



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement,  
des transports, de l'énergie et de la communication DETEC

**Office fédéral de l'environnement OFEV**  
Division Prévention des dangers

Version du 27 novembre 2023, révisée sur la base de la consultation auprès des cantons

---

# **Gestion des changements climatiques dans le domaine des dangers naturels gravitaires en Suisse**

---

## Impressum

---

### Mandant

Office fédéral de l'environnement (OFEV) CH-3003 Berne  
Division Prévention des dangers

---

### Direction du projet

Office fédéral de l'environnement (OFEV) Division Prévention des dangers  
Carolin Schärpf CH-3003 Berne  
Gian Reto Bezzola

---

### Élaboration du projet

geo7 AG, Geowissenschaftliches Büro Neufeldstrasse 5 – 9, 3012 Berne  
Catherine Berger Tél. +41 (0)31 300 44 33  
Maike Schneider

---

### Groupe de travail

*Office fédéral de l'environnement (OFEV), division Prévention des dangers*

Roberto Loat (jusqu'au 31 janvier 2023, section Gestion des risques), Rachel Lüthi (section Glissements de terrain, avalanches et forêts protectrices), David Siffert (section Protection contre les crues)

*Services spécialisés cantonaux*

Sebastian Hackl (BVU Kanton Aargau, Sektion Wasserbau), Nils Hählen (Office des forêts et des dangers naturels du canton de Berne, division Dangers naturels), Martin Proksch (Service des dangers naturels du canton du Valais), Christian Studer (Service des dangers naturels du canton du Valais), Markus Zumsteg (BVU Kanton Aargau, Sektion Wasserbau)

---

### Groupe d'accompagnement

*Office fédéral de l'environnement (OFEV)*

Christophe Dénervaud (division Prévention des dangers, section Glissements de terrain, avalanches et forêts protectrices), Hugo Raetzo (division Prévention des dangers, section Glissements de terrain, avalanches et forêts protectrices), Petra Schmockler-Fackel (division Hydrologie, section Bases hydrologiques quantité)

*Organismes de recherche*

Alexander Bast (WSL Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF), Michael Bründl (WSL Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF), Sven Kotlarski (MétéoSuisse), Stefan Margreth (WSL Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF), Cornelia Schwierz (MétéoSuisse), Daniel Viviroli (Université de Zurich), Volker Weitbrecht (VAW ETH Zürich), Andreas Zischg (Université de Berne)

*Bureaux privés*

Roger Kolb (Niederer + Pozzi Umwelt AG), Andreas Niedermayr (Hunziker, Zarn & Partner AG), Rachel Riner (Geotest SA), Simon Scherrer (Scherrer AG Hydrologie und Hochwasserschutz), Mischa Schmid (Niederer + Pozzi Umwelt AG), Damian Steffen (geofomer igp AG)

---

### Téléchargement au format PDF

Publication : <https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/naturgefahren/fachinfo-daten/umgang-klimawandel-im-bereich-gravitativ-naturgefahren.pdf>

Questions clés :

<https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/naturgefahren/fachinfo-daten/schluesselfragen.xlsx>

(Il n'est pas possible de commander une version imprimée)

Cette publication est également disponible en allemand.

© OFEV 2023

---

# Table des matières

<b>Avant-propos</b>	<b>1</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>2</b>
1.1 Contexte et objectifs	2
1.2 Champ d'application et structure	3
1.2.1 Processus	3
1.2.2 Compléments aux concepts existants	3
1.2.3 Regard vers l'avenir	5
1.3 Structure du document	5
<b>2 Principes</b>	<b>6</b>
2.1 Principes relatifs au contenu	6
2.1.1 Prise en compte des changements climatiques	6
2.1.2 Limite systémique	7
2.1.3 Scénario d'émission pertinent	7
2.1.4 Horizon temporel	8
2.1.5 Gestion des incertitudes	10
2.2 Démarche méthodologique	11
2.2.1 Bâtir sur les acquis	11
2.2.2 Prendre en compte les dangers naturels en fonction des processus et des régions	11
2.2.3 Assurer clarté, flexibilité et actualité	13
2.3 Résumé des principes	14
<b>3 Recommandations en matière d'évaluation des dangers</b>	<b>15</b>
3.1 Bases	16
3.2 Prédilection et aspects temporels	16
3.3 Scénarios	18
3.3.1 Jeu de scénarios	19
3.3.2 Tableau des scénarios	21
3.4 Résultats de l'évaluation des dangers	21
3.5 Résumé des recommandations pour l'évaluation des dangers	23
<b>4 Recommandations relatives à la planification des mesures</b>	<b>24</b>
4.1 Utilisation du territoire	25
4.2 Mesures techniques	26
4.3 Mesures organisationnelles	27
4.4 Mesures biologiques	27
4.5 Résumé des recommandations pour la planification des mesures	28
<b>5 Outils pratiques</b>	<b>29</b>
5.1 Schéma de la procédure pour l'évaluation des dangers	30
5.2 Questions clés pour l'évaluation des dangers	32
5.2.1 Articulation des questions clés	32
5.2.2 Principes des questions clés	33
<b>6 Références</b>	<b>35</b>
6.1 Bibliographie	35
6.2 Abréviations	37
6.3 Glossaire	38

<b>Annexes</b>	<b>39</b>
A.1 Publications relatives à l'exécution.....	39
A.2 Exemples de processus en évolution .....	39
A.3 Questions clés .....	42

# Avant-propos

Les conséquences des changements climatiques sont d'ores et déjà largement perceptibles. Ces changements sont donc une réalité, dont les effets influent sur notre sécurité. À l'avenir, la fréquence des journées tropicales continuera d'augmenter, les étés deviendront plus secs, les fortes précipitations gagneront en intensité, les jours de neige seront plus rares, les glaciers disparaîtront et la limite du pergélisol s'élèvera en raison des changements climatiques. Il est indispensable de prendre des mesures d'adaptation aux effets des changements climatiques. Ces mesures concernent également la prévention des dangers, car celle-ci doit faire face à des défis et des risques de taille du fait de l'évolution du climat.

Sur demande des cantons et en échangeant avec ceux-ci, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a collaboré étroitement avec des spécialistes issus d'organismes de recherche, de l'administration et de la pratique pour élaborer le présent document, intitulé « Gestion des changements climatiques dans le domaine des dangers naturels gravitaires en Suisse ». L'objectif est de proposer une procédure structurée pour clarifier et documenter de manière transparente les effets des changements climatiques. Nous nous trouvons dans un contexte en pleine évolution, raison pour laquelle notre réflexion ne saurait se fonder uniquement sur ce que nous connaissons jusqu'à aujourd'hui. Les modifications qui surviennent nous obligent à porter notre regard également vers un avenir incertain et à nous préparer à des événements extrêmes plus fréquents.

Sachant que les expériences sont encore limitées en matière de gestion des modifications liées aux changements climatiques, cette proposition de procédure a été élaborée, sur le plan conceptuel, à l'aide des publications spécialisées actuelles ainsi que des expériences et des connaissances de spécialistes. Selon la région, il peut être utile que des responsables cantonaux complètent cette proposition en développant des régionalisations des facteurs d'influence (indicateurs climatiques et prédisposition) différenciées selon le processus, ceci afin de faciliter la mise en œuvre.

La consultation a révélé un consensus des cantons quant au fait que les changements climatiques doivent être pris en compte dans la gestion des risques liés aux dangers naturels, et ce au titre du principe de précaution. La proposition élaborée a dans l'ensemble été bien accueillie, mais les points de vue différaient concernant les modalités de mise en œuvre. Le document a été revu sur la base des résultats de la consultation. Étant donné qu'il n'a pas été possible de tenir pleinement compte des retours parfois contradictoires entre eux, il s'agira au cours d'une prochaine étape de mettre la présente proposition, non contraignante, à l'épreuve de la pratique. Pour ce faire, il faudra élaborer, en collaboration avec les cantons, des exemples d'évaluation des dangers qui tiennent compte des changements climatiques, pour tous les processus et toutes les régions.

Pour les raisons susmentionnées, les cantons sont libres de décider s'ils souhaitent tenir compte des changements climatiques sur la base de la présente procédure. Quoi qu'il en soit, une prise en compte adéquate des changements climatiques est déjà exigée à l'heure actuelle. Les futures expériences pratiques dans la gestion de cette thématique aideront à développer à moyen terme des standards de gestion des changements climatiques qui viendront s'intégrer aux publications modulaires relatives à l'exécution en matière de prévention des dangers. Par ailleurs, la recherche produira de nouvelles connaissances sur les évolutions et sur les répercussions des changements climatiques. Les contenus proposés dans le présent document seront régulièrement revus afin de garantir que le document conserve toute son actualité du point de vue de l'état des connaissances, de la technique et des normes sociétales.

Toutes les parties prenantes sont conscientes que la gestion des incertitudes pose certains défis et que l'acceptation des résultats est déterminante en la matière, car seul ce qui est accepté est effectivement mis en œuvre. La Gestion des risques liés aux dangers naturels n'est pas une science exacte. Aujourd'hui déjà, il est nécessaire de faire preuve d'un certain courage et d'un certain pragmatisme à la fois dans la mise en œuvre et dans la gestion des effets des changements climatiques. Il est essentiel en la matière de bien cibler la communication en fonction des destinataires. S'adapter aux changements climatiques implique toujours de mener un dialogue sur les risques.

# 1 Introduction

## 1.1 Contexte et objectifs

Les changements climatiques ont un impact sur les dangers naturels gravitaires. Une enquête de l'OFEV réalisée dans une sélection de cantons a montré que les effets des changements climatiques dans le domaine des dangers naturels gravitaires sont déjà perceptibles aujourd'hui et représentent un défi. Étant donné qu'il ne sera pas possible d'arrêter les changements climatiques à moyen terme, il est nécessaire d'en tenir compte dans la gestion des dangers naturels.

→ Il faut prendre en compte les changements climatiques dans la gestion des dangers naturels.

Il existe déjà certaines expériences et approches stratégiques en la matière (p. ex. les bases conceptuelles de la PLANAT [33] et de l'OFEV [22], [30], [29], [5], des recommandations spécifiques à certains processus, notamment de la KOHS [16], ou encore des études à l'échelon cantonal comme dans les cantons des Grisons [18] ou de Berne [10], [11]). Jusqu'ici, il n'y avait aucune démarche uniforme au niveau suisse. Les cantons estiment qu'une telle démarche serait utile et bienvenue [27].

Tout en nourrissant des échanges permanents avec les cantons, l'OFEV a collaboré étroitement avec des spécialistes issus d'organismes de recherche, de l'administration et de la pratique pour élaborer le présent document.

→ L'objectif est de tenir compte systématiquement des changements climatiques dans l'évaluation des dangers et lors de la planification de mesures.

Le présent document se veut une proposition de procédure pour clarifier, prendre en compte et documenter systématiquement les conséquences des changements climatiques sur les dangers naturels gravitaires. Il aide les cantons et les services intéressés à identifier des évolutions liées au climat lors de l'évaluation des dangers et à les prendre en compte de façon appropriée lors de la planification des mesures. Il s'agit d'un support auquel se référer par chapitre ou par contenu selon les besoins.

→ Le présent document de l'OFEV est une proposition pour tenir compte des changements climatiques.

Le présent document portant sur la gestion des changements climatiques complète les stratégies et procédures existantes en matière d'évaluation des dangers et de planification de mesures et vient combler certaines lacunes qui existent aujourd'hui dans la pratique. Dans le cadre de la révision de la loi fédérale sur l'aménagement des cours d'eau (LACE ; entrée en vigueur prévue : 2025), les publications relatives à l'exécution dans le domaine de la prévention des dangers sont également en cours de révision [23] (annexe A.1). Les contenus et les exigences des différentes publications font ainsi l'objet d'une harmonisation, le but étant de combler les lacunes lorsque cela est possible.

→ Les concepts existants sont développés plus avant et les lacunes actuelles sont comblées.

On manque encore d'expérience dans la gestion des modifications futures entraînées par les changements climatiques. C'est pourquoi le présent document a été élaboré avant tout dans une optique conceptuelle, en intégrant la littérature spécialisée existante ainsi que les expériences et les connaissances de spécialistes. Compte tenu des données disponibles, ce sont surtout les processus hydrologiques qui ont servi de point de départ. La présente proposition devra faire ses preuves dans la pratique. On mentionnera ici que certaines questions de mise en œuvre sont encore ouvertes. L'approche présentée ici sera révisée par la suite pour tenir compte des retours d'expérience et s'intégrera aux publications modulaires relatives à l'exécution en matière de prévention des dangers.





→ L'approche présentée ici sera perfectionnée par la suite du fait de l'intégration des retours d'expérience issus de la pratique.

## 1.2 Champ d'application et structure

### 1.2.1 Processus

S'agissant de l'évaluation des dangers et de la planification de mesures, il convient de se focaliser sur les processus de dangers naturels inclus dans le modèle de données « Cartographie des dangers » minimal au sens de la loi fédérale sur la géoinformation (LGéo ; RS 510.62) et pour lesquels une évaluation des dangers doit être réalisée par défaut (partie obligatoire du modèle). Dans un souci d'exhaustivité, il convient de tenir compte d'autres processus tirés du modèle étendu (partie facultative du modèle de données) [26]. Ce qui suit s'applique de manière générale aux processus figurant dans le Tableau 1. Les utilisateurs du document sont libres d'ajouter, selon leur propre appréciation, d'autres processus ou d'autres aspects, comme les ondes dynamiques (tsunamis, p. ex.), les vagues de vent et les débris flottants. La catégorisation définitive des processus partiels sera instaurée par les publications relatives à l'exécution en matière de prévention des dangers, qui sont en cours de révision (annexe A.1). Par conséquent, il faut s'attendre ces prochaines années à des adaptations du modèle de géodonnées « Cartographie des dangers ».

Tableau 1 : Principaux processus dans le domaine des dangers naturels gravitaires, avec catégorisation des processus partiels, selon le modèle de géodonnées « Cartographie des dangers ». Les éléments sur fond gris correspondent aux processus indicatifs spéciaux du modèle étendu (état en 2023) [26].

Symbole	Processus principal	Processus partiels
	<b>Eaux</b>	Inondation (y c. épandage d'alluvions)
		Débordement de lave torrentielle
		Érosion des berges
		Ruissellement
		Remontée de nappe phréatique
	<b>Glissement</b>	Glissement permanent
		Processus de glissement soudains : glissement spontané et coulée boueuse
	<b>Chute</b>	Chute de pierres / de blocs
		Éboulement / écroulement
		Chute de glace (y c. éboulement de glace)
		Effondrement / affaissement
	<b>Avalanche</b>	Avalanche coulante
		Avalanche poudreuse
		Glissement du manteau neigeux

Actuellement, les conséquences des changements climatiques sur les dangers naturels gravitaires sont suffisamment connues pour qu'il soit possible de tenir compte des changements climatiques de manière générale ; toutefois, les connaissances disponibles diffèrent selon les processus. Ainsi, tandis que les processus hydrologiques en Suisse sont déjà relativement bien étudiés, il existe moins d'informations détaillées concernant les évolutions liées au climat pour les processus tels que les glissements, les chutes et les avalanches [8].

### 1.2.2 Compléments aux concepts existants

La gestion des risques liés aux dangers naturels est décrite dans la stratégie « Gestion des risques liés aux dangers naturels » de la PLANAT [33]. Elle se fonde sur l'approche de la gestion intégrée des risques (GIR) et s'articule autour de trois questions centrales : « Que peut-il se passer ? », « Qu'est-ce qui est acceptable ? » et « Que faut-il faire ? » (Figure 1). L'évaluation des dangers (inventorier) est la première étape de toute activité de gestion des dangers naturels. Elle pose les bases pour une estimation des risques et donc pour les décisions à prendre afin de gérer ceux-ci.

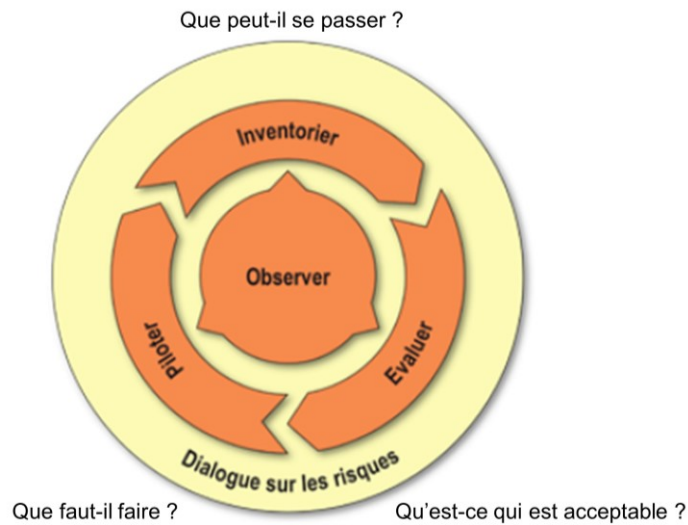


Figure 1 : Cycle des risques selon la gestion intégrée des risques (GIR) [24].

La procédure d'évaluation des dangers, qui se fonde sur la prise en compte de l'espace naturel, a fait ses preuves. Elle est donc conservée ici. L'espace naturel est directement influencé par les changements climatiques : par exemple, l'évolution des précipitations et des températures se répercute sur la prédisposition et sur les événements déclencheurs des processus de dangers naturels. Dans la perspective d'une prise en compte des changements climatiques, la procédure standard d'évaluation des dangers est complétée par une approche spécifique dite approche des « lunettes climatiques ». Ce nouveau regard entend intégrer les évolutions possibles entraînées par les changements climatiques ainsi que leurs effets (Figure 2).

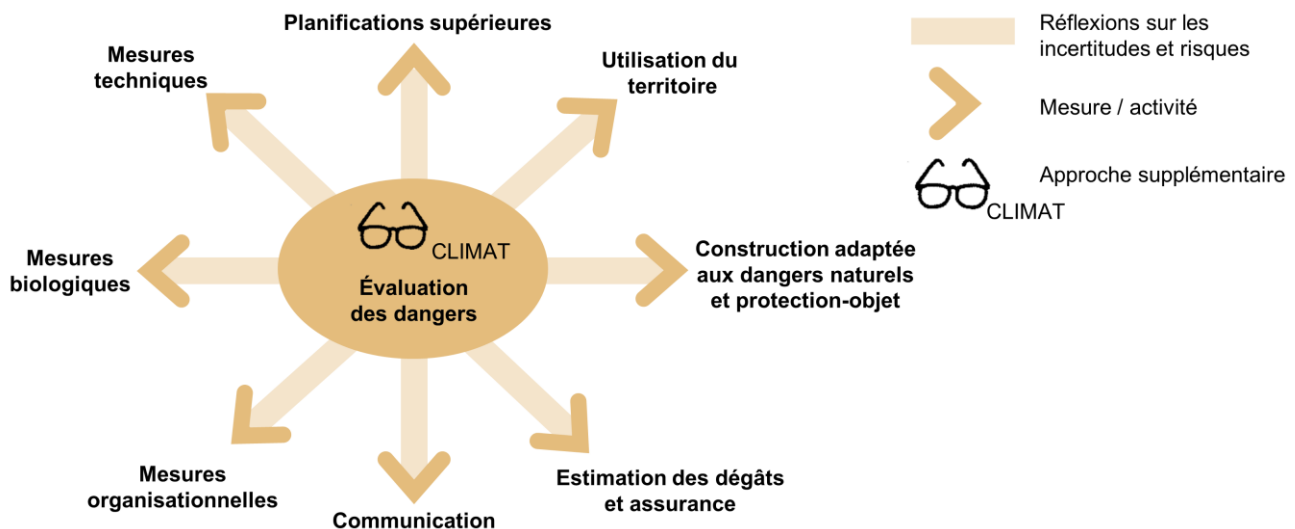


Figure 2 : L'évaluation des dangers est placée au centre. Elle fournit les bases d'analyse et d'évaluation des risques, mais aussi du dialogue sur les risques et de la planification de mesures et d'activités en matière de gestion des dangers naturels. Figure adaptée à partir de [3].

Une observation des facteurs de risque pertinents (Figure 1) est réalisée de manière périodique. Aucune modification de la procédure de base ne s'impose. Cependant, ce contrôle périodique gagne en importance du fait des changements climatiques. Il est possible, notamment, qu'il faille à l'avenir surveiller de nouvelles régions ou intensifier les observations dans des régions déjà surveillées (monitoring).

L'importance de la communication et du dialogue sur les risques va également croissant. Les principes de clarté et de transparence sont plus importants que jamais. Le travail supplémentaire découlant de l'approche des « lunettes climatiques » représente un investissement rentable s'il permet d'identifier tôt les évolutions liées au climat et de les



prendre en compte dans la planification de mesures. L'idée est également d'éviter de devoir procéder à des adaptations gourmandes en ressources a posteriori.

L'évaluation des risques comprend notamment des aspects sociaux, écologiques et économiques. Elle repose sur des critères socialement construits, sur lesquels l'influence des changements climatiques est essentiellement indirecte. Le présent document ne s'intéresse pas explicitement à l'évaluation des risques, bien que ceux-ci doivent être systématiquement pris en compte dans la planification des mesures.

### 1.2.3 Regard vers l'avenir

Le présent document recommande de clarifier quelles seront les conséquences des changements climatiques de manière systématique, en deux étapes distinctes. La première étape consiste à définir l'état actuel sur la base de toutes les informations disponibles jusqu'à aujourd'hui telles que les témoins muets, les archives, les mesures et les statistiques, les analyses des événements et les cadastres. Dirigée vers l'avenir (approche des « lunettes climatiques »), la seconde étape complète cette évaluation des dangers pour l'état actuel en intégrant des projections futures (Figure 3). Elle détermine quelles sont les évolutions entraînées par les changements climatiques. Il s'agit d'identifier les évolutions importantes (obstacles majeurs à la Figure 3) et d'en tenir compte dans les réflexions.

La qualité n'est pas la même pour les informations disponibles sur l'état passé et actuel, d'une part, et les projections d'autre part. L'évaluation des dangers pour l'état actuel constitue une situation initiale de référence (l'ancre à la Figure 3) essentielle pour illustrer les modifications liées au climat.

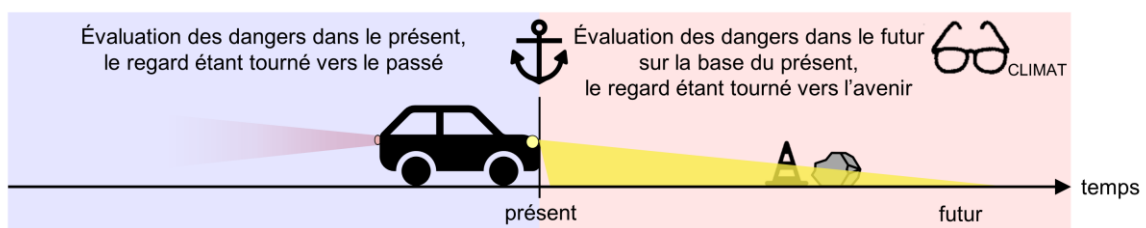


Figure 3 : L'évaluation des dangers pour l'état actuel est complétée par un état futur (regard tourné vers l'avenir, approche des « lunettes climatiques »).

## 1.3 Structure du document

Pour commencer, le document présente les principes de gestion des dangers naturels gravitaires dans le contexte des changements climatiques (chapitre 2). Ensuite, il émet des recommandations, d'abord pour l'évaluation des dangers (chapitre 3), puis pour la planification de mesures (chapitre 4). Ainsi, la mise à disposition de données de base sur les dangers (résultats de l'évaluation des dangers) est clairement séparée de leur application ultérieure (planification de mesures). La dernière partie (chapitre 5) propose des outils pratiques concrets pour prendre en compte les changements climatiques dans l'évaluation des dangers en fonction des processus.

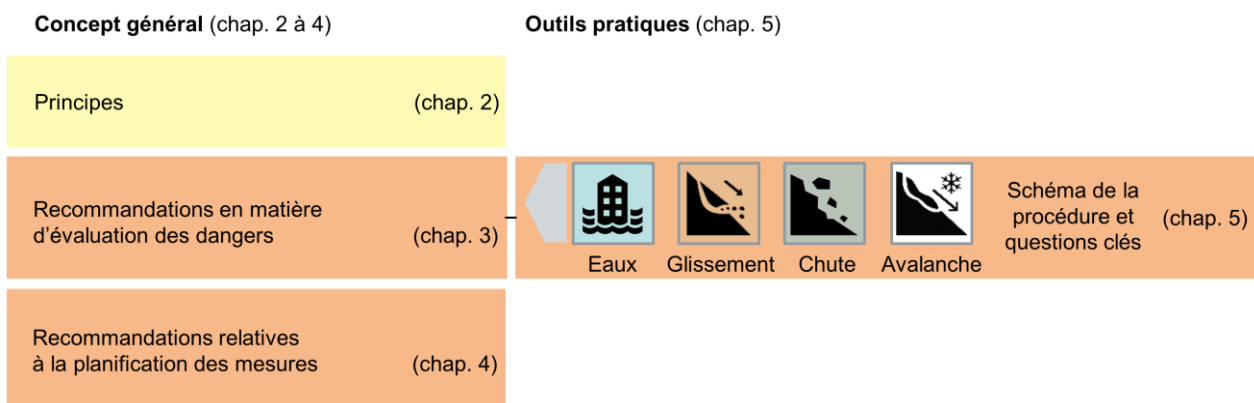


Figure 4 : Structure du document « Gestion des changements climatiques dans le domaine des dangers naturels gravitaires ». Le document reprend par la suite les deux couleurs de cette figure, soit jaune pour les principes et orange pour les recommandations.

# 2 Principes

Le présent chapitre présente les principes régissant la prise en compte des changements climatiques lors de l'évaluation des dangers et de la planification de mesures. Les principes sont répartis en deux catégories : des principes relatifs au contenu, d'une part, et des principes relatifs à la méthodologie, d'autre part. Pour faciliter la compréhension, ces principes sont systématiquement définis, justifiés, puis illustrés par des exemples.

Ces principes doivent par ailleurs être abordés dans la perspective de la stratégie « Adaptation aux changements climatiques en Suisse » du Conseil fédéral de 2012 [30] et des plans d'action ad hoc (2014 à 2019 [6] et 2020 à 2025 [5]). L'adaptation aux effets des changements climatiques s'aligne sur les principes de durabilité. Les incertitudes ainsi que les différents temps de renouvellement et de réaction des systèmes concernés sont pris en compte dans la planification et la mise en œuvre des mesures. L'adaptation se conçoit comme un processus dynamique.

## 2.1 Principes relatifs au contenu

### 2.1.1 Prise en compte des changements climatiques

Les changements climatiques et leurs effets sur les dangers naturels gravitaires sont déjà perceptibles aujourd'hui et s'accroîtront probablement à l'avenir [8]. Il est donc indispensable et toujours plus important d'en tenir compte.

