

Service des forêts et de la faune
Rue du Mont Carmel 1
1762 Givisiez

Commission cantonale des dangers naturels CCDN
p.a. Service des constructions et de l'aménagement
1701 Fribourg



Cartographie intégrale des dangers naturels sur le Plateau fribourgeois

Carte indicative des dangers dus aux processus de chute et de glissement

Notice explicative (condensé du rapport technique)

Table des matières

1	Résumé.....	2
2	Démarche et données de base	3
2.1	Principes	3
2.2	Données de base	3
2.3	Prise en compte des ouvrages de protection et de la forêt.....	4
3	Méthodes d'analyse des processus.....	4
3.1	Dangers dus aux processus de glissement.....	4
3.1.1	Glissements permanents	5
3.1.2	Glissements spontanés et coulées boueuses	5
3.2	Dangers dus aux processus de chute	7
4	Vérification des résultats	8
5	Interprétation des résultats	9
6	Bibliographie.....	10

1 Résumé

La carte indicative de dangers du Plateau fribourgeois fait partie d'une démarche par étapes visant à déceler et à évaluer les dangers naturels. Des cartes de dangers et des cartes indicatives de dangers exhaustives couvrant le domaine préalpin et portant sur les processus de glissement, de chute, d'avalanche et de crue ont déjà été établies durant les années 2000-2005. La deuxième phase (présent projet) consiste à établir une carte indicative des dangers dus aux processus de chute et de glissement affectant le reste du territoire cantonal (Plateau).

Cette carte indicative de dangers signale les périmètres concernés par les chutes de pierres et de blocs, les éboulements et les glissements de terrain, qui sont susceptibles d'être touchés par un événement extrême. En ce qui concerne les glissements spontanés et les coulées boueuses, on entend par extrême un événement lors duquel le sol est tellement imbibé d'eau lors d'intenses précipitations que des glissements de terrain isolés ou nombreux peuvent se déclencher dans un secteur en pente. S'agissant des processus de chute, ce n'est pas l'événement unique qui est déterminant. Dans ce cas, on a considéré que les zones rocheuses sont des sources de danger potentielles et les trajectoires possibles ont été modélisées à partir de ces zones. De même, ce n'est pas l'événement unique qui est déterminant pour les glissements permanents, mais la masse susceptible d'entrer en mouvement.

La présente carte a été établie conformément aux principes suivants:

- Les différents processus ont été évalués selon le même niveau de traitement, sur l'intégralité du périmètre d'investigation.
- Les procédés et les méthodes mis en œuvre permettent de délimiter les périmètres menacés d'une manière efficiente et compréhensible, en appliquant des critères homogènes.
- Les modèles de simulation mis en œuvre garantissent un niveau élevé de transparence et de reproductibilité. L'ampleur déterminante est celle de l'événement extrême. Les processus de glissement spontané, coulée boueuse et chute de pierres ont fait l'objet de simulations numériques.
- Les glissements permanents, pour lesquels aucun modèle numérique approprié n'existe à l'échelon de la carte indicative de dangers, ont été expertisés en tenant compte des connaissances actuelles et des bases disponibles.

La carte indicative de dangers signale les menaces possibles, mais ne renseigne pas sur l'intensité et la probabilité d'occurrence des processus en cause, qui relèvent de la carte de dangers proprement dite. Les périmètres ne sont pas délimités à la précision de la parcelle et les particularités locales ne peuvent pas être prises en compte dans tous les cas.

La carte indicative de dangers s'applique ainsi clairement au niveau du plan directeur:

- Détection des lieux de conflit dans l'utilisation du territoire (périmètres potentiellement à risque).
- Etablissement de priorités dans l'aménagement du territoire.
- Définition des secteurs nécessitant l'élaboration de carte de dangers.
- Evaluation préliminaire de grands projets, notamment de construction, en ce qui concerne les mouvements de terrain.

La carte indicative de dangers signale que de vastes secteurs du Plateau fribourgeois, en particulier des parties de zones d'habitat, sont potentiellement menacés par des glissements spontanés et par des coulées boueuses. Lors d'un événement extrême, plusieurs glissements spontanés et coulées boueuses d'extension généralement limitée peuvent se produire à l'intérieur des périmètres indicatifs de dangers. Ces derniers sont délimités plutôt largement dans les zones densément peuplées, car l'effet stabilisateur des bâtiments et des mesures de confortation n'est pas pris en compte.

Le danger occasionné par les processus de chute et par les glissements permanents peut être considéré comme secondaire, mais il touche aussi quelques zones d'habitat.

Périmètre étudié sur le Plateau fribourgeois	1050 km²	100 %
Périmètres indicatifs de glissements spontanés et de coulées boueuses	93 km ²	8.8 %
Périmètres indicatifs de glissements permanents	16 km ²	1.5 %
Périmètres indicatifs de chutes de pierres	13 km ²	1.2 %
Périmètres indicatifs en zone d'habitat	4.7 km ²	0.5 %

La carte indicative des dangers dus aux processus de chute et de glissement affectant le Plateau fribourgeois constitue un document de base utile à l'état-major cantonal de conduite, au développement territorial et à l'élaboration de stratégies et de projets. Il permet de repérer rapidement les lieux de conflit en superposant les périmètres indicatifs de dangers et les zones renfermant un potentiel de dommages (zones d'habitat, voies de communication, risques particuliers).

2 Démarche et données de base

2.1 Principes

La carte indicative des dangers affectant le Plateau fribourgeois appréhende les processus suivants:

- Chutes de pierre et de blocs
- Glissements permanents
- Glissements spontanés et coulées boueuses

Les périmètres menacés ainsi délimités sont largement exempts de considérations subjectives, car ils ont été entièrement évalués d'une manière homogène et objective, selon des critères prédéfinis. Les paramètres intervenant dans les modélisations numériques sont connus, ce qui garantit la transparence et la reproductibilité requises.

2.2 Données de base

L'application de méthodes assistées par SIG nécessite divers jeux de données numériques. Dans le canton de Fribourg, une grande partie des données spatiales existe déjà sous forme numérique. Les documents suivants ont été utilisés pour établir la carte indicative des dangers du canton de Fribourg (Plateau):

- Carte préliminaire des glissements de terrain (1976, 1:50'000)
- Carte d'inventaire des terrains instables (1993-1999, 1:10'000)
- Cadastre des événements (StorMe)
- Cartes géologiques (jpg, tif)
- Modèles numériques de terrain (MNT-MO)
- Ortho-photos (1998 et 2005)
- Données SilvaProtect (OFEV, 2006).

2.3 Prise en compte des ouvrages de protection et de la forêt

En règle générale – et dans le cas présent –, les ouvrages de protection ne sont pas pris en compte au niveau de la carte indicative de dangers. C'est pourquoi les périmètres indicatifs de dangers qui en résultent peuvent paraître localement quelque peu exagérés. Mais cela garantit la localisation des lieux de conflit potentiel dans l'utilisation du territoire (périmètres potentiellement à risque).

Les ouvrages de protection doivent être pris en compte au niveau de la carte de dangers, qui exige une étude détaillée de leur effet protecteur.

Les forêts peuvent offrir une bonne protection contre les chutes de pierres. Mais les éclaircies dues aux tempêtes et les coupes de grande étendue sont de nature à réduire leur effet protecteur. Lorsqu'il fait défaut, les trajectoires doivent être rallongées et les périmètres touchés agrandis en conséquence. Les modélisations effectuées dans le cadre de cette étude n'ont pas tenu compte de l'effet protecteur de la forêt.

3 Méthodes d'analyse des processus

3.1 Dangers dus aux processus de glissement

Les processus de glissement comprennent, d'une part, les glissements permanents et, d'autre part, les glissements spontanés et les coulées boueuses.

A la différence des glissements spontanés et des coulées boueuses, la masse en mouvement se déplace continuellement dans les glissements permanents. Mais leur vitesse est si lente que les personnes ne sont généralement pas menacées directement, contrairement au cas des glissements spontanés et des coulées boueuses. Les ouvrages (bâtiments, routes) situés sur des glissements permanents risquent de s'incliner, de se fracturer ou de s'affaisser lentement, tandis que les glissements spontanés sont susceptibles de charrier des matériaux et de détruire des ouvrages.

En règle générale, les glissements permanents sont plus étendus que les glissements spontanés et ils présentent une topographie irrégulière.

Bien que ces deux processus résultent de mouvements de terrain gravitaires, ils doivent être traités séparément, car ils mettent en jeu des mécanismes de déclenchement et de dépôt différents. Leur traitement requiert par conséquent des méthodes distinctes.

3.1.1 Glissements permanents

Le processus du glissement permanent, si complexe qu'aucun modèle approprié ne le décrit à l'échelon de la carte indicative de dangers, a été étudié par expertise. Son évaluation s'est référée au modèle de terrain détaillé à mailles de 2 m et à la carte des terrains instables élaborée durant les années 1993-1999 sur la base de vues aériennes et de levés de terrain.

