



Les deux «recommandations de protection des objets» contre les dangers naturels météorologiques et gravitationnels ont été revues en 2015/2016 pour refléter l'état actuel de la technique.

Elles sont consultables sur la plateforme [protection-dangers-naturels](http://protection-dangers-naturels.ch). Vous pouvez télécharger les recommandations souhaitées et les informations générales en utilisant la fonction d'impression. Le présent PDF correspond à la recommandation de 2005.

www.protection-dangers-naturels.ch



Dangers naturels?

Les présentes recommandations traitent des dangers naturels suivants:

- Avalanches
- Crues
- Glissements de terrain
- Laves torrentielles
- Chutes de pierres

Ces phénomènes dangereux, qui surviennent chaque année, causent parfois d'importants dommages aux bâtiments. Lorsque c'est réalisable, on s'efforce d'esquiver le danger

en utilisant l'espace disponible. Mais considérons par exemple les inondations: il est clair qu'il n'est pas toujours possible de s'installer à l'abri de ce phénomène dans notre espace vital limité. Si le danger lui-même ne peut pas être réduit moyennant un coût raisonnable, il faut protéger les bâtiments en prenant des mesures dites «de protection des objets».

Protection des objets?

La protection des objets représente une solution efficace pour réduire le risque encouru par les personnes et par les biens. Le bâtiment considéré sera conçu de manière à être peu vulnérable aux phénomènes le menaçant, si bien qu'ils ne pourront lui occasionner que des dommages mineurs.

Des adaptations de faible ampleur permettent souvent d'éviter à bon escient que de nouvelles constructions subissent des dommages. En cas de danger d'inondation,

des dommages considérables peuvent être évités de la sorte sans qu'il faille limiter l'utilisation des bâtiments ni supporter un coût supplémentaire.

D'une manière générale, les stratégies suivantes peuvent être appliquées pour protéger des objets:

Type de danger	Construction	Stratégie de protection des objets
Avalanche	Existante	<ul style="list-style-type: none"> · Renforcement des ouvertures et des parois extérieures · Construction de digues ou d'étraves (effet d'écran)
	Nouvelle	<ul style="list-style-type: none"> · Emplacement des ouvertures, forme de l'ouvrage, renforcement · Construction de digues ou d'étraves, exécution sous forme de toit-terrain
Crue	Existante	<ul style="list-style-type: none"> · Protection contre le reflux dans les canalisations, ancrage des citernes à mazout · Surélévation des soupiraux, construction de digues ou de murs · Etanchement des ouvertures et des parois extérieures
	Nouvelle	<ul style="list-style-type: none"> · Surélévation du rez-de-chaussée ou des ouvertures · Concept approprié d'utilisation des espaces intérieurs · Agencement sur remblai ou construction de murs et de digues

Type de danger	Construction	Stratégie de protection des objets
Glissement de terrain et effondrement	Existante	<ul style="list-style-type: none"> · Introductions des conduites souples, évacuation des eaux pluviales · Stabilisation de la masse en glissement, renforcement du bâtiment
	Nouvelle	<ul style="list-style-type: none"> · Aménagement du terrain, choix du site, rigidité du bâtiment · Stabilisation et renforcement
Lave torrentielle et coulée de boue	Existante	<ul style="list-style-type: none"> · Renforcement des ouvertures et des parois extérieures · Construction de digues ou d'étraves (effet d'écran)
	Nouvelle	<ul style="list-style-type: none"> · Forme de l'ouvrage, emplacement et hauteur des ouvertures, renforcement · Construction de digues ou d'étraves, position surélevée
Chute de pierres et de blocs	Existante	<ul style="list-style-type: none"> · Coffrage et renforcement · Construction de digues, murs ou filets (effet d'écran)
	Nouvelle	<ul style="list-style-type: none"> · Emplacement des ouvertures et concept d'utilisation de l'espace extérieur · Coffrage et renforcement des parois extérieures · Construction de digues, murs ou filets, exécution sous la forme de toit-terrain

Quel que soit l'éventail des solutions offertes, la protection des objets est confrontée à des limites techniques. Elles sont atteintes lorsque les événements ont une intensité exceptionnelle (danger élevé selon la carte de dangers). Les renforcements usuels ne permettent pas de s'opposer aux

contraintes qui règnent alors. Pour cela, il faudrait construire de véritables bunkers. Indépendamment du danger encouru par les bâtiments, signalons que l'accès aux biens-fonds peut comporter des risques lorsqu'un événement se produit, et qu'il peut s'en trouver impraticable.

Les présentes recommandations s'adressent aux ingénieurs, aux architectes et aux autorités en charge de la construction. Les exposés et les renseignements qu'elles proposent devraient permettre d'élaborer des solutions sur mesure pour sécuriser les nouvelles constructions, les transformations ou, d'une manière générale, tous les objets nécessitant une protection. Les autorités locales en charge de la construction contrôlent la pertinence des mesures prévues dans le cadre des procédures d'octroi de permis

de construire. A l'heure actuelle, des premières cartes de dangers décrivent la nature et le degré du danger qui menace des zones habitées. La situation varie d'un canton à l'autre, mais d'importants efforts sont consentis pour élaborer ces documents. Là où ces cartes font défaut, le danger doit être évalué sur la base de descriptions des événements historiques ou en faisant appel à un spécialiste des dangers naturels.

6 Qui est concerné, et quand?

Dangers naturels

Les principaux dangers naturels auxquels la Suisse est confrontée peuvent être classés comme suit:

Classes	Types de dangers
Dangers gravitationnels	Avalanches, crues, glissements de terrain, laves torrentielles, chutes de pierres et de blocs, éboulements, écroulements, chutes de glace
Dangers climatiques	Sécheresse, vagues de froid ou de chaleur, tempêtes, grêle, pluies intenses, neige
Dangers tectoniques	Tremblements de terre

La classe des dangers gravitationnels est intimement liée à la situation locale, ce qui implique que ces dangers ne sont pas présents en tout lieu. Ils sont localisés dans l'espace et il n'est pas rare que des zones de danger élevé côtoient des zones sûres. C'est pourquoi ces dangers revêtent une grande importance pour l'aménagement du territoire.

Lorsqu'on parle de «zones de danger» dans le cadre de plans directeurs ou de plans d'affectation (plans de zones communaux), on entend par là les périmètres menacés par des dangers gravitationnels. Ces derniers sont principalement dus à l'action de la gravité et leur zone d'effet est généralement délimitée par la topographie.

Il découle de ces caractéristiques qu'on peut échapper aux dangers gravitationnels en se déplaçant dans l'espace, ce qui n'est guère possible face aux dangers climatiques et tectoniques qui affectent la Suisse. Ainsi, tout bâtiment est par exemple exposé aux tremblements de terre. C'est pourquoi les mesu-

res de protection des objets contre les actions sismiques font désormais partie intégrante des normes de construction.

En revanche, les effets des dangers gravitationnels ne doivent être pris en considération que dans les projets de construction en zone de danger (cf. « Prescriptions types pour les règlements de construction » à la fin de ce chapitre). On localise les zones menacées en procédant à des analyses de danger, puis on les fait figurer dans des cartes de dangers. Les résultats sont pris en compte pour l'aménagement du territoire et intégrés dans les règlements de construction applicables aux périmètres concernés.

1

Les différents dangers gravitationnels sont décrits sous l'angle du danger qu'ils font peser sur les objets concernés.

Ce n'est donc ni le déclenchement ni le déroulement du phénomène naturel traité qui figure au centre du propos, mais son mode d'action.