La loi fédérale sur l'aménagement des cours d'eau et la loi fédérale sur les forêts (LFo ; RS 921.0) disposent que les dangers et les risques doivent être pris en compte dans les activités qui ont une incidence sur l'aménagement du territoire. La loi sur le climat et l'innovation prévoit par ailleurs que la Confédération et les cantons, dans le cadre de leurs compétences, veillent à ce que les mesures nécessaires à l'adaptation et à la protection face aux effets négatifs des changements climatiques soient prises en Suisse. Les changements climatiques ont un impact sur les dangers et sur les risques. C'est pourquoi ils doivent être pris en compte dans la gestion des risques liés aux dangers naturels gravitaires à tous les niveaux, c'est-à-dire indépendamment du processus, du périmètre et/ou de l'application en question. Prendre en compte implique d'évaluer systématiquement la sensibilité aux changements climatiques d'une situation dangereuse. Si les changements climatiques ont un impact pertinent sur les processus de dangers naturels et/ou sur la région considérée, il doit être intégré explicitement à l'évaluation des dangers et à la planification de mesures. Les travaux de clarification doivent être proportionnels au projet et à l'évolution concernée. Ils se fonderont sur des expertises solidement étayées et documentées. Dans certains cas précis, il peut être judicieux de procéder à des analyses scientifiques approfondies. Si les travaux montrent que les évolutions liées au climat sont peu ou non pertinentes dans un cas concret, il n'est pas nécessaire de poursuivre les analyses portant sur le climat. Dans tous les cas, les procédures et les décisions doivent être motivées et documentées de manière claire et transparente.

**Principe :**        **prendre en compte systématiquement les changements climatiques**

Cette prise en compte implique les étapes suivantes :

1. Évaluer dans tous les cas si les changements climatiques sont pertinents
2. Si oui        →    montrer leurs effets  
   Si non        →    justifier
3. Documenter dans tous les cas

### 2.1.2 Limite systémique

Il convient de se focaliser sur l'espace naturel directement influencé par les changements climatiques (caractéristiques physiques d'un paysage) et sur l'évaluation du processus. Le présent document aide à évaluer les évolutions des processus de dangers naturels entraînés par les changements climatiques, et non à inventorier les évolutions futures sur le territoire ou espace culturel (p. ex. changement d'utilisation, potentiel de dommages ou conscience des risques). L'inventaire de ces influences dans l'espace culturel sort du cadre du présent document. On trouve des informations sur la prise en compte de l'espace culturel notamment dans la publication « Gestion intégrée des risques liés aux dangers naturels gravitaires » [29] ainsi que dans la publication relative à l'exécution « Planification globale » (en cours d'élaboration, voir annexe A.1).

**Principe :** mettre l'accent sur l'évolution future des processus de dangers naturels

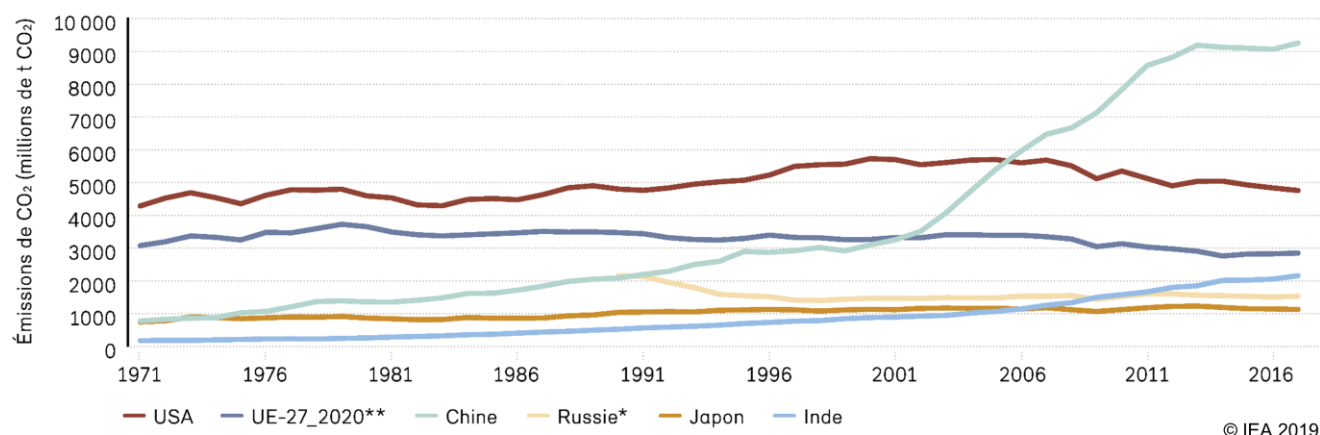
### 2.1.3 Scénario d'émission pertinent

Différentes courbes d'évolution pour les futures émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols (voir les scénarios d'émission au Tableau 2) constituent la base sur laquelle se fondent les projections climatiques mondiales ainsi que les scénarios climatiques suisses (scénarios climatiques pour la Suisse, actuellement CH2018 [19]).

Tableau 2 : Scénarios d'émission RCP (*Representative Concentration Pathways*), adaptés sur la base de [1] et de [21]. Les scénarios d'émission constituent la base sur laquelle se fondent tant les projections mondiales que les scénarios climatiques suisses.

Scénario	Scénario RCP	Caractéristiques
Pas de protection du climat	RCP8.5	Aucune mesure de protection du climat n'est prise. Amélioration de l'efficacité énergétique et augmentation de la production d'énergie sans émission de CO <sub>2</sub> si économiquement rentable. Augmentation constante des émissions de gaz à effet de serre.
Protection modérée du climat	RCP4.5	Atténuation des émissions de gaz à effet de serre, mais augmentation continue de la teneur dans l'atmosphère au cours des 50 prochaines années.
Protection cohérente du climat	RCP2.6	Réduction forte et rapide des émissions, l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre étant stoppée dans une vingtaine d'années.

L'évolution du climat en Suisse dépend de l'évolution des émissions de gaz à effet de serre au niveau mondial. Globalement, ces émissions sont en augmentation (Figure 5) et ni les objectifs du scénario de protection cohérente du climat (RCP2.6) ni ceux du scénario de protection modérée (RCP4.5) n'ont été atteints jusqu'ici.



\* On ne dispose pas de données concernant les émissions de la Russie avant 1990.

\*\* Pour certains pays de l'UE-27\_2020, les données de 1971 à 1990 ne sont pas disponibles : les données de l'Estonie, de la Lettonie, de la Croatie et de la Lituanie ne sont disponibles qu'à partir de 1990 et celles de la Slovénie qu'à partir de 1986.

Figure 5 : Émissions de CO<sub>2</sub> liées à la consommation d'énergie en comparaison internationale [28].

Dans la perspective de réduire les risques et les effets des changements climatiques, la Suisse s'est engagée sur le plan international à diminuer ses émissions de gaz à effet de serre de 50 % par rapport à 1990 d'ici à 2030. Lors de la votation du 18 juin 2023, le peuple a accepté la loi sur le climat et l'innovation. Cette loi dispose que la Suisse doit ramener à zéro ses émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2050. Il s'agit pour ce faire d'équilibrer les sources et les puits de gaz à effet de serre. Si l'on entend parvenir aux objectifs fixés respectivement pour 2030 et pour 2050, il y a lieu de renforcer considérablement les efforts déployés jusqu'ici [28]. Il n'est pas certain que la Suisse atteigne les objectifs de l'accord de Paris, qui prévoit notamment de contenir la hausse globale des températures bien en dessous de 2° C, les efforts devant être poursuivis pour la maintenir à 1,5° C.

Le scénario RCP8.5 est un scénario à haut niveau d'émissions. Considérant les effets critiques des dangers naturels, il faut, au titre du principe de précaution, prendre en compte pour l'évaluation des dangers ce scénario RCP8.5 tel que décrit dans la publication CH2018. En examinant l'évolution projetée dans la durée, on voit clairement qu'il ne s'agit que d'une question de temps pour qu'un changement de température donné soit atteint (ligne rouge dans la Figure 6). Pour le RCP8.5, on utilisera le milieu de la plage (ligne brune à la Figure 6). Jusqu'au milieu du XXI<sup>e</sup> siècle, cette ligne de température se situe près de la limite supérieure du scénario d'émission RCP4.5.

Pour l'application pratique, il est utile de tenir compte de signaux climatiques clairs (comme le RCP8.5) afin d'identifier les tendances nettes en matière d'effets des changements climatiques.

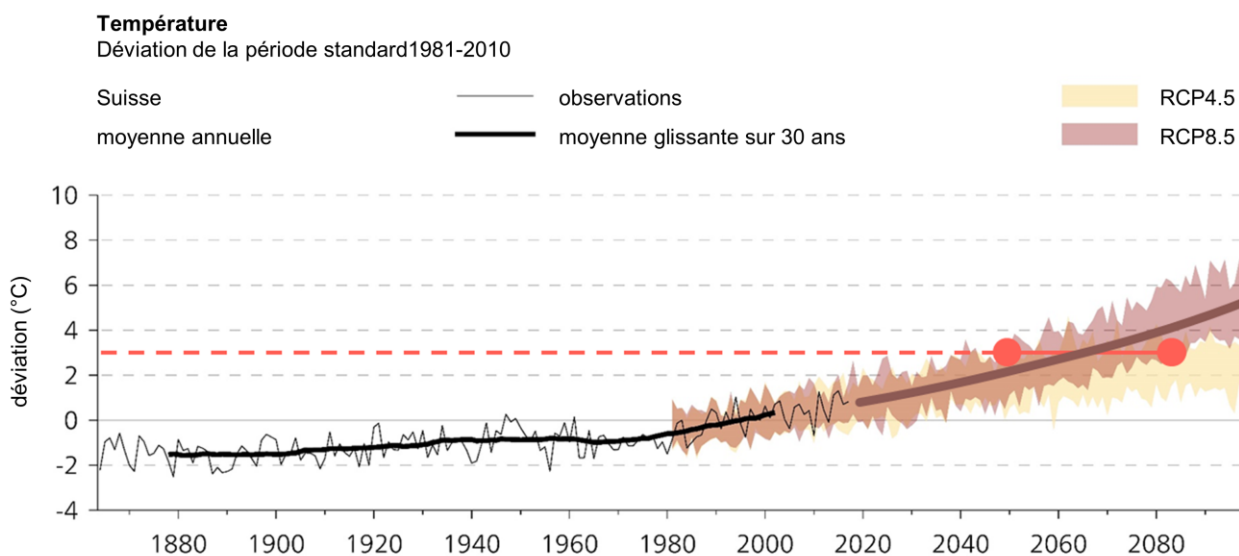


Figure 6 : Évolution temporelle de la température en Suisse en moyenne régionale pour différents scénarios d'émission. Figure adaptée d'après [19].

— Plage moyenne de l'évolution des températures pour le scénario d'émission RCP8.5  
● Plage d'incertitude temporelle approximative concernant le moment où un changement de température donné se produira. La valeur moyenne du RCP8.5 et la limite supérieure du RCP4.5 sont proches l'une de l'autre dans la zone indiquée.

**Principe :** Utiliser le milieu de la plage du scénario RCP8.5 tel que décrit dans les scénarios CH2018

### 2.1.4 Horizon temporel

Dans la gestion des dangers naturels, l'objectif est la prévention. En effet, il s'agit d'atténuer, voire d'empêcher des dommages futurs. Pour l'évaluation des dangers, il faut donc tourner son regard vers l'avenir. Les scénarios CH2018 fournissent des données pour trois périodes dans le futur : 2035 (période de 2020 à 2049), 2060 (période de 2045 à 2074) et 2085 (période de 2070 à 2099).

S'agissant des effets des changements climatiques, les tendances s'expriment souvent sur un large horizon temporel. Plus on regarde loin dans le temps, plus les évolutions sont nettes. Au cours des dix à vingt prochaines années, il ne faut pas s'attendre à des changements majeurs par rapport à l'état présent. Des changements considérables significatifs pour l'évaluation des dangers sont attendus uniquement pour le troisième tiers du XXI<sup>e</sup> siècle. La Figure 7 montre à l'exemple, respectivement, du Plateau et du nord-est de la Suisse, que les changements les plus importants du point de vue des températures et des précipitations surviendront vers la fin du XXI<sup>e</sup> siècle. Pour tenir compte des changements climatiques dans la prévention des dangers naturels, il faut donc porter son regard vers un avenir lointain, c'est-à-dire jusqu'à la fin du présent siècle (période future 2085 dans les scénarios CH2018).

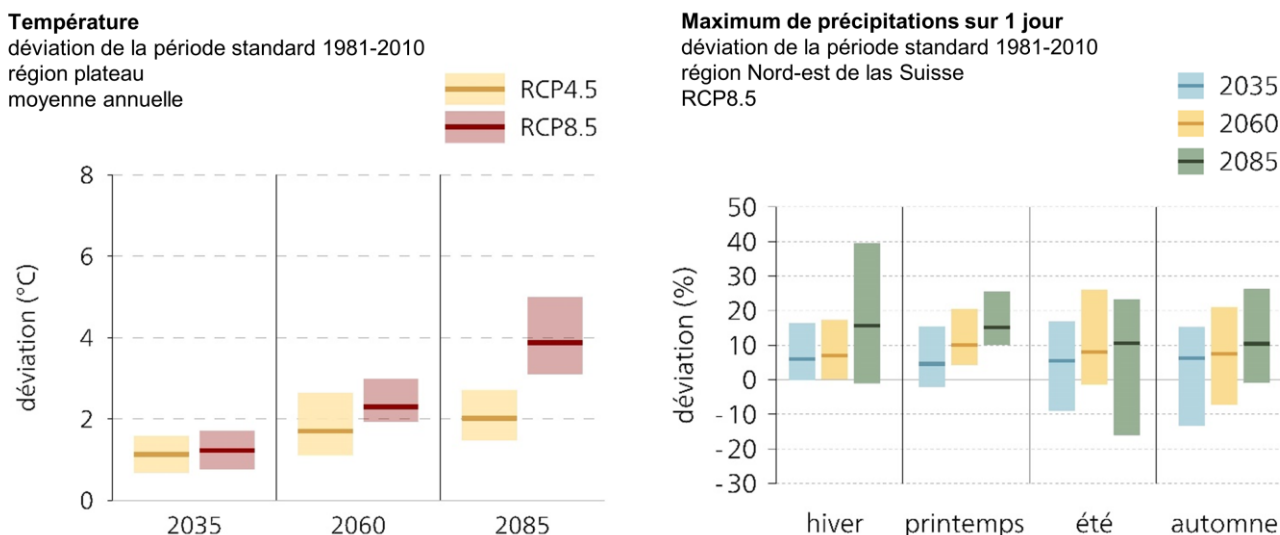


Figure 7 : Exemples de projections relatives aux températures et aux précipitations dans les scénarios CH2018 [20].

Sachant que les évolutions liées au climat se produisent souvent de façon non linéaire, il ne suffit pas de se focaliser sur la période de la fin du siècle. Il est essentiel de considérer les évolutions sur toute la durée, soit à partir d'aujourd'hui jusqu'à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle. Par exemple, au cours de la période considérée, une situation dangereuse peut rapidement s'aggraver à court terme dans les bassins versants fortement englacés – formation d'un lac glaciaire et rupture potentielle de celui-ci – avant de s'améliorer à nouveau, lorsque le lac se vide (voir l'exemple b à l'annexe A.2).

Il faut porter son regard aussi loin que possible dans le futur et évaluer l'évolution en question sur l'ensemble de la durée. L'évaluation des dangers et la planification de mesures se rapportent à l'état déterminant pouvant survenir entre aujourd'hui et la fin du XXI<sup>e</sup> siècle. Des événements qui seront déterminants à l'avenir peuvent déjà se produire aujourd'hui, bien que la probabilité d'occurrence soit faible. De nombreuses mesures sont conçues à l'échelle de plusieurs décennies. C'est pourquoi il est judicieux d'évaluer non seulement l'état actuel, mais aussi l'état déterminant au sein d'un vaste horizon temporel (qui s'étend jusqu'à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle).

Une projection d'avenir ne saurait avoir la même validité qu'une évaluation de l'état actuel. Dans la plupart des cas en effet, il n'est pas possible de faire la lumière entièrement sur tout ce que l'avenir réserve (faisceau lumineux en jaune clair à la Figure 8, voir également les explications au point 2.1.5). La situation actuelle et celle du futur proche constituent ainsi la référence de toutes les projections. S'agissant de l'avenir lointain, l'idée n'est pas d'élaborer des projections détaillées, mais plutôt d'identifier les évolutions majeures pertinentes pouvant résulter des changements climatiques et auxquelles il convient de se préparer. De telles évolutions sont attendues avant tout dans les régions aujourd'hui englacées et/ou influencées par le pergélisol.

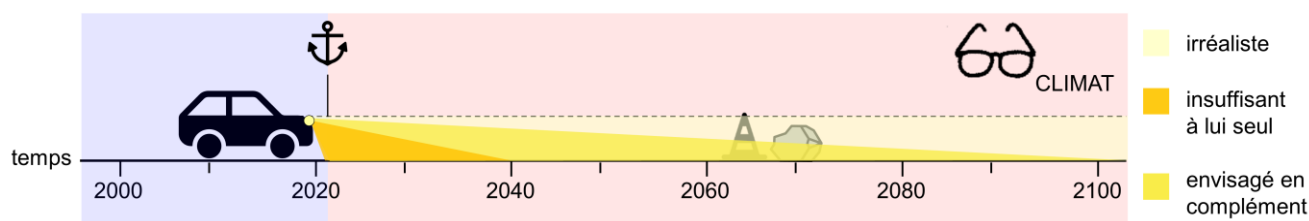


Figure 8 : Regard tourné vers l'avenir, avec pour objectif d'identifier les principales évolutions d'ici à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle.

**Principe :** Prendre en compte la période actuelle, mais aussi la période future allant de 2070 à 2099 (2085) selon CH2018 et tenir compte de l'évolution à partir d'aujourd'hui jusqu'à la fin du siècle ainsi que de l'état déterminant dans cet intervalle

### 2.1.5 Gestion des incertitudes

S'agissant de la gestion des dangers naturels, les incertitudes constituent déjà l'une des problématiques les plus épineuses à l'heure actuelle. Il n'existe aucune solution simple ni aucune recette miracle en la matière. En réalité, force est de constater que porter son regard vers l'avenir revient à faire apparaître davantage d'incertitudes. Qu'elles soient nouvelles ou non, les incertitudes (plages et nouvelles tendances) doivent être 1. identifiées, 2. évaluées, puis 3. prises en compte.

#### 1. Identifier les incertitudes

Il s'agit de déceler les incertitudes, si possible de les quantifier, d'en discuter de manière ouverte tout en tenant compte du groupe cible, et de les documenter de manière claire. Il existe des méthodes pour ce faire, que les praticiens connaissent déjà (scénarios, plusieurs itérations d'un même modèle, plages, fiabilité, différents procédés, etc.). Les incertitudes portant sur l'ampleur sont dans de nombreux cas moins importantes que celles concernant la probabilité d'occurrence d'un scénario (Figure 9) [3].

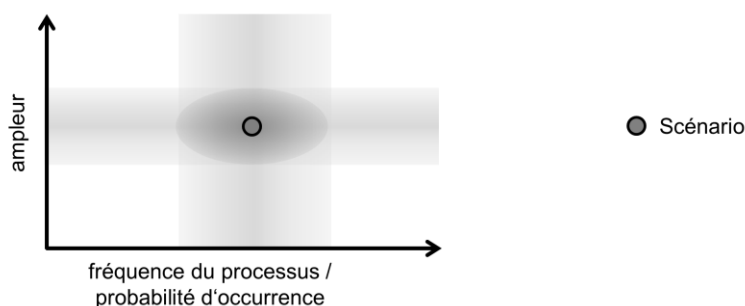


Figure 9 : Identification des incertitudes par rapport à l'ampleur et à la probabilité d'occurrence (les zones d'incertitudes sont en gris).

#### 2. Évaluer les incertitudes

Les scénarios des états actuel et futur ne sont pas fondés sur les mêmes données de base et ne présentent donc pas la même fiabilité. Diviser l'évaluation des dangers en deux étapes « actuelle » et « future » permet de comparer les différentes incertitudes (avec des mots, mais aussi avec des chiffres lorsque cela est possible). L'état actuel sert de référence (ancrage) lors de l'évaluation des nouvelles incertitudes, soit celles qui viennent s'ajouter aux incertitudes actuelles une fois qu'on regarde vers l'avenir. L'évaluation devra tenir compte en particulier des éléments suivants.

- Les différences entre les scénarios « actuel » et « futur » sont-elles faibles ou fortes ?
- Les incertitudes des scénarios « actuel » et « futur » sont-elles semblables ou différentes du point de vue de leur grandeur ?

- La fiabilité des déclarations relatives aux scénarios « actuel » et « futur » est-elle comparable ou non ?

### 3. Tenir compte des incertitudes dans les processus de prise de décision

Les incertitudes lors de l'évaluation des dangers se traduisent par des marges d'appréciation lors de la planification de mesures, ce qui représente un défi de taille pour tous les acteurs concernés [3]. Il faut optimiser les mesures et les activités sur la base des risques et en tenant compte des incertitudes existantes et des conditions locales. S'il est possible, au titre du principe de précaution, de tenir compte des incertitudes sans engendrer des coûts supplémentaires importants, il est alors judicieux de situer les concepts de protection sur le bord supérieur de la plage d'incertitude (gestion des risques pragmatique, voir point 4.2).

L'évaluation des dangers selon les deux étapes, « actuel » et « futur », représente la meilleure estimation qu'on puisse faire sur la base des informations disponibles actuellement. Dans certains cas exceptionnels, il peut arriver que les incertitudes qui viennent s'ajouter lorsqu'on porte son regard vers l'avenir soient si vastes qu'il ne serait pas approprié d'en tenir compte dans la définition de mesures. Le monitoring joue alors un rôle essentiel. Il s'agira, le cas échéant, de suivre les évolutions et d'adapter les mesures et les activités en fonction des observations.

**Principe :** Identifier les incertitudes, les évaluer, puis les prendre en compte dans le processus de décision

## 2.2 Démarche méthodologique

### 2.2.1 Bâtir sur les acquis

Largement adoptée en Suisse, la procédure de base pour l'évaluation des dangers, pour l'analyse des risques et pour la planification de mesures a fait ses preuves. Pour prendre en compte les changements climatiques ainsi que leur impact sur les dangers naturels, il convient de compléter cette procédure sans pour autant modifier la démarche actuelle dans ses grandes lignes.

**Principe :** S'appuyer sur les démarches et les concepts existants

### 2.2.2 Prendre en compte les dangers naturels en fonction des processus et des régions

Les conséquences des changements climatiques dépendent des éléments suivants :

- les indicateurs climatiques (mesurables par des paramètres comme la température et les précipitations) ;
- l'évolution dans le temps des conditions propres à une région (prédisposition, p. ex. glacier, pergélisol ou caractéristiques pédologiques) et ;
- les processus actuels et futurs en jeu (réaction / impact, p. ex. débit ou charriage).

Il est impératif de tenir compte des spécificités du site ainsi que de différents facteurs et rapports complexes s'influençant mutuellement (Figure 10). L'évaluation des dangers le fait déjà aujourd'hui. Il s'agit donc de bâtir sur les acquis.

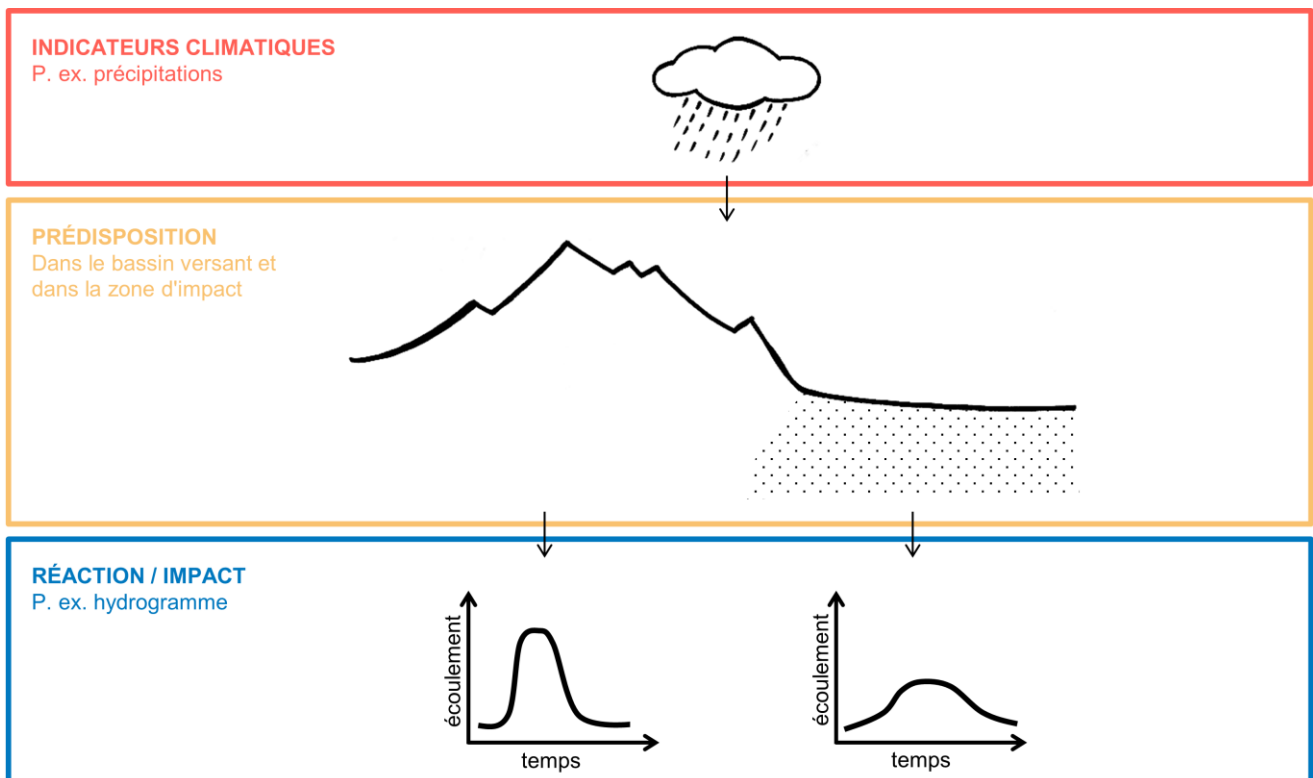


Figure 10 : Représentation schématique des liens entre les indicateurs climatiques, la prédisposition et la réaction / l'impact à l'exemple du processus hydrologique.

Du fait de la dynamique des changements climatiques et de ses effets sur les processus de dangers naturels, qui varient dans l'espace, l'on se gardera, s'agissant de la prise en compte des changements climatiques dans l'évaluation des dangers, d'établir des schémas rigides et des facteurs globaux appliqués à large échelle sans s'intéresser de plus près aux cas particuliers. Par exemple, l'augmentation des processus de chutes de pierres n'est pas linéaire dans les zones de pergélisol. Dans d'autres régions, en revanche, on s'attend à ce que les changements climatiques maintiennent les chutes de pierres à un niveau stable, voire les fassent diminuer (Figure 11).

#### Sensibilité des chutes de pierres aux changements climatiques concernant la fréquence

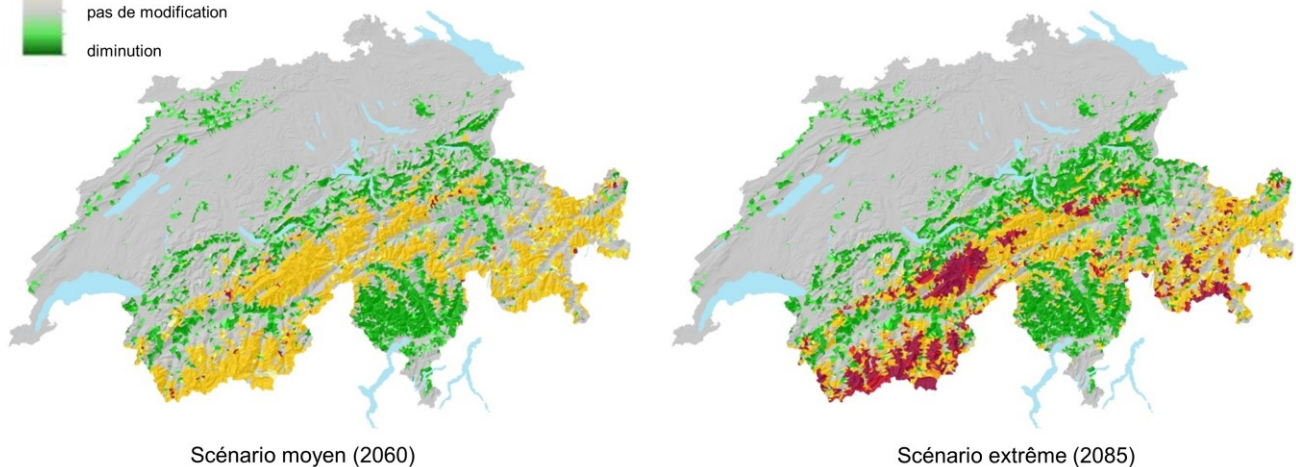


Figure 11 : Carte représentant la sensibilité au climat du processus de chute de pierres sous forme de fréquence d'occurrence, d'une part pour un scénario climatique modéré en 2060 (à gauche) et d'autre part pour un scénario climatique extrême en 2085 (à droite). Il faut s'attendre à une augmentation de la fréquence des chutes de pierres sur de nombreux sites en région alpine, mais à une diminution de cette fréquence à basse altitude, en particulier dans les Préalpes et en Suisse méridionale. Dans de nombreuses régions de Suisse, la situation restera inchangée [9].



Il est nécessaire de considérer les effets des changements climatiques sur les processus de dangers naturels de façon nuancée. Dans les régions complexes caractérisées par des microstructures et des processus se chevauchant, la sensibilité d'un processus au climat peut fortement varier, même à l'échelle d'une vallée. Dans les régions où les indicateurs climatiques et la prédisposition restent constants à l'échelle de plus grandes unités spatiales, les réactions tendent probablement à l'homogénéité. Pour ces régions, des régionalisations différenciées en fonction du processus et/ou l'utilisation de facteurs ou de marges supplémentaires peuvent faciliter la mise en œuvre. Libre aux spécialistes et aux responsables des cantons d'élaborer les éléments nécessaires. L'important est que les clarifications en matière de réaction et d'impact des processus de dangers naturels se fondent sur les facteurs d'influence (indicateurs climatiques et prédisposition) et que la démarche soit justifiée de manière compréhensible (Figure 10).

**Principe :** Tenir compte du climat via des facteurs d'influence (indicateurs climatiques et prédisposition)

Les processus de dangers naturels sont complexes et divers. Afin d'appréhender les différentes possibilités de déroulement des processus, l'évaluation des dangers s'appuie sur des scénarios (réflexions du type « si X, alors Y »). Ces scénarios représentent les événements et les successions d'événements envisageables à l'avenir [7] et couvrent toute la palette des possibles. En matière d'évaluation des dangers, définir les successions d'événements possibles à l'aide de scénarios est une démarche qui a fait ses preuves et qu'il faut conserver. Il faut employer des scénarios également pour clarifier les effets des changements climatiques sur les processus de dangers naturels.

**Principe :** Identifier la réaction et l'impact à l'aide de scénarios

### 2.2.3 Assurer clarté, flexibilité et actualité

Il est important de clarifier les influences du climat de manière structurée, c'est-à-dire d'évaluer les effets des changements climatiques sur les processus de dangers naturels de façon systématique et justifiée, en procédant par étape. Cela permet de motiver les décisions de manière claire et de signaler les incertitudes avec transparence. Cette démarche est essentielle dans la perspective du dialogue sur les risques, des décisions qui en découlent et de la gestion des risques. Il est donc nécessaire d'élaborer une documentation qui soit exhaustive, transparente et claire.

**Principe :** Structurer les justifications et documenter clairement les résultats

La gestion des risques liés aux dangers naturels s'effectue sur la base des derniers instruments, méthodes et connaissances ainsi que des valeurs et des normes sociales établies. Les développements scientifiques, méthodologiques, techniques et sociétaux progressent. Les principes et les recommandations du présent document en matière d'évaluation des dangers et de planification des mesures sont présentés sous forme modulaire. Ils devront être revus périodiquement et adaptés si nécessaire.

**Principe :** Examiner périodiquement et mettre à jour les principes et les recommandations en matière de gestion des changements climatiques dans le domaine des dangers naturels gravitaires

## 2.3 Résumé des principes

L'encadré jaune ci-après résume les principes susmentionnés à appliquer pour tenir compte des changements climatiques dans la gestion des risques liés aux dangers naturels gravitaires.

### Résumé des principes

Du point de vue du contenu

- Prendre en compte systématiquement les changements climatiques
- Mettre l'accent sur l'évolution future des processus de dangers naturels
- Utiliser le milieu de la plage du scénario RCP8.5 tel que décrit dans les scénarios CH2018
- Prendre en compte la période actuelle, mais aussi la période future allant de 2070 à 2099 (2085) selon CH2018 et tenir compte de l'évolution à partir d'aujourd'hui jusqu'à la fin du siècle ainsi que de l'état déterminant dans cet intervalle
- Identifier les incertitudes, les évaluer, puis les prendre en compte dans le processus de décision

Du point de vue de la méthode

- S'appuyer sur les démarches et les concepts existants
- Tenir compte du climat via des facteurs d'influence (indicateurs climatiques et prédisposition)
- Identifier la réaction et l'impact à l'aide de scénarios
- Structurer les justifications et documenter les résultats de façon suivie
- Examiner périodiquement et mettre à jour les principes et les recommandations en matière de gestion des changements climatiques dans le domaine des dangers naturels gravitaires

### 3 Recommandations en matière d'évaluation des dangers

L'évaluation des dangers se trouve au cœur de la gestion des risques liés aux dangers naturels (Figure 2). Les résultats qu'elle fournit (les scénarios, les cartes d'intensité et leurs valeurs caractéristiques ainsi que le rapport technique) constituent la base des analyses de risques ainsi que de toutes les autres activités. Les effets des changements climatiques doivent être pris en compte systématiquement dans l'évaluation des dangers, à laquelle ils seront intégrés lorsque cela est pertinent. Ce troisième chapitre émet des recommandations en la matière.

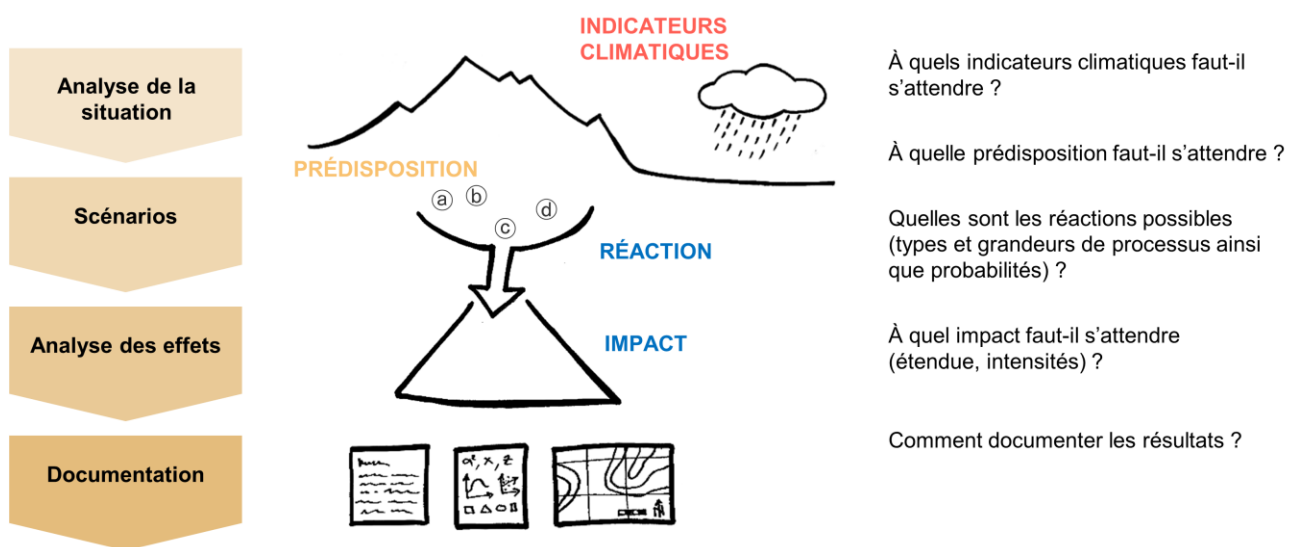


Figure 12 : Représentation simplifiée des contenus et du déroulement d'une évaluation des dangers. La démarche standard s'applique aux états actuel et futur (avec « lunettes climatiques »).

L'évaluation des dangers répond à la question « Que peut-il se passer ? » (Figure 1 et Figure 12). Pour tenir compte des changements climatiques, cette première question est complétée par une seconde question d'ordre temporel : « Que peut-il se passer, dans le présent et dans le futur ? » Le « présent » fait référence à l'évaluation de l'état actuel, dans les conditions climatiques d'aujourd'hui. Les données de mesures, les cadastres des événements et les analyses des valeurs extrêmes constituent une bonne base pour l'évaluation des dangers en ce qui concerne l'état actuel. Ajouter la perspective « future » à la question permet d'inclure explicitement les projections et les développements futurs jusqu'à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle en adoptant les « lunettes climatiques ». L'évaluation des dangers pour le « futur » s'intéresse principalement aux évolutions qui surviendront à l'avenir en raison des changements climatiques. On obtient ainsi une évaluation des dangers complémentaire pour l'état « futur ». L'état actuel représente toujours la situation initiale et la référence.

Les changements climatiques sont intégrés explicitement à l'analyse de la situation et à l'élaboration des scénarios : les bases sont complétées si nécessaire ; l'analyse des facteurs d'influence (indicateurs climatiques et prédisposition) et l'élaboration des scénarios permettent d'évaluer les répercussions possibles des changements climatiques (approche des « lunettes climatiques »). De cette démarche résultent des scénarios aussi bien pour l'état actuel (conditions actuelles) que pour l'état futur (projection des changements climatiques).

Ces scénarios sont ensuite repris aux étapes ultérieures de l'évaluation des dangers, l'analyse des effets et la documentation restant inchangés par rapport aux pratiques actuelles. Les résultats de l'évaluation des dangers pour les états actuel et futur diffèrent plus ou moins les uns des autres, en fonction des effets des changements climatiques

sur la probabilité d'occurrence et sur l'ampleur des processus de dangers naturels. Lorsque les évolutions sont pertinentes, on obtient deux jeux de scénarios et de cartes d'intensité : un jeu pour l'état « actuel » et un jeu pour l'état « futur » (voir points 3.3 et 3.4).

Du fait de la dynamique des changements climatiques, il devient plus important de mettre à jour les bases relatives aux dangers et aux risques de façon périodique. Des actualisations régulières permettent de tenir compte des connaissances les plus récentes à propos de l'évolution du climat et de ses effets sur les processus de dangers naturels.

### 3.1 Bases

Parmi les bases de l'évaluation des dangers pour l'état actuel, on mentionnera les connaissances documentées jusqu'à aujourd'hui en matière d'indicateurs climatiques, de prédisposition, ainsi que de réaction et d'impact des processus. Pour pouvoir réaliser une évaluation des dangers intégrant une projection des changements climatiques, il faut compléter ces bases. À chaque étape, il y a lieu de se demander si, pour l'état futur (approche des « lunettes climatiques »), des bases complémentaires aux informations mises à disposition dans le cadre des projections climatiques doivent être intégrées ou nouvellement élaborées.

Les changements climatiques sont une réalité déjà perceptible aujourd'hui. Certains sont visibles dans les séries de mesures. Les bases servant à l'évaluation des dangers dans l'état actuel permettent de tirer des informations limitées sur l'évolution passée des processus de dangers naturels sous l'effet des changements climatiques. Cependant, dans le contexte des changements climatiques, les mesures et les observations passées pour une région donnée ne constituent plus à elles seules une base solide pour évaluer les événements futurs [8]. En raison de l'évolution du contexte, la probabilité d'occurrence et l'ampleur des événements relevant des dangers naturels pourraient continuer de changer à l'avenir, à tel point que la comparabilité historique n'est pas garantie (p. ex. dans les chaînes de processus et/ou lorsque l'ampleur des événements n'est pas connue). C'est pourquoi, pour les indicateurs climatiques, la prédisposition, les processus pertinents et pour l'élaboration de scénarios, il faut vérifier à l'aide de projections si la situation initiale continue à évoluer par rapport à l'état actuel et, le cas échéant, comment. On mentionnera comme documents essentiels en la matière notamment les scénarios climatiques CH2018 [19], les scénarios climatiques disponibles à l'échelon régional et les scénarios hydrologiques HydroCH2018 [25]. À partir de là, les spécialistes peuvent clarifier les effets spécifiques à une région ou à un processus, de manière quantitative lorsque cela est possible, et qualitative dans les autres cas. On pourra se servir également du schéma de la procédure et des questions clés figurant au chapitre 5 pour établir des justifications spécifiques aux processus.

#### **Bases : Documenter et intégrer les connaissances disponibles**

### 3.2 Prédisposition et aspects temporels

L'évolution future des températures moyennes au fil du temps telle qu'illustrée à la Figure 6 suggère une tendance relativement continue. Cependant, les indicateurs climatiques et la prédisposition varient dans le temps et sont soumis à des changements à court terme comme à long terme. Le modèle de prédisposition (Figure 13) aide à comprendre et à évaluer une situation dangereuse dans la durée. La prédisposition correspond à l'ensemble des caractéristiques d'une région susceptible d'être à l'origine d'un processus naturel. Dans le modèle de prédisposition, la prédisposition actuelle comprend deux composantes : d'une part, la prédisposition de fond (en principe stable sur une longue période) et, d'autre part, la prédisposition variable (qui évolue au fil du temps) [35]. Un apport spécifique (p. ex. un épisode intense de précipitations) peut, si une certaine prédisposition est présente, déclencher un événement naturel.

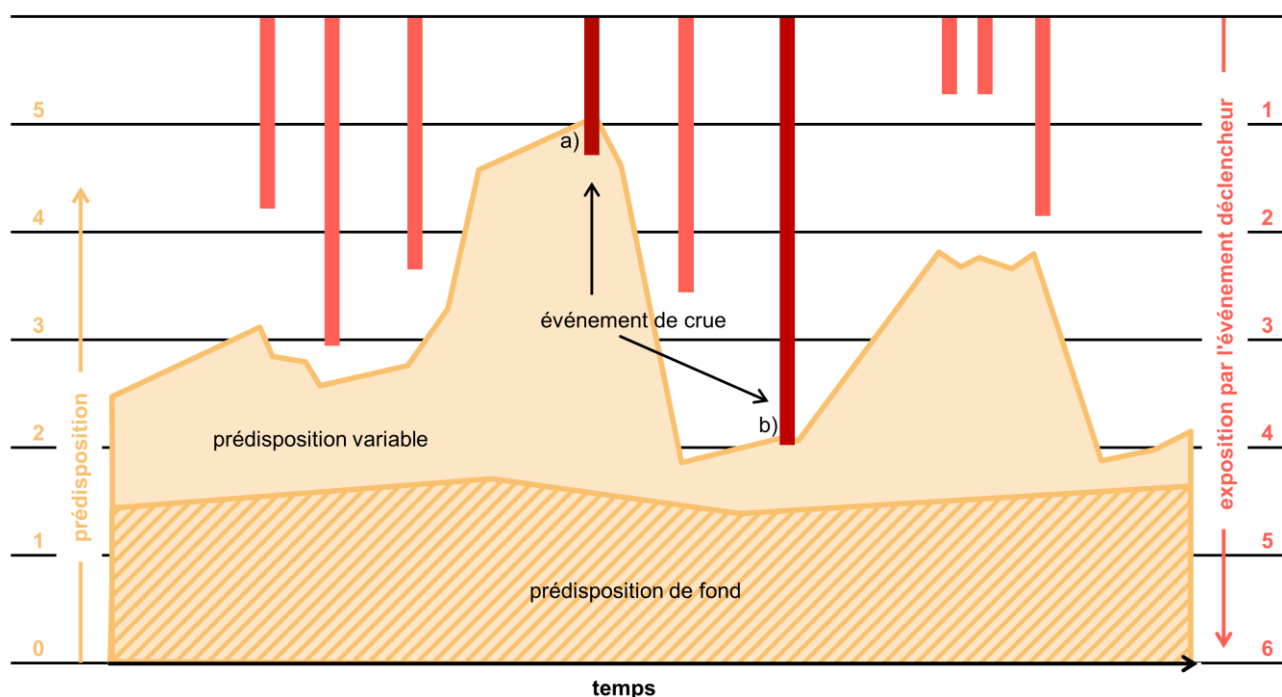


Figure 13 : Lien entre l'événement déclencheur, la prédisposition de fond et la prédisposition variable dans les processus de dangers naturels gravitaires, d'après [2] et [35].

Les paramètres définissant la prédisposition de fond tels que la géologie, le relief, les peuplements forestiers ou encore le pergélisol peuvent présenter des tendances d'évolution. Ainsi, l'élévation de la limite du pergélisol signifiera, pour de nombreuses régions concernées, une augmentation de la prédisposition de fond à l'érosion et aux mouvements de terrain [15]. Les paramètres définissant la prédisposition variable tels que l'épaisseur de la couche de neige, l'humidité du sol et l'état de la végétation sont des grandeurs régies par les saisons et les heures de la journée. De manière générale, la prédisposition de fond influence en particulier l'ampleur des processus de dangers naturels, tandis que la prédisposition variable influe plutôt sur la fréquence d'un processus.

En matière de gestion des changements climatiques, il est important de savoir, d'une part, que les évolutions peuvent être tantôt continues, tantôt épisodiques et, d'autre part, que des développements contradictoires sont possibles entre les différents paramètres. On ne peut pas réaliser une projection quantitative ou exacte d'un point de vue temporel. Cependant, on peut s'appuyer sur des scénarios pour délimiter la plage des événements dans un horizon temporel précis (jusqu'à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle). Les évolutions possibles à cette échelle de temps doivent être prises en compte dans l'évaluation des dangers. Partant, l'évaluation des dangers pour le « futur » dispose de données (sous la forme d'une plage) sur les dangers déterminants pour l'horizon temporel considéré. Il ne faut pas confondre l'évaluation pour le « futur » avec une évaluation des dangers « 2100 », car cette dernière tiendrait compte uniquement des dangers dans la période proche de la fin du siècle.

**Variabilité :** Tenir compte de la variabilité temporelle et de la dynamique via la prédisposition

### 3.3 Scénarios

Sur la base des connaissances disponibles en matière d'indicateurs climatiques et de prédisposition, on clarifie de manière systématique et claire la réaction et l'impact des processus de dangers naturels à l'aide de scénarios. La démarche est la même, que l'on considère uniquement les conditions actuelles ou que l'on inclue les changements climatiques (Figure 14).

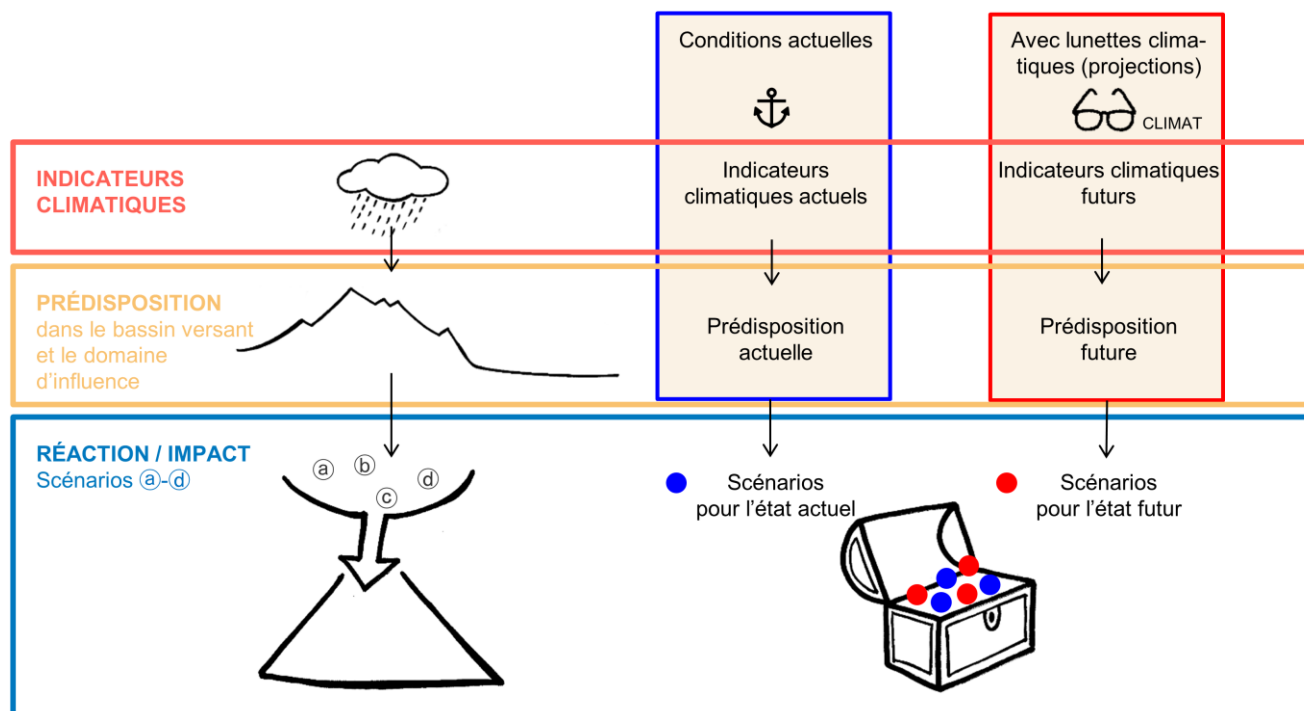


Figure 14 : Analyse de la situation et scénarios pour le « présent » et le « futur », avec projection des changements climatiques. Les résultats obtenus sont une meilleure compréhension du système et un plus grand jeu de scénarios.

L'élaboration de scénarios facilite la compréhension des processus. Les scénarios décrivent les liens et les déroulements des processus, si possible de manière exhaustive (de la source du processus jusqu'à la zone d'incidence). Ils permettent de réaliser des estimations et des calculs de paramètres comme les débits, ou les volumes de matériaux charriés ou de bois flottant. Sur la base de ces réflexions, on peut évaluer quantitativement, selon le type de processus et la complexité, l'ampleur, la probabilité d'occurrence ainsi que leurs intervalles de confiance. Pour élaborer des scénarios robustes, il faut disposer de connaissances spécifiques ainsi que d'expérience. Avec l'intégration des changements climatiques, l'approche holistique et interdisciplinaire ainsi que la collaboration entre différents spécialistes gagnent en importance.

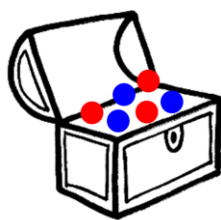
**Démarche :** Évaluer les indicateurs climatiques et la prédisposition en fonction de la région et du processus, puis la réaction et l'impact

### 3.3.1 Jeu de scénarios

Les scénarios pour l'état actuel constituent la référence et la situation initiale. Dans le contexte des changements climatiques, il est possible que la fréquence et/ou l'ampleur de processus déjà connus aujourd'hui évoluent. Par ailleurs, on pourrait voir apparaître des processus, des modifications de processus et des chaînes de processus jusqu'ici inconnus. On s'attend à ce type de phénomène principalement en raison de changements dans des zones glaciaires et périglaciaires. En adoptant l'approche des « lunettes climatiques », il s'agit d'examiner le jeu de scénarios actuel afin de déterminer si, à l'avenir,

- a) **des scénarios disparaissent** ou perdent en importance (exemple : diminution des éboulements de glace en raison du recul d'un glacier ou diminution des avalanches à basse altitude en raison d'une couche de neige moins épaisse du fait de l'augmentation de la température) ;
- b) **des scénarios complémentaires ou nouveaux** doivent être définis (processus survenant dans des régions non concernées jusqu'ici, modifications de processus, chaînes de processus) (exemple : risque de rupture de lacs glaciaires nouvellement formés)
- c) **des scénarios évoluent** du point de vue
  - **de leur ampleur** (exemple : de plus grandes laves torrentielles en raison de quantités accrues de matériaux meubles dans des zones qui étaient autrefois des zones de pergélisol) et/ou
  - **de la probabilité** de leur occurrence (exemple : augmentation de la fréquence des événements de ruissellement à la suite d'une augmentation des fortes précipitations)
- d) **des scénarios** restent inchangés (exemple : l'impact des changements climatiques sur des zones de glissements profonds à basse altitude est probablement négligeable)

#### Élargissement du jeu de scénarios



- Scénarios pour l'état actuel
- Scénarios pour l'état futur

#### Classement des scénarios

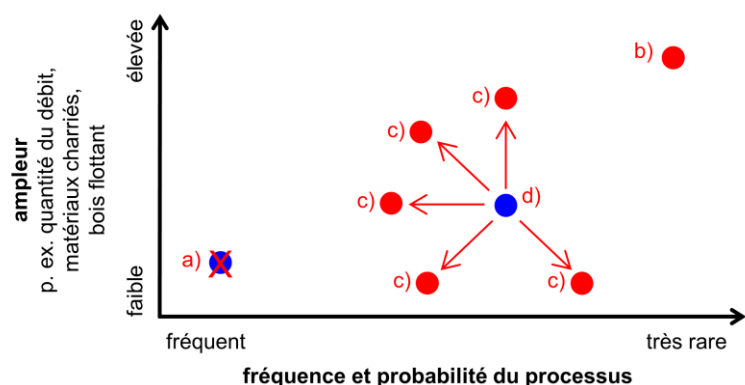


Figure 15 : Élargissement du jeu de scénarios et classification des scénarios.

La figure représente des scénarios fondés sur les conditions actuelles d'une part (en bleu) et une projection des changements climatiques d'autre part (en rouge). Sous l'influence des changements climatiques, les scénarios actuels peuvent a) disparaître, b) apparaître, c) évoluer du point de vue de leur ampleur ou de leur probabilité d'occurrence, ou des deux, ou d) rester inchangés.

Les exemples figurant à l'annexe A.2 illustrent l'évolution possible des scénarios en lien avec les changements climatiques. Les exemples de chaînes de processus et de processus à effet de seuil (voir glossaire) invitent à considérer les deux éléments suivants pour l'élaboration de scénarios incluant une projection des changements climatiques : des relations non linéaires sont possibles d'une part et il faut prendre en compte des déroulements encore non observés jusqu'à aujourd'hui d'autre part.

Il est possible d'estimer les évolutions et les événements futurs à l'aide des projections climatiques et des connaissances actuelles. Par exemple, on sait que la Suisse doit s'attendre, jusqu'au milieu du XXI<sup>e</sup> siècle, à une augmentation de l'intensité des épisodes de précipitations centennaux de l'ordre de 10 % à 20 % [19]. Tout en tenant compte des incertitudes, on peut déduire des informations concrètes, spécifiques au bassin versant concerné, qui serviront d'indicateurs climatiques. On peut ensuite estimer la réaction et l'impact engendrés pour les dangers hydrologiques (du moins ceux qui sont fréquents). Souvent, les événements les plus fréquents correspondent à une part substantielle du risque (Figure 16). Il est plus difficile de se prononcer pour les événements extrêmes, qui impliquent davantage d'incertitudes, aujourd'hui déjà. Malgré les défis que cela représente, élargir le jeu de scénarios signifie également clarifier le déroulement d'événements très peu probables et considérer des scénarios extrêmes.

Dans de nombreux cas, une appréciation qualitative est suffisante pour identifier des évolutions pertinentes et pour intégrer celles-ci à l'évaluation des dangers. Si les changements climatiques influent uniquement sur la probabilité d'occurrence d'un scénario, il suffit de décaler le diagramme ampleur / probabilité (cf. indication « Recyclage » à la Figure 16).

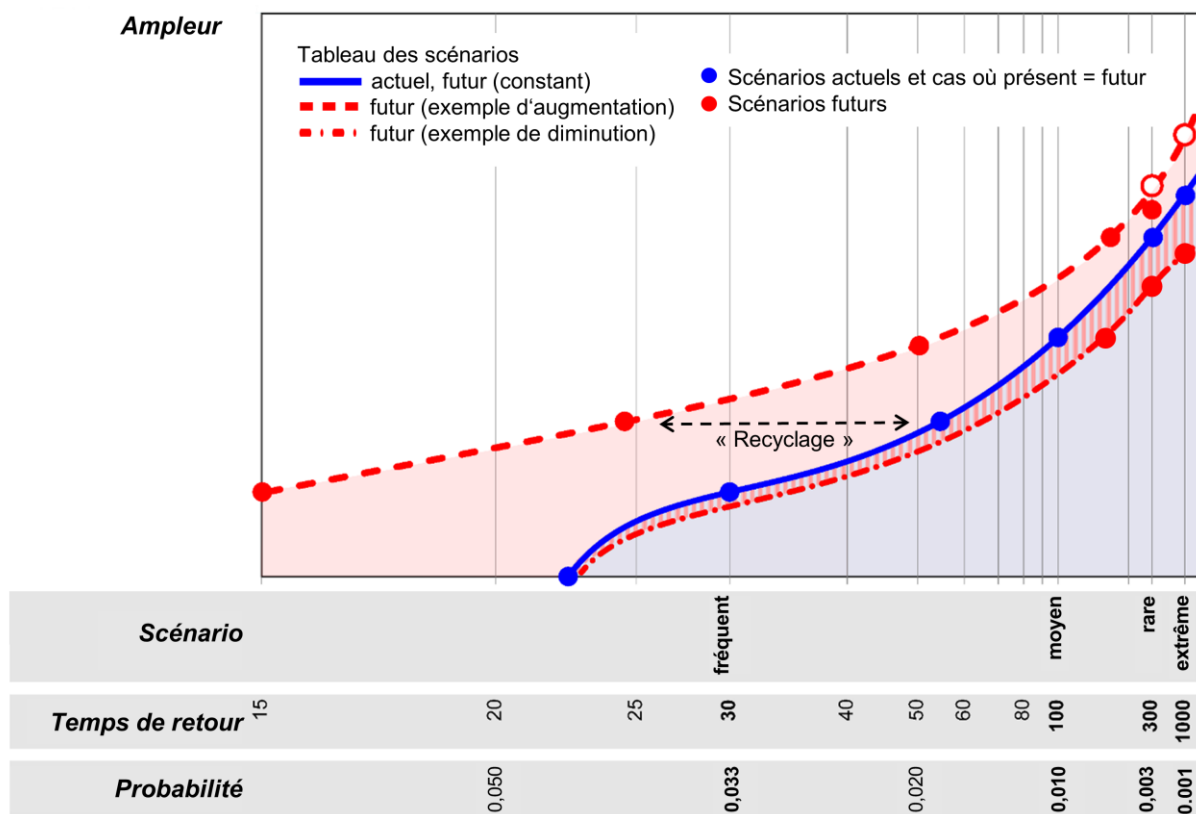


Figure 16 : Évolution possible des risques. L'augmentation du risque (aire rouge) ou la diminution du risque (aire rouge hachurée) découle des différents scénarios. Cette représentation simplifiée n'illustre pas les zones d'incertitude.

**Scénarios :** Intégrer les effets des changements climatiques aux réflexions et élargir le jeu de scénarios, en évaluant l'influence sur :

- les variations de la probabilité ;
- les changements d'ampleur ;
- les modifications des processus.



### 3.3.2 Tableau des scénarios

Le tableau des scénarios (classement de tous les scénarios selon leur ampleur et leur probabilité) peut évoluer lorsque les changements climatiques sont pris en compte (Figure 16). Selon le processus et la région considérés, l'ampleur et/ou la probabilité d'occurrence d'un processus de dangers naturels, et donc le risque, augmentent (ligne rouge en pointillés), alors qu'une diminution est possible dans d'autres régions (ligne rouge alternée points-tirets). Le tableau des scénarios peut également rester inchangé (ligne bleue). Si la structure des scénarios est considérablement modifiée, il faut s'attendre à d'importantes modifications dues aux changements climatiques.

Une modification devient pertinente du moment que, par exemple, la prise en compte des changements climatiques modifie les ordres de grandeur pour la probabilité et/ou l'ampleur, que d'autres processus apparaissent ou que de nouvelles régions sont concernées. Souvent, les scénarios suffisent à un spécialiste pour estimer s'il faut s'attendre à des modifications pertinentes du point de vue de l'impact, et donc s'il faut mener d'autres analyses. En cas de doute, il vaut mieux considérer trop de scénarios que pas assez.

**Pertinence :** Évaluer la pertinence des effets des changements climatiques à l'aide des différences entre les tableaux des scénarios

## 3.4 Résultats de l'évaluation des dangers

L'évaluation des dangers est réalisée pour deux états : les conditions actuelles (le « présent ») et une projection des changements climatiques (le « futur », situation déterminante d'ici à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle). À partir de là, on obtient, si les différences sont pertinentes, différents scénarios et cartes d'intensité (et leurs paramètres caractéristiques).

Lorsque les scénarios et leurs effets attendus ne diffèrent pas de manière significative, on peut se contenter d'élaborer un seul jeu de cartes d'intensité, qui représente à la fois l'état selon les conditions actuelles et l'état selon une projection des changements climatiques (à gauche à la Figure 17). Lorsque les scénarios pour le présent et le futur divergent de manière notable, on produit alors deux jeux de cartes d'intensité (à droite à la Figure 17). Si les modifications concernent principalement la probabilité des scénarios de l'état actuel, on peut réutiliser ces cartes d'intensité en changeant la probabilité (p. ex., la carte d'intensité pour l'événement centennal de l'état actuel correspond peut-être à celle de l'événement trentennal de l'état futur). À la Figure 17, ce cas est désigné par l'indication « Recyclage ».

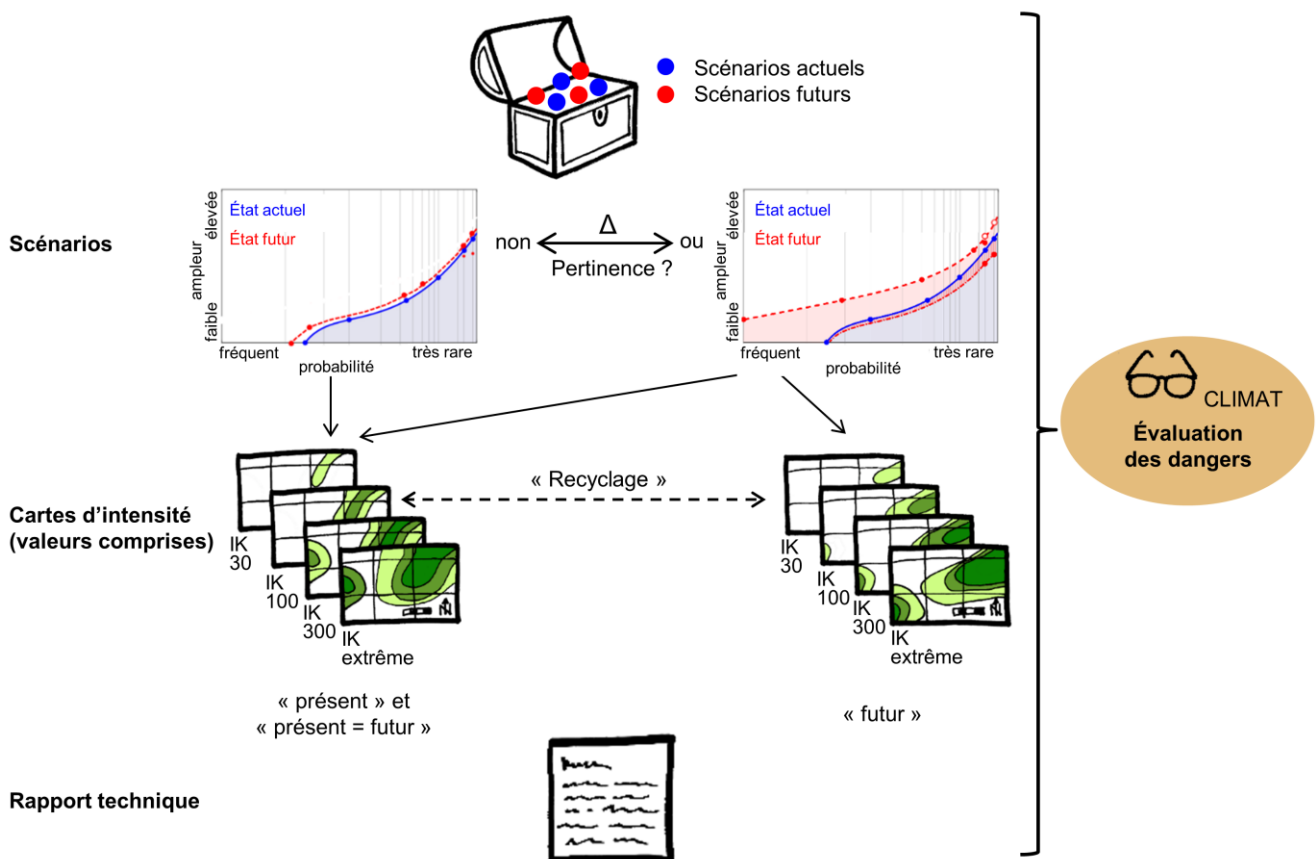


Figure 17 : Résultats de l'évaluation des dangers avec une approche via des « lunettes climatiques ».

Les résultats pour l'état actuel gardent toute leur importance, car cette situation de danger constitue la référence et la situation initiale. Il faut connaître cet état pour pouvoir établir des projections d'avenir. La comparaison des résultats entre les états actuel et futur rend visible l'évolution due aux changements climatiques. Elle permet d'évaluer l'évolution des risques, de justifier clairement l'éventuelle nécessité d'agir et d'engager les moyens nécessaires.

Les cartes d'intensité – avec et sans prise en compte des changements climatiques – constituent l'un des principaux résultats de l'évaluation des dangers. Elles illustrent les considérations relatives aux valeurs caractéristiques, processus et déroulements attendus des événements. Un rapport technique consigne les méthodes et les réflexions (scénarios compris), les hypothèses retenues, la fiabilité de l'évaluation et les justifications des décisions et fournit des références sur les données de base. Ce type de documentation est essentiel pour assurer la clarté de l'évaluation des dangers.

**Documentation : Rédiger un rapport technique (bases, méthodologies, scénarios, décisions),  
Établir des valeurs caractéristiques et des cartes d'intensité**

- si les effets des changements climatiques ne sont pas significatifs :  
pour l'état « actuel = futur »
- si les effets des changements climatiques sont significatifs :  
pour les états « actuel » et « futur »

Dans les cas où les incertitudes sont si vastes qu'il n'est pas possible de se prononcer raisonnablement sur l'avenir, on continue de travailler avec les données de base sur les dangers correspondant à l'état « actuel ». Il faut toutefois veiller, à l'aide de moyens adéquats (p. ex. un monitoring ciblé), à observer l'évolution dans les régions concernées pour éviter de passer à côté d'évolutions pertinentes.

### 3.5 Résumé des recommandations pour l'évaluation des dangers

Dans le contexte des changements climatiques, une thématique complexe, il est crucial dès aujourd'hui de structurer les contenus et de les documenter de manière transparente.

#### Résumé des recommandations en matière d'évaluation des dangers

Bases :	Documenter et intégrer les connaissances disponibles
Variabilité :	Tenir compte de la variabilité temporelle et de la dynamique via la prédisposition
Démarche :	Évaluer les indicateurs climatiques et la prédisposition en fonction de la région et du processus, puis la réaction et l'impact
Scénarios :	Intégrer les effets des changements climatiques aux réflexions et élargir le jeu de scénarios, en évaluant l'influence sur : <ul style="list-style-type: none"><li>- les variations de la probabilité ;</li><li>- les changements d'ampleur ;</li><li>- les modifications des processus.</li></ul>
Pertinence :	Évaluer la pertinence des effets des changements climatiques à l'aide des différences entre les tableaux des scénarios
Documentation :	Rédiger un rapport technique (bases, méthodologies, scénarios, décisions) Établir des valeurs caractéristiques et des cartes d'intensité <ul style="list-style-type: none"><li>- si les effets des changements climatiques ne sont pas significatifs : pour l'état « actuel = futur »</li><li>- si les effets des changements climatiques sont significatifs : pour les états « actuel » et « futur »</li></ul>

## 4 Recommandations relatives à la planification des mesures

Lorsque l'on s'attend à des modifications en raison des changements climatiques, il faut intégrer à la planification des mesures de nouvelles considérations et décisions. C'est à ce type de cas que s'intéresse le présent chapitre.

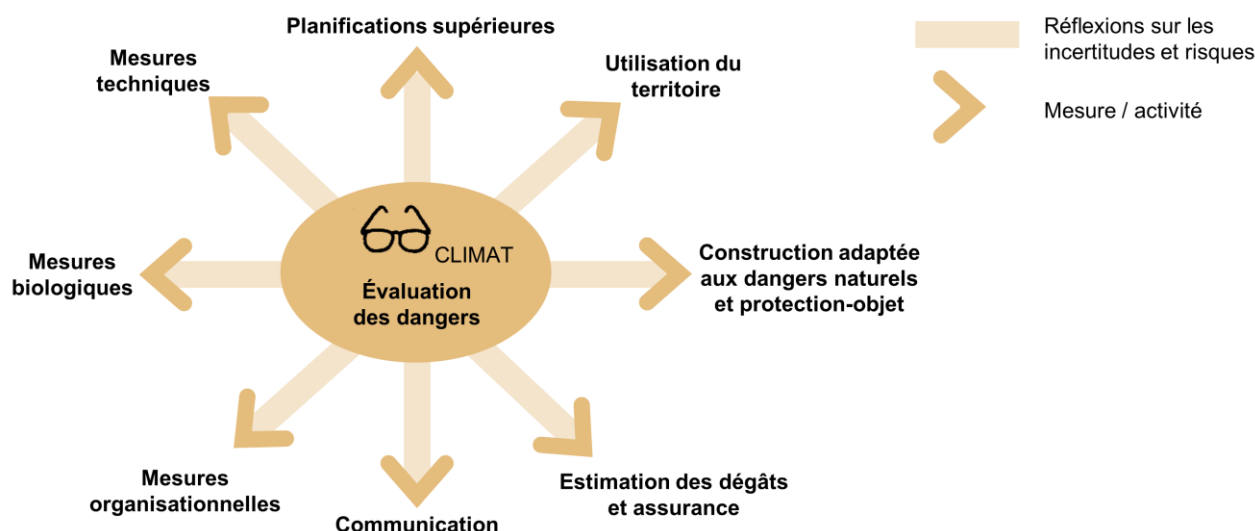


Figure 18 : Les mesures et les activités se fondent sur l'évaluation des dangers et sur les réflexions portant sur les incertitudes et sur les risques.

Les principes relatifs à la planification de mesures sont conservés : les mesures sont planifiées de manière intégrée, durables, combinées de manière optimale et proportionnées. La manière de tenir compte des changements climatiques dans la définition de mesures dans un cas précis est une décision basée sur les risques, qui revient aux responsables et aux décideurs. Une telle décision doit être prise en connaissance des évolutions possibles et des incertitudes.

### Tenir compte des changements climatiques dans la planification intégrée des mesures

Pour assurer la sécurité à long terme, les mesures de protection doivent être efficaces pendant toute leur durée d'utilisation. C'est pourquoi ces mesures doivent se fonder sur les déroulements des événements et sur les atteintes auxquels on peut s'attendre durant leur période d'utilisation. Plus la durée pendant laquelle une mesure doit être efficace est longue, plus les évolutions des effets peuvent être importantes (voir p. ex. [9] et Figure 7). Les mesures techniques de protection sont en général prévues pour une durée particulièrement longue. Selon les normes SIA [34] et EconoMe [12], leur durée de vie est comprise entre 30 et 100 ans. Les mesures biologiques représentent un cas particulier, car elles sont elles-mêmes influencées par les changements climatiques. Par exemple, l'évolution d'une forêt de protection doit être appréhendée selon un horizon temporel de plus de 100 ans. D'autres mesures, notamment les plans d'intervention et les mesures temporaires, ont la plupart du temps une durée de vie plus courte et sont plus faciles à adapter. Les résultats issus des évaluations des dangers pour les états « actuel » et « futur » sont une aide à la planification des mesures en fonction de leur durée de vie.

### Concevoir les mesures et les systèmes de protection en fonction des déroulements des événements et des sollicitations auxquels on peut s'attendre durant leur période d'utilisation

Compte tenu de la dynamique et des incertitudes de l'évolution future, il devient d'autant plus important d'élaborer des mesures robustes, résistantes aux cas de surcharge et évolutives. Cela vaut aussi bien pour les mesures isolées que pour les systèmes de protection (combinaison de mesures). Toutefois, prendre en compte les changements climatiques ne signifie pas qu'il faille prendre des mesures techniques toujours plus importantes et plus coûteuses. Ce qui est essentiel avant tout, c'est d'optimiser les combinaisons de mesures des systèmes de protection et de réfléchir à l'acceptabilité des risques. Il est possible qu'il faille revoir ou compléter un système de protection en raison de nouvelles évolutions (p. ex. en ajoutant d'autres mesures organisationnelles). Dans tous les cas, il est important d'analyser toute la palette des mesures au cours de la phase d'élaboration et de concevoir des systèmes robustes, résistants aux cas de surcharge et évolutifs.

### **Concevoir des mesures et des systèmes de protection robustes, résistants aux cas de surcharge et évolutifs**

À des fins de compréhension et de communication, il convient de documenter les décisions de manière transparente et claire. Cela concerne les bases techniques utilisées, l'évaluation des risques, les incertitudes existantes et les hypothèses retenues. Il faut par ailleurs mentionner explicitement quels acteurs ont participé aux processus de décision.

### **Justifier et documenter les décisions de manière claire et transparente**

La surveillance continue des processus et des événements reste une démarche fondamentale dans le domaine de la prévention des risques liés aux dangers naturels [28]. Dans certaines régions, en particulier dans les zones glaciaires et périglaciaires, les incertitudes relatives aux effets des changements climatiques peuvent être considérables et les évolutions, se produire très rapidement. Une planification à long terme est très difficile dans de telles régions. Une méthode qui a fait ses preuves est d'adopter une approche souple et évolutive, avec un monitoring qui détecte les évolutions rapides. L'observation régulière en situation de crise et son évaluation permettent de comprendre le processus et de réagir directement aux évolutions.

### **Effectuer un monitoring et adopter une approche souple en cas de développements très rapides**

À titre d'exemples, les sous-sections qui suivent émettent des recommandations complémentaires en matière de gestion des changements climatiques pour l'utilisation du territoire et pour les mesures techniques, organisationnelles et biologiques.

## **4.1 Utilisation du territoire**

La recommandation « Aménagement du territoire et dangers naturels » de 2005 [31] est en cours de révision et sera intégrée à la nouvelle aide à l'exécution « Aménagement du territoire fondé sur les risques » (titre de travail) (annexe A.1). L'aide à l'exécution présente les principes d'un aménagement du territoire fondé sur les risques et décrit la marche à suivre. Elle définit en outre les produits issus de l'évaluation des dangers et les vues d'ensemble des risques pour l'aménagement du territoire.

L'objectif est de parvenir à une utilisation du territoire qui soit fondée sur les risques et robuste par rapport aux changements climatiques. En matière d'aménagement du territoire, les cartes des dangers ont fait leurs preuves pour la mise en œuvre et en particulier pour les aspects relevant de la communication. Une carte des dangers est élaborée à partir des cartes d'intensité. Étant donné que, selon la recommandation relative à l'évaluation des dangers (chapitre 3), on produit deux jeux de cartes d'intensité dans le cas où les évolutions liées au climat sont significatives, construire une carte des dangers à partir des cartes d'intensité n'est plus aussi évident qu'auparavant. Comme les

résultats différent pour les états « actuel » et « futur », la délimitation de niveaux de danger (agencement des couleurs sur une carte de dangers) devient un choix réfléchi, prise en connaissance des développements, incertitudes et risques futurs.

Considérant que les mesures constructives présentent généralement une durée de vie d'au moins 80 ans, il est recommandé, pour élaborer une carte des dangers, de retenir systématiquement le danger le plus important parmi les cartes d'intensité « actuelle » et « future ». Il est essentiel pour ce faire d'identifier les changements de classes (changements de couleurs dans le niveau de danger) et d'en tenir compte de façon appropriée (Figure 19).

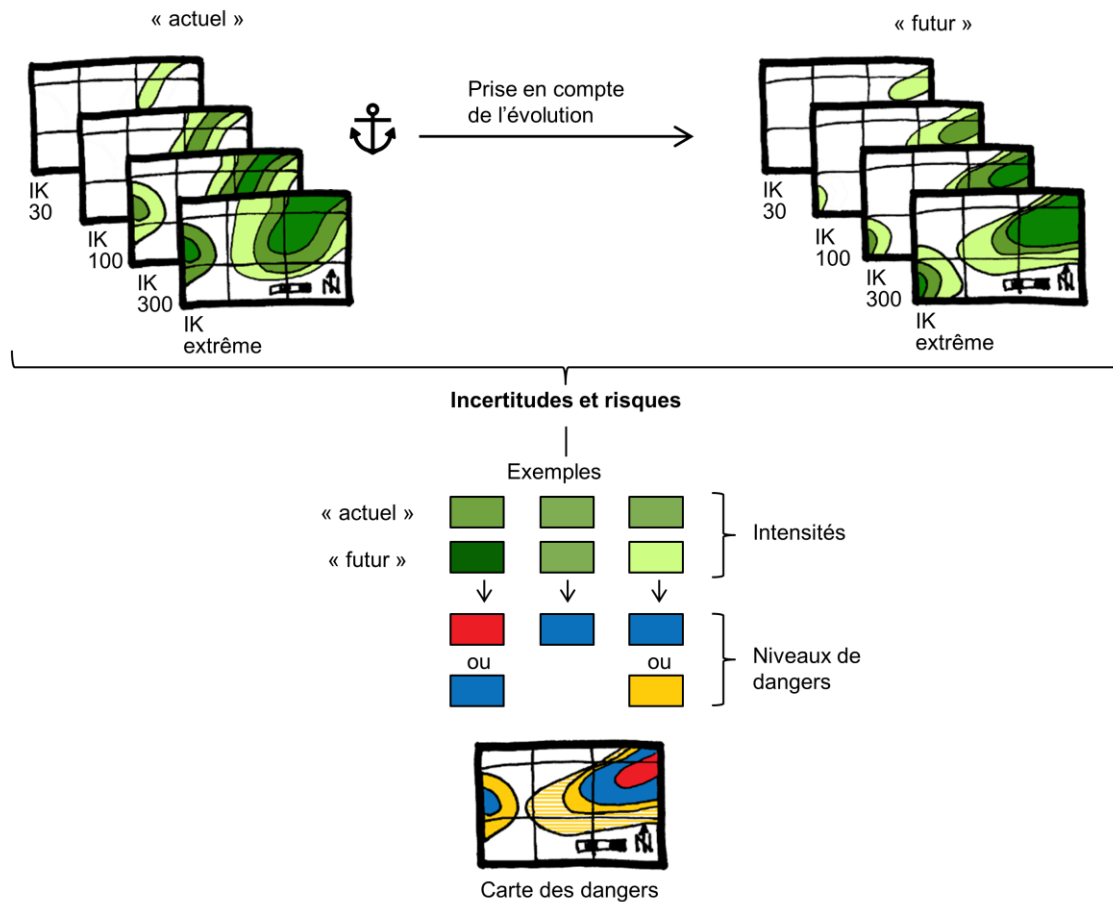


Figure 19 : Solution possible pour prendre en compte les changements climatiques dans une carte des dangers.