Dans le MNT-MO actuellement disponible, la morphologie du terrain est restituée d'une manière très détaillée. La représentation avec ombrage permet de bien identifier et de délimiter les formes caractéristiques de vastes mouvements de terrain, telles que bords de rupture, dépressions et bourrelets.

Critères de classification comme glissement permanent

- Présence de traces (phénomènes) dans la morphologie: bords de rupture, dépressions, bourrelets, topographie irrégulière, etc.
- Extension spatiale: les glissements permanents ont généralement de grandes dimensions.

En plus, les glissements recensés dans la Carte d'inventaire des terrains instables (1993-1999) ont été vérifiés et leur mécanisme a été étudié. Lorsque les zones en glissement cartographiées correspondaient bien avec le modèle de terrain, elles ont été reprises telles quelles. En cas de divergences notables, elles ont été adaptées, voire ressaisies.

Cette délimitation s'est basée sur les mêmes critères morphologiques que l'identification de glissements supplémentaires.

3.1.2 Glissements spontanés et coulées boueuses

La méthode de traitement des glissements spontanés et des coulées boueuses comprend trois étapes:

A) Préparation des bases géologiques :

Etablissement de la géologie

Pour être en mesure d'évaluer la propension au glissement d'un terrain, il est important de connaître la nature du sol. Les informations nécessaires peuvent être tirées de la documentation géologique avec une précision appropriée pour la carte indicative de dangers. En ce qui concerne le Plateau fribourgeois, les feuilles de l'Atlas géologique de la Suisse au 1:25'000 (voir la liste des données de base) ont fourni des renseignements sur la géologie sub-superficielle de tout le périmètre étudié.

L'évaluation du danger de glissement requiert une appréciation détaillée de la géologie locale. La composition, la perméabilité et la productivité de toutes les unités géologiques présentes (env. 60) ont été évaluées à cet effet. Là où la carte signale des matériaux meubles, ils ont été directement classés. Là où elle signale de la roche, le produit d'altération prévisible a été déterminé et évalué pour toutes les unités.

Evaluation de la stabilité des unités géologiques

L'angle de frottement critique de toutes les unités géologiques classées a été déterminé à partir de leurs caractéristiques. On entend par là l'angle (inclinaison de la pente) à partir duquel les matériaux perdent leur stabilité interne. Cette valeur constitue l'un des para-

mètres cruciaux dans la modélisation des zones de rupture de glissements spontanés et de coulées boueuses.

B) Modélisation des zones de rupture :

Dans le module 1 (modèle SLIDISP; Liener, 2000a + b), les zones de rupture de glissements spontanés et de coulées boueuses sont modélisées en appliquant une méthode reconnue d'analyse de la stabilité des pentes (analyse d'une pente infinie). Les principaux paramètres introduits dans le modèle sont l'inclinaison de la pente, les paramètres de cisaillement, l'épaisseur du terrain meuble et la pression interstitielle. Ils ont été relevés dans tout le périmètre d'investigation.

Les périmètres de cisaillement (cohésion et angle de frottement) sont décrits non par des valeurs uniques assignées aux différentes classes géotechniques, mais par des fonctions de répartition, afin de restituer leur grande variabilité naturelle. Pour déterminer la propension au glissement du terrain, on extrait une série de valeurs de ces fonctions et on les applique pour calculer plusieurs coefficients de sécurité. Cette simulation, dite de Monte Carlo, permet de tenir compte de la dispersion naturelle de certains paramètres dans les modélisations.

Pour chaque classe, la teneur en eau déterminante est fixée en fonction de la perméabilité du terrain. Elle est généralement élevée pour les matériaux meubles peu perméables et plutôt faible pour les matériaux meubles très perméables. La teneur en eau peut être très hétérogène dans la nature. Cette variabilité est prise en compte dans la modélisation en appliquant une fonction de répartition et une simulation de Monte Carlo, comme pour les paramètres de cisaillement.

La teneur en eau du sol est généralement assez élevée sur les replats et dans les dépressions, tandis que les crêtes et les bosses renferment plutôt des teneurs inférieures. L'indice topographique (Quinn et al., 1995) permet de calculer dans le modèle de terrain la propension du sol à atteindre des teneurs en eau élevées en fonction de la topographie. Dans les sites à teneur élevée (replats, dépressions), celle-ci est majorée dans la modélisation en fonction de l'indice topographique.

Les périmètres sujets au glissement selon le modèle peuvent correspondre à des secteurs comprenant très peu de matériaux meubles ou des pointements rocheux isolés, dans lesquels seules des coulées localisées sont possibles. Ces périmètres tendent donc à être délimités trop largement.

Par ailleurs, les périmètres ne sont pas entièrement affectés lors d'un événement extrême: un ou plusieurs glissements spontanés ou coulées boueuses peuvent survenir à l'intérieur des secteurs mis en évidence.

Le terrain est modélisé sans tenir compte des constructions. La délimitation de périmètres menacés est donc peu pertinente en zone bâtie, car les constructions limitent fortement la formation de glissements spontanés et de coulées boueuses.

Les zones de rupture modélisées ont été généralisées dans une étape finale. Les périmètres étroits (≤ 8 mètres) et peu étendus (≤ 200 m²) ont été supprimés. Les zones de rupture supprimées sont principalement situées le long de voies de communication (talus étroits) et à l'intérieur de zones d'habitat. La valeur limite de 200 m² a été déterminée par expertise, sur la base de valeurs empiriques et de vérifications sur le terrain.

C) Modélisation des zones de dépôt :

La zone de transit et de dépôt possible a été déterminée à partir des zones de rupture généralisées. Dans le module 2 (modèle SLIDESIM), les zones de dépôt correspondant aux zones de départ modélisées sont calculées puis représentées. La présente modélisation s'est basée sur le modèle de terrain MNT2 à mailles de 2 m.

La propagation des coulées boueuses est simulée – comme dans le modèle de laves torrentielles de geo7 AG – par une approche de type parcours aléatoire, qui opère un choix au hasard entre plusieurs « successeurs » possibles à partir de chaque cellule du modèle. Cette approche tient compte d'un angle limite à partir duquel le processus peut effectivement se propager et de l'inclinaison des cellules contiguës. Le choix des « successeurs » possibles est opéré en comparant la pente maximale avec une cellule voisine et la pente avec chacune des autres cellules voisines.

3.2 Dangers dus aux processus de chute

Comme pour les coulées boueuses, la modélisation des chutes de pierres distingue la délimitation des zones de départ et la modélisation des trajectoires.

Le modèle utilisé comprend donc un « modèle de disposition », qui détermine les zones de départ potentielles, et un « modèle de processus », qui modélise la distance atteinte par les chutes de pierres et leur propagation dans tout le périmètre d'investigation.

Le modèle peut prendre en compte les paramètres suivants:

- Topographie: modèle de terrain à mailles de 2 m ou de 10 m (MNT2 pour la délimitation des zones de départ et MNT10 pour la modélisation des trajectoires).
- Amortissement au sol: réaction du sol sous l'impact d'une pierre.
- Forêt: une forêt saine représente un obstacle efficace contre les pierres et les petits blocs.

A) Modèle de disposition :

Les zones de départ ont été déterminées principalement en fonction de l'inclinaison tirée du modèle de terrain (MNT2) et de la nature de la surface (zones rocheuses). Toutes les surfaces d'inclinaison supérieure à 45° ont été considérées comme des zones potentiellement rocheuses.

Les zones de départ modélisées ont été généralisées dans une étape suivante. Les surfaces peu étendues ($\leq 400 \text{ m}^2$), correspondant à des zones de départ peu importantes ou résultant d'imprécisions du MNT dans la plupart des cas, ont été supprimées. La pertinence des zones de départ restantes a été contrôlée à l'aide du plan d'ensemble. Celles qui correspondaient à des objets artificiels (p. ex. barrages) ont été éliminées.

B) Modèle de processus :

Ce modèle a été utilisé pour simuler la trajectoire des chutes de pierres (distance atteinte et propagation) à partir des zones de rupture. La caractérisation des zones de transit revêt une grande importance, car les paramètres en jeu subissent des variations cruciales dans cette section.

Le modèle calcule l'énergie des pierres et blocs tronçon par tronçon dans la zone de transit. Les énergies calculées dépendent des caractéristiques du sol le long des trajectoires.

Lorsqu'un projectile percute un sol tendre ou de surface irrégulière, il peut perdre une grande partie de son énergie. Lorsque le sol est dur, par exemple rocheux ou lisse, la perte d'énergie est minimale.

L'effet ralentisseur de la forêt peut aussi être intégré ici, mais il n'a pas été pris en compte dans le cadre de la présente carte indicative de dangers.

Pour déterminer la distance atteinte par les pierres et blocs ainsi que leur propagation, le modèle applique la méthode à un paramètre proposée par Scheidegger (1975). Suivant une approche de type « différences finies », ce modèle calcule la vitesse des projectiles tronçon par tronçon le long de leur trajectoire, en établissant un bilan énergétique à l'équilibre dans chaque tronçon.

Outre la modélisation de la distance atteinte, la simulation de la propagation représente une part importante de l'évaluation des chutes de pierres et blocs assistée par SIG. Une approche de type parcours aléatoire, basée sur les travaux de Zimmermann et al. (1997), a été appliquée ici pour modéliser la trajectoire des projectiles.

Dans l'approche de type parcours aléatoire, la cellule succédant à une cellule donnée de la grille est choisie au hasard. La probabilité qu'une cellule soit choisie dépend de l'inclinaison de la pente et de la direction suivie jusqu'ici par le projectile (persistance). Les « successeurs » possibles d'une cellule de la grille sont choisis en appliquant une approche multidirectionnelle. Celle-ci tient compte d'un angle limite à partir duquel le processus peut effectivement se propager et de l'inclinaison des cellules contiguës. Le choix des « successeurs » possibles est opéré en comparant la pente maximale avec une cellule voisine et la pente avec chacune des autres cellules voisines. La propagation est mesurée au moyen du paramètre « exposant de propagation » (Zimmermann et al. 1997).

4 Vérification des résultats

Les périmètres résultant de la modélisation des processus doivent être vérifiés de manière critique, pour en éliminer les erreurs éventuelles. Les inexactitudes du modèle de terrain, comme la non-représentation de petites proéminences telles que digues (autoroute, voie ferrée), imputables à la précision des données du MNT-MO, à la largeur de sa maille (2 m) ou à une interprétation erronée d'objets artificiels, peuvent notamment conduire à délimiter trop largement les périmètres affectés par les processus étudiés. C'est pourquoi il est important de contrôler la plausibilité des résultats.

Les ortho-photos, les cartes (CN25, plan d'ensemble) et les modèles numériques de terrain sont très utiles pour vérifier la plausibilité des sources de danger (p. ex. zones de départ de chutes de pierres, glissements spontanés ou coulées boueuses).

Les rectifications suivantes ont été opérées:

- Elimination des sources de danger de très petite taille (zones de départ de chutes de pierres, glissements spontanés ou coulées boueuses): trop peu significatives, les zones de départ de très petite taille ($\leq 400 \text{ m}^2$ pour les chutes de pierres, $\leq 200 \text{ m}^2$ pour les glissements spontanés et les coulées boueuses) ont été éliminées.
- Elimination des zones de départ manifestement non pertinentes, correspondant généralement à des ouvrages d'art (barrages, murs de soutènement, etc.).
- Elimination des zones de départ résultant d'inexactitudes manifestes du modèle de terrain.

Vérification à l'aide du cadastre des événements

Les périmètres modélisés exposés aux chutes de pierres, glissements permanents et glissements spontanés / coulées boueuses ont été comparés avec les faits consignés dans le cadastre des événements. La coïncidence était très bonne pour tous les processus.

Vérification à l'aide des données SilvaProtect (OFEV, 2006)

Les périmètres modélisés exposés aux chutes de pierres et aux glissements spontanés / coulées boueuses ont été comparés avec les données SilvaProtect. La coïncidence était très bonne pour tous les processus.

Vérification sur le terrain

Les périmètres dans lesquels un processus dangereux est susceptible de causer des dommages considérables (p. ex. zone d'habitat ou voie de communication importante) ont été vérifiés sur le terrain. Les glissements permanents n'ayant pas pu être classés clairement comme tels sur la base du modèle de terrain ont aussi été contrôlés sur place. Les processus de chute ont été vérifiés sur le terrain dans les secteurs où ils atteignent une zone d'habitat.

Les périmètres exposés aux coulées boueuses et aux glissements spontanés ont été vérifiés ponctuellement dans les secteurs visités dans le cadre des vérifications sur place portant sur les chutes de pierres et les glissements permanents.

Les zones de départ des processus de chute, glissement spontané et coulée boueuse ont aussi été contrôlées le long des voies de chemin de fer et de l'autoroute.

La vérification sur le terrain n'a généré aucune modification géométrique des périmètres exposés aux différents processus selon les modèles appliqués.

5 Interprétation des résultats

A différents endroits, les *glissements spontanés et coulées boueuses* peuvent atteindre des zones d'habitat, mais ils y naissent plus rarement. Comme la présente modélisation n'a pas tenu compte des constructions, les périmètres indicatifs délimités en terrain bâti ont une pertinence limitée. En particulier, les communes et les localités comprenant des zones d'habitat en pente raide, comme Môtier, Montagny-les-Monts ou Châtillon, présentent de vastes périmètres indicatifs de dangers de glissement spontané et de coulée boueuse.

Le *danger de chutes de pierres est très secondaire* sur le Plateau fribourgeois. Il ne concerne qu'environ 1 % du périmètre d'investigation. Les principales sources de chutes de pierres sont localisées dans les falaises de grès des gorges de la Sarine et de la Singine, où le potentiel de dommages est mineur. Dans le reste du périmètre d'investigation, les zones d'habitat sont peu ou pas touchées par les chutes de pierres, à quelques exceptions près (p. ex. Villeneuve). Cette situation est due au fait que le périmètre d'investigation comprend très peu de falaises et que les zones d'habitat se trouvent généralement à l'extérieur des périmètres exposés aux processus de chute.

Les *glissements permanents jouent également un rôle secondaire*. Couvrant 1.5 % de l'ensemble du périmètre d'investigation, ils reflètent fidèlement la géologie locale. La vaste distribution de couches à disposition élevée au glissement, telles que grès, marnes ou flyschs altérables, amène à retrouver des zones en glissement de petite taille, et parfois aussi de grande taille, dans pratiquement toutes les régions.

La carte indicative de dangers du Plateau fribourgeois signale les périmètres pouvant être atteints, lors d'événements extrêmes, par les mouvements de terrain, chutes de pierres, glissements spontanés / coulées boueuses et glissements permanents. Elle indique les menaces possibles sans se prononcer sur leur intensité ni sur leur probabilité d'occurrence.

Les périmètres représentés sur la carte indicative de dangers résultent de modèles numériques réalistes, étayés par l'expérience et par l'observation et complétés par des levés de terrain. Certaines imprécisions affectent toutefois l'analyse de la topographie. Les ouvrages érigés contre les glissements de terrain et les chutes de pierres n'ont pas été pris en compte dans le traitement. L'effet stabilisant des drainages et l'influence favorable des constructions sur les glissements spontanés n'ont pas été inclus dans la modélisation. Seuls ont été considérés les ouvrages de protection ressortant de la morphologie dans le modèle de terrain, soit les grands remblais tels que digues de protection et similaires.

6 Bibliographie

Bulletin de géologie appliquée (2000): Ursachenanalyse der Hanginstabilitäten 1999. Avec la collaboration de l'OFEG et de PLANAT. Bulletin 5/1 de septembre 2000.

Geo7 (1997): Methodenentwicklung für die Erstellung von Gefahrenhinweiskarten und die Ausscheidung von Wäldern mit besonderer Schutzfunktion im Interessensgebiet der SBB. Überblicksauswertung entlang definierter Streckenabschnitte.

Heinimann et al. (1997): Beurteilung von Naturgefahren. Bericht zum FLAM-Modul Naturgefahren. OFEFP, Berne.

Liener S. (2000a): Zur Feststofflieferung in Wildbächen, Geographica Bernensia G64, Universität Bern.

Liener S. (2000b): Modellierung von flachgründigen Rutschungen mit dem Modell SLI-DISP, Interprävent 2000, Villach.

OFAT, OFEE, OFEFP (1997): Recommandations – Prise en compte des dangers dus aux mouvements de terrain dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire.

OFEG, WSL (2003): Oberflächennahe Rutschungen, ausgelöst durch die Unwetter vom 15.-16.7.2002 im Napfgebiet und vom 31.8.-1.9.2002 im Gebiet Appenzell.

OFEV (2006): SilvaProtect-CH Schutzwaldhinweiskarte der Schweiz; Modul Event: Los 1 Prozesse Steinschlag/Blockschlag, Los 2 Prozesse Hangmuren/Rutschungen, Murgang.

Quinn, P.F., Beven, K., Lamb, R. (1995): The $\ln(a / \tan \beta)$ index: How to calculate it and how to use it within the topmodel framework. Hydrological processes, Vol. 9.

Scheidegger, A.E. (1975): On the prediction of the reach and velocity of catastrophic landslides. Rock Mechanics, Vol. 5, pp. 231-236.

Zimmermann et al. (1997): Murganggefahr und Klimaänderung – ein GIS-basierter Ansatz.

Berne, le 28 novembre 2007, geo7 AG.

Givisiez, le 22 avril 2008, version condensée, WE/ BL