes, côtes, barres) <li data-bbox="746 1471 997 1501">• granulométrie <li data-bbox="746 1501 997 1531">• zones d'érosion <li data-bbox="746 1531 997 1625">• dépôts de sédiments provenant de différentes zones géologiques <li data-bbox="746 1625 997 1655">• forme et aspect arrondi des sédiments <li data-bbox="746 1655 997 1685">• sédiments triés <li data-bbox="746 1685 997 1724">• traces d'impact sur les bâtiments, arbres, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1004 1379 1310 1409"><input type="checkbox"/> Type de processus <li data-bbox="1004 1432 1310 1462"><input type="checkbox"/> Granulométrie <li data-bbox="1004 1485 1310 1536"><input type="checkbox"/> Taille des éléments les plus grossiers <li data-bbox="1004 1558 1310 1609"><input type="checkbox"/> Volume des sédiments charriés <li data-bbox="1004 1632 1310 1662"><input type="checkbox"/> Epaisseur des dépôts <li data-bbox="1004 1685 1310 1735"><input type="checkbox"/> Répartition spatiale des dépôts
 <p data-bbox="165 1781 726 1809">Amas de branches (Hassbach, Autriche) Steinwendtner, 1999</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="746 1781 997 1811">• interaction avec les structures de protection 	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1004 1781 1310 1832"><input type="checkbox"/> Source des sédiments formant les dépôts <li data-bbox="1004 1855 1310 1905"><input type="checkbox"/> Paramètres d'entrée pour des modèles de simulation <li data-bbox="1004 1928 1310 1979"><input type="checkbox"/> Cartographie des zones de danger <li data-bbox="1004 2002 1310 2052"><input type="checkbox"/> Efficacité des structures de protection

5.3.2 Laves torrentielles et coulées de boue (par J. Hübl)

Selon HUNGR et al. (2001), une lave torrentielle est un écoulement très rapide voire extrêmement rapide de débris non plastiques saturés d'eau dans un chenal à pente raide. Elle peut se propager en une à plusieurs centaines de bouffées séparées par des écoulements beaucoup plus liquides. La caractéristique principale d'une lave torrentielle est la présence d'un chenal établi ou d'un passage confiné régulier qui contrôle la direction de l'écoulement et dans lequel la lave torrentielle est un processus récurrent.

Lors du processus, une sorte de tri longitudinal s'effectue de telle sorte que la lave torrentielle présente un front formé de rochers, un corps plus homogène de matériaux fins en suspension et une queue dont l'écoulement est turbulent ou hyperconcentré. Dans la zone de dépôt (normalement sur le cône de déjection), le front de la lave torrentielle s'arrête en premier, le corps continue sa course, atteint des zones plus basses sur le cône et crée des lobes frontaux sans ségrégation. Les zones distales du cône ne peuvent normalement être atteintes que par la queue de la lave torrentielle ou par des inondations ultérieures qui sont susceptibles de remanier les dépôts.

Un grand nombre d'auteurs (ex. STINY, 1910; JOHNSON, 1970; AULITZKY, 1980; WILLIAMS et COSTA, 1988) ont fait mention de ce qui caractérise les laves torrentielles: profil transversal du chenal en forme de U, levées latérales de gros rochers et lobes frontaux. Ce sont là des éléments de diagnostic des laves torrentielles.

Les **coulées de boue** sont, selon HUNGR et al. (2001), des écoulements très rapides voire extrêmement rapides de débris plastiques saturés d'eau dans un chenal. La quantité d'eau qu'elles contiennent est beaucoup plus importante que la quantité de matériaux qu'elles charrient. Les coulées de boue partagent de nombreux aspects morphologiques et comportementaux avec les laves torrentielles, mais leur fraction argileuse modifie leurs propriétés rhéologiques.

Bibliographie

AULITZKY, H. (1980): Preliminary Two-fold Classification of Torrents, *Interpraevent* 1980, Vol. 4, pp. 285-309

