



Stratégie «Dangers naturels» Suisse

Réalisation du plan d'action PLANAT 2005 - 2008

Projet A 3

Efficacité des mesures de protection



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT
Plate-forme nationale «Dangers naturels»
Piattaforma nazionale «Pericoli naturali»
National Platform for Natural Hazards

Rapport final de la 2e phase
Version d'évaluation
Décembre 2008

Impressum

Mandant

Plate-forme nationale « Dangers naturels » PLANAT
c/o Division Prévention des risques
Office fédéral de l'environnement OFEV
3003 Berne
Téléphone: 031 324 17 81 fax: 031 324 19 10
planat@bafu.admin.ch www.planat.ch

Gestion du projet (projet général)

Andreas Götz, OFEV, président de PLANAT (direction)
Gian Reto Bezzola, OFEV, PLANAT
Pierre Ecoffey, ECAB, PLANAT
Willy Eyer, Service des forêts et de la faune du canton de Fribourg, PLANAT
Bruno Hostettler, OFPP, PLANAT
Hans Rudolf Keusen, Geotest SA, PLANAT

Suivi du projet (projet général)

Thomas Egli, Egli Engineering AG (direction, suivi du projet A3)
Dörte Aller, Aller Risk Management
Christoph Werner, OFPP
Cornelia Winkler, Glenz, Walter & Winkler AG

Direction du projet A3

Hans Romang, WSL/SLF

Suivi du projet A3

G.R. Bezzola, OFEV
W. Eyer, canton FR
M. Frehner, Forstingenieurbüro
C. Guggisberg, ARE
T. Egli, Egli Engineering AG
C. Hegg, WSL
H. Kienholz, GIUB
M. Oplatka, canton ZH

Mandataires du projet A 3

Institut fédéral de recherches sur la
forêt, la neige et le paysage (WSL)
Zürcherstrasse 111
8903 Birmensdorf
Téléphone: 044 739 21 11
Fax: 044 739 22 15
wslinfo@wsl.ch
www.wsl.ch

Auteurs du projet A 3

H. Romang, WSL / SLF (direction)
A. Böll, WSL
D. Bollinger, canton SZ
L. Hunzinger, Flussbau AG SAH
H.R. Keusen, Geotest SA
S. Margreth, WSL/SLF
G.R. Bezzola, OFEV
C. Bonnard, EPFL
H. Buri, canton BE
A. Burkard, wasser/schnee/lawinen
W. Gerber, WSL
H. Kienholz, GIUB
A. Koschni, WSL
H. Rovina, Rovina + Partner AG
B. Zarn, Hunziker, Zarn + Partner AG

Citation (proposition)

Romang Hans (Ed.) 2008: Effet des mesures de protection. Plate-forme nationale « Dangers naturels » PLANAT, Bern. 289 p.

Avertissement

Reproduction des textes et graphiques autorisée avec mention de la source et copie adressée à la Plate-forme nationale « Dangers naturels » PLANAT.

Avant-propos

Suivant les préconisations de la motion Danioth (1999), le Conseil fédéral a attribué à la Plate-forme nationale « Dangers naturels » PLANAT le mandat d'élaborer une stratégie globale et concertée visant l'amélioration de la sécurité face aux phénomènes naturels. Le Conseil fédéral a souligné qu'il fallait garantir une protection non seulement pour les habitants du massif alpin, mais également pour la population de l'ensemble du territoire suisse. Dans le sens d'une gestion globale du risque, il était en outre soucieux d'atteindre un niveau de sécurité comparable dans toute la Suisse. Les objectifs assignés à PLANAT sont la protection des personnes, de leurs conditions de vie naturelles et des biens d'une valeur notable.

Au cours d'une première étape, PLANAT, a d'abord élaboré une stratégie globale et concertée relative à la sécurité contre les dangers naturels*¹. Cette stratégie recoupe la politique suivie par le Conseil fédéral en matière de développement durable ainsi que les principes généraux de la politique de sécurité suivie par le DETEC. Au cours d'une deuxième étape, PLANAT a analysé la situation prévalant*² dans le domaine des dangers naturels et a proposé un plan d'action comportant des mesures à mettre en œuvre dans une troisième étape, de 2005 à 2008.

C'est dans le cadre de ce plan d'action que s'inscrit le projet A3, qui a pour objet d'étudier l'effet des mesures de protection. Ces dernières jouent effectivement un rôle majeur dans la gestion du risque. Toutefois, leur effet ne peut être correctement pris en compte que si les paramètres et liens déterminants sont connus et quantifiables. Le présent rapport final sur le projet A3 comble à ce sujet des lacunes de taille. Tout d'abord, certains principes généraux ainsi qu'une démarche générale applicables à l'ensemble du processus d'évaluation de l'effet ont pour la première fois été développés. Ensuite, des documents de travail concrets ont été élaborés pour apprécier les mesures de protection en cas d'avalanches, de chutes de pierres et de blocs, d'éboulements, de glissements, de crues et de laves torrentielles et illustrés à l'aide d'exemples pratiques. Les spécialistes sont ainsi soutenus dans leur travail quotidien et, conformément à la stratégie PLANAT, une appréciation comparable et claire des mesures de protection est recherchée au niveau de tout le pays.

Ce document est appelé à être révisé au cours d'une phase ultérieure sur la base des expériences qui auront été réalisées.

Andreas Götz

Président de PLANAT

Ittigen, octobre 2008

Publications:

*¹ PLANAT (2004): Sicherheit vor Naturgefahren - Vision und Strategie.

*² PLANAT (2005): Strategie Naturgefahren Schweiz (2005). Synthesebericht.

Résumé

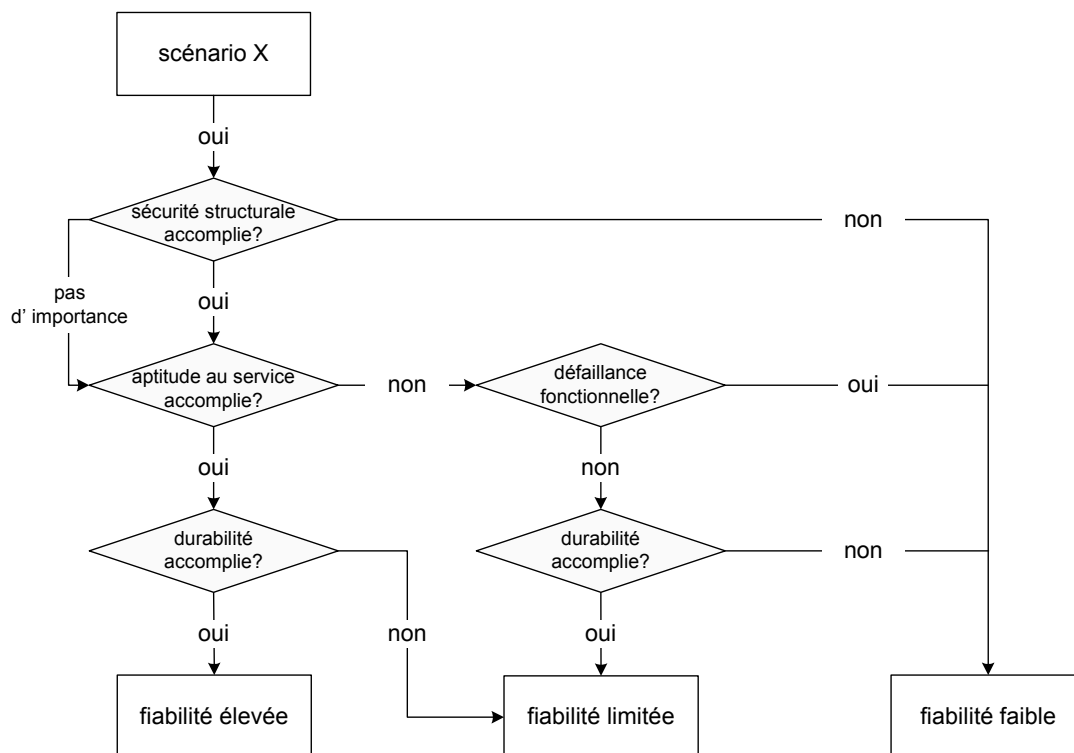
La prise en compte des mesures de protection dans les cartes de dangers et l'adaptation consécutive des zones à risques et d'autres documents à valeur juridique sont au cœur des défis à relever dans la pratique. Malgré les nombreuses expériences accumulées en la matière, l'appréciation des dangers bute toujours, faute de démarche systématique, sur de grandes divergences entre les différents processus et types de mesures. Dans le cadre de son plan d'action, la Plate-forme nationale « Dangers naturels » (PLANAT) s'est donc attaquée au sujet en lançant le projet A3 « Evaluation de l'effet des mesures de protection contre les dangers naturels pour fonder leur prise en compte dans l'aménagement du territoire », abrégé « PROTECT ». A la faveur de ce projet, des bases générales ainsi que des documents de travail spécifiques aux processus et aux mesures ont été élaborés. Le présent rapport comporte donc une partie générale (A), qui s'applique à l'ensemble des processus et mesures, et des parties plus spécifiques, qui s'intéressent aux différentes mesures de protection en cas d'avalanches (B), de chutes (C), de glissements (D) ainsi que pour les torrents (E) et les cours d'eau (F). La partie A énumère tout d'abord les principes généraux à respecter impérativement pour la prise en compte des mesures de protection dans les cartes de dangers, et donc, dans l'aménagement du territoire. Tout d'abord, l'effet des mesures de protection doit être quantifiable avec une certaine sécurité. Ensuite, divers scénarios, allant jusqu'aux plus extrêmes, doivent être envisagés aussi bien du point de vue de la mesure isolée que du système global. Par ailleurs, les mesures de protection doivent être effectives et permanentes. Enfin, le suivi et l'entretien doivent être assurés au même titre qu'un examen périodique de la situation. L'application rigoureuse de ces principes permet d'effectuer un premier tri des mesures de protection possibles. Dans les parties B à F, certaines mesures de protection courantes à chacun des processus sont donc exclues dès le début de la prise en compte dans les cartes de dangers utilisées pour l'aménagement du territoire. Pour les mesures respectant les principes énoncés, l'évaluation s'effectue alors en quatre étapes. Première étape, l'évaluation sommaire livre un aperçu initial de la situation, fournit une estimation de la pertinence des mesures de protection et permet de décider si la mesure en question mérite d'être étudiée plus avant. C'est le cas lorsqu'une réduction remarquable et quantifiable du processus dangereux est envisageable ou lorsqu'un renforcement quantifiable du processus dangereux est possible en raison d'effets négatifs. A la deuxième étape, l'évaluation de la mesure détermine alors la fiabilité de ladite mesure au vu de ses spécificités et de son environnement technique et naturel immédiat. La fiabilité résulte notamment de la sécurité structurale, de l'aptitude au service et de la durabilité liés aux scénarios ou situations de risques précédemment établis. Dans une troisième étape, l'évaluation quantifie l'effet de la mesure sur le déroulement du processus en tenant compte de sa fiabilité. Cette évaluation dépend à la fois du processus et du type de mesure. Il en résulte des intensités et des probabilités pour chaque scénario et donc les bases des cartes de dangers. Quatrième et dernière étape, les recommandations aboutissent à la transposition dans l'aménagement du territoire. Certains facteurs – incertitudes, expériences, conditions spécifiques à la zone concernée, etc. – peuvent être déterminants ici. De manière générale, les principes doivent garantir une démarche générale en quatre étapes ainsi qu'une mise en œuvre dans des documents de travail pour les différents processus, de sorte que la prise en compte des mesures de protection dans l'appréciation des dangers puisse servir de bases comparables et claires pour l'aménagement du territoire.



