

**Recommandations 1997**

**Prise en compte  
des dangers dus aux crues  
dans le cadre des activités  
de l'aménagement  
du territoire**

**version pdf**

**Office fédéral de l'économie  
des eaux (OFEE)**

**Office fédéral de l'aménagement  
du territoire (OFAT)**

**Office fédéral de l'environnement,  
des forêts et du paysage (OFEFP)**

**Editeurs**

Office fédéral de l'économie  
des eaux (OFEE)  
Office fédéral de l'aménagement  
du territoire (OFAT)  
Office fédéral de l'environnement,  
des forêts et du paysage (OFEFP)

**Auteurs**

Roberto Loat (OFEE)  
Armin Petrascheck (OFEE)

**Groupe d'experts**

Dominique Béro  
IATE, EPFL  
Andri Bischoff  
Office des ponts et chaussées  
du canton des Grisons  
Urs Braschler  
Service des forêts  
du canton de Nidwald  
Thomas Egli  
Rüegger S.A., St-Gall  
Peter Greminger  
D+F, OFEFP  
Max Gretener  
Association suisse  
des assureurs de choses  
Claudia Guggisberg  
OFAT  
Martin Jäggi  
Ebmatigen  
Hans Kienholz  
GIUB, Berne  
Peter Masshardt  
Association des établissements  
cantonaux d'assurance incendie  
Christian Rickli  
FNP, Birmensdorf  
Heinz Roth  
Office des constructions  
du canton de Berne  
Werner Ruckstuhl  
Office pour la protection  
et l'aménagement des cours  
d'eau, Zurich  
Karl Schmid  
Etablissement d'assurance des  
bâtiments du canton de St-Gall  
Beat Sigrist  
SHGN, OFEFP  
Renzo Simoni  
Ernst Basler & Partner S.A.,  
Zollikon

**Mise en forme et réalisation**

Felix Frank, Worb

**Traduction**

Francis Noverraz, Christophe  
Bonnard, Nathalie Bretz,  
EPF-DGC-ISRF, Lausanne

**Diffusion**

OCFIM, 3000 Berne  
N° de commande: 804.201 f

Bienne, 1997 (pdf 2001)

Selon les nouvelles lois fédérales sur l'aménagement des cours d'eau et sur les forêts, les cantons ont l'obligation d'établir des cartes de dangers et d'en tenir compte dans les activités ayant des effets sur l'organisation du territoire. La présente publication fournit des recommandations pour l'accomplissement de cette tâche. C'est pourquoi elle s'adresse aussi bien aux **experts** de la Confédération, des cantons et des communes, responsables de l'évaluation des dangers dus aux crues et des mesures de protection, qu'aux **instances politiques** appelées à prendre des décisions concernant les activités ayant des effets sur l'organisation du territoire. Cette publication concerne aussi tous les **propriétaires** qui devraient être informés sur les dangers concernant leurs parcelles.

Ces recommandations ont été élaborées par un groupe de travail interdisciplinaire dirigé par l'Office fédéral de l'économie des eaux (OFEE). Ce groupe de travail est formé d'experts de l'Office fédéral de l'économie des eaux (OFEE), de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), de l'Office fédéral de l'aménagement du territoire (OFAT), de même que de représentants des cantons et d'autres experts dans les domaines de l'aménagement des cours d'eau, des sciences de la terre, de la construction et des assurances.

L'aménagement du territoire nécessite, pour tous les types de dangers naturels, l'élaboration de documents comparables. C'est pourquoi les recommandations présentées ici s'appuient dans leur contenu sur les «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, 1984). Des recommandations analogues pour les dangers de mouvements de terrain sont en préparation. Les présentes recommandations\* devront être prises en compte lors de l'établissement des cartes de dangers et de leur application.

*Christian Furrer*

Directeur de l'Office fédéral  
de l'économie des eaux

*Hans Flückiger*

Directeur de l'Office fédéral  
de l'aménagement du territoire

*Heinz Wandeler*

Directeur fédéral des forêts

*Charles Emmenegger*

Directeur du Service hydrologique  
et géologique national

\* Après avoir subi quelques corrections et adaptations, ces recommandations seront publiées comme directives (semblables à celles concernant les avalanches).

<b>Les faits</b>	3
<b>Dangers dus aux crues</b>	6
Les inondations	7
L'érosion des berges	8
Les débordements de laves torrentielles	9
<b>Identification des dangers</b>	10
Documentation des événements	11
Carte des phénomènes	12
Evaluation des caractéris- tiques du cours d'eau	13
<b>Evaluation des dangers</b>	14
Carte de dangers	15
Degrés de danger	16
Classification des paramètres	18
Critères d'intensité des différents types de dangers	19
Danger et effet dommageable possible	20
<b>Planification des mesures</b>	22
Mesures d'aménagement du territoire	23
Plan directeur	24
Plan d'affectation	25
Autres mesures	28
<b>Annexes</b>	
Démarche	30
Exemple d'application	31
Bases légales	32
Glossaire	32
Bibliographie	32

## Les faits: la carte de dangers comme document de base pour la planification des mesures

Ce qui était valable autrefois ne l'est pas forcément aujourd'hui. Les efforts consentis durant des siècles pour limiter les dangers dus aux crues par des ouvrages de protection plus ou moins importants ont influencé ou tout simplement permis le développement économique. Pourtant les dégâts importants survenus lors des intempéries de 1987 et 1993 ont montré que cette solution n'est pas une panacée. Les besoins de protection, ainsi que le niveau des dommages potentiels, augmentent beaucoup trop rapidement pour qu'il soit possible de réduire les dangers uniquement par des ouvrages de protection.

Il est un autre fait valable aujourd'hui comme autrefois, que le passé nous enseigne: l'utilisation du sol doit s'adapter aux données naturelles.

De ce point de vue, malgré toutes les difficultés qu'offre un espace comme la Suisse, à forte densité de population et exploité de façon intensive, les dommages potentiels doivent être réduits en premier lieu par des **mesures d'aménagement du territoire**. Des mesures constructives de protection contre les eaux ne doivent être prises,

en vue de réduire un danger potentiel, que là où existe déjà une utilisation du sol digne de protection, ou encore là où une modification de l'affectation s'avère absolument indispensable, après une complète pesée des intérêts. La nouvelle loi fédérale sur l'aménagement des cours d'eau (LACE), entrée en vigueur en 1991, a donné force de loi à cette priorité.

Avant toute autre chose, une **perception consciente** des dangers naturels est nécessaire pour qu'il soit possible d'assumer les responsabilités qu'ils impliquent. On ne peut s'attendre à des résultats durables qu'à partir du moment où tous les acteurs ont réellement pris conscience du danger présent. La nouvelle orientation de la protection contre les crues concerne d'une part les ingénieurs responsables des ouvrages de protection, les aménagistes et les autorités impliquées, et d'autre part les assurances et les propriétaires fonciers qui peuvent contribuer d'une manière

active à la réduction des dommages potentiels. Pour développer cette perception des dangers, il faut également prendre conscience du potentiel de danger croissant consécutif à un entre-

tien insuffisant des cours d'eau ou à des constructions irréfléchies obstruant l'écoulement.

L'établissement de **cartes de dangers** est une condition préalable indispensable à la réalisation de la protection contre les crues par des mesures d'aménagement du territoire. Cet instrument n'est pas seulement exigé par la loi sur l'aménagement des cours d'eau, mais

aussi par la loi fédérale sur les forêts (cf. en annexe le chapitre sur les bases légales). Ces cartes désignent les types de dangers menaçant une surface donnée du territoire, elles en indiquent les dimensions, l'intensité et la probabilité d'occurrence. La menace créée par les dangers naturels, soit l'aléa, fait partie des caractéristiques propres d'un site; c'est une **donnée** comparable à la

**L'aménagement des cours d'eau réduit le danger potentiel; l'aménagement du territoire limite les dommages potentiels.**

### La nouvelle stratégie pour la protection contre les crues

#### Buts

La protection de notre environnement contre les crues est une condition essentielle pour un développement durable. Elle doit être assurée par le biais d'interventions portant une atteinte minimum aux cours d'eau. Il faut favoriser une affectation du sol tenant compte des dangers naturels et créant ou conservant les espaces libres indispensables. Le principe: «Retenir là où c'est possible et laisser s'écouler là où c'est nécessaire» doit être mis en pratique.

#### Hypothèses

La connaissance des types de dangers prédominants constitue une condition indispensable pour l'évaluation

des situations de danger. Des contrôles périodiques de la situation de danger et de l'efficacité des ouvrages de protection existants doivent conduire à reconnaître les modifications possibles et les zones sensibles.

#### Priorité des mesures

La sécurité existante doit être assurée par un entretien approprié, et des espaces libres disponibles doivent être maintenus en zones inondables au moyen de mesures d'aménagement du territoire. Grâce à ces mesures, l'augmentation incontrôlée des dommages potentiels peut être réduite. Si cela ne devait pas suffire, il faut entreprendre des mesures de protection le long des

cours d'eau. Celles-ci seront complétées par une planification de mesures d'urgence en vue de limiter le risque résiduel.

#### Mise en oeuvre

Les concepts de protection contre les crues doivent être élaborés sur la base d'une différenciation des objectifs de protection. Les biens de grande valeur doivent être mieux protégés que ceux de moindre valeur, les zones de rétention des crues doivent être maintenues là où c'est toujours possible ou alors être reconstituées. Toutes les mesures doivent être examinées dans le cadre d'une pondération des intérêts.

fertilité du sol ou à la pente, car elle conditionne une certaine occupation du sol ou la rend impossible. Dans le cadre de l'aménagement local, les autorités assignent aux zones considérées différents types d'affectation, selon leur aptitude propre. Afin de protéger des vies humaines et d'empêcher des dommages aux biens et à l'environnement, certains modes d'occupation du sol doivent être interdits dans les zones à danger élevé ou moyen, ou autorisés seulement sous certaines conditions précises.

La **mise en vigueur de la loi**, qu'il s'agisse de procédures d'autorisation, de lois cantonales sur l'aménagement du territoire ou les constructions, ou encore de plans d'affectation, est du ressort des cantons, respectivement des communes. Le propriétaire peut encore réduire les dommages potentiels subséquents par des mesures qui lui sont propres.

Les cartes de dangers doivent être établies, dans la mesure du possible, pour tous les types de dangers naturels en même temps et doivent concerner des entités spatiales bien délimitées. La **répartition en degrés de danger** est élaborée indépendamment de l'affectation présente du sol.

### Buts des recommandations

Les conflits existants relatifs à l'affectation du sol peuvent être mis en évidence et peuvent être atténués ultérieurement une fois que les zones de danger et le type de menaces ont été définis de façon contraignante, objective et univoque. Les présentes recommandations devraient donc contribuer à:

- prendre en compte les dangers liés aux crues dans toutes les activités ayant des effets sur l'organisation du territoire (telles que l'élaboration et l'approbation des plans directeurs et des plans d'affectation, des conceptions et des plans sectoriels; la planification et la construction de bâtiments et d'installations; l'octroi d'autorisations et de concessions; l'attribution de subventions, etc.);

- utiliser de façon appropriée le territoire et veiller notamment à son exploitation, en empêchant l'accroissement indésirable des dommages potentiels et en limitant le recours à des travaux d'aménagement des cours d'eau;
- atteindre dans l'ensemble de la Suisse une bonne compréhension et une prise en compte des dangers naturels, au sein de groupes de travail interdisciplinaires, sur la base de critères et d'échelles de valeurs homogènes;
- informer les autorités et les propriétaires fonciers des dangers possibles pour les rendre responsables des précautions nécessaires en vue d'éviter des risques inutiles.

### Démarche progressive

La prise en compte des dangers nécessite une démarche progressive où il s'agit de répondre à la question «Que peut-il se passer et où?» Il faut alors estimer la probabilité et l'intensité des événements potentiels et finalement mettre en évidence les mesures nécessaires. Bien que les étapes de la démarche s'enchaînent aisément, il est im-

portant de franchir chacune d'elles systématiquement et en toute connaissance de cause. Même si le danger et ses causes semblent de prime abord connus, les mesures de protection ne doivent être prises que lorsqu'elles sont justifiables par les effets qui peuvent en résulter (dommages potentiels).