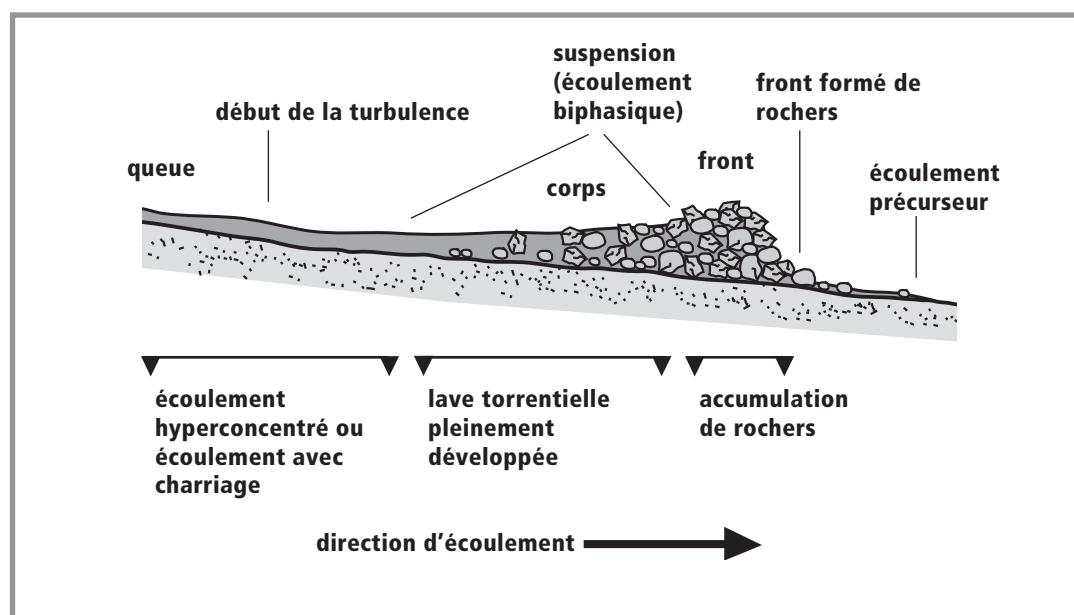
HUNGR, O., EVANS, S.G., BOVIS, M.J., HUTCHINSON, J.N. (2001): A Review of the Classification of Landslides of the Flow Type, *Environmental & Engineering Geoscience*, Vol. VII, No. 3, pp. 221-238





JOHNSON, A.M. (1970): *Physical Processes in Geology*, Freeman, Cooper and Co., San Francisco

STINY, J. (1910): *Die Muren – Versuch einer Monographie mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in den Tiroler Alpen*, Verlag der Wagnerischen Universitäts-Buchhandlung, Innsbruck. Translated from German by JAKOB, M. and SKERMER, N., EBA Engineering Consultants Ltd., Vancouver, Canada, 1997, 105 pp.

WILLIAMS, G.P., COSTA, J.E. (1988): *Geomorphic Measurements after a Flood*. In: *Flood Geomorphology*, edited by V.R. BAKER, R.C. KOCHER, P.C. PATTON. John Wiley & Sons, New York, pp. 65-77

Figure 6 Schéma d'une lave torrentielle d'après PIERSON T.C. (1986).



Zone de transit	Caractéristiques (exemples)	Informations et interprétation possible
 <p>Profil transversal du chenal en forme de U (Ritigraben, Suisse) Kienholz, 1994</p>	<p>Niveau d'impact défini par les traces laissées par la lave torrentielle</p> <p>Roche affleurante à surface polie (en continu)</p> <p>Traces de boue sur les arbres, bâtiments, etc.</p> <p>Profil transversal du chenal en forme de U</p> <p>Surélévation des rives dans les coudes du chenal</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Type d'écoulement (lave torrentielle ou coulée de boue) <input type="checkbox"/> Géométrie du chenal et hauteur de l'écoulement <input type="checkbox"/> Estimation de la vitesse <input type="checkbox"/> Estimation du débit <input type="checkbox"/> Granulométrie <input type="checkbox"/> Estimation de la force d'impact
 <p>Levées latérales de débris grossiers (Ergisch, Suisse) Kienholz, 1992</p>	<p>Levées latérales de débris grossiers, les plus gros étant déposés à la surface (granulométrie croissante de bas en haut)</p> <p>Gros rochers sur les bords de l'écoulement</p> <p>Interaction avec les structures de protection</p> <p>Traces d'impact dues aux rochers ou gros blocs sur les arbres, bâtiments, etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Efficacité des structures de protection <input type="checkbox"/> Calibration de modèles de simulation
Zone de dépôt	Caractéristiques (exemples)	Informations et interprétation possible
 <p>Dépôt de lave torrentielle avec lobe frontal bien délimité (Wassertalbach, Autriche) Hübl, 1998</p>	<p>Front de la lave torrentielle: dépôt de gros rochers avec peu de matériaux fins (matrice) formant un front marqué</p> <p>Corps de la lave torrentielle:</p> <ul style="list-style-type: none"> • lobes avec limite nette entre les dépôts de lave torrentielle et le sol non recouvert • grains peu triés, granulométrie croissante de bas en haut • interstices des dépôts remplis d'une matrice d'argile, limon, sable et graviers fins <p>Bourrelets d'accumulation</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Délimitation des zones de dépôt <input type="checkbox"/> Nombre de bouffées <input type="checkbox"/> Distance de propagation <input type="checkbox"/> Répartition spatiale de l'épaisseur des dépôts <input type="checkbox"/> Largeur et épaisseur des lobes <input type="checkbox"/> Volume de la lave torrentielle <input type="checkbox"/> Répartition spatiale de la granulométrie <input type="checkbox"/> Taille des éléments les plus grossiers
 <p>Dépôt de lave torrentielle avec bourrelets d'accumulation (Kohnerbach, Autriche) Hübl, 1994</p>	<p>Traces de boue sur les arbres, bâtiments, etc.</p> <p>Traces d'impact dues aux rochers ou gros blocs sur les arbres, bâtiments, etc.</p> <p>Queue de la lave torrentielle: dépôts de sable, limon et argile recouvrant le sol et dépôts grossiers</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Contrainte de cisaillement <input type="checkbox"/> Calcul a posteriori des forces d'impact <input type="checkbox"/> Fréquence (analyse d'événements historiques) <input type="checkbox"/> Cartographie des zones de danger <input type="checkbox"/> Evaluation des modèles de simulation