Evaluation de l'effet des mesures de protection contre les dangers naturels pour fonder leur prise en compte dans l'aménagement du territoire

PARTIE A : BASES ET DEMARCHE GENERALE

Hans Romang, Stefan Margreth, Anja Koschni



Ce rapport partiel fait partie intégrante du rapport global, composé de:

Partie A: Bases et démarche générale

Partie B: Avalanches

Partie C: Chutes

Partie D: Glissements

Partie E: Torrents

Partie F: Cours d'eau

Table des matières

1.	Introduction	1
2.	Principes à respecter pour la prise en compte des mesures de protection	3
3.	Démarche générale	4
4.	Etape 1: évaluation sommaire	5
	4.1 Aperçu	5
	4.2 Bases et degré d'approfondissement	5
	4.3 Disponibilité permanente des mesures	5
	4.4 Concept global	6
	4.5 Effet de protection attendu	6
	4.6 Effet négatif	7
	4.7 Pertinence	7
5.	Etape 2: évaluation des mesures	8
	5.1 Aperçu	8
	5.2 Définition des mesures et conséquences pour l'évaluation	8
	5.3 Bases et degré d'approfondissement	9
	5.4 Sécurité structurale	10
	5.5 Aptitude au service	11
	5.6 Durabilité	12
	5.7 Fiabilité	12
	5.8 Interactions mesure isolée / système global	13
6.	Etape 3: évaluation de l'effet	15
	6.1 Aperçu	15
	6.2 Scénarios influencés par des mesures	15
	6.3 Evaluation du processus pour les cartes d'intensité	15
7.	Etape 4: recommandations pour la transposition dans l'aménagement du territoire	17
	7.1 Contexte	17
	7.2 Recommandation Aménagement du territoire et dangers naturels	17
	7.3 Acteurs	18
	7.4 Des cartes de dangers objectives	18
	7.5 Incertitudes	18
	7.6 Scénarios de défaillance	19
	7.7 Carte de dangers avant et après la réalisation des mesures	19
	7.8 Traitement des zones de dangers de couleurs jaune et jaune-blanc	20
	7.9 Moment de la prise en compte	20
	Bibliographie	21

1. Introduction

La prise en compte des mesures de protection dans les cartes de dangers¹ et l'adaptation consécutive des zones à risques et d'autres documents à valeur juridique² sont au cœur des défis à relever dans la pratique. De nombreuses expériences ont à ce jour été accumulées en lien avec des mesures de protection. Mais les questions ne sont pas abordées de la même manière. Un atelier organisé par FAN (Fachleute Naturgefahren Schweiz) en 2002 montrait de nettes divergences entre les différents processus et mesures (Romang et al., 2003). Dans le cadre de son plan d'action 2005-2008, la Plate-forme nationale « Dangers naturels » (PLANAT) a donc lancé le projet A3 « Evaluation de l'effet des mesures de protection contre les dangers naturels pour fonder leur prise en compte dans l'aménagement du territoire » (en abrégé: PROTECT).

Motivation

A la faveur de ce projet, des méthodes permettant des évaluations comparables et claires des mesures de protection pour l'appréciation des dangers ont été élaborées. Priorité a été donnée aux mesures techniques et biologiques de lutte contre les dangers en cas d'avalanches, de chutes, de glissements, de crues (cours d'eau) et de laves torrentielles (torrents). Les mesures temporaires, tels les déclenchements artificiels d'avalanches, ainsi que les mesures qui n'influencent pas le processus de danger mais les biens exposés (p. ex. protection d'ouvrages), n'ont pas été traitées. Cette limitation résulte de la focalisation sur la carte des dangers et la transposition dans l'aménagement du territoire. En principe, la démarche préconisée par PROTECT peut être étendue à des questions autres que la transposition dans l'aménagement du territoire (sécurité routière ou interventions en cas de catastrophes, entre autres).

Contenu

Le projet a été scindé en deux phases. La première phase, qui s'est étalée de 2006 à 2007, a été consacrée à la conception d'une démarche générale permettant des évaluations comparables et claires des mesures de protection pour l'appréciation des dangers (Romang et Margreth, 2007). Ce projet s'appuie sur des bases existantes, telles que les recommandations fédérales ou les normes SIA, les règles de l'art et la pratique actuelle. Il s'applique à l'ensemble des processus et mesures concernés et forme le socle de la partie A du présent rapport. La seconde phase, qui s'est déroulée de 2007 à 2008, a permis d'étudier l'application concrète de cette démarche générale. Il en est résulté des documents de travail pour les divers processus et mesures. Mais du fait de la diversité des mesures de protection mises en œuvre, il s'est avéré indispensable de se focaliser sur certains types de mesures (parties B à F). Des cas pratiques permettent en outre d'illustrer la démarche adoptée.

Phases du projet

Le présent rapport doit soutenir les spécialistes dans la pratique et constituer une base commune pour l'évaluation des mesures de protection. Cela inclut la fixation de normes, par exemple sous forme de processus de travail définis et de points à traiter, ainsi que des recommandations de méthodes pour l'évaluation des mesures et des processus. Néanmoins, la démarche laisse encore une certaine latitude pour traiter chaque cas particulier individuellement et selon la situation. Un emploi unifié

Démarche unifiée pour la pratique

1 Les rayons d'action et la probabilité d'occurrence des processus dangereux sont déterminés lors de l'évaluation des dangers. L'efficacité des ouvrages de protection existants est également passée au crible. Le résultat d'une évaluation des dangers peut, par exemple, se présenter sous forme d'une carte des dangers, dont les couleurs représentent l'effet des mesures (en se fondant sur www.planat.ch).

2 Selon la menace qui ressort des cartes de dangers, les spécialistes de l'aménagement du territoire divisent l'espace utilisable en différentes zones. Ils déterminent comment les zones peuvent être utilisées en fonction des couleurs (en se fondant sur www.planat.ch).

des mesures de protection doit donc être encouragé au niveau de la Suisse et aboutir à un gain de sécurité sous forme d'évaluations rigoureuses et de mesures efficaces à long terme, sans pour autant restreindre démesurément le champ de travail des experts et des responsables de la sécurité au sens large.

2. Principes à respecter pour la prise en compte des mesures de protection

La prise en compte des mesures de protection dans des cartes des dangers, et donc dans l'aménagement du territoire, doit obéir à l'ensemble des principes généraux suivants.

1. Effets quantifiables

Les mesures de protection sont évaluées en quantifiant leurs effets sur la probabilité et l'intensité d'un processus. Elles doivent donc avoir un effet perceptible et déterminable sur le processus.