### Etape 1

La première étape est **l'identification et la description du danger**. Il s'agit d'établir une documentation objective sur les observations dénotant un danger réel. Un événement passé reste toujours un bon élément d'appréciation pour un danger actuel, surtout si entre-temps aucune modification du cours d'eau ne s'est produite, notamment par la mise en place d'ouvrages de protection. Des constructions dans les cours d'eau, en particulier des voûtages trop petits, peuvent être le facteur déclenchant d'inondations importantes, même si aucun événement dommageable n'a encore été enregistré à cet endroit. La dynamique des cours d'eau naturels ou influencés par l'homme exige périodiquement une évaluation critique, compte tenu des changements intervenus. Les données de base élaborées dans cette première étape renseignent sur le pourquoi de l'appartenance d'une région à une zone dangereuse. En plus d'informer sur les causes, elles servent à délimiter les zones de danger et à planifier les mesures requises.

### Etape 2

La deuxième étape est **l'évaluation des dangers et l'élaboration des cartes de dangers**. Les assertions concernant la probabilité et les dimensions d'un dommage possible sont faites sur la base de tous les documents disponibles. Les observations sont pesées et évaluées, et si nécessaire complétées par des modélisations ou des recherches plus approfondies.

Le déroulement des événements dangereux dans un cours d'eau et dans son voisinage est déterminant pour définir les mesures de réduction du dan-

## Principes de base

1. La prise en compte des dangers naturels dans les plans directeurs et les plans d'affectation est un devoir légal. Les cartes de dangers constituent à cet égard une condition préalable.
2. Les cartes de dangers n'ont pas en elles-mêmes de portée juridique, mais elles l'acquièrent dans le cadre de l'approbation des plans directeurs et des plans d'affectation.
3. Il est du devoir des cantons de veiller à l'établissement des cartes de dangers.
4. Les cartes de dangers sont une condition préalable à l'obtention de subventions pour des projets de protection contre les dangers naturels, selon la loi sur les forêts et la loi sur l'aménagement des cours d'eau.

ger et pour concevoir les ouvrages de protection le long du cours d'eau ou les mesures à prendre dans le bassin versant. L'effet supposé sur les surfaces exposées au danger est l'élément déterminant pour la planification des mesures à prendre dans le cadre de l'aménagement du territoire.

La carte de dangers sert de base aux responsables des projets d'aménagement des cours d'eau pour l'évaluation des dommages potentiels et la justification économique des mesures de protection. Pour les aménagistes, la carte sert de base pour définir une affectation du sol adéquate, tandis que pour les propriétaires, elle est un document utile pour la mise en œuvre de mesures de prévention individuelles.

### Etape 3

La troisième étape est constituée par les **mesures de planification** à proprement parler. Dès qu'un danger est mis en évidence par ses dimensions et sa probabilité d'occurrence, dans une zone qui se trouve être en conflit avec une affectation du sol présente ou planifiée, la question se pose aussitôt de savoir quelle contre-mesure peut être prise. Il faut bien faire la différence ici entre mesures de réduction des dommages, de réduction du danger ou de limitation du risque résiduel:

- Mesures de **réduction des dommages** (mesures passives): elles n'influencent pas le déroulement des événements, mais réduisent l'étendue des dégâts. Les mesures d'aménagement du territoire doivent garantir une affectation du sol adéquate par rapport au danger. La protection des biens contre un danger au moyen d'une méthode de construction adaptée peut souvent être garantie, lors de procédures d'autorisation, en formulant des prescriptions dans le cadre des plans d'affectation.
- Mesures de **réduction du danger** (mesures actives): elles ont un effet sur le déroulement des événements, bien qu'il faille observer qu'en général elles influencent la probabilité d'occurrence, mais pas forcément l'intensité du phénomène. A côté des mesures habituel-

les de protection et d'aménagement, telles que l'entretien des cours d'eau et les ouvrages de protection, on doit aussi tenir compte des mesures concernant le bassin versant, comme le reboisement (conservation des forêts protectrices).

- La planification des **mesures d'urgence** destinées à limiter le risque résiduel: Aucune mesure de protection n'est absolument sûre, car suivant l'ampleur de l'événement naturel, ces mesures peuvent être insuffisantes. La mise en place d'un service d'alarme,

les plans d'évacuation, les services de sauvetage, les secours en cas de catastrophes et les mesures de protection temporaires permettent d'éviter le pire. Dès lors que l'événement s'est déclenché, il s'agit de sauver les hommes et les bêtes. On ne peut alors souvent agir que de façon négligeable sur l'ampleur des dégâts. Avec les assurances couvrant les dommages causés par les éléments, les dommages subis peuvent, dans une large mesure, être remboursés aux personnes concernées.

## Relevé et prise en compte des dangers naturels par étapes successives

1

**Identification des dangers:**  
«Que peut-il se produire et où?»

**Documentation à disposition concernant les causes:**

- documentation des événements passés
- analyses de terrain
- évaluation des caractéristiques du cours d'eau

2

**Evaluation des dangers:**  
«Avec quelle fréquence et quelle intensité cela peut-il se passer?»

**Etudes des zones concernées et évaluation des incidences au moyen des:**

- cartes de dangers

3

**Planification des mesures:**  
«Comment pouvons-nous nous protéger?»

**Application dans les domaines suivants:**

- aménagement du territoire
- mesures de protection
- plan d'urgence

**Les crues peuvent avoir des effets dangereux sous différents aspects: elles peuvent éroder, déchaussant ainsi les fondations de constructions existantes; elles peuvent, par leur effet dynamique, emporter des hommes ou des véhicules et même détruire des bâtiments; elles peuvent enfin déborder et endommager des cultures et des constructions avec les matériaux solides qu'elles entraînent. Même en présence de plans d'eau statiques, des dommages sévères peuvent survenir. Suivant la manière dont les crues exercent leur effet sur les surfaces utilisées, on distinguera trois types de dangers: inondations, érosion des berges et débordements de laves torrentielles.**



Brückmeyer

## **Dangers dus aux crues**

## Les inondations

Par inondation, on entend le débordement d'un cours d'eau hors de son lit naturel ou artificiel, ou alors le débordement de plans d'eau, tels que lacs. Le caractère dangereux des inondations dépend de la hauteur d'eau ou de la force du courant atteintes. Des matériaux solides de plus ou moins grande taille peuvent former des dépôts importants.

Il faut faire la distinction entre inondations statique et dynamique. Entre les deux processus, des transitions sont possibles et les deux formes peuvent survenir lors d'un même événement, en passant de l'une à l'autre dans un espace restreint.

### Inondation statique

Lors d'une inondation statique, l'eau ne coule que très lentement, voire pas du tout. L'accroissement de la hauteur d'eau hors du lit de la rivière est, la plupart de temps, relativement lent (excepté dans des terrains en dépression). L'inondation statique survient dans un terrain plat et le long des lacs. Le paramètre déterminant pour les dommages est la profondeur maximale de l'inondation. En outre, l'ampleur des dommages est influencée par la vitesse de montée des eaux, l'importance de l'alluvionnement en matériaux solides et la durée de l'inondation.

### Inondation dynamique

L'inondation dynamique est caractérisée par une vitesse d'écoulement élevée. Elle survient sur un terrain incliné le long des torrents et des cours d'eau de montagne. Il faut également s'attendre à des contraintes dynamiques élevées dans les zones de resserrement et dans les zones de brèches des digues situées en terrain plat.

Le danger résulte en premier lieu de la pression du courant. Le paramètre déterminant les dommages a été établi comme étant le produit de la vitesse d'écoulement moyenne par la hauteur d'eau.

Localement, des dommages dus à l'érosion peuvent aussi survenir dans une zone inondée. Ils se produisent

particulièrement au voisinage d'obstacles tels que piles ou bâtiments. Dans des cas isolés, il faut tenir compte de la pression exercée par des pierres charriées ou du bois flottant transporté. La durée de l'inondation n'excède en général pas quelques heures, car l'eau sur un terrain incliné s'écoule rapidement. Des alluvionnements importants de matériaux grossiers (pierres et blocs) restent souvent déposés sur la surface concernée.

Le débordement avec épandage alluvial, constitué de pierres et de graviers (**Übersarung** en allemand), n'est toutefois pas considéré ici comme un type de danger spécifique, étant donné qu'il est toujours lié à une inondation dynamique. Dans des cas précis, une indication concernant des dépôts possibles peut donc être opportune sur la carte des dangers, p. ex. par un symbole ou un index. Des assertions quant à la quantité de matériaux susceptibles d'être transportés et quant à leur mode de dépôt sont difficiles à avancer, dans la mesure où elles peuvent fortement varier d'un événement à l'autre.

### Circonstances particulières

Ce sont avant tout les capacités d'écoulement insuffisantes qui, lors de débits de pointe trop élevés ou de dépôts d'alluvions dans les lits, conduisent à des débordements. Dans ce cas, seule une fraction de l'écoulement déborde sur les surfaces environnantes. La plus grande partie de l'eau et des matériaux reste dans le chenal.

Les **embâcles** provoquées par les bois flottants et d'autres matériaux charriés au droit d'ouvrages d'art tels que voûtages ou ponts et au droit de rétrécissements naturels sont particulièrement dangereuses.

Les **ruptures** de digues de protection contre les crues s'avèrent particulièrement fatales. La totalité – ou du moins une grande partie – de l'écoulement avec sa charge de matériaux solides peut alors se déverser soudainement sur les zones avoisinantes, et chercher de nouvelles voies d'écoulement, menaçant ainsi de manière imprévisible des zones sensibles situées loin du point de rupture. Les ruptures de digues sont surtout à craindre lors de déversements latéraux au-dessus de digues anciennes, mal entretenues, ne pouvant plus résister aux charges provoquées par l'eau.



## L'érosion des berges

Par «érosion des berges», on entend l'entaille des talus de berges par suite de l'érosion latérale ou celle du lit. Ce type de danger n'est pertinent pour l'aménagement du territoire que lorsque ses répercussions s'étendent à la zone située au-delà du site du lit majeur. L'érosion des berges est considérée comme un type de danger en soi, du fait que toutes les mesures s'orientent en fonction de la profondeur de l'érosion ( $d$ ) et non, comme lors d'inondations, en fonction de la hauteur du plan d'eau. Ce type de danger est parfois indûment négligé, dans la mesure où les constructions menacées se trouvent souvent bien au-dessus du niveau d'eau présumé.

L'érosion des berges est, dans de nombreux cas, le type de **danger causant le plus de dommages**. Elle peut couper des voies de communication parallèles aux cours d'eau et provoquer l'effondrement de maisons et de ponts. En conséquence, le critère de sécurité décisif pour les constructions et les installations est la profondeur de leur fondation. Si celle-ci n'est pas suffisante, c'est-à-dire plus faible que la profondeur d'érosion, alors l'effondrement est inévitable. Même là où la profondeur des fondations est suffisante, on doit contrôler que lors d'un déplacement du lit du cours d'eau, l'ouvrage considéré résiste aux contraintes dynamiques supplémentaires créées par le courant d'eau.

L'érosion des berges est intensive avant tout le long des torrents et des cours d'eau de montagne à forte pente. Sur un terrain plus plat, sont avant tout menacées les zones exposées tels les versants sapés à la base par le courant, les rétrécissements ou les obstacles dans la zone d'écoulement. Dans les cours d'eau plus modestes, dont les volumes de crues sont trop petits pour causer de grands mouvements de terrain, l'activité d'érosion est moins marquée. Les facteurs déterminants sont la force du courant et la résistance à l'érosion des berges. Les talus de berges situés dans des régions exploitées intensivement sont la plupart du temps

protégés par un couvert arboricole ou par des ouvrages de protection (comme des enrochements, des murs ou des empierrements). Si cet aménagement de protection est détruit lors de crues exceptionnelles, l'érosion prend naissance aussitôt et progresse d'autant plus rapidement que le matériel érodable est de granulométrie plus fine.