Sur la base des résultats de l'évaluation des dangers et considérant l'ensemble des incertitudes et des risques en présence, les acteurs responsables doivent se concerter pour définir les niveaux de danger. Dans tous les cas, les réflexions et les décisions doivent être documentées de manière claire. La transparence augmente la crédibilité. La communication doit par ailleurs être orientée vers le public cible.

Indépendamment du niveau de danger, il faut vérifier si des mesures pour gérer et limiter les risques dans toutes les zones dangereuses doivent être envisager dans l'aménagement du territoire.

## 4.2 Mesures techniques

En principe, les mesures techniques font partie d'un système de protection global. La conception d'une mesure doit tenir compte de la durée de vie totale attendue. Pour disposer d'une base de décision pour la planification des mesures, il faut déterminer les sollicitations et les déroulements des événements attendus (événements extrêmes compris) ainsi que les situations de surcharge (évaluation des dangers) et estimer les risques (potentiel de dommages,

incertitudes, hausse marquée des coûts, etc.). La gestion des risques doit être mise en œuvre avec pragmatisme. Les mesures doivent être optimisées à l'intérieur de la plage d'incertitude (à ce sujet, voir également [3] et Figure 21).

Même si les processus évoluent en raison des changements climatiques, les mesures doivent conserver l'effet souhaité. L'analyse des événements de 2005 [3] avait déjà conclu qu'il fallait vérifier systématiquement que les mesures de protection contre les dangers naturels sont résistantes aux cas de surcharge, que celles-ci devaient être adaptées le cas échéant et que les incertitudes devaient être prises en compte. Dans le contexte des changements climatiques, ces exigences sont d'autant plus importantes.

En pratique, la conception des mesures est finalement axée sur les décisions que les parties prenantes (responsables, spécialistes et personnes concernées) prennent ensemble.

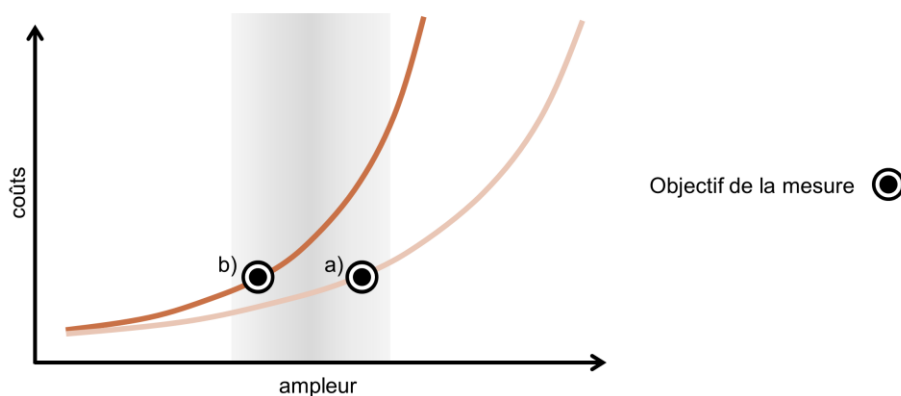


Figure 20 : Dimensionnement optimisé d'une mesure en fonction de différentes évolutions de coûts.

a) Dimensionnement proche du bord supérieur de la plage d'incertitude en cas d'augmentation modérée des coûts  
b) Dimensionnement proche du bord inférieur de la plage d'incertitude en cas d'augmentation élevée des coûts ; d'après [3].

### 4.3 Mesures organisationnelles

Certaines mesures organisationnelles telles que l'alerte, l'alarme et l'information en cas d'événement ainsi que les plans d'intervention peuvent être adaptées relativement rapidement. Cela ne signifie pas qu'il faille attendre que les changements climatiques se manifestent à travers des événements fréquents. Les évolutions futures doivent être prises en compte dès maintenant dans la planification de mesures, car les mesures organisationnelles telles que les plans d'intervention doivent être conçues avant tout pour être efficaces lors d'événements rares, très rares et extrêmes. Même dans les cas où la probabilité d'occurrence d'événements futurs paraît peut-être encore faible aujourd'hui, il ne faut pas exclure de tels événements. Des expériences de différents cantons ont montré que des événements ou des successions d'événements qui étaient jusqu'alors inconnus surviennent déjà de manière répétée et/ou se produisent à des moments inhabituels dans la région concernée [27]. Afin de se préparer de manière optimale à ce type de situations inconnues, il faut prendre en compte les changements climatiques et intégrer à la planification toutes les éventualités vraisemblables.

### 4.4 Mesures biologiques

Les mesures de protection biologiques comme les forêts protectrices, les méthodes de construction relevant du génie biologique et l'utilisation appropriée du sol sont elles-mêmes affectées par les changements climatiques. La sensibilité particulière au climat de ce type de mesures doit être prise en compte dans la planification à long terme.

Par exemple, les forêts de Suisse évolueront en raison des changements climatiques, en ce qui concerne tant leur emplacement que leur composition. Il s'agit d'évolutions qui se produisent à un rythme lent. Environ la moitié des forêts helvétiques sont des forêts protectrices et font donc office de mesures de protection biologiques [13]. Par

ailleurs, les forêts ont une influence sur la prédisposition des événements naturels et sont prises en compte dans l'évaluation des dangers. La publication relative à l'exécution intitulée « Gestion durable des forêts de protection » [13] renseigne plus avant sur cette thématique. Elle évalue notamment comment les peuplements sont susceptibles d'évoluer dans les dix à cinquante prochaines années sans intervention humaine. Cela permet de tenir compte des modifications des effets des forêts protectrices liées aux changements climatiques et d'intégrer ce paramètre dans la planification des mesures.

#### **4.5 Résumé des recommandations pour la planification des mesures**

La planification des mesures se fonde sur des décisions prises par les acteurs concernés. En résultent toujours des solutions qui sont propres à chaque cas et à chaque mesure. C'est pourquoi il n'est pas possible de poser des exigences quant aux contenus. L'on peut en revanche émettre des recommandations conceptuelles.

##### **Résumé des recommandations en matière de planification de mesures**

Tenir compte des changements climatiques dans la planification intégrée des mesures

Concevoir les mesures et les systèmes de protection en fonction des déroulements des événements et des sollicitations auxquels on peut s'attendre durant leur période d'utilisation

Concevoir des mesures et des systèmes de protection robustes, résistants aux cas de surcharge et évolutifs

Justifier et documenter les décisions de manière claire et transparente

Effectuer un monitoring et adopter une approche souple en cas de développements très rapides



# 5 Outils pratiques

Les chapitres 2 à 4 ci-avant ont présenté les **principes** et les **recommandations** relatifs à l'évaluation des dangers et à la planification de mesures, avec une projection des changements climatiques. Pour évaluer les effets des changements climatiques de manière structurée et en fonction de la région et du processus concernés, on pourra se servir du **schéma de la procédure** applicable à tous les processus de dangers naturels gravitaires, qui décrit la démarche pour l'évaluation des dangers (point 5.1), ainsi que des **questions clés** spécifiques à chaque processus, qui permettent d'analyser la situation et d'élaborer des scénarios (point 5.2 et annexe A.3). Le schéma de la procédure et les questions clés sont plus détaillés et plus spécifiques que le concept général et peuvent être utilisés par des spécialistes en fonction des besoins (dans leur intégralité ou en partie). Le schéma de la procédure décrit de manière structurée les clarifications à mener dans le cadre de l'évaluation des dangers au moyen de l'approche des « lunettes climatiques ». Les questions clés soutiennent l'élaboration des contenus en ce sens qu'elles incitent à penser à l'essentiel.

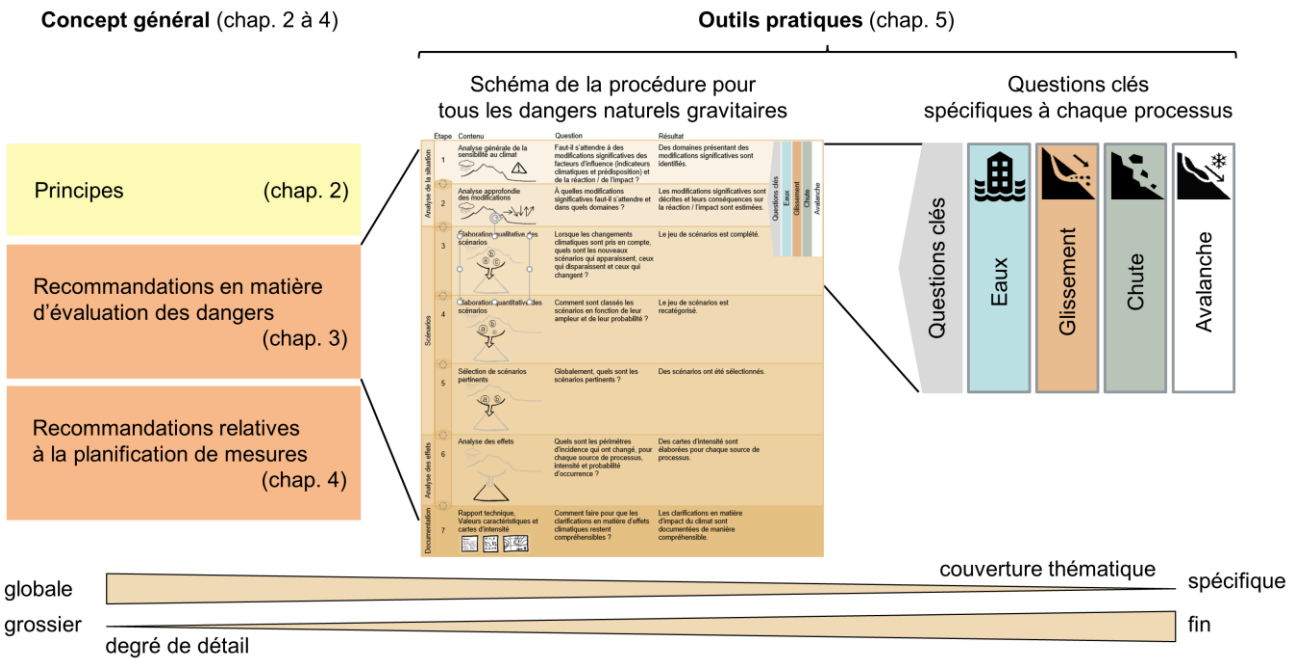


Figure 21 : La mise en œuvre des principes et des recommandations en matière d'évaluation des dangers s'appuie sur un schéma général de la procédure ainsi que sur des questions clés.

Ces outils pratiques ne fournissent aucune réponse du point de vue des contenus, car il faut en la matière adopter des perspectives différenciées selon les processus et selon les régions. Dans la pratique, les spécialistes et les cantons sont libres de compléter ces aides. Ils pourront par exemple ajouter des recommandations concernant la sélection des facteurs d'influence dans les régions homogènes et/ou procéder à des régionalisations spécifiques en fonction des processus, en tenant compte de la prédisposition. Les expériences qui seront faites ces prochaines années dans l'évaluation des dangers au moyen de l'approche des « lunettes climatiques » viendront enrichir les aides déjà disponibles.








## 5.1 Schéma de la procédure pour l'évaluation des dangers

Le schéma de la procédure (Figure 22) décrit le déroulement de l'évaluation des dangers selon l'approche des « lunettes climatiques ». Il s'articule en sept étapes, avec pour chaque étape les problématiques centrales et les résultats des évaluations. Ce schéma peut s'appliquer à tous les processus de dangers naturels gravitaires et peut en principe être employé pour n'importe quelle problématique ou échelle spatiale dans la région étudiée.

### Le schéma de la procédure...

- **bâtit sur les acquis** : le déroulement correspond dans les grandes lignes à la démarche ayant déjà fait ses preuves pour l'évaluation des dangers.
- **éclaire l'avenir** : le schéma permet de clarifier, sur la base de l'évaluation des dangers pour les conditions actuelles, les évolutions futures entraînées par les changements climatiques.
- **apporte un soutien pour la documentation et la comparabilité des résultats** : l'évaluation réalisée selon l'approche des « lunettes climatiques » d'après le schéma de la procédure constitue une aide pour déterminer de manière claire quels sont les effets des changements climatiques et documenter ceux-ci. Grâce à ce schéma et à cette démarche structurée, les résultats obtenus sont comparables les uns avec les autres.

Le schéma de la procédure procède par étape, les clarifications devenant de plus en plus détaillées à mesure que l'on progresse vers les étapes suivantes. Les étapes du schéma (de 1 à 7) ne doivent pas forcément être abordées dans l'ordre indiqué. Il est possible de sauter des étapes ou d'en laisser de côté pour y revenir par la suite. Le degré de détail auquel les clarifications sont effectuées dépend de la problématique et des données de base disponibles. Il faut dans tous les cas tenir compte des dernières connaissances et techniques disponibles (p. ex. de nouvelles méthodes, données ou incertitudes – les données doivent être à jour). Si les clarifications révèlent dans leur ensemble que les effets des changements climatiques sont manifestement non significatifs ou négligeables, on peut alors documenter ce résultat et mettre fin au processus d'évaluation de manière anticipée.

Étape	Contenu	Question	Résultat
Analyse de la situation	1 Analyse générale de la sensibilité au climat 	Faut-il s'attendre à des modifications significatives des facteurs d'influence (indicateurs climatiques et prédisposition) et de la réaction / de l'impact ?	Des domaines présentant des modifications significatives sont identifiés.
	2 Analyse approfondie des modifications 	À quelles modifications significatives faut-il s'attendre et dans quels domaines ?	Les modifications significatives sont décrites et leurs conséquences sur la réaction / l'impact sont estimées.
Scénarios	3 Élaboration qualitative des scénarios 	Lorsque les changements climatiques sont pris en compte, quels sont les nouveaux scénarios qui apparaissent, ceux qui disparaissent et ceux qui changent ?	Le jeu de scénarios est complété.
	4 Élaboration quantitative des scénarios 	Comment sont classés les scénarios en fonction de leur ampleur et de leur probabilité ?	Le jeu de scénarios est recatégorisé.
	5 Sélection de scénarios pertinents 	Globalement, quels sont les scénarios pertinents ?	Des scénarios ont été sélectionnés.
Analyse des effets	6 Analyse des effets 	Quels sont les périmètres d'incidence qui ont changé, pour chaque source de processus, intensité et probabilité d'occurrence ?	Des cartes d'intensité sont élaborées pour chaque source de processus.
Documentation	7 Rapport technique, Valeurs caractéristiques et cartes d'intensité 	Comment faire pour que les clarifications en matière d'effets climatiques restent compréhensibles ?	Les clarifications en matière d'impact du climat sont documentées de manière compréhensible.

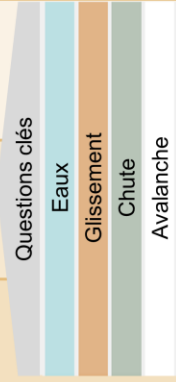


Figure 22 : Schéma de la procédure illustrant la démarche d'évaluation des dangers avec les « lunettes climatiques ».

## 5.2 Questions clés pour l'évaluation des dangers

L'annexe A.3 contient des questions clés spécifiques pour chaque processus. Ces questions se conçoivent comme une aide à l'analyse de la situation (réalisation des étapes 1 et 2 du schéma de la procédure) et servent à mener de premières réflexions dans l'élaboration de scénarios selon l'approche des « lunettes climatiques » (étape 3 du schéma). Ces questions rappellent les points essentiels et aident à documenter de manière transparente et claire tant les réflexions que les résultats. Elles doivent être utilisées comme une aide à la réflexion et non comme un formulaire qu'on traiterai case par case.

Ces questions clés ont été développées en étroite collaboration avec des spécialistes issus de la recherche et de la pratique. Ces questions ainsi que les sources indiquées doivent encore faire leurs preuves dans la pratique et seront au besoin adaptées à l'avenir en fonction des retours d'expérience. S'agissant des mouvements de terrain (glissement, chute et avalanche) en particulier, il n'existe pour l'instant que très peu de bases solides décrivant où et comment les changements climatiques influent sur les processus, mais de plus amples clarifications sont en cours et des expériences sont récoltées en la matière.

### 5.2.1 Articulation des questions clés

Il existe une liste pour l'étape 1 et une liste pour l'étape 2 pour chacun des processus principaux (eaux, glissement, chute et avalanche). Ces listes comprennent des questions clés spécifiques (Figure 23). Les questions portent sur divers facteurs. Le résultat obtenu est un tableau complet des effets des changements climatiques.

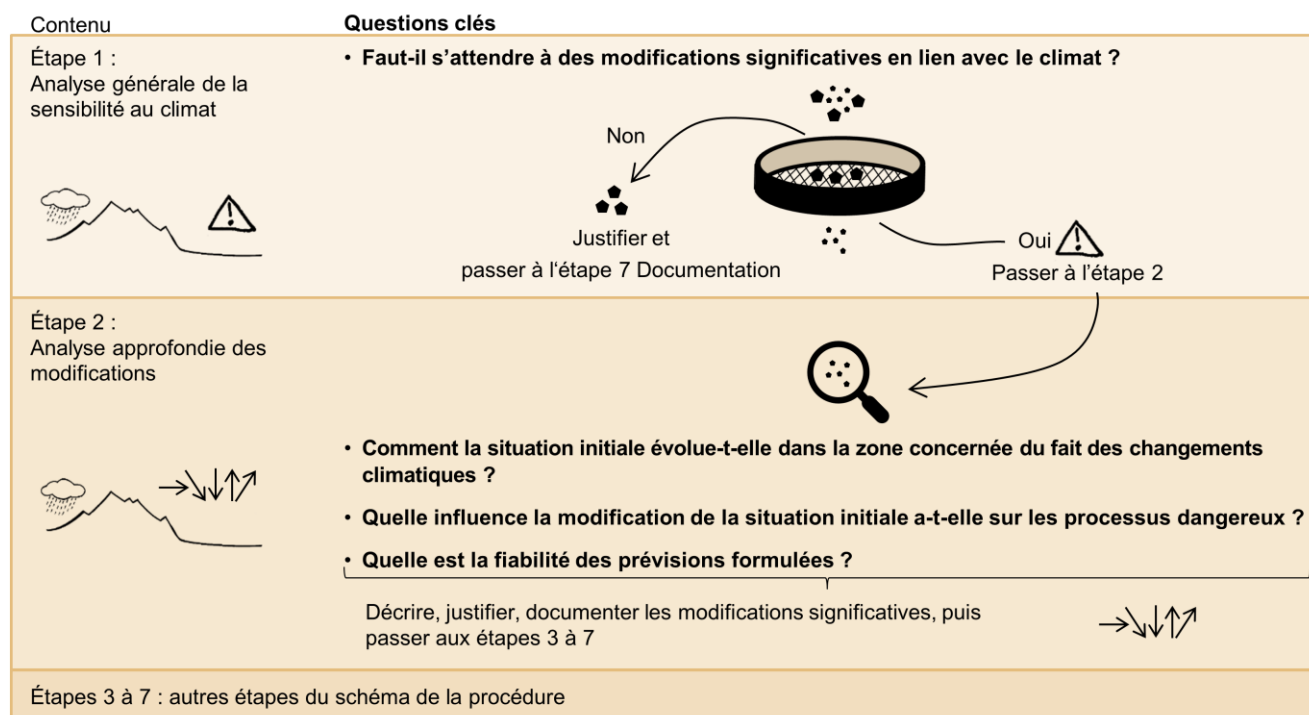


Figure 23 : Les questions clés (en gras) aux étapes d'analyse de la situation, pour une évaluation effectuée selon l'approche des « lunettes climatiques ».

#### Étape 1 – Analyse générale de la sensibilité au climat

À l'étape 1, une sélection de questions permet d'analyser si la zone considérée est sensible au climat (Figure 23). L'analyse est de type qualitatif. Cette étape doit être comprise comme un filtre préliminaire : si l'on constate qu'il faut s'attendre à des modifications significatives du fait des changements climatiques pour la zone concernée, alors on pourra examiner celles-ci à l'étape 2. Il s'agit ici, en déployant des efforts proportionnels à la problématique considérée, de formuler des prévisions fiables concernant la sensibilité au climat. On s'attend ces prochaines années à des modifications majeures en particulier dans les régions englacées ou influencées par le pergélisol. Ces évolutions

très nettes sont identifiées à l'étape 1, puis analysées de manière approfondie à l'étape 2. Si les questions clés de l'étape 1 montrent qu'on ne peut pas s'attendre à des effets significatifs du fait des changements climatiques, on peut alors passer directement à l'étape de documentation (étape 7 dans le schéma de la procédure). Dans tous les cas, il est essentiel de justifier clairement les réponses et les décisions prises.

### Étape 2 – Analyse approfondie des modifications

Il est nécessaire de procéder à une analyse plus détaillée des modifications liées au climat attendues. Les questions clés de l'étape 2 invitent à examiner de plus près les modifications pertinentes pour la zone en question et à vérifier si ces modifications ont un impact sur les processus de dangers naturels (et si oui, lequel). L'analyse approfondie se concentre sur les facteurs pertinents déjà sélectionnés à l'étape 1. Dans la mesure du possible, l'étape 2 doit déboucher sur des résultats quantitatifs. Les résultats seront qualitatifs lorsque cela n'est pas possible. Une fois les questions adaptées à la problématique, il est possible de fournir des réponses pragmatiques, en se fondant sur des avis d'experts et sur les données disponibles. Dans certains cas isolés, on peut justifier la réalisation d'études scientifiques approfondies portant sur la zone considérée. Dans tous les cas, les clarifications effectuées doivent être dûment documentées. Il faut également indiquer quelles données de base ont été utilisées et apprécier la fiabilité des considérations avancées (p. ex. référence bibliographique, observation ou mesure propre, estimation). Les questions clés ci-après sont posées pour tous les facteurs d'influence pertinents concernant les indicateurs climatiques, la prédisposition et la réaction :

- 1) Comment la situation initiale se modifie-t-elle dans la zone concernée du fait des changements climatiques ?
- 2) Quelle influence la modification de la situation initiale a-t-elle sur les processus de dangers naturels ?
- 3) Quelle est la fiabilité des prévisions formulées sous 1) et 2) ?

Les réponses aux questions clés doivent faire ressortir les liens et le contexte et permettre de tirer de premières conclusions sur les effets des changements climatiques dans la zone concernée. Enfin, cette deuxième étape réfléchit aussi à des scénarios spécifiques et en liste certains qui seront repris à l'étape 3.

#### 5.2.2 Principes des questions clés

Les questions clés peuvent venir étayer les justifications pour diverses dimensions thématiques et échelles spatiales. Les réponses aux questions clés doivent être spécifiques au processus et à la zone étudiés et s'inscrire dans un objectif d'analyse précis. La démarche est axée sur la pratique actuelle de l'évaluation des dangers, qui a déjà fait ses preuves. Pour l'application pratique, on tiendra compte notamment des points mentionnés ci-après.

- **Prendre l'évaluation des dangers pour l'état « actuel » comme référence** : on cherche à savoir quelles sont les modifications qui découlent des changements climatiques. Pour ce faire, l'évaluation des dangers fondée sur les conditions actuelles sert à la fois de situation initiale et de référence. Pour répondre aux questions, il convient, d'une part, de se servir de toutes les données de base, connaissances et expériences de spécialistes disponibles et, d'autre part, de réaliser des projections d'avenir.
- **Brosser un tableau complet** : les questions clés sont une invitation à réfléchir aux différentes évolutions possibles et à évaluer la palette de réactions systémiques potentielles. Comme les liens sont nombreux entre les divers éléments, les questions ne doivent pas être traitées machinalement les unes après les autres ni les documents lus simplement « de haut en bas ». Il faut plutôt considérer le tout comme un ensemble à appréhender de manière globale. En répondant aux questions clés pertinentes pour une zone spécifique, on peut identifier les « grandes » modifications. On peut ainsi constater si la situation initiale de certains processus connaît des modifications considérables (apparition, disparition ou modification de processus, voir les exemples à l'annexe A.2) ou si les modifications se situent dans la plage des incertitudes actuelles.

Il y a par ailleurs lieu de vérifier si les modifications sont graduelles (p. ex. augmentation du débit à la suite d'une augmentation des quantités de précipitations) ou brusques (p. ex. rupture soudaine d'un lac glaciaire). Il faut dans tous les cas tenir compte des interactions entre les différents facteurs d'influence.

- **Mentionner explicitement les zones d'ombre et les incertitudes** : décider si et comment les changements climatiques influent sur l'évaluation des dangers est une action qui doit se faire en connaissance des incertitudes. Les questions clés sont une aide pour formuler des appréciations qualitatives et quantitatives. Les indications relatives à la fiabilité des différentes considérations facilitent l'évaluation. Partant, il faut chercher à communiquer clairement et à bien documenter non seulement les effets, mais aussi les zones d'ombre et les incertitudes. Cela crée de la transparence.
- **Gérer le manque de connaissances** : dans certains cas, l'état actuel des connaissances n'est pas (encore) suffisant pour formuler des prévisions concrètes quant aux effets du climat. Dans l'évaluation des dangers, cela signifie qu'il est d'autant plus important de procéder à une mise à jour lorsque de nouvelles connaissances sont acquises. Si les connaissances sont lacunaires lors de la planification des mesures, il est particulièrement important de définir des mesures et des systèmes de protection qui soient robustes, résistants aux cas de surcharge et évolutifs.
- **Travailler de façon interdisciplinaire** : pour pouvoir établir des scénarios d'avenir robustes tout en limitant les incertitudes, il faut disposer de connaissances spécialisées ainsi que de beaucoup d'expérience et adopter une approche holistique et interdisciplinaire. On fera participer d'autres spécialistes au besoin.
- **Procéder à des adaptations spécifiques selon les cas** : les listes de questions clés servent d'aide à la réflexion. Les questions ont été conçues pour être ouvertes, sans restriction d'application. Elles ne prétendent pas à l'exhaustivité et doivent dans tous les cas être adaptées au contexte (p. ex. en ajoutant des questions complémentaires et des bases pertinentes, en supprimant de manière justifiée des éléments non pertinents ou en pondérant les réponses). Ces questions clés peuvent être utilisées tant pour une source de processus isolée que pour une zone de grande taille.

Les questions clés se trouvent à l'annexe A.3.