2. Incertitudes

Si l'effet de la mesure sur le processus est plus petit que les incertitudes entourant l'évaluation du processus, celui-ci n'est pas pris en compte.

3. Scénarios

L'évaluation des mesures de protection doit au moins envisager des scénarios à forte, moyenne et faible probabilités d'occurrence ainsi qu'un phénomène extrême très peu probable, induisant un net surcroît de sollicitation pour le système étudié.

4. Délimitation du système

La mesure doit être considérée, d'une part, en tant que système isolé (ouvrage) et, d'autre part, par rapport au système global (p. ex. espace du processus, interaction de mesures).

5. Disponibilité permanente

La prise en compte d'une mesure de protection suppose sa disponibilité permanente au moment de l'évaluation et, avec un entretien courant, sur une période de 50 ans minimum.

6. Suivi et entretien

Le suivi, l'entretien et, le cas échéant, le remplacement, doivent être assurés pour chaque mesure de protection.

7. Mesures temporaires

En principe, les mesures temporaires, telles que le déclenchement artificiel d'avalanches ou la protection mobile contre les crues, ne sont pas prises en compte.

8. Ouvrages planifiés

Après la réalisation d'une mesure, il faut vérifier si l'exécution correspond au projet (réception de l'ouvrage) et si l'appréciation des dangers de la phase de planification est encore valable. Ce n'est qu'alors qu'une prise en compte dans l'aménagement du territoire peut intervenir.

9. Temps

Les mesures aussi bien que les processus, ou plus exactement, leurs conditions générales, évoluent avec le temps. La prise en compte de mesures de protection suppose que, prises isolément ou comme un tout (système), celles-ci fassent l'objet d'un entretien, et qu'un examen de la situation de danger soit effectué régulièrement.

3. Démarche générale

L'évaluation de l'effet des mesures de protection peut être structurée de la même manière pour toutes les mesures et tous les processus traités (Fig. 3.1). Pour chaque cas, on suppose que les principes susmentionnés (chap. 2) sont respectés et que les mesures de protection concordent avec les listes de sélection spécifiques au processus des mesures à prendre en compte (parties B à F).

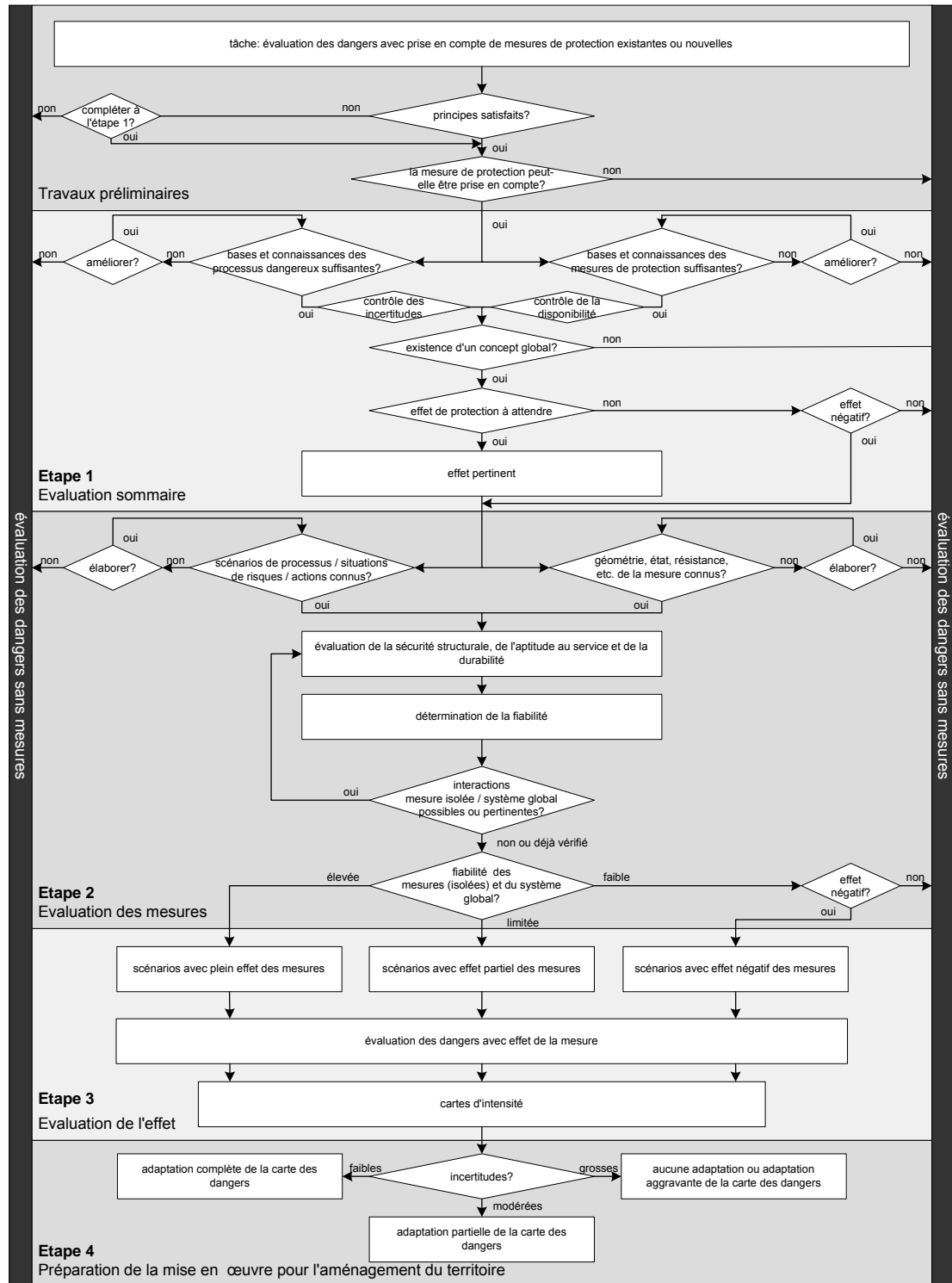


Fig. 3.1: Démarche générale d'évaluation des mesures de protection.

4. Etape 1: évaluation sommaire

4.1 Aperçu

L'évaluation sommaire fournit un premier aperçu de la situation. Elle livre notamment une estimation de la pertinence des mesures de protection et permet ainsi de décider si la mesure en question mérite d'être étudiée plus avant. C'est le cas lorsqu'une réduction remarquable et quantifiable du processus dangereux est envisageable ou lorsqu'un renforcement quantifiable du processus dangereux est possible en raison d'effets négatifs.

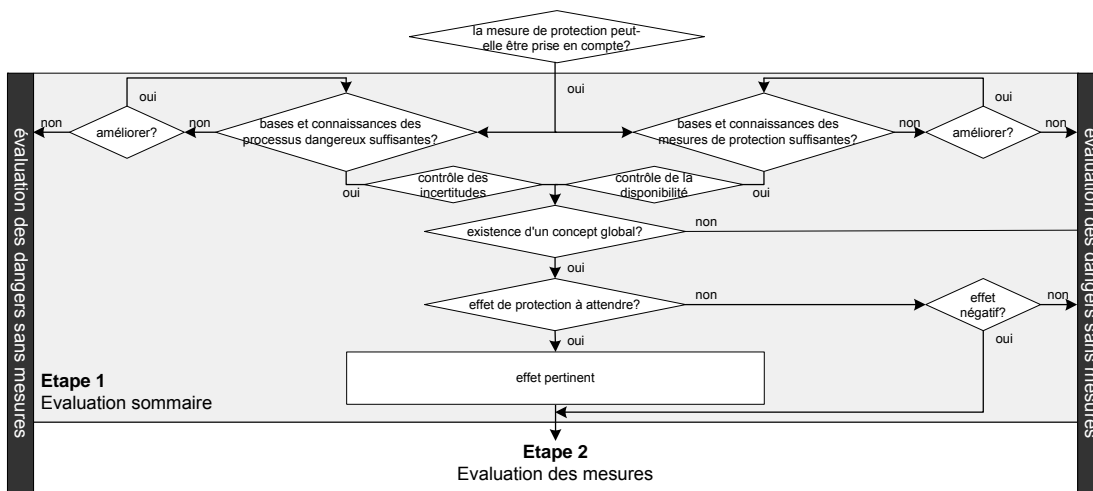


Fig. 4.1: Evaluation des mesures de protection – étape 1, évaluation sommaire.

4.2 Bases et degré d'approfondissement

L'évaluation sommaire se fonde sur des bases existantes, qui peuvent être réunies à moindres frais, ou – si elles nécessitent des moyens plus importants – qui seront de toute façon nécessaires plus tard pour l'évaluation des mesures (étape 2) et l'évaluation de l'effet (étape 3). Des cadastres des événements, des cartes de dangers ou des photos aériennes existantes, par exemple, peuvent servir pour établir la situation de danger. Pour les mesures de protection proprement dites, des dossiers de projets, des cadastres des ouvrages de protection ou des documents sur l'état de l'ouvrage peuvent constituer de précieuses sources d'informations. Si les informations relatives aux processus ne peuvent pas être traitées avec le degré de détail nécessaire – même avec davantage de moyens – ou si les incertitudes restantes sont trop importantes pour cause de processus complexes, données insuffisantes ou déficits méthodologiques, on renoncera à évaluer l'effet des mesures (principe 2, chap. 2, contrôle des incertitudes).