2

Avalanches

Les avalanches peuvent être classées selon divers critères. La distinction entre avalanches coulantes et poudreuses est pertinente du point de vue des mesures visant à protéger des objets. Autre phé-

nomène requérant des mesures de protection, le glissement de la neige est également traité sous cette rubrique.

3

Avalanches: Avalanches coulantes

Les masses neigeuses dévalent la pente principalement en coulant ou en glissant. Les blocs de neige, de diverses tailles, restent en contact avec le sol. La densité d'une avalanche coulante est comparable à celle du manteau neigeux déposé naturellement. On parle d'avalanche superficielle lorsque le plan de glissement se trouve à l'intérieur du manteau neigeux dans la zone de rupture, tandis qu'une avalanche de fond commence à glisser sur le sol. Une avalanche de fond avec arrachement désigne une avalanche de printemps, lourde et

mouillée, qui charrie des matériaux étrangers et s'écoule généralement dans une section en forme de ravine. Les avalanches coulantes ont une vitesse de 10 à 40 m/s le long de leur trajectoire. Elles génèrent des pressions dynamiques à même de détruire des bâtiments.

4



5

Avalanches: Avalanches poudreuses

Les avalanches poudreuses se développent toujours à partir d'avalanches coulantes. Elles se composent d'un nuage de neige tourbillonnant qui se déplace en jaillissant dans l'air. Les avalanches purement poudreuses, sans composante coulante, ne se rencontrent que lorsqu'une avalanche coulante se trouve entièrement en suspension lors d'une chute en terrain raide ou lorsque la composante coulant au sol et la poussière de neige sont séparées en raison des caractéristiques du terrain. Par rapport aux avalanches coulantes, la densité des avalanches poudreuses est nettement moindre et leur hauteur notablement supérieure. Leur vitesse est de 20 à 80 m/s. Elles peuvent même causer des dommages sur de vastes périmètres dans le versant opposé. Leur souffle est capable de renverser

des arbres et des pylônes ou d'endommager gravement des fenêtres et des toits de bâtiments. La poussière de neige comprimée contre les façades reste visible un certain temps.

6



7

Avalanches: Glissement de la neige

Les talus lisses et très ensoleillés sont parfois le siège de mouvements continus de glissement et de reptation du manteau neigeux. Les glissements marqués peuvent être soulignés par une rupture typique en forme de croissant. L'arrière des bâtiments subit alors des forces

considérables dues à la pression de la neige.



Crues

Les crues sont dangereuses par l'érosion des berges et par les inondations qu'elles provoquent. Du point de vue de la protection

des objets, il faut tenir compte des effets de l'eau, mais aussi des matériaux solides entraînés par les crues (matériaux charriés, sédiments, bois flottant, etc.).

Crues: Erosion des berges

Les effets de l'érosion des berges sont de deux natures. Ils comprennent les atteintes directement occasionnées par le courant et le glissement des berges. Le critère prépondérant pour la sécurité des bâtiments et des installations exposés aux atteintes directes du courant est leur résistance vis-à-vis des actions dynamiques de l'eau et des matériaux solides charriés. Dans le cas du glissement des berges, c'est la profondeur des fondations qui est déterminante. Les berges affouillées, les

goulets d'étranglement et les emplacements comportant des obstacles à l'écoulement sont particulièrement exposés à l'érosion des berges.



Crues: Inondations

Le développement des inondations diffère selon la topographie du site affecté et du type de débordement hors des cours d'eau. En terrain plat, de type plateau, et autour des lacs, les vitesses d'écoulement et de montée des eaux sont généralement assez faibles. Le paramètre prépondérant pour l'ampleur des dommages est la hauteur maximale d'inondation. En terrain raide ou en forme de cuvette, ainsi qu'aux environs des resserrments du lit des cours d'eau (localités), il faut s'attendre à des vitesses d'écoulement supérieures. Il en va de même à proximité des brèches dans les digues. Dans ce cas, les paramètres prépondérants pour l'ampleur des dommages sont la hauteur d'inondation et la vitesse d'écoulement. A l'intérieur des périmètres inondés, des dommages peuvent aussi être

provoqués localement par des phénomènes d'érosion et d'alluvionnement. Les dommages subis par les objets sont dus aux actions dynamiques ainsi qu'à l'humidité et à l'incrustation de saouilles.



1 Glissements de terrain

Les glissements de terrain peuvent être classés selon divers critères. Du point de vue de la protection des objets, le paramètre principal est la profondeur du plan de glissement.

2 Glissements de terrain: Glissements superficiels

Sont dits superficiels les glissements de terrain dont le plan de glissement se trouve à une profondeur maximale de 2 m. Le volume des matériaux solides déplacés est limité. Il s'agit habituellement de phénomènes qui se déclenchent spontanément lors de précipitations exceptionnelles. Des épisodes pluvieux intenses et de longue durée sont à l'origine de pressions interstitielles élevées dans le sol. Les glissements de terrain peuvent dégénérer en coulées de boue lorsque le sol est fortement saturé en eau (cf. « coulées de boue » deux pages plus loin). Les glissements superficiels sont rarement en mouvement continu. Si l'on rencontre souvent des phénomènes de reptation du sol, ils ne sont pas liés à un plan de glissement au sens propre.

3

4

5 Glissements de terrain: Glissements semi-profonds à profonds

On parle de glissement semi-profond lorsque le plan de glissement se trouve à une profondeur de 2 à 10 m et de glissement profond lorsqu'il est à plus de 10 m. Le mode de formation de ce plan et l'évolution du mouvement peuvent être fort différents. Il existe de nombreuses formes intermédiaires entre les deux extrêmes que sont le glissement continu et le mouvement spontané unique. La surface de glissement peut être incurvée comme une demi-sphère (glissement rotationnel) ou plane (glissement translationnel, à la manière d'un tiroir). Ici également, toutes sortes de formes intermédiaires sont possibles selon la constitution du terrain.

Ces types de glissements mettent en mouvement des volumes solides supérieurs de plusieurs ordres de grandeur aux masses mises en

Les actions des glissements superficiels sur les ouvrages sont dues à la poussée générée par les masses de terre en mouvement. En ce qui concerne les bâtiments, il s'agit généralement d'actions sur les parois extérieures, qui n'affectent pas les fondations.



jeu par les glissements superficiels. C'est pourquoi ils génèrent rapidement des forces de poussée qu'on ne peut plus contraindre, ou alors au prix d'ouvrages de soutènement très onéreux. En règle générale, les bâtiments situés sur de tels glissements sont entièrement entraînés par le mouvement. L'ampleur des dommages qu'ils subissent dépend notamment de la grandeur et de l'homogénéité des vitesses de mouvement sur l'ensemble du corps en glissement.



7

Glissements de terrain: Phénomènes de tassement et d'effondrement

Des phénomènes de tassement et d'effondrement se produisent lorsque des matériaux solides sont soustraits dans le sous-sol. Ce processus est dû à la lixiviation d'une roche souterraine soluble (gypse,

cornieule, calcaire) ou au lessivage de fractions fines (érosion interne). Il se manifeste en surface par des mouvements verticaux graduels (tassement) ou spontanés (effondrement).



Laves torrentielles

Une simplification sommaire consiste à considérer la lave torrentielle comme une forme intermédiaire entre la crue et le glissement de terrain. Ce processus est aussi couramment assimilé à des phénomènes tels que coulées de boue ou de débris. Les laves torrentielles descendent dans le lit de cours d'eau raides et sur des pentes de forte déclivité (coulées de boue). Le passage d'une lave torrentielle dans le lit d'un cours d'eau pro-

voque souvent une importante érosion latérale et verticale. L'action générée dans ce cas est comparable à l'action provoquée par l'érosion des berges lors d'une crue. Lorsqu'une lave torrentielle déborde, on parle en allemand d'«Übermürung», terme sans équivalent en français qui désigne un dépôt de lave torrentielle constitué de blocs, d'éboulis et d'alluvions.