5.3.3 Chutes de pierres (par J. Hübl)

Une chute de blocs peut être définie comme la chute libre de rochers de différentes tailles qui se détachent d'une falaise ou d'un escarpement. Toutefois, ce terme englobe différents phénomènes et reste encore à définir internationalement. Nous avons dès lors fait une distinction entre la chute d'éléments individualisés et l'effondrement en masse. Les différents types de chutes de pierres sont classés en fonction du volume de la masse en mouvement et du mécanisme de propagation (HOESLE, 2001).

Particulièrement en allemand, il existe différentes définitions pour le terme « chute de blocs » qui sont principalement basées sur le volume des matériaux transportés. POISEL (1997) donne les termes allemands utilisés pour distinguer les différents processus:¹

Steinschlag **0,01 m³** (correspond approximativement aux blocs de 20 cm)
chute de pierres

Rock fall **0,1 m³** (correspond approximativement aux blocs de 50 cm)
chute de pierres

Blocksturz **2 m³** (correspond approximativement aux blocs de 150 cm)
chute de blocs

Felssturz **10 000 m³** (correspond approximativement aux blocs de 25 m)
éboulement

Bergsturz **> 10 000 m³**
écroulement

Les volumes indiqués correspondent à la taille des blocs ou au volume global.

¹ D'autres classifications sont également utilisées (voir p.18)

Selon WHALLEY (1984, dans SELBY, 1993), le terme « chute de pierres » se rapporte à plusieurs processus pouvant mobiliser des matériaux aussi divers que des grandes masses rocheuses, des blocs individuels ou des particules allant du rocher au gravier. SELBY (1993) fait une distinction entre les:

- Chutes de masses rocheuses.
- Chutes de plaques rocheuses et de blocs.
- Chutes de particules rocheuses.

Selon VARNES (1978), une chute de pierre est un processus pour lequel la composante verticale est prédominante, la teneur en eau basse et la vitesse extrêmement rapide.

En général, on distingue la zone de départ, la zone de transit et la zone de dépôt. Seuls des témoins oculaires peuvent fournir des informations sur l'activité dans le temps et sur le type de processus.

Bibliographie

HÖSLE, B. (2001): Rock Fall Problems and its Protection, lecture notes from the short course rock fall at the Hong Kong Polytechnic University

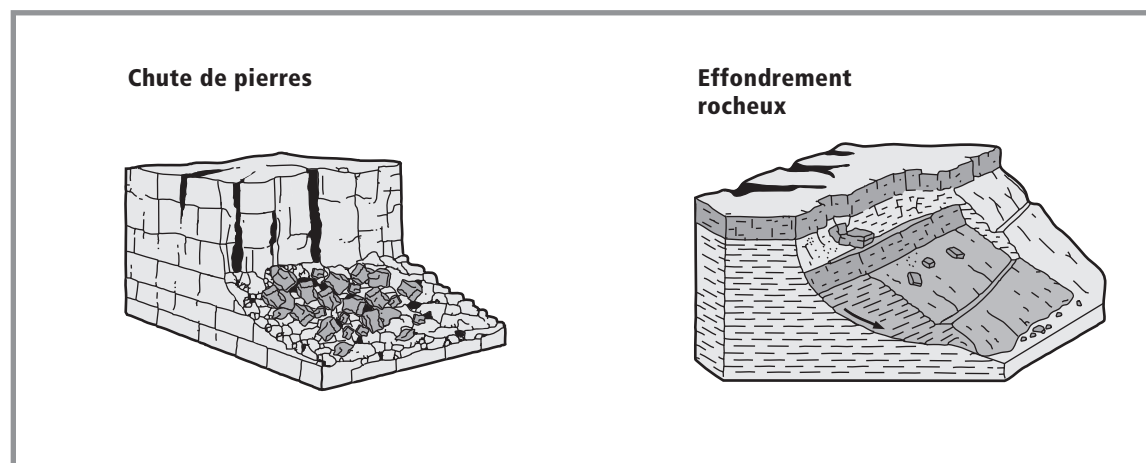
POISEL, R. (1997): Geologische-geomechanische Grundlagen der Auslösemechanismen von Steinschlag, in: Tagungsband "Steinschlag als Naturgefahr und Prozess", Institut für Wildbachund Lawinenschutz (Hrsg.); Universität für Bodenkultur-Wien




SELBY, M.J. (1993): Hillslope Materials and Processes, Oxford University press, Oxford

VARNES, D.J. (1978): Slope Movements and Types and Processes, in: Landslides – Analysis and Control (eds. SCHUSTER, R. L. & KRIZEK, J.), Transportation Research Board Special Report 176, National Academy of Sciences, Washington DC

WHALLEY, W.B. (1984): Rock Falls, in: Slope Instability, ed. by BRUNDSSEN, D. and PRIOR, D.B., Wiley, Chichester

Figure 7 Mécanismes de base des chutes de pierres d'après VARNES (1978).