# 6 Références

## 6.1 Bibliographie

- [1] Académies suisses des sciences (2016). Coup de projecteur sur le climat suisse. État des lieux et perspectives. Swiss Academic Reports 11 (5). Accès sur <https://proclim.scnat.ch/fr/activities/brennpunkt/downloads>, état le 20 septembre 2023.
- [2] Atlas hydrologique de la Suisse – Matériel didactique (2022). Cours d'EAU, module pédagogique 1 Événements hydrologiques extrêmes. Geographisches Institut der Universität Bern, sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Livre numérique, accès sur <https://atlashydrologique.ch/produits/materiel-didactique>, état le 20 septembre 2023.
- [3] Bezzola G.R. et Hegg C. (éd.) (2008). Ereignisanalyse Hochwasser 2005, Teil 2 – Analyse von Prozessen, Massnahmen und Gefahregrundlagen. Office fédéral de l'environnement OFEV, Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL. Connaissances de l'environnement n° 0825.
- [4] Canton du Valais (éd.) (2016). Le Valais face aux changements climatiques. Effets et options d'adaptation dans les domaines de la gestion des eaux et des dangers naturels. Document de synthèse.
- [5] Confédération suisse (2020). Adaptation aux changements climatiques en Suisse. Plan d'action 2020-2025. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne.
- [6] Confédération suisse (2014). Adaptation aux changements climatiques en Suisse. Plan d'action 2014-2019. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne.
- [7] FAN (2019). Cours pratique sur l'évaluation des dangers naturels gravitationnels. (cours en allemand) Module « BASIS » : Grundsätze, Rahmenbedingungen und generelles Vorgehen. Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne.
- [8] geo7 (2020). Naturgefahren und Klimawandel in der Schweiz: Stand des Wissens. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne.
- [9] geo7 (2015). Klimasensitivität Naturgefahren. Teil 1: Methodenbericht. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne.
- [10] Groupe de travail « dangers naturels » du canton de Berne (2010). Faits et scénarios relatifs au changement climatique et aux dangers naturels dans le canton de Berne. Brochure, édition 2010. Groupe de travail « dangers naturels » du canton de Berne, Berne.
- [11] Groupe de travail « dangers naturels » du canton de Berne (2015). Klimawandel und Naturgefahren – Veränderungen im Hochgebirge des Berner Oberlandes und ihre Folgen. Groupe de travail « dangers naturels » du canton de Berne, Berne.
- [12] Groupe de travail EconoMe, OFEV (2015). EconoMe 5. Efficacité et rentabilité des mesures de protection contre les dangers naturels. Accès sur [https://econome.ch/eco\\_work/eco\\_wiki\\_main.php?wiki\\_link=154](https://econome.ch/eco_work/eco_wiki_main.php?wiki_link=154), état le 20 septembre 2021.
- [13] GWP (2005). Gestion durable des forêts de protection. Centre de sylviculture de montagne, Maienfeld. Accès sur <https://www.gebirgswald.ch/fr/nais-download.html>, état le 20 septembre 2023.
- [14] Haerberli W. et al. (2012). Gletscherschwund und neue Seen in den Schweizer Alpen. Perspektiven und Optionen im Bereich Naturgefahren und Wasserkraft. In : Eau énergie air 2/2012 ; accès sur le [site du Fonds national suisse \(snf.ch\)](http://site.du.Fonds national suisse (snf.ch)), état le 20 septembre 2023
- [15] Heinimann H.R. et al. (1998). Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren. Documents environnement n° 85, dangers naturels. Éd. : Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP, aujourd'hui OFEV), Berne.
- [16] KOHS (2007). Auswirkungen der Klimaänderung auf den Hochwasserschutz in der Schweiz. KOHS Kommission Hochwasserschutz im Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband. In : Eau énergie air, année 99. Cahier 1, p. 55-57.
- [17] Loat R. et Meier E. (2003). Dictionnaire de la protection contre les crues. Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG, aujourd'hui OFEV). Haupt Verlag, Berne.

- [18] Marty C., Phillips M., Lehning M., Wilhelm C. et Bauder A. (2009). Klimaänderung und Naturgefahren in Graubünden. In : Journal forestier suisse. Volume 160, p. 201-209.
- [19] NCCS (éd.) (2021). CH2018 – Scénarios climatiques pour la Suisse. National Centre for Climate Services, Zurich. Accès sur <https://www.nccs.admin.ch/nccs/fr/home/changement-climatique-et-impacts/scenarios-climatiques-suisse.html>, état le 20 septembre 2023.
- [20] NCCS (éd.) (2023). Atlas web CH2018. National Centre for Climate Services, Zurich. Accès sur <https://www.nccs.admin.ch/nccs/fr/home/changement-climatique-et-impacts/scenarios-climatiques-suisse/atlas-web-ch2018.html>, état le 20 septembre 2023.
- [21] NCCS (éd.) (2023). Que sont les scénarios d'émissions ? National Centre for Climate Services, Zurich. Accès sur <https://www.nccs.admin.ch/nccs/fr/home/changement-climatique-et-impacts/principes-de-base-du-climat/que-sont-les-scenarios-d-emissions-.html>, état le 20 septembre 2023.
- [22] OFEV (Projet État : 20 novembre 2023 pas encore publié). Gestion intégrée des risques liés aux dangers naturels gravitaires
- [23] OFEV (2023a). Conférence sur les dangers naturels 2023. Communications de l'Office fédéral de l'environnement et d'autres offices fédéraux. Accès sur <https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/naturgefahren/fachinfo-daten/programm-ngk-2023.pdf.download.pdf/Programme%20CDN%202023%20-%20F.pdf>, état le 20 septembre 2023.
- [24] OFEV (2023b). Gestion intégrée des risques. Accès sur <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/dangers-naturels/info-specialistes/gestion-integree-des-risques.html>, état le 20 septembre 2023.
- [25] OFEV (éd.) (2021a). Effets des changements climatiques sur les eaux suisses. Hydroécologie, écologie et gestion des eaux. HydroCH2018. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne. Connaissances de l'environnement n° 2101.
- [26] OFEV (éd.) (2021b). Géodonnées de base relevant du droit de l'environnement. Modèle de géodonnées Cartographie des dangers. ID 166.1, version 1.3. État le 18 mai 2021. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne.
- [27] OFEV (2021c). Unveröffentlichte Umfrage zum Thema Klimawandel und gravitative Naturgefahren in der Schweiz: Erfahrungen und Bedürfnisse. Rückmeldungen aus den Kantonen. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne.
- [28] OFEV, MétéoSuisse, NCCS (éd.) (2020). Changements climatiques en Suisse. Indicateurs des causes, des effets et des mesures. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse (MétéoSuisse) et National Centre for Climate Services (NCCS), Berne. État de l'environnement n° 2013.
- [29] OFEV (éd.) (2016). Gestion des dangers naturels en Suisse. Rapport du Conseil fédéral en réponse au postulat 12.4271 déposé par Christophe Darbellay le 14.12.2012. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne.
- [30] OFEV (éd.) (2012). Adaptation aux changements climatiques en Suisse. Objectifs, défis et champs d'action. Premier volet de la stratégie du Conseil fédéral du 2 mars 2012. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne.
- [31] OFEV (2005). Aménagement du territoire et dangers naturels. Recommandation. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne.
- [32] OFEFP (1999). Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren. Methode. In : Documents environnement n° 107/I, dangers naturels. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne.
- [33] PLANAT (2018). Gestion des risques liés aux dangers naturels. Stratégie 2018. Plate-forme nationale Dangers naturels PLANAT, Berne.
- [34] SIA 260 (2013). Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses. Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich.
- [35] Zimmermann M., Mani P., Gamma P., Gsteiger P., Heiniger O., Hunziker G. (1997): Murganggefahr und Klimaänderung - ein GIS-basierter Ansatz. NFP31 Schlussbericht. Vdf Verlag, Zürich.



## 6.2 Abréviations

Abréviations	Signification
CDN	Conférence sur les dangers naturels de l'OFEV
GIR	Gestion intégrée des risques
IK (30, 100, 300, extrême)	Carte d'intensité (pour les trois temps de retour de 30, 100 et 300 ans et pour le scénario extrême)
LACE	Loi fédérale sur l'aménagement des cours d'eau
OFEV	Office fédéral de l'environnement
PLANAT	Plate-forme national Dangers naturels
RCP	Scénarios d'émission RCP ( <i>Representative Concentration Pathways</i> )

### 6.3 Glossaire

Lorsqu'un terme et son explication ne sont pas accompagnés d'une source, cela signifie que l'explication a été développée durant l'élaboration du présent document.

Termes	Explications
<b>Analyse des risques (estimation du risque)</b>	Méthode appliquée pour caractériser et quantifier les risques en fonction de la probabilité d'occurrence d'un événement et de l'ampleur des dommages qu'il est susceptible de causer. [17] et [32]
<b>Chaîne de processus</b>	Succession de processus de dangers naturels dans le cadre d'un événement unique, au cours duquel un premier processus en déclenche un ou plusieurs autres liés dans l'espace. Le déclenchement des processus en aval peut être immédiat ou différé (changement de la prédisposition des processus ultérieurs). On peut citer comme exemple de chaîne de processus une coulée de boue qui se déverse dans un ruisseau et se transforme en lave torrentielle.
<b>Espace culturel</b>	Mise en valeur et utilisation des caractéristiques physiques présentes (de l'espace naturel) par l'être humain. L'espace culturel comprend l'habitat, les infrastructures, la législation, la politique et l'économie.
<b>Espace naturel</b>	Ensemble des caractéristiques physiques d'un paysage telles que le climat, la topographie, la végétation et le sol, l'hydrologie, la géologie et la tectonique ainsi que les processus de dangers naturels.
<b>État actuel / futur</b>	Dans le présent document, les termes « actuel » et « futur » sont utilisés afin de tenir compte des changements climatiques dans le contexte de l'évaluation des dangers. L'état actuel correspond à l'état selon les conditions actuelles. L'état futur correspond à un état qui tient compte d'une projection des changements climatiques ; l'état ne se réfère pas ici à un moment précis, mais aux évolutions déterminantes au cours de l'horizon temporel considéré.
<b>Évaluation des dangers</b>	Processus de détermination du niveau de danger d'un processus dangereux en fonction de son intensité et de sa probabilité d'occurrence (adapté à partir de [15]).
<b>Événement déclencheur</b>	Événement qui met en route le processus dévastateur lorsque les prédispositions sont réunies. Il peut s'agir notamment de tremblements de terre, d'événements météorologiques ou d'interventions anthropogènes. [15]
<b>Indicateurs climatiques</b>	Ensemble des informations sur le climat provenant de l'extérieur. Les indicateurs climatiques comprennent tous les éléments mesurables et observables relatifs à la météorologie qui sont utilisés dans la description du climat.
<b>Jeu de scénarios</b>	Ensemble de tous les scénarios possibles au cours de la période considérée. Le jeu de scénarios constitue la base du tableau des scénarios attendus.
<b>Prédisposition</b>	Ensemble des caractéristiques d'une région susceptible d'être à l'origine d'un processus dangereux [17]. Il convient de distinguer la prédisposition de fond et la prédisposition variable. La prédisposition de fond englobe toutes les conditions nécessaires à un processus dangereux et qui restent stables sur une période prolongée. Elle est définie par des paramètres tels que la géologie, le relief, le climat, la composition botanique et le pergélisol. Il est tout à fait possible que les différentes grandeurs présentent des tendances d'évolution à long terme. [15] La prédisposition variable englobe, pour une prédisposition de fond donnée, les paramètres qui varient dans le temps, qui dans une certaine mesure fluctuent ou évoluent. Il peut s'agir notamment de grandeurs dépendant des saisons ou de l'heure du jour comme la situation météorologique, la teneur en eau ou l'état de la végétation. [15]
<b>Processus à effet de seuil</b>	Processus qui résulte du comportement d'un système non linéaire (p. ex. changements brusques), dans lequel la grandeur de sortie n'est généralement pas proportionnelle à la grandeur d'entrée ou processus qui survient uniquement à partir du moment où certaines conditions sont réunies. On mentionnera comme exemples un ruissellement de surface survenant uniquement lorsqu'une certaine intensité de précipitations est atteinte, l'augmentation disproportionnée du débit à la suite d'une saturation en eau du sous-sol lors de fortes précipitations ou le débordement soudain d'un puits de karst.
<b>Sensibilité au climat</b>	Concept décrivant si et dans quelle mesure un processus est influencé par les changements climatiques. La variabilité du climat et les changements climatiques peuvent influencer un processus de manière positive ou négative. Les répercussions peuvent être directes (p. ex. augmentation du débit due à l'augmentation des précipitations) ou indirectes (p. ex. rupture de lacs glaciaires entraînée par l'accélération de la fonte des glaciers). En raison de la grande diversité de répercussions possibles sur différents facteurs du fait des changements climatiques et des relations complexes entre les facteurs, il n'est pas toujours possible de déterminer clairement la sensibilité au climat de certains processus.
<b>Scénario</b>	Déroulement hypothétique d'un processus de danger. [17]
<b>Tableau des scénarios</b>	Ensemble des scénarios pertinents pour la période considérée (sous-ensemble du jeu de scénarios), les scénarios étant classés selon leur ampleur et leur probabilité d'occurrence. Le tableau des scénarios renseigne sur l'état attendu. Une comparaison des tableaux des scénarios pour différentes périodes permet de faire ressortir l'évolution attendue au cours de la période considérée (voir point 3.3.2).

# Annexes

## A.1 Publications relatives à l'exécution

La loi fédérale sur l'aménagement des cours d'eau (RS 721.100) est en cours de révision. La future version devrait entrer en vigueur en 2025. Les publications relatives à l'exécution liées à cette loi sont également en cours de révision dans le cadre de la révision de la loi. La Figure 24 offre un aperçu de l'état des travaux en mai 2023.

Thème	Titre du travail	Groupe d'accompagnement	État d'avancement	Consultation	Série
Général	Gestion intégrée des risques	Interne à l'OFEV	Projet d, f	2023 Présentation lors de la CDN	Connaissance
	Climat	AG, BE, VS (groupe de suivi) et tous les cantons dans le cadre de la consultation 2022	Projet d, f	2023 Discussion lors de la CDN	Connaissance
Évaluation des dangers	Évaluation des dangers pour tous les processus	LU, TI, VS Bureaux privés	Points clés, Ebauche	2024	Exécution
	Évaluation des dangers liés aux eaux	NW, TI WSL, bureaux privés	Points clés, Ebauche	2024	Connaissance
	Évaluation des dangers liés aux avalanches	BE, GR, TI, VS SLF, bureaux privés	Projet d	2023	Connaissance
	Évaluation des dangers liés aux mouvements de terrain	Début des travaux à partir de 2025			Connaissance
	PROTECT Praxis	BE, GR, LU, SG, VD SLF, FAN, bureaux privés	Projet d	2024	Connaissance
Évaluation des risques	Standards pour les vues d'ensemble cantonales des risques	BE, GL, SG (groupe de suivi) Et tous les cantons dans le cadre de la consultation 2020	Reformulation en aide à l'exécution	Projet pas encore terminé	Exécution
Mesures	Planification globale	AG, FR, NW	Projet	2023 Présentation lors de la CDN	Exécution
	Aménagement du territoire fondé sur les risques	ARE (coéditeur) Groupe d'accompagnement pas encore constitué	Points clés	2024	Exécution
	Projets d'aménagement de cours d'eau	Planifiés	Points clés	2024	Exécution
	Projets concernant les mouvements de terrain	Début des travaux à partir de 2025			Exécution
	Gestion des ouvrages de protection	Début des travaux à partir de 2025			Exécution
	Gestion durable des forêts de protection – NaiS (Partie relative à l'exécution)	Groupe de travail NaiS issu du Groupe suisse de sylviculture de montagne (GSM)	Projet d	2023	Exécution
	Gestion durable des forêts de protection – NaiS (autres parties)	Groupe de travail NaiS issu du Groupe suisse de sylviculture de montagne (GSM)	En cours	À partir de 2024	Connaissance
Finances	Manuel sur les conventions-programmes	Atelier <i>Ouvrages de protection</i> avec les cantons en 2022 Atelier <i>Forêts protectrices</i> avec les cantons en 2020 (CDN)	Projet d, f, i	Transmis aux cantons pour consultation*	Exécution
Modèles de données	Modèle de données Évaluation des dangers	Communauté d'informations spécialisées Modèle de données Évaluation des dangers	Travaux pas encore commencés	Calendrier non déterminé	Modèles de données

\* Calendrier des conventions-programmes dans le domaine de l'environnement (février 2023) :

[23e bulletin d'information sur les conventions-programmes dans le domaine de l'environnement, février 2023 \(admin.ch\)](#)

Figure 24 : État des travaux des publications modulaires relatives à l'exécution en matière de prévention des dangers (état au 10 mai 2023). Source : Communications dans le cadre de la 14<sup>e</sup> Conférence sur les dangers naturels, OFEV, 2023.

## A.2 Exemples de processus en évolution

Dans le contexte des changements climatiques, les processus de dangers naturels dans une région donnée peuvent évoluer. À l'avenir, des scénarios peuvent

- disparaître** ou perdre en importance ;
- apparaître** (de nouveaux processus surviennent) ;
- changer**, que ce soit du point de vue de leur ampleur ou de leur probabilité d'occurrence ;
- rester inchangés** (mêmes scénarios qu'aujourd'hui).

Les exemples qui suivent illustrent l'évolution possible des scénarios au fil du temps.

### a) Processus de dangers naturels qui disparaît

Si des glaciers suspendus dangereux, comme celui situé sur le flanc ouest de l'Eiger, ont entièrement fondu, alors il n'y a plus de danger de rupture de glace (Figure 25).



Figure 25 : Glacier suspendu sur le flanc ouest de l'Eiger avant (à gauche) et après (droite) une rupture de glace d'un volume d'environ 20 000 m<sup>3</sup> survenue le 25 août 2016 (source : <https://www.thunertagblatt.ch/region/thun/nun-ist-der-gletscher-abgebrochen/story/20907992>, état le 21 septembre 2021).

b) **Nouveau processus survenant du fait de processus de dangers naturels dans des régions jusqu'ici non concernées**

Dans les régions de haute montagne du monde entier, de nombreux nouveaux lacs se sont formés en raison de l'augmentation progressive des températures et du recul des glaciers. Les calculs de modèles, dans le cadre de scénarios réalistes d'évolution du climat pour les prochaines décennies, montrent que les paysages glaciaires qui subsistent aujourd'hui dans les Alpes helvétiques se transformeront pour une période probablement très longue en des paysages de rochers, d'éboulis et de lacs, la dynamique du paysage étant beaucoup plus fortement marquée par l'érosion [13]. De plus en plus de lacs glaciaires se forment dans les Alpes, avec les risques que cela implique tels que des vagues de crue, des crues et des laves torrentielles (Figure 26).



Figure 26 : Glacier du Gauli avec un lac en formation à l'avant-plan, en 2009 [14].

**Nouveau processus survenant du fait d'une nouvelle situation initiale**

Si, par exemple, des bastions morainiques gelés qui jouaient le rôle de barrage pour un lac fondent, il faut s'attendre à des crues soudaines inconnues jusqu'alors.

De manière générale, le recul des glaciers peut se traduire dans un premier temps par l'apparition de nouveaux dangers (cf. b, de nouveaux processus surviennent). Avec le recul des glaciers en cours, un nouvel équilibre va s'établir (voir a, processus de dangers naturels qui disparaissent).

c) **Ampleur modifiée en raison d'une nouvelle situation initiale**

Le recul des glaciers et du pergélisol libèrent des quantités importantes de matériaux meubles. On citera comme exemple ici le glacier rocheux du Mattertal (VS). Il peut s'ensuivre des laves torrentielles d'une ampleur inconnue jusqu'alors et des événements à des emplacements qui n'étaient pas concernés jusqu'ici. Des analyses du glacier rocheux de Gugla montrent que sa vitesse de déplacement augmente. Par ailleurs, la température moyenne a augmenté au cours des dernières décennies. Actuellement, quelque 8500 m<sup>3</sup> d'éboulis sont libérés du glacier rocheux chaque année. Ce volume est vingt fois plus élevé qu'il y a 40 à 50 ans. Il faut

s'attendre à des laves torrentielles plus importantes en raison de l'augmentation des quantités de roches (Figure 27).



Figure 27 : Matternal (VS). À gauche : Face instable du glacier rocheux de Gugla, qui livre de grandes quantités d'éboulis. À droite : Les éboulis nouvellement disponibles sont transportés plus loin par charriage et par des laves torrentielles [4].

#### **Ampleur modifiée en raison d'un processus à effet de seuil**

Durant les crues d'août 2005, certains bassins versants ont présenté un comportement non linéaire. Au début, la réaction est modérée, mais lorsqu'une certaine quantité de précipitations est atteinte, le débit augmente alors relativement rapidement et de manière disproportionnée. Il n'est presque pas possible de tirer des conclusions statistiques des débits en résultant. Il est donc de toute première importance, pour l'ensemble des activités liées aux dangers, de connaître les quantités de précipitations à partir desquelles ce phénomène se produit. [3][2]

#### **Modification de la probabilité d'occurrence**

Des épisodes violents de fortes pluies entraîneront à l'avenir davantage d'inondations et de ruissellement de surface au niveau local. Il est possible qu'un événement dont la probabilité d'occurrence était jusqu'ici de 50 à 100 ans se produise à l'avenir une fois tous les 30 ans. Après une absence d'événements entre 1940 et 1970, on constate très clairement, depuis la crue de 1987, une diminution des temps de retour. [25]

#### **d) Processus stable ou largement indépendant des changements climatiques**

Les processus de dangers naturels sont dynamiques par définition. Il faut donc toujours s'attendre à des évolutions. Selon l'état actuel des connaissances, on peut supposer par exemple que les changements climatiques n'auront pas d'influence majeure sur les dolines ni sur les glissements profonds permanents à basse altitude en Suisse.

### **A.3 Questions clés**

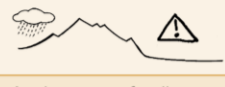

- Mode d'emploi et références
- Eaux, étape 1
- Eaux, étape 2
- Glissement, étape 1
- Glissement, étape 2
- Chute, étape 1
- Chute, étape 2
- Avalanche, étape 1
- Avalanche, étape 2

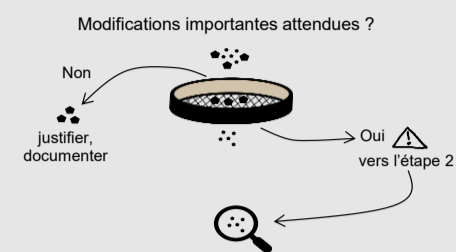
### Questions clés – Instructions et bases

Les questions clés spécifiques aux processus constituent une aide pour réaliser l'analyse structurée du système et pour mener les premières réflexions sur l'élaboration des scénarios avec les « lunettes climatiques ». Les questions visent donc à inviter à la réflexion et n'ont pas vocation à fournir de réponses sur le contenu. Les réponses doivent ainsi être fournies en fonction des cas. Les bases, exemples et expériences présentés ci-dessous servent d'aide. Pour les questions-clés, chaque processus principal – eaux, glissement, chute et avalanche – compte deux onglets : « Étape 1 » et « Étape 2 ».

Leur traitement doit être spécifique à la zone et aux processus, ainsi qu'à un objectif d'étude précis et donc à un niveau d'échelle correspondant.

#### Classification

Étape	Contenu	Question	Résultat
1	Analyse générale de la sensibilité au climat 	Faut-il s'attendre à des modifications significatives des facteurs d'influence (indicateurs climatiques et prédisposition) et de la réaction / de l'impact ?	Des domaines présentant des modifications significatives sont identifiés.
2	Analyse approfondie des modifications 	À quelles modifications significatives faut-il s'attendre et dans quels domaines ?	Les modifications significatives éventuelles sont décrites et leurs conséquences en matière de réaction et d'impact sont estimées.



#### Utilisation

Utilisez les questions clés comme un aide-mémoire pour réaliser l'analyse du système avec les « lunettes climatiques ».

Les champs en jaune offrent un espace pour prendre des notes. Ils servent à la documentation. L'accent est mis sur les modifications induites par les changements climatiques ( $\Delta$ ), l'évaluation des dangers dans les conditions actuelles servant aussi bien de situation initiale que de référence. Les questions clés et les sources indiquées ne sont ni exhaustives ni immuables. Déterminez les questions pertinentes en fonction de chaque cas, les facteurs d'influence et les sources, puis adaptez les documents. En cas de besoin, faites appel à un spécialiste pour trouver les réponses aux questions clés.

#### Étape 1

##### Analyse générale de la sensibilité au climat

Question clé : la zone considérée est-elle sensible au climat ? En d'autres termes, les indicateurs climatiques et/ou la prédisposition se modifient-ils du fait des changements climatiques de sorte que la réaction / l'impact se modifient eux aussi de façon importante ? Si l'on estime que c'est le cas, les modifications correspondantes doivent être analysées plus avant à l'étape 2. Si la réponse est négative, il convient de le justifier.

#### Étape 2

##### Analyse approfondie des modifications

Répondez aux **trois questions clés** concernant les facteurs pertinents dans la zone considérée.

**1) Modification de la situation initiale** : comment la situation initiale (indicateurs climatiques et prédisposition) se modifie-t-elle dans la zone concernée du fait des changements climatiques ?

**2) Modifications des processus dangereux** : quelle influence la modification de la situation initiale a-t-elle sur les processus dangereux (réaction/impact) ?

**3) Fiabilité** : quelle est la fiabilité des prévisions formulées sous 1) et 2) ?

L'étape 2 concerne principalement les facteurs pertinents (sélection à l'étape 1) et ne requiert pas d'être traitée de haut en bas. Les interactions entre les différents facteurs doivent être prises en considération. Des scénarios et des déroulements d'événements peuvent être déduits du tableau complet obtenu grâce aux réponses : « scénarios, étapes 3 à 5 » du schéma de la procédure.

#### Horizon temporel

Évolutions à partir d'aujourd'hui jusqu'à la fin du siècle, jusqu'à la période future 2070-2099 (2085) selon CH2018

#### Scénario d'émission

Moyenne de la fourchette de RCP8.5 de CH2018

#### Bases

Vous pouvez vous appuyer sur les bases indiquées ci-après pour répondre aux questions clés. Les évaluations d'experts jouent un rôle central.

Utilisez aussi les informations que vous avez obtenues dans le cadre de l'évaluation des dangers dans les conditions actuelles (données historiques, événements, analyses de valeurs extrêmes, etc., les tendances climatiques étant parfois déjà visibles), les expériences, les connaissances relatives à la zone et les analogies.

##### Bases générales pour les projections des changements climatiques

OFEV (2021) : Effets des changements climatiques sur les eaux suisses

OFEV, MétéoSuisse, NCCS (2020) : Changements climatiques en Suisse

NCCS

Scénarios climatiques CH2018 :

> Messages clés

> Brochure

> Rapport technique

MétéoSuisse : Changement climatique

<https://www.bafu.admin.ch/hydrocc>

<https://www.bafu.admin.ch/changements-climatiques-suisse>

[www.nccs.admin.ch](http://www.nccs.admin.ch)

[www.scenarios-climatiques-suisse.ch](http://www.scenarios-climatiques-suisse.ch)

[www.scenarios-climatiques-suisse/brochure](http://www.scenarios-climatiques-suisse/brochure)

[www.scenarios-climatiques-suisse/rapport-technique](http://www.scenarios-climatiques-suisse/rapport-technique)

<https://www.meteosuisse.admin.ch/changement-climatique>

##### Précipitations

###### Quantité de précipitations et répartition

Projections cantonales

Bassins versants, bassins pour le calcul du bilan et bassins fluviaux

Niveaux altitudinaux / Indicateurs aux stations / Changements : par saison

CH2018, Cantons

hydromapscc.ch

Atlas web CH2018

<https://www.nccs.admin.ch/nccs/fr/home/regions/cantons.html>

<https://hydromapscc.ch/>

<https://www.nccs.admin.ch/atlas-web-ch2018>

###### Fortes précipitations

CH2018, Messages clés

CH2018, Extrêmes climatiques

<https://www.nccs.admin.ch/messages-cles>

<https://www.nccs.admin.ch/extremes-climatiques>

[https://www.nccs.admin.ch/extremereignisse\\_tabelle](https://www.nccs.admin.ch/extremereignisse_tabelle)

##### Température

Projections cantonales

Bassins versants, bassins pour le calcul du bilan et bassins fluviaux

Niveaux altitudinaux / Indicateurs aux stations / Changements : par saison

CH2018, Cantons

hydromapscc.ch

Atlas web CH2018

<https://www.nccs.admin.ch/nccs/regions/cantons>

<https://hydromapscc.ch/>

<https://www.nccs.admin.ch/atlas-web-ch2018>

##### Autres indicateurs climatiques et extrêmes climatiques

CH2018, Indicateurs climatiques

CH2018, Extrêmes climatiques

<https://www.nccs.admin.ch/indicateurs-climatiques>

<https://www.nccs.admin.ch/extremes-climatiques>

[https://www.nccs.admin.ch/extremereignisse\\_tabelle](https://www.nccs.admin.ch/extremereignisse_tabelle)

<https://www.nccs.admin.ch/changement-climatique-dans-les-villes>

##### Glaciers

État des glaciers et scénarios les concernant

hydromapscc.ch

Hydro-CH2018

glamos.ch

HADES – Cryosphère

PERMOS – Réseau Suisse d'observation du pergélisol

<https://hydromapscc.ch/>

<https://www.nccs.admin.ch/projets-de-recherche-hydro-ch2018>

[www.glamos.ch](http://www.glamos.ch)

[atlashydrologique.ch/neige-et-glaciers](http://atlashydrologique.ch/neige-et-glaciers)

<https://www.permos.ch/fr/>

##### Pergélisol

Cartes indicatives du pergélisol

Carte du pergélisol et de la glace contenue dans le sol

PERMOS

PERMOS, OFEV

HADES – Cryosphère

Carte indicative du pergélisol alpin

<https://www.slf.ch/bergelisol>

<https://www.permos.ch>

<https://www.bafu.admin.ch/carte-de-l-extension-potentielle-du-bergelisol>

[atlashydrologique.ch/neige-et-glaciers](http://atlashydrologique.ch/neige-et-glaciers)

[https://www.geo.uzh.ch/AlpinePermafrostIndexMap\\_APIM](https://www.geo.uzh.ch/AlpinePermafrostIndexMap_APIM)

##### Neige

CH2018, Messages clés

CH2018, Extrêmes climatiques

<https://www.nccs.admin.ch/messages-cles>

<https://www.nccs.admin.ch/extremes-climatiques>

[https://www.nccs.admin.ch/extremereignisse\\_tabelle](https://www.nccs.admin.ch/extremereignisse_tabelle)

[atlashydrologique.ch/neige-et-glaciers](http://atlashydrologique.ch/neige-et-glaciers)

HADES – Cryosphère

##### Forêts

map.geo.admin.ch

Limite de la forêt, WSL

FORTE Future

<https://map.geo.admin.ch/etages-de-vegetation>

<https://map.geo.admin.ch/limite-supérieure-de-la-forêt>

<https://www.wsl.ch/forte-app>

<https://www.nccs.admin.ch/projections-sur-les-forets-futures>

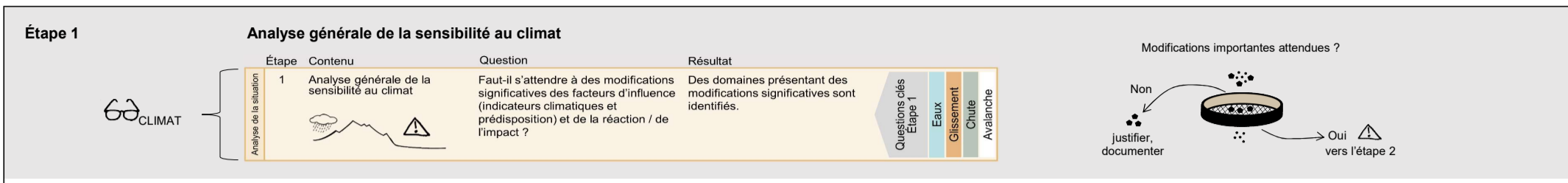
<https://www.tree-app.ch/>

<https://www.wsl.ch/recherche-forets-et-changements-climatiques>

##### Réaction/Impact

Sensibilité au climat des processus de dangers naturels

[https://www.bafu.admin.ch/KlimasensNG\\_Resultate](https://www.bafu.admin.ch/KlimasensNG_Resultate)



**EAUX**

<p><b>Informations générales</b></p> <p><b>Zone</b> <input type="text"/></p> <p><b>Objectif d'analyse</b> <input type="text"/></p> <p><b>Processus partiels</b> Mettez une croix dans la case appropriée, plusieurs réponses sont possibles.</p> <p>Inondation <input type="checkbox"/></p> <p>Débordement de lave torrentielle <input type="checkbox"/></p> <p>Érosion des berges <input type="checkbox"/></p> <p>Ruissellement <input type="checkbox"/></p> <p><b>Traité par</b> <input type="text"/></p> <p><b>Date du traitement</b> <input type="text"/></p>	<p><b>Informations relatives à l'utilisation</b></p> <p>Vérifiez si des facteurs pertinents (indicateurs climatiques, prédisposition et réaction / impact) se modifient du fait des changements climatiques. Une modification est importante si elle entraîne une modification considérable des processus dangereux.</p> <p>Si l'on estime que c'est le cas, les modifications correspondantes doivent être analysées plus avant à l'étape 2. Il convient de justifier une réponse négative en indiquant les bases (sources, expériences, etc.).</p> <p>Récapitez les résultats de l'étape 1 sous « Conclusions ».</p> <p>Vous trouverez d'autres informations sous l'onglet « Instructions et bases ».</p>
---	---

<p><b>INDICATEURS CLIMATIQUES</b> Situation initiale Indicateurs climatiques</p> <p></p> <p><b>Précipitations</b> Faut-il s'attendre à des modifications importantes des scénarios de précipitations ou de précipitations extrêmes ?</p> <p><b>Température</b> Faut-il s'attendre à des modifications importantes des scénarios de température ?</p> <p><b>Autres indicateurs climatiques/ Extrêmes climatiques</b> Faut-il s'attendre à des modifications importantes d'autres indicateurs climatiques et extrêmes climatiques (p. ex. nombre de jours de gel, nombre de jours de neige, sécheresse, crues hivernales) ?</p>	<p><b>Évaluation sommaire de la sensibilité au climat</b></p> <p>Oui <input type="checkbox"/> &gt; Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2 Non <input type="checkbox"/> Justification : <input type="text"/></p> <p>Oui <input type="checkbox"/> &gt; Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2 Non <input type="checkbox"/> Justification : <input type="text"/></p> <p>Oui <input type="checkbox"/> &gt; Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2 Non <input type="checkbox"/> Justification : <input type="text"/></p>
---	--

<p><b>PRÉDISPOSITION</b> Situation initiale Prédiposition</p> <p></p> <p><b>Glaciers</b> Des glaciers sont-ils présents dans le bassin versant et faut-il s'attendre à des modifications importantes ?</p> <p><b>Pergélisol</b> Le bassin versant est-il situé dans la zone de pergélisol et faut-il s'attendre à des modifications importantes ?</p> <p><b>Neige</b> Faut-il s'attendre à des modifications importantes de la limite de la neige et/ou de la limite des chutes de neige à l'intérieur du bassin versant ?</p> <p><b>Neige, indicateurs climatiques</b> Faut-il s'attendre à des modifications importantes des événements de pluie sur neige et/ou de pluie sur sol gelé ?</p> <p><b>Propriétés pédologiques, pergélisol</b> Faut-il s'attendre à des modifications importantes du régime de charriage et du transport des matières en suspension (accumulation et transport) ?</p> <p><b>Couverture du sol</b> Faut-il s'attendre à des modifications importantes s'agissant du bois flottant ?</p> <p><b>Propriétés pédologiques</b> Faut-il s'attendre à des modifications importantes de la rétention dans le sol et des conditions préalables (capacité du sol à absorber l'eau) ?</p>	<p><b>Évaluation sommaire de la sensibilité au climat</b></p> <p>Oui <input type="checkbox"/> &gt; Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2 Non <input type="checkbox"/> Justification : <input type="text"/></p> <p>Oui <input type="checkbox"/> &gt; Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2 Non <input type="checkbox"/> Justification : <input type="text"/></p> <p>Oui <input type="checkbox"/> &gt; Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2 Non <input type="checkbox"/> Justification : <input type="text"/></p> <p>Oui <input type="checkbox"/> &gt; Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2 Non <input type="checkbox"/> Justification : <input type="text"/></p> <p>Oui <input type="checkbox"/> &gt; Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2 Non <input type="checkbox"/> Justification : <input type="text"/></p> <p>Oui <input type="checkbox"/> &gt; Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2 Non <input type="checkbox"/> Justification : <input type="text"/></p>
---	---

<p><b>RÉACTION / IMPACT</b> Situation initiale Réaction / impact</p> <p></p> <p><b>Processus / scénarios individuels</b></p> <p>Le débit (pointe de débit, volume) et/ou le régime d'écoulement se modifient-ils ?</p> <p>De nouveaux processus ou des processus à effet de seuil peuvent-ils apparaître ?</p> <p>Des processus existants peuvent-ils disparaître du fait des changements climatiques ?</p> <p>Des chaînes de processus sont-elles possibles du fait des changements climatiques ? Est-il possible que des processus dangereux modifiés (eaux, glissement, chute, avalanche) s'influencent mutuellement ?</p>	<p><b>Évaluation sommaire de la sensibilité au climat</b></p> <p>Oui <input type="checkbox"/> &gt; Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2 Non <input type="checkbox"/> Justification : <input type="text"/></p> <p>Oui <input type="checkbox"/> &gt; Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2 Non <input type="checkbox"/> Justification : <input type="text"/></p> <p>Oui <input type="checkbox"/> &gt; Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2 Non <input type="checkbox"/> Justification : <input type="text"/></p> <p>Oui <input type="checkbox"/> &gt; Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2 Non <input type="checkbox"/> Justification : <input type="text"/></p>
---	---

<p><b>PARTICULARITÉS</b> Situation initiale Autres modifications</p> <p><b>Autres</b> Quelles autres modifications attendues ou déjà survenues peuvent être importantes ?</p>	<p><b>Évaluation sommaire des autres modifications</b></p> <p>Si d'autres modifications importantes sont induites par les changements climatiques, elles doivent être analysées plus avant à l'étape 2.</p> <p>Description et justification : <input type="text"/></p>
---	--

**CONCLUSIONS 1** **Récapitulatif des résultats de l'étape 1**

**Conclusion 1**



Étape 2

Analyse approfondie des modifications



Étape	Contenu	Question	Résultat
2	Analyse approfondie des modifications 	À quelles modifications significatives faut-il s'attendre et dans quels domaines ?	Les modifications significatives éventuelles sont décrites et leurs conséquences en matière de réaction et d'impact sont estimées.



Questions clés  
Étape 2

Eaux

Glissement

Chute

Avalanche

**EAUX**

**Informations générales**

**Zone**

**Objectif d'analyse**

**Processus partiels** Mettez une croix dans la case appropriée, plusieurs réponses sont possibles.

Inondation

Débordement de lave torrentielle

Érosion des berges

Ruissellement

**Traité par**

**Date du traitement**

**Informations relatives à l'utilisation**

Répondez aux trois questions clés concernant les facteurs pertinents :

**1) Modification de la situation initiale** : comment la situation initiale (indicateurs climatiques et prédisposition) se modifie-t-elle dans la zone concernée du fait des changements climatiques ?

**2) Modifications des processus dangereux** : quelle influence la modification de la situation initiale a-t-elle sur les processus dangereux ?

**3) Fiabilité** : quelle est la fiabilité des prévisions formulées sous 1) et 2) ?

1) et 2) Décrivez les modifications attendues, y c. leur dynamique attendue (progressive ou brutale). Justifiez vos hypothèses. Documentez vos hypothèses et conclusions de manière transparente (si possible de façon quantitative et, à défaut, de manière qualitative), précisez les bases utilisées.

3) Appréciez la fiabilité (p. ex. référence bibliographique, propre observation / mesure, estimation). Documentez les incertitudes existantes si possible de façon quantitative et, à défaut, de manière qualitative (p. ex. indication des marges d'incertitude, plage de valeurs pour le choix des paramètres, représentation graphique, description claire des hypothèses formulées et des conclusions tirées).

Récapitulez les résultats de l'étape 2 sous « Conclusions ».

Vous trouverez d'autres informations relatives à l'utilisation sous l'onglet « Instructions et bases ».

**Δ INDICATEURS CLIMATIQUES** Facteurs Indicateurs climatiques

**Précipitations** > Modification importante possible de la quantité / de la répartition des précipitations  
> Modification importante possible des fortes précipitations

**Température** > Modification importante possible de la température

**Autres indicateurs climatiques / extrêmes climatiques** > Modifications importantes possibles p. ex. du nombre de jours de gel, du nombre de jours de neige, de la sécheresse  
> Autres...

**Modifications de la situation initiale et des processus dangereux / Réponses aux questions clés 1 et 2**

1) Comment la situation initiale se modifie-t-elle dans la zone concernée du fait des changements climatiques ?

2) La modification analysée de la situation initiale a-t-elle une influence importante sur les processus dangereux ?

Tenez compte des interactions : des modifications des indicateurs climatiques peuvent influencer non seulement la prédisposition, mais aussi l'événement déclencheur.

**Fiabilité**

3) Quelle est la fiabilité des réponses aux questions 1) et 2) ?

**Δ PRÉDISPOSITION** Facteurs Prédisposition

**Glaciers** > Modification des glaciers selon les scénarios d'évolution des glaciers  
> Modifications importantes possibles notamment des phénomènes dus aux glaciers (p. ex. rupture de sérac, poche d'eau, lac glaciaire)  
> Autres...

**Pergélisol** > Présence du pergélisol d'après les cartes indicatives du pergélisol  
> Modifications importantes possibles notamment des phénomènes de pergélisol (p. ex. glacier rocheux), de l'instabilité des roches et des pentes, de la présence de sédiments  
> Autres...

**Neige** > Modification de la couverture neigeuse / de la hauteur de neige  
> Modifications possibles notamment de la limite de la neige, de la limite des chutes de neige, des réserves de neige, du débit provenant de la couverture neigeuse, du régime d'écoulement, de la saturation en eau et de la survenance d'événements de pluie sur neige et sur sol gelé  
> Autres...

**Modifications de la situation initiale et des processus dangereux / Réponses aux questions clés 1 et 2**

1) Comment la situation initiale se modifie-t-elle dans la zone concernée du fait des changements climatiques ?


2) La modification analysée de la situation initiale a-t-elle une influence importante sur les processus dangereux ?

Tenez compte des interactions : les différents facteurs peuvent s'influencer mutuellement et influencer l'événement déclencheur.

**Fiabilité**

3) Quelle est la fiabilité des réponses aux questions 1) et 2) ?

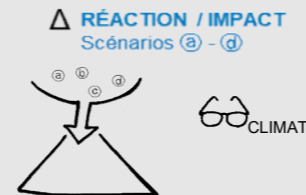
- Couverture du sol**
  - > Modifications et effets en général et s'agissant de la végétation
  - > Modifications importantes possibles notamment de la proportion de surfaces forestières, des glaciers, de la surface imperméable
  - > Modifications possibles de l'état des forêts / des sols, p. ex. en raison de perturbations (tempêtes, incendies, insectes, champignons)
  - > Autres...
- Propriétés pédologiques**
  - > Modifications importantes possibles notamment de la capacité d'infiltration (neige, sols gelés, sols secs), de la capacité de stockage et de la saturation en eau
  - > Autres...
- Eaux souterraines et sources**
  - > Modifications importantes possibles notamment de la quantité d'eaux souterraines dans les roches meubles et les roches cohérentes (et de leur niveau), de la présence de sources
  - > Autres...
- Autres...**

	<p><b>Δ RÉACTION / IMPACT</b></p> <p><b>Facteurs Réaction / impact</b></p>	<p><b>Modifications de la situation initiale et des processus dangereux / Réponses aux questions clés 1 et 2</b></p> <p>1) Comment la situation initiale se modifie-t-elle dans la zone concernée du fait des changements climatiques ?</p> <p>2) La modification analysée de la situation initiale a-t-elle une influence importante sur les processus dangereux ?</p> <p>Tenez compte des interactions : les modifications des processus relatifs aux eaux peuvent avoir des répercussions sur d'autres processus (p. ex. glissement) et inversement.</p>	<p><b>Fiabilité</b></p> <p>3) Quelle est la fiabilité des réponses aux questions 1) et 2) ?</p>
--	--	---	---

- Processus / scénarios individuels**
  - > Modifications du débit
  - > Modifications du processus d'inondation (y c. épandage d'alluvions)
  - > Modifications des processus de débordement de lave torrentielle et d'érosion des berges
  - > Modifications des processus de ruissellement
  - > Modifications des eaux souterraines et des vagues dues aux vents dominants
  - > Apparition de nouveaux processus, modification des processus à effet de seuil
  - > Disparition de processus
  - > Modification/apparition de chaînes de processus ou influence mutuelle par d'autres processus de dangers naturels gravitaires (eaux, glissement, chute et avalanche)
  - > Autres...

**CONCLUSIONS 2**  **Récapitulatif des résultats de l'étape 2**

**Base pour l'élaboration des scénarios** (schéma de la procédure, étapes 3 et suivantes)  
ou base pour le monitoring si les incertitudes sont particulièrement élevées et les modifications très dynamiques



### Étape 1 Analyse générale de la sensibilité au climat

Étape	Contenu	Question	Résultat
1	Analyse générale de la sensibilité au climat 	Faut-il s'attendre à des modifications significatives des facteurs d'influence (indicateurs climatiques et prédisposition) et de la réaction / de l'impact ?	Des domaines présentant des modifications significatives sont identifiés.

CLIMAT

Questions clés  
 Étape 1  
 Eaux  
 Glissement  
 Chute  
 Avalanche

Modifications importantes attendues ?  
 Non → justifier, documenter  
 Oui → vers l'étape 2

⚠ GLISSEMENT

#### Informations générales

**Zone**

**Objectif d'analyse**

**Processus partiels** Mettez une croix dans la case appropriée, plusieurs réponses sont possibles.

Glissement permanent

Glissement spontané

**Traité par**

**Date du traitement**

#### Informations relatives à l'utilisation

Vérifiez si des facteurs pertinents (indicateurs climatiques, prédisposition et réaction / impact) se modifient du fait des changements climatiques. Une modification est importante si elle entraîne une modification considérable des processus dangereux.

Si l'on estime que c'est le cas, les modifications correspondantes doivent être analysées plus avant à l'étape 2. Il convient de justifier une réponse négative en indiquant les bases (sources, expériences, etc.).

Récapitulez les résultats de l'étape 1 sous « Conclusions ».

Vous trouverez d'autres informations sous l'onglet « Instructions et bases ».

#### Δ INDICATEURS CLIMATIQUES

**Situation initiale Indicateurs climatiques**

**Précipitations** Faut-il s'attendre à des modifications importantes des scénarios de précipitations ou de précipitations extrêmes ?

**Température** Faut-il s'attendre à des modifications importantes des scénarios de température ?

**Autres indicateurs climatiques/ Extrêmes climatiques** Faut-il s'attendre à des modifications importantes d'autres indicateurs climatiques et extrêmes climatiques (p. ex. nombre de jours de gel, nombre de jours de neige, sécheresse) ?

#### Évaluation sommaire de la sensibilité au climat

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2  
 Non  Justification :

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2  
 Non  Justification :

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2  
 Non  Justification :

#### Δ PRÉDISPOSITION

**Situation initiale Prédisposition**

**Glaciers** Des parties de la zone considérée sont-elles actuellement englacées et faut-il s'attendre à des modifications ?

**Topographie et morphologie** Des modifications topographiques et/ou morphologiques importantes sont-elles possibles (p. ex. absence de glaciers) ?

**Pergélisol** La source du processus est-elle située dans la zone de pergélisol et faut-il s'attendre à des modifications importantes ?

**Neige** Faut-il s'attendre à des modifications importantes de la limite de la neige et/ou de la limite des chutes de neige ?

**Régime hydrique** Faut-il s'attendre à des modifications importantes de la disponibilité des eaux (p. ex. épisodes secs ou humides marqués, ruissellement, eau de fonte, eau s'infiltrant dans les couches aquifères et dans les fissures) ?

**Couverture du sol et propriétés pédologiques** Faut-il s'attendre à des modifications importantes des conditions pédologiques et de la perméabilité du sol ?

**Forêts** Faut-il s'attendre à des modifications importantes de la végétation (p. ex. couverture forestière) ?

#### Évaluation sommaire de la sensibilité au climat

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2  
 Non  Justification :

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2  
 Non  Justification :

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2  
 Non  Justification :

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2  
 Non  Justification :

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2  
 Non  Justification :

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2  
 Non  Justification :

#### Δ RÉACTION / IMPACT

**Situation initiale Réaction / impact**

**Processus / scénarios individuels**

L'activité de glissement se modifie-t-elle du fait des changements climatiques ?

De nouveaux processus ou des processus à effet de seuil peuvent-ils apparaître ?

Des processus existants / des sources de processus existantes peuvent-ils disparaître du fait des changements climatiques ?

Des chaînes de processus sont-elles possibles du fait des changements climatiques ? Est-il possible que des processus dangereux modifiés (eaux, glissement, chute, avalanche) s'influencent mutuellement ?

#### Évaluation sommaire de la sensibilité au climat

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2  
 Non  Justification :

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2  
 Non  Justification :

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2  
 Non  Justification :

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2  
 Non  Justification :

#### PARTICULARITÉS

**Situation initiale Autres modifications**

**Autres** Quelles autres modifications attendues ou déjà survenues peuvent être importantes ?

#### Évaluation sommaire des autres modifications

Si d'autres modifications importantes sont induites par les changements climatiques, elles doivent être analysées plus avant à l'étape 2.

Description et justification :

#### CONCLUSIONS 1

**Récapitulatif des résultats de l'étape 1**

**Conclusion 1**

Étape 2

Analyse approfondie des modifications



Étape	Contenu	Question	Résultat
2	Analyse approfondie des modifications 	À quelles modifications significatives faut-il s'attendre et dans quels domaines ?	Les modifications significatives éventuelles sont décrites et leurs conséquences en matière de réaction et d'impact sont estimées.



GLISSEMENT

Informations générales

**Zone**

**Objectif d'analyse**

**Processus partiels** Mettez une croix dans la case appropriée, plusieurs réponses sont possibles.

Glissement permanent

Glissement spontané

**Traité par**

**Date du traitement**

Informations relatives à l'utilisation

Répondez aux trois questions clés concernant les facteurs pertinents :

**1) Modification de la situation initiale** : comment la situation initiale (indicateurs climatiques et prédisposition) se modifie-t-elle dans la zone concernée du fait des changements climatiques ?

**2) Modifications des processus dangereux** : quelle influence la modification de la situation initiale a-t-elle sur les processus dangereux ?

**3) Fiabilité** : quelle est la fiabilité des prévisions formulées sous 1) et 2) ?

1) et 2) Décrivez les modifications attendues, y c. leur dynamique attendue (progressive ou brutale). Justifiez vos hypothèses. Documentez vos hypothèses et conclusions de manière transparente (si possible de façon quantitative et, à défaut, de manière qualitative), précisez les bases utilisées.

3) Appréciez la fiabilité (p. ex. référence bibliographique, propre observation / mesure, estimation). Documentez les incertitudes existantes si possible de façon quantitative et, à défaut, de manière qualitative (p. ex. indication des marges d'incertitude, plage de valeurs pour le choix des paramètres, représentation graphique, description claire des hypothèses formulées et des conclusions tirées).

Récapitulez les résultats de l'étape 2 sous « Conclusions ».

Vous trouverez d'autres informations relatives à l'utilisation sous l'onglet « Instructions et bases ».

▲ INDICATEURS CLIMATIQUES

Facteurs Indicateurs climatiques



Facteurs	Indicateurs climatiques	Modifications de la situation initiale et des processus dangereux / Réponses aux questions clés 1 et 2	Fiabilité
<b>Précipitations</b>	> Modification importante possible de la quantité / de la répartition des précipitations > Modification importante possible des fortes précipitations	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>Température</b>	> Modification importante possible de la température	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>Autres indicateurs climatiques / extrêmes climatiques</b>	> Modifications importantes possibles p. ex. du nombre de jours de gel, du nombre de jours de neige, de la sécheresse > Autres...	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Modifications de la situation initiale et des processus dangereux / Réponses aux questions clés 1 et 2

Fiabilité

1) Comment la situation initiale se modifie-t-elle dans la zone concernée du fait des changements climatiques ?

2) La modification analysée de la situation initiale a-t-elle une influence importante sur les processus dangereux ?

Tenez compte des interactions : des modifications des indicateurs climatiques peuvent influencer non seulement la prédisposition, mais aussi l'événement déclencheur.

3) Quelle est la fiabilité des réponses aux questions 1) et 2) ?

▲ PRÉDISPOSITION

Facteurs Prédisposition



Facteurs	Prédisposition	Modifications de la situation initiale et des processus dangereux / Réponses aux questions clés 1 et 2	Fiabilité
<b>Glaciers</b>	Modification des glaciers selon les scénarios d'évolution des glaciers > Modifications importantes possibles notamment des phénomènes dus aux glaciers (p. ex. rupture de sérac, lac glaciaire), des matériaux mobilisables, des conditions de pression, de la topographie / morphologie > Autres...	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>Pergélisol</b>	> Présence du pergélisol d'après les cartes indicatives du pergélisol > Modifications importantes possibles notamment de la nature du pergélisol (teneur en glace), des phénomènes de pergélisol (p. ex. glacier rocheux, solifluxions), de l'instabilité des roches et des pentes, des matériaux mobilisables, des conditions de pression et de la topographie / morphologie > Autres...	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>Neige</b>	> Modification de la couverture neigeuse / de la hauteur de neige > Modifications possibles notamment de la limite de la neige, de la limite des chutes de neige, du débit provenant de la couverture neigeuse, de la saturation en eau et de la survenance d'événements de pluie sur neige > Autres...	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Modifications de la situation initiale et des processus dangereux / Réponses aux questions clés 1 et 2

Fiabilité

1) Comment la situation initiale se modifie-t-elle dans la zone concernée du fait des changements climatiques ?

2) La modification analysée de la situation initiale a-t-elle une influence importante sur les processus dangereux ?

Tenez compte des interactions : les différents facteurs peuvent s'influencer mutuellement et influencer l'événement déclencheur.

3) Quelle est la fiabilité des réponses aux questions 1) et 2) ?

**Couverture du sol et propriétés pédologiques**

- > Modifications des conditions pédologiques et de la perméabilité du sol
- > Modifications des forêts, de la couverture du sol et de l'utilisation du sol
- > Modifications possibles notamment de la saturation en eau, de la capacité d'infiltration, de la capacité de stockage, des indices du sol (p. ex. force de succion, frottement, cohésion, conditions de pression)
- > Modifications importantes possibles notamment de la structure de la végétation (p. ex. degré de couverture, âge), des perturbations subies par les forêts (chablis, incendies, insectes, champignons)
- > Autres...

**Régime hydrique**

- > Modifications importantes possibles notamment du débit provenant du lit / de la couverture neigeuse / de la glace, du ruissellement, de l'eau s'infiltrant dans les couches aquifères et dans les fissures, de la quantité d'eaux souterraines dans les roches meubles et les roches cohérentes (et de leur niveau), de la présence de sources et de zones humides
- > Autres...

**Autres**

**Δ RÉACTION / IMPACT**

**Facteurs Réaction / impact**



**Modifications de la situation initiale et des processus dangereux / Réponses aux questions clés 1 et 2**

- 1) Comment la situation initiale se modifie-t-elle dans la zone concernée du fait des changements climatiques ?
- 2) La modification analysée de la situation initiale a-t-elle une influence importante sur les processus dangereux ?

Tenez compte des interactions : les modifications des processus de glissement peuvent avoir des répercussions sur d'autres processus (p. ex. eaux) et inversement.

**Fiabilité**

- 3) Quelle est la fiabilité des réponses aux questions 1) et 2) ?

**Processus / scénarios individuels**

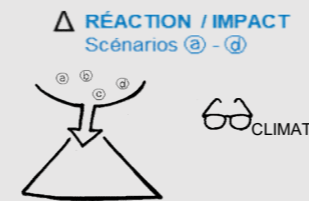
- > Modifications des processus de glissement subit (glissements spontanés et/ou coulées de boue)
- > Modifications des processus de glissement permanent
- > Apparition de nouveaux processus / de nouvelles sources de processus, modification des processus à effet de seuil
- > Disparition de processus / sources de processus
- > Modification/apparition de chaînes de processus ou influence mutuelle par d'autres processus de dangers naturels gravitaires (eaux, glissement, chute et avalanche)
- > Autres...

**CONCLUSIONS 2** CLIMAT

**Récapitulatif des résultats de l'étape 2**

**Conclusion 2**

**Base pour l'élaboration des scénarios** (schéma de la procédure, étapes 3 et suivantes)  
ou base pour le monitoring si les incertitudes sont particulièrement élevées et les modifications très dynamiques



### Étape 1 Analyse générale de la sensibilité au climat

Étape	Contenu	Question	Résultat
1	Analyse générale de la sensibilité au climat 	Faut-il s'attendre à des modifications significatives des facteurs d'influence (indicateurs climatiques et prédisposition) et de la réaction / de l'impact ?	Des domaines présentant des modifications significatives sont identifiés.

CLIMAT

Questions clés  
 Étape 1  
 Eaux  
 Glissement  
 Chute  
 Avalanche

Modifications importantes attendues ?  
 Non → justifier, documenter  
 Oui → vers l'étape 2

---

## CHUTE

#### Informations générales

**Zone**

**Objectif d'analyse**

**Processus partiels** Mettez une croix dans la case appropriée, plusieurs réponses sont possibles.

Chute de pierres / de blocs

Éboulement / écoulement

Chute de glace (y c.

Effondrement / affaissement

**Traité par**

**Date du traitement**

#### Informations relatives à l'utilisation

Vérifiez si des facteurs pertinents (indicateurs climatiques, prédisposition et réaction / impact) se modifient du fait des changements climatiques. Une modification est importante si elle entraîne une modification considérable des processus dangereux.

Si l'on estime que c'est le cas, les modifications correspondantes doivent être analysées plus avant à l'étape 2. Il convient de justifier une réponse négative en indiquant les bases (sources, expériences, etc.).

Récapitulez les résultats de l'étape 1 sous « Conclusions ».

Vous trouverez d'autres informations sous l'onglet « Instructions et bases ».

---

#### Δ INDICATEURS CLIMATIQUES

 CLIMAT

#### Situation initiale Indicateurs climatiques

#### Évaluation sommaire de la sensibilité au climat

<b>Précipitations</b>	Faut-il s'attendre à des modifications importantes des scénarios de précipitations ou de précipitations extrêmes ?	Oui <input type="checkbox"/>	> Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2
		Non <input type="checkbox"/>	Justification : <input style="width: 100%;" type="text"/>
<b>Température</b>	Faut-il s'attendre à des modifications importantes des scénarios de température ?	Oui <input type="checkbox"/>	> Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2
		Non <input type="checkbox"/>	Justification : <input style="width: 100%;" type="text"/>
<b>Autres indicateurs climatiques/ Extrêmes climatiques</b>	Faut-il s'attendre à des modifications importantes d'autres indicateurs climatiques et extrêmes climatiques (p. ex. isotherme du zéro degré, variations des températures journalières et annuelles, y c. de l'alternance du gel et du dégel) ?	Oui <input type="checkbox"/>	> Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2
		Non <input type="checkbox"/>	Justification : <input style="width: 100%;" type="text"/>

---

#### Δ PRÉDISPOSITION

 CLIMAT

#### Situation initiale Prédisposition

#### Évaluation sommaire de la sensibilité au climat

<b>Glaciers</b>	Des parties de la zone considérée sont-elles actuellement englacées et faut-il s'attendre à des modifications ?	Oui <input type="checkbox"/>	> Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2
		Non <input type="checkbox"/>	Justification : <input style="width: 100%;" type="text"/>
<b>Topographie et morphologie</b>	Des modifications topographiques et/ou morphologiques importantes sont-elles possibles (p. ex. absence de glaciers) ?	Oui <input type="checkbox"/>	> Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2
		Non <input type="checkbox"/>	Justification : <input style="width: 100%;" type="text"/>
<b>Pergélisol</b>	La source du processus est-elle située dans la zone de pergélisol et faut-il s'attendre à des modifications importantes ?	Oui <input type="checkbox"/>	> Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2
		Non <input type="checkbox"/>	Justification : <input style="width: 100%;" type="text"/>
<b>Régime hydrique</b>	Faut-il s'attendre à des modifications importantes de la pression de l'eau s'infiltrant dans les fissures, de la pression de l'eau interstitielle et/ou de la pression due au gel ?	Oui <input type="checkbox"/>	> Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2
		Non <input type="checkbox"/>	Justification : <input style="width: 100%;" type="text"/>
<b>Mouvements de terrain</b>	Faut-il s'attendre à des modifications importantes en raison de mouvements de terrain gravitaires, y c. d'affaissements ?	Oui <input type="checkbox"/>	> Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2
		Non <input type="checkbox"/>	Justification : <input style="width: 100%;" type="text"/>
<b>Lithologie, morphologie</b>	Faut-il s'attendre à des modifications importantes des conditions de stabilité ou des processus d'altération de la roche ?	Oui <input type="checkbox"/>	> Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2
		Non <input type="checkbox"/>	Justification : <input style="width: 100%;" type="text"/>

---

#### Δ RÉACTION / IMPACT

 CLIMAT

#### Situation initiale Réaction / impact

#### Évaluation sommaire de la sensibilité au climat

<b>Processus / scénarios individuels</b>	L'activité de chute (fréquence, volumes, nombre de points de rupture) se modifie-t-elle du fait des changements climatiques ?	Oui <input type="checkbox"/>	> Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2
		Non <input type="checkbox"/>	Justification : <input style="width: 100%;" type="text"/>
	De nouveaux processus ou des processus à effet de seuil peuvent-ils apparaître ?	Oui <input type="checkbox"/>	> Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2
		Non <input type="checkbox"/>	Justification : <input style="width: 100%;" type="text"/>
	Des processus existants / des sources de processus existantes peuvent-ils disparaître du fait des changements climatiques ?	Oui <input type="checkbox"/>	> Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2
		Non <input type="checkbox"/>	Justification : <input style="width: 100%;" type="text"/>
	Des chaînes de processus sont-elles possibles du fait des changements climatiques ? Est-il possible que des processus dangereux modifiés (eaux, glissement, chute, avalanche) s'influencent mutuellement ?	Oui <input type="checkbox"/>	> Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2
		Non <input type="checkbox"/>	Justification : <input style="width: 100%;" type="text"/>

---

#### PARTICULARITÉS

#### Situation initiale Autres modifications

#### Évaluation sommaire des autres modifications

Si d'autres modifications importantes sont induites par les changements climatiques, elles doivent être analysées plus avant à l'étape 2.

**Autres** Quelles autres modifications attendues ou déjà survenues peuvent être importantes ?

---

#### CONCLUSIONS 1

 CLIMAT

#### Récapitulatif des résultats de l'étape 1

**Conclusion 1**

Étape 2

Analyse approfondie des modifications



Étape	Contenu	Question	Résultat
2	Analyse approfondie des modifications 	À quelles modifications significatives faut-il s'attendre et dans quels domaines ?	Les modifications significatives éventuelles sont décrites et leurs conséquences en matière de réaction et d'impact sont estimées.



CHUTE

Informations générales

**Zone**

**Objectif d'analyse**

**Processus partiels** Mettez une croix dans la case appropriée, plusieurs réponses sont possibles.

Chute de pierres / de blocs

Éboulement / écoulement

Chute de glace (y c.

Effondrement / affaissement

**Traité par**

**Date du traitement**

Informations relatives à l'utilisation

Répondez aux trois questions clés concernant les facteurs pertinents :

**1) Modification de la situation initiale** : comment la situation initiale (indicateurs climatiques et prédisposition) se modifie-t-elle dans la zone concernée du fait des changements climatiques ?

**2) Modifications des processus dangereux** : quelle influence la modification de la situation initiale a-t-elle sur les processus dangereux ?

**3) Fiabilité** : quelle est la fiabilité des prévisions formulées sous 1) et 2) ?

1) et 2) Décrivez les modifications attendues, y c. leur dynamique attendue (progressive ou brutale). Justifiez vos hypothèses. Documentez vos hypothèses et conclusions de manière transparente (si possible de façon quantitative et, à défaut, de manière qualitative), précisez les bases utilisées.

3) Appréciez la fiabilité (p. ex. référence bibliographique, propre observation / mesure, estimation). Documentez les incertitudes existantes si possible de façon quantitative et, à défaut, de manière qualitative (p. ex. indication des marges d'incertitude, plage de valeurs pour le choix des paramètres, représentation graphique, description claire des hypothèses formulées et des conclusions tirées).

Récapitulez les résultats de l'étape 2 sous « Conclusions ».

Vous trouverez d'autres informations relatives à l'utilisation sous l'onglet « Instructions et bases ».

Δ INDICATEURS CLIMATIQUES

Facteurs Indicateurs climatiques



**Précipitations** > Modification importante possible de la quantité / de la répartition des précipitations  
> Modification importante possible des fortes précipitations  
> Modification possible du régime hydrique (somme des précipitations saisonnières, formes de précipitations)

**Température** > Modification importante possible de la température  
> Modification importante possible de l'isotherme zéro degré, de la pression due au gel

**Autres indicateurs climatiques / extrêmes climatiques** > Modifications importantes possibles, p. ex. des variations des températures journalières et annuelles, y c. de l'alternance du gel et du dégel  
> Autres...

Modifications de la situation initiale et des processus dangereux / Réponses aux questions clés 1 et 2

1) Comment la situation initiale se modifie-t-elle dans la zone concernée du fait des changements climatiques ?

2) La modification analysée de la situation initiale a-t-elle une influence importante sur les processus dangereux ?

Tenez compte des interactions : des modifications des indicateurs climatiques peuvent influencer non seulement la prédisposition, mais aussi l'événement déclencheur.

Fiabilité

3) Quelle est la fiabilité des réponses aux questions 1) et 2) ?

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Δ PRÉDISPOSITION

Facteurs Prédisposition



**Glaciers** > Zones de recul des glaciers depuis 1850 et modification des glaciers selon les scénarios d'évolution des glaciers  
> Modifications importantes possibles notamment de l'évolution de l'état des glaciers, de l'apparition de phénomènes dus aux glaciers (p. ex. rupture de sérac, poche d'eau, lac glaciaire), des matériaux mobilisables, des conditions de pression, de la topographie / morphologie  
> Modifications importantes possibles en raison d'une modification de la géométrie de surface (nouvelles sources de danger dues à une pente supérieure à 30°, p. ex. moraine / paroi rocheuse mise à nu)  
> Modifications importantes possibles de la zone de contact glacier - source de chute (p ex. processus de décharge glaciaire, redistribution des contraintes, suppression de la butée de soutien offerte par le glacier)  
> Autres...

**Topographie et morphologie** > Modifications possibles de la géométrie de surface (p. ex. nouvelles sources de danger dues à une pente supérieure à 30° dans l'  
> Autres...

Modifications de la situation initiale et des processus dangereux / Réponses aux questions clés 1 et 2

1) Comment la situation initiale se modifie-t-elle dans la zone concernée du fait des changements climatiques ?

2) La modification analysée de la situation initiale a-t-elle une influence importante sur les processus dangereux ?

Tenez compte des interactions : les différents facteurs peuvent s'influencer mutuellement et influencer l'événement déclencheur.

Fiabilité

3) Quelle est la fiabilité des réponses aux questions 1) et 2) ?

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

**Pergélisol**

- > Présence du pergélisol d'après les cartes indicatives du pergélisol
- > Modifications importantes possibles, notamment en raison du recul du pergélisol ou de la ségrégation de la glace, de la nature du pergélisol (teneur en glace), des phénomènes de pergélisol (p. ex. glacier rocheux), de l'alternance du gel et du dégel, de l'instabilité des roches et des pentes, de la présence de sédiments, des conditions de pression et de la topographie / morphologie

> Autres...

**Régime hydrique**

- > Modifications importantes possibles de la pression de l'eau s'infiltrant dans les fissures, de la pression de l'eau interstitielle et/ou de la pression due au gel (p. ex. en raison de modifications de la somme des précipitations saisonnières ainsi que des formes et de l'intensité des précipitations, de quantités d'eau supplémentaires du fait de la fonte des glaciers et/ou du permafrost, de modifications des propriétés pédologiques, d'une circulation d'eau accrue en cas de dégradation du pergélisol, des variations des températures, y c. de l'alternance du gel et du dégel

> Autres...

**Mouvements de terrain**

- > Modifications importantes des mouvements de terrain gravitaires, y c. des affaissements (p. ex. du fait de modifications du régime hydrique)

> Autres...

**Lithologie, morphologie**

- > Modifications importantes possibles des processus d'altération et des tensions dans la formation rocheuse (p. ex. en raison de mouvements de terrain gravitaires, de décharges glaciaires, d'affaissements, de variations des températures, du recul du pergélisol ou de la ségrégation de la glace)

**Autres**

**Δ RÉACTION / IMPACT**

**Facteurs Réaction / impact**

**Modifications de la situation initiale et des processus dangereux / Réponses aux questions clés 1 et 2**

**Fiabilité**



1) Comment la situation initiale se modifie-t-elle dans la zone concernée du fait des changements climatiques ?

3) Quelle est la fiabilité des réponses aux questions 1) et 2) ?

2) La modification analysée de la situation initiale a-t-elle une influence importante sur les processus dangereux ?

Tenez compte des interactions : les modifications des processus de chute peuvent avoir des répercussions sur d'autres processus (p. ex. eaux) et inversement.

**Processus / scénarios individuels**

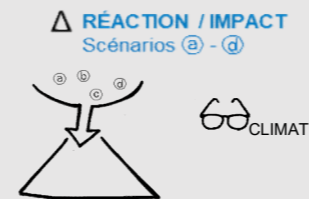
- > Modifications des processus de chute de pierres / de blocs
- > Modifications du processus d'éboulement / d'écroulement
- > Modifications des processus de chute de glace
- > Modifications du processus d'effondrement / d'affaissement
- > Apparition de nouveaux processus / de nouvelles sources de processus, modification des processus à effet de seuil
- > Disparition de processus / sources de processus
- > Modification/apparition de chaînes de processus ou influence mutuelle par d'autres processus de dangers naturels gravitaires (eaux, glissement, chute et avalanche)
- > Autres...

**CONCLUSIONS 2**

**Récapitulatif des résultats de l'étape 2**

**Conclusion 2**

**Base pour l'élaboration des scénarios** (schéma de la procédure, étapes 3 et suivantes)  
ou base pour le monitoring si les incertitudes sont particulièrement élevées et les modifications très dynamiques





### Étape 1

CLIMAT

**Analyse générale de la sensibilité au climat**

Étape	Contenu	Question	Résultat
1	Analyse générale de la sensibilité au climat 	Faut-il s'attendre à des modifications significatives des facteurs d'influence (indicateurs climatiques et prédisposition) et de la réaction / de l'impact ?	Des domaines présentant des modifications significatives sont identifiés.

Modifications importantes attendues ?

Non → justifier, documenter

Oui → vers l'étape 2

---

#### AVALANCHE

**Informations générales**

**Zone**

**Objectif d'analyse**

**Processus partiels** Mettez une croix dans la case appropriée, plusieurs réponses sont possibles.

Avalanche coulante, y c. glissement de neige

Avalanche poudreuse

Glissement du manteau neigeux

Slushflow

**Traité par**

**Date du traitement**

**Informations relatives à l'utilisation**

Vérifiez si des facteurs pertinents (indicateurs climatiques, prédisposition et réaction / impact) se modifient du fait des changements climatiques. Une modification est importante si elle entraîne une modification considérable des processus dangereux.

Si l'on estime que c'est le cas, les modifications correspondantes doivent être analysées plus avant à l'étape 2. Il convient de justifier une réponse négative en indiquant les bases (sources, expériences, etc.).

Récapitulez les résultats de l'étape 1 sous « Conclusions ».

Vous trouverez d'autres informations sous l'onglet « Instructions et bases ».

---

**Δ INDICATEURS CLIMATIQUES** Situation initiale Indicateurs climatiques

CLIMAT

**Indicateurs climatiques, neige** Faut-il s'attendre à des modifications importantes de la limite des chutes de neige, de la répartition de la neige ainsi que de la hauteur de neige ou de la structure de la couverture neigeuse ?

**Évaluation sommaire de la sensibilité au climat**

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2

Non  Justification :

---

**Δ PRÉDISPOSITION** Situation initiale Prédisposition

CLIMAT

**Glaciers** La source du processus est-elle englacée et faut-il s'attendre à des modifications importantes, p. ex. des modifications topographiques ayant une influence sur les zones de départ, de transit ou de dépôt des avalanches ?

**Couverture du sol** Faut-il s'attendre à des modifications importantes des forêts et d'autres types de végétation ?

**Processus / scénarios individuels** La prédisposition aux avalanches de neige mouillée ou slushflows se modifie-t-elle ?

**Évaluation sommaire de la sensibilité au climat**

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2

Non  Justification :

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2

Non  Justification :

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2

Non  Justification :

---

**Δ RÉACTION / IMPACT** Situation initiale Réaction / impact

CLIMAT

**Processus / scénarios individuels**

L'activité d'avalanche se modifie-t-elle du fait des changements climatiques ?

De nouveaux processus ou des processus à effet de seuil peuvent-ils apparaître ?

Des processus existants / des sources de processus existantes peuvent-ils disparaître du fait des changements ?

Des chaînes de processus sont-elles possibles du fait des changements climatiques ? Est-il possible que des processus dangereux modifiés (eaux, glissement, chute, avalanche) s'influencent mutuellement ?

**Évaluation sommaire de la sensibilité au climat**

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2

Non  Justification :

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2

Non  Justification :

Oui  > Analyser les modifications induites par les changements climatiques → Étape 2

Non  Justification :

---

**PARTICULARITÉS** Situation initiale Autres modifications

**Autres** Quelles autres modifications attendues ou déjà survenues peuvent être importantes ?

**Évaluation sommaire des autres modifications**

Si d'autres modifications importantes sont induites par les changements climatiques, elles doivent être analysées plus avant à l'étape 2.

Description et justification :

---

**CONCLUSIONS 1** CLIMAT

**Récapitulatif des résultats de l'étape 1**

**Conclusion 1**

Étape 2

Analyse approfondie des modifications



Étape	Contenu	Question	Résultat
2	Analyse approfondie des modifications 	À quelles modifications significatives faut-il s'attendre et dans quels domaines ?	Les modifications significatives éventuelles sont décrites et leurs conséquences en matière de réaction et d'impact sont estimées.



AVALANCHE

Informations générales

**Zone**

**Objectif d'analyse**

**Processus partiels** Mettez une croix dans la case appropriée, plusieurs réponses sont possibles.

Avalanche coulante, y c. glissement de neige

Avalanche poudreuse

Glissement du manteau neigeux

Slushflow

**Traité par**

**Date du traitement**

Informations relatives à l'utilisation

Répondez aux trois questions clés concernant les facteurs pertinents :

**1) Modification de la situation initiale** : comment la situation initiale (indicateurs climatiques et prédisposition) se modifie-t-elle dans la zone concernée du fait des changements climatiques ?

**2) Modifications des processus dangereux** : quelle influence la modification de la situation initiale a-t-elle sur les processus dangereux ?

**3) Fiabilité** : quelle est la fiabilité des prévisions formulées sous 1) et 2) ?

1) et 2) Décrivez les modifications attendues, y c. leur dynamique attendue (progressive ou brutale). Justifiez vos hypothèses. Documentez vos hypothèses et conclusions de manière transparente (si possible de façon quantitative et, à défaut, de manière qualitative), précisez les bases utilisées.

3) Appréciez la fiabilité (p. ex. référence bibliographique, propre observation / mesure, estimation). Documentez les incertitudes existantes si possible de façon quantitative et, à défaut, de manière qualitative (p. ex. indication des marges d'incertitude, plage de valeurs pour le choix des paramètres, représentation graphique, description claire des hypothèses formulées et des conclusions tirées).

Récapitez les résultats de l'étape 2 sous « Conclusions ».

Vous trouverez d'autres informations relatives à l'utilisation sous l'onglet « Instructions et bases ».

Δ INDICATEURS CLIMATIQUES

Facteurs Indicateurs climatiques



Modifications de la situation initiale et des processus dangereux / Réponses aux questions clés 1 et 2

Fiabilité

**Précipitations**

- > Modification importante possible de la quantité de précipitations / de la répartition spatiale et saisonnière
- > Modification importante possible des fortes précipitations
- > Modification importante possible des fortes chutes de neige et des apports de neige fraîche
- > Modification importante possible des événements de pluie sur neige

**Température**

- > Modification importante possible de la limite de la neige, de la limite des chutes de neige et de la structure de la couverture neige
- > Modification importante possible de la température du sol en cas d'enneigement
- > Modification importante possible s'agissant des épisodes de redoux en hiver

**Autres indicateurs climatiques / extrêmes climatiques**

- > Modifications importantes possibles p. ex. du nombre de jours de neige en présence de vent
- > Autres...

1) Comment la situation initiale se modifie-t-elle dans la zone concernée du fait des changements climatiques ?

2) La modification analysée de la situation initiale a-t-elle une influence importante sur les processus dangereux ?

Tenez compte des interactions : des modifications des indicateurs climatiques peuvent influencer non seulement la prédisposition, mais aussi l'événement déclencheur.

3) Quelle est la fiabilité des réponses aux questions 1) et 2) ?

Δ PRÉDISPOSITION

Facteurs Prédisposition



Modifications de la situation initiale et des processus dangereux / Réponses aux questions clés 1 et 2

Fiabilité

**Neige**

- > Modification de la couverture neigeuse, de la répartition de la neige en fonction de l'exposition et de l'altitude, de la hauteur de neige et de la structure de la couverture neigeuse, des fortes chutes de neige, des apports de neige fraîche et des événements
- > Modifications importantes possibles des propriétés de la couverture neigeuse, notamment de son épaisseur, de sa métamorphose, de sa structure, de la présence de poussières à la surface (sable du Sahara, etc.).
- > Autres...

**Glaciers**

Modification des glaciers selon les scénarios d'évolution des glaciers

- > Modifications importantes possibles notamment des phénomènes dus aux glaciers (p. ex. rupture de sérac, poche d'eau, lac)
- > Modifications importantes possibles de la rugosité, de la déclivité et de la forme de terrain
- > Autres...

1) Comment la situation initiale se modifie-t-elle dans la zone concernée du fait des changements climatiques ?

2) La modification analysée de la situation initiale a-t-elle une influence importante sur les processus dangereux ?

Tenez compte des interactions : les différents facteurs peuvent s'influencer mutuellement et influencer l'événement déclencheur.

3) Quelle est la fiabilité des réponses aux questions 1) et 2) ?

**Couverture du sol**

- > Modifications des forêts, de la couverture du sol et de l'utilisation du sol
- > Modifications importantes possibles notamment de la proportion de forêt, de la structure forestière et de la vitesse de croissance
- > Modifications possibles de la structure et de l'état des forêts, p. ex. en raison de perturbations (tempêtes, incendies, insectes,
- > Autres...

**Autres**

**Δ RÉACTION / IMPACT**

**Facteurs Réaction / impact**

**Modifications de la situation initiale et des processus dangereux / Réponses aux questions clés 1 et 2**

**Fiabilité**



1) Comment la situation initiale se modifie-t-elle dans la zone concernée du fait des changements climatiques ?

3) Quelle est la fiabilité des réponses aux questions 1) et 2) ?

2) La modification analysée de la situation initiale a-t-elle une influence importante sur les processus dangereux ?

Tenez compte des interactions : les modifications des processus d'avalanche peuvent avoir des répercussions sur d'autres processus (p. ex. eaux) et inversement.

**Processus / scénarios individuels**

- > Modifications du processus d'avalanche coulante
- > Modifications du processus d'avalanche poudreuse
- > Modifications des processus de glissement du manteau neigeux
- > Apparition de nouveaux processus, modification des processus à effet de seuil
- > Disparition de processus
- > Modification/apparition de chaînes de processus ou influence mutuelle par d'autres processus de dangers naturels gravitaires (eaux, glissement, chute et avalanche)
- > Autres...

**CONCLUSIONS 2**

**Récapitulatif des résultats de l'étape 2**

**Conclusion 2**

**Base pour l'élaboration des scénarios** (schéma de la procédure, étapes 3 et suivantes)  
ou base pour le monitoring si les incertitudes sont particulièrement élevées et les modifications très dynamiques