Laves torrentielles: Dépôts issus de lits de cours d'eau (laves torrentielles au sens propre)

L'action prépondérante de la lave torrentielle est la force de poussée due au mélange d'eau et de matériaux solides charriés. Selon la topographie et l'agencement

de l'ouvrage affecté, celui-ci sera simplement contourné ou submergé par les eaux. Il pourra aussi subir des chocs.



1 Laves torrentielles: Dépôts issus de pentes (coulées de boue)

Les coulées de boue se forment sur des pentes relativement raides. Les masses de matériaux meubles saturés se mettent subitement en mouvement. La teneur en eau élevée facilite leur écoulement, ce qui peut provoquer la mobilisation de tout le corps instable. L'action sur les constructions est comparable à l'action générée par le dépôt d'une lave torrentielle issue du lit d'un cours d'eau.



2

3 Phénomènes de chute

Sont examinées ici la chute de pierres et la chute de blocs. La chute de glace sera traitée par analogie, en modifiant uniquement la masse volumique. L'éboulement et l'écroulement ne sont pas abordés

dans ce contexte, car ils mettent en jeu des masses et des énergies qui dépassent les possibilités des mesures de protection des objets.

4 Phénomènes de chute: Chutes de pierres et de blocs

Ces phénomènes sont caractérisés par la chute sporadique de pierres (diamètre moyen < 0.5 m) ou de blocs (diamètre moyen > 0.5 m) plus ou moins isolés. Ce processus, répété ou soumis à des pointes saisonnières, témoigne de la désagrégation continue d'une zone de décrochement, telle que falaise rocheuse, déterminée par les conditions géologiques et par l'altération. Les vitesses de chute vont généralement de 5 m/s à plus de 30 m/s. En ce qui concerne le mode de mouvement, il y a lieu de

faire une distinction entre le saut et le roulement. En règle générale, la vitesse des pierres et des blocs diminue régulièrement dans les pentes de déclivité inférieure à 30° . La longueur des sauts diminue simultanément. Les forêts ou autres zones boisées denses absorbent également une part plus ou moins importante de l'énergie des corps en mouvement. L'action sur les ouvrages est due à la force de poussée des projectiles, qui est essentiellement déterminée par leur vitesse et par leur masse.

5

6

7



Méthode d'élaboration des cartes de dangers

Les explications à ce propos sont basées sur les directives et recommandations fédérales suivantes:

- Directives pour la prise en considération du danger d'avalanches lors de l'exercice d'activités touchant l'organisation du territoire. Office fédéral des forêts, Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches, 1984.
- Recommandations: Prise en compte des dangers dus aux crues dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire. Office fédéral de l'économie des eaux, Office fédéral de l'aménagement du territoire, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 1997.

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

La carte de dangers se compose d'une carte proprement dite et d'un rapport explicatif. La carte indique les degrés de danger, tandis que le texte fournit les explications et motivations requises.

Degrés de danger

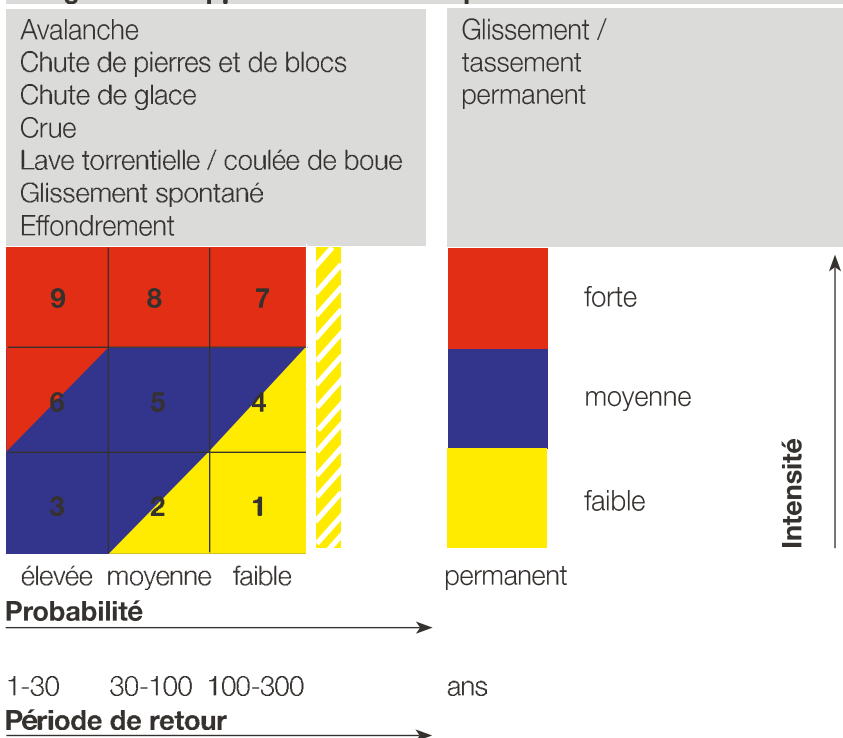
La carte de dangers, colorée en rouge, bleu, jaune et blanc, rend compte de l'importance des zones de danger pour l'aménagement du territoire, principalement en ce qui concerne la construction de bâtiments:

Zone de danger	Signification au plan technique	Importance pour l'aménagement du territoire
rouge	danger élevé	zone d'interdiction
bleu	danger moyen	zone de réglementation
jaune	danger faible	zone de sensibilisation
jaune-blanc	danger résiduel (intensité forte, probabilité très faible)	zone de sensibilisation
blanc	aucun danger connu ou danger négligeable selon l'état des connaissances actuelles	aucune limitation

Ce schéma simple est conçu pour une utilisation du terrain comportant des habitations.

Les couleurs caractérisant les zones de danger résultent de la combinaison de l'intensité et de la probabilité (fréquence ou période de retour) des phénomènes menaçants. Afin de prendre en compte les différences entre ces phénomènes, qui peuvent être très importantes, on applique des diagrammes spécifiques à chacun d'entre eux.

Diagrammes applicables selon les processus



Pour tous les phénomènes non permanents, il est en principe possible de faire figurer le danger résiduel dans la carte de dangers. Les chiffres désignant les champs de la matrice en couleurs symbolisent précisément la combinaison d'intensité et de probabilité à laquelle on est confronté.

Les classes d'intensité relatives aux différents types de dangers sont définies à la page suivante. Les recommandations fédérales ne préconisent aucun paramètre pour déterminer l'intensité des glissements spontanés et des effondrements.

Classes d'intensité

Phénomène	Intensité faible	Intensité moyenne	Intensité forte
Avalanche	$q < 3 \text{ kN/m}^2$	$3 \text{ kN/m}^2 < q < 30 \text{ kN/m}^2$	$q > 30 \text{ kN/m}^2$
Inondation, y compris épandage d'alluvions	$h_f < 0.5 \text{ m}$ ou $v_f * h_f < 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$	$0.5 \text{ m} < h_f < 2 \text{ m}$ ou $0.5 < v_f * h_f < 2 \text{ m}^2/\text{s}$	$h_f > 2 \text{ m}$ ou $v_f * h_f > 2 \text{ m}^2/\text{s}$
Erosion des berges	$h_u < 0.5 \text{ m}$	$0.5 \text{ m} < h_u < 2 \text{ m}$	$h_u > 2 \text{ m}$
Lave torrentielle et coulée de boue	n'existe pas	$h_f < 1 \text{ m}$ ou $v_f < 1 \text{ m/s}$	$h_f > 1 \text{ m}$ et $v_f > 1 \text{ m/s}$
Chute de pierres / blocs	$E < 30 \text{ kJ}$	$30 \text{ kJ} < E < 300 \text{ kJ}$	$E > 300 \text{ kJ}$
Glissement / tassement permanent	$v_f \leq 2 \text{ cm/an}$	$2 \text{ cm/an} < v_f < 1 \text{ dm/an}$	$v_f > 1 \text{ dm/an}$ ou forts mouvements différentiels
Glissement spontané / glissement de berge	$h_r < 0.5 \text{ m}$	$0.5 \text{ m} < h_r < 2 \text{ m}$	$h_r > 2 \text{ m}$
Effondrement	n'existe pas	$h_s < 0.5 \text{ m}$ et $A_E < 1 \text{ are}$	$h_s > 0.5 \text{ m}$ ou $A_E > 1 \text{ are}$

E: énergie cinétique (cumul des énergies de translation et de rotation)
 q: pression
 h_f: hauteur d'eau
 h_r: profondeur du plan de glissement
 h_s: hauteur de l'effondrement

v_f: vitesse
 A_E: superficie de l'entonnoir d'effondrement
 h_u: profondeur d'érosion de la berge

Classes de fréquence

En vertu des recommandations fédérales citées précédemment, il y a lieu de distinguer les quatre classes de fréquence suivantes lorsqu'il s'agit de déterminer la probabilité d'occurrence ou la période de retour d'un événement

dans le cadre de l'appréciation du danger:

Probabilité	Période de retour
Elevée	1 à 30 ans
Moyenne	30 à 100 ans
Faible	100 à 300 ans
Très faible	plus de 300 ans

Cartes d'intensités

Des cartes dites d'intensités sont dressées pour chaque classe de fréquence étudiée. Elles restituent les trois classes d'intensité selon les recommandations fédérales pour tous les événements pris en compte dans chacune de ces

classes. Les actions déterminantes pour dimensionner les mesures de protection des objets peuvent être tirées de ces cartes d'intensités.

1 Référence à la norme SIA 260

Les présentes recommandations complètent les normes SIA 260, 261 et 261/1 en ce qui concerne l'action des dangers gravitationnels sur les bâtiments. Fixant la procédure à suivre pour déterminer les actions, elles fournissent une base homogène pour élaborer des projets. Elles se basent en outre sur la norme SIA 260 pour ce qui a trait au choix du concept de dimensionnement. Les objectifs de

protection doivent être définis dans la convention d'utilisation et le concept de protection stipulé dans la base du projet.

Sécurité structurale

Les points suivants peuvent être établis en s'appuyant sur des directives comparables complétant les normes SIA 260, 261 et 261/1:

2

3

Période de retour	Référence à la norme SIA 260
1 à 30 ans	Les intensités calculées (= actions) dans les cartes d'intensités correspondent à la valeur F_d selon la norme SIA 260, chiffre 4.4.2.1 $\gamma_F = 1.5$ (facteur de charge)
Plus de 30 ans et jusqu'à 100 ans	Les intensités calculées (= actions) dans les cartes d'intensités sont augmentées des facteurs de charge suivants pour correspondre à la valeur de calcul A_d selon la norme SIA 260, chiffre 3.2.2.8: $\gamma_F = 1.3$: facteur de charge pour les avalanches, les laves torrentielles et les chutes de pierres $\gamma_F = 1.2$: facteur de charge pour les crues et les glissements de terrain
Plus de 100 ans	Les intensités calculées (= actions) dans les cartes d'intensités sont augmentées des facteurs de charge suivants pour correspondre à la valeur de calcul A_d selon la norme SIA 260, chiffre 3.2.2.8: $\gamma_F = 1.2$: facteur de charge pour les avalanches, les laves torrentielles et les chutes de pierres $\gamma_F = 1.1$: facteur de charge pour les crues et les glissements de terrain

F_d : action normale
 A_d : action accidentelle

Aptitude au service

Les exigences concernant l'aptitude au service et les actions qu'il y a lieu de prendre en compte pour procéder aux vérifications nécessaires doivent être fixées en commun par l'auteur du projet et par le maître de l'ouvrage, puis elles seront stipulées dans la base du projet selon la norme SIA 260.

4

5

6

7

La subdivision en trois degrés de danger exposée à la page 17 et ses répercussions sur l'aménagement du territoire et le droit de la construction acquièrent

Sont qualifiés de zones de danger naturel les secteurs menacés par des phénomènes de crue, lave torrentielle, avalanche, glissement de terrain, chute de pierres, chute de blocs, éboulement ou chute de glace.

Les ouvrages et les aménagements situés dans les zones de danger naturel doivent satisfaire à des exigences particulières concernant la protection des personnes et des biens. Les recommandations « Protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels » éditées par les Etablissements cantonaux d'assurance sont déterminantes à cet effet. Les prescriptions suivantes s'appliquent aux différentes zones de danger:

a) Zone de danger rouge: les ouvrages et les aménagements existants peuvent être entretenus et rénovés de manière pertinente. La mise en œuvre de mesures plus importantes, découlant par exemple de l'obligation de réaliser des mesures visant à protéger les objets concernés, demeure réservée. La construction de nouveaux ouvrages ou aménagements est interdite.

b) Zone de danger bleue: les ouvrages et les aménagements existants peuvent être entretenus et rénovés de manière pertinente. Les modifications plus importantes (transformations, extensions, remplacements, nouvelles constructions) ne sont admises que si le projet de construction comprend les mesures de protection des objets requises.

c) Zone de danger jaune: les transformations, extensions, remplacements et nouvelles constructions sont admis. Les mesures de protection des objets requises doivent être prises obligatoirement lorsqu'un ouvrage ou un aména-

un statut contraignant par le biais des prescriptions types suivantes, applicables aux règlements de construction (exemple du canton de St-Gall):

gement public est concerné. C'est également le cas lorsqu'un projet de construction particulier porte, par exemple, sur un ouvrage destiné à des rassemblements importants de personnes, comprenant des biens de valeur élevée ou présentant un potentiel important de dommages consécutifs. Pour les autres ouvrages et aménagements, la mise en œuvre de mesures visant à protéger les objets concernés est recommandée.

d) Pour les projets de construction situés à l'extérieur du périmètre concerné par la carte de dangers, il y a lieu de se référer à la carte indicative des dangers. Si elle signale l'existence d'un danger, la menace à laquelle l'objet concerné est exposé sera évaluée dans le cadre de la procédure en vue d'obtenir l'autorisation de construire. Les mesures visant à protéger les objets concernés sont obligatoires.

Les nouvelles constructions peuvent souvent être protégées en plaçant le rez-de-chaussée en position surélevée. L'insertion de la disposition suivante dans le règlement de construction permet d'appliquer cette mesure (exemple du canton de Nidwald):

Lorsque, pour des raisons de protection contre les dangers, le rez-de-chaussée doit être placé à une telle hauteur au-dessus du terrain naturel que le sous-sol compte pour un étage complet, le conseil communal peut augmenter d'une unité le nombre maximum d'étages complets autorisés.

Au voisinage des lacs, la mise en œuvre de mesures de protection des objets peut être imposée en fixant dans le règlement de construction une hauteur d'inondation à prendre en compte pour tous les bâtiments.

1 Les réglementations relatives aux projets de construction en zone de danger diffèrent d'un canton à l'autre. Veuillez vous renseigner auprès de l'établissement d'assurance de votre canton (ECA) avant d'établir votre projet.

Etape	Maître de l'ouvrage	Auteur du projet	Spécialiste des dangers naturels	Autorité en charge de la construction	Assurance des bâtiments	
Etablissement du projet	Avant-projet	Définit sa vision du projet	Consulte le plan de zone et le règlement de construction	Renseigne sur les documents existants utiles pour déterminer le danger		
		Fait réaliser une expertise spécifique en cas de manque d'informations concernant les dangers	Consulte les cartes de dangers / intensités et le rapport; contrôle si d'autres mesures sont prévues ou en cours d'exécution	Explique si nécessaire les résultats de la carte de dangers ou réalise une expertise spécifique en cas de manque d'informations concernant les dangers	Conseille l'auteur du projet pour la prévention des dommages causés par les forces de la nature	
		Définit les objectifs de protection pour chaque pièce et local du bâtiment dans le cadre de la convention d'utilisation	Etablit la convention d'utilisation avec le maître de l'ouvrage, choisit le concept de la structure et définit la base du projet	Renseigne si nécessaire au sujet de mesures de protection des objets qui ont fait leurs preuves		
	Projet		Identifie les situations de danger et détermine les sollicitations			
		Choisit la variante de projet définitive	Détermine l'agencement définitif du bâtiment et des alentours ainsi que les mesures de protection de l'objet			
			Procède au dimensionnement en vérifiant la sécurité structurale et contrôle l'aptitude au service			
			Déclare le degré de protection contre les dangers naturels atteint à l'autorité en charge de la construction et à l'établissement d'assurance des bâtiments	Assiste si nécessaire l'autorité en charge de la construction dans son examen du projet	Examine le projet sous l'angle des mesures prévues pour protéger l'objet	Conseille l'autorité en charge de la construction pour la prévention des dommages causés par les forces de la nature
Autorisation de construire				Octroie l'autorisation de construire, en l'assortissant éventuellement de conditions complémentaires	Peut signaler une exclusion de l'assurance (diffère selon le canton)	

Etape	Maître de l'ouvrage	Auteur du projet	Spécialiste des dangers naturels	Autorité en charge de la construction	Assurance des bâtiments
Construction	Examine certains points	Suit l'exécution des travaux, veille à la bonne réalisation des mesures de protection		Procède aux contrôles de la construction	Peut contrôler la construction si un objet sensible est concerné (diffère selon le canton)
Réception des travaux	Prend l'ouvrage en charge			Contrôle l'exécution des mesures de protection prescrites	Assure l'ouvrage, en prononçant éventuellement des réserves
Entretien	Contrôle périodiquement le bon fonctionnement des mesures de protection de l'objet ou délègue ce contrôle à un spécialiste				
	Mandate un spécialiste pour remédier aux déficiences repérées				
Sinistre	Prend des mesures de nature à réduire les dommages lors de l'événement				Procède à une expertise des dommages à l'issue de l'événement
Réparation des dommages	Commande les travaux de remise en état et les mesures de protection nécessaires en accord avec l'établissement d'assurance et l'autorité en charge de la construction	Examine la base du projet en ce qui concerne le concept de protection retenu, adapte éventuellement celui-ci et conçoit les mesures de remise en état et de protection de l'objet	Contrôle la carte de dangers existante ou procède à une expertise spécifique en cas de manque d'informations concernant les dangers	Définit les mesures de protection de l'objet qu'il y a lieu de prendre	Conseille l'auteur du projet pour la prévention des dommages causés par les forces de la nature

1

2

3

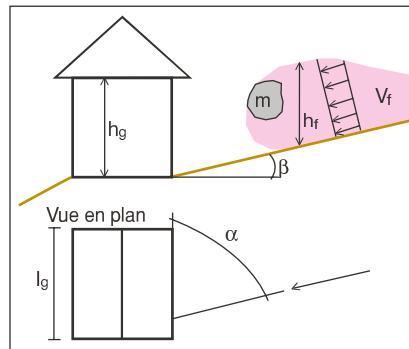
4

5

6

7

1 Notations



2

v_f [m/s] Vitesse d'écoulement de la lave torrentielle

h_f [m] Hauteur d'écoulement de la lave torrentielle

h_a [m] Epaisseur des matériaux déposés par la lave torrentielle

h_{stau} Hauteur de retenue d'une lave torrentielle

m [t] Masse du plus gros bloc transporté

l_g [m] Longueur de la paroi touchée

l_h [m] Epaisseur de la paroi en béton armé

3

4

Caractérisation

Volume

Les grandes laves torrentielles qui surviennent dans les Alpes charrient plusieurs centaines de milliers de mètres cubes de matériaux, tandis que les petites en transportent quelques centaines ou milliers.

Hauteur et vitesse d'écoulement

Il ne s'agit pas moins de phénomènes très dangereux, car la vitesse des coulées dévalant des chenaux, qui peut atteindre 15 à 20 m/s, est supérieure à celle des inondations. Cette vitesse tombe à une valeur comprise entre 2 et 7 m/s aux endroits où la déclivité diminue et où les coulées peuvent

l_s [m] Portée de la paroi en béton armé

ρ_f [t/m³] Densité de la lave torrentielle

α [°] Angle de déviation

β [°] Déclivité de la pente

γ [°] Angle d'ouverture de l'étrave

g [m/s²] Accélération gravitationnelle (10 m/s²)

q_f [kN/m²] Pression exercée par la lave torrentielle

q_a [kN/m²] Surcharge due aux laves torrentielles

$q_{f,r}$ [kN/m²] Frottement spécifique

q_e [kN/m²] Pression statique de remplacement due à une charge concentrée (choc)

a [-] Coefficient de pression

A [m²] Surface d'impact d'une charge concentrée

Q_e [kN] Force statique de remplacement due à une charge concentrée (choc)

5

6

s'étaler. La hauteur d'écoulement d'une lave torrentielle est de l'ordre de 0.5 à 3 m. Lorsqu'elle s'étale, sa hauteur décroît en conséquence. Si plusieurs laves torrentielles peuvent s'écouler dans le même chenal au cours d'un seul épisode pluvieux, ce phénomène est observé moins fréquemment pour les coulées de boue.

Préalerte

Il n'est pas possible de déterminer à l'avance quand une lave torrentielle ou une coulée de boue se produira. La mise en place d'un système de préalerte n'est possible que dans certains cas particuliers.

7

Paramètres d'intensité pour le dimensionnement

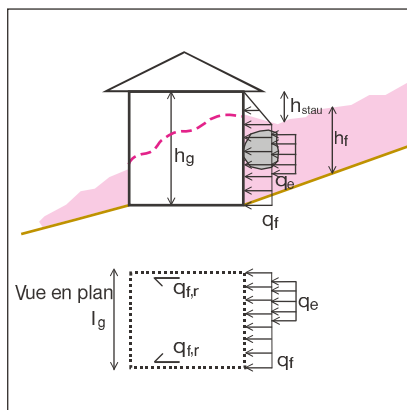
Pour dimensionner les mesures visant à protéger des objets, il faut disposer de données concernant la hauteur et la vitesse d'écoulement des laves torrentielles ou des coulées de boue. Ces données

peuvent être tirées des cartes d'intensités et du rapport technique. Si les données concernant les intensités font défaut, elles seront déterminées par un spécialiste des dangers naturels.