Réunion des bases

4.3 Disponibilité permanente des mesures

Dans une perspective d'aménagement du territoire, il est essentiel de s'appuyer sur des solutions pérennes, d'où la nécessité d'une disponibilité permanente. Lors de l'évaluation des risques, ce critère (principes 5 et 7, chap. 2, contrôle de la disponibilité) exclut la prise en compte de mesures

Critère d'exclusion: disponibilité non permanente

- qui ne sont pas installées de manière fixe sur un site (p. ex. protection mobile contre les crues),
- dont la capacité de fonctionnement dans des délais courts dépend fortement de l'intervention humaine (p. ex. déclenchements d'avalanches) ou
- qui ne peuvent plus exercer leur action dans un avenir proche (p. ex. ouvrages vieux et en mauvais état, non visé par un projet de réfection).

Les deux premiers groupes de mesures sont tout à fait justifiés dans une approche intégrale, car ils peuvent prévenir efficacement certains dommages. Mais l'aménagement du territoire à long terme pose des exigences élevées en termes de disponibilité, c'est pourquoi ce point a valeur de critère d'exclusion.

4.4 Concept global

Intégration de la mesure:	Chaque mesure de protection s'inscrit dans un concept global. Cette intégration est essentielle aussi bien lors de l'étude de projet entourant une mesure que pour l'évaluation de l'effet dont il est ici question (principe 4, chap. 2). Sans prétendre à l'exhaustivité, plusieurs points peuvent être avancés:
Espace du processus	– Espace du processus: l'attention est portée sur l'ensemble de l'espace dans lequel se déroule le processus ainsi que sur tous les processus pertinents (p. ex. interaction chute de pierres – dispositif paravalanche). Souvent, il convient même d'intégrer des zones voisines (p. ex. dispositif paravalanche dans des espaces attenants).
Objectif de protection	– Objectif de protection de la mesure: sait-on ou peut-on supposer quelle est la protection recherchée avec les mesures? La connaissance de cette donnée permet une meilleure appréciation.
Site	– Site: l'efficacité d'un ouvrage de protection dépend du site dans lequel il se trouve. Comment évaluer le site par rapport au déroulement du processus (p. ex. dynamique) ou aux conditions locales (p. ex. géotechnique)? Selon le site, l'importance des grandeurs clés varie.
Interaction	– Interaction: les éventuelles interactions entre des mesures sont essentielles pour la suite de l'évaluation (p. ex. endiguements de cours d'eau et stabilisation de pentes).
Etendue	– Etendue: pour les mesures linéaires ou planes se pose la question de l'étendue par rapport à la grandeur totale ou aux domaines particulièrement pertinents pour le processus (p. ex. longueur d'un passage couvert par des barrières par rapport à l'ensemble de la zone d'érosion).
Expériences	– Quelles expériences ont été réalisées avec des mesures de ce type dans un contexte similaire? Quelles expériences ont été effectuées sur place? Existe-t-il des connaissances approfondies à partir d'expertises-types ou d'essais sur modèles réduits? Ces indications sont particulièrement importantes du fait des incertitudes qui entachent les grandeurs et du caractère partiellement qualitatif de l'évaluation.

4.5 Effet de protection attendu

Effet de protection en fonction du concept global

Un examen plus approfondi de la mesure est judicieux uniquement si elle laisse supposer un effet pertinent. Pertinent signifie que la mesure influence plus fortement le processus que les incertitudes entourant son évaluation (principe 2). Les réflexions relatives au concept global forment la base de cette décision. A titre d'illustration, prenons trois exemples:

- Délimitation spatiale: espace du processus et d'effet, site et étendue des mesures

Exemple: trois barrages assurant la consolidation locale d'un cours d'eau, situés à proximité d'un captage, n'influencent pas de manière décisive le charriage (aucune modification pertinente de l'intensité et de la probabilité) et n'ont pas besoin d'être évalués de manière détaillée.

- Processus: type et ordre de grandeur supposé, phénomènes

Exemple: dans une zone de chutes de pierres où le détachement de blocs pouvant atteindre 1 m³ a été attesté, les anciennes parois en madriers présentes dans la zone de transit n'ont aucun effet de freinage pertinent.

- Mesure: type, taille (dimensions, calcul) et état supposé, expériences/mise à l'épreuve

Exemple: un vieux système d'assainissement de versants, qui n'est pas entretenu et visiblement plus en état de fonctionner, ne réduit pas les mouvements de terrain.

4.6 Effet négatif

En cas de défaillances, un effet supplémentaire de renforcement du risque est possible, précisément lorsqu'il s'agit de mesures non entretenues ou obsolètes (p. ex. stabilisation de pentes ou murs de soutènement en ruine donnant lieu à des chutes de pierres). Dans ces cas, les étapes suivantes doivent également être traitées, mais l'accent est mis sur l'évaluation de l'effet (étape 3, chap. 6) avec des scénarios de défaillance.

En cas d'effet négatif, évaluer la mesure de protection en détail

4.7 Pertinence

La pertinence est un critère d'interruption qui est notamment introduit pour procéder à un tri dans les mesures existantes et circonscrire les dépenses. La pertinence est évaluée à titre purement arbitral, à partir de données relativement sommaires. Le critère d'interruption doit donc être manié avec précaution. En cas de doute, une évaluation précise sera réalisée.

Des mesures non pertinentes entraînent l'interruption de l'évaluation

Si l'évaluation sommaire permet de déduire que l'on est en présence d'un concept global efficace et de mesures de protection pertinentes – car disponibles de manière permanente et durable et, en l'état actuel des connaissances, à juger quantitativement avec des incertitudes acceptables – la mesure concernée est alors évaluée en détail. Il en va de même pour les cas où, en raison d'un mauvais effet d'endiguement, une menace supplémentaire ou modifiée par rapport à la situation naturelle semble possible. Dans les autres cas, le résultat de l'évaluation sommaire est consigné, et la poursuite de l'évaluation de la mesure s'achève là. Selon le problème posé, une évaluation des risques est effectuée sans prendre en compte les mesures de protection.

Les mesures pertinentes sont évaluées de manière détaillée

5. Etape 2: évaluation des mesures

5.1 Aperçu

Paramètres de la fiabilité:
sécurité structurale, aptitude au service et durabilité

La phase d'évaluation des mesures se penche sur la fiabilité de chaque mesure au vu de ses spécificités et de son environnement technique et naturel immédiat, en tenant compte de son effet sur le processus. La fiabilité est déterminée par la sécurité structurale, l'aptitude au service et la durabilité (SIA, 2003a, 2003b, en prép.) en fonction des scénarios ou situations de risques présentés précédemment.

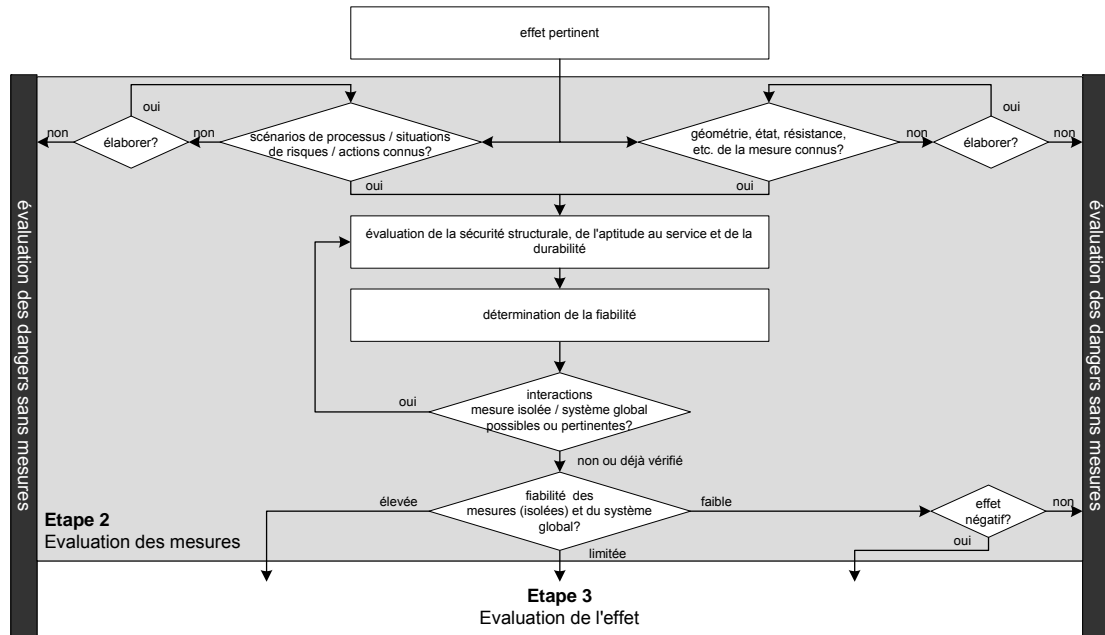


Fig. 5.1: Evaluation des mesures de protection – étape 2, évaluation des mesures.