En principe, tout le fond de la vallée peut être concerné si aucun obstacle massif ou aucune structure topographique bien marquée ne délimite le tracé actuel du lit du cours d'eau. Si l'érosion s'attaque à des cours d'eau importants, l'écoulement ne peut généralement plus être contrôlé. L'érosion des berges se manifeste soit sous forme de grands glissements des berges, soit par le déplacement du lit du cours d'eau.

### Glissements des berges

Si l'érosion s'effectue en pied de versant, elle conduit à un glissement du versant. Ces glissements conduisant à l'approfondissement du lit du cours d'eau peuvent se propager très loin et peuvent, suivant les conditions topographiques ou géologiques, s'avérer superficiels ou profonds.

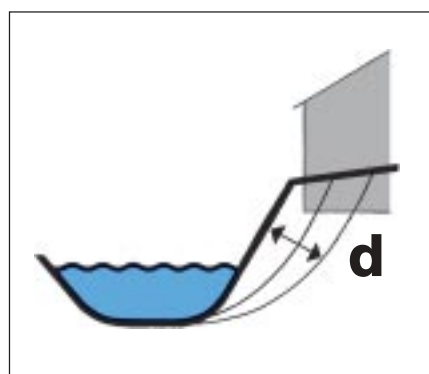


Comet

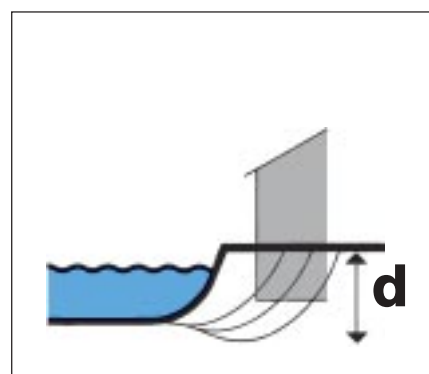
### Déplacement du lit d'un cours d'eau

Les cours d'eau ramifiés et à méandres subissent souvent un déplacement du lit lors de crues extrêmes. L'ablation des berges existantes se fait pratiquement jusqu'au niveau de l'ancien lit. Ce type de danger entraîne un alluvionnement des zones avoisinantes, soit sur la rive opposée, soit dans la zone directement en aval de la partie érodée.

Glissement des berges



Déplacement du lit d'un cours d'eau



ff. Grafik



## Les débordements de laves torrentielles



Huber

Les laves torrentielles constituent un processus particulier lié aux crues, causant des débordements avec épannage de matériaux. Ce processus est aussi couramment assimilé à des notions telles que coulées de boue ou de débris. Les laves torrentielles ne surviennent que dans des zones de torrents très raides avec généralement plus de 15% de pente du lit. La limite entre les crues à fort charriage et les laves torrentielles riches en eau n'est pas toujours facile à établir. Les caractéristiques propres aux laves torrentiel-

les sont d'une part leur grande densité (proportion du débit solide: 30 à 70%) et d'autre part leur vitesse d'écoulement parfois élevée (40 à 60 km/h). A cela s'ajoute une très forte capacité de transport: des arbres entiers et des blocs de plusieurs mètres cubes peuvent être emportés lors d'un événement.

Une autre caractéristique des laves torrentielles réside dans l'importance du volume de matières solides déplacé. Le débit de matières solides et d'eau peut atteindre une importance plusieurs fois supérieure au débit des crues normales, de sorte que les laves torrentielles présentent souvent un front raide de plusieurs mètres de haut. De plus les laves torrentielles abandonnent souvent le lit ordinaire et s'étalent sur les côtés.

Le principal effet dommageable des laves torrentielles tient en premier lieu à la force d'érosion, qui peut déstabiliser le talus des berges, en second lieu à l'effet de poussée du front de la coulée, qui d'ailleurs peut encore être renforcé par des blocs isolés entraînés, et troisièmement aux importants dépôts issus de débordements constitués de blocs, d'éboulis et d'alluvions. Les dépôts de laves torrentielles sont désignés par le terme allemand de «**Übermürung**», sans équivalent en français. S'ils atteignent un cours d'eau plus important, ces apports solides peuvent faire barrage à l'écoulement de ce dernier et causer ainsi des inondations par embâcle et débâcle.

Si du matériel grossier, emporté par les laves torrentielles, se dépose sur un cône d'alluvions, il se forme un **front de coulée** typique des laves torrentielles. Derrière ce front s'accumulent de puissantes masses d'éboulis et d'alluvions. L'eau qui en émerge est encore saturée en sable et en matériaux fins en suspension. Elle se répand sur le cône, avec une hauteur d'eau et une vitesse significativement réduites. Ces alluvionnements souvent très étendus sont désignés par le terme allemand de «**Murzungen**» (synonyme de langue d'écoulement, sans équivalent en français).

**L'identification des dangers dus aux crues repose sur une documentation objective de diverses observations impliquant un danger donné. Il faut s'en tenir à décrire ces observations en les interprétant le moins possible! A cet égard, les données permettant de juger de l'exactitude des observations – qu'elles reposent sur des estimations, des calculs ou des mesures – sont absolument indispensables.**



Comet

## Identification des dangers

## Documentation des événements

La documentation des événements correspond à une liste d'événements observés. Cette liste comprend des données descriptives sur les processus déterminants, les dommages constatés, la zone affectée, les conditions météorologiques, les données hydrologiques, de même que d'autres données concernant le déroulement de l'événement. Cette documentation se compose d'un texte et d'une partie cartographique.

La description d'un événement peut être faite avec plus ou moins de détails selon son importance et selon les dommages causés. Dans chaque cas, la documentation des événements donne au moins une réponse à la question: **«Que s'est-il passé, quand, où et avec quelle ampleur?»**

La documentation plus détaillée des événements aborde en outre les questions: **«Comment** l'événement en cause s'est-il déroulé?» et **«Pourquoi** y a-t-il eu des dégâts?» Elle doit être établie dans tous les cas où des mesures d'aménagement du cours d'eau sont à envisager.

### Vue d'ensemble sur la documentation des événements

#### Contenu:

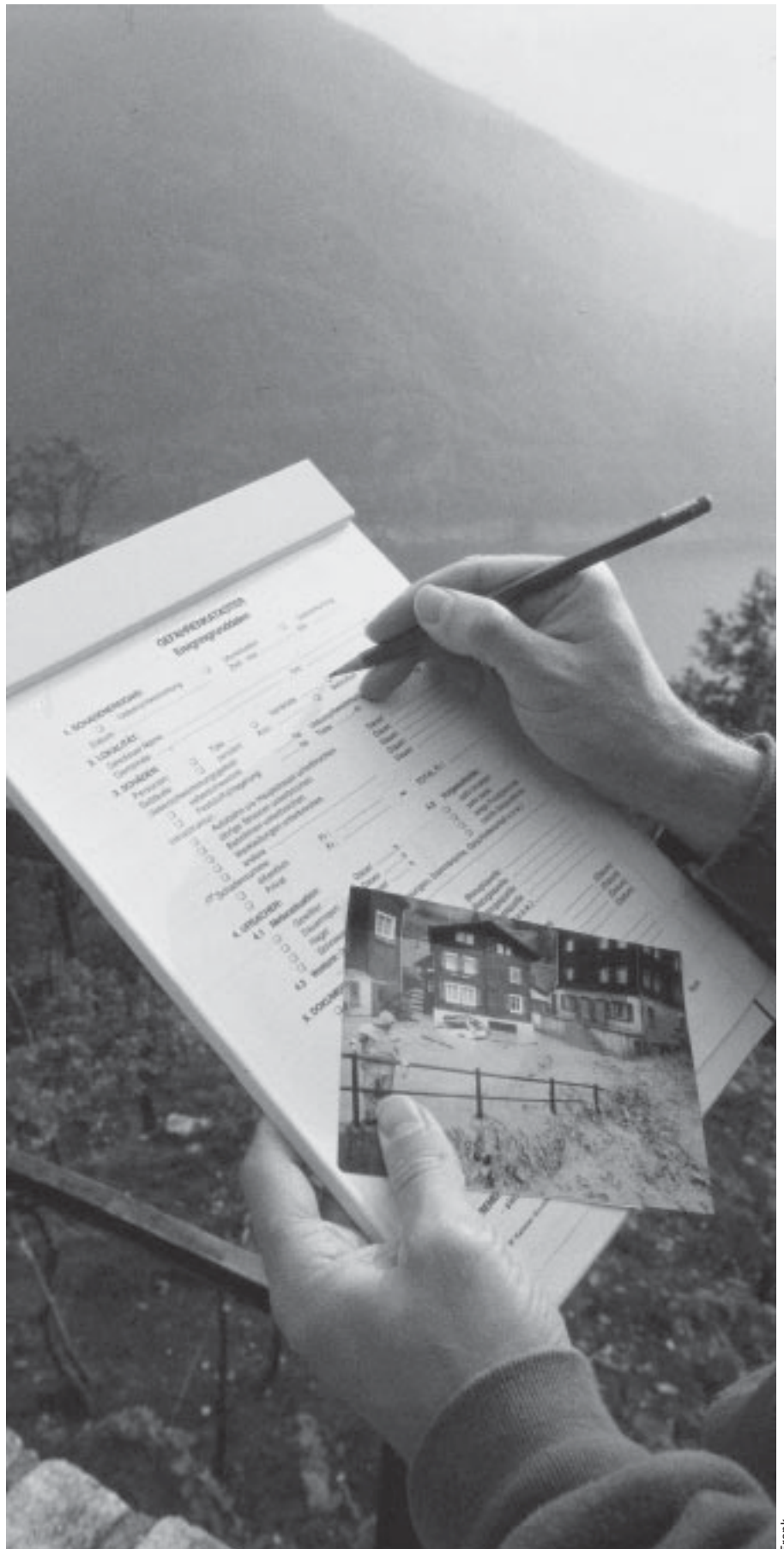
Données concernant les causes et les effets dommageables d'événements. Le degré de détail dépend de la signification des événements.

#### Echelle:

Représentation des zones concernées à l'échelle 1:2000 à 1:25 000.

#### Mise à jour:

Permanente; dans le cas d'intempéries, de préférence sans délai. La limite des zones concernées et étudiées doit être indiquée.



## Carte des phénomènes

Tant sur la carte elle-même que dans le texte qui l'accompagne, la carte des phénomènes représente les **signes et indicateurs** observés sur le terrain et procède à leur interprétation objective. L'analyse de terrain est un complément important de la documentation de l'événement. Elle sert à la reconnaissance et à l'estimation des types de danger possibles (configuration, mécanisme de déclenchement, genre d'effets).

L'analyse de terrain s'appuie d'une part sur l'observation et l'interprétation des formes du terrain (p.ex. les points critiques) et d'autre part sur les «témoins muets» résultant des événements dangereux antérieurs et actuels. Elle permet aussi de tirer au clair les causes, les probabilités d'occurrence et d'autres facteurs importants ou symptômes concomitants relatifs aux événements qui se sont produits.

Afin de cartographier le plus vraisemblablement possible les dangers, il est essentiel de connaître à fond l'état passé et actuel du bassin versant et d'évaluer quelle peut être son évolution possible.

Afin d'harmoniser le contenu et les modes de représentation des types de dangers les plus divers (eau, avalanches, glissements, chutes de pierres) et les échelles diverses, l'Office fédéral de l'économie des eaux (OFEE) et l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEP) ont élaboré et publié en commun en 1995 une brochure de recommandations\* pour l'établissement de ces cartes avec proposition de légende, sous le titre «Légende modulable pour la cartographie des phénomènes».

\* Ces recommandations ont pour but de faciliter des comparaisons possibles, de permettre une meilleure reproductibilité de l'estimation des dangers et de faciliter la pratique de la cartographie; elles peuvent être commandées à l'OCFIM, 3003 Berne (N° de commande: 310.022 d/f).



Reproduit avec l'autorisation de l'Office du cadastre du canton de Berne du 30.8.1996.

Extrait de la carte des phénomènes, publiée dans les recommandations intitulées «Légende modulable pour la cartographie des phénomènes» (1995).

### Vue d'ensemble de la carte des phénomènes

#### Contenu:

Données sur la tendance au développement de processus de crues dangereux. Recensement des témoins muets.

#### Echelle:

1:1000 à 1:25 000 selon l'objectif.