Les situations de danger suivantes décrivent les atteintes subies par un bâtiment percuté ou contourné par un mélange d'eau et de matériaux solides. Ces actions peuvent être occasionnées par une lave

torrentielle, une coulée de boue ou un glissement de terrain superficiel spontané. Pour simplifier le propos, on utilisera uniquement l'expression *lave torrentielle* dans la suite du texte.

Situation de danger 1

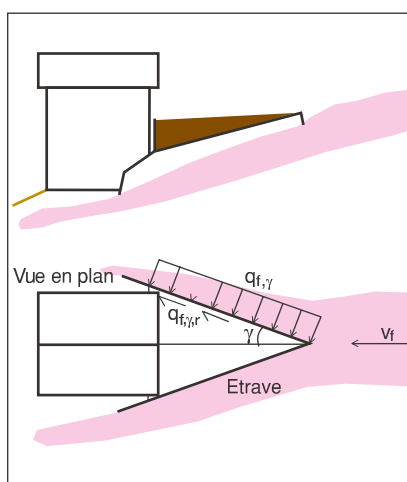


Une lave torrentielle percute un bâtiment

Le mélange d'eau et de matériaux solides percute la façade frontale du bâtiment. La collision occasionne une retenue de hauteur h_{stau} , qui, cumulée avec la hauteur d'écoulement h_f de la lave torrentielle, ne dépasse pas la hauteur h_g du bâtiment. La toiture ne subit

donc aucune action directe. L'action déterminante est la pression q_f exercée sur la paroi extérieure. Elle est notamment influencée par la forme du bâtiment ainsi que par la densité et la vitesse de la lave torrentielle. On admet que cette vitesse v_f est constante sur toute la hauteur d'écoulement. Pour les parois latérales et toutes les parois atteintes obliquement, on appliquera une pression réduite en fonction de l'angle d'incidence α . Ces parois subissent également des actions dues aux frottements. Le choc occasionné par les composantes individuelles de grande taille (blocs, troncs d'arbres) est pris en compte en appliquant une pression statique de remplacement q_e .

Situation de danger 2



Une lave torrentielle contourne un bâtiment précédé d'un ouvrage de déviation (étrave)

L'étrave subit des actions dues aux pressions occasionnées par son contournement et par les frottements engendrés. La pression $q_{f,\gamma}$ agissant sur l'étrave est réduite en fonction de l'angle de déviation γ . Cet angle sera de 30° au maximum. Sinon, il n'y a plus d'effet déflecteur et l'on est en présence d'un choc tel que décrit dans la situation de danger 1. L'étrave doit en outre avoir une hauteur suffisante. (Les actions déterminantes dans cette situation de danger correspondent à celles que subissent les murs et digues déflecteurs.)

1 Hauteur de retenue lors d'un choc occasionné par une lave torrentielle

Lorsqu'une lave torrentielle percute un objet, la hauteur de retenue se calcule de la manière suivante:

$$h_{\text{stau}} = (v_f^2) / (2 * g) \text{ [m]}$$

Hauteur de retenue d'une lave torrentielle

2 Pression résultant de la contrainte dynamique

La pression q_f exercée par la contrainte dynamique dépend de la vitesse de la lave torrentielle, de sa densité, de l'angle de déviation et d'un coefficient de pression empirique a (GEO 2000).

$$q_f = a * \rho_f * v_f^2 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Pression exercée par une lave torrentielle

a prend les valeurs indicatives typiques suivantes:

$$a = 2$$

Lave torrentielle boueuse

$$a = 4$$

Lave torrentielle granulaire

La densité de la lave torrentielle vaut:

$$\rho_f = 1.8 \text{ [t/m}^3\text{]}$$

Lave torrentielle boueuse

$$\rho_f = 2.2 \text{ [t/m}^3\text{]}$$

Lave torrentielle granulaire

Pour les surfaces qui ne sont pas perpendiculaires à la direction d'écoulement, on tiendra compte de l'angle de déviation α .

$$q_{f,\alpha} = q_f * \sin^2 \alpha \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Pression en cas d'incidence oblique

Pour les parois latérales parallèles à la direction d'écoulement, on appliquera la pression régnant lorsque les matériaux solides sont déviés d'un angle $\alpha = \pm 20^\circ$.

5 Pression résultant des contraintes hydrodynamique et hydrostatique

Lorsqu'une lave torrentielle emprunte un chenal, il faut s'attendre à ce que la contrainte dynamique due au choc de la coulée soit suivie d'une contrainte causée par l'écoulement de l'eau. Il y a lieu

d'étudier si cette séquence de contraintes hydrodynamique-hydrostatique est éventuellement déterminante pour certaines parties du bâtiment. Les pressions pertinentes seront calculées en se référant au chapitre consacré aux crues.

6 Surcharge verticale

La surcharge due aux matériaux solides déposés sur un bâtiment submergé vaut:

$$q_a = \rho_f * g * h_a \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Surcharge due à une lave torrentielle

7 Pression due aux frottements

Les forces de frottement doivent notamment être prises en compte lorsqu'on traite un ouvrage de déviation tel qu'étrave ou mur déflex-

teur. Pour les laves torrentielles, on peut les estimer en appliquant la formule qui décrit la contrainte d'entraînement par un liquide:

$$q_{f,r} = \rho_f * g * h_f * \tan \beta \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Frottement spécifique

Force de choc due aux composantes individuelles

La force de choc due aux composantes individuelles (blocs ou troncs d'arbres entraînés au front d'une lave torrentielle) représente, avec la force de pression, la principale action occasionnée par les débordements de laves torrentielles. En appliquant les mêmes hypothèses qu'au chapitre consacré aux

chutes de pierres, on peut baser les calculs sur les forces statiques de remplacement Q_e suivantes, qui agissent sur une paroi en béton d'épaisseur $l_h = 0.3m$ et de portée $l_s = 2.5m$ (hypothèses: rupture ductile, déflexion max. 25 mm, pas d'encastrement, $C_K = 0.4$, $\gamma_Q = 1.0$, $\gamma_R = 1.0$):

Masse du bloc m	Vitesse de la lave torrentielle v_f	Surface d'impact A	Force statique de remplacement Q_e
0.1 t	3 m/s	0.30 m x 0.30 m	7 kN
0.5 t	3 m/s	0.50 m x 0.50 m	36 kN
1.0 t	3 m/s	0.65 m x 0.65 m	72 kN
0.1 t	6 m/s	0.30 m x 0.30 m	29 kN
0.5 t	6 m/s	0.50 m x 0.50 m	144 kN
1.0 t	6 m/s	0.65 m x 0.65 m	288 kN

La force statique de remplacement peut être calculée comme suit pour d'autres épaisseurs l_h et portées de parois l_s :

$$Q_e' = (Q_e * 2.5 * l_h) / (0.3 * l_s)$$

On admet que cette charge concentrée agit simultanément avec la pression q_f exercée par la lave torrentielle. Applicable à n'importe quel endroit sur la hauteur de l'écoulement, elle est répartie uniformément sur la surface d'impact A:

$$q_e = Q_e / A \quad [kN/m^2]$$

Pression statique de remplacement due à une charge concentrée (choc)

Si la paroi affectée adopte un comportement fragile et non ductile (poinçonnement par la charge concentrée), il y a lieu de prendre en compte une force statique de remplacement plus élevée (se référer au chapitre consacré aux chutes de pierres).

1 Intégration dans le terrain

Les bâtiments bien intégrés dans le terrain sont protégés contre les atteintes directes des laves torrentielles. Lorsque le volume des coulées est modeste, ce résultat est obtenu en plaçant le corps du bâtiment en position haute. Si l'on craint des

coulées de volume important, on choisira plutôt de placer le bâtiment en position basse et d'aménager un remblai devant lui. Cette mesure permet de réduire la surface de la paroi extérieure à protéger.