5.2 Définition des mesures et conséquences pour l'évaluation

Éléments constitutifs des mesures

Chaque mesure a un objectif et un effet concrets (p. ex. rétention de neige, augmentation de la capacité d'écoulement). Elle est caractérisée par sa structure (p. ex. ponts de neige, abaissement de lits) et se compose de divers éléments ou composantes. Si ceux-ci servent le même objectif et sont spatialement proches, la somme de toutes les parties est considérée comme formant une mesure. Exemples:

- La mesure Dispositif paravalanche comprend l'ensemble des ouvrages techniques qui interagissent (p. ex. ponts de neige) dans la zone de rupture.
- La mesure Digue de protection contre les chutes de pierres englobe la digue et l'espace de rétention situé en amont.
- La mesure Assainissement de versants inclut tous les éléments servant ce but, tels que des fossés de drainage ou des forages.
- La mesure Barrages en torrent comprend les différents barrages ainsi que l'ensemble des barrages en escalier, s'ils sont disposés en conséquence.
- La mesure Digue de protection contre les crues englobe la digue et le chenal.

Une autre subdivision n'a de sens que pour les éléments ou composantes qui ont une fonction statique pertinente pour l'effet de protection et dont la sécurité structurale doit par conséquent être vérifiée.

La distinction entre la mesure et ses éléments a des conséquences pour l'évaluation de la sécurité structurale, de l'aptitude au service et de la durabilité et, partant, celle de la fiabilité:

- L'évaluation de la sécurité structurale concerne uniquement les mesures ou parties de mesures remplissant une fonction statique. Elle se réfère explicitement (ex. digue) ou globalement (ex. consolidation de falaises par ancrages) aux éléments de la mesure.
- L'évaluation de l'aptitude au service se rapporte à la mesure (ex. barrage de retenue et espace en amont).
- L'évaluation de la durabilité se réfère généralement à la mesure (ex. barrage en bois). Aussi importante soit-elle, la durabilité des divers éléments peut néanmoins avoir une grande influence (ex. éléments porteurs des barrages en bois).

En général, la fiabilité d'une mesure peut être évaluée ainsi. Sa sécurité structurale résulte de ses éléments porteurs, tandis que son aptitude au service et sa durabilité découlent de la mesure dans son ensemble.

5.3 Bases et degré d'approfondissement

L'évaluation des mesures passe par un enrichissement des informations collectées à l'étape 1 au sujet du processus. L'essentiel est alors de mettre en évidence la variabilité des effets possibles du processus sur les mesures (scénarios). En principe, l'effet des mesures de protection est général, et ainsi l'étape de l'évaluation des mesures pour les scénarios typiques de l'appréciation des dangers se déroule également de cette manière. On en déduit et évalue des scénarios fréquents (occurrence ≤ 30 ans), rares (occurrence ≤ 100 ans) et très rares (occurrence ≤ 300 ans) ainsi que des scénarios extrêmes.

Constitution de scénarios

Des processus à effet de seuil ainsi que des enchaînements de processus provoquant un net surcroît de sollicitation des systèmes doivent également être intégrés. Les processus à effet de seuil désignent des processus qui surviennent uniquement en présence de certaines conditions et qui, par exemple, modifient subitement les écoulements dans un bassin versant. Les réserves du sol ou réserves karstiques, retenant une certaine quantité d'eau en sont d'autres exemples typiques. Lorsqu'elles sont remplies, une plus grande quantité d'eau peut soudain s'écouler à la surface.

Prise en considération de processus à effet de seuil

Les mesures de protection doivent présenter des informations sur leurs dimensions, leur exécution et leur état ainsi que sur leur mise à l'épreuve. Les dossiers des mesures les plus anciennes sont souvent incomplets. Par exemple, aucune donnée de mesurage n'y figure. Les informations manquantes doivent alors être déduites ou collectées sur le terrain. En revanche, pour des mesures nouvelles ou en projet, les documents nécessaires sont généralement disponibles.

Collecte d'informations

Pour l'évaluation, des méthodes qualitatives et quantitatives peuvent être employées en fonction du processus et du type de mesure:

- Pour des évaluations qualitatives, on utilise habituellement des méthodes telles que des estimations d'expert, des évaluations sur le terrain, des appréciations à partir d'expériences, etc. En dépit du faible degré d'approfondissement, ces considérations sont capitales pour la compréhension globale et, dans de nombreux cas, suffisantes pour l'évaluation des mesures. Une approche quali-

Evaluation qualitative

tative concernant des mesures de protection se traduit habituellement par des situations de risques³.

Évaluation quantitative

- Pour des évaluations quantitatives, on recourt habituellement à des investigations au moyen d'instruments de mesure. Ce degré d'approfondissement est indiqué lorsque l'évaluation des mesures s'appuie en particulier sur les considérations quantitatives de divers paramètres. Ce qui n'équivaut pas nécessairement à un examen quantitatif au sens de la mesure d'une structure porteuse. En fonction de la démarche, il en résulte des données numériques désignées ici comme actions⁴.

5.4 Sécurité structurale

Définition de la sécurité structurale

La sécurité structurale est la capacité d'un ouvrage à garantir une résistance ultime suffisante face à des actions supposées. Cela signifie que, pour une charge définie, aucune défaillance de l'ouvrage ne doit survenir d'elle-même. La sécurité structurale est considérée comme garantie lorsque ces actions peuvent être supportées par l'ouvrage compte tenu de la sécurité requise, p. ex. selon les normes SIA. La vérification de la sécurité structurale peut s'effectuer, selon la mesure et la situation, à des degrés de détail variables.

Évaluation globale

Une évaluation globale se justifie lorsque:

- la charge est nettement inférieure à la résistance ultime, c'est-à-dire lorsque les actions ont une influence insignifiante sur la sécurité structurale et que la marge de sécurité est encore grande (p. ex. une digue de retenue d'avalanches, dont la sécurité structurale n'est affectée que de manière négligeable par les actions),
- la résistance ultime est connue, c'est-à-dire lorsque la preuve de la sécurité structurale est contenue dans les dossiers de l'ouvrage ou lorsqu'il s'agit d'ouvrages homologués (p. ex. filets de protection contre les chutes de pierres).

Même pour une évaluation globale, l'état de l'ouvrage doit faire l'objet d'un jugement critique quant à une possible diminution de la sécurité structurale.

Évaluation qualitative

Une évaluation qualitative s'impose lorsque le contrôle précis de la sécurité structurale est disproportionné ou ne peut pas être effectué (p. ex. barrage en torrent d'une année de construction assez ancienne). Pour bon nombre de mesures, des évaluations qualitatives peuvent suffire pour une vérification de la sécurité structurale. Par rapport à l'évaluation globale, la résistance ultime doit être estimée, ce qui, pour un mode de construction robuste et connu, peut se faire par une appréciation visuelle des déformations et des fissures. L'évaluation qualitative de la sécurité structurale doit tenir compte du fait que:

- la résistance ultime peut être affectée par le vieillissement perceptible, supposé ou prévisible de l'ouvrage,
- le rôle spécifique de certains éléments de la structure porteuse cachés ou non contrôlables ne peut se révéler qu'en cas de dommages,
- dans certaines circonstances, l'action déterminante ne s'est pas encore produite.

³ Les situations de risques constituent un recueil systématique de toutes les actions de processus possibles sur les ouvrages. Le terme « situation » reflète le fait qu'il est souvent difficile de déterminer la quantité d'actions déterminantes et qu'il est plus pertinent de prendre intégralement en compte le phénomène dans son ensemble.

⁴ Le terme « actions » englobe toutes les grandeurs du processus déduites quantitativement. Il peut ainsi s'agir de hauteurs de neige (paravalanche), d'énergies (filets de protection contre les chutes de pierres) ou de niveaux d'eau (digue de protection contre les crues).

La sécurité structurale peut généralement être considérée comme assurée lorsque l'examen de l'ouvrage sur place ne fait apparaître aucun vice ou dommage suspect et que la résistance ultime supposée est à la hauteur des actions à prévoir compte tenu des points susmentionnés. Quoiqu'il en soit, il faut veiller à ce que l'évaluation soit réalisée avec la plus grande prudence lorsque les données relatives à l'ouvrage ou à son historique des sollicitations sont peu nombreuses.

Pour les nouveaux ouvrages, ou lorsque le bon fonctionnement de la mesure est dominé par la résistance ultime⁵, un contrôle quantitatif de la sécurité structurale est prioritaire⁶. Dans ce cas, la sécurité structurale est vérifiée par calculs. Cela peut être nécessaire pour les digues de protection contre les crues lorsque, dans certaines circonstances, l'impression visuelle qualitative ne permet pas de déterminer les conséquences des actions comme p. ex. la hauteur du niveau d'eau, le déversement ou la durée de l'infiltration sur la sécurité structurale.