#### Mise à jour:

Lors de la révision de la carte des dangers.



Chaque cours d'eau naturel est en état d'évolution permanente. Dans la partie amont du cours d'eau prédomine normalement l'érosion, dans le bas prédomine l'alluvionnement.

Lors de l'évaluation des caractéristiques d'un cours d'eau, on doit non seulement prendre en compte les processus déterminants tels l'érosion, l'alluvionnement ou l'état d'équilibre, mais aussi tous les facteurs déterminants pour le développement des crues.

Une attention particulière doit être portée à cet égard à **l'hydrologie** (régimes d'écoulement, types de crues), à **l'hydraulique** (capacité d'écoulement), de même qu'au **débit solide** (potentiel de laves torrentielles, fort ou faible charriage, formation de méandres ou de ramifications). De cette évaluation, on peut tirer des conclusions aussi bien concernant un écoulement à court terme lors d'un événement dommageable que concernant des développements à long terme. Ces derniers conduisent à une modification de la situation de danger et nécessitent une évaluation régulière du danger potentiel.

### Analyse des zones sensibles

Les zones sensibles sont des sites (ponctuels ou sectoriels) où un danger peut prendre naissance. L'analyse des zones sensibles décrit les causes possibles d'un événement dommageable, c'est-à-dire explique pourquoi, par exemple, la zone limitrophe est menacée par des inondations lors de crues. Les zones sensibles classiques sont les suivantes: voûtages trop petits, rétrécissements, rayons de courbure trop petits, obstacles, ruptures de pente du profil en long. Ces zones de faiblesse peuvent être identifiées et cartographiées lors des analyses de terrain. Celles-ci sont des données de base importantes pour reconnaître un danger et entreprendre les mesures appropriées.

L'évaluation d'une zone sensible reste plus ou moins subjective. Elle peut s'appuyer sur des modèles de calculs (confirmation de la capacité d'écoulement),

sur des observations (revanche minimale lors d'une crue donnée), sur une comparaison (voûtage plus petit qu'en amont ou qu'en aval) et aussi sur de simples estimations. Dans les documents, la précision de l'évaluation doit toujours être indiquée.

### Inventaire et évaluation des ouvrages de protection

Les ouvrages de protection ont surtout été construits là où il y avait des points sensibles. Selon l'âge de la construction, l'effet de protection peut, pour un même cours d'eau, être limité à des événements de probabilités d'occurrence diverses. Les ouvrages de protection sont soumis à une usure constante et leur état doit régulièrement être examiné, particulièrement après de fortes intempéries.

### Vue d'ensemble sur l'évaluation des caractéristiques du cours d'eau

#### Contenu:

Données sur les processus déterminants et sur les sites qui peuvent engendrer une menace, ainsi que données relatives à l'état des ouvrages de protection.

#### Echelle:

Selon les besoins.

#### Mise à jour:

Au plus tard lors de la révision de la carte de dangers, sinon dans le cadre de l'entretien des ouvrages de protection ou lors de la construction de nouveaux ouvrages.

**En se basant sur divers documents d'appréciation, l'intensité et la probabilité d'occurrence des crues possibles doivent ensuite être établies sur des cartes de dangers. Cet instrument visualise les dangers de crues et les menaces qui en découlent tant pour l'homme que pour les biens. Il faut bien se rendre compte qu'une carte de dangers matérialise un danger existant selon le jugement d'un spécialiste et ne peut, en tant que telle, avoir force de loi. La mise en oeuvre des aspects contraignants en matière de législation, d'aménagement ou de procédure d'autorisation reste du ressort des autorités cantonales et communales.**



Frank

## **Evaluation des dangers**

## Carte de dangers

### Buts et signification

La carte de dangers est une carte d'aptitude qui montre quels secteurs sont peu ou pas appropriés pour certaines utilisations en raison des dangers naturels en présence. Elle constitue donc le document de base de référence pour:

- la transposition de ces informations dans **l'aménagement du territoire** (élaboration des plans directeurs cantonaux et des plans d'affectation, y compris la délimitation des zones de danger, élaboration des conceptions et plans sectoriels de la Confédération et des cantons, publication de prescriptions concernant les constructions et autorisations de construction);
- la planification des mesures pour la **protection des objets** et des mesures de réduction des dommages pour les propriétaires.

Par la superposition de la carte des zones de danger avec l'utilisation du sol, des conflits apparaîtront. Etant donné que l'utilisation du sol existante n'est en principe pas ou pratiquement pas sujette à modifications, des mesures de construction sont la plupart du temps nécessaires pour obtenir le degré de protection souhaité.

Les cartes de dangers constituent également une base pour la planification des **mesures de protection des cours d'eau**, la mise en place d'un service d'annonces de crues et l'organisation d'un plan d'urgence. Il faut en plus veiller à ce que l'échelle et le niveau de détail soient conformes aux exigences du projet concerné.

### Etablissement de la carte

La carte de dangers se compose de deux parties: d'une **carte** (il convient d'utiliser comme document de base cartographique des cartes ou des plans au 1:10000 ou à une échelle plus grande), et d'un **texte** (un rapport technique avec justification et description des zones de dangers). Sur la carte de dangers, il convient de délimiter clairement le périmètre d'étude, par exemple au moyen d'un trait gras. L'établissement des cartes de dangers doit résulter exclusivement de **critères scien-**

**tifiques** (voir chapitre «Identification des dangers»). L'expert est fondamentalement libre de choisir ses méthodes, pour autant que celles-ci correspondent à l'état des connaissances scientifiques du moment. Le niveau de détail des cartes de dangers dépend d'une part des dommages potentiels prévisibles, et d'autre part des dangers potentiels.

Lors de l'établissement des cartes de dangers, il faut, dans la mesure du possible, concevoir des espaces de planification délimités. La carte des dangers doit être mise à jour lorsque la situation se modifie notablement (par exemple suite à l'édification d'ouvrages de protection).

### Carte indicative des dangers

La carte indicative des dangers donne une vue d'ensemble sur la situation des dangers potentiels et une représentation des dangers existants. Contrairement à la carte de dangers proprement dite, elle ne présente en règle générale pas de différenciation en degrés de danger.

La carte indicative des dangers est surtout adaptée au niveau du plan directeur (échelle 1:50000). Par cette carte indicative, les zones de conflits sont mises en évidence avant l'établissement de cartes de dangers détaillées, et ceci avec des moyens restreints; elle couvre une plus grande étendue, par exemple un canton entier.

Carte indicative des dangers	Carte de dangers
<b>But:</b> Document de base du plan directeur pour l'identification grossière des zones de conflits d'intérêts, au cas où il n'y aurait pas encore de cartes de dangers.	<b>But:</b> Document de base du plan directeur et d'affectation du sol, de même que pour les mesures de protection projetées.
<b>Contenu:</b> Vue d'ensemble grossière des zones mises en danger; données concernant les types de dangers, en principe sans tenir compte des degrés de danger; différenciation dans les grandes lignes.	<b>Contenu:</b> Données exactes sur les types de dangers, l'extension spatiale et les dangers possibles selon trois degrés; documentation détaillée.
<b>Niveau de détail:</b> restreint	<b>Niveau de détail:</b> Poussé (la délimitation à l'échelle de la parcelle doit être possible).
<b>Echelles:</b> de 1:10000 à 1:50000	<b>Echelles:</b> de 1:2000 à 1:10000
<b>Territoires concernés:</b> Régions ou tout un canton.	<b>Territoires concernés:</b> La priorité est donnée aux secteurs urbanisés, équipés ou faisant l'objet de projets d'équipement, de même qu'aux voies de communication.
<b>Vérification:</b> Périodiquement dans le cadre de la révision du plan.	
<b>Mise à jour:</b> Dans le cas d'un changement important de la situation des dangers.	

## Degrés de danger

Un diagramme harmonisé des degrés de danger a été développé sur la base des «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 OFF, 1984), afin de garantir une évaluation homogène et équivalente des différents types de dangers naturels.

Deux paramètres pour chaque type de danger sont fixés pour graduer l'importance de la menace: **l'intensité et la probabilité** (fréquence ou période de retour). Ces paramètres sont traduits en degrés de danger selon le diagramme intensité-probabilité représenté ci-dessous.

On différencie **trois degrés de danger**, représentés par les couleurs rouge, bleue et jaune. Contrairement aux directives susmentionnées relatives aux avalanches, on entreprend, pour la protection contre les crues, une vérification de la situation des dangers découlant d'événements très rares (mise en évidence des dangers résiduels, respectivement

des risques résiduels). Les surfaces concernées sont représentées par des hachures jaune-blanc.

Les degrés de danger sont choisis de telle manière qu'ils impliquent un type précis de comportement, respectivement de prescriptions en matière d'utilisation du sol. Ils indiquent le degré de mise en danger pour l'homme, les animaux et les biens de haute valeur. On considère que la sécurité de l'homme lors de crues est généralement bien plus grande à l'intérieur des bâtiments qu'à l'extérieur.

L'effet dommageable sera décrit pour chaque type et chaque degré de danger. Les degrés de danger seront en principe délimités avec précision pour chaque type de danger. Celui-ci est désigné par un index sur la carte de dangers, qui peut être suivi du numéro du champ correspondant de la matrice d'appréciation: **I** pour inondation (Ü en allemand); **E** pour érosion des berges; **L** pour débordement de laves torrentielles (M en allemand). D'autres explications, par exemple concernant les

temps d'alerte, la quantité de dépôts alluviaux à attendre ou la durée de l'inondation, peuvent être introduites dans la carte comme index supplémentaire et commentées dans un texte annexé.

Dans le cas où une surface est menacée par **plusieurs types de dangers**, par exemple dans le cas d'inondations et de débordements, cette situation doit être signalée de façon appropriée sur la carte des dangers.

C'est à chaque fois le degré de danger le plus élevé généré qui est considéré comme déterminant. En général, la superposition de plusieurs types de dangers ne justifie pas de passer à une classe de danger supérieure, puisque des mesures de réduction des dommages peuvent être prises contre chaque danger considéré isolément. Lors de la mise en œuvre dans le cadre de l'aménagement du territoire, il est utile, dans bien des cas, d'édicter des interdictions générales dans les régions menacées par plusieurs phénomènes dangereux.

Diagramme intensité-probabilité (diagramme des degrés de danger)

<b>I n t e n s i t é</b>	<b>forte</b>	9	8	7	<b>blanc ou hachuré jaune-blanc</b>
	<b>moyenne</b>	6	5	4	
	<b>faible</b>	3	2	1	
		<b>élevée</b>	<b>moyenne</b>	<b>faible</b>	<b>très faible</b>
		<b>P r o b a b i l i t é</b>			



### ***rouge: danger élevé***

- Les personnes sont en danger aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments.
- Il faut s'attendre à une destruction soudaine de bâtiments.  
ou
- Les événements se manifestent avec une intensité plutôt faible, mais avec une probabilité d'occurrence élevée. Dans ce cas, les personnes sont surtout menacées à l'extérieur des bâtiments.

La zone désignée en rouge correspond essentiellement à une **zone d'interdiction**.

### ***bleu: danger moyen***

- Les personnes sont en danger à l'extérieur des bâtiments, mais peu ou pas à l'intérieur.
- Il faut en principe compter dans cette zone sur des dégâts aux bâtiments, mais non sur la destruction soudaine de ces derniers, pour autant que le mode de construction ait été adapté aux conditions en présence.

La zone bleue est essentiellement une **zone de réglementation**, où de sévères dommages peuvent être réduits par des mesures de précaution appropriées.

### ***jaune: danger faible***

- Le danger pour les personnes est faible ou absent.
- Il faut s'attendre à de faibles dégâts aux bâtiments, mais par contre il peut y avoir des dommages considérables à l'intérieur des bâtiments.

La zone jaune est essentiellement une **zone de sensibilisation**.

### ***hachuré jaune-blanc: danger résiduel***

Des dangers avec une très faible probabilité d'occurrence et une forte intensité peuvent être signalés par un hachuré jaune-blanc. La zone hachurée en jaune-blanc est une **zone de sensibilisation**, mettant en évidence un danger résiduel.

### ***blanc: aucun danger connu ou danger négligeable selon l'état des connaissances actuelles***

## Classification des paramètres

Les deux paramètres utilisés dans le diagramme des degrés de danger (intensité et probabilité) doivent être déterminés et classés pour chaque type de danger, selon une intensité faible, moyenne ou forte et une probabilité faible, moyenne ou élevée.

### Intensité

La description de l'ampleur d'un phénomène dommageable possible se fait en identifiant les valeurs seuils pour les degrés de danger en fonction des effets dommageables possibles sur le type d'affectation du sol le plus important, soit la zone d'habitation. Les dommages probables pour les autres formes d'occupation du sol doivent être déduits de manière analogue. L'intensité est divisée en trois degrés:

- **intensité forte:** Les hommes et les bêtes sont en danger même à l'intérieur des bâtiments; il faut s'attendre à des dégâts considérables aux bâtiments allant jusqu'à leur destruction.
- **intensité moyenne:** Les hommes et les bêtes sont en danger à l'extérieur des bâtiments, mais le sont peu à l'intérieur; il faut s'attendre à des dégâts aux bâtiments.
- **intensité faible:** Les hommes et les bêtes sont peu menacés tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments; il faut s'attendre à des dégâts matériels à l'intérieur des bâtiments (par exemple dans les caves).

### Probabilité

Au lieu d'utiliser une échelle graduelle, par exemple celle de la période de retour, on a choisi de définir la probabilité au moyen de différentes classes. Les limites de classes 30 et 300 ans correspondent à l'assertion formulée dans les directives concernant les avalanches (OFF, 1984). Pour les dangers liés aux crues, on a introduit en plus la limite souvent utilisée de 100 ans. Le calcul de la probabilité d'occurrence, pour autant qu'elle soit calculable, reste très incertain. La probabilité d'occurrence d'un événement n'est donc jamais une donnée à déterminer de façon univoque, mais elle englobe un domaine qui

peut correspondre aux limites des classes choisies.

Les concepts de fréquence, de période de retour et de probabilité d'occurrence sont pris comme synonymes, encore que les concepts de fréquence et de période de retour ne valent que pour des phénomènes répétitifs.

La probabilité d'occurrence et la période de retour peuvent être mathématiquement liées, pour autant qu'elles se rapportent à une même période de référence. Soit l'équation:

$$p = 1 - (1 - 1/T)^n$$

où **n** est la période de référence donnée et **T** la période de retour; **p** est la probabilité d'occurrence d'un événement d'importance égale ou plus grande que celui de la période de retour **T** dans la période de référence donnée. Le calcul de la probabilité d'occurrence pour une période déterminée montre clairement que même pour une période de retour relativement longue (300 ans), le danger résiduel n'est pas négligeable.

Un événement avec une période de retour de 300 ans a une probabilité d'occurrence de 15% de survenir dans une période de 50 ans. Cela correspond, en fait, à la probabilité de faire un 6 en jetant une seule fois un dé!

Fondamentalement, l'échelle de probabilité tout comme l'échelle d'intensité n'est pas limitée vers le haut. Les types de dangers qui ont une plus faible probabilité d'occurrence sont classés comme danger résiduel pour les utilisations usuelles.

### Danger résiduel

Dans le domaine du danger résiduel, les dangers identifiables, mais très rares, sont représentés par un figuré hachuré jaune-blanc. Le figuré jaune-blanc ne montre pas le danger résiduel normalement existant, mais est utilisé uniquement là où des dangers réels existent et où des mesures de prévention (plans d'urgence, réseaux d'observation, mesures d'entretien) peuvent réduire de façon prépondérante le danger. La représentation de ces dangers est recommandée lorsque de fortes intensités sont possibles, que les dommages potentiels sont grands ou encore quand il est possible que la probabilité d'occurrence augmente considérablement par rapport à celle prévalant aujourd'hui. La limite d'utilisation entre le jaune-blanc et le blanc n'est pas quantitativement définie. Des explications seront nécessaires dans les cas où ces figurés seront utilisés.

### Événements rares

Les problèmes surviennent lorsqu'il s'agit de déterminer l'intensité et la probabilité, particulièrement dans le domaine des événements rares ou très rares. Généralement, ces grandeurs sont déterminées sur la base de scénarios de phénomènes connus ou d'événements extraordinaires possibles. Il est important que tant la détermination de l'ampleur de l'événement que la probabilité d'occurrence résultent de critères scientifiques, objectifs et univoques (reproductibles).

Probabilité		Période de retour	
qualificatif:	probabilité d'occurrence en 50 ans:	période de retour en années:	qualificatif:
élevée	100 à 82%	1 à 30	élevée
moyenne	82 à 40%	30 à 100	moyenne
faible	40 à 15%	100 à 300	faible

## Critères d'intensité des différents types de dangers



Frank (2); SBB



### Inondation

Comme mesure de l'effet possible, on tient compte de la **vitesse d'écoulement (v)** et de la **hauteur d'inondation (h)**. Les vitesses d'écoulement sont généralement directement dépendantes de la pente du terrain. A la suite de vitesses d'écoulement élevées, on doit s'attendre à un dépôt d'alluvions grossières. Localement, des amorces d'érosion peuvent survenir.

### Erosion des berges

Comme mesure de l'effet possible pour ce qui concerne l'érosion des berges, on tient compte de la **profondeur moyenne (d)** de la brèche prévisible, mesurée perpendiculairement depuis la surface supérieure du talus concerné.

### Débordements de laves torrentielles

Les méthodes pour calculer les laves torrentielles sont encore peu vérifiées et à peine répandues. En lieu et place des méthodes de calcul pour l'estimation de l'effet de pression des laves torrentielles, on peut aussi utiliser l'observation des têtes de coulées, qui permet de tirer des conclusions sur l'effet de pression.

Ces limites doivent être considérées comme des valeurs indicatives, car leur dépassement est courant:

**Critères lors d'inondations**

**Intensité forte:**  
 $h > 2\text{m}$   
 ou  
 $v \times h > 2\text{m}^2/\text{s}$

**Intensité moyenne:**  
 $2\text{m} > h > 0,5\text{m}$   
 ou  
 $2\text{m}^2/\text{s} > v \times h > 0,5\text{m}^2/\text{s}$

**Intensité faible:**  
 $h < 0,5\text{m}$   
 ou  
 $v \times h < 0,5\text{m}^2/\text{s}$

h = hauteur d'eau  
 v = vitesse d'écoulement de l'eau

**Critères lors d'érosion des berges**

**Intensité forte:**  
 $d > 2\text{m}$

**Intensité moyenne:**  
 $2\text{m} > d > 0,5\text{m}$

**Intensité faible:**  
 $d < 0,5\text{m}$

d = profondeur moyenne de la brèche (mesurée perpendiculairement depuis la surface du talus)

Dans une zone de déplacement possible du lit du cours d'eau, on doit vérifier en plus la pression du courant, soit si les critères  $v \times h < 2\text{m}^2/\text{s}$ , respect.  $0,5\text{m}^2/\text{s}$  sont satisfaits.

**Critères lors de débordements de laves torrentielles**

**Intensité forte:**  
 $h > 1\text{m}$   
 et  
 $v > 1\text{m}/\text{s}$

**Intensité moyenne:**  
 $h < 1\text{m}$   
 ou  
 $v < 1\text{m}/\text{s}$

**Intensité faible:**  
**aucune**

h = profondeur du dépôt de lave torrentielle  
 v = vitesse d'écoulement de la lave torrentielle

## Danger et effet dommageable possible



Keystone

Le danger pour les vies humaines est particulièrement élevé lorsqu'il y a effet de surprise. Le temps nécessaire pour donner l'alerte (**temps d'alerte**) est donc une indication pour l'évaluation des dangers.

Le temps d'alerte lors **d'inondations** dépend de la topographie du bassin versant: plus le terrain est raide et plus le bassin versant est petit, plus le temps d'alerte disponible est court; de même, plus la montée des eaux est rapide et plus les possibilités d'intervention sont limitées. Néanmoins, étant donné que dans ces cas, les précipitations qui provoquent l'événement ont aussi lieu dans la zone affectée où elles sont perçues comme de fortes précipitations, il ne se produit généralement pas de véritable effet de surprise. La durée de l'inondation peut être limitée en gros entre quelques heures et quelques jours.

Lors de **l'érosion des berges**, l'arrachement de matériaux se produit en

général par fragments; le danger est alors repérable quelque temps à l'avance (fractions d'heures). C'est pourquoi les personnes situées à l'extérieur et ayant un comportement raisonnable sont peu menacées. Les glissements locaux surviennent par contre de façon soudaine.

Le temps nécessaire pour donner l'alerte est des plus difficiles à obtenir dans le cas des débordements de matériaux provenant de **laves torrentielles**, dans la mesure où un même événement pluviométrique peut donner lieu ou non au déclenchement d'un phénomène de lave torrentielle pour un même torrent. Entre le déclenchement et l'arrivée des coulées de boue sur le cône de déjection du torrent, il ne s'écoule que quelques minutes.

<b>Effet dommageable lors d'inondation</b>  <b>intensité forte</b>	<b>Effet dommageable lors d'érosion des berges</b>  <b>intensité forte</b>	<b>Effet dommageable lors de débordements de laves torrentielles</b>  <b>intensité forte</b>
<p>Lors de grandes <b>hauteurs d'eau</b>, le rez-de-chaussée d'un bâtiment est entièrement inondé, les chemins de fuite dans les étages supérieurs ou sur le toit peuvent être coupés. Les bâtiments seront rarement détruits, mais le rez-de-chaussée et les caves fortement endommagés. Lors de <b>vitesse d'écoulement</b> élevées, des contraintes dynamiques se produisent et peuvent détruire un bâtiment. Il faut compter avec une grande quantité de matériaux charriés, des phénomènes d'érosion locaux et des dépôts de pierres et de blocs. Les objets faisant obstacle et les angles des bâtiments sont particulièrement menacés à cause de la concentration du courant à cet endroit. Les personnes et les animaux dans les bâtiments sont menacés.</p>	<p>Par le sapement des fondations, il y a menace d'un soudain effondrement du bâtiment; de ce fait les personnes et les animaux sont en danger dans les bâtiments. Lors du déplacement du lit d'un cours d'eau, les surfaces concernées feront partie du cours d'eau et ne seront plus utilisables sans mesures d'assainissement importantes.</p>	<p>L'effet de pression du front de la coulée, souvent encore renforcé par la force de poussée de blocs isolés, peut conduire à la destruction soudaine des bâtiments. Les personnes et les animaux sont en danger dans les bâtiments. L'effet dommageable est augmenté par les dépôts importants d'alluvions et d'éboulis.</p>
<p><b>intensité moyenne</b></p> <p>L'eau pénètre dans les bâtiments, les fenêtres peuvent se briser. Il faut s'attendre à un fort charriage et localement à de l'érosion et de l'alluvionnement. Les personnes et les animaux à l'extérieur et dans les véhicules sont menacés. Dans les bâtiments, une retraite vers les étages supérieurs est la plupart du temps encore possible.</p>	<p><b>intensité moyenne</b></p> <p>Dans ce cas, les bâtiments normalement fondés avec sous-sols excavés ne seront pas détruits par l'érosion. Si l'objet se situe pourtant dans une zone de déplacement du lit du cours d'eau, il faut vérifier en plus la pression du courant (si le critère suivant est rempli: <math>v \times h &lt; 2 \text{ m}^2/\text{s}</math>). Ce critère n'est en général pas rempli dans un chenal avec un écoulement de plus de <math>20 \text{ m}^3/\text{s}</math>, et les zones concernées sont alors classées dans la zone rouge.</p>	<p><b>intensité moyenne</b></p> <p>Malgré leur faible épaisseur, les débordements de laves torrentielles sont dangereux à cause des blocs transportés. Les bâtiments peuvent être endommagés. Les personnes et les animaux à l'extérieur sont en danger.</p>
<p><b>intensité faible</b></p> <p>L'eau qui pénètre éventuellement dans les maisons peut être facilement maîtrisée avec des moyens relativement simples. Les étages en sous-sol sont cependant menacés. Il n'existe en général aucun danger pour les personnes et les animaux. Lors d'un événement situé à la limite supérieure de cette classe de danger, des véhicules peuvent être emportés.</p>	<p><b>intensité faible</b></p> <p>L'entraînement de la couche d'humus et des affouillements peuvent se produire au voisinage d'obstacles. Les faibles intensités auront lieu seulement dans les petits cours d'eau. Dans la zone de déplacement possible du lit du cours d'eau, il faut vérifier en outre la pression du courant (c'est-à-dire si le critère suivant est rempli: <math>v \times h &lt; 0,5 \text{ m}^2/\text{s}</math>).</p>	<p><b>intensité faible</b></p> <p>N'existe pratiquement pas pour ce type de danger.</p>

La phase d'évaluation des dangers visait à établir ce qui pourrait se passer. L'objectif de la planification des mesures est de déterminer quel événement est acceptable ou comment s'en protéger. La détermination des objectifs de protection permet de définir la sécurité souhaitée pour les différentes catégories d'objets. Si le degré de protection existant est suffisant, on doit s'assurer, par un entretien et par des prescriptions d'utilisation appropriées, que le danger, respectivement le dommage potentiel, ne croît pas d'une manière incontrôlée, rendant indispensable des mesures de protection sous forme d'ouvrages hydrauliques. Mais en raison du développement rapide des zones construites, des insuffisances en matière de protection existent déjà en de nombreux endroits, auxquelles des mesures d'entretien et d'aménagement ne suffisent pas à remédier; il sera nécessaire de mettre en oeuvre des mesures constructives de protection sur les cours d'eau. Le choix des mesures à prendre dépend d'une évaluation des intérêts en jeu.