Zone de départ	Caractéristiques (exemples)	Informations et interprétation possible
 <p data-bbox="503 346 735 397">Chute de pierres (Sundlauenen, Suisse)</p> <p data-bbox="503 810 632 833">Kienholz, 2002</p>	<p data-bbox="756 346 997 450">Structure géologique; situation géomorphologique (falaise, rocher, matériaux de surface ou de profondeur)</p> <p data-bbox="756 472 987 530">Situation topographique (altitude, exposition, pente)</p> <p data-bbox="756 553 954 610">Discontinuités (fissures, système de fractures)</p> <p data-bbox="756 633 946 656">Zones de détachement</p> <p data-bbox="756 679 996 702">Altération (couleur des roches)</p> <p data-bbox="756 725 930 782">Couverture végétale (stabilité/instabilité)</p> <p data-bbox="756 805 979 863">Situation hydrogéologique (sources ou pertes)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1019 346 1169 369"><input type="checkbox"/> Localisation <li data-bbox="1019 392 1480 450"><input type="checkbox"/> Dimension et géométrie (longueur, largeur, profondeur) de la zone de rupture <li data-bbox="1019 472 1500 530"><input type="checkbox"/> Cause de la rupture; mécanisme de la rupture (ex. chute libre, glissement, effondrement) <li data-bbox="1019 553 1397 576"><input type="checkbox"/> Fréquence (élevée/moyenne/faible) <li data-bbox="1019 599 1348 622"><input type="checkbox"/> Taille des pierres mobilisables <li data-bbox="1019 645 1508 702"><input type="checkbox"/> Stabilisation/déstabilisation de la zone source par le système racinaire <li data-bbox="1019 725 1227 748"><input type="checkbox"/> Influence de l'eau <li data-bbox="1019 771 1488 794"><input type="checkbox"/> Tendence à la fracturation lors de la rupture <li data-bbox="1019 817 1455 840"><input type="checkbox"/> Profondeur initiale de la zone de rupture
Zone de transit	Caractéristiques (exemples)	Informations et interprétation possible
 <p data-bbox="503 1007 735 1065">Impact de chute de pierres sur un arbre (Sundlauenen, Suisse)</p> <p data-bbox="503 1467 632 1490">Kienholz, 2002</p>	<p data-bbox="756 1007 968 1065">Traces d'impact sur les arbres (hauteur/taille des impacts)</p> <p data-bbox="756 1088 968 1168">Traces d'impact sur le sol (distance/profondeur des impacts)</p> <p data-bbox="756 1191 997 1294">Topographie de la trajectoire empruntée par la chute de pierres (pente, propriétés du sol, rugosité, exposition)</p> <p data-bbox="756 1317 938 1398">Morphologie du profil transversal</p> <p data-bbox="756 1421 930 1444">Couverture végétale</p> <p data-bbox="756 1467 897 1490">Roches déposées</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1019 1007 1376 1030"><input type="checkbox"/> Hauteur et longueur des rebonds <li data-bbox="1019 1053 1166 1076"><input type="checkbox"/> Trajectoires <li data-bbox="1019 1099 1153 1122"><input type="checkbox"/> Fréquence <li data-bbox="1019 1145 1199 1168"><input type="checkbox"/> Force d'impact <li data-bbox="1019 1191 1389 1214"><input type="checkbox"/> Dissipation d'énergie (végétation) <li data-bbox="1019 1237 1442 1260"><input type="checkbox"/> Fracturation des roches lors de l'impact <li data-bbox="1019 1283 1475 1340"><input type="checkbox"/> Concentration des zones influencées par la chute de pierres <li data-bbox="1019 1363 1425 1386"><input type="checkbox"/> Evaluation des modèles de simulation
Zone de dépôt	Caractéristiques (exemples)	Informations et interprétation possible
 <p data-bbox="503 1627 735 1685">Dépôt de chute de pierres (Stubachtal, Autriche)</p> <p data-bbox="503 2098 599 2121">Hübl, 1996</p>	<p data-bbox="756 1627 976 1685">Topographie de la surface (ex. pente de l'éboulis)</p> <p data-bbox="756 1708 806 1731">Pente</p> <p data-bbox="756 1754 963 1777">Emplacement des dépôts</p> <p data-bbox="756 1800 979 1823">Taille des roches déposées</p> <p data-bbox="756 1845 987 1868">Forme des roches déposées</p> <p data-bbox="756 1891 839 1914">Obstacles</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1019 1627 1240 1650"><input type="checkbox"/> Volume des dépôts <li data-bbox="1019 1673 1310 1696"><input type="checkbox"/> Granulométrie (maximale) <li data-bbox="1019 1719 1265 1742"><input type="checkbox"/> Pente de propagation <li data-bbox="1019 1765 1496 1788"><input type="checkbox"/> Distance de propagation (extension spatiale) <li data-bbox="1019 1811 1438 1834"><input type="checkbox"/> Zone influencée par la chute de pierres <li data-bbox="1019 1857 1310 1880"><input type="checkbox"/> Causes possibles du dépôt <li data-bbox="1019 1903 1538 1926"><input type="checkbox"/> Mécanisme de fracturation des roches mobilisées <li data-bbox="1019 1949 1425 1972"><input type="checkbox"/> Evaluation des modèles de simulation <li data-bbox="1019 1995 1389 2018"><input type="checkbox"/> Cartographie des zones de danger