Evaluation quantitative

5.5 Aptitude au service

L'aptitude au service est la capacité d'un ouvrage à garantir le fonctionnement effectif du point de vue des exigences d'utilisation définies pendant l'intervention. Elle est d'une importance capitale pour les ouvrages de protection contre les dangers naturels, car elle produit son effet uniquement lorsque le fonctionnement est correct (p. ex. garantie d'une capacité d'écoulement suffisamment importante).

Définition de l'aptitude au service

L'évaluation de l'aptitude au service (étape 2) est étroitement liée à l'évaluation de l'effet de la mesure dans son ensemble (étape 3). Le traitement spécifique de l'étape 2 dépend essentiellement de la distinction entre l'évaluation qualitative et quantitative (cf. point 5.3):

- Pour l'évaluation qualitative, l'aptitude au service résulte avant tout de la conception, de l'exécution et de l'état de l'ouvrage. Elle est donc estimée de façon globale à partir de données empiriques et de la situation sur le terrain. Illustration: des digues de protection contre les chutes de pierres dont l'aptitude au service résulte avant tout du remblayage initial réel ou supposé (réduction de la hauteur d'action) et de l'inclinaison de la pente (danger de submersion).
- Pour l'évaluation quantitative, des valeurs chiffrées concernant les actions sont nécessaires. L'aptitude au service peut donc être évaluée différemment au niveau quantitatif selon les scénarios, même si le rôle de l'approche qualitative reste essentiel. Illustration: l'aptitude au service de chenaux avec digues de protection contre les crues résulte de la comparaison des valeurs d'écoulement avec la capacité de débit (débordement des digues oui / non), mais aussi d'atteintes telles qu'un boisement relativement important en amont.

Evaluation qualitative

Evaluation quantitative

Souvent, l'aptitude au service ne présente des points faibles qu'après une longue période, notamment en cas d'entretien insuffisant. Une aptitude au service imparfaite se traduit généralement par une baisse d'efficacité dans le processus. Par ailleurs, certaines imperfections peuvent aboutir à de nouvelles situations de risques ou actions jusqu'alors ignorées, et entraîner une dégradation de la sécurité structurale.

Une inaptitude au service peut dans certains cas provoquer une défaillance fonctionnelle de la mesure (p. ex. hauteur utile (restante) de barrages nettement trop

5 Des processus tels que des chutes de pierres ou des crues portent directement atteinte à la mesure, et, en cas de défaillance, elle ne produit plus aucun effet.

6 Dans la mesure où la vérification n'est pas effectuée au moment de l'étude de projet ou si une prise en considération globale suffit.

faible). Une absence de sécurité structurale (défaillance structurelle) ou une aptitude au service imparfaite (aucune capacité de fonctionnement) peuvent se traduire par une baisse de la fiabilité et, par conséquent, une réduction de l'effet des mesures de protection (cf. point 5.7).

5.6 Durabilité

Définition de la durabilité

Les exigences relatives à la sécurité structurale et à l'aptitude au service d'une mesure doivent rester satisfaites à long terme, dans le cadre des actions prévisibles, sans occasionner de dépenses imprévues pour l'entretien. La durabilité d'une mesure peut être considérée comme garantie lorsque, qu'avec un entretien « normal », une durée d'utilisation de la mesure de 50 ans minimum est envisageable.

La durabilité dépend largement de la situation considérée. Le type de mesure, mais aussi le site, la réalisation, le mode et la fréquence des actions, entre autres, jouent un rôle non négligeable. Par ailleurs, l'entretien est également essentiel. Généralement, les mesures ne pouvant pas faire l'objet d'un examen, et donc, d'un entretien, ne remplissent pas les critères de durabilité. En effet, celles-ci peuvent comporter des éléments cachés, comme des tirants d'ancrage qui, s'ils ne sont pas contrôlables, n'en sont pas moins déterminants pour la sécurité structurale.

En général, évaluation qualitative

L'examen de la durabilité s'effectue en principe sur un plan qualitatif, à partir de l'état actuel, de l'ancienneté et de la possible évolution de l'état de la mesure ainsi que des actions supposées. Il repose essentiellement sur les expériences cumulées en lien avec la mesure et sur les expériences locales.

5.7 Fiabilité

L'état et le comportement d'une mesure sont estimés pour les différentes situations de risques, actions ou scénarios, qualitativement ou quantitativement, à partir de la sécurité structurale, de l'aptitude au service et de la durabilité (Fig. 5.2).

Il en résulte une distinction entre fiabilité élevée, limitée et faible:

Fiabilité élevée => mesure efficace

- Pour que la fiabilité soit élevée, la sécurité structurale, l'aptitude au service et la durabilité doivent être garanties. Lors de l'évaluation de l'efficacité qui suit, la mesure peut être considérée comme pleinement efficace.

Fiabilité limitée => effet réduit

- Une fiabilité limitée se caractérise par un effet réduit de la mesure. Elle peut résulter aussi bien d'une aptitude au service imparfaite que d'une durabilité insuffisante. Lors de l'évaluation de l'effet, les scénarios ou les valeurs déterminantes pour l'effet de la mesure doivent être adaptés en conséquence.

Fiabilité faible => effet nul ou négatif

- Une fiabilité faible s'explique probablement par une défaillance de la mesure. La mesure ne produit aucun effet réducteur sur le processus. Dans ce type de situation, il faut vérifier si la mesure ne peut pas même avoir des conséquences négatives sur le déroulement du processus.

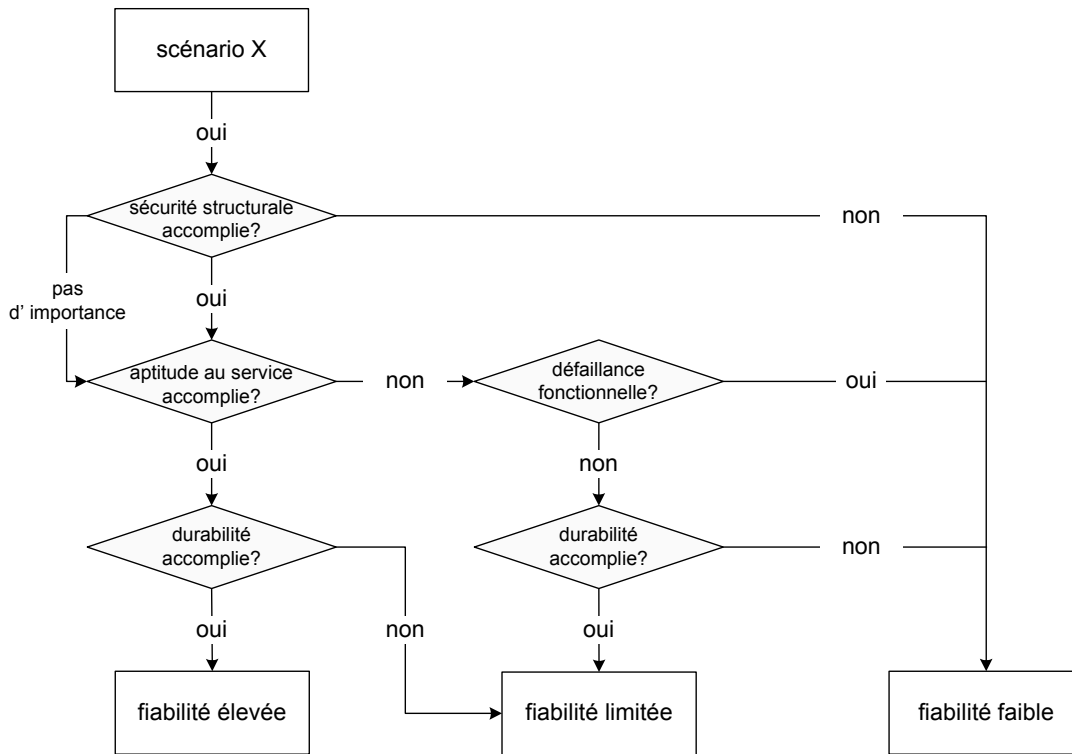


Fig. 5.2: Détermination de la fiabilité à partir de la sécurité structurale, de l'aptitude au service et de la durabilité.

5.8 Interactions mesure isolée / système global

Une mesure au sens du point 5.2 (comme étant la « somme de toutes les parties ») peut se composer de divers éléments, qui sont évalués individuellement sous l'angle de leur sécurité structurale notamment. Pour qu'une mesure soit fiable, les résultats détaillés suivants doivent être réunis:

Considérer ensemble
les divers éléments
d'une mesure

- Dans de nombreux cas, une étude globale s'impose. L'évaluation des différents éléments est réalisée, mais la mesure est appréciée dans son ensemble, et non de manière spécifique à chaque élément (p. ex. 20% des éléments ne satisfont pas les critères de sécurité structurale). C'est traditionnellement le cas pour des ouvrages de protection contre les avalanches et des consolidations de falaises comportant une multitude d'éléments porteurs (ponts de neige, tirants d'ancrage). Au cas par cas, il faut évaluer si la somme d'éventuelles défaillances de certains éléments ne peut pas se traduire par une sécurité structurale non assurée et donc par une faible fiabilité de la mesure (p. ex. la part d'éléments porteurs est supérieure à 30%). Certaines défaillances du point de vue de la mesure peuvent être considérées comme des anomalies au niveau de l'aptitude au service (capacité de fonctionnement réduite) et donc comme fiabilité limitée.
- Si l'élément individuel constitue la partie dominante de la mesure, la fiabilité de cette dernière découle de son évaluation. Exemple typique: les barrages (tous types).
- Enfin, il existe de rares cas pour lesquels les divers éléments et leur combinaison au sein de la mesure (globale) ont la même importance (p. ex. barrages en torrent et barrages en escalier). La sécurité structurale, l'aptitude au service et la durabilité doivent alors être évaluées de manière explicite pour les deux niveaux.

