

Fondation de prévention des établissements cantonaux d'assurance

*6<sup>e</sup> mise au concours de la Fondation de prévention des établissements cantonaux d'assurance*

**Prevent-Building, une méthode et un outil d'évaluation de l'efficacité, de la rentabilité et de l'acceptabilité des mesures de protection des bâtiments, destinés à parer aux risques naturels gravitationnels et météorologiques**

Rapport concernant la phase 1 incluant les adaptations de la phase 2

Groupe de travail Prevent-Building :  
WSL Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF  
Egli Engineering AG  
GEOTEST SA  
B,S,S. Volkswirtschaftliche Beratung

Version du 12.05.2014

basée sur la version du 06.11.2012 (validée par le conseil de fondation)



**GEOTEST** GEOLOGEN  
INGENIEURE  
GEOPHYSIKER  
UMWELTFACHLEUTE



Egli Engineering





---

## Avant-propos

### **La protection contre les dommages causés aux bâtiments par les éléments naturels est efficace et rentable !**

Les bâtiments peuvent être protégés efficacement contre les catastrophes naturelles gravitationnelles et météorologiques par des mesures dans les domaines de la construction et de l'organisation. Du fait de l'augmentation des dommages causés par les éléments naturels, les établissements cantonaux d'assurance (ECA) redoublent d'efforts en matière de prévention, avec pour objectif d'améliorer durablement la protection des constructions exposées au danger. On cherche ainsi à éviter les dommages prévisibles moyennant des coûts raisonnables et plus généralement, à réduire le degré de gravité des dommages. Ceci est indispensable compte tenu de la solidarité requise de la part des assurés et des assurances de droit public qui bénéficient du monopole et qui ont l'obligation d'accepter d'assurer. Les ECA renforcent la protection des objets exposés au danger grâce à des recommandations, des conditions actuarielles ou des décisions, conformément aux dispositions juridiques applicables. L'évolution fait apparaître un renforcement de la position juridique des assurances de droit public dans la protection des bâtiments contre les dangers naturels gravitationnels et météorologiques.

L'influence grandissante des ECA en matière de protection d'objet amène également avec elle une responsabilité accrue en ce qui concerne l'examen et l'évaluation des mesures applicables au sens du principe fondamental de proportionnalité en droit public. L'appréciation ne porte pas uniquement sur l'efficacité de la mesure, il convient également, dans chaque cas particulier, de répondre de façon concluante à la question du rapport coûts-utilité des mesures de protection recommandées ou imposées. Tandis que les aspects techniques de la protection contre les dommages causés aux bâtiments par les éléments naturels sont largement connus et documentés, il manquait, jusqu'ici, des méthodes globales fondées scientifiquement et destinées à déterminer le rapport coûts-utilité de la prévention des dommages causés par les éléments naturels en matière de construction.

À l'occasion de la 6<sup>e</sup> mise au concours, la Fondation de prévention des Établissements cantonaux d'assurance a recherché une méthode permettant une détermination chiffrée de l'efficacité des mesures de protection des bâtiments contre les dangers naturels gravitationnels et météorologiques. Elle s'est particulièrement intéressée aux dernières découvertes concernant l'identification des mesures les plus économiques, impliquant un minimum d'investissement et tenant compte de la situation des risques et des points faibles présentés par les constructions, pendant toute leur durée de vie.

La méthode « Prevent-Building » exposée dans le présent rapport constitue un point de départ pour le développement d'un outil informatique pratique permettant de calculer simplement la rentabilité des mesures de protection de bâtiments à risque contre les dangers naturels gravitationnels et météorologiques. Grâce à cette base, les professionnels des ECA seront avant tout en mesure d'évaluer de façon objective la proportionnalité et l'acceptabilité des mesures de protection de bâtiments recommandées ou imposées dans chaque cas particulier et de les justifier auprès du propriétaire et devant les tribunaux, si besoin est. Les décisions relatives aux mesures sont rendues plus objectives, les propriétaires sont incités à prendre des mesures de protection sur une base volontaire et l'applicabilité des décisions ou des conditions relatives aux mesures est nettement améliorée, tout en respectant le principe de proportionnalité.

---

Le groupe de projet dirigé par Michael Bründl du WSL Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF a créé, en collaboration avec le comité d'accompagnement de la Fondation et en peu de temps, une base excellente afin de poursuivre le développement de la méthode et d'en faire un outil pratique à l'attention des ECA. Cet outil pratique a été achevé au printemps 2014. Nous remercions tous les participants pour leur travail ciblé et fructueux.

Trin, mai 2014

Markus Fischer

Chef du comité de suivi

---

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
1.1	Objet	1
1.2	Objectif du projet	1
1.3	Public cible	1
1.4	Événements et objets	2
1.5	Délimitation entre protection des objets, protection de site et protection des surfaces	2
1.6	Définition des termes importants	3
<b>2</b>	<b>Bases et pratique actuelle</b>	<b>5</b>
2.1	Réflexions fondamentales	5
2.2	Bases et dispositions légales	6
2.2.1	Bases légales	6
2.2.2	Exemples de bases légales	8
2.3	Pratique actuelle d'ECA sélectionnés	9
2.4	Instruments existants	10
2.4.1	Recommandations	10
2.4.2	Normes	11
2.4.3	Registre de protection contre la grêle	11
2.4.4	Guide sur le concept des risques	11
2.4.5	Outils informatiques destinés à la protection des surfaces	12
2.4.6	Outils informatiques destinés à la protection des objets	12
2.5	Conséquences pour le développement de la méthode	13
<b>3</b>	<b>Évaluation de l'efficacité et de la rentabilité</b>	<b>13</b>
3.1	Concept	14
3.2	Enquête préalable	14
3.3	Délimitation du système	15
3.4	Évaluation des risques	15
3.4.1	Crue	16
3.4.2	Chute	17
3.4.3	Avalanche	17
3.4.4	Coulée de terre	18
3.4.5	Glissement	18
3.4.6	Tempête	21
3.4.7	Grêle	23

---

<b>3.5</b>	<b>Évaluation des bâtiments (analyse d'exposition) et détermination du dommage dans l'état initial</b>	<b>24</b>
3.5.1	Crue / eau superficielle	24
3.5.2	Chute, avalanche, coulée de terre, lave torrentielle, glissement de terrain	26
3.5.3	Tempête	27
3.5.4	Grêle	29
3.5.5	Évaluation des valeurs menacées supplémentaires en évitant les dommages non assurés par les ECA	30
<b>3.6</b>	<b>Calcul du risque dans l'état initial (sans MPO)</b>	<b>30</b>
<b>3.7</b>	<b>Mesures</b>	<b>33</b>
3.7.1	Remarques générales	33
3.7.2	Crue / eau superficielle	35
3.7.3	Chute	36
3.7.4	Avalanche	37
3.7.5	Lave torrentielle	38
3.7.6	Glissement	40
3.7.7	Tempête	40
3.7.8	Grêle	41
3.7.9	Détermination des coûts	42
<b>3.8</b>	<b>Détermination du dommage et du risque avec les mesures</b>	<b>45</b>
3.8.1	Remarques générales	45
3.8.2	Calcul du dommage avec la mesure	46
3.8.3	Calcul du risque avec la mesure	47
3.8.4	Prise en compte de l'utilité supplémentaire	47
<b>3.9</b>	<b>Rentabilité des mesures</b>	<b>47</b>
<b>3.10</b>	<b>Évaluation, proportionnalité et exigibilité</b>	<b>48</b>
<b>4</b>	<b>Exemples d'application</b>	<b>50</b>
<b>4.1</b>	<b>Protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels : exemple des crues et inondations</b>	<b>50</b>
4.1.1	Introduction	50
4.1.2	Description du système	50
4.1.3	Évaluation des risques	50
4.1.4	Évaluation du bâtiment compte tenu du danger	52
4.1.5	Dommage et risque dans l'état de départ	53
4.1.6	Identification de la mesure et fixation des coûts	54
4.1.7	Dommage et risque compte tenu de la mesure	55
4.1.8	Rentabilité de la mesure	56
4.1.9	Appréciation finale	56

---

<b>4.2</b>	<b>Protection des objets contre les dangers naturels météorologiques : exemple de la grêle</b>	<b>56</b>
4.2.1	Introduction	56
4.2.2	Description du système	57
4.2.3	Évaluation des risques	57
4.2.4	Évaluation du bâtiment compte tenu du danger	57
4.2.5	Domage et risque dans l'état de départ	58
<b>4.3</b>	<b>Identification de la mesure et fixation des coûts</b>	<b>59</b>
<b>4.4</b>	<b>Domage et risque compte tenu de la mesure</b>	<b>59</b>
<b>4.5</b>	<b>Rentabilité de la mesure</b>	<b>59</b>
<b>4.6</b>	<b>Appréciation finale</b>	<b>59</b>
<b>5</b>	<b>Propositions de mise en œuvre (situation octobre 2012)</b>	<b>60</b>
5.1	Cahier des charges en matière de programmation informatique	60
5.2	Logiciel	60
5.3	Traduction de la méthode	60
5.4	Rapport de mise en œuvre	60
5.5	Information des établissements cantonaux d'assurance	61

**Annexe A : Tableau de l'enquête menée par la CPO**

**Annexe B : Résumé des réponses reçues lors de l'enquête téléphonique ECA**





# 1 Introduction

## 1.1 Objet

Les établissements cantonaux d'assurance (ECA) ont pour mission de gérer le risque au moyen de mesures de prévention, du fait de l'augmentation des dommages causés par les éléments naturels et de leur position juridique d'assureurs détenant le monopole, qui ont l'obligation d'accepter d'assurer. Les mesures de protection des objets (en abrégé « MPO ») ont un grand potentiel, et des exemples tirés de la pratique et de la littérature montrent que la protection des objets peut être une mesure très efficace. La question de savoir quelles dépenses engagées pour les MPO sont justifiées d'un point de vue économique (utilité > coûts) et exigibles auprès du propriétaire n'a pas été analysée de façon systématique à ce jour. La gestion des mesures de protection des objets est, en outre, très différente d'un ECA à l'autre. Les méthodes et les outils d'évaluation de l'efficacité économique des MPO font largement défaut.

## 1.2 Objectif du projet

*L'objectif du présent projet est d'élaborer une méthode d'évaluation de l'efficacité, de la rentabilité et de l'acceptabilité des MPO.* Une méthode permettant de développer un outil informatique adapté à cette fin est proposée sur la base des données existant auprès de divers ECA, du concept général des risques et des méthodes de calcul existantes pour la protection des surfaces (EconoMe, [www.econome.admin.ch](http://www.econome.admin.ch)). La méthode à développer doit, en outre, offrir des outils de décision quant à la question qui se pose de savoir dans quels cas la protection des surfaces prévaut sur la protection de l'objet. Elle doit aider les responsables de la prévention dans les ECA à décider, tout en respectant le principe de la sécurité juridique, dans quels cas les MPO peuvent raisonnablement être exigées, et dès lors imposées au propriétaire d'un bâtiment. Son application est prévue en cas de sinistre, de transformations importantes et de nouvelles constructions, lorsqu'une protection du bâtiment est techniquement possible compte tenu de l'objet, et qu'elle apparaît utile du fait de la valeur du bâtiment.

## 1.3 Public cible

L'outil est destiné en premier lieu aux professionnels des ECA, c'est-à-dire en principe aux responsables de la prévention, mais également aux autorités compétentes en matière de construction et aux conseillers en matière de dangers naturels. La méthode doit être conçue de façon à ce que les personnes ayant peu de connaissances sur la question soient en mesure de la comprendre (par ex. les propriétaires immobiliers, les membres des autorités communales).

## 1.4 Événements et objets

Cette méthode s'applique en cas de crue, d'avalanche, de chute, de lave torrentielle, de glissement de terrain, de tempête et de grêle. Elle ne prend pas en compte les dommages résultant de la pression et de la reptation de la neige.

L'objectif principal de la méthode est d'évaluer les mesures destinées à protéger les bâtiments. Sont considérés comme objets au sens du présent rapport, les bâtiments assurés contre les éléments naturels par les établissements cantonaux d'assurance. Des mesures de protection des objets sont également définies pour d'autres objets tels que les pylônes électriques. La présente méthode ne s'applique pas à l'évaluation de MPO destinées à ce type d'infrastructure, mais elle permet l'évaluation de MPO destinées aux nouvelles constructions et aux constructions existantes.

## 1.5 Délimitation entre protection des objets, protection de site et protection des surfaces

Les mesures en matière de construction et les mesures temporaires destinées à la prévention des dommages causés aux bâtiments par les éléments naturels peuvent être réparties dans trois groupes (Fischer, 2011) :

**Mesures de protection des surfaces :** la mesure est prise dans un espace séparé des objets en danger. Elle protège un espace et, dès lors, généralement plusieurs objets exposés au danger. Il s'agit par exemple de mesures correctives destinées à détourner, à freiner ou à capturer des procédés (avalanche, glissement de terrain, chutes de pierres/blocs) ou de digues contre les crues. Ce sont généralement les pouvoirs publics qui sont compétents en la matière, en premier lieu, mais il existe également des usagers privés.

**Mesures de protection de site :** MPO appliquées dans les régions ou les zones à risque sur plusieurs bâtiments liés entre eux. Il est également possible de prendre des mesures de protection des surfaces destinées à plusieurs objets, à l'occasion d'importants projets de construction ou d'aménagement de quartiers. La plupart du temps, ce sont plusieurs propriétaires des bâtiments concernés ou la commune qui sont compétents.

**Mesures de protection des objets :** les mesures de protection en matière de construction ou les mesures de protection techniques liées au bâtiment ou à l'objet, par ex. une paroi arrière renforcée pour amortir les avalanches, une surélévation des puits de lumière pour éviter les inondations. Selon la doctrine générale, les mesures sont du ressort du propriétaire, qui doit prendre à sa charge le coût des MPO exigibles. La possibilité d'octroyer des aides financières pour mettre en place des MPO dans des cas particuliers doit être étudiée par les ECA individuellement, conformément à leurs bases et à leur pratique juridiques spécifiques, tout en tenant compte des limites posées par le droit public (principes de légalité, de l'égalité de traitement et de proportionnalité). Le présent projet fournit des propositions consistantes comme base de décision sur la rentabilité des MPO prévues.

La décision « protection des objets » vs « protection de site / des surfaces » est de nature politique et doit être prise avec le soutien des autorités cantonales. Si la commune se déclare en faveur de la protection des objets, la question de savoir qui va en supporter les coûts devra être tranchée. Dans le cas d'un nouveau classement en zone à bâtir, les mesures de protection des objets sont généralement prescrites dans le règlement de construction et de zones et, dès lors, les

coûts imputés au propriétaire du bâtiment. La situation est plus compliquée dans les régions déjà urbanisées ou partiellement urbanisées. Le niveau de participation des pouvoirs publics, de même que le moment et la façon dont les mesures de protection de bâtiments existants doivent être prises dépendent des bases juridiques cantonales et communales applicables.

## 1.6 Définition des termes importants

La définition des termes suivants s'appuie sur le glossaire de PLANAT, qui constitue la base du guide sur le concept des risques RIKO (Bründl, 2009) et de l'instrument de calcul EconoMe (OFEV, 2012). Certains termes sont tirés des Recommandations pour la protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels et météorologiques (Egli, 2005 ; 2007).

**Critères d'exclusion :** critères d'exclusion des mesures de protection des objets pour des raisons définies. Il s'agit par exemple de l'usage, de l'esthétique ou de la protection des monuments classés.

**Événement hypothétique :** événement hypothétique adopté pour le dimensionnement ou la planification de mesures de protection. L'événement hypothétique et l'objectif de la mesure sont liés entre eux.

**Probabilité d'occurrence :** probabilité qu'un événement d'une certaine grandeur se produise exactement une fois dans un intervalle de temps donné (en général une année). La probabilité d'occurrence et la période de retour  $T$  peuvent être reliées mathématiquement, pour autant qu'elles se rapportent à une même période de référence.

**Carte des dangers :** carte détaillée (échelle  $\geq 1: 10'000$ ) basée sur l'analyse des dangers, établie rigoureusement en appliquant des critères objectifs et scientifiques ainsi que les recommandations de l'OFEV. Des indications sont fournies pour chaque endroit se trouvant à l'intérieur du périmètre d'investigation, qui doit être délimité clairement :

- Menace ou absence de menace pour une zone donnée du territoire.
- Catégorie (type) des processus dangereux.
- Intensité et probabilité d'occurrence (fréquence, période de retour) prévues des processus concernés.

**Fréquence :** probabilité d'occurrence d'un scénario choisi, assorti d'une limite supérieure et d'une limite inférieure. Ainsi, la fréquence d'un scénario « 30-100 ans » se calcule comme suit :  $p = 0.033 - 0.01 = 0.023$ .

**Carte d'intensité :** carte exposant la surface enveloppe de tous les événements possibles de période de retour  $T$  et indiquant les degrés d'intensité selon les recommandations de l'OFEV.

**Récurrence :** probabilité  $p$  qu'un événement de période de retour donnée  $T$  soit atteint statistiquement à une reprise,  $p = 1/T$ .

**Mesures permanentes :** les mesures prises concernant l'objet ont un effet permanent. Une intervention humaine pendant l'événement n'est pas nécessaire pour garantir la protection (Egli, 2005).

**Mesures temporaires :** des mesures nécessitant un effort organisationnel afin de remplir pleinement leur fonction sont préparées. L'application de telles mesures requiert un avertissement préalable (Egli, 2005).

**Mesures partiellement mobiles / mesures mobiles :** les mesures partiellement mobiles comportent une partie fixe préalablement montée (par ex. piliers pour batardeaux) et des parties

complémentaires qui doivent être installées en cas d'événement (par ex. batardeaux). Les mesures mobiles ne comportent pas de dispositif préinstallé, elles doivent être mises en place intégralement en cas d'événement (par ex. barrage de castor artificiel). Les mesures partiellement mobiles / mesures mobiles font partie des mesures temporaires.

**Mesures automatiques :** les mesures sont mises en place, puis mises en service de façon entièrement automatique (par ex. enroulement d'un store en cas d'atteinte d'une certaine vitesse du vent) par un signal (par ex. capteur réagissant en cas de dépassement d'une certaine valeur limite).

**Objectif de la mesure :** degré de protection à atteindre grâce à la mesure. Une mesure vise généralement à empêcher les conséquences de l'événement hypothétique.

**Rapport coûts-utilité :** rapport entre le coût d'une mesure et son utilité, respectivement la réduction du risque obtenue.

**Mesure de protection des objets (MPO) :** mesure de construction ou mesure temporaire visant à protéger un objet (bâtiment ou structure).

**Risque résiduel :** risque subsistant lorsque toutes les mesures de sécurité prévues dans le cadre d'un scénario retenu ont été mises en œuvre. Ce risque est composé de la façon suivante :

- risques acceptés consciemment et
- risques mal évalués ou non identifiés.

**Risque :** ampleur et probabilité d'un dommage possible exprimé sous forme de produit de la fréquence du scénario et de l'étendue du dommage.

**Ampleur des dommages :** étendue des dommages occasionnés par un événement. L'ampleur des dommages indique l'importance des dommages en cas de réalisation d'un certain scénario.

**Intensité du dommage :** montant du dommage par rapport au capital assuré, exprimé en centimes par millier de francs ou en pour mille.

**Potentiel des dommages :** ampleur des plus grands dommages pouvant être causés dans le périmètre d'investigation par un événement naturel ou par une action. Le potentiel de dommages correspond souvent à la valeur totale des personnes et des biens exposés (dommage total).

**Scénario :** déroulement hypothétique d'un processus dangereux. Il constitue l'unité d'étude du volet « danger » inhérent à l'analyse des risques. Dans le cadre d'un scénario, l'intensité et le périmètre d'action du processus dangereux sont établis pour une période de retour donnée. Les différentes périodes de retour font l'objet de différents scénarios.

**Frais d'entretien :** dépenses annuelles à la charge de l'exploitant ou du propriétaire d'une mesure de protection, courantes pour l'entretien et périodiques pour la réparation.

**Période de retour / durée de retour :** moyenne à long terme T du temps ou du nombre d'années séparant un événement de grandeur donnée (par ex. hauteur de rupture, volume mobilisé, quantité de précipitation) d'un second événement d'une grandeur égale ou supérieure. Voir récurrence.

**Efficacité :** aptitude à l'usage et capacité protectrice d'une mesure, mise en regard de l'action d'un processus naturel (par ex. rétention d'une avalanche de volume donné par une digue). Dans EconoMe, on admet qu'une mesure de protection est pleinement efficace pendant toute sa durée de vie. Cela n'est possible que si cette mesure est régulièrement entretenue.

---

## 2 Bases et pratique actuelle

Sont présentées, dans ce chapitre, quelques bases qui constituent, d'une part, la condition de développement de la présente méthode et qui ont, d'autre part, obtenu directement une bonne réception.

### 2.1 Réflexions fondamentales

Les assurances immobilières constituent des groupements solidaires qui protègent les propriétaires immobiliers contre les conséquences économiques de dommages causés par le feu et les éléments naturels. Il est indispensable, pour le bon fonctionnement de ce groupement solidaire, que les prestations ne soient pas sollicitées de façon disproportionnée par des assurés individuels. L'une des conditions essentielles du bon fonctionnement d'un groupement solidaire est le nivellement approprié des risques, tel qu'il peut être obtenu grâce à la prévention des dommages prévisibles causés par les éléments naturels.

Les MPO et / ou le bon dimensionnement des parties de bâtiments par rapport aux conséquences prévisibles de l'événement constituent ainsi des mesures adéquates pour ne pas surcharger de façon disproportionnée le groupement solidaire des assurances immobilières et maintenir les primes d'assurances à un niveau bas sur la durée.

La protection de l'objet peut être recommandée voire imposée lors de la procédure d'examen de la demande de permis de construire, sur la base des dispositions du règlement de construction et de zones ou selon le droit d'assurance des bâtiments, en fonction de la situation juridique. Le cadre juridique reste problématique en ce qui concerne les bâtiments existants ou les projets de construction. Les maîtres d'ouvrage disposent d'un permis de construire valable sur la base duquel ils ont réalisé leur projet, conformément aux lois en vigueur à l'époque (sécurité juridique). La commune peut imposer des mesures dans des cas exceptionnels, sur la base d'un risque extrême et en vue de protéger l'intégrité physique et la vie. Les assurances peuvent décider de mesures proportionnées (protection de l'objet, exclusion partielle, réduction des prestations, et autres) selon la situation juridique et dans certaines conditions, notamment en cas de sinistres répétés.

L'analyse coûts-utilité (ACU) dans le domaine de la prévention des dangers naturels s'est révélée pertinente et appropriée pour évaluer les mesures de prévention, en l'espèce la rentabilité de MPO (voir Wilhelm, 1997 ; Wilhelm, 1999 ; Bründl, 2009). Cette analyse se base sur une analyse des risques selon l'état initial et une analyse des risques en tenant compte des mesures de protection, qui permet d'évaluer ou de déterminer l'effet de la mesure, c'est-à-dire son utilité. Cette utilité peut alors être comparée aux coûts de la mesure, en appliquant la même unité monétaire. Il en résulte alors le rapport coûts-utilité (RCU). Si le RCU est supérieur à un, la mesure peut être considérée comme rentable sur la base des hypothèses appliquées dans l'analyse des risques et de la détermination des coûts. La rentabilité constitue ainsi une donnée essentielle en plus de divers autres facteurs devant être pris en compte dans l'évaluation de MPO.