5.3.4 Glissements de terrain (par J. Corominas)





Sous le terme de glissements de terrain sont regroupés les glissements rotationnels, les glissements translationnels, les coulées de terre (CRUDEN & VARNES, 1996) et les glissements de boue (HUTCHINSON, 1988). Les glissements de terrain mobilisent de quelques mètres cubes à plusieurs millions de mètres cubes.





La caractéristique principale commune à ces mouvements de masse est le déplacement rapide à lent de terrain meuble et de roche vers l'aval, ayant lieu sur une ou plusieurs surfaces de glissement. Dans les glissements rotationnels et translationnels, le terrain en glissement se déplace essentiellement en masse. Les coulées de terre et les glissements de boue présentent une forme en lobe ou allongée. Même s'ils sont considérés comme des écoulements, ils glissent plus qu'ils ne s'écoulent.

Un grand nombre de ces mouvements de masse connaissent des réactivations périodiques liées la plupart du temps à des épisodes pluvieux. La compréhension du mécanisme qui déclenche le glissement de terrain et la conception de mesures de correction efficaces nécessitent la description précise du mouvement et de ses caractéristiques qui sont spécifiques à chaque type de glissements de terrain.

Bibliographie

- BISHOP, K.M. (1999): Determination of Translational Landslide Slip Surface Depth Using Balanced Cross Sections. *Environmental and Engineering Geoscience*, 5 (2), pp.147-156
- CRUDEN, D.M. & VARNES, D.J. (1996): Landslide Types and Processes, in A.K. TURNER & R.L. SCHUSTER (eds.) *Landslides: Investigation and Mitigation*. TRB Special Report, 247, National Academy Press, Washington, pp. 36-75
- COROMINAS, J. (1995): Evidence of Basal Erosion and Shearing Mechanisms Contributing the Development of Lateral Ridges in Mudslides, Flow-slides and other Flow-like Gravitational Movements. *Engineering Geology*, 39, pp. 45-70
- HUTCHINSON, J.N. (1988): Morphological and Geotechnical Parameters of Landslides in Relation to Geology and Hydrogeology, in Ch. BONNARD (Ed.). *Landslides. Proc. 5th Int. Symposium on Landslides*. Lausanne. Balkema, Rotterdam. Vol. 1, pp. 3-35

Niche d'arrachement	Caractéristiques (exemples)	Informations et interprétation possible
 <p>Niche d'arrachement principale (Los Olivares, Espagne) Corominas, 1986</p>	<p>Niche d'arrachement principale: glissement régressif</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Tête du glissement rétrogradant par glissement régressif. Le glissement de terrain a déstabilisé la pente supérieure. <input type="checkbox"/> Hauteur de la niche d'arrachement <input type="checkbox"/> Estimation de la profondeur de la surface de rupture
 <p>Sources et zones d'infiltration des eaux (Cava, Espagne) Corominas, 1987</p>	<p>Caractéristiques indiquant des mouvements de terrain antérieurs (ex. structure du sol, fluage) Sources et zones d'infiltration des eaux</p> <p>Stries</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Matériaux pouvant être datés pour déterminer l'âge du glissement <input type="checkbox"/> Informations sur l'aquifère <input type="checkbox"/> Répartition des macropores et des circulations d'eau souterraines <input type="checkbox"/> Traces visibles de cisaillement <input type="checkbox"/> Direction/vecteur du déplacement
Corps du glissement	Caractéristiques (exemples)	Informations et interprétation possible
 <p>Fossé/crêtes jumelles (Grindelwald, Suisse) Kienholz, 1973</p>	<p>Fossé</p> <p>Cisaillement longitudinal</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Fréquence de réactivation de la surface de rupture <input type="checkbox"/> Estimation de la profondeur de la surface de rupture <input type="checkbox"/> Surface de cisaillement latérale <input type="checkbox"/> Limites du glissement principal ou d'un glissement local
 <p>Bourrelet latéral (Vallcebre, Espagne) Corominas, 1982</p>	<p>Fractures de tension (parallèles à la direction du glissement)</p> <p>Bourrelet latéral</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Développement de surfaces de cisaillement latérales <input type="checkbox"/> Limites du glissement <input type="checkbox"/> Indication de l'érosion du sol et des surfaces de cisaillement latérales (Corominas, 1995)