Frank

## Planification des mesures

La carte de dangers sert de document de base spécialisé pour la prise en compte des dangers naturels dans le cadre de nombreuses tâches et activités qui ont des effets sur l'organisation du territoire, particulièrement dans les cas suivants:

- lors de l'élaboration et de l'approbation des plans directeurs et des plans d'affectation, des conceptions et des plans sectoriels de la Confédération, de même que lors de l'établissement des études de base requises;
- lors de la planification, de la construction, de la transformation et de l'utilisation de constructions et d'installations;
- lors de l'octroi de concessions et d'autorisations pour des constructions et des installations, de même que pour d'autres droits touchant l'utilisation du sol;
- lors de l'octroi de subventions pour des constructions et des installations (particulièrement pour les voies de communication et les installations d'entretien, ainsi que pour les bâtiments d'habitation), pour les ouvrages de correction des cours d'eau, les améliorations foncières ou les mesures de protection.

Avec les dispositions de la loi et les instruments de l'aménagement du territoire, il existe un cadre adéquat pour la prise en compte des dangers naturels dans les activités ayant des effets sur l'organisation du territoire. Il s'agit en premier lieu d'en utiliser les possibilités lors de la phase de mise en œuvre et de profiter intégralement des possibilités de manœuvre qu'offre ce cadre. Au besoin, on procédera à des adaptations et on apportera des compléments aux lois cantonales.

### **Vue d'ensemble sur la prise en compte des dangers naturels dans le plan directeur (art. 6 à 12 LAT)**

**Responsable du plan directeur:**  
le canton

**Forme:**  
carte et texte;  
documents de base

**Echelle de la carte/  
degré de concrétisation:**  
en général 1:50 000

**Objectifs:**  
Coordination, dans l'optique de l'organisation du territoire, de tous les domaines traités ici concernant la Confédération, le canton et les communes.

**Contenu relatif aux dangers:**  
Mesures visant à assurer la coordination et réglant les démarches ultérieures, dans le texte; éventuellement délimitation grossière des zones de danger, sur la carte.

**Degrés de dangers:**  
Généralement 1 degré: danger présent, danger non présent; données supplémentaires sur les principaux types de dangers prédominants: C = crues, A = avalanches, M = mouvements de terrain.

**Précision:**  
Prise en compte globale (texte seulement) ou grossière prise en compte des zones de danger.

**Mise à jour:**  
Compléments et mise à jour lors de changements des conditions ou de l'apparition de nouvelles tâches; réexamen intégral du plan directeur et, si nécessaire, révision tous les 10 ans.

**Caractère contraignant du plan directeur:**  
contraignant pour les autorités

### **Vue d'ensemble sur la prise en compte des dangers naturels dans le plan d'affectation (art. 14 à 24 LAT)**

**Responsable du plan d'affectation:**  
la commune

**Forme:**  
plan de zone et règlement des constructions

**Echelle de la carte/  
degré de concrétisation:**  
1:2000 à 1:5000

**Objectifs:**  
Détermination des types d'affectation, délimitation des zones à bâtir et des zones non constructibles.

**Contenu relatif aux dangers:**  
Prise en compte des zones de danger désignées sur la carte des dangers selon les différents types et les degrés de danger et les conséquences correspondantes pour l'affectation.

**Degrés de dangers:**  
3 degrés: danger élevé, moyen et faible; données sur les types de dangers et les conséquences qui en découlent pour l'affectation du sol.

**Précision:**  
Prise en compte assez précise des zones de dangers pour pouvoir qualifier chaque parcelle.

**Mise à jour:**  
Lorsque le danger augmente à cause d'événements naturels ou diminue de façon démontrable, suite à des mesures de protection; lors de la révision complète du plan de zone (env. tous les 10-15 ans).

**Caractère contraignant du plan d'affectation:**  
contraignant pour les propriétaires



della Valle

Selon l'art. 6 de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT), les cantons doivent désigner, notamment dans les études de bases de leur plan directeur, «les parties du territoire qui sont gravement menacées par des forces naturelles ou par des nuisances».

Le **plan directeur cantonal** est un instrument au service de l'organisation du territoire, de la coordination et de la prévention. Quant à sa forme, le plan directeur est constitué d'une carte et d'un texte et s'appuie sur des études de base. Le plan directeur contient des principes d'aménagement visant à assurer la coordination. Il décrit en outre la situation de départ, du point de vue de l'aménagement du territoire. Le plan directeur a force obligatoire pour les autorités. Il remplit les tâches suivantes:

- il montre la façon de coordonner les activités qui ont des effets sur l'organisation du territoire, compte tenu du développement souhaité;
- il détermine l'orientation générale de la planification et de la collaboration et en désigne les étapes;
- il donne aux autorités chargées de l'aménagement à tous les échelons administratifs des contraintes légales dans l'exercice de leur pouvoir d'appréciation.

### **Le domaine des dangers naturels**

Dans le domaine des dangers naturels, le plan directeur peut en particulier assumer les tâches suivantes:

- déterminer à l'avance les conflits potentiels entre l'affectation du sol et les dangers naturels, et désigner les services spécialisés à consulter;
- élaborer une vue d'ensemble sur les documents de base existants ou encore à établir concernant les dangers naturels (p. ex. l'établissement des cartes de dangers, la coordination des procédures relatives aux différents types de danger);
- formuler les principes à appliquer par le canton pour la protection contre les dangers naturels;
- définir les exigences et les mandats à mettre en œuvre dans les étapes suivantes de planification, particulièrement dans le cadre du plan d'affectation communal (p. ex. délimitation de zones de danger).

### **Carte du plan directeur**

Sur la carte du plan directeur, on ne pourra qu'esquisser les zones de danger en tant que données de base. On peut envisager d'insérer comme contenu du plan directeur certains conflits d'affectation occasionnés par les dangers naturels ou encore les ouvrages de protection en projet.

### **Texte du plan directeur**

En ce qui concerne les dangers naturels, c'est le texte qui revêt le poids le plus important. Il doit donner une vue d'ensemble sur les études de base existantes ou encore à établir (conception des cartes de dangers), indiquer les principes de base pour la protection contre les dangers naturels et dresser une liste exhaustive des mesures nécessaires, ainsi que des services administratifs compétents.

Enfin, il doit charger les communes de désigner, dans leur plan d'affectation, les zones de danger pour lesquelles il est nécessaire d'instaurer des interdictions de construire et des restrictions d'utilisation.



## Plan d'affectation

Au niveau des plans d'affectation, les degrés de concrétisation et de contrainte sont tels qu'ils permettent et assurent une prise en compte adéquate des dangers naturels dans l'utilisation du sol. L'objectif est de délimiter des zones de danger à caractère contraignant (tout comme pour les zones à bâtir, les zones agricoles et les zones à protéger dans le plan d'affectation), ou d'établir une base juridique conduisant au même effet. D'après l'art. 18 de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT), qui mentionne «d'autres zones d'affectation», la législation cantonale peut prévoir d'autres zones que celles à bâtir, agricoles ou à protéger.

Sur cette base juridique, des **zones de danger** peuvent par exemple être délimitées, même lorsqu'elles recoupent d'autres zones d'affectation. Mais il est aussi possible que les différentes affectations soient définies en fonction de la situation de danger ou fassent l'objet de restrictions (selon une planification positive ou négative). La carte des dangers doit servir de base à la délimitation des zones de danger (ou de mesures analogues) dans le plan d'affectation. Bien qu'il soit théoriquement prévu d'avoir recours à une pesée d'intérêts lors de l'élaboration de ce plan d'affectation, il peut pratiquement être exclu que tout autre intérêt puisse justifier le renoncement à une zone de dangers établie sur des bases objectives.

### Signification des degrés de danger

Les degrés de danger sont attribués avant tout en fonction de leurs conséquences pour la **construction**. Ils doivent permettre d'éviter les menaces qui pèsent sur les personnes et les animaux et de réduire autant que possible les dégâts aux biens. Des recherches plus détaillées peuvent être nécessaires au moment de la demande du permis de construire pour déterminer concrètement les conditions liées à l'autorisation.

Dans la **zone agricole**, les constructions concernées par les différents degrés de danger sont soumises aux mê-

### Zone rouge: danger élevé

Par principe, **aucune construction et installation**, servant à abriter des hommes et des animaux, n'est autorisée ou ne peut être agrandie. Les zones à bâtir non construites doivent être déclassées. Aucun bâtiment détruit ne peut être reconstruit, sauf exception si le site d'implantation est impératif (et ceci seulement après que les mesures de sécurité nécessaires ont été prises). Les transformations et les changements d'affectation ne sont autorisés que lorsque le risque est ainsi diminué (c'est-à-dire lorsque le cercle des personnes en danger n'est pas agrandi et que les mesures de sécurité ont été améliorées). Pour les zones d'habitations existantes présentant un déficit flagrant de protection, il faut, selon les possibilités, prévoir des mesures de protection par des ouvrages.

### Zone bleue: danger moyen

Les constructions y sont autorisées sous **conditions**. Ces conditions doivent être fixées en fonction de chaque type de danger dans les règlements de construction et de zones. Exceptionnellement, des précisions plus détaillées peuvent être nécessaires. Il ne faut pas y implanter des objets particulièrement sensibles, et dans la mesure du possible aucune nouvelle zone à bâtir ne doit y être délimitée.

### Zone jaune: danger faible

Les propriétaires de terrain doivent être sensibilisés aux **dangers existants** et aux mesures possibles pour prévenir les dégâts. Il faut prendre des mesures de protection spéciales pour les objets sensibles.

### Zone hachurée jaune-blanc

Elle met en évidence les risques résiduels. Un plan d'urgence et des mesures de protection spéciales pour les **objets sensibles** sont nécessaires. Les installations qui impliquent un potentiel élevé de dommages sont à éviter.

La signification des degrés de danger.

mes prescriptions que dans les zones à bâtir. L'aménagement du territoire ne se prononce en principe pas sur une utilisation agricole adéquate du sol (type de culture). Des contrats passés avec les agriculteurs concernés peuvent s'avérer judicieux.

Les **plans d'alarme et d'évacuation** (plans d'urgence) doivent être préparés pour toutes les zones de danger. En particulier, les chemins d'évacuation menant dans une zone sans danger doivent être clairement définis.

### Objets sensibles

En premier lieu, les objets sensibles sont des bâtiments et des installations où résident un nombre particulièrement élevé de **personnes** difficiles à évacuer;

c'est le cas notamment pour les hôpitaux, les homes et les écoles. Ensuite, les objets sensibles sont des bâtiments et des installations pouvant subir de **gros dommages**. Ceci est particulièrement valable pour les centres de stockage et de production ayant une forte concentration de produits dangereux, ou pour les décharges.

Enfin, les objets sensibles sont des bâtiments et des installations pouvant subir d'importants **dommages économiques** directs ou indirects, même lors d'événements de faible intensité. Ceux-ci comprennent les centraux téléphoniques, les postes de couplage, les centres informatiques, les installations d'alimentation en eau potable, les stations d'épuration.

- des citernes et des conduites de mazout résistant à la mise en flottation et à la rupture;

- installer aux étages supérieurs les installations électriques importantes;

- éviter la concentration de biens de valeur dans les sous-sols, particulièrement dans les caves;

- aucune pièce aveugle;

- prévoir des chemins de fuite dans les parties élevées du bâtiment;

- donner d'autres spécifications quant aux dispositions à prendre pour des affectations particulièrement menacées comme les garages souterrains.

Dans la **zone jaune** des degrés de danger, des dommages matériels importants peuvent être réduits par le biais d'entrées rehaussées, de fenêtres de caves résistantes, de recommandations pour rendre étanche l'accès des garages en sous-sol.

### Infrastructures

Les infrastructures telles les voies ferrées, les routes et les lignes de transmission sont liées à un site et sont d'intérêt public, souvent d'intérêt national, ce qui nécessite une protection par des **mesures techniques** le long des cours d'eau ou par des mesures prises directement sur l'objet.

Les dangers élevés pour les personnes exposées ou les conséquences économiques et écologiques suite à la rupture ou à l'endommagement de ces infrastructures, par exemple d'une installation pour la distribution du courant ou d'une station d'épuration, exigent en général un haut niveau de sécurité.

### Zones agricoles

Les secteurs qui sont souvent touchés par des événements dommageables (degrés de danger rouge et bleue) sont peu appropriés pour une agriculture intensive. Pour les installations indispensables (p.ex. abris, abreuvoirs), il faut trouver le plus possible de sites d'implantation en dehors des zones rouges, surtout quand la classification a été établie à la suite d'événements fréquents (domaines 6 et 9 du diagramme intensité/probabilité).

## Indications pour une affectation appropriée face aux dangers potentiels liés à l'eau

Les indications suivantes ne sont pas exhaustives, mais constituent des propositions pour un aménagement adapté aux conditions locales.

### Zones urbanisées

Dans la **zone bleue** des degrés de danger, les nouvelles constructions, les agrandissements et les transformations sont autorisées, mais sous réserve de l'observation de certaines mesures dépendantes du type de danger.

Pour réduire les dommages dus à l'**érosion des berges**, il faut:

- des fondations de bâtiments suffisamment résistantes au-dessus de la profondeur d'érosion attendue;
- des fondations en béton armé qui puissent supporter les charges même en cas d'érosion non uniforme.

- la preuve de la stabilité de la construction face à la pression du courant, au cas où un déplacement du lit du cours d'eau serait à craindre.

Pour réduire les dommages dus aux débordements de **laves torrentielles**, il faut:

- des entrées rehaussées et aucune fenêtre dans la zone de dépôt des alluvions;

- des dispositions constructives conçues contre les effets de poussée pour chaque composant de la structure (p.ex. béton armé).

Pour réduire les dommages dus aux **inondations**, il faut:

- des accès rehaussés, éventuellement avec des portes étanches;

- des fenêtres et des sauts-de-loup équipés d'un verre de sécurité;



L'horticulture ne peut être autorisée dans les secteurs à inondations fréquentes que s'il est établi que les infrastructures nécessaires (dépôts d'engrais et de pesticides) peuvent être mises à l'abri en dehors des secteurs fréquemment concernés ou être protégées par des mesures techniques de sécurité. Il est généralement de fait pour l'agriculture que lors d'inondations «dynamiques», les cultures agricoles sont la plupart du temps anéanties. La fertilité du sol des surfaces concernées peut, à long terme, être amoindrie par suite du dépôt d'alluvions et de l'érosion de la couche d'humus.

Des inondations profondes de longue durée sont seulement possibles dans les plaines le long des grands cours d'eau. La sensibilité des cultures agricoles à cette forme d'inondation est variable. Les prairies peuvent supporter presque sans aucun dommage jusqu'à trois jours de submersion, alors

que les vergers ne résistent, le cas échéant, que très peu de temps. Les dépôts alluviaux très fins ne conduisent en général pas à la perte de la fertilité du sol.

### Installations de loisirs

Les terrains affectés à une fonction de délasserement ne donnent généralement lieu qu'à une moindre concentration de biens de valeur, mais par contre à un danger plus élevé pour les personnes. En général, pour l'usage des installations de loisirs un risque plus élevé est accepté. Le danger pour les personnes peut souvent être ramené à un niveau acceptable au moyen d'un dispositif d'alerte approprié, sauf lorsque l'on doit compter soit avec la présence de personnes âgées et malades, soit avec l'effet de surprise durant le sommeil.

En particulier, il faut veiller au problème de concomitance entre l'existence d'un danger et la présence de personnes:

un danger de crue est pratiquement exclu par rapport à la pratique de sports d'hiver; des piscines à ciel ouvert ne sont pratiquement pas fréquentées par mauvais temps.

Il faut vérifier en particulier dans quelle mesure une autorisation accordée apparaît acceptable face à un dommage possible aux infrastructures et à une utilisation élargie des installations annexes (p. ex. club-house).

Selon le type d'installation de loisirs, il faut tenir compte des **particularités** suivantes:

- parcs et espaces verts servant au délasserement: aucune restriction due aux zones de danger;
- places de sport telles que courts de tennis ou terrains de football, stades d'athlétisme: éviter les zones de danger à fortes intensités ou fréquences élevées, particulièrement pour des dangers comme l'érosion des berges. Une tolérance est envisageable en zone rouge dans laquelle les événements sont rares (en principe avec une période de retour > 100 ans);
- bains en plein air: les exploitations annexes tels que les restaurants ne doivent pas être situés en zone rouge;
- terrains de camping: le risque de danger pour les personnes est élevé, car les crues estivales coïncident avec la période de plus forte affluence. C'est pourquoi il faut préparer à l'avance un plan d'alarme et des chemins de fuite sûrs. Les terrains de camping habités à plus long terme avec des aménagements d'infrastructures et où prédominent les caravanes résidentielles stationnées à l'année doivent être refusés dans les zones à événements fréquents, étant donné que le danger pour les personnes est plus grand dans les véhicules qu'à l'air libre;
- grandes manifestations: il faut interdire l'organisation de grandes manifestations dans les zones sujettes à des types de dangers de forte intensité survenant d'une manière soudaine (laves torrentielles, érosion de rives, inondations «dynamiques») et dans lesquelles le temps d'alerte est court, si une évacuation à temps ne peut être assurée.

## Autres mesures

Les mesures passives pour diminuer les dommages sont accompagnées par des mesures actives pour réduire les dangers ou par des mesures d'urgence pour limiter le risque résiduel.

### Mesures d'aménagement des cours d'eau

Là où des mesures actives doivent être prises, la sécurité concernant les crues est assurée d'abord par **l'entretien des cours d'eau**, conformément à la loi fédérale sur l'aménagement des cours d'eau (LACE)\*.

Par «entretien approprié des cours d'eau» on entend la conservation de la capacité hydraulique du cours d'eau et le maintien de l'efficacité des ouvrages de protection. Même minutieusement accompli, l'entretien ne pourra éviter que la longévité de certains ouvrages de protection ne soit limitée. Des contrôles périodiques de l'efficacité des ouvrages de protection permettront de déceler à temps d'éventuels points faibles (p. ex. instabilité de vieilles digues). Les **mesures de protection constructives** comprennent le renforcement des berges, l'endiguement, l'aménagement du chenal et les bassins de rétention. Selon la LACE, ces mesures doivent être entreprises seulement si la sécurité concernant les crues ne peut plus être garantie par les seules mesures d'entretien et d'aménagement du territoire.

La planification de ces mesures pré suppose la connaissance des processus naturels et de leurs effets. Les mesures doivent s'adapter aux données du site et devraient respecter autant que possible l'aspect naturel d'un cours d'eau et la protection du paysage. Le potentiel de dommages, établi à l'aide des cartes de dangers, est une base de décision essentielle pour la justification scientifique des mesures de protection.

La palette des mesures constructives sera complétée par **d'autres mesures** de protection telles les mesures d'entretien de la forêt dans le bassin versant et le long du cours d'eau, le fait de laisser libres les surfaces inondables naturelles et la conservation de surfaces perméables ou la reconstitution des surfaces de prairie. Ces mesures comptent toutes comme mesures de rétention des eaux, mais ne sont pas liées à une intervention technique sur les cours d'eau.

### Mesures d'urgence et de sauvetage

De même qu'une protection contre l'incendie ne peut remplacer les pompiers, les mesures de protection préventives ne permettent pas d'exclure tous les risques. Afin de limiter les risques résiduels, ou d'empêcher le pire lors d'une crue dépassant toutes les attentes, il faut suffisamment de personnes et de moyens matériels prêts à entrer en fonction pour que les mesures de sauvetage soient efficaces. Les moyens tech-

niques modernes, hélicoptères, liaisons radio, systèmes d'alarme, machines de chantier lourdes, permettent d'apporter rapidement une aide plus efficace qu'au cours des siècles passés.

### Assurances

Une assurance pour les dommages liés aux éléments naturels n'est pas une mesure en faveur de la diminution des dommages, mais une prestation de solidarité de la communauté. Les assurances sont en fait, comme les mesures de sauvetage, un moyen de pouvoir vivre avec le risque résiduel. Le **principe de solidarité**, c'est-à-dire la répartition du coût des dommages entre le plus grand nombre de personnes, est sûrement valable pour les grandes catastrophes dues aux crues. Ici, la prestation de prévoyance nécessaire excède les possibilités d'un individu, et la rareté de l'événement le situe au-delà de l'expérience personnelle. Au contraire, la prévention des petits événements fréquents met à contribution la **responsabilité individuelle**.



\* Des «Directives pour la protection contre les crues» pour l'application de la LACE et l'OACE sont en préparation.

Les assurances peuvent contribuer activement à la réduction du potentiel de dommages, en excluant la couverture ou en la limitant, là où des particuliers font encourir des risques excessifs (p. ex. des concentrations de biens de valeur dans les caves des bâtiments en zones inondables): somme maximale d'assurance pour le niveau des caves; exclusion après des cas de dommages répétés; exigence de conditions particulières (p. ex. l'installation de fenêtres de cave épaisses). L'appel à la responsabilité individuelle en vue d'une affectation appropriée au risque est inutile, dès lors que les assurances couvrent tous les dommages au moment où un événement se produit.

### Mesures institutionnelles

Dans plusieurs cantons (FR, GR, OW), la formation d'une commission des dangers naturels s'est avérée très utile. De telles commissions constituent des **groupes interdisciplinaires de spécialistes**. Elles sont notamment responsables de l'établissement et de la mise à jour des cartes de dangers et en assurent, en tant qu'organe de conseil, la mise en application. Les commissions des dangers se cantonnent en général à jouer un rôle d'organe de consultation et à formuler des propositions. En aucun cas elles ne sont habilitées à rendre des jugements ou des décisions administratives. Dans de telles commissions, tous les services concernés par les dangers naturels et leur transposition dans l'aménagement devraient être représentés: le service des eaux, le service des forêts, le service de l'aménagement du territoire, le service des constructions, l'assurance des bâtiments et les représentants des communes concernées.

Les **tâches principales** envisageables pour une commission des dangers sont les suivantes:

- surveillance, expertise et coordination lors de l'établissement et de la mise à jour des cartes de dangers (et au besoin des cadastres de dangers);
- consultation lors de la transposition des données relatives aux dangers



Frank

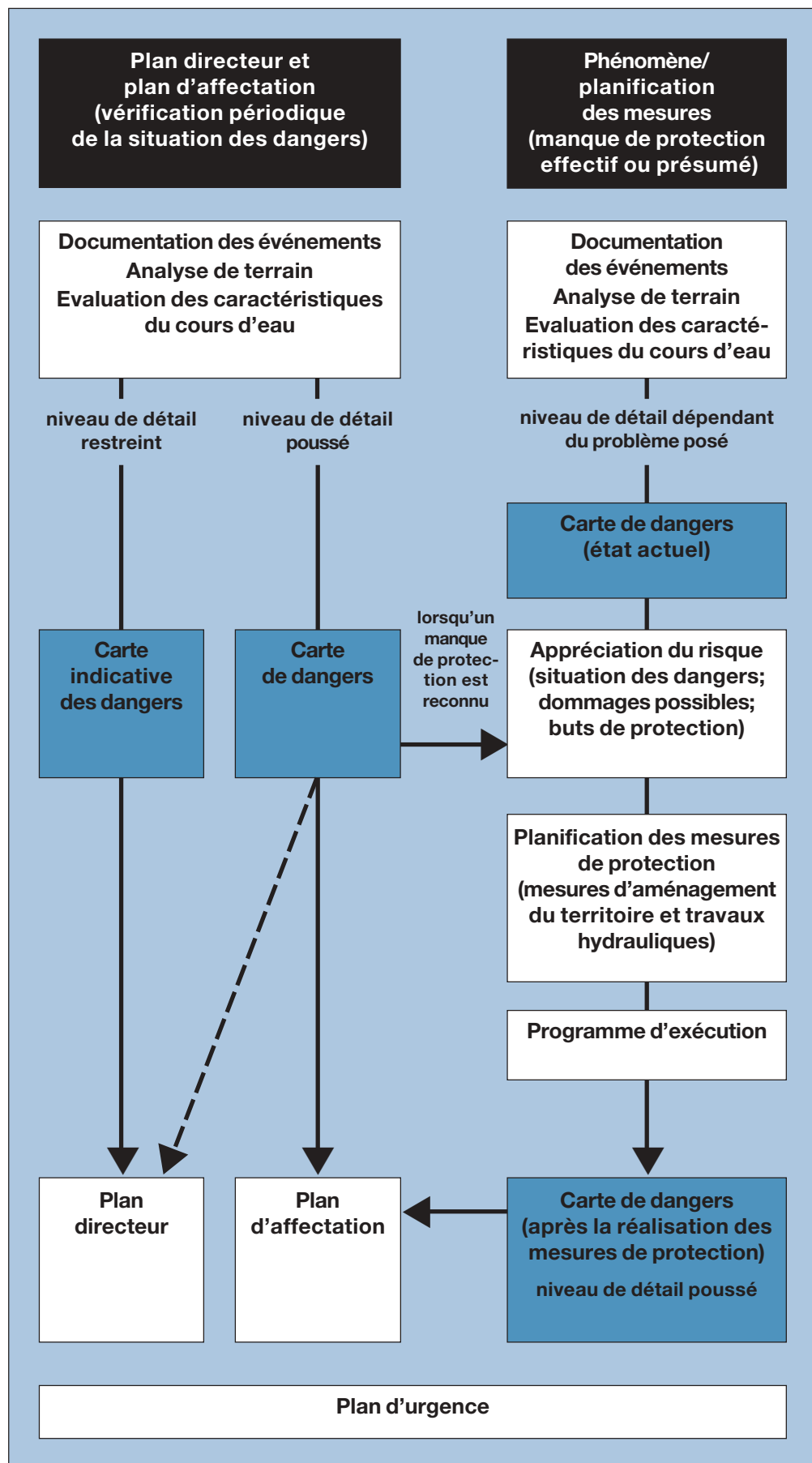
dans le plan directeur et le plan d'affectation;

- conseil aux autorités et aux offices ainsi que, si elle existe, à l'assurance cantonale des bâtiments;
- examen des plans des zones de dangers.

Parallèlement, les commissions des dangers naturels peuvent prendre en charge d'autres tâches:

- examen de projets de construction dans les zones de danger;
- élaboration et la garantie des principes de base pour l'engagement des moyens publics en vue de la protection contre les dangers naturels;
- soutien des autorités compétentes lors de catastrophes naturelles;
- garantie des échanges d'information au sein de l'administration;
- relations publiques.

## Démarche pour la prise en compte des dangers dus aux crues dans le cadre des activités ayant des effets sur l'organisation du territoire



## Exemple d'application des degrés de danger «Engelberger Aa, canton de Nidwald»

état actuel:



état après la réalisation des mesures  
de protection contre les crues:



Canton de Nidwald (Abteilung Wasserbau und Oberforstamt); Laborator: Öko-B, Stans; Niederer & Pozzi, Zürich; CES Bauingenieur AG, Hergiswil

*Les recommandations pour la prise en compte des dangers dus aux crues dans le cadre des activités ayant des effets sur l'organisation du territoire s'appuient sur une série de lois fédérales et sur les ordonnances correspondantes:*

### Loi fédérale sur l'aménagement du territoire du 22 juin 1979 (LAT)

#### Art. premier Buts

<sup>1</sup> La Confédération, les cantons et les communes veillent à assurer une utilisation mesurée du sol. [...] Dans l'accomplissement de leurs tâches, ils tiennent compte des données naturelles ainsi que des besoins de la population et de l'économie.

#### Art. 6 Etudes de base

<sup>2</sup> Ils [les cantons] désignent les parties du territoire qui:

c. Sont gravement menacées par des forces naturelles ou par des nuisances.

#### Art. 18 Autres zones et territoires

<sup>1</sup> Le droit cantonal peut prévoir d'autres zones d'affectation.

### Loi fédérale sur l'aménagement des cours d'eau du 21 juin 1991 (LACE)

#### Art. 3 Mesures à prendre

<sup>1</sup> Les cantons assurent la protection contre les crues en priorité par des mesures d'entretien et de planification.

<sup>2</sup> Si cela ne suffit pas, ils prennent les autres mesures qui s'imposent telles que corrections, endiguements, réalisation de dépotoirs à alluvions et de bassins de rétention des crues ainsi que toutes les autres mesures propres à empêcher les mouvements de terrain.

#### Art. 6 Indemnités afférentes aux mesures de protection contre les crues

<sup>1</sup> [...] la Confédération accorde aux cantons des indemnités pour les mesures de protection contre les crues, notamment pour:

b. L'établissement de cadastres et de cartes des dangers, [...]

### Ordonnance sur l'aménagement des cours d'eau du 2 novembre 1994 (OACE)

#### Article premier Conditions préliminaires

<sup>2</sup> En principe, aucune indemnité n'est accordée pour des mesures visant à protéger des ouvrages et des installations aménagés dans des zones désignées comme dangereuses ou sur des territoires réputés dangereux.

#### Art. 20 Directives

L'office édicte des directives, notamment sur:

b. l'établissement de cadastres et de cartes des dangers.

#### Art. 21 Zones dangereuses

Les cantons désignent les zones dangereuses et les prennent en considération dans leurs plans directeurs et dans leurs plans d'affectation ainsi que dans d'autres activités ayant des effets sur l'organisation du territoire.

#### Art. 22 Surveillance

Les cantons analysent périodiquement les dangers découlant des eaux et l'efficacité des mesures mises en œuvre pour se protéger des crues.

#### Art. 27 Etudes de base effectuées par les cantons

<sup>1</sup> Les cantons:

b. tiennent un cadastre des dangers; c. élaborent des cartes des dangers et les tiennent à jour; e. répertorient les sinistres d'une certaine importance;

### Loi fédérale sur les forêts du 4 octobre 1991 (LFO)

#### Art. 19 Protection contre les catastrophes naturelles

Là où la protection de la population ou des biens d'une valeur notable l'exige, les cantons doivent assurer la sécurité des zones de rupture, d'avalanches, ainsi que des zones de glissement de terrains, d'érosion et de chutes de pierres et veiller à l'endiguement forestier des torrents.

#### Art. 36 Protection contre les catastrophes naturelles

La Confédération alloue des indemnités [...] pour: c. l'établissement de cadastres et de cartes des dangers, [...]

### Ordonnance sur les forêts du 30 novembre 1992 (OFO)

#### Art. 15 Documents de base

<sup>1</sup> Les cantons établissent les documents de base pour la protection contre les catastrophes naturelles, en particulier les cadastres et cartes des dangers.

<sup>2</sup> Lors de l'établissement des documents de base, les cantons tiennent compte des travaux exécutés par les services spécialisés de la Confédération et de ses directives techniques.

<sup>3</sup> Ils tiennent compte des documents de base lors de toute activité ayant des effets sur l'organisation du territoire, en particulier dans l'établissement des plans directeurs et d'affectation.

#### Art. 43 Carte de dangers

<sup>1</sup> L'établissement de cadastres et de cartes de dangers [...] seront indemnisés.

**Carte de dangers:** carte détaillée établie sur la base de critères rigoureusement objectifs et scientifiques, comportant les indications suivantes: menace, respectivement absence de menace pour une zone donnée du territoire; processus dangereux (type de danger); intensité et probabilité d'occurrence du processus concerné.

**Carte indicative des dangers:** carte d'ensemble établie selon des critères scientifiques et objectifs et renseignant sur les problèmes/dangers qui ont été reconnus (identifiés) et localisés, mais qui n'ont pas été analysés et évalués en détail.

**Crue:** état d'un cours d'eau pour lequel le niveau d'eau ou l'écoulement a atteint ou dépassé une valeur limite.

**Danger:** condition, circonstance ou processus dont peut résulter un dommage pour l'homme, l'environnement ou les biens.

**Danger naturel:** ensemble des phénomènes et influences de la nature susceptibles de causer des dommages aux hommes et/ou à leurs biens.

**Danger potentiel:** somme des facteurs mettant en danger ou à même de causer des dommages dans la région considérée.

**Débordements de matériaux issus de laves torrentielles:** dépôt de matériaux en-dehors du chenal (souvent dans la zone du cône de déjection d'un torrent).

**Déficit de protection:** sécurité insuffisante lorsque le degré de protection est inférieur à l'objectif de protection.

**Degré de protection:** étendue de la sécurité actuelle.

**Dommages potentiels:** ampleur des dommages possibles.

**Erosion des berges:** glissement des talus des berges suite à une érosion du lit et latérale.

**Inondation:** recouvrement d'un terrain par l'eau et les matières solides qui sont sorties du lit du cours d'eau.

**Menace:** danger se rapportant très concrètement à une situation très précise ou un objet précis.

**Mesure active:** mesure de protection dont l'effet s'oppose activement au développement de l'événement naturel en vue de réduire le danger ou mesure de protection qui modifie le déroulement d'un événement ou sa probabilité d'occurrence (barrages dans un torrent, digues de protection contre les crues, drainage, reboisement).

**Mesure passive:** mesure de protection qui doit conduire à une réduction du dommage, sans influence active sur le déroulement de l'événement naturel (p.ex. mesures d'aménagement du territoire, de protection d'un objet, plan d'urgence).

**Objectif de protection:** degré de la sécurité qui doit être atteint par les mesures de protection contre les crues.

**Plan des zones de danger:** instrument d'aménagement contraignant pour les propriétaires fonciers, basé sur la carte des dangers, approuvé par les instances politiques compétentes.

**Protection d'un objet:** protection d'un objet (bâtiment ou installation) par un ouvrage disposé sur l'objet, au voisinage de l'objet, ou de manière à détourner la menace.

**Risque:** grandeur et probabilité d'occurrence d'un dommage possible.

**Risque résiduel:** risque subsistant après réalisation de toutes les mesures de sécurité prévues.

Kanton Uri: Richtlinien für den Hochwasserschutz (1992).

Office fédéral des forêts / Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches: Directives pour la prise en considération du danger d'avalanches lors de l'exercice d'activités touchant l'organisation du territoire (1984).

Office fédéral de l'économie des eaux: Exigences posées à la protection contre les crues '95 (1995).

Office fédéral de l'économie des eaux / Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage: Légende modulable pour la cartographie des phénomènes (Recommandations, communication de l'Office fédéral de l'économie des eaux 7/1995).

Thomas Egli: Hochwasserschutz und Raumplanung (rapport ORL 100/1996).

Office fédéral de l'économie des eaux / Office fédéral de l'aménagement du territoire / Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage: Prise en compte des dangers dus aux mouvements de terrain dans les activités ayant des effets sur l'organisation du territoire (Recommandations, 1997).