## 2.2 Bases et dispositions légales

### 2.2.1 Bases légales

Lors de la décision d'une MPO, sont confrontés la garantie constitutionnelle de propriété donnée au propriétaire du bâtiment et le droit de l'assurance immobilière de protéger le groupement assurant le risque obligatoire des risques disproportionnés. Les établissements cantonaux d'assurance sont des établissements de droit public qui, dès lors, sont liés à leurs principes constitutionnels élémentaires, et notamment au principe de légalité (pas de mesure sans base juridique), au principe de proportionnalité et à l'obligation de l'égalité de traitement entre toutes les personnes soumises à la loi.

#### Égalité et sécurité juridiques

Les principes de l'égalité juridique (art. 8, al. 1 de la Constitution fédérale [Cst.]) et de la sécurité juridique (art. 5, al. 3, Cst.) doivent être pris en compte lors de la prise de MPO. Ceci découle de la nature publique des établissements cantonaux d'assurance.

Selon le principe de l'égalité juridique, ce qui est identique doit être traité de façon identique et ce qui est différent de façon différente. Ce principe s'applique autant sur le plan de l'élaboration des lois que sur celui de leur application. L'aspect de l'application des lois est particulièrement important dans la décision de mettre en place des MPO. Il signifie que chaque cas doit être examiné individuellement, cet examen ayant toutefois lieu selon des critères uniformes et objectifs.

La sécurité juridique (principe de la bonne foi) signifie qu'un individu peut se fier aux normes applicables. L'action des établissements cantonaux d'assurance doit être basée sur le principe de la bonne foi selon Quinto (2012, p. 26 s.). Il découle de ce principe et de la position de monopole qu'occupent les établissements cantonaux d'assurance une obligation d'information importante. Cette obligation peut en principe être remplie dans le cas de bâtiments en projet. Elle ne peut toutefois plus être remplie dans le cas des bâtiments existants. La décision de mettre en place des MPO rencontre des limites d'ordre constitutionnel dans ces cas-là.

#### Proportionnalité et exigibilité

L'art. 5, al. 2, Cst. prévoit que l'action de l'État doit défendre l'intérêt public et être proportionnée. Une certaine mesure doit être examinée du point de vue de son aptitude, de sa nécessité et de son exigibilité. Le critère de l'exigibilité porte sur le rapport entre la fin et les moyens (= rapport entre le but de l'intervention et son effet) (Kiener et al., 2002).

Il est essentiel d'évaluer le caractère exigible d'une mesure sur la base de critères objectifs. Ceci permet entre autres aux parties concernées de suivre la procédure d'évaluation. Les principes de proportionnalité et d'exigibilité sont également ancrés dans les lois cantonales d'assurance immobilière, comme nous le verrons plus loin. Dans le canton des Grisons, par exemple, la loi sur l'assurance immobilière dispose, dans son art. 15 (mesures en cas de danger particulier), que l'assurance immobilière peut exiger que les bâtiments concernés soient protégés contre les dangers potentiels présentés par les éléments naturels au moyen de mesures appropriées et exigibles dans les cas de nouvelles constructions, de travaux d'agrandissement et de transformation importante.

La rentabilité est un critère important pour évaluer s'il peut raisonnablement être exigé de la part d'un(e) propriétaire d'objet, qu'il ou elle prenne une MPO (Quinto, 2012). Si la rentabilité

d'une MPO peut être clairement démontrée par un rapport coûts-utilité de plus de un, un important critère d'exigibilité est alors rempli.

La question qui se pose de savoir si l'on peut raisonnablement exiger de la part d'un propriétaire qu'il prenne une MPO doit être tranchée dans chaque cas individuellement par l'assurance immobilière concernée. La méthode proposée ici et / ou le rapport coûts-utilité qui en découle sert de base de décision. Elle ne préfigure cependant pas la décision qui sera effectivement prise par l'assurance immobilière, mais fournit des critères d'évaluation de la rentabilité d'une MPO. D'autres critères d'évaluation de l'exigibilité devront en principe être pris en compte.

- Ainsi, selon Quinto (2012), l'on doit tenir compte du caractère supportable de la mesure (= capacité financière de la personne concernée) dans la décision. Ce critère d'évaluation de l'exigibilité n'est pas compris dans la présente méthode ou n'est pas pris en compte lors de la détermination du rapport coûts-utilité.<sup>1</sup>
- L'utilisabilité subjective : on doit se poser la question de savoir si l'utilisation d'un bâtiment ou son environnement proche seront considérablement affectés par la mesure de protection de l'objet. L'on ne peut, par exemple, raisonnablement pas exiger de la part d'un(e) propriétaire qu'il ou elle fasse ériger un grand mur de protection juste devant une fenêtre du bâtiment, ce qui gâcherait non seulement la vue, mais empêcherait également en grande partie voire totalement la lumière d'entrer.
- La protection des sites construits et des monuments : quel est l'impact esthétique de la MPO sur le site construit ? Dans quelle mesure la MPO est-elle compatible avec la protection des monuments ? Quelles mesures doivent être prises conformément à la protection des monuments ? Quels coûts (supplémentaires) ces mesures supposent-elles ? La dernière question n'est pas expressément prise en compte dans le calcul du rapport coûts-utilité, elle fait partie de l'évaluation de l'exigibilité dans le cas particulier.

### **Responsabilité personnelle**

La responsabilité personnelle des assurés dans la prévention des dommages causés à la chose assurée est un principe essentiel du concept d'assurance. Le ou la propriétaire doit, en principe, prendre toute mesure raisonnable afin d'éviter un dommage. Le fait que le comportement des assurés envers l'assureur peut changer, dans le sens où ils peuvent attacher moins d'importance à la protection de la chose assurée, par ex. en négligeant de prendre certaines mesures préventives, du moins en partie, représente un problème fondamental qui apparaît après la souscription de la couverture d'assurance. Ce problème est connu sous le nom de « Moral Hazard » (risque moral) dans la littérature économique. Le risque moral est une conséquence de la répartition inégale des informations (asymétrie d'information) entre l'assureur et l'assuré. L'asymétrie d'information apparaît lorsque l'assureur ne peut pas ou pas suffisamment observer ni influencer le comportement de l'assuré après que celui-ci a souscrit la couverture d'assurance. Par conséquent, un risque assuré peut être plus important que si l'assuré devait le supporter lui-même. Les mesures de prévention ne sont pas prises ou ne sont pas suffisantes, car la chose est assurée et que le dommage est supporté par l'assureur et, indirectement, par la collectivité d'assurés du fait de leur solidarité. La répartition inégale des informations et le phénomène de risque moral qui en découle peuvent ainsi réduire considérablement la responsabilité personnelle.

<sup>1</sup> Nous sommes d'avis que ce critère ne devrait être pris en compte que dans des cas particuliers (par ex. sous forme de prolongation de délai, sans renoncer à l'application de la mesure).

Afin de minimiser le changement de comportement des assurés, ces derniers doivent remplir certaines obligations (= obligations accessoires), notamment sous forme d'action, d'obligation de tolérer et d'obligation de s'abstenir (Hauswirt et Suter, 1990)<sup>2</sup>. Ces obligations comptent par ex. les obligations de diligence, qui sont fréquemment stipulées dans les contrats d'assurance ou les dispositions légales du droit de l'assurance immobilière. Ces obligations peuvent être considérées comme des obligations de prendre des mesures de protection adaptées aux circonstances (Hauswirt et Suter, 1990). Les lois relatives à l'assurance immobilière disposent dès lors que les assurés ont l'obligation de prendre toute mesure raisonnable afin de prévenir un dommage. Par ailleurs, les 19 établissements cantonaux d'assurance excluent de leur couverture, selon des dispositions similaires, les dommages prévisibles qui auraient pu être évités moyennant des coûts raisonnables.

### 2.2.2 Exemples de bases légales

Les dispositions légales concrètes du droit de l'assurance immobilière sont contenues dans les lois cantonales sur l'assurance immobilière et les ordonnances y relatives ainsi que dans la Loi fédérale sur le contrat d'assurance (Loi sur le contrat d'assurance, LCA), qui ne s'applique, certes, pas aux ECA, mais qui permet en tout cas de tirer des conclusions générales par analogie.

Les lois cantonales sur l'assurance immobilière et les ordonnances y relatives constituent les bases légales premières des MPO immobilières. Certaines de ces lois règlent également les mesures de protection des dommages causés par les éléments naturels. Quelques exemples :

- Dans le canton d'Argovie, une adaptation de l'art. 12 (dommages causés par les éléments naturels) de la loi sur l'assurance immobilière est entrée en vigueur le 01.07.2012. Cette disposition prévoit, dans son alinéa 4, que les propriétaires sont tenus, dans le cadre du principe de proportionnalité, de prendre toute mesure préventive nécessaire et exigible afin de prévenir les dommages assurés causés par les éléments naturels lors de la construction et de l'entretien de leurs bâtiments. Ainsi, l'assurance immobilière peut exiger qu'ils prennent des mesures de prévention adéquates.
- La loi sur l'assurance immobilière du canton de Berne prévoit, dans son art. 11 (refus d'assurer et exclusion) que l'assurance immobilière peut refuser d'assurer un bâtiment, en totalité ou pour certains risques, ou d'exclure un bâtiment de la couverture d'assurance, en totalité ou pour certains risques, dans le cas où celui-ci présenterait des risques de dommage particulièrement élevés. Ceci concerne notamment les bâtiments qui sont particulièrement exposés à un danger naturel et qui ont subi, de façon répétée, un dommage important causé par les éléments naturels. L'alinéa 2 prévoit que l'assureur devra demander au propriétaire immobilier de prendre toute mesure raisonnable afin d'écarter les défauts, moyennant un délai approprié, avant de refuser d'assurer le bâtiment ou de l'exclure de la couverture d'assurance.
- L'article 15 de la loi sur l'assurance immobilière du canton des Grisons du 01.01.2011 prévoit ce qui suit : « L'assurance immobilière peut exiger que les bâtiments concernés en cas de nouvelle construction, de travaux

---

<sup>2</sup> La franchise représente un autre instrument permettant de minimiser le problème du risque moral, en tout cas pour prévenir les dommages de moindre importance. L'assuré qui doit participer directement aux coûts en cas de dommage est incité à prendre des mesures visant à réduire le risque.



d'agrandissement et de transformation importante ainsi qu'en cas de dommage significatif, soient protégés au moyen de mesures appropriées et raisonnables contre les risques probables présentés par les éléments naturels » (GVG, 2011a, art. 15, p. 5). L'ordonnance y relative prévoit quels procédés sont couverts par l'assurance contre les dommages causés par les éléments naturels et quelles parties de bâtiment sont comprises dans la couverture (GVG, 2011b). Enfin, les « recommandations relatives aux projets de construction dans les zones à risque » prévoient que les risques de dommage causé par les éléments naturels dans les zones à risque 2 (zone à risque moindre, zone à risque bleue) ne sont couverts que si les mesures de protection en matière de construction prescrites dans les dispositions applicables ont été prises. Les dispositions s'appliquent selon le type de danger (GVG, 2011c).

- L'art. 19, al. 2 de la loi sur l'assurance immobilière (obligations des assurés) du canton de Schaffhouse prévoit que les assurés doivent prendre toute mesure raisonnable afin de prévenir les dommages et que la commission administrative peut octroyer des subventions dans des cas particuliers justifiés aux fins de prévention des dommages causés par des éléments naturels. L'art. 16, al. 2 de l'ordonnance sur l'assurance immobilière prévoit, en outre, que l'obligation de prévention du dommage inclut l'entretien conforme du bâtiment et le respect des prescriptions de protection incendie applicables. L'entretien conforme du bâtiment inclut également les mesures de protection usuelles contre les risques présentés par les éléments naturels.
- L'art. 34 (obligations de l'assuré) et d'autres articles de la loi sur l'assurance immobilière du canton de Soleure prévoient que l'assuré doit prendre toute mesure raisonnable de prévention des dommages. L'art. 43 de l'ordonnance relative à la loi sur l'assurance immobilière (prévention des dommages causés par les éléments naturels) prévoit, en outre, que l'assurance immobilière peut prendre des décisions visant à prévenir les dommages causés par les éléments naturels. Ce faisant, elle tient compte du principe de proportionnalité et des règles reconnues en matière de construction.

Les bases légales cantonales citées ci-dessus constituent une sélection d'exemples. L'étendue de la réglementation légale des MPO est généralement très différente selon le canton. Du côté des ECA, on a généralement l'intention d'établir des bases juridiques efficaces. La méthode proposée afin de déterminer la rentabilité de MPO est utile aux ECA, indépendamment du fait que les MPO puissent être imposées concrètement ou simplement recommandées. Par ailleurs, on note que les lois cantonales sur l'assurance immobilière et les ordonnances y relatives n'isolent pas leur application, mais au contraire la déploient au regard des constitutions fédérale et cantonale, du droit de l'aménagement du territoire et de la construction ainsi que des ordonnances et dispositions applicables.

### 2.3 Pratique actuelle d'ECA sélectionnés

La publication des deux recommandations concernant la protection d'objet contre les risques naturels gravitationnels et météorologiques a donné un aperçu des mesures pouvant être prises directement sur les bâtiments afin de les rendre plus résistants aux conséquences potentielles de risques naturels. Les recommandations permettent de faire plus facilement un choix cohérent de

mesures et créent une base pour procéder à l'évaluation comparative desdites mesures. La mise en œuvre de ces mesures se fait sur la base de diverses conditions, qui s'appliquent différemment selon les cantons, notamment en ce qui concerne le caractère exécutoire et le financement. La question s'est souvent posée de savoir quelle protection était la plus efficace sur le plan des mesures de protection des objets et laquelle était plus efficace sur le plan des mesures de protection des surfaces. Afin de pouvoir prendre en compte l'expérience faite par les ECA dans le développement de cette méthode, on a d'abord analysé comment les MPO étaient évaluées et mises en œuvre dans les cantons disposant d'une assurance immobilière cantonale.

Une enquête sur la pratique des aides versées à des fins de protection d'objet menée par la commission de protection d'objets (CPO), qui défend les intérêts des assurances immobilières des cantons de Saint-Gall, d'Appenzell Rhodes-Extérieures, de Glaris, de Nidwald, de Zurich, de Lucerne et d'Argovie, a constitué une première base. Les résultats ont été présentés dans un tableau figurant à l'annexe C.

D'autres informations relatives à la protection d'objet ont été collectées à l'occasion d'entretiens structurés avec les représentants des cantons d'Argovie, de Berne, des Grisons, de Glaris, de Zurich, de Saint-Gall et d'Appenzell Rhodes-Extérieures. Un résumé des réponses figure à l'annexe D.

Les résultats de l'enquête réalisée par la CPO et celles de l'enquête réalisée par téléphone montrent que la pratique des divers ECA est très variée. Alors que certains ECA ont beaucoup progressé en ce qui concerne la gestion des MPO sur la base du risque, cette idée a tout juste émergé dans d'autres ECA. Ainsi, il est conseillé de développer une méthode généralement applicable, simple et compréhensible, qui permettra d'évaluer la rentabilité de MPO. Un tel outil peut être très bénéfique pour les ECA dans la mise en œuvre de leurs stratégies de protection d'objet. Étant donné que ces stratégies varient d'une région à l'autre, malgré leurs objectifs comparables, et qu'il existe des différences juridiques considérables, il est prévu que la méthode propose uniquement des bases de décision, sans restreindre la marge de manœuvre des ECA. C'est pourquoi la méthode ici présentée se limite aux critères strictement compréhensibles d'évaluation de la rentabilité des MPO comme bases d'évaluation de l'exigibilité d'une décision ou d'une recommandation adressée au propriétaire de l'objet en danger, qui doit être déterminée par l'ECA.

Le fait que la mise en place de MPO nécessite souvent des efforts considérables pour convaincre le propriétaire et que la rentabilité est un critère de décision généralement reconnu en cas d'investissement parle en faveur de la rentabilité en tant que premier indicateur de l'exigibilité de MPO.

## **2.4 Instruments existants**

### **2.4.1 Recommandations**

Les deux recommandations « Protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels » (Egli, 2005) et « Protection des objets contre les dangers naturels météorologiques » (Egli, 2007) constituent la base principale de planification des MPO. La recommandation concernant les dangers naturels gravitationnels comprend une carte des dangers possible, une sélection des mesures et leur dimensionnement en cas d'avalanches, de crues, de glissements de terrain, de

---

laves torrentielles et de chutes de pierres. La recommandation concernant les dangers naturels météorologiques est structurée de la même façon, mais s'applique aux procédés de vent, de grêle, de pluie et de neige. De nombreux graphiques permettent de développer des formules sur mesure. Les deux publications s'adressent aux ingénieurs, aux architectes et aux autorités en matière de construction.

#### **2.4.2 Normes**

Les conséquences potentielles des dangers naturels sur les constructions sont prises en compte dans certaines normes relatives aux structures porteuses et aux produits de la SIA. Les normes sur les structures porteuses SIA 261, SIA 261/1 (conséquences sur les structures porteuses et constatations complémentaires) contiennent des données relatives aux glissements de terrain, aux laves torrentielles, aux crues, à la pression de la neige et des avalanches, à la grêle, aux chutes de pierres, de blocs ou de glace et au vent. Ces normes ne fixent toutefois que les calculs applicables aux nouveaux bâtiments en cas de vent et de neige. Les calculs concernant les autres dangers naturels évoqués ne sont pas traités avec la même profondeur. Les nouvelles normes de maintenance SIA 269/1 règlent le calcul en cas de vent et de neige sur les bâtiments existants (voir SIA 269/1, p. 9, adaptations possibles aux circonstances locales). Certaines normes de produits SIA mentionnent des dangers naturels, et notamment des normes sur les produits de l'enveloppe du bâtiment en cas de vent, de grêle et de forte pluie ou de pénétration d'eau. Les normes sur les structures porteuses existent depuis 1956 et ont été modifiées plusieurs fois depuis.

Egli et Vanonsen (2010) proposent une bonne vue d'ensemble des normes applicables en Suisse et en Europe en ce qui concerne les conséquences potentielles des dangers naturels.

#### **2.4.3 Registre de protection contre la grêle**

Le registre de protection contre la grêle de l'AEAI est un registre en ligne répertoriant tous les matériaux de construction contrôlés de l'enveloppe du bâtiment et leur résistance à la grêle. Les produits de construction sont répartis dans les classes de matériaux résistants à la grêle 1 – 5, la classe 1 répertoriant les matériaux les moins résistants et la classe 5 les plus résistants. L'accès au registre de protection contre la grêle se fait en cliquant sur le lien [www.hagelregister.ch](http://www.hagelregister.ch).

#### **2.4.4 Guide sur le concept des risques**

Le guide sur le concept des risques (RIKO) est basé sur les publications « Risikoanalysen bei gravitativen Naturgefahren » (Analyse des risques naturels gravitationnels) (Borter, 1999, Borter et Bart, 1999) et sur le guide relatif à la protection des axes de transport (Wilhelm, 1999) tout en complétant la procédure décrite avec la partie sur l'évaluation des risques et sur la planification et l'évaluation des mesures. Le guide est le résultat de la « Stratégie dangers naturels » de PLANAT à l'occasion des plans d'action 2005 – 2008 et 2009 – 2011. Le guide contient et documente les réflexions fondamentales et la méthode de planification basée sur les risques. Il est composé de deux parties : la partie A présente le concept de risque appliqué aux dangers naturels de façon générale et la partie B explique à l'aide d'un exemple la méthode de planification basée sur les risques en cas d'avalanches, de crues, de laves torrentielles, d'éboulement, de glissement de terrain spontané et permanent, de séisme, de tempête, de grêle et de canicule.

### 2.4.5 Outils informatiques destinés à la protection des surfaces

Divers outils informatiques ont été créés sur la base du concept de risque, ces dernières années, avec des finalités différentes. Ces outils informatiques simplifient l'application du concept de risque en pratique et permettent la prise de décisions plus faciles à comprendre. Cet objectif est également poursuivi par la méthode qui a servi de base à l'élaboration de l'outil informatique et qui est exposée ici.

**RiskPlan Online** est le successeur du logiciel RiskPlan, un outil de calcul et de gestion visant à évaluer les risques dans des champs d'application géographiques définis et à déterminer l'efficacité des coûts engagés pour mettre en place des mesures de protection. RiskPlan Online fonctionne sur la base d'une vue d'ensemble et permet également de comparer les risques techniques et / ou sociaux présentés par les dangers naturels. L'accès à RiskPlan Online se fait en cliquant sur le lien [www.riskplan.admin.ch](http://www.riskplan.admin.ch).

**EconoMe** est un instrument de calcul en ligne visant à déterminer l'efficacité et la rentabilité de projets individuels en matière de protection des surfaces. Il sert en premier lieu d'aide à l'évaluation des projets et à la répartition des moyens octroyés par les autorités compétentes à titre de subventions. EconoMe permet de réaliser une analyse des risques quantitative basée sur des valeurs moyennes et des hypothèses simplifiées, une estimation des risques ainsi qu'une évaluation des mesures de protection sur la base du rapport coûts-utilité. L'accès à EconoMe se fait en cliquant sur le lien [www.econome.admin.ch](http://www.econome.admin.ch).

**EconoMe-Develop** est une plate-forme de recherche et de développement pour EconoMe, qui répond à tous les objectifs du concept de risque à l'aide d'un instrument de calcul complet. EconoMe-Develop est structuré de façon similaire à EconoMe, avec toutefois une fonction étendue permettant de traiter tous les procédés tels que avalanches, laves torrentielles, crues, chutes, glissements de terrain, séismes, tempêtes, grêle et canicule, conformément au guide RIKO. L'accès à EconoMe-Develop se fait en cliquant sur le lien [www.econome-develop.admin.ch](http://www.econome-develop.admin.ch).

**EconoMe-Railway** se base sur EconoMe et a été formulé sur mesure selon les besoins des entreprises de chemin de fer (par ex. CFF). EconoMe-Railway permet de prendre en compte les sinistres typiques causés aux entreprises de chemin de fer et d'intégrer également les coûts liés à l'exploitation dans l'analyse des risques. L'accès à EconoMe-Railway se fait en cliquant sur le lien [www.econome.ch/eco\\_rail](http://www.econome.ch/eco_rail).

**RoadRisk** est une plate-forme de calcul en ligne visant à déterminer les risques sur le réseau des routes nationales suisses. Le concept de risque «Dangers naturels à proximité des routes nationales» de l'OFROU constitue la base méthodique. L'accès se fait en cliquant sur le lien [www.roadrisk.admin.ch](http://www.roadrisk.admin.ch).

### 2.4.6 Outils informatiques destinés à la protection des objets

Le « module d'analyse de la vulnérabilité des bâtiments en cas d'inondation et de réduction des risques », abrégé HWV-Tool (en allemand vulnérabilité du bâtiment à l'eau), propose une méthode de détermination de la vulnérabilité de bâtiments allant des petites constructions à l'immeuble de trois appartements en passant par la maison individuelle, y compris le garage (pouvant contenir jusqu'à deux véhicules). Il peut être utilisé en cas d'inondation statique ou dynamique avec faible vitesse du courant ( $v < 1 \text{ m/s}$ ). L'étendue du dommage calculé est limitée à deux étages. L'outil se compose d'un rapport de méthode (Leroi et al. 2011) et d'un

---

outil Excel, à partir duquel les calculs sont réalisés. Il a été présenté par différentes personnes lors d'un atelier qui a eu lieu le 28.10.2011 et a été évalué par des membres du consortium du présent projet quant à la pertinence de sa prise en compte dans ledit projet. Étant donné que l'outil HWV-Tool est incomplet et qu'il ne fera l'objet d'aucun autre développement ni d'aucune maintenance, Prevent-Building ne peut pas se baser dessus.

Un tableau de calcul simple (Microsoft Excel®) a été créé par les assurances immobilières de Zurich et d'Argovie (GVZ-AGV-Tool). Cet outil simple permet de comparer la réduction du risque et les coûts d'une mesure à partir de la différence des risques avec et sans MPO, dans divers scénarios pouvant être définis par l'utilisateur. Des estimations simples de la rentabilité des MPO sont ainsi possibles.

## **2.5 Conséquences pour le développement de la méthode**

La pratique des différents ECA étant variée en ce qui concerne les MPO, on a besoin d'une méthode d'évaluation de la rentabilité qui présente simplement et de façon compréhensible le rapport coûts-utilité des MPO. Il doit être ainsi possible non seulement de réaliser une première appréciation approximative de la rentabilité moyennant des coûts relativement réduits mais aussi de conduire une analyse détaillée.

Le concept de risque offre une bonne base d'évaluation de la rentabilité. Quelques expériences ont déjà été faites dans l'application du concept de risque à la protection des surfaces et il existe déjà certains instruments pratiques (voir plus haut). La bonne expérience faite avec les différents outils informatiques dans le domaine de la protection des surfaces permet d'envisager le développement d'un outil similaire, quoique plus simple, afin d'évaluer la rentabilité dans le domaine de la protection des objets. Il convient néanmoins de veiller à ce que les résultats soient comparables avec ceux de la protection des surfaces.

# **3 Évaluation de l'efficacité et de la rentabilité**

Les paragraphes suivants décrivent la méthode d'évaluation de la rentabilité des mesures de protection des objets. La méthode présentée ici entre en ligne de compte dès lors qu'un ECA a constaté la nécessité d'une protection des objets. Les réflexions d'ordre supérieur concernant la gestion intégrale des risques et la répartition des tâches entre les autorités cantonales compétentes en matière de dangers naturels (forêt, génie hydraulique, aménagement du territoire), l'assurance immobilière cantonale et les autorités communales ne sont pas concernées par cette méthode.

### 3.1 Concept

La méthode se base en principe sur le concept général de risque, qui est expliqué dans le guide relatif au concept de risque de la PLANAT (Bründl, 2009). Elle est décrite par étapes dans les paragraphes suivants, en s'appuyant sur ledit concept de risque (illustration 1).

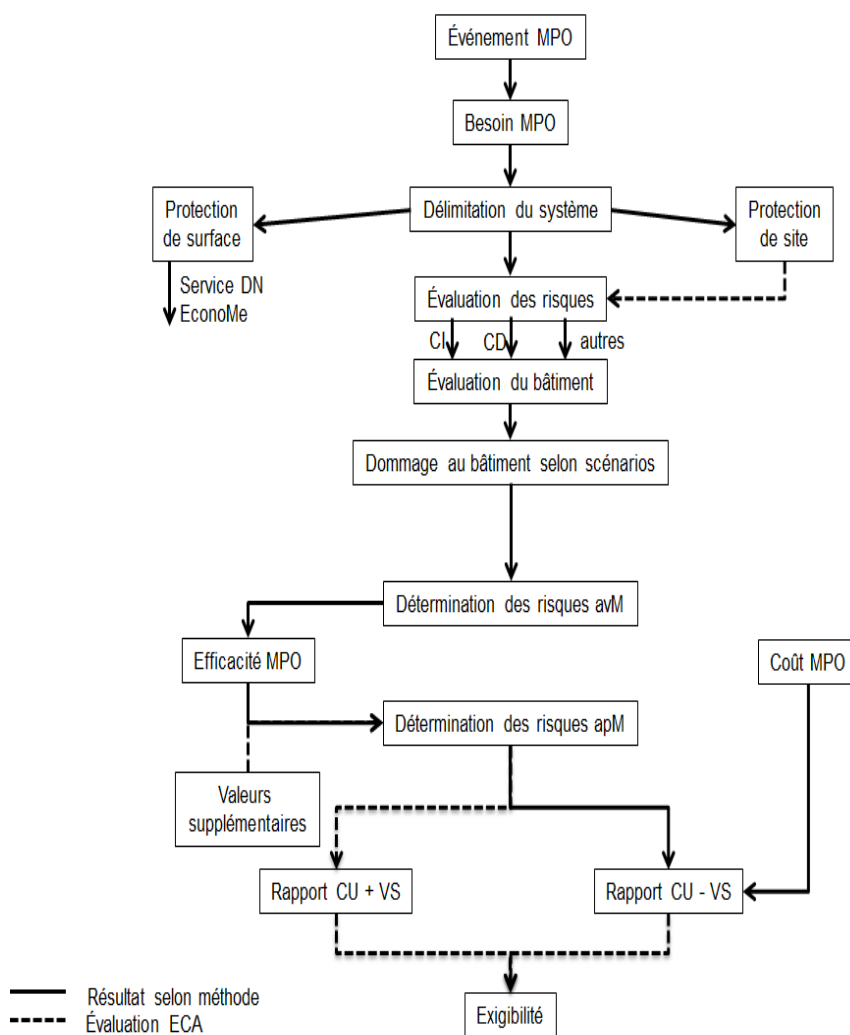


Illustration 1 : représentation schématique de la marche à suivre proposée par Prevent-Building. CI = carte des intensités, CD = carte des dangers, avM = avant mesure, apM = après mesure, MPO = mesure de protection des objets, CU= coûts-utilité, +/- VS= avec / sans valeurs menacées supplémentaires.

### 3.2 Enquête préalable

Diverses enquêtes préalables visant à délimiter le système doivent être réalisées au début de toute planification ou de toute évaluation de mesures de protection des objets. On doit, dans un premier temps, clarifier les raisons pour lesquelles la MPO prévue doit être mise en place. Ensuite, il convient notamment de répondre aux questions suivantes :

- Dans quelle zone de danger les nouveaux bâtiments ou les bâtiments existants se trouvent-ils ?
- Y a-t-il déjà eu des sinistres par le passé ?
- Quels procédés sont à l'origine des sinistres potentiels ?
- Quelle est la fréquence et l'étendue des sinistres ?
- À quels endroits du bâtiment (ou des parties du bâtiment concerné) les sinistres ont-ils été causés ?
- D'autres bâtiments avoisinants ont-ils également été touchés ?
- Si plusieurs bâtiments ont été touchés, il convient de déterminer, en collaboration avec les autorités communales et cantonales si une protection des surfaces ou du site, éventuellement, n'est pas plus appropriée qu'une MPO. Si l'on opte pour une protection des surfaces, la responsabilité incombe alors aux pouvoirs publics (avec une éventuelle participation financière des usagers privés). Dans le cas d'une protection de site, la responsabilité incombe aux propriétaires des immeubles.
- On doit tout d'abord déterminer si les procédés en cause dans l'exposition au danger des bâtiments à protéger mettent en danger des personnes. Puis, la réflexion doit inclure la valeur assurée et la valeur du marché du ou des bâtiments, de même que leur durée de vie restante.

### **3.3 Délimitation du système**

Ensuite, l'objet (système) étudié doit être clairement délimité en répondant aux questions suivantes :

- À quels dangers l'objet est-il exposé ?
- Quelles parties du bâtiment, quels biens matériels et quelles personnes sont pris en compte dans le cas du bâtiment exposé au danger ?
- Contre quels procédés (scénarios et périodicité déterminée) le bâtiment doit-il être protégé ?
- Quels aspects ne doivent pas être pris en compte ?

### **3.4 Évaluation des risques**

Afin de planifier et de mettre en œuvre correctement les mesures de protection des objets, les conséquences potentielles du danger sur l'objet doivent être identifiées de façon la plus détaillée possible. Pour pouvoir répondre aux questions nécessaires qui se posent concernant le dimensionnement de la protection des objets, une carte des dangers doit être établie pour toute la région (ensemble d'habitations), incluant toutes les cartes des dangers présentés par les procédés et, encore mieux, les cartes des intensités de chaque procédé. Dans le cas où il n'existerait que des cartes d'indication des dangers concernant les bâtiments situés à l'extérieur de la zone de construction, les intensités des procédés devraient être établies sur place. La précision des cartes d'indication n'est pas suffisante pour le dimensionnement des mesures de protection des objets.

Les niveaux de danger indiqués sur les cartes des dangers sont fondés sur les deux paramètres « intensité » et « probabilité d'occurrence » ; ils sont présentés dans le graphique sur les niveaux de danger (matrice à neuf champs).

La définition des niveaux d'intensité individuels dans les différents procédés peut être établie sur la base du Tableau 1. Dans le cas où les différents types de danger ne seraient pas référencés sur la carte des dangers par les indices de la matrice à neuf champs, cette base ne pourrait pas être utilisée comme base de mesure pour la PO. La modélisation de procédés constitue la base la plus fréquente des cartes des dangers modernes, qui montrent les paramètres d'intensité (voir tableau 1) de profil ou sous forme de plan.

La relation entre les cartes des intensités et les cartes des dangers apparaît dans l'illustration 2. Détails des divers procédés naturels dangereux et autres procédés.

### 3.4.1 Crue

On fait ici la distinction entre l'inondation dynamique et l'inondation statique.

**Inondation dynamique** : toute rivière et tout ruisseau ont leur propre comportement en matière de débit d'eau et de transport d'alluvions, qui dépendent de leur bassin, des données géologiques, du charriage potentiel dans ce bassin, de l'intensité et de la durée des précipitations. On peut avoir affaire à des coulées de boue, à un transport d'eau avec charriage de fond ou à un simple écoulement des eaux selon le cours d'eau. Les corrections et les ponts artificiels construits par l'homme sont les premières sources de complication lors de procédés dynamiques impliquant les eaux. Ils constituent souvent des points de rétrécissement ou des points faibles, autrement dit des points d'obstruction du lit. C'est pourquoi l'évaluation des dangers présentés par les procédés dynamiques impliquant les eaux inclue toujours une évaluation des points faibles en fonction des scénarios. Cette évaluation doit être contenue dans le rapport technique de la carte des dangers. La représentation sous forme de carte des intensités et des dangers se fait de la même façon pour les autres procédés. Les intensités sont tirées de ces bases (voir Illustration 2 et Tableau 1).

L'**inondation statique** causée par les eaux d'un lac ou d'un cours d'eau lent en crue dépend essentiellement de l'intensité et de la durée des précipitations dans le bassin ainsi que des antécédents (niveau de l'eau). Le régime d'affluence et de débit des eaux détermine leur montée. La représentation sous forme de carte des intensités et des dangers se fait de la même façon pour les autres procédés, sur la base du niveau d'inondation potentiel. Il est fréquent qu'il existe une périodicité en ce qui concerne l'évolution du niveau d'eau d'un lac. Les intensités sont tirées de ces bases (voir Illustration 2 et Tableau 1). En revanche, il n'est pas rare que les cartes des inondations d'un cours d'eau d'une certaine taille ne puissent être établies qu'à partir de modélisations 2D et 3D. Les eaux souterraines affleurantes ne sont pas prises en compte dans l'évaluation des dangers.

Les bases suivantes peuvent servir à l'évaluation d'un danger pesant sur un objet individuel :

- Carte des dangers Inondation (débit de crue HQ30, HQ100, HQ300)
- Carte d'indication des dangers Eau superficielle
- Cadastre des catastrophes naturelles
- Expérience de l'assurance immobilière en matière de sinistre
- Expériences / souvenirs des habitants du lieu
- Information des communes / cantons concernant les mesures de protection des surfaces planifiées



Les sinistres peuvent être causés par les catastrophes naturelles suivantes :

- Débit de crue au-dessus du sol selon la périodicité du scénario [cm]
- Humidité [-]
- Obstruction [-]
- Pression hydrostatique [kN/m<sup>2</sup>]
- Pression hydrodynamique [kN/m<sup>2</sup>]

Les scénarios retenus sont ceux impliquant une catastrophe naturelle survenant tous les 30 ans, 100 ans ou 300 ans ainsi qu'un débit de crue extrême (EHQ, événement apparaissant tous les 1000 ans). La prise en compte des EHQ est importante, notamment dans le cas d'objets spéciaux tels que ceux destinés au sauvetage.

### 3.4.2 Chute

En cas de risque de chute de pierres ou de blocs, les procédés d'éboulement saisis vont de la chute de pierres individuelles d'une arête inférieure à 0,5 m à la chute de blocs d'une arête de plusieurs mètres. Les éboulements et écroulements similaires à des avalanches sont généralement indiqués comme dangers résiduels (rayures blanches et jaunes) sur les cartes des dangers, en raison de leur caractère exceptionnel, qui présentent une très grande intensité dans toute la région touchée. L'étendue peut être évaluée sur la base de la pente globale ou à l'aide de modèles physiques.

Les cartes des dangers et des intensités permettent de déterminer les énergies impliquées dans le dommage causé à un objet. L'illustration 2 montre le rapport entre les cartes des intensités et les cartes des dangers. À défaut de carte des intensités, il est également possible de déterminer l'intensité et la fréquence d'une catastrophe naturelle à partir des indices mentionnés ci-dessus sur une carte des dangers. Les cartes des dangers indexées suffisent pour dimensionner les MPO.

Les bases suivantes peuvent servir à évaluer un danger pesant sur un objet individuel :

- Carte des dangers
- Cadastre des catastrophes naturelles
- Expérience de l'assurance immobilière en matière de sinistre
- Expériences / souvenirs des habitants du lieu
- Information des communes / du canton concernant les mesures de protection des surfaces planifiées

Les conséquences dommageables résultent de l'énergie des pierres ou des blocs de pierres (donnée en kJ) dans les divers scénarios.

Les scénarios généralement retenus sont ceux impliquant une catastrophe naturelle survenant tous les 10 ans, les 30 ans, les 100 ans et en partie tous les 300 ans.

### 3.4.3 Avalanche

Les procédés d'avalanche et de glissement de neige sont définis à partir de méthodes comparables à celles des autres procédés. Outre les avalanches poudreuses et les avalanches coulantes, sont indiqués également les procédés de glissement de neige.

À côté du cadastre des catastrophes naturelles et des études de terrain, les calculs relatifs à la dynamique des avalanches visant à déterminer leur intensité (pression, vitesse et volume débité)

sont également importants dans l'évaluation. La représentation sous forme de carte des intensités et des dangers se fait de la même façon pour les autres procédés. Les intensités sont tirées de ces bases (voir Illustration 2 et Tableau 1).

Les bases suivantes peuvent servir à évaluer un danger pesant sur un objet individuel :

- Carte des dangers
- Cadastre des catastrophes naturelles
- Expérience de l'assurance immobilière en matière de sinistre
- Expériences / souvenirs des habitants du lieu
- Information des communes / du canton concernant les mesures de protection globale planifiées

Les conséquences dommageables résultent de la pression exercée par l'avalanche sur l'enveloppe du bâtiment (unité de mesure kPa) dans les divers scénarios.

Les scénarios généralement retenus sont ceux impliquant un événement survenant tous les 30 ans, les 100 ans et les 300 ans.

#### **3.4.4 Coulée de terre**

Les coulées de terre ne figurent souvent pas sur les anciennes cartes des dangers. La prise en compte des anciennes catastrophes naturelles, la documentation des traces (témoins muets), la déclivité, les facteurs d'influence géologiques ou humains potentiels et le type de matériau meuble recouvrant un versant, qui sont mentionnés sur les nouvelles cartes sont déterminants pour l'évaluation. Les coulées de terre sont généralement causées par des glissements spontanés. Lorsqu'un volume important d'eau se mêle à la masse glissante dans la zone d'apparition ou de transit du procédé, cette dernière peut se fluidifier et dévaler dans la vallée, parfois à grande vitesse. Les conséquences du procédé sont alors comparables à celles d'une coulée de boue dans un chenal. C'est non seulement la hauteur de la coulée qui doit être prise en compte, mais également sa vitesse. La classification sur les cartes des intensités et des dangers se fait de la même façon pour les procédés d'éboulement et de coulée de boue. Les intensités sont tirées de ces bases (Illustration 2 et Tableau 1).

- Carte des dangers
- Cadastre des catastrophes naturelles
- Expérience de l'assurance immobilière en matière de sinistre
- Expériences / souvenirs des habitants du lieu
- Information des communes / du canton concernant les mesures de protection des surfaces planifiées

Les conséquences dommageables résultent de la pression exercée par la coulée de terre sur l'enveloppe du bâtiment (unité de mesure kPa) dans les divers scénarios.

Les scénarios généralement retenus sont ceux impliquant un événement survenant tous les 30 ans, les 100 ans et les 300 ans.

#### **3.4.5 Glissement**

Le procédé de glissement comprend deux sous-catégories : les glissements permanents et les glissements spontanés (voir Illustration 2). Les procédés peuvent se recouper.

En principe, les dommages causés par des procédés de glissement auxquels les objets sont exposés continuellement ne sont pas assurés par les assurances immobilières. Ce serait toutefois une erreur de ne pas analyser ce procédé sur la base de ce critère d'exclusion. En effet, la topographie du lieu à l'origine des glissements permanents révèle généralement une forte déclivité, qui peut également provoquer des glissements spontanés. En outre, il est également possible que les glissements permanents soient provoqués à grande échelle par des événements météorologiques rares, souvent associés à la fonte des neiges (par ex. le printemps suivant l'hiver 1999, qui a connu de nombreuses avalanches, les intempéries de 2005, etc.). Les modèles des types de procédés de glissement possibles (mouvement de translation ou de rotation) de même que leur profondeur doivent être représentés au cours du processus d'établissement d'une carte des dangers. Les événements qui en sont à l'origine, décrits sous la forme de scénarios, sont présentés dans le rapport technique relatif à la carte des dangers.

L'illustration 2 présente la façon dont il faut lire les intensités sur la carte des dangers. Il n'y a pas de périodicité en ce qui concerne les glissements permanents, on applique pour cela toutefois le potentiel de réapparition, dans la mesure où il est attesté, afin de classer les dangers. Pour ce qui est des glissements spontanés, on peut écarter la périodicité, à l'instar des autres procédés, et établir ainsi des cartes des intensités.

Les bases suivantes peuvent servir à évaluer un danger pesant sur un objet individuel :

- Carte des dangers
- Cadastre des catastrophes naturelles
- Expérience de l'assurance immobilière en matière de sinistre
- Expériences / souvenirs des habitants du lieu
- Information des communes / du canton concernant les mesures de protection globale planifiées

La classification des glissements se fait à partir de l'importance des mouvements par unité de temps, par ex. mètres par jour ou par année. Celle-ci est cependant difficile à déterminer quant aux bâtiments individuels. Elle doit donc être déterminée individuellement.

Les scénarios généralement retenus dans le procédé de glissement spontané sont ceux ayant une périodicité de 30 ans, de 100 ans ou de 300 ans. Aucune périodicité n'est définie pour les glissements permanents.

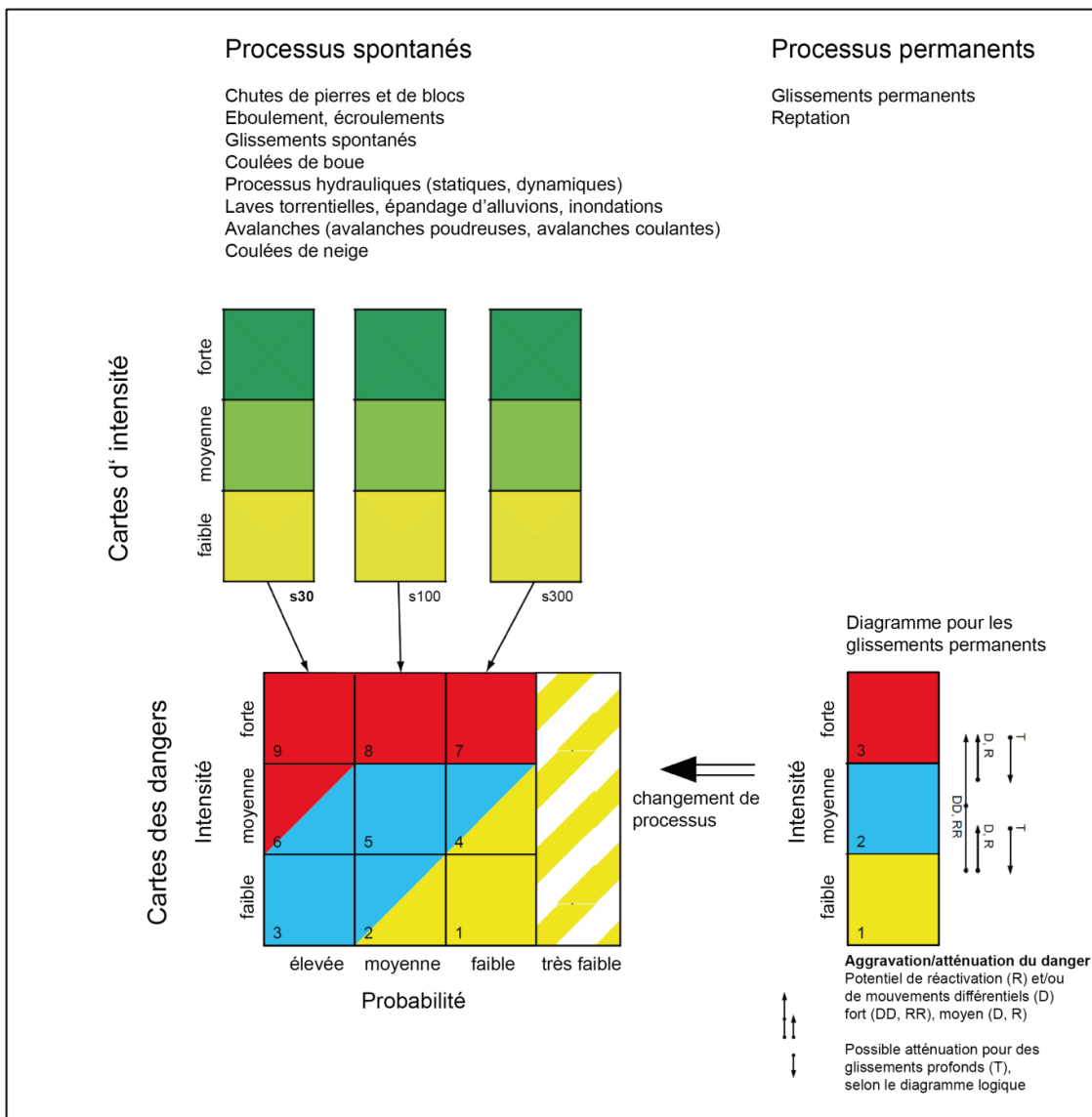


Illustration 2 : connexion entre les cartes des intensités et les cartes des dangers, d'une part, et les procédés spontanés et continus d'autre part (source : OFEV, groupe de travail dangers naturels).

La définition des intensités des procédés et de leurs conséquences dommageables figure dans le Tableau 1. Il manque toutefois les hauteurs de ressaut en cas d'éboulement sur les cartes des dangers, qui sont également très importantes pour évaluer les mesures de protection. Elles ne peuvent généralement être déterminées qu'à partir d'une modélisation informatisée.

Tableau 1 : définition des niveaux d'intensité (exemple du canton de Lucerne). L'EA reprend les valeurs de référence figurant dans les ordonnances ou les recommandations cantonales applicables. En l'absence de paramètres cantonaux, ce sont les valeurs de l'OFEV qui s'appliquent.

Procédé	Intensité faible	Intensité moyenne	Intensité forte
Avalanches	$P \leq 3 \text{ kN/m}^2$	$3 \text{ kN/m}^2 < P < 30 \text{ kN/m}^2$	$P > 30 \text{ kN/m}^2$
Inondation y compris épandage d'alluvions	$h < 0,5 \text{ m}$ <i>ou</i> $v \cdot h < 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$	$0,5 \text{ m} < h < 2 \text{ m}$ <i>ou</i> $0,5 < v \cdot h < 2 \text{ m}^2/\text{s}$	$h > 2 \text{ m}$ <i>ou</i> $v \cdot h > 2 \text{ m}^2/\text{s}$
Érosion des berges	$d < 0,5 \text{ m}$	$0,5 \text{ m} < d < 2 \text{ m}$	$d > 2 \text{ m}$
Lave torrentielle et coulée de terre	$h < 0,5 \text{ m et}$ $v < 1 \text{ m/s et}$ $V < 500 \text{ m}^3$	$h < 1 \text{ m et}$ $v < 1 \text{ m/s et}$ indépendamment de V	$h > 1 \text{ m et}$ $v > 1 \text{ m/s et}$ indépendamment de V
Chute de pierres et de blocs	$E < 30 \text{ kJ}$	$30 \text{ kJ} < E < 300 \text{ kJ}$	$E > 300 \text{ kJ}$
Éboulement	ne se produit pas	ne se produit pas	$E > 300 \text{ kJ}$
Glissement permanent, subsidence	$v < \text{env. } 2 \text{ cm / année}$	$2 \text{ cm / année} < v <$ $1 \text{ dm / année}$	$v > 1 \text{ dm / année}$ ou forts mouvements différentiels
Glissement spontané, effondrement de berge	$d < 0,5 \text{ m et}$ $l < 1 \text{ m}$	$0,5 \text{ m} < d < 2 \text{ m}$ <i>ou</i> $d < 0,5 \text{ m et}$ $l > 1 \text{ m}$	$d > 2 \text{ m}$
Effondrement	En présence de dolines, il convient de mener des enquêtes complémentaires d'entente avec le domaine spécialisé dans les dangers naturels.		

P	=	pression
d	=	puissance moyenne de la corrosion (mesurée de façon verticale par rapport à la surface du talus)
h	=	hauteur du dépôt ou de la terre battante
v	=	vitesse de la terre battante
V	=	volume
E	=	énergie

### 3.4.6 Tempête

Les types de vent suivants peuvent endommager les bâtiments en Suisse : tempêtes hivernales, bise, föhn, orages et tornades. Des rafales de vent peuvent avoir lieu dans tous ces cas, dont la vitesse peut être deux fois supérieure à la vitesse moyenne du vent. La vitesse moyenne du vent est mesurée sur une durée de dix minutes. La force du vent est généralement classifiée selon l'échelle de Beaufort. Les vitesses de vent indiquées sur cette échelle correspondent à la moyenne mesurée du vent sur une durée de dix minutes et non pas à la vitesse des rafales. Ce sont toutefois généralement les rafales qui sont à l'origine des dégâts, du fait qu'elles déploient les forces les plus importantes.

La pression dynamique de référence constitue la base de la mesure du vent contre les bâtiments [ $\text{kN/m}^2$ ] (Illustration 3). Elle est représentée sur la carte du vent de la norme SIA 261 et repose sur la mesure des rafales et des directions comme sur les simulations numériques. Y figurent les vitesses de pointe et la pression dynamique en résultant des 50 dernières années. Contrairement aux dangers naturels gravitationnels, le danger représenté par une tempête est global, c'est-à-dire que tous les bâtiments sont concernés.

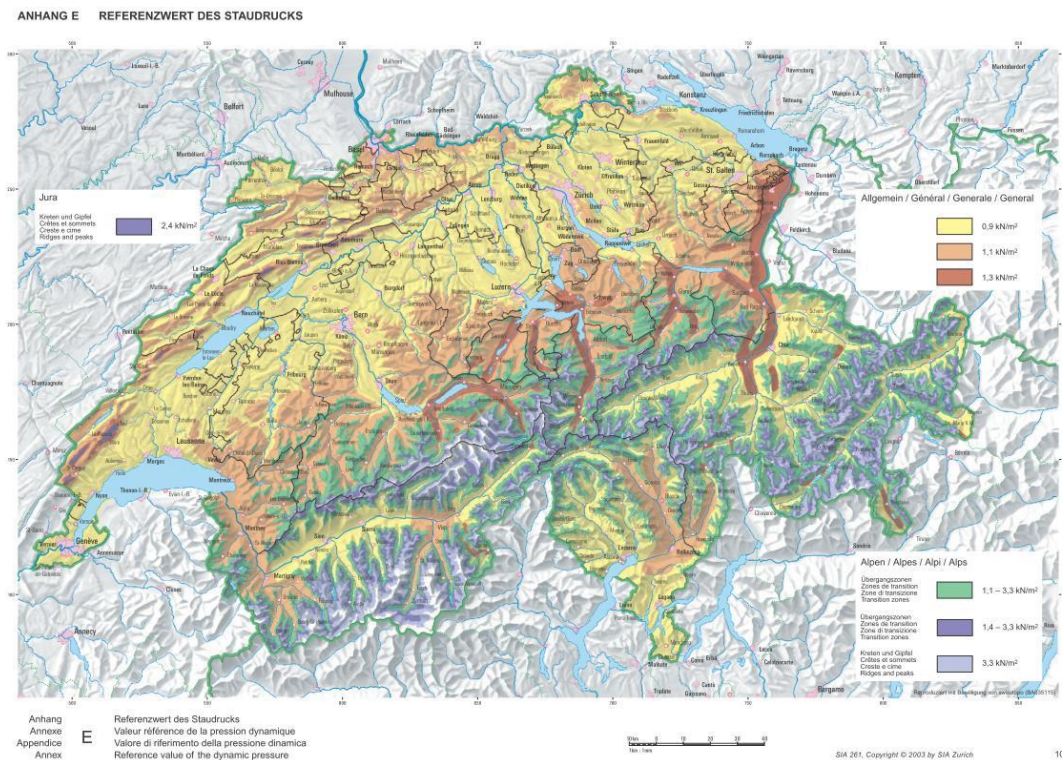


Illustration 3 : carte des valeurs de référence applicables à la pression dynamique pour le procédé de tempête. Source : SIA 261.

Une tempête assurée selon la définition de l'UIR se produit dans les cas suivants :

- Des arbres sains ou une pluralité de bâtiments situés à proximité de l'objet endommagé, construits et entretenus de façon conforme, ont été considérablement endommagés (en particulier des toits ont été découverts totalement ou en partie) (dommages dits collectifs) ; ou
- la vitesse du vent mesurée est d'au moins 63 km / h (moyenne de dix minutes) (8 sur l'échelle de Beaufort) ; ou
- la vitesse de pointe des rafales mesurée atteint au moins 100 km / h.

Les bases suivantes peuvent servir à évaluer un danger pesant sur un objet individuel :

- SIA 261.
- Rapport AEAI « Protection des toits et des façades contre les dommages dus au vent »
- Données statistiques de MétéoSuisse relatives au vent

- Expérience de l'assurance immobilière en matière de dommages causés à des endroits particulièrement exposés.

Les conséquences dommageables sont classifiées sur la base de la pression ou de l'aspiration du vent (unité : kPa).

Le scénario appliqué est celui du vent d'une périodicité de 50 ans selon SIA 261. En outre, des scénarios plus fréquents ou plus rares ressortent du rapport de travail n°219 de MétéoSuisse (Ceppi et al., 2008). Des valeurs climatologiques maximales relatives aux rafales de vent ont été définies à partir des valeurs extrêmes des vitesses de vent maximales mesurées quotidiennement sur une durée d'une seconde dans 55 stations en Suisse entre 1981 et 2007. Les vitesses des rafales ont été évaluées sur la base d'une périodicité allant de 0,5 à 200 ans.

### 3.4.7 Grêle

La grêle survient dans environ 10 % des orages. La forme et la taille des grêlons, de même que le type et l'intensité des dommages causés par la grêle dépendent du climat, de la topographie et du vent. Des données historiques ont été analysées afin d'évaluer les intensités auxquelles on doit s'attendre. L'intensité est associée à la taille des grêlons (de 1 à 4 cm de diamètre), qui libèrent une certaine énergie au moment de l'impact [kJ]. Les cartes des intensités présentent des scénarios d'une périodicité de 5 ans, de 10 ans, de 20 ans, de 50 ans, de 100 ans et de 300 ans (Illustration 4). À l'instar de la tempête, le danger représenté par la grêle est d'ordre global.

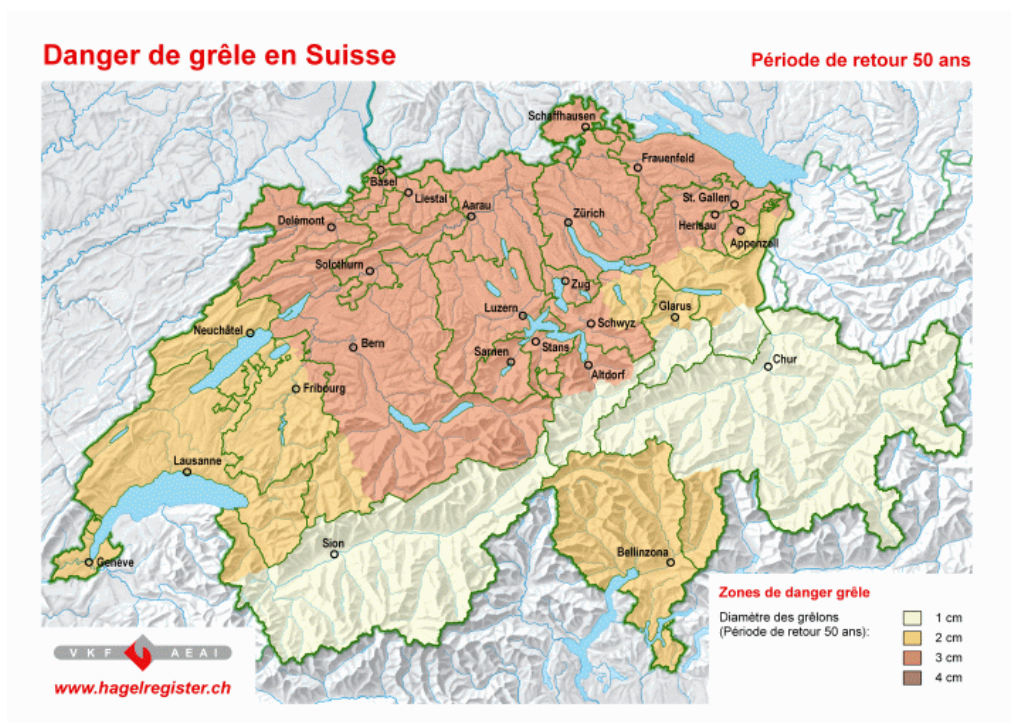


Illustration 4 : carte des zones exposées à la grêle pour la période de récurrence de 50 ans.  
Source : AEAI.



Les bases suivantes peuvent servir à évaluer un danger pesant sur un objet individuel :

- Registre de protection contre la grêle de l'AEAI
- Rapport de synthèse de l'AEAI : registre de protection élémentaire contre la grêle

Les conséquences dommageables sont définies sur la base de l'énergie libérée par le grêlon (unité kJ). La distinction entre les scénarios repose sur les différents diamètres des grêlons.

On fait généralement la distinction entre les scénarios impliquant un événement survenant tous les 20 ans, les 50 ans, les 100 ans et les 300 ans.

### 3.5 Évaluation des bâtiments (analyse d'exposition) et détermination du dommage dans l'état initial

Les bâtiments potentiellement exposés au danger en raison de leur situation, de leur type, de leur utilisation ou de leur valeur sont décrits de façon quantitative lors de cette étape. L'évaluation des parties assurées du bâtiment se fait sur la base de la valeur à neuf. La valeur à neuf des pièces individuelles doit, dans la mesure du possible, être quantifiée en se fondant sur l'estimation des bâtiments par étage concerné ainsi qu'à l'aide des données relatives à la surface et au volume.

La détermination du dommage potentiel par scénario se fait par l'estimateur à l'aide d'un formulaire de dommage fourni par l'ECA. On doit toutefois laisser suffisamment de place pour permettre à l'utilisateur d'appliquer ses propres critères. L'estimateur ou l'ECA doivent également se baser sur leurs propres expériences.

Le dommage occasionné dans le scénario de référence doit être estimé à partir des documents / enquêtes existants. Le résultat global dépend en grande partie de cette estimation, étant donné que les scénarios se réalisant fréquemment peuvent fortement influencer sur le risque global.

#### 3.5.1 Crue / eau superficielle

Dans le cas du procédé de crue, ce sont avant tout les entrées du bâtiment et les étages / pièces concernés qui sont évalués quant à leur endommagement potentiel.

#### Évaluation des caractéristiques du bâtiment

Type de bâtiment	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faible hauteur du seuil d'entrée dans le bâtiment au-dessus du sol (portes, fenêtres)</li> <li>• Existence de caves (fenêtres, soupiraux) ou de sous-sols situés en dessous du niveau maximum du terrain</li> <li>• Faible hauteur du rez-de-chaussée au-dessus du sol</li> <li>• Sécurité faible quant à la portance du bâtiment</li> <li>• Imperméabilité insuffisante de la construction à l'humidité du sol, à l'eau superficielle et à l'eau sous pression ; joints non étanches</li> </ul>
Applications	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Applications essentielles dans les parties de bâtiments exposées au risque d'inondation telles que les bureaux, les centres de calcul, les installations de services, les pièces à vivre, les salles de production et les dépôts, etc.</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les installations intégrées dans les parties de bâtiments exposés à un risque de crue, qui ne peuvent pas ou très difficilement en être séparées.</li> <li>• Entreposage de matériau polluant l'eau dans des parties du bâtiment exposées au risque de crue</li> </ul>
Matériaux de construction	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matériaux de construction et d'aménagement sensibles à l'eau dans des parties du bâtiment exposées au risque de crue (murs extérieurs, caves [murs ou sols], toit)</li> </ul>
Dispositifs d'adduction	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les dispositifs d'adduction et d'élimination ne sont pas installés de façon adaptée contre les crues (eau, eaux usées [canalisation], électricité, communication, chauffage, climat, etc.)</li> </ul>
Mise en garde et dispositifs de protection	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de délai d'alerte ou délai d'alerte trop court</li> <li>• Pas de possibilité de verrouiller les ouvertures, les clapets anti-retour, etc.</li> </ul>

Établi sur la base du BBR 2010

En plus des ouvertures, on évalue également les espaces intérieurs. À cette fin, le bâtiment est divisé par unités spatiales et par étages. De cette façon, on peut évaluer quelles pièces et / ou quels étages sont concernés. Les dommages peuvent être causés au bâtiment (substance de construction) lui-même, aux installations fixes (chauffage, etc.) et aux installations mobiles (meubles, etc.).

### Détermination du dommage

La plupart du temps, ce sont uniquement les parties proches du sol d'un bâtiment qui sont touchées. Il est déterminant de savoir si l'eau peut s'infiltrer ou non dans le bâtiment. Les affaissements latéraux peuvent également occasionner des dommages importants à la structure, voire occasionner un dommage total. Les dommages causés par une inondation se situent principalement au niveau des caves et du rez-de-chaussée, et éventuellement au premier étage. La gravité du dommage dépend, en outre, de la durée de l'inondation et du processus de séchage. D'expérience, on sait que les frais de séchage représentent une grande partie des frais totaux. Les autres éléments principaux du dommage concernent notamment les travaux de nettoyage, les installations techniques du bâtiment (chauffage, aération, etc.), les travaux de menuiserie (parquets, portes, cuisines, etc.) ou les chapes. Une estimation détaillée du dommage doit être réalisée par l'estimateur.

Les valeurs figurent dans le dossier d'assurance ou peuvent être estimées à partir des valeurs connues par m<sup>3</sup>. Il est également possible de se servir (de façon limitée) de l'outil HWV-Tool (en allemand vulnérabilité du bâtiment à l'eau). Il s'agit d'un module d'analyse de la vulnérabilité des bâtiments en cas d'inondation et de réduction des risques. L'utilisation de cet outil est toutefois limitée à certains bâtiments et concerne les maisons individuelles et les immeubles de trois appartements au plus avec garage. L'étendue du dommage calculé est limitée à deux étages. Cet outil réalise une estimation du coût des mesures et des parties de bâtiments de même que d'autres données entrant dans le calcul des coûts, qui peuvent être utilisées comme références pour estimer le dommage de façon détaillée.

### 3.5.2 Chute, avalanche, coulée de terre, lave torrentielle, glissement de terrain

En cas de chute, ce sont avant tout la structure porteuse et les points d'entrée qui sont déterminants.

#### Evaluation des caractéristiques du bâtiment en cas de chute

Type de bâtiment	<ul style="list-style-type: none"> <li>Point d'entrée du côté montagneux</li> <li>Enveloppe vulnérable du bâtiment (en particulier le toit)</li> </ul>
Applications	<ul style="list-style-type: none"> <li>Applications essentielles aux parties de bâtiments exposées au risque de chute et fortement fréquentées (bureaux ou pièces à vivre) ainsi qu'aux centres de calcul, aux installations de services, aux salles de production et aux dépôts, etc.</li> </ul>
Structure porteuse	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bâtiment dont la structure porteuse n'a pas suffisamment été mesurée et n'est pas pourvue d'une couche d'amortissement</li> </ul>
Matériaux de construction	<ul style="list-style-type: none"> <li>Matériaux de construction et d'aménagement sensibles à la pression dans les parties du bâtiment exposées au danger</li> </ul>

Dans les procédés d'avalanche, de coulée de terre (glissement spontané) et de lave torrentielle, la structure porteuse et les points d'entrée sont également déterminants.

#### Évaluation des caractéristiques du bâtiment en cas d'avalanche, de coulée de terre ou de lave torrentielle

Type de bâtiment	<ul style="list-style-type: none"> <li>Faible hauteur du seuil d'entrée dans le bâtiment au-dessus du sol</li> <li>Existence de caves ou de sous-sols situés en dessous du niveau maximum du terrain</li> <li>Faible hauteur du rez-de-chaussée au-dessus du sol</li> <li>Imperméabilité insuffisante de la construction à l'eau superficielle et à l'eau sous pression</li> <li>Ouvertures non protégées (par ex. fenêtres, portes d'entrée)</li> <li>Géométrie désavantageuse du bâtiment (par ex. coin rentrant face au procédé ou toit en porte-à-faux)</li> </ul>
Applications	<ul style="list-style-type: none"> <li>Applications essentielles dans les parties de bâtiments exposées au danger telles que les bureaux, les centres de calcul, les installations de services, les pièces à vivre, les salles de production, les dépôts, etc.</li> <li>Entreposage de matériau polluant l'eau dans des parties du bâtiment exposées au risque</li> </ul>
Structure porteuse	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bâtiment dont la structure porteuse n'a pas suffisamment été mesurée (par ex. pas de prise en compte des charges horizontales)</li> </ul>
Matériaux de construction	<ul style="list-style-type: none"> <li>Matériaux de construction et d'aménagement sensibles à l'eau, à l'humidité et à la saleté dans les parties du bâtiment exposées au danger</li> </ul>
Dispositifs d'adduction	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les dispositifs d'adduction et d'élimination ne sont pas installés de façon adaptée au danger (eau, eaux usées, électricité,</li> </ul>

	communication, chauffage, climat, etc.)
Mise en garde et dispositifs de protection	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de délai d'alerte ou délai d'alerte trop court (avalanches)</li> <li>• Pas de possibilité de verrouiller les ouvertures, les clapets anti-retour, etc.</li> </ul>

Aucune MPO ne peut être définie dans le cas des glissements permanents, comme c'est le cas pour les autres procédés. Dans la mesure où le bâtiment n'est pas situé dans la zone exposée aux mouvements différentiels, il est possible d'installer des dalles fixes ou des points de raccordement ou de déviation mobiles (voir Grindelwald).

### Détermination du dommage

La détermination de la résistance doit se concentrer sur la structure porteuse. Dans le meilleur des cas, on dispose de preuves statiques existantes, qui étayent les conséquences servant de base à la mesure de la structure porteuse. Lorsque les intensités des scénarios envisagés se situent en dessous des capacités de charge mesurées, on peut partir du principe que la résistance de la structure porteuse est suffisante. Dans le cas contraire, on doit s'attendre à ce que la structure porteuse ne résiste pas. Si tel est le cas, la masse de neige ou autre, ou les blocs de pierre pénètrent dans le bâtiment. Il est également possible qu'ils pénètrent à travers les portes ou les fenêtres. L'estimation du dommage est réalisée à partir des valeurs d'assurance existantes et du sinistre, conformément aux explications ci-dessus.

Les autres éléments essentiels du dommage peuvent être résumés de la façon suivante :

- Murs extérieurs : les éléments essentiels du dommage dépendent directement de l'intensité des procédés d'avalanche, de coulée de terre ou de lave torrentielle ou de chute. En cas de forte intensité, les murs extérieurs qui n'ont pas spécialement été armés sont détruits par les procédés, c'est-à-dire que des trous sont formés dans les murs. En cas d'intensité moyenne ou faible, les murs extérieurs peuvent être gravement endommagés.
- Structure porteuse : les murs porteurs et / ou les étais peuvent être détruits en cas de forte intensité. Des dommages peuvent être occasionnés en cas d'intensité moyenne ou faible.
- Ouvertures des bâtiments : les ouvertures non protégées des bâtiments, telles que les portes ou les fenêtres peuvent être forcées même à faible intensité, ce qui peut conduire à un dépôt dans les pièces concernées.
- Toit : les avalanches poudreuses d'intensité faible à moyenne peuvent fortement endommager le toit.

### 3.5.3 Tempête

Les bâtiments exposés aux tempêtes sont évalués quant à leur enveloppe et à leurs points d'entrée. Concernant le toit et la façade, il convient de déterminer et d'évaluer la surface et le matériel en fonction des catégories de parties de construction (tuiles, stores, etc.) ; il n'existe pas de valeurs de base. Les espaces intérieurs subissant un éventuel dommage consécutif doivent être évalués en sus. À noter que les espaces intérieurs peuvent être endommagés par le vent, mais également par l'eau de pluie.

### Évaluation des caractéristiques du bâtiment

Type de bâtiment	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constructions soumises aux secousses</li> <li>• Constructions en état de transition (en cours de construction ou de transformation)</li> <li>• Constructions dont les conditions d'utilisation ne sont pas favorables (ouvertures du bâtiment non verrouillées)</li> </ul>
Hauteur du bâtiment	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bâtiments d'une hauteur supérieure à 25 m</li> </ul>
Taille, forme et type de l'enveloppe extérieure du bâtiment ou du système de murs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surface des murs extérieurs et du toit fortement structurée, par ex. porte-à-faux importants, avant-toits, grands toits en porte-à-faux, systèmes de protection solaire, antennes, cheminées, poteaux, lanterneaux, percements de toit, modules solaires</li> <li>• Grande perméabilité au vent de l'enveloppe du bâtiment</li> <li>• Parties du bâtiment ou constructions extérieures d'un poids individuel faible</li> </ul>
Forme du toit, inclinaison du toit, support de couverture	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Très forte inclinaison du toit : aspiration importante dans la partie vide</li> <li>• Faible inclinaison du toit ou toit plat : en cas de faible inclinaison du toit, l'alternance entre pression et aspiration est possible, sollicitation alternée des fixations, forte aspiration du côté des bords exposés au vent</li> <li>• Toiture chaude et toiture inversée : fixation insuffisante de la membrane du toit ou des tôles de couverture en bordure du toit</li> <li>• Toiture froide : risque accru d'exposition au vent en raison des arrivées d'air et du toit en porte-à-faux. Structure porteuse du toit pas assez solide, fixation insuffisante sur la couche de base</li> <li>• Couverture du toit comportant un risque d'être traversée</li> <li>• Dispositifs d'évacuation des eaux / membrane du toit défectueux, les fixations présentent des points sensibles aux tempêtes</li> <li>• Absence de dispositif de sécurité pour le contrôle et la réparation des toits (crochets de sécurité)</li> </ul>
Matériau de couverture	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les éléments de construction de grande surface peuvent se déformer ou se briser, risque d'effondrement, détachement (déchirure, extraction ou pliage excessif) de la fixation en cas de mesure insuffisante</li> <li>• Les plaques ondulées de grande surface peuvent vibrer en cas de vent, charge importante exercée sur les fixations</li> <li>• La qualité de la fixation à la structure inférieure constitue le facteur de risque principal lorsque la couverture est en cuivre, en zinc et en plomb, du fait de son faible poids</li> <li>• Les toitures en dur (tuiles, ardoise, tuiles en pierre) sont généralement plus solides en cas de tempête que les étanchéifications</li> </ul>
Façades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes muraux avec revêtement</li> <li>• Vitrages de grande surface destinés aux façades</li> <li>• Éléments et parties de construction intégrés dans la façade</li> </ul>

Établi sur la base du BBR 2010

Les dommages sont généralement causés au toit, aux stores vénitiens et, moins fréquemment, à la façade. Lors du passage de la tempête Lothar, le montant du dommage était inférieur à 1 % du montant assuré pour 95 % des bâtiments endommagés et de plus de 5 % de la valeur assurée dans moins de 1 % des bâtiments endommagés. Sont principalement endommagés les éléments individuels et très exposés du toit et de la façade qui n'ont pas résisté à la force de l'aspiration et ont dès lors été arrachés (par ex. revêtements de toit, stores vénitiens). Les dommages consécutifs potentiels pouvant être causés aux espaces intérieurs doivent être pris en compte ; il convient également de noter que les dommages peuvent également être occasionnés par l'eau de pluie. Ces dommages sont alors souvent plus compliqués et plus onéreux que ceux causés par une tempête. Une estimation détaillée du dommage doit être réalisée par l'estimateur.

### 3.5.4 Grêle

Dans le cas de dommages causés par la grêle, c'est l'enveloppe des bâtiments qui est évaluée dans un premier temps. Les dommages structurels ou causés à la structure porteuse sont exceptionnels en cas de grêle. Concernant le toit et la façade, il convient de déterminer et d'évaluer la surface et le matériel en fonction des catégories de parties de construction (tuiles, stores, etc.) ; il n'existe pas de valeurs de base. Les espaces intérieurs subissant un éventuel dommage consécutif doivent être évalués en sus.

#### Détermination des caractéristiques du bâtiment

Type de bâtiment	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bâtiments dont la surface vitrée est importante, qui sont équipés de dispositifs de protection solaire et d'installations de production d'énergie</li> <li>• Bâtiments sans avant-toit et dont la façade est exposée</li> <li>• Constructions dont les conditions d'utilisation ne sont pas favorables (ouvertures du bâtiment non verrouillées)</li> </ul>
Applications	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Applications essentielles dans les parties de bâtiments exposés au danger en raison de la pénétration d'eau dans les toits et les fenêtres endommagés</li> </ul>
Matériaux de construction	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matériaux de construction et d'aménagement sensibles à l'eau et à la grêle dans les parties du bâtiment exposées au danger</li> </ul>
Enveloppe du bâtiment	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matériaux du toit et de la façade sensibles à la grêle tels que les éléments métalliques et certains éléments en plastique</li> <li>• Façades média, membranes et revêtements nanotechniques</li> </ul>
Mise en garde et dispositifs de protection	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de délai d'alerte ou délai d'alerte trop court</li> <li>• Pas de possibilité de verrouiller les ouvertures, les clapets anti-retour, etc.</li> <li>• Obstruction des canalisations par les grêlons ou des végétaux arrachés et débordement en résultant</li> <li>• Accumulation de grêlons sur les toits</li> <li>• Épandage de l'eau sur le toit en raison d'un écoulement difficile</li> </ul>

### Détermination du dommage

La grêle endommage en premier lieu l'enveloppe du bâtiment. Trois incidents importants dans le canton de Zurich ont permis de déterminer que le montant du dommage par bâtiment s'élevait en moyenne à CHF 5000.-. Environ 80 % des dommages sont causés aux stores vénitiens et aux stores enrouleurs, 15 % concernent des éclats de peinture et des dommages au toit et les 5 % restants regroupent tous les autres dommages. Les autres dommages concernent principalement les travaux de ferblanterie, les revêtements de toiture, les vitrages fins (anciennes constructions) ou les parties de construction en plastique.

Le registre de protection contre la grêle sert de base pour déterminer la sensibilité à la grêle. Il fournit des renseignements sur la taille des grêlons que peut supporter une partie de bâtiment sans être endommagée (et inversement, à partir de quelle taille de grêlons, le bâtiment est endommagé). Une estimation détaillée du dommage doit être réalisée par l'estimateur.

#### 3.5.5 Évaluation des valeurs menacées supplémentaires en évitant les dommages non assurés par les ECA

Outre les dommages causés à la structure des bâtiments, les aspects suivants doivent également être évalués :

- Mise en danger de personnes
- Équipement de l'entreprise, dont équipement servant à la fourniture des prestations dans les entreprises artisanales et industrielles, qui fait partie intégrante du bâtiment, par ex. la cuisine d'un restaurant
- Biens mobiliers (meubles) : objets mobiles tels que meubles, tapis, objets ménagers
- Accessoires, c'est-à-dire objets mobiles ayant été ajoutés à l'immeuble dans le but de le servir et qui y sont liés de façon permanente, par ex. meubles d'hôtel
- Perte du loyer
- Interruption de l'exploitation
- Environnement

La détermination quantitative du risque encouru par les personnes peut se faire sur la base des méthodes existantes (RIKO, EconoMe). La détermination quantitative de l'utilité supplémentaire doit s'orienter en fonction de la valeur effective et de la vulnérabilité, de la même façon qu'au niveau 2 décrit ci-dessus.

L'évitement de ces dommages non assurés par l'ECA constitue une utilité supplémentaire de la MPO et devrait être quantifié dans la mesure du possible. Un second rapport CU peut être calculé en tenant compte de cette utilité supplémentaire (rapport CU avec utilité supplémentaire) et confronté au rapport CU sans prise en compte de l'utilité supplémentaire.

### 3.6 Calcul du risque dans l'état initial (sans MPO)

Cette étape vise à relier les dommages déterminés dans les scénarios individuels à leur fréquence. On essaie, lors de l'établissement des scénarios, de définir ceux qui conduisent principalement au dommage (voir chapitre 3.4). On travaille souvent à partir de scénarios (standard) de 30 ans, de 100 ans et de 300 ans (et également à partir des EHQ), qui ne reflètent pas toujours au mieux le déroulement de la courbe des dommages (voir illustration 5). C'est la raison pour laquelle les risques déterminés doivent toujours être interprétés de façon

approximative en fonction de la réalité, qui peut présenter des variations vers le haut comme vers le bas.

La définition du seuil de dommage, c'est-à-dire du dernier scénario qui n'entraîne pas de dommage, est importante pour déterminer le risque. Cette étape est importante du fait qu'elle constitue une condition marginale inférieure en ce qui concerne la fréquence. Elle doit se situer le plus près possible du premier scénario. On établit la moyenne du dommage occasionné dans un scénario et de celui occasionné dans le scénario suivant afin d'ajuster l'écart entre deux scénarios et de mieux définir le risque calculé sur le déroulement de la courbe des dommages (voir Illustration 5).

Lors de la détermination du risque, les risques encourus dans les différents scénarios sont regroupés sous forme de risque global. Le risque est déterminé sur la base de l'hypothèse selon laquelle une catastrophe naturelle dont la périodicité est identique peut survenir à tout moment (« demain » ou plus tard). Cette hypothèse s'applique, par analogie, à l'utilité. La durée d'application d'une MPO n'est pas prise en compte dans la détermination de la probabilité de réalisation. Cette méthode s'appuie sur les méthodes habituelles appliquées en pratique dans le domaine des dangers naturels. Elle est, en principe, également implémentée dans les outils RiskPlan et EconMe.

On obtient la fréquence d'un scénario  $p_j$  en calculant la différence entre la probabilité de dépassement de deux scénarios  $P_j$  et  $P_{j+1}$  pendant une période de récurrence :

$$p_j = P_j - P_{j+1} \quad (1)$$

La condition marginale inférieure déterminante est la périodicité du scénario ainsi que le seuil de dommage. Lorsque l'on attribue une périodicité, par ex. 20 ans, à ce scénario, et si la périodicité du premier scénario  $T = 30$  ans, alors la fréquence calculée pour  $P_{20} = 0,05$  ( $T = 20$  ans) et pour  $P_{30} = 0,033$  ( $T = 30$  ans) est de 0,0167. La fréquence des scénarios suivants pour  $P_{30} = 0,033$  ( $T = 30$  ans) et pour  $P_{100} = 0,01$  ( $T = 100$  ans) est de  $p_{30} = 0,0233$ . Ainsi, les fréquences figurant dans le Tableau 2 s'appliquent aux trois scénarios fréquemment appliqués de 30 ans, de 100 ans et de 300 ans, avec un seuil de dommage de 20 ans.

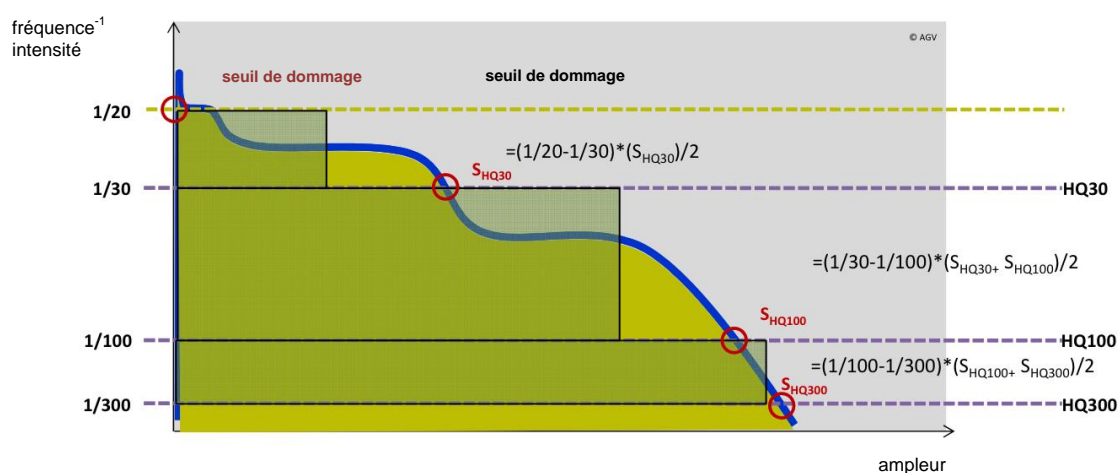


Illustration 5 : rapport entre la courbe des dommages et la détermination des risques dans les scénarios sélectionnés. La détermination du seuil de dommage est essentielle pour délimiter les risques dans les scénarios fréquents. Dans ce cas, le dommage situé entre

le seuil de dommage et le premier scénario se calcule de la façon suivante :  $p_{20} - p_{30}$  multiplié par la moitié du dommage du premier scénario. Le risque dans le cas d'un scénario de 30 à 100 ans se calcule en établissant la différence des probabilités de dépassement  $P_{30}$  et  $P_{100}$  et le dommage ( $SHQ_{30}$ ), et en faisant la moyenne avec le scénario suivant ( $SHQ_{100}$ ).

Tableau 2 : les fréquences des scénarios d'une périodicité de 30 ans, de 100 ans et de 300 ans ou du scénario situé entre le seuil de dommage et le premier scénario.

Scénario	Désignation	Fréquence
20 ans (T = 20 – 30 ans)	$p_{20}$	0,0167
30 ans (T = 30 – 100 ans)	$p_{30}$	0,0233
100 ans (T = 100 – 300 ans)	$p_{100}$	0,0067
300 ans (T = 300 ans)	$p_{300}$	0,0033

Si un autre scénario est sélectionné, un autre intervalle de récurrence et, dès lors, d'autres fréquences s'appliquent (par ex. pour T = 20 – 50 ans  $p_{20} = 0,05 - 0,02 = 0,030$ ).

On obtient le dommage d'un scénario en établissant la moyenne des dommages des scénarios voisins :

$$A(vM)_j = \frac{A_j + A_{j+1}}{2} \quad (2)$$

La détermination du dommage entre le seuil de dommage et le premier scénario se fait de la façon suivante :

$$A(vM)_j^{(\min)} = \frac{A_j}{2} \quad (3)$$

Le risque  $R_j$  d'un scénario  $j$  est calculé en multipliant la fréquence  $p_j$  de ce scénario et l'étendue du dommage déterminée pour ce scénario  $A_j$  :

$$R(vM)_j = p_j \times A(vM)_j \quad [\text{CHF/a}] \quad (4)$$

On obtient le risque global de tous les scénarios pris en compte est additionnant les risques de chaque scénario.

$$R(vM) = \sum_j \hat{A} R_j \quad [\text{CHF/a}] \quad (5)$$

Le risque calculé R représente la valeur annuelle escomptée d'un dommage causé à un bâtiment sans la protection d'objet prévue. Ce risque peut être réduit par une MPO adaptée.



## 3.7 Mesures

### 3.7.1 Remarques générales

#### **Distinction entre les nouveaux bâtiments et les bâtiments existants**

Dans le cas d'un nouveau bâtiment, la MPO doit déjà être établie lors de la demande du permis de construire, alors qu'elle ne l'est qu'ultérieurement dans le cas de bâtiments existants, ce qui entraîne souvent d'importants problèmes, surtout en termes de place et de maintien de la fonctionnalité de l'objet.

#### **Évaluation et objectif de la mesure de protection du bâtiment**

Les calculs concernant les procédés individuels et le type de système de protection sont généralement donnés par l'état de la technique (normes) et prescrits par les cantons ou dans les règlements de construction ou de zone communaux. Il est également possible de renvoyer aux recommandations concernant la protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels. L'objectif de la mesure de protection du bâtiment contre les dangers naturels gravitationnels en Suisse varie dans une fourchette d'événements d'une périodicité de 100 ans à 300 ans. Il est généralement moins exigeant concernant les bâtiments existants que les nouveaux bâtiments. On doit toutefois contrôler que cette donnée est proportionnée par rapport au dimensionnement des mesures de protection des surfaces, qui sont financées par les pouvoirs publics. Ces mesures sont souvent dimensionnées uniquement sur la base d'un événement d'une périodicité de 100 ans ; seules les mesures les plus récentes doivent prendre en compte le cas d'une surcharge. En cas de grêle, l'objectif visé des mesures correspond à celui d'un événement d'une périodicité de 50 ans. En cas de tempête, l'évaluation est fondée sur la norme SIA 261, qui se base également sur un événement d'une périodicité de 50 ans, mais la protection en matière de sécurité structurale et de fonctionnement comprend tous les compléments sécuritaires d'un événement d'une périodicité de 100 à 200 ans.

#### **Mesures permanentes / automatiques ou partiellement mobiles**

Un délai d'alerte différent s'applique à chaque procédé. Celui-ci doit être pris en compte au moment du choix de la mesure.

- Procédés auxquels s'applique un certain délai d'alerte : glissements / coulées de terre, procédés impliquant l'eau, procédés impliquant la neige
- Procédés auxquels le délai d'alerte ne s'applique pas ou alors seulement en partie : procédés de chute

Les procédés de chute sont ceux auxquels ne s'applique généralement aucun délai d'alerte ou alors un délai d'alerte très court. Dans ce cas, les mesures doivent être prises de façon permanente jusqu'à la spécification du dimensionnement.

D'autres délais d'alerte s'appliquent aux autres procédés selon l'évolution des conditions météorologiques (forte pluie ou importantes chutes de neige). Un certain temps de réaction est nécessaire la plupart du temps afin d'augmenter la protection.

Il est également important que les mesures partiellement mobiles puissent être mises en place en temps opportun. Aménagement à temps des mesures organisationnelles (tous les acteurs sont soumis à de grandes exigences organisationnelles). L'AGV (établissement cantonal d'assurance

d'Argovie) a créé une base d'évaluation simple sur ce point, qui consiste à évaluer la mesure mobile selon

- la sécurité de l'alarme
- la sécurité de l'intervention et
- les réserves de temps

La fiabilité minimale de ces trois critères entre en compte dans l'évaluation globale. L'entretien joue un rôle important dans la garantie de la fiabilité, en particulier dans le cas de mesures mobiles. La garantie de l'entretien nécessaire a une signification déterminante dans l'efficacité d'une mesure. La probabilité d'échec d'une mesure partiellement mobile doit être évaluée et prise en compte comme un facteur lors de la détermination du risque en fonction des mesures (par ex. réduction du dommage [efficacité] de 95 % dans un scénario comportant une probabilité d'échec de 5 %)<sup>3</sup>.

Le canton de Nidwald, par exemple, résout cette question en rendant obligatoire la mise en place d'une protection permanente pour les crues de lacs d'une périodicité allant jusqu'à 100 ans et facultative la protection des objets mobiles pour événements d'une périodicité allant jusqu'à 300 ans. Le dispositif de protection des objets mobiles doit toutefois être stocké sur place et doit pouvoir être monté très rapidement. Dans le cas des maisons de vacances, on doit tenir compte du fait que les personnes pouvant prendre des mesures et protéger ainsi l'objet ne sont pas toujours présentes. Il faut veiller à ce que les forces d'intervention telles que les pompiers ne soient pas retardées par la mise en place de MPO en cas d'incident.

### **Pas de mise en danger accrue par la construction elle-même et pas de mise en danger de tiers**

Les cartes des dangers se basent sur l'état effectif naturel. On constate souvent, en pratique, qu'une MPO peut augmenter le risque encouru par les tiers ; par exemple, en créant un habitacle à l'arrière de la maison ou en déviant le procédé dangereux vers d'autres objets. Lorsque les mesures prises sont destinées, par exemple, à recueillir et à corriger la trajectoire de l'eau ou d'une coulée de terre sur un terrain escarpé, chaque construction entraîne une modification ou un rétrécissement de l'espace occupé par le procédé, ce qui augmente fréquemment son intensité dans le passage restant. Il est absolument nécessaire de prendre en compte ces aspects lors de la mise en place d'une MPO.

### **Efficacité, aptitude à l'emploi et durabilité**

L'efficacité des mesures de protection doit être garantie pendant toute la durée de vie de la construction à protéger. La sécurité structurale et le fonctionnement doivent être démontrés par le professionnel / l'ingénieur qui met en place la mesure (voir chapitre 3.8). La durée de vie requise peut généralement être atteinte par un entretien continu des dispositifs de protection.<sup>4</sup> C'est pourquoi, plusieurs cantons ne prennent pas en compte les dispositifs de protection mis en place par les particuliers sur la carte des dangers ; le bâtiment reste dans la zone de danger concernée (c'est-à-dire qu'il n'y a pas de changement d'affectation). Le danger est inscrit au registre foncier et l'utilisation garantie uniquement à condition que le dispositif de protection

<sup>3</sup> Une méthode d'évaluation de la fiabilité des systèmes d'alerte et d'alarme est actuellement en cours d'élaboration à l'Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF en collaboration avec l'OFPP. Les résultats sont attendus en 2014 ; ils pourront alors être intégrés dans cette méthode.

<sup>4</sup> Remarque : lors de la vente d'une maison, le vendeur ou la vendeuse doivent être avertis qu'ils doivent informer le nouvel acheteur de la réduction de valeur concernant la MPO et lui indiquer qu'il est tenu d'entretenir ladite MPO.

soit entretenu. Ainsi, tout nouvel acheteur est renseigné sur le danger et conscient de son obligation d'entretien des dispositifs de protection (voir art. 660b, al. 3, CC : « L'indication qu'un immeuble appartient à un tel territoire [*remarque de l'auteur* : immeubles soumis à des glissements de terrain permanents] doit être communiquée de manière appropriée aux intéressés et mentionnée au registre foncier. »)

### 3.7.2 Crue / eau superficielle

Cette sélection repose sur les recommandations concernant la protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels (Egli, 2005). Étant donné que seul un aperçu approximatif est donné sur les procédés individuels, il est renvoyé aux recommandations pour obtenir de plus amples détails.

#### Mesures

- **Mesures conceptuelles** : sont déterminants le choix des mesures (permanentes ou temporaires), l'utilisation des espaces intérieurs et la situation du rez-de-chaussée et de ses ouvertures. Le choix de l'aménagement intérieur est également important, de même que le concept des installations de service, la fixation des réservoirs d'essence, la protection des canalisations contre le refoulement, le concept des voies d'évacuation et les mesures relatives aux ascenseurs.
- **Mesures d'imperméabilisation et de renforcement** : au moyen d'une protection permanente, automatique ou partiellement mobile des ouvertures, d'une imperméabilisation de l'enveloppe du bâtiment et d'une protection contre l'affouillement.
- **Mesures de protection** : au moyen d'une surélévation et d'une digue d'arrêt ou de murs de protection.

#### Efficacité des mesures permanentes

L'évaluation de l'efficacité dépend de divers facteurs tels que l'intensité et la vitesse du débit. Une étude ponctuelle des dangers doit être réalisée afin de pouvoir mesurer et évaluer exactement l'efficacité des mesures de protection des objets. Étant donné qu'une telle étude ponctuelle est généralement considérée comme trop onéreuse, il est renvoyé aux exigences fixées dans les recommandations concernant la protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels (Egli, 2005). L'efficacité des mesures permanentes dépend essentiellement du choix des matériaux et du dimensionnement. Lorsque les mesures sont mises en place correctement selon l'état de la technique et approuvées par des ingénieurs ou des experts en sinistres, on peut considérer que l'efficacité est de 100 % jusqu'à l'événement de référence. Le contrôle régulier quant à tout éventuel dommage (entretien) constitue une condition supplémentaire pour garantir l'efficacité. En cas de surcharge, on doit considérer que l'efficacité est réduite. Celle-ci doit faire l'objet d'une expertise au cours de l'évaluation des dangers. Une évaluation pragmatique de l'efficacité est indiquée dans le tableau 3.

Tableau 3 : évaluation approximative de l'efficacité d'une protection des objets contre les crues.

	<b>Période de récurrence du scénario à étudier = <math>T_S</math></b>	<b>Période de récurrence du scénario de référence = <math>T_B</math></b>	<b>Efficacité</b>
Cas 1	$T_S \leq T_B$		100 %
Cas 2	$T_S > T_B$		0%

En cas de dépassement de l'événement de référence, il peut rester divers travaux à accomplir, par exemple des travaux d'entretien.

Dans le cas du procédé décrit ici, il convient de veiller tout particulièrement aux points suivants :

- Le procédé ne s'applique pas aux mesures temporaires.
- En cas de dommage potentiel très important ou d'objet complexe, un examen approfondi des critères d'évaluation et de l'efficacité est requis.
- Les activités de construction à proximité de la protection des objets examinée peuvent modifier les intensités. L'exactitude des parcelles sur la carte des intensités doit être contrôlée si besoin est.

### **Efficacité des mesures temporaires**

Deux facteurs sont déterminants pour l'efficacité de mesures temporaires. Premièrement, le délai d'alerte calculé doit être suffisamment long, de façon à ce que les mesures partiellement mobiles ou mobiles puissent être mises en place à temps avant l'événement. Ceci requiert une préparation et des exercices logistiques adaptés de la part des forces d'intervention. Deuxièmement, il est fondamental que les mesures choisies répondent aux exigences et que le dimensionnement soit suffisant par rapport à l'événement de référence. L'efficacité réduite en cas de surcharge doit faire l'objet d'une expertise, comme c'est le cas pour les mesures permanentes. De même, le caractère opérationnel des mesures en cas de catastrophe naturelle doit être vérifié de façon régulière (maintenance).

### **3.7.3 Chute**

Cette sélection repose sur les recommandations concernant la protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels (Egli, 2005). Étant donné que seul un aperçu approximatif est donné sur les procédés individuels, il est renvoyé aux recommandations pour obtenir de plus amples détails.

### **Mesures**

- **Conception des constructions et environnement** : il est également important de veiller à l'intégration des constructions dans le terrain, à leur forme, au concept statique des constructions, au concept d'utilisation des espaces intérieurs et extérieurs ainsi qu'à l'emplacement des ouvertures.

- **Mesures de revêtement et de renforcement de la structure des constructions :** revêtement, remblai / renforcement des murs, protection des ouvertures et renforcement / couverture des toits.
- **Mesures de protection à l'extérieur des constructions :** au moyen de barrages / murs destinés à arrêter le procédé, de filets constitués de câbles, de l'intégration dans la continuité du paysage (intégration topographique) et stabilisation des points de départ des chutes.

#### **Efficacité**

- L'évaluation de l'efficacité dépend de divers facteurs tels que l'énergie, la hauteur et l'angle de l'impact. Les charges ponctuelles et la répartition de la pression exercée sur l'objet peuvent être déterminées uniquement par une analyse détaillée. Une étude ponctuelle des dangers incluant une modélisation en 2D doit être réalisée afin de pouvoir mesurer et évaluer exactement l'efficacité des mesures de protection des objets. Étant donné qu'une telle étude est généralement considérée comme trop onéreuse, les recommandations concernant la protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels (Egli, 2005) peuvent être appliquées, y compris le tableau figurant à la page 91, qui indique le rapport entre la taille des blocs, la hauteur et l'énergie de la chute. Cette méthode pragmatique comporte un risque général de surévaluer la situation, du fait que les éléments ne chutent pas de façon verticale dans la plupart des cas.

### **3.7.4 Avalanche**

Cette sélection repose sur les recommandations concernant la protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels (Egli, 2005). Étant donné que seul un aperçu approximatif est donné sur les procédés individuels, il est renvoyé aux recommandations pour obtenir de plus amples détails.

#### **Mesures**

- **Conception des constructions et environnement :** il est important de veiller à l'intégration des constructions dans le terrain, à leur forme, au concept d'utilisation des espaces intérieurs et extérieurs ainsi qu'à l'emplacement des ouvertures.
- **Mesures de renforcement et de revêtement de la structure des constructions :** au moyen d'un renforcement des murs extérieurs et d'un remblai, d'une protection des ouvertures, qui doivent pouvoir supporter la pression escomptée (par ex. grâce à du verre en partie précontraint ou à des embouts amortisseurs), d'un renforcement et d'une formation du toit.
- **Mesures de protection à l'extérieur des constructions :** au moyen de barrages, de murs en forme d'étrave, de mesures de protection contre les glissements de neige (banquettes, seuils ancrés, pieux ou trépieds) ou par une intégration dans la continuité du terrain (intégration topographique).

#### **Efficacité**

L'évaluation de l'efficacité dépend de divers facteurs tels que la hauteur d'écoulement, l'angle d'impact, les charges ponctuelles ou la répartition de la pression sur l'objet, qui ne figurent qu'en partie sur les cartes des intensités. Une étude ponctuelle des dangers devrait être réalisée afin de pouvoir mesurer et évaluer exactement l'efficacité des mesures de protection des objets.

Étant donné qu'une telle étude est généralement considérée comme trop onéreuse, il convient, ici, d'appliquer une méthode pragmatique afin de pouvoir évaluer approximativement l'efficacité. Cette méthode peut être appliquée à condition que le calcul et la géométrie de la mesure répondent aux exigences prévues par les recommandations concernant la protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels (Egli, 2005). Le Tableau 4 présente l'échelle de l'efficacité en comparant le scénario à étudier avec le scénario de référence. Si une protection d'objet a été évaluée sur la base d'un scénario d'une périodicité de 100 ans, on peut s'attendre à une efficacité de 100 % lorsque la périodicité du scénario est de 30 ans.

Tableau 4 : évaluation approximative de l'efficacité d'une protection des objets contre les avalanches.

	<b>Période de récurrence du scénario à étudier = <math>T_S</math> Période de récurrence du scénario de référence = <math>T_B</math></b>	<b>Efficacité</b>
Cas 1	$T_S \leq T_B$	100 %
Cas 2	$T_S > T_B$	0%

Dans le cas du procédé décrit ici, il convient de veiller tout particulièrement aux points suivants :

- Le procédé ne s'applique pas aux mesures temporaires ni mobiles.
- En cas de dommage potentiel très important ou d'objet complexe, un examen approfondi des critères d'évaluation et de l'efficacité est requis.
- Les activités de construction à proximité de la protection d'objet examinée peuvent modifier les intensités. L'exactitude des parcelles sur la carte des intensités doit être contrôlée si besoin est.

### 3.7.5 Lave torrentielle

Cette sélection repose sur les recommandations concernant la protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels (Egli, 2005). Étant donné que seul un aperçu approximatif est donné sur les procédés individuels, il est renvoyé aux recommandations pour obtenir de plus amples détails.

#### Mesures

**Conception des constructions et environnement :** il est important de veiller à l'intégration des constructions dans le terrain, à leur forme, au concept d'utilisation des espaces intérieurs et extérieurs ainsi qu'à l'emplacement des ouvertures.

**Mesures de renforcement :** au moyen d'un renforcement des murs extérieurs (contre l'impact de blocs volumineux) et d'une protection des ouvertures.

**Mesures de protection à l'extérieur des constructions :** au moyen de barrages destinés à arrêter le procédé, d'une surélévation, de murs / barrages destinés à dévier la trajectoire du procédé ou de murs en forme d'étrave.

### **Efficacité**

L'évaluation de l'efficacité dépend de divers facteurs tels que la hauteur d'écoulement, l'angle d'impact, les charges ponctuelles ou la répartition de la pression sur l'objet, qui ne figurent qu'en partie sur les cartes des intensités. Une étude ponctuelle des dangers devrait être réalisée afin de pouvoir mesurer et évaluer exactement l'efficacité des mesures de protection des objets. Étant donné qu'une telle étude est généralement considérée comme trop onéreuse, il convient, ici, d'appliquer une méthode pragmatique afin de pouvoir évaluer approximativement l'efficacité. Cette méthode peut être appliquée à condition que le calcul et la géométrie de la mesure répondent aux exigences prévues par les recommandations concernant la protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels (Egli, 2005). Le Tableau 5 présente l'échelle de l'efficacité en comparant le scénario à étudier avec le scénario de référence. Si une protection d'objet a été évaluée sur la base d'un scénario d'une périodicité de 100 ans, on peut s'attendre à une efficacité de 100 % lorsque la périodicité du scénario est de 30 ans.

*Tableau 5 : évaluation approximative de l'efficacité d'une protection des objets contre les laves torrentielles.*

	<b>Période de récurrence du scénario à étudier = <math>T_S</math></b>	<b>Période de récurrence du scénario de référence = <math>T_B</math></b>	<b>Efficacité</b>
Cas 1	$T_S \leq T_B$		100 %
Cas 2	$T_S > T_B$		0% (avec efficacité résiduelle)

Les mesures de protection des objets peuvent néanmoins avoir une efficacité réduite dans le cas d'une lave torrentielle, même si l'événement dépasse l'événement de référence. L'efficacité de 0 % est une hypothèse pessimiste, qui doit faire l'objet d'une expertise.

Dans le cas du procédé décrit ici, il convient de veiller tout particulièrement aux points suivants :

- Le procédé ne s'applique pas aux mesures temporaires ni mobiles.
- En cas de dommage potentiel très important ou d'objet complexe, un examen approfondi des critères d'évaluation et de l'efficacité est requis.
- Les activités de construction à proximité de la protection d'objet examinée peuvent modifier les intensités. L'exactitude des parcelles sur la carte des intensités doit être contrôlée si besoin est.

### 3.7.6 Glissement

Cette sélection repose sur les recommandations concernant la protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels (Egli, 2005). Étant donné que seul un aperçu approximatif est donné sur les procédés individuels, il est renvoyé aux recommandations pour obtenir de plus amples détails.

#### Mesures

**Mesures conceptuelles** : il s'agit en particulier du choix de la situation, du concept statique et du fondement, mais également du concept d'utilisation des espaces intérieurs, du raccordement extérieur des conduites et de l'évacuation des eaux météoriques.

**Transfert de charge, orientation et mesures de renforcement** : transferts de charge en dessous de la surface de glissement, orientation du bâtiment en raison de leur augmentation, renforcement de la dalle du sol et des murs extérieurs.

**Stabilisation de la masse glissante** : au moyen d'éléments de soutien, d'une réduction de la pression interstitielle ou d'une modification de la topographie.

#### Efficacité

Le caractère unique de chaque situation fait que l'on ne peut pas établir de règles générales en ce qui concerne l'efficacité des mesures.

Aucun renseignement ne peut être donné sur l'efficacité des mesures si l'on n'étudie pas en détail le procédé local, et en particulier la profondeur des masses glissantes ainsi que la vitesse et les caractéristiques géotechniques du matériel.

### 3.7.7 Tempête

Les mesures destinées à réduire les risques en cas de tempête sont identifiées dans cette partie. Dans l'ensemble, on distingue les mesures suivantes : des informations détaillées sont fournies dans les recommandations concernant la protection des objets contre les dangers naturels météorologiques.

- **Conception de bâtiments et environnement** : ce qui compte ici, ce sont la situation topographique du bâtiment ainsi que les constructions / plantations avoisinantes de même que la hauteur, l'orientation et la forme des bâtiments.
- **Renforcement** : du toit (au moyen d'un transfert de charge) et du revêtement du toit (par ex. crampons de tempête sur les tuiles), de la façade par fixation, des fenêtres et des surfaces vitrées en général, des cheminées et des antennes au moyen de haubans, d'avant-toits et de (portails de) garages.
- **Protection** : au moyen de planchéage en vue de réduire la pression extrême exercée par le vent et d'une protection des ouvertures.
- **Mesures destinées aux constructions spéciales** : il s'agit notamment des halles gonflables, des tentes, des échafaudages, des grues, des constructions légères, des stores / marquises. Ces constructions sont particulièrement vulnérables en cas de tempête.



Il convient de veiller à la faisabilité technique et à l'aptitude à l'emploi de la mesure lors de son choix. Les « critères d'exclusion » doivent être documentés et justifiés. On entend par « critères d'exclusion » notamment l'incompatibilité d'une mesure avec la protection des monuments ou une mauvaise utilisation du bâtiment du fait de la mesure.

### **Efficacité**

On entend par « efficacité d'une mesure » la probabilité de son fonctionnement. L'efficacité dépend de l'étendue de son évaluation. Si le bâtiment est conforme à la norme SIA 261, il est protégé contre un événement d'une périodicité de 50 ans. Mais, si l'on compte l'ensemble des compléments de sécurité, le bâtiment est théoriquement protégé, en termes de sécurité structurale et d'aptitude à l'emploi, pendant une période de récurrence de 100 à 200 ans environ.

Les portes de toutes tailles sont planifiées et réalisées selon la norme SIA 343, qui détermine la pression dynamique sur la base de la carte du vent de la norme SIA 261, avec une réduction de facteur 0,8 (pointes de rafales de 239 km / h max.).

Pour les fenêtres et les portes-fenêtres, c'est la norme SIA 331 qui s'applique ; la vitesse maximale et / ou la pression dynamique est encore plus faible (pointes de rafales de 186 km / h max.).

Les dispositifs de protection contre le soleil et les intempéries sont planifiés et réalisés selon la norme SIA 342 ; la résistance au vent étant encore plus faible (pointes de rafales de la classe 1 : 32,5 km / h max. (de la classe 6 : 92 km / h) pour les stores enrouleurs et vénitiens). Les marquises supportent tout juste des pointes de rafales de la classe 1, c'est-à-dire 28 km / h max. (classe 4 : 48 km / h).

Une tempête assurée selon l'UIR se produit dans les cas suivants :

- Des arbres sains ou une pluralité de bâtiments situés à proximité de l'objet endommagé, construits et entretenus de façon conforme, ont été considérablement endommagés, en particulier des toits ont été découverts totalement ou en partie.
- La vitesse du vent mesurée est d'au moins 63 km / h (moyenne de dix minutes) (8 sur l'échelle de Beaufort).
- La vitesse de pointe des rafales mesurée atteint au moins 100 km / h.

### **3.7.8 Grêle**

Les mesures destinées à réduire les risques en cas de grêle sont décrites dans cette partie. Dans l'ensemble, on distingue les mesures suivantes (des informations détaillées sont fournies dans les recommandations concernant la protection des objets contre les dangers naturels météorologiques).

- **Conception** : il s'agit notamment de la garantie de drainage, qui vise à prévenir une obstruction par des grêlons, et de l'orientation optimale du bâtiment.
- **Renforcement** : du toit et de la façade avec un matériau choisi avec soin, voir description figurant dans le registre de protection contre la grêle.
- **Protection** : au moyen de toits en porte-à-faux / d'avant-toits, de grillages ou de filets de protection.

### **Registre de protection contre la grêle**

Le registre de protection contre la grêle en ligne de l'AEAI établit une liste des matériaux de construction agréés ainsi que leur résistance à la grêle. La résistance à la grêle est calculée sur une échelle de 1 à 5. Les classes de résistance sont associées à la taille des grêlons. Ainsi, une partie de construction d'une résistance à la grêle de 3 n'est pas endommagée par un grêlon d'un diamètre de 3 cm, mais par un grêlon du diamètre supérieur direct (4 cm). En raison de la multiplicité des dommages, les classes de résistance à la grêle sont définies selon la fonction de la partie de construction. Les fonctions des parties de construction sont notamment l'apparence, l'étanchéité ou la protection contre la lumière. Ainsi, une partie de construction présente la plupart du temps plusieurs résistances à la grêle, du fait qu'elle remplit généralement plusieurs fonctions. Il est possible de consulter les parties de construction de façon distincte selon qu'elles appartiennent au toit ou à la façade, dans le registre de protection contre la grêle, puis selon diverses sous-catégories (par ex. vitrage, tuiles).

Il convient de veiller à la faisabilité technique et à l'aptitude à l'emploi de la mesure lors de son choix. Les critères d'exclusion doivent être documentés et justifiés.

### **Efficacité**

Les nouveaux matériaux testés selon les conditions d'examen de l'AEAI quant à leur résistance à la grêle présentent une efficacité de 100 % contre les dommages causés par celle-ci (jusqu'à la classe de résistance à la grêle atteinte). Attention au vieillissement des matériaux et à la baisse de résistance à la grêle qui s'ensuit pour certains.

L'indication de la durée de vie des mesures destinées au procédé de grêle est recommandée, notamment en ce qui concerne les revêtements en plastique versus en verre et / ou l'indication de l'exposition au dommage des stores vénitiens versus d'autres protections solaires.

Les matériaux sujets au vieillissement doivent être classifiés à la baisse quant à leur résistance à la grêle. Ainsi, si la durée de vie d'un matériau est de 25 ans et l'événement d'une périodicité de 50 ans, l'efficacité ne sera que de 50 %. Par ailleurs, dans le cas où la durée de vie du produit est réduite, il faut tenir compte de la nouvelle acquisition dudit produit dans le calcul de la rentabilité.

Les mesures de protection ont cependant une efficacité totale concernant les parties de construction vieillissantes.

### **3.7.9 Détermination des coûts**

Le calcul des coûts selon les outils actuels de détermination du rapport coûts-utilité des mesures de protection (par ex. EconoMe pour les mesures de protection des surfaces) se fait sur la base d'un calcul comparatif des coûts (méthode statique du compte des investissements). La méthode dite des annuités est proposée dans la présente méthode. Elle diffère sur deux points de la méthode dite du calcul comparatif : premièrement, le calcul ne porte pas sur les coûts mais sur les dépenses engagées pendant toute la durée de la MPO. Deuxièmement, la structure temporelle des dépenses peut être prise en compte selon la méthode dite des annuités. Cette méthode est décrite plus en détail ci-dessous.

### Méthode dite des annuités

La rentabilité étant évaluée sur une base annuelle, les dépenses engagées pour une MPO doivent être réparties de la façon la plus régulière possible. Ceci s'applique en particulier au montant de l'investissement qui est fait au début de la durée de vie d'une MPO ainsi qu'à toute éventuelle valeur résiduelle qui peut être tirée à la fin de la durée de vie de la mesure. On suppose que le montant investi est financé par un tiers au moyen d'un crédit et qu'il sera remboursé progressivement jusqu'à la fin de la durée de vie de la MPO. On suppose également que la durée de vie d'une MPO est limitée. La méthode dite des annuités sert de base au calcul des dépenses annuelles provenant de l'investissement de base. On entend par annuité une série de paiements d'un montant équivalent, qui sont échus à intervalles réguliers pendant une durée donnée. La méthode dite des annuités s'applique notamment lorsque l'on cherche à déterminer le montant des paiements annuels correspondant aux intérêts et à l'amortissement d'un crédit. Le raisonnement suivant se base sur une annuité versée après coup ; les versements sont faits à la fin de chaque intervalle.<sup>5</sup> L'annuité correspond à  $C$ . Elle est définie de la façon suivante :

$$C = \frac{I_0}{PVIFA_{R,n}} \quad (6)$$

$I_0$  correspond au montant de l'investissement au début de la première période et  $PVIFA_{R,n}$  correspond au « Present Value Interest Factor » d'une annuité :

$$PVIFA_{r,n} = \frac{1}{r} \cdot \left( 1 - \frac{1}{(1+r)^n} \right) \quad (7)$$

$r$  et  $n$  correspondent au taux d'intérêt nominal et / ou à la durée. Le taux d'intérêt nominal est défini en fonction du taux d'intérêt hypothécaire, par exemple. En divisant  $PVIFA_{r,n}$  par 1, on obtient le facteur d'annuité  $A_{r,n}$  (facteur de recouvrement du capital) :

$$A_{r,n} = \left( \frac{1}{PVIFA_{r,n}} \right) = \frac{(1+r)^n \cdot r}{(1+r)^n - 1} \quad (8)$$

L'annuité  $C$  peut donc également être exprimée sous la forme du produit du montant d'investissement par le facteur d'annuité :

$$C = I_0 \cdot A_{r,n} \quad (9)$$

Outre le montant de l'investissement, les frais d'exploitation, d'entretien et de réparation annuels ainsi que toute éventuelle valeur résiduelle doivent être pris en compte dans le calcul des dépenses liées aux MPO. L'inflation moyenne escomptée  $\pi$  peut être prise en compte dans les frais d'exploitation, d'entretien et de réparation annuels (désignés ci-après par  $K_b^t, K_u^t, K_r^t, t$  correspondant à la période / l'année en question) ; en réalité, les frais d'exploitation, d'entretien

<sup>5</sup> En revanche, dans le cas d'annuités versées à l'avance, les versements sont faits au début de l'intervalle.

et de réparation périodiques restent constants ( $K_b, K_u, K_r$ ). Sont indiquées ci-après les formules de calcul des frais d'exploitation, d'entretien et de réparation en cas de prise en compte de l'inflation<sup>6</sup> :

$$K_b^t = (1 + \pi)^{(t-1)} \cdot K_b \quad (10)$$

$$K_u^t = (1 + \pi)^{(t-1)} \cdot K_u \quad (11)$$

$$K_r^t = (1 + \pi)^{(t-1)} \cdot K_r \quad (12)$$

La somme globale de ces frais est la suivante :

$$K_{b,u,r}^t = (1 + \pi)^{(t-1)} \cdot (K_b + K_u + K_r) \quad (13)$$

Tout éventuel montant résiduel  $L_n$  À la fin de la durée de vie de la MPO est décompté à la date  $t=0$ .  $PV$  correspond à la valeur actuelle (Present Value) :

$$PV(L_n) = \frac{L_n}{(1+r)^n} \quad (14)$$

Ce montant peut à nouveau être réparti régulièrement sur toute la durée de vie à l'aide du facteur d'annuité (voir formule 8)

$$L_n^t = PV(L_n) \cdot \left( \frac{1}{PVIFA_{r,n}} \right) \quad (15)$$

et, dès lors, être intégré dans le calcul des frais annuels. On obtient les frais totaux par année  $K^t$  en faisant la somme du montant d'investissement et des frais d'exploitation, d'entretien et de réparation  $K_{b,u,r}^t$  composant l'annuité  $C$  moins la valeur résiduelle potentielle  $L_n^t$  :

$$K^t = C + K_{b,u,r}^t - L_n^t \quad (16)$$

---

<sup>6</sup> Si l'inflation n'est pas prise en compte, les frais nominaux d'exploitation, d'entretien et de réparation restent constants au fil des années.

Dans le cas où des dépenses seraient occasionnées à la fin de la durée de vie de la MPO afin de procéder à son démontage, la valeur  $L_n^t$  serait ajoutée à ces dépenses. Ainsi, les dépenses totales seraient les suivantes :

$$K^t = C + K_{b,u,r}^t + L_n^t \quad (17)$$

L'inflation peut (voir description ci-dessus) être prise en compte dans les frais annuels d'exploitation, d'entretien et de réparation. L'année de départ 1 constitue la base. On suppose un montant d'investissement nominal et un taux d'intérêt nominal, fixé à la date  $t=0$ . L'annuité (amortissement et intérêts) n'est, par conséquent, pas ajustée, c'est-à-dire convertie en valeurs réelles. Les dépenses engagées pour mettre en place la MPO sont ainsi exprimées sous forme de valeurs nominales. Le taux Libor 3 mois est proposé comme base pour le taux d'intérêt. Il se situe à environ 1,6 % au moment de la rédaction du présent rapport.

## 3.8 Détermination du dommage et du risque *avec* les mesures

### 3.8.1 Remarques générales

Les mesures prises doivent être dimensionnées de manière à ce qu'elles évitent un dommage entrant dans l'objectif de la mesure. Cet objectif doit être convenu entre le propriétaire du bâtiment et l'ECA lors de la planification de la mesure (voir paragraphe Évaluation et objectif de la mesure de protection du bâtiment au chapitre 3.7.1). Une évaluation de l'efficacité des mesures doit être réalisée pour chaque scénario. Les mesures de protection sont évaluées selon les critères suivants, conformément à la méthode d'évaluation de l'efficacité de mesures de protection PROTECT (Romang et al., 2009) :

- Sécurité structurale
- Aptitude à l'emploi et
- Durabilité

Ces trois points sont brièvement développés ci-dessous. Des informations détaillées sont fournies dans la publication PROTECT, qui peut être téléchargée sur le site Internet de la PLANAT.

On entend par **sécurité structurale** la capacité d'une mesure à résister suffisamment lorsqu'elle est exposée à une certaine force. Ceci signifie que la mesure ne doit pas échouer sous l'effet de cette force et répondre aux exigences des normes applicables (par ex. normes SIA). On peut supposer que la sécurité structurale est garantie dès lors que les dispositions applicables et les directives en matière de dimensionnement prévues par les recommandations sont respectées.

On entend par **aptitude à l'emploi** la capacité de la mesure à remplir la fonctionnalité qui lui est attribuée. L'évaluation de l'aptitude à l'emploi est faite qualitativement et quantitativement. L'évaluation qualitative peut avoir lieu sur la base de l'évaluation du concept et de la mise en œuvre de la mesure en se servant des valeurs empiriques concernées. L'évaluation quantitative présuppose l'existence de certaines valeurs, telles que des valeurs empiriques (par ex. les conséquences de grêlons d'une certaine taille sur divers matériaux composant l'enveloppe de bâtiments). Une diminution de l'aptitude à l'emploi n'apparaît souvent qu'après une certaine

période, par ex. à la suite d'un vieillissement des matériaux du fait de l'impact atmosphérique. Lorsque l'influence du vieillissement sur l'aptitude à l'emploi et, dès lors, sur l'efficacité est importante, l'évaluation doit se baser sur une efficacité moyenne.

La **durabilité** désigne la capacité d'une mesure à garantir la sécurité structurale et l'aptitude à l'emploi sur une durée prolongée. La durabilité d'une mesure dépend de son type, de sa situation, de sa mise en œuvre et de la fréquence des événements qu'elle vise. Elle repose essentiellement sur un entretien professionnel et en temps voulu de la mesure.

La fiabilité et, dès lors, l'efficacité de la mesure sont déterminées par la prise en compte globale de ces trois critères.

La garantie d'une grande fiabilité est donnée lorsque les trois critères sont entièrement remplis. La mesure peut alors être considérée comme efficace à 100 %. Toute éventuelle surcharge doit toutefois être prise en compte dans l'évaluation finale.

Une fiabilité restreinte découle d'une efficacité réduite de la mesure, soit du fait d'une diminution de son aptitude à l'emploi soit du fait de sa durabilité limitée. L'efficacité réduite doit être quantifiée en pour cent pour chaque événement.

Une fiabilité faible entraîne un échec de la mesure et ne déploie, dès lors, aucun effet de réduction du dommage. Ceci ne devrait que rarement se produire étant donné que les MPO sont conçues et mises en œuvre de façon spécifique et selon des directives en matière de dimensionnement particulières.

### 3.8.2 Calcul du dommage avec la mesure

Lorsque l'évaluation est faite pour toutes les mesures concernées, le dommage peut être déterminé en fonction de la mesure :

$$A(nM)_{i,j} = W_i \times (1 - e_j) \quad [\text{CHF}] \quad (18)$$

La valeur du bâtiment ou d'une partie du bâtiment est alors  $W_i$  (par ex. le chauffage) et l'efficacité de la MPO pour le scénario concerné  $j$  est  $e_j$ . Lorsque l'efficacité d'une MPO est de 99 %, par ex., la valeur à indiquer pour  $e_j$  est 0,99, le terme  $(1 - e_j)$  ainsi que le dommage  $A_{i,j}$  se rapprochent alors de zéro.

Le dommage dans le scénario  $j$  en tenant compte des mesures prises concernant le bâtiment est le résultat de la somme de toutes les parties du bâtiment :

$$A(nM)_j = \sum_i A(nM)_{i,j} \quad [\text{CHF}] \quad (19)$$

### 3.8.3 Calcul du risque avec la mesure

Le risque tenant compte de la mesure se calcule en associant la fréquence des scénarios considérés avec l'étendue du dommage selon les mesures.

$$R(nM)_j = p_j \times A(nM)_j \quad [\text{CHF/a}] \quad (20)$$

$$R(nM) = \sum_j R(nM)_j \quad [\text{CHF/a}] \quad (21)$$

La diminution du risque par la MPO est ainsi définie comme étant la différence entre le risque dans la situation initiale (sans mesure) et le risque en tenant compte de la mesure :

$$R(v) = R(vM) - R(nM) \quad [\text{CHF/a}] \quad (22)$$

### 3.8.4 Prise en compte de l'utilité supplémentaire

Comme il a déjà été expliqué au chapitre 3.5.5, une MPO peut avoir une utilité supplémentaire en plus de son effet de réduction du dommage causé au bâtiment ou aux parties du bâtiment assurés. Cette utilité supplémentaire peut être très différente selon les cas et selon l'objet (par ex. panne industrielle causée par des caves inondées pourvues d'une technique de commande). Elle doit être quantifiée dans la mesure du possible et indiquée comme risque monétaire par année si cela apparaît comme étant judicieux. Si ceci est faisable de façon vérifiable et aisée à comprendre, cette utilité supplémentaire  $US$  peut être ajoutée à la réduction du dommage calculée ; la valeur qui en résulte est alors la réduction du dommage avec utilité supplémentaire  $R(vUS)$  :

$$R(vUS) = R(v) + US \quad [\text{CHF/a}] \quad (23)$$

## 3.9 Rentabilité des mesures

La rentabilité d'une MPO est déterminée sur la base du rapport coûts-utilité. L'utilité de la mesure résulte de la réduction du risque de la MPO, qui se compose de la différence du risque annuel avant la mesure et du risque annuel après prise en compte de la mesure (formule 22).

Les coûts de la MPO sont pris en compte à titre de frais annuels (formules 16, 17). Le rapport coûts-utilité qui en résulte est le suivant :

$$CU = \frac{R(v)}{K^t} \frac{[\text{CHF/a}]}{[\text{CHF/a}]} \quad (24)$$

Le rapport coûts-utilité avec utilité supplémentaire est défini après prise en compte du coût supplémentaire (voir chapitre 3.8.4) :

$$CU(US) = \frac{R(vUS)}{K^t} \frac{[\text{CHF/a}]}{[\text{CHF/a}]} \quad (25)$$

Si  $CU$  ou  $CU(US) > 1$ , alors la MPO peut être considérée comme répondant au principe de la rentabilité. Il faut toutefois noter qu'une détermination du risque comporte toujours certaines incertitudes, qui proviennent des diverses sources suivantes :

- Insécurité quant à l'estimation de la probabilité de réalisation et dans l'intensité de l'évaluation des dangers ;
- Insécurité quant à la détermination du dommage causé au bâtiment par le procédé ;
- Insécurité quant à l'effet de la MPO et, dès lors quant au dommage avec prise en compte de la mesure.

Ces trois sources d'insécurité peuvent faire fluctuer le rapport  $CU$  autour de la valeur 1. C'est pourquoi il est recommandé de considérer ces insécurités d'un œil critique et de relativiser la valeur significative du rapport  $CU$  lorsque celui-ci se situe tout juste en dessous de 1. Comme les dommages ne peuvent être évalués que de façon approximative, il est généralement recommandé de définir un dommage minimal et un dommage maximal afin de déterminer le risque minimal et le risque maximal avant ou après prise en compte la mesure. On établit ainsi également un champ de fluctuation du rapport  $CU$ , qui doit être pris en compte dans la détermination de l'exigibilité d'une mesure.

### 3.10 Évaluation, proportionnalité et exigibilité

Des réflexions fondamentales sur les notions de proportionnalité et d'exigibilité ont été présentées au chapitre 2.2. On retient que la rentabilité constitue un critère important pour évaluer l'exigibilité. Lorsque la rentabilité d'une MPO est donnée (utilité  $>$  coûts), la mesure est en principe considérée comme acceptable. D'autres critères doivent toutefois être pris en compte. La pratique des assurances immobilières cantonales est importante dans les cas particuliers. L'outil et le rapport coûts-utilité calculé étai la décision de l'assurance immobilière au moyen de valeurs consistantes en matière de rentabilité.

Outre la rentabilité, il convient de tenir compte d'autres critères pour évaluer la proportionnalité et l'exigibilité. Une sélection de critères supplémentaires est présentée ci-dessous à titre d'illustration :

- L'utilisabilité subjective : la question doit être posée de savoir si l'utilisation du bâtiment ou son environnement proche sont considérablement affectés par la mesure de protection des objets. L'on ne peut, par exemple, raisonnablement pas exiger de la part d'un(e) propriétaire qu'il ou elle fasse ériger un grand mur de protection juste devant une fenêtre du bâtiment, ce qui gâcherait non seulement la vue, mais empêcherait également en grande partie voire totalement la lumière d'entrer. Il faut également veiller à l'accessibilité des constructions aux handicapés.
- La protection des sites construits et des monuments : quel est l'impact esthétique de la MPO sur le site construit ? Dans quelle mesure la MPO est-elle compatible avec la protection des monuments ? Quelles mesures doivent être prises conformément à la protection des monuments ? Quels coûts (supplémentaires) ces mesures supposent-elles ? Cette dernière question, en particulier, n'est pas prise en compte expressément dans le calcul du rapport coûts-utilité.
- Participation des tiers aux coûts des MPO : l'art. 19, al. 2 de la loi sur l'assurance immobilière (obligations des assurés) du canton de Schaffhouse, par exemple, prévoit



que les assurés doivent prendre toute mesure raisonnable afin de prévenir les dommages. En outre, la commission administrative peut octroyer des subventions dans des cas particuliers justifiés, afin de prévenir les dommages causés par des éléments naturels. Ces aides n'ont aucune influence sur la rentabilité objective de la mesure, mais elles peuvent améliorer son caractère supportable subjectif et, dès lors, son exigibilité.

- Particularité géographique du bâtiment
- Comparaison entre les coûts de la MPO et la valeur (d'assurance) du bâtiment, et évaluation par rapport à l'étendue de « l'événement déclencheur » (circonstance définie juridiquement, qui justifie la décision de mise en place de MPO par l'ECA, à savoir une transformation, une nouvelle construction, un dommage ou une évolution du risque).
- Caractère supportable de la mesure : selon Quinto (2012), le critère du caractère supportable de la mesure doit être pris en compte lors de la décision de mise en place de MPO (=capacité financière de la personne concernée). Ce critère d'évaluation de l'exigibilité d'une mesure ne fait pas partie de la présente méthode ou n'est pas pris en compte lors de la détermination du rapport coûts-utilité, étant donné que celui-ci détermine la rentabilité objective de la mesure sans prendre en compte son financement.<sup>7</sup> L'ECA peut appliquer d'autres critères d'évaluation du caractère supportable de la mesure en se fondant sur les conditions juridiques applicables, par ex. la capacité de financement ou les délais de réalisation et, éventuellement, la participation aux MPO. Ces critères doivent toutefois être limités, en premier lieu, aux MPO volontaires et aux mesures prises en cas d'évolution du risque (non fautif) dans le cas d'objets existants, à l'instar de la protection incendie.
- Comme il a été évoqué dans le paragraphe consacré aux enquêtes préalables, on doit déterminer si des mesures de protection des surfaces sont planifiées dans les cinq années à venir. Si tel est le cas, la mise en place d'une mesure de protection d'objet ne peut raisonnablement pas être imposée, pour autant qu'il n'existe pas une mise en danger particulière.

---

<sup>7</sup> Nous sommes d'avis que ce critère ne devrait être pris en compte que dans des cas particuliers (par ex. sous la forme d'une prolongation de délai, sans renoncer à la mise en œuvre de la mesure).

## 4 Exemples d'application

### 4.1 Protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels : exemple des crues et inondations

#### 4.1.1 Introduction

Les paragraphes suivants illustrent la méthode présentée dans ses grandes lignes au chapitre 3 au moyen d'un exemple d'application dans le procédé de crue. Il convient de tenir compte du fait que dans cet exemple, il s'agit d'une application rétrospective visant à illustrer la méthode et non pas d'une évaluation réelle.

#### 4.1.2 Description du système

La centrale d'appel d'urgence du canton de Saint-Gall (KNZ) est située dans les murs de l'ancienne ville de Saint-Gall. Elle est l'œuvre de l'architecte Santiago Calatrava. La KNZ est située sur un terrain exposé à un risque d'inondation en cas de crue de la Steinach ou d'un raz-de-marée résultant de la rupture du barrage de Dreiweihern ou de Wenigerweiher.

La fonction particulièrement importante remplie par la KNZ exige que celle-ci continue de fonctionner en cas de crue ou de rupture d'un barrage. Pour cela, les points d'entrée de l'eau doivent être connus et une inondation de la KNZ empêchée au moyen de mesures de protection. Cette mesure se base sur une durée d'utilisation restante de 10 ans de la KNZ (illustration 6).



*Illustration 6 : la rue Moosbruggstrasse avec la KNZ en forme de coquillage (au milieu) et, à gauche, l'ancien bâtiment sur la place Klosterhof 12 (source : Egli Engineering AG).*

#### 4.1.3 Évaluation des risques

La KNZ est située dans la zone inondable de la Steinach. L'inondation couvrirait principalement la rue Moosbruggstrasse, mais pourrait également s'étendre sur le terrain de l'abbaye et de la KNZ dans un cas extrême.

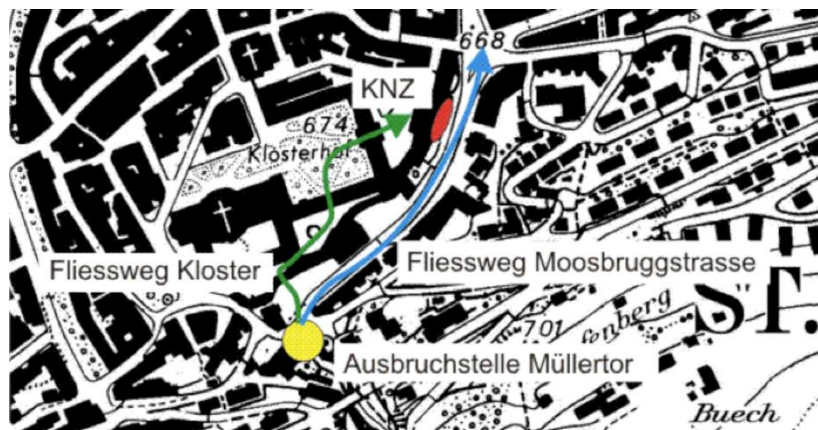


Illustration 7 : plan de situation présentant les deux directions possibles de l'inondation : bleu en passant sur la rue Moosbruggstrasse et vert en passant sur le terrain de l'abbaye.



#### Legende

##### Fließtiefe in Flächen

> 0.00 - 0.25 m
> 0.25 - 0.50 m
> 0.50 - 0.75 m
> 0.75 - 1.00 m
> 1.00 - 1.50 m
> 1.50 - 2.00 m
> 2.00 - 3.00 m
> 3.00 - 4.00 m
> 4.00 - 5.00 m
> 5.00 m

##### Tiefpunkte

● > 0.50 - 0.75 m
○ > 0.75 - 1.00 m
● > 1.00 - 1.50 m
● > 1.50 - 2.00 m
○ > 2.00 - 3.00 m
○ > 3.00 - 4.00 m
● > 4.00 - 5.00 m
● > 5.00 m

##### Fließgeschwindigkeit

⋯ > 0 - 1 m/s
⋯ > 1 - 2 m/s
⋯ > 2 - 3 m/s
⋯ > 3 - 4 m/s
⋯ > 4 - 5 m/s
⋯ > 5 - 6 m/s
⋯ > 6 m/s

Illustration 8 : profondeur et vitesse des eaux en cas de crue d'une périodicité de 100 ans de la Steinach.

Lors d'une crue d'une périodicité de 30 ans, la profondeur et la vitesse des eaux autour de la KNZ sont de 0,5 à 1 m et de 1 m / s respectivement. Lors d'un HQ100, la profondeur et la

vitesse des eaux atteignent 1,5 m et 2 m / s respectivement. Lors d'une crue d'une périodicité de 300 ans, la profondeur et la vitesse des eaux atteignent 1,5 m et 3 m / s max. respectivement.

#### 4.1.4 Évaluation du bâtiment compte tenu du danger

Les points d'entrée possibles de l'eau dans le bâtiment sont exposés dans le tableau. Les points d'entrée les plus importants sont la grande porte et les deux entrées du personnel situées sur la rue Moosbruggstrasse (points d'entrée 2, 3 et 4). L'eau peut également pénétrer dans la KNZ par l'entrée située sur la place Klosterhof 12 en cas de rupture d'un barrage (point d'entrée 1). En cas de profondeur importante, l'eau peut pénétrer dans le bâtiment par la fenêtre située sur le côté de la rue Moosbruggstrasse (point d'entrée 5). Le point de liaison de l'ancien bâtiment avec le nouveau constitue également un autre point d'entrée possible (7) : on suppose qu'il existe entre la KNZ et le fondement de l'ancien bâtiment situé sur la place Klosterhof 12 une fente ouverte sur les côtés et sur le dessus. L'eau superficielle peut pénétrer par cette fente en cas de rupture d'un barrage. De l'eau météorique et souterraine peut également pénétrer sans événement particulier. Lorsque le volume d'eau entrant est plus important que le volume d'eau sortant, une pression hydraulique se forme dans cette fente.

Le fondement de la KNZ a été construit de façon étanche ; l'étanchéité a été assurée par la pose de lés d'étanchéité de bitume polymère (bac noir) sous la dalle du sol et les murs extérieurs. Les travaux de transformation réalisés en 2008 ont toutefois montré que le bac n'était pas complètement étanche. De faibles quantités d'eau souterraine pénètrent à certains endroits, notamment lorsque le niveau de la nappe phréatique est élevé, au printemps et en automne (point d'entrée 6). C'est la raison pour laquelle plusieurs détecteurs du débit d'eau ont été placés aux alentours de la dalle du sol, afin d'avertir les responsables du bâtiment en cas d'incident.

Tableau 6 : points d'entrée et causes de dommage.

Numéro	Point d'entrée	Type d'eau	Origine
1	Entrée sur la place Klosterhof 12, accueil	Eau superficielle	Crue
2	Grande porte située sur la Moosbruggstrasse, destinée aux livraisons de marchandises	Eau superficielle	Crue
3	Portes d'entrée du personnel à gauche, donnant sur la Moosbruggstrasse	Eau superficielle	Crue
4	Portes d'entrée du personnel à droite, donnant sur la Moosbruggstrasse	Eau superficielle	Crue
5	Fenêtre donnant sur la Moosbruggstrasse	Eau superficielle	Crue
6	Fuite dans les fondations	Eau souterraine (pression hydrostatique)	Précipitations Crue
7	Liaison du bâtiment de la KNZ avec la place Klosterhof 12	Eau météorique, eau superficielle, eau souterraine (pression hydrostatique)	Précipitations Crue

#### 4.1.5 Dommage et risque dans l'état de départ

En cas d'épandage des eaux dans les points d'entrée, le sous-sol serait entièrement inondé (local d'exploitation, salle des appareils, local technique, aération / sanitaires et centre de gestion) et des dommages seraient causés au rez-de-chaussée (garage, garde-robe des uniformes, ascenseurs, couloir, entrepôt) et à la galerie (garde-robe, douche / WC, salle de détente, sas). On doit donc partir d'un dommage total de l'infrastructure et de la technique du bâtiment, qui correspond à un dommage matériel total d'environ CHF 20 mio. Les coûts se composent des rénovations réalisées en 2008, et notamment des investissements dans l'électrotechnique, dans l'aération et dans la distribution de l'électricité pour un montant de CHF 12 mio. De plus, en cas d'inondation, le chauffage, les installations radio et téléphonique, le mobilier et, dans une moindre mesure, le bâtiment seraient endommagés (hypothèse : pas de portance du bâtiment). Ces dommages sont estimés à CHF 8 mio.

Le dommage matériel global de CHF 20 mio n'inclut pas les autres dommages, par ex. les déformations dues à la portance du bâtiment. Une partie du dommage matériel de CHF 20 mio est assurée par l'assurance immobilière, à savoir CHF 1 mio, et les CHF 19 mio restants doivent être passés sur le compte de l'utilité supplémentaire.

On part du principe qu'un dommage matériel total peut déjà être causé par une crue de la Steinbach d'une périodicité de 30 ans. Le dommage matériel ne serait pas plus important en cas d'événement plus intense (HQ 100, HQ 300, EHQ).

Tableau 7 : dommage et risque matériels dans les divers scénarios.

Période de récurrence [années]	Dommage matériel [CHF]	Probabilité de réalisation	Risque matériel [CHF / an]
30	1'000'000.-	0,0233	23'300.-
100	1'000'000.-	0,0067	6'700.-
300	1'000'000.-	0,0023	2'300.-
1'000	1'000'000.-	0,0009	900.-
Total			33'200.-

Le risque matériel, exprimé sous forme de produit de la probabilité de réalisation et du dommage matériel, s'élève à CHF 33'200.- par an.

Le cas présenté ici doit être considéré comme un cas spécial. Le dommage matériel augmente avec la fréquence de la période de récurrence pour une majorité de bâtiments.

#### Appréciation des valeurs menacées supplémentaires

- Mise en danger de personnes : les personnes ne sont pas en danger
- Équipement d'entreprise : CHF 7 mio
- Biens mobiliers (meubles) : CHF 7 mio
- Accessoires : CHF 5 mio
- Interruption d'exploitation : la présence de systèmes redondants permet de remédier à une éventuelle panne technique de la KNZ.

Tableau 8 : dommage et risque matériels supplémentaires dans les divers scénarios.

Période de récurrence [années]	Dommage matériel [CHF]	Probabilité de réalisation	Risque matériel [CHF / an]
30	19'000'000.-	0,0233	442'700.-
100	19'000'000.-	0,0067	127'300.-
300	19'000'000.-	0,0023	43'700.-
1'000	19'000'000.-	0,0009	17'100.-
Total			630'800.-

#### 4.1.6 Identification de la mesure et fixation des coûts

##### Proposition de la mesure « Parois flottantes et rabattables (barrière à eau) »

Les systèmes de parois flottantes sont des corps creux étanches et flottants. La paroi est montée dans une pièce aménagée au sous-sol et n'est pas visible en temps normal. En cas de crue, la pièce se remplit d'eau et la paroi de protection contre les crues flotte à la surface de l'eau.

Si la paroi rabattable est intégrée au bâtiment, sa longueur est de 6,10 m. En temps normal, la paroi recouvre une surface de 2,10 m ; ainsi, l'axe de rotation se retrouve placé devant la grande

porte, ce qui empêche d'ouvrir et de fermer celle-ci lorsque la paroi est activée. Une commande doit empêcher que la grande porte ne soit ouverte en cas d'incident et entre en collision avec la paroi. La mesure exacte doit être prise lors de la planification détaillée.

La paroi rabattable nécessite à peine 20 cm de profondeur au sous-sol et se situe très probablement dans le domaine des conduites d'évacuation.

*Tableau 9 : description des mesures et coûts annuels.*

Mise en œuvre	Investissement technique important (conduites d'évacuation au sous-sol)
Sécurité du fonctionnement	Env. 90 % - 100 %, et 95 % au centre
Aptitude pratique à l'emploi	Bonne aptitude, pas de restriction à l'exploitation actuelle
Architecture	Couvertine au sol et les poteaux sur les côtés des deux murs sont visibles.
Entretien	Contrôle annuel et nettoyage périodique d'un coût annuel d'environ CHF 400.-.
Investissement	CHF 135'500 montage compris, mais hors génie civil
Durée	50 ans
Coûts annuels	CHF 5'670 / an (jusqu'à 3 % d'intérêts)

#### **4.1.7 Dommage et risque compte tenu de la mesure**

Le risque annuel est fortement réduit grâce à la grande efficacité de la mesure (95 %). Il subsiste un dommage matériel de CHF 50'000.- en cas d'incident (pour tous les scénarios). Le calcul du risque montre que le risque matériel dans un scénario d'une périodicité de 30 ans participe grandement au risque global, même en tenant compte de la mesure. Le risque résiduel subsistant dans tous les scénarios est d'environ CHF 1'660.- par an. La réduction du risque dans tous les scénarios s'élève à CHF 31'540.- par an.

*Tableau 10 : dommage et risque matériels en tenant compte de la mesure mais hors utilité supplémentaire.*

<b>Période de récurrence [années]</b>	<b>Dommage matériel [CHF]</b>	<b>Probabilité de réalisation</b>	<b>Risque matériel [CHF / an]</b>
30	50'000.-	0,0233	1'165.-
100	50'000.-	0,0067	335.-
300	50'000.-	0,0023	115.-
1'000	50'000.-	0,0009	45.-
<b>Total</b>			<b>1'660.-</b>

Lorsque l'on ajoute les valeurs menacées supplémentaires et que l'on part d'un dommage de CHF 20 mio, il subsiste un dommage matériel de CHF 1'000'000.- (dans tous les scénarios) en cas d'incident. Il en résulte ainsi un dommage matériel de CHF 33'200.- en tenant compte de la mesure. La réduction du risque s'élève à CHF 630'800.-

*Tableau 11 : dommage et risque matériels supplémentaires compte tenu de la mesure.*

<b>Période de récurrence [années]</b>	<b>Dommmage matériel [CHF]</b>	<b>Probabilité de réalisation</b>	<b>Risque matériel [CHF / an]</b>
30	1'000'000.-	0,0233	23'300.-
100	1'000'000.-	0,0067	6'700.-
300	1'000'000.-	0,0023	2'300.-
1'000	1'000'000.-	0,0009	900.-
<b>Total</b>			<b>33'200.-</b>

#### **4.1.8 Rentabilité de la mesure**

Hors valeurs menacées supplémentaires

Il résulte de la réduction du risque de CHF 31'540.- par an et des coûts annuels de CHF 5'670.- par année (avec un taux d'intérêt de 3 %) un rapport coûts-utilité de 5, ce qui peut être qualifié d'important.

Valeurs menacées supplémentaires comprises

Lorsque l'on ajoute l'utilité supplémentaire, qui constitue une grande partie du montant dans notre exemple, on obtient une réduction du risque de CHF 630'800.- pour un rapport coûts-utilité de 111, ce qui peut être qualifié de très important.

#### **4.1.9 Appréciation finale**

Le présent exemple montre clairement comment l'on peut générer une importante utilité moyennant un investissement financier relativement faible. L'insécurité existant en cas d'événement rare (T = 1'000 ans) ne joue aucun rôle, étant donné que cet événement ne participe que de façon négligeable au risque global. Les autres éléments d'insécurité dans la quantification de l'efficacité de la mesure n'ont pas d'influence sur la rentabilité.

## **4.2 Protection des objets contre les dangers naturels météorologiques : exemple de la grêle**

### **4.2.1 Introduction**

Les paragraphes suivants présentent un exemple d'application de la méthode dans le procédé de grêle. Comme pour le procédé de crue, il s'agit ici d'une application rétrospective dans le but d'illustrer la méthode et non pas d'une évaluation réelle.



#### 4.2.2 Description du système

L'objet en question est une grande halle d'exposition de Suisse orientale, qui comporte un toit plat et 117 lanternes pouvant être endommagés par la grêle.



*Illustration 9 : vue aérienne de l'objet étudié (halle en deux parties avec toit sombre sur la moitié supérieure de l'image).*

#### 4.2.3 Évaluation des risques

La carte des intensités de la grêle dans la région fait état d'une périodicité de 50 ans et de grêlons de 3 cm de diamètre. Les intensités pour les autres périodes de récurrence sont les suivantes :

*Tableau 12 : taille des grêlons (intensités) dans les divers scénarios.*

Période de récurrence	Intensité (grêlons en cm)
20	3
50	3
100	4
300	4

#### 4.2.4 Évaluation du bâtiment compte tenu du danger

La halle d'exposition au toit plat compte 117 lanternes. Les lanternes ainsi que le revêtement du toit résistent à la grêle, ce qui n'est pas le cas de la plaque située à proximité des bords surélevés. En cas de grêle (grêlons de 3 cm de diamètre), des fissures peuvent apparaître aux bords, qui laisseraient passer l'eau dans la zone de construction du toit.

#### 4.2.5 Dommage et risque dans l'état de départ

En cas de dommage causé par la grêle aux bords surélevés des lanterneaux, on doit s'attendre à une pénétration d'eau dans le bâtiment. Selon une estimation de l'assurance immobilière, on parvient aux dommages suivants dans le cas d'événements d'une périodicité de 20 ans et de 50 ans : CHF 30'000.- pour les contrôles et les réparations d'urgence, CHF 75'400.- pour la maintenance. Le montant du dommage ou les frais s'élèvent à environ CHF 300'000.- en raison de la taille plus importante des grêlons dans le cas d'événements d'une périodicité de 100 ans et de 300 ans.

Tableau 13 : dommage matériel et risque dans les scénarios individuels.

Période de récurrence [années]	Dommage matériel [CHF]	Probabilité de réalisation	Risque matériel [CHF / an]
20	105'400	0,03	3'162
50	105'400	0,01	1'054
100	300'000	0,0067	2'010
300	300'000	0,0033	990
Total			7'216

#### Appréciation des valeurs menacées supplémentaires

- Biens mobiliers (meubles) : en cas de pénétration d'eau dans la halle d'exposition, les objets tels que les meubles, les tapis ou les objets exposés peuvent être endommagés.
- Accessoires : tous éventuels objets mobiliers faisant partie intégrante de l'immeuble qu'ils doivent servir peuvent être endommagés par l'eau.
- Perte du loyer
- Interruption de l'exploitation

### **4.3 Identification de la mesure et fixation des coûts**

La mesure recommandée consiste à monter une protection mécanique sous forme de couronne de tôle (recouverte de PVC) à proximité des bords surélevés. Pour cela, un investissement de CHF 65'000.- est nécessaire pour une durée de vie de 20 ans. En comptant un taux d'intérêt de 3 %, on parvient à un coût annuel de CHF 4'370.- par an. L'efficacité est de 100 % pour les événements d'une périodicité inférieure ou égale à 300 ans.

### **4.4 Dommage et risque compte tenu de la mesure**

Une efficacité de 100 % signifie une absence de dommage et de risque après la mise en place de la mesure. La réduction du risque s'élève à CHF 7'216.- par an.

### **4.5 Rentabilité de la mesure**

Lorsque l'on compare la réduction du risque de CHF 7'216.- aux coûts occasionnés annuellement par la mesure, qui s'élèvent à CHF 4'370.-, on obtient un rapport coûts-utilité de 1,6, ce qui peut être qualifié de rentable. Dès lors, la mesure est rentable même sans tenir compte de l'utilité supplémentaire.

### **4.6 Appréciation finale**

Le présent exemple montre que l'on peut obtenir un effet significatif moyennant un investissement relativement faible. Il montre également que l'analyse approximative, basée sur un scénario de référence d'une périodicité de 20 ans, permet déjà d'établir la rentabilité de la mesure.

## **5 Propositions de mise en œuvre (situation octobre 2012)**

### **5.1 Cahier des charges en matière de programmation informatique**

Un cahier des charges qui décrit précisément la mise en œuvre et les exigences à remplir par ce logiciel doit être établi selon la méthode présentée ici. Ce cahier des charges doit contenir des graphiques simples, qui donnent une première idée de la présentation des masques. Ce cahier des charges sert de base au programmeur du logiciel.

### **5.2 Logiciel**

Dans la phase 2 du projet, nous suggérons de mettre en œuvre la méthode dans un logiciel simple à utiliser. Il est important de garder à l'esprit que les utilisatrices et les utilisateurs potentiels seront déjà impliqués dans son développement à l'occasion de tests. Ces tests doivent garantir que les exigences de l'utilisateur final seront remplies. Le logiciel sera implémenté sous forme de logiciel en ligne, dans un premier temps, afin qu'il puisse être testé par différentes personnes. À la suite d'une batterie de tests exhaustive, la réalisation d'une version hors ligne pouvant être utilisée par le propriétaire du bâtiment sur place sera proposée.

Afin d'en simplifier l'utilisation, le logiciel sera accompagné d'une aide électronique qui permettra également aux utilisatrices et aux utilisateurs non entraînés de travailler sans problème avec le produit.

### **5.3 Traduction de la méthode**

La présent rapport sur la méthode doit être traduit en français sur approbation du conseil de la Fondation de prévention.

### **5.4 Rapport de mise en œuvre**

Afin de parvenir à une diffusion plus large des résultats de la présente phase de projet, nous proposons de restituer le contenu du présent rapport dans une brochure facilement accessible et comportant des illustrations graphiques. Ce rapport de mise en œuvre doit présenter les étapes de travail ainsi que la méthode à l'aide d'un exemple d'application. Le présent rapport de mise en œuvre doit également être traduit en français.

## **5.5 Information des établissements cantonaux d'assurance**

À l'issue de la phase 2, la méthode et le logiciel doivent être présentés aux directeurs et aux responsables de la prévention des ECA à l'occasion d'une séance d'information. Le but de cette séance est d'informer le public cible potentiel et de le sensibiliser à ce sujet.



## Bibliographie

BBR (2010) : Klimaangepasstes Bauen – Kriteriensteckbrief `Widerstandsfähigkeit gegen Naturgefahren: Wind, Starkregen, Hagel, Schnee/feuchte Winter und Hochwasser, Bundesamt für Bauwesen und Raumentwicklung, Deutschland.

Bründl, M. (2009) : Risikokzept für Naturgefahren – Leitfaden. Plate-forme nationale « Dangers naturels » (PLANAT), Berne. 422 p.

Ceppi, P., Della-Marta, P.M., Appenzeller, C. (2008) : Extreme Value Analysis of Wind Speed Observations over Switzerland, Rapport de travail de MétéoSuisse, 219, Zurich. 43 p.

Egli, T. (2005) : « Recommandations – Protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels. » Association des établissements cantonaux d'assurance incendie, Berne

Egli, T. (2007) : Recommandations - Protection des objets contre les dangers naturels météorologiques. Berne : Association des établissements cantonaux d'assurance incendie, Berne

Egli, Th., Vanomsen P. (2010) : Analyse der Normierung von Bauten und Anlagen in Bezug auf die Einwirkung von Naturgefahren. Rapport à l'intention de la Fondation de prévention des Établissements cantonaux d'assurance, Berne

Fischer, M. (2011) : Manuscrit « Prévenir et assurer ».

GVG (2011a) : Loi sur l'assurance immobilière. [www.gvg.gr.ch](http://www.gvg.gr.ch) (consultation le 12.05.2014).

GVG (2011b) : Ordonnance relative à la loi sur l'assurance immobilière. [www.gvg.gr.ch](http://www.gvg.gr.ch) (consultation le 12.05.2014).

GVG (2011c) : Loi sur les constructions. [www.gvg.gr.ch](http://www.gvg.gr.ch) (consultation le 12.05.2014).

Hauswirt et Suter (1990) : Sachversicherung, Éditions de la Société suisse des employés de commerce, Zurich.

IKSR, CIPR & ICBR. (2002) : Prévention des crues – Mesures et leur efficacité. Coblenz : Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR).

Kiener, R., Kley, A., Tschannen, P. et Zimmerli, U. (2002) : Öffentliches Recht I, Unterlagen zur Vorlesung Einführung in das Öffentliche Recht für Ökonomen, Université de Berne, Institut de droit public.

Quinto, C. (2012) : Gutachten zur rechtlichen Machbarkeit des Leitfadens Schutzziele Naturgefahren. Association des établissements cantonaux d'assurance incendie (AEAI), Berne, 56 p.

Stucki, M. et Egli, Th. (2005) : Répertoire de la protection contre la grêle, rapport de synthèse. Rapport établi sur mandat de la Fondation de prévention des établissements cantonaux d'assurance. Berne.

AEAI (2007) : Recommandations « Protection des objets contre les dangers naturels météorologiques », AEA, Berne.





**Annexe A : Tableau de l'enquête menée par la CPO**



## **Annexe B : Questions de l'enquête téléphonique et synthèse des réponses reçues par les ECA des cantons d'Argovie, de Berne, des Grisons, de Glaris, de Zurich, de Saint-Gall et d'Appenzell Rhodes-Extérieures.**

### **Question 1 : Votre institution participe-t-elle à l'établissement des cartes des dangers ?**

Les ECA ne participent généralement pas à l'établissement des cartes des dangers, à quelques exceptions près. Ceci est avant tout du ressort des organes cantonaux compétents en matière de dangers naturels.

### **Question 2 : Votre institution participe-t-elle à l'établissement du plan des zones à risque ?**

Les plans des zones à risque n'existent pas dans un grand nombre de cantons, et lorsqu'ils existent, les ECA n'y participent pas non plus, leur établissement étant du ressort de la commune.

### **Question 3 : Quelles sont les bases de décision de mise en place / de soutien financier des MPO ?**

Il existe une grande palette de bases, qui s'appliquent plus ou moins souvent selon les cantons. Il s'agit des lois relatives aux assurances immobilières cantonales y compris des ordonnances y relatives, des lois sur les constructions, des dispositions d'exécution, des listes de contrôle applicables aux demandes de subventions, des règlements concernant les demandes de subvention et des réglementations relatives aux fonds destinés aux dommages causés par les éléments naturels. Dans certains cantons, il n'est pas possible de décider de la mise en place de MPO dans le cas de bâtiments existants sur la base des dispositions juridiques. Dans divers cantons, la mise en place de MPO peut être décidée en même temps que la délivrance du permis de construire dans le cas de nouvelles constructions situées en zone bleue.

### **Question 4 : À quel moment et de quelle façon le maître d'ouvrage est-il informé de la nécessité de mettre en place une MPO ?**

Le maître d'ouvrage est généralement informé de la nécessité de mettre en place une MPO par la commune, au moment de la délivrance du permis de construire. Il arrive que l'ECA ou que l'organe cantonal compétent en matière de dangers naturels soit également impliqué dans le processus, en fonction de l'importance du danger (rouge, bleu et parfois jaune).

### **Question 5 : Comment délimite-t-on la protection des surfaces de la protection des objets ?**

La question est étudiée dans chaque cas particulier. Lorsque plusieurs objets sont concernés, les organes cantonaux participent à l'appréciation dans certains cantons. Les établissements d'assurance peuvent également octroyer des aides dans des cas particuliers de protection des surfaces. La compétence en matière de protection des surfaces (intérêt public) revient aux communes et au canton et la compétence en matière de protection des objets au propriétaire (responsabilité propre). Les mesures de protection des surfaces ne peuvent être prises en compte lors du dimensionnement que dans le cas où elles auraient déjà été établies ou s'il est certain qu'elles le seront.

### **Question 6 : Quelle est l'interaction entre l'assurance immobilière et le propriétaire en ce qui concerne la mise en œuvre de MPO en cas de nouvelle construction ?**

Les établissements d'assurance prennent souvent contact avec les propriétaires et leur fournissent des conseils sur les mesures judicieuses à prendre. Dans certains cantons, la consigne de l'ingénieur qui a examiné la demande est jointe au permis de construire par les autorités cantonales compétentes et fait partie intégrante de celle-ci. La mise en œuvre de la

MPO est contrôlée lors de la réception des travaux. Dans d'autres cantons, on attend du propriétaire qu'il se procure lui-même une expertise professionnelle sur les MPO appropriées.

**Question 7 : Votre institution a-t-elle le droit de décider de la mise en place d'une MPO dans le cadre d'un permis de construire délivré pour une nouvelle construction ?**

Certains ECA ont le droit de prendre une telle décision ou alors cette pratique a déjà été institutionnalisée ou le sera bientôt. Dans d'autres cantons, cela n'est pas possible. Lorsqu'il n'est pas possible de prendre une telle décision, des MPO peuvent être requises en cas de dommage (répété).

**Question 8 : La consigne de mettre en place une MPO dans le cas de nouvelles constructions doit-elle déjà être jointe à la demande de permis de construire ?**

Dans la plupart des cas, les MPO doivent déjà être mentionnées dans la demande de permis de construire ou alors, on doit prouver que cette consigne a déjà été respectée, c'est-à-dire qu'elle doit être visible sur les plans.

**Question 9 : Quel objectif de protection la MPO doit-elle poursuivre dans le cas de nouvelles constructions ?**

Les MPO doivent au moins être dimensionnées sur la base d'un événement d'une périodicité de 100 ans et, dans certains cas, sur la base d'un événement d'une périodicité de 300 ans.

**Question 10 : La couverture d'assurance est-elle garantie après que la protection des objets a été mise en place dans le cas d'une nouvelle construction (franchise, exclusions) ?**

Si la MPO a été mise en place de façon conforme, la couverture d'assurance est garantie à 100 %. Des justificatifs peuvent parfois être demandés auprès de l'ingénieur qui a contrôlé la mesure.

**Question 11 : Votre institution octroie-t-elle des aides pour les MPO obligatoires dans le cas de nouvelles constructions ?**

Aucune aide n'est fournie dans quasiment tous les cantons.

**Question 12 : Si oui, quel est le montant maximal de cette aide ?**

Cette question est sans objet du fait de la réponse donnée à la question 11.

**Question 13 : Votre institution octroie-t-elle des aides pour les MPO volontaires (supplémentaires) dans le cas de nouvelles constructions ?**

La réponse varie beaucoup selon la pratique. La plupart du temps, aucune aide n'est octroyée, mais il arrive qu'elle le soit (à concurrence de 25 % du coût de la mesure) ; il existe cependant un plafond qui varie selon l'investissement global réalisé dans la MPO.

**Question 14 : La rentabilité des MPO est-elle contrôlée ?**

Ici aussi, la réponse varie beaucoup selon la pratique. Alors que certains cantons utilisent déjà des outils simples afin d'apprécier la rentabilité d'une MPO, d'autres ECA ne contrôlent pas du tout ou pas expressément la rentabilité selon les critères du rapport coûts-utilité. On procède, par ex. à des appréciations qualitatives et approximatives.

**Question 15 : Comment l'aptitude à l'emploi des MPO est-elle contrôlée ?**

L'aptitude à l'emploi est généralement contrôlée au moyen d'une expertise réalisée par des experts en matière de protection contre les dangers naturels ou par les bureaux d'ingénieurs participants et d'autres ingénieurs. Les mesures mobiles sont plus difficiles à évaluer dans ce contexte.

**Question 16 : Quelles sont les critères d'exigibilité des MPO ?**

Le nombre de dommages constitue généralement un argument de poids. Les mesures rentables, c'est-à-dire dont le rapport coûts-utilité est supérieur à 1, sont également considérées comme exigibles. La MPO ne doit, en outre, pas nuire à la destination quotidienne du bâtiment. Les efforts fournis pour convaincre le propriétaire de l'opportunité d'une MPO sont également importants.

**Question 17 : Que se passe-t-il si le propriétaire refuse de mettre en place la MPO ordonnée (exclusion, réduction des prestations d'assurance) ?**

Un véritable refus est rare. On arrive, la plupart du temps, à convaincre les propriétaires en argumentant. Les propriétaires sont informés des possibles réductions des prestations d'assurance ou du risque d'exclusion de la couverture d'assurance du danger concerné en cas de dommage. Il est également possible d'informer l'office du registre foncier ainsi que les créanciers hypothécaires, mais ceci reste exceptionnel.