Considérer séparément
les différentes mesures
d'un système de
protection global

Si deux mesures différentes forment un « système de protection global » et s'il ne s'agit pas d'une mesure au sens du point 5.2, celles-ci doivent être évaluées individuellement, dans un ordre logique, compte tenu de leur action conjointe. Des interactions ne sont pas à exclure. Des exemples typiques sont notamment aux liés aux mouvements de terrain (glissements, torrents), tels que barrage et stabilisation de pente ou assainissement de versants et mur de soutènement en bas de pente.

6. Etape 3: évaluation de l'effet

6.1 Aperçu

L'évaluation de l'effet quantifie l'influence de la mesure sur le déroulement du processus compte tenu de sa fiabilité. L'évaluation du processus dépend du type de processus et de mesure. Il en résulte des intensités et des probabilités par scénario et, partant, des bases pour les cartes de dangers.

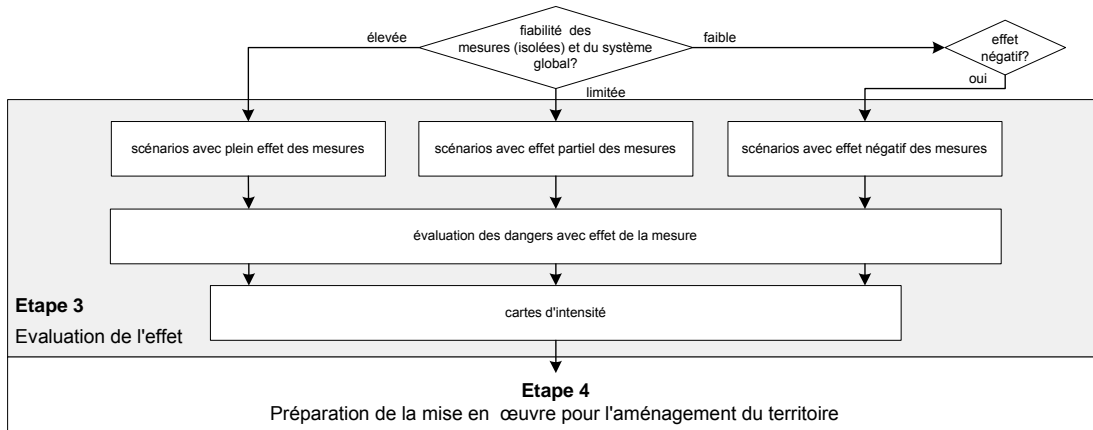


Fig. 6.1: Evaluation des mesures de protection – étape 3, évaluation de l'effet.

6.2 Scénarios influencés par des mesures

Les scénarios d'évaluation des dangers sont définis compte tenu de la fiabilité des mesures. Généralement, lorsque la fiabilité est élevée, on peut s'attendre à ce que les mesures déploient leur plein effet. Les scénarios présentant une fiabilité limitée doivent être spécifiés de façon plus précise. Ces limitations peuvent avoir diverses causes et se répercuter différemment sur le processus. Les scénarios affichant une fiabilité faible correspondent soit à un scénario sans effet, soit à un scénario avec un effet négatif.

Spécifier la fiabilité d'une mesure lors de l'évaluation des dangers

Les scénarios extrêmes doivent toujours être pris en compte. Par définition, il s'agit de scénarios qui ne correspondent pas aux bases connues, supposées ou envisagées lors de l'évaluation de la mesure. En cas de phénomène extrême, une fiabilité élevée de la mesure représente plutôt l'exception.

6.3 Evaluation du processus pour les cartes d'intensité

L'intensité des scénarios étudiés est déterminée par des méthodes d'évaluation du processus (p. ex. calculs de dynamique d'avalanches ou simulations de chutes de pierres) en tenant compte de l'effet des mesures. Souvent, l'on ne dispose que d'approches sommaires et empiriques. En particulier, l'effet d'une mesure de protection en cas de phénomène extrême n'est souvent que mal connu.

On rencontre d'ordinaire deux manières de procéder:

- une prise en compte directe de la mesure dans la modélisation du processus (p. ex. modélisation d'inondation avec digue)

- une prise en compte indirecte de la mesure dans la modélisation du processus, avec des scénarios influencés par les mesures mais sans intégrer ces dernières dans la modélisation (p. ex. calcul de stabilité d'une pente instable avec niveau d'eau de pente abaissé par drainages). Cette démarche est appliquée lorsque l'interaction processus / mesure est très complexe et ne peut être intégrée dans un modèle.

Le résultat de l'évaluation de l'effet est représenté sur des cartes d'intensité. Si une évaluation a déjà été effectuée pour la situation initiale, la différence constatée sur les cartes avec et sans mesure représente l'effet.

7. Etape 4: recommandations pour la transposition dans l'aménagement du territoire

7.1 Contexte

Les cartes de dangers constituent l'un des fondements principaux de l'aménagement optimal du territoire. Basées sur des directives et des recommandations de la Confédération, elles mettent en évidence la menace que représentent les avalanches, les crues, les laves torrentielles, les glissements et les chutes. Les mesures destinées à réduire les dangers se traduisent par un rétrécissement des périmètres de danger ou des affectations dans des classes de danger inférieures. Des nouvelles mesures de protection peuvent donner lieu à des adaptations du plan de zone avec une extension de la surface constructible. Le danger est alors que l'aménagement s'effectue dans des zones encore potentiellement exposées à la menace, par exemple, en raison d'un entretien défaillant faute de financements. Toutes les parties ont donc un intérêt vital à ce que la menace puisse être cernée le mieux possible, notamment en tenant compte de l'effet des mesures de protection, et à ce que toutes les conséquences en soient tirées en matière d'aménagement et de construction, par exemple, en établissant et en appliquant des plans d'entretien.

Mesures de protection dans les cartes de dangers

La première partie – la détermination de la réduction des dangers – est couverte par la démarche de PROTECT, présentée dans ce rapport. En l'état actuel des connaissances, elle constitue la meilleure manière de déterminer l'effet des mesures de protection.

Déterminer la réduction des dangers par des mesures de protection

La deuxième partie, la transposition dans l'aménagement du territoire, est évoquée dans ce qui suit. Il faut néanmoins préciser que cette observation intervient avant tout du point de vue des spécialistes des dangers naturels. Il n'est pas possible ici de proposer un traitement complet de cette thématique en incluant, par exemple, ses aspects économiques et juridiques.

Recommandations de transposition formulées par des spécialistes des dangers naturels

7.2 Recommandation Aménagement du territoire et dangers naturels

Les liens entre l'aménagement du territoire et les dangers naturels ont été évoqués en 2005 dans la recommandation fédérale Aménagement du territoire et dangers naturels (ARE et al. 2005). Les différents aspects y sont également étudiés en regard de l'importance des mesures de protection. En lien direct avec la transposition dans l'aménagement du territoire, il est ainsi spécifié que « les ouvrages de protection ne devraient être autorisés que de manière très restrictive, dans le but d'agrandir des zones à bâtir existantes ou de classer de nouveaux secteurs en zones à bâtir, surtout lorsque le danger est généré par des phénomènes naturels qui présentent des délais de préalerte courts et une intensité élevée ou lorsque l'affectation est élargie en direction de la source du danger. Les périmètres sécurisés par des ouvrages de protection devraient figurer dans le plan des zones comme secteurs potentiellement menacés par un danger résiduel. » (ARE et al. 2005: 25). PROTECT est conforme sur le fond avec ces recommandations et soutient leur prise en compte. Certains aspects sont mieux spécifiés par PROTECT.

Danger résiduel pour les mesures de protection

7.3 Acteurs

Sur l'ensemble du processus, quatre acteurs principaux se distinguent:

- Le spécialiste des dangers naturels est chargé d'élaborer la carte de dangers dans les règles de l'art, en étroite collaboration avec l'autorité cantonale spécialisée dans ces questions. Les recommandations générales de transposition dans l'aménagement du territoire ne font généralement pas partie de son mandat. Les recommandations spécifiques, par exemple, concernant les mesures de protection envisageables (p. ex. mesures de protection des objets) peuvent au besoin être sollicitées.
- Le spécialiste de l'aménagement du territoire s'occupe d'intégrer les conclusions dans les plans d'affectation de la commune en se conformant aux directives du canton. En général, sa marge de manœuvre est relativement restreinte. Les constatations doivent être compréhensibles, les directives et documents apparentés doivent être pris en considération, et une même échelle doit être utilisée sur tout le périmètre du canton.
- L'autorité politique, qui a une fonction de contrôle, est responsable de la transposition. Cette responsabilité est assumée avec l'approbation de l'autorité cantonale (la plupart du temps, le Conseil d'Etat).
- Le propriétaire foncier peut se fier au plan de zones mais aussi au plan de zone des dangers ou à la carte de dangers. Le classement de son bien-fonds en ZAB le rend propre à la construction (au sens de l'art. 15 LAT). En revanche, s'il recoupe une zone de dangers, des limitations à la libre construction sont alors imposées (droit de police).