Corps du glissement (suite)	Caractéristiques (exemples)	Informations et interprétation possible
 <p>Fractures de tension transversales (Pont de Bar, Espagne) Corominas, 1982</p>	<p>Fractures de tension transversales</p> <p>Déplacements latéraux</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Elongation du glissement <input type="checkbox"/> Développement d'un fossé ou d'un glissement local <input type="checkbox"/> Dans le cas de glissements translationnels: estimation de la profondeur du glissement au moyen de profils transversaux (Bishop, 1999)
 <p>Décrochements et bourrelets d'accumulation (Falli Hölli, Suisse) Kienholz, 1994</p>	<p>Décrochements</p> <p>Bourrelets d'accumulation</p> <p>Accumulation de boue</p> <p>Arbres droits</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Déplacement longitudinal <input type="checkbox"/> Présence de zones de compression <input type="checkbox"/> Présence de zones de compression et de boue fluidisée <input type="checkbox"/> Présence de blocs rigides <input type="checkbox"/> Un mouvement de type écoulement indique plutôt du glissement que de l'écoulement ou la présence d'un bouchon.
 <p>Route déplacée (Murazzano, Italie) Kienholz, 1995</p>	<p>Affleurement de la surface de cisaillement</p> <p>Objets déplacés</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Echantillonnage afin de déterminer les paramètres de la force de cisaillement <input type="checkbox"/> Epaisseur du glissement <input type="checkbox"/> Nature de la surface de rupture <input type="checkbox"/> Déplacements absolus <input type="checkbox"/> Vecteurs du déplacement
 <p>Arbres courbés et penchés (glissement de Slumgullion, Colorado, USA) Kienholz, 1995</p>	<p>Arbres courbés ou penchés</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Blocs déplacés en rotation <input type="checkbox"/> Mouvements de type écoulement



Pettneu (Tyrol, Autriche), Kreuzer, 1999

5.3.5 Avalanches (par J. Hübl)

Les avalanches sont des mouvements rapides de masse neigeuse qui peuvent contenir des rochers, des matériaux meubles, du bois ou de la glace. Les avalanches se produisent lorsque le poids de la neige accumulée sur la pente excède les forces au sein du manteau neigeux ou entre le manteau neigeux et le sol qui retient la neige en place. L'équilibre entre ces forces peut être rompu par des chutes de neige, par des changements internes dans le manteau neigeux ou par le poids d'un seul skieur. La force, souvent petite, qui est nécessaire pour mettre la neige en mouvement est appelée le facteur déclenchant de l'avalanche.

Comme mentionné par quelques auteurs (ex. McCLUNG 1993, DAFFERN 1992, LACKINGER 2000), on peut distinguer deux principaux types d'avalanches:

- Les **avalanches de neige pulvérulente**, qui mobilisent de la neige sans cohésion, ont généralement un départ ponctuel et amassent de plus en plus de neige en descendant. Elles dévalent la pente en formant un triangle, de plus en plus de neige étant entraîné dans leur course.
- Le second type d'avalanches, les **avalanches de plaque**, est généralement plus dangereux.

Une avalanche de plaque est initiée par une rupture profonde dans le manteau neigeux, avec pour résultante la formation d'un bloc de neige plus ou moins rectangulaire qui se détache entièrement le long de fractures se propageant dans le manteau.

Elle a donc lieu lorsqu'une large surface de neige cohésive commence à glisser.

Les deux types d'avalanches se produisent aussi bien en neige humide ou sèche, en glissant soit sur une couche de neige au sein du manteau neigeux, soit le long de la surface du sol. Les grandes avalanches peuvent atteindre une vitesse suffisante pour qu'une partie de la neige forme un aérosol.

Le mouvement dans son entier est appelé avalanche et comprend la zone de départ, le couloir d'avalanche et la zone de dépôt.

Bibliographie

AVALORG (2002): graphic by Manti-La Sal Avalanche Center, Utha, www.avalanche.org

CEMAGREF (2001): pictures from Cemagref, www.cemagref.fr

DAFFERN, T. (1992): Avalanche Safety, Baton Wicks, London

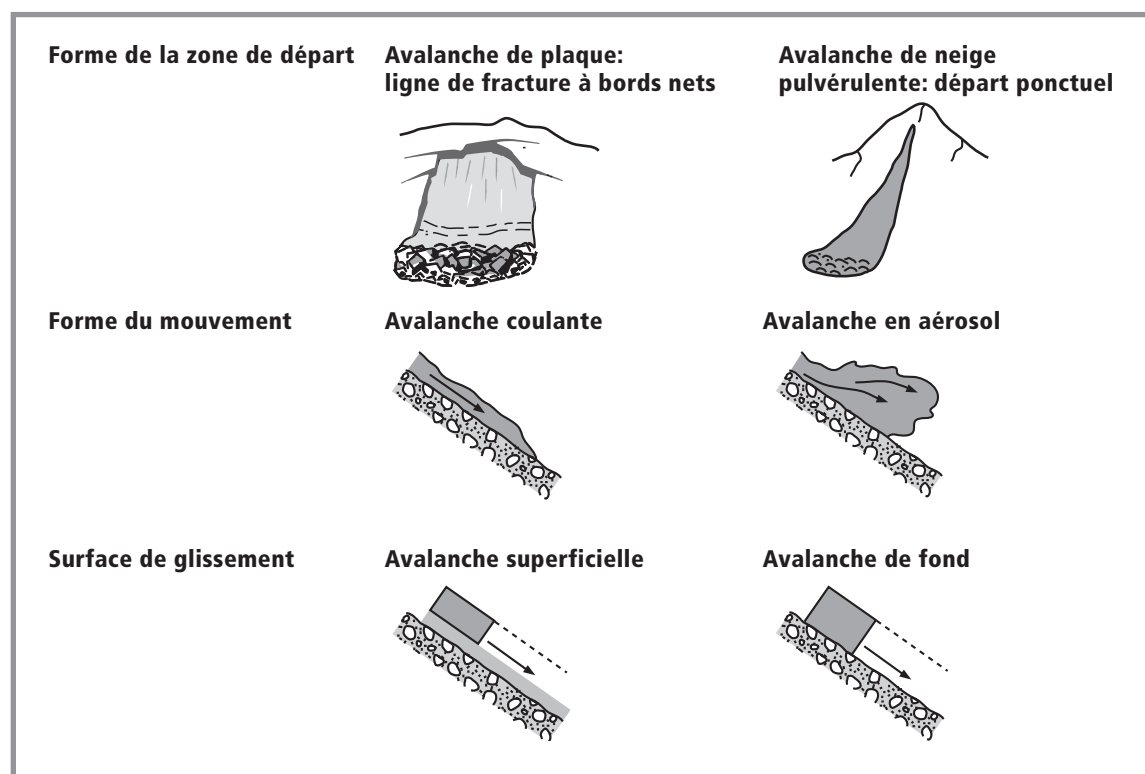
EISLF (2000): graphic by Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung in Davos, www.slf.ch



LACKINGER, B. & GABL, K. (2000): Lawinenhandbuch, 7.Aufl., Tyrolia, Innsbruck



McCLUNG, D. & SCHAEERER, P. (1993): The Avalanche Handbook, The mountaineers, Seattle, Washington




MUNTER, W. (1999): 3 mal 3 Lawinen, Bergverlag Rother, München

Figure 8 Classification des avalanches d'après MUNTER W. (1991).



Zone de départ	Caractéristiques (exemples)	Informations et interprétation possible
 <p data-bbox="165 668 726 723">Couronne d'une avalanche de plaque (Gschnitztal, Autriche) Kreuzer, 2001</p>	<p data-bbox="726 346 999 401">Traces visibles (hommes, animaux) vs. pas de traces</p> <p data-bbox="726 424 999 551">Couronne de l'avalanche: ligne de rupture en amont de la plaque présentant l'aspect d'un mur aux bords très nets</p> <p data-bbox="726 574 999 654">Lit de l'avalanche: surface sur laquelle l'avalanche se propage</p> <p data-bbox="726 677 999 757">Flancs de l'avalanche: limites latérales de la plaque de neige</p> <p data-bbox="726 803 999 1033">Observation du profil de la couronne: <ul style="list-style-type: none"> • stratification de la neige • hauteur de la neige • densité des strates de neige • dureté • forme des grains de neige • température de la neige </p> <p data-bbox="726 1079 999 1239">Couronne atteignant la surface du sol (sol visible); la hauteur de la paroi équivaut à la hauteur de la neige, la profondeur du sol rocheux ou herbeux</p> <p data-bbox="726 1262 999 1320">Front de la zone de rupture recouvert de grosses plaques</p> <p data-bbox="726 1343 999 1412">Front de la zone de rupture non recouvert de grosses plaques</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="999 346 1316 401">❑ Déclenchement artificiel ou naturel <li data-bbox="999 424 1316 780">❑ Avalanche de plaque: une grande surface de neige cohésive a glissé sous l'effet d'une rupture en profondeur dans le manteau neigeux, l'état de contrainte dans le manteau était proche de l'état limite de rupture pour une couche fragile et une vitesse de déformation suffisante a permis la propagation de la rupture. <li data-bbox="999 803 1316 1067">❑ La connaissance de la hauteur et de la surface de la couronne permet d'estimer le volume de neige mobilisé, la densité moyenne de la neige multipliée par le volume de neige mobilisé donne la masse mobilisée par l'avalanche. <li data-bbox="999 1090 1316 1182">❑ Avalanche de fond. Facteur déclenchant possible: faible rugosité du sol et/ou teneur élevée en eau <li data-bbox="999 1205 1316 1320">❑ Avalanche de plaque – neige dure <li data-bbox="999 1343 1316 1412">❑ Avalanche de plaque – neige molle
<p data-bbox="165 1377 726 1457">Combinaison des deux types d'avalanches: une avalanche à départ ponctuel a causé une avalanche de plaque (Flüela, Suisse)</p>	<p data-bbox="726 1377 999 1457">Kienholz, 1994</p> <p data-bbox="726 1469 999 1526">Pas de ligne de rupture bien définie</p> <p data-bbox="726 1538 999 1595">Strate sur laquelle la neige glisse non identifiable</p> <p data-bbox="726 1618 999 1676">Forme en triangle</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="999 1469 1316 1802">❑ Les avalanches de neige pulvérulente présentent un départ ponctuel et augmentent leur masse par érosion du manteau en cours d'écoulement. En raison de la très faible cohésion de la neige, l'avalanche peut être déclenchée par de la fonte de surface ou par paquets de neige tombant d'arbres ou de rochers.
		

Coulouir d'avalanche	Caractéristiques (exemples)	Informations et interprétation possible
 <p data-bbox="715 369 888 422">Coulouir d'avalanche (Valzur, Autriche)</p> <p data-bbox="715 890 834 920">Kreuzer, 1999</p>	<p data-bbox="921 346 1161 399">Endroits déneigés, sol visible, arbres cassés</p> <p data-bbox="921 450 1161 502">Surélévation à l'extérieur des courbes</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1186 346 1466 422"><input type="checkbox"/> Identification du cheminement de l'avalanche <li data-bbox="1186 450 1466 502"><input type="checkbox"/> Vitesse élevée; force centrifuge élevée
 <p data-bbox="778 1510 897 1540">Kreuzer, 1999</p>	<p data-bbox="921 948 1136 1024">Partie du cheminement de l'avalanche qui suit la topographie</p> <p data-bbox="921 1040 1161 1115">Partie du cheminement de l'avalanche qui ne suit pas la topographie</p> <p data-bbox="921 1143 1144 1173">Arbres cassés ou déracinés</p> <p data-bbox="921 1223 1128 1253">Emplacement des arbres</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1186 948 1466 1001"><input type="checkbox"/> Cheminement de l'avalanche <li data-bbox="1186 1040 1466 1069"><input type="checkbox"/> Cheminement de l'aérosol <li data-bbox="1186 1143 1466 1196"><input type="checkbox"/> Indices sur la force d'impact <li data-bbox="1186 1223 1466 1253"><input type="checkbox"/> Direction du mouvement
<p data-bbox="332 1517 662 1643">Coulouir d'avalanche. La partie coulante de l'avalanche est restée dans le chenal; l'aérosol a quitté le chenal et détruit une partie de la forêt (partie droite de la photo) (Valzur, Autriche)</p>		

Zone de dépôt	Caractéristiques (exemples)	Informations et interprétation possible
 <p>Dépôt d'une avalanche (Lötschental, Suisse) Kienholz, 1984</p>	<p>Zone avec de la neige remaniée, parfois sale</p> <p>Profondeur jusqu'à la couche de neige non remaniée</p> <p>Extension spatiale maximale des dépôts</p> <p>Dépôts fins</p> <p>Cannelures ou traces laissées sur la trajectoire de propagation de l'avalanche</p> <p>Dépôts en forme de doigts ou de bras</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Zone de dépôt <input type="checkbox"/> Hauteur des dépôts <input type="checkbox"/> Distance de propagation <input type="checkbox"/> Avalanche coulante sèche et dense <input type="checkbox"/> Avalanche de neige humide (avalanche typique de printemps lorsque la neige lourde en fonte forme des blocs arrondis durs comme du béton)
 <p>Dépôt d'avalanche avec gros blocs de neige (Gschnitztal, Autriche) Kreuzer, 2001</p>	<p>Dépôts solides et denses incluant des blocs de neige jusqu'à 0.5 m de diamètre</p> <p>Cannelures, doigts</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Dépôts d'une avalanche de neige humide <input type="checkbox"/> Partie aérosol d'une avalanche à grande vitesse
 <p>Maison détruite par une avalanche (Krössbach, Autriche) Hübl, 2001</p>	<p>Matériaux fins, poussière (l'avalanche n'a pas suivi le terrain; traces de neige sur les bâtiments)</p> <p>Dégâts aux bâtiments ou aux autres infrastructures comme les remontées mécaniques, pylônes électriques, voitures, arbres, etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Avalanche poudreuse (traces laissées par la poudre de neige) <input type="checkbox"/> Calcul a posteriori de la limite inférieure des forces d'impact sur la base du type de dégâts <input type="checkbox"/> Dégâts à noter (ex.): <ul style="list-style-type: none"> • Fenêtres brisées (de quel type?) • Portes cassées (en acier ou en bois?) • Poutres cassées, toitures ou cheminées endommagées (de quel type?) • Murs détruits (en briques ou en béton?) <input type="checkbox"/> Pression d'impact (kPa): <ul style="list-style-type: none"> • Fenêtres brisées = 1kPa • Portes défoncées = 5 kPa • Structures en bois (charpentes) détruites = 30 kPa • Epicéas adultes déracinés = 100 kPa • Déplacement des structures en béton armé = 1000kPa

Avalanche de Wolfgruben (Autriche)

Kreuzer, 1988