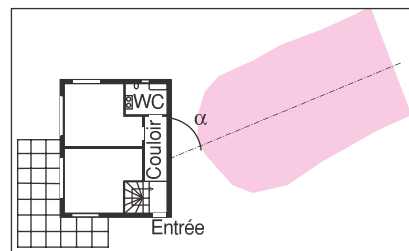
2 Forme du bâtiment

La forme du bâtiment détermine les pressions effectivement appliquées contre les parois extérieures touchées. Il est judicieux de présenter des configurations en forme de coin, ou du moins des formes incurvées, au flot principal des laves torrentielles. En revanche, l'effet des angles saillants et des éléments convexes,

tels que cheminées ou encorbellements, est très défavorable. On veillera en outre à ce qu'aucune conduite (chêneau, conduit d'aération de citerne, etc.) ne se trouve sur la façade extérieure directement touchée. Elle serait endommagée ou arrachée sous le choc de la lave torrentielle.

3 Concept d'utilisation des espaces intérieurs

Une utilisation judicieuse des espaces intérieurs permet de réduire le risque encouru par les personnes séjournant dans le bâtiment. On disposera des pièces généralement occupées pour de brèves durées, telles que couloirs de liaison ou salles d'eau, au voisinage de la paroi extérieure directement menacée.



4 Position et hauteur des ouvertures



Les ouvertures pratiquées dans le bâtiment, telles que portes ou fenêtres, sont les points les plus vulnérables vis-à-vis de l'action des

laves torrentielles. C'est pourquoi il faut éviter de placer des fenêtres dans la paroi extérieure amont menacée, ou sinon leur conférer une petite taille. De telles ouvertures doivent être renforcées dans tous les cas (cf. ci-dessous). On évitera de placer des entrées sur le côté exposé aux laves torrentielles ou on les protégera en permanence en appliquant des mesures appropriées.

5 Concept d'utilisation de l'espace extérieur

Il est judicieux de cantonner les utilisations de l'espace extérieur impliquant un séjour prolongé dans les secteurs protégés par le bâtiment. C'est pourquoi on placera les balcons et les terrasses contre les parois latérales ou celles qui sont à l'abri des laves torrentielles.

Renforcement des parois extérieures



Les parois extérieures menacées doivent être conçues en fonction de la pression et des frottements engendrés par la lave torrentielle. Il faut habituellement les renforcer pour satisfaire à cette exigence (détails dans le chapitre consacré

aux chutes de pierres). En général, l'ampleur des frottements ne permet pas de revêtir les façades, par exemple de bardeaux en bois ou en plastique.

La surface de la paroi extérieure directement touchée peut être réduite en aménageant un remblai. La pression générée par la lave torrentielle dans la zone d'influence du remblai sera réduite, mais il faudra prendre en compte le surcroît de pression dû à la poussée des terres.

Protection des ouvertures

Les portes et les fenêtres doivent être conçues en fonction de la pression à laquelle elles seront soumises. Les portes seront fixées à l'extérieur. La charge appliquée sur les fenêtres sera transmise de la vitre au cadre et du cadre à la construction qui l'entoure. Les fenêtres latérales et celles qui sont soumises à des pressions faibles peuvent être protégées en utilisant des verres de sécurité feuilletés suffisamment résistants. Les fenêtres faisant face à l'écoulement des laves torrentielles seront protégées

de surcroît par des croisillons, des plaques défectrices ou des palplanches contre les charges concentrées (blocs). On peut n'appliquer ces écrans que durant la période des laves torrentielles – du printemps à l'automne – et les retirer en hiver afin de laisser passer la lumière par les ouvertures concernées.

Le tableau suivant donne une vue d'ensemble des verres recommandés en précisant leur épaisseur minimale et les dimensions qui conviennent (source: Institut suisse du verre dans le bâtiment, Zurich):


Verre simple tenu sur les 4 côtés	Pression de la lave torrentielle q_f		
Dimensions	5 kN/m ²	10 kN/m ²	30 kN/m ²
60x60 cm	VSF en VF de 2x5 mm	2x8 mm	2x12 mm
100 x 100 cm	VSF en VF de 2x8 mm	2x12 mm	--
100 x 200 cm	VSF en VF de 2x12 mm	2x19 mm	--

VSF: verre de sécurité feuilleté selon la norme EN 12543, 2^e partie
 VF (verre flotté): verre à vitre selon la norme EN 572, 2^e partie

S'il est fait usage de verre isolant, le vitrage extérieur devrait être dimensionné comme le verre simple d'après le tableau ci-dessus et être couplé avec un vitrage intérieur épais de 8 mm au minimum.

1

Certaines mesures à effet d'écran peuvent exercer une influence déterminante sur la propagation des phénomènes dangereux. Des mesures de ce type ne peuvent être

appliquées que si leur mise en œuvre ne provoque aucune augmentation de la menace pesant sur les objets voisins. Le symbole  attire l'attention sur ce problème.

2

Digue de retenue



On peut ériger une digue de retenue pour protéger un objet contre une petite lave torrentielle. Elle doit être en mesure de contenir intégralement le phénomène en question. Pour cela, il faut que sa hauteur soit supérieure au cumul de la hauteur d'écoulement h_f et de la hauteur de retenue h_{stau} de la lave torrentielle. Il faut également s'assurer que le volume de rétention soit suffisant pour contenir la lave torrentielle ou les différentes coulées qui pourraient descendre lors d'un épisode pluvieux. Les calculs de stabilité de la digue se baseront sur la pression attendue et viseront à éviter tout glissement de matériaux constituant l'ouvrage.

3

4

Position surélevée



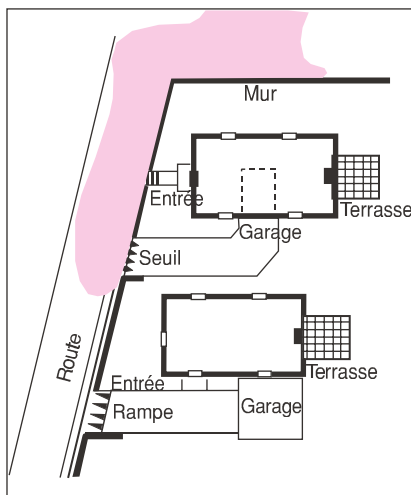
Dans de nombreux cas, la mesure la plus économique et la plus efficace pour réduire le risque pesant

sur un nouveau bâtiment consiste à le construire sur un remblai. En procédant de la sorte, l'objet menacé peut être mis intégralement à l'abri des dépôts. Il y a lieu de protéger le remblai contre l'érosion externe aux endroits où l'écoulement est rapide. Lorsque cette mesure est mise en œuvre, il faut veiller à ce que le résultat soit bien intégré dans le paysage.

5

6

Mur ou digue de déviation



La construction d'un mur ou d'une digue de déviation permet d'infléchir la trajectoire de la lave torrentielle dans une direction souhaitée. Le coût des ouvrages générant une déflexion comprise entre 20° et 30° est encore raisonnable. Si l'angle de déviation est supérieur, il faut construire un ouvrage de grande hauteur et il n'est pas sûr que la lave torrentielle puisse encore s'écouler. Les murs et digues de déviation visant à protéger des objets sont principalement mis en œuvre en

7

bordure de localités et au voisinage de points de débordement hors du chenal. La hauteur de la digue de déviation est calculée comme celle de la digue de retenue, la vitesse déterminante étant sa com-

posante perpendiculaire à l'axe de l'ouvrage. Lors du calcul de la hauteur de la digue ou du mur, il y a lieu de prendre en compte les dépôts susceptibles de s'accumuler devant l'ouvrage.

Etrave



L'étrave permet de protéger un objet tel que bâtiment ou pylône. Elle est érigée contre l'ouvrage menacé ou à proximité immédiate de celui-ci. Elle a pour effet de scinder la masse de matériaux charriés et de l'acheminer de part et d'autre de l'objet à protéger. Son angle d'ouverture ne doit pas dépasser 60° . Les actions qu'elle subit sont décrites dans l'exposé de la situation de danger 2. L'étrave doit être suffisamment haute pour ne pas être submergée. Ce paramètre sera calculé en tenant compte de la hauteur d'écoulement de la lave torrentielle et du nombre de coulées par



épisode pluvieux auxquelles il faut s'attendre. Lorsqu'une étrave se prolonge le long d'un objet menacé sous la forme de murs en L, il n'est pas nécessaire d'appliquer d'autres mesures sur l'objet lui-même. Sinon, il y a lieu de prendre en considération les actions exercées habituellement par la pression et par les frottements sur les parois latérales.

1 **Combinaisons de mesures**

Cette section présente des combinaisons de mesures envisageables dans chaque situation de danger, pour les constructions existantes et pour les nouvelles. Seule la com-

binaison des mesures exposées – qui ont trait à la conception, au renforcement et à l'effet d'écran – permet de réduire efficacement le risque.

2

3

4

5

6

7

Combinaison de mesures	Situation de danger	Conception					Renforcement		Effet d'écran			
		Intégration dans le terrain	Forme du bâtiment	Concept d'utilisation des espaces intérieurs	Position et hauteur des ouvertures	Concept d'utilisation de l'espace extérieur	Parois extérieures	Ouvertures	Digue de retenue	Position surélevée	Mur / digue de déviation	Etrave
Construction existante												
A	1					●	●	●				
B	1							(●)	●			
C	2							(●)		●		
D	2					●		(●)				●
Nouvelle construction												
E	1	●	●	●	●	●	●	●				
F	1				●	●			●			
G	1									●		
H	2				●	●					●	
I	2	●	●	●	●	●						●

Combinaison de mesures A

Les parois extérieures et les ouvertures pratiquées dans la construction existante sont renforcées. Il y a lieu de veiller à l'étanchéité du bâtiment, en particulier de ses ouver-

tures. Les utilisations intensives de l'espace extérieur sont cantonnées dans les secteurs protégés par le bâtiment.

Combinaisons de mesures B et C

Une digue de retenue ou de déviation protège la construction et ses abords contre l'essentiel du risque occasionné par le débordement d'une lave torrentielle. Les ouvertures pratiquées dans le bâti-

ment sont généralement à l'origine d'un risque résiduel. Il y a lieu de les protéger en conséquence.

Combinaison de mesures D

L'étrave achemine la masse d'eau et de matériaux rocheux autour de la construction. Les ouvertures pratiquées dans les parois latérales doivent être protégées si elles risquent d'être atteintes par une lave torrentielle. Elles le sont efficace-

ment si l'étrave se prolonge sous la forme de murs en L. L'atteinte au bâtiment est mineure si on laisse un espace entre l'étrave et le bâtiment pour laisser passer la lumière.

Combinaison de mesures E

Un nouveau bâtiment peut être accommodé d'emblée au danger de lave torrentielle en adaptant le mode de construction. Ce résultat est obtenu en intégrant au mieux le bâtiment dans le terrain, en lui conférant une forme favorable, en adaptant l'utilisation des espaces

intérieurs et extérieurs menacés et en choisissant judicieusement la position des ouvertures et leur hauteur au-dessus du sol. Si l'on s'attend à des pressions élevées, il y a lieu de renforcer les parois extérieures en conséquence.

Combinaisons de mesures F et H

Une digue de retenue ou de déviation protège la construction et ses abords contre l'essentiel du risque occasionné par le débordement d'une lave torrentielle. Les ouvertures pratiquées dans le bâtiment

sont généralement à l'origine d'un risque résiduel. Celui-ci peut être réduit au minimum en choisissant judicieusement la position des ouvertures et leur hauteur au-dessus du sol.

Combinaison de mesures G

La mesure consistant à placer un nouveau bâtiment en position haute est économique et très efficace. Le bâtiment est érigé sur un remblai. La route et le chemin d'accès étant inclinés (rampes), la construction n'est pas exposée aux

atteintes directes des laves torrentielles, si bien qu'il n'est pas nécessaire de prévoir d'autres mesures.

Combinaison de mesures I

La solution consistant à ériger une étrave devant une nouvelle construction tout en agençant les ouvertures et en aménageant les pièces de manière judicieuse offre une protection optimale contre les pressions élevées. L'espace extérieur

restant menacé, il faut prévoir de l'utiliser dans le périmètre protégé par le bâtiment.

Impressum

Tous droits réservés.
© 2005
Association des établissements
cantonaux d'assurance incendie
(AEAI)
Bundesgasse 20
CH-3001 Berne
Tél.: 031 320 22 11
Fax: 031 320 22 99
<http://www.vkf.ch>



Auteur:
Dr. Thomas Egli
Egli Engineering
Lerchenfeldstrasse 5
CH-9014 St. Gallen
<http://www.naturgefahr.ch>



Egli Engineering

Dessins techniques:
Christoph Roth
Ingenieure Bart AG, St.Gallen

Remerciements:
L'auteur remercie les personnes
suivantes pour leurs précieuses
contributions:
Jörg Rutz
Gebäudeversicherungsanstalt
des Kantons St. Gallen
Dieter Balkow
Institut suisse du verre dans le
bâtiment, Zurich
Urs Thali
Ingenieurbüro, Göschenen
Hans Züger
AG Kraftwerk Wägital
Johann Toggwiler
Gebäudeversicherungsanstalt des
Kantons Graubünden
Famille Lieberherr, Necker
Dr. Armin Petrascheck
Office fédéral des eaux et de
la géologie, Bienne
Stefan Margreth, Institut fédéral
pour l'étude de la neige et des
avalanches, Davos
Werner Gerber, Institut fédéral de
recherches sur la forêt, la neige et

le paysage, Birmensdorf
Prof. Dr. Dieter Rickenmann,
Universität für Bodenkultur, Wien

Traduction:
Christian Marro
Haute-Nendaz

Révision de la traduction:
Blaise Duvernay
Office fédéral des eaux et de la
géologie (OFEG)
Thierry Berset
ECAB-Fribourg

Graphisme:
vkw st.gallen michael niederer /
rosmarie winkler / remo gamper

Crédit photographique:
Egli Engineering, St. Gallen
Ingenieure Bart AG, St. Gallen
US Army Corps of Engineers
ENA, Davos
Kantonsforstamt, Glarus
WSL, Birmensdorf
Tiefbauamt des Kantons St. Gallen
Ingenieurbüro Thali, Göschenen
Rüegger Geotechnik AG, St. Gallen
Geo 7 AG, Bern
Kellerhals & Haefeli AG, Bern
Neo Vac AG, Oberriet
Uretek, Giswil
OFEG, Bienne
AIB, Berne
Fatzner AG, Romanshorn
Service des forêts et de la faune,
Givisiez
Kessel GmbH, Lenting (D)

Proposition de citation:
EGLI Thomas, Recommandations
Protection des objets contre les
dangers naturels gravitationnels,
Association des établissements
cantonaux d'assurance
incendie (Ed.),
Berne, 2005.

ISBN 3-033-00470-9
ISBN 3-033-00469-5 (Deutsch)