Transposition
dépendante des
différents acteurs

Compte tenu de la multiplicité des acteurs impliqués et de la diversité de leurs tâches, le défi d'une transposition appropriée dans l'aménagement du territoire de zones sécurisées par des mesures de protection ne peut en aucune manière être relevé par les seuls spécialistes des dangers naturels. La situation de danger n'est qu'un facteur pertinent parmi d'autres. A la place qui est la leur, les spécialistes des dangers naturels peuvent néanmoins fournir des bases qui épaulent les autres acteurs dans leur travail et se traduisent globalement par les meilleures solutions possibles.

7.4 Des cartes de dangers objectives

Critères scientifiques

Les cartes de dangers doivent être dressées selon des critères scientifiques. Cela vaut aussi pour les mesures de protection, car les cartes de dangers constituent une base de décision non seulement pour l'utilisation du territoire, mais aussi pour des cartes d'intervention ou des mesures temporaires. PROTECT fournit la méthodologie pour l'évaluation des mesures de protection. Elle doit donc être appliquée de manière rigoureuse. Toute considération politique, stratégique ou assimilée ne fait, en revanche, pas partie des cartes de dangers.

7.5 Incertitudes

Incertitudes dans
l'évaluation des
dangers

Chaque évaluation des dangers est empreinte d'incertitudes. Des mesures de protection peuvent aussi bien les accroître (effet incertain) que les réduire (efficacité élevée). Fondamentalement, les experts des dangers naturels sont obligés de composer avec l'incertitude. La démarche clairement structurée de PROTECT réduit en outre le risque d'incertitudes dues à une absence d'analyses ou à des analyses incomplètes. Les instances et personnes en charge de la transposition dans

l'aménagement du territoire doivent pouvoir se fier à l'évaluation technique des experts en dangers naturels.

En principe, les incertitudes doivent donc être traitées dans le cadre de l'évaluation des dangers (avec et sans PROTECT). Les scénarios et les cartes de dangers doivent refléter les considérations correspondantes. Ainsi, lorsque les incertitudes sont minimales, l'expert peut affiner davantage les scénarios et, dans certaines conditions, réduire les périmètres de dangers. Dans l'hypothèse de grandes incertitudes, la marge de fluctuation des différents scénarios est plus importante, ce qui apparaît en règle générale dans la délimitation des zones de dangers.

Incertain dans la
définition des scénarios

Dans certains cas, on peut envisager que l'expert assortisse ses conclusions d'une réserve de grandes incertitudes. Si, malgré la large marge de fluctuation des scénarios ou une définition vague de la menace, le maintien ou la démonstration d'un danger aussi grand avec que sans mesure de protection n'est pas approprié (p. ex. en raison d'une faible vraisemblance), l'expert doit le mentionner explicitement. La question de la transposition de ces nouvelles informations, et de la manière de le faire, reste néanmoins du domaine réservé de l'instance compétente.

7.6 Scénarios de défaillance

L'application de mesures de protection inclut implicitement leur défaillance en cas de sollicitation excessive. Les conséquences d'une telle sollicitation suite à un phénomène extrême ou inattendu doivent être explicitement étudiées dans le cadre de PROTECT. La surface concernée en pareil cas est en règle générale marquée en jaune-blanc, si la défaillance n'intervient pas déjà pour un phénomène qui se produit à une fréquence inférieure ou égale à 300 ans.

En outre, aucune délimitation de la zone sécurisée par des mesures de protection n'est réalisée. L'analyse d'une sollicitation excessive correspond plus à la réalité qu'un hypothétique abandon des mesures.

7.7 Carte de dangers avant et après la réalisation des mesures

S'il n'existe pas encore d'évaluation des dangers pour une zone avec des mesures de protection ou si celle existante apparaît dépassée et ne peut donc constituer une base de comparaison, la carte des dangers est dressée selon PROTECT en tenant compte des mesures de protection.

Il est possible d'effectuer une comparaison de l'ancienne et de la nouvelle évaluation si les cartes de dangers sont de qualité suffisante. Cette situation se rencontre particulièrement lors de la planification de nouvelles mesures de protection, dont le besoin et la proportionnalité se déduisent de la comparaison de la situation avant et après la réalisation des mesures et, partant, de la réduction des dangers qui y sont associés.

Les cartes de dangers
indiquent le besoin de
mesures de protection

Cette comparaison est particulièrement importante en raison du possible déclassement de certaines zones de danger, d'une menace élevée (p. ex. rouge) à faible (p. ex. bleu). En cas de transposition dans l'aménagement du territoire, il peut s'ensuivre une occupation accrue de ces espaces. Ici, tout l'enjeu consiste à conserver l'objectivité de la carte de dangers, à assortir les couleurs indiquées de mesures, fidèlement à la méthodologie de PROTECT, et à faire fi des considérations politiques au sens large d'une (non-)modification des couleurs ou à les reporter dans la procédure en aval de la réalisation de la carte des dangers. Fondamentalement, une certaine retenue est de mise dans l'utilisation des zones qui sont

Possibilité de
déclassement après la
réalisation de mesures

sécurisées par des mesures de protection (cf. ARE et al., 2005: 25). Il faut aussi accepter que d'autres arguments soient déterminants pour la décision.

Une certaine retenue dans l'adaptation (l'intensification) de l'utilisation de l'espace semble notamment de mise dans les cas suivants:

- L'expert attire explicitement l'attention sur des incertitudes considérables qui entourent l'évaluation, par exemple des incertitudes liées au processus et à l'effet de la mesure, en raison de modifications générales de la zone, de la sensibilité climatique ou d'autres influences contraires (négatives) des processus.
- Les phénomènes extrêmes sont difficilement évaluables ou quantifiables. Les conséquences d'un phénomène plus extrême que ce qui était supposé dans l'évaluation des dangers sont ainsi largement inconnues.
- Dans le cas de phénomènes extrêmes, les mesures de protection sont en grande partie sans effet. L'évaluation des dangers est ainsi sensible à des variations de scénario.

7.8 Traitement des zones de dangers de couleurs jaune et jaune-blanc

Clarifier le traitement
des zones en jaune et
jaune-blanc

Les zones de danger de couleurs jaune et jaune-blanc jouent un rôle important dans la prise en compte des mesures de protection. Dans la mesure où elles ont effectivement un effet réducteur, de nombreuses zones sécurisées peuvent être signalées de la sorte. Mais la question est de savoir si l'actuelle réglementation recommandée comme zones indicatives est suffisante ou appropriée. Ainsi, il peut s'avérer judicieux de procéder à une certaine gestion de l'utilisation du territoire dans ces zones. Ces questions ne sont toutefois pas à traiter dans le cadre de PROTECT, mais appellent un débat et, éventuellement, une adaptation des recommandations fédérales sur la cartographie des dangers.

7.9 Moment de la prise en compte

Prendre uniquement en
compte les mesures
réalisées

Les mesures prévues et existantes sont évaluées de la même manière. Après la réalisation d'une mesure, il faut vérifier si l'exécution correspond au projet et si l'évaluation des dangers, effectuée durant la phase de planification, est toujours valable. Ce n'est qu'alors qu'une prise en compte du nouvel état peut intervenir au niveau de l'aménagement du territoire. Selon les types de mesures de protection, un délai de carence s'impose. Cela concerne par exemple les ouvrages impliquant des composantes biologiques (reboisements, biologie de l'ingénieur), de nombreux ouvrages dans le domaine de la sécurisation des glissements de terrain ou des ouvrages pour lesquels quelques années d'observation permettent d'avoir un retour d'expérience substantiel pour l'évaluation de l'effet.

Bibliographie

ARE (Office fédéral de l'environnement), OFEG (Office fédéral des eaux et de la géologie), OFEFP (Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage), 2005: Recommandation. Aménagement du territoire et dangers naturels. Berne.

Romang H., Margreth S., Böll A., Kienholz H., 2003: Berücksichtigung von Schutzmassnahmen in der Gefahrenbeurteilung. Auswertung des Workshops der Forstlichen Arbeitsgruppe Naturgefahren (FAN) 2002.

Romang H., Margreth S., 2007: Beurteilung der Wirkung von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren als Grundlage für ihre Berücksichtigung in der Raumplanung. Umsetzung der Strategie Naturgefahren Schweiz: Projekt A 3. Plate-forme nationale Dangers naturels PLANAT, Berne.

SIA, 2003a: Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses. Norme SIA 260. Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich.

SIA, 2003b: Actions sur les structures porteuses. Norme SIA 261. Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich.

SIA, en préparation: Conservation des structures porteuses. Